

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 20952

(54)

Structure plane pour dispositifs semi-conducteurs à haute tension.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 L 29/00.

(22)

Date de dépôt..... 9 novembre 1981.

(33)

(32)

(31)

Priorité revendiquée : EUA, 17 novembre 1980, n° 207 123.

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 20 du 21-5-1982.

(71)

Déposant : Société dite : INTERNATIONAL RECTIFIER CORPORATION, résidant aux EUA.

(72)

Invention de : Thomas Herman et Alexander Lidow.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Armand Kohn,
5, av. Foch, 92380 Garches.

1

La présente invention se rapporte à des dispositifs semi-conducteurs plans à haute tension ; elle vise, plus particulièrement, une nouvelle configuration de la couche de silice, pour empêcher la polarisation de la couche sous l'influence de forts champs électriques latéraux à la surface du dispositif.

Un revêtement protecteur vitreux, usuel, pour la surface d'un dispositif semi-conducteur, utilise le dioxyde de silicium relativement fortement dopé au phosphore. Cette matière présente les caractéristiques d'isolement désirables du dioxyde de silicium non dopé, mais possède également la propriété de fluer et s'écouler doucement lorsqu'elle est chauffée à une température relativement faible, ce qui aboutit à la formation d'un revêtement vitreux, imperméable, sur la surface qu'elle recouvre.

Le dioxyde de silicium dopé au phosphore est appelé "silox" dans la suite de la description. Le silox peut contenir de 2% à 10% environ en poids de phosphore. Plus la concentration de phosphore dans le silox est élevée et plus la matière devient polarisable.

Lorsqu'on utilise le silox dans un environnement où de forts champs électriques latéraux sont présents, comme c'est le cas dans les dispositifs semi-conducteurs plans, le dioxyde de silicium fortement dopé se polarise et tend à déformer le champ à la surface et dans le corps du dispositif. Par suite, dans les zones de champs trop élevés, le dispositif risque d'être défaillant en raison de l'augmentation de la contrainte due à la polarisation du silox dans la zone de contrainte de fort champ électrique.

Suivant la présente invention, le revêtement de silox vitreux, formé à la surface d'un dispositif semi-conducteur plan, est enlevé dans les régions de très forts champs. Les régions dégagées ou coupées peuvent présenter une couche d'isolement, par exemple du dioxyde de silicium

non dopé ou à teneur relativement faible en phosphore, par exemple moins de 2% environ en poids. L'invention peut s'appliquer à tout dispositif au sein et à la surface duquel une forte contrainte de champ électrique est engendrée pendant le fonctionnement.

Dans une forme préférée de l'invention, deux coupures ou intervalles allongés, espacés l'un de l'autre et disposés perpendiculairement aux lignes de champ électrique dans le silox, sont formés dans le revêtement supérieur de silox, de façon à éliminer le silox des régions de très forte contrainte et à diminuer la tendance du silox à la polarisation, grâce à la présence de ces intervalles. Il est entendu qu'on peut utiliser un intervalle ou coupure unique, ou plus de deux intervalles placés en série par rapport au champ électrique.

L'invention peut s'appliquer pratiquement à tout dispositif semi-conducteur qui comporte un revêtement de silox sur une région de forte contrainte de champ électrique. Par exemple, l'invention s'applique à des diodes ayant des anneaux flottants de garde, dans lesquelles la surface du dispositif est recouverte de silox fondu, découpé pour former deux intervalles de part et d'autre de l'anneau de garde, respectivement. De même, l'invention peut s'appliquer aux régions voisines des côtés opposés des anneaux de garde, dans tout dispositif tel que transistor MOS à effet de champ, transistor de puissance, dispositif TRIMOS et autres.

L'invention peut également s'appliquer à des régions intérieures de dispositifs, dans lesquels deux électrodes, à différence de potentiel relativement grande, sont situées sur le dessus du dispositif et sont recouvertes de silox. Un ou plusieurs intervalles peuvent avantageusement être prévus dans cette couche de silox, entre les deux électrodes, pour éviter les effets de polarisation sur le silox, et empêcher la création d'une contrainte excessive de champ électrique sur la surface du dispositif.

L'invention sera mieux comprise à la lumière de la description de ses formes de réalisation, non limitatives, représentées sur les dessins annexés.

Fig. 1 est une coupe transversale d'une diode plane comportant un anneau de garde suivant l'art antérieur qui entoure toute sa périphérie extérieure, afin d'augmenter la capacité de tension inverse du dispositif.

Fig. 2 représente une diode, semblable à celle de la figure 1, dans laquelle une plaque de champ est utilisée pour améliorer les caractéristiques de tension inverse du dispositif.

Fig. 3 représente un autre dispositif suivant l'art antérieur, dans lequel le métal de la plaque de champ de la figure 2 chevauche une banquette ou épaulement correspondant, formé dans une couche inférieure d'oxyde, afin d'améliorer la répartition du champ à la surface du dispositif.

Fig. 4 est une vue de dessus d'un élément qui contient une diode plane, recouverte d'une couche de silox séparée par des intervalles conformément à la présente invention.

Fig. 5 est une coupe transversale de l'élément de la figure 4, dans une phase initiale de sa fabrication.

Fig. 6 représente l'élément de la figure 5 à un stade suivant de fabrication, dans lequel une surface de métallisation de plaque de champ est appliquée au dispositif.

Fig. 7 représente l'élément de la figure 6, après formation d'une couche de silox.

Fig. 8 représente la pastille de la figure 7, après formation de deux intervalles en série obtenus par attaque de la couche de silox.

Fig. 9 est une coupe transversale du dispositif de la figure 8, suivant la ligne 9-9 de la figure 4, qui représente l'élément terminé, après métallisation d'élec-

trodes sur l'élément pour former une plaque de champ combinée à épaulements multiples.

Fig. 10 est une vue de dessus d'une deuxième forme de réalisation de l'invention, appliquée à un dispositif MOSFET.

Fig. 11 est une coupe à travers une petite partie des régions de source de la figure 10, qui illustre la configuration des jonctions de régions.

Fig. 12 est une vue de dessus du dispositif des figures 10 et 11, illustrant la façon dont les doigts de gâchette sont en contact avec la grille de polysilicium qui définit une électrode de gâchette.

Fig. 13 est une vue, à plus grande échelle, d'un bord du dispositif de la figure 10 et illustre la façon dont des intervalles sont formés dans le revêtement de silox.

Fig. 14 est une coupe suivant la ligne 14-14 de la figure 13 et montre particulièrement les intervalles dans la couche de silox.

Fig. 15 est une vue, à plus grande échelle, d'une deuxième forme de réalisation de la plaque de champ de la figure 14.

Fig. 16 représente un dispositif de type TRIMOS suivant l'art antérieur, qui est un dispositif de commutation à semi-conducteur utilisant des transistors MOS espacés ayant une région de drain commune.

Fig. 17 est une vue de dessus d'un dispositif TRIMOS construit conformément à la présente invention.

Fig. 18 est une coupe suivant la ligne 18-18 de la figure 17 et illustre les intervalles espacés dans le revêtement de silox, et

Fig. 19 est une coupe suivant la ligne 19-19 de la figure 17, qui montre les intervalles formés dans la couche de silox à la périphérie extérieure du dispositif, de part et d'autre de l'anneau de garde.

