Semiconductor Technology from A to Z

SAMPLE PDF — TEXT REPLACED, IMAGES ORIGINAL

SAMPLE

Fundamentals 7
The atomic structure 7
The elements, the periodic table 8
Chemical bonds 10
Conductors – Insulators – Semiconductors 15
Doping: n- and p-semiconductors 20
The p-n junction 23
Transistors and Memory 24
Wafer Fabrication 27
Silicon 27
Production of raw silicon 28
Fabrication of the single crystal 31
The wafer 34
Cleanroom 41
Personnel in the Cleanroom 41
Cleanroom Design and Utilities 44
Production Area and Wafer Logistics 47
Oxidation 51
Overview 51
Fabrication of oxide layers 52
Device isolation 57
Deposition 63
Plasma, the fourth aggregation state of a material 63
Chemical vapor deposition 66
Physical deposition methods 79
Photolithography 84
Exposure and resist coating 84
Exposition methods 92
Photoresist 98
Development and inspection 100
Photomasks 103
Optical Proximity Correction (OPC) 114
DUV vs. EUV 123
EUV Tool Technology 125
Wet Chemistry 128
Etch processes 128
Wet etching 129
Wafer cleaning 138
Dry Etching 142
Overview 142
Dry etch processes 144
Reactor Types 155
Etching of Compound Semiconductors and High-k Materials 157
Doping Techniques 159
Diffusion 159
Ion Implantation 163

SAMPLE

Metallization ... 172
Requirements on metallization ... 172
Aluminum technology ... 172
Copper technology ... 177
Metal semiconductor junction ... 190
Chemical Mechanical Polishing (CMP) ... 197
Wiring ... 202
Metrology ... 206
Film thickness measurement ... 206
Particle inspection ... 209
CD Measurement ... 215
Overlay Measurement ... 218
Wafer Test ... 222
Wafer Test ... 222
Final Test and Binning ... 224
Assembly ... 227
Dicing ... 227
Die Attach ... 228
Bonding ... 230
Encapsulation ... 232
Advanced Packaging / 3D Integration ... 235
Limits of Classical Integration ... 235
Through-Silicon Via (TSV) ... 237
2.5D Integration: The Interposer ... 239
3D Stacking ... 241
Chiplets & Heterogeneous Integration ... 243
Applications & Outlook ... 245
Reliability ... 247
ESD Protection Structures ... 247
Electromigration, TDDB and NBTI/PBTI ... 249
Burn-in and HTOL Testing ... 251
Automotive, Military, and Space Qualification ... 252
Devices ... 258
Zener and Avalanche Diodes ... 258
The Schottky Diode ... 260
The Tunnel Diode ... 263
Thyristors and Triacs ... 265
Field-Effect Transistor Families: An Overview ... 267
Field-effect transistors ... 269
Construction of a FinFET ... 284
The Junction FET (JFET) ... 309
The Metal-Semiconductor FET (MESFET) ... 312
Bipolar transistors ... 314
Characteristic Curves and Transistor Equations ... 319
Si Power Devices (Power MOSFET, IGBT) ... 325
CMOS vs. Bipolar ... 330
Bulk vs. SOI ... 333

SAMPLE

Digital technology 337
From transistor to logic gate 337
The CMOS Fabrication Flow 346
Arithmetic Circuits: Adders and Multipliers 349
Sequential Logic: Flip-Flops, Latches, and Clock Trees 353
Static Timing Analysis: Setup and Hold Time 358
Static and Dynamic Power Dissipation, Leakage Currents 360
The SRAM Cell 362
The DRAM Cell 365
DRAM Fabrication: The Trench Capacitor Process 367
The Flash Memory Cell 382
Circuit Layouts 385
Design Rules 392
Layout versus Schematic (LVS) 401
Processor Architecture 409
Control Unit and Instruction Execution 413
CPU vs. GPU 415
FPGA vs. ASIC: Synthesis Flow and HDL 417
Why New Memory Technologies? 420
MRAM – Magnetoresistive RAM 422
ReRAM – Resistive RAM 425
PCM – Phase-Change Memory 427
Comparison & Context 429
Analog & Mixed-Signal Design 432
Operational Amplifiers 432
ADC Architectures 436
DAC Architectures 438
Bandgap References 440
Comparators 442
PLL – Phase-Locked Loop 444
Voltage Regulators: LDOs and Switching Regulators 445
Noise in Semiconductor Devices 447
Optoelectronics & Photonics 450
Fundamentals of Optoelectronics 450
Light-Emitting Diodes (LED) 452
Laser Diodes 455
Photodiodes & Photodetectors 458
Integration & Applications 461
Fabrication of Optoelectronic Devices 464
Solar Cells 471
Micromechanics 477
Introduction to MEMS 477
Anisotropic Etching of Silicon 477
Sacrificial Layer Technique 479
Bulk vs. Surface Micromachining 480
The MEMS Accelerometer 482
The Microphone and Pressure Sensor 484
DRIE: Deep Reactive Ion Etching 486

SAMPLE

Compound Semiconductors 489
Fundamentals & Material System 489
Crystal Growth & Substrates 492
SiC Power Devices 496
GaN Power Devices 499
Applications & System Comparison 502
HEMT and HBT for RF Applications 505
InP-Based Photonic Devices 507
How does it work? What is..? 510
Fundamentals & Materials 510
Fabrication Processes 511
Devices & Digital Technology 514
Optoelectronics 517
Packaging & Other Topics 518
Semiconductor industry & eco system 520

SAMPLE

SAMPLE

Fundamentals

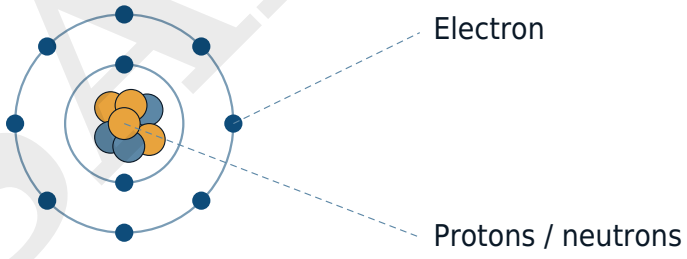
The atomic structure

The Atomic Model

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Highly simplified representation of a neon atom



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua Lorem Lorem ipsum dolor.

Orders of Magnitude

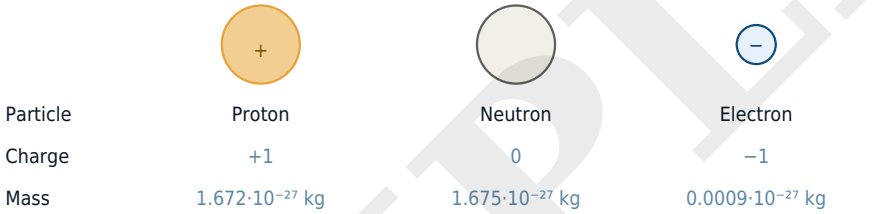
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua[Lorem] Lorem.
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

SAMPLE

tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

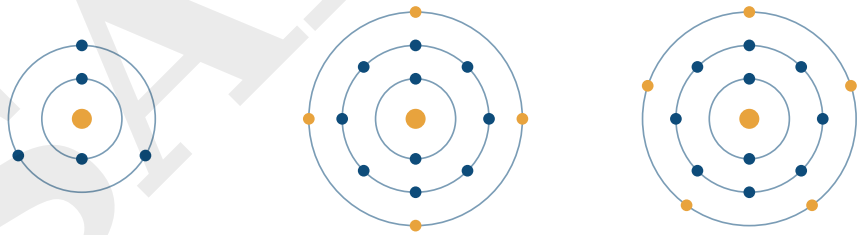
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Building blocks of the atom



Particle	Proton	Neutron	Electron
Charge	+1	0	−1
Mass	$1.672 \cdot 10^{-27}$ kg	$1.675 \cdot 10^{-27}$ kg	$0.0009 \cdot 10^{-27}$ kg

Atoms of major importance in the semiconductor industry



Boron	Silicon	Phosphorus
5p·6n·5e	14p·14n·14e	15p·15n·15e
3 valence electrons	4 valence electrons	5 valence electrons

SAMPLE

The elements, the periodic table

The Elements

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut[Lorem] Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua LoremLorem ipsum dolor sit amet LoremLorem.

The Periodic Table of the Elements

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

The Periodic Table of the Elements

Important elements in semiconductor technology

SAMPLE

Lorem	Lorem	Lorem
LoremLorem	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
LoremLorem	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do
LoremLorem	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit$_{Lorem}$Lorem ipsum
LoremLorem	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{Lorem}$Lorem
LoremLorem	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet
LoremLorem	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Chemical bonds

Tendency to Form Bonds

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

The Covalent Bond

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

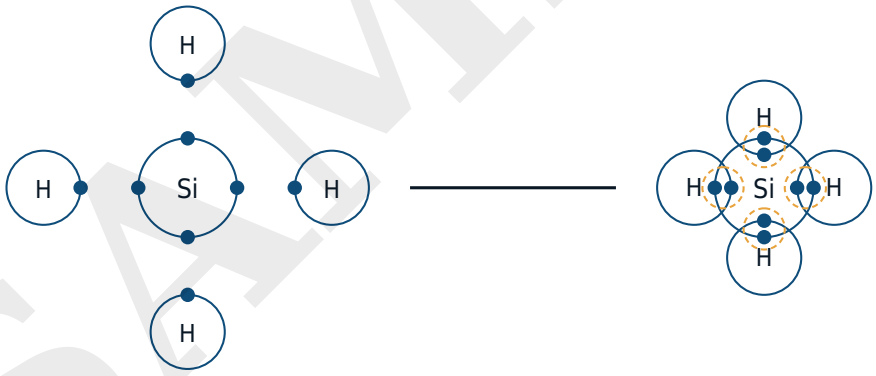
SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consecteur$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Covalent bond



Four shared electron pairs complete the bond

The Ionic Bond

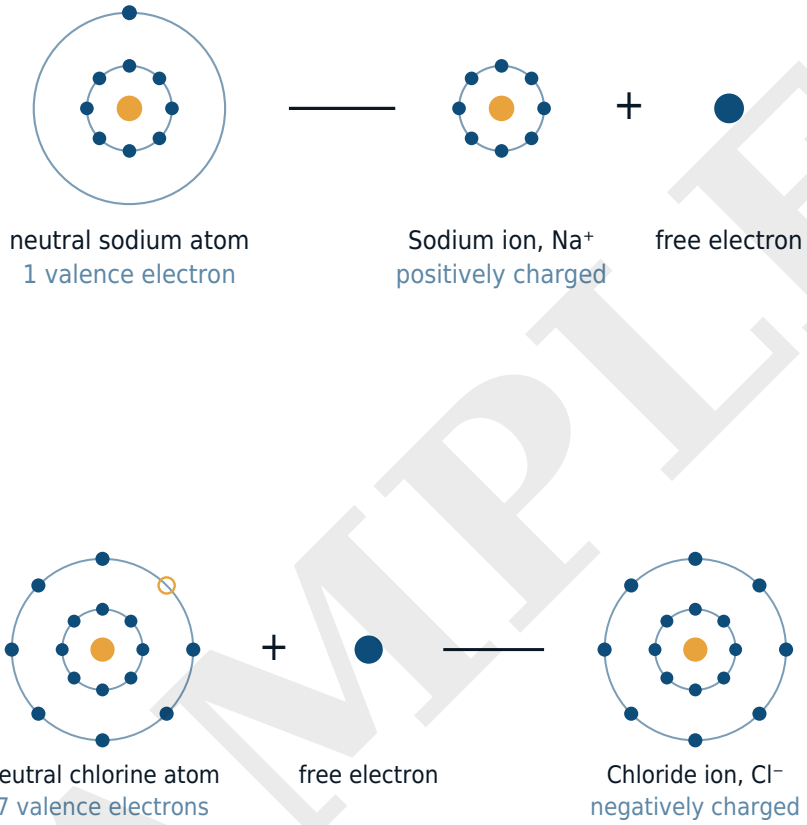
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

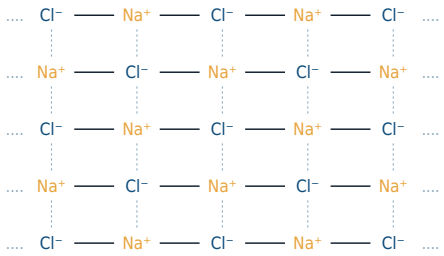
Principle of the ionic bond



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Crystal lattice of the ionic bond in sodium chloride

SAMPLE

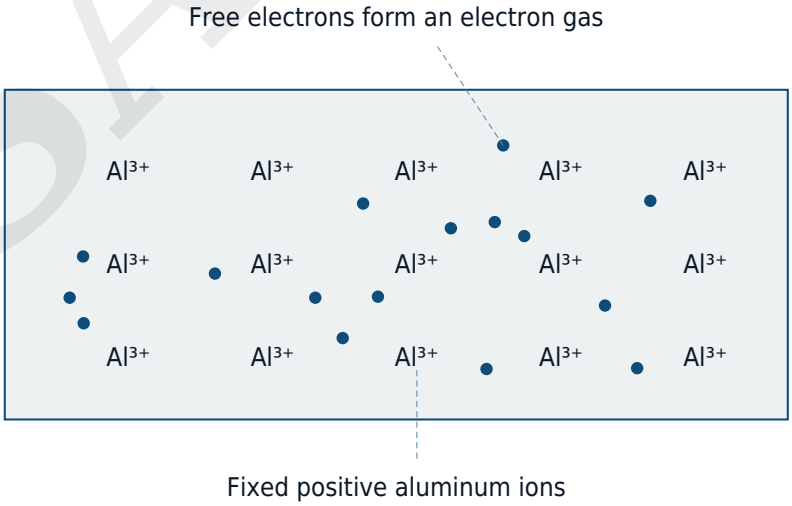


The Metallic Bond

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Metallic bond



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

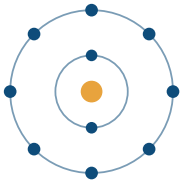
SAMPLE

Noble Gases and the Electron Octet

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Noble gases



Neon: 8 valence electrons
on the second shell



Helium: 2 valence electrons
on the first shell

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Weak Bonds

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Conductors – Insulators – Semiconductors

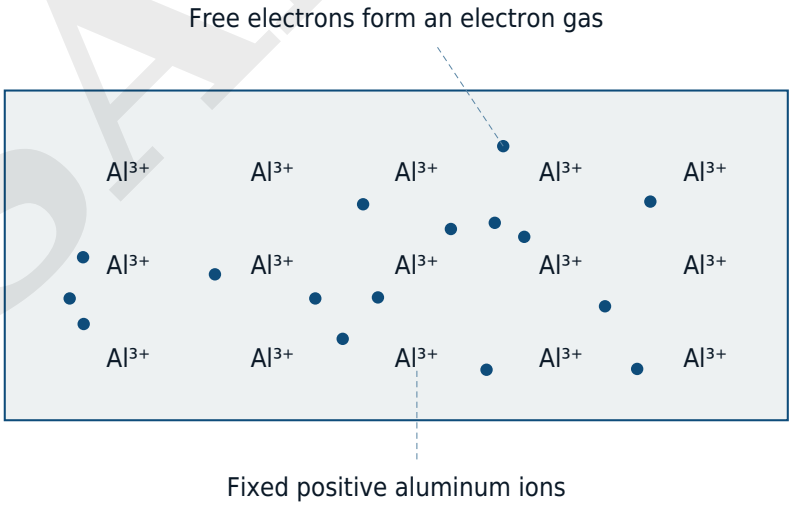
Conductors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Metals

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Metallic bond: fixed atomic cores and free valence electrons (electron gas)



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Salts

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur LoremLorem.

Insulators

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Covalent bond

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Ionic bond

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Semiconductors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Section of a silicon crystal

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

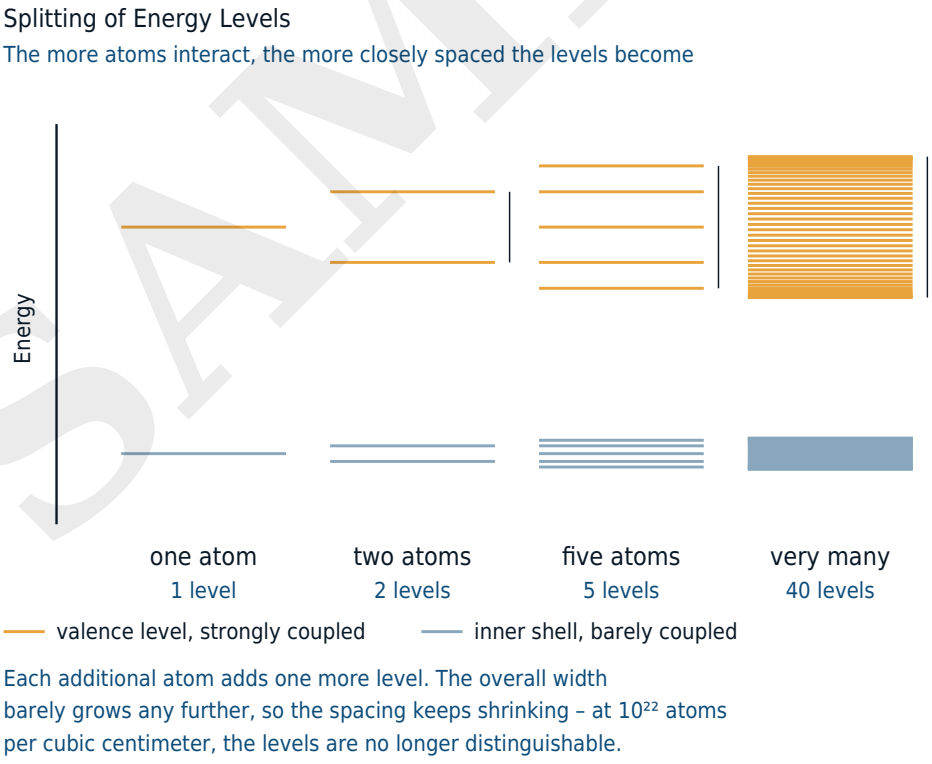
SAMPLE

The Band Model

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

The Energy Bands

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.



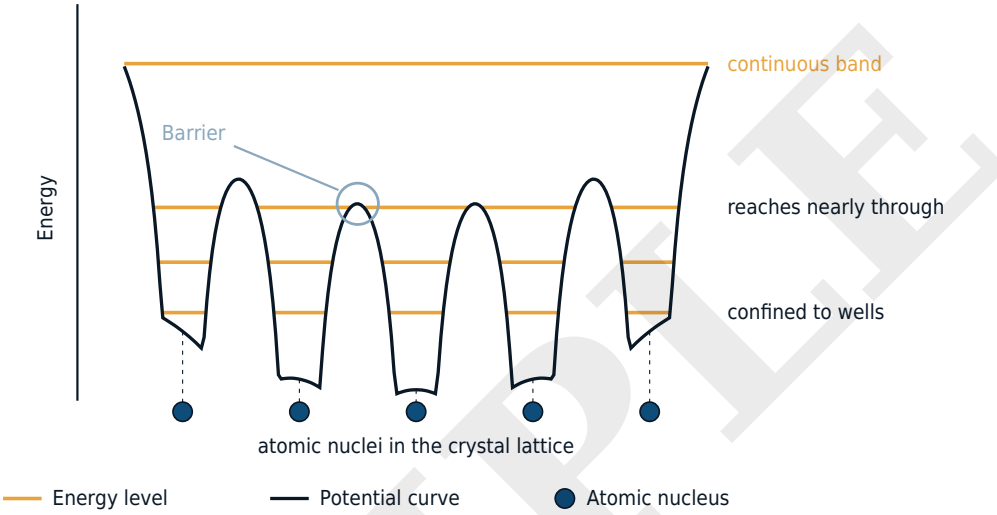
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Energy Bands from Interacting Atoms

The potential wells of neighboring atoms overlap



Deeply bound electrons stay trapped in their well – their levels remain separate. The valence electrons, by contrast, sit above the barriers between the nuclei and no longer belong to a single atom: a band forms.

The Band Model in Conductors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

The Band Model in Insulators

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

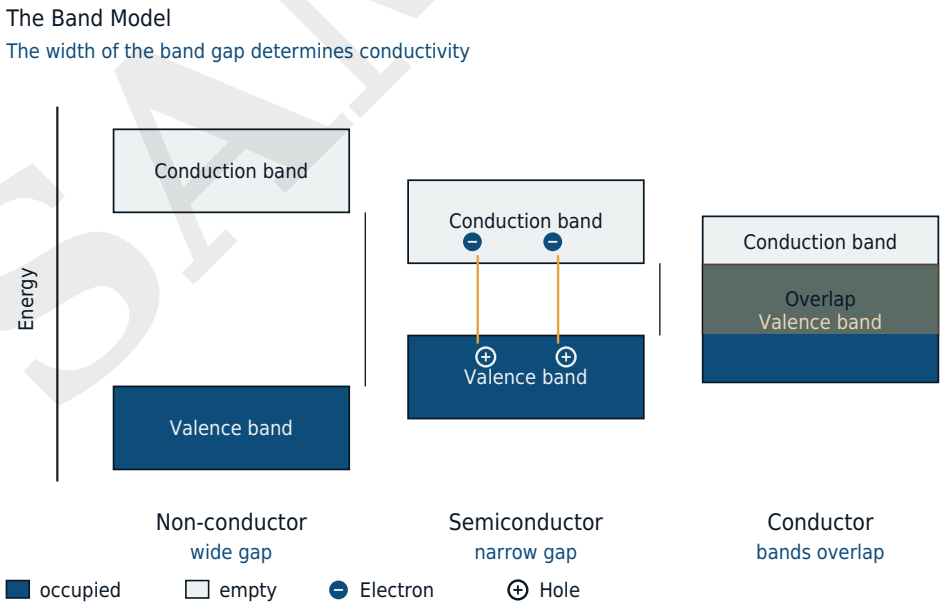
SAMPLE

The Band Model in Semiconductors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.



In a semiconductor, the heat available at room temperature is already enough to raise individual electrons across the gap. Each leaves behind a hole in the valence band – both contribute to the current.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris *Lorem*Lorem.

Doping: n- and p-semiconductors

Doping

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit[Lorem]Lorem.

n-Type Doping

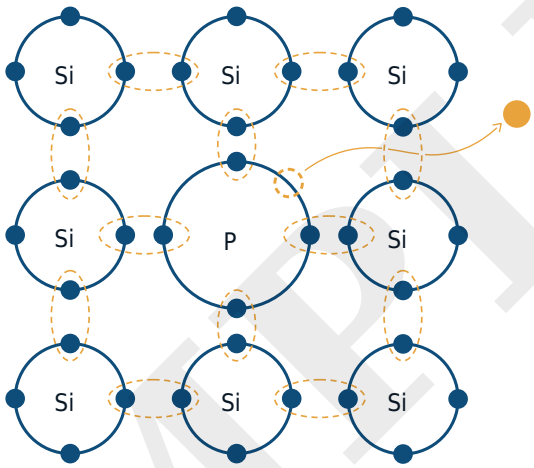
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequatLoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

n-type doping with phosphorus



Four bonding electrons, one electron as a free charge carrier

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

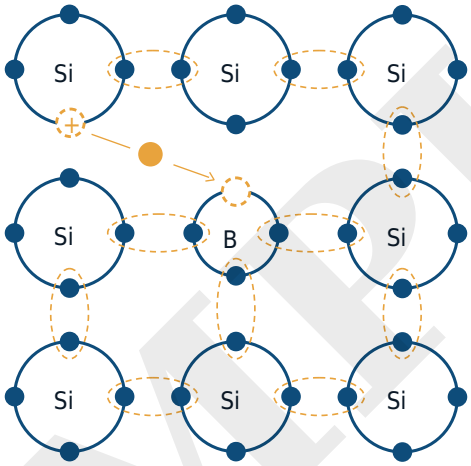
p-Type Doping

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

p-type doping with boron



Four bonding electrons, one electron as a free charge carrier

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Band Diagram of Doped Semiconductors

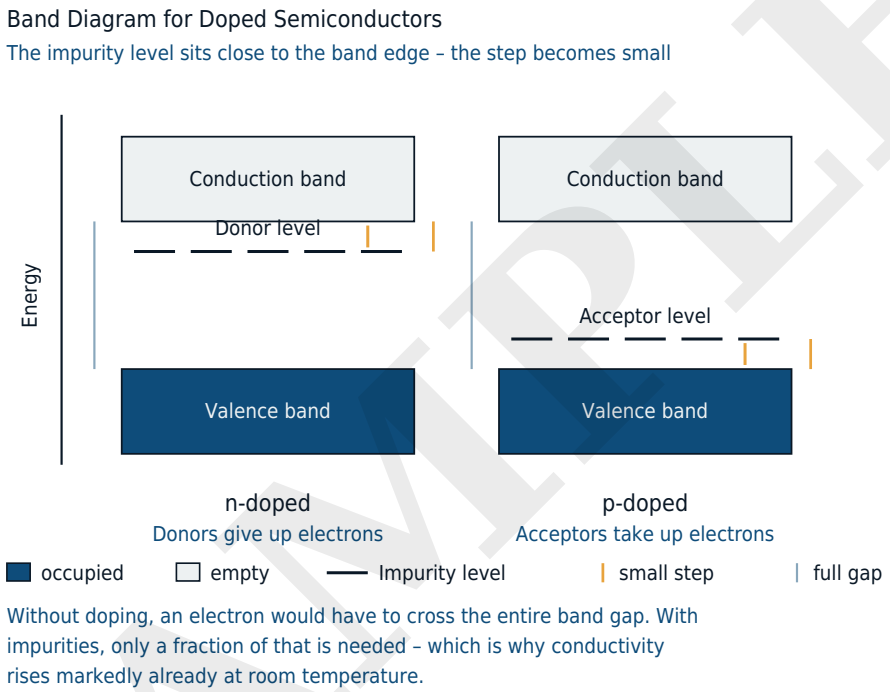
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Band diagram of doped semiconductors



The p-n junction

The p-n Junction in Equilibrium

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip Lorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem.

p-n junction with no applied voltage

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

The p-n Junction with an Applied Voltage

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

p-n junction with an applied voltage

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Transistors and Memory

SAMPLE

MOSFET

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore Lorem ipsum dolor sit ametLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Bipolar Transistor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation Lorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem.

FinFET

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation Lorem ipsum dolor sitLorem.

SAMPLE

DRAM Cell

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis Lorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem.

SAMPLE

Wafer Fabrication

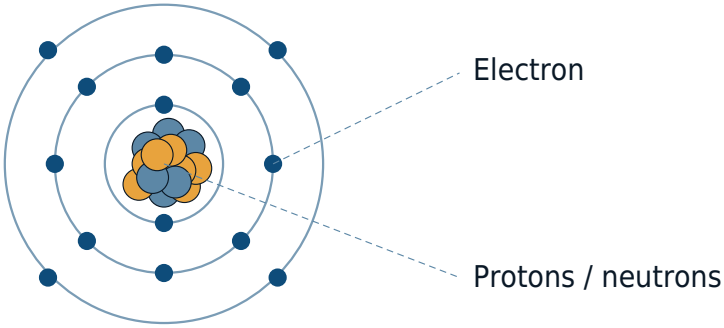
Silicon

Properties of Silicon

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Bohr atomic model of silicon



SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Production of raw silicon

Starting Material: Silicon Dioxide

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris

$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ LoremLoremLorem ipsum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Purification of the Raw Silicon

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem

Lorem ipsumLoremLorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla

Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem ipsum
Lorem
Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

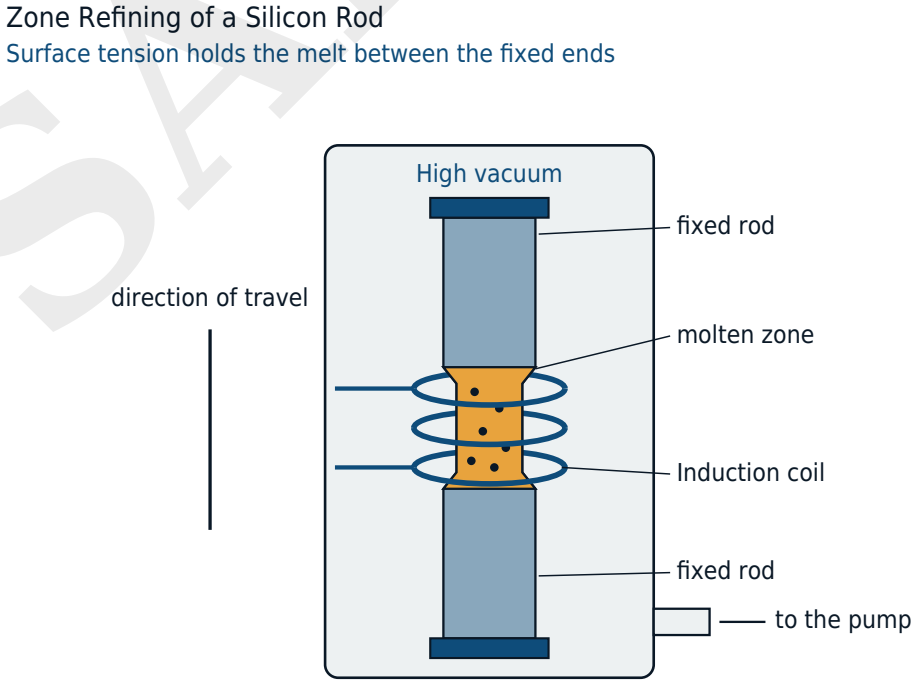
exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Zone Refining

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Illustration of zone refining



Impurities remain in the melt and travel along with the zone.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

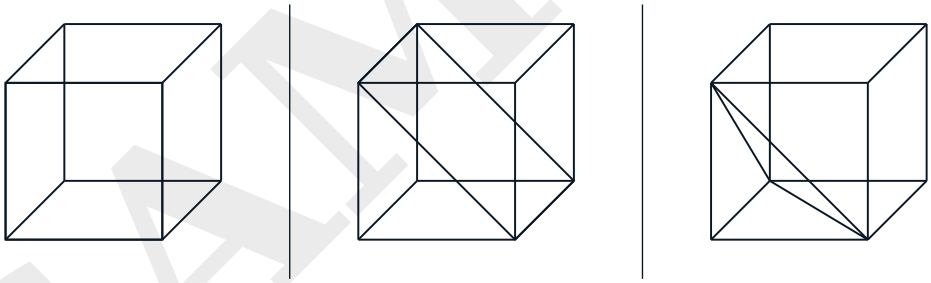
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Fabrication of the single crystal

The Single Crystal

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Crystal orientations



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Czochralski Crystal Growing Process

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

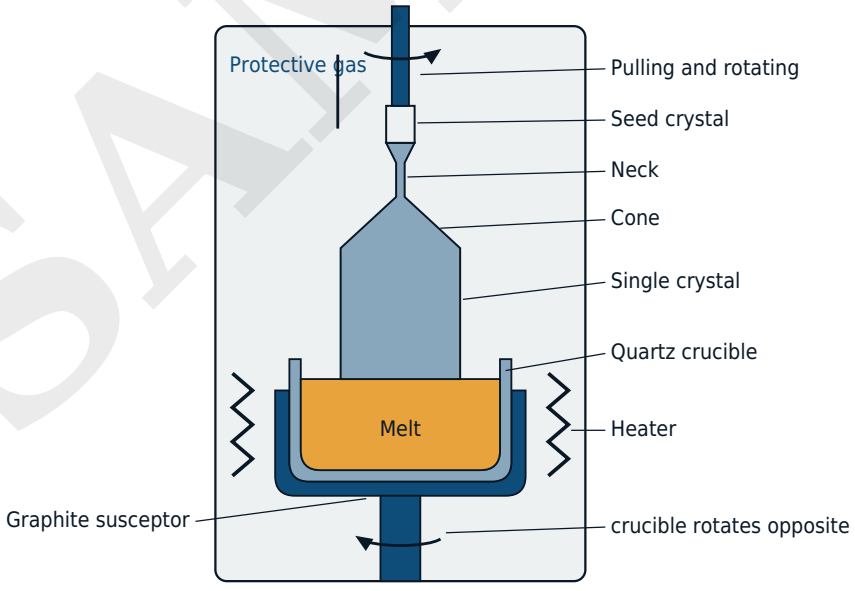
incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Czochralski Crystal Growth

The seed crystal sets the orientation of the crystal



Diameter is set via pulling speed and melt temperature.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Crucible-Free Float-Zone Growing

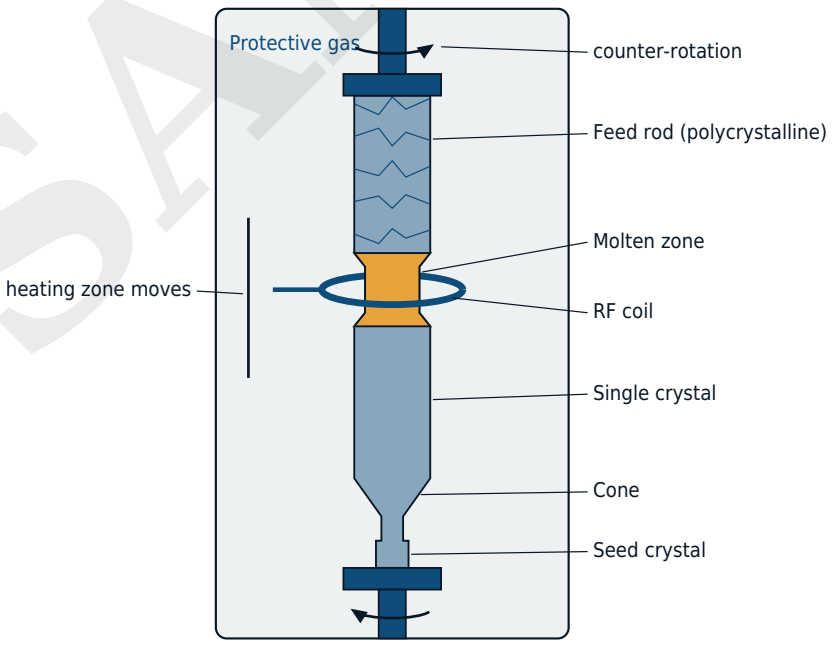
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Float-Zone Process

Only a few millimeters of the rod are molten



No crucible means no contact with foreign material; doping is introduced via the protective gas.

SAMPLE

Miller indices

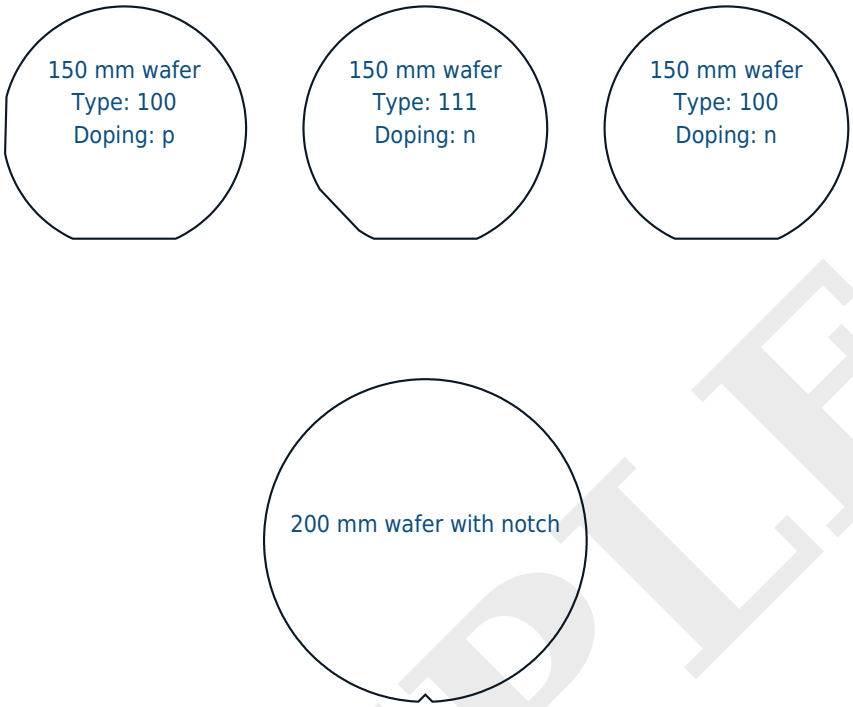
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

The wafer

Wafer Slicing and Surface Finishing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

SAMPLE



SAMPLE

Sawing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

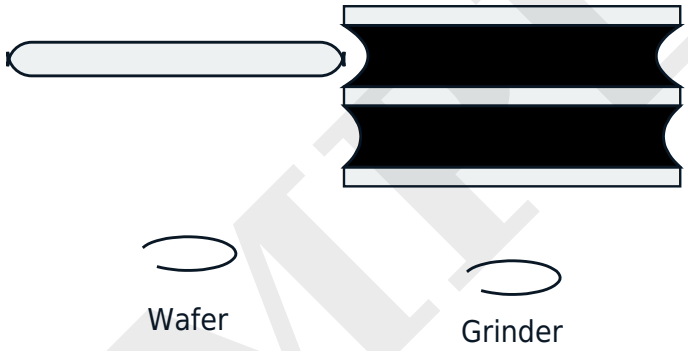
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lapping

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Rounding the wafer edge

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.



Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Polishing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur

SAMPLE

adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Historical Development of Wafer Size

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

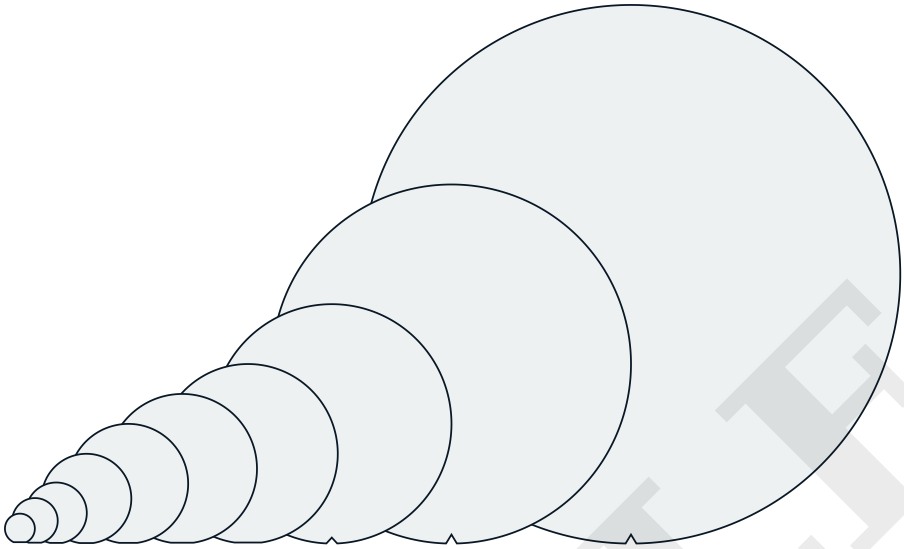
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Typical wafer data:

Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum
Lorem	Lorem ipsum dolor	Lorem	Lorem ipsum	Lorem
Lorem	Lorem ipsum dolor	Lorem	*Lorem*	Lorem
Lorem	Lorem ipsum dolor	Lorem	*Lorem*	Lorem

Overview of wafer sizes: 25, 38, 51, 75, 100, 125, 150, 200, 300, 450 [mm] (to scale)

SAMPLE



The Step to 450 mm That Never Happened

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Why Are Wafers Round?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

SAMPLE

Cleanroom

Personnel in the Cleanroom

Humans as a Source of Contamination

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Personnel Airlock and Gowning

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et Lorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Cleanroom Clothing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

SAMPLE

Conduct in the Cleanroom

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Leaving the Cleanroom

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

SAMPLE

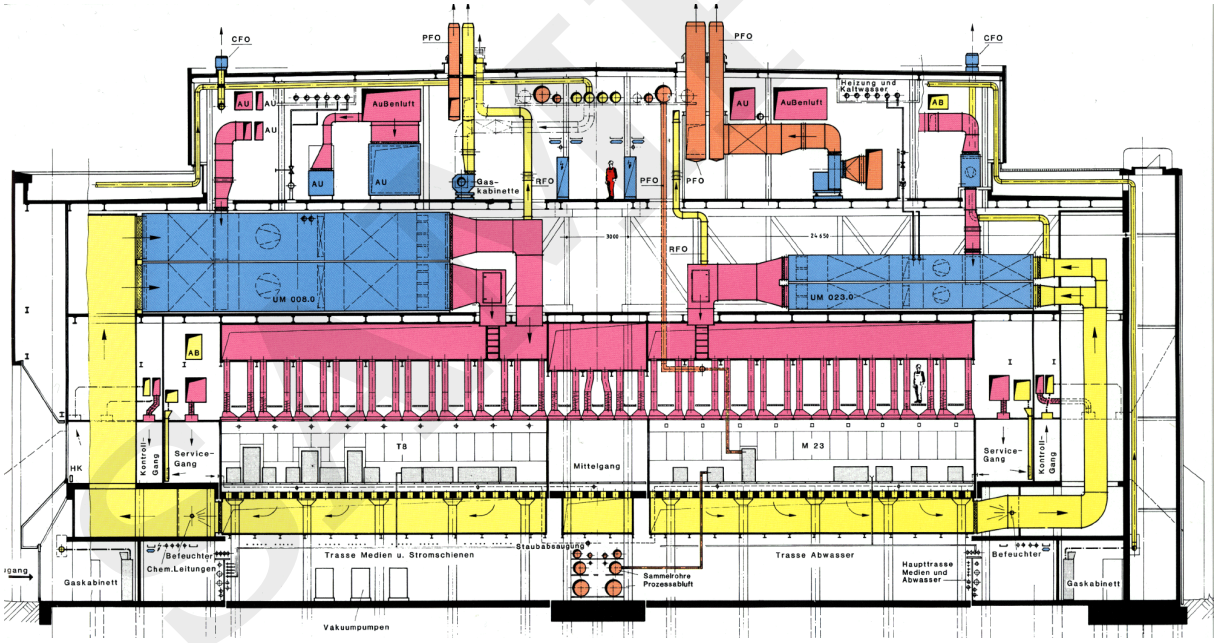
Cleanroom Design and Utilities

The Cleanroom as Part of the Fab

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Cross-section of a semiconductor cleanroom fab



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

SAMPLE

Air Handling Above the Cleanroom

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Filter Ceiling and Airflow

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore Lorem Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum *Lorem ipsum* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do. Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Pressure, Temperature and Humidity

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing. Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Subfab and Basement

Lorem Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sitLorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Gases, Chemicals and Process Exhaust

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Production Area and Wafer Logistics

Cleanroom Classes

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Maximum permitted concentration of particles ≥ 0.5 µm

Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur[Lorem]	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor

Lorem ipsum dolor sit *Lorem ipsum*Lorem *Lorem ipsum* Lorem *Lorem ipsum* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sedLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Not Every Part of the Fab Requires the Same Cleanliness

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Process Tools in the Cleanroom

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

SAMPLE

FOUP and Load Port

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Automated Wafer Transport

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt. Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Process Flow and Production Control

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Cleanroom Monitoring

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore etLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

SAMPLE

Oxidation

Overview

Application of Oxide Layers

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet

For Isolation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

As a Scatter Layer

Lorem Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

As an Adaptation Layer

Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

For Planarization

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

As a Masking Layer

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt

SAMPLE

ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

As Alignment Marks

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

As a Protective Layer

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Properties of oxide layers

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat

Lorem$_{\text{Lorem}}$ LoremLoremLorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Fabrication of oxide layers

Thermal oxidation

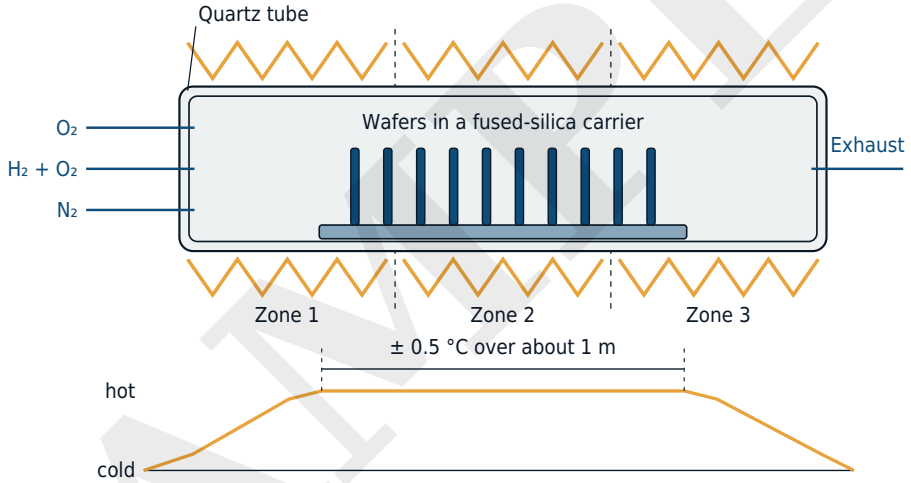
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Oxidation Furnace

Quartz tube with wafer carrier and independently controlled heating zones



Process gases: O_2 for dry, $H_2 + O_2$ for wet oxidation, N_2 for purging.
Process temperature about 800 to 1200 °C, ramp rate at most 10 °C per minute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem.

Dry oxidation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna

Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$LoremLorem$_{\text{Lorem}}$

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Characteristics of dry oxidation

- Lorem ipsum dolor
- Lorem ipsum
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

Wet oxidation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur

Lorem ipsum$_{Lorem}$LoremLoremLorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Comparison of growth rate for dry and wet oxidation

Lorem	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit

H_2-O_2 combustion

Lorem ipsum$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat Lorem ipsum dolorLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Course of the oxidation process

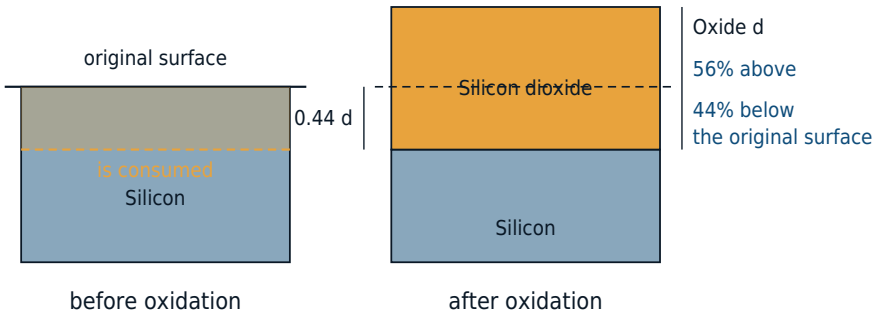
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Volume increase

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Growth Behavior of Oxide on Silicon

The oxide takes up more space than the silicon it forms from



A silicon layer of thickness 1 becomes oxide of thickness 2.27.
The interface moves inward in the process: the oxide grows into the substrate.

SAMPLE

Segregation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip *Lorem* Lorem ipsum dolor sit

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore

Lorem *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Where thermal oxidation stands today

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Oxidation by vapor deposition

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Silane pyrolysis

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

TEOS deposition

LoremLoremLoremLoremLoremLoremLoremLorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Device isolation

Shallow Trench Isolation

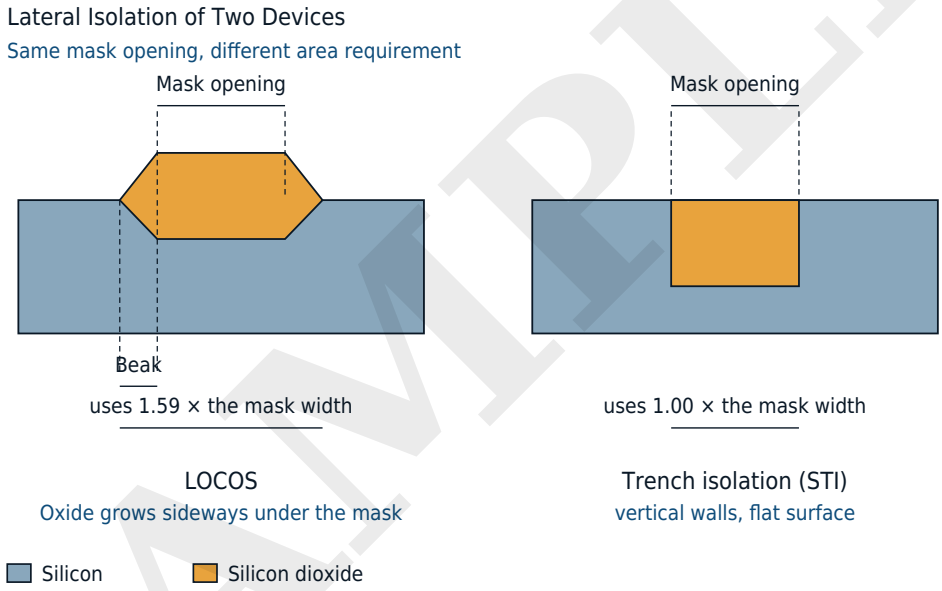
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Comparison of the two methods



Process Flow

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

1. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.
2. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.
3. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

SAMPLE

4. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem Lorem.
5. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet.
6. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Further Variants

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Very large-scale integration

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua LoremLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse LoremLorem LoremLorem ipsum LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Bird's beak

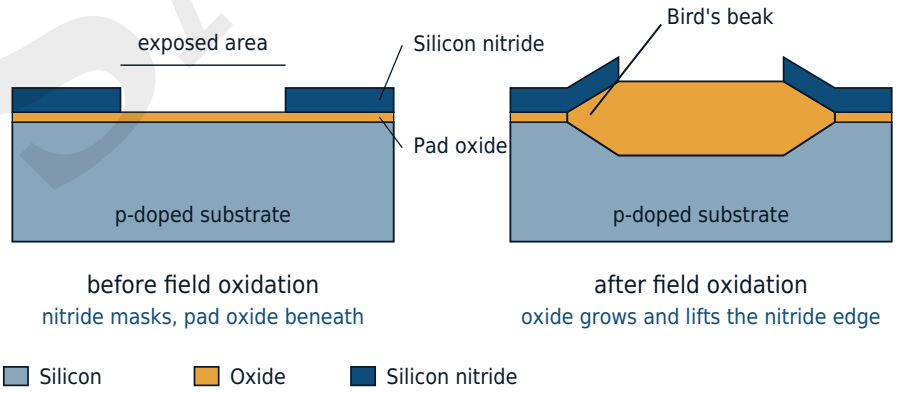
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

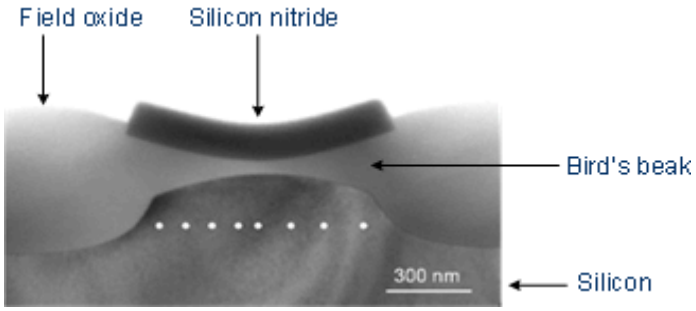
LOCOS: Before and After Field Oxidation

The oxide grows only where the nitride leaves the surface exposed



The oxygen diffuses sideways through the pad oxide, under the nitride mask.

SAMPLE



Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

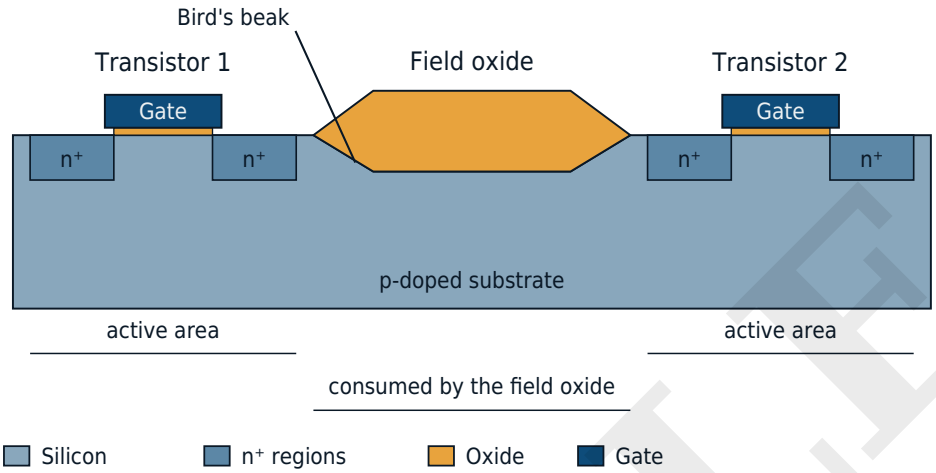
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

SAMPLE

LOCOS Isolating Two Transistors

The field oxide separates the active areas from each other



Without the field oxide, both transistors would be connected through the substrate. The bird's beak costs area that is then unavailable for devices.

SAMPLE

Deposition

Plasma, the fourth aggregation state of a material

Plasma state

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Plasma generation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum

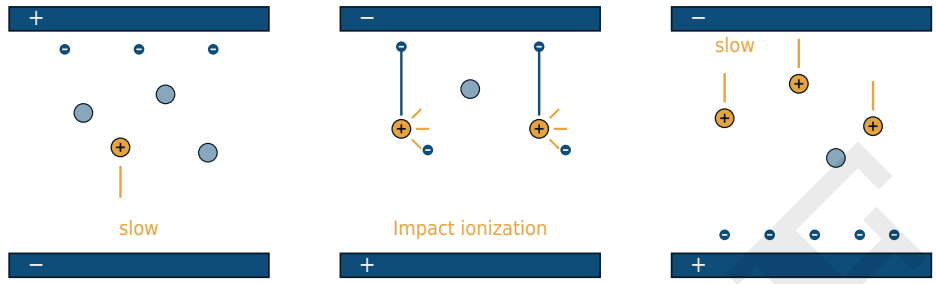
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

SAMPLE

How the Plasma Ignites

The electrodes are reversed millions of times per second



1. Electrons migrate
toward the positive electrode

2. Polarity reverses
Electrons knock out further electrons

3. More charge carriers
the plasma builds up

Gas atom Ion Electron

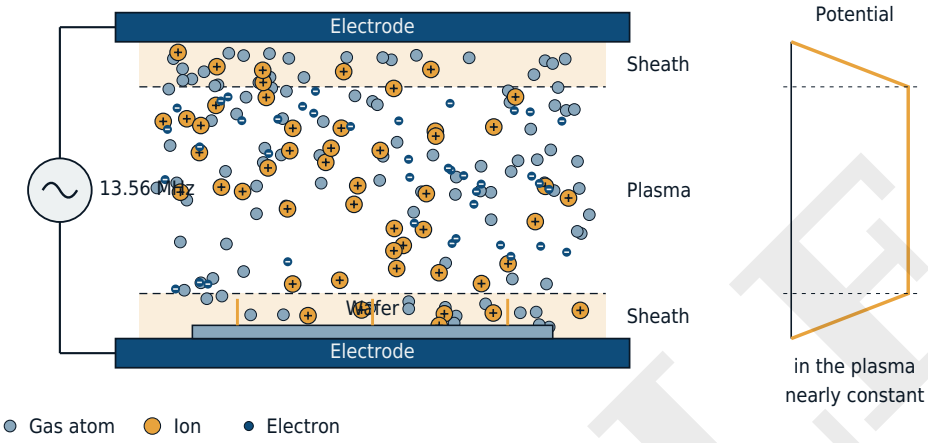
The light electrons follow the alternating field, the heavy ions barely do.
Each polarity reversal creates new charge carriers, until the plasma ignites.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure Lorem ipsumLorem.

SAMPLE

Plasma Generation Between Two Electrodes

Charges balance out in the bulk, but not in front of the electrodes



The electrons follow the alternating field, the heavy ions do not.
This depletes electrons in front of the electrodes; almost the entire voltage drops across this sheath and accelerates the ions onto the wafer.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad$^{\text{Lorem}}$Lorem ipsum$^{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor$^{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

SAMPLE

Chemical vapor deposition

Silicon vapor phase epitaxy

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Homoepitaxy

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore

Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem
Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$LoremLorem ipsum$_{\text{Lorem}}$

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

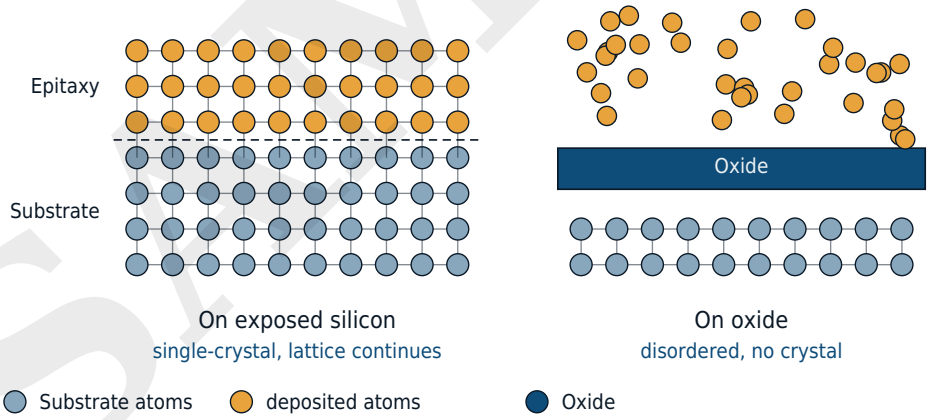
SAMPLE

eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Epitaxy: the layer adopts the crystal structure

It grows plane by plane, continuing the lattice of the surface below



This is exactly what selective epitaxy relies on: at the right chlorine level, the disordered material is continuously etched away again, while the single-crystal material remains.

Selective epitaxy and strained layers

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

CVD process: Chemical Vapor Deposition

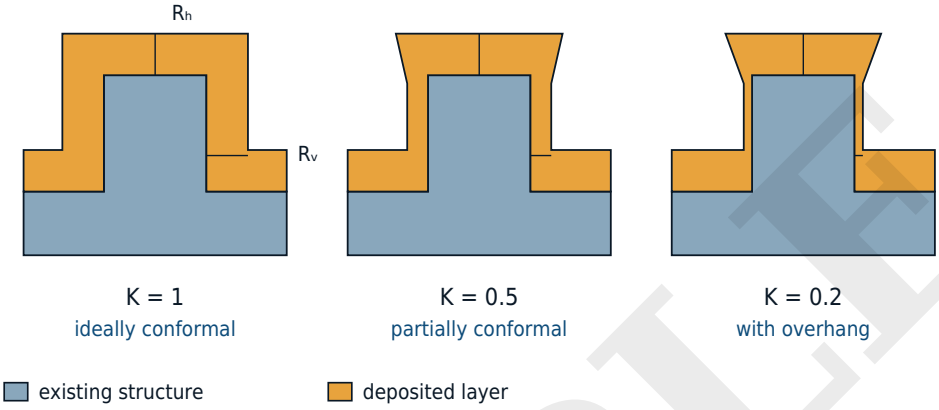
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut_{Lorem} Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{\text{Lorem}}$Lorem *Lorem ipsum*$_{Lorem}$ *Lorem*$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore. *Lorem*$_{Lorem}$ *Lorem*$_{Lorem}$ *Lorem ipsum dolor sit amet consectetur*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

Conformality of a Deposition

Ratio of growth on vertical and horizontal surfaces



R_h is the growth on horizontal, R_v that on vertical surfaces.
The smaller K is, the more readily the layer grows together at the edge and seals in a void beneath it.

APCVD: Atmospheric Pressure CVD

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$^{\text{Lorem}}$Lorem ipsum

Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore

SAMPLE

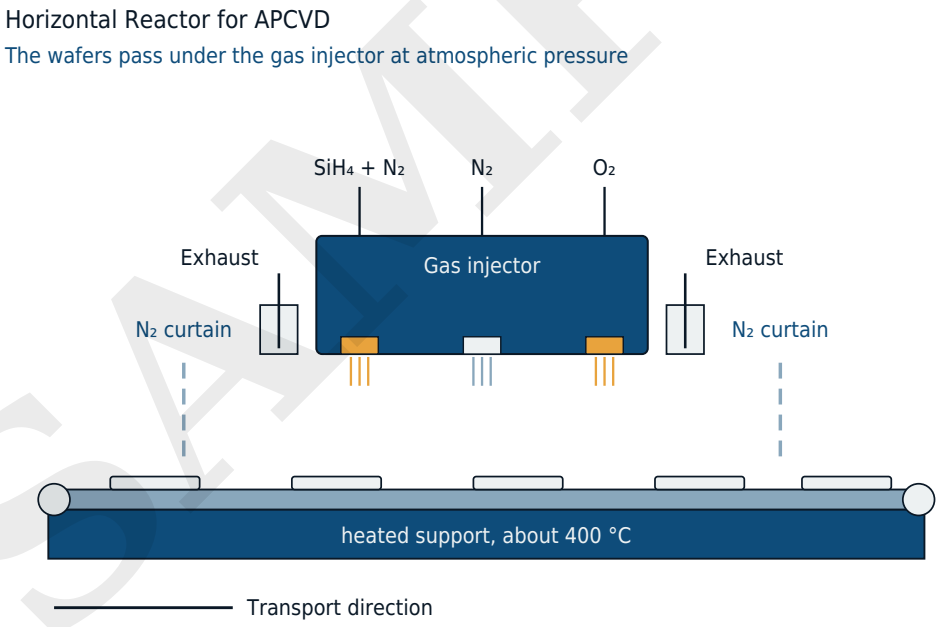
magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Illustration of a horizontal reactor for APCVD deposition



At atmospheric pressure no load lock is needed: the wafers pass through continuously, which is what gives the process its high throughput.

Silane and oxygen are fed in separately and only brought together above the wafer, so they don't react inside the injector itself.

LPCVD: Low Pressure CVD

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

SAMPLE

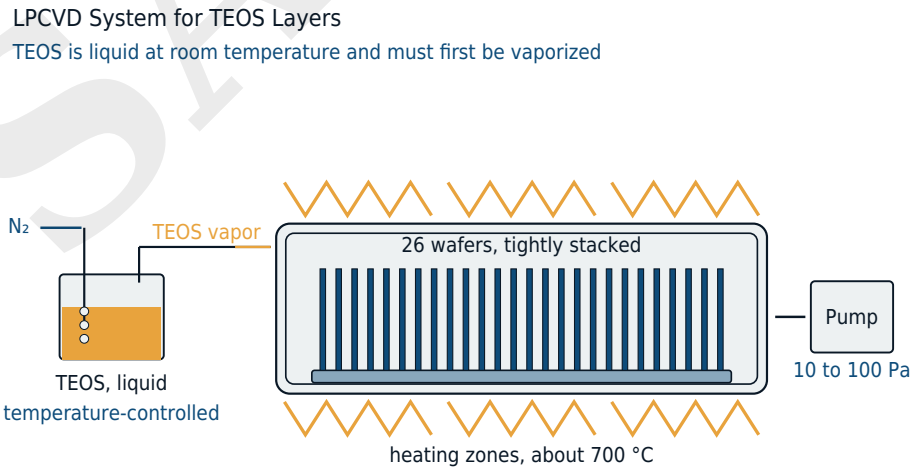
do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor $sit_{Lorem}Lorem_{Lorem}Lorem$ ipsum$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

Lorem $ipsum_{Lorem}Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit_{Lorem}
$Lorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}LoremLorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}$ Lorem $ipsum_{Lorem}$
Lorem ipsum dolor sit amet $consectetur_{Lorem}$ $Lorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}$
$Lorem_{Lorem}LoremLoremLorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}$ Lorem
Lorem $ipsum_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor $sit_{Lorem}Lorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}LoremLorem_{Lorem}$
Lorem
Lorem ipsum dolor sit amet $consectetur_{Lorem}$ $Lorem_{Lorem}LoremLorem$ ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit $sed_{Lorem}Lorem_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod $tempor_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod $tempor_{Lorem}Lorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}$Lorem ipsum $dolor_{Lorem}Lorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}$Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.



The low pressure lets the gas molecules travel far and reach every gap. That's why the wafers can stand close together, and the edges are covered evenly: the conformality is close to 1.

SAMPLE

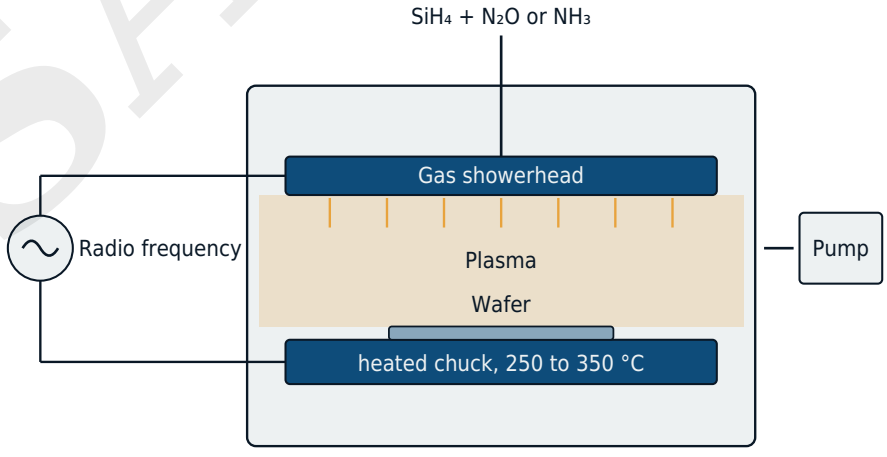
PECVD: Plasma Enhanced CVD

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit_{Lorem} Lorem $ipsum_{Lorem}Lorem_{Lorem}$Lorem ipsum dolor $sit_{Lorem}Lorem_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing $elit_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

PECVD System

The plasma supplies the energy that would otherwise have to come from temperature

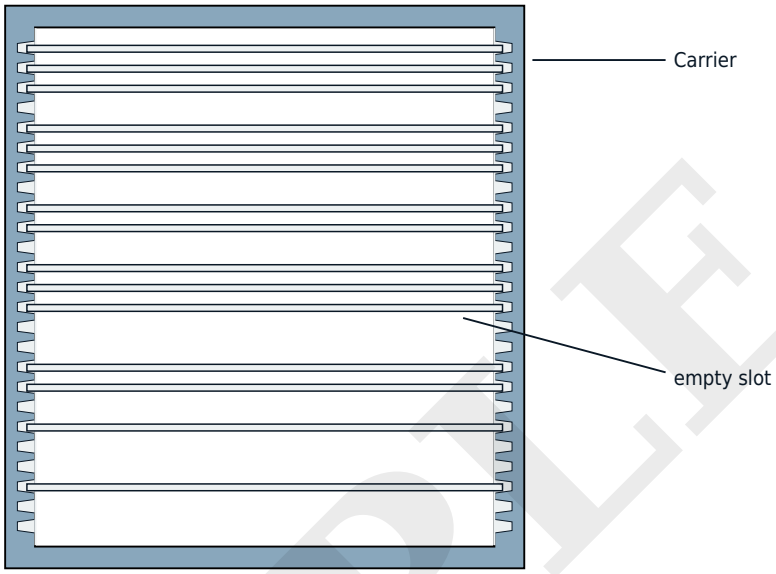


At 250 to 350 °C, the gases would not decompose on their own. That's why the process can also be used over finished aluminum interconnects – where a furnace process would already be far too hot.

SAMPLE

Wafer Carrier

Side view: the wafers lie horizontally, stacked on top of each other



The carrier holds 25 wafers; here 15 of them are loaded. The slot is taller than the wafer is thick and widens toward the opening, so the wafer slides in easily.

ALD: Atomic Layer deposition

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

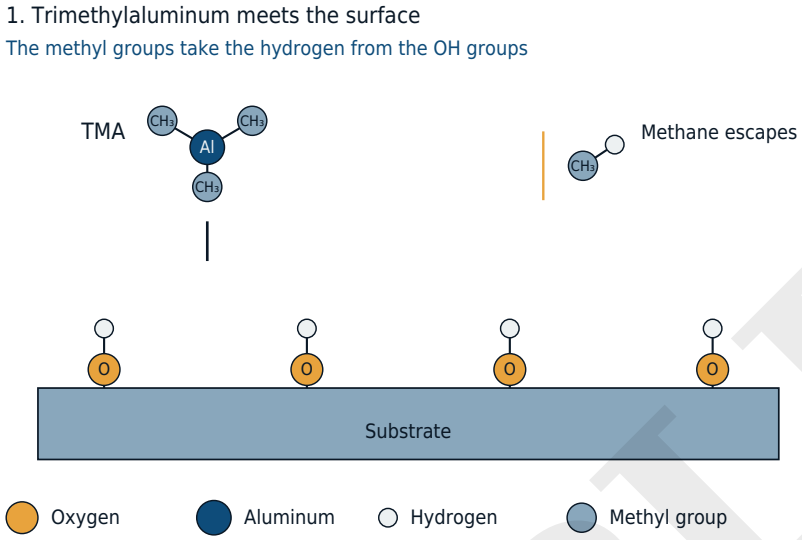
1. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod
2. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
3. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor
4. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod $\text{tempor}_{\text{Lorem}}\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor $\text{sit}_{\text{Lorem}}\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit $\text{amet}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

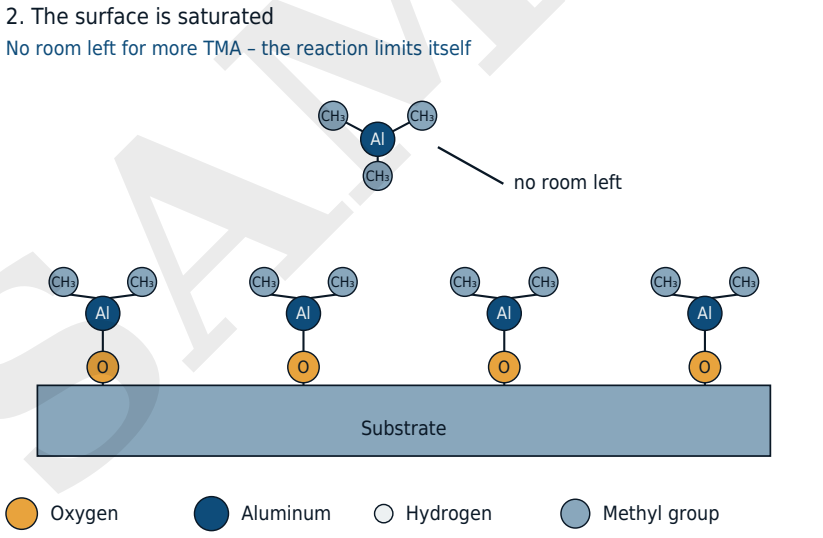
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing $\text{elit}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut_{Lorem}Lorem

SAMPLE

ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

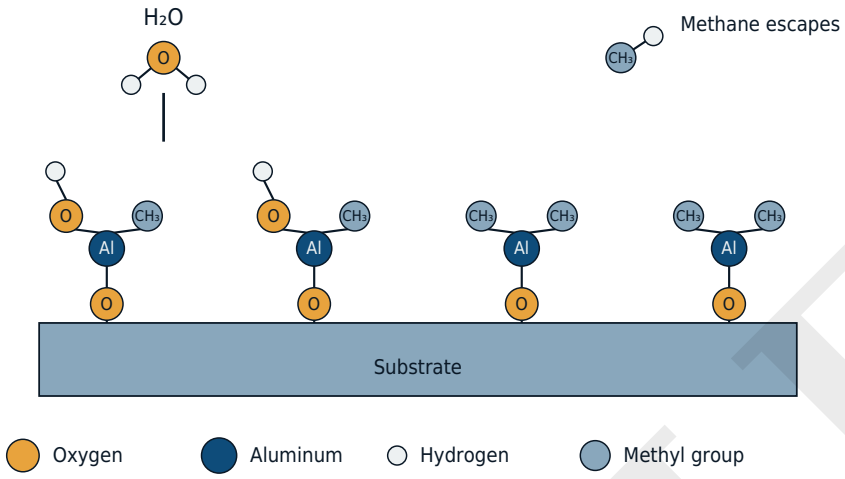


Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

SAMPLE

3. Water vapor follows the purge

The water replaces the methyl groups, again forming methane

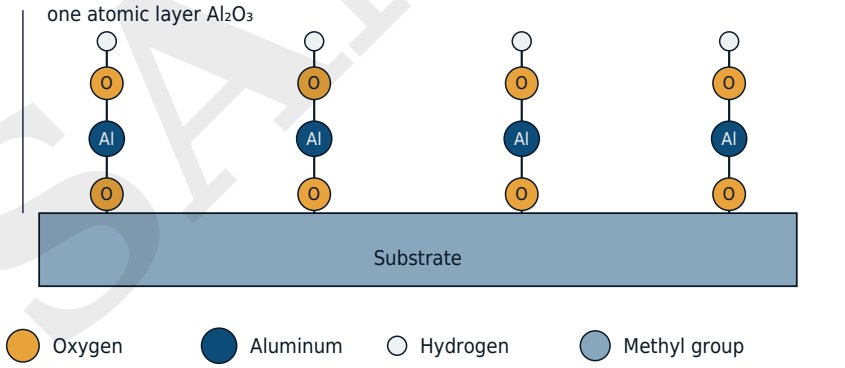


One hydrogen from the water binds the methyl group, leaving the oxygen behind.

