

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction).

**2 481 518**

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 08317**

(54) Procédé de réalisation d'un dispositif semi-conducteur comportant des transistors à effet de champ complémentaires.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 L 21/74.

(22) Date de dépôt..... 27 avril 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Pays-Bas, 29 avril 1980, n° 80 02 492.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 44 du 30-10-1981.

(71) Déposant : N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, société anonyme de droit néerlandais,  
résidant aux Pays-Bas.

(72) Invention de : Pieter Johannes Wilhelmus Jochems.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Pierre Pinchon, société civile SPID,  
209, rue de l'Université, 75007 Paris.

"Procédé de réalisation d'un dispositif semiconducteur comportant des transistors à effet de champ complémentaires"

L'invention concerne un procédé de réalisation d'un dispositif semiconducteur, dans lequel on part d'une région semiconductrice monocristalline de substrat et dans lequel, pour la formation d'au moins une première couche enterrée d'un premier type de conductivité, on introduit un premier dopage dans une première partie superficielle de la région de substrat, après quoi on fait croître une couche épitaxiale sur la région de substrat et, par une diffusion à partir de la première couche enterrée, on transforme la partie de la couche épitaxiale située au-dessus de la première couche enterrée, sur toute son épaisseur en une première région de premier type de conductivité.

Pour la réalisation de dispositifs semiconducteurs, notamment pour la réalisation de circuits intégrés monolithiques, il est souvent nécessaire de former des régions juxtaposées, contigües à une même surface semiconductrice et de types de conductivité différents. Ainsi, dans des circuits comportant des transistors à effet de champ complémentaires à grille isolée, le transistor à canal n et le transistor à canal p doivent être formés dans des régions juxtaposées de types de conductivité différents. Dans la pratique, on obtient ces régions en partant d'une région de substrat d'un premier type de conductivité, où l'on forme le premier transistor à effet de champ et où, par voie de dopage, on forme une région du second type de conductivité opposé, dans laquelle on élabore le second transistor à effet de champ, complémentaire du premier.

On peut réaliser ledit dopage par exemple par voie de diffusion en opérant à partir de la surface, cas dans lequel la concentration de dopage diminue en général à partir de la surface. Dans de nombreux cas, c'est un profil de dopage indésirable. Un tel profil donne lieu soit à une tension de seuil élevée du transistor à effet

de champ due à un dopage superficiel élevé, soit, si l'on choisit un faible dopage superficiel à une résistivité élevée de la région diffusée parallèle à la surface. Ceci peut donner lieu à des phénomènes indésirables tels

05 que par exemple des effets thyristor etc.

C'est de différentes manières qu'on a essayé de changer le profil de dopage dans le sens recherché. Selon une première méthode, il est possible de procéder après la diffusion, à une diminution de la concentration

10 de dopage à la surface par une exodiffusion effectuée dans une capsule sous vide. C'est cependant une étape de procédé compliquée et coûteuse. Il est aussi possible, lors de la formation de la seconde région par implantation d'ions

15 d'implanter en plus d'un dopeur du second type de conductivité une certaine quantité de dopeur du premier type de conductivité, de sorte que sous l'effet de la compensation, on obtienne une concentration de dopage nette plus basse. Dans ce cas, on a cependant l'inconvénient que la mobilité des porteurs de charge diminue par suite de la concentra-

20 tion de dopage brute élevée (donneurs + accepteurs).

Un procédé tel que décrit dans le préambule est connu du brevet anglais No. 1176263. Dans ce cas, dans une couche épitaxiale de premier type de conductivité, on forme par diffusion une région du second type de conductivité opposé s'étendant jusqu'à la surface de la couche épitaxiale, diffusion qui s'effectue à partir d'une couche enterrée de second type de conductivité formée entre le substrat et la couche épitaxiale. La région ainsi formée a une concentration de dopage qui diminue à partir du substrat vers la surface. Toutefois, la diffusion latérale donne lieu à une extension latérale importante de la région, ce qui augmente la surface de cristal nécessaire et réduit la compacité du circuit. Pour atteindre une compacité maximale du circuit, et dans certains cas pour

25 d'autres raisons aussi, il est désirable de former des régions juxtaposées de types de conductivité opposés et formant ensemble une jonction p-n qui est pratiquement

perpendiculaire à la surface semiconductrice ou au moins dont la direction n'est pas entièrement déterminée par une diffusion latérale s'opérant à partir d'une des deux régions.

05           L'invention vise entre autres à procurer un procédé pour la formation de deux régions juxtaposées, contigües, appartenant à des types de conductivité opposés, procédé qui permet de contrôler dans certaines limites la direction de la jonction p-n située entre ces régions.

10           L'invention se base entre autres sur l'idée que ce but peut être atteint par l'utilisation de deux couches enterrées juxtaposées de types de conductivité opposés, qui sont disposées de façon adéquate l'une par rapport à l'autre et pour lesquelles on a choisi des dopeurs et des concentrations de dopage convenables.

15           Conformément à l'invention, un procédé du genre décrit dans le préambule est remarquable en ce que par introduction d'un second dopeur, on forme à côté de la première couche enterrée au moins une seconde couche enterrée de second type de conductivité, et que par diffusion à partir de la seconde couche enterrée, on transforme la partie de la couche épitaxiale située au-dessus de la seconde couche enterrée sur toute son épaisseur, en une seconde région de second type de conductivité, la première et la seconde couches enterrées étant formées à une si faible distance l'une de l'autre que sur pratiquement toute l'épaisseur de la couche épitaxiale, la première région et la seconde région sont contigües et forment une jonction p-n.

20           En appliquant le procédé conforme à l'invention il est possible, par le choix adéquat de la distance entre les couches enterrées, des dopeurs des couches enterrées (donc des coefficients de diffusion), et des concentrations de dopage, d'influencer et de contrôler dans certaines limites la forme et la direction de la jonction p-n située entre les deux régions formées par la diffusion s'opérant à partir des couches enterrées. Ce procédé permet de réa-

liser des dispositifs semiconducteurs de types divers.

