



CIRCUIT INTEGRE VDMOS/LOGIQUE COMPRENANT  
UN TRANSISTOR VERTICAL DÉPLÉTÉ ET UNE DIODE ZENER

La présente invention concerne le domaine des circuits intégrés de puissance incluant une partie logique sur la même puce. Elle concerne plus particulièrement des structures de type transistor VDMOS dans lesquelles sont également réalisés des circuits logiques à transistors MOS à canal N de type latéral enrichis et déplétés.

On va tout d'abord rappeler la structure de circuit intégré considérée qui est déjà décrite par exemple dans la demande de brevet européen 87/00325.4 au nom de Thomson CSF.

La figure 1 est une vue en coupe fortement schématique d'une telle structure. Seuls certains éléments de cette structure sont représentés par souci de simplification (en particulier certaines couches d'oxyde mince et épais ne sont pas représentées). La partie droite de la figure illustre une structure de puissance 1 de type transistor VDMOS (transistor MOS vertical à canal diffusé) à enrichissement et la partie gauche de la figure représente des composants logiques tels qu'un transistor MOS latéral à canal N déplété 2 et un transistor MOS latéral à canal N enrichi 3.

Cette structure est réalisée sur un substrat comprenant une couche 10 de type N formée par épitaxie sur une plaquette de silicium 11 de type N°.

Dans une première étape de dopage, on forme des régions 12 de type P correspondant notamment à des caissons dans lesquels sera élaborée la partie logique de la puce.

Dans une deuxième étape de dopage, on forme des régions P\* à niveau de dopage élevé, suffisamment élevé pour obtenir un contact ohmique avec des métallisations. Ces régions P\* sont par exemple des régions 17 permettant de prendre un contact ohmique avec le caisson 12 et des régions 18 du transistor de puissance permettant de prendre un contact avec la région dite de "bulk" dans une partie superficielle de laquelle se forme le canal.

Dans une troisième étape de dopage, on forme des régions 13 de type N correspondant notamment aux régions de canal des transistors MOS latéraux déplétés.

Ensuite, on forme de façon classique (par exemple par oxydation, dépôt de silicium polycristallin, gravure et réoxydation) les grilles 21 du transistor VDMOS enrichi, 22 des transistors MOS latéraux enrichis, et 23 des transistors MOS latéraux déplétés (ces grilles sont formées simultanément).

Une quatrième étape de dopage de type P dans la région des cellules du transistor vertical de puissance sert à former les régions de canal 30 de ces transistors, les régions de grille servant de masque.

Après cela, dans une cinquième étape de dopage, on forme, en utilisant encore notamment les grilles susmentionnées comme masque, des régions N\* correspondant notamment aux sources 32 du transistor de puissance 1 et aux sources et drains 33 à 36 des transistors MOS latéraux déplétés et enrichis 2 et 3.

Enfin, après oxydation et ouverture des fenêtres appropriées, on forme une couche de métallisation dans laquelle on découpe la métallisation de source 41 du transistor de puissance, et les métallisations de source et de drain 42 à 45 des transistors latéraux ainsi que d'autres métallisations telles que des métallisations 46 de contact des caissons dans lesquels sont formés les composants logiques.

D'autre part, la face arrière du composant qui correspond au drain du transistor VDMOS est recouverte d'une métallisation 48.

5 En fonctionnement, une telle structure est généralement connectée de sorte que sa face arrière 48 est au potentiel le plus positif ( $+V_{HT}$ ), toutes les autres métallisations (sauf dans certains montages la métallisation de grille du transistor de puissance) étant à des potentiels inférieurs et la métallisation 46 du caisson 12 étant couramment connectée à la masse.

10 La structure ci-dessus décrite est particulièrement attrayante par sa simplicité. En effet, elle nécessite un nombre minimal d'étapes de masquage et de dopage. Comme on l'a vu précédemment, seulement cinq types de dopage sont prévus.

15 Toutefois, cette simplicité entraîne que le nombre de composants réalisables dans une telle structure est limité.

Or, les utilisateurs aimeraient, tout en conservant les avantages de faible prix et de fiabilité qui y sont associés, disposer de composants élémentaires supplémentaires pour pouvoir intégrer diverses fonctions sur une même puce.