Les figures 1, 2 et 3 représentent des dispositifs suivant l'art antérieur qui ont été utilisés pour améliorer les caractéristiques de haute tension inverse de dispositifs semi-conducteurs plans, par exemple une diode dans le cas des figures 1, 2 et 3. Comme décrit plus loin, un aspect de la présente invention, illustré par les figures 4 et 9, combine les caractéristiques des figures 1, 2 et 3 avec une couche de silox qui comporte des intervalles ou espaces découverts, afin d'améliorer les caractéristiques à haute tension du dispositif fini. La nouvelle structure, représentée sur les figures 4 et 9, comporte également une nouvelle structure composite de plaque de champ en métal et polysilicium qui possède les caractéristiques de la plaque de champ à double épaulement de la figure 3, sans la complexité de traitement qui est exigée pour le dispositif de la figure 3.

La figure 1 est une coupe transversale d'un élément ou pastille de matière 30 semi-conductrice, qui peut être du silicium monocristallin, avoir par exemple une épaisseur de 0,35 mm et présenter une configuration rectangulaire (ou toute autre forme géométrique), le rectangle pouvant avoir des dimensions de 2,5 mm sur 2,5 mm.

Le dispositif peut être formé simultanément au traitement d'un grand nombre de dispositifs dans une pastille commune, de façon connue, les dispositifs étant ensuite séparés de la pastille par attaque ou autre procédé connu de division.

De même, pour chacune des formes de réalisation de l'invention décrites plus loin, tous les dispositifs peuvent être obtenus sur une pastille unique ou une pluralité de dispositifs peuvent être formés dans des éléments individuels qui sont ensuite séparés de la pastille.

La pastille 30 de la figure 1 peut être en silicium monocristallin de conductivité de type N et peut comporter une couche épitaxiale N- déposée au-dessus du corps

de type N. Toutes les jonctions sont formées dans la couche épitaxiale, de façon usuelle. Il faut toutefois noter que l'invention peut être mise en oeuvre dans un élément qui ne comporte pas de couche épitaxiale.

5 Dans le cas de la figure 1, une diode plane est formée par une couche 31 P+ qui peut être diffusée dans la surface supérieure de l'élément 30. En même temps que l'anneau 31 P+ est diffusé, une région 32 P+ est formée sur toute la périphérie extérieure de la surface supérieu-
10 re du dispositif, pour constituer un anneau de garde usuel. Des électrodes supérieure et inférieure 33 et 34, qui peuvent être en toute matière désirée, peuvent être fixées à l'élément, de façon connue. Des contacts métalliques peuvent être placés sur les électrodes 33 et 34, si nécessai-
15 re, afin de pouvoir assembler facilement les dispositifs dans un boîtier approprié. Bien que les formes de réalisation décrites ci-après utilisent un substrat de type N qui reçoit des diffusions de type P, il est entendu que le corps initial peut être de type P et les impuretés de
20 diffusion de type N.

L'anneau de garde 32 est bien connu et sert à améliorer la capacité de tension inverse du dispositif, par action sur les lignes de champ électrique produites au-dessous de la région 31 P+ pendant l'appel d'inversion,
25 de manière à étendre latéralement vers l'extérieur et réduire la pointe de courbure des lignes de champ dans la masse de l'élément. L'anneau de garde 32 P+ tend également à étaler les lignes de champ électriques, de façon à réduire la contrainte locale de champ électrique le long de
30 la surface supérieure du dispositif.

Une pluralité d'anneaux de garde espacés, tels que l'anneau de garde 32, ont également été utilisés pour améliorer la redistribution du champ électrique dans le corps de silicium pendant l'inversion.

35 Une plaque de champ tend également à réduire le

champ électrique dans le corps de silicium pendant l'inversion. La figure 2 représente une diode usuelle, comportant une plaque de champ. Le dispositif de la figure 2 est sensiblement le même que celui de la figure 1 sauf en

5 ce que, à la place de l'anneau de garde 32, une métallisation supérieure 40, qui peut être un métal tel que l'aluminium, un polysilicium dopé ou un siliciure métallique, chevauche un anneau 41 de dioxyde de silicium ou un anneau

10 oblige les lignes de champ électrique, dans le corps 30 et au-dessous de la région 31 P+, à s'étaler radialement au-delà de la périphérie extérieure de l'électrode 40, ce qui réduit la courbure des lignes de champ électrique dans le corps du dispositif et améliore les caractéristiques du dis-

15 positif à l'inversion.

La fonction principale de l'anneau de garde 32 de la figure 1 et de la plaque de champ 40 de la figure 2 consiste à élargir autant que possible la région d'appauvrissement pendant l'inversion. C'est la courbure dans cette

20 région d'appauvrissement qui est la cause principale de défaillance prématurée du dispositif semi-conducteur. La courbure du champ électrique peut être encore diminuée par l'arrangement représenté sur la figure 3, qui est semblable à la figure 2 sauf en ce que l'oxyde 41 contient un

25 épaulement 42 qui oblige la métallisation 40 à comporter un deuxième épaulement correspondant. Une disposition de ce type est décrite par F. Conti et M. Conti, aux pages 92 à 105 de SOLID-STATE ELECTRONICS, 1972, Volume 15.

Lorsque la plaque de champ est épaulée au-dessus

30 des deux différentes épaisseurs d'oxyde, comme dans le cas de la figure 3, le dispositif possède une plus grande capacité de résistance à la tension de rupture, du fait de la courbure réduite dans le champ électrique créée par la plaque/épaulée. Toutefois, le traitement du dispositif de

35 la figure 3 pour obtenir un épaulement dans la couche d'o-

xyde est relativement compliqué. Suivant un trait de la présente invention, l'effet d'une plaque de champ épaulée comme représenté sur la figure 3 est obtenu au moyen d'une structure combinée, composite, de plaque de champ en
5 métal et polysilicium, qui comprend en outre un anneau de garde. L'ensemble est ensuite revêtu de silox qui est coupé ou rainuré pour réduire les effets de polarisation dans le silox, afin de limiter la distorsion des lignes de champ électrique dans le corps semi-conducteur qui est si-
10 tué sous le silox.

Une nouvelle diode conforme à l'invention est représentée sur les figures 4 et 9. Les opérations de fabrication aboutissant au dispositif des figures 4 et 9 sont illustrées par les figures 5 à 8.

15 Pour fabriquer le dispositif des figures 4 et 9, des éléments individuels d'une pastille commune sont traités de façon identique, leur dimension étant par exemple de 2,5 mm par 2,5 mm. L'élément peut être de type N et avoir une épaisseur de 0,35 mm environ.

20 Si on le désire, l'élément peut comporter une couche supérieure, formée épitaxialement, qui est légèrement dopée et reçoit toutes les jonctions.

La première phase de fabrication consiste à revêtir les éléments individuels avec un revêtement d'oxyde
25 qui peut avoir, par exemple, une épaisseur de 1,3 microns.

Ensuite, par des procédés photolithographiques, on forme dans le revêtement d'oxyde 50 de la figure 5 des fenêtres 51 et 52, la fenêtre 51 définissant une gorge qui entoure la périphérie extérieure du dispositif. L'élément
30 est alors placé dans un four de diffusion approprié et une impureté désirée, par exemple du phosphore, est diffusée dans les fenêtres, à une température et pendant une durée appropriées, pour définir une région centrale 53 P+ entourée par un anneau de garde 54 P+. La température et la
35 durée de diffusion choisies pour le traitement sont déter-

minées en fonction de la profondeur et de la concentration désirées de la diffusion P+ choisie. Il est entendu que, dans cette forme de réalisation et dans toutes les autres formes décrites plus loin, le type de conductivité choisi
5 pour les dispositifs peut être inversé et, dans le cas de la figure 5, la pastille 30 pourrait être une pastille à corps de type P+ avec des diffusions de bore de type N.