Bien que, pour les deux couches enterrées, on puisse choisir des dopeurs dont les coefficients de diffusion sont différents à une même température, un mode de réalisation préférentiel du procédé conforme à l'invention est remarquable en ce que dans la couche épitaxiale, le premier dopeur et le second dopeur ont pratiquement le même coefficient de diffusion à une température de diffusion déterminée. De tels dopeurs sont par exemple le phosphore et le bore (pour le cas du silicium). De plus, on forme alors avantageusement des première et seconde couches enterrées ayant pratiquement la même concentration de dopage en surface c'est-à-dire à la surface du substrat. Dans ce cas, la jonction p-n obtenue entre les deux régions limitrophes diffusées est pratiquement perpendiculaire à la surface.

Dans la plupart des cas, on préfèrera réaliser le procédé de façon telle que la jonction p-n obtenue entre la première et la seconde régions dans la couche épitaxiale soit pratiquement perpendiculaire à la surface. Au lieu de choisir des dopeurs ayant le même coefficient de diffusion et la même concentration, cela peut encore être réalisé approximativement par le choix d'autres combinaisons appropriées de coefficients de diffusion et de concentrations de dopage, la concentration en dopeur à plus faible coefficient de diffusion étant par exemple plus forte.

Si les couches enterrées ne sont pas contigües, il faut qu'elles soient élaborées à une si faible distance l'une de l'autre qu'à la suite de la diffusion latérale, les première et seconde régions formées soient contigües sur au moins une partie de l'épaisseur de la couche épitaxiale. De préférence, le procédé sera mis en oeuvre de façon que les première et seconde régions soient contigües sur toute l'épaisseur de la couche épitaxiale. On y parvient de la manière la plus simple en assurant que les deux couches enterrées soient pratiquement contigües.

L'invention est d'un intérêt particulier dans

un mode de réalisation préférentiel, suivant lequel on forme dans la première région des zones de source et de drain de second type de conductivité d'un premier transistor à effet de champ à grille isolée, et dans la seconde région des zones de source et de drain de premier type de conductivité d'un second transistor à effet de champ à grille isolée, complémentaire du premier. Grâce à l'application de l'invention, il est possible d'augmenter notablement la compacité des circuits comportant de telles combinaisons C-MOST.

Un autre mode préférentiel de réalisation également important, est remarquable en ce que la région de substrat est de premier type de conductivité et que la seconde couche enterrée entoure entièrement au moins une partie de la première couche enterrée, de sorte que par une diffusion s'opérant à partir de la première couche enterrée, il est formé une première région de premier type de conductivité et à section pratiquement constante, qui est entièrement entourée de la seconde région et qui, à travers la couche épitaxiale, s'étend à partir de la région de substrat jusqu'à la surface et forme la région de canal d'un transistor à effet de champ à jonction p-n, dont la seconde région est la région de porte et dont la source et le drain sont formés sur la surface de la couche épitaxiale et sur la région de substrat.

La description suivante, en regard des dessins annexés, le tout donné à titre d'exemple, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

- les figures 1 à 11 représentent schématiquement et en coupe transversale les différentes étapes successives de réalisation d'un dispositif semiconducteur conforme à l'invention,

- la figure 12 représente en vue de dessus la partie du dispositif semiconducteur dont la figure 11 représente une coupe transversale suivant la ligne XI-XI,

- les figures 13 à 18 représentent schématiquement et en coupe transversale les différentes étapes suc-

cessives de fabrication d'un autre dispositif semiconducteur conforme à l'invention,

05 - la figure 19 représente en vue de dessus la partie du dispositif semiconducteur dont la figure 19 représente une coupe transversale suivant la ligne XVIII-XVIII,

- la figure 20 représente le schéma de montage d'un dispositif semiconducteur selon les figures 18 et 19.

10 Les figures sont schématiques et non à échelle; notamment les dimensions dans le sens de l'épaisseur sont exagérées pour la clarté du dessin. En règle générale, des parties similaires sont indiquées par la même référence. Dans les coupes transversales, des zones semiconductrices du même type de conductivité sont hachurées dans le même sens. Dans les vues de dessus selon les figures 12 et 19, les contours des couches métalliques sont représentés par des lignes pointillées.

20 Les figures 1 à 12 représentent dans ses différentes étapes successives de réalisation, la fabrication d'un dispositif semiconducteur selon le procédé conforme à l'invention. Il s'agit ici de la fabrication d'un dispositif semiconducteur comportant au moins deux transistors complémentaires à effet de champ et à grille isolée.

25 On part d'une région de substrat semiconductrice monocristalline 1 (figure 1), dans cet exemple une plaque de silicium de type de conductivité p. Comme expliqué en détail dans la suite de cet exposé, on introduit un premier dopage dans une première partie superficielle 30 de la région de substrat 1 dans le but de former au moins une première couche enterrée 2 (voir figure 4) de premier type de conductivité, en l'espèce de type n. Ensuite, on fait croître une couche épitaxiale 7 (voir figure 5) sur la région de substrat 1 et, par une diffusion effectuée à partir de la première couche enterrée 2, on transforme la partie de la couche épitaxiale 7 située au-dessus 35 de la première couche enterrée 2, sur toute son épaisseur,

en une première région 12 appartenant au premier type de conductivité (n) (voir figure 6) et dont la concentration de dopage diminue à partir de la région de substrat 1 vers la surface.

