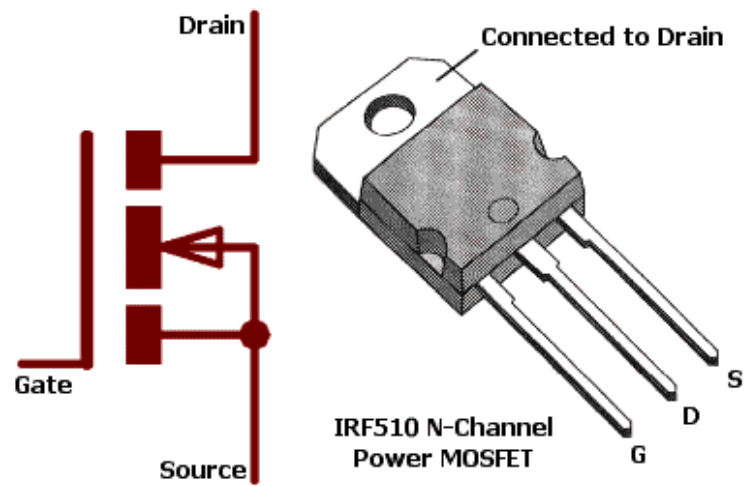


Handout

Der MosFET



Von Dominik Tuszyński

Tutor: Ulrich Pötter

Inhaltsverzeichnis:

1. Geschichte	S.3
2. Aufbau	S.3
3. Funktionsweise	S.4
4. Kennlinienfeld	S.5
5. Verwendung	S.6
6. Quellen	S.7

1. Geschichte

Julius Edgar Lilienfeld (1926) und Oskar Heil (1934) meldeten ihr Patent an. Allerdings wurden die ersten MOSFETs erst 1960 gefertigt, als sich eine gute Halbleiter-Isolator-Grenzfläche mit Silizium/Siliziumdioxid herstellen ließ.

2. Aufbau

MOS bedeutet Metall-Oxid-Halbleiterbauteil. Der MOS-FET wird auch als IG-FET bezeichnet. Diese Bezeichnung kommt von Insulated (isoliertes) Gate und hängt mit dem Aufbau des MOS-FET zusammen.

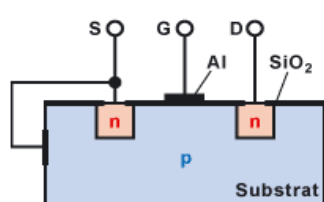


Abb.1 MosFET

Auf dem Bild ist die Grundstruktur eines MOS-FET (n-Kanal-Anreicherungstyp) zusehen.

Dieser Feldeffekttransistor besteht aus einem p-leitenden Kristall, dem Substrat. In das Substrat sind zwei n-leitende Inseln eindotiert. Der Kristall ist mit Siliziumdioxid (SiO_2) abgedeckt (Isolierschicht). Die n-leitenden Inseln sind aber

noch freigelegt und über Kontakte nach außen geführt (S und D). Auf dem Siliziumdioxid ist eine Aluminiumschicht (Al) als Gate-Elektrode aufgedampft.