Lorem ipsum dolor sit[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

4. One layer of aluminum oxide has grown

The new OH groups are the starting point for the next cycle



About a tenth of a nanometer grows per cycle – the thickness follows from the number of cycles.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

What ALD is used for today

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.
- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.
- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Gap fill

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Why a void forms

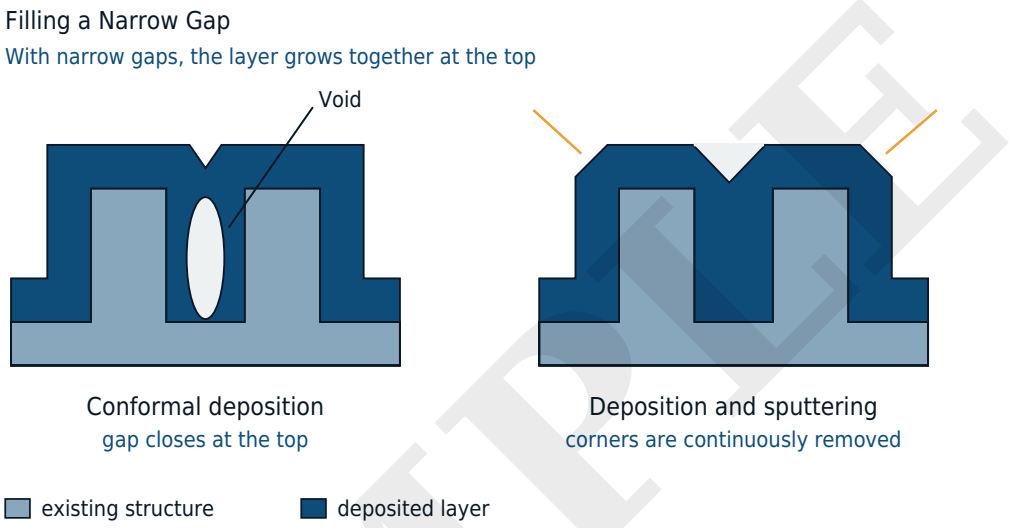
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Depositing and sputtering at the same time



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

When even this is no longer enough

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Physical deposition methods

MBE: Molecular beam epitaxy

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed[Lorem]Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

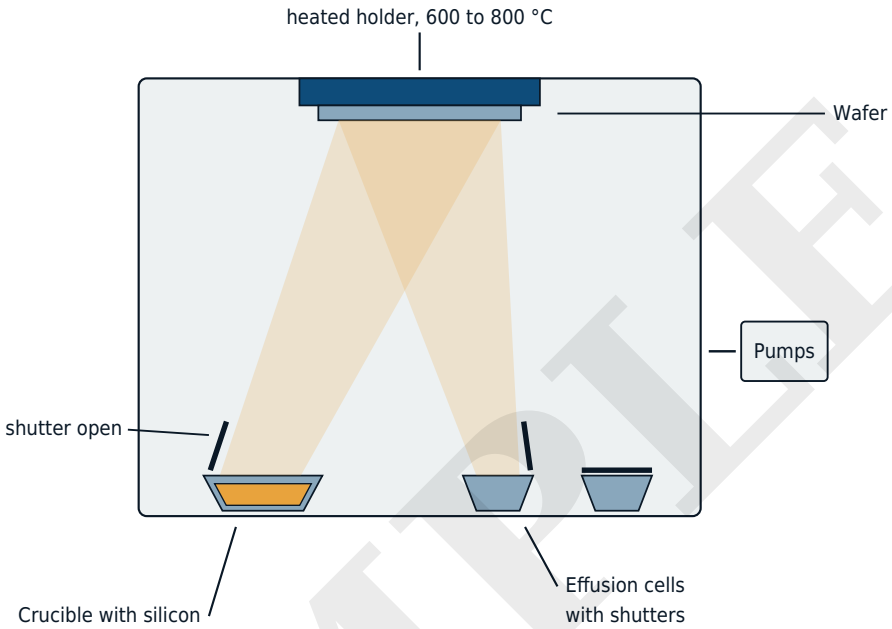
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

MBE System

The atoms fly individually through the ultra-high vacuum onto the wafer



Each source can be switched on individually; growth is about one micrometer per hour. This is the only way to change the composition from one atomic layer to the next. The pressure is around 10^{-8} Pa.

Evaporating

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

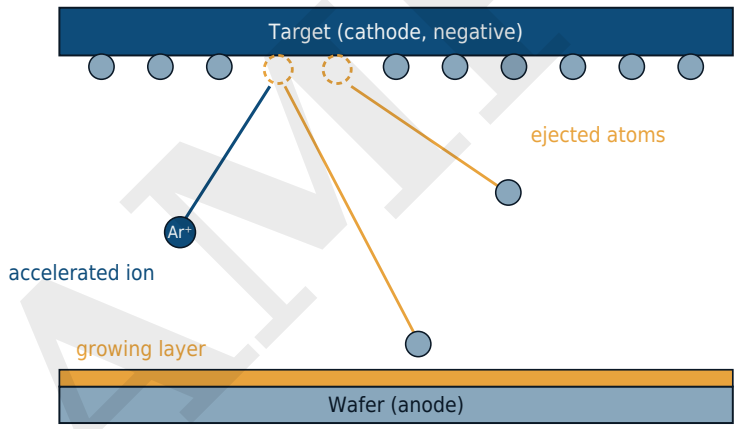
incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Sputtering

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Sputtering

Argon ions knock atoms out of the target, which deposit on the wafer



The atoms fly off in all directions and collide with gas particles along the way. That's why even vertical surfaces are well covered – the layer stays porous at first and is later densified by annealing.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum

Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$LoremLorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Sputtering into narrow structures

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

SAMPLE

Photolithography

Exposure and resist coating

Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do
- Lorem ipsum dolor sit amet
- Lorem ipsum dolor sit
- Lorem
- Lorem ipsum dolor
- Lorem ipsum dolor
- Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Applying an adhesion promoter

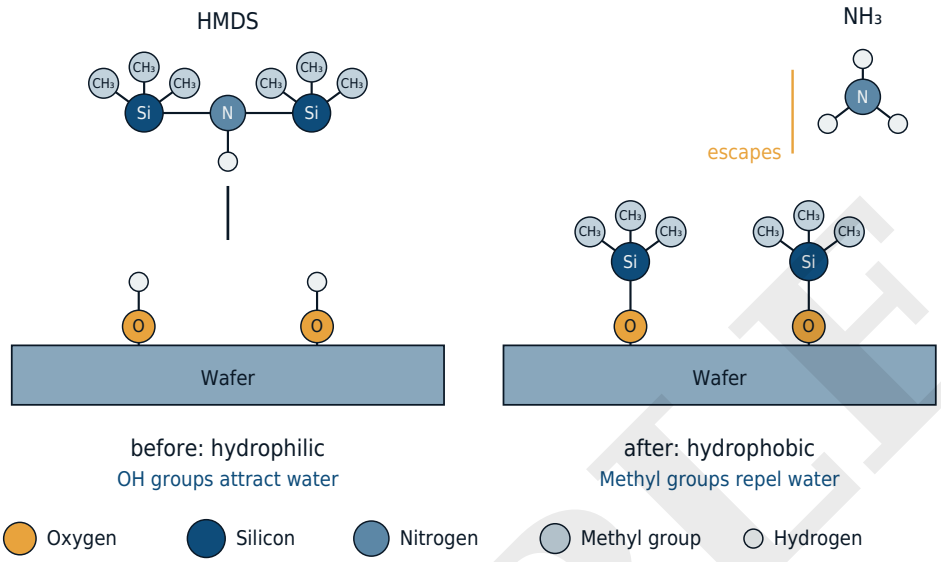
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut^{Lorem} Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{Lorem}$Lorem.

SAMPLE

Attachment of HMDS

The water-attracting surface becomes water-repelling



The HMDS splits into two trimethylsilyl groups. Each bonds to an oxygen atom on the surface and takes its hydrogen along; together with the nitrogen, this forms ammonia.

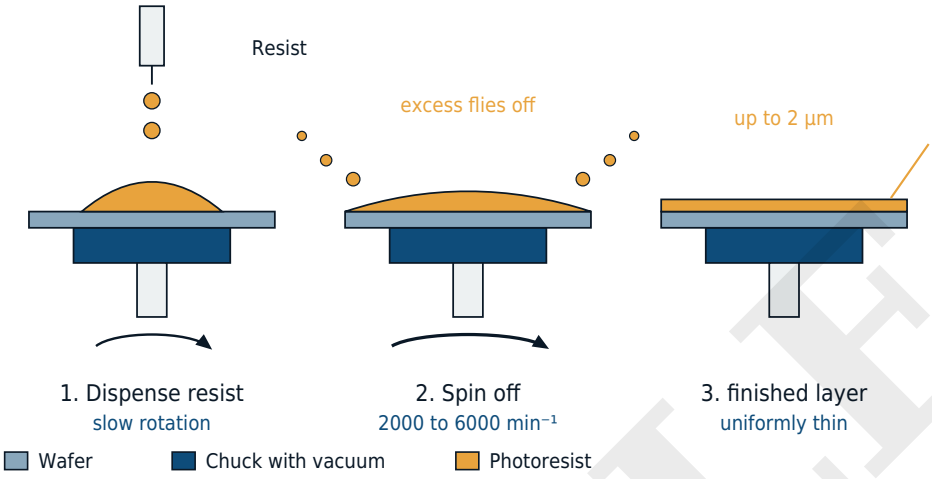
Coating

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

SAMPLE

Resist Coating by Spin Coating

Centrifugal force spreads the resist drop into a thin layer



The layer thickness follows from spin speed and resist viscosity: the faster the chuck spins and the thinner the resist, the thinner the layer.
By far the largest part of the dispensed resist is spun off in the process.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

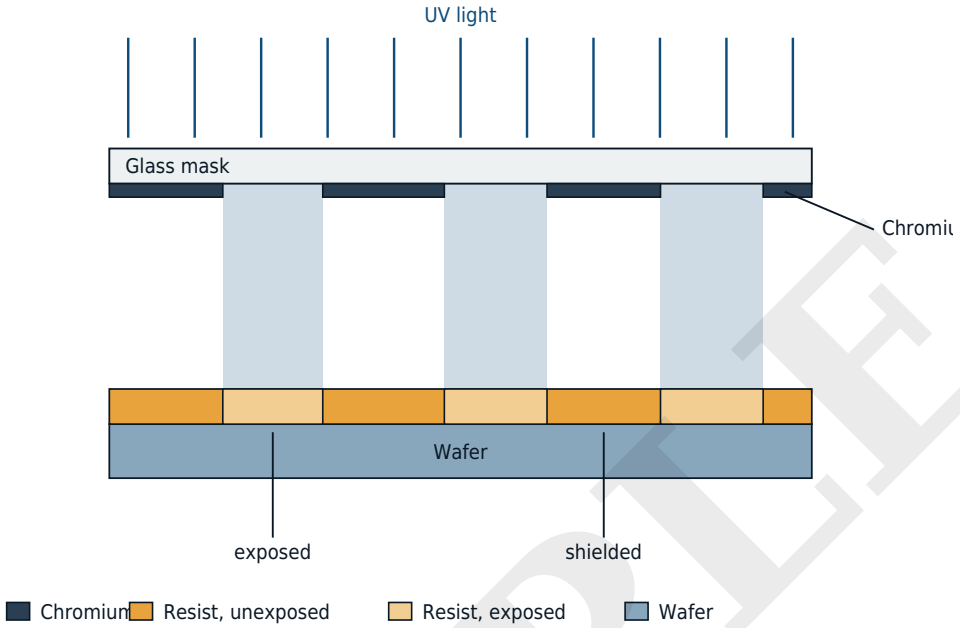
Exposure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

SAMPLE

Exposure Through a Mask

Where chromium sits on the mask, the resist stays unexposed



The mask carries the pattern as a chromium layer on glass. During development, depending on the resist type, either the exposed or the unexposed part is removed – leaving behind the patterned resist layer.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute LoremLorem.

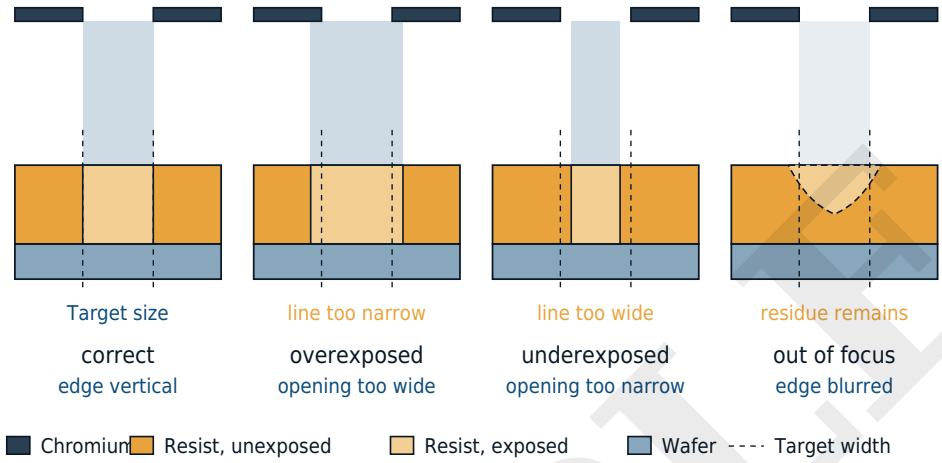
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

SAMPLE

Exposure Profiles

Exposure time and focus determine the width of the feature



The longer the exposure, the wider the exposed area: resist lines get narrower, contact holes larger. With too short an exposure or poor focus, resist remains at the bottom and the contact hole fails to open.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Exposure methods used

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

Lorem *Lorem* Lorem ipsum dolor sit *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit $Lorem_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur.

SAMPLE

Overview of the wavelengths

Lorem	Lorem	Lorem
Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Immersion lithography

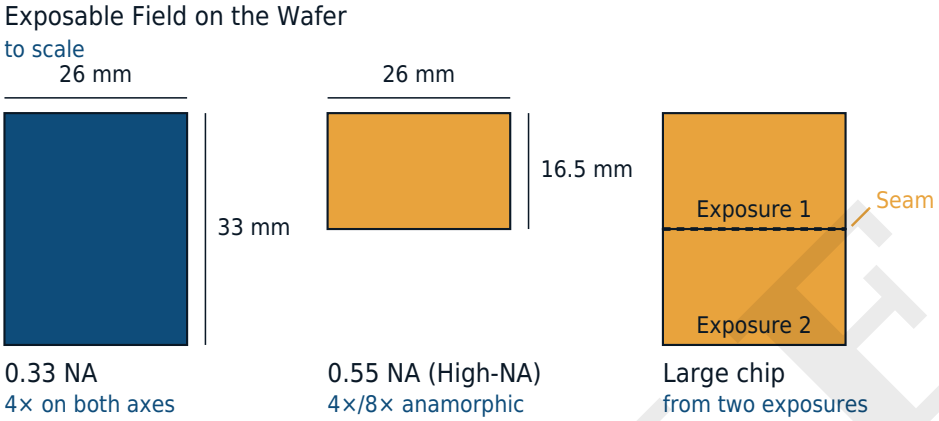
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum LoremLorem.

EUV lithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

SAMPLE

Exposable field at 0.33 NA and 0.55 NA



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Other methods

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis LoremLorem.

Multipatterning

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Multiple exposure with two masks (LELE)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum.

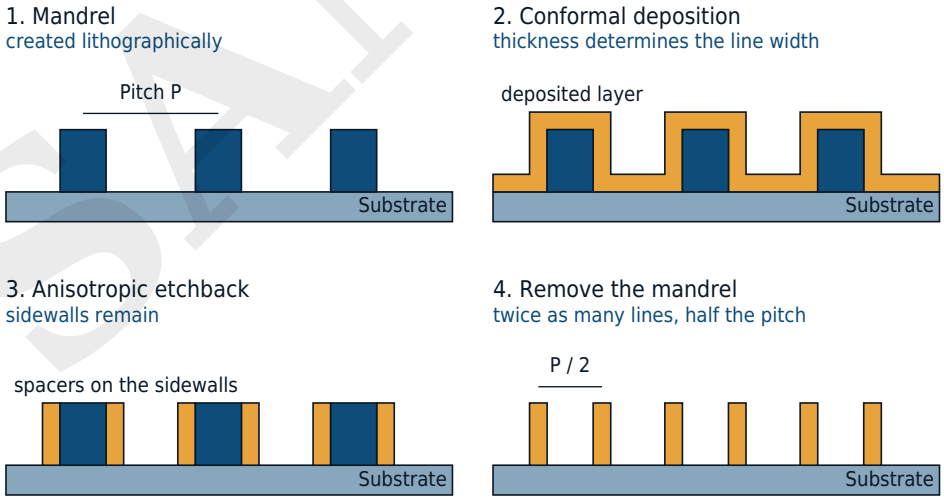
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Self-aligned double patterning (SADP)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Sequence of self-aligned double patterning



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Significance today

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Exposition methods

Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Contact exposure

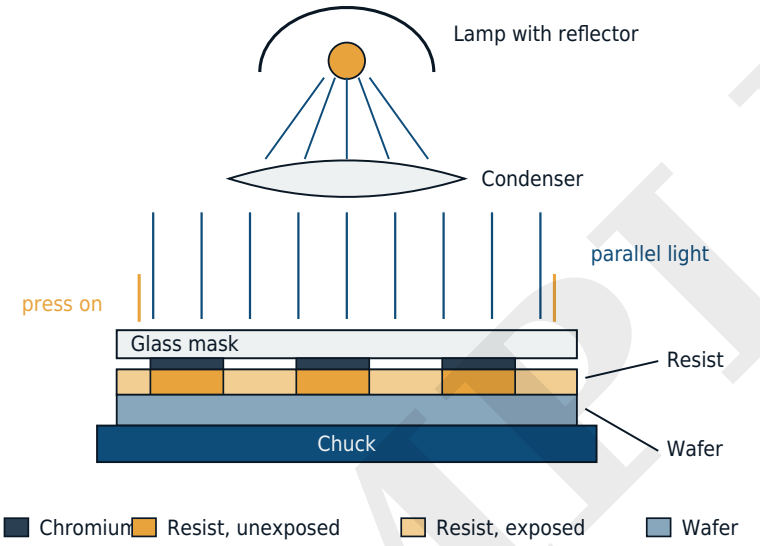
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Contact Exposure

The mask sits directly on the resist, transfer is 1:1



Because mask and resist touch, diffraction effects occur only at the feature edges. The setup is simple and exposes all chips at once.
In return, the mask gets dirty and scratched, since it is pressed onto the resist.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

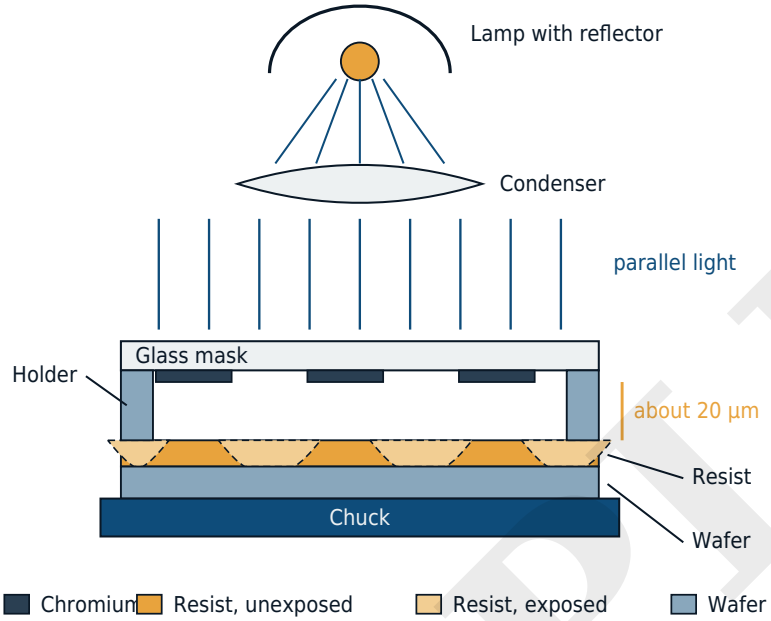
Proximity exposure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

SAMPLE

Proximity Exposure

Spacers hold the mask above the resist – a shadow image results



The gap protects mask and resist from scratches and from particles in between. In return, only a shadow image falls onto the wafer: the light diffracts at the chromium edges, so the features widen and their edges become blurred.

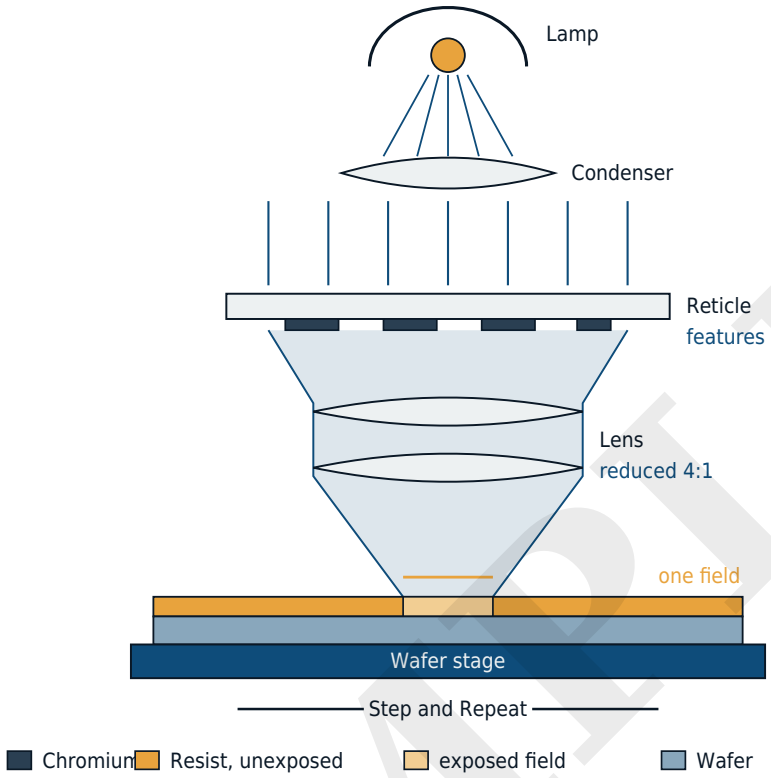
Reducing projection exposure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

SAMPLE

Reduction Projection Exposure

The lens images the reticle onto the wafer at reduced scale



Because the features on the reticle are four to ten times larger, particles and mask defects are also scaled down and often fall below the resolution limit. Exposure proceeds field by field, with the wafer stage moving between.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

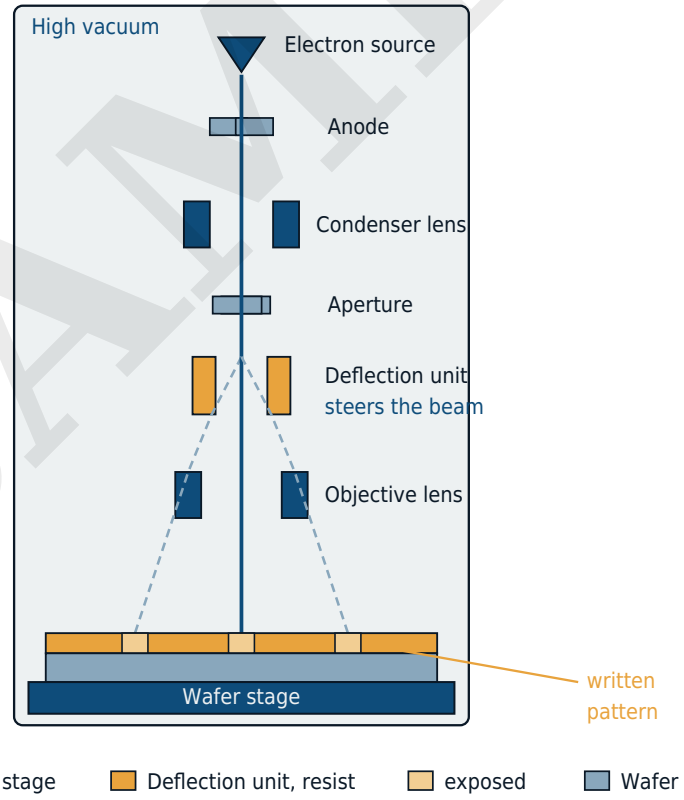
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Electron beam lithography

Lorem ipsum Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Electron Beam Lithography

A focused beam writes the pattern directly – no mask needed



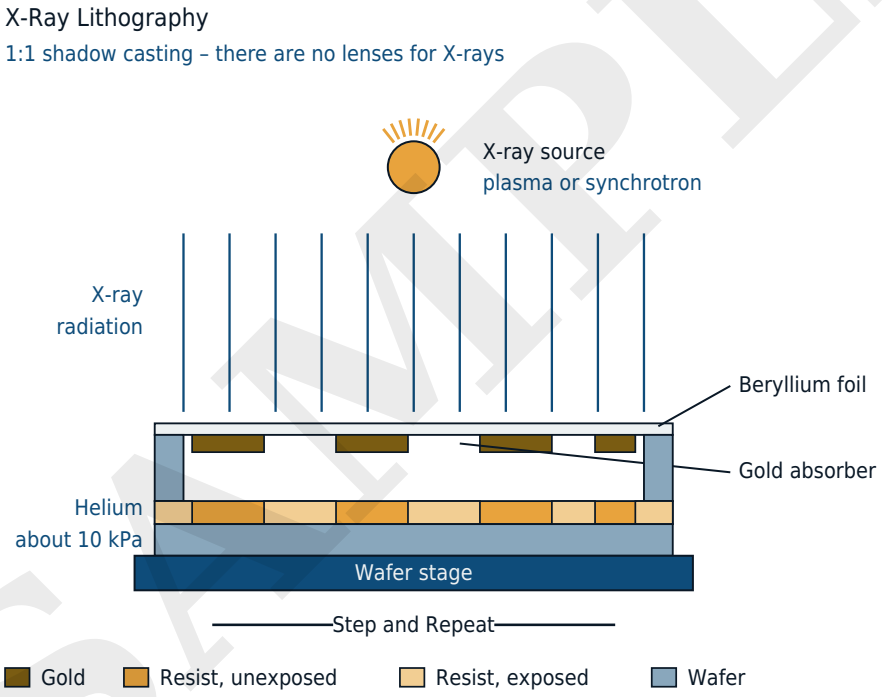
The beam scans the pattern point by point – row by row in raster scan or targeted in vector scan. This takes time but saves the mask, which is why it is mainly used for prototypes and for making the masks themselves.

SAMPLE

X-ray lithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.



Additional methods

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Photoresist

Photoresist

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo Lorem ipsumLorem.

Lorem ipsum dolor sit

- Lorem ipsum dolor
- Lorem ipsum dolor sit amet
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit
- Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod
- Lorem ipsum
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
- Lorem ipsum dolor sit
- Lorem ipsum
- Lorem ipsum dolor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Chemical composition

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

SAMPLE

tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Yellow Room

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Chemically amplified resists

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Resists for EUV exposure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Development and inspection

Development

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

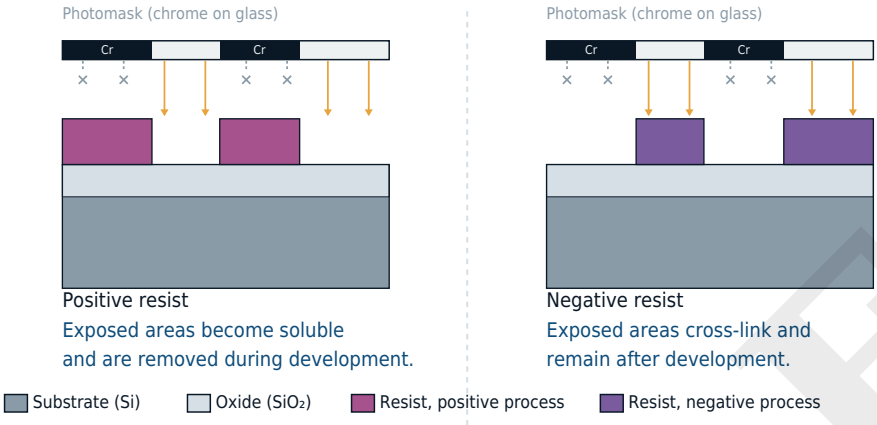
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum

Lorem ipsumLoremLorem^{Lorem} Lorem^{Lorem} Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet

SAMPLE

Developed Resist Mask After Exposure

Positive and negative resist after exposure through the same photomask (COG, schematic)

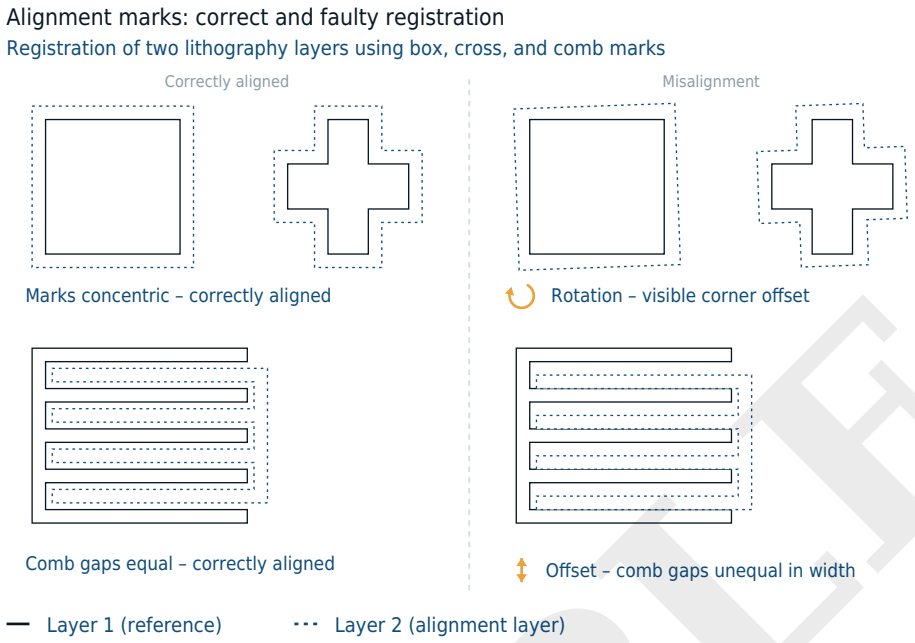


Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Inspection

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Resist removal

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Photomasks

Mask technology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Correction of imaging errors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis *Lorem ipsum dolor* Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

SAMPLE

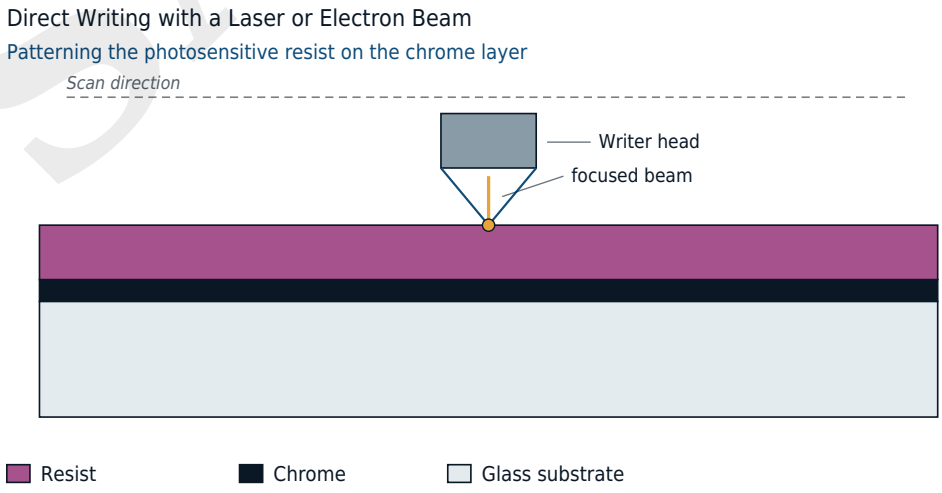
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Photomask manufacturing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua



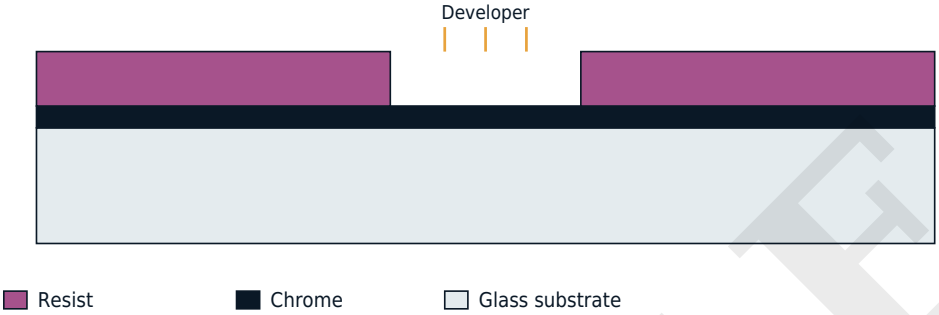
A photosensitive resist on a chrome layer is exposed directly with a focused laser or electron beam – unlike wafer exposure, no shadow is cast through a mask.

SAMPLE

Lorem. Lorem ipsum dolor sit

Developing the Resist

The exposed resist is dissolved away, exposing the chrome

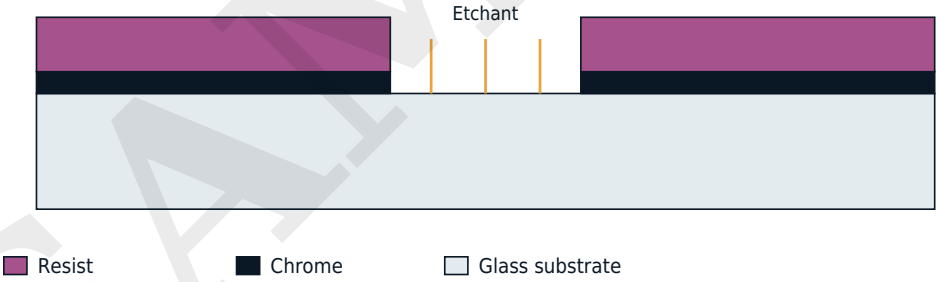


The developer dissolves the exposed resist and exposes the chrome layer at the future structures; the chrome layer itself remains unchanged.

Lorem. Lorem ipsum dolor sit

Etching the Chrome Layer

The exposed chrome is removed through the resist mask



The exposed chrome is removed by wet-chemical or plasma etching; the remaining resist protects the chrome structures beneath it, the glass substrate is left unaffected.

Lorem. Lorem ipsum

SAMPLE

Resist Removal

The finished chrome structure remains on the glass substrate



Chrome Glass substrate

After stripping the resist residue, the finished chrome structure lies exposed on the glass substrate, showing the desired mask layout.

Lorem. Lorem ipsum dolor

Attaching the Pellicle

A protective membrane keeps particles out of the focal plane of the mask



Chrome Glass substrate Pellicle membrane Standoff frame

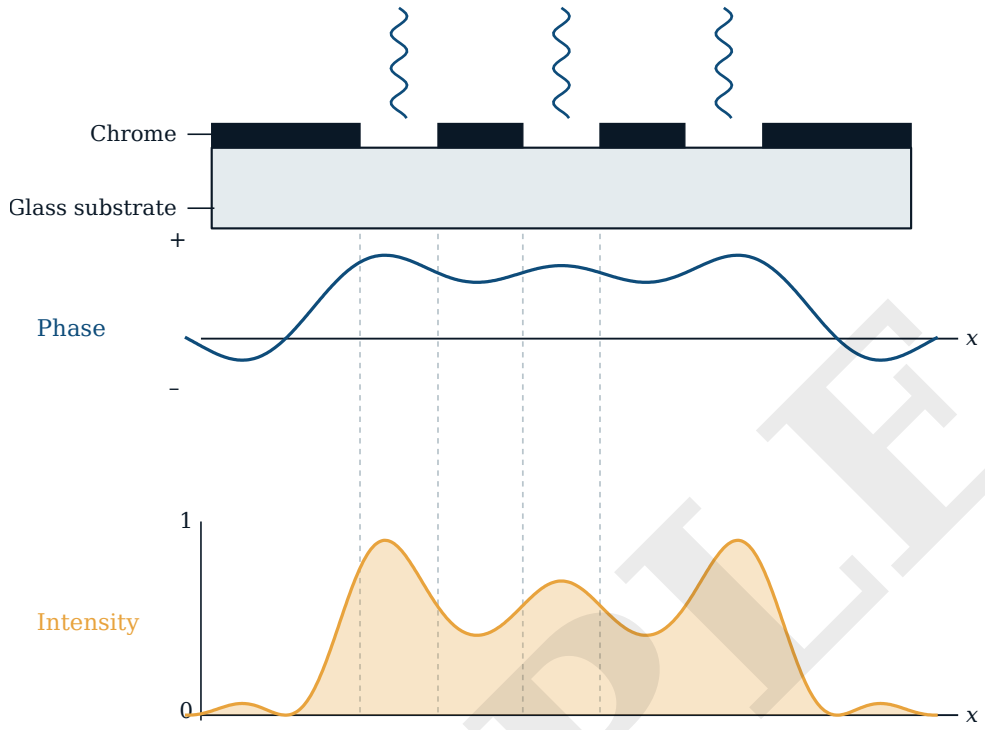
A pellicle – a thin, transparent membrane on a standoff frame – protects the mask surface from particles outside the focal plane of the structures.

Mask types

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Intensity profile of a Chrome On Glass mask

SAMPLE



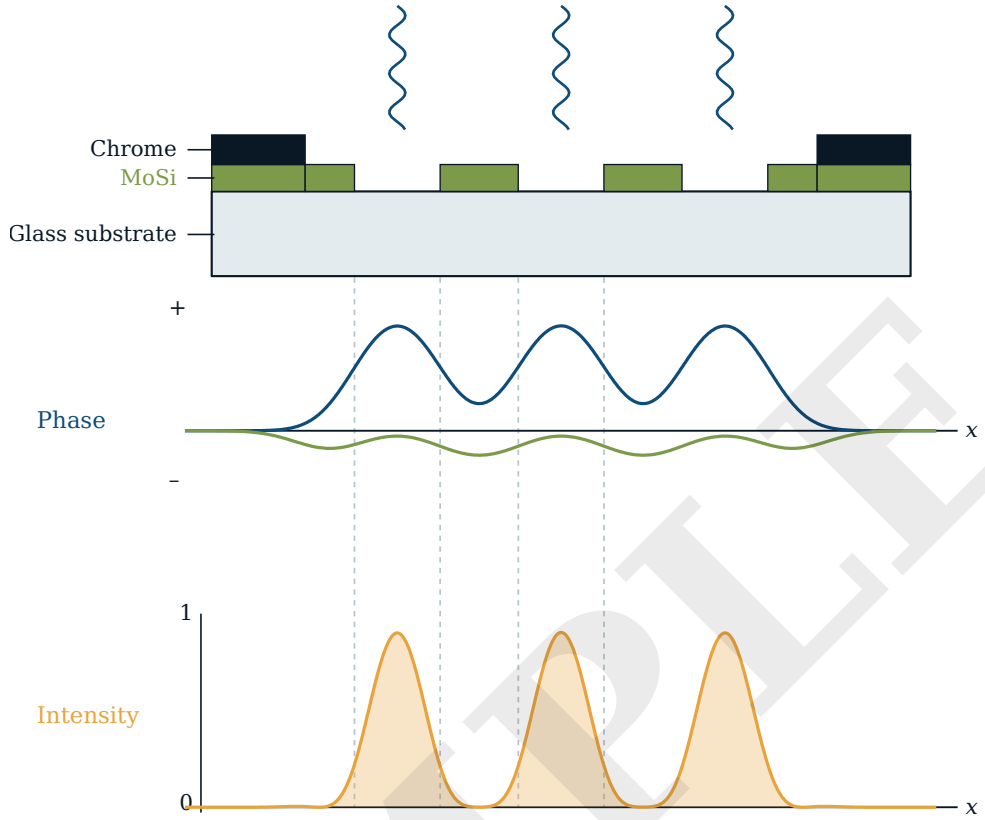
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Attenuated Phase Shift Mask (AttPSM)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

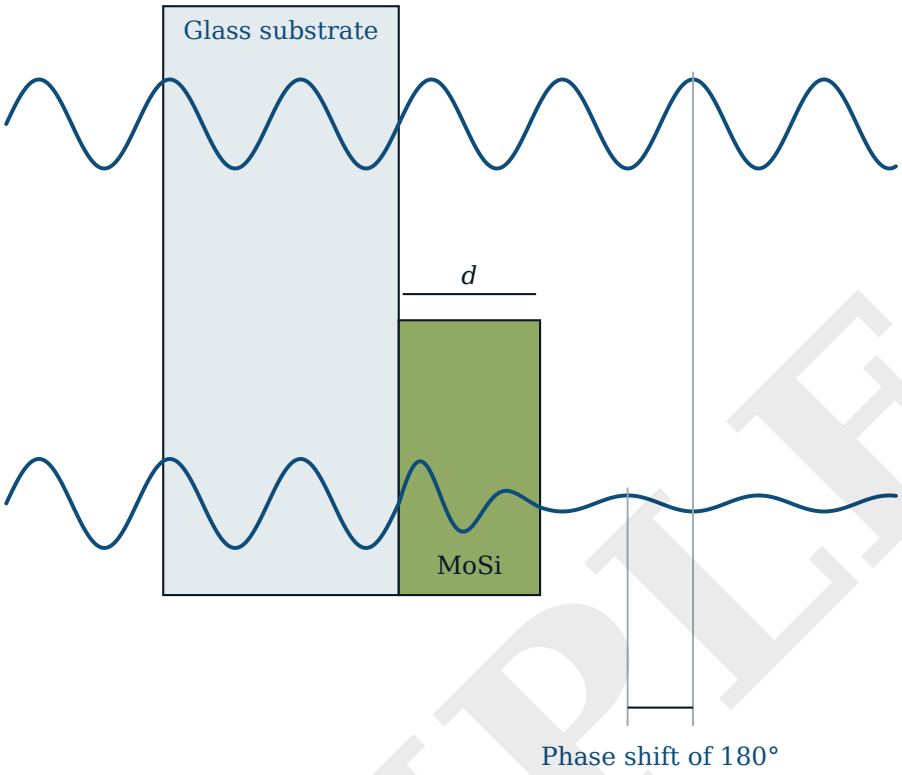
Intensity profile of an Attenuated Phase Shift Mask

SAMPLE



Principle of phase shifting using molybdenum silicide

SAMPLE



SAMPLE

Chromeless phase-shift mask

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

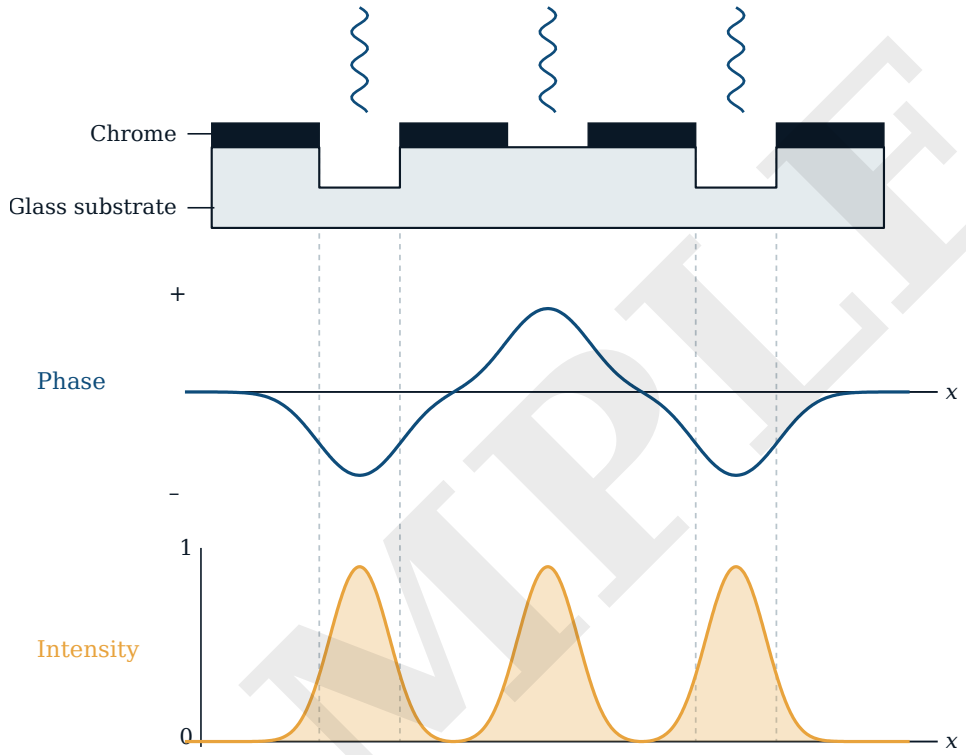
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Alternating Phase Shift Mask (AltPSM)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Intensity profile of an Alternating Phase Shift Mask



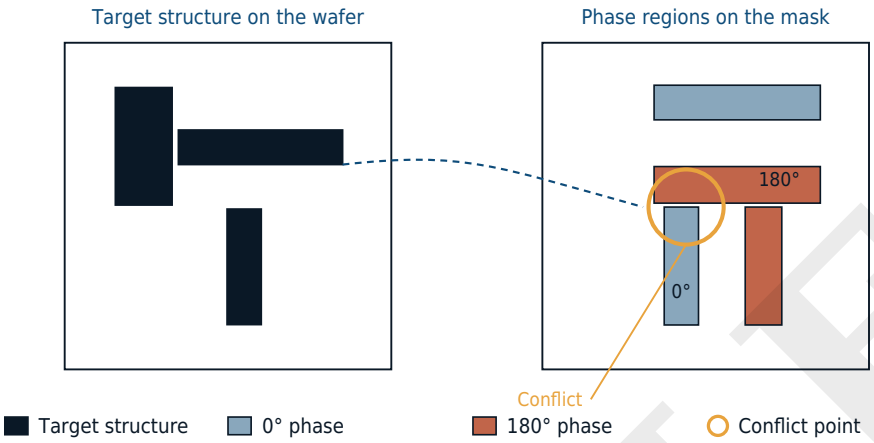
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Target structure on the wafer and corresponding mask structure

SAMPLE

Phase Conflict in the Alternating Phase Shift Mask

At corners of the target structure, no unambiguous 0°/180° phase can be assigned



At the corner where the x- and y-oriented lines of the target structure meet, both adjoining glass regions would need 0° and 180° phase at once – which is not possible.

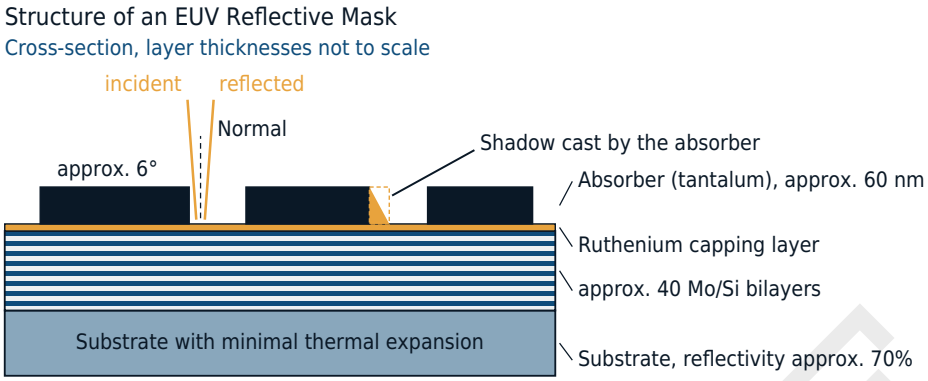
Reflective masks for EUV exposure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Structure of an EUV reflective mask

SAMPLE



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Next-generation lithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet.

High-NA EUV

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Where the limit now lies

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt LoremLorem
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore

Alternative approaches

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna

- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.
- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat

SAMPLE

duis aute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Optical Proximity Correction (OPC)

Introduction & Motivation

When the Mask No Longer Prints What It Shows

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Optical Proximity Correction: Pre-Distorting the Mask

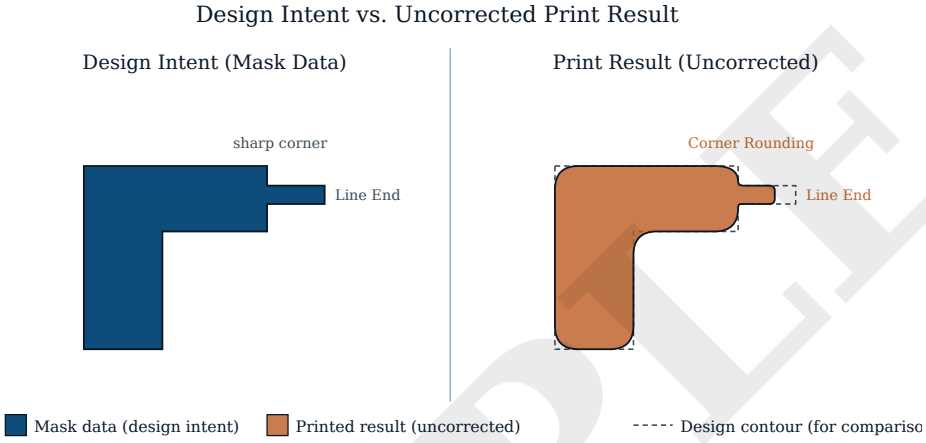
Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.



Typical Print Errors Without Correction

Corner Rounding and Line-End Shortening

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

The Proximity Effect: Same Width, Different Result

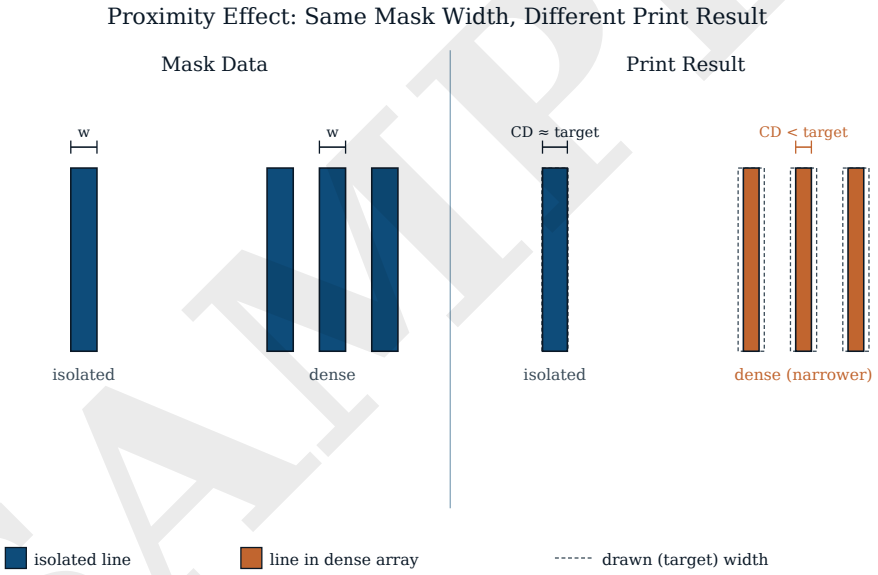
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.



Mask Bias & Serifs

Mask Bias: Correcting the Dimension

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

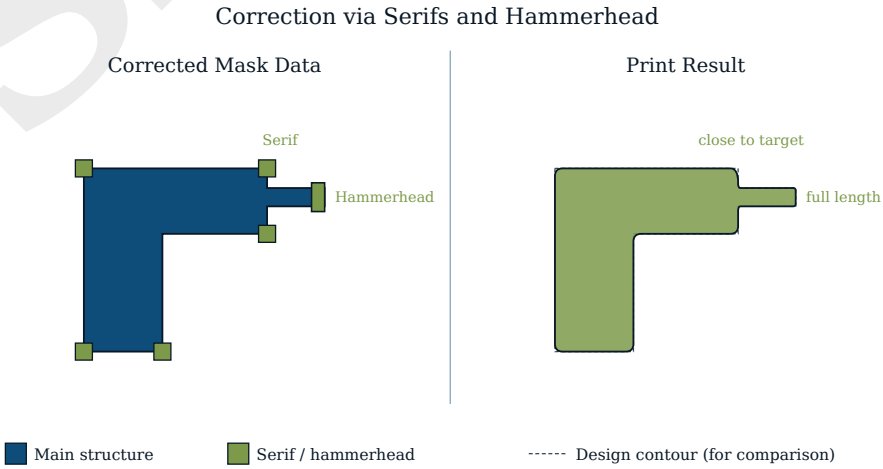
Serifs and Hammerheads: Targeted Corner Reinforcement

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.



SAMPLE

Sub-Resolution Assist Features

The Problem: Isolated Lines Behave Differently

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

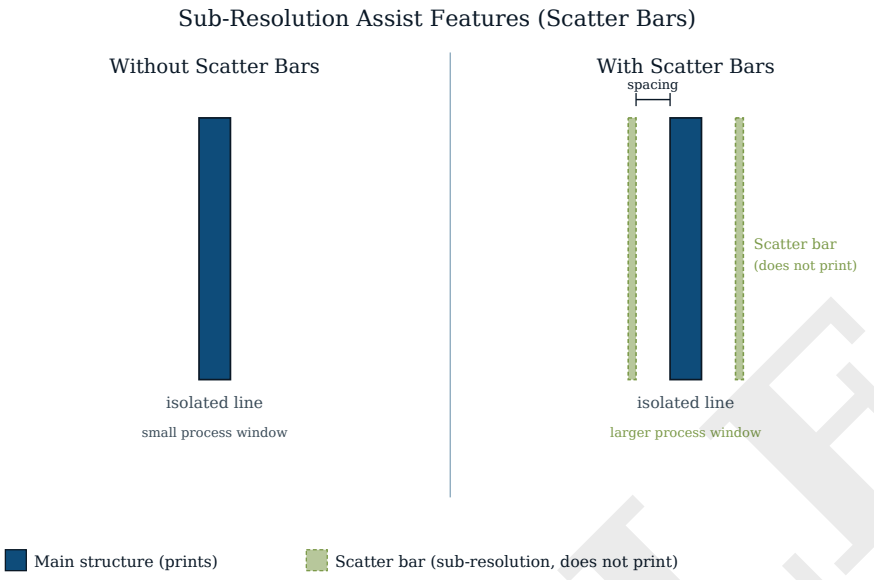
Scatter Bars: Neighbors That Never Print

Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

SAMPLE



Rule-based vs. Model-based OPC

Rule-Based OPC: Fast but Coarse

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Model-Based OPC: Simulated Segment by Segment

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

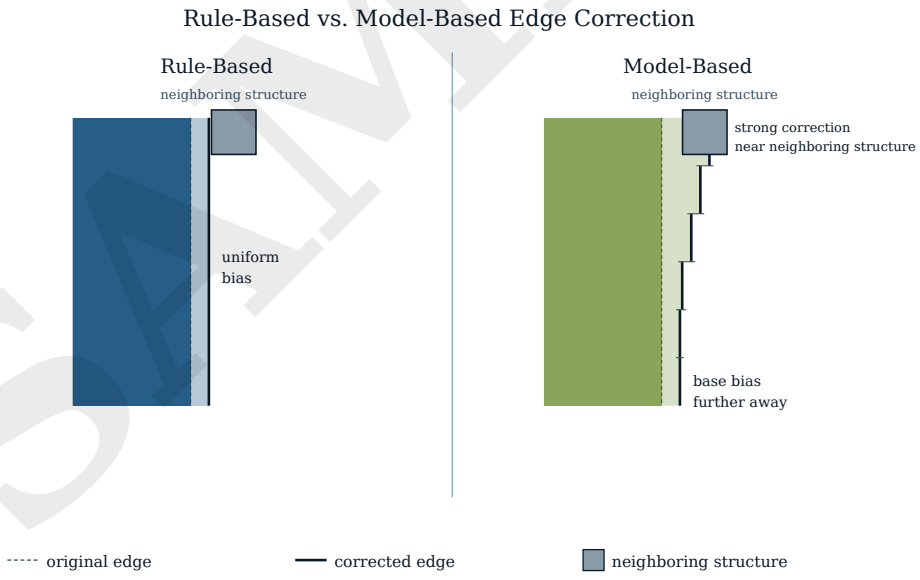
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.



Verification: Lithography Simulation & Process Window

Why Correction Alone Is Not Enough

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

The Process Window: More Than Just the Ideal Case

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

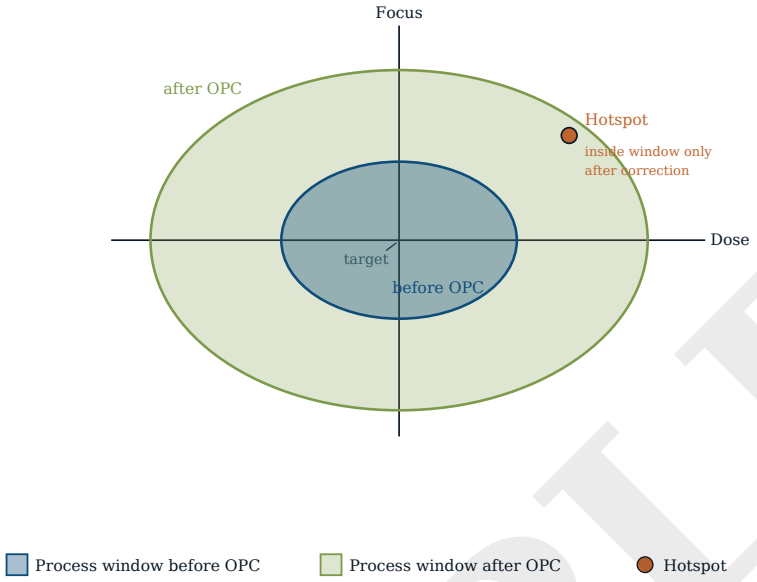
Hotspots: Where the Correction Falls Short

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisiLoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed doLoremLorem ipsum dolor LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

SAMPLE

Process Window: Before and After OPC



Process window before OPC Process window after OPC Hotspot

Limits and Outlook

The Computational Cost of Full-Chip OPC

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

EUV: New Wavelength, New Effects

Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

DUV vs. EUV

Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

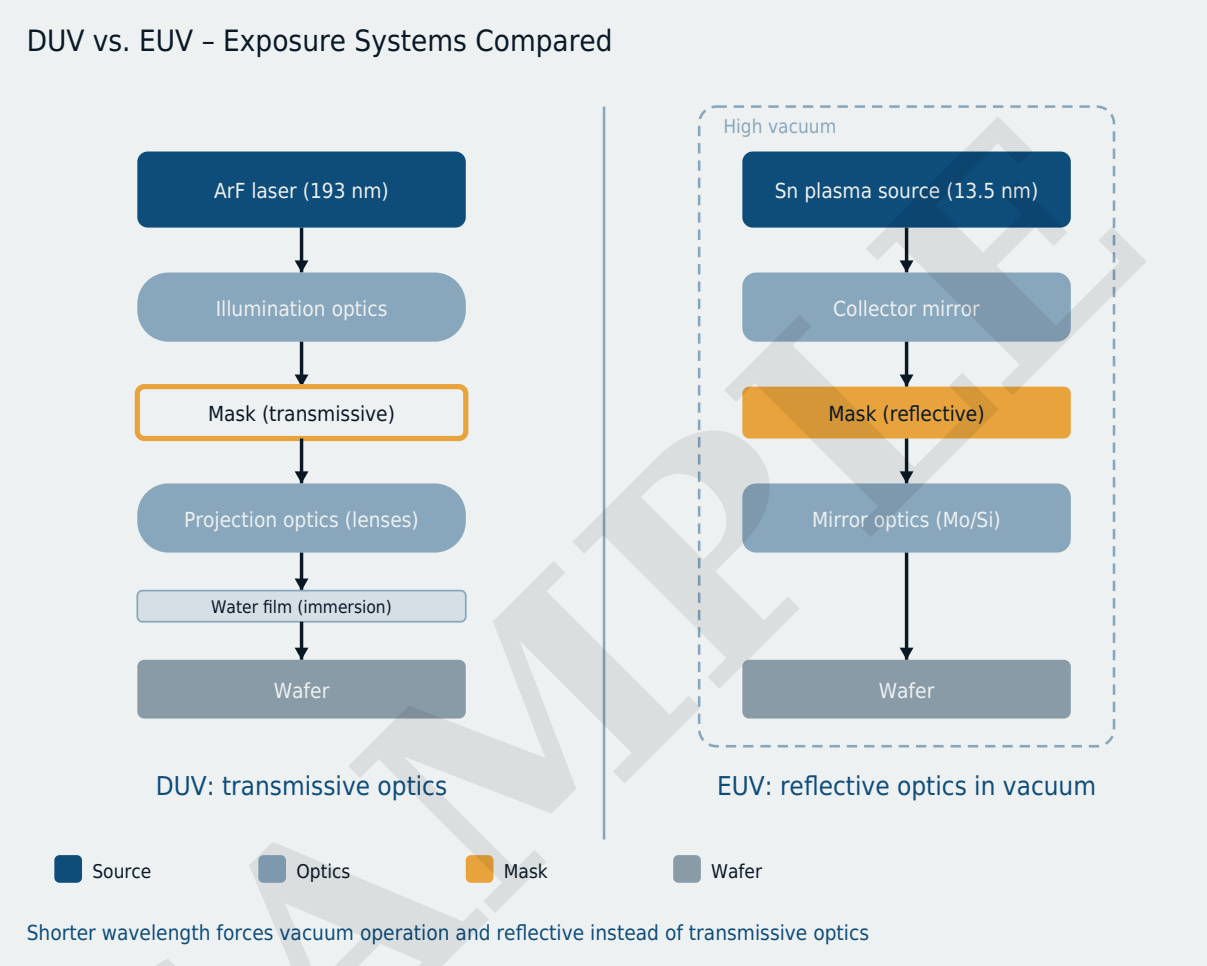
Technology Compared

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.



Resolution and the Rayleigh Criterion

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

SAMPLE

Challenges and Cost

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Comparison Table

Lorem	Lorem	Lorem
Lorem	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit
Lorem	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit

EUV Tool Technology

The Light Source – Laser-Produced Plasma (LPP)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit Lorem ipsum dolorLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Projection Optics and Scanner Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim Lorem ipsumLorem.

SAMPLE

EUV Photoresist Chemistry

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

SAMPLE

Etch processes

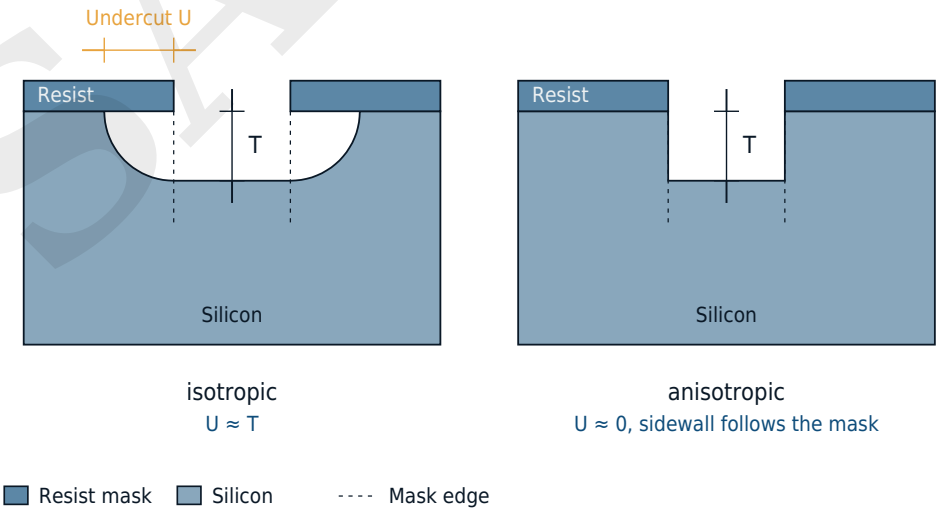
Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Isotropic and Anisotropic Etching

With ideal isotropy, the undercut is about as large as the etch depth



Wet chemical etching mostly attacks without direction: the solution reaches the area under the mask just as it reaches the trench bottom – the structure becomes wider than the mask opening as a result. Anisotropic processes like RIE etch directionally instead, transferring the mask geometry almost unchanged.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do
- Lorem ipsum
- Lorem ipsum
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Wet etching

Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

1. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et.
2. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.
3. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Requirements

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

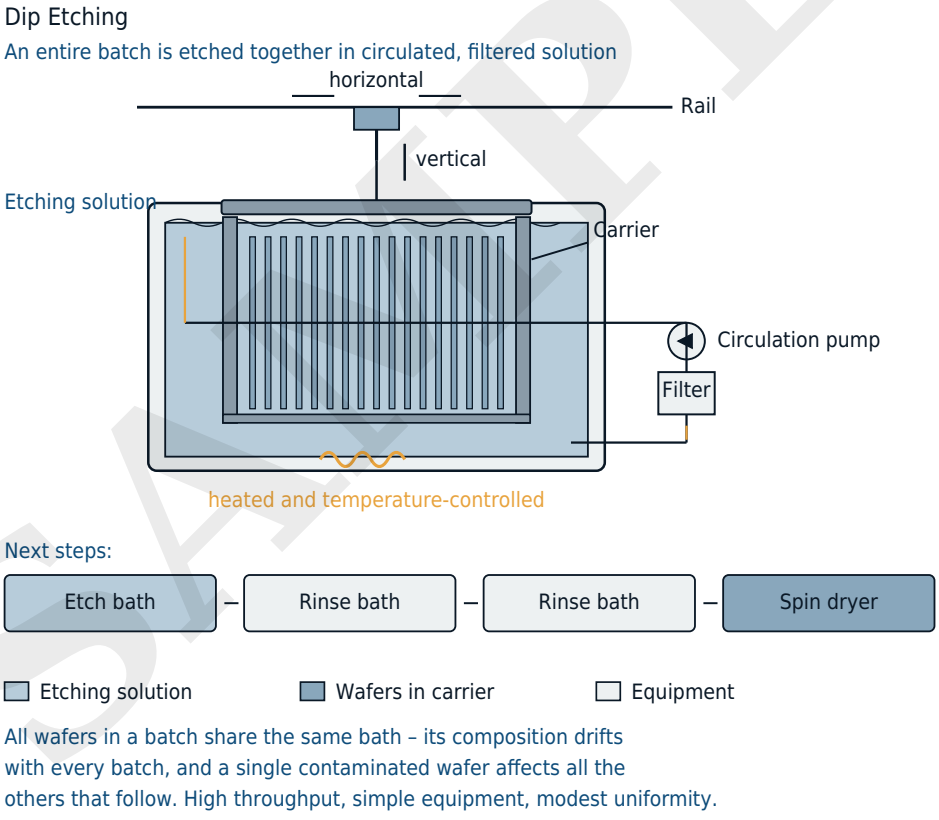
SAMPLE

Lorem ipsum.

Dip etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Spray etching

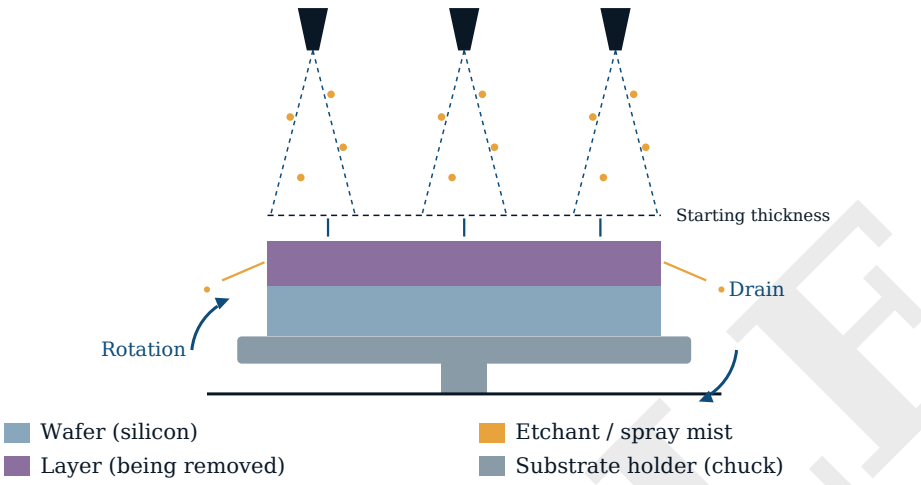
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

SAMPLE

Spray Etching

Blanket Layer Removal without Masking



In blanket spray etching, the etchant is sprayed evenly across the entire wafer surface without a patterning mask. Rotation ensures a homogeneous distribution and a controlled, uniform removal of the layer down to the target thickness.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Anisotropic etching of silicon

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip

commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

Etch solutions

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum^{Lorem} Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

Lorem ipsum^{Lorem} Lorem$_{Lorem}$LoremLoremLorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}^{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation LoremLorem.

Limiting the etch depth

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Applications

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim

- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

Etch solutions for isotropic etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad

$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ LoremLorem$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet. Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

Lorem ipsum dolor$_{Lorem}$LoremLorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$Lorem
Lorem ipsum$_{Lorem}$ LoremLoremLorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit Lorem ipsumLorem.

Handling hydrofluoric acid

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Assessment

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute Lorem ipsum dolorLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

SAMPLE

Drying the wafers

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Why drying is a problem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum *Lorem*Lorem *Lorem ipsum* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat LoremLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Methods

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.
- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Wafer cleaning

Types of contamination

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

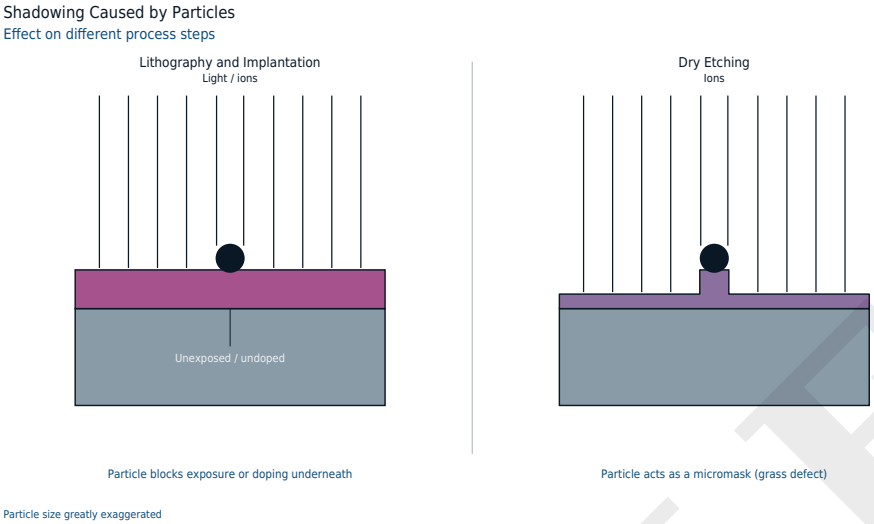
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna

Microscopic contamination

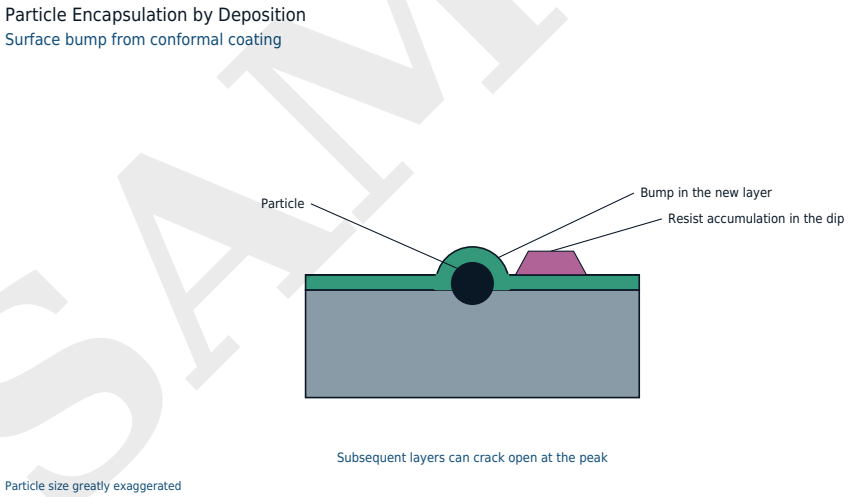
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

SAMPLE



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.