05 Conformément à l'invention, par l'introduction d'un second dopeur, on forme à côté de la première couche enterrée 2, au moins une seconde couche enterrée 6 de second type de conductivité p (voir figure 4) après quoi, par une diffusion effectuée à partir de la seconde couche enterrée 6, on transforme la partie de la couche épitaxiale 7 située au-dessus de la seconde couche enterrée 6 et sur toute son épaisseur (voir figure 6), en une seconde région 16 appartenant au type de conductivité p et ayant, elle aussi, une concentration de dopage qui diminue à partir de la région de substrat 1 vers la surface. Dans ces conditions, on réalise les première et seconde couches enterrées 2 et 6 à une si faible distance l'une de l'autre, que la première région 12 et la seconde région 16 sont contigües sur pratiquement toute l'épaisseur de la couche épitaxiale 7. De plus, elles forment ensemble une jonction p-n 9 perpendiculaire à la surface.

Maintenant, le procédé va être décrit de manière plus détaillée.

Comme matériau de départ, on utilise une plaque de silicium 1 de type p avec une résistivité de 25 Ohm.cm. par exemple. Par implantation d'ions de phosphore (à énergie 30 keV, à concentration de  $2 \cdot 10^{13}$  ions par  $\text{cm}^2$ ), une surface de cette plaque est munie d'une couche mince 2 de type n, voir figure 1, d'une épaisseur inférieure à 0,1  $\mu\text{m}$ . Ensuite, par oxydation thermique, la surface est recouverte d'une couche mince de silice 3 d'une épaisseur d'environ 30 nm. Sur cette couche, on élabore une couche de laque photosensible 4, dans laquelle on forme une fenêtre 5 par exposition et développement, voir figure 2. Ensuite, la surface est bombardée par des ions de bore à une énergie de 150 keV et à une concentration de  $3 \cdot 10^{13}$  ions par  $\text{cm}^2$ . Les ions de bore pénètrent la couche de

silice 3 mais sont arrêtés par la couche de laque photosensible 4. Il se forme ainsi une couche 6 de type p (voir figure 3) qui, à la surface, est au moins partiellement compensée par la présence de la concentration de dopage de type n de la couche 2.

05 Ensuite, par attaque chimique, on élimine la couche de silice 3 et la couche 2 (voir figure 4) dans la fenêtre 5, après quoi on enlève le masque de laque photosensible 4. En utilisant des techniques courantes, on fait croître ensuite sur la surface une couche épitaxiale de silicium 7 d'une épaisseur de 5  $\mu\text{m}$ . La couche 7 n'est pas dopée, et consiste par conséquent en du silicium à résistivité élevée (de type p ou de type n). Par oxydation thermique, la couche 7 est recouverte d'une couche de silice 8 d'une épaisseur de 50 nm environ, figure 5.

Ensuite, (voir figure 6) on procède à un traitement thermique sous azote durant 6 heures à une température de  $1200^\circ\text{C}$ . Durant ce traitement thermique, à partir des couches enterrées 2 et 6, les dopeurs diffusent dans toute l'épaisseur de la couche épitaxiale 7 ainsi que dans le substrat, et il se forme ainsi la région 12 de type n et la région 16 de type p, dont les concentrations de dopage diminuent vers la surface. La jonction p-n 9 située entre les régions 12 et 16 est pratiquement perpendiculaire à la surface, du fait que les coefficients de diffusion du bore et du phosphore sont pratiquement égaux pour la même température de diffusion et que les concentrations de dopage des couches enterrées 2 et 6, elles aussi, sont pratiquement égales. Cela signifie donc qu'il y a une compensation pratiquement complète des diffusions latérales s'opérant à partir des couches 2 et 6. Sur la figure 6, à titre illustratif, on a représenté en pointillé l'allure (9') de la jonction p-n que l'on obtiendrait si seule la couche enterrée 6 était présente (et qu'on ait formé une couche épitaxiale de type n). L'effet de la diffusion latérale est nettement visible.

30 Dans cet exemple, il est formé dans les régions

12 et 16 des transistors complémentaires à effet de champ et à grille isolée.

Ensuite, en utilisant toujours des techniques continues, on dépose sur la couche de silice 8 une couche de nitrure de silicium 11 d'une épaisseur de 150 nm environ, voir figure 7, après quoi, en utilisant le même masque que pour la formation de la fenêtre 5, on procède à la formation d'un masque de laque photosensible 13. Ensuite, en utilisant comme masques la couche de laque photosensible 13 et les couches 8 et 11, on procède à l'implantation d'ions de bore 15 (voir figure 7) à une concentration de  $3 \cdot 10^{13}$  ions par  $\text{cm}^2$  et à énergie de 25 keV afin de former des régions d'interruption de canal 14 à concentration de dopage de type p plus élevée.

Ensuite, après avoir éliminé la couche de laque photosensible 13, on effectue une oxydation thermique à  $1110^\circ\text{C}$  d'une durée de trois heures, de sorte que sur les parties de la surface non recouvertes de la couche de nitrure 11, il se forme une configuration d'oxyde partiellement noyée 17 d'une épaisseur de  $1,1 \mu\text{m}$  environ, voir figure 8.

Ensuite on élimine les couches 11 et 8 par attaque chimique, après quoi, par oxydation thermique, on forme une couche d'oxyde de porte 18 d'une épaisseur de 70 nm, voir figure 9. Comme une couche de silice 8 était présente lors de la diffusion, le dopage superficiel de la région 16 sera légèrement inférieur à celui de la région 12, du fait qu'au cours de la diffusion, le bore se dissout légèrement dans le silice tandis que le phosphore pénètre dans le silicium. Cet effet est encore augmenté par l'oxydation d'oxyde de porte. Ainsi le dopage superficiel de la région 16 donnerait une valeur trop faible pour la tension de seuil du canal n MOST, et le dopage superficiel de la région 12 produirait une tension de seuil trop élevée pour le canal p MOST. C'est donc pourquoi on implante d'abord une faible quantité d'ions de bore à la surface des deux régions, dans le but de donner la valeur voulue aux tensions de seuil.

A partir de la phase gazeuse, on

dépose ensuite sur toute la surface une couche de silicium polycristallin 19 d'une épaisseur voisine de  $0,5 \mu\text{m}$ , après quoi, par diffusion ou par implantation d'ions, cette couche 19 est rendue conductrice de type n avec du phosphore.