20 En particulier, il est souvent souhaitable de disposer d'une référence de tension issue de la tension de face arrière  $V_{HT}$  permettant par exemple de commander la grille du transistor VDMOS enrichi. Ce problème a déjà été traité par exemple dans le brevet américain 4 792 840 délivré le 20 décembre 1988 à Bruno  
25 Nadd et cédé à Thomson-CSF. On notera qu'à l'époque du dépôt de ce brevet on considérait comme pratiquement irréalisable de former une diode zener dans une structure du type de celle précédemment décrite. En effet on peut lire : "Clipping by means  
30 of the Zener diode is difficult to obtain because of the difficulty of integrating this element" (colonne 2, lignes 33 à 35) soit en français "un écrêtage par diode zener est difficilement envisageable à cause de la difficulté que présente cet élément à l'intégration".

Pour résoudre ce problème, ce brevet antérieur propose de ramener la haute tension apparaissant sur la face inférieure du composant vers la face supérieure par l'intermédiaire d'une diffusion N<sup>+</sup> puis de répartir cette haute tension par une résistance spirale.

Cette solution donne des résultats satisfaisants mais présente l'inconvénient de nécessiter une surface importante de silicium de la puce. En outre, comme on vient de le mentionner, ce procédé ne permet pas d'obtenir de façon interne au composant une tension de référence, mais seulement une tension divisée par l'intermédiaire d'un pont résistif.

Ainsi, un objet de la présente invention est de prévoir, dans un circuit intégré réalisé selon la technologie exposée précédemment, et sans augmenter le nombre d'étapes de fabrication, des moyens pour ramener vers la face supérieure la haute tension disponible sur la face inférieure.

Un autre objet de la présente invention est de fournir à partir de la haute tension disponible sur la face inférieure une tension de référence.

Un autre objet de la présente invention est de permettre l'obtention d'une telle tension de référence sans entraîner une consommation importante du circuit intégré.

Pour atteindre ces objets, la présente invention prévoit d'abord de réaliser dans une structure de type de celle décrite précédemment, un composant supplémentaire à savoir un transistor MOS vertical déplété.

Plus particulièrement, la présente invention prévoit un circuit intégré susceptible d'incorporer des éléments de puissance du type transistor MOS vertical enrichi et des éléments logiques du type transistor MOS latéral déplété ou enrichi, réalisé par un processus technologique comprenant la réalisation, dans un substrat épitaxié de type N/N<sup>+</sup>, d'une première étape de dopage de type P pour fournir notamment des zones correspondant à un caisson dans lequel sont formés les transistors logiques, d'une deuxième étape de dopage de type P à dopage élevé permettant

l'établissement de contacts ohmiques, d'une troisième étape de dopage de type N pour former notamment les zones de canal des transistors MOS déplétés, d'une quatrième étape de dopage de type P pour fournir notamment des zones correspondant aux régions de canal du transistor VDMOS, d'une cinquième étape de dopage de type N à dopage élevé permettant l'établissement de contacts ohmiques, et d'une seule étape de métallisation pour former par gravure diverses régions métallisées sur la face avant. Ce circuit comprend en outre un transistor VDMOS à canal N de type déplété de drain commun avec le transistor VDMOS enrichi, comprenant une région de canal de type N résultant de la troisième étape de dopage, un caisson P résultant de la première étape de dopage et des régions de source N<sup>e</sup> résultant de la cinquième étape de dopage.

En outre, la présente invention prévoit de former une diode zener comprenant une région N<sup>e</sup> résultant de la cinquième étape de dopage formée dans une région P résultant de la quatrième étape de dopage.

En d'autres termes, la présente invention prévoit un circuit intégré susceptible d'incorporer des éléments de puissance du type transistor MOS vertical enrichi (VDMOS) et des éléments logiques du type transistor MOS latéral déplété et enrichi, ce circuit comprenant une référence de tension interne résultant de la connexion en série d'un transistor VDMOS déplété à drain commun avec le VDMOS enrichi et d'une diode zener dont la cathode est reliée à la source du transistor VDMOS déplété et dont l'anode est reliée au substrat et à la grille de ce transistor VDMOS déplété.