Après la formation des régions 53 et 54 P+ de la figure 5, la pastille ou l'élément est revêtu avec du
10 polysilicium, qui est dopé par contreréaction pour être très conducteur. La couche 60 de polysilicium est formée avec une épaisseur de 0,5 micron par exemple.

On voit qu'un recouvrement de polysilicium 60 chevauche l'anneau d'oxyde 50, de la même façon que la
15 plaque de champ de la figure 2. Un deuxième masque est ensuite appliqué sur le dispositif et, par des procédés photolithographiques appropriés, on forme une fenêtre annulaire 61 par attaque de la couche 60 de polysilicium, pour définir une région centrale qui est en contact avec
20 la région 53 P+ et une région 62 d'anneau de garde extérieur qui encercle la périphérie du dispositif.

La phase suivante de la fabrication est illustrée par la figure 7 et consiste à déposer une couche 65 de dioxyde de silicium dopé au phosphore, ou silox, la concentration de phosphore pouvant être par exemple de 8% en poids du dioxyde de silicium. La couche 65 de dioxyde de silicium dopé au phosphore est déposée à une épaisseur de 1,0 micron. La pastille est ensuite placée dans un four et chauffée par exemple à une température de 900°C pendant 60 minutes, de sorte que
30 le silox s'écoule par fluage et forme un revêtement vitreux lisse sur toute la surface supérieure du dispositif.

On applique alors sur le dispositif un autre masque ou cache comme illustré par la figure 8 et, par des procédés photolithographiques, on forme dans le revêtement
35 65 de silox deux intervalles ou espaces annulaires 70 et

71, à une profondeur qui permet d'atteindre l'oxyde 50 situé au-dessous.

Ensuite et comme représenté sur la figure 9, une plaque de contact, par exemple la plaque de contact 5 73 en aluminium, est déposée sur la couche de polysilicium et chevauche le bord extérieur de la couche 60 de polysilicium. Sur la figure 9, l'électrode 73 se prolonge d'une distance radiale A au-delà du polysilicium 60. Par exemple, le polysilicium 60 peut avoir une dimension latérale 10 rale de 2,5 mm par 2,5 mm et peut être dépassé d'une distance de 0,05 mm, égale à la dimension A, par l'électrode 73.

Le dispositif final, représenté sur les figures 4 et 9, peut également être muni sur sa face inférieure 15 d'une métallisation 74 (figure 9) pour permettre l'évacuation de chaleur lorsque le dispositif est monté dans un boîtier approprié.

Le dispositif des figures 4 et 9 présente plusieurs avantages par rapport aux dispositifs connus et il 20 peut supporter des tensions inverses plus grandes que les dispositifs connus.

Il faut d'abord noter que le dispositif combine l'emploi d'un anneau flottant 54 P, comme dans le cas de la figure 1, avec la structure de plaque de champ chevauchante 25 comprenant la plaque de champ définie par la couche 60 de polysilicium qui recouvre la couche d'oxyde 50, comme dans le cas de la figure 2. En outre, la structure de plaque de champ effective des figures 4 et 9 est électriquement identique à celle de la figure 3, qui nécessite un épaulement 30 ment 42 dans l'oxyde, mais elle est obtenue par une méthode de fabrication plus simple. Plus particulièrement, sur la figure 9, la métallisation 73 recouvre le bord du polysilicium 60 de manière à définir une plaque de champ composite en métal et polysilicium qui commande le champ élec- 35 trique dans le corps de silicium 30, comme l'électrode épau-

lée 40 de la figure 3. Ainsi, les deux électrodes 60 et 73 sont reliées électriquement ensemble dans les régions centrales du dispositif et l'effet sur les champs électriques dans le dispositif aboutit à réduire leur courbure, de la même façon que l'électrode épaulée métallique continue 40 de la figure 3. Par suite, la nouvelle électrode composite de métal et polysilicium, comprenant la couche de polysilicium 60 et l'électrode 73, est constituée de structures simples à former qui sont obtenues par utilisation d'autres opérations nécessaires pour la fabrication et qui réduisent la courbure des champs électriques au-dessous de l'électrode et dans le corps de silicium.

Une autre caractéristique importante de l'invention consiste à former les intervalles 70 et 71 dans la couche de silox 65. Comme déjà indiqué, afin d'obtenir un silox tel qu'il s'écoule facilement par fluage pour former une surface vitreuse étanche correcte sur les surfaces exposées du dispositif, du phosphore est ajouté au verre. Toutefois, l'addition de phosphore ou d'une autre matière équivalente rend le silox polarisable. Puisqu'il est polarisable, un champ latéral élevé provoque dans le silox une polarisation qui peut interférer avec la répartition des champs électriques dans la masse de la pastille 30 et à la surface de la pastille ou élément 30. Par suite, les caractéristiques à haute tension du dispositif sont moins bonnes.

Les intervalles 70 et 71, en particulier dans la région de l'anneau de garde 54, agissent pour minimiser les effets de polarisation dans les régions de contrainte relativement grande, telles que les régions situées de part et d'autre de la région 54 P.

Le nouvel arrangement, décrit à propos des figures 1 à 9 pour la diode, comportant la structure composite de plaque de champ et la présence d'intervalles dans

la couche de silox près des régions à forte contrainte du dispositif, peut être utilisé pratiquement dans tout type de dispositif semi-conducteur plan à haute tension.

Les figures 11 à 15 illustrent l'application
5 de l'invention à un dispositif MOSFET. Un procédé de fabrication d'un dispositif MOSFET de forte puissance est décrit dans la demande de brevet n° 81 15675 et on peut utiliser ses modes de fabrication pour réaliser le dispositif des figures 11 à 15.

10 L'élément définissant le dispositif est représenté en vue en plan sur la figure 10 et il peut avoir par exemple une dimension de 2,5 mm sur 2,5 mm, l'épaisseur de la pastille, comme représenté sur les figures 11 et 14, étant de l'ordre de 0,35 mm. La pastille, utilisée pour la
15 fabrication du dispositif MOSFET à grande puissance des figures 10 et 11, est de préférence en matière de type N comportant une couche 80 N- déposée épitaxialement et d'une épaisseur de 35 microns.

On voit, sur la figure 10, que le dispositif com-
20 prend une électrode de source 81, placée sur le dessus, qui peut être constituée par une feuille d'aluminium reliée comme décrit plus loin à une pluralité de cellules MOSFET hexagonales, par exemple au nombre de 6000. Chacune des cellules de source, dont quelques unes sont représen-
25 tées à plus grande échelle sur la figure 10 et la figure 13, permet le passage du courant à travers des canaux respectifs, décrits plus loin, vers une électrode de drain inférieure, commune, 82 (figures 11 et 14).

Le dispositif comprend également une électrode
30 de gâchette principale 93 qui comporte une pluralité de doigts rayonnants, tels que les doigts 84 à 91 (figure 10), reliés à une grille de gâchette 92 en polysilicium (figure 12) placée au-dessus d'un oxyde de gâchette qui commande des paires de canaux situés au-dessous. Le raccordement é-
35 lectrique à l'électrode de gâchette est effectué sur une

borne de gâchette 93 de plus grande dimension. De même, le raccordement à l'électrode de source 81 est effectué à une borne 94 de raccordement de source.

Les cellules caractéristiques sont représentées plus clairement sur la figure 11. Elles comprennent des diffusions respectives 100 à 103 de type P et de forme hexagonale, ces diffusions de type P pouvant avoir respectivement des diamètres de l'ordre de 0,025 mm. La forme particulière des diffusions de type P est décrite en détail dans les demandes de brevet n° 81 15675 et 79 25070 cette dernière publiée sous le n° 2 438 917.