- 05 Ensuite, la couche 19 est conformée dans la configuration requise par attaque chimique.

De manière usuelle, on forme ensuite les zones de source et de drain 22 et 23 du transistor à canal n par implantation d'ions d'arsenic, et les zones de source et de drain 20 et 21 du transistor à canal p par implantation d'ions de bore, alors que les couches de grille 19 et la configuration d'oxyde 17 servent de masques, voir figure 10. Dans ces opérations, les parties superficielles qui ne doivent pas être exposées aux ions concernés, sont recouvertes chaque fois par un masque non critique, par exemple un masque de laque photosensible.

Enfin, on recouvre l'ensemble d'une couche de  $\text{SiO}_2$  pyrolithique, dans laquelle on forme des fenêtres de contact, voir figure 11. Par métallisation par exemple à l'aluminium et par attaque chimique, on obtient les couches métalliques 24, 25 et 26 qui, à l'intérieur des fenêtres de contact, contactent les zones 20-23 et les grilles 19. Dans la vue de dessus de la figure 12, les fenêtres de contact sont marquées de lignes en diagonales.

25 Les transistors MOS complémentaires ainsi obtenus sont séparés par une jonction p-n 9 qui traverse la couche épitaxiale dans une direction perpendiculaire à la surface. L'absence de la déviation de la jonction p-n, déviation qui dans les structures connues, est provoquée par diffusion latérale, amène une réduction notable de l'encombrement.

Au lieu d'un substrat de type p, on pourrait utiliser aussi un substrat de type n. Le transistor à canal n se trouverait alors dans une région en forme d'îlot 35 16 de type p entièrement entourée de matériau de type n.

Dans le mode de réalisation décrit ci-dessus, on a obtenu les couches enterrées 2 et 6 en réalisant

d'abord la couche 2 sur toute la surface, en formant ensuite la couche 6 dans une partie de la surface et en éliminant par attaque chimique dans la région 6 sa couche superficielle qui est occupée par la couche 2. Néanmoins, il  
05 est possible aussi, par diffusion ou implantation locales, de réaliser les couches 2 et 6 de façon qu'elles soient juxtaposées ou qu'elles se chevauchent. Il est possible aussi de réaliser les couches 2 et 6 à une faible distance l'une de l'autre, pourvu que cette distance soit faible  
10 au point que, lors de la diffusion, les régions exodifusées 12 et 16 soient contigües. Il est à remarquer encore qu'on établit le contact des régions de substrat 12 et 16 des deux transistors à effet de champ en formant une couche métallique 28. (voir figure 11) sur la face arrière de la plaque semiconductrice et en court-circuitant la région 12 avec la zone 20 par une ouverture réalisée dans la zone de source 20, à l'intérieur de la fenêtre de contact 29 (voir figure 12). S'il s'agit d'un substrat  
15 à résistivité relativement élevée, tel que décrit dans cet exposé, il peut être avantageux de former le contact de la région 16 également sur la face supérieure, en procédant de la même manière que pour la région 12.

Les figures 13 à 19 représentent, dans ses différentes étapes successives de fabrication, un mode de  
25 réalisation du procédé conforme à l'invention, dans lequel on réalise une combinaison d'un transistor à effet de champ à jonction p-n (JFET) et de deux transistors à effet de champ à grille isolée.

Sur un substrat de silicium 31 de type n on  
30 réalise côté-à-côte une couche fortement dopée 33A de type n, une couche fortement dopée 32 de type p qui délimite et entoure entièrement cette couche, ainsi qu'une couche 33B de type n qui délimite et entoure entièrement cette couche 32. Ensuite, on fait croître sur toute la surface une couche épitaxiale de silicium 37 non dopée ou faiblement dopée, de façon à obtenir la structure telle que représentée en coupe transversale sur la figure 13. La

formation des couches enterrées 32, 33A et 33B et de la couche épitaxiale 37 peut se réaliser par exemple de la manière décrite dans l'exemple précédent pour la réalisation de la structure selon la figure 5.

05       Ensuite, par analogie à la figure 6 de l'exemple précédent, on procède à un traitement thermique au cours duquel sur toute l'épaisseur de la couche épitaxiale 37, les couches enterrées 32, 33A et 33B diffusent vers la surface et dans le substrat tout en formant des jonctions p-n 39 (voir figure 14) qui, pour des concentrations de dopage et des coefficients de diffusion appropriés des atomes donneurs et accepteurs (de préférence de phosphore et de bore) utilisés pour la formation des couches enterrées 32, 33A et 33B, sont sensiblement perpendiculaires à la 10 surface et séparent les régions de type n 133A et 133B de la région adjacente de type p 132. La couche 133A a une section sensiblement constante et est entièrement entourée de la région 132.

15       Comme indiqué sur la figure 15, on réalise ensuite la configuration d'oxyde au moins partiellement noyée 47 en procédant d'une manière analogue à celle utilisée pour la configuration 17 de l'exemple précédent. Ensuite, 20 en procédant toujours de la manière décrite dans l'exemple précédent, on forme une configuration de grilles 49 en silicium polycristallin séparées de la surface de silicium par une mince couche de silice 48, après quoi, en 25 utilisant ces grilles et la configuration d'oxyde 47 comme masques, on réalise par implantation d'ions d'arsenic les couches fortement dopées de type n servant à la formation des zones de source et de drain 40, 41, 42 et 43, et par 30 implantation d'ions de bore la couche fortement dopée de type p 44, voir figure 17. Dans ce cas, pour le masquage des régions qui ne doivent pas être implantées, on utilise 35 chaque fois un masque non critique, par exemple un masque de laque photosensible. L'implantation effectuée pour la formation des zones 41 et 42 sert en outre pour la formation d'une couche de contact n<sup>+</sup> sur la région 133A.