Selon un avantage de l'invention, en utilisant pour le transistor VDMOS déplété et la diode zener les étapes de dopage indiquées précédemment, on obtient une diode zener dont la tension de déclenchement est voisine de la tension de seuil du transistor MOS déplété. Ainsi, ce transistor fonctionne au voisinage de sa zone de blocage et est donc relativement résistif ce qui limite la consommation de courant du circuit.

Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés plus en détail dans la description suivante d'un mode de réalisation particulier faite en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

5            la figure 1, destinée à exposer l'état de la technique a été décrite précédemment ;

            La figure 2 est une vue en coupe d'une partie d'une puce de circuit intégré dans laquelle on a réalisé des composants selon la présente invention ;

10           les figures 3 et 4 représentent des modes de connexion classiques d'un transistor de puissance à enrichissement et d'une charge ; et

            la figure 5 illustre une application de la présente invention.

15           Dans ces diverses figures, on notera que les dimensions latérales et les épaisseurs des diverses couches ne sont pas tracées à l'échelle conformément à l'usage dans le domaine de la représentation des circuits intégrés mais que ces diverses couches ou portions de couches sont arbitrairement dilatées pour  
20 améliorer la lisibilité des figures.

            La figure 2 représente une vue en coupe partielle d'un composant selon la présente invention formé dans une structure du type de celle de la figure 1. Cette figure représente plus particulièrement dans sa partie gauche un transistor VDMOS (transistor  
25 MOS vertical diffusé) déplété 60 et dans sa partie droite une diode zener 70.

            Le transistor VDMOS déplété est réalisé en formant son caisson 61 de type P lors de la première étape de dopage, en même temps que l'on forme le caisson 12 des circuits logiques.  
30 Lors de la troisième étape de dopage, tandis que l'on forme la couche N de canal des transistors logiques déplétés, on forme simultanément une couche N 62 qui correspondra à la région de canal déplété du transistor 60. Après cela, on forme de façon classique une grille isolée 63 (cette grille isolée 63 est

représentée comme décentrée par rapport au caisson 61 en effet il n'y a pas d'étapes d'autoalignement entre la formation du caisson et la formation de la grille, mais ceci est sans importance pratique puisque le canal se forme dans la région 62 et non pas dans la région 61). Après cela, on réalise les diffusions de source 64 de type N<sup>+</sup> lors de la cinquième étape de dopage. Des régions 65 de type P<sup>+</sup> réalisées lors de la deuxième étape de dopage permettent de prendre des contacts avec le caisson. La référence 66 désigne une métallisation de source et la référence 67 une métallisation de caisson (bulk). On notera que ces métallisations sont éventuellement séparées par une zone d'oxyde épais 68. Le drain de ce transistor VDMOS déplété est commun avec celui du transistor VDMOS enrichi 1 et correspond à la métallisation 48.

La partie droite de la figure représente une diode zener obtenue par une diffusion 71 de type P résultant de la quatrième étape de dopage dans laquelle est formée une région 72 de type N<sup>+</sup> résultant de la cinquième étape de dopage. Ainsi, la région de type P 71 a un niveau de dopage qui correspond à celui des caissons 30 du transistor VDMOS enrichi de la figure 1. Cette diode est classiquement entourée d'un anneau 73 de type P<sup>+</sup> correspondant à la deuxième étape de dopage et sur lequel est formée une métallisation d'anode 74, une métallisation de cathode 75 étant formée sur la région N<sup>+</sup> 72.

Ainsi, la présente invention permet de former un transistor VDMOS déplété et une diode zener sans ajouter une seule étape au processus technologique classique de fabrication d'une structure à transistor de puissance VDMOS enrichi et à transistors logiques de type MOS latéral enrichis et déplétés.