Molecular contamination

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

SAMPLE

Alkaline and metallic contamination

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Cleaning techniques

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

- Lorem ipsum dolor sit amet
- Lorem ipsum dolor sit amet
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

SAMPLE

Dry Etching

Overview

General

Lorem Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem ipsum dolorLorem.

Key parameters in dry etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum *Lorem*Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

Lorem ipsum *Lorem*Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris *Lorem ipsum dolor*Lorem ipsum dolor sit amet *Lorem ipsum dolor*Lorem.

Lorem $Lorem_{Lorem}$Lorem Lorem ipsum $Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem *Lorem*Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

Lorem ipsum *Lorem*Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed *Lorem* Lorem ipsum dolor *Lorem*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Excitation and Process Types

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua

- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Dry etch processes

Ion beam etching

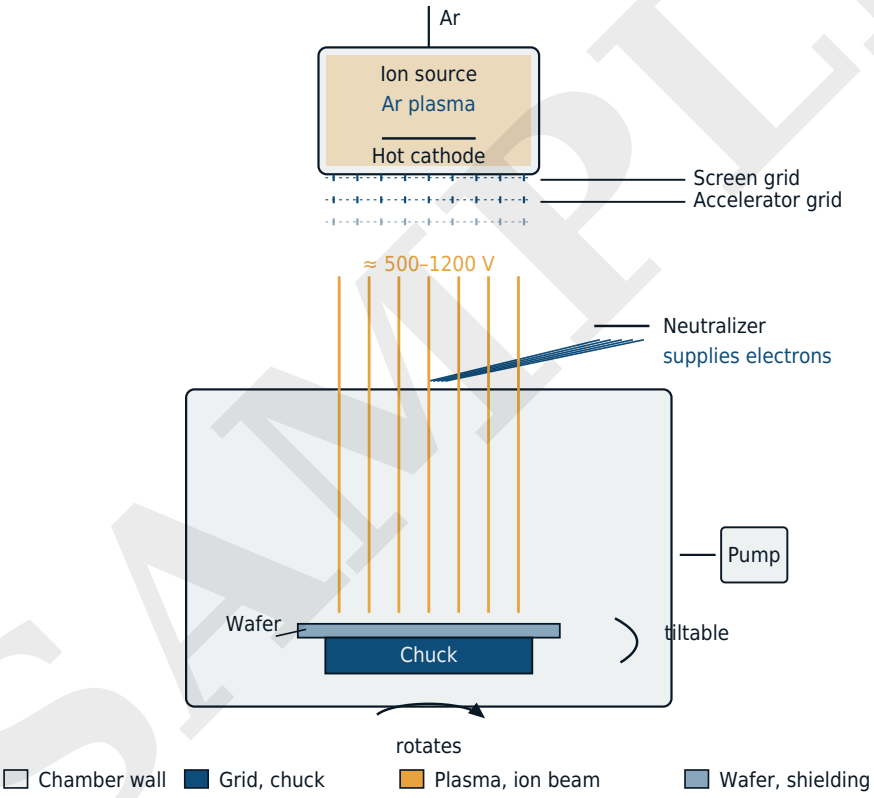
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Ion Beam Etching Reactor

A collimated ion beam removes material purely physically



The grid system accelerates the argon ions into a focused beam; the neutralizer supplies electrons so the wafer doesn't charge up. Because no reactive gas is involved, almost any material is removed purely mechanically – but this etch lacks the chemical selectivity of reactive ion etching.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt

SAMPLE

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

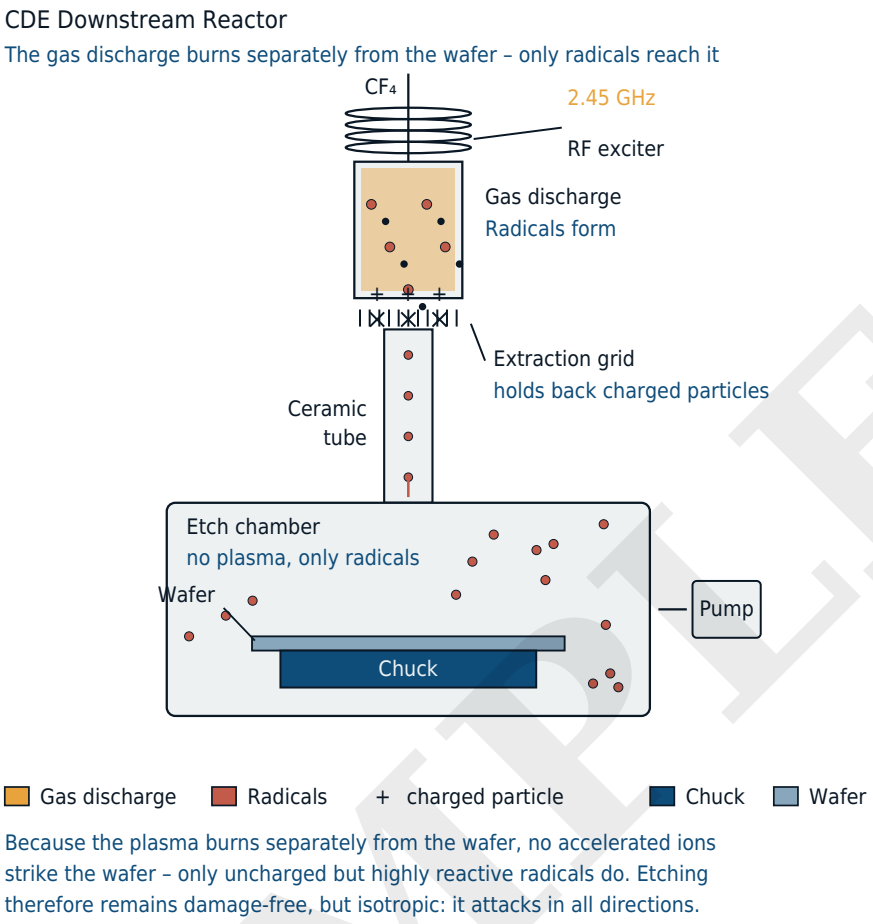
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Plasma etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

SAMPLE



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor

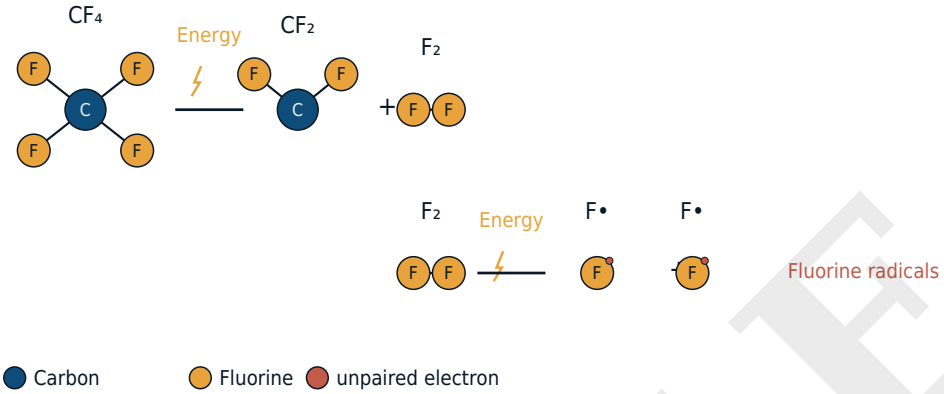
Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

SAMPLE

Formation of Fluorine Radicals

Energy in the gas discharge splits CF_4 in two steps



A radical is an uncharged particle with an unpaired outer electron – this makes it highly reactive. Fluorine can also be released using added oxygen: $2\ CF_4 + O_2 \rightarrow 2\ COF_2 + 2\ F_2$.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore^{Lorem}Lorem^{Lorem}Lorem^{Lorem}Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

Lorem ipsum dolorLoremLorem$_{Lorem}$
Lorem ipsum dolor$_{Lorem}$ LoremLoremLorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$
Lorem ipsum dolor$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ LoremLoremLorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$

Present-day relevance

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat

- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$Lorem.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut

SAMPLE

labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Reactive ion etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

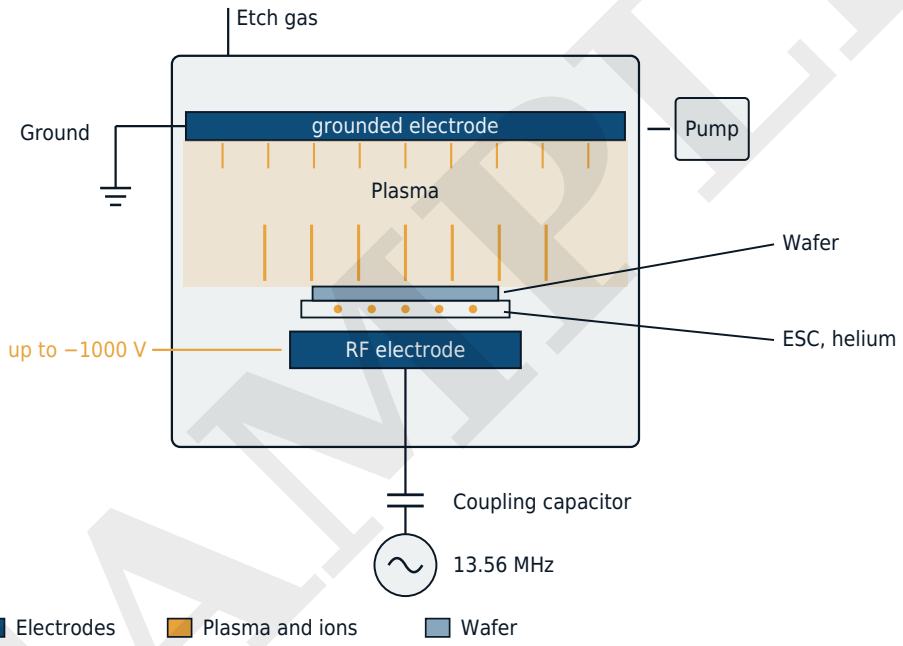
SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Reactive Ion Etching

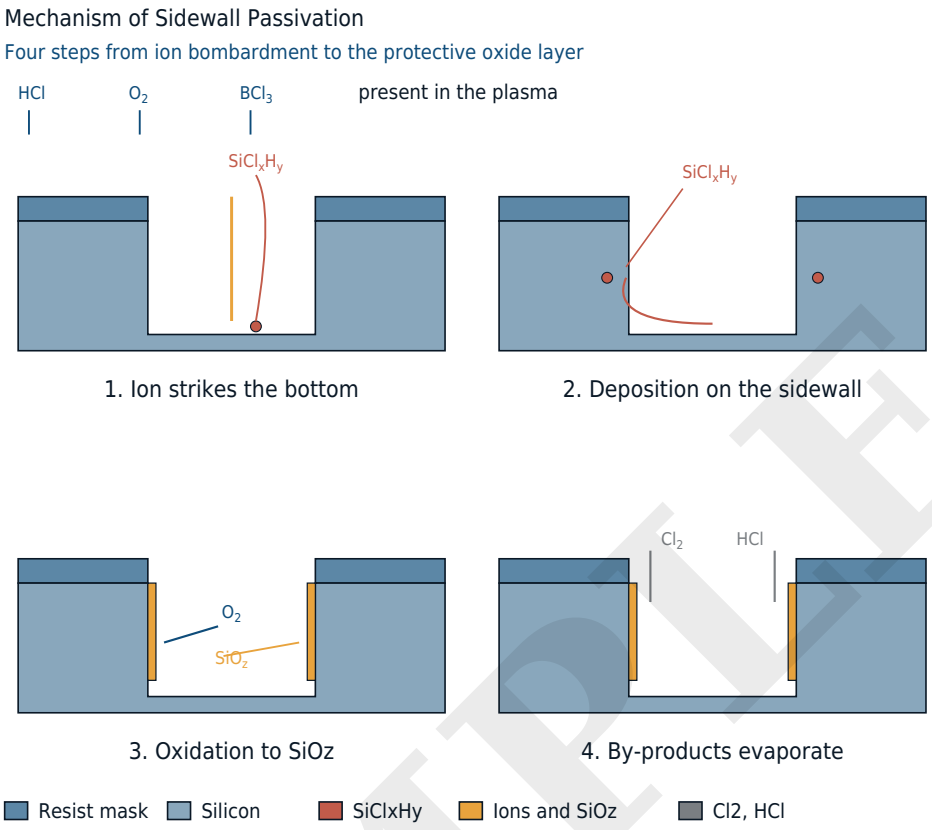
Parallel-plate design: the wafer sits on the RF electrode



Because the lower electrode is smaller than the upper one, it charges negatively relative to the plasma. This accelerates the positive ions perpendicular to the wafer, removing material directionally – the etch profile becomes anisotropic.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

SAMPLE



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Further developments of reactive ion etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.
- Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.
- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Etch gases used in dry etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem	Lorem ipsum	Lorem
Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor
	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit
	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	
	Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$
	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$	
	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{Lorem}$
	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor
Lorem	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet
	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem	
	Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet
	Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{Lorem}$
	Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit
	Lorem ipsum$_{Lorem}$	
Lorem ipsum	Lorem ipsum$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit$_{Lorem}$
	Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem Lorem ipsum$_{Lorem}$	
	Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore
Lorem ipsum	Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum
	Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$
	Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum
	Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor
	Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

SAMPLE

Lorem ipsum dolor	$Lorem_{Lorem}$ $Lorem_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
	$Lorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}$	Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Metallization: why copper is not etched

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Climate impact of the process gases

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Special Case: Bosch Process (Deep Reactive Ion Etching)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation Lorem ipsum dolor sit ametLorem.

Reactor Types

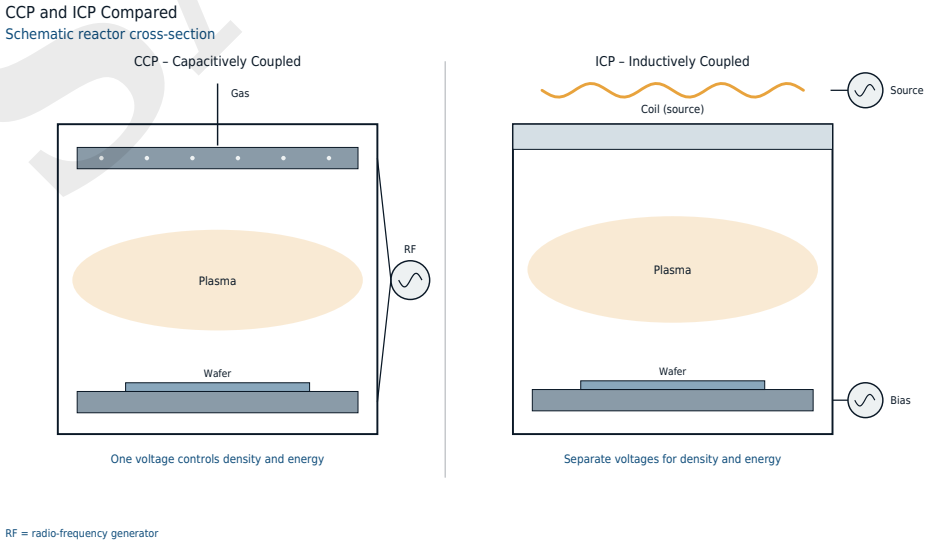
General: Structure of a Dry Etch Tool

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Reactor Types: CCP and ICP in Practice

Lorem ipsum dolor sit Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Electron Cyclotron Resonance (ECR)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

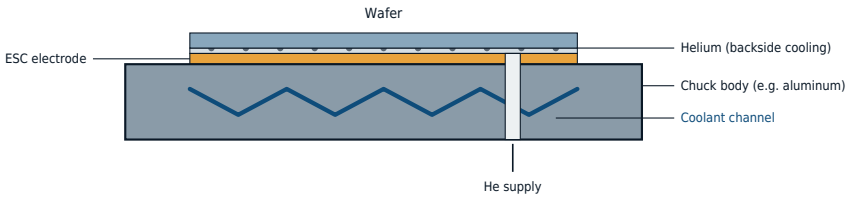
Wafer Chuck: Temperature Control and Electrostatic Clamping

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

SAMPLE

Wafer Chuck: Clamping and Cooling
Schematic cross-section



Electrostatic clamping via DC voltage at the electrode

ESC = Electrostatic Chuck

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Etching of Compound Semiconductors and High-k Materials

Why These Materials Are a Special Case

Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

III-V Compound Semiconductors (GaAs, InP, GaN)

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident.

Silicon Carbide (SiC)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

High-k Dielectrics (HfO_2 and Others)

Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

SAMPLE

Doping Techniques

Diffusion

Doping

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed LoremLorem Lorem ipsum Lorem ipsum.

Diffusion

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

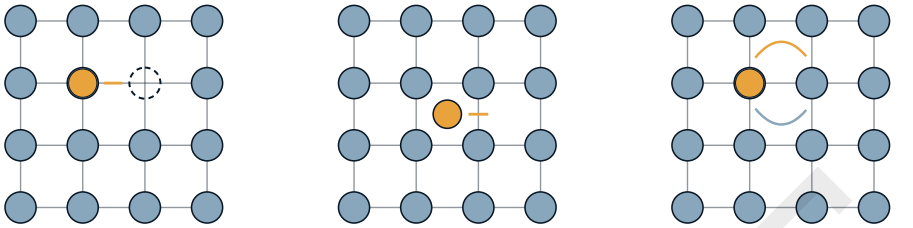
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

SAMPLE

Diffusion in the crystal lattice

Three paths by which the dopant migrates through the lattice



Vacancy diffusion
moves into a vacancy

Interstitial diffusion
moves in between

Interstitialcy mechanis
atoms swap places

Silicon atom Foreign atom Vacancy

All three paths occur side by side. Which one dominates depends on the dopant and on the temperature – boron and phosphorus mainly migrate via vacancies, smaller atoms more often between lattice sites.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

- Lorem
- Lorem ipsum
- Lorem
- Lorem
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor sitLorem

Diffusion with an Exhaustible Source

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Diffusion with an Inexhaustible Source

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

SAMPLE

Diffusion Methods

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Diffusion from the Gas Phase

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Solid-Source Diffusion

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Diffusion with a Liquid Source

Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

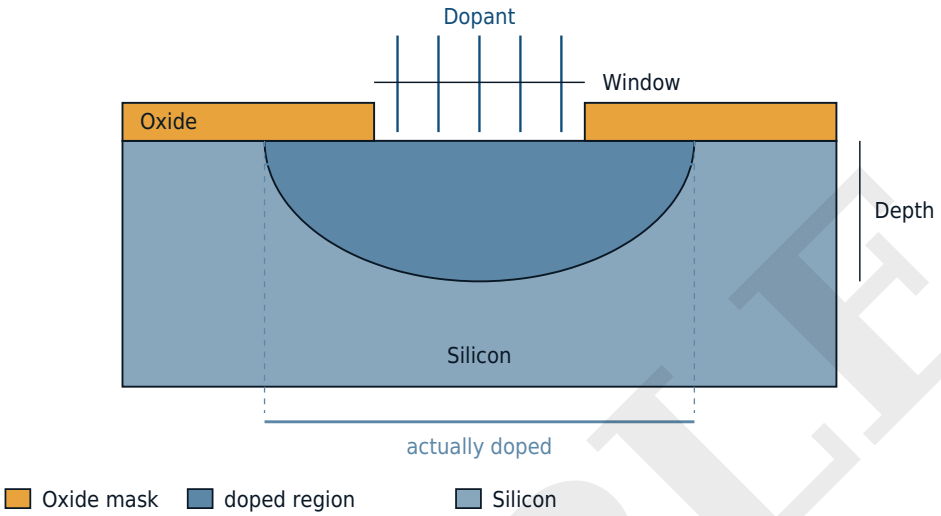
Characteristics:

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

Diffusion through a window in the mask

The dopant also migrates sideways and undercuts the oxide



The lateral spread is roughly eight tenths of the penetration depth.
As a result, the doped region always ends up wider than the window –
this has to be accounted for when designing the masks.

Fick's Laws and Concentration Profiles

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatatLorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

SAMPLE

Thermal Budget in Process Integration

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem ipsumLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Where Diffusion Is Still Used Today

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

SAMPLE

Ion Implantation

Ion implantation

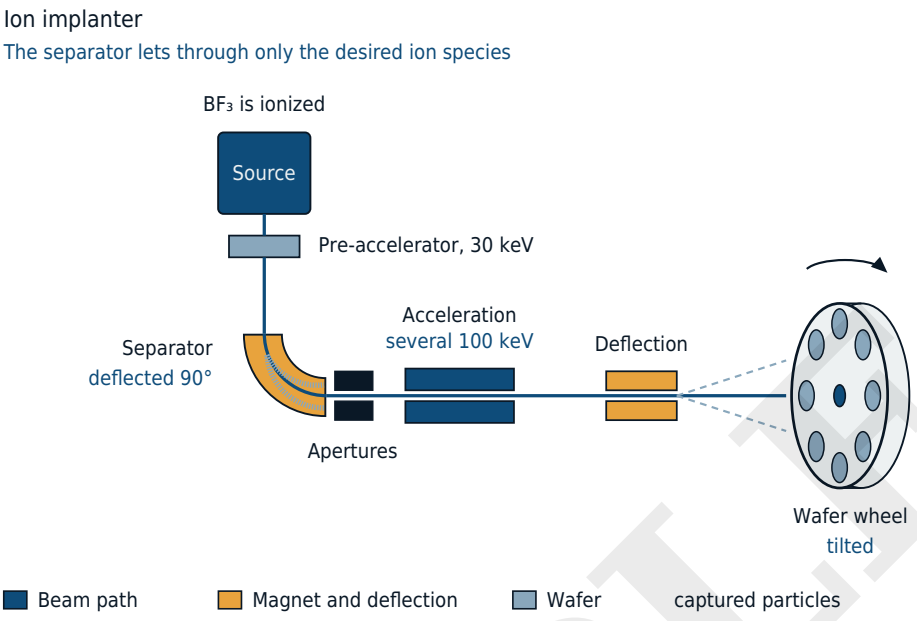
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et

Illustration of an ion implanter

SAMPLE



Penetration Depth and Annealing

Penetration depth of ions in the wafer

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Annealing the crystal lattice and activating the dopants

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

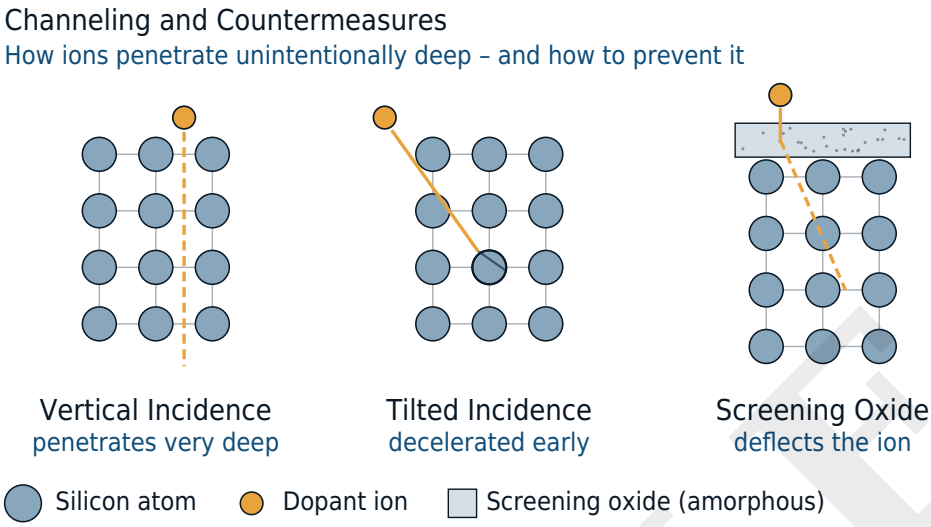
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Channeling

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim

SAMPLE



Characteristics and Implanter Types

Characteristics

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation[Lorem]Lorem ipsum dolor sit[Lorem]Lorem ipsum dolor[Lorem]Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit[Lorem]Lorem ipsum dolor sit[Lorem]Lorem ipsum dolor[Lorem]Lorem.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Doping by Alloying

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Plasma Doping (PLAD)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla Lorem ipsum dolor sitLorem.

Halo and Well Implants in CMOS Integration

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Wells

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Halo/Pocket Implants

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Four-Fold Rotation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

LDD and Source/Drain Implants

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

Amorphization and Defect Annealing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Pre-Amorphization (PAI)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Solid-Phase Epitaxy and End-of-Range Defects

Lorem ipsum dolor LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Transient Enhanced Diffusion (TED)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Dose Metrology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Faraday Cup: Real-Time Dose Control

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

SIMS: The Depth Profile Afterward

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

SAMPLE

Metallization

Requirements on metallization

Requirements on metallization

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

- Lorem ipsum dolor sit amet
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
- Lorem ipsum
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
- Lorem ipsum dolor sit amet
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam. Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Aluminum technology

SAMPLE

Aluminum and aluminum alloys

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum

- Lorem ipsum dolor sit_{Lorem} Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

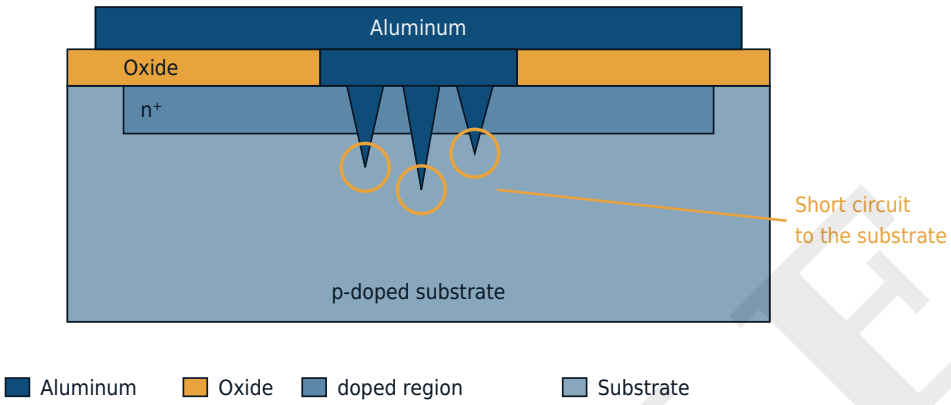
Diffusion in silicon

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

SAMPLE

Spike Formation

The aluminum spikes pierce through the doped region

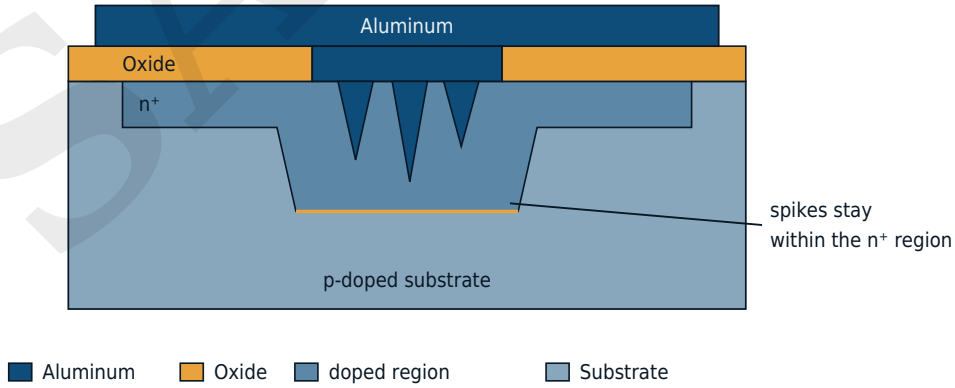


During sintering, silicon dissolves into the aluminum, leaving pits that the metal fills in. If the spikes reach deeper than the doped region, the junction is short-circuited.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Contact Implantation

The more deeply doped region catches the spikes



The deep implant beneath the contact hole moves the junction further down. It costs an additional process step and changes the electrical properties of the region.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

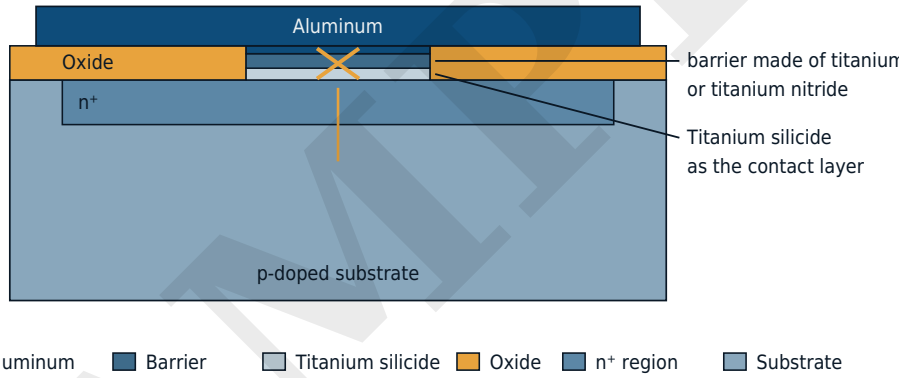
SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Barrier Layer Between Aluminum and Substrate

Aluminum and silicon no longer touch



The blocked arrow represents the suppressed diffusion: the barrier holds back the silicon, and the silicide keeps the contact resistance low. Without this interlayer, the transition from titanium to silicon would be too high-resistance.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

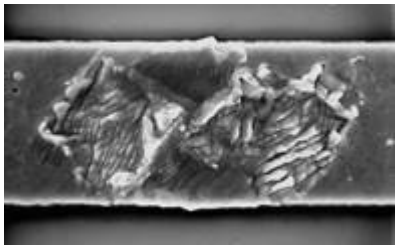
Electromigration

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt

SAMPLE

culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Damage to interconnects caused by electromigration





Lorem ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt Lorem ipsumLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim

Hillocks

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat LoremLorem.

Copper technology

Copper technology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

SAMPLE

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor
- Lorem ipsum dolor
- Lorem ipsum dolor sit

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Damascene process

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit LoremLorem LoremLorem LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non. Lorem Lorem Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Trench First VIA Last

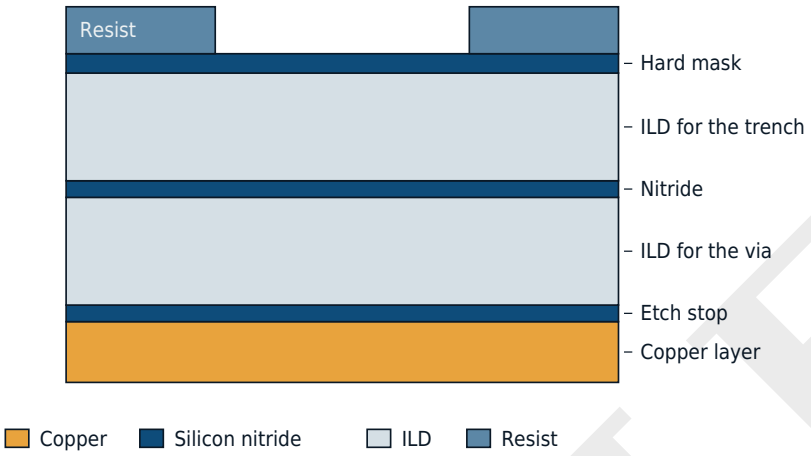
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

1. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

SAMPLE

1. Resist Mask for the Trench

The resist is patterned on top of the layer stack

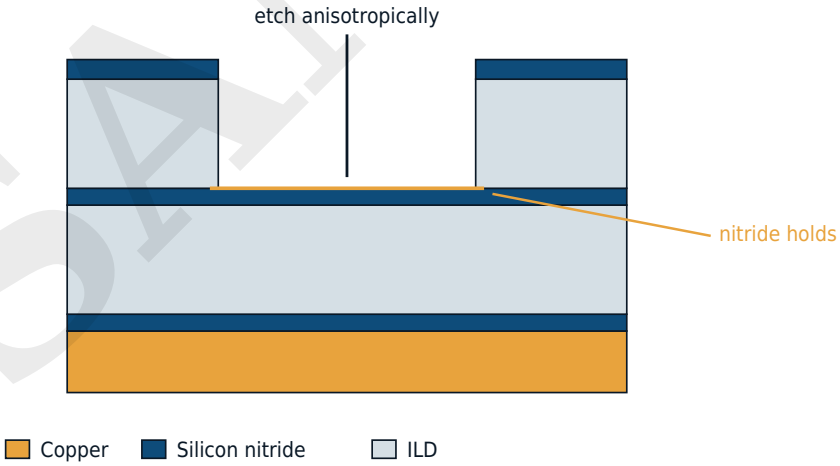


Two roughly equally thick ILD levels are stacked, separated by a nitride layer: the via will later sit in the lower one, the trench in the upper one. The hard mask protects the ILD during resist removal and serves as the CMP stop.

2. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

2. Etch the Trench

Hard mask and upper ILD are opened down to the separating nitride



The etch runs through the hard mask and upper ILD and stops on the separating nitride. The trench is therefore exactly one ILD level deep.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

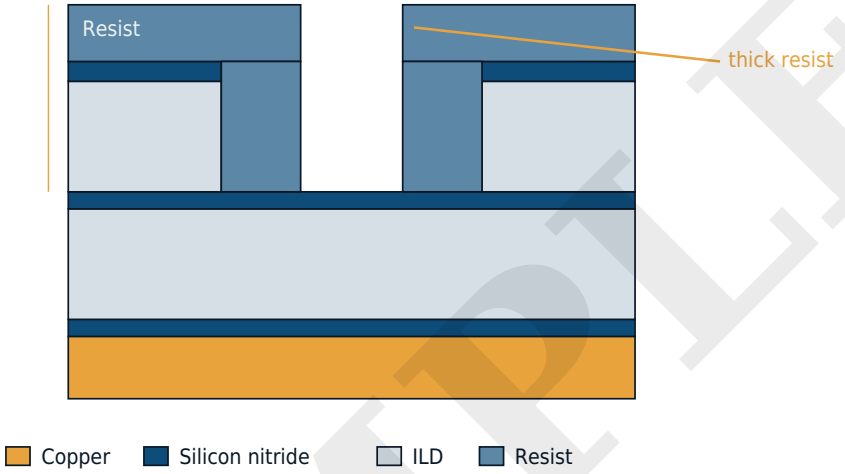
SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

3. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

3. Resist Mask for the Via

The resist fills the trench and must therefore be applied thickly

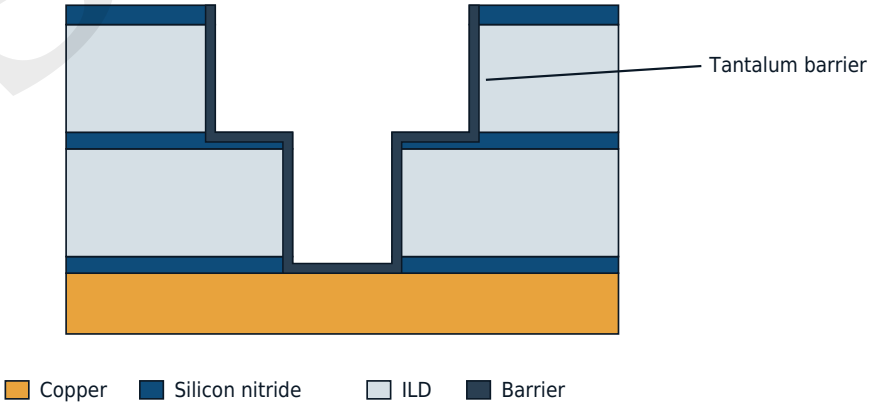


Because the resist also fills the trench, it is noticeably thicker here than in the first step. Exposing a small contact hole through it is the actual drawback of this process.

4. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

4. Etch the Via and Deposit the Barrier

Through nitride, lower ILD, and etch stop, down to the copper

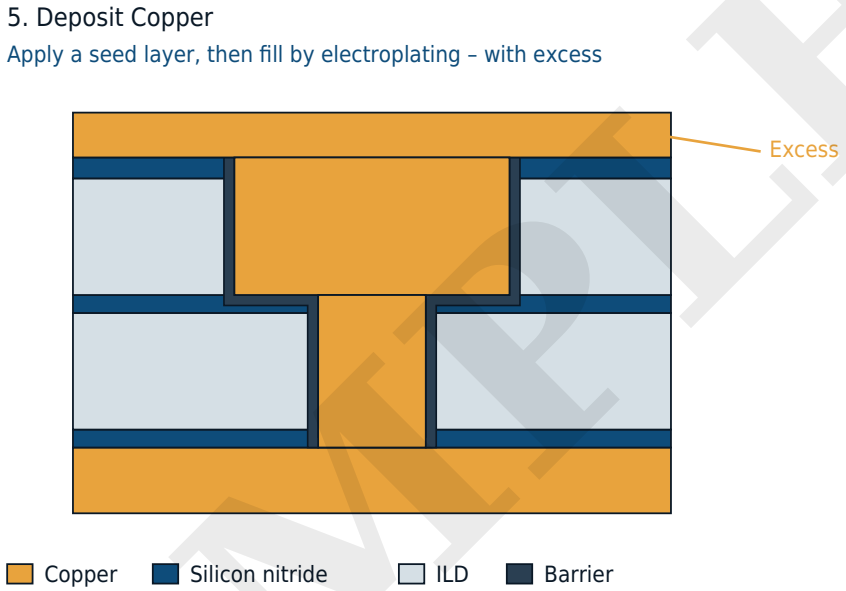


The via passes through the separating nitride, the lower ILD, and the etch stop. This is opened last and with low energy, so no copper gets knocked loose. The barrier lines both openings.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

5. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

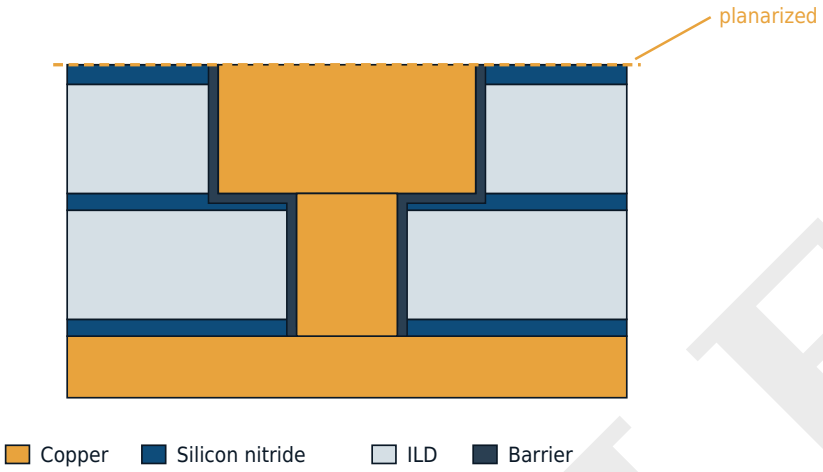


6. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

SAMPLE

6. Chemical Mechanical Polishing

The excess is removed, with the hard mask serving as the stop



The interconnect and the via have formed in a single sequence – that's the core of the dual-damascene process. The next level again begins at step 1.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

VIA First Trench Last

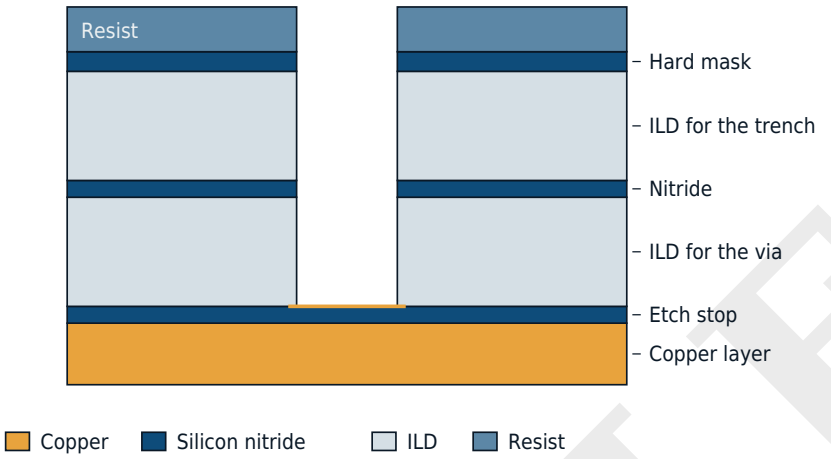
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

1. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

SAMPLE

1. Etch the Via First

A narrow resist mask; the hole extends through both ILD levels

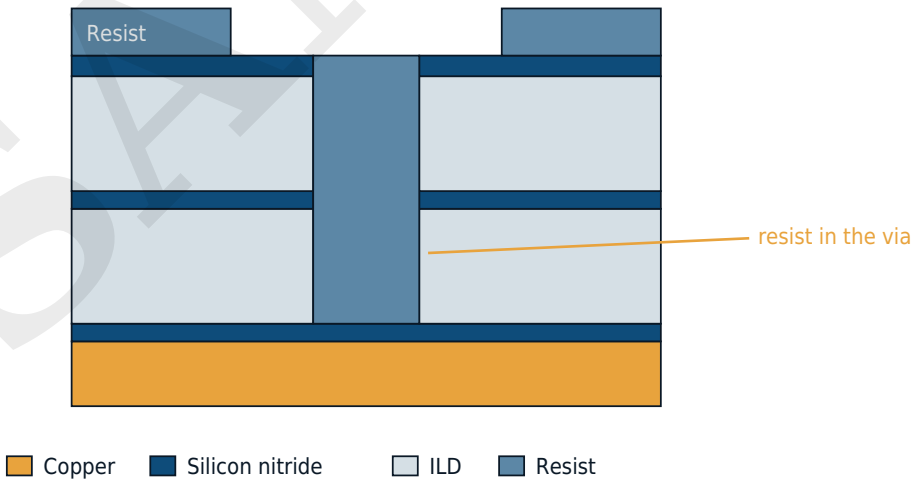


The hole goes straight through both ILD levels. Its lower part later becomes the via, while the upper part is widened into the trench in the next step.

2. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

2. Wide Resist Mask for the Trench

The resist simultaneously fills the via and protects it



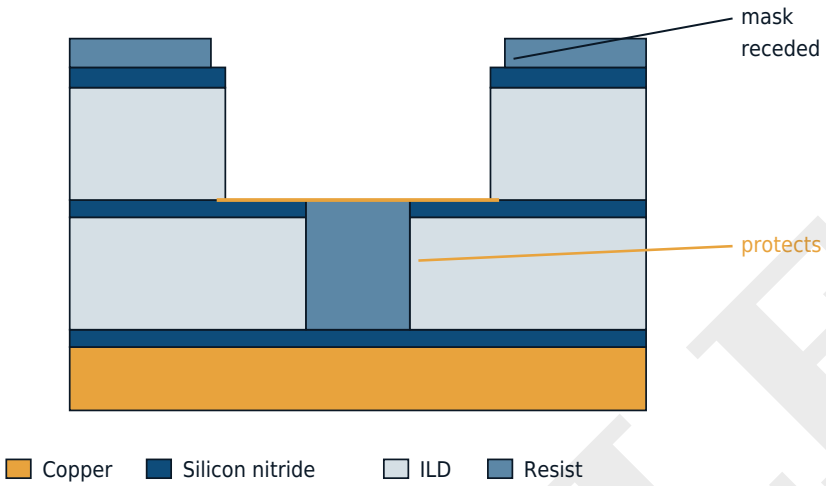
The resist plug in the hole is the key to this process: without it, the subsequent etch would deepen the via further and break through the etch stop.

3. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

SAMPLE

3. Etch the Trench

The resist in the via keeps the etch gases away from the layers beneath



After this, as in the other process, come opening the etch stop, the barrier, the copper fill, and polishing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

4. Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Barrier and liner

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

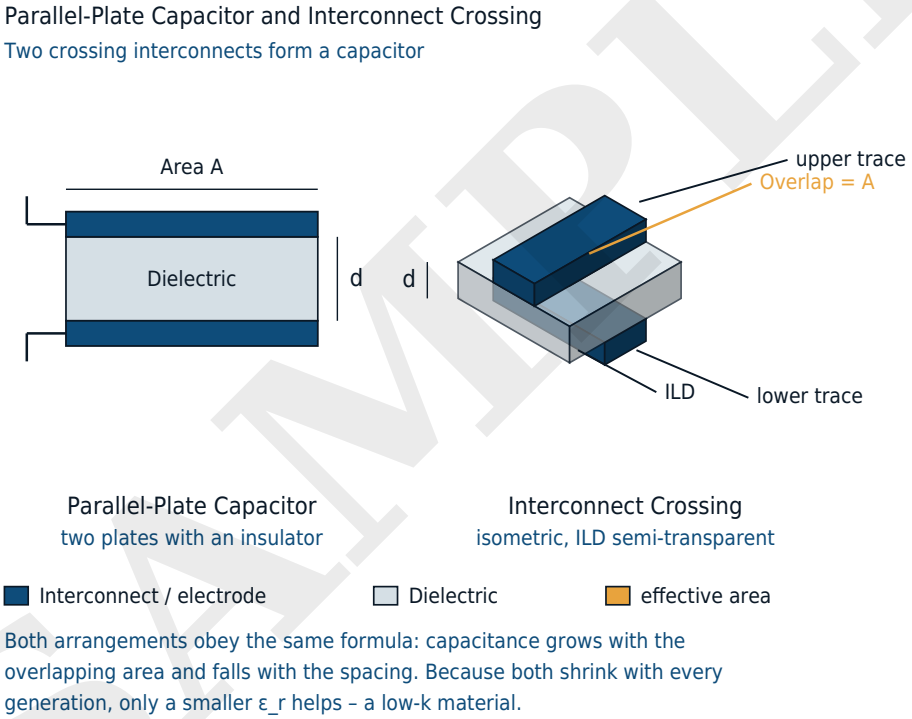
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi Lorem ipsum dolor sitLorem.

SAMPLE

Low-k technology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris $\text{nisi}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.



Lorem ipsum *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

Lorem *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor. $\textit{Lorem}_{\textit{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing $\textit{Lorem}_{\textit{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor *Lorem* Lorem ipsum dolor *Lorem*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing $\text{elit}_{\text{Lorem}}$Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod $\textit{Lorem}_{\textit{Lorem}}$Lorem $\textit{Lorem}_{\textit{Lorem}}$Lorem *Lorem*Lorem ipsum dolor *Lorem*Lorem ipsum dolor sit *Lorem* Lorem ipsum dolor

SAMPLE

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur $Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua $Lorem_{Lorem}$Lorem.

Lorem ipsum dolor *Lorem ipsum*$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor LoremLorem.

Lorem ipsum dolor sit$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut $Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur $Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit
- Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut $Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim $Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

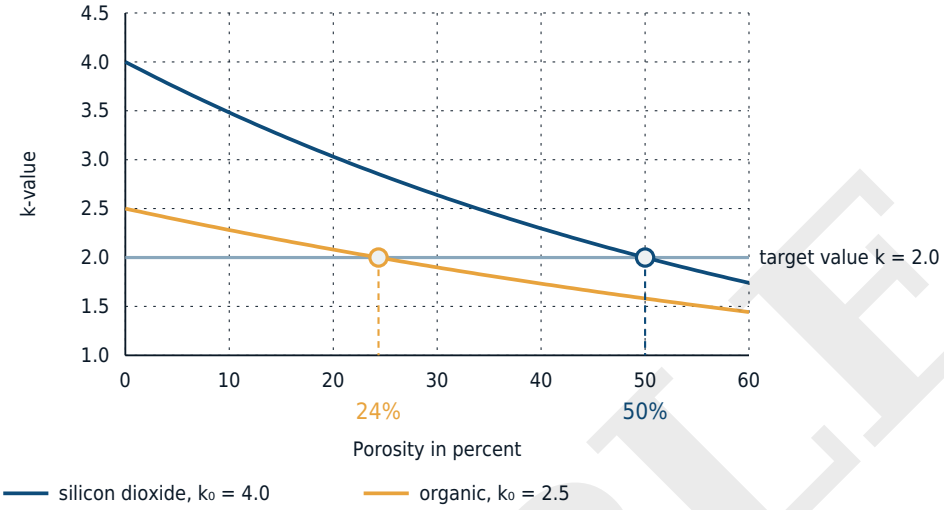
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

SAMPLE

k-Value as a Function of Porosity

The lower the starting value, the fewer pores are needed



Calculated using the logarithmic mixing rule k = k₀^(1−p):
A material with a low starting value needs markedly fewer pores.
However, pores make the layer mechanically softer and harder to process.

Lorem ipsum dolor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

When no material helps anymore: air gaps

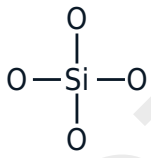
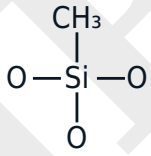
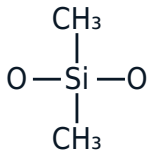
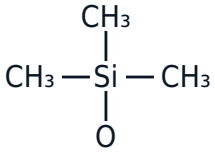
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Overview of various organic silicon oxides

Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem
$Lorem_{Lorem}$		Lorem ipsum
$Lorem_{Lorem}$ $_{ipsum}Lorem_{Lorem}$		Lorem ipsum
Lorem $ipsum_{Lorem}Lorem_{Lorem}$		Lorem ipsum
$Lorem_{Lorem}$ $_{ipsum}Lorem_{Lorem}Lorem_{Lorem}$		Lorem ipsum

Limits of copper wiring

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Resistivity is no longer a constant

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

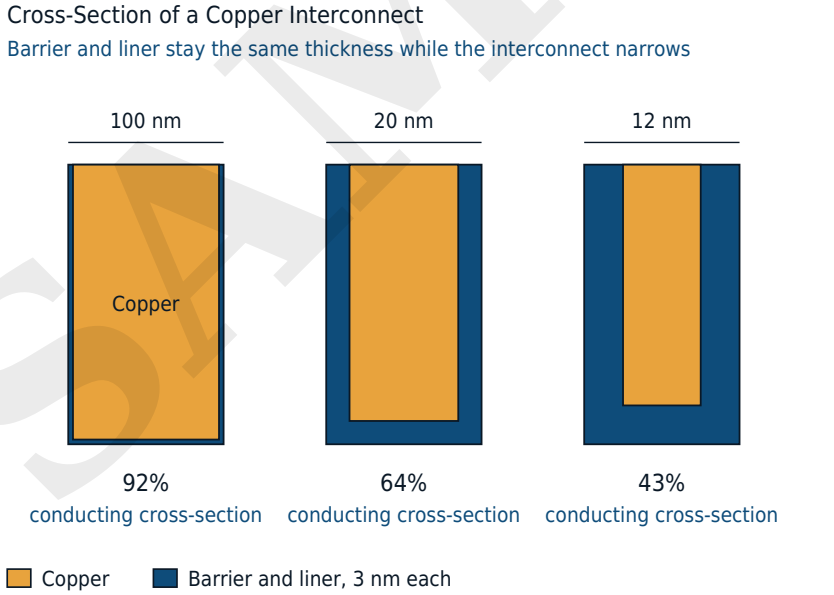
SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

The barrier eats into the cross-section

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Cross-section of a copper interconnect at three widths



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

SAMPLE

Ways out of the problem

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis Lorem ipsumLorem.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Metal semiconductor junction

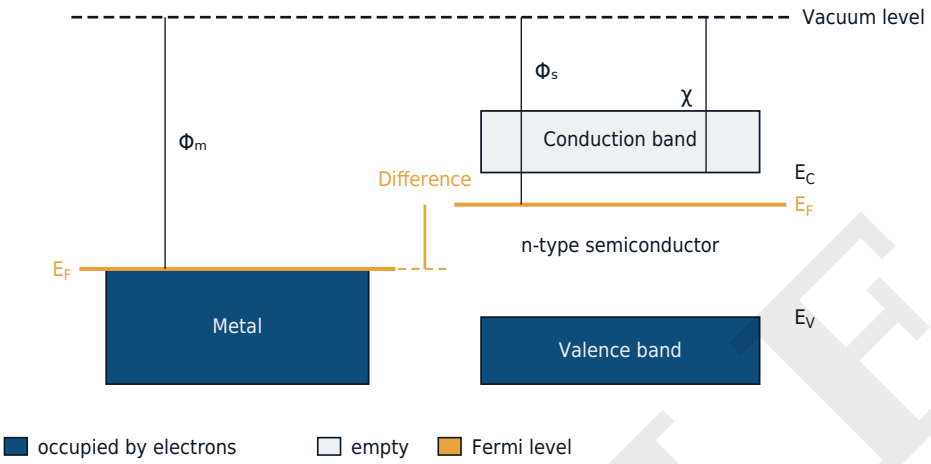
n-type semiconductor contact

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

SAMPLE

Band Diagram Before Contact

The metal has the larger work function, so its Fermi level sits lower



Φ is the work function, χ the electron affinity. Because Φ_m is larger than Φ_s, the metal's Fermi level sits lower. On contact, electrons therefore flow from the semiconductor into the metal until both levels are equal.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

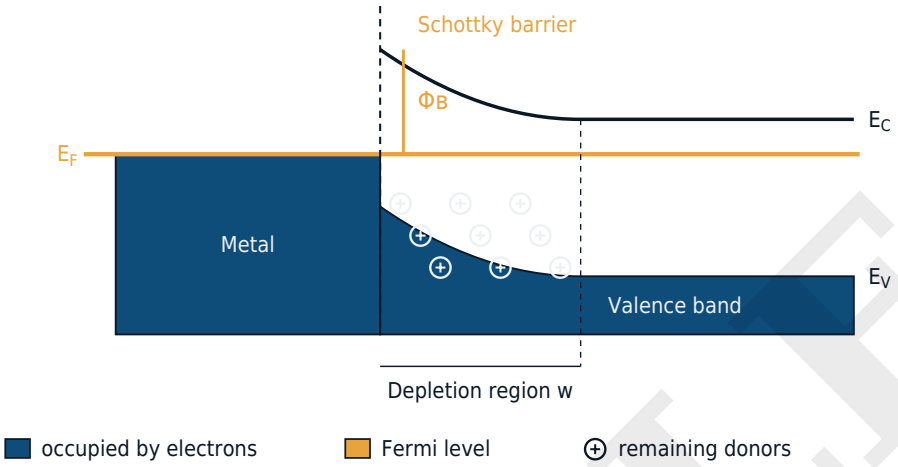
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

SAMPLE

Band Diagram After Contact

The Fermi levels align, and the bands bend



The departed electrons leave behind positive donor cores. Their space charge bends the bands – parabolically, as required by Poisson's equation. The more heavily doped, the narrower w becomes.

Lorem ipsum *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

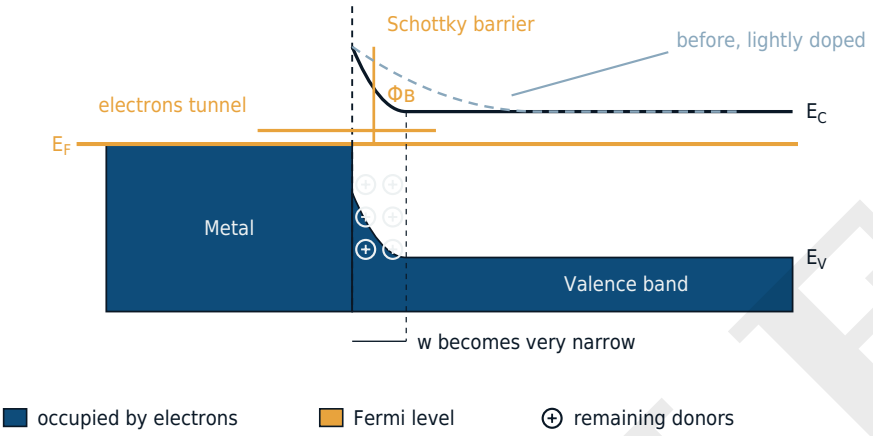
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

SAMPLE

Band Diagram After n^+ Doping

The barrier stays the same height but becomes thin enough for electrons to tunnel through



The heavy doping compresses the space charge into just a few nanometers. The barrier is therefore unchanged in height, but so thin that the electrons tunnel through it – the contact becomes ohmic.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

p-type semiconductor contact

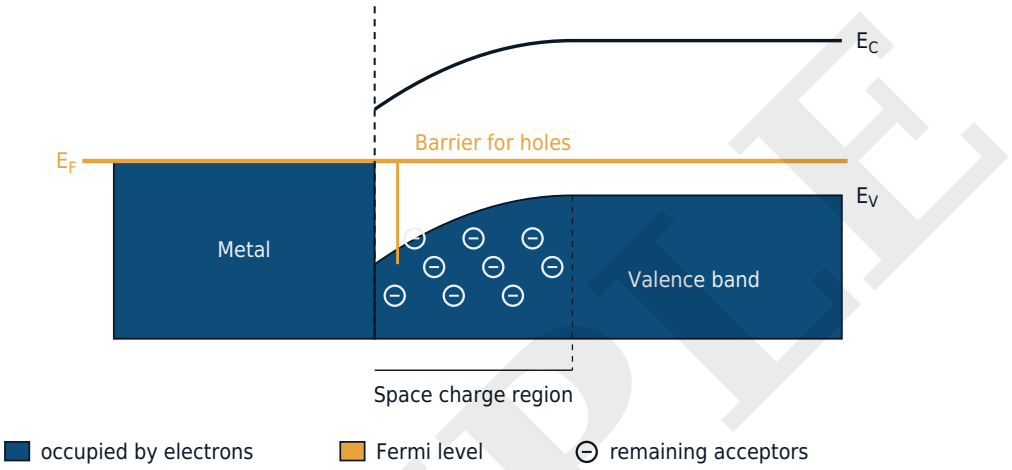
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Band Diagram After Metal–p-Type Semiconductor Contact

The bands bend downward, the barrier sits at the valence band



Holes from the semiconductor recombine with electrons from the metal. What remains are negatively charged acceptor cores, whose space charge pulls the bands downward. This increases the gap from the valence band to the Fermi level.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Contacting doped semiconductors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

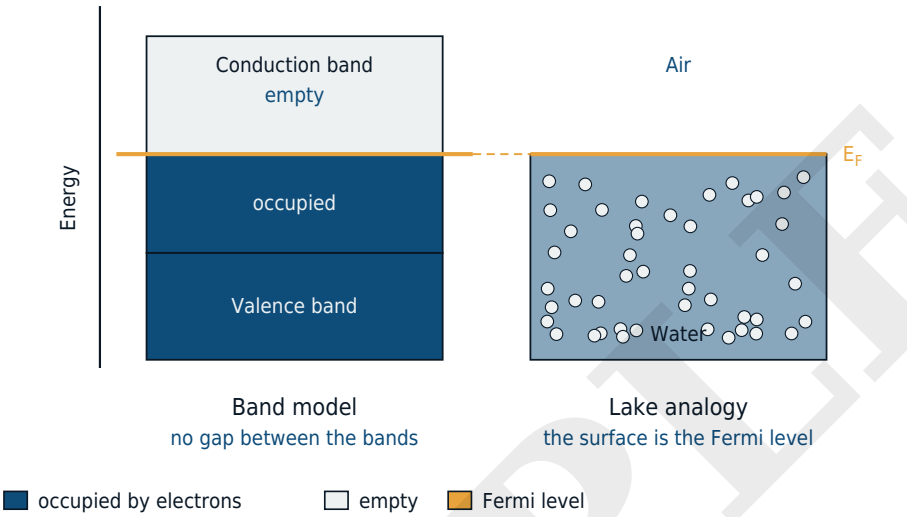
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris.

Fermi Level in Metals

The two bands border each other with no gap; everything up to the Fermi level is occupied



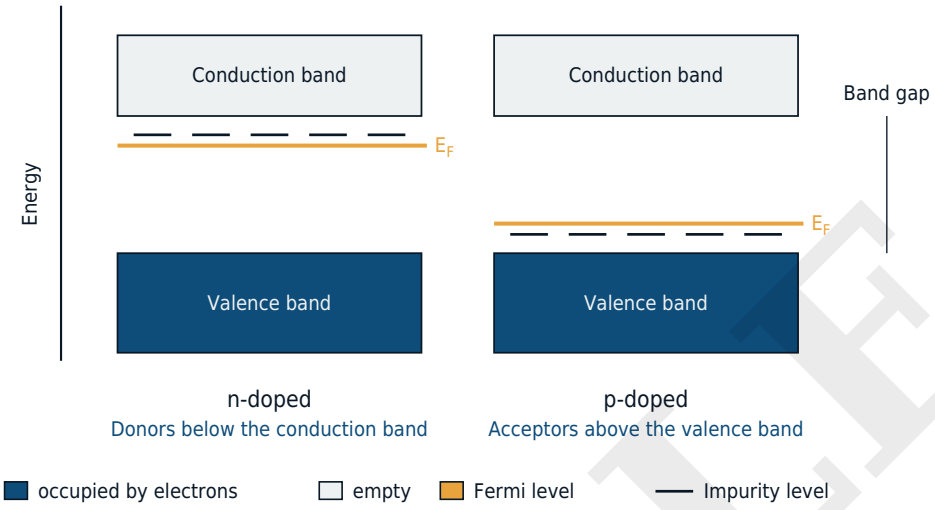
At absolute zero, all states up to the Fermi level are occupied and all those above are empty. Because it sits in the middle of the conduction band for a metal, a tiny amount of energy is enough to lift electrons into free states – the metal conducts.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam LoremLorem.

SAMPLE

Fermi Level in Doped Semiconductors

Unlike in a metal, a gap separates the bands



The Fermi level moves to where charge carriers are readily available: upward toward the conduction band edge for n-doping, downward toward the valence band edge for p-doping. This position later determines the contact resistance.

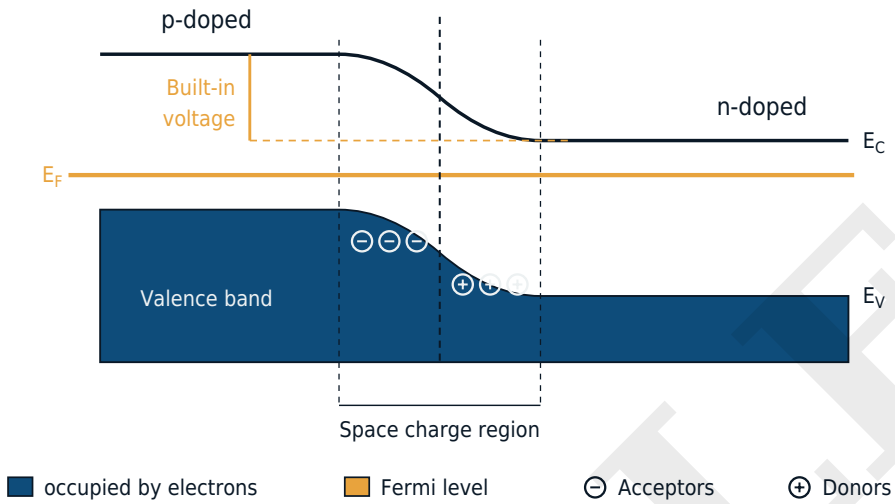
Band model of a p-n junction

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

SAMPLE

Band Diagram at the p-n Junction

The Fermi level is constant, which is why the bands bend



Electrons and holes migrate across the junction and recombine. What remains are fixed dopant atoms, whose space charge bends the bands. The resulting potential barrier stops the diffusion; for silicon, about 0.7 V must be overcome for this.

SAMPLE

Chemical Mechanical Polishing (CMP)

Why planarization is necessary

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Principle of the CMP process

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

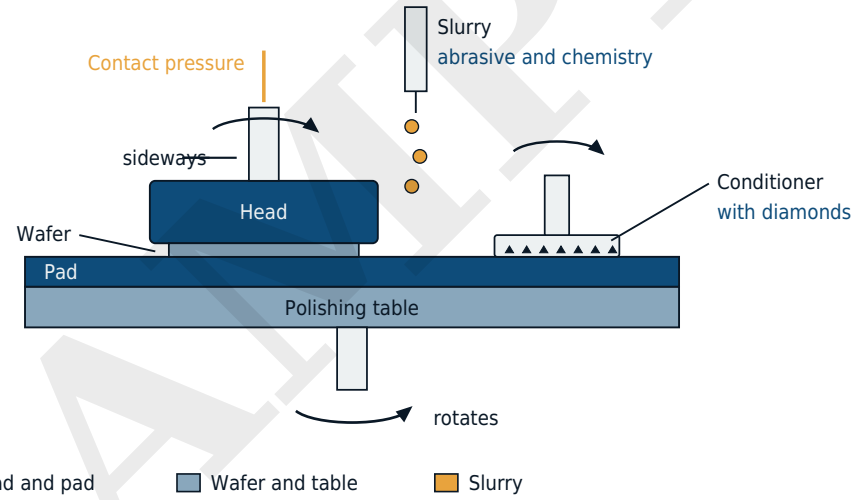
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

CMP Tool

The wafer is pressed face-down onto the rotating pad



Head and polishing table rotate in opposite directions, and the head also moves sideways across the pad. Only this combined motion ensures that every point on the wafer is removed at the same average rate.

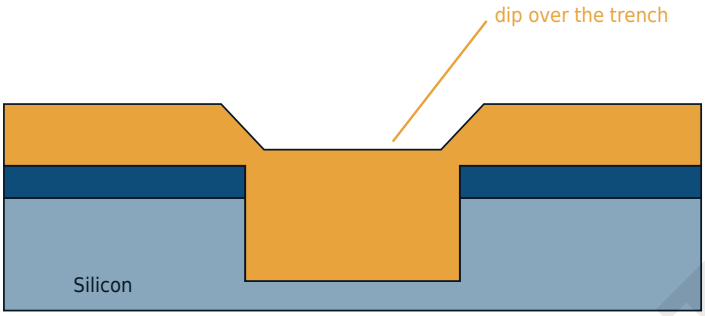
STI-CMP

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

SAMPLE

1. Trench overfilled with oxide

The oxide follows the topography and sits highest over the nitride

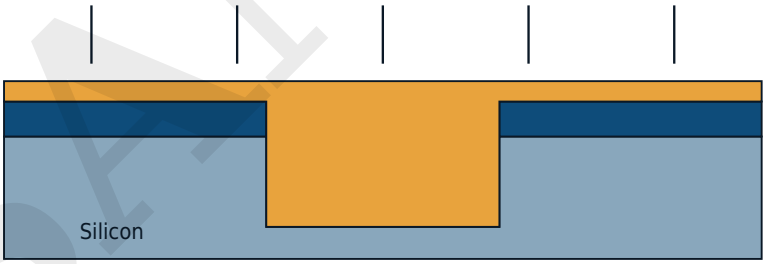


Silicon Nitride as polish stop Oxide

Significantly more oxide is deposited than the trench can hold – otherwise a dish would remain after polishing.

2. First Polishing Step

The surface is flat, with a residual layer still over the nitride



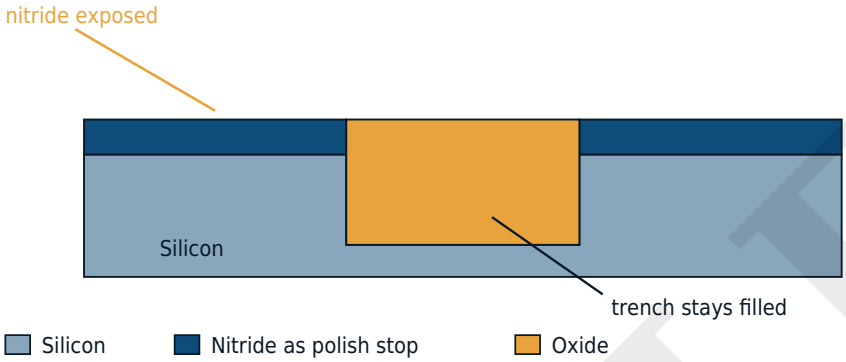
Silicon Nitride as polish stop Oxide

The first step removes material aggressively and levels the surface. It deliberately stops short of the nitride, so that it isn't attacked.

SAMPLE

3. Second Polishing Step

Selective down to the nitride – no oxide remains on the active areas



If oxide remained on the nitride here, the nitride could no longer be removed wet-chemically afterward – so this step must be complete.

ILD-CMP

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Tungsten CMP

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

SAMPLE

Copper Damascene CMP

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi Lorem ipsumLorem.

Dishing, Erosion & Dummy Fill

Dishing and erosion

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Endpoint Detection & Process Control

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident.

Wiring

Multilayer wiring

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

BPSG reflow

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit.