Sur cet ensemble, on dépose ensuite une couche de silice pyrolithique 45 (voir figure 18), après quoi on forme par attaque chimique des fenêtres de contact dans cette couche 45, et on établit les contacts du circuit au moyen de couches métalliques 50, 51, 52 et 55. Dans la vue de dessus de la figure 19, les contours de ces couches métalliques sont représentés par des lignes pointillées, alors que les fenêtres de contact sont concrétisées par des lignes diagonales. Sur la figure 19, comme sur la figure 12, les couches de silicium polycristallin sont marquées par des traits croisés, alors que les limites de la configuration d'oxyde 47 sont représentées par des traits continus. Pour la formation des contacts des régions 31, 133A et 133B, on dépose sur la face arrière de la plaque de silicium une couche métallique 53; la région 132 est contactée sur la couche  $p^+$  44 par la couche métallique 52.

Le circuit ainsi obtenu est représenté schématiquement sur la figure 20. Ce circuit comporte deux transistors (61, 62) à effet de champ à grille isolée et un transistor 60 à effet de champ à jonction. Le transistor à effet de champ à jonction (JFET) 60 est formé par les électrodes de source et de drain 51 et 53 (voir figure 18) avec la région de canal intermédiaire 133A, la zone d'électrode de grille étant formée par la région de type  $p$  132. Comme les jonctions  $p-n$  39 sont toutes pratiquement perpendiculaires à la surface, la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention permet de réaliser une région de canal 133A à section très faible et constante (par exemple d'une largeur de 5  $\mu m$ ). De cette façon on atteint pourtant une très grande précision du fait de l'élimination pratiquement complète de l'effet de la diffusion latérale.

L'invention n'est nullement limitée aux deux modes de réalisation décrits ci-dessus, et il est possible d'imaginer de nombreuses autres variantes sans sortir du cadre de l'invention. En premier lieu, dans chacun des modes de réalisation décrits, tous les types de conductivité peuvent être remplacés (simultanément) par le type opposé. De même, on peut utiliser des matériaux semiconducteurs

autres que le silicium, par exemple le germanium, les composés III-V tels que l'arséniure de gallium etc. Au lieu de grilles en silicium polycristallin on peut utiliser des grilles métalliques. Il est également possible de 05 remplacer les grilles isolantes et conductrices précitées par d'autres matériaux. Si l'emploi d'une configuration d'oxyde au moins partiellement noyée est désirable dans de nombreux cas, il n'est nullement nécessaire.

En ce qui concerne les dopeurs et les concentrations de dopage à utiliser pour la formation des couches enterrées 2, 6, 32 et 33A, 33B, on donnera la préférence, au moins dans le cas du silicium, à l'emploi de phosphore et de bore, surtout à cause de leurs coefficients de diffusion, pratiquement égaux à toutes les températures de 15 diffusion. Toutefois, comme déjà indiqué, on peut utiliser, dans le silicium aussi, d'autres atomes donneurs et accepteurs pourvu qu'on adapte les dopages et les coefficients de diffusion appliqués. Dans ce cas, pour supprimer dans une certaine mesure la diffusion latérale, il 20 faut que le dopeur ayant le plus grand coefficient de diffusion présente la plus faible concentration de dopage, et inversement. En adaptant ces paramètres au résultat voulu, on peut former dans la couche épitaxiale, entre les régions n et p formées apr diffusion à partir des couches enterrées de type n et p, des jonctions p-n dont l'orientation varie entre la quasi-perpendicularité par rapport à la surface (dans le cas d'une compensation complète des diffusions latérales) et la forme obtenue dans le 25 cas d'une diffusion latérale non compensée, s'opérant d'un seul côté. Ainsi, l'homme de l'art est à même de réaliser dans certaines limites le "contrôle" voulu de la jonction p-n.

A remarquer enfin que pour la formation des couches enterrées, on peut utiliser des méthodes de dopage autres que l'implantation d'ions, par exemple la diffusion 35 à partir de la phase gazeuse ou la diffusion opérée à partir d'une couche d'oxyde ou de verre dopée.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un dispositif semi-conducteur, dans lequel on part d'une région semiconductrice monocristalline de substrat et dans lequel, pour la formation d'au moins une première couche enterrée d'un premier type de conductivité, on introduit un premier dopage dans une première partie superficielle de la région de substrat, après quoi on fait croître une couche épitaxiale sur la région de substrat et, par une diffusion à partir de la première couche enterrée, on transforme la partie de la couche épitaxiale située au-dessus de la première couche enterrée sur toute son épaisseur en une première région de premier type de conductivité, caractérisé en ce que par introduction d'un second dopage on forme à côté de la première couche enterrée au moins une seconde couche enterrée de second type de conductivité, et que par diffusion à partir de la seconde couche enterrée, on transforme la partie de la couche épitaxiale située au-dessus de la seconde couche enterrée, sur toute son épaisseur, en une seconde région de second type de conductivité, la première et la seconde couches enterrées étant formées à une si faible distance l'une de l'autre que sur pratiquement toute l'épaisseur de la couche épitaxiale, la première région et la seconde région sont contiguës et forment une jonction p-n.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'à chaque température de diffusion, le premier dopage et le second dopage ont pratiquement le même coefficient de diffusion dans la couche épitaxiale.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que les première et seconde couches enterrées sont réalisées pratiquement à la même concentration superficielle.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la couche épitaxiale est en silicium et qu'une couche enterrée est dopée au bore et l'autre au phosphore.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la jonction p-n située entre la première et la seconde région de la couche épitaxiale est pratiquement perpendiculaire à la surface.

05 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les deux couches enterrées sont réalisées de façon qu'elles soient pratiquement contigües.

