

Halbleitertechnologie von A bis Z

Bauelemente

FET-Familien im Überblick	3
<i>Gemeinsames Funktionsprinzip</i>	3
<i>Verarmungstyp vs. Anreicherungstyp</i>	3
<i>Vergleichstabelle</i>	3
<i>Einordnung und Ausblick</i>	4

FET-Familien im Überblick

Gemeinsames Funktionsprinzip

Alle Feldeffekttransistoren (FETs) steuern einen leitfähigen Kanal zwischen zwei Anschlüssen (Source und Drain) über ein elektrisches Feld, das von einer dritten Elektrode (Gate) erzeugt wird. Im Gegensatz zum Bipolartransistor, bei dem ein Basisstrom den Kollektorstrom steuert, fließt beim FET praktisch kein Steuerstrom ins Gate – die Steuerung erfolgt rein spannungsgesteuert über die Gate-Source-Spannung V_{GS} . Die drei wichtigsten FET-Familien unterscheiden sich vor allem darin, wie das Gate elektrisch vom Kanal isoliert ist:

- MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor FET): Gate durch eine dünne Oxidschicht (Isolator, z. B. SiO_2 oder ein High-k-Dielektrikum) vom Kanal getrennt
- JFET (Junction FET): Gate über einen in Sperrrichtung betriebenen pn-Übergang vom Kanal getrennt
- MESFET (Metal-Semiconductor FET): Gate über einen Schottky-Kontakt (Metall-Halbleiter-Übergang ohne Zwischenschicht) vom Kanal getrennt

Der klassische Aufbau eines MOSFETs wird im Kapitel [Aufbau eines n-Kanal-FET](#) ausführlich beschrieben; die beiden anderen Familien werden in den folgenden Kapiteln vertieft.

Verarmungstyp vs. Anreicherungstyp

Ein zweites wichtiges Unterscheidungsmerkmal ist die Betriebsart. Bei Verarmungstyp-FETs (selbstleitend, „normally-on“) existiert bei $V_{GS} = 0\text{ V}$ bereits ein leitfähiger Kanal; eine angelegte Gate-Spannung schnürt diesen zunehmend ab. Bei Anreicherungstyp-FETs (selbstsperrend, „normally-off“) ist bei $V_{GS} = 0\text{ V}$ noch kein Kanal vorhanden – er muss erst durch eine Gate-Spannung aufgebaut werden. Während MOSFETs in beiden Betriebsarten gefertigt werden können (in der Digitaltechnik dominiert der Anreicherungstyp), arbeiten JFETs prinzipbedingt ausschließlich im Verarmungsmodus. MESFETs werden überwiegend im Verarmungsmodus (D-MESFET) gefertigt, es existieren aber auch Anreicherungsvarianten (E-MESFET) für digitale GaAs-Logik.

Vergleichstabelle

Die folgende Tabelle stellt die drei FET-Familien direkt gegenüber:

Merkmal	MOSFET	JFET	MESFET
Isolationsmechanismus	Oxid (SiO_2 /High-k)	pn-Übergang (Sperrschicht)	Schottky-Kontakt

Merkmal	MOSFET	JFET	MESFET
Verfügbare Betriebsarten	Anreicherung & Verarmung	nur Verarmung	überwiegend Verarmung, teils Anreicherung
Gate-Ansteuerung	isoliertes Gate, praktisch kein Gate-Strom	Gate in Sperrrichtung, geringer Sperrsättigungsstrom	Gate in Sperrrichtung, geringer Schottky-Leckstrom
Eingangsimpedanz	extrem hoch	hoch	hoch
Typisches Material	Si (auch High-k/Metal-Gate)	Si, GaAs	GaAs, InP (III-V)
Grenzfrequenz / Rauschen	gut, aber oxidbedingtes 1/f-Rauschen	sehr rauscharm	sehr hohe Grenzfrequenz
Haupteinsatz	Digital-/Analogschaltungen, Leistungselektronik	rauscharme Analogverstärker, Stromquellen	Hochfrequenz-/Mikrowellentechnik

Einordnung und Ausblick

Historisch war der JFET einer der ersten praktisch realisierten Feldeffekttransistoren, wurde aber in der Digitaltechnik schnell vom MOSFET verdrängt, der sich durch die Oxidisolation viel weiter skalieren lässt. Der MESFET wiederum entstand aus dem Bedarf, FET-Prinzipien auch in III-V-Halbleitern ohne stabiles natives Oxid zu realisieren, und dominierte lange die GaAs-Hochfrequenztechnik – wird heute in vielen HF-Anwendungen jedoch zunehmend durch den leistungsfähigeren HEMT (High-Electron-Mobility-Transistor) ersetzt.