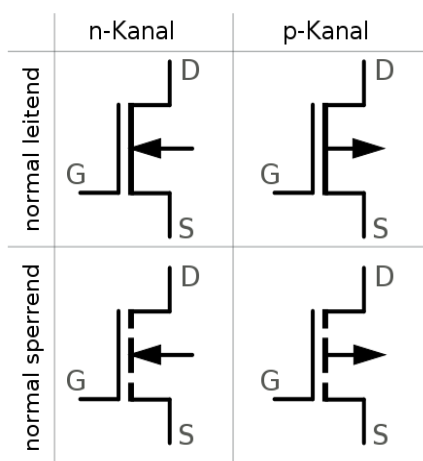


Abb.2 Schaltzeichen

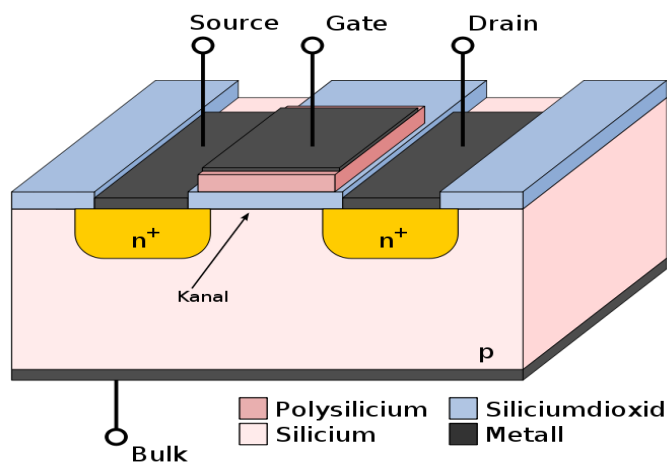
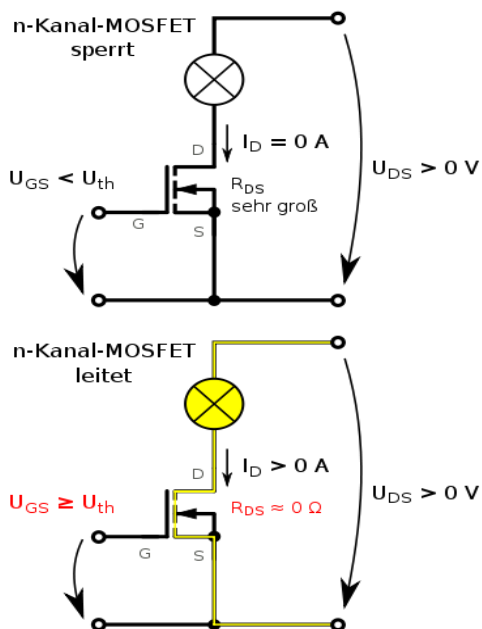
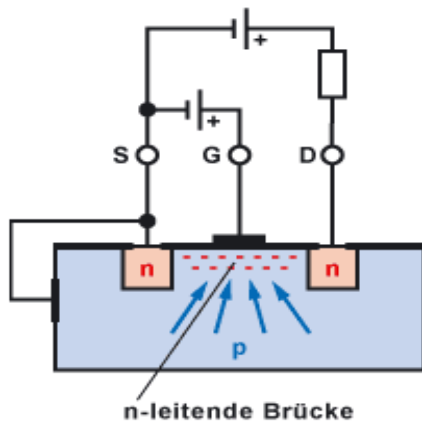


Abb.3 MosFET

3. Funktionsweise



Diese Beschreibung der Funktionsweise bezieht sich auf den Anreicherungstyp. Außerdem gibt es auch noch den Verarmungstyp.

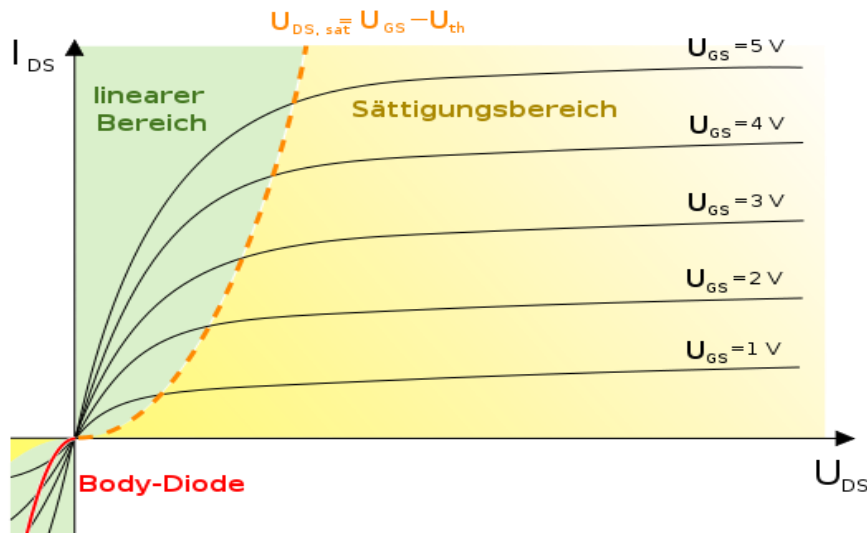
Der MOS-FET befindet sich im Sperr-Zustand, wenn keine positive Spannung zwischen Gate- und Source-Anschluss anliegt (selbstsperrend). Wird zwischen Gate und Source eine positive Spannung U_{GS} angelegt, dann entsteht im Substrat ein elektrisches Feld. Die Elektronen im p-leitenden Substrat werden vom positiven Gate-Anschluss angezogen. Sie gelangen bis unter das Siliziumdioxid, die Isolierschicht. Zwischen Source- und Drain-Anschluss befindet sich nun eine n-leitende Brücke. Die Leitfähigkeit dieser Brücke lässt sich durch die Gatespannung U_{GS} steuern.

Die Vergrößerung der positiven Gatespannung führt zu einem Elektronenüberschuss an der Brücke. Die Brücke wird leitfähiger.

Die Verringerung der positiven Gatespannung führt zu einer Verarmung der Elektronen an der Brücke, wodurch ihre Leitfähigkeit nachlässt. Dadurch, dass die Siliziumdioxid-Schicht isolierend zwischen Aluminium und Substrat wirkt, fließt kein Gatestrom I_G . Zur Steuerung wird nur eine Gatespannung U_{GS} benötigt. Die Steuerung des Stromes I_D durch den MOS-FET erfolgt leistungslos.