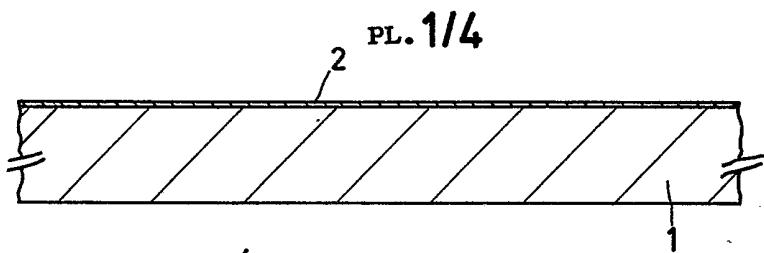
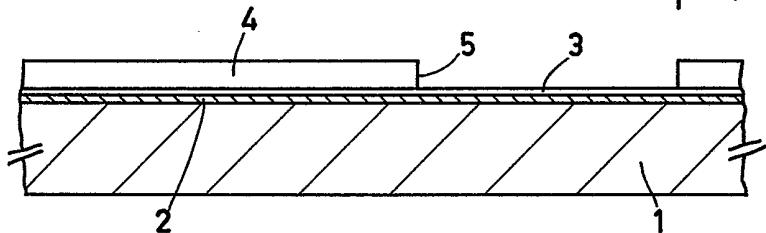
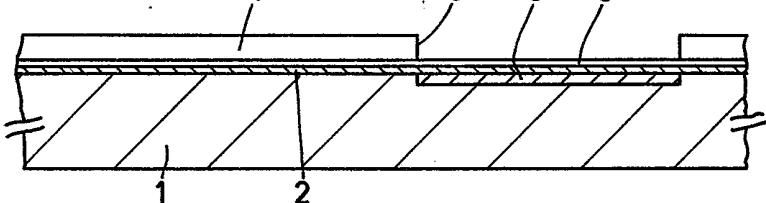
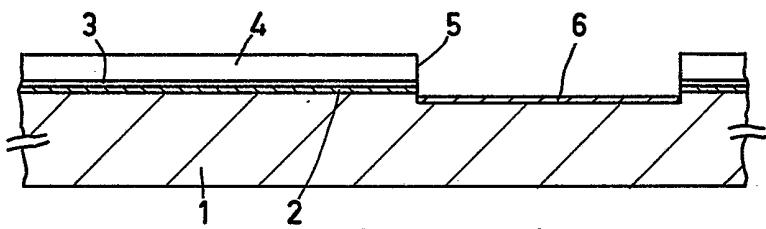
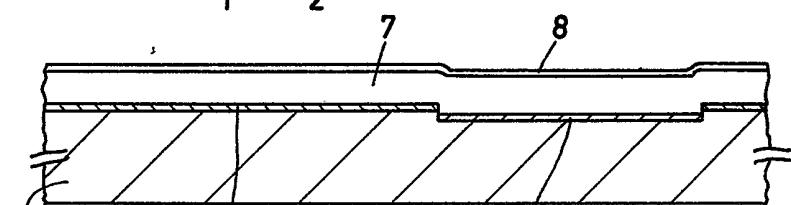
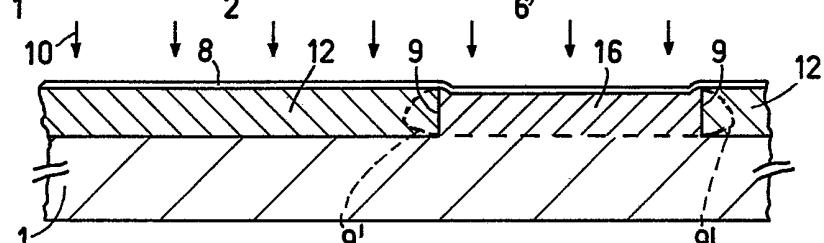
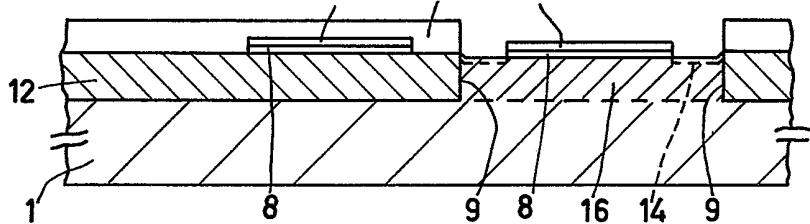
10 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que d'abord, sur toute sa surface, on recouvre la région de substrat d'une couche superficielle de premier type de conductivité, et qu'ensuite, dans une partie de la surface, on introduit un dopage dans le but de former une couche de second type de conductivité d'épaisseur supérieure à celle de la couche superficielle du premier type de conductivité, et que sur ladite partie superficielle, on élimine au moins essentiellement la couche superficielle du premier type de conductivité.

15 20 8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que dans la première région, on forme des zones de source et de drain de second type de conductivité d'un premier transistor à effet de champ à grille isolée, et que dans la seconde région, on forme des zones de source et de drain de premier type de conductivité d'un second transistor à effet de champ à grille isolée, complémentaire du premier.

25 30 35 9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel on fait croître une couche épitaxiale de silicium, et dans lequel la première couche enterrée est dopée au bore et la seconde couche enterrée au phosphore, caractérisé en ce qu'après croissance, on recouvre la couche épitaxiale d'une couche de silice, qu'ensuite, on termine la diffusion des première et seconde régions, et qu'enfin, on donne la valeur voulue aux tensions de seuil des deux transistors à effet de champ complémentaires par l'implantation d'ions de bore dans les régions de canal des

deux transistors à effet de champ.

10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la région de substrat est de premier type de conductivité, et que la seconde couche enterrée entoure entièrement au moins une partie de la première couche enterrée, de sorte que par une diffusion s'opérant à partir de la première couche enterrée, il est formé une première région de premier type de conductivité et à section pratiquement constante, qui est entièrement entourée de la seconde région et qui, à travers la couche épitaxiale, s'étend à partir de la région de substrat jusqu'à la surface et forme la région de canal d'un transistor à effet de champ à jonction p-n, dont la seconde région est la région de porte et dont la source et le drain sont formés sur la surface de la couche épitaxiale et sur la région de substrat.

