

# Transistors à effet de champ **Electronique de puissance**

Images : ale

Les transistors à effet de champ tirent leur nom du fait qu'ils sont commandés par un champ électrique et pas par un courant (sur la base), comme cela est requis avec les transistors bipolaires.

Une distinction est faite entre JFET et MOSFET. Les JFET séparent la broche de commande (grille) du canal conducteur par une jonction pn. Dans le cas du MOSFET, cela se fait à travers une couche isolante.

Une distinction est faite entre les types de canaux p ou n pour les JFET. Dans le cas des MOSFET, ils peuvent être à appauvrissement (conducteurs en position de repos) ou à enrichissement (bloquants en position de repos).

Les transistors à effet de champ présentent bien des avantages par rapport aux transistors bipolaires dans certaines applications. Les propriétés et la fonction sont présentées ci-dessous.

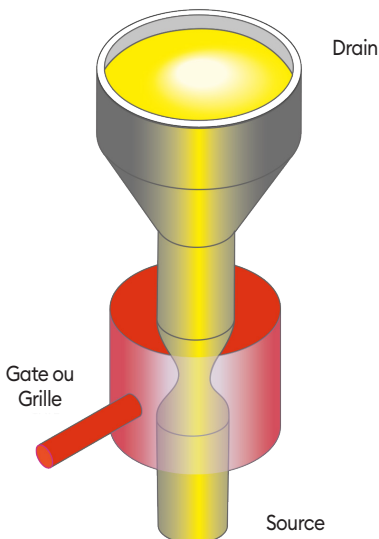
## Modèle hydraulique

Les transistors à effet de champ sont également appelés transistors unipolaires car le courant principal ne doit pas passer par une jonction pn, mais est conduit via un canal unipolaire (p ou n) à résistance variable. Dans le modèle hydraulique, le flux d'huile s'écoule de haut en bas. Si la pression de liquide augmente dans l'anneau rouge, le canal de passage d'huile devient plus étroit, la résistance augmente et moins d'huile s'écoule à travers le canal.

## Structure et fonction

Deux îlots de cristaux dopés n sont disposés dans un substrat conducteur p et connectés par des électrodes. La surface est recouverte d'une couche isolante. Il s'agit généralement d'une fine couche de  $\text{SiO}_2$ , qui a une résistance ohmique élevée. L'électrode de commande (en aluminium) est déposée par vaporisation sur cette couche de dioxyde de silicium.

Le contact de substrat est situé en dessous. Ce contact est le pôle opposé à la connexion de commande (Grille). Le contact de substrat est généralement connecté en interne à la source.



Modèle hydraulique d'un MOSFET à appauvrissement.

Si une tension positive est appliquée au drain contre la source, aucun courant ne circule. À l'inverse non plus. Le MOSFET est bloqué (enrichissement).

Si un potentiel positif est appliqué à la grille contre le substrat et la source, un champ électrique agit et ouvre le canal.

## Dopage

Le substrat conducteur p est constitué d'une couche de cristal de silicium qui est légèrement dopée avec de l'aluminium, de l'indium ou du bore trivalents. Cela crée des trous dans le réseau de silicium quadrivalent, qui peuvent être ainsi remplis d'électrons et fonctionner comme porteurs de charge. Les cristaux N sont dopés avec de l'arsenic, du phosphore ou de l'antimoine pentavalents qui ont des électrons excédentaires de valence comme porteurs de charge dans le réseau cristallin.

Dans le MOSFET, le substrat dopé p a des trous en tant que porteurs de charge (porteurs majoritaires). Mais dans chaque semi-conducteur, il y a aussi des porteurs minoritaires, c'est-à-dire que quelques électrons libres se déplacent également dans le substrat.