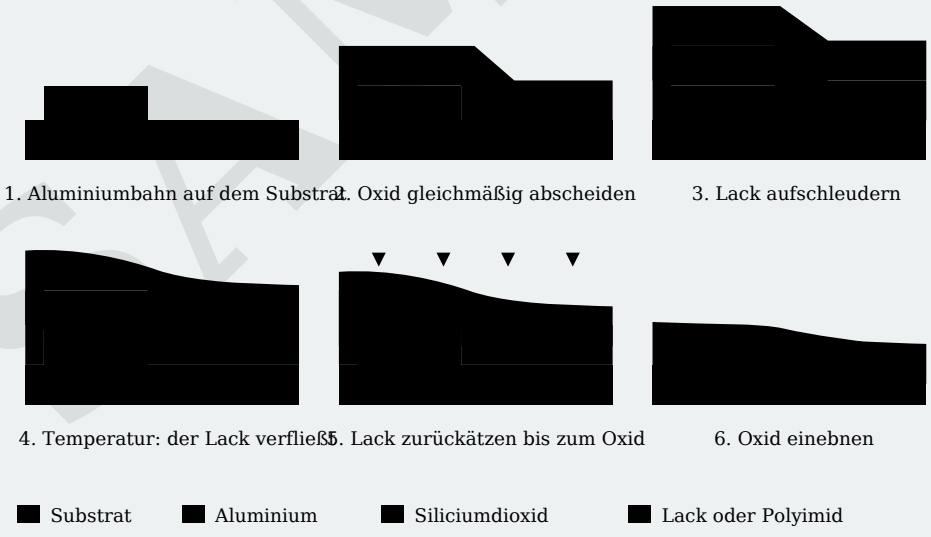
Reflow back etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Reflowrückätzen

Der verfließende Lack ebnet die Stufe ein, das Rückätzen überträgt sie ins Oxid



Lack und Oxid werden gleich schnell abgetragen. Deshalb überträgt sich die ebene Lackoberfläche beim Rückätzen nach unten in das Oxid. Über der Bahn bleibt eine dünne Deckschicht stehen – das Aluminium darf nicht freigelegt werden.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do LoremLorem LoremLorem LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam

SAMPLE

quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Chemical mechanical polishing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

Contacting the metallization layers

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut

Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

The contact as a bottleneck

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

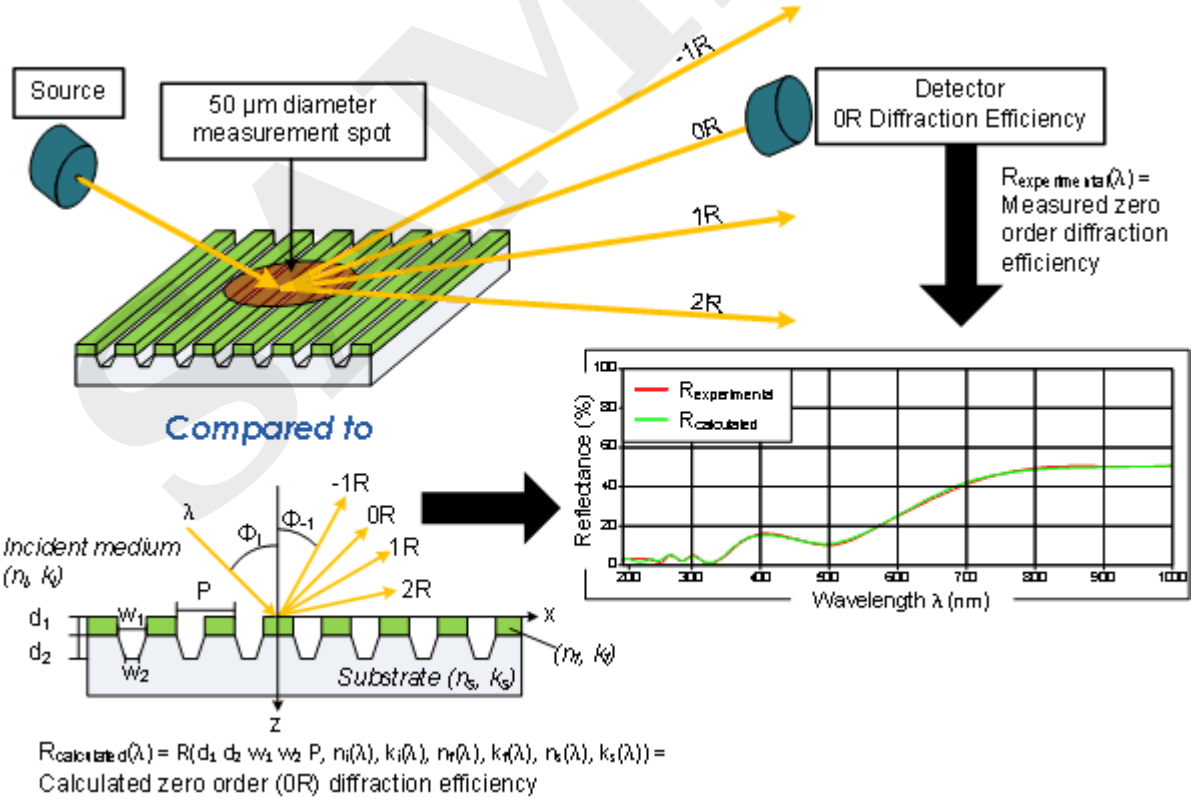
SAMPLE

Film thickness measurement

Evaluation of the Measurement

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Comparison of simulation and measurement in an optical scatterometry measurement

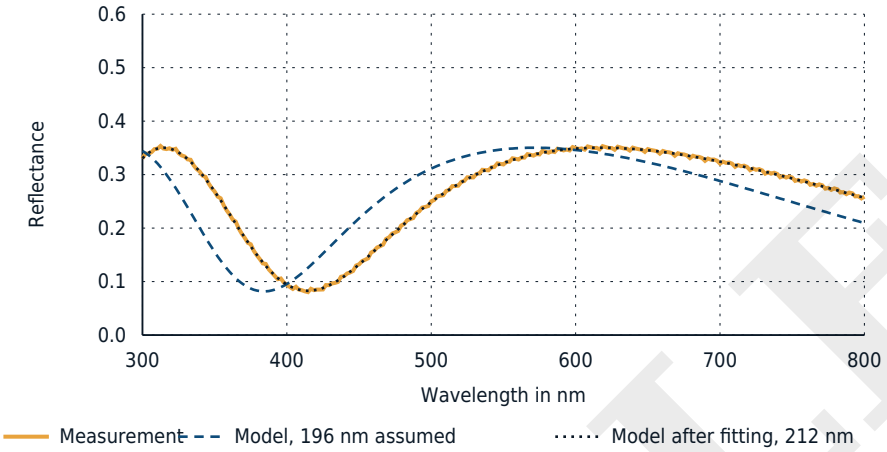


Lorem ipsum dolor sit

SAMPLE

Measurement and Simulation Compared

The layer thickness in the model is varied until both curves agree



Calculated for silicon dioxide on silicon, normal incidence.
Simplified model: substrate with constant refractive index.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Metrology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

SAMPLE

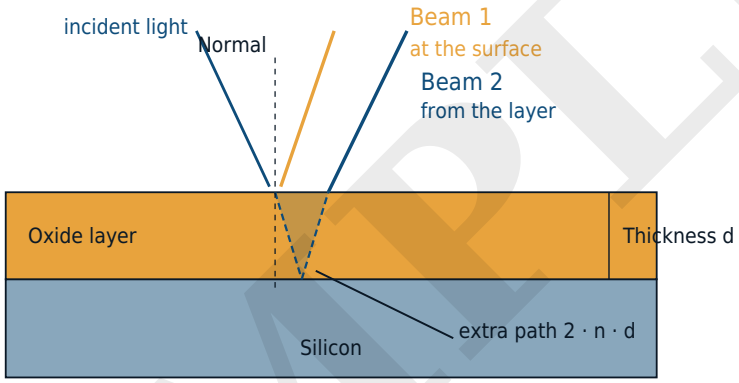
Interferometry

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Light Path in Film Thickness Measurement

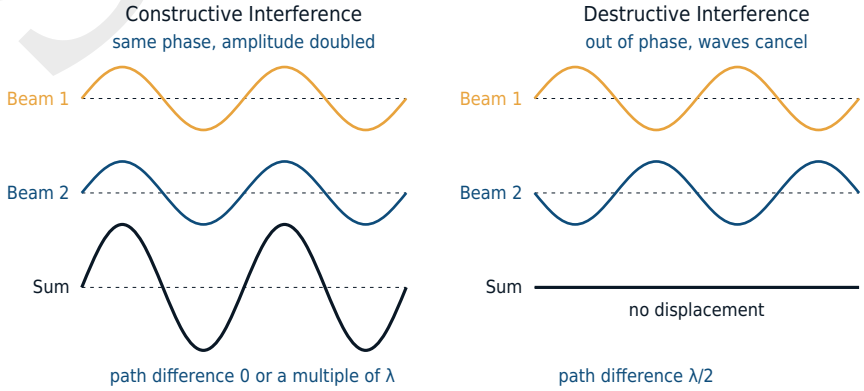
Part is reflected at the top, part only at the interface below



Both beams leave the layer parallel to each other and combine in the measuring instrument.
Beam 2 has traveled the longer path: twice the layer thickness,
multiplied by the refractive index n of the layer.

Superposition of Two Light Waves

The path difference determines whether they reinforce or cancel



In an actual measurement there is a smooth transition between the two extremes:
the strength of the reflected light reveals the thickness of the layer.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Ellipsometry

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Illustration of possible polarizations of light (left linear, right circular):



Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Particle inspection

Metrology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

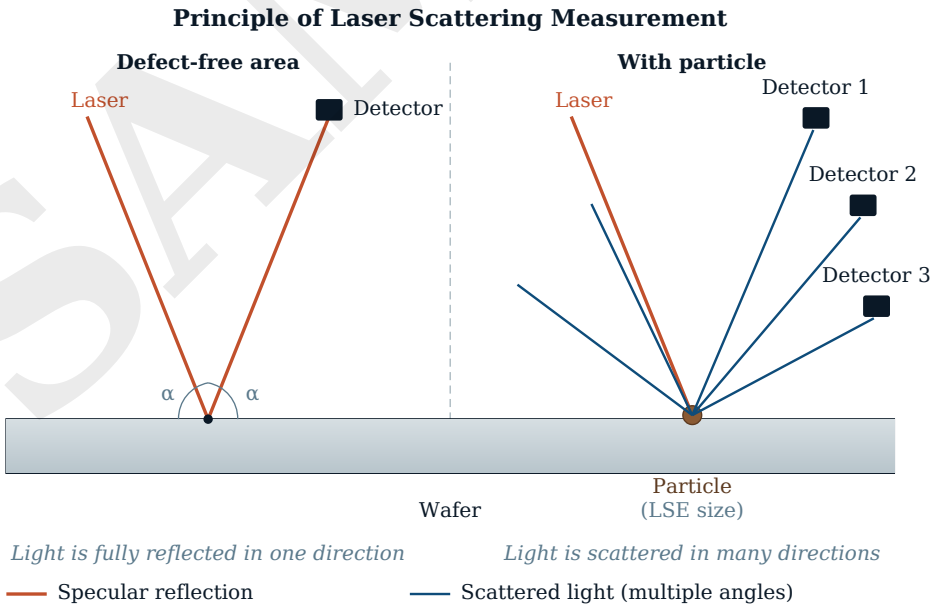
exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Laser Scattering Measurement

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Principle of scattered-light measurement at a particle



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

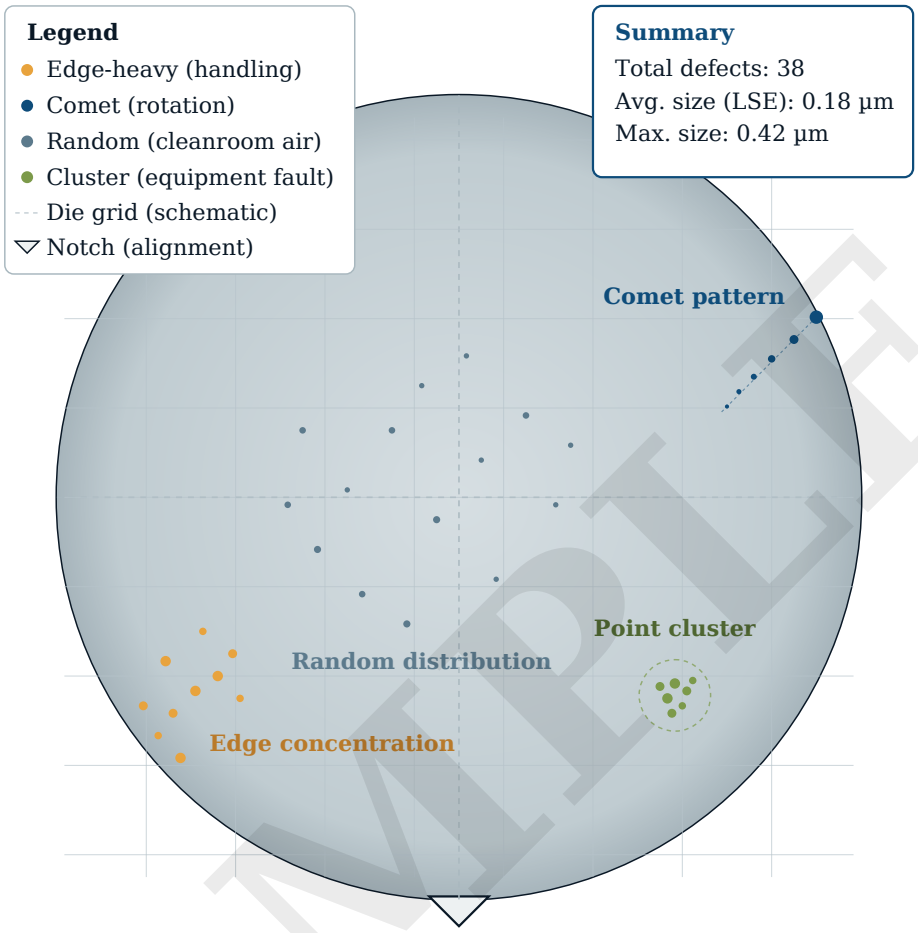
Wafer Map and Classification

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Example of a wafer map with particle distribution

SAMPLE

Wafer Map: Particle Distribution



Schematic representation, not to scale

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.
- Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

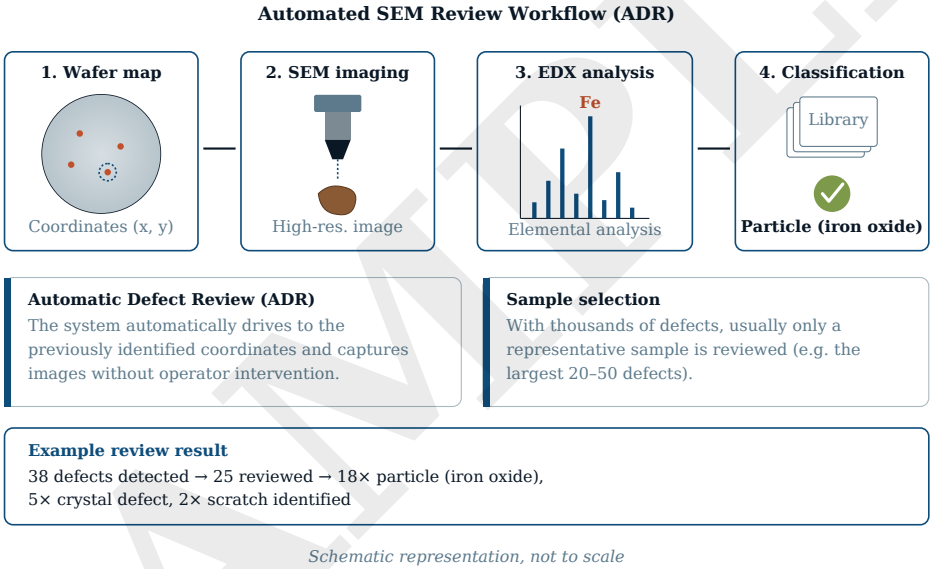
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Review with the Scanning Electron Microscope (SEM)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Workflow of the automated SEM review



Schematic representation, not to scale

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

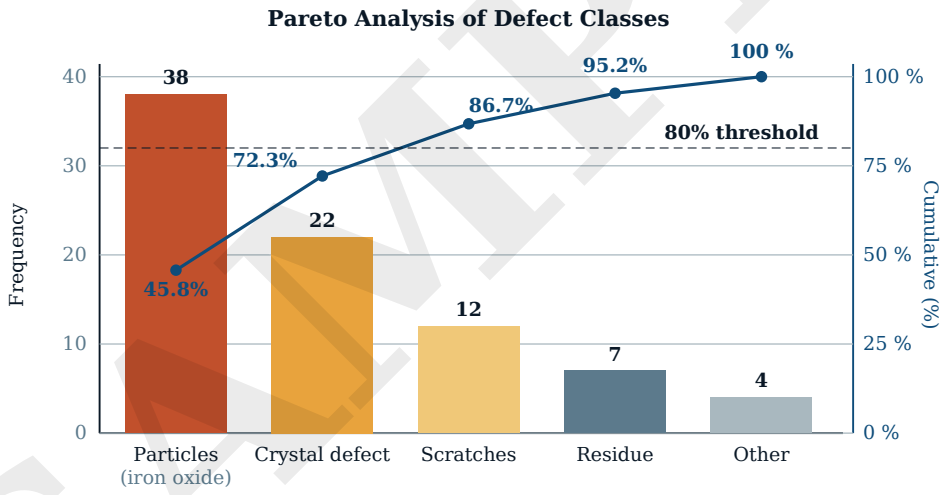
SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Evaluating the Measurement

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Pareto evaluation of the defect classes across multiple wafers



Schematic representation, not to scale

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

CD Measurement

Metrology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

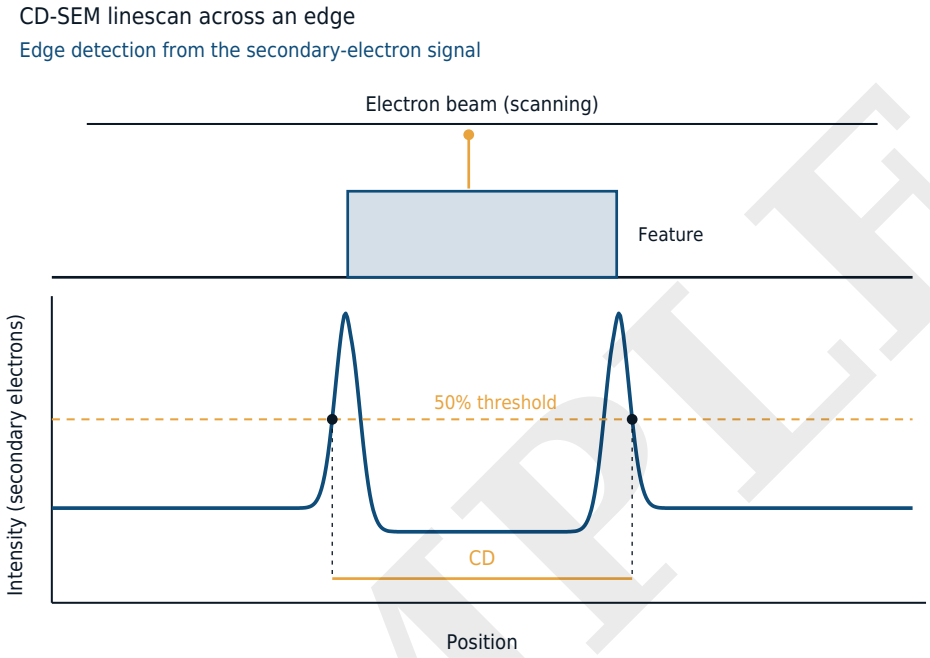
CD-SEM – Measurement Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Secondary electron signal while scanning across an edge



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Calibration and Reference Metrology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

OCD / Scatterometry as an Alternative

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

CD Uniformity and Process Control

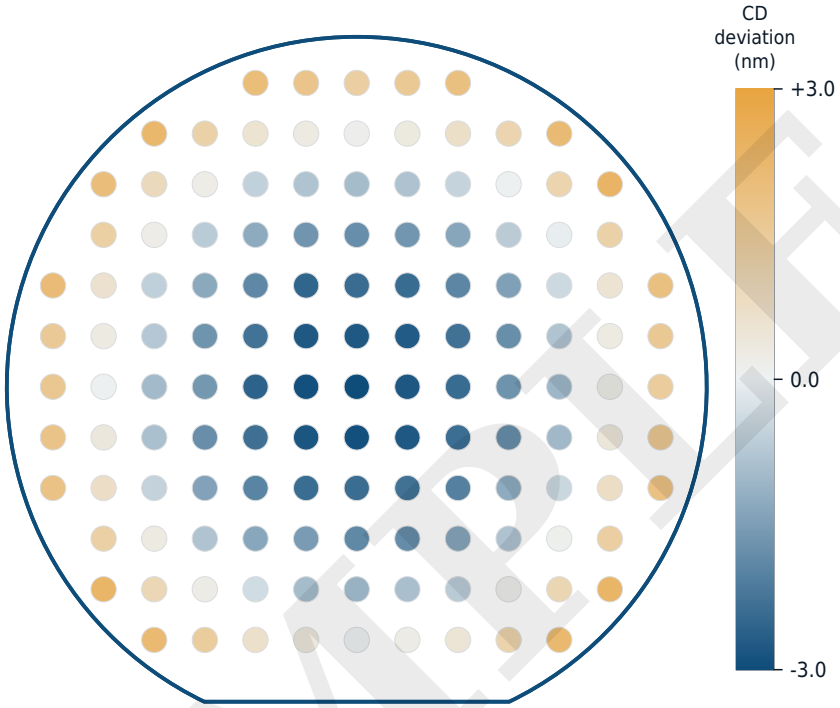
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Typical CD uniformity pattern across the wafer

SAMPLE

CD uniformity map across the wafer

Typical center-to-edge pattern of the CD deviation



SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Overlay Measurement

Registration accuracy between two layers

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Measurement targets

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

SAMPLE

Alignment marks compared

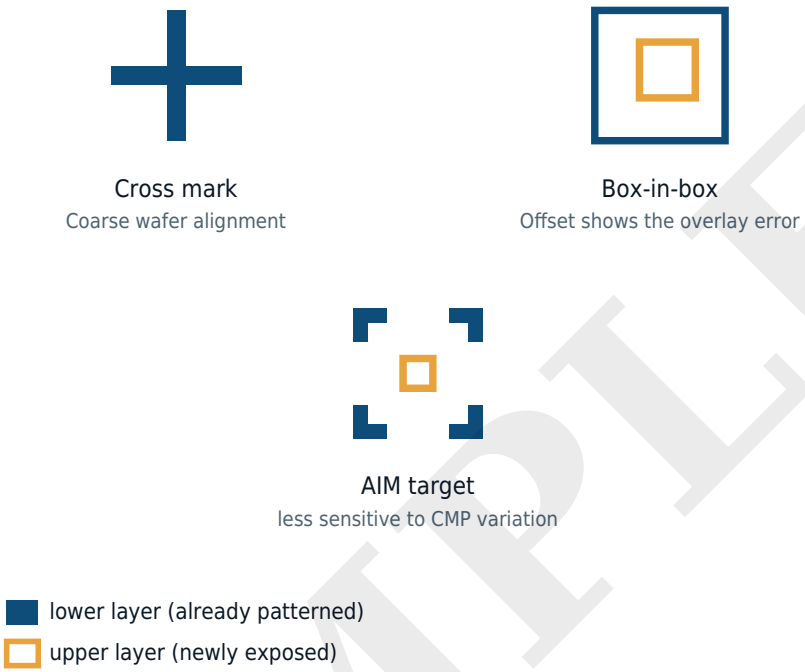


Image-based measurement and DBO

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Overlay budget and error sources

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

SAMPLE

Wafer Test

Fundamentals of Wafer Testing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

The Probe Card

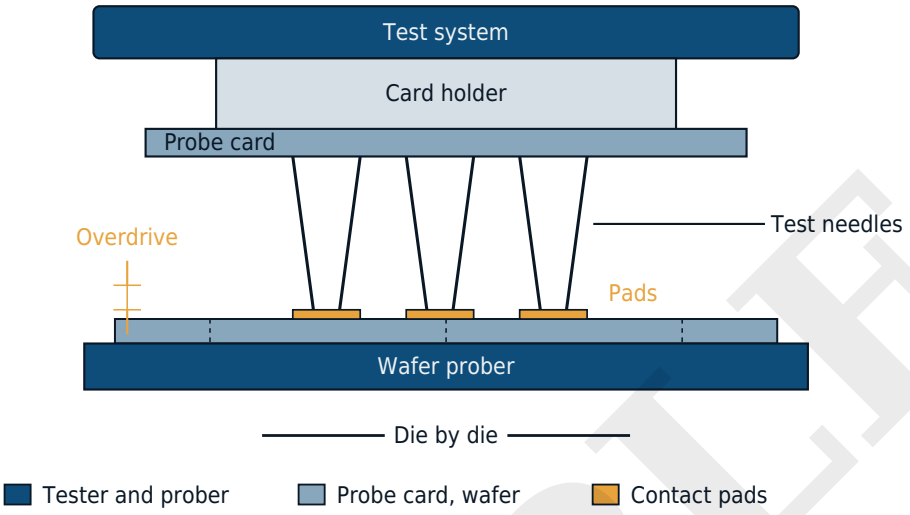
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

SAMPLE

Structure of the Wafer Test

The needles land on the pads before the wafer is diced



The needles are set down with a small force, the overdrive. It breaks through the native oxide layer on the pads and ensures contact. Too much overdrive damages the pads and the layers beneath them.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Yield Mapping and Redundancy

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

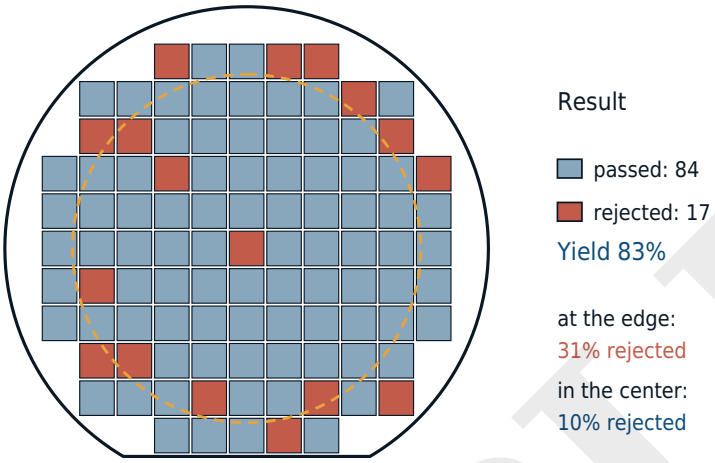
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat

SAMPLE

Yield Map of a Wafer

Every die carries its test result – failures accumulate at the edge



The map accompanies the wafer through further processing: during dicing, only the passing dies are processed further. Spatial patterns like this edge loss point to systematic process problems.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Final Test and Binning

The Final Functional Test

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

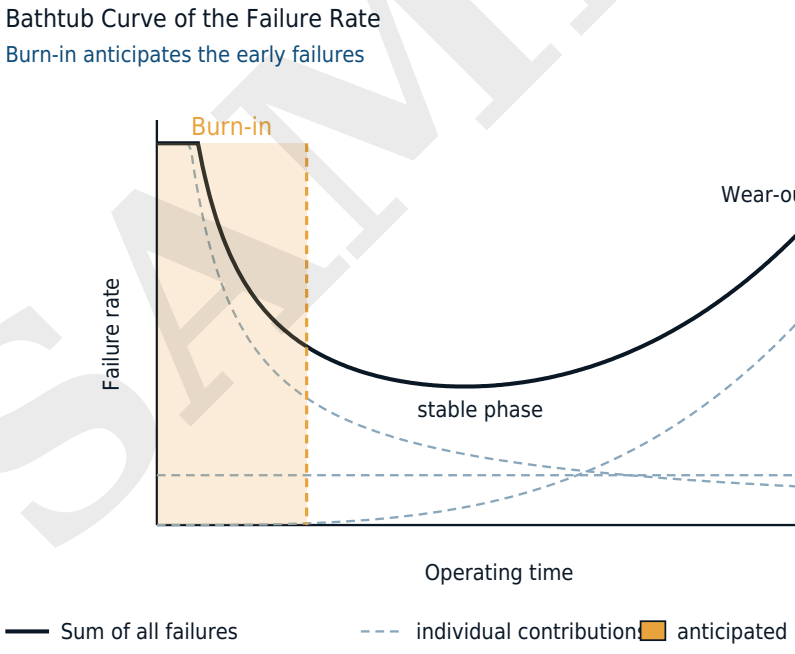
SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Burn-in

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.



Hidden manufacturing defects show up in the first hours of operation. Under elevated temperature and voltage, these components already fail at the manufacturer – only what survives the steep initial region gets shipped.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

SAMPLE

Binning

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

SAMPLE

Assembly

Dicing

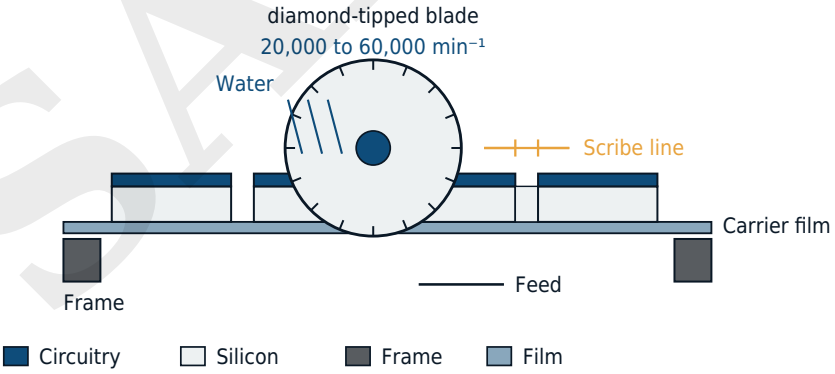
From Wafer to Individual Chip

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Dicing – Sawing the Wafer

The saw cuts along the scribe lines, the film holds the dies



The scribe lines carry no circuitry – their width limits how thick the blade can be. As they get narrower with miniaturization, laser methods are gaining importance. The film keeps the dies in place after cutting.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

SAMPLE

Sawing Methods

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Challenges and Quality Assurance

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

SAMPLE

Die Attach

Mechanical Mounting of the Die

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam
- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Bonding Materials

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco

- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Mechanical Stress and Quality Assurance

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Bonding

Electrical Contacting of the Die

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi

- Lorem ipsum dolor
- Lorem ipsum dolor
- Lorem ipsum dolor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

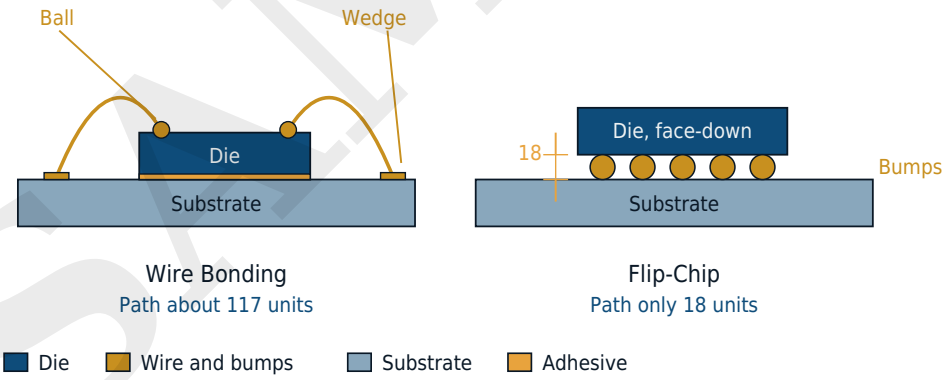
Flip-Chip Technology

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Wire Bonding and Flip-Chip

The length of the connection path determines inductance and heat



The bond wire is roughly 6 times as long as the path across a bump. Short paths mean less parasitic inductance and better heat dissipation – both favor flip-chip technology.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Requirements and Heat Dissipation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Encapsulation

Purposes of Encapsulation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

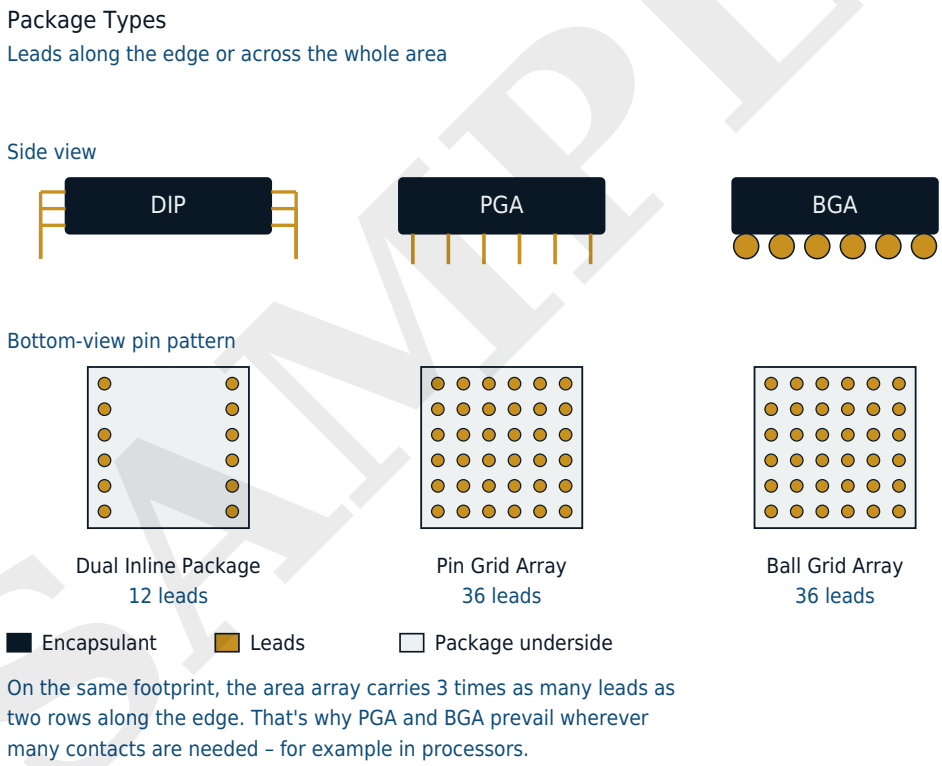
reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Materials and Methods

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

- Lorem ipsum dolor sit amet
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do
- Lorem ipsum dolor sit amet



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

SAMPLE

Heat Dissipation and Final Quality Inspection

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

SAMPLE

Advanced Packaging / 3D Integration

Limits of Classical Integration

Why “More Moore” Is Reaching Its Limits

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

SAMPLE

“More than Moore” as an Alternative

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Context: Classical Wire Bonding and Flip-Chip

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Through-Silicon Via (TSV)

The Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Fabrication Process

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis

- LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

SAMPLE

tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

- LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.
- LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

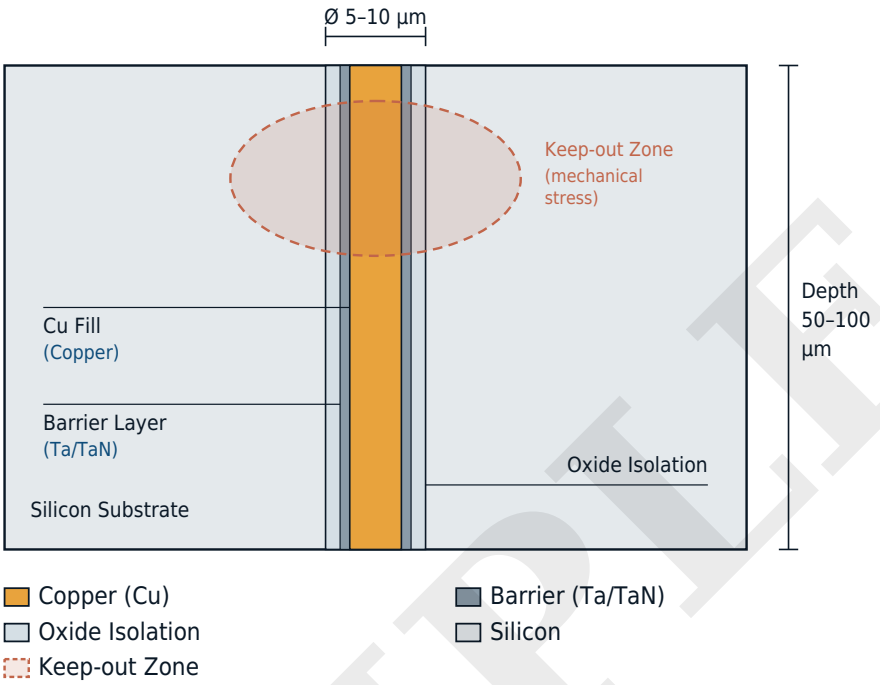
Isolation and Cu Fill

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Structure of a TSV in cross-section

SAMPLE

The Structure of a Through-Silicon Via (TSV)
Cross-section through a filled via in the silicon substrate



Challenges of the Aspect Ratio

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

2.5D Integration: The Interposer

SAMPLE

The Basic Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Silicon vs. Organic Interposer

- Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.
- Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Redistribution Layer (RDL)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

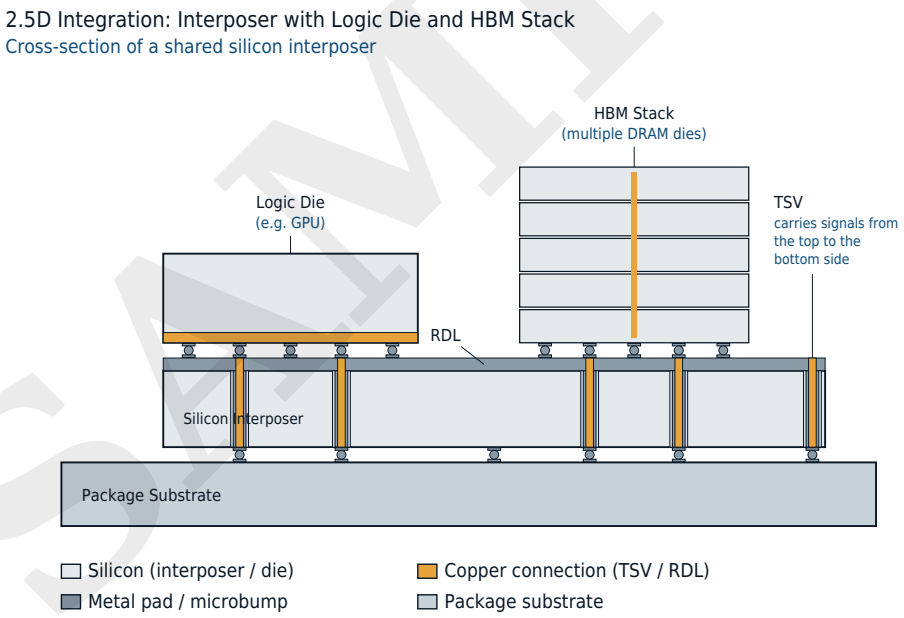
SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Example: HBM on an Interposer

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit Lorem ipsum dolor sit ametLorem.

Interposer with logic die and HBM stack



SAMPLE

3D Stacking

Die-to-Die vs. Wafer-to-Wafer Bonding

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla

- Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.
- Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

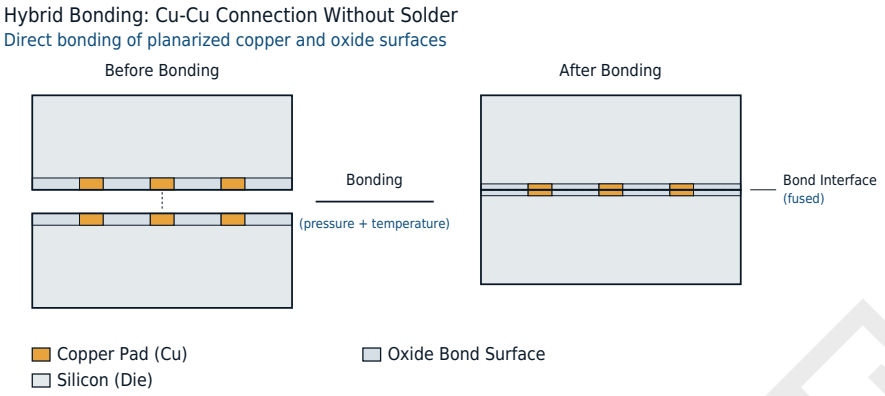
Hybrid Bonding: Direct Cu-Cu

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Hybrid bonding before and after the bonding process

SAMPLE



Thermal and Mechanical Challenges

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Chiplets & Heterogeneous Integration

Disaggregation of SoCs

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

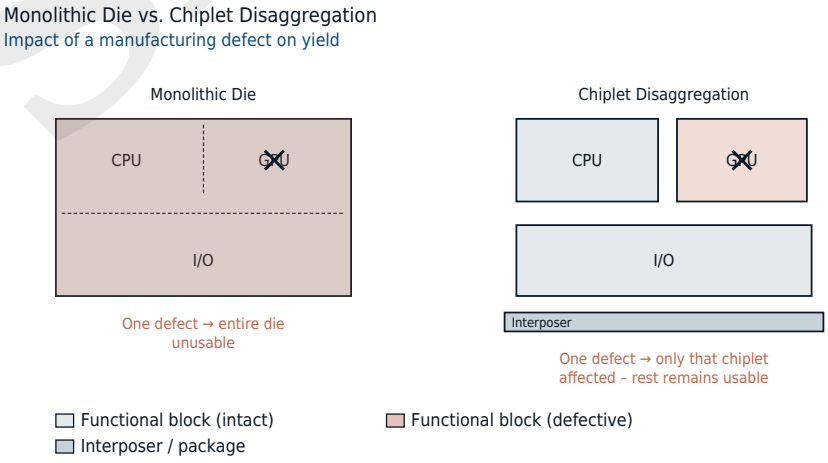
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Advantages: Yield and Cost

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Impact of a defect: monolithic die vs. chiplet disaggregation



SAMPLE

Disadvantages: Interconnect Overhead

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Standardization: UCIe

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Applications & Outlook

HBM as a Flagship Example

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

SAMPLE

AI Accelerators

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Foundry Comparison

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Outlook

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

SAMPLE

Reliability

ESD Protection Structures

ESD Models and Damage Mechanisms

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco

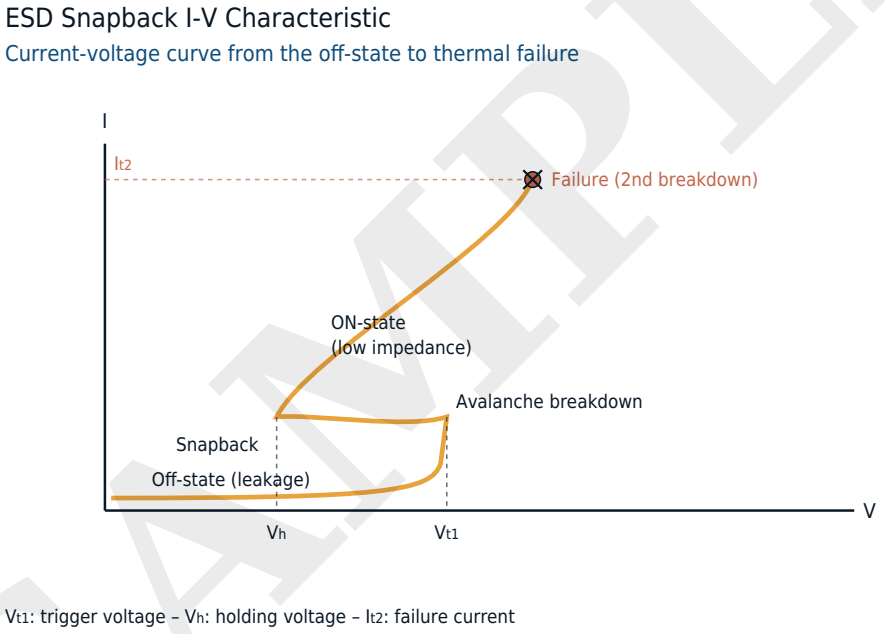
Lorem	Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

SAMPLE

Protection Diodes and Snapback Behavior

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

SAMPLE

Grounded-Gate NMOS and Power Clamps

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Electromigration, TDDB and NBTI/PBTI

Electromigration

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem ipsum dolor sit$^{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$^{\text{Lorem}_{\text{Lorem}}\text{Lorem ipsum dolor}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Time-Dependent Dielectric Breakdown (TDDB)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Bias Temperature Instability (NBTI/PBTI)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit

SAMPLE

esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Burn-in and HTOL Testing

From Burn-in to HTOL Qualification Testing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

HTOL Test Conditions

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

The Arrhenius Model for Lifetime Prediction

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt Lorem ipsum dolor sit amet$^{\text{Lorem}_{\text{Lorem}}\text{Lorem ipsum dolor}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore Lorem ipsum$^{\text{Lorem}_{\text{Lorem}}\text{Lorem ipsum dolor sit}_{\text{Lorem}}\text{ Lorem ipsum dolor}_{\text{Lorem}}\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Automotive, Military, and Space Qualification

Why consumer-grade isn't enough

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad

- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

SAMPLE

Temperature requirements compared

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing	Lorem ipsum dolor
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor	Lorem ipsum

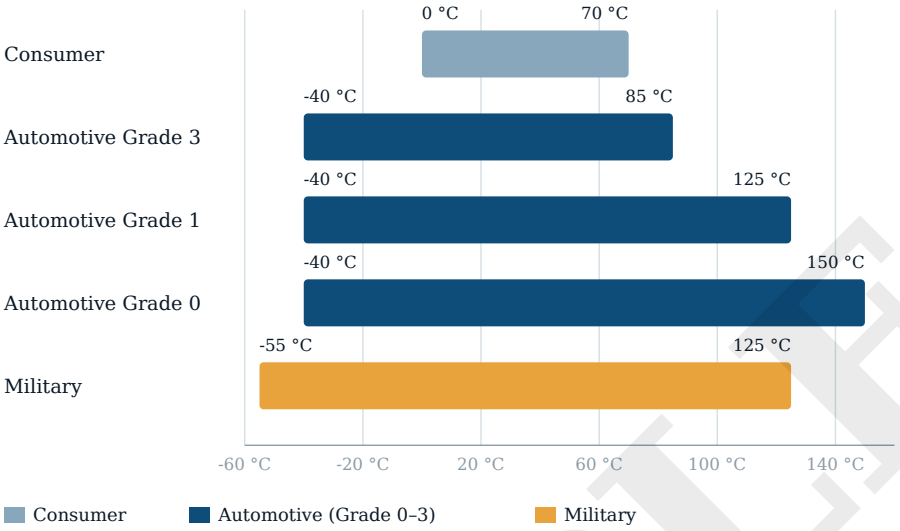
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

SAMPLE

Temperature ranges compared

Consumer, automotive, military, and space



Space electronics often use the same range as military (−55 to 125 °C), with the added burden of tens of thousands of temperature cycles from the orbital day/night cycle.

Radiation effects in space

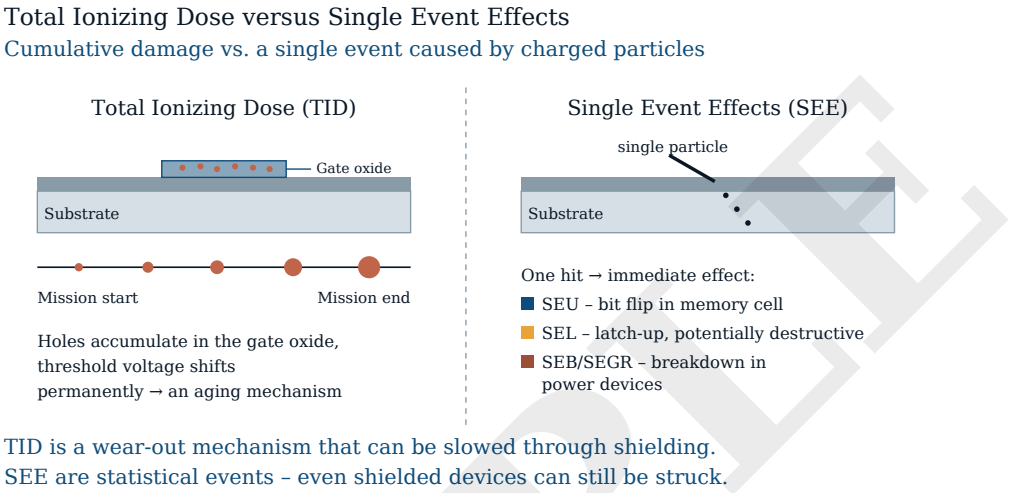
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.
- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim
  - Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.
  - Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo

SAMPLE

consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.
    - Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Radiation Hardening by Design (RHBD)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

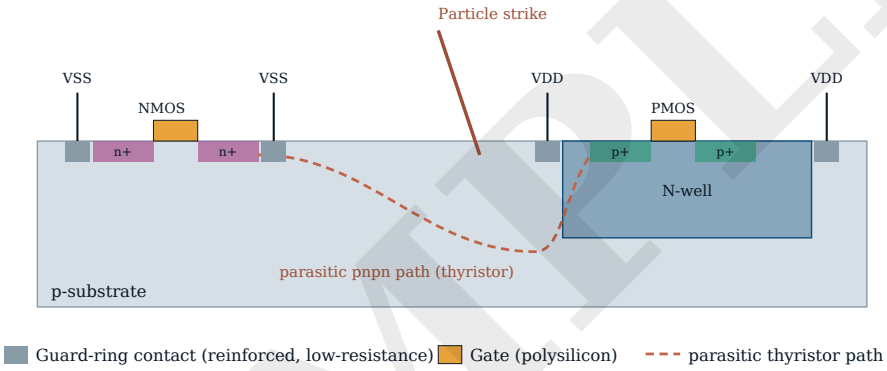
- Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.
- Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

SAMPLE

do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Guard-ring structure against radiation-induced latch-up
Cross-section of a bulk CMOS inverter with a reinforced guard ring



Wider, low-resistance guard rings drain the charge generated by a particle strike quickly enough before the parasitic pnpn path can fire.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Qualification and screening processes

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Reliability metrics

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua[Lorem]Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

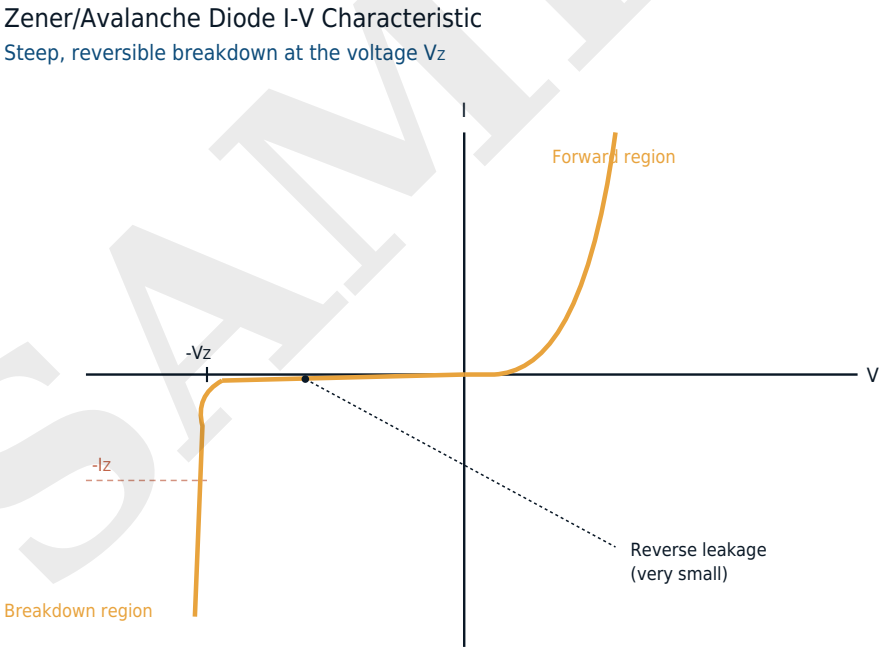
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

SAMPLE

Zener and Avalanche Diodes

Controlled Breakdown as the Operating Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.



Vz: breakdown/Zener voltage – Iz: test current used to specify Vz

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

The Zener Effect versus the Avalanche Effect

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et[Lorem]Lorem ipsum[Lorem]Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad[Lorem]Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Applications: Voltage Reference and Overvoltage Protection

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

The Schottky Diode

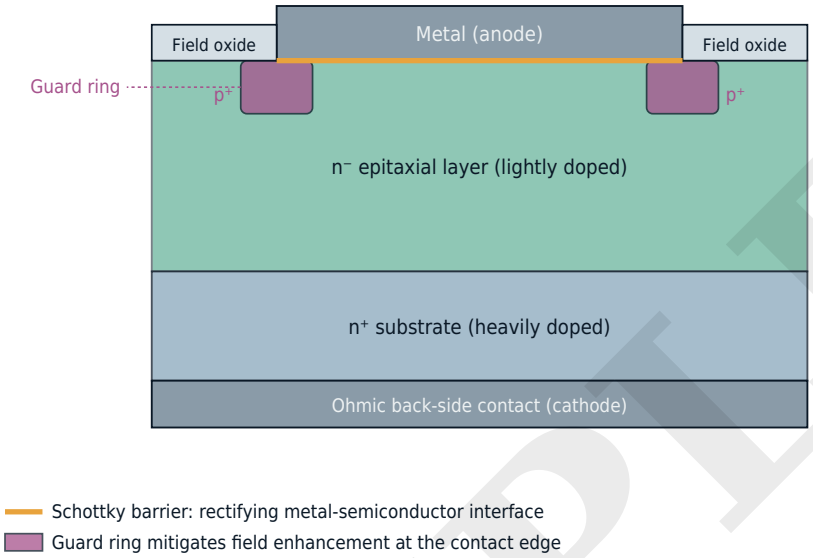
The Metal-Semiconductor Junction as a Rectifier

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

SAMPLE

Cross-Section of a Schottky Diode

Metal contact directly on lightly doped n-type silicon

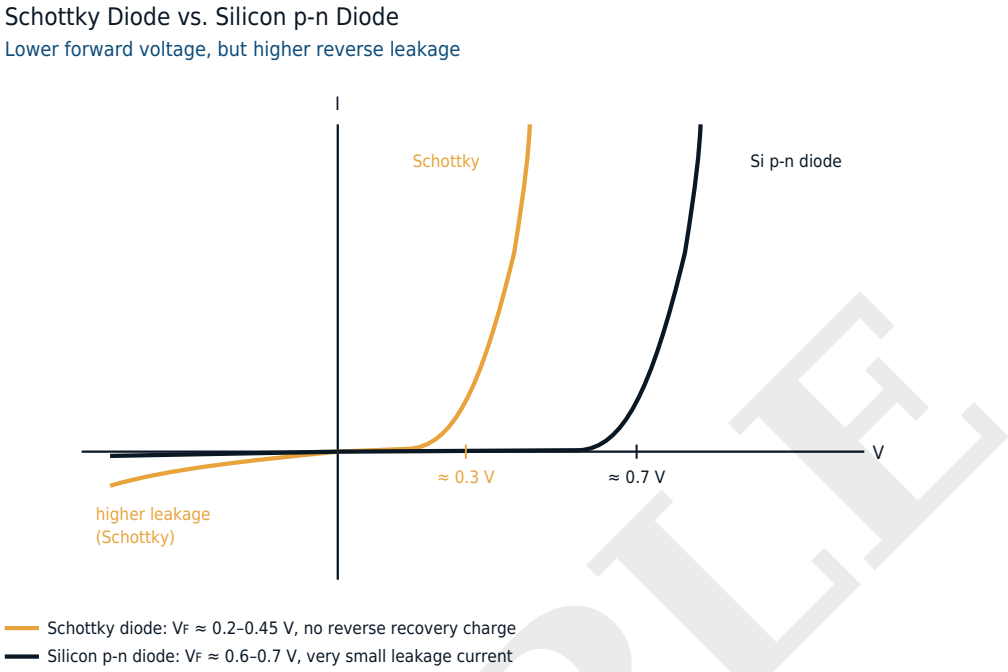


Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Low Forward Voltage and Fast Switching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

SAMPLE



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Trade-offs and Applications

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

The Tunnel Diode

Extreme Doping Creates a Degenerate Junction

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip[Lorem] Lorem ipsum[Lorem]Lorem ipsum[Lorem]Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore[Lorem] Lorem ipsum[Lorem]Lorem ipsum[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

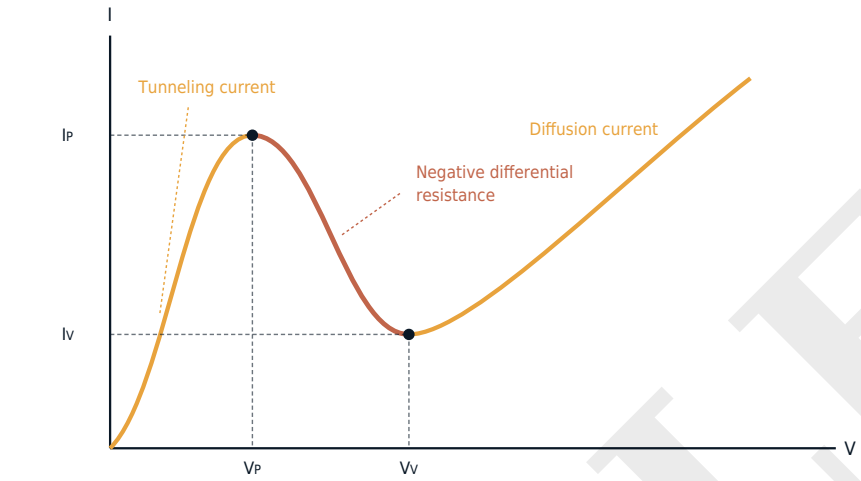
Negative Differential Resistance

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

SAMPLE

Tunnel Diode I-V Characteristic

Negative differential resistance between the peak and valley current



Region of negative differential resistance (current decreases despite rising voltage)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Niche Applications Despite Being Superseded

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

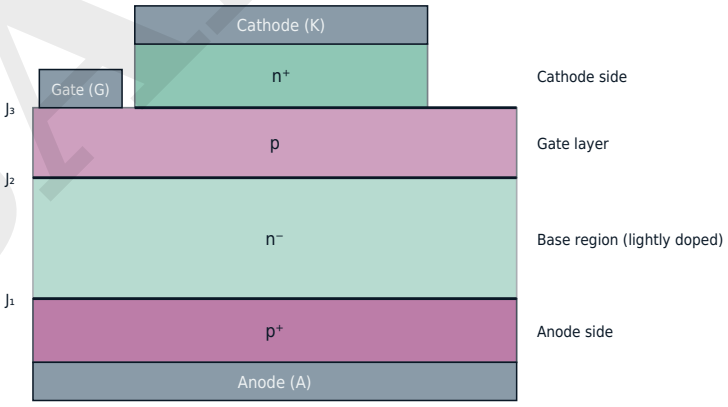
Thyristors and Triacs

The Four-Layer p-n-p-n Structure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Layer Structure of a Thyristor

Four alternately doped layers with three p-n junctions



Equivalent circuit: p⁺-n⁻-p forms the pnp, n⁻-p-n⁺ the npn transistor – both share the middle layers and are thereby cross-coupled.

J₁, J₂, J₃: the three p-n junctions – in the blocking state J₂ blocks, after triggering all three junctions conduct.

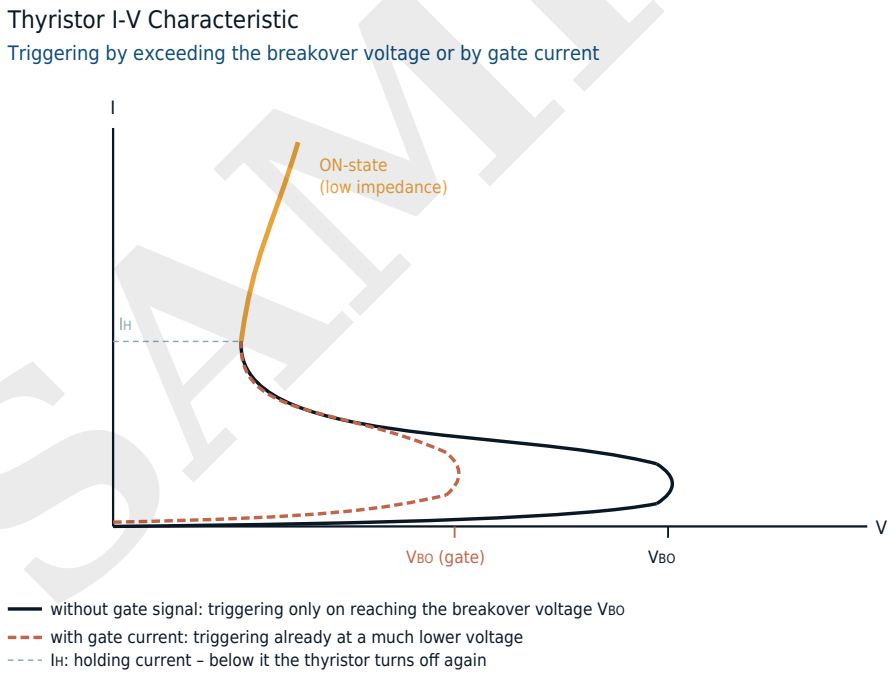
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Triggering Behavior and Holding Current

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat

SAMPLE

non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

The Triac as a Bidirectional Thyristor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Field-Effect Transistor Families: An Overview

Shared Operating Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore

- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et_{Lorem} Lorem ipsum dolor sit
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Depletion-Mode vs. Enhancement-Mode

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit. Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed $Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed. Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing $Lorem_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Comparison Table

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

Lorem	Lorem	Lorem	Lorem
Lorem ipsum	Lorem $ipsum_{Lorem}$Lorem	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem	Lorem
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor

Context and Outlook

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna.

Field-effect transistors

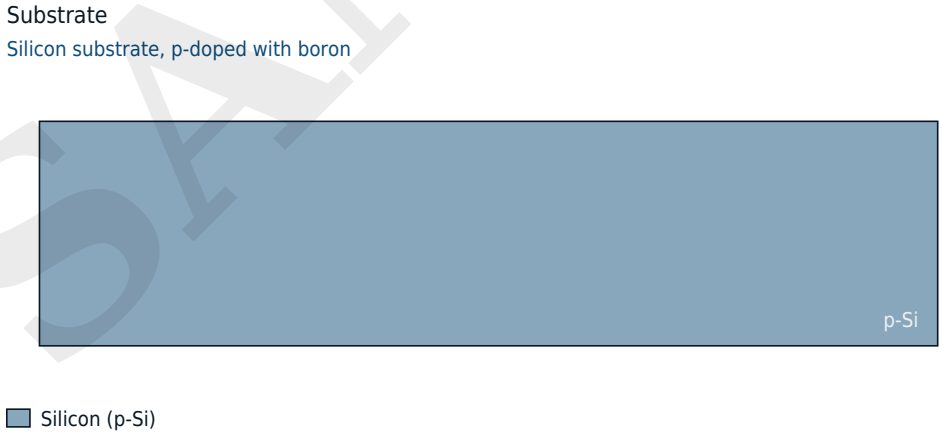
Fundamentals

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Fabrication of an n-Channel FET

1. Substrate

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.



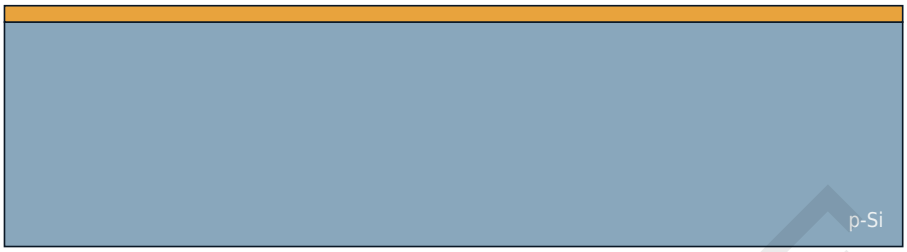
2. Oxidation

Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

SAMPLE

Gate Oxide (GOX)

Thermal oxidation forms a thin oxide layer



Silicon (p-Si) Gate oxide

The thin, thermally grown gate oxide will later insulate the gate from the channel and must therefore be especially uniform and defect-free.

3. Deposition

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Nitride as a Mask

LPCVD deposition of silicon nitride



Silicon (p-Si) Gate oxide Nitride

The nitride serves as a mask for the field oxidation in the following steps – it can later be removed selectively against the oxide.

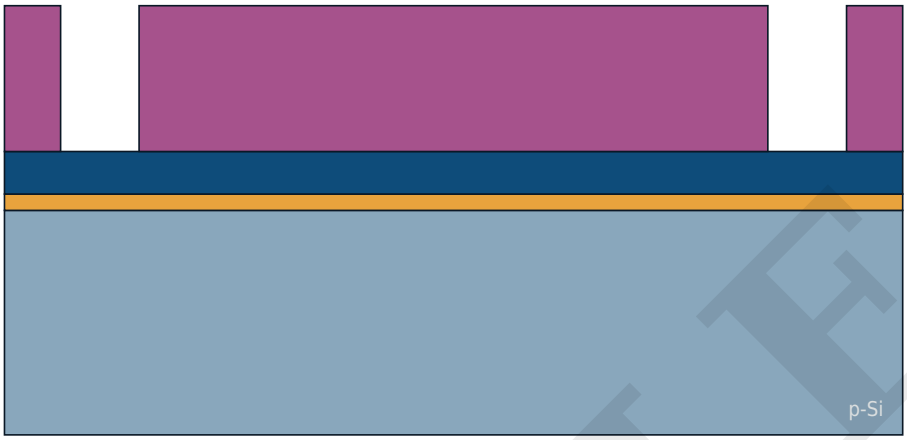
4. Photolithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

SAMPLE

Photoresist as an Etch Mask

Resist patterning for the nitride etch



Silicon (p-Si) Gate oxide Nitride Photoresist

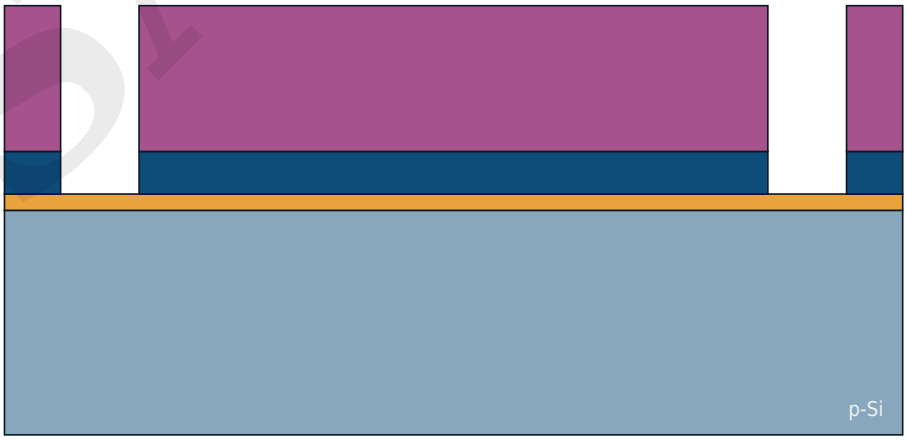
The resist openings define where the nitride will be removed in the next step – the field oxide will later form there.

5. Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Etching the Nitride

Reactive ion etching transfers the resist pattern into the nitride



Silicon (p-Si) Gate oxide Nitride Photoresist

Through the resist openings, the nitride is etched away down to the gate oxide.

SAMPLE

6. Resist Removal

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Removing the Resist

The photoresist is removed with developer solution



Silicon (p-Si) Gate oxide Nitride

What remains is the patterned nitride mask, which will locally prevent the field oxidation in the next step.

7. Oxidation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Field Oxide (FOX)

Thermal wet oxidation grows only where no nitride masks the surface



Silicon (p-Si) Gate oxide Nitride

Where the nitride covers the surface, the substrate stays unoxidized. In the exposed areas, the thicker field oxide grows – the characteristic bird's beak forms at the transition to the nitride.

SAMPLE

8. Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Removing the Nitride

Wet etching removes the nitride mask selectively



Silicon (p-Si) Gate oxide

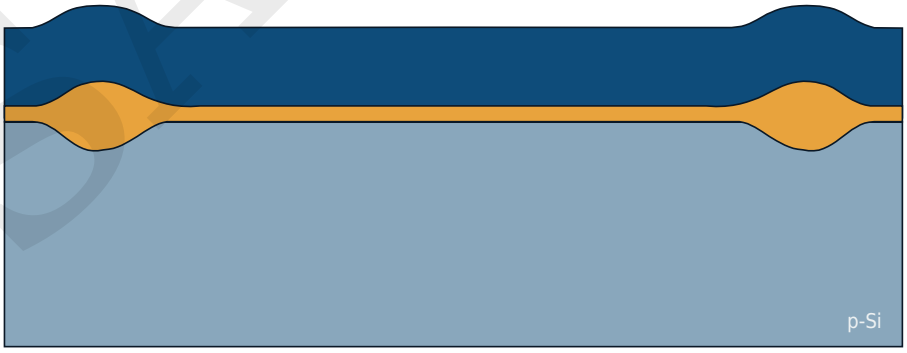
What remains is the finished field oxide structure: thick oxide over the isolation areas, thin gate oxide over the active area.

9. Deposition

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Polysilicon, Gate

LPCVD deposition of the future gate electrode



Silicon (p-Si) Gate oxide Polysilicon

The polysilicon is deposited over the entire surface and patterned into the gate electrode in the next step.

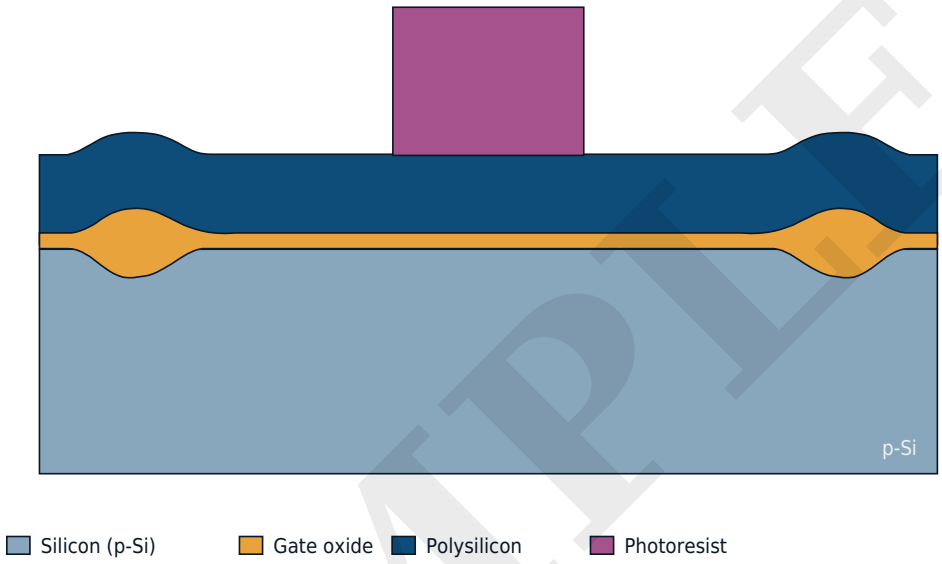
SAMPLE

10. Photolithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Photoresist as an Etch Mask

Resist patterning for the gate patterning



The resist island marks exactly the later position and width of the gate electrode.

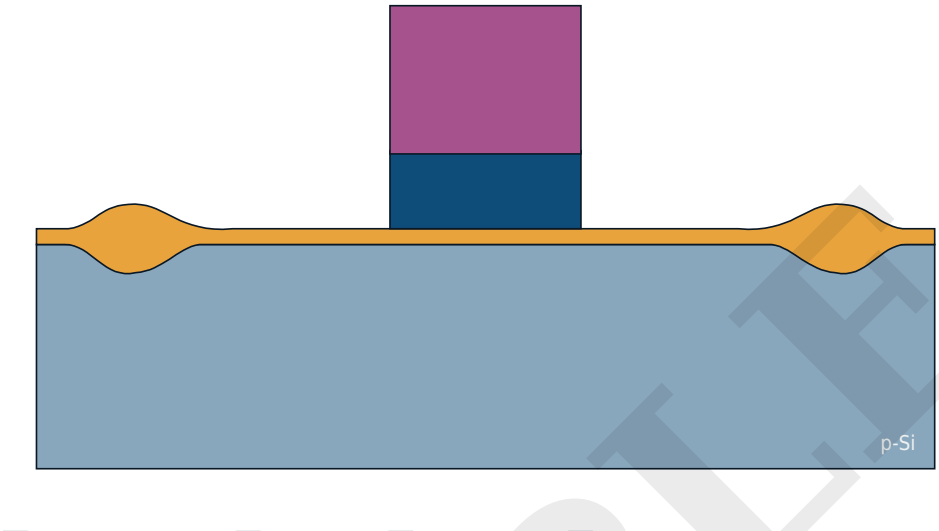
11. Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

SAMPLE

Etching the Polysilicon

Reactive ion etching forms the gate electrode



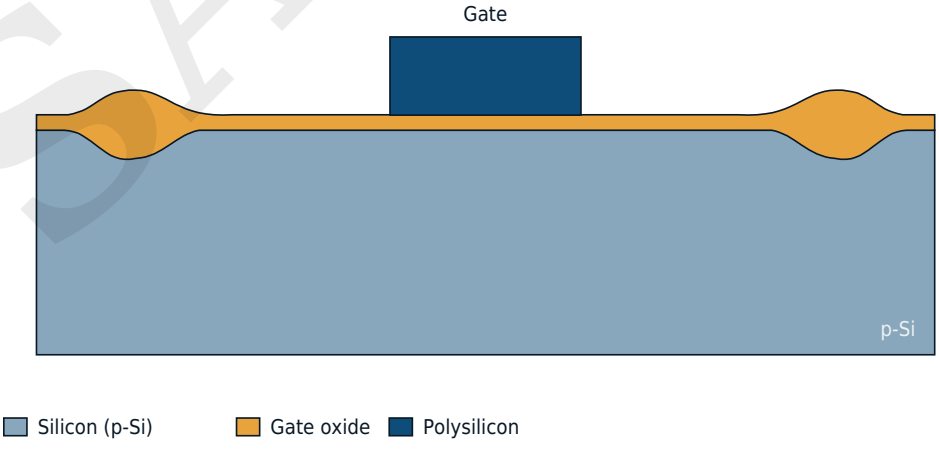
Polysilicon remains only under the resist – this forms the gate electrode with a precisely defined channel length.

12. Resist Removal

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Removing the Resist

The photoresist is removed, the gate is exposed



The finished, patterned gate now stands exposed on the thin gate oxide.

13. Oxidation

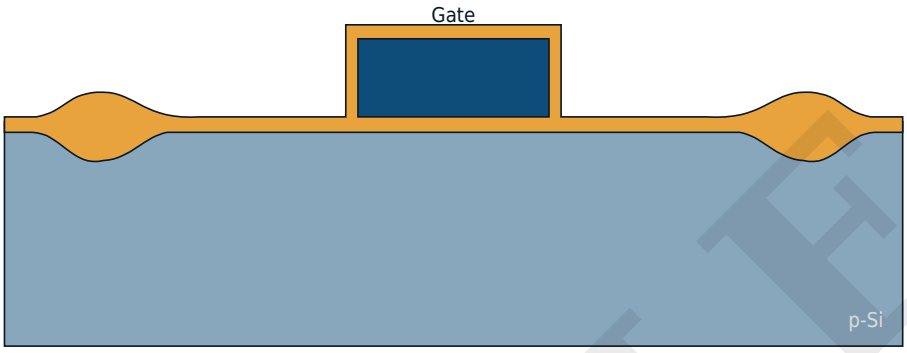
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Post-Oxidation

Thermal oxidation protects the gate and forms the spacer



Silicon (p-Si) Gate oxide / post-oxide Polysilicon

The post-oxide protects the gate edges and serves as a spacer during the subsequent source/drain implantation.