**FIG.1****FIG.2****FIG.3****FIG.4****FIG.5****FIG.6****FIG.7**

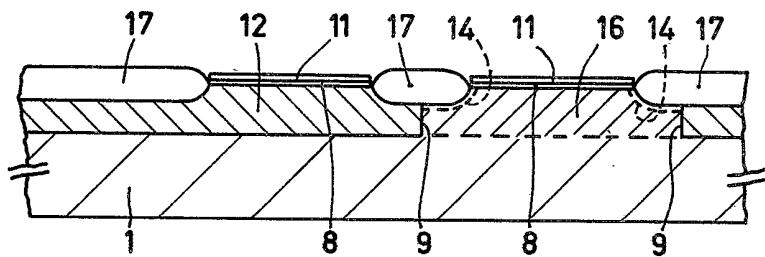


FIG.8

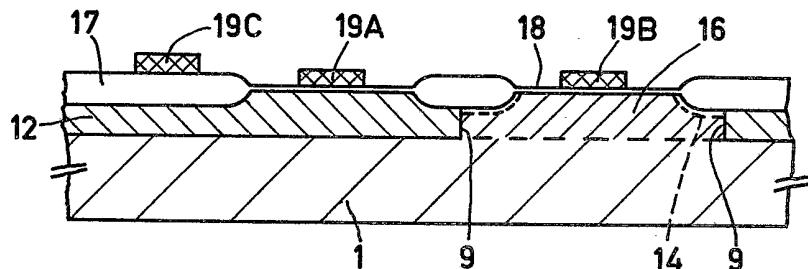


FIG.9

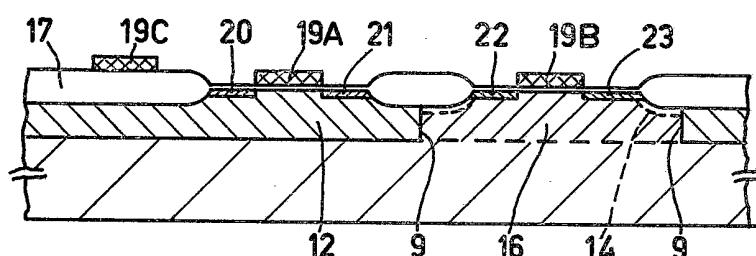


FIG.10

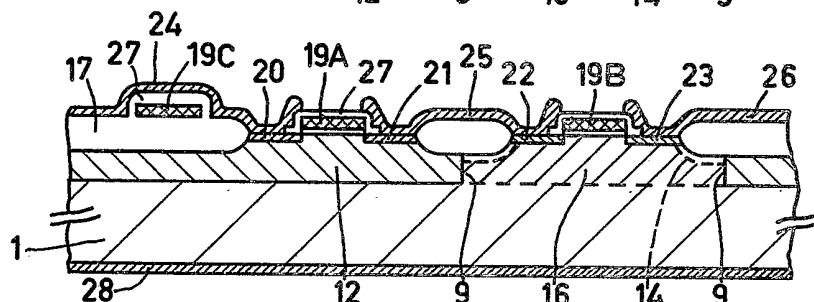


FIG.11

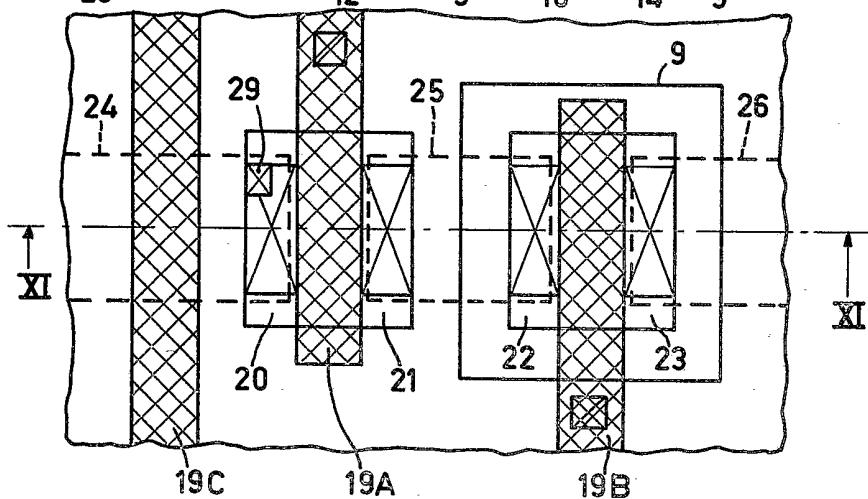


FIG.12

PL. 3/4

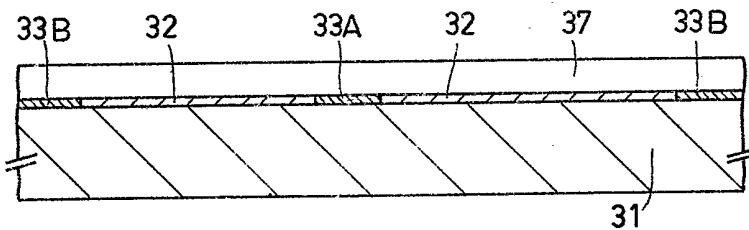