## Grille de commande

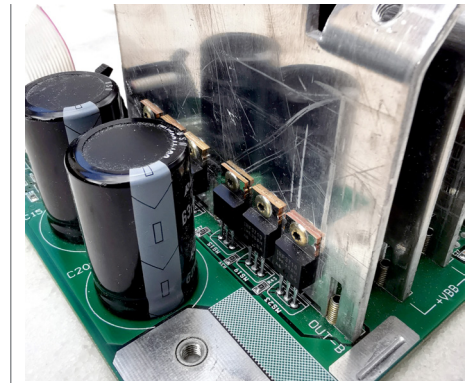
Un potentiel positif sur la grille agit sur ces électrons libres (porteurs minoritaires) dans le substrat. Un potentiel positif signifie un manque d'électrons, c'est pourquoi les électrons libres sont aspirés hors du substrat via le champ électrique (flèches sur l'image en bas à droite) et forment un canal conducteur n entre le drain et la source directement sous la couche isolante.

La couche isolante est située entre la grille et le substrat. Il n'y a pas de circulation électrique entre le circuit de commande et le substrat. La tension positive entre les deux électrodes est suffisante pour commuter le courant entre drain et source. Étant donné qu'aucun courant de commande ne circule, on parle également de commutation par tension ou sans puissance.

## Commutation sans puissance

Si la couche isolante entre la grille et le substrat est considérée comme un diélectrique, alors c'est qu'il agit comme un condensateur. Lors de la charge, l'effet du champ électrique sur les plaques produit une circulation de courant. Lorsque qu'il est chargé, plus aucun courant ne circule ou inversement si le condensateur est utilisé comme source de tension. C'est pourquoi les condensateurs en courant continu ont des valeurs de résistance infiniment élevées. S'ils fonctionnent en courant alternatif, ils se chargent et se déchargent périodiquement et plus la fréquence augmente, plus leur résistance diminue.

C'est exactement comme cela fonctionne avec le MOSFET. La capacité de la grille est comprise entre 2 et 5 pF, la résistance ne sera donc plus infinie aux hautes fréquences et les transistors ne commuteront plus sans circulation de courant.



MOSFET connectés en parallèle sur les plaques de refroidissement massives.

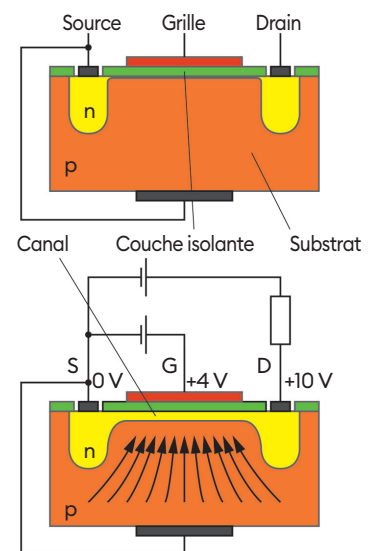
## Jonctions pn

Lorsque des cristaux semiconducteurs p et n se touchent, cela se nomme jonction pn. C'est ce qui se produit dans le MOSFET entre le substrat et les îlots drain-source. Si l'on suppose que le transistor bloqué est soumis à une tension de 12 V, la différence de tension entre le drain et la source sera de 12 volts. Le substrat est connecté à la source via le contact de substrat. En conséquence, le drain (dopé n) est de 12 V et le substrat (dopé p) de 0 V. Si le potentiel positif est sur le cristal n et le négatif sur le cristal p, une zone de blocage se forme autour du canal conducteur. Celle-ci est très resserrée dans la zone de la connexion drain et s'ouvre de plus en plus dans la zone de la connexion source. Ce phénomène doit être pris en compte lors de la conception du MOSFET.

Pour cette raison, il faut veiller lors de la réalisation du circuit à ce que le substrat ne devienne jamais plus positif que la connexion de drain.

Les MOSFET sont également sensibles aux surtensions (par exemple les charges électrostatiques) dues à leur fine couche isolante.

Contrairement aux transistors bipolaires, les MOSFET peuvent être connectés en parallèle sans aucun problème (image ci-dessus).



Structure schématique et circuit d'un MOSFET canal n à enrichissement.

Partenaires : © A&W Verlag AG / SVBA-ASETA-ASITA / AGVS/UPSA / Andreas Lerch