Chacune des régions 100 à 103 de type P, de configuration hexagonale, contient des canaux hexagonaux respectifs N+, tels que les canaux 104, 105, 106 et 107, respectivement, qui sont les régions de source pour chacune des cellules. Chacune des cellules 100 à 103 est noyée dans une région peu profonde 120 N+ qui a une profondeur de l'ordre de 1 micron par exemple. La mince région hexagonale, disposée entre la périphérie extérieure des régions de source 104 à 107 et la région 120N+ qui les entoure, définit des canaux respectifs, qui peuvent être inversés par application d'une tension de gâchette appropriée sur l'oxyde de gâchette situé au-dessus de ces canaux.

Ainsi, comme représenté sur la figure 11, une grille hexagonale de dioxyde de silicium, comprenant des doigts 121, 122 et 123 (figure 11), est située au-dessus des canaux définis par deux côtés opposés d'hexagones opposés, comme représenté. La grille d'oxyde, comprenant les doigts 121, 122 et 123, est ensuite recouverte par des segments correspondants de la grille de gâchette 92 de polysilicium de la figure 12. Ainsi, sur la figure 11, les doigts de polysilicium 130, 131 et 132 de la grille 92 de la figure 12 sont situés au-dessus des doigts d'oxyde respectifs 121, 122 et 123.

Le contact électrique entre les doigts d'élec-

trode de gâchette et la grille de gâchette en polysilicium est réalisé comme représenté sur la figure 12, le doigt de contact de gâchette étant situé directement au-dessus et en contact avec la grille de gâchette en polysilicium. Les doigts de contact de l'électrode de gâchette sont convenablement isolés de l'électrode de source adjacente 81 par un espacement approprié et par un isolement d'oxyde approprié.

On voit également sur la figure 11 que la grille de gâchette en polysilicium est recouverte d'une couche d'oxyde, comprenant des zones d'oxyde 140, 141 et 142 sur les parties 130, 131 et 132 de la grille en polysilicium, respectivement. Ces zones sont elles-mêmes recouvertes par une couche de silox fondu ayant une concentration relativement forte en phosphore et qui comprend des zones 143, 144 et 145. Les couches de silox et d'oxyde ci-dessus sont enlevées aux endroits où le contact doit être obtenu entre le doigt de contact de gâchette et la grille de gâchette en polysilicium.

Le silox est ensuite recouvert directement par la métallisation de source 81 et par une autre couche de silox 150 qui n'est pas fondue et dont la concentration en phosphore est relativement faible.

La figure 14 illustre la configuration du bord du dispositif et représente le dernier élément 103 P+ de la figure 11, à l'extrémité gauche de la figure 14. La dernière partie de cellule dans la chaîne est la demi-cellule 159 (figure 13) à travers laquelle passe la ligne de coupe. Le bord du dispositif contient une couche 160 de dioxyde de silicium qui recouvre un anneau flottant de garde 161 P+, d'une manière qui rappelle celle des figures 4 et 9.

La périphérie extérieure du dispositif contient une plaque de champ 170 en polysilicium qui encercle la périphérie et aide à arrêter la métallisation de source 81 qui recouvre la plaque de champ 70. La périphérie extérieu-

re comprend également une plaque de champ 171 en polysilicium située le plus vers l'extérieur, qui recouvre le bord extérieur de la couche 160 de dioxyde de silicium et vient en contact avec le substrat 80, de sorte qu'elle
5 est reliée au drain 82.

Dans le dispositif représenté sur la figure 14, un fort champ électrique est engendré à la périphérie extérieure du dispositif pendant la situation de tension inverse. La courbure de ce champ est réduite par l'anneau
10 flottant de garde 161 et par l'utilisation des plaques de champ en polysilicium 170 et 171. Le champ engendré dans la couche 150 de silox fortement dopé pourrait provoquer la polarisation du silox et interférer ainsi avec la configuration de répartition du champ électrique.

15 Suivant un aspect important de l'invention, la couche 142 de silox fortement dopé, qui peut être déposée en même temps que la couche 150, comporte deux intervalles annulaires, tels que les intervalles 180 et 181, de façon à découvrir la surface de la couche 160 de dioxyde de silicium qui n'est pas soumise aux effets de polarisation.
20

La nouvelle plaque de champ composite en métal et polysilicium peut également être utilisée dans le dispositif MOSFET des figures 11 à 14, comme représenté sur la figure 15. Cette dernière illustre une modification de
25 l'arrangement de la figure 14 pour arrêter la métallisation de source 81.

On voit, sur la figure 15, où les composants semblables à ceux de la figure 14 sont désignés par les mêmes repères, que la plaque de champ 170 en polysilicium peut
30 être recouverte par un prolongement du silox 142. La métallisation 81 peut ensuite se prolonger au-dessus du revêtement de silox 142, comme représenté, de façon à définir un épaulement de plaque de champ qui réduit la courbure du champ électrique dans le corps de silicium 80, sans
35 nécessiter un épaulement tel que l'épaulement 190 dans l'

oxyde 160 de la figure 14 pour obtenir ce résultat.

Les figures 16 à 19 illustrent une autre forme de réalisation de l'invention, appliquée à un dispositif de type TRIMOS. Un dispositif de type TRIMOS est un dispositif de commutation à semi-conducteur qui utilise des transistors MOS espacés ayant une région de drain commune. Ce dispositif est décrit dans le brevet U.S. n°4 199 774 "Dispositif de commutation à semi-conducteur monolithique" au nom de James B. Plummer.

10 On voit, sur la figure 16, que le dispositif TRIMOS suivant l'art antérieur comprend une région de substrat 210 qui est en silicium déposé épitaxialement légèrement dopé de type N-. Le substrat 210 légèrement dopé contient : deux transistors 212 et 213 de type D-MOS com-
15 portant des régions 214 et 215 P+, respectivement ; des régions 216 et 217 N+ qui sont entièrement enfermées à l'intérieur des régions 214 et 215 P+ respectivement ; et une région 218 de type N+, de haute conductivité, qui est disposée entre les deux transistors 212 et 213. Les régions
20 214 et 216 définissent un premier canal conducteur 220 et les régions 215 et 217 définissent un deuxième canal conducteur 221. Les canaux 220 et 221 peuvent être inversés par une électrode de gâchette commune 222 qui possède une borne 223 et qui est espacée du substrat supérieur 210 par une
25 couche 224 de dioxyde de silicium. On peut utiliser toute couche d'isolement appropriée.

Une première électrode principale 225, ayant une borne 226, est ensuite raccordée à la région 214 P+ et à la région 216 N+. L'électrode 225 peut être considérée com-
30 me l'électrode de source ou de drain du transistor 212. L'autre électrode est constituée par le corps du substrat 210 disposé entre les transistors 212 et 213.

Le transistor 213 comporte une électrode principale 227 qui possède une borne 228. L'électrode 227 est rac-
35 cordée à la région 215 P+ et à la région 217 N+. Les régions

216 et 217 N+ définissent, par exemple, les régions de source de chacun des transistors 212 et 213. La région de drain de chacun des transistors 212 et 213 est la région du substrat 210 qui est disposée entre les canaux
5 220 et 221.

La région 218 N+ est disposée entre les canaux 220 et 221 et au-dessous de la gâchette 222. Le substrat N- peut être inversé lorsque des tensions appropriées sont appliquées à l'électrode de gâchette 222. Lorsque la
10 région 218 est relativement très conductrice, la région n'est pas inversée par la gâchette 222.