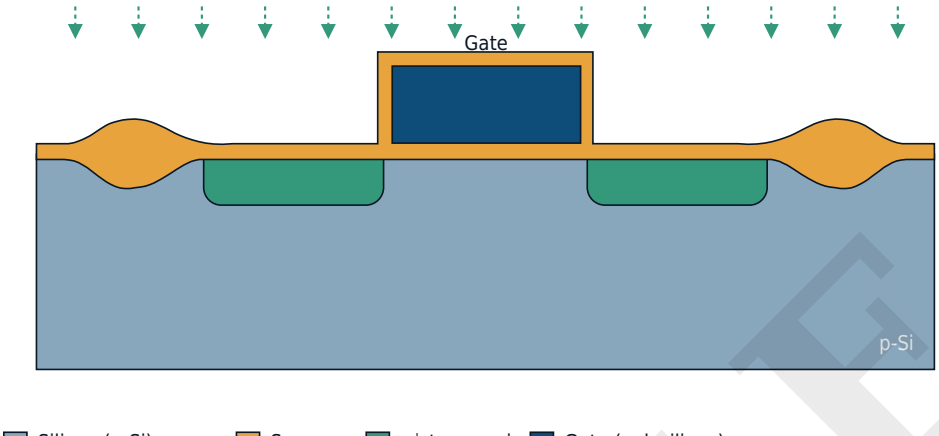
14. Ion Implantation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

SAMPLE

Source/Drain Implantation

n-type doping with phosphorus for source and drain (ion implantation)



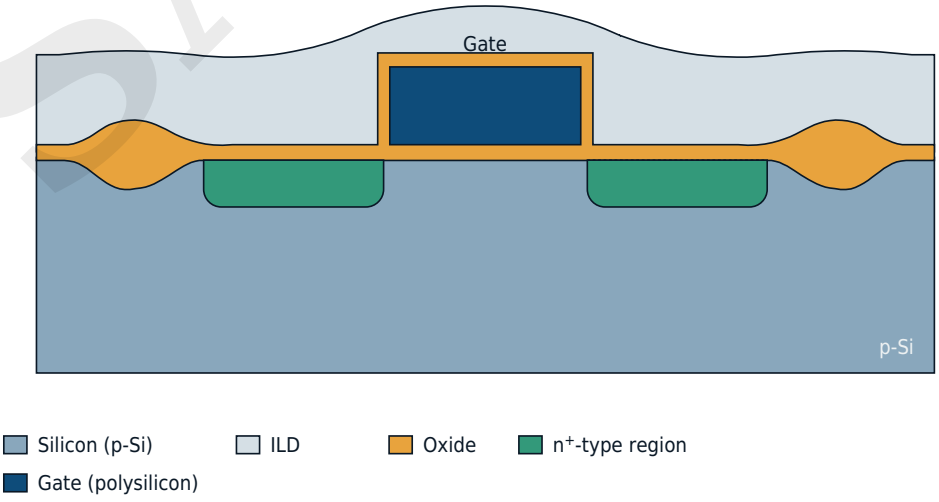
Phosphorus ions enter everywhere neither the gate nor the field oxide stand in the way – the doping is thus self-aligned to the gate.
Other areas are implanted too, but only in the substrate do the atoms become electrically relevant

15. Oxidation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Interlayer Oxide (ILD)

TEOS deposition as insulation for the later interconnects



The interlayer oxide insulates the later aluminum wiring from the transistor underneath and follows the existing topography.

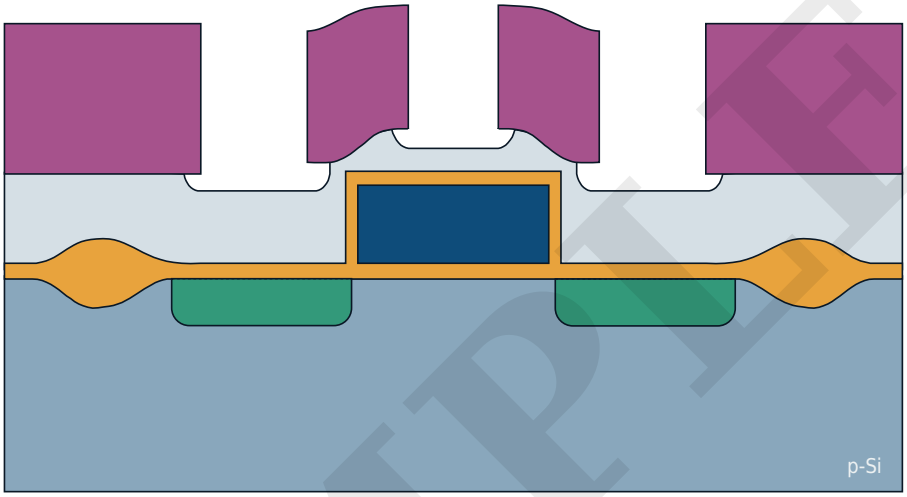
SAMPLE

16. Photolithography and Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Photoresist as an Etch Mask

Resist patterning for the subsequent contact hole etch



Silicon (p-Si) ILD Oxide n^+-type region
Gate (polysilicon) Photoresist

The resist openings define where the contact holes to source, drain, and gate will be etched.

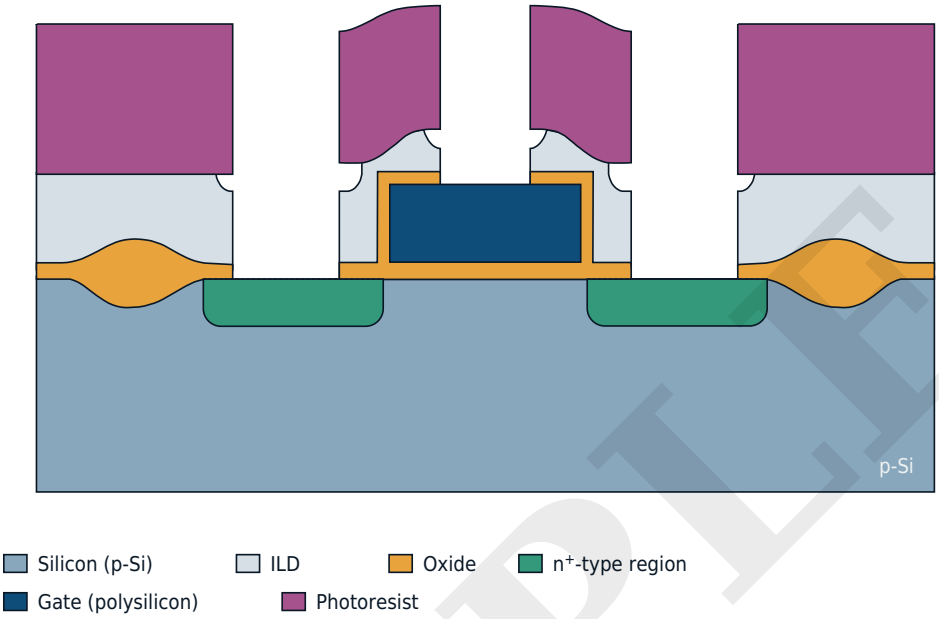
17. Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

SAMPLE

Contact Hole Etch

Reactive ion etching opens the interlayer oxide down to source, drain, and gate



The resist protects the remaining interlayer oxide while the holes are etched down to the three terminal areas.

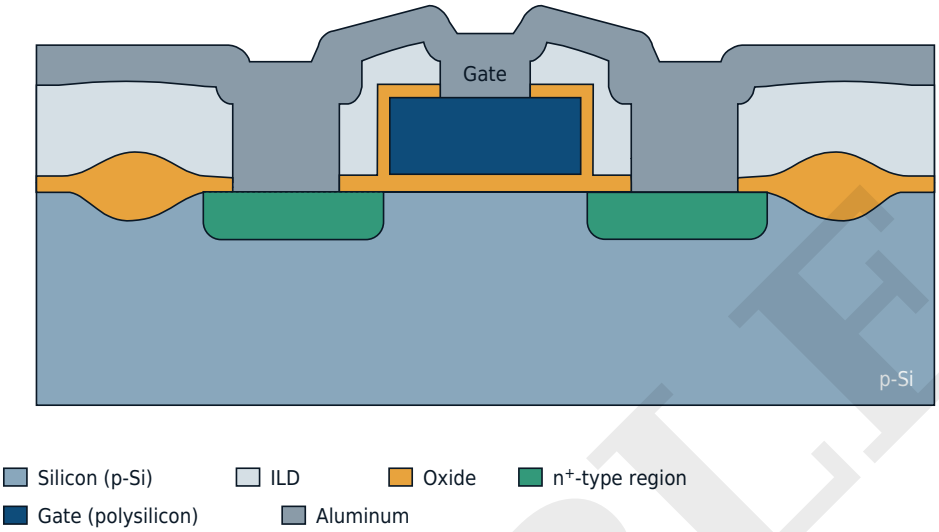
18. Metallization

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

SAMPLE

Aluminum Deposition

Sputtering fills the contact holes and covers the surface



The aluminum completely fills the contact holes and forms a continuous layer over the whole structure.

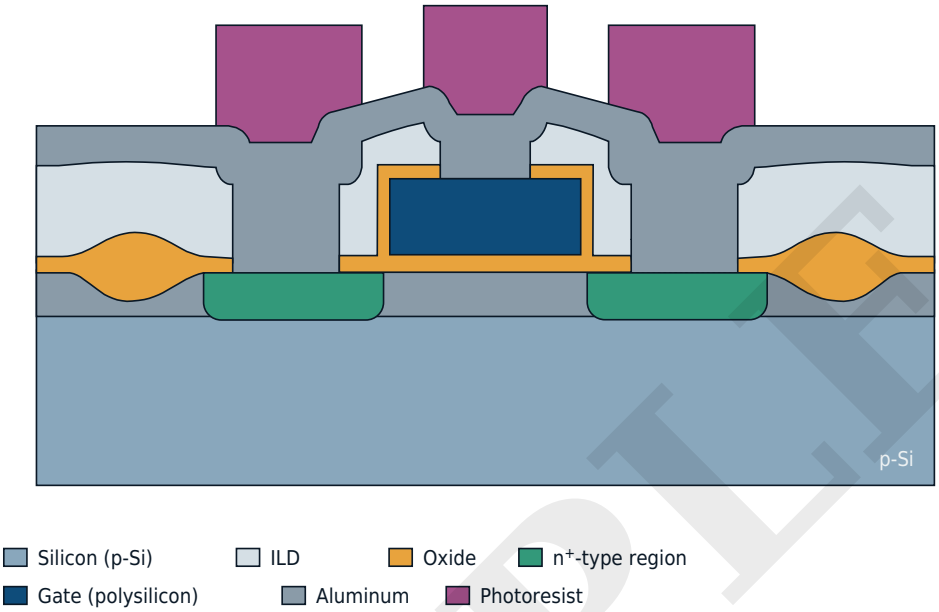
19. Photolithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

SAMPLE

Photoresist as an Etch Mask

Resist patterning for the aluminum patterning



The resist defines where the aluminum will remain as an interconnect and where it will be removed in the next step.

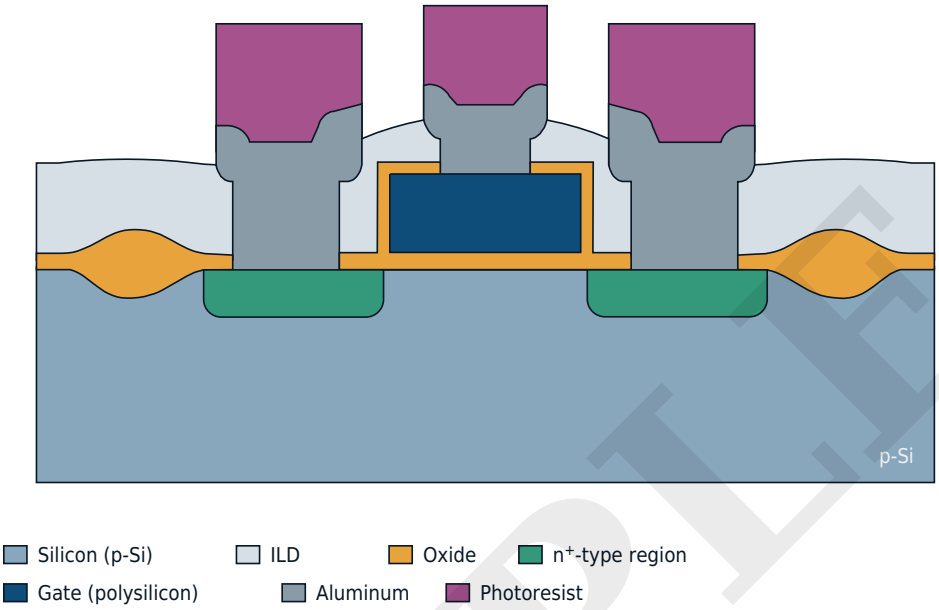
20. Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

Etching the Aluminum

Anisotropic dry etching patterns the three terminals



The aluminum patterning separates the three terminals for source, gate, and drain from each other. In the last step, the resist is removed.

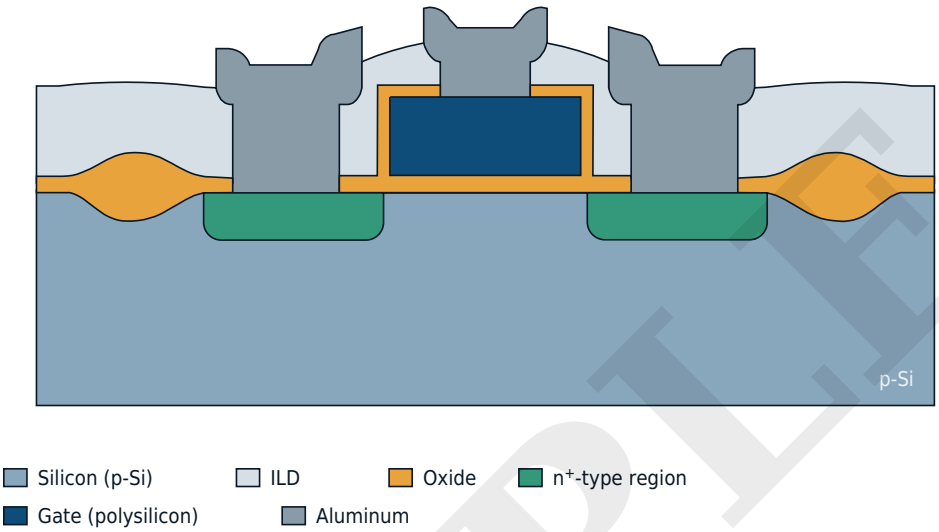
21. Resist Removal

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

SAMPLE

Finished n-Channel Transistor

Cross-section after the last step: the resist is removed, the three contacts are exposed



The aluminum patterning separates the three terminals for source, gate, and drain from each other. In the last step, the resist is removed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

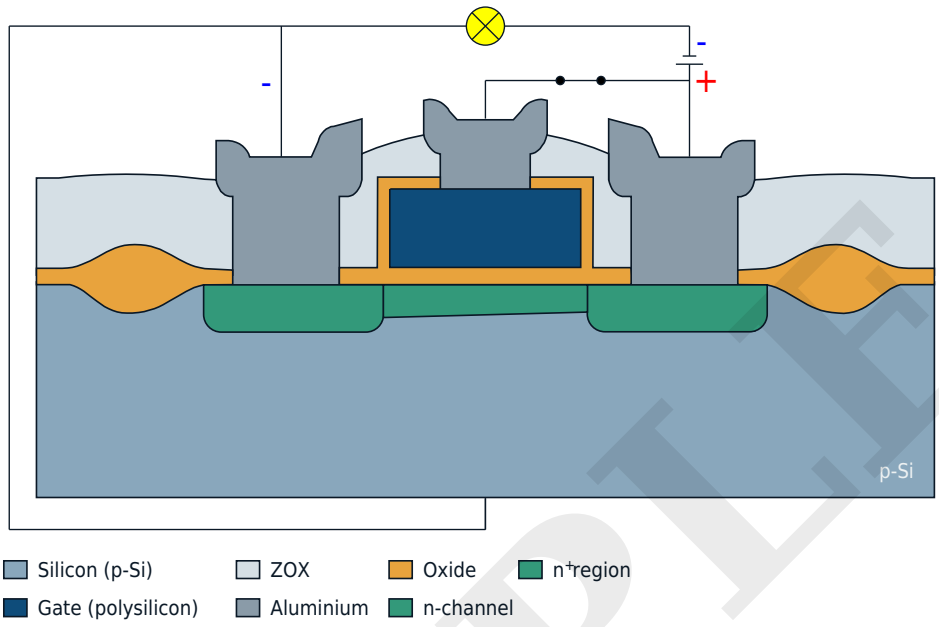
22. Operation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

SAMPLE

Finished n-channel transistor

Transistor with applied voltage



With a positive gate voltage, electrons are drawn from the substrate towards the gate electrode. A conducting channel forms between source and drain.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Construction of a FinFET

Construction of a FinFET in a bulk process

1. Substrate

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

Substrate

Silicon substrate, p-doped with boron



Silicon (p-Si)

The basis for the entire fabrication process is a lightly p-doped silicon substrate as the wafer.

2. Hard Mask

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

SAMPLE

Hard Mask

Oxide/nitride stack as an etch mask for fin patterning



Silicon (p-Si) Hard mask (oxide/nitride)

A hard mask of oxide and nitride is deposited – it will later transfer the lithographic pattern into the silicon with little loss.

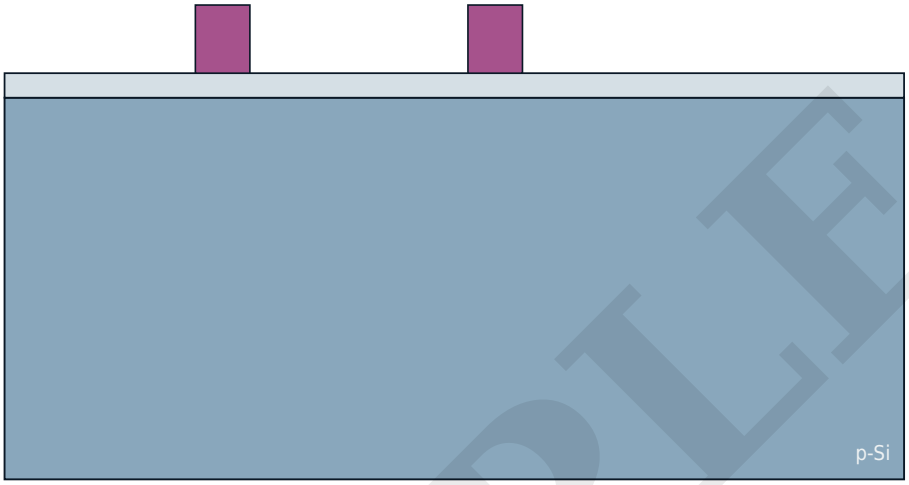
3. Fin Lithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

SAMPLE

Fin Lithography

Resist patterning sets the position and width of the fins



Silicon (p-Si) Hard mask Photoresist

The narrow resist strips define the later fin width – typically only a few tens of nanometers.

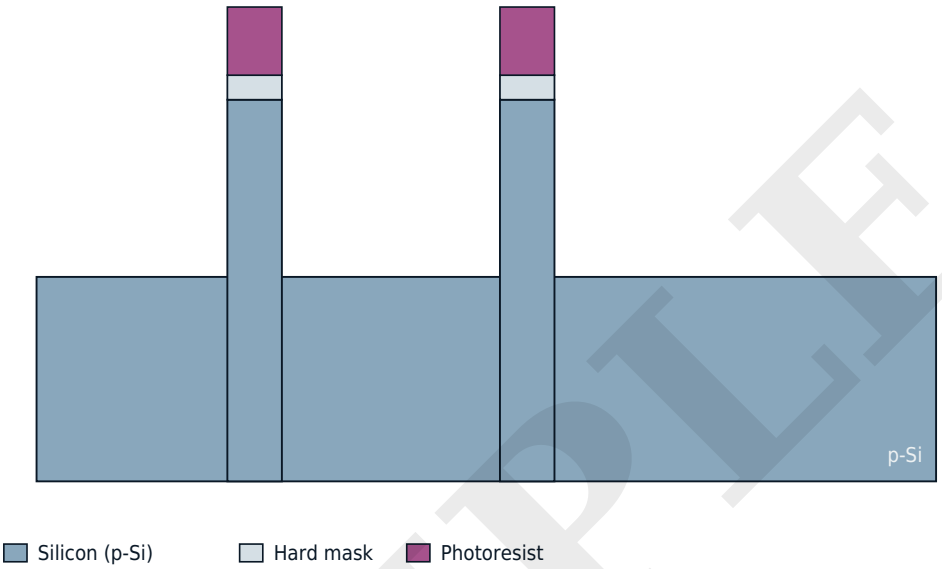
4. Fin Etch

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

SAMPLE

Fin Etch

Anisotropic etching transfers the pattern into the hard mask and silicon



Reactive ion etching removes silicon between the fins – the etch depth later determines how far the fins protrude from the STI.

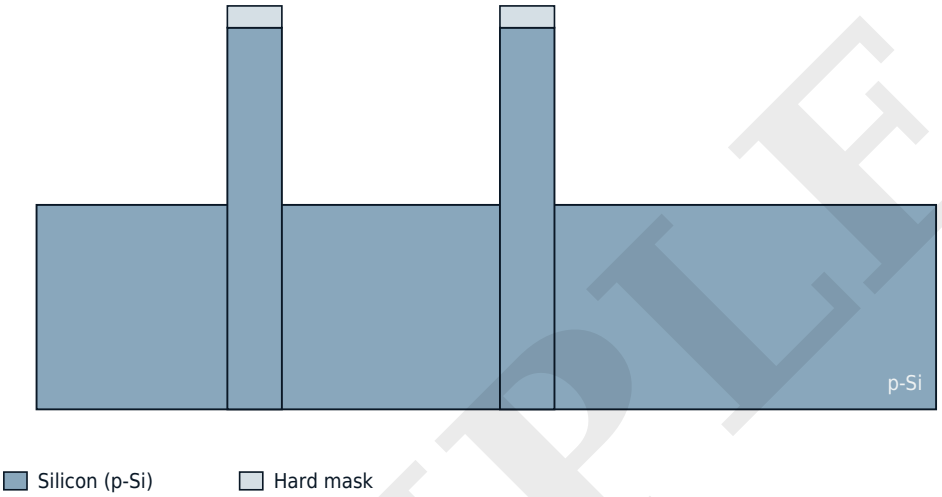
5. Removing the Hard Mask

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

SAMPLE

Removing the Resist

Only the resist is removed – the hard mask remains as a cap on the fins



Only the photoresist is removed. The hard mask deliberately remains on the fins – it serves as a polish stop layer in the following STI process and is removed again only after planarization (step 8).

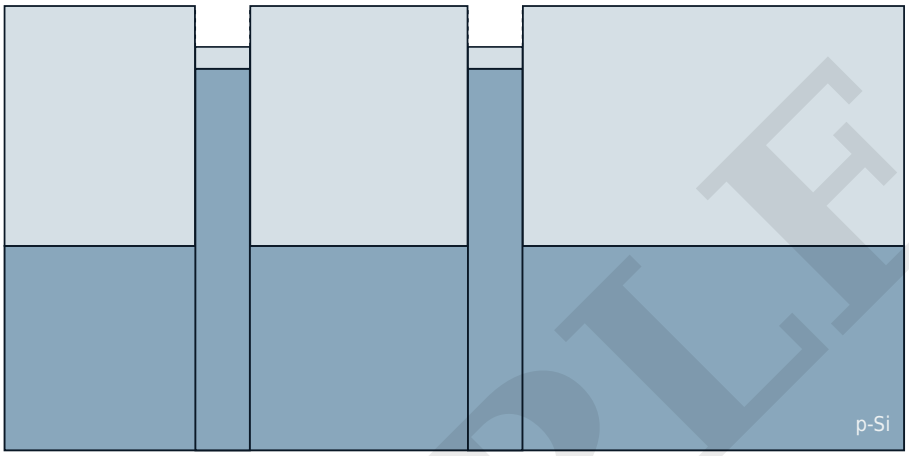
6. STI Oxide

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

SAMPLE

STI Oxide

Oxide deposition fills the trenches between the fins



Silicon (p-Si) STI oxide / hard mask

The isolation oxide (Shallow Trench Isolation, STI) is deposited over the whole wafer, overfilling the trenches and the hard mask caps.

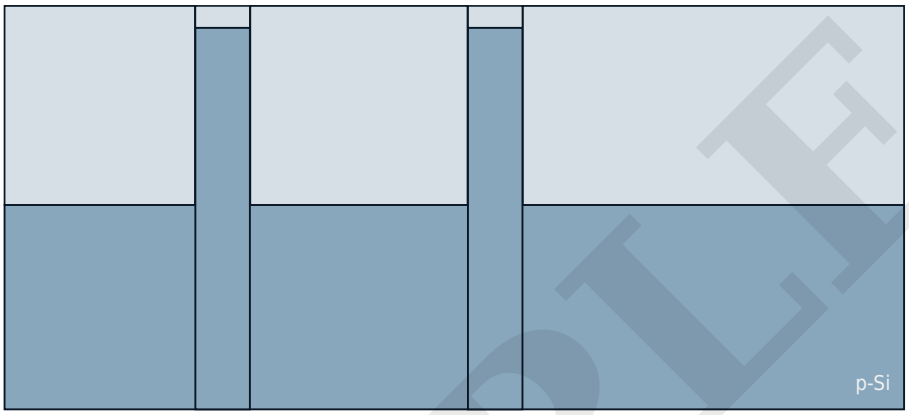
7. STI Planarization

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

STI Planarization

CMP polishes the oxide back – the hard mask stops the removal



Silicon (p-Si) STI oxide / hard mask

Chemical mechanical polishing removes the excess oxide. The hard mask is considerably harder than the oxide and reliably stops the removal at the same height – without it, the fins themselves would be polished away.

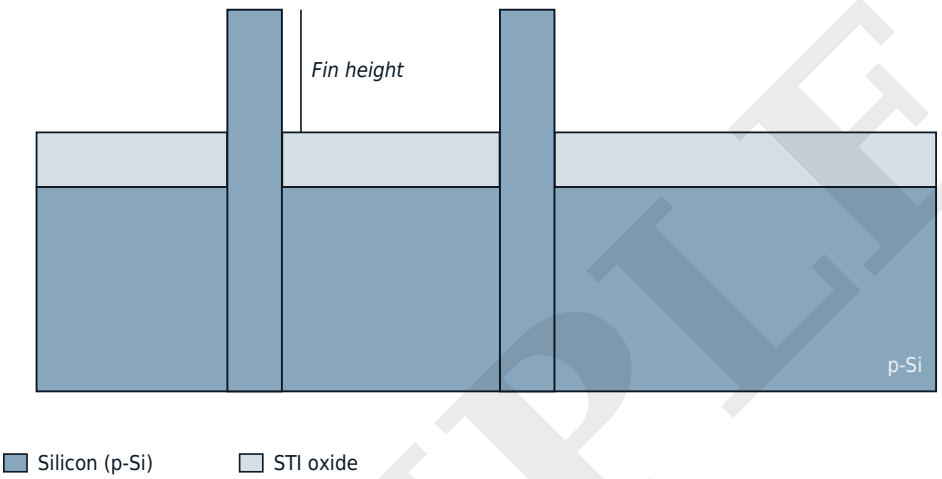
8. STI Recess

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

SAMPLE

STI Recess

Hard mask and oxide are etched back – the fin flanks are exposed



First, the hard mask is selectively removed, then the STI oxide is etched back until the fins protrude at the desired height. This silicon flank forms the channel – the gate will wrap around it on three sides.

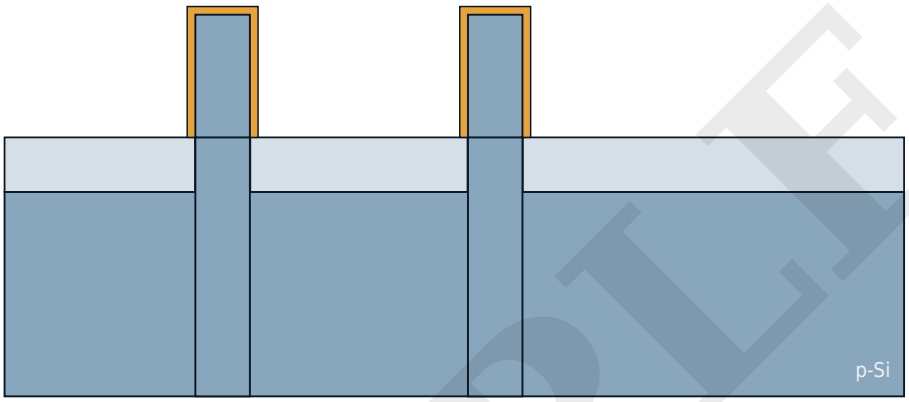
9. Gate Dielectric

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

SAMPLE

Gate Dielectric

A high-k layer grows conformally on the exposed fin flank



Silicon (p-Si) STI oxide Gate dielectric

A thin high-k layer (e.g. hafnium oxide) wraps around the exposed fin flank on three sides – the later channel surface.

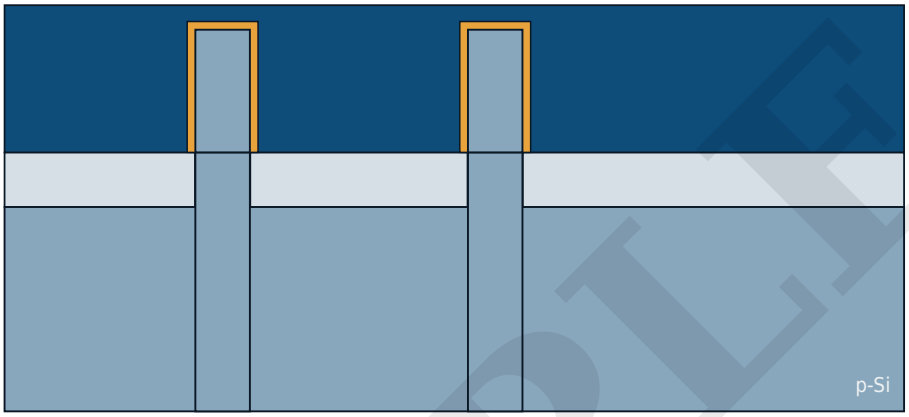
10. Dummy Gate

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

SAMPLE

Dummy Gate (Polysilicon)

Polysilicon is deposited over the whole wafer as a placeholder gate



Silicon (p-Si) STI oxide Gate dielectric

Dummy gate (polysilicon)

In the gate-last process, polysilicon initially serves only as a placeholder – it will be removed again after source/drain formation.

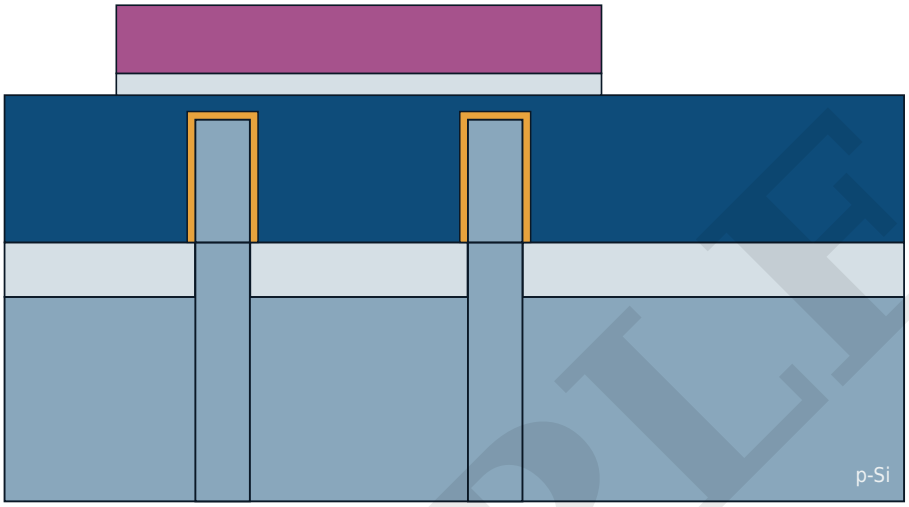
11. Gate Lithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

SAMPLE

Gate Lithography

Resist and hard mask define the gate length



Silicon (p-Si) STI oxide / hard mask Gate dielectric

Dummy gate Photoresist

The resist strip running across the fins defines the later gate length – perpendicular to the cross-section shown here.

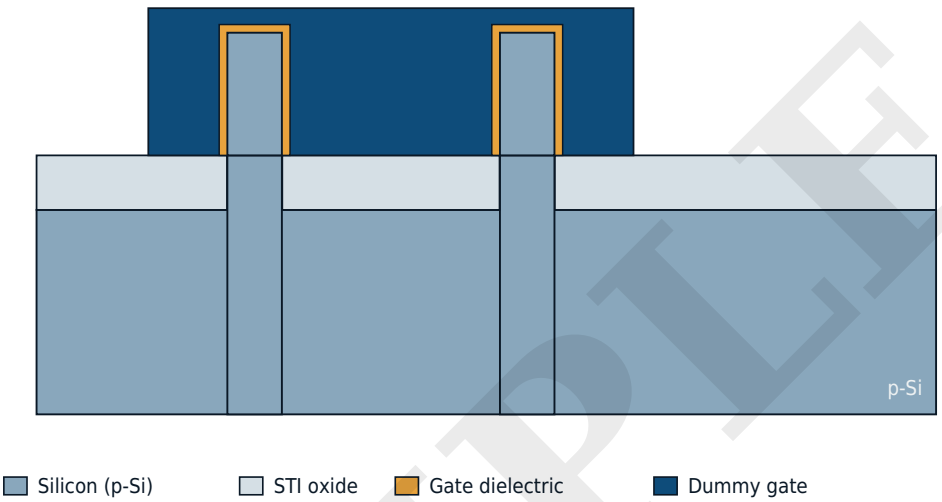
12. Dummy Gate Etch

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

SAMPLE

Dummy Gate Etch

Reactive ion etching forms the gate stack



Excess polysilicon is removed – what remains is the dummy gate stack, which wraps around the fins on three sides.

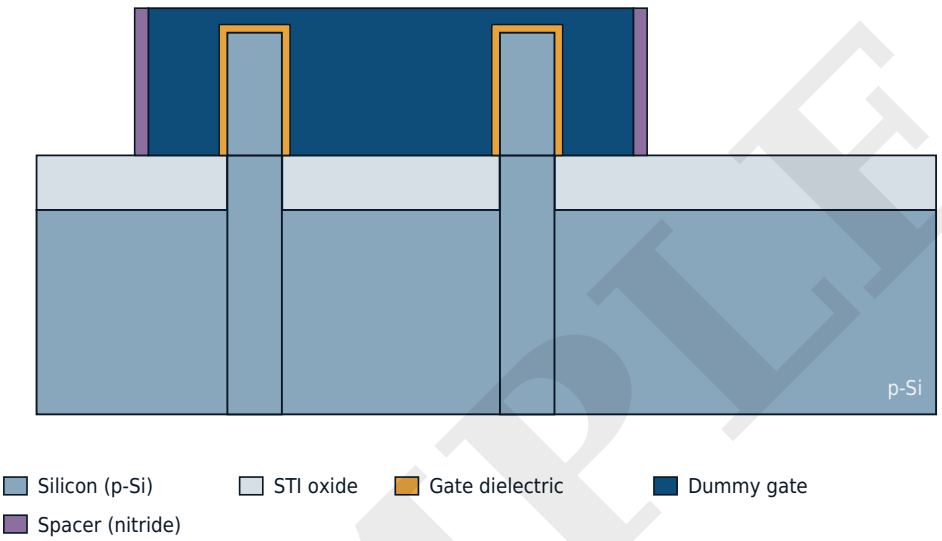
13. Spacer

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

SAMPLE

Spacer

Nitride deposition and etch-back form the sidewall spacer at the gate



The nitride spacer protects the gate flanks and later sets the distance between the gate and the source/drain contacts.

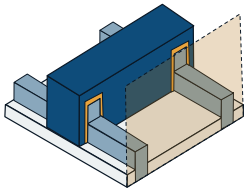
14. Source/Drain Recess

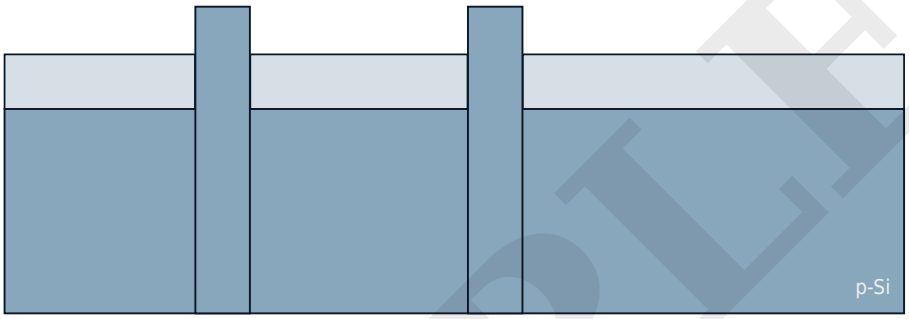
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

SAMPLE

Source/Drain Recess

The fin is recessed outside the gate – cross-section in the S/D region





Silicon (p-Si) STI oxide

Outside the gate – in the cross-section through the later source/drain region – the fin is deliberately recessed to make room for the subsequent epitaxy.

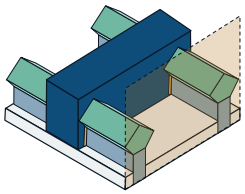
15. Source/Drain Epitaxy

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

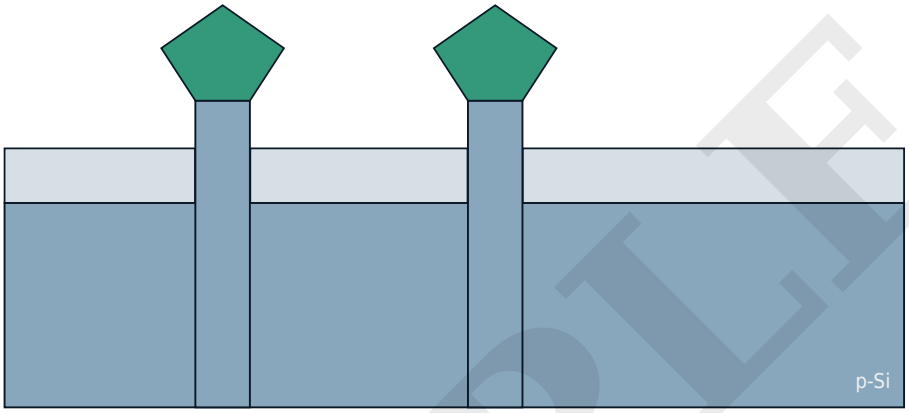
SAMPLE

Source/Drain Epitaxy

Raised source/drain grows selectively on the recessed fin



Cut: source/drain



Silicon (p-Si) STI oxide Epitaxial Si (n/p-doped)

Selective epitaxy grows doped silicon (for nFET typically Si:P) in a diamond shape on the fin stub – the characteristic 'raised source/drain' geometry also increases the channel cross-section.

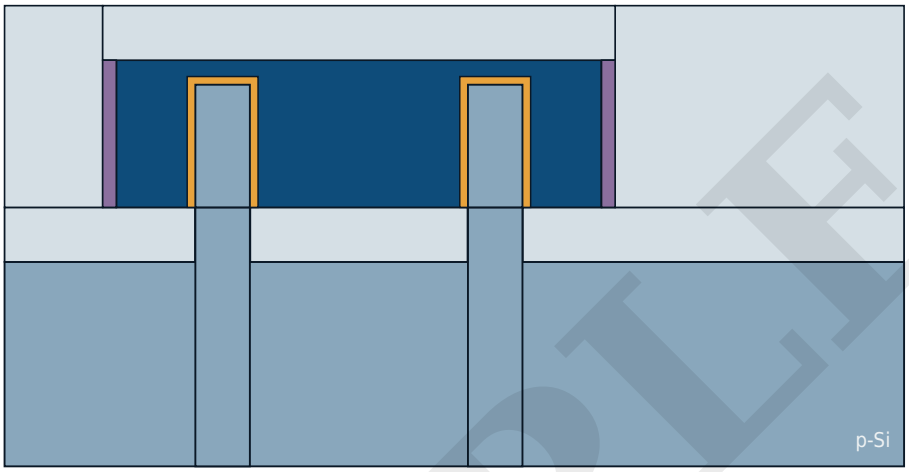
16. Interlayer Dielectric

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

SAMPLE

Interlayer Dielectric (ILD)

Oxide deposition insulates the gate stack – cross-section through the gate



Silicon (p-Si) STI oxide / interlayer dielectric Gate dielectric
Dummy gate Spacer

The interlayer dielectric (ILD) is deposited over the whole wafer and initially covers the dummy gate stack completely as well.

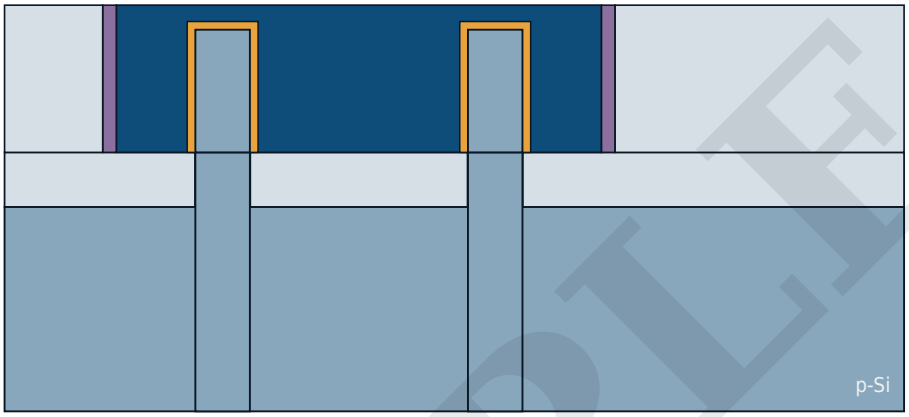
17. CMP

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

SAMPLE

CMP

Planarization exposes the top of the dummy gate



Silicon (p-Si) STI oxide / interlayer dielectric Gate dielectric

Dummy gate Spacer

Chemical mechanical polishing removes the excess interlayer dielectric until the top of the dummy gate is exposed.

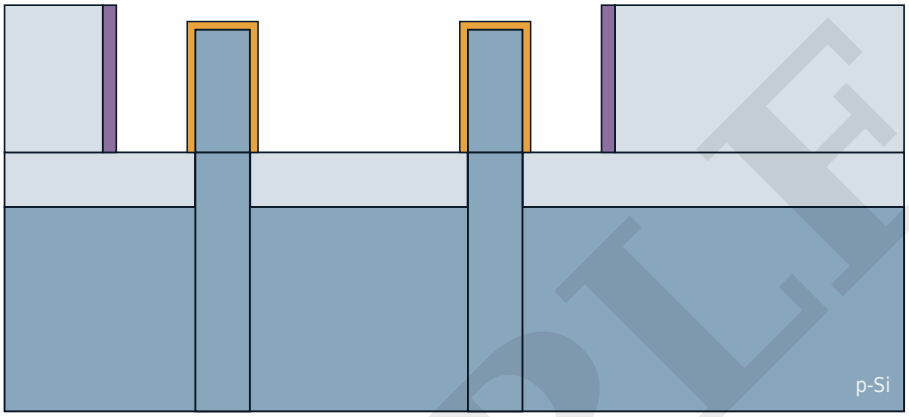
18. Removing the Dummy Gate

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

SAMPLE

Removing the Dummy Gate

Selective etching opens the gate trench



Silicon (p-Si) STI oxide / interlayer dielectric Gate dielectric Spacer

The polysilicon is selectively etched out – the spacer forms the walls of the open gate trench, ready for the metal gate.

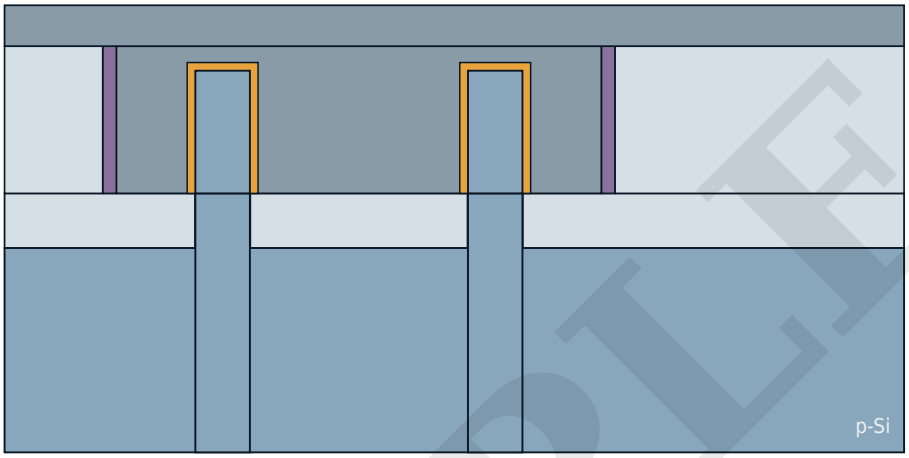
19. High-k/Metal Gate

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

SAMPLE

High-k/Metal Gate

The final metal gate is deposited into the trench



Silicon (p-Si) STI oxide / interlayer dielectric Gate dielectric

Metal gate Spacer

Work-function metal and fill metal are deposited conformally and fill not only the trench but initially overfill the whole surface as well – the following CMP step removes the excess.

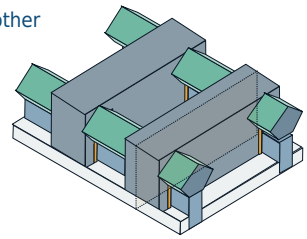
20. Gate CMP

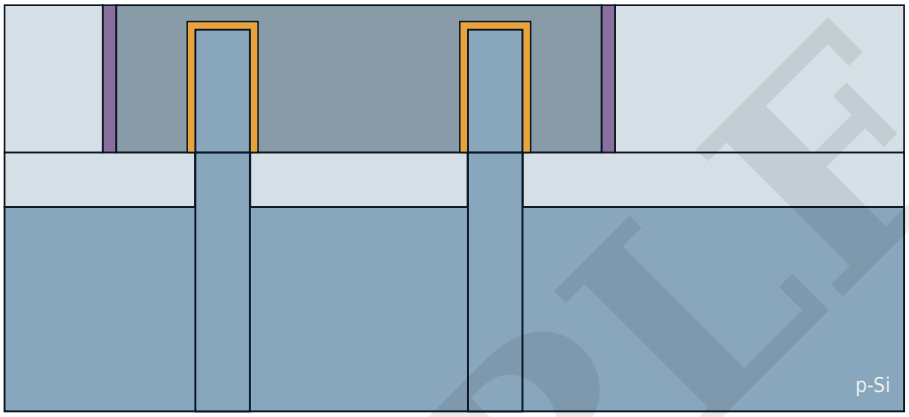
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

SAMPLE

Gate CMP

Excess metal is polished back – the gates are isolated from each other





Silicon (p-Si) STI oxide / interlayer dielectric Gate dielectric

Metal gate Spacer

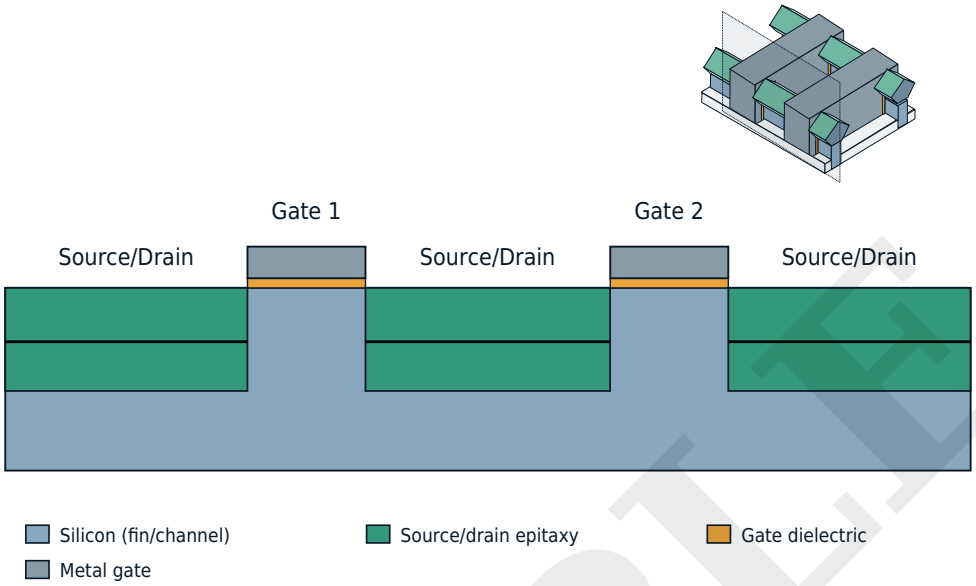
A final polishing step removes excess gate metal and electrically separates neighboring gates.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

SAMPLE

FinFET in longitudinal section

Cross-section along a fin – two gates with source/drain regions in between



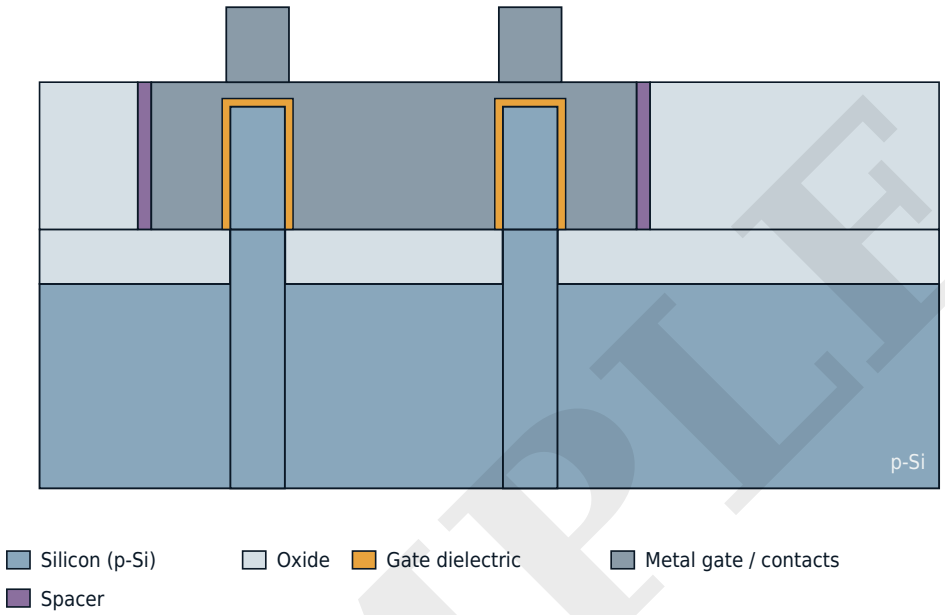
21. Contacts

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

SAMPLE

Contacts

Finished FinFET structure



Contact holes are etched down to gate, source, and drain and filled with metal – the FinFET is ready for electrical connection. (The source/drain contacts lie outside this cross-sectional plane.)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

General structure and mode of operation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Context

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sitLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

From FinFET to nanosheet

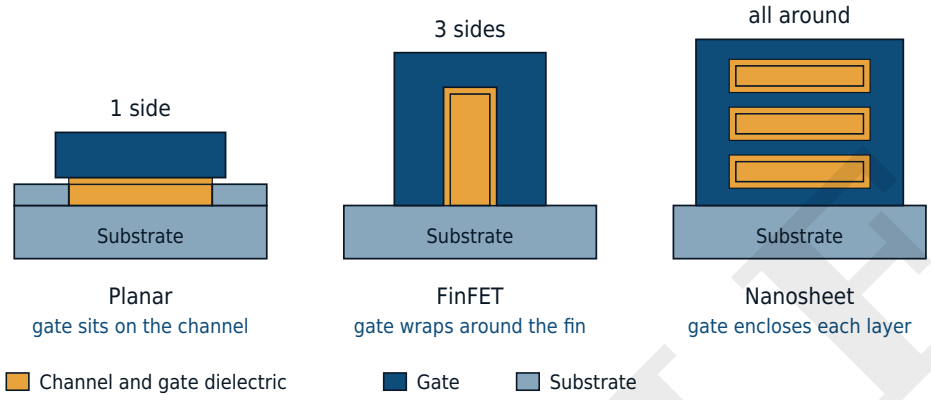
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Gate enclosure compared

SAMPLE

How Far the Gate Wraps Around the Channel

Cross-section across the channel; current flows into the page



Why the fin reached its limit

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Laying the fin down

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

SAMPLE

How the layers are formed

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia Lorem ipsum dolorLorem.

What comes next

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

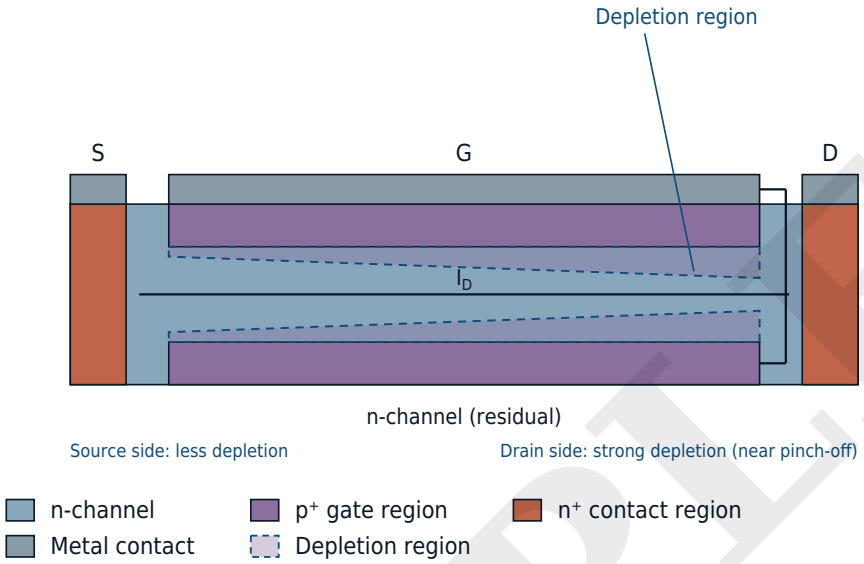
The Junction FET (JFET)

Structure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

SAMPLE

Structure and Depletion Region of an n-Channel JFET
Planar layout with two p⁺ gate regions



When a reverse bias V_{GS} is applied, the depletion region grows from the p⁺ regions into the channel and pinches it off. Because V_{DS} produces a voltage drop along the channel, the narrowing is more pronounced at the drain end than at the source end (wedge-shaped depletion region).

Operation: Depletion Region and Pinch-off

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Output Characteristics

Lorem ipsum dolor sit$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem. $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor Lorem $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit Lorem$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem ipsum}}$Lorem $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$

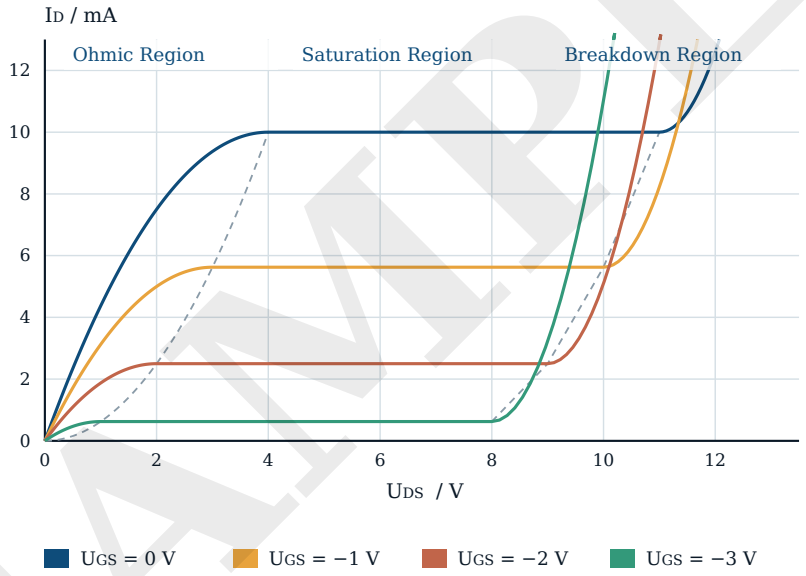
SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate

Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem

Lorem Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolorLorem Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum Lorem ipsum Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Output Characteristics of the n-Channel JFET
Drain current as a function of drain-source voltage



Small-Signal Behavior

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Properties and Applications

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

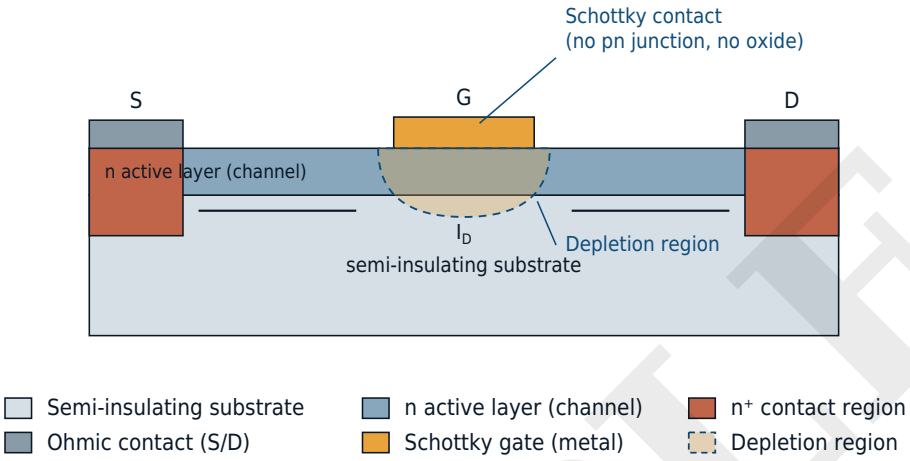
The Metal-Semiconductor FET (MESFET)

Structure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

SAMPLE

Structure of a MESFET (Metal-Semiconductor FET)
Schottky gate on a semi-insulating GaAs substrate



The gate metal forms a Schottky contact directly with the n-channel. Even without an applied voltage, a depletion region forms beneath it; a negative gate voltage widens it and pinches off the channel — similar to the JFET, but without a pn junction or gate oxide.

Operation: Schottky Barrier and Depletion Region

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Operating Modes: D-MESFET and E-MESFET

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

SAMPLE

eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Material System, Advantages and Drawbacks

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Applications and Outlook

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Bipolar transistors

Fundamentals

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Fabrication of an NPN Bipolar Transistor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

SAMPLE

1. Substrate

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Starting Material

Lightly p-doped silicon wafer as substrate



Silicon (p-Si) Oxide

The starting point is a lightly p-doped silicon wafer, on whose surface a thin oxide layer grows as a protective and masking layer.

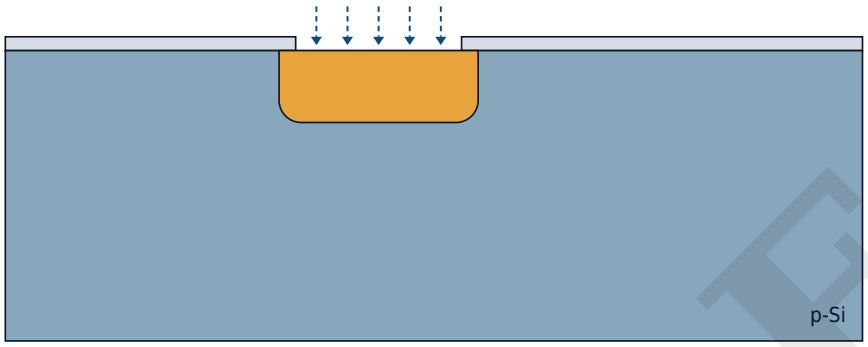
2. Buried Layer Implantation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

SAMPLE

Opening a window and implanting

Lithography defines the window for the buried layer



Silicon (p-Si) Oxide n^+-doped

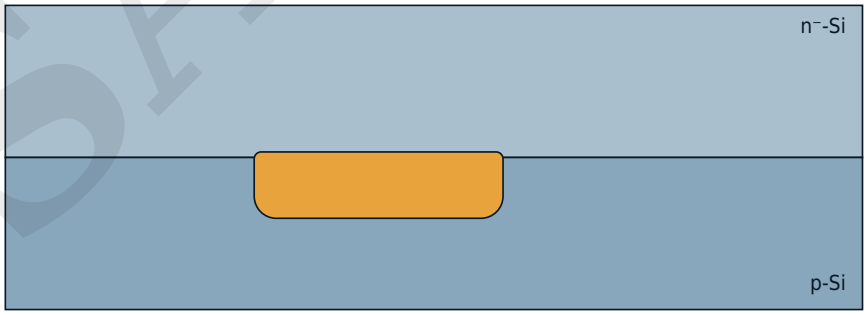
In the exposed area, ion implantation creates a heavily n-doped region. This buried layer later lies beneath the finished transistor.

3. Homoepitaxy

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Epitaxy

A new, lightly n-doped silicon layer grows



Silicon (p-Si) n^--Si (epitaxial layer) n^+-doped

The new epitaxial layer forms the later active region of the transistor. The buried n^+ layer remains at the interface with the substrate.

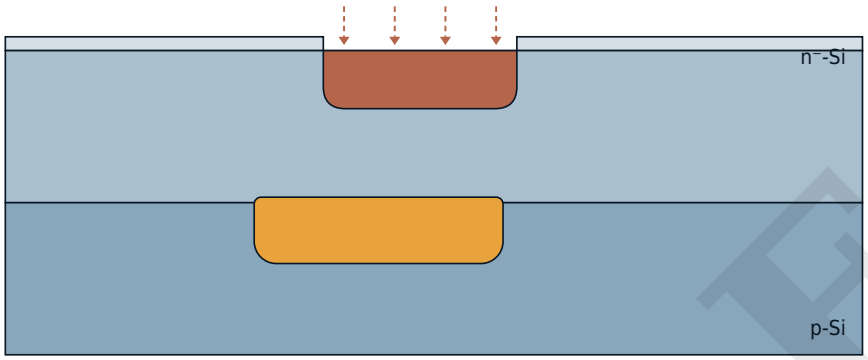
4. Base Implantation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

SAMPLE

Base Implantation

A new window defines the position of the base



Silicon (p-Si) n⁻-Si (epitaxial layer) Oxide n⁺-doped p-doped

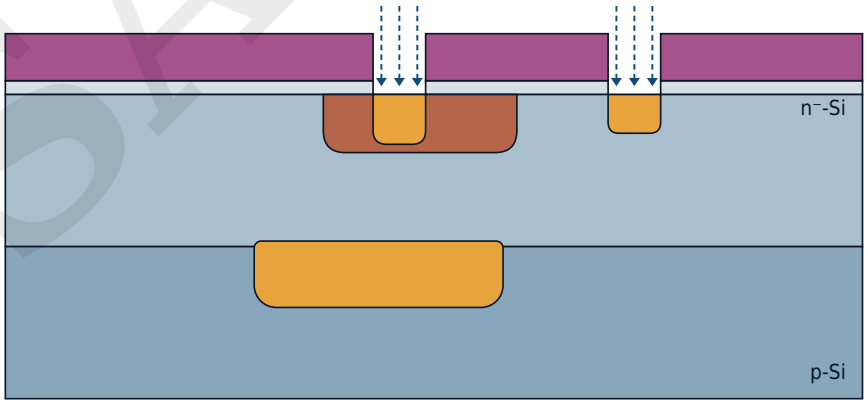
Through the new window, the base is implanted: a lightly p-doped region directly above the buried n⁺ layer.

5. Emitter and Collector Implantation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing[Lorem] Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Emitter and Collector Implantation

A resist mask defines two new windows



Silicon (p-Si) n⁻-Si (epitaxial layer) Oxide Photoresist n⁺-doped p-doped

Through the resist mask, two n⁺ regions are created: the emitter within the base, and a low-resistance collector terminal beside it.

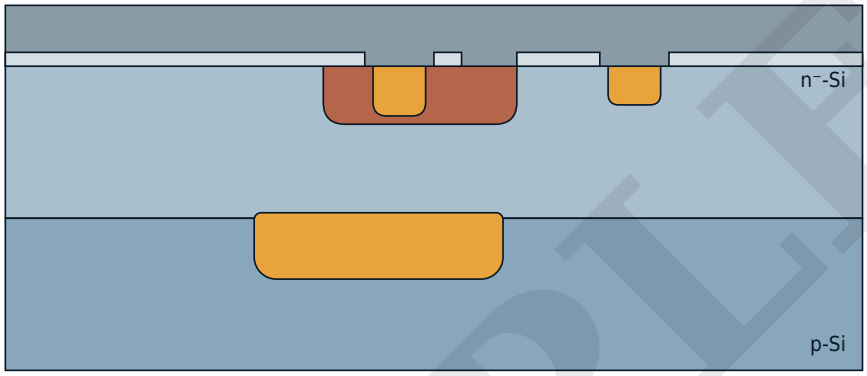
SAMPLE

6. Metallization and Photolithography

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Contact Holes and Aluminium

After removing the resist, aluminium is deposited



Silicon (p-Si) n⁻-Si (epitaxial layer) Oxide n⁺-doped
p-doped Aluminium

The resist is removed, the oxide is opened down to the silicon at three points and a continuous aluminium layer is then deposited.

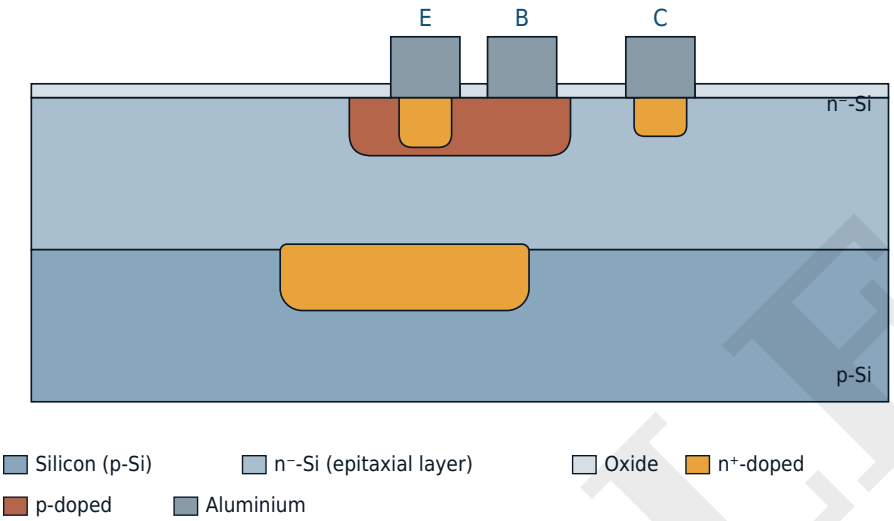
7. Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

Aluminium Patterning

Etching separates the three terminal contacts E, B, and C



The aluminium layer is patterned into three separate contacts for emitter (E), base (B), and collector (C).

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Characteristic Curves and Transistor Equations

Characteristic Curve Fields and Operating Point

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis$_{\text{Lorem}}$ Lorem

SAMPLE

ipsum dolor sit$_{Lorem}$ Lorem ipsum Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Characteristic Curves of the Bipolar Transistor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

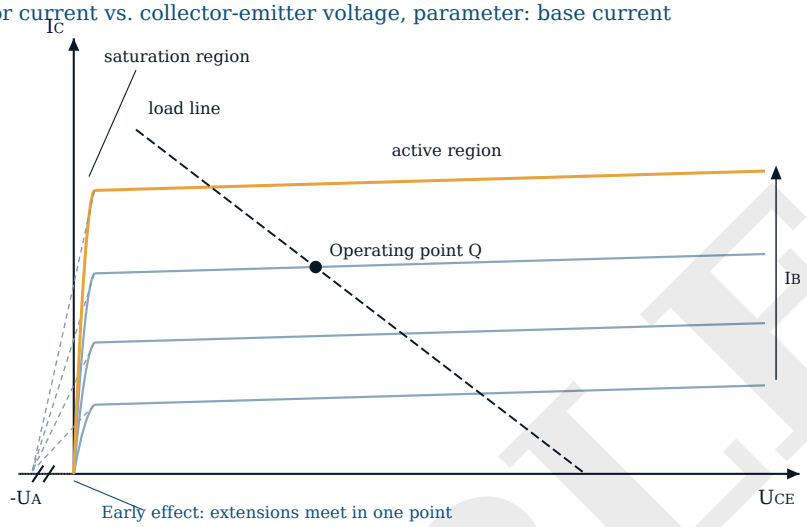
Lorem ipsum dolor sit amet$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor

SAMPLE

sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Output Characteristic Field of a Bipolar Transistor
Collector current vs. collector-emitter voltage, parameter: base current



Load line and characteristic curve intersect at the operating point;
the slight upward slope in the active region shows the Early effect.

Equations of the Bipolar Transistor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut

$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem

Lorem ipsum dolor $\text{sit}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris $\text{nisi}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing $\text{elit}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolorLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing $\text{elit}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor $\text{incididunt ut}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum $\text{dolor}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua

SAMPLE

enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Characteristic Curves of the MOSFET

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco Lorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

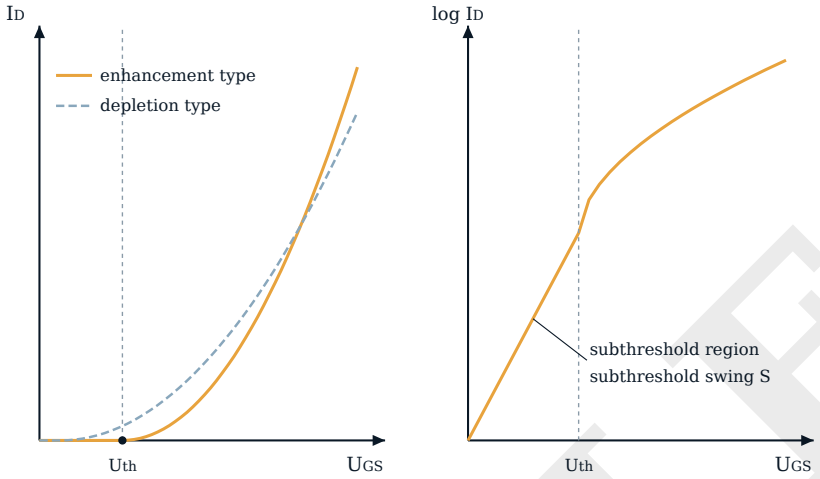
Lorem ipsum dolor sit amet$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia$_{\text{Lorem}}$Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

SAMPLE

Transfer Characteristic of the MOSFET

Drain current versus gate-source voltage, linear and logarithmic



Below threshold, drain current does not drop to zero abruptly but decays exponentially – visible only on a logarithmic scale.

Equations of the MOSFET

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem

Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem

Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit$_{Lorem}$Lorem

Lorem ipsum dolor Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

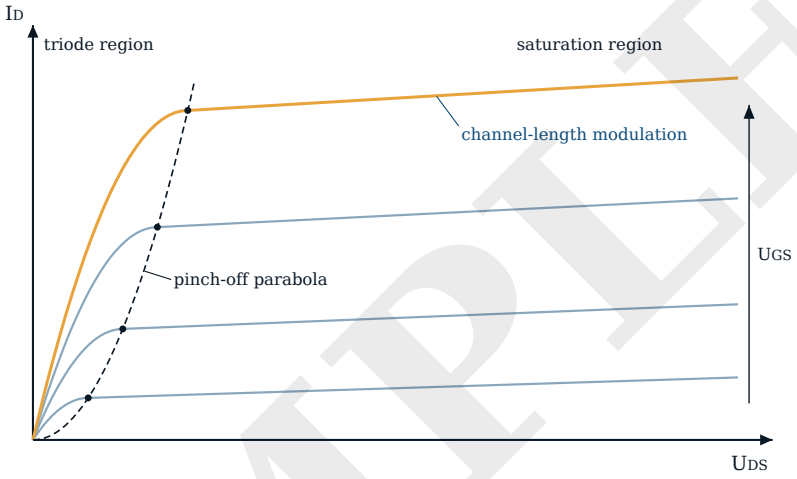
Lorem$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum$_{Lorem}$ Lorem$_{Lorem}$Lorem ipsum$_{Lorem}$Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem ipsum dolor$_{Lorem}$ Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt

SAMPLE

ut labore et dolore$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{\text{Lorem}}$Lorem.

Output Characteristic Field of the MOSFET
Drain current vs. drain-source voltage, parameter: gate-source voltage



The pinch-off parabola separates the triode and saturation regions;
the slight upward slope in saturation results from
channel-length modulation (parameter λ).

