

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 491 679

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 18851

(54) Méthode d'isolation d'un dispositif à semi-conducteurs et dispositif ou circuit intégré obtenu.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 01 L 21/265, 21/76.

(22) Date de dépôt..... 7 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : *Grande-Bretagne, 7 octobre 1980, n° 20 32246.*

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 14 du 9-4-1982.

(71) Déposant : Société dite : ITT INDUSTRIE INCORPORATION, résidant aux EUA.

(72) Invention de : Jean Pothet et Peter Denie Scovell.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Jean Pothet,
251, rue de Vaugirard, 75740 Paris Cedex 15.

La présente invention concerne les techniques de traitement des semi-conducteurs et, plus particulièrement, des techniques pour le dopage à l'oxygène du silicium.

L'un des problèmes qui se pose pour toute technique de fabrication de circuits intégrés est l'isolation de certains ou de tous les différents dispositifs à semi-conducteurs par rapport au substrat. Les techniques actuelles d'isolation des dispositifs par rapport au substrat comprennent les procédés de diffusion, dans lesquels l'isolement est assuré par des jonctions diffusées qui sont polarisées en sens inverse et constituent souvent une partie des dispositifs, ainsi que l'isolation par diélectrique qui consiste à isoler les dispositifs au moyen d'une couche d'isolant. Bien que de telles techniques fournissent un isolement efficace, elles prennent du temps et entraînent une augmentation du coût de traitement du dispositif.

On a récemment exploité une technique d'isolation qui emploie un procédé d'implantation d'ions dans lequel une couche de substrat semi-conducteur est fortement dopée par des ions oxygène. On la chauffe alors à une température élevée pour former une couche isolante de silice. Ce procédé implique une implantation de longue durée et, à cause du degré élevé d'endommagement du cristal, un long temps de recuisson à une température relativement élevée.

L'objet de l'invention est de minimiser sinon de surmonter ces inconvénients.

Selon l'un des aspects de l'invention, il est fourni une méthode d'isolation d'un dispositif à semi-conducteurs formé dans un substrat en silicium de type p, consistant à implanter dans le substrat en dessous du dispositif une couche d'ions oxygène à une concentration correspondant au niveau de dopage du substrat, et à chauffer le substrat à une température suffisante pour activer les ions oxygène et compenser l'impureté de type p dans la couche de telle sorte qu'il se forme en dessous du dispositif une couche de matériau intrinsèque ou de type n.

Selon un autre aspect de l'invention, il est fourni une structure à semi-conducteurs comportant un substrat en silicium de type p, un ou plusieurs dispositifs à semi-conducteurs formés dans une surface du substrat, et une couche isolante d'oxygène contenant du silicium intrinsèque ou de type n disposé en dessous du ou des dispositifs.

Le silicium riche en oxygène présente une forte activation de donneurs quand il est chauffé, par exemple à une température comprise entre 430 et 470°C. La nature de cet effet n'est pas entièrement éclaircie, mais l'on pense que la formation de complexes de SiO_4 joue

un certain rôle dans le processus. Le chauffage à une température inférieure n'entraîne pas de formation de complexes et par conséquent pas de production de donneurs, quoi que le chauffage à des températures plus élevées n'entraîne pas non plus de production de donneurs.

5 Du silicium de type p riche en oxygène peut subir une inversion du type de conductivité et devenir de type n si l'on continue à chauffer pendant une période assez longue. Avant cette inversion du type de conductivité, du silicium intrinsèque est formé quand les donneurs dus aux complexes d'oxygène compensent les accepteurs présents
10 dans le matériau initial de type p, ce qui entraîne un accroissement de la résistivité du semi-conducteur.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre, faite à titre d'exemple non limitatif, en se reportant aux figures annexées qui représentent :

15 - la figure 1, une coupe transversale d'un dispositif à semi-conducteurs formé dans un substrat en silicium et isolé de celui-ci par une couche à résistivité élevée ;

- la figure 2, une coupe transversale d'une structure MOS à double diffusion isolée par l'intermédiaire d'une couche implantée
20 d'ions oxygène.

La figure 1 représente un dispositif à semi-conducteurs 11, qui peut être par exemple un transistor MOS ou un transistor bipolaire, formé dans l'une des faces d'un substrat en silicium. Avant la fabrication du dispositif, une couche riche en oxygène 13 est formée dans le
25 substrat par une légère implantation d'ions oxygène. D'ordinaire on implante la couche 13 jusqu'à un niveau d'oxygène de 10^{18} cm^{-3} . On fabrique alors le dispositif 11 dans la surface de la rondelle par les techniques classiques, après quoi on chauffe le substrat à une température comprise entre 430 et 470°C, de préférence 450°C, pour
30 activer les complexes silicium/oxygène et compenser ou surcompenser le silicium de type p, formant ainsi une zone intrinsèque à résistivité élevée ou une région de type n dans la couche 13 et isolant le dispositif 11 du substrat 12.

On peut employer cette technique avec le traitement MOS ou
35 le traitement bipolaire où une isolation des dispositifs par rapport au substrat est requise. On implante de l'oxygène dans une rondelle en silicium de type p exempt d'oxygène à une profondeur excédant la profondeur maximale de la structure des dispositifs. Les structures des dispositifs sont ensuite fabriquées de façon classique, mais avant
40 la métallisation des dispositifs, on chauffe la rondelle à une température

de 430 à 470°C dans une atmosphère inerte pour activer la couche isolante. La rondelle est enfin métallisée, coupée en dés qui vont être encapsulés pour former les dispositifs finis.

Les techniques décrites ici conviennent particulièrement à la fabrication de structures MOS à double diffusion car des structures de ce type nécessitent la présence d'une région de type n légèrement dopée sur un substrat de type p. De manière classique une telle structure est obtenue en faisant croître des couches épitaxiales sur le substrat à des températures élevées. Cependant, le fait d'avoir recours à des températures aussi élevées implique les problèmes correspondants de distorsion des rondelles et de contrôle de l'épaisseur des couches. La technique présente, qui fait appel à des températures relativement faibles, surmonte en grande partie ces problèmes.

Si, par exemple, on plante de l'oxygène dans une région flottante du substrat de type p (exempt d'oxygène), puis que l'on procède à une recuisson, la production de donneurs par l'oxygène produit une inversion de la surface du semi-conducteur et une couche de type n est formée. La résistivité de cette couche peut être contrôlée par une mise au point correspondante de la période de recuisson. Qui plus est, si les ions oxygène sont implantés à travers un masque dans la région active proposée, une isolation latérale du dispositif est effectuée dans le même temps. Ceci prévient la nécessité de procédés classiques