Le fonctionnement du dispositif de la figure 16 est décrit en détail dans le brevet n° 4 199 774 précité. En bref, pour des potentiels de gâchette supérieurs à la
15 valeur de seuil, il y a trois zones distinctes de fonctionnement. Dans la zone de niveau inférieur, et si la borne 228 est à moins de 1,5 volt environ au-dessus du potentiel de la borne 226, les deux canaux 220 et 221 sont inversés et les deux transistors 212 et 213 fonctionnent dans leurs
20 régions linéaires. Ainsi, tout le courant de l'anode à la cathode est transporté par des électrons à la surface du dispositif. Ce dernier possède alors des caractéristiques courant-tension à faible résistance directe, semblables à celles de deux transistors D-MOS à canal court en série.
25 Par exemple, la longueur de canal pour les canaux 20 et 21 peut être de 2,5 microns environ pour chacun.

Dans un niveau de fonctionnement intermédiaire, et avec une tension croissante à la borne 228, la jonction entre la région 215 et le substrat 210 devient pola-
30 risée vers l'avant et joue le rôle d'émetteur d'un transistor latéral PNP à large base. Les trous injectés de jonction pénètrent et diffusent vers la région 214 P+ où ils sont collectés pour apporter une composante supplémentaire au courant du dispositif. Il en résulte une augmen-
35 tation de transconductivité.

Comme le courant de collecteur PNP augmente avec le potentiel d'anode ou de gâchette, sa circulation à travers la région résistive à l'intérieur et le long de la région 214 P+ fait croître le potentiel de la région P+ au-dessous de la gâchette 222 et le canal 220 commence à rendre conducteur le transistor NPN vertical comprenant les régions 216, 214 et 210, ce qui est inhérent à la structure D-MOS. Ce dispositif NPN et le dispositif PNP constituent une diode à quatre couches qui change d'état régénérativement lorsque les particules alphas des transistors PNP et NPN s'ajoutent à un. Dans son état conducteur, le dispositif TRIMOS présente alors une résistance dynamique qui est par exemple inférieure à 10 ohms environ et il peut être traversé par des courants de plusieurs ampères.

Les inconvénients du dispositif de la figure 16 résident en sa capacité limitée de résistance à la tension inverse et en sa difficulté de fabrication. La limitation de tension inverse est due au champ électrique qui s'écarte à partir de la région 214 P+, et se termine brusquement sur la surface du substrat 210, près du commencement de la région 218 N+. Par suite, le dispositif tend à subir une rupture, à 200 volts environ de tension inverse.

Le dispositif est également difficile à fabriquer, car la région 218 N+ doit être formée par une opération de diffusion et une opération d'alignement de masque qui sont indépendantes des techniques de fabrication par auto-alignement utilisées pour la fabrication des transistors 212 et 213.

Un autre inconvénient de ce dispositif réside en ce que, lorsqu'on utilise le silox pour former un revêtement vitreux sur la surface supérieure du dispositif, le silox se polarise près des régions de forte contrainte latérale et réduit ainsi la tension inverse maximale du dispositif.

La région 210 N+ peut être remplacée par une ré-

- gion flottante 250 P+ qui peut être formée simultanément à la formation des régions 214 et 215 P+. Ainsi, aucune opération de fabrication supplémentaire n'est nécessaire pour la formation de la région centrale 250 représentée
- 5 sur la figure 18. De plus, suivant l'invention, l'idée nouvelle de la coupure dans l'oxyde de silicium dopé au phosphore, pour réduire la polarisation de cette couche, et l'utilisation d'une plaque de champ composite sont incorporées dans la construction du dispositif TRIMOS.
- 10 Les bornes principales 225 et 226 sont clairement représentées sur la figure 17 où le dispositif TRIMOS a une configuration annulaire allongée, la région 250 s'étendant au milieu de la coupe et de la configuration annulaire de la figure 17, comme décrit plus loin en détail.
- 15 Un procédé de fabrication approprié, semblable par exemple à celui qui est décrit dans la demande de brevet n° 81 15675, peut être utilisé pour former le dispositif. La couche d'oxyde 224 reçoit au-dessus d'elle les éléments 251 et 252 de gâchette en polysilicium qui
- 20 sont formés en oblique, comme représenté, de façon à se trouver à une distance relativement faible par rapport aux canaux 220 et 221 situés au-dessous, respectivement, et à une distance plus grande par rapport à la surface où ils sont en dehors des canaux. En même temps qu'on forme les
- 25 gâchettes 251 et 252 en polysilicium, on forme également les plaques de champ 253 et 254 en polysilicium. Ces dernières sont sous forme de pièces épaulées, pour obtenir l'avantage de la réduction de courbure du champ électrique dans le corps 210 de l'élément et pour augmenter l'espace-
- 30 ment des lignes équipotentiellles à la surface de l'élément.
- On voit, sur la figure 19 qui est une coupe transversale de la périphérie extérieure de l'élément, qu'un anneau de garde 260 P+ est également prévu de façon à encercler la périphérie extérieure de l'élément, de la
- 35 même manière que l'anneau de garde 161 de la figure 14 et

l'anneau de garde 54 de la figure 9. La périphérie la plus extérieure de la surface supérieure de la couche d'oxyde 224 reçoit ensuite une plaque de champ 261 en polysilicium qui est reliée au substrat 210 N-.

5 Dans la fabrication du dispositif des figures 17, 18 et 19, il est souhaitable de recouvrir la surface supérieure du dispositif avec une couche de silox 270. La couche de silox est une couche de dioxyde de silicium relativement fortement dopé au phosphore, formée sur toute
10 la surface du dispositif. Toutefois, comme déjà indiqué, cette couche de silox est polarisable par de forts champs électriques latéraux, ce qui peut interférer avec la répartition du champ dans le corps du dispositif 210. Par suite, suivant l'invention, une première et une deuxième
15 coupures annulaires 290 et 291 sont effectuées à travers la couche de silox et vers le bas jusqu'à l'oxyde 224 situé au-dessous, sur les figures 17 et 18, et de part et d'autre de l'anneau 250 P+. Ainsi, la haute tension qui peut apparaître d'un côté ou de l'autre de l'anneau
20 250 P+ a des effets de polarisation réduits sur le silox et provoque donc un effet relativement faible sur la répartition du champ électrique dans cette zone.

De même, une troisième et une quatrième coupures 292 et 293, respectivement, sont effectuées dans le silox
25 à la périphérie extérieure du dispositif et de part et d'autre de l'anneau de garde 260. Ces coupures ont le même effet sur la polarisation de la couche de silox que les coupures décrites plus haut.

On voit également que l'arrangement de la figure
30 18 utilise avantageusement la nouvelle plaque composite, grâce au chevauchement entre les gâchettes 251 et 252 en polysilicium et les métallisations 225 et 226; respectivement. Autrement dit, ces composants définissent une électrode épaulée, pour ce qui concerne le champ électrique
35 au-dessous de l'électrode épaulée. Si on le désire, l'élec-

trode métallique 226 de la figure 19 peut chevaucher plus complètement la couche de silox 270 et la plaque de champ 252, pour tirer le meilleur parti de la plaque de champ composite en polysilicium et de la métallisation, comme
5 expliqué précédemment.

Dans l'arrangement représenté sur la figure 17, l'élément a une configuration rectangulaire, par exemple de 2,5 mm par 3,7 mm. La borne principale 225 comporte une région agrandie 300, qui peut servir de partie de raccor-
10 dement, tandis que la borne 226 comporte de même une partie agrandie 301, pour permettre le raccordement. De même, les gâchettes 251 et 252, qui sont reliées à l'intérieur du dispositif d'une façon non représentée sur la figure 17, peuvent être munies de plots 251 et 252 de raccorde-
15 ment de gâchette, respectivement, représentés sur la figure 17 et situés sur les surfaces de l'élément.