En outre, avec les niveaux de dopage habituellement utilisés dans les structures telles que celles de la figure 1, à savoir :

région P<sup>+</sup> résultant de la première étape de dopage :  
quelques  $10^{16}$  atomes/cm<sup>3</sup>,

région P résultant de la deuxième étape de dopage :

quelques  $10^{17}$  atomes/cm<sup>3</sup>,

région N résultant de la troisième étape de dopage :

quelques  $10^{16}$  atomes/cm<sup>3</sup>,

5 région P<sup>\*</sup> résultant de la quatrième étape de dopage :

quelques  $10^{18}$  atomes/cm<sup>3</sup>

région N<sup>\*</sup> résultant de la cinquième étape de dopage :

quelques  $10^{20}$  atomes/cm<sup>3</sup>,

10 on obtient pour le transistor VDMOS déplété décrit ci-dessus une tension de seuil (c'est-à-dire une tension nécessaire à son blocage) de l'ordre de 10 volts et pour la diode zener formée entre la région N<sup>\*</sup> et la couche P résultant de la quatrième étape de dopage une tension zener qui est également de l'ordre de la dizaine de volts.

15 Les figures 3 et 4 représentent les deux modes habituels de montage d'une charge L en série avec un interrupteur constitué d'un transistor VDMOS enrichi à canal N.

La figure 3 représente un montage classiquement désigné par l'appellation "high side", c'est-à-dire un montage dans  
20 lequel une charge L est connectée à la masse et le drain du transistor VDMOS 1 à la haute tension. La figure 4 représente un montage dit "low side" dans lequel la charge L est connectée à la haute tension et la source du transistor VDMOS 1 à la masse. Dans ces deux types de montage, pour rendre le transistor VDMOS  
25 conducteur, il faut mettre sa grille à un potentiel supérieur d'une tension de seuil,  $V_T$ , au potentiel de sa source  $V_S$ .

La présente invention propose d'atteindre ce résultat en réalisant un montage du type de celui illustré en figure 5.

30 La figure 5 représente un transistor VDMOS déplété 60 connecté à une diode zener 70. L'anode de la diode zener est reliée à la grille et au caisson du transistor VDMOS déplété et la cathode de la diode zener est reliée à la source du transistor déplété, le drain du transistor déplété 60 étant relié au drain du transistor VDMOS enrichi principal 1.

Ce mode de connexion est également illustré en figure 2, la connexion entre la grille et le substrat du transistor 60 étant désignée par la référence 82, la connexion entre le caisson du transistor VDMOS déplété et l'anode de la diode zener 70 étant réalisée par la métallisation 67-74, et la connexion entre la cathode de la diode zener et la source du transistor VDMOS déplété étant désignée par la référence 84.

Grâce à ce montage, on dispose aux bornes de la diode zener d'une tension  $V_Z$  qui peut être appliquée par un interrupteur 90 (réalisé par un circuit logique de transistors MOS latéraux enrichis et déplétés formé sur la même puce) vers la grille du transistor VDMOS enrichi 1. L'anode de la diode zener est en outre reliée à une tension de référence  $V_R$  qui peut être ou bien la source du transistor VDMOS enrichi ou bien la masse ou bien une autre tension choisie inférieure à  $V_D$ . Ce montage permet d'appliquer, sans temps de retard, dès la fermeture de l'interrupteur 90 une tension de grille au transistor 1.

S'il est nécessaire de pouvoir fournir un courant important pour charger la grille du transistor VDMOS enrichi 1, on pourra rajouter à ce montage un couple Darlington de transistors bipolaires, la base du Darlington étant reliée à la source du transistor VDMOS déplété 60, le collecteur du Darlington étant relié aux drains des transistors VDMOS, et l'émetteur du Darlington étant relié à la borne de l'interrupteur 90 opposée à la grille du VDMOS enrichi 1.

Dans le cas où le circuit de puissance est du type "high side" comme représenté en figure 3, le transistor VDMOS enrichi étant initialement bloqué, la fermeture de l'interrupteur 90 permet d'appliquer la tension de 10 volts choisie sur la grille. Toutefois, tandis que le transistor VDMOS enrichi devient conducteur, le potentiel de sa source,  $V_S$ , devient sensiblement égal à celui de son drain,  $V_D$ , et il faudra de façon classique adjoindre au circuit de la figure 5 un circuit de pompe de charge pour fournir une tension plus élevée que  $V_D$  d'environ 10 volts.