Small-Signal Parameters and Limits of the Models

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Si Power Devices (Power MOSFET, IGBT)

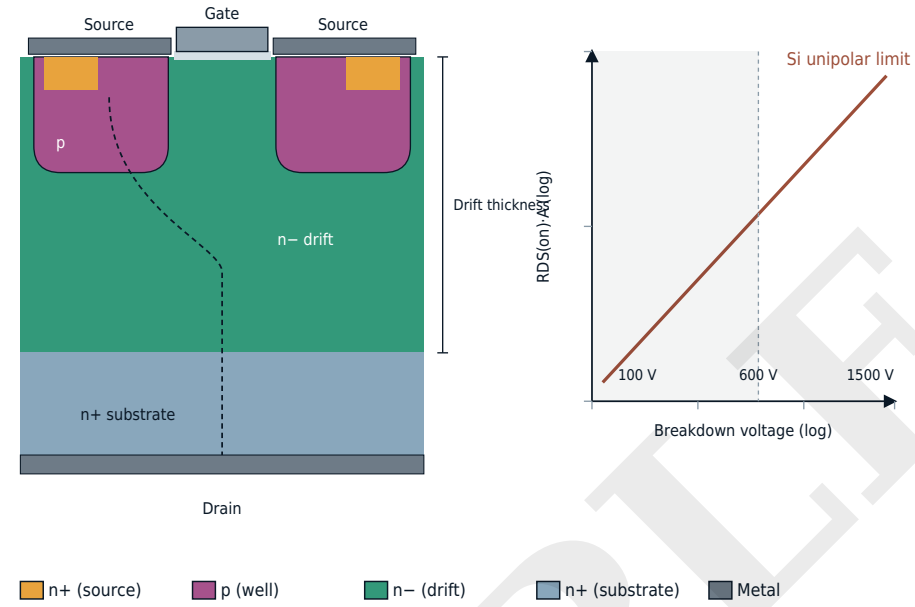
The Si Power MOSFET: Structure and the $R_{DS(on)}$ Dilemma

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem$_{\text{Lorem ipsum}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

SAMPLE

Vertical Si Power MOSFET (DMOS)

Structure and the RDS(on) breakdown-voltage tradeoff



Silicon's low critical field strength requires a thick, lightly doped drift layer – on-resistance therefore grows disproportionately with voltage.

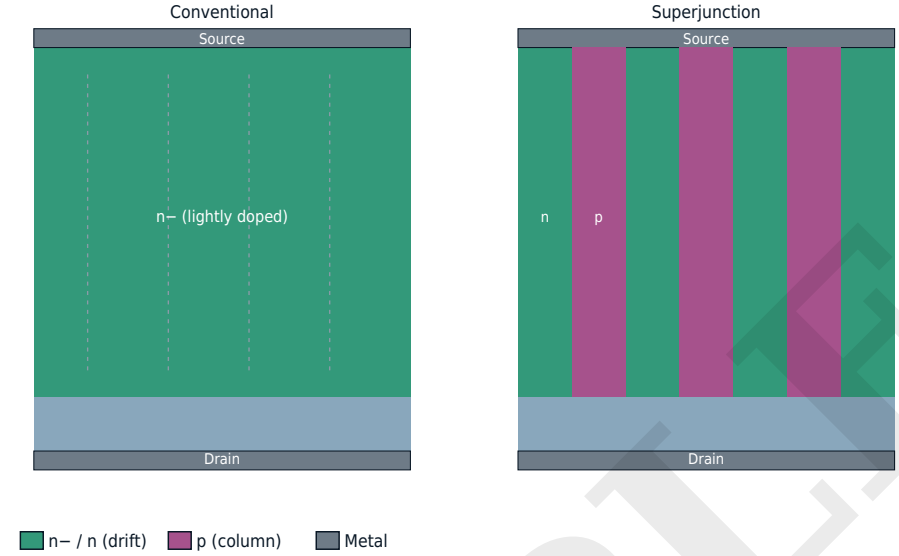
Superjunction MOSFETs: Breaking the Classic Tradeoff

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit Lorem$_{\text{Lorem ipsum}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

SAMPLE

Conventional Drift Region vs. Superjunction

Charge balancing enables higher doping at the same blocking voltage



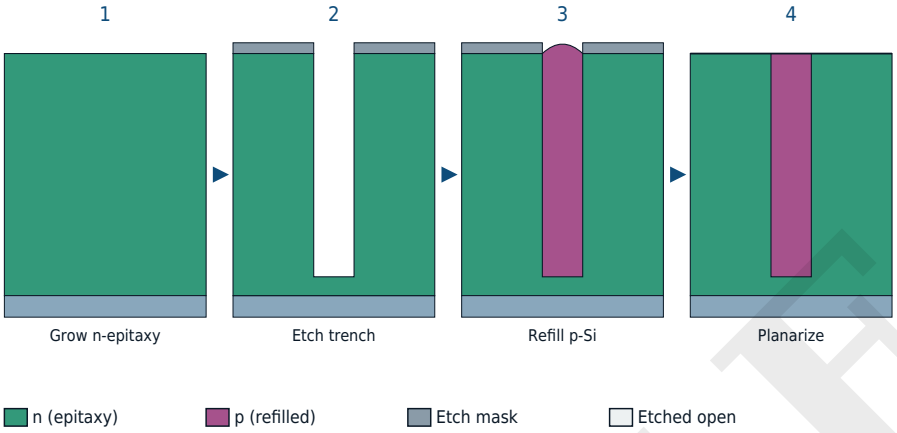
Alternating p-/n-columns mutually deplete each other laterally when blocking –
the n-columns can therefore be doped more heavily without lowering breakdown voltage.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

SAMPLE

Superjunction Fabrication: Trench-Fill Process

Deep p-columns are formed by trench etching and epitaxial refill



A deep, narrow trench is dry-etched and then epitaxially refilled with p-doped silicon – CMP planarizes the surface as the final step.

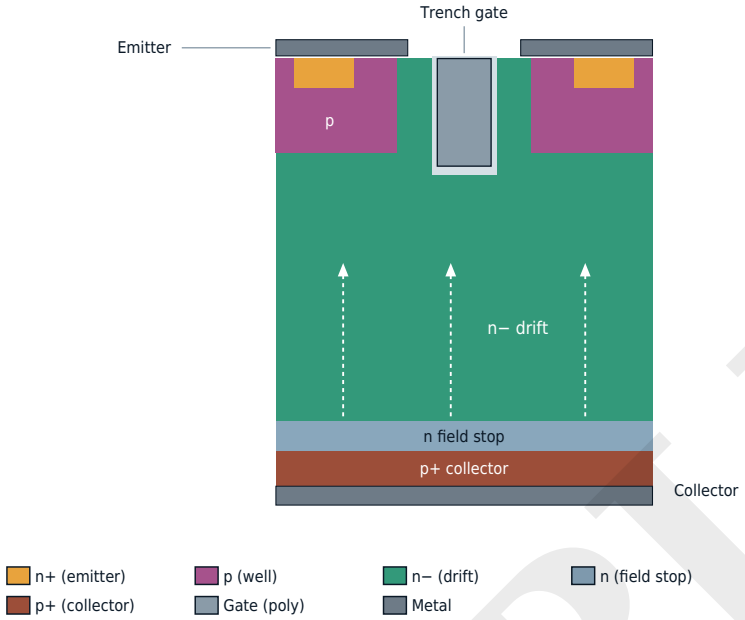
The IGBT: Bipolar Amplification for High Voltages

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

SAMPLE

Trench Field-Stop IGBT Cross-Section

A MOSFET gate controls a bipolar pnp output stage



The p+ layer injects holes into the drift region (conductivity modulation) – the field-stop layer allows a thinner drift region at the same blocking voltage.

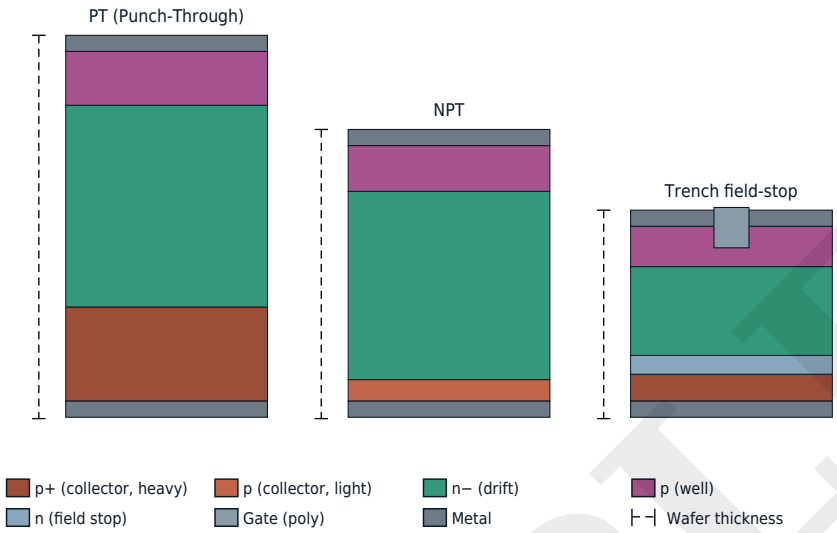
IGBT Generations: From Planar PT to Trench Field-Stop

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

SAMPLE

IGBT Generations Compared

Decreasing wafer thickness with increasing short-circuit ruggedness



From thick epitaxy on a p+ substrate (PT) through homogeneously doped NPT wafers to the thin trench field-stop IGBT – each generation cuts conduction and switching losses.

Silicon in System Comparison: Where the Established Technology Still Dominates

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

CMOS vs. Bipolar

Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

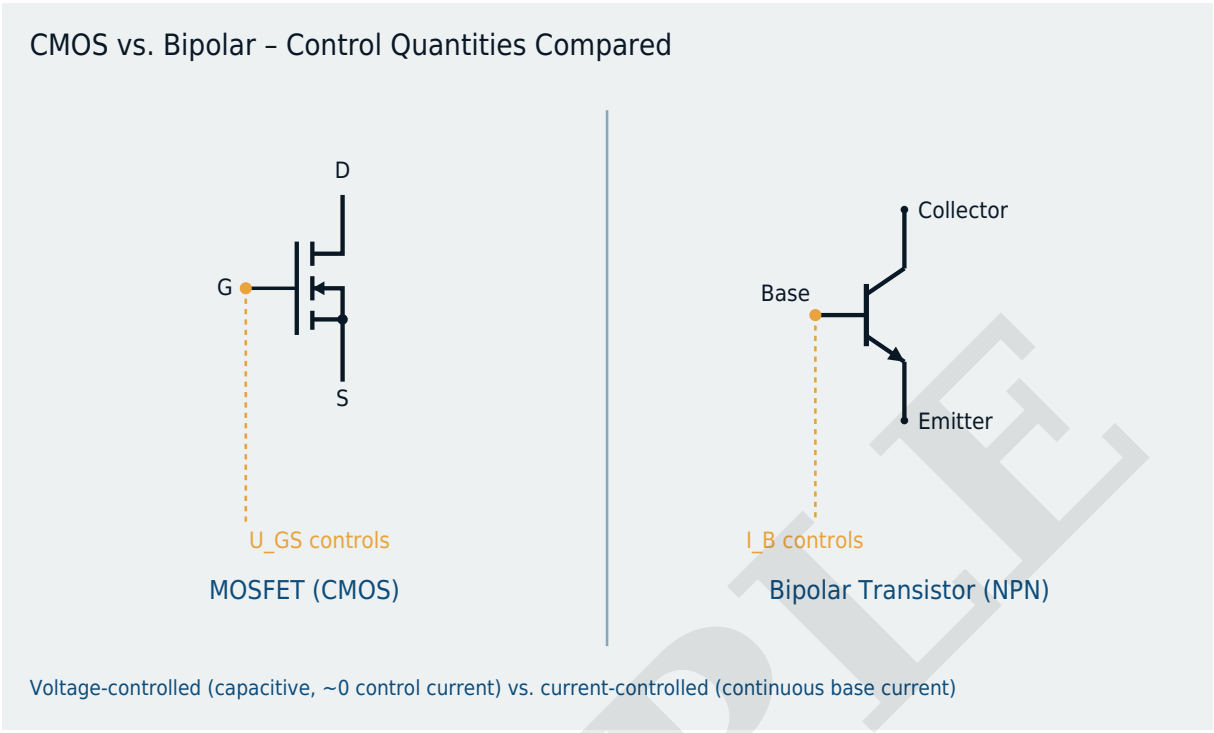
Operating Principle Compared

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

SAMPLE



Power Dissipation and Switching Behaviour

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

SAMPLE

Integration Density and Scaling

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Comparison Table

Lorem	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor	Lorem
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit

Bulk vs. SOI

SAMPLE

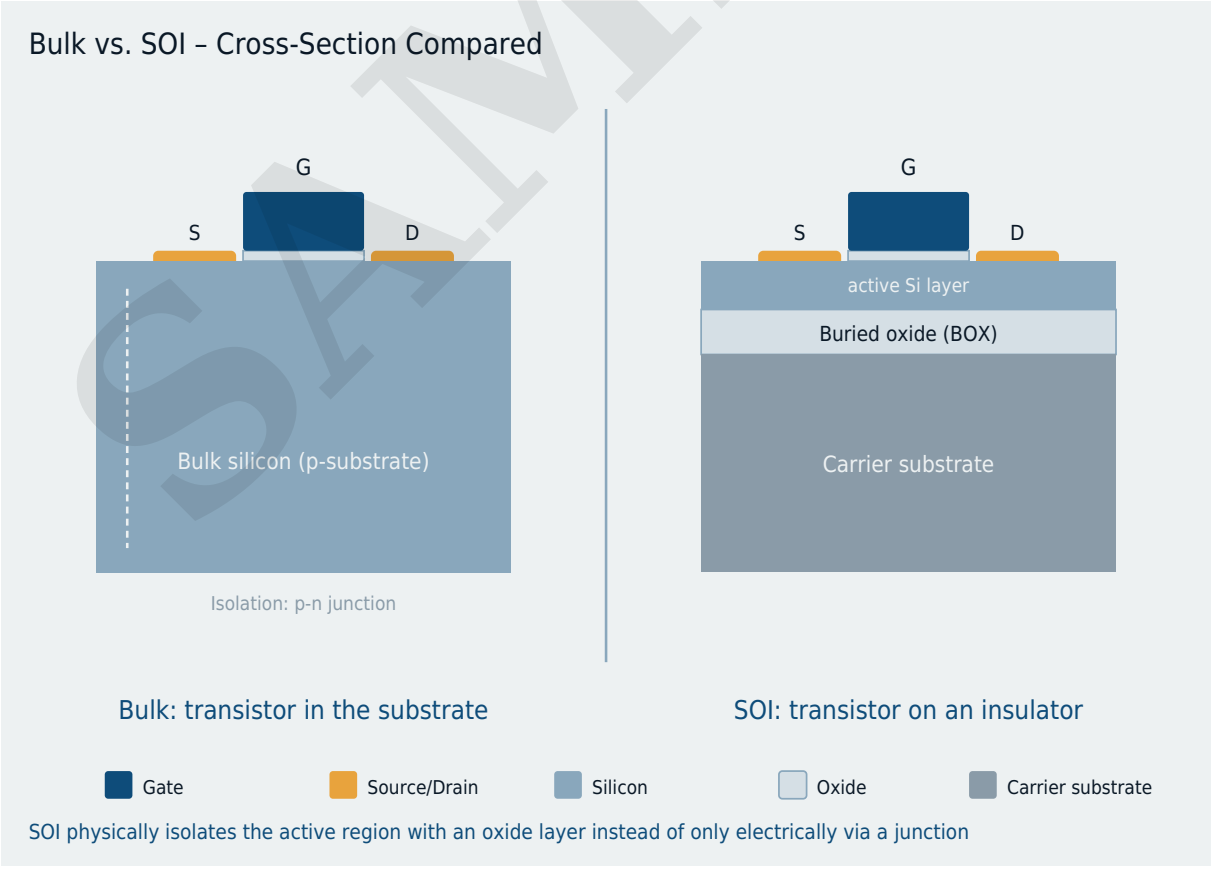
Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua *Lorem* Lorem ipsum dolor sit *Lorem ipsum dolor sit*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Structure Compared

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.



SAMPLE

Parasitic Effects and Isolation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip LoremLorem.

Fabrication and Cost

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Comparison Table

Lorem	Lorem	Lorem
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum

SAMPLE

Lorem	Lorem	Lorem
Lorem ipsum	Lorem	Lorem
Lorem	Lorem	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit

SAMPLE

Digital technology

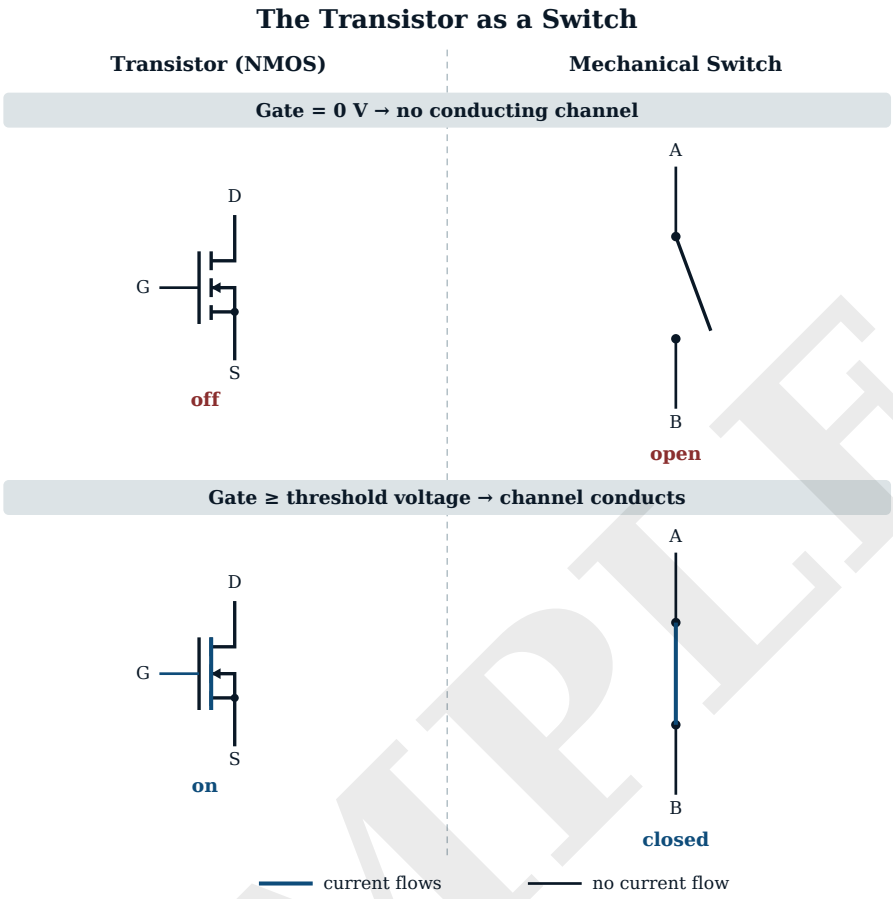
From transistor to logic gate

The Transistor as a Switch

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

SAMPLE



SAMPLE

NMOS and PMOS Compared

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

NMOS and PMOS Compared



Gate voltage	NMOS	PMOS
Low (0 V)	off	on
High (VDD)	on	off

The Inverter — the First Gate

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

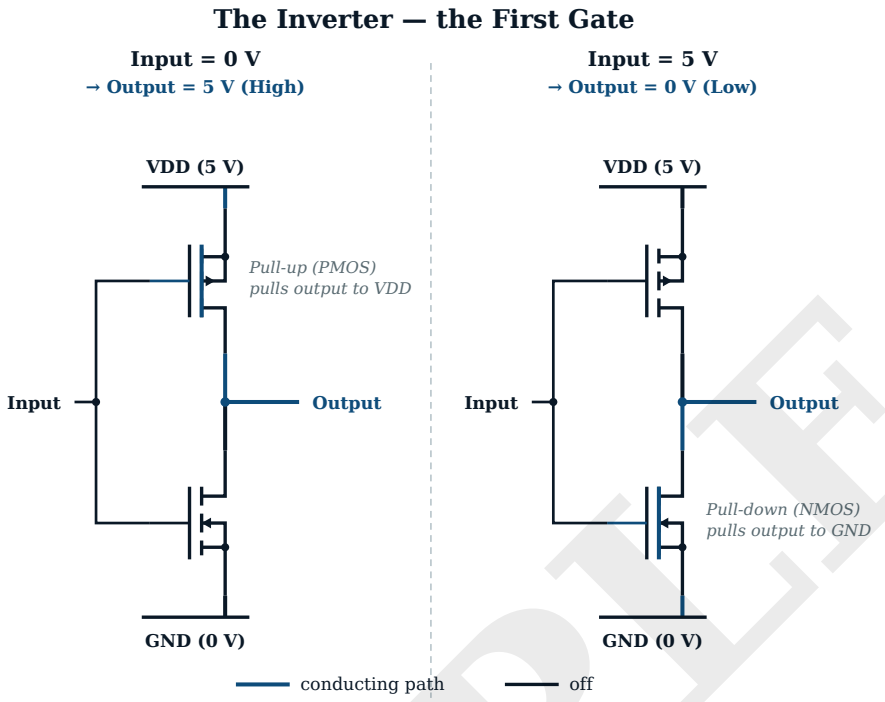
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore Lorem Lorem LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

SAMPLE



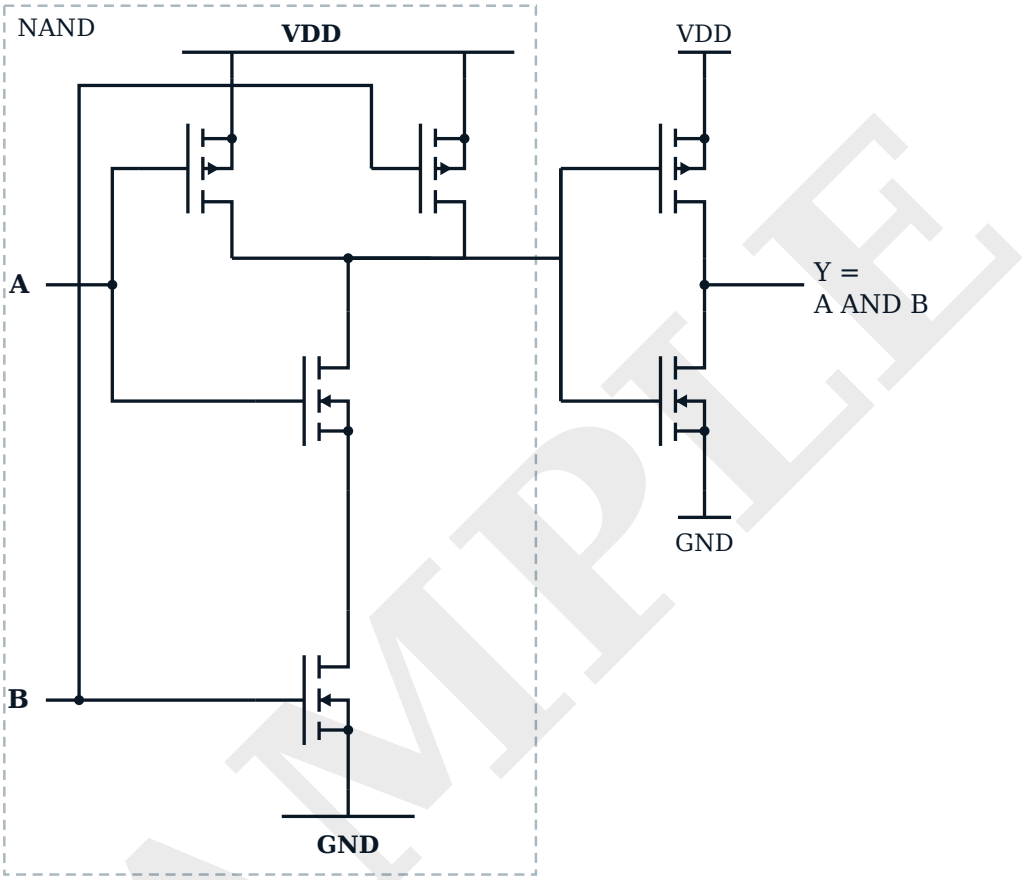
Building AND from Transistors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

SAMPLE

Building AND from Transistors
NAND network, followed by an inverter



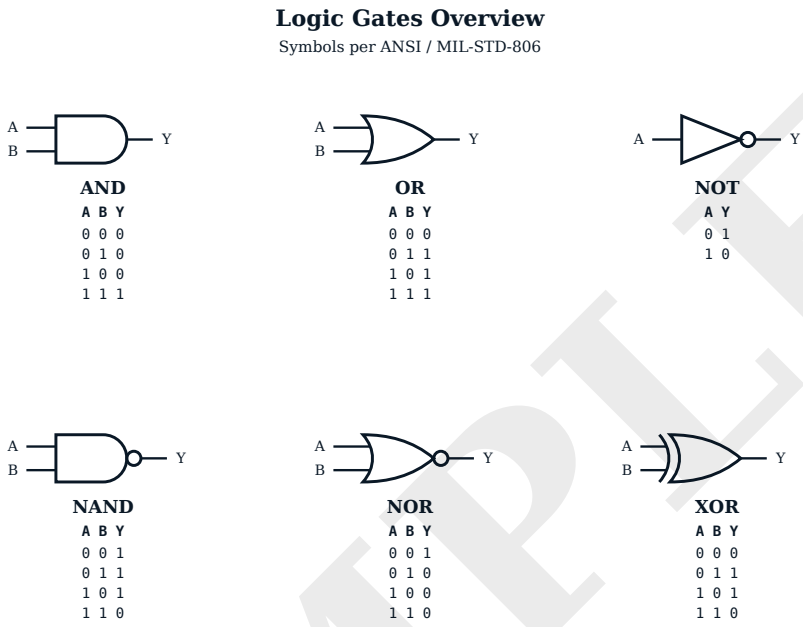
SAMPLE

Logic Gates Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip

Lorem	Lorem ipsum dolor.
Lorem	Lorem ipsum dolor sit
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
Lorem	Lorem ipsum dolor
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem	Lorem ipsum dolor sit

Lorem	Lorem ipsum dolor.
Lorem	Lorem ipsum dolor



Building OR from Transistors

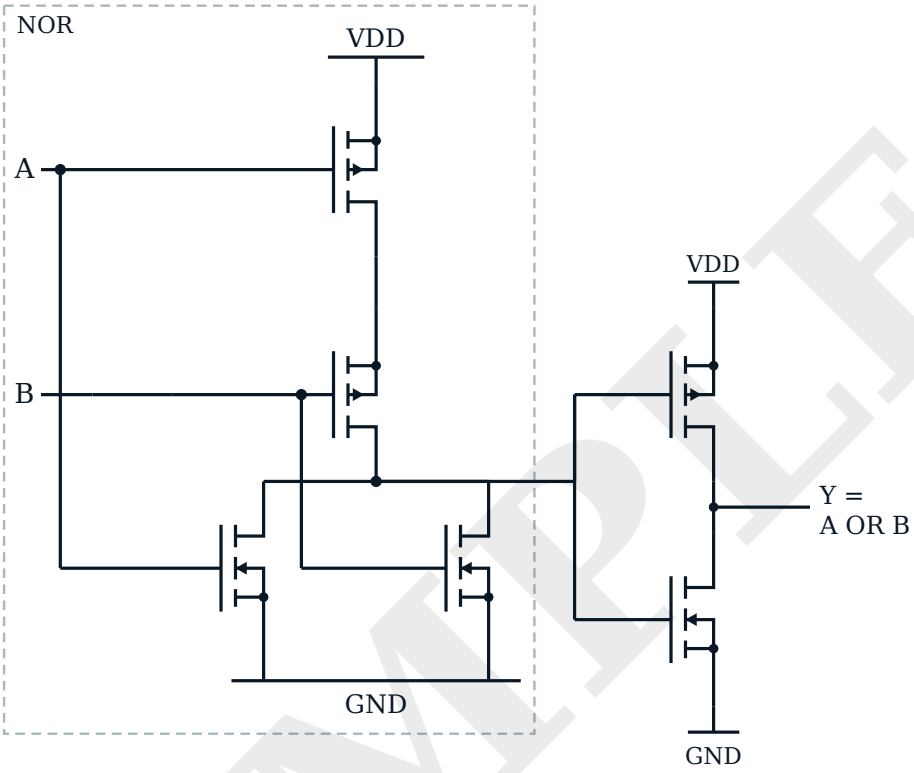
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

SAMPLE

The OR Gate

NOR network, followed by an inverter



The internal NOR is turned into a true OR gate by the inverter.

Building NAND from Transistors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip *Lorem* Lorem ipsum dolor sit *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

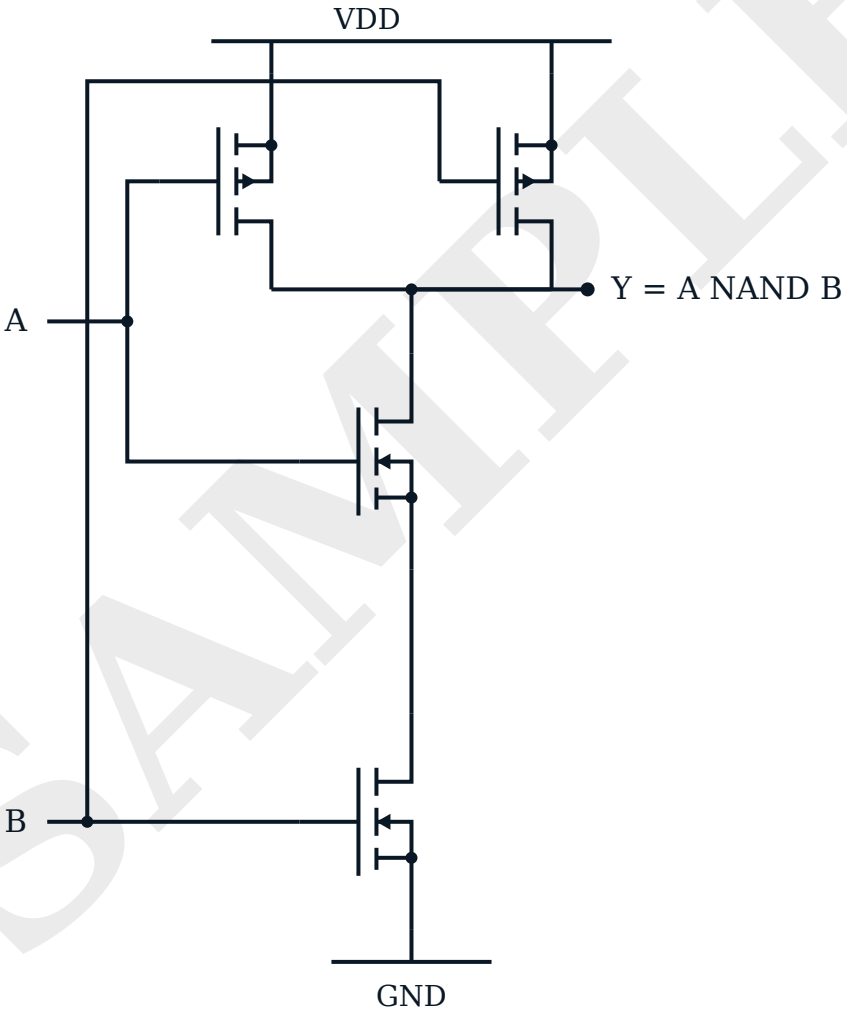
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

The NAND Gate

2× PMOS in parallel + 2× NMOS in series



Output Low only when A and B are both High — otherwi

Building NOR from Transistors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

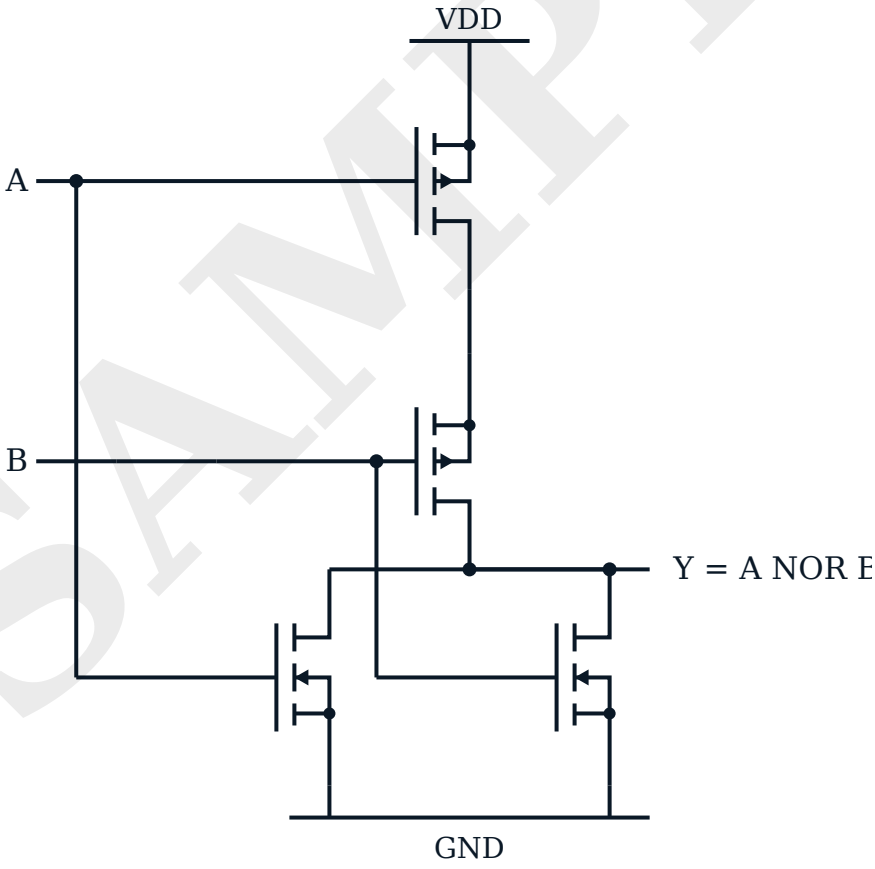
exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

SAMPLE

The NOR Gate

2× PMOS in series + 2× NMOS in parallel



Output High only when A and B are both Low — otherw

Building XOR from Transistors

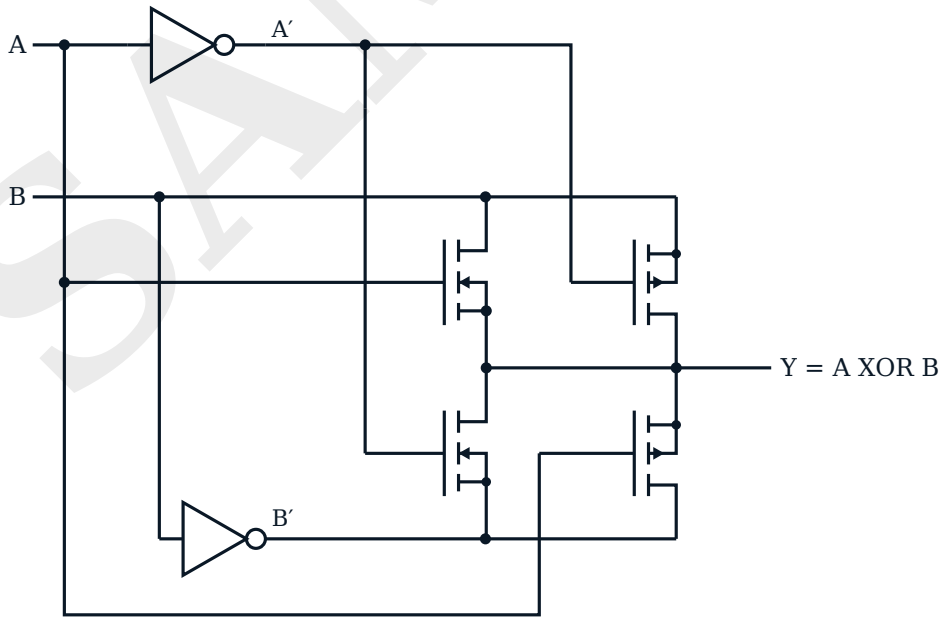
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

The XOR Gate

Transmission gates, controlled by A and A´



Upper TG passes B through (A High); lower TG passes B´ through (A Low).

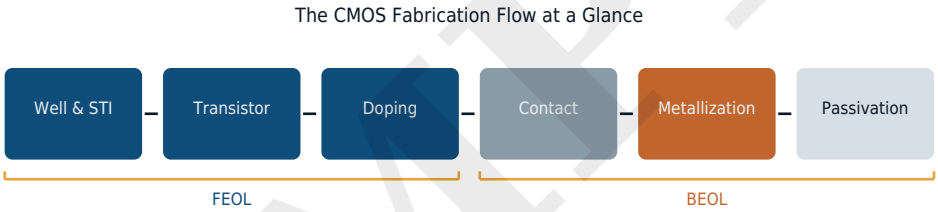
SAMPLE

The CMOS Fabrication Flow

Front-End and Back-End of Line

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim Lorem ipsum dolor sit Lorem Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.



Wafer and Wells

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Transistor Fabrication in the FEOL

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Doping and Silicidation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation. Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Contacts

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Metallization in the BEOL

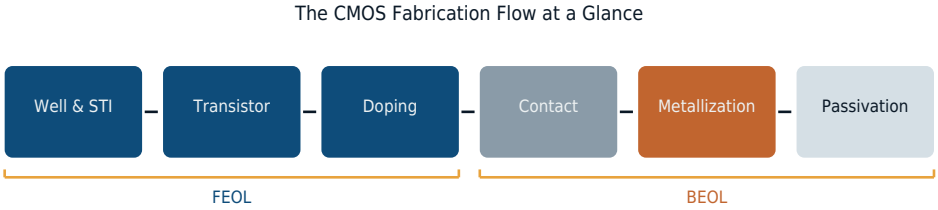
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

The Flow at a Glance

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation

SAMPLE



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Arithmetic Circuits: Adders and Multipliers

The Full Adder as a Basic Building Block

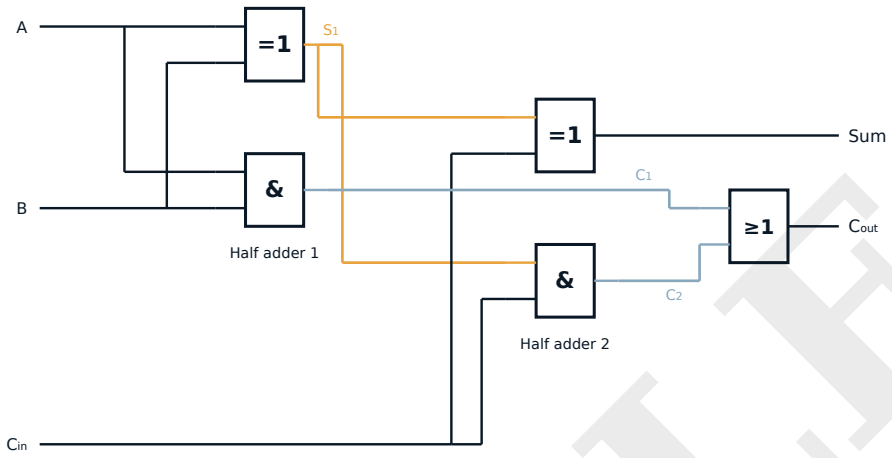
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

SAMPLE

Full Adder Built from Two Half Adders

A, B, and C_{in} produce the sum and carry-out C_{out}



$Sum = A \oplus B \oplus C_{in}$ – $C_{out} = (A \bullet B) + (C_{in} \bullet (A \oplus B))$

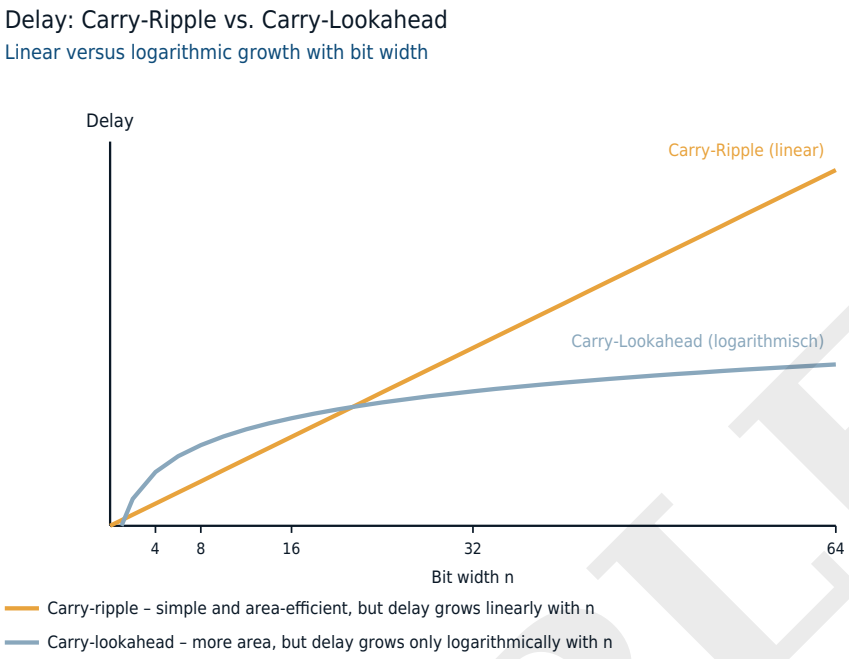
Symbols per IEC 60617: & = AND, =1 = XOR, ≥1 = OR

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Carry-Ripple vs. Carry-Lookahead Adders

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit$_{\text{Lorem ipsum}}$Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem ipsum}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

SAMPLE



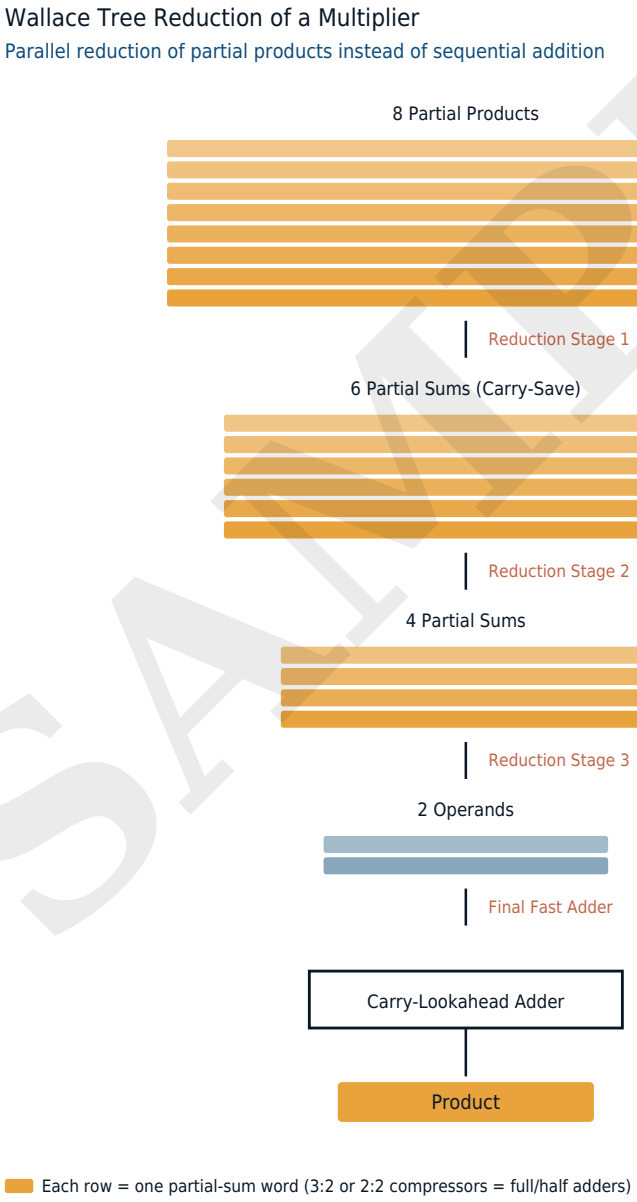
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Multipliers: From Array to Wallace Tree

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Sequential Logic: Flip-Flops, Latches, and Clock Trees

Latches and Flip-Flops

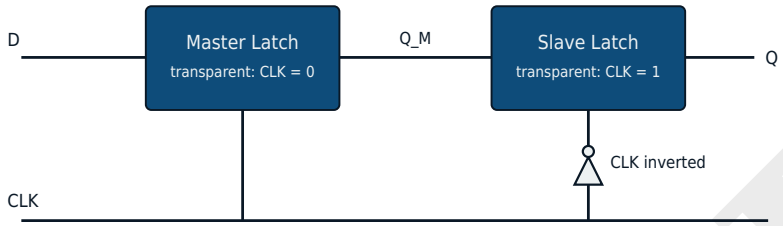
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

SAMPLE

Master-Slave Flip-Flop Built from Two D-Latches

Latches clocked in opposite phase prevent pass-through



At CLK = 0 the master latch is transparent and the slave latch holds – at CLK = 1 it is reversed

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

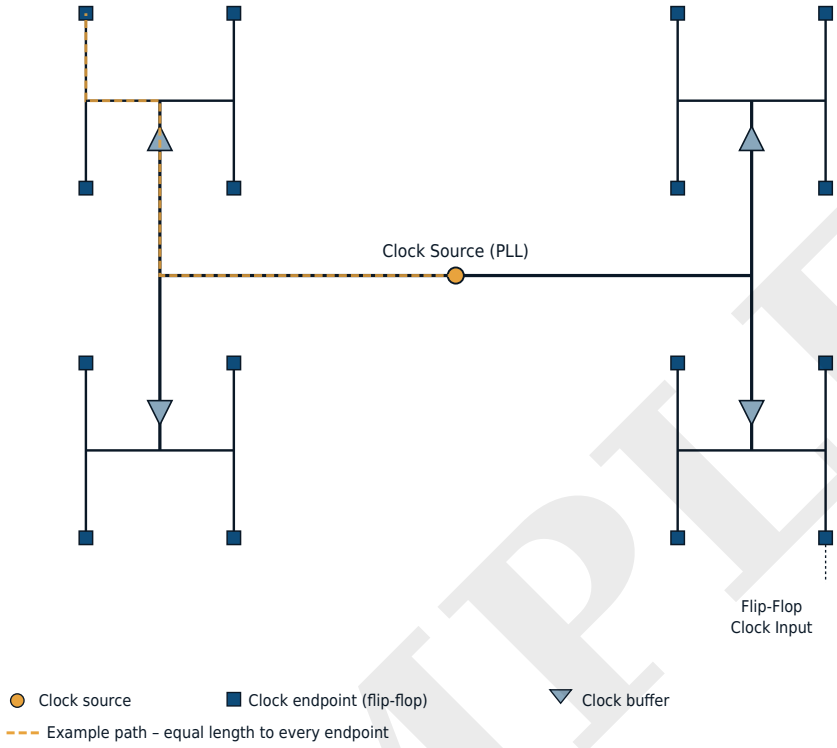
The Clock Tree

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

SAMPLE

H-Tree for Symmetric Clock Distribution

All paths from the clock source to the endpoints are equally long



SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Asynchronous Control Inputs and Scan Flip-Flops

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

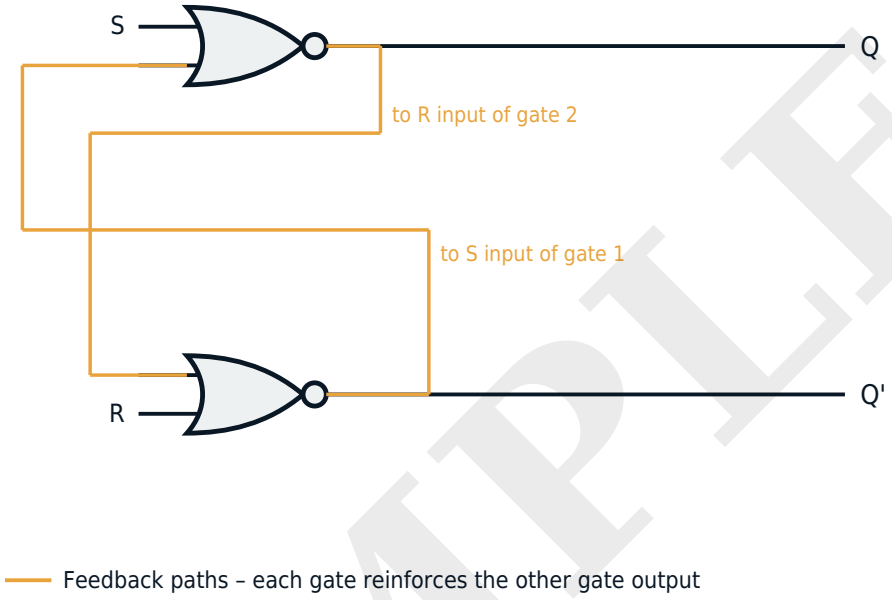
The SR Latch: The Simplest Bistable Element

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

SAMPLE

SR Latch Built from Two Cross-Coupled NOR Gates

Positive feedback stores the most recently set state



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

SAMPLE

Flip-Flop Types Overview: SR, JK, T, and D

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

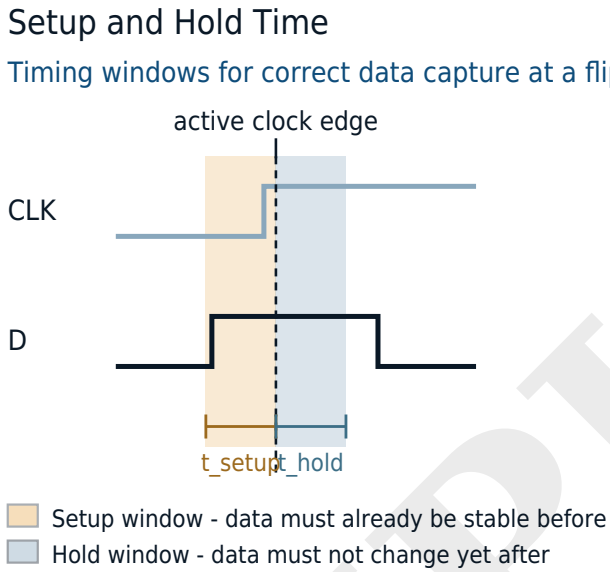
SAMPLE

Static Timing Analysis: Setup and Hold Time

Fundamentals of Static Timing Analysis

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua

enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

The Setup Check

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat

SAMPLE

duis aute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

The Hold Check and the Role of Clock Skew

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem ipsum}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem ipsum}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad $\text{minim}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Static and Dynamic Power Dissipation, Leakage Currents

Dynamic Power Dissipation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum $\text{dolor}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}{}^{\text{Lorem}}$ Lorem ipsumLorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit $\text{amet}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum $\text{fugiat}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum $\text{dolor sit}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

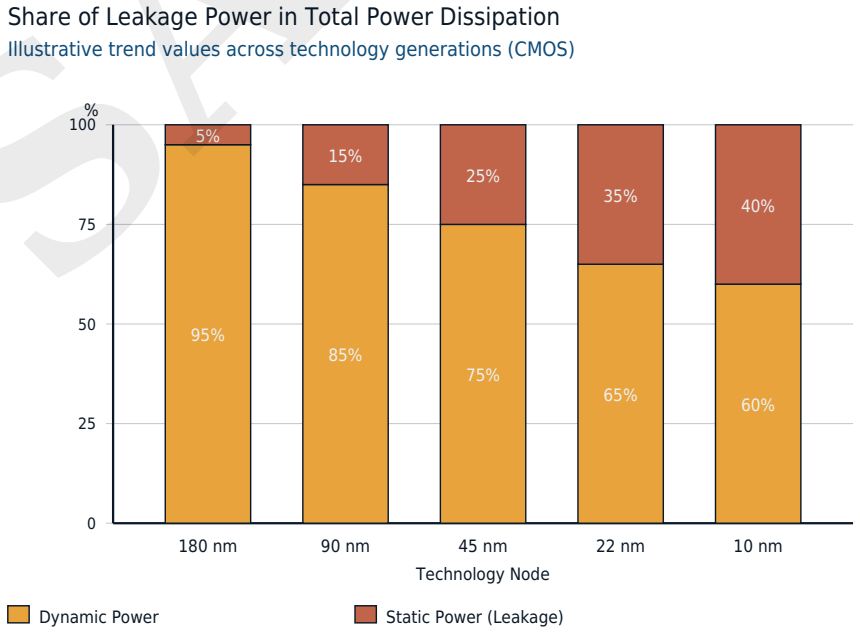
SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Static Power Dissipation and Leakage Currents

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.



SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Power Reduction Techniques

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

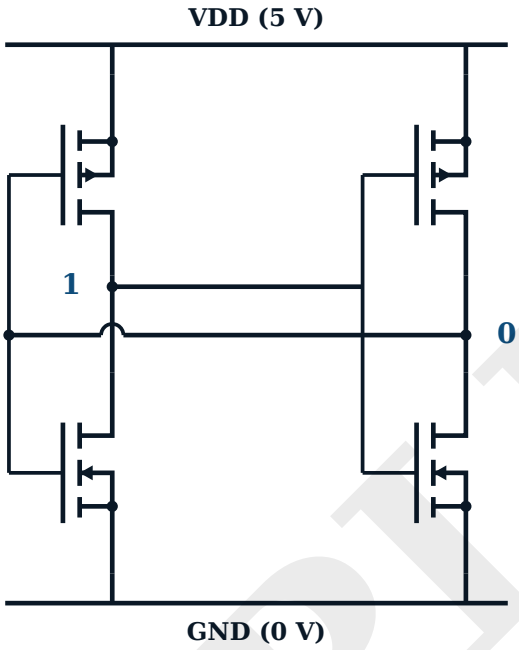
The SRAM Cell

Two Cross-Coupled Inverters as the Storage Core

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

SAMPLE

Storage core: two cross-coupled inverters



The Access Transistors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

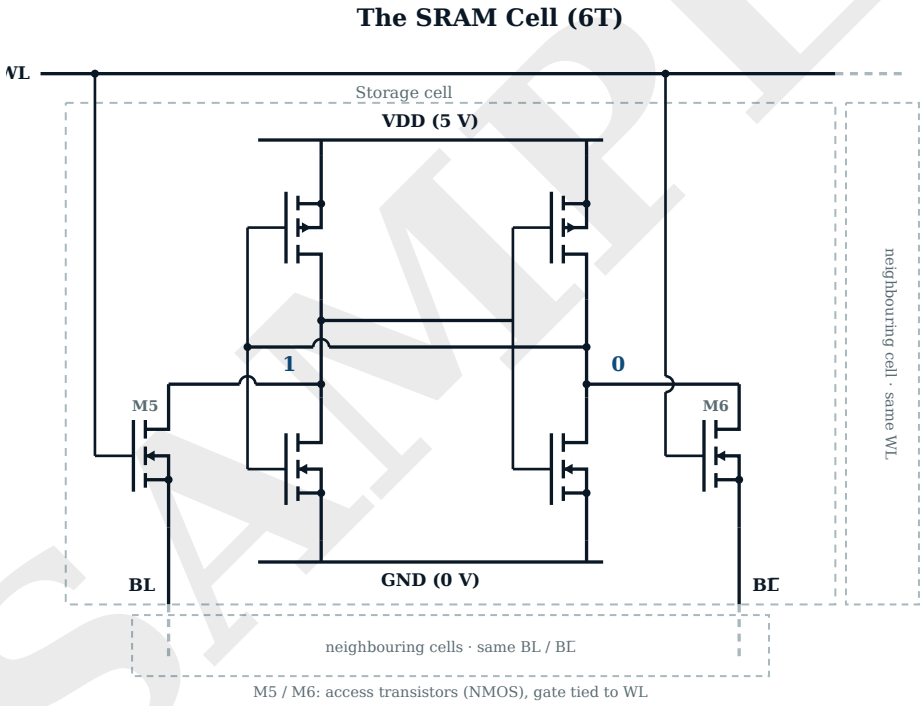
Writing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

SAMPLE

From a Single Bit to an Array

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.



Reading

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

The DRAM Cell

A Capacitor Instead of Six Transistors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

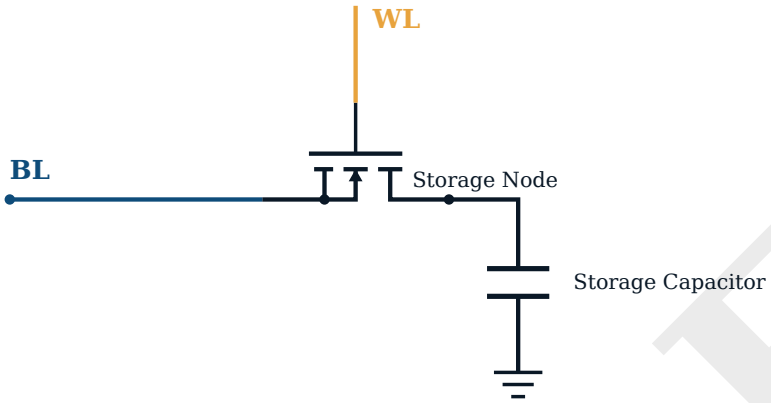
Access Transistor, Word Line, and Bit Line

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

SAMPLE

The DRAM Cell (1T1C)



Leakage and Charge Decay

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

The Refresh Cycle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

The Sense Amplifier

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

DRAM versus SRAM

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore

	Lorem	Lorem
Lorem ipsum dolor	Lorem	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem
Lorem ipsum dolor	Lorem	Lorem
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

DRAM Fabrication: The Trench Capacitor Process

SAMPLE

General Structure and Operating Principle

Briefly First: The DRAM Cell

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Two Paths to the Same Goal: Stack versus Trench

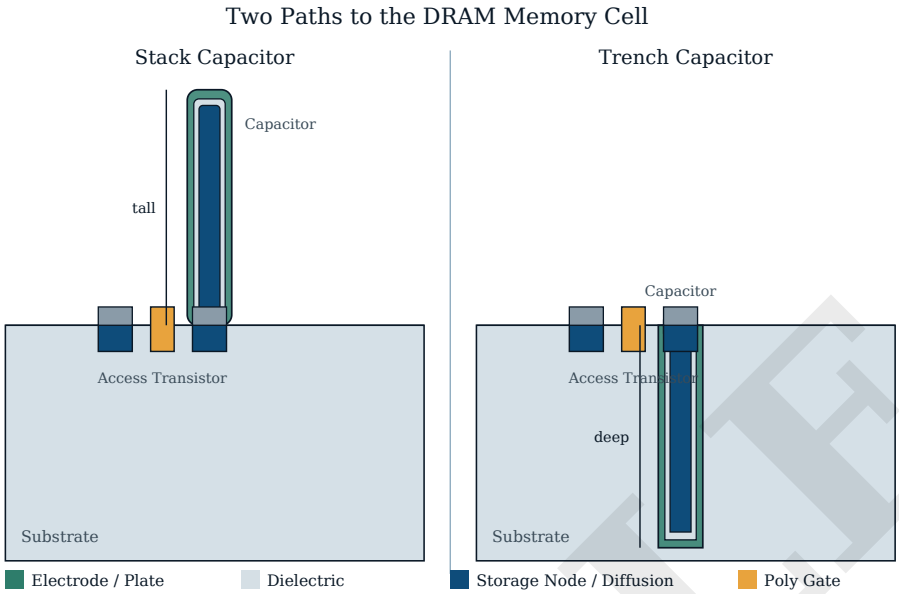
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

SAMPLE



Trench Capacitor Fabrication

From Flat Wafer to Deep Trench

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

SAMPLE

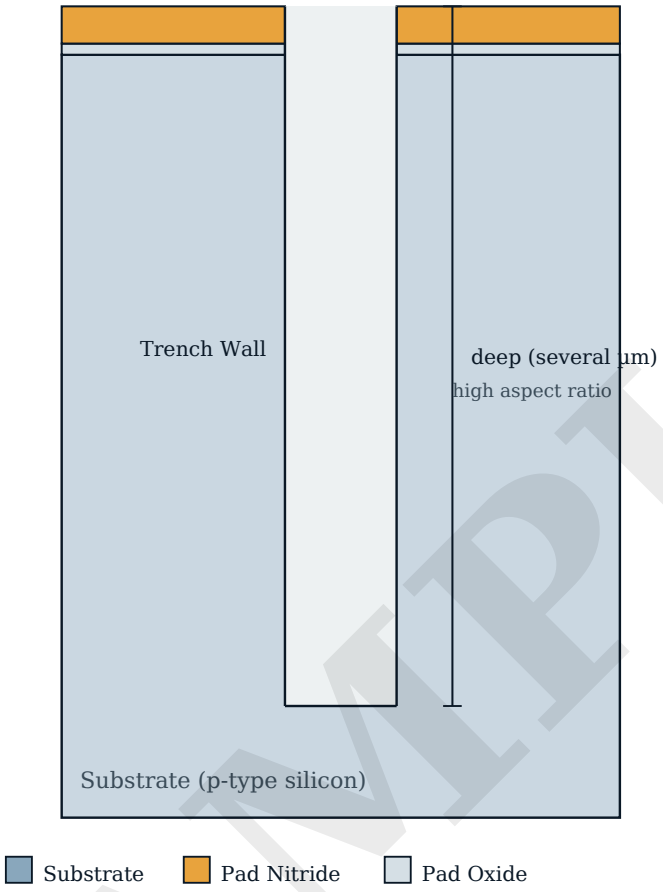
Step 1: Pad Oxide and Pad Nitride



Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

SAMPLE

Step 2: Deep Trench Etch

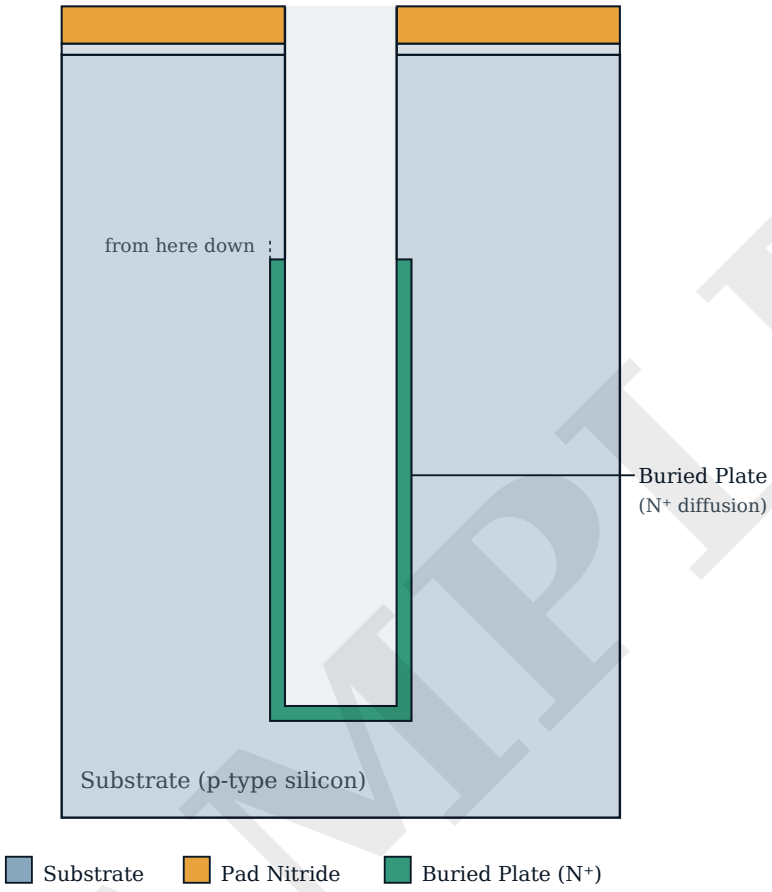


The Capacitor Electrodes Take Shape

Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

SAMPLE

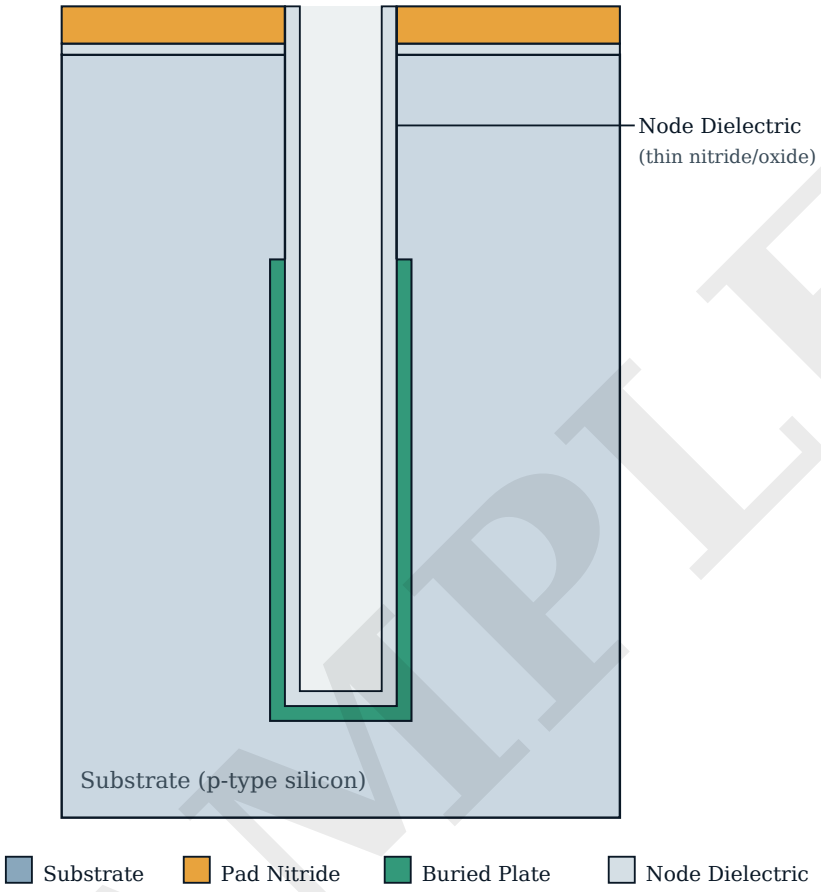
Step 3: Buried Plate



Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

SAMPLE

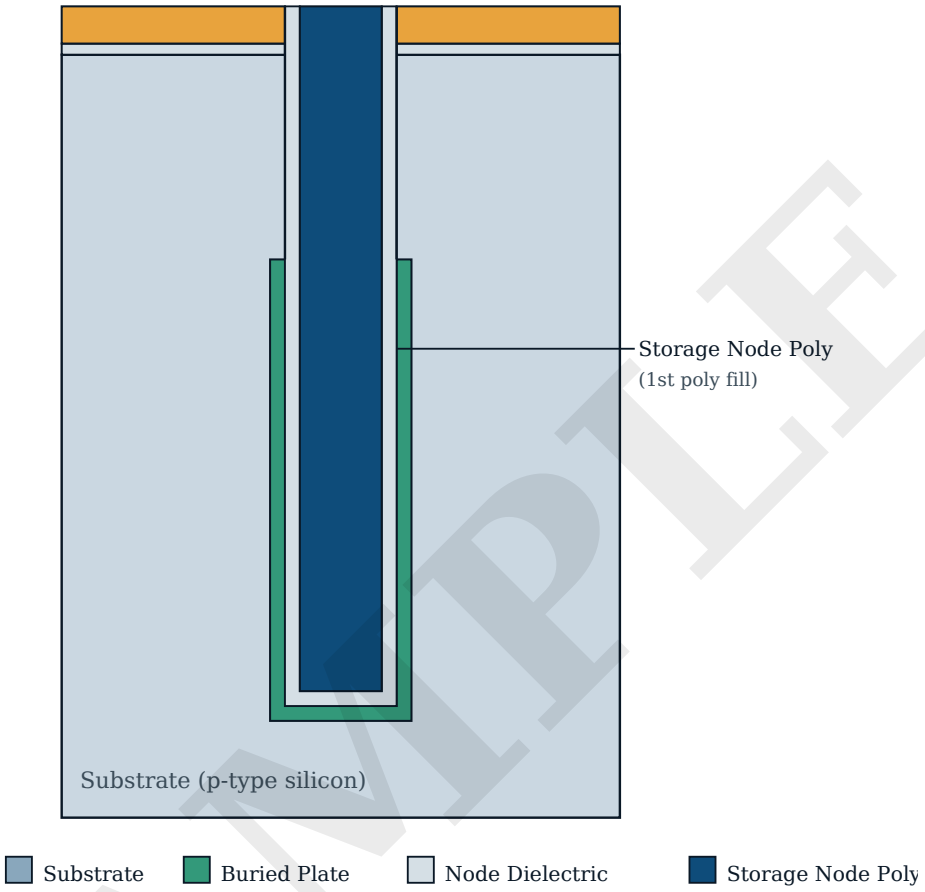
Step 4: Node Dielectric



Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

SAMPLE

Step 5: First Poly Fill

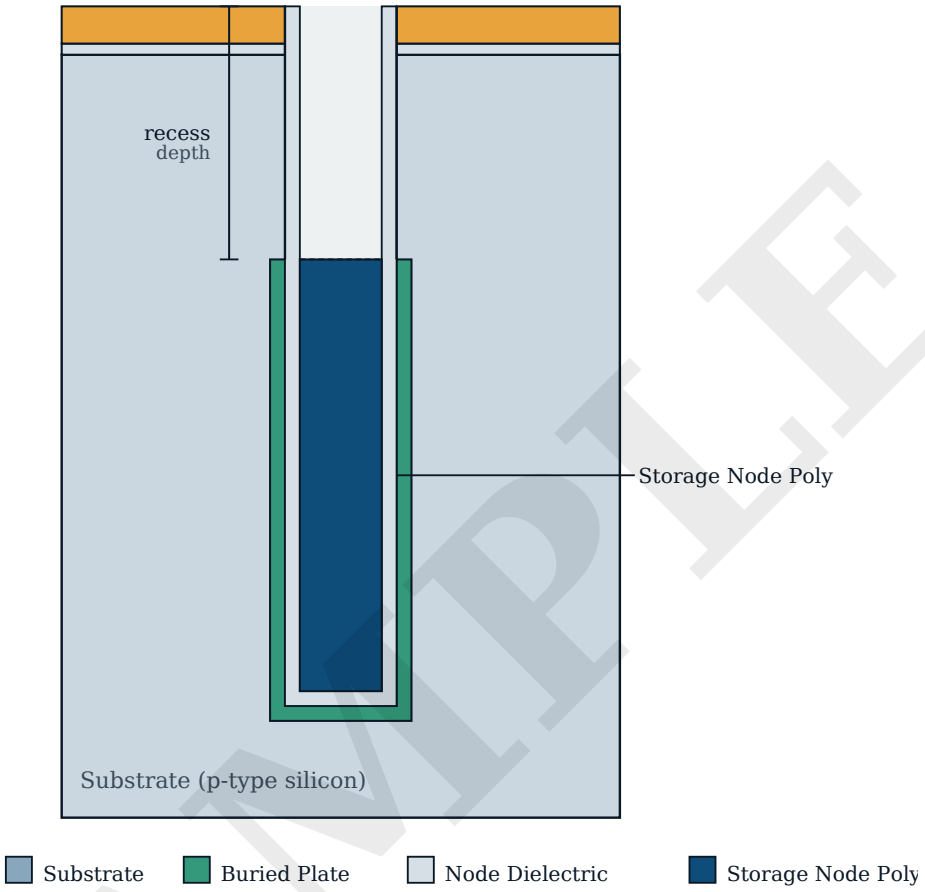


The Upper Trench Region: Collar and Buried Strap

Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

SAMPLE

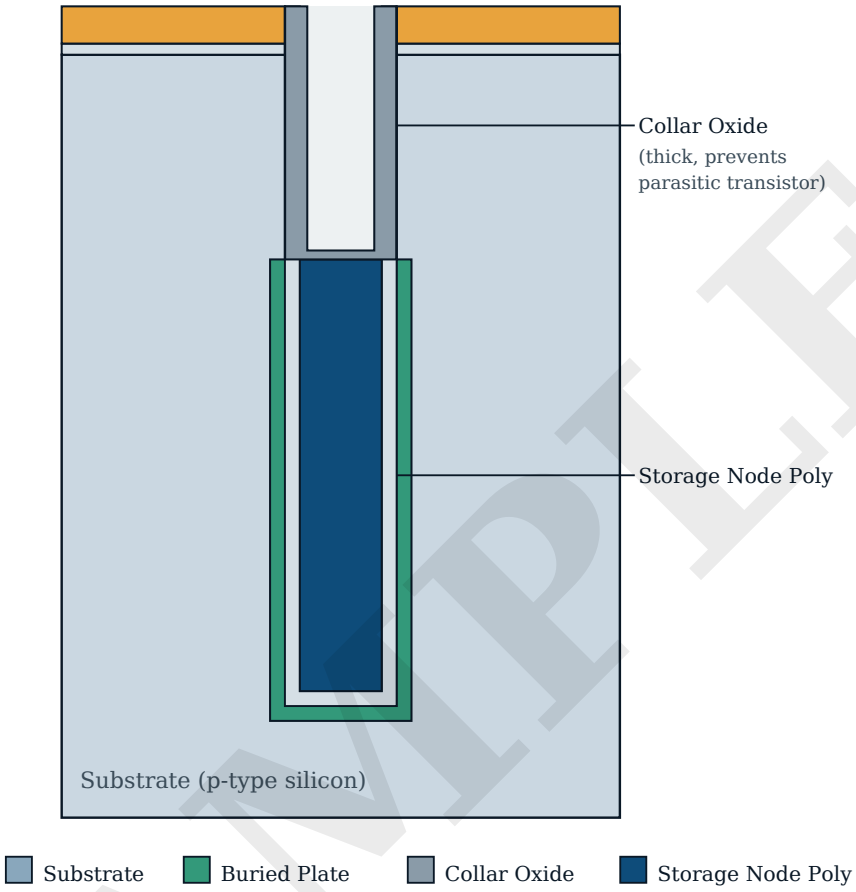
Step 6: Poly Recess Etch



Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

SAMPLE

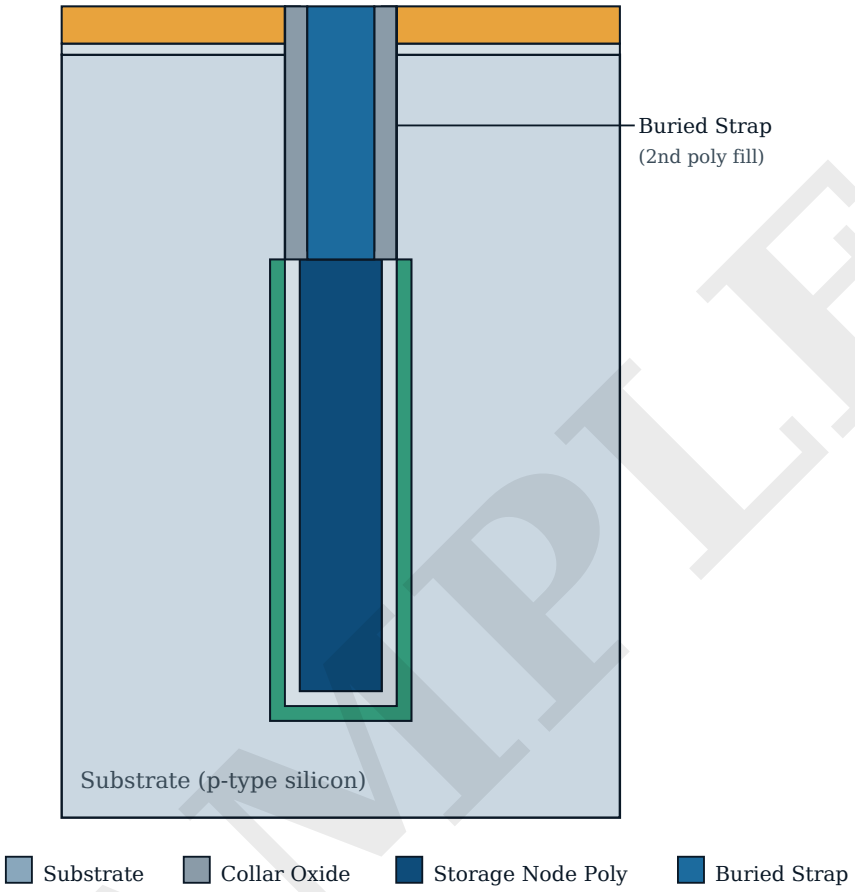
Step 7: Collar Oxide



Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

SAMPLE

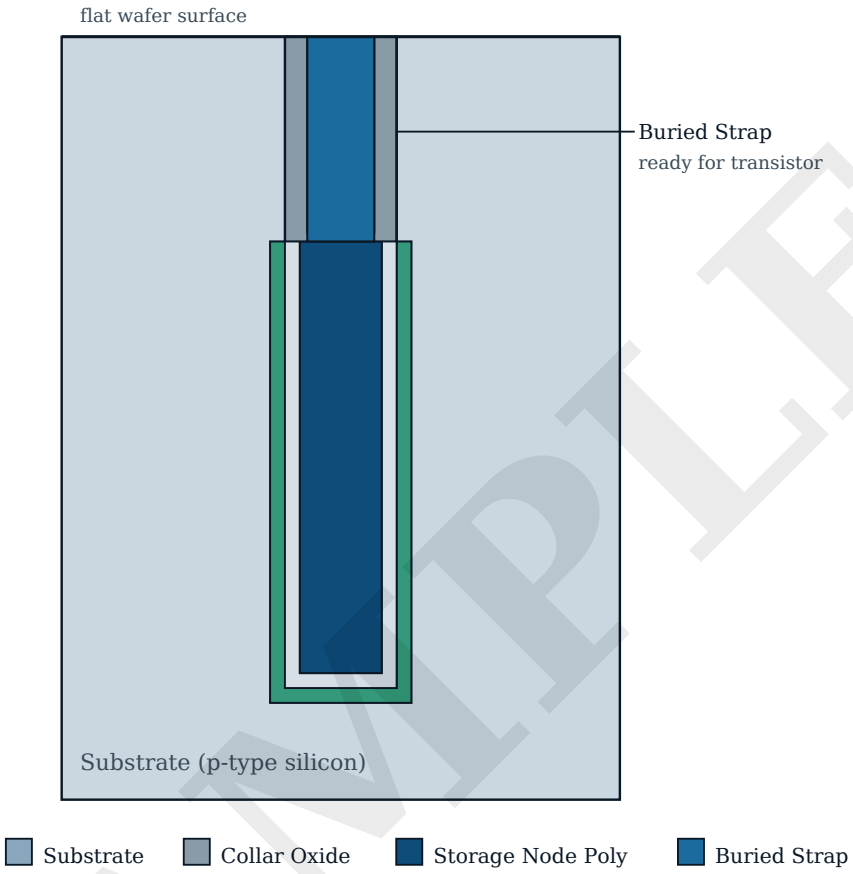
Step 8: Buried Strap



Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

SAMPLE

Step 9: Planarization



Access Transistor and Interconnect Fabrication

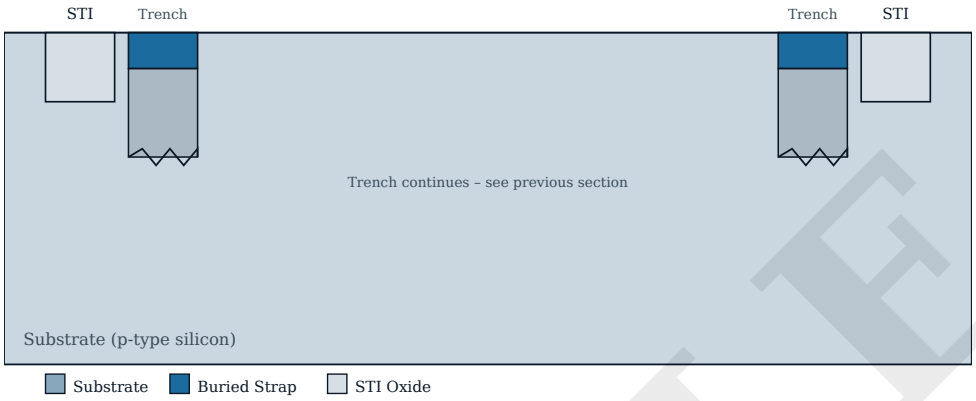
Two Cells, One Shared Bitline Contact

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

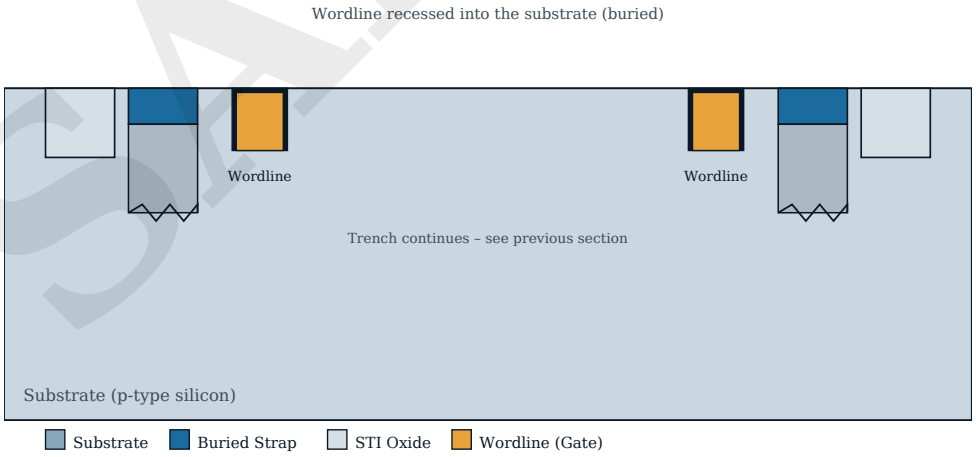
SAMPLE

Step 10: Shallow Trench Isolation (STI)