Il est entendu que des modifications de détail peuvent être apportées dans la forme et la construction du dispositif suivant l'invention, sans sortir du cadre de
20 celle-ci.

Revendications

1. Dispositif semi-conducteur à haute tension comprenant un élément (30) de matière semi-conductrice ; au moins une jonction P-N (53) formée dans au moins une première surface de cet élément ; une électrode (73) reliée
5 à au moins une zone choisie de cette surface de façon à ce que, lorsqu'une tension d'inversion est appliquée à l'électrode, un champ électrique soit engendré dans l'élément de matière semi-conductrice ; une mince couche vitreuse (65) de matière isolante située au-dessus et recouvrant au
10 moins des parties de ladite première surface de l'élément, cette couche vitreuse étant polarisable par des champs électriques dont au moins une partie est parallèle à la mince couche vitreuse ; caractérisé en ce qu'au moins une première coupure allongée (71) est formée à travers la
15 couche vitreuse pour réduire les effets de polarisation dans cette couche et réduire l'influence nuisible de la polarisation, près de cette coupure, sur le champ électrique créé dans l'élément dans les conditions d'inversion.

2. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une deuxième coupure (70) dans la
20 couche vitreuse, cette deuxième coupure étant parallèle et coextensive à la première coupure.

3. Dispositif suivant la revendication 1 ou 2, qui comprend un anneau de garde (54) dans la première surface
25 de l'élément, situé très près mais à une certaine distance de la périphérie extérieure de l'élément, cet anneau de garde ayant un type de conductivité opposé à celui de l'élément dans lequel il est formé, caractérisé en ce que la première et la deuxième coupures (70,71) sont situées
30 au-dessus et s'étendent respectivement le long des côtés opposés de l'anneau de garde.

4. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il comporte une couche

(50) de dioxyde de silicium qui n'est pas sujette à des effets de polarisation et qui est disposée entre la couche vitreuse et la première surface de l'élément.

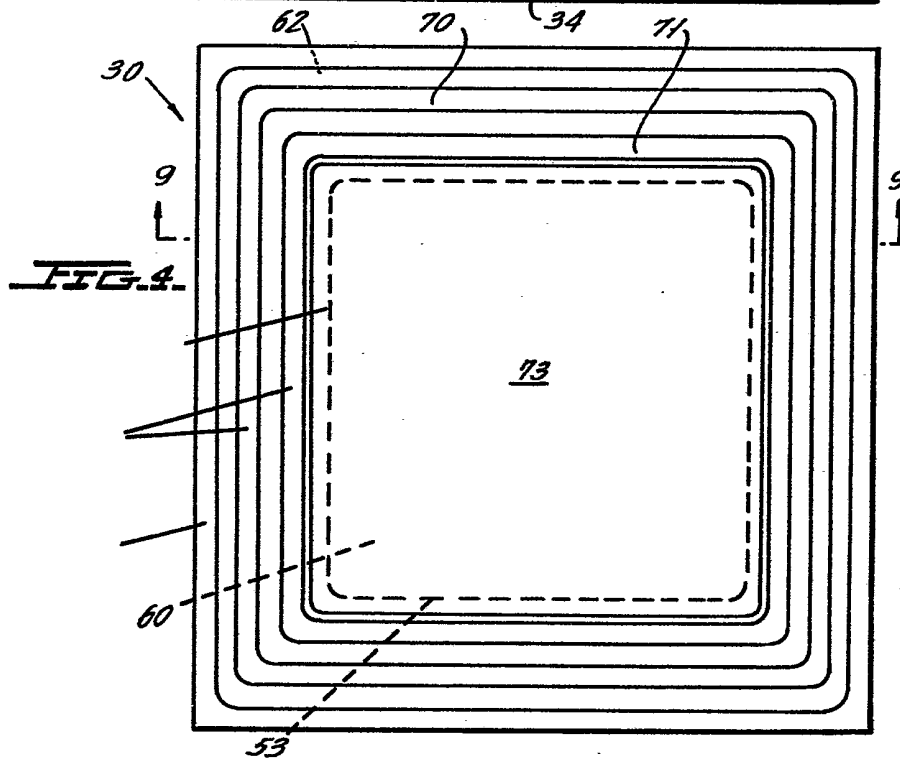
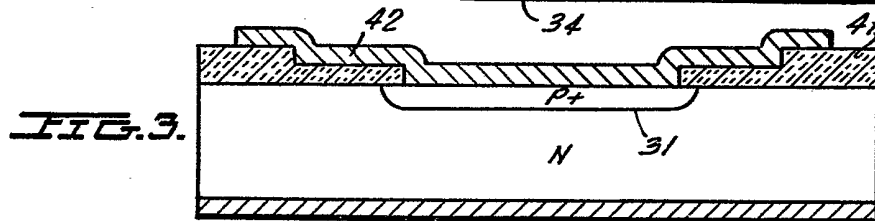
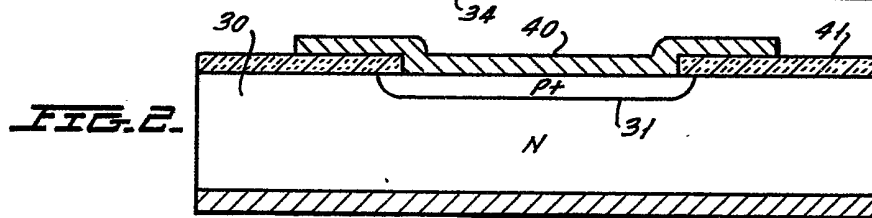
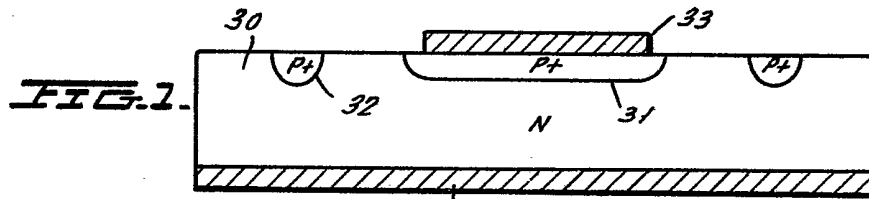
5 5. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la couche vitreuse est composée d'une couche fondue de dioxyde de silicium contenant suffisamment de matière telle que le phosphore, pour permettre un étalement par fluage de la couche vitreuse.

10 6. Dispositif suivant la revendication 5, caractérisé en ce que la couche vitreuse contient de 2% environ à 10% environ en poids de phosphore.

15 7. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'une partie de l'électrode s'étend sur la deuxième couche isolante et au-dessus de la jonction à l'endroit où la jonction s'arrête sur ladite première surface, pour définir une plaque de champ.

20 8. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le dispositif est une diode.

9. Dispositif suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le dispositif est un transistor de puissance MOS à effet de champ.