FIG.13

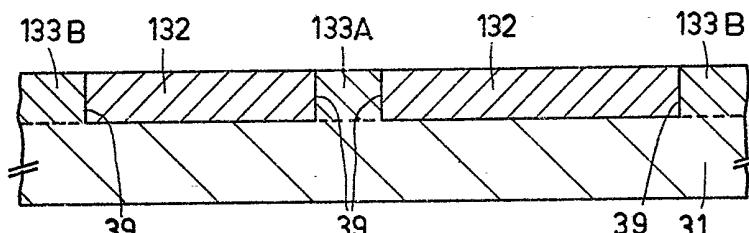


FIG.14

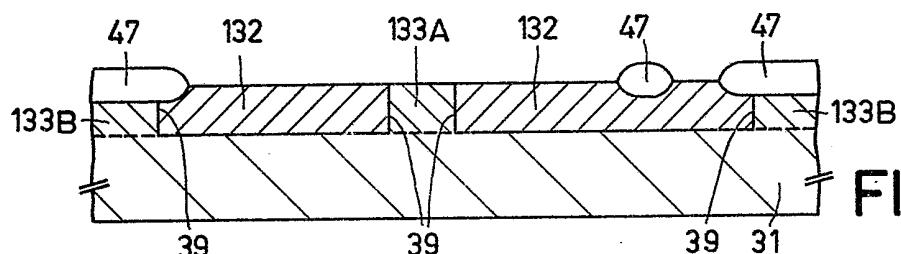


FIG.15

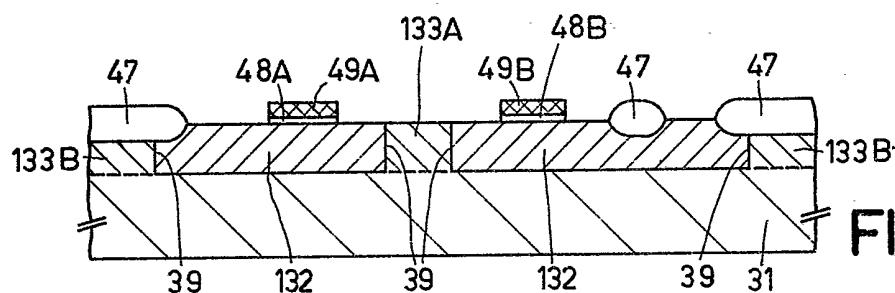


FIG.16

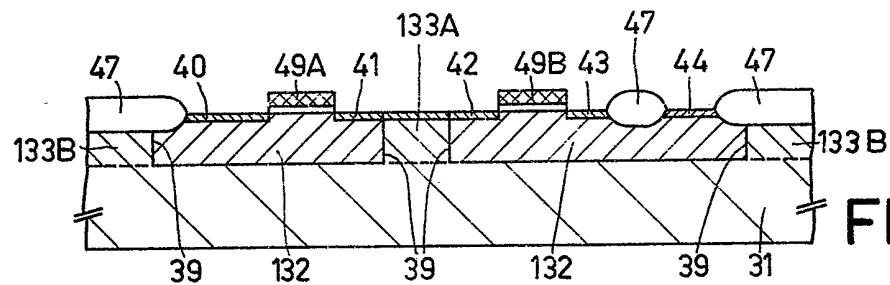


FIG.17

PL. 4/4

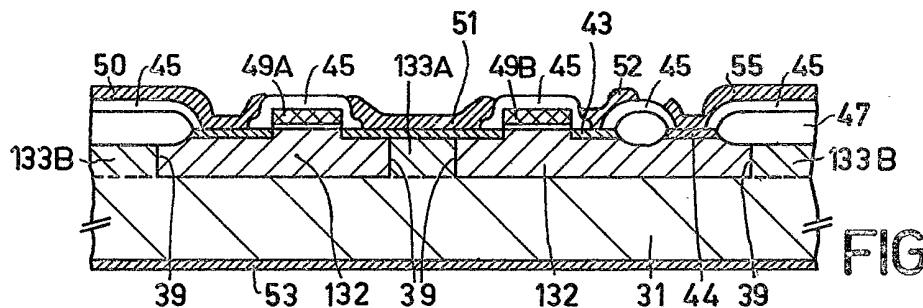


FIG.18

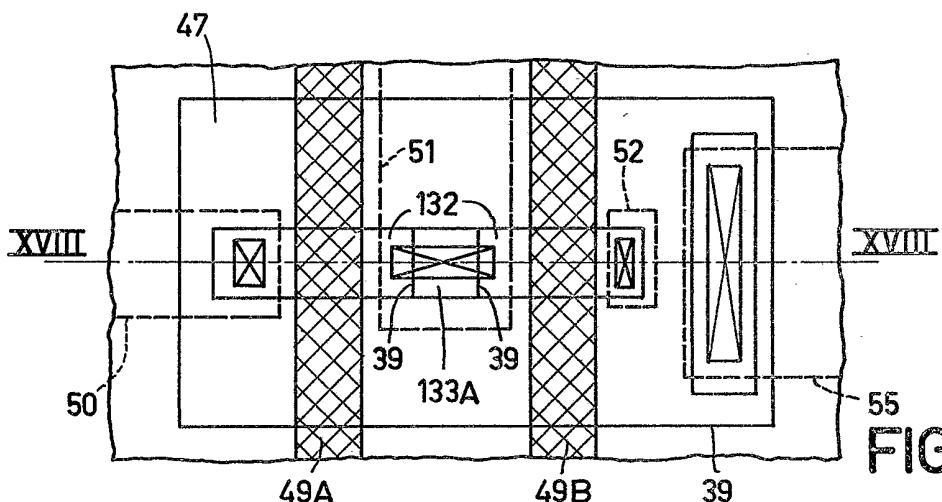


FIG.19

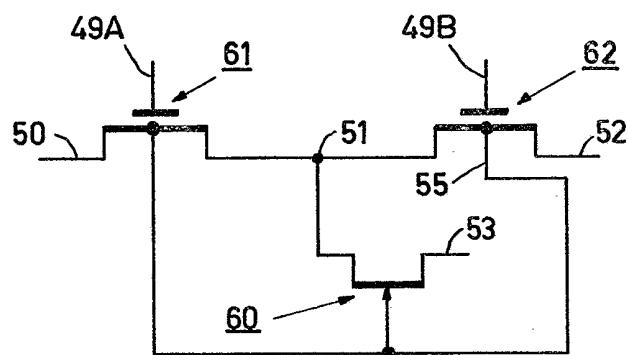


FIG.20