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

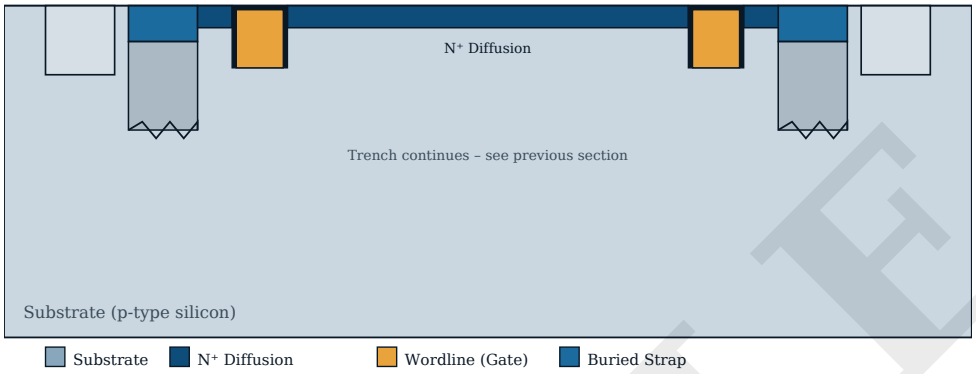
Step 11: Gate Oxide and Buried Wordline



Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

SAMPLE

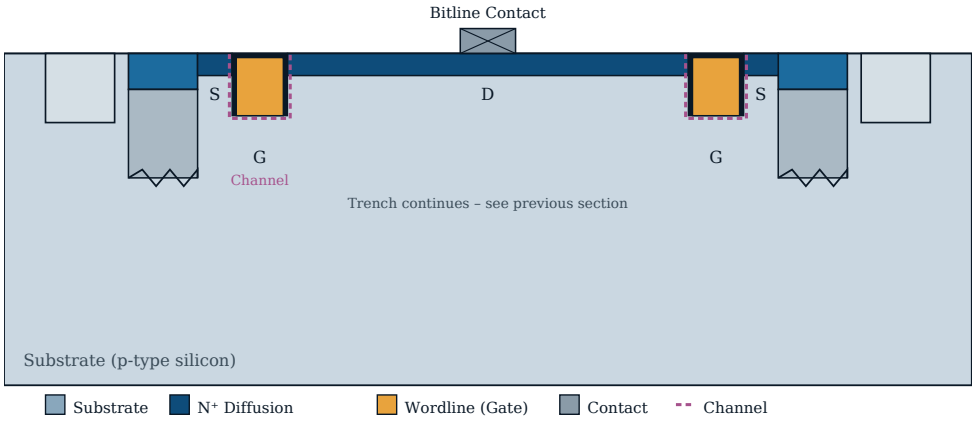
Step 12: Source/Drain Implantation



Connecting to the Interconnect Layers

Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

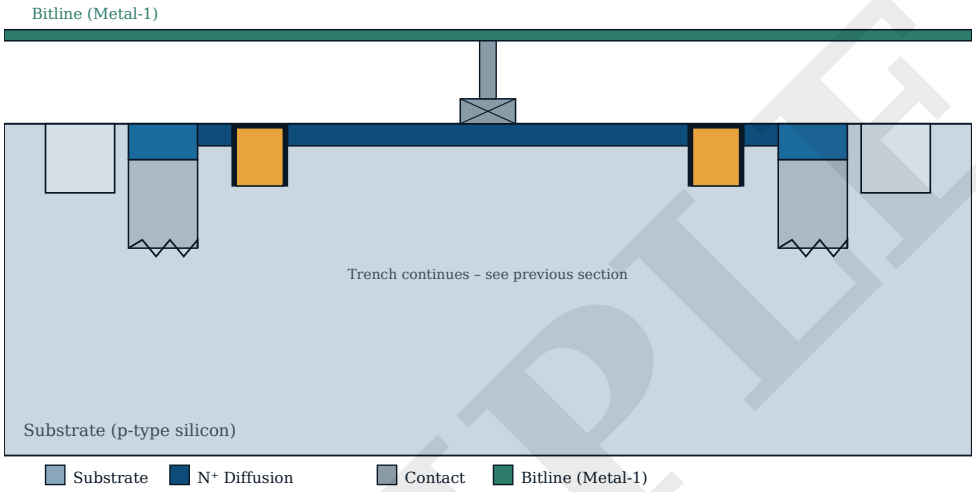
Step 13: Bitline Contact



SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

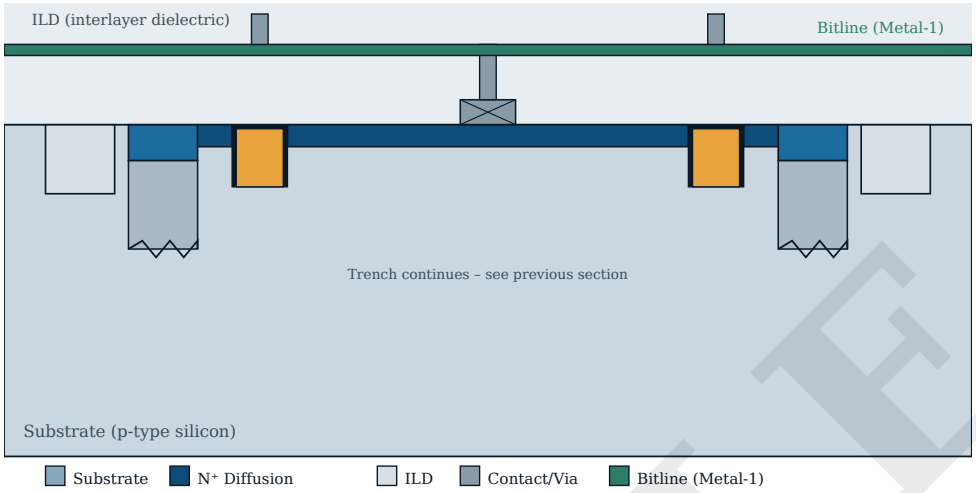
Step 14: Bitline Metallization



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

SAMPLE

Step 15: Interlayer Dielectric and Contacts



The Flash Memory Cell

Structure of the Floating-Gate Cell

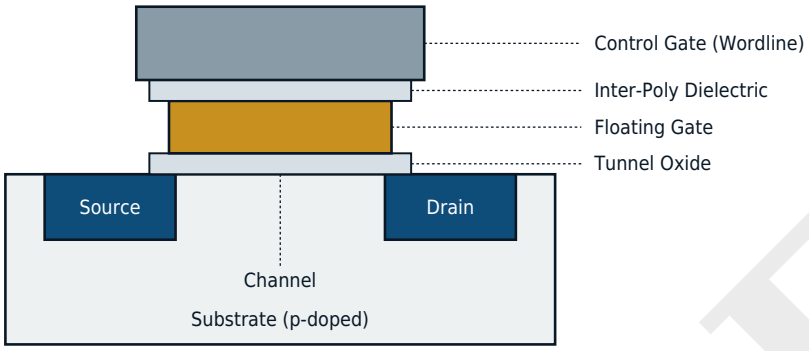
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

SAMPLE

The Floating-Gate Cell

Structure in cross-section



The floating gate is completely surrounded by oxide and therefore electrically isolated.
The stored charge remains in place for years.

Programming and Erasing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

NOR vs. NAND Architecture

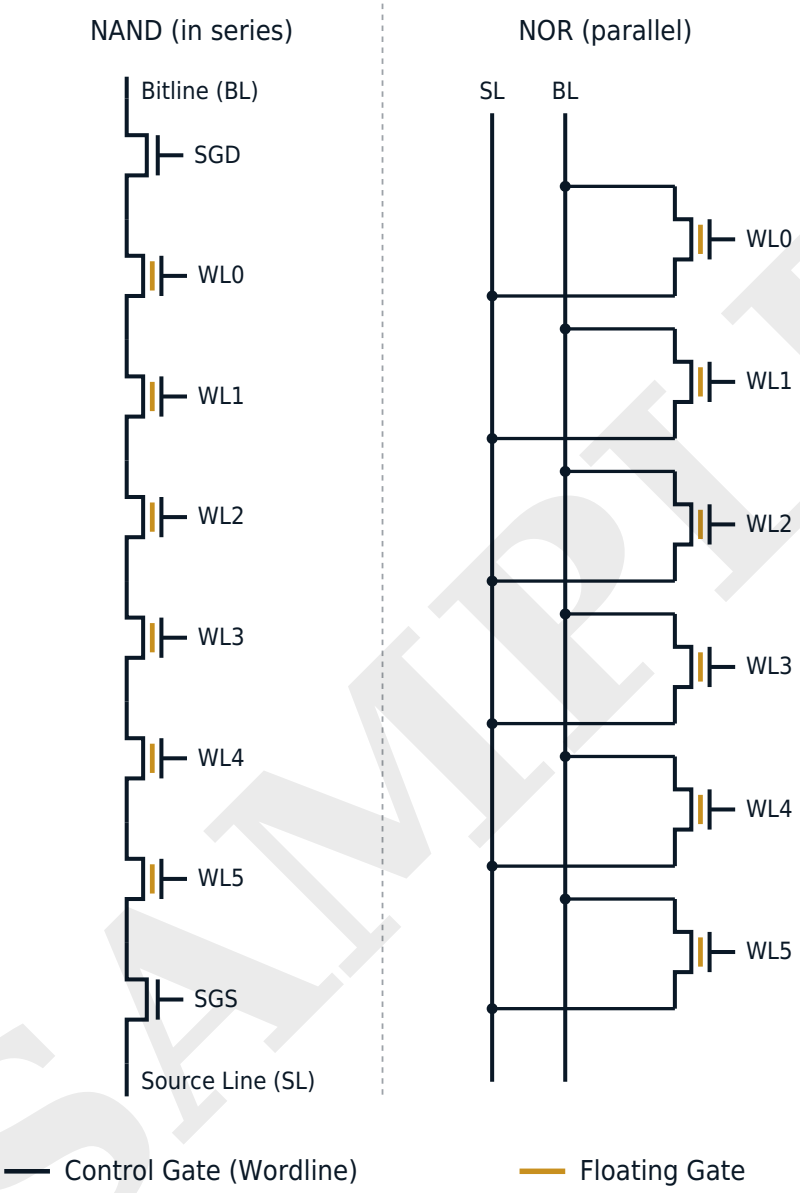
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

SAMPLE

NAND vs. NOR Flash

Series chain compared to parallel wiring



NAND: cells connected in series between bitline and source line, page-wise access.
NOR: each cell connected in parallel, random access.

Multi-Level Cell (MLC/TLC)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Comparison: DRAM, SRAM, and Flash

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate Lorem ipsumLorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Circuit Layouts

From Schematic to Chip: EDA

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

SAMPLE

From Schematic to Layout

Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum Lorem *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

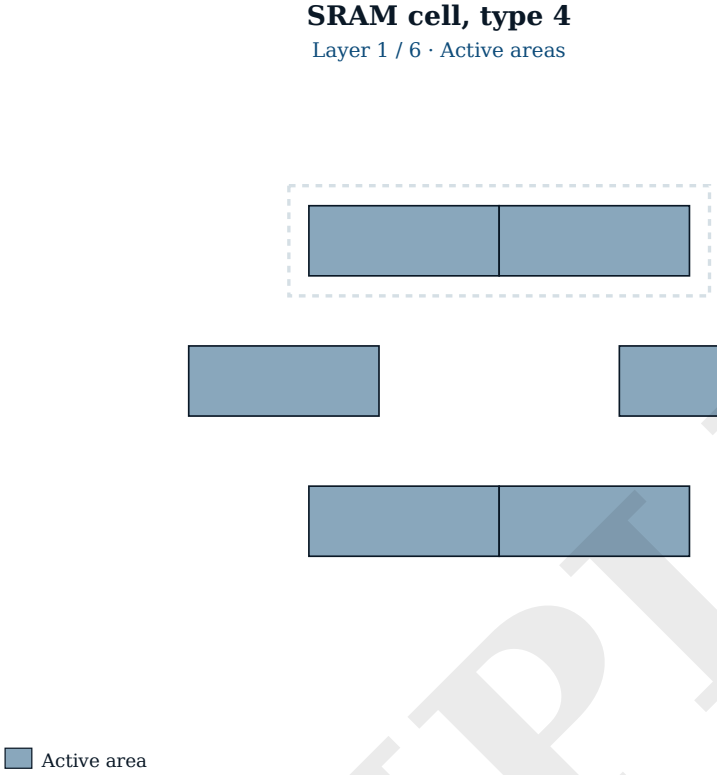
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem	Lorem
Lorem	Lorem ipsum dolor sit
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing
Lorem	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

Layer 1: Active Areas

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis *Lorem ipsum dolor sit*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

SAMPLE



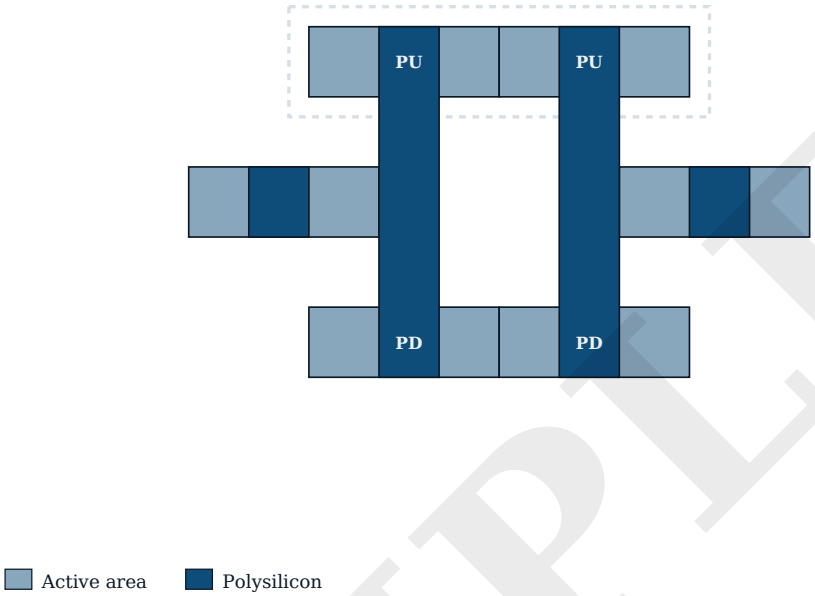
Layer 2: Polysilicon

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut *Lorem ipsum dolor sit* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

SAMPLE

SRAM cell, type 4
Layer 2 / 6 · + polysilicon



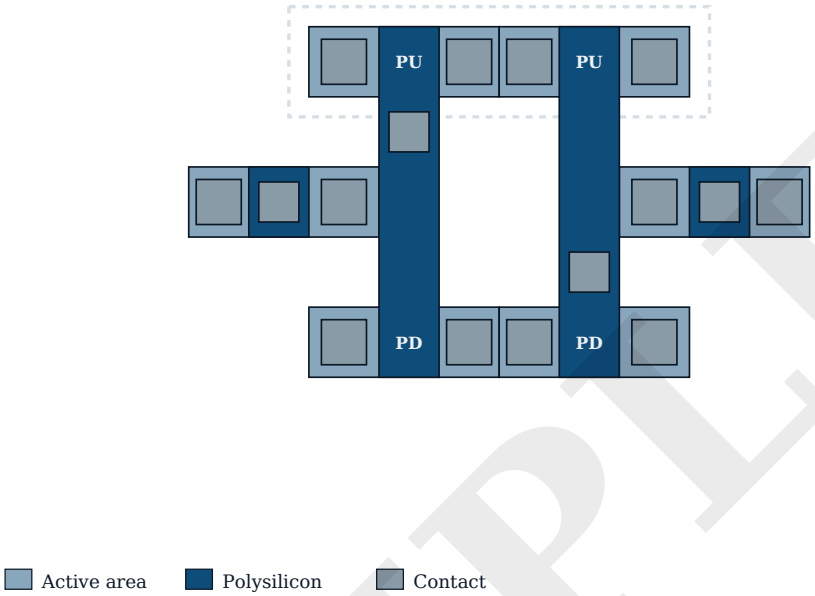
Layer 3: Contacts

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

SAMPLE

SRAM cell, type 4

Layer 3 / 6 · + contacts



Layer 4: Metal-1

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut

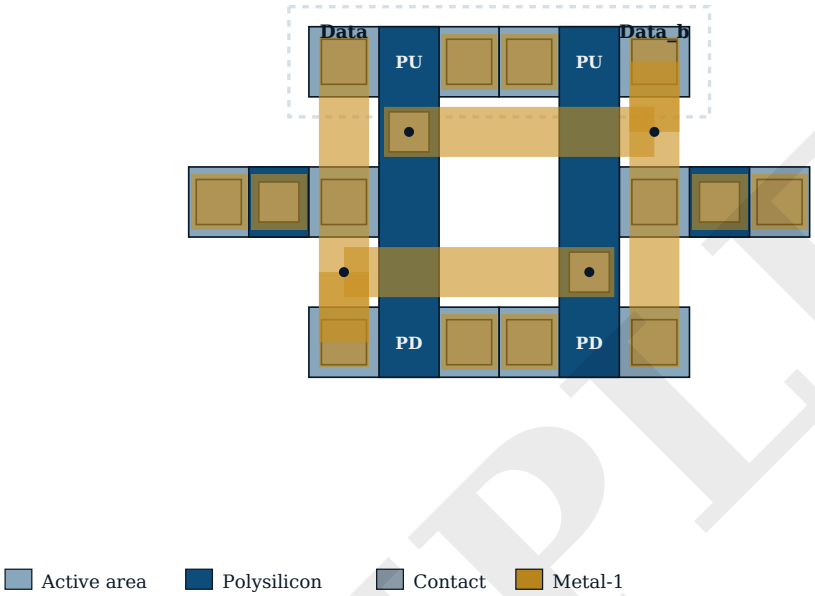
Lorem ipsum Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

SAMPLE

SRAM cell, type 4

Layer 4 / 6 · + metal-1



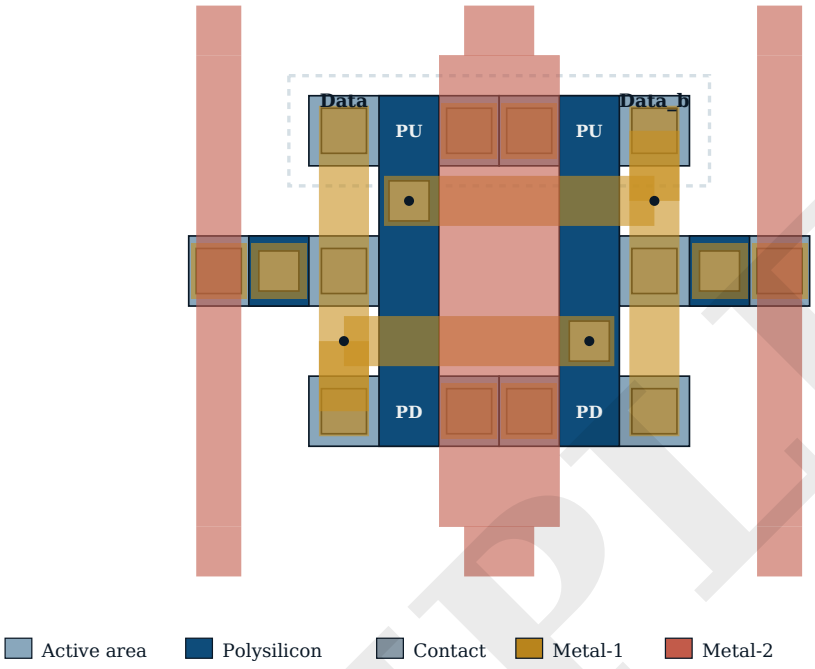
Layer 5: Metal-2

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

SAMPLE

SRAM cell, type 4

Layer 5 / 6 · + metal-2 (VDD, BL, BL̄)



Layer 6: Metal-3 — Complete

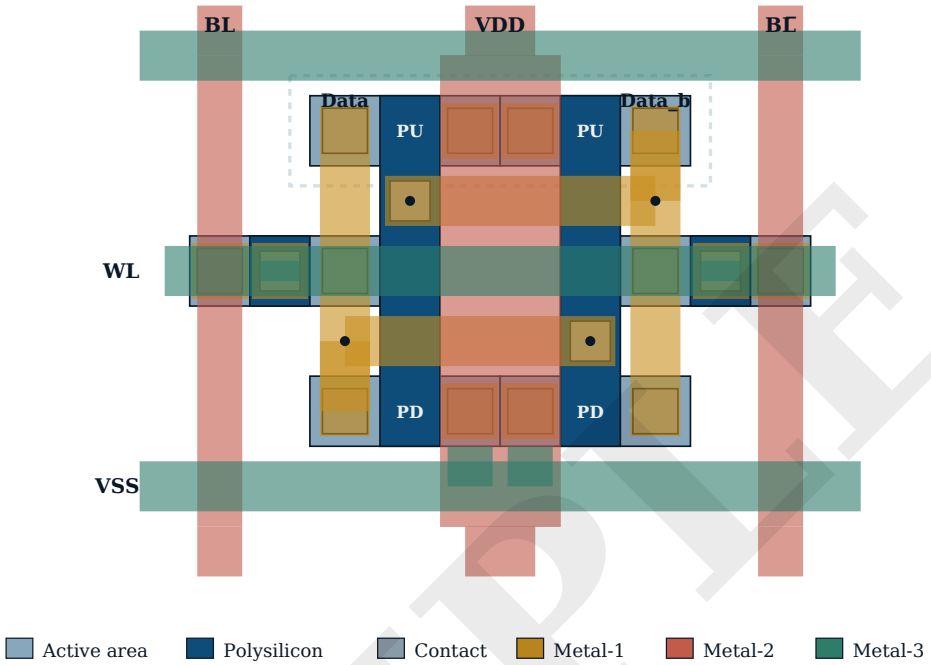
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

SAMPLE

SRAM cell, type 4

Layer 6 / 6 · + metal-3 (VSS, WL) — complete



Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Design Rules

Introduction & Motivation

Why Design Rules?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Basic Rule Types

Basic Rule Types

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

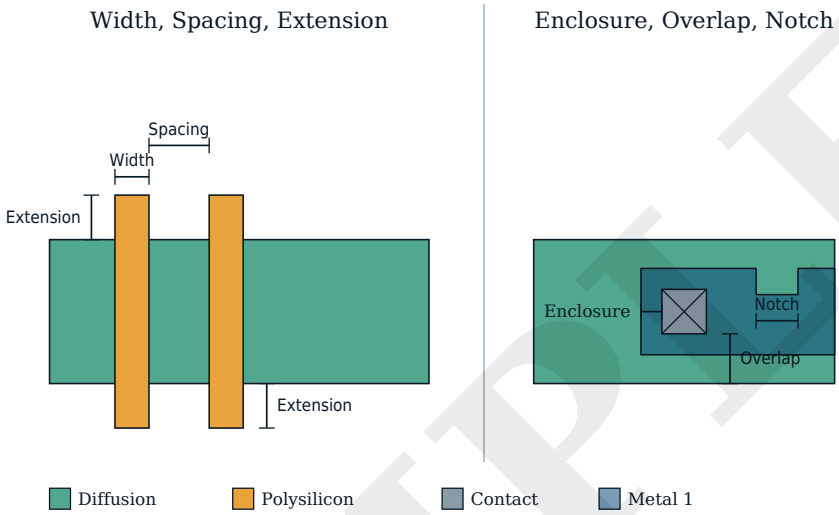
Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

SAMPLE

tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.



Lambda-based vs. Absolute Rules

Scalable Rules: the Lambda Concept

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

SAMPLE

Why Modern Processes Use Absolute Rules

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Example Rule Set

A Typical, Simplified Rule Set

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor

SAMPLE

Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum
Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Latchup and Well Rules

The Latchup Mechanism

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

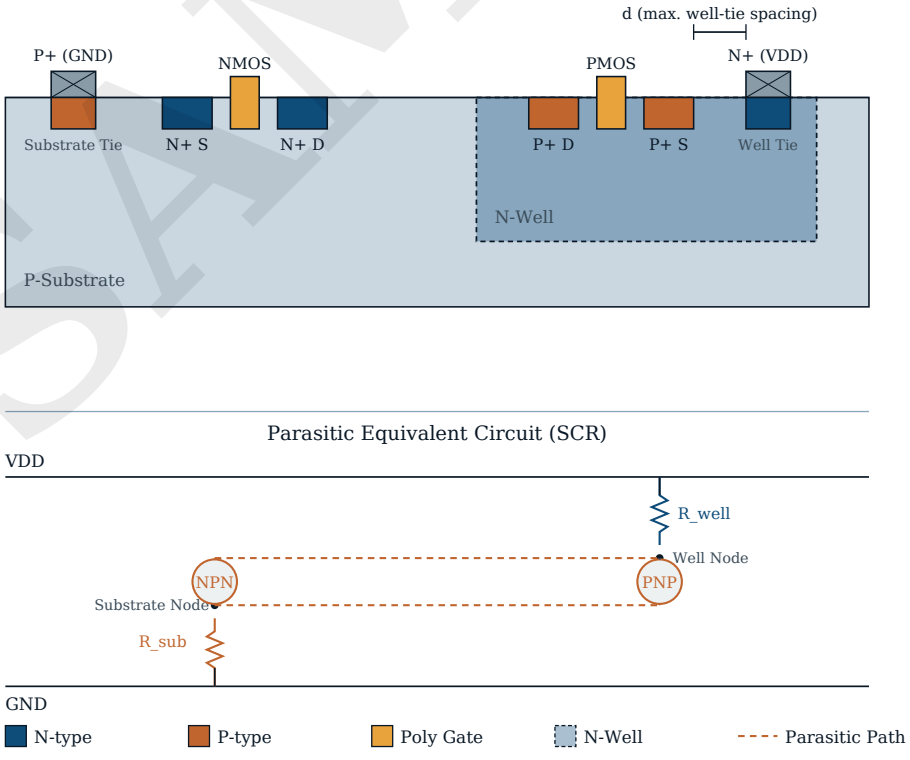
Well and Substrate Contacts as a Countermeasure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Latchup: Cross-Section and Equivalent Circuit



SAMPLE

Antenna Rules

The Plasma Charging Effect

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

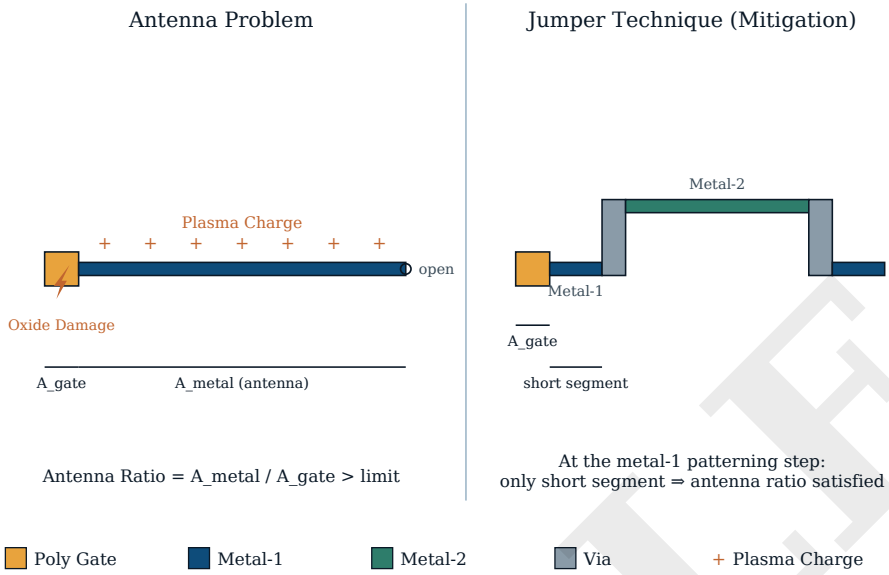
Antenna Ratio as a Design Rule

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

SAMPLE



Density Rules (CMP)

Why Pattern Density Is a Design Rule

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Fill Structures as a Countermeasure

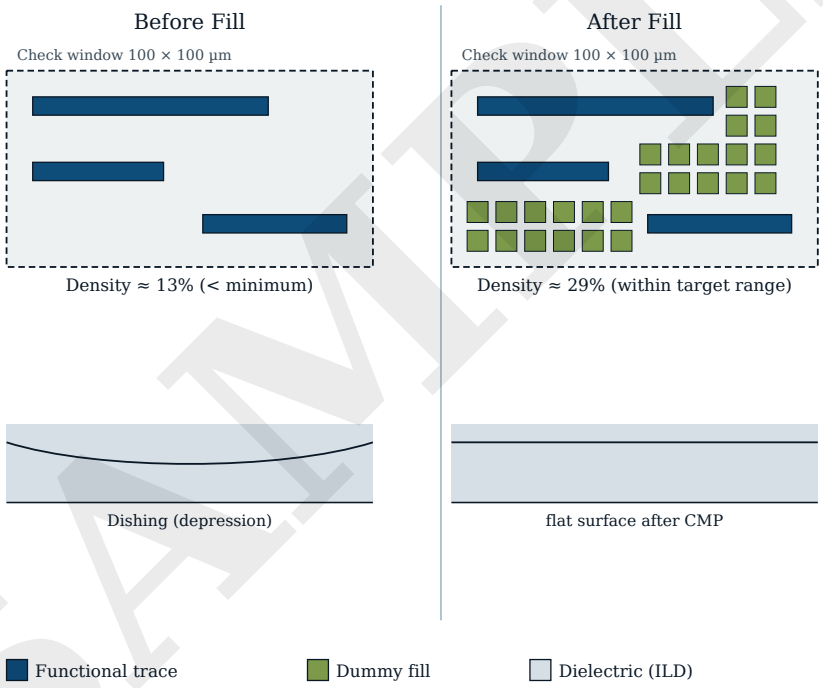
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.



Design Rule Check (DRC)

Automated Rule Checking

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

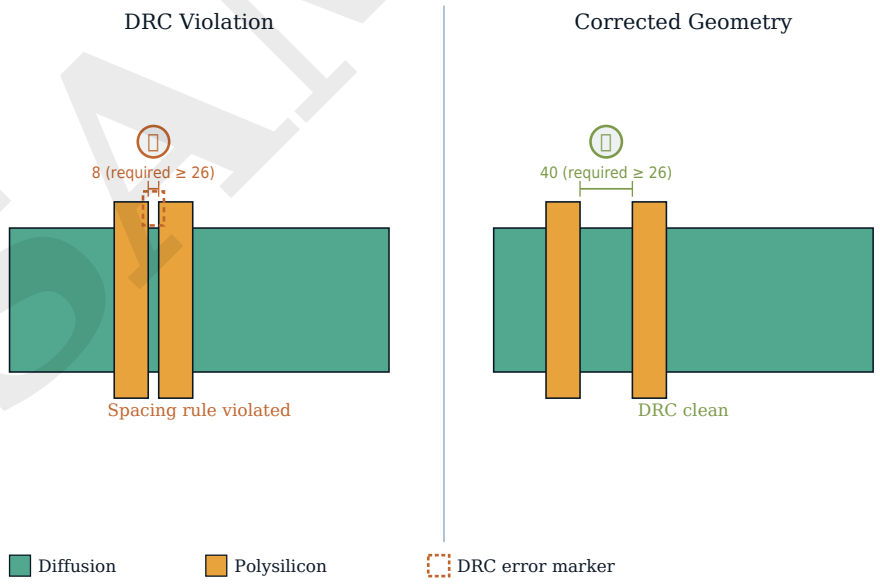
SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Role in the Design Flow

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.



Layout versus Schematic (LVS)

SAMPLE

Introduction & Motivation

Why DRC Alone Is Not Enough

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

The Idea Behind LVS

Lorem Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Netlist Extraction from the Layout

From Polygons to Devices

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

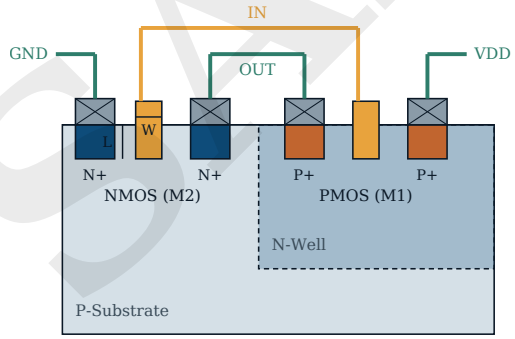
From Contacts to Nets

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Netlist Extraction: Inverter Layout




```
* extracted netlist
M1 OUT IN VDD VDD
   PMOS W=0.60u L=0.35u
M2 OUT IN GND GND
   NMOS W=0.40u L=0.35u
```

SPICE-like notation



The Reference Netlist from the Schematic

SAMPLE

From Schematic to Netlist

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit LoremLorem LoremLorem LoremLorem Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Hierarchy and Flattening

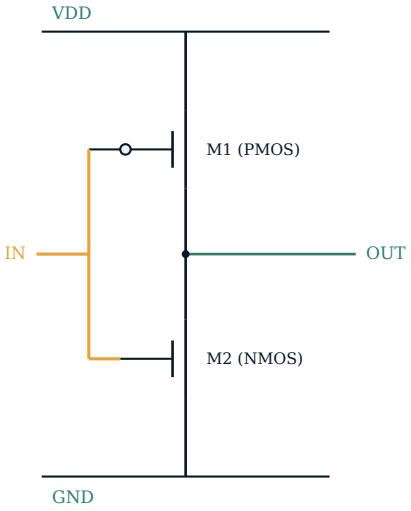
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

SAMPLE

Reference Netlist: Inverter Schematic




```
* reference netlist
M1 OUT IN VDD VDD
   PMOS W=0.60u L=0.35u
M2 OUT IN GND GND
   NMOS W=0.40u L=0.35u
```

golden — the authoritative target

The Comparison Algorithm

The Netlist as a Graph

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Iterative Refinement Instead of Brute Force

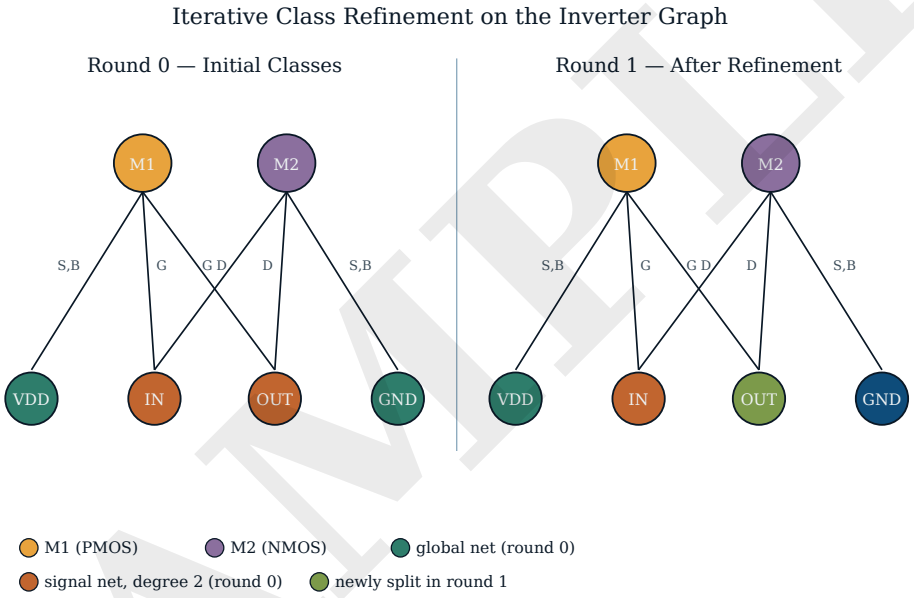
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.



Typical Mismatches

Four Recurring Failure Patterns

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod

SAMPLE

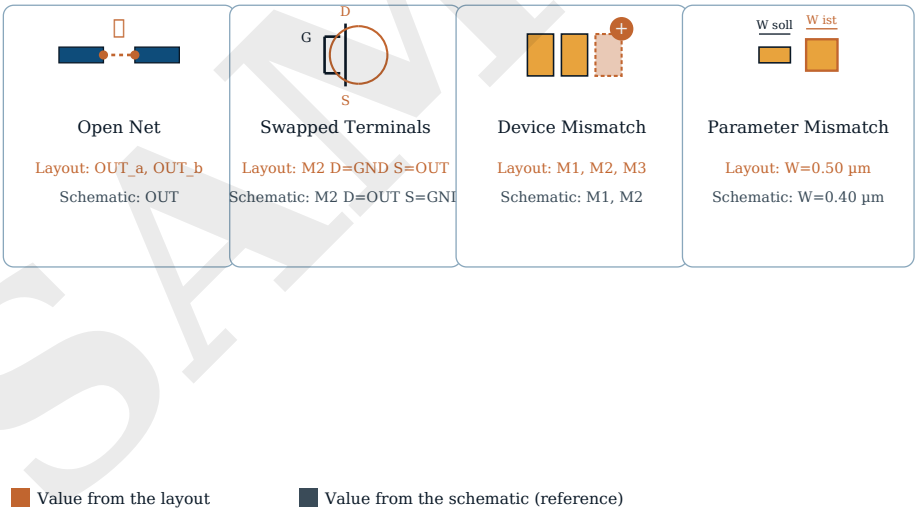
tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Four Typical LVS Mismatches



LVS in the Design Flow

Position Between DRC and Parasitic Extraction

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

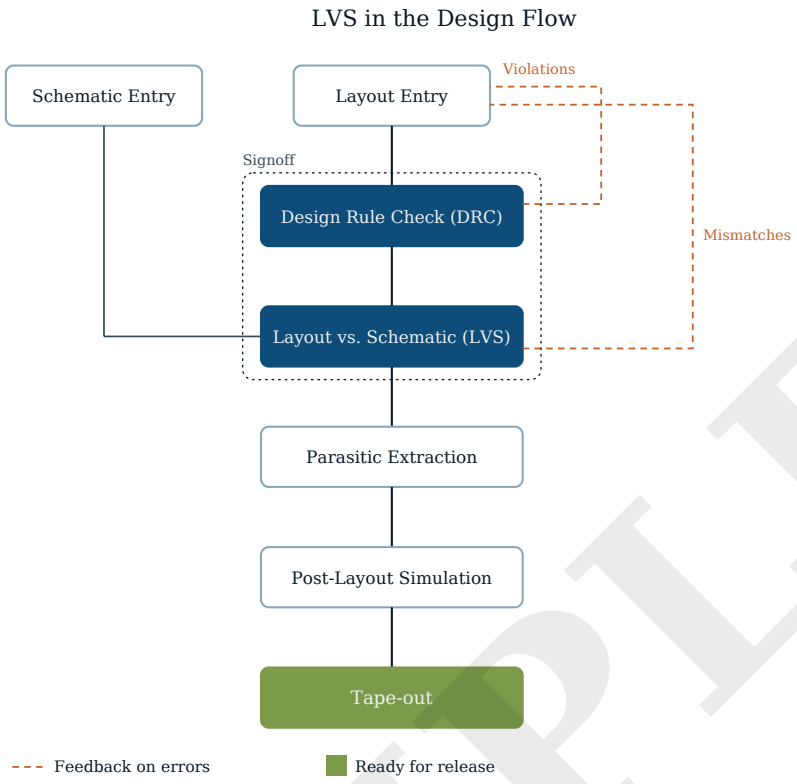
What Follows Next

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE



Processor Architecture

Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem Lorem Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Basic Architecture

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad *Lorem ipsum dolor*Lorem ipsum

SAMPLE

dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum *Lorem ipsum*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Core Components

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore

Lorem *Lorem ipsum* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem *Lorem ipsum dolor* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

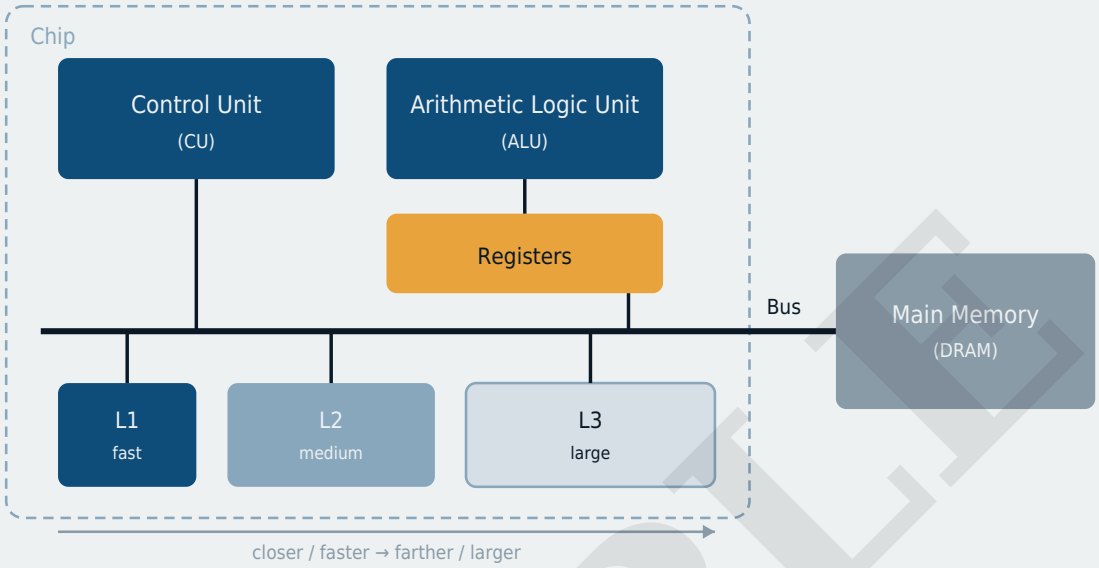
Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

SAMPLE

Processor Architecture – Block Diagram



The bus links all units; cache bridges the gap between registers and main memory

Memory Hierarchy

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris *Lorem* Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

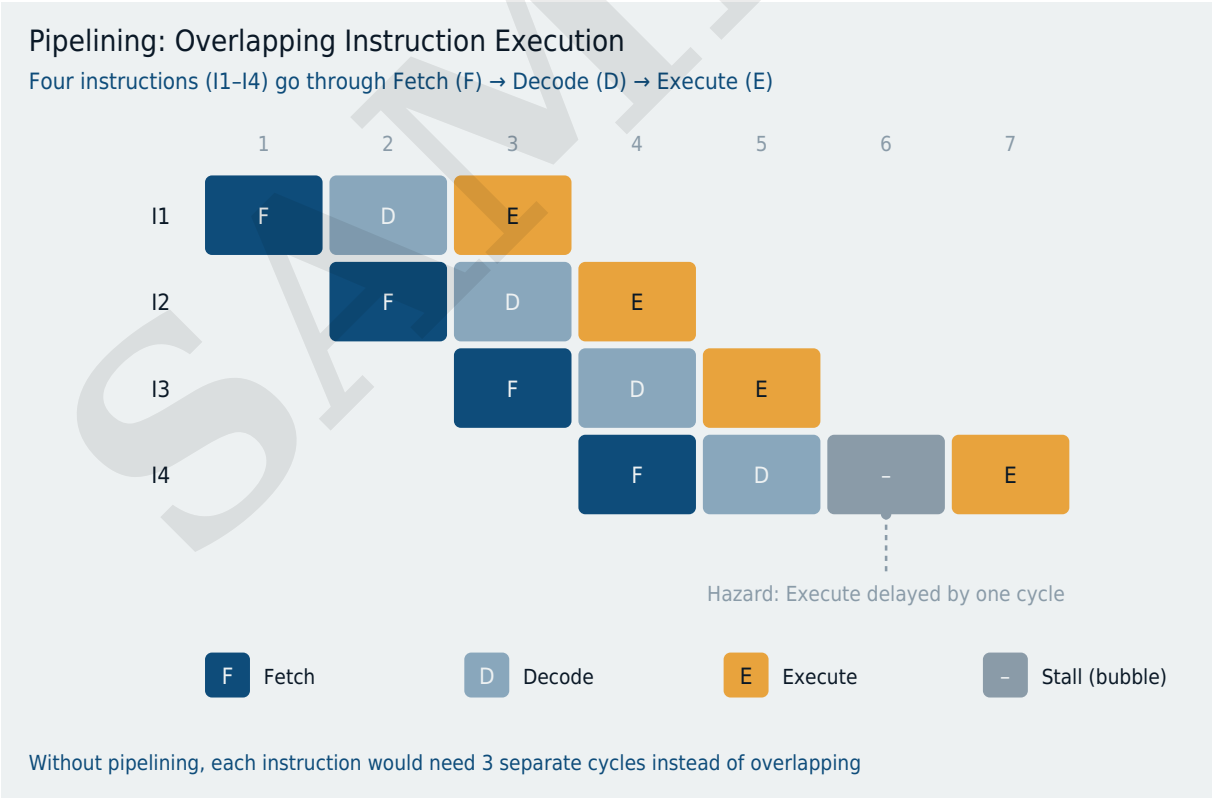
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod *Lorem*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

SAMPLE

Clock, Pipelining and Parallelism

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit *Lorem*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla *Lorem*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim *Lorem ipsum*Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

SAMPLE

From Die to Chip

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem ipsumLorem.

Control Unit and Instruction Execution

Datapath and Control Unit: Who Does What

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

SAMPLE

Opcode and the Fetch-Decode-Execute Cycle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Hardwired versus Microcoded Control Units

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

CPU vs. GPU

Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

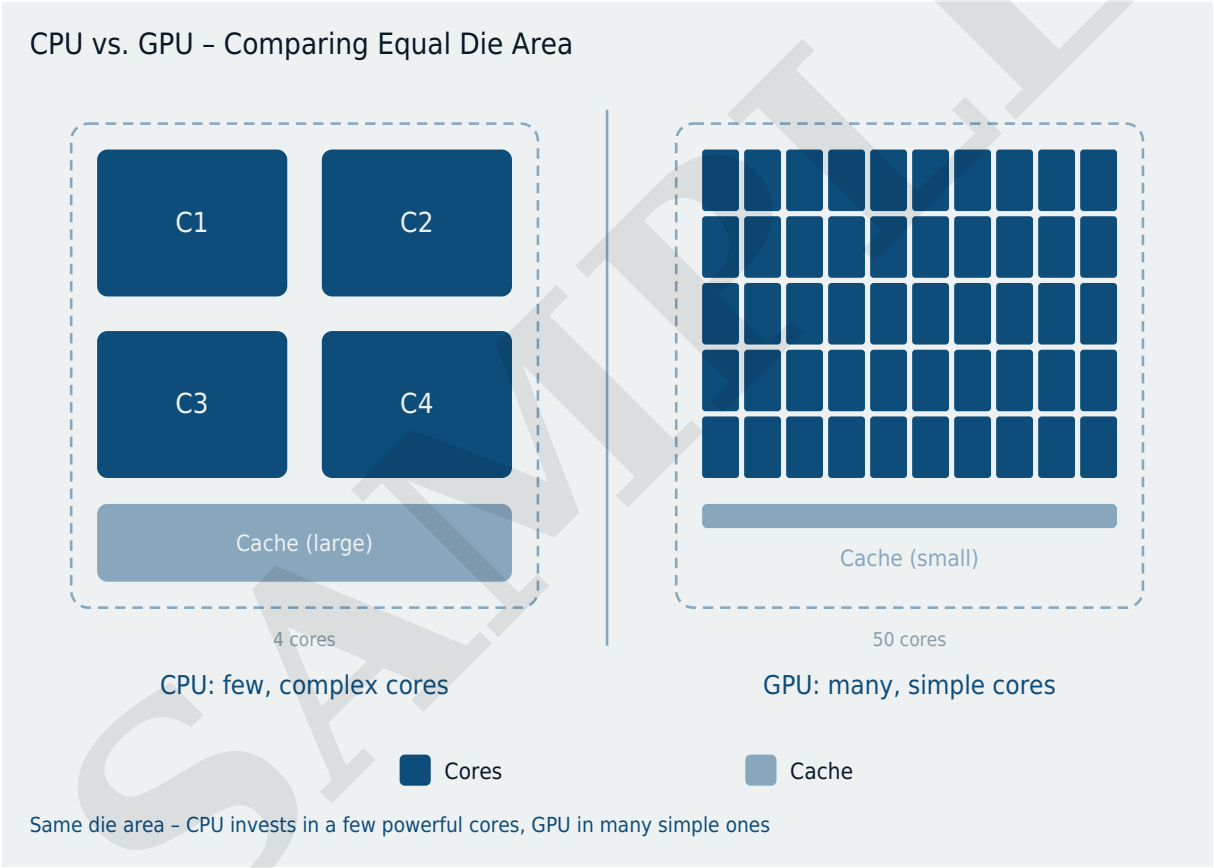
Architectural Difference

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.



Same die area – CPU invests in a few powerful cores, GPU in many simple ones

Memory Hierarchy and Bandwidth

Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Application Areas

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Comparison Table

Lorem	Lorem	Lorem
Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor
Lorem ipsum dolor	Lorem	Lorem
Lorem ipsum	Lorem	Lorem ipsum dolor sit
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit

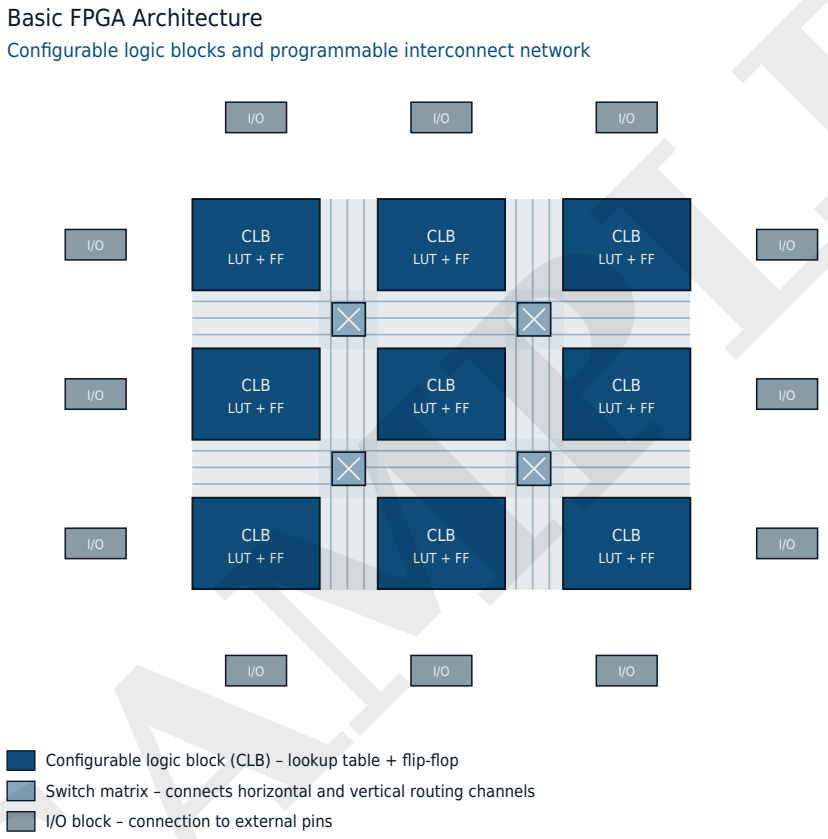
FPGA vs. ASIC: Synthesis Flow and HDL

Two Paths from Circuit Design to Silicon

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Hardware Description Languages and the Synthesis Flow

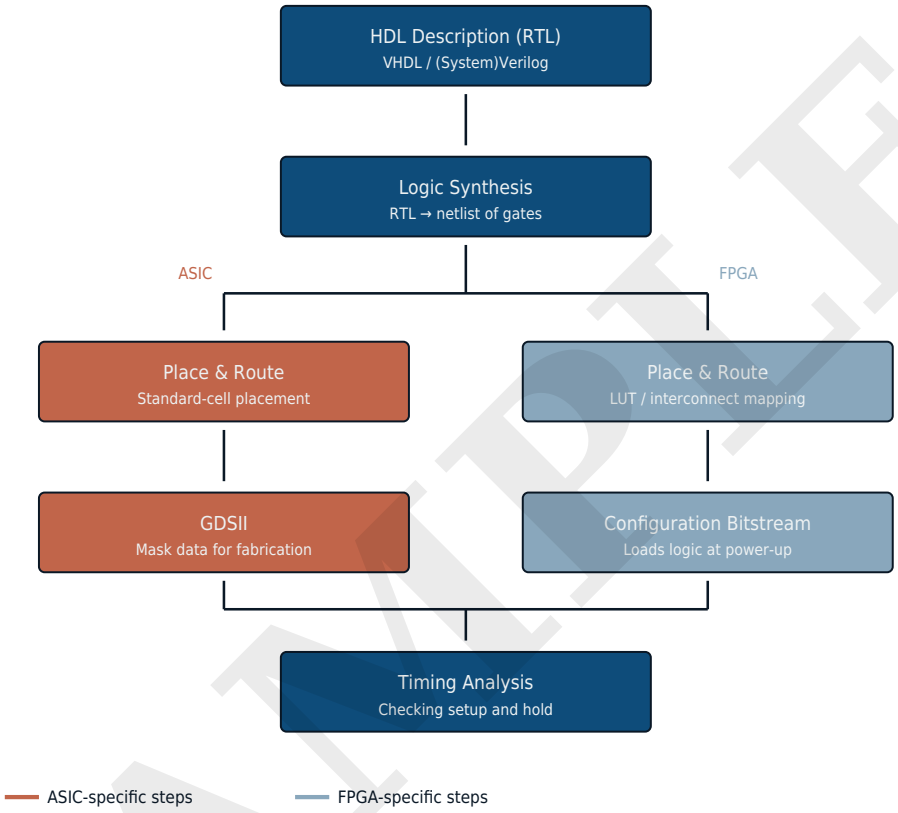
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Synthesis Flow: From HDL to Silicon

Shared steps, then separate paths for ASIC and FPGA



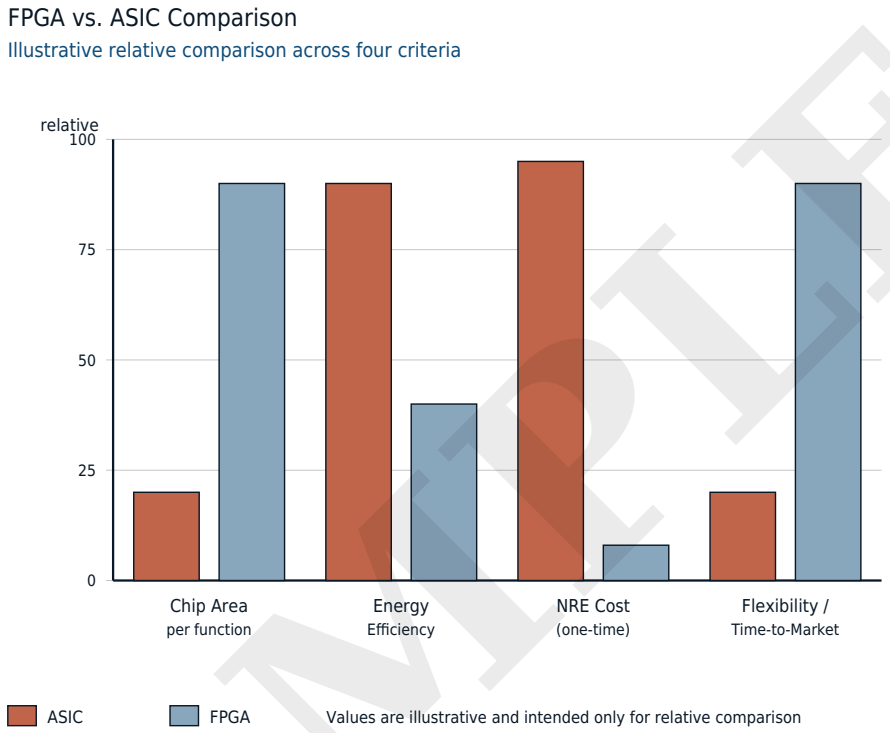
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit.

When FPGA, When ASIC?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Why New Memory Technologies?

The Limits of Flash

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

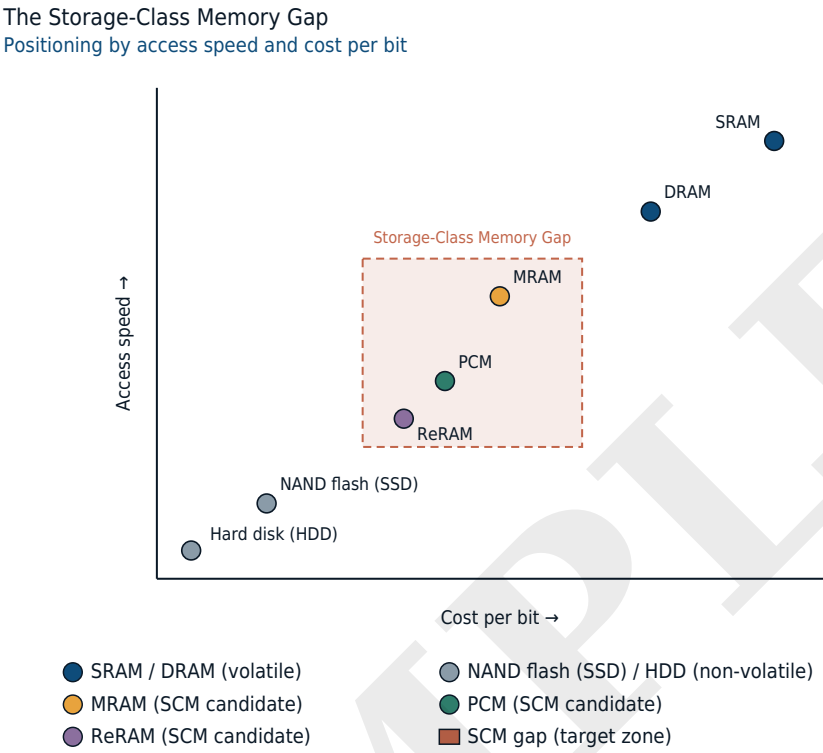
The Gap Between Working Memory and Mass Storage

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

SAMPLE

Positioning by speed and cost per bit



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

MRAM – Magnetoresistive RAM

The Tunnel Magnetoresistance Effect (TMR)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

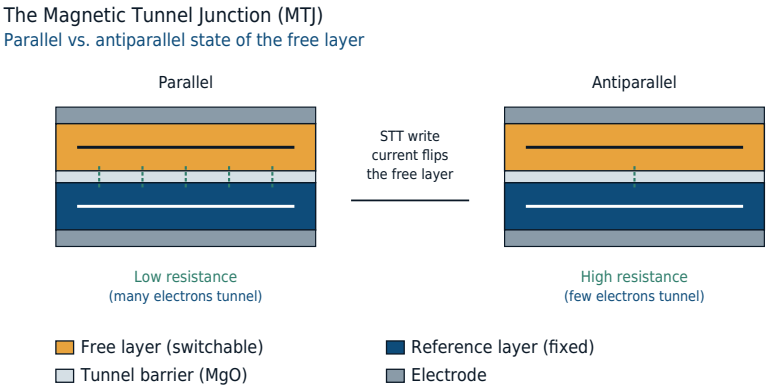
Structure of the Magnetic Tunnel Junction (MTJ)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

MTJ in the parallel and antiparallel state

SAMPLE



STT-MRAM as Today's Standard Variant

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Properties

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

ReRAM – Resistive RAM

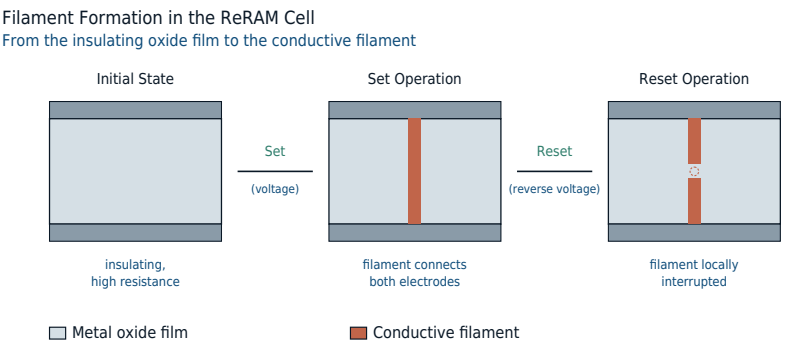
The Principle of Filament Formation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Filament formation: initial state, set, and reset

SAMPLE



Set and Reset Operations

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Material Systems

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Properties and Challenges

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

PCM – Phase-Change Memory

Amorphous vs. Crystalline State as the Storage Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

The Chalcogenide Material GST

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et

SAMPLE

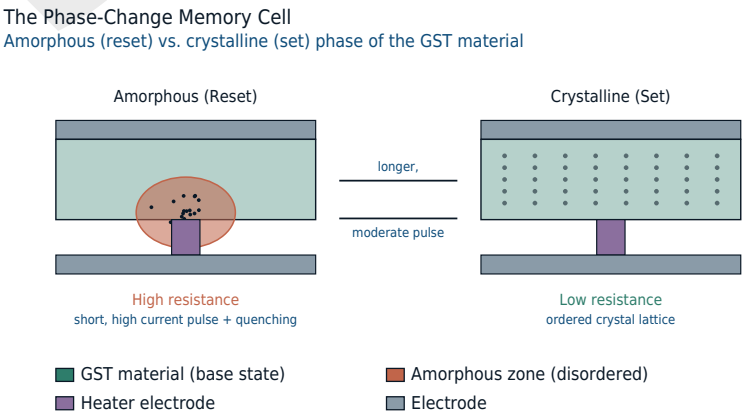
dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Writing by Heating and Quenching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

PCM cell in the amorphous and crystalline state



SAMPLE

Intel Optane as the Best-Known Example

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem ipsumLorem ipsum dolor Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Comparison & Context

MRAM, ReRAM, PCM, and Flash Directly Compared

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non

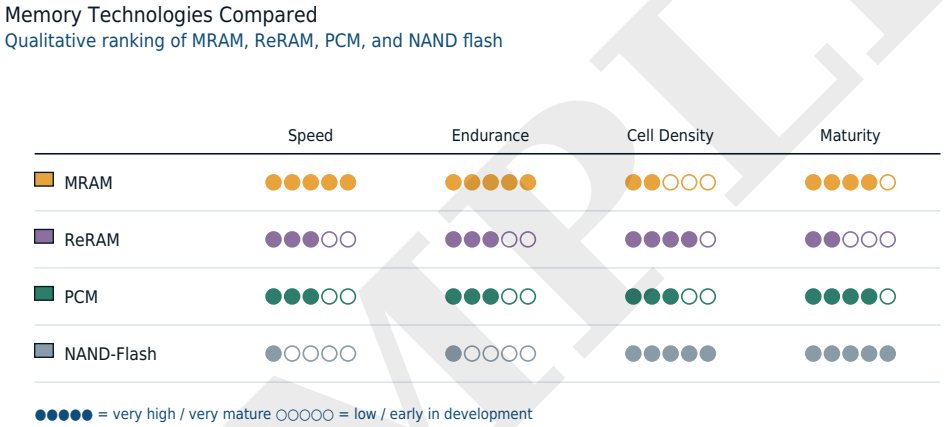
- LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.
- LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.
- Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim

SAMPLE

veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

- LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Rating grid of the four technologies



Applications and Outlook

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit

SAMPLE

voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

SAMPLE

Analog & Mixed-Signal Design

Operational Amplifiers

Fundamentals & the Ideal Op-Amp

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem.

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt

- Lorem ipsum dolorLorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsumLorem
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed
- Lorem ipsum

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Differential Pair & Current Mirror as Input Stage

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim adLorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum

SAMPLE

dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Topologies: Miller OTA, Telescopic Cascode, Folded Cascode

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

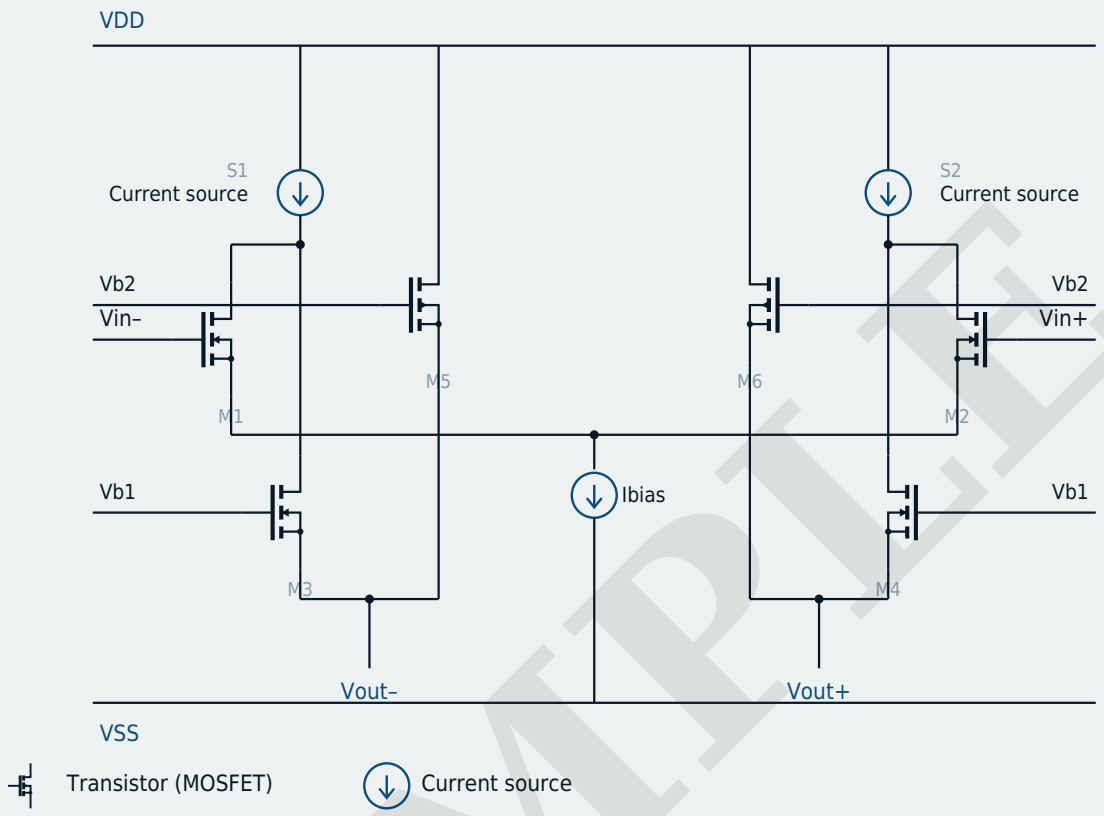
Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

SAMPLE

Folded-Cascode Operational Amplifier

Simplified schematic (single-stage OTA)



The input pair M1/M2 is folded through current sources S1/S2 into cascode branches (M3–M6) toward the output nodes Vout–/Vout+.

Key Parameters: Gain, GBW, Slew Rate, PSRR/CMRR, Offset

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore

- Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem ipsum dolor$_{\text{Lorem}}$Lorem.
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.
- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elitLorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.
- Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

SAMPLE

eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Frequency Compensation

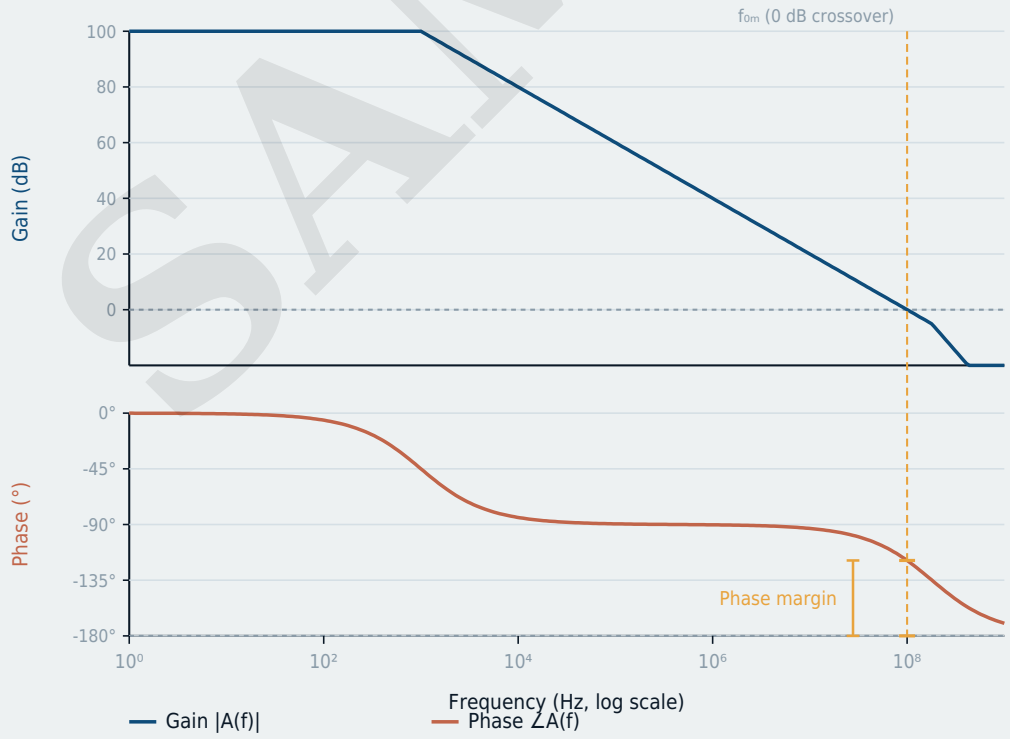
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Bode Plot with Phase Margin

Gain and phase of a compensated two-stage op-amp



Phase margin = distance of the phase curve to –180° at the 0 dB crossover frequency.

SAMPLE

Practice: Common Basic Circuits

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore

- Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

ADC Architectures

Fundamentals: Sampling, Quantization, Resolution

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam Lorem Lorem ipsum dolor Lorem Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem[Lorem] Lorem ipsum dolor LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et Lorem Lorem ipsum Lorem Lorem ipsum dolor sit Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

SAR ADC (Successive Approximation Register)

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit Lorem Lorem ipsum dolor sit amet Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Pipeline ADC

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Sigma-Delta ADC

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elitLorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Flash ADC

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna Lorem[Lorem] Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Comparison & Application Areas

Lorem	Lorem ipsum	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum
Lorem	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit
Lorem	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor sit
Lorem	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

DAC Architectures

Fundamentals: Resolution, INL/DNL, Settling Time

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor LoremLorem ipsum dolor sit amet Lorem[Lorem] Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi. Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

R-2R DAC

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

SAMPLE

doLorem Lorem LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Current-Steering DAC

Lorem Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Sigma-Delta DAC

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Comparison & Application Areas

SAMPLE

Lorem	Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor	Lorem ipsum dolor sit amet
Lorem	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet consectetur
Lorem	Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum dolor sit amet

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Bandgap References

Why a Temperature-Stable Reference Voltage?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

PTAT and CTAT Voltages

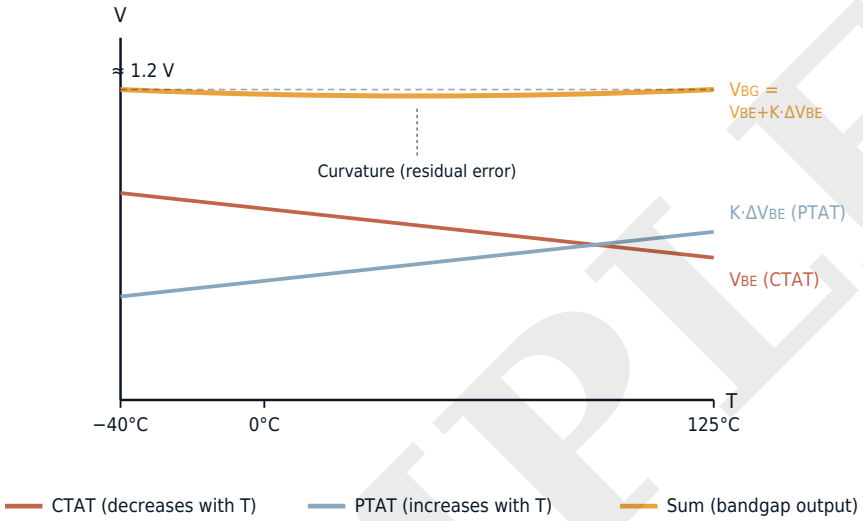
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur$_{\text{Lorem}}$ Lorem

SAMPLE

ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit ametLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

PTAT and CTAT Voltage Combine into the Bandgap Reference

Opposite temperature coefficients cancel out in the sum



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Practical Circuits and Residual Error

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Comparators

Basic Function and Distinction from the Operational Amplifier

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

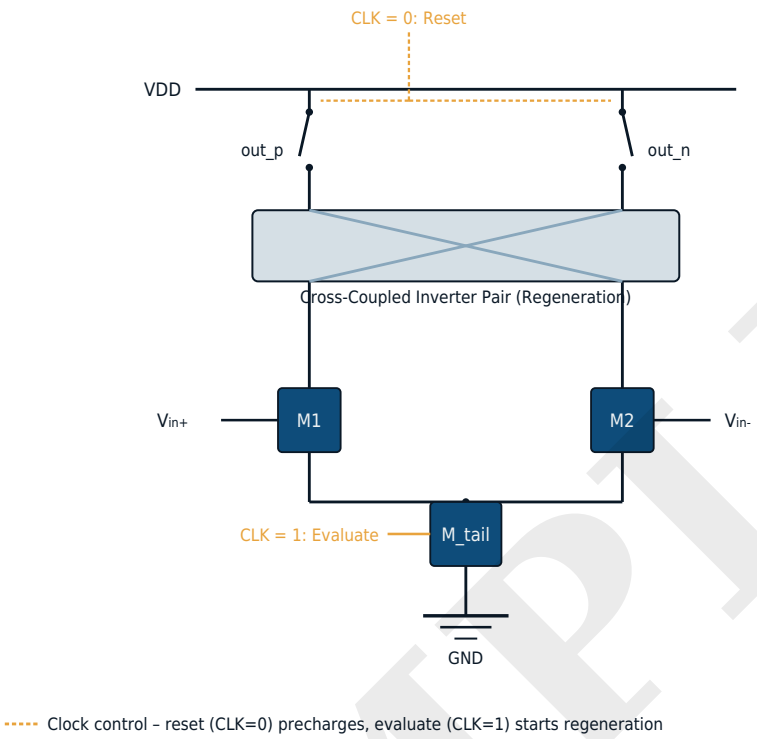
Regenerative Comparators (Latch Comparators)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

SAMPLE

StrongARM Latch (Regenerative Comparator)

Cross-coupled inverter pair amplifies the input difference



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Offset, Hysteresis, and Kickback

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

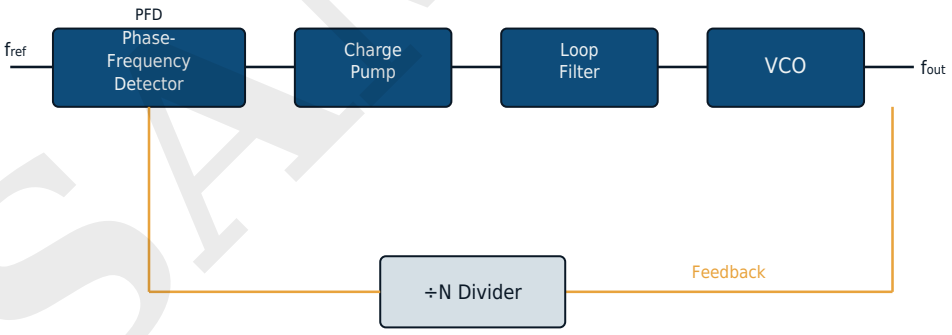
PLL – Phase-Locked Loop

Basic Principle of the Feedback Loop

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Block Diagram of a Phase-Locked Loop (PLL)

Feedback loop from phase detector to frequency divider



$f_{out} = N \cdot f_{ref}$

Feedback path – the loop settles so that the phase error is minimized

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

SAMPLE

Phase-Frequency Detector, Charge Pump, and Frequency Divider

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum $\text{dolor}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Loop Bandwidth, Jitter, and Applications

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Voltage Regulators: LDOs and Switching Regulators

The Low-Dropout Regulator (LDO)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat$_{\text{Lorem}}$Lorem$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

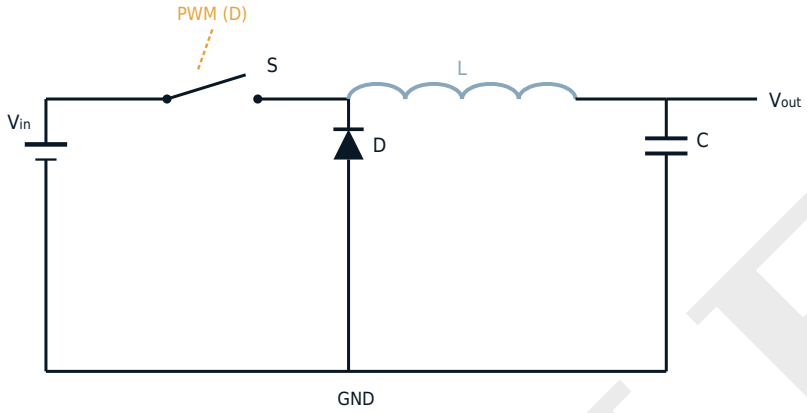
Switching Regulators Using the Buck Converter as an Example

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

SAMPLE

Circuit Diagram of a Step-Down (Buck) Converter

Basic switching regulator topology with switch, inductor, and diode



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Comparison and Typical Combination of Both Principles

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

SAMPLE

Noise in Semiconductor Devices

Thermal Noise

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}^{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Shot Noise

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}^{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

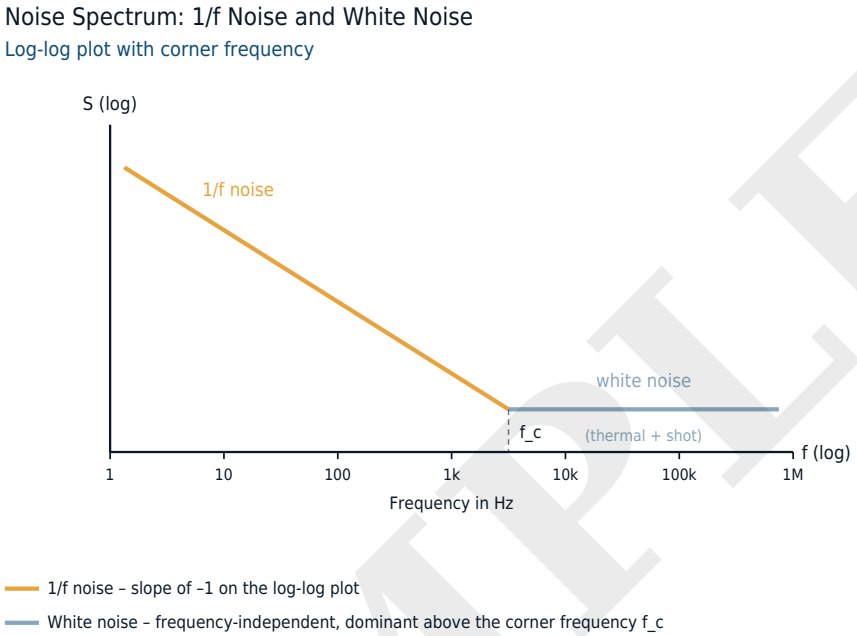
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

1/f Noise (Flicker Noise)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

SAMPLE

Optoelectronics & Photonics

Fundamentals of Optoelectronics

Why Optoelectronics?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Direct vs. Indirect Bandgap

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Photon Energy and Bandgap

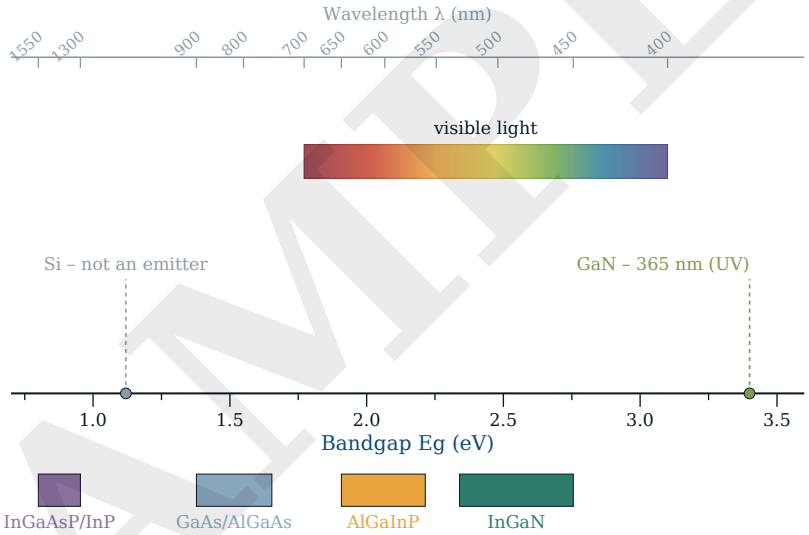
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sitLorem ipsum dolor sit amet Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem}}$ LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Bandgap and Emission Wavelength
Material systems of optoelectronic devices at a glance



$E = h \cdot c / \lambda \approx 1240\ \text{eV} \cdot \text{nm} / \lambda$

Material System Overview

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt

- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna
- Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim
- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam

SAMPLE

- Lorem ipsum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo.

Quantum Efficiency as a Metric

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Light-Emitting Diodes (LED)

Structure and Operating Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$LoremLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua

SAMPLE

enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Material Systems by Color

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Quantum Wells for Improved Efficiency

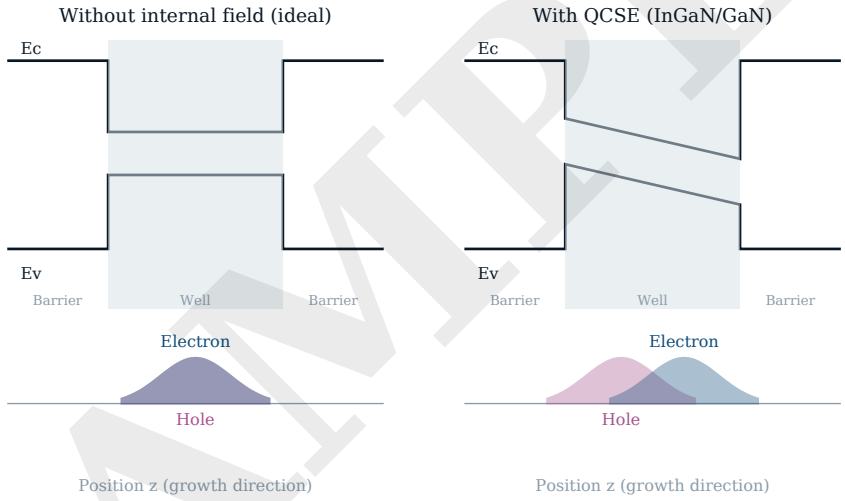
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi.

Quantum Well Without and With QCSE
Spatial separation of electron and hole due to the internal field in InGaN/GaN



Strong overlap → high radiative recombination rate;
separated wavefunctions → reduced efficiency.

Droop and Extraction Efficiency

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esseLorem ipsumLorem ipsum dolor sit ametLorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consecteturLorem ipsumLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

SAMPLE

adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

From Emission to Usable Light Output

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Laser Diodes

From LED to Laser: Population Inversion and Stimulated Emission

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

The Optical Resonator and Mode Formation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Edge Emitters: Fabry-Pérot and DFB Lasers

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

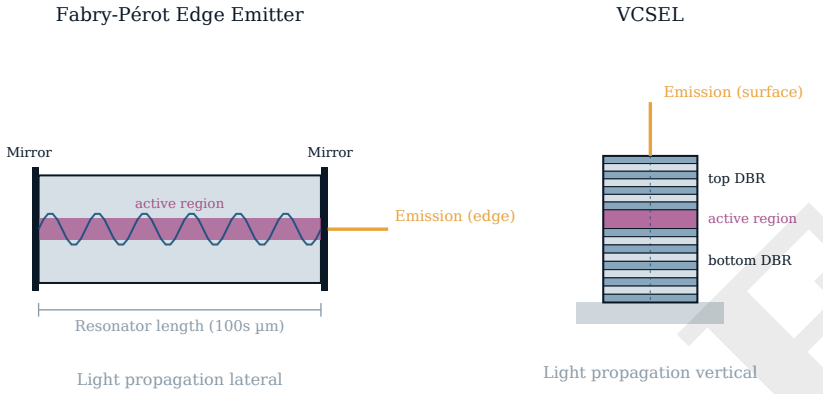
VCSEL: Structure and Advantages

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

SAMPLE

Optical Resonator: Edge Emitter vs. VCSEL
Lateral resonator (Fabry-Pérot) vs. vertical DBR resonator (VCSEL)



Short gain length in a VCSEL requires mirror reflectivities > 99% – hence DBR stacks instead of simple cleaved facets.

Material Systems and Applications

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Photodiodes & Photodetectors

SAMPLE

Operating Principle: pn and pin Photodiodes

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisiLorem ipsum$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Key Parameters: Quantum Efficiency and Responsivity

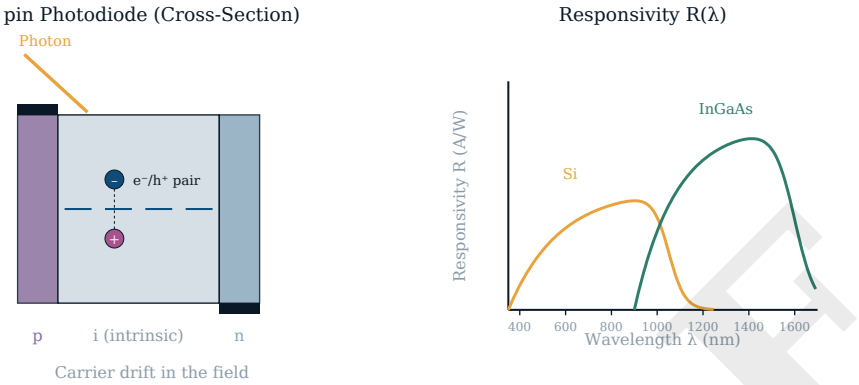
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse Lorem ipsum$_{Lorem}$Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore Lorem$_{Lorem}$ Lorem ipsum dolor$_{Lorem}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

SAMPLE

pin Photodiode and Spectral Responsivity

Structure of the pin photodiode and material-dependent sensitivity over wavelength



The electric field spans the full thickness of the i-layer – carriers drift rather than diffuse, raising yield and bandwidth.

Avalanche Photodiode (APD)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Material Choice by Wavelength Range

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur Lorem[Lorem] Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Applications: Fiber-Optic Communication and Image Sensing

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Integration & Applications

The Optical Transmission Chain

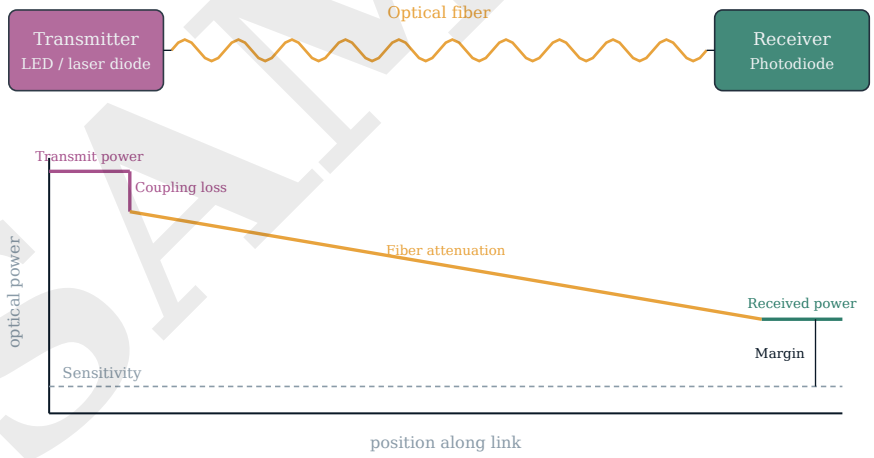
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

Optical Transmission Chain and Link Budget
Transmitter, fiber and receiver as a coordinated system chain



The power budget — transmit power minus all losses — must exceed the photodiode's minimum detectable power.

Display Technology: LED Backlighting, µLED, and OLED Compared

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Sensing: LiDAR and Time-of-Flight

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Sensing: Pulse Oximetry and Proximity Sensors

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Photonic Integrated Circuits (PICs) – Outlook

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

Fabrication of Optoelectronic Devices

Epitaxy: MOCVD and MBE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

SAMPLE

Mesa Patterning and Metallization

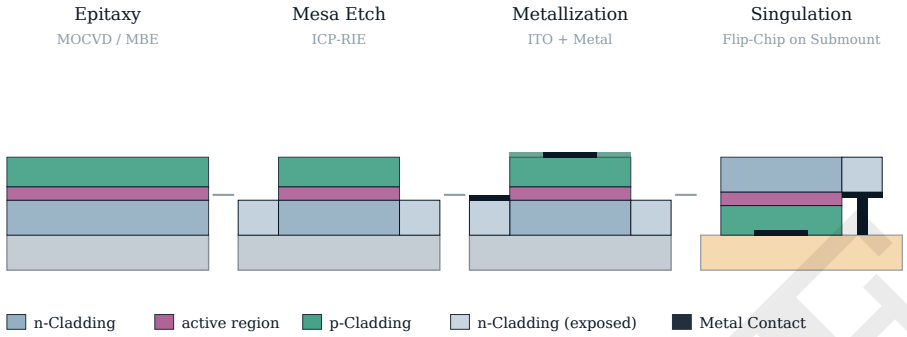
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

SAMPLE

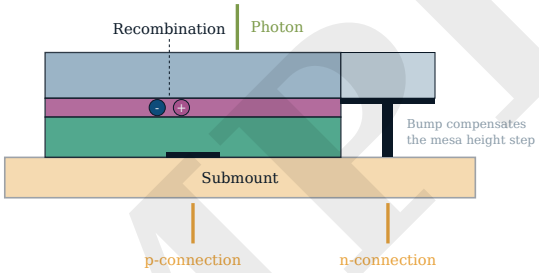
Fabrication Flow: From Epitaxy to Mounted Chip

Four key process steps in LED and laser diode fabrication



Only the active region (center) must stay defect-poor across the entire process chain – every step can affect quantum efficiency.

Device in Operation: Current Flow and Light Emission



Holes and electrons are injected into the active region via the contacts, recombine radiatively there – the photon exits on the substrate side.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

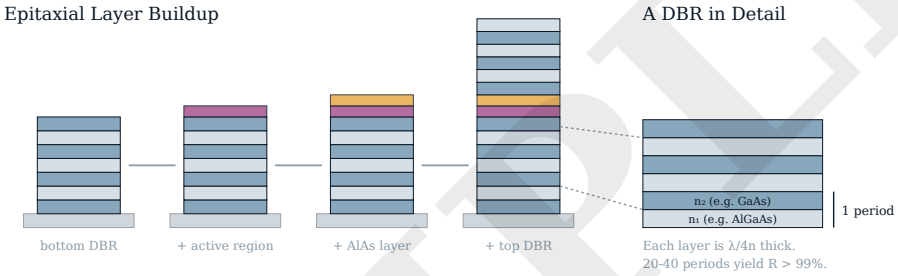
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

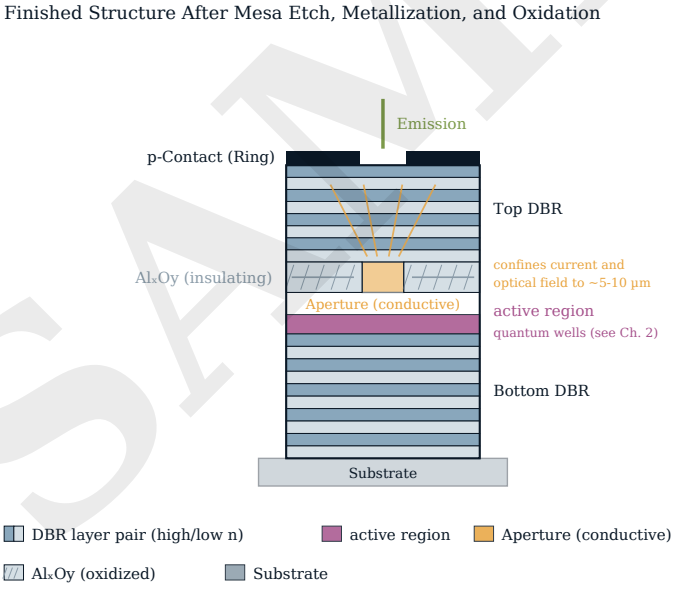
SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

VCSEL Oxide Aperture: Structure and Formation

Lateral wet oxidation confines current and optical field to a small opening

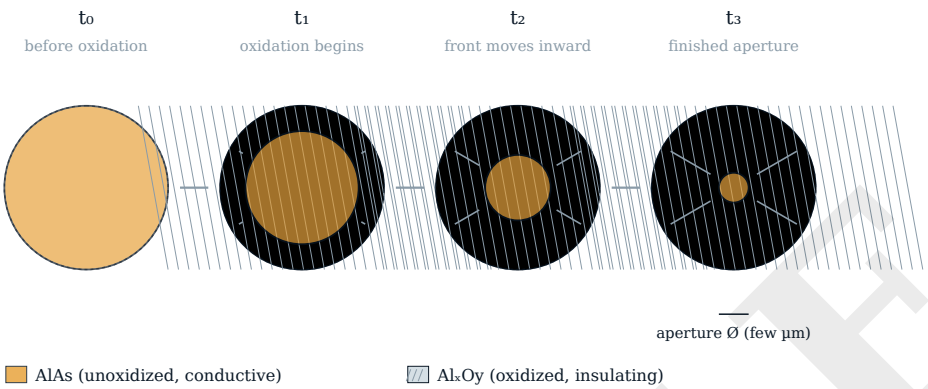




The oxidation front grows inward from the mesa edges, forcing current and optical field through the remaining central opening, just a few µm wide.

SAMPLE

Formation of the VCSEL Oxide Aperture (Top View)
Lateral wet oxidation propagates radially inward from the mesa edge



Oxidation time and temperature determine lateral penetration depth and thus the final aperture diameter - central to threshold current and mode behavior.

Facet Formation in Edge Emitters

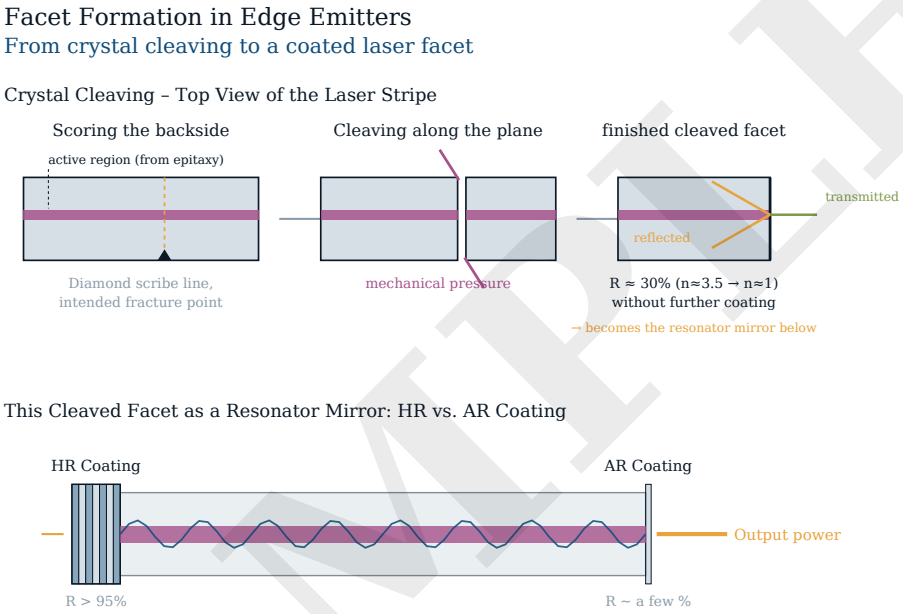
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

Lorem ipsum dolor



For VCSELs, this entire fabrication step is skipped – the DBR mirrors are already grown epitaxially (see VCSEL chapter).

Crystal cleaving yields atomically smooth facets with a natural reflectivity of ~30%; dielectric coatings then set threshold current and output direction deliberately.

Singulation and Packaging

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Solar Cells

The Photovoltaic Effect: Basic Principle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Internal Structure of a Si Solar Cell

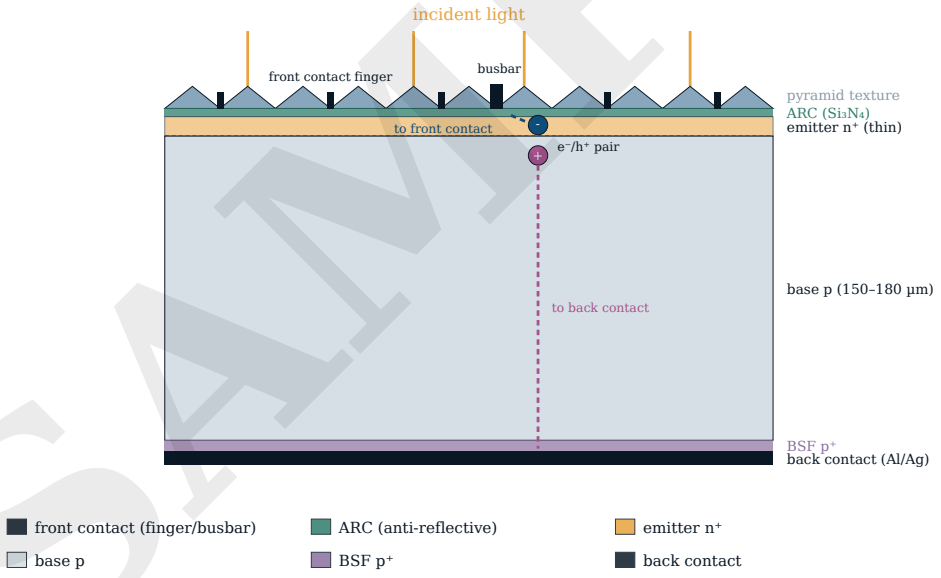
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

Internal Structure of a Crystalline Si Solar Cell
From incident light to charge separation at the pn junction



Only carriers separated near the thin emitter layer are collected efficiently – texturing and ARC first maximize how much light gets in.

I-V Characteristics and Key Parameters

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do

SAMPLE

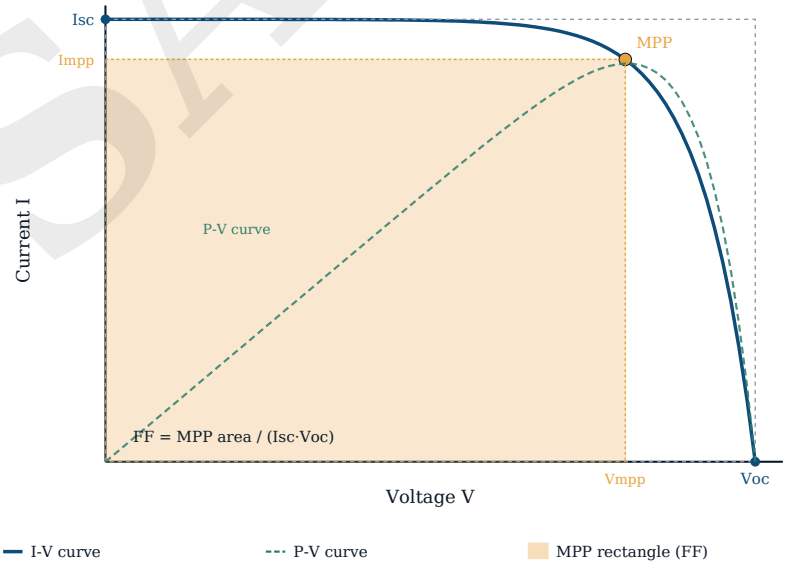
eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem $\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}\text{Lorem}_{\text{Lorem}}\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$Lorem Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident Lorem $\text{ipsum}_{\text{Lorem}}\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

I-V Characteristic and Maximum Power Point

Short-circuit current, open-circuit voltage and fill factor of an illuminated solar cell



The fill factor FF describes how closely the curve approaches the theoretical rectangle formed by Isc and Voc – the more square-shaped, the higher FF.

SAMPLE

Loss Mechanisms

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolorLorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor$\text{Lorem}_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Material Systems and Cell Types

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

Micromechanics

Introduction to MEMS

Introduction to MEMS

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

Anisotropic Etching of Silicon

Crystal Orientation and Etch Rates

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

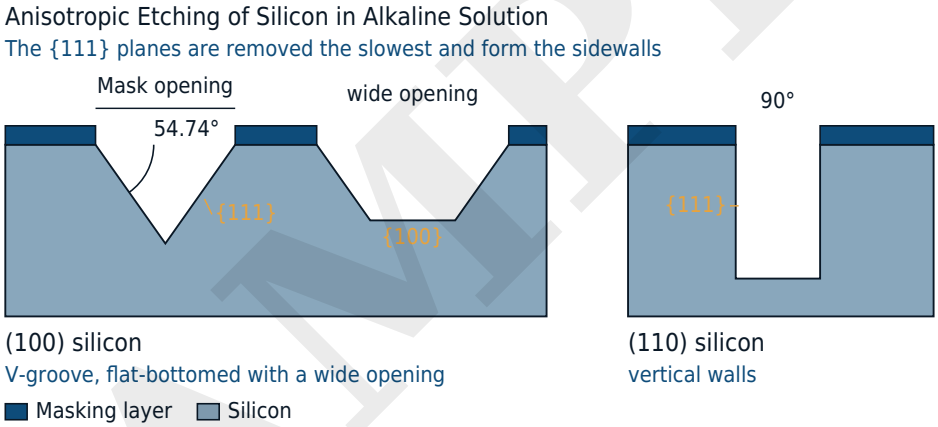
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

SAMPLE

The Characteristic 54.74° Angle

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.



Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

(110) Silicon: Vertical Walls

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Sacrificial Layer Technique

The Principle of the Sacrificial Layer

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

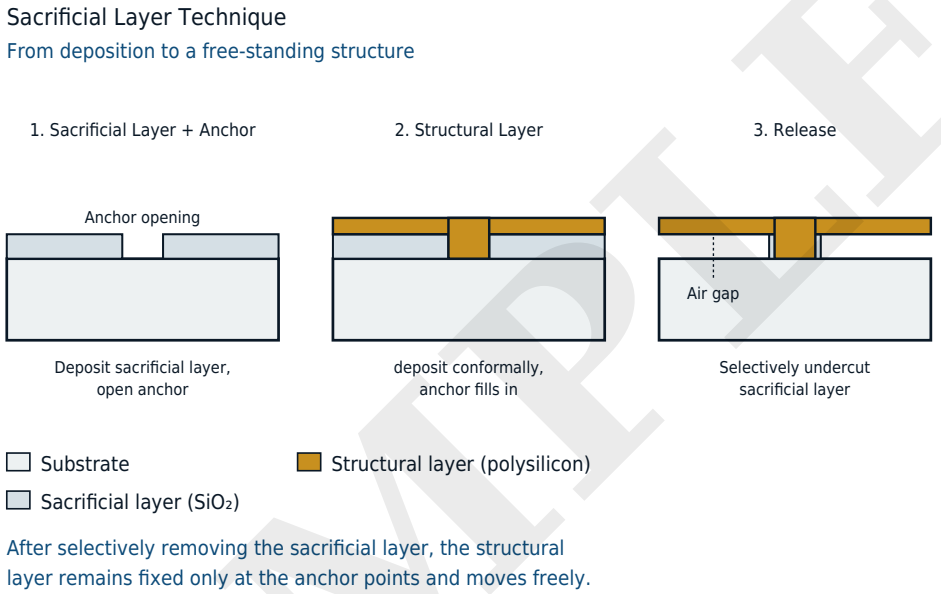
Process Flow: Deposit, Pattern, Release

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.



Stiction: Sticking of Released Structures

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Bulk vs. Surface Micromachining

SAMPLE

Bulk Micromachining: Etching Into the Depth

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Surface Micromachining: Building Up on the Surface

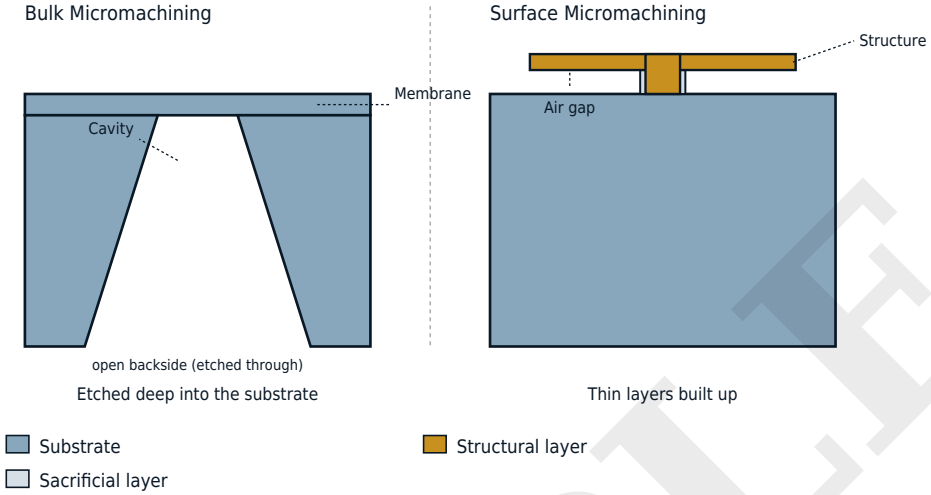
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

SAMPLE

Bulk vs. Surface Micromachining

Two fabrication philosophies compared



Bulk: robust, deep structures from the substrate itself.
Surface: fine, CMOS-compatible structures from thin layers.

Which Process for Which Application?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

The MEMS Accelerometer

Structure: Seismic Mass and Springs

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

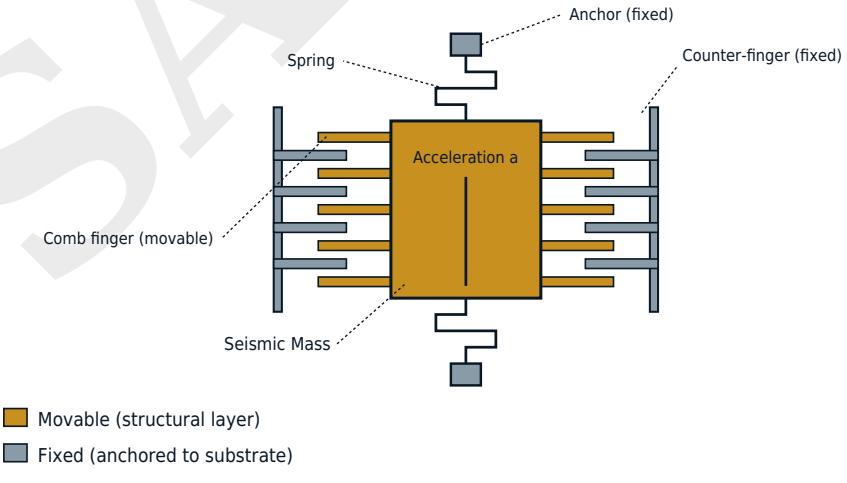
Capacitive Readout: The Comb Structure

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

The Comb Structure of a MEMS Accelerometer

Top view: seismic mass, springs and comb fingers



As the mass moves, the finger spacing changes in opposite directions – one capacitance rises while the other falls (differential measurement).

SAMPLE

From Capacitance Change to Signal

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

The Microphone and Pressure Sensor

Shared Principle: Membrane Over a Cavity

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

The MEMS Microphone: Membrane and Backplate

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

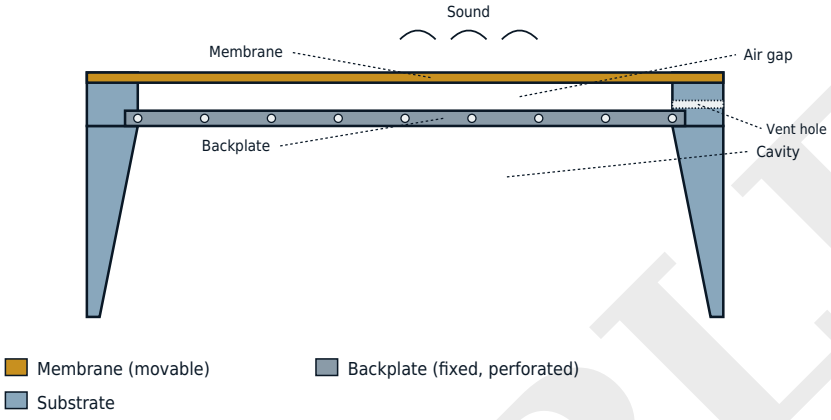
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

The MEMS Microphone in Cross-Section

Membrane, air gap and perforated backplate



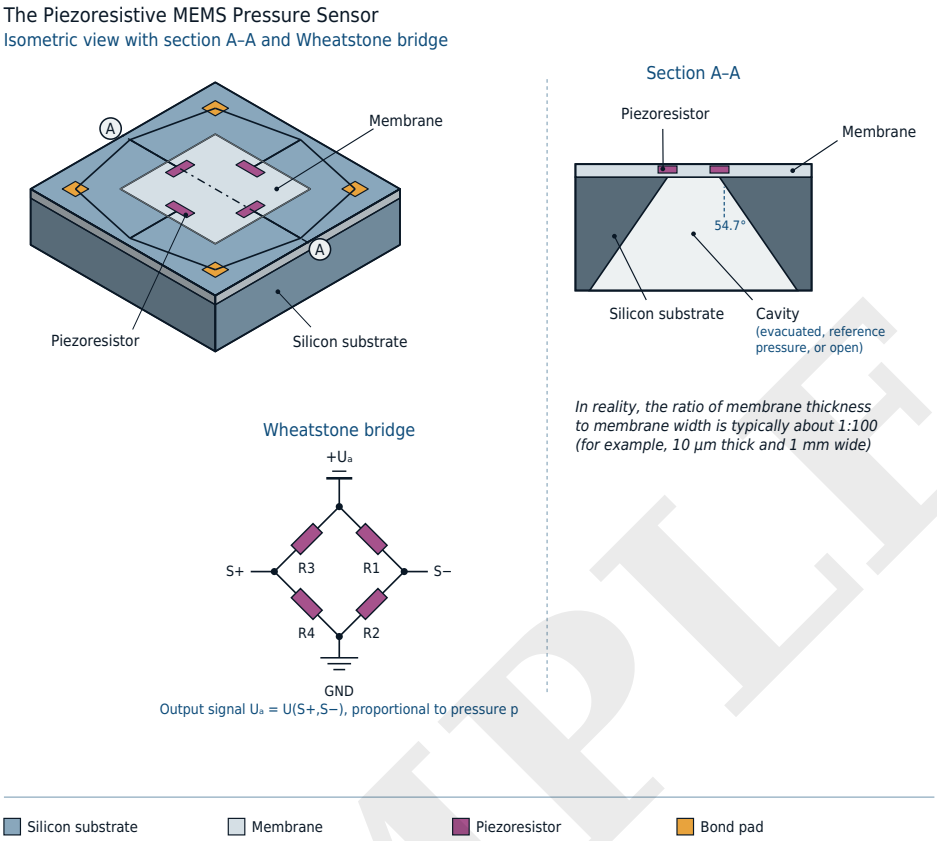
Sound deflects the membrane, changing its distance to the backplate – the capacitance between them fluctuates in step with the sound wave.

The MEMS Pressure Sensor: Piezoresistive Readout

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

SAMPLE



DRIE: Deep Reactive Ion Etching

The Limits of Wet Etching

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

The Bosch Process: Alternating Etch and Passivation

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Scallops: The Characteristic Wavy Structure

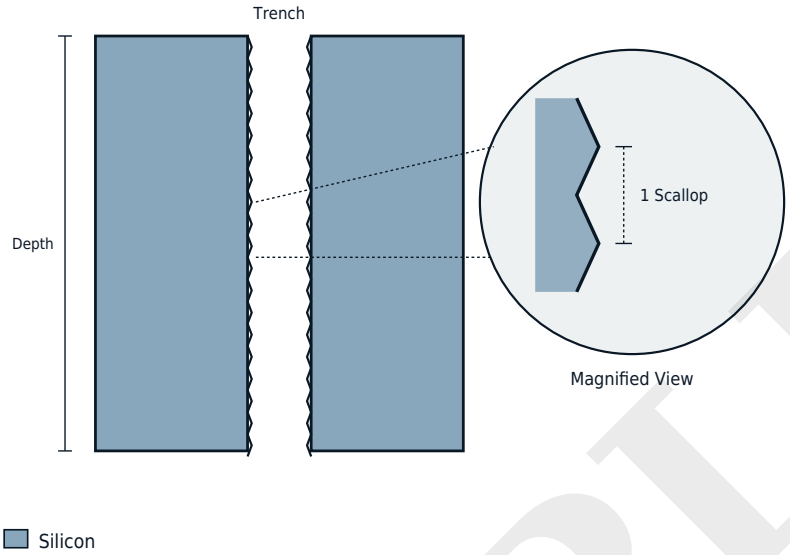
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

SAMPLE

Scallops: The Wavy Structure of DRIE Etching

Each etch/passivation cycle leaves a fine ripple



Shorter etch/passivation cycles produce finer scallops, longer cycles produce coarser ones (typically 50 to 500 nanometers).

Aspect Ratio and Process Limitations

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit.

SAMPLE

Compound Semiconductors

Fundamentals & Material System

Why Compound Semiconductors for Power Electronics?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco.

Material Comparison: SiC, GaN and Silicon

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem	Lorem	Lorem	Lorem
Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum dolor sit	Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum dolor sit amet	Lorem ipsum	Lorem ipsum	Lorem ipsum
Lorem ipsum dolor sit	Lorem	Lorem	Lorem

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis.

The Baliga Figure of Merit

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

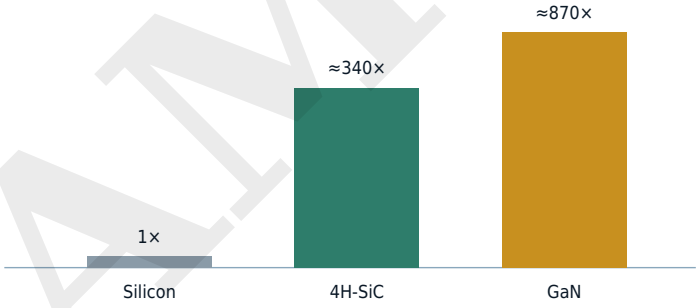
Baliga Figure of Merit (BFOM)

Material figure of merit for the minimum achievable on-resistance

$$BFOM = \varepsilon r \cdot \mu \cdot Ec^3$$

εr: permittivity · μ: carrier mobility · Ec: critical breakdown field strength

BFOM relative to Si



Positioning: Where Is Each Material Used?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

Crystal Growth & Substrates

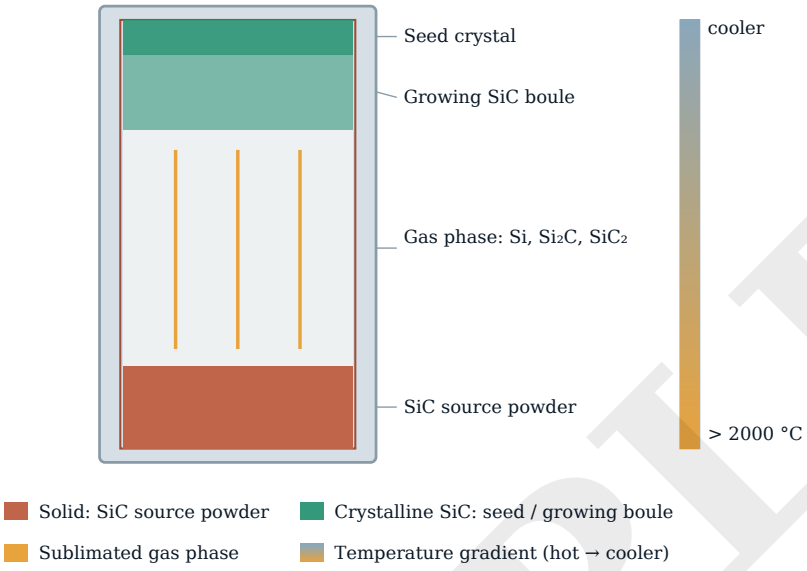
SiC Crystal Growth: Physical Vapor Transport

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

SAMPLE

PVT Process: SiC Crystal Growth
Physical Vapor Transport – sublimation above 2000 °C



Chamber atmosphere: argon at reduced pressure (approx. 10–200 mbar).
Typical growth rate 0.3–1 mm/h, process duration several days to weeks.

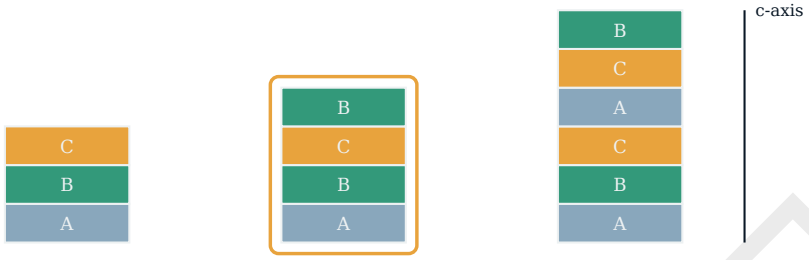
Polytypes: Why 4H-SiC?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

Polytype Comparison: 3C, 4H and 6H SiC
Stacking sequence of the Si-C bilayers along the c-axis



3C-SiC (cubic)
Eg ≈ 2.36 eV

4H-SiC (hexagonal)
Eg ≈ 3.26 eV — power electronics

6H-SiC (hexagonal)
Eg ≈ 3.0 eV

A, B and C denote the three possible lateral positions of a Si-C bilayer in closest packing (see bar colors).

Off-axis growth (typ. 4° miscut) forces step-flow growth of the desired polytype.

Without the miscut, the thermodynamically more favorable 3C polytype tends to form instead.

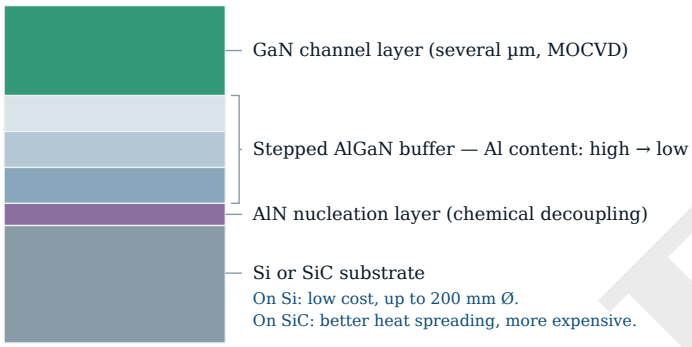
GaN Epitaxy: Heteroepitaxy Instead of Native Substrates

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

SAMPLE

GaN Heteroepitaxy on a Foreign Substrate
Layer stack for relieving lattice and thermal-expansion mismatch



The stepped buffer architecture builds up compressive pre-stress that counteracts the tensile stress on cooling — required for crack-free GaN.

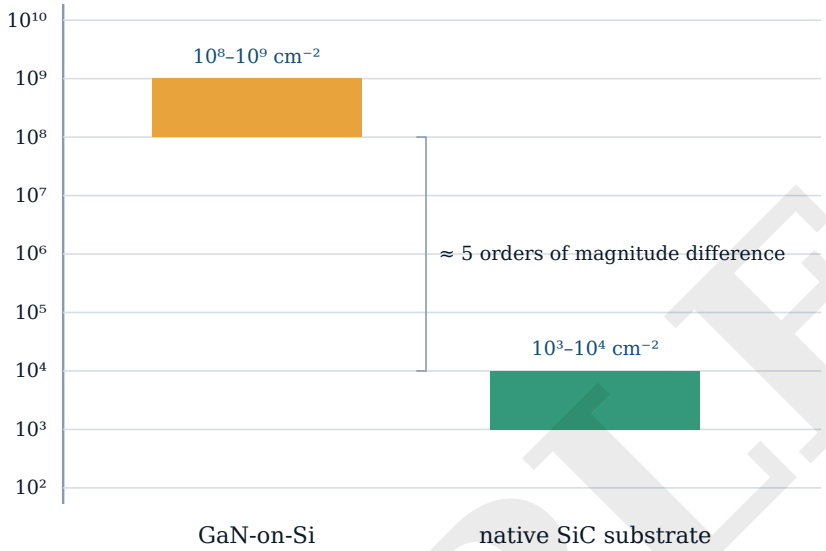
Lattice Matching, Strain and Defect Density

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

SAMPLE

Residual Dislocation Density Despite Buffer Architecture
GaN-on-Si vs. native SiC substrate (logarithmic scale)



Lattice mismatch GaN/Si ≈ 17 %, thermal-expansion difference > 50 % — the root cause of the residual dislocations.

In practice: GaN-on-Si up to approx. 650–900 V; higher demands → GaN-on-SiC or native SiC.

SiC Power Devices

The SiC Power MOSFET

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

The SiC Schottky Diode

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim.

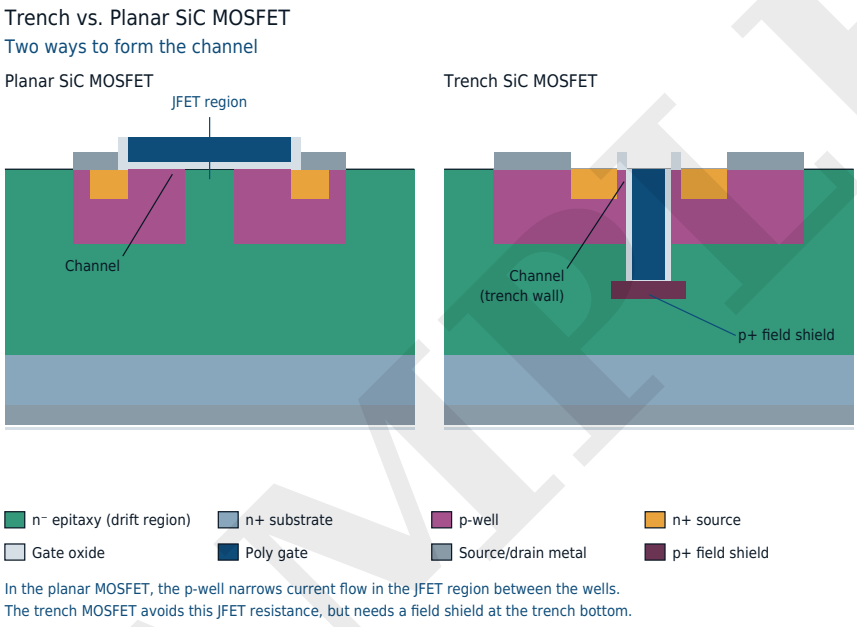
Trench vs. Planar SiC MOSFET

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.



The SiC/SiO2 Interface as a Challenge

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

GaN Power Devices

The 2DEG: Foundation of the HEMT

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

The GaN HEMT as a Power Switch

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

E-Mode vs. D-Mode and the Cascode Configuration

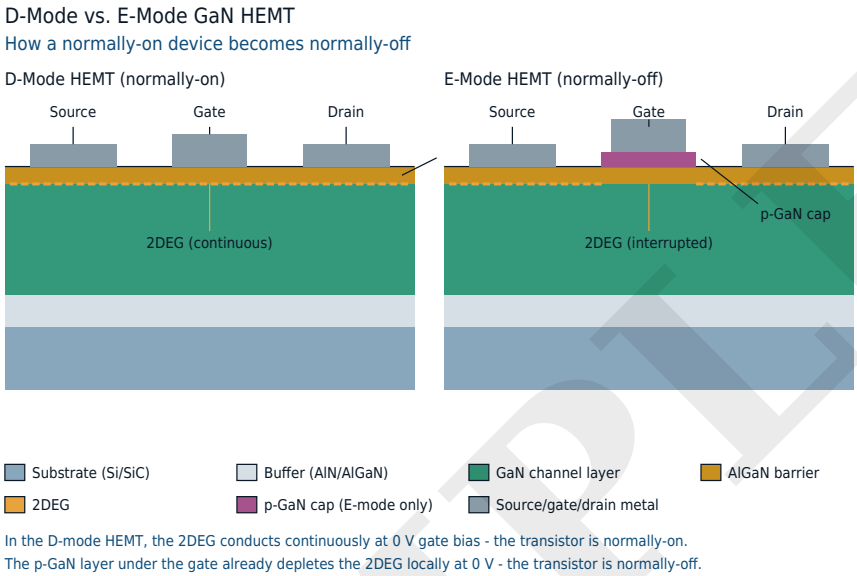
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.



Lateral vs. Vertical: Why GaN Mostly Stays Lateral

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat.

Applications & System Comparison

E-Mobility: SiC Dominates the Traction Inverter

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Fast-Charging Infrastructure and Power Supplies: GaN Excels at High Frequency

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Efficiency and Switching Frequency Comparison

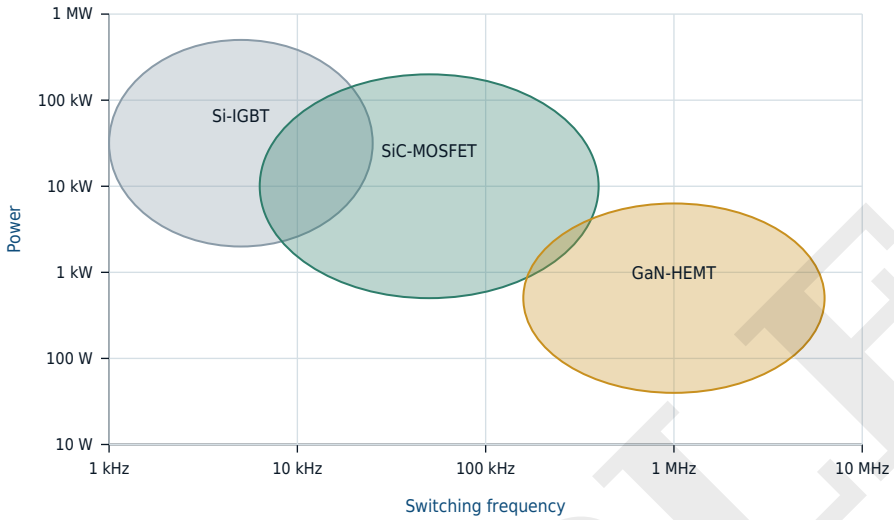
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur.

SAMPLE

Efficiency and Frequency Ranges Compared

Typical application ranges of Si IGBT, SiC MOSFET and GaN HEMT



Si IGBTs dominate low frequencies at very high power.
SiC MOSFETs cover the medium to high power range.
GaN HEMTs open up MHz frequencies at low to medium power.

Cost Trends and Outlook

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit.

SAMPLE

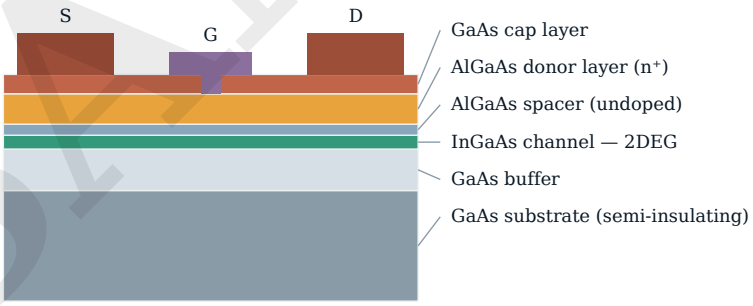
HEMT and HBT for RF Applications

The HEMT Principle for High-Frequency Applications

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore Lorem ipsum dolor Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

GaAs/InGaAs HEMT for High-Frequency Applications
Cross-section of a pHEMT with 2DEG channel and T-gate



T-gate: narrow recessed foot, wide head → low gate resistance at short gate length.

GaAs pHEMT: fT, fmax ≈ 100–150 GHz.
InP HEMT (gate length below 50 nm): fT > 600 GHz in the lab.
InGaAs channel: electron mobility ≈ 10,000–12,000 cm²/Vs.

The Heterojunction Bipolar Transistor (HBT)

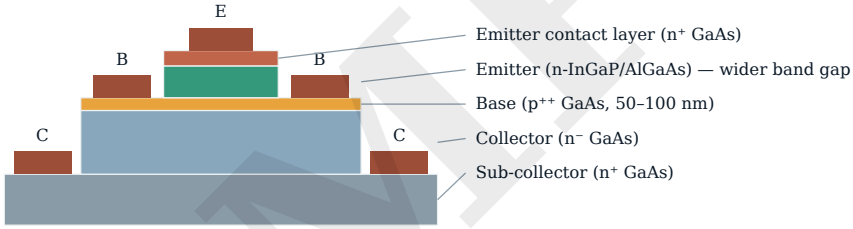
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore[Lorem] Lorem ipsum[Lorem]Lorem ipsum[Lorem]Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum$_{\text{Lorem}}$ Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis.

GaAs Heterojunction Bipolar Transistor (HBT)
Stepped mesa structure with emitter, base and collector



Current gain β ≈ 50–150; heavy base doping (10^{19}–10^{20} cm^{-3}) despite a thin base.
Commercial GaAs HBTs: fT, fmax ≈ 150–300 GHz.

Applications in High-Frequency Electronics

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

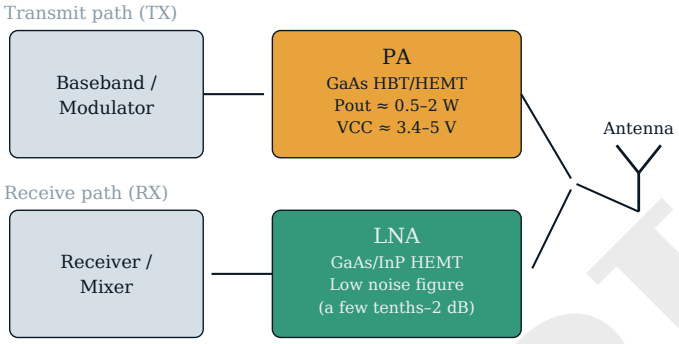
Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation.

RF Front End: PA and LNA Path

Transmit and receive path with GaAs/InP devices



GaN HEMT is gaining importance for high-power base stations and radar: several W/mm of gate width → transmit powers from tens up to over 100 W, compact.

InP-Based Photonic Devices

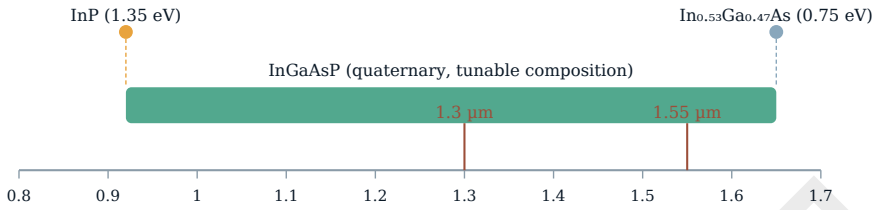
Why Indium Phosphide for Photonics

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit$_{\text{Lorem ipsum}}$Lorem$_{\text{Lorem ipsum}}$Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

SAMPLE

Wavelength Coverage in the InP Material System
Band gap and emission/absorption wavelength, lattice-matched to InP



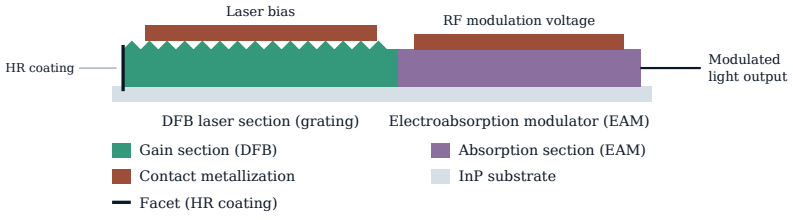
Telecom windows: 1.3 µm (min. dispersion) and 1.55 µm (min. loss, ≈ 0.2 dB/km).
InP/InGaAsP lattice mismatch below 0.1 % — near defect-free layer growth.

Laser Diodes and Electroabsorption Modulators

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris.

Electroabsorption Modulated Laser (EML)
Monolithically integrated DFB laser with electroabsorption modulator



DFB linewidth typically below 1 MHz due to the longitudinally single-mode grating.
Commercial EMLs: modulation bandwidth 25 to over 40 GHz, 40–100 Gbit/s per channel.

SAMPLE

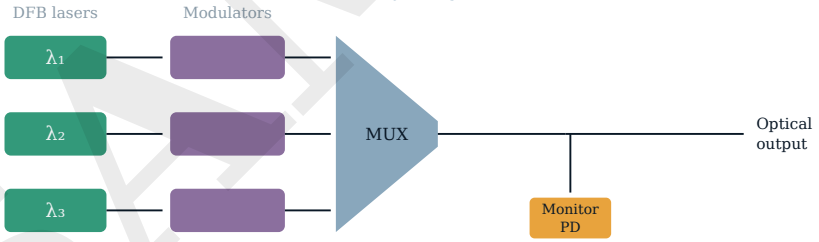
Photonic Integrated Circuits (PICs)

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum.

Photonic Integrated Circuit (PIC)

Multi-channel WDM transmitter monolithically integrated on InP



Commercial large-scale-integration PICs combine several hundred photonic functional elements on just a few mm² of chip area — InP generates light natively, whereas silicon photonics relies on hybrid III-V integration for that purpose.

SAMPLE

How does it work? What is..?

Fundamentals & Materials

What is a semiconductor?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

What is the difference between a conductor, a semiconductor, and an insulator?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Which materials are used as semiconductors?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

What is silicon and why is it used in the semiconductor industry?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim.

What is the difference between n-type and p-type semiconductors?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

SAMPLE

What is doping in semiconductors?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

What is a band gap?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

What is the difference between silicon and gallium arsenide as semiconductor materials?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

What is silicon carbide (SiC) and what is it used for?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Fabrication Processes

How does Chemical-Mechanical Polishing (CMP) work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

SAMPLE

How does lithography work in chip manufacturing?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

How does ion implantation work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does Chemical Vapor Deposition (CVD) work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

How does plasma etching work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

How does epitaxy work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

SAMPLE

How does a cleanroom work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

How does diffusion (doping) work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does sputtering (PVD) work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

How does EUV lithography work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

How are computer chips manufactured?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

SAMPLE

What is a wafer and how is it made?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

How does a chip fab work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

How much does it cost to build a modern chip factory?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Devices & Digital Technology

How does a MOSFET work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does a FinFET work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

SAMPLE

How does a transistor work in general?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

How does flash memory work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

How does MRAM work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

How does a microprocessor work at the chip level?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does an SRAM cell (6T) work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint

SAMPLE

occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does a DRAM cell (1T1C) work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

How does a GAAFET work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed

How does an IGBT work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

What do NMOS, PMOS, CMOS, and DMOS mean?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud

SAMPLE

exercitation ullamco laboris nisi aliquip.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does a semiconductor work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

What does the nanometer label on chips (e.g. 5nm, 3nm) mean?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum.

What are the challenges of chip miniaturization (Moore’s law)?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

What are the next technologies after silicon chips (quantum computers, graphene, etc.)?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Optoelectronics

How does an LED work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

SAMPLE

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

How does a laser diode work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does a solar cell work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does a photodiode / image sensor work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

Packaging & Other Topics

How does 3D chip integration (advanced packaging) work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

SAMPLE

How does a MEMS sensor work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit

How does wire bonding work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

Why do chips keep getting smaller (Moore's Law explained briefly)?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How does flip-chip assembly work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur

How does a TSV (through-silicon via) work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor

SAMPLE

incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

How do chiplets work?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et.

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing

What is the difference between front-end and back-end in semiconductor manufacturing?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat.

How long does it take to manufacture a chip?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

What are semiconductors used for in everyday life?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident.

Semiconductor industry & eco system

SAMPLE

Who are the largest semiconductor manufacturers in the world?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

Why is TSMC so important for the chip industry?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem ipsum dolor sit.

Why is there a global chip shortage?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

What role does Taiwan play in the semiconductor industry?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum.

How are semiconductors connected to geopolitics (USA-China)?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt.

What does ASML do and why is the company so important?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non proident sunt culpa officia deserunt mollit anim laborum Lorem.

Which semiconductor companies are there in Germany/Europe?

Lorem ipsum dolor sit amet consectetur adipiscing elit sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua enim ad minim veniam quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi aliquip commodo consequat duis aute irure

SAMPLE

reprehenderit voluptate velit esse cillum fugiat nulla pariatur excepteur sint occaecat cupidatat non.

SAMPLE