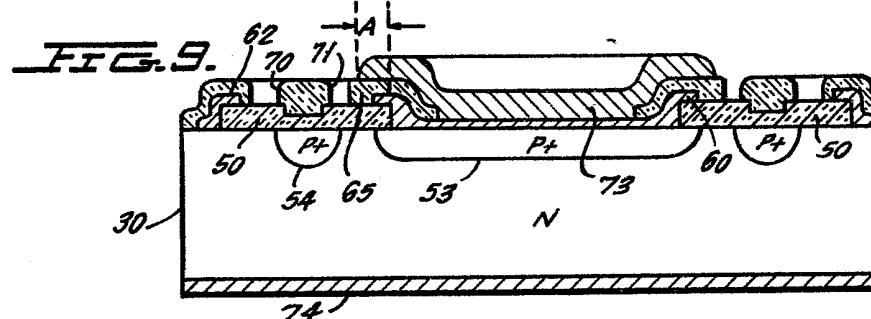
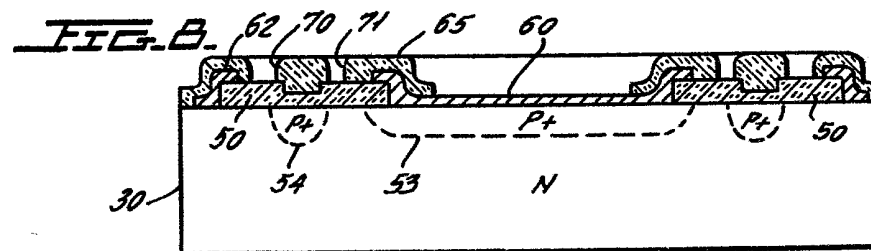
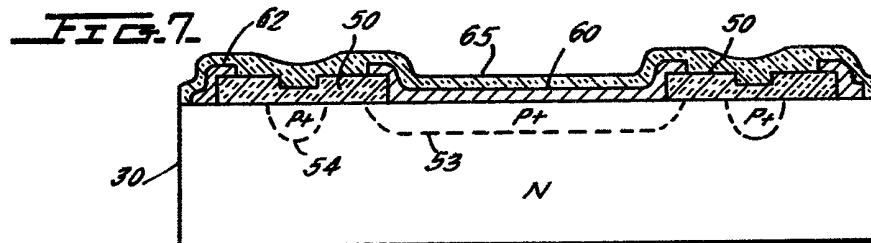
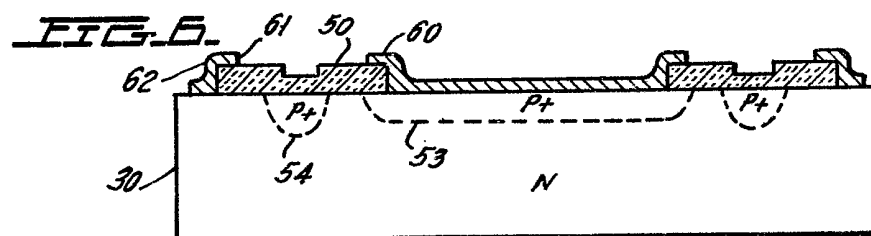
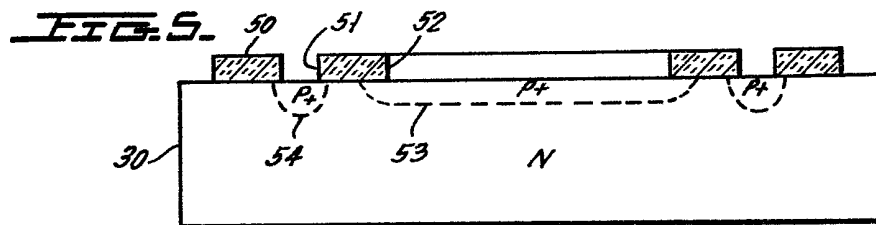


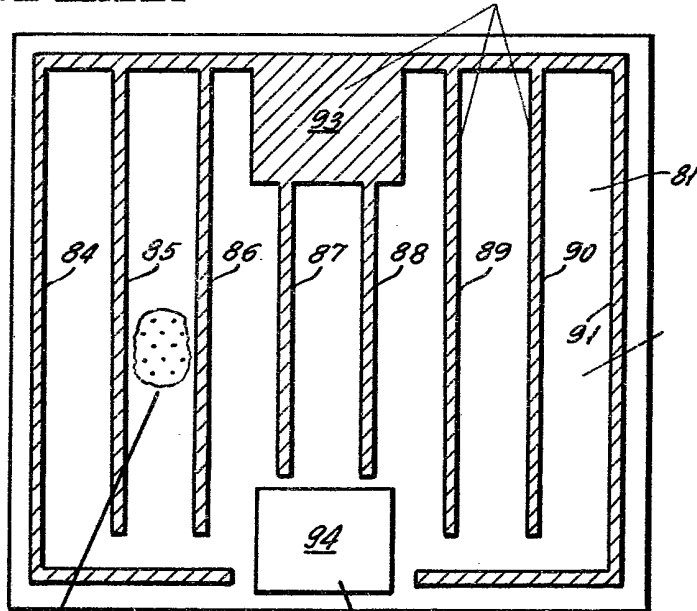
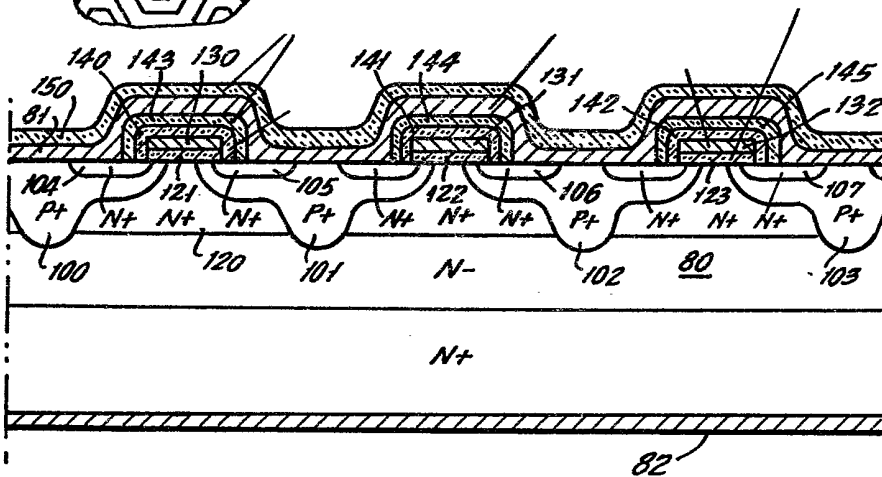
FIG. 10.FIG. 11.