4. Kennlinienfeld

Das Kennlinienfeld ist für alle MOSFET-Typen prinzipiell gleich. Dargestellt wird der Zusammenhang zwischen dem Drain-Strom I_D und der Drain-Source-Spannung U_{DS} in Abhängigkeit von der Gate-Source-Spannung U_{GS} . Eine einzelne I_D - U_{DS} -Kennlinie unterteilt sich in drei Bereiche: den Sperrbereich, den linearen (aktiven) Bereich und den Sättigungsbereich. Die Kennlinien sind durch weitere Effekte (Temperatur, Substratvorspannung, etc.) beeinflussbar.



Schwellenspannung

Die *Schwellenspannung* U_{th} (threshold voltage) ist sehr wichtig bei der Modellbetrachtung von einem MOSFET. Dabei entscheiden die Dotierungen von Source, Drain und des Kanal-Gebietes über die Größe der Schwellenspannung. Die Schwellenspannung ist von der Temperatur abhängig. Der Temperaturkoeffizient: α und die Stütztemperatur: T_0 (z.B. typische Betriebstemperatur) spielen eine wesentliche Rolle.

$U_{th} < 0\text{ V}$ für NMOS-Verarmungstyp und PMOS-Anreicherungstyp

$U_{th} > 0\text{ V}$ für NMOS-Anreicherungstyp und PMOS-Verarmungstyp (1V - 3V)

$$U_{th}(T) = U_{th0} + \alpha \cdot (T - T_0)$$

Sperrbereich

Im Sperrbereich (Abschaltbereich, Subthreshold-Bereich, cutoff region) liegt die Gate-Source-Spannung U_{GS} unterhalb der Schwellenspannung U_{th} .

In einfachen Modellen wird $I_{DS0}(U_{GS} < U_{th}) = 0$ angenommen

Für $U_{GS} < U_{th}$ gilt:

$$I_{DS} = I_0 \cdot \exp\left(\frac{U_{GS} - U_{th}}{U_T \cdot m}\right) = I_0 \cdot 10^{\left(\frac{U_{GS} - U_{th}}{S}\right)}$$

Linearer Bereich

Im linearen Bereich (aktiver Bereich, ohmscher Bereich [ohmic region]) liegt die Gate-Source-Spannung U_{GS} über der Schwellenspannung U_{th} , sodass ein durchgehender Kanal zwischen Drain und Source entsteht. Der Bereich wird durch die Kennlinie der Grenzspannung $U_{DS, sat} = U_{GS} - U_{th}$ begrenzt.

$$U_{DS} \approx 0$$

Für $U_{GS} \geq U_{th}$ und $(U_{GS} - U_{th}) > U_{DS}$ gilt:

$$I_{DS} = K_{n/p} \cdot \left((U_{GS} - U_{th}) \cdot U_{DS} - \frac{U_{DS}^2}{2} \right)$$

Sättigungsbereich

Im Sättigungsbereich (Abschnürbereich, *saturation region*) verläuft die I_D - U_{DS} -Kennlinie parallel zur U_{DS} Achse. Real steigt der Drainstrom I_D aber weiterhin an.

Der Begriff *Sättigung* hat beim Bipolartransistor eine andere Bedeutung

Für $U_{GS} \geq U_{th}$ und $(U_{GS} - U_{th}) \leq U_{DS}$ gilt:

$$I_{DS} = \frac{K_{n/p}}{2} \cdot (U_{GS} - U_{th})^2$$

5. Verwendung

Bei dem Einbau eines MosFETs ist stet darauf zu achten, dass der Source-Eingang auf der Masse liegt und der Drain am Potentialpohl an liegt. Die Beinchen sind nicht immer in derselben Reihenfolge angeordnet, also ist es wichtig die Belegung der Kontakte zu überprüfen. Jetzt muss das Datenblatt konsultiert werden um ein MosFET herauszusuchen, das die anliegende Drain – Source – Spannung und die Strom an dem Drain-Anschluss aushält. Gegeben falls muss noch die Gate-Spannung an das MosFET angeglichen werden, dazu gibt es viele Möglichkeiten, wie zum Beispiel OPVs. Nach dem Einbau ist, eventuell eine Kühlung für den MosFET nötig. Ist der MosFET eine Ausführung mit Loch so wird der kühler mit Wärmeleitpaste bestrichen und an den MosFET geschraubt. Ist der MosFET jedoch anders aufgebaut ist entweder kein Kühler nötig, da die den MosFET umströmende Luft für genug Kühlung sorgt, oder der Kühlkörper wird einfach auf den MosFET geklebt.

6. Quellen

<http://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0510161.htm> [13.05.2010] (14:36)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor>
[13.05.2010](14:54)

„Halbleiter Bauelemente“ TU-B Vorlesungsskript (2009)

Bilder:

<http://www.ilmuku.com/file.php/1/Elektronik/mosfet1.gif> [13.05.2010](15:15)