Avec un montage "low side" du type de la figure 4, une tension est disponible sur le drain du transistor VDMOS enrichi quand celui-ci est à l'état bloqué. Toutefois, quand le transistor 1 est conducteur, la chute de tension à ses bornes devient inférieure à VZ et il n'y a donc plus de tension disponible au niveau de l'interrupteur 90. Le circuit selon la présente invention pourra néanmoins être utilisé avec un condensateur en parallèle sur la diode zener 70 pour maintenir la tension de commande pendant les phases de conduction du transistor VDMOS enrichi dans le cas usuel où le transistor de puissance est commandé en commutation avec de brèves périodes successives de conduction et de blocage.

L'homme de l'art pourra apporter diverses variantes aux structures et circuits selon la présente invention. Par exemple, dans un souci de miniaturisation, la région de type P 71 d'anode de la diode zener pourra être formée dans un prolongement de la région 61 correspondant au caisson du transistor déplété 60.

REVENDEICATIONS

1. Circuit intégré susceptible d'incorporer des éléments de puissance du type transistor MOS vertical (VDMOS) enrichi (1) et des éléments logiques du type transistor MOS latéral déplétés (2) et enrichis (3), réalisé par un processus technologique comprenant, dans un substrat épitaxié de type N/N<sup>+</sup> (10,11):
- une première étape de dopage de type P pour fournir notamment des zones correspondant à un caisson (12) dans lequel sont formés les transistors logiques,
  - une deuxième étape de dopage de type P à dopage élevé permettant l'établissement de contacts ohmiques (17, 18),
  - une troisième étape de dopage de type N pour former notamment les zones de canal (13) des transistors MOS déplétés,
  - une quatrième étape de dopage de type P pour fournir notamment des zones (30) correspondant aux régions de canal du transistor VDMOS,
  - une cinquième étape de dopage de type N à dopage élevé permettant l'établissement de contacts ohmiques (32-36),
  - une seule étape de métallisation pour former par gravure diverses régions métallisées sur la face avant,
- caractérisé en ce qu'il comprend en outre un transistor VDMOS à canal N de type déplété (60) de drain commun avec le transistor VDMOS enrichi (1), comprenant une région de canal de type N (62) résultant de la troisième étape de dopage, un caisson P (61) résultant de la première étape de dopage et des régions de source N<sup>+</sup> (64, 65) résultant de la cinquième étape de dopage.
2. Circuit intégré selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une diode zener (70) comprenant une région N<sup>+</sup> (72) résultant de la cinquième étape de dopage formée dans une région P (71) résultant de la quatrième étape de dopage.

3. Circuit intégré selon la revendication 2, caracté-  
risé en ce que la région P de la diode zener est formée dans la  
couche épitaxiée de type N du substrat.

5 4. Circuit intégré selon la revendication 2, caracté-  
risé en ce que la région P de la diode zener est formée dans une  
région résultant de la deuxième étape de dopage et se prolongeant  
pour former un caisson du transistor VDMOS déplété.

10 5. Circuit intégré susceptible d'incorporer des  
éléments de puissance du type transistor MOS vertical (VDMOS)  
enrichi (1) et des éléments logiques du type transistor MOS  
latéral déplété (2) et enrichi (3), caractérisé en ce qu'il  
comprend en outre une référence de tension interne résultant de  
la connexion en série d'un transistor VDMOS déplété (60) à drain  
commun avec le VDMOS enrichi et d'une diode zener (70) dont la  
15 cathode est reliée à la source du transistor VDMOS déplété et  
dont l'anode est reliée au substrat et à la grille de ce  
transistor VDMOS déplété.