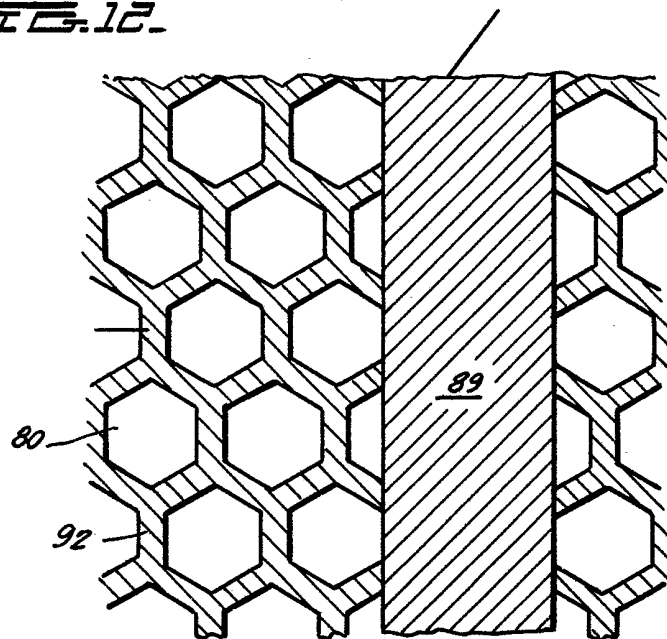
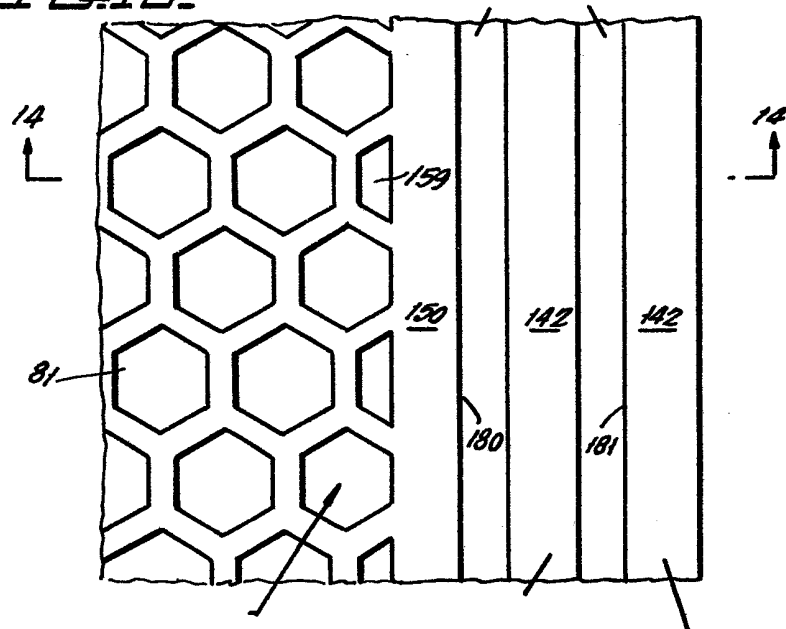
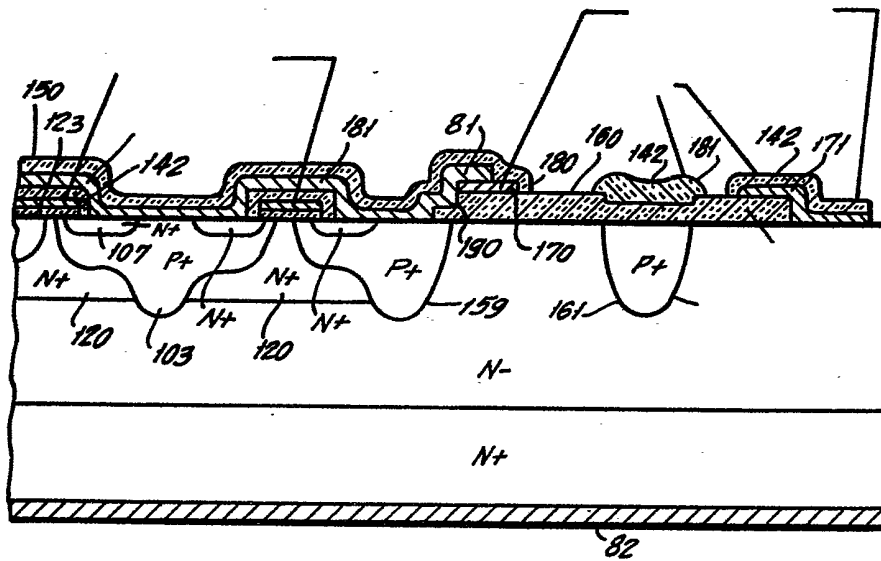
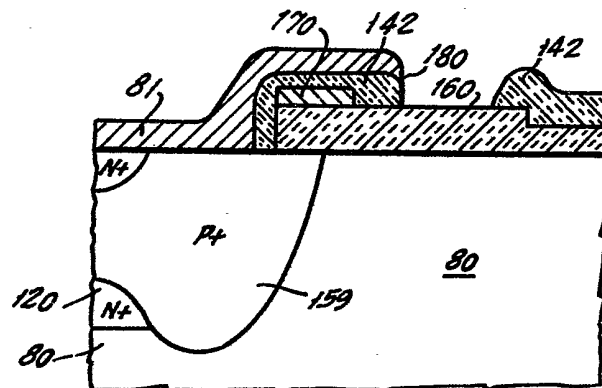
FIG. 12.FIG. 13.

FIG. 14.FIG. 15.

6/7

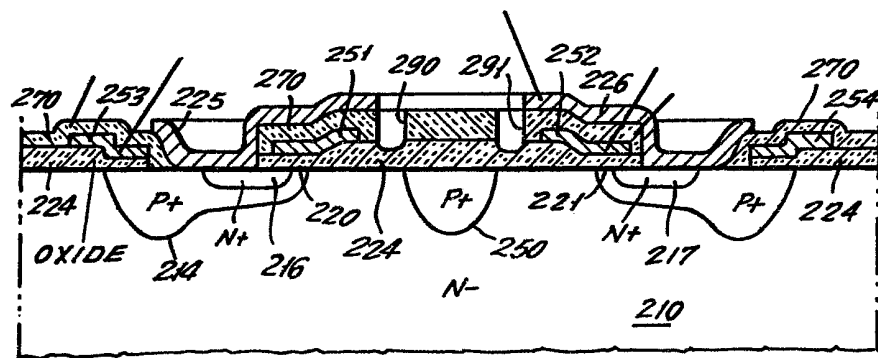
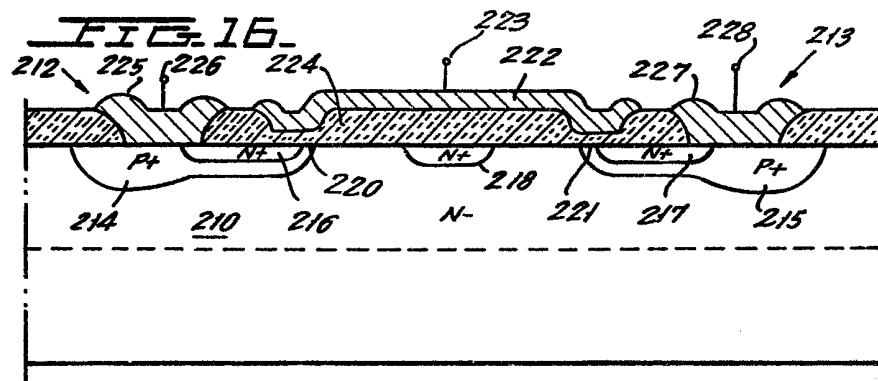
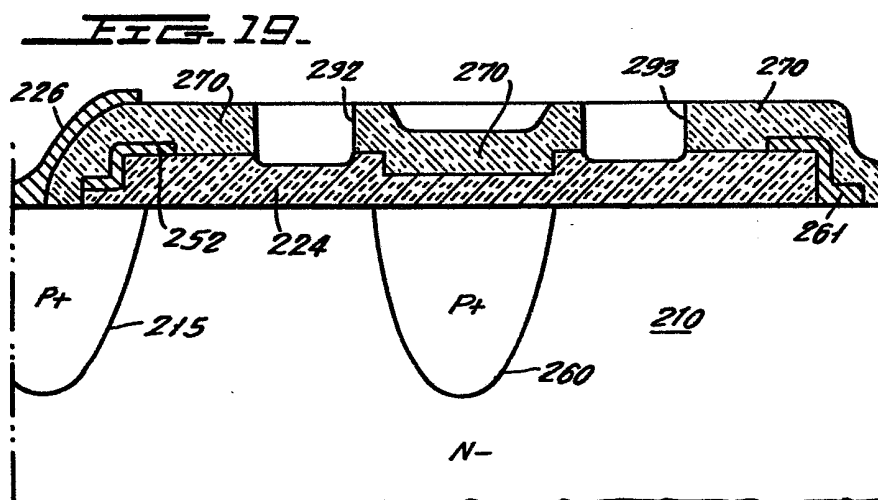
**FIG. 1B.**

FIG. 17