

Halbleitertechnologie von A bis Z

Wie funktioniert...?

Fertigungsprozesse	3
<i>Wie funktioniert Chemisch-Mechanisches Polieren (CMP)?</i>	3
<i>Wie funktioniert Lithografie in der Chipherstellung?</i>	3
<i>Wie funktioniert Ionenimplantation?</i>	3
<i>Wie funktioniert Chemical Vapor Deposition (CVD)?</i>	3
<i>Wie funktioniert Plasmaätzen?</i>	3
<i>Wie funktioniert Epitaxie?</i>	4
<i>Wie funktioniert ein Reinraum?</i>	4
Bauelemente & Digitaltechnik	4
<i>Wie funktioniert ein MOSFET?</i>	4
<i>Wie funktioniert ein FinFET?</i>	4
<i>Wie funktioniert ein Transistor allgemein?</i>	5
<i>Wie funktioniert ein Flash-Speicher?</i>	5
<i>Wie funktioniert MRAM?</i>	5
<i>Wie funktioniert ein Mikroprozessor auf Chip-Ebene?</i>	5
Optoelektronik	6
<i>Wie funktioniert eine LED?</i>	6
<i>Wie funktioniert eine Laserdiode?</i>	6
<i>Wie funktioniert eine Solarzelle?</i>	6
Packaging & Sonstiges	6
<i>Wie funktioniert 3D-Chip-Integration (Advanced Packaging)?</i>	7
<i>Wie funktioniert ein MEMS-Sensor?</i>	7
<i>Wie funktioniert Wire Bonding?</i>	7
<i>Warum werden Chips immer kleiner (Moore's Law kurz erklärt)?</i>	7

Fertigungsprozesse

Wie funktioniert Chemisch-Mechanisches Polieren (CMP)?

Beim CMP wird die Waferoberfläche gleichzeitig durch eine chemisch aktive Slurry angegriffen und mechanisch durch ein Polierpad geglättet. Erhabene Strukturen werden schneller abgetragen als Vertiefungen, wodurch eine global plane Oberfläche entsteht. Das ist entscheidend für die Mehrlagenverdrahtung, da jede weitere Metalllage eine ebene Basis braucht.

[Mehr im Kapitel Mehrlagenverdrahtung →](#)

Wie funktioniert Lithografie in der Chipherstellung?

Ein lichtempfindlicher Fotolack wird auf den Wafer aufgebracht und durch eine Maske hindurch mit UV-Licht belichtet. Belichtete (oder unbelichtete, je nach Lacktyp) Bereiche werden beim Entwickeln herausgelöst, sodass das Maskenmuster als Lackstruktur auf dem Wafer entsteht. Diese Struktur dient anschließend als Schablone für Ätz- oder Dotierprozesse.

[Mehr im Kapitel Belichten und Belacken →](#)

Wie funktioniert Ionenimplantation?

Dotierstoff-Ionen werden in einem elektrischen Feld beschleunigt und mit hoher Energie in den Wafer geschossen. Die Eindringtiefe hängt von Energie und Ionenmasse ab, die Dosis bestimmt die Dotierstoffkonzentration. Ein anschließender Tempersschritt heilt Kristallschäden aus und aktiviert die Dotieratome elektrisch.

[Mehr im Kapitel Dotiertechniken →](#)

Wie funktioniert Chemical Vapor Deposition (CVD)?

Gasförmige Ausgangsstoffe werden in eine Reaktionskammer geleitet und reagieren dort auf oder nahe der heißen Waferoberfläche zu einem festen Film. Je nach Druck und Temperatur unterscheidet man APCVD, LPCVD, PECVD und ALD. Das Verfahren erlaubt sehr gleichmäßige, auch komplexe 3D-Strukturen konform beschichtende Schichten.

[Mehr im Kapitel CVD-Verfahren →](#)

Wie funktioniert Plasmaätzen?

Ein Prozessgas wird durch elektrische Energie in ein Plasma aus Ionen, Radikalen und Elektronen überführt. Reaktive Radikale greifen das zu ätzende Material chemisch an, während beschleunigte Ionen es zusätzlich physikalisch abtragen. Diese Kombination ermöglicht anisotropes Ätzen mit steilen, präzisen Kantenprofilen.

[Mehr im Kapitel Trockenätzverfahren →](#)

Wie funktioniert Epitaxie?

Bei der Epitaxie wächst eine kristalline Schicht atomlagenweise auf einem einkristallinen Substrat auf und übernimmt dessen Kristallorientierung. Das geschieht meist aus der Gasphase (z. B. Siliciumgasphasenepitaxie) unter präziser Temperatur- und Gasflusskontrolle. So lassen sich hochreine Schichten mit exakt definierter Dotierung herstellen.

[Mehr im Kapitel CVD-Verfahren →](#)

Wie funktioniert ein Reinraum?

Ein Reinraum hält die Konzentration luftgetragener Partikel durch permanente Filterung (HEPA/ULPA) und Überdruck-Belüftung extrem niedrig. Personal trägt spezielle Kleidung und folgt strengen Verhaltensregeln, um Kontamination zu vermeiden. Schon einzelne Staubkörner können bei Strukturbreiten im Nanometerbereich einen ganzen Chip zerstören.

[Mehr im Kapitel Scheibenreinigung →](#)

Bauelemente & Digitaltechnik

Wie funktioniert ein MOSFET?

Eine Gate-Elektrode steuert über ein elektrisches Feld die Leitfähigkeit eines Kanals zwischen Source und Drain. Legt man eine ausreichende Gate-Spannung an, bildet sich ein leitender Kanal, und Strom kann fließen – darunter bleibt der Transistor gesperrt. Das Gate ist durch eine dünne Oxidschicht vom Kanal isoliert, wodurch praktisch kein Steuerstrom fließt.

[Mehr im Kapitel Aufbau eines n-Kanal-FET →](#)

Wie funktioniert ein FinFET?

Beim FinFET steht der leitende Kanal als dünne, senkrechte "Finne" auf dem Substrat, die das Gate von drei Seiten umschließt. Diese Mehrfachumschließung gibt dem Gate deutlich bessere Kontrolle über den Kanal als bei planaren Transistoren. Das reduziert Leckströme und erlaubt eine weitere Verkleinerung der Strukturen.

Mehr im Kapitel Aufbau eines FinFET →

Wie funktioniert ein Transistor allgemein?

Ein Transistor ist im Kern ein elektronisch steuerbarer Schalter: Ein kleines Steuersignal (Spannung oder Strom) schaltet einen größeren Strompfad ein oder aus bzw. verstärkt ihn. Die zwei Hauptfamilien sind Bipolartransistoren (stromgesteuert) und Feldeffekttransistoren (spannungsgesteuert). Moderne Chips bestehen aus Milliarden solcher Schalter.

Mehr im Kapitel Der p-n-Übergang →

Wie funktioniert ein Flash-Speicher?

In einem Flash-Zelltransistor sitzt zwischen Steuer-Gate und Kanal ein zusätzliches, elektrisch isoliertes Floating Gate. Elektronen werden per Tunneleffekt auf dieses Floating Gate gebracht oder davon entfernt und bleiben dort auch ohne Stromversorgung gespeichert. Ihre Anwesenheit verschiebt die Schaltschwelle des Transistors messbar – das ist die gespeicherte "0" oder "1".

Mehr im Kapitel Warum neue Speichertechnologien? →

Wie funktioniert MRAM?

MRAM speichert Daten über die Magnetisierungsrichtung in einer Magnetic Tunnel Junction, nicht über elektrische Ladung. Eine Referenzschicht hat feste, eine freie Schicht veränderliche Magnetisierung; stehen beide parallel oder antiparallel, ändert sich der Tunnelwiderstand messbar. Bei STT-MRAM wird die freie Schicht direkt durch einen spinpolarisierten Schreibstrom umgeschaltet.

Mehr im Kapitel MRAM – Magnetoresistive RAM →

Wie funktioniert ein Mikroprozessor auf Chip-Ebene?

Ein Mikroprozessor kombiniert Steuerwerk, Rechenwerk (ALU), Register und

Cache-Speicher auf einem einzigen Die, verbunden über interne Busse. Das Steuerwerk holt Befehle aus dem Speicher, decodiert sie und steuert die ALU zur Ausführung – typischerweise im Pipelining, um mehrere Befehle gleichzeitig zu bearbeiten. Physisch sind das Milliarden von Transistoren, die in mehreren Metalllagen verdrahtet sind.

[Mehr im Kapitel Aufbau eines Prozessors →](#)

Optoelektronik

Wie funktioniert eine LED?

An einem pn-Übergang aus einem direkten Halbleiter rekombinieren injizierte Elektronen und Löcher unter Aussendung eines Photons. Die Wellenlänge des Lichts wird durch die Bandlücke des Materialsystems bestimmt (z. B. InGaN für Blau, AlGaInP für Rot). Quantum-Well-Strukturen im aktiven Bereich steigern die Effizienz dieser Rekombination erheblich.

[Mehr im Kapitel Leuchtdioden \(LED\) →](#)

Wie funktioniert eine Laserdiode?

Wie bei der LED entsteht Licht durch Rekombination an einem pn-Übergang, hier jedoch in einem optischen Resonator, der das Licht mehrfach reflektiert. Ab einem Schwellstrom überwiegt stimulierte Emission gegenüber spontaner – es entsteht Besetzungsinversion und kohärentes Laserlicht. Je nach Resonatoraufbau unterscheidet man z. B. Fabry-Pérot-, DFB- und VCSEL-Laser.

[Mehr im Kapitel Laserdioden →](#)

Wie funktioniert eine Solarzelle?

Trifft Licht auf den pn-Übergang einer Solarzelle, erzeugen Photonen mit ausreichender Energie Elektron-Loch-Paare im Halbleiter. Das eingebaute elektrische Feld des pn-Übergangs trennt diese Ladungsträger, bevor sie rekombinieren können, und treibt sie in den äußeren Stromkreis. Dieser photovoltaische Effekt wandelt so Lichtenergie direkt in elektrische Energie um.

[Mehr im Kapitel Grundlagen der Optoelektronik →](#)

Packaging & Sonstiges

Wie funktioniert 3D-Chip-Integration (Advanced Packaging)?

Statt Funktionen auf einem einzigen großen Die unterzubringen, werden mehrere Dies oder Wafer übereinandergestapelt und über Through-Silicon Vias (TSVs) oder Hybrid Bonding elektrisch verbunden. Das verkürzt Signalwege drastisch und erlaubt die Kombination unterschiedlicher Technologien (Logik, Speicher) in einem Package. HBM-Speicher ist das bekannteste Beispiel dieser Technik.

[Mehr im Kapitel 3D-Stacking →](#)

Wie funktioniert ein MEMS-Sensor?

Mikroelektromechanische Systeme kombinieren winzige mechanische Strukturen – Membranen, Balken, Kammelektroden – mit elektronischer Auswertung auf einem Chip. Physikalische Größen wie Beschleunigung oder Druck verformen die mechanische Struktur minimal, was sich als Kapazitäts- oder Widerstandsänderung elektrisch messen lässt. Hergestellt werden sie mit angepassten Halbleiterprozessen wie Oberflächen- oder Bulk-Mikromechanik.

[Mehr im Kapitel Einführung MEMS →](#)

Wie funktioniert Wire Bonding?

Beim Wire Bonding verbindet ein dünner Gold- oder Aluminiumdraht die Kontaktflächen (Pads) des Chips mit den Anschlüssen des Gehäuses. Eine Kombination aus Druck, Ultraschall und teils Wärme verschweißt den Draht stoffschlüssig mit dem Pad, ohne es zu schmelzen. Es ist bis heute das am weitesten verbreitete Verfahren zur elektrischen Kontaktierung in der Chipmontage.

[Mehr im Kapitel Bonding →](#)

Warum werden Chips immer kleiner (Moore's Law kurz erklärt)?

Gordon Moore beobachtete 1965, dass sich die Anzahl der Transistoren auf einem Chip etwa alle zwei Jahre verdoppelt – durch immer feinere Lithografie und dichtere Bauelemente wie FinFETs. Kleinere Transistoren schalten schneller, verbrauchen pro Schaltvorgang weniger Energie und senken die Kosten pro Funktion. In den letzten Jahren verlangsamt sich diese Skalierung

zunehmend, weshalb Advanced Packaging und Chiplets als Ergänzung an Bedeutung gewinnen.

Mehr im [Kapitel Anwendungsfelder & Ausblick](#) →