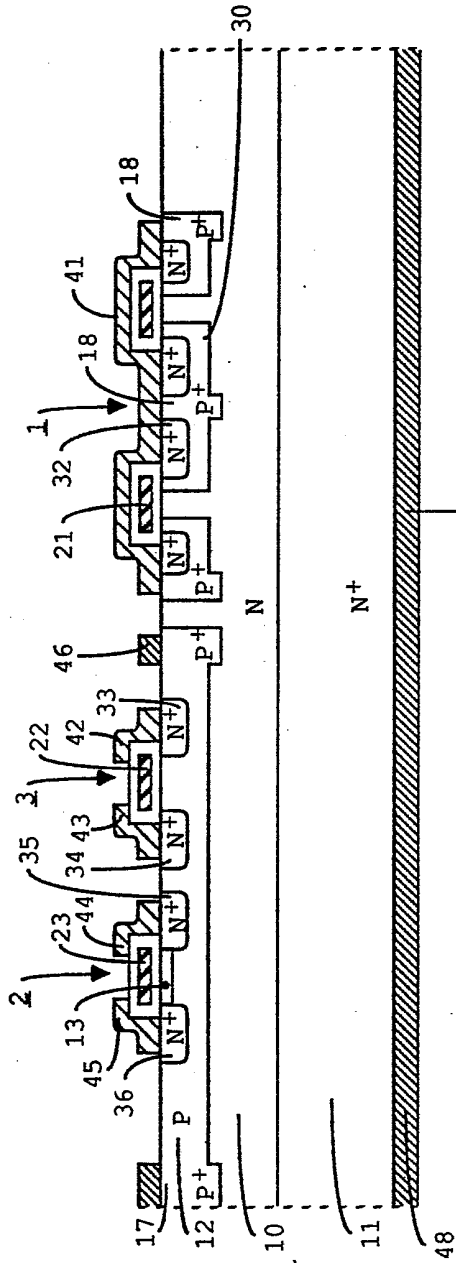


Figure 1

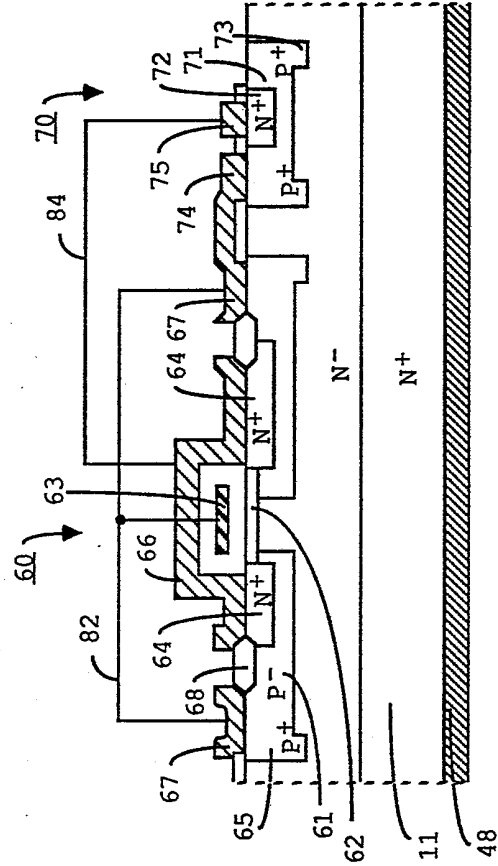


Figure 2

2/2

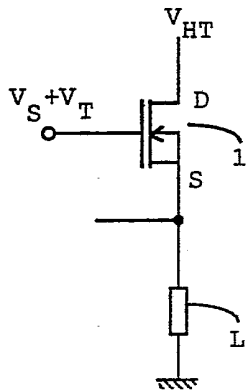


Figure 3

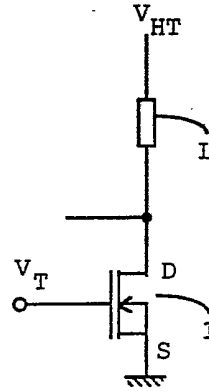


Figure 4

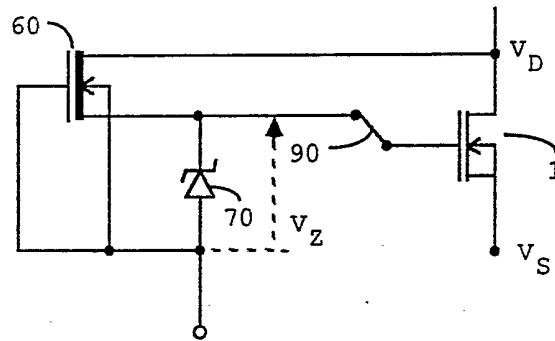


Figure 5