

MOS-Feldeffekt-Transistor (MOS-FET)

(Metal-Oxide-Semiconductor Feldeffekt-Transistor)

Eine Steuerspannung beeinflusst die Leitfähigkeit einer dünnen Oberflächenschicht im Halbleiterkristall.
Der MOS-Transistor ist von entscheidender Bedeutung für die Großintegration (S. 58).

Beispiel:

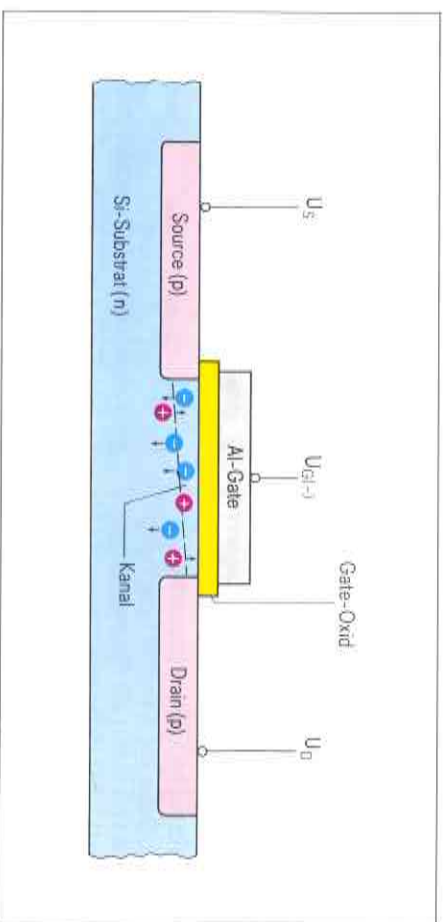
p-Kanal MOS-Transistor, Anreicherungstyp.

Ohne Spannung an der Gate-Elektrode (U_{G1}) fließt zwischen Source und Drain kein Strom. Die pn-Übergänge sperren den Strom.

Durch eine neg. Spannung am Gate werden Elektronen in das Kristallinnere verdrängt, Löcher an der Oberfläche gezogen. Es entsteht eine schmale

p-leitende Schicht unter der Oberfläche (Kanal). Zwischen beiden p-Gebieten, Source und Drain, kann Strom fließen.

Eine Sonderform des MOS-Transistors, mit zwei hintereinanderliegenden Steuer-Gates, ist die MOS-Tetrode. MOS-Tetroden werden als Einzelhalbleiter für analoge Anwendungen in Verstärker- und Oszillatorschaltungen für den VHF- und UHF-Bereich eingesetzt.



p-Kanal MOS-Transistor im Querschnitt

Zwei technologische Grundarten:

p-Kanal MOS: (siehe Bild) Silizium-Substrat n-leitend, Source und Drain p-dotiert.

Kanalbildung durch Anreicherung von positiven Ladungen an der Silizium-Oberfläche in der Kanalzone.

n-Kanal MOS: Silizium-Substrat p-leitend, Source und Drain n-dotiert.

Kanalbildung durch Anreicherung von negativen Ladungen an der Silizium-Oberfläche in der Kanalzone.

Zwei Grundarten der Schaltzustände:

Anreicherungs- (enhancement-) Transistor (siehe Bild)

Kanalbildung durch eine Spannung am Gate. Ohne Gatespannung Transistor nichtleitend.

Verarmungs- (depletion-) Transistor

Permanenter Kanal vorhanden durch Dotierung der Kanalzone. Ohne Gatespannung Transistor leitend. Abschalten des Transistors durch eine Gatespannung.

p-Kanal MOS-Transistoren sind aus technologischen Gründen vorwiegend vom Anreicherungstyp.

n-Kanal MOS-Transistoren sind aus technologischen Gründen vorwiegend vom Verarmungstyp.

Schwellschwellenspannung: Die Gatespannung, welche mindestens benötigt wird, um einen Kanal zu erzeugen oder zu beseitigen.

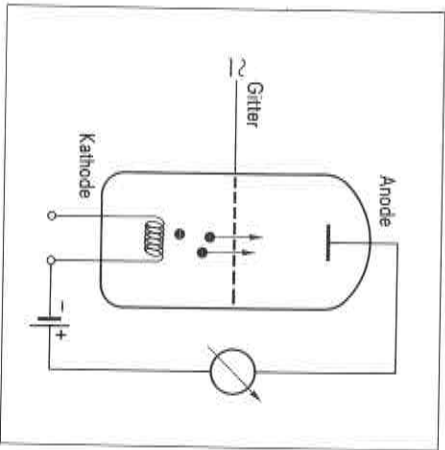
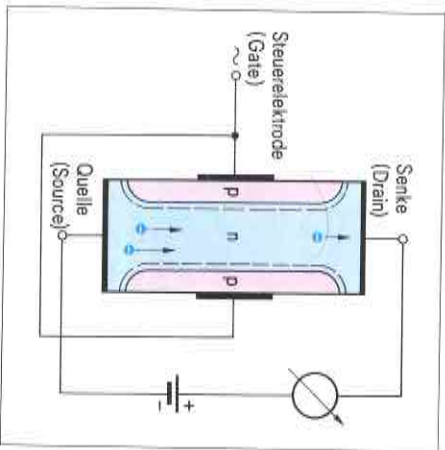
Stromrichtung: Bei ausgebildetem Kanal ist der Transistor in beiden Richtungen leitend.

Sie beträgt bei der
MOS-Hochvolttechnik typ. 2,5–4 Volt
MOS-Niedervolttechnik typ. 0,8–2 Volt

Im Gegensatz zum bipolaren Transistor arbeitet der Feldeffekt-Transistor nur mit Ladungsträgern einer Sorte, Elektronen oder Löchern (Unipolartransistor). Man unterscheidet:
 Sperrschicht-Feldeffekt-Transistor, MOS-Feldeffekt-Transistor (s. S. 40)

Sperrschicht-Feldeffekt-Transistor (= Junction-FET, JFET)

An den Enden eines n-leitenden Kristalls wird eine Gleichspannung angelegt. Elektronen fließen von der „Quelle“ zur „Senke“.
 Die Breite des Kanals wird von zwei seitlich eindiffundierten p-Zonen und der an diesen anliegenden negativen Spannung bestimmt. Erhöht man die negative Gate-Spannung, dehnen sich die Raumladungszonen infolge „Feld-effekt“ in den Kanal hinein aus und schränken die Strombahn ein. Die Spannung an der Steuerelektrode steuert somit den Strom zwischen Quelle und Senke.

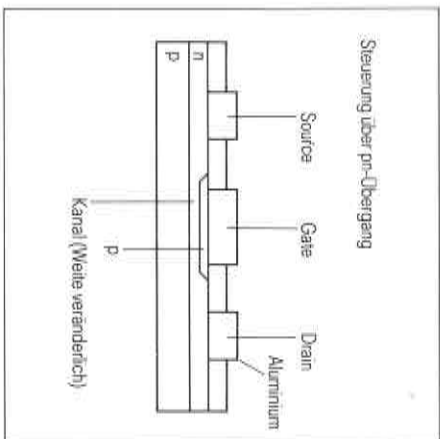


Vergleich Röhre–Feldeffekttransistor

Der Sperrschicht-Feldeffekt-Transistor ist das Analogon zur Verstärker-Röhre. In der Röhre fließt zwischen Kathode und Anode im Vakuum ein Elektronenstrom. Die Spannung am Gitter steuert diesen Elektronenstrom: positive Spannung verstärkt ihn, negative Spannung vermindert ihn.

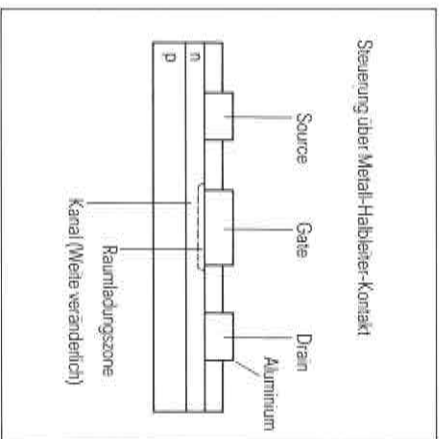
Steuerung durch die Raumladungszone eines pn-Übergangs (Junction-FET)

Source- und Drainkontakt sind sperrfrei mit der n-leitenden Kristallschicht verbunden. Unter dem Gatekontakt ist eine p-Zone. Positive Spannung am Gate verbreitert die Raumladungszone des pn-Übergangs in die leitfähige Schicht hinein. Der Strompfad wird dadurch eingeschnürt.



Steuerung durch die Raumladungszone eines Metall-Halbleiter-Kontaktes (Schottky-Barrier-FET oder MES-FET = Metal-Semiconductor-FET)

Source- und Drainkontakt sind sperrfrei mit der leitfähigen n-Kristallschicht verbunden. Die Gate-Elektrode bildet mit der n-Kristallschicht einen Sperrschicht-Metall-Halbleiterkontakt (Schottky-Kontakt, Seite 25). Positive Spannung am Gate verbreitert die Raumladungszone der Metall-Halbleiter-Sperrschicht. Der Strompfad wird dadurch eingeschnürt.



Anwendung

Sperrschicht-FET werden vorwiegend als Verstärker für analoge Signale eingesetzt. Für hohe Frequenzen (5–10 GHz) eignen sich MES-FET aus Gallium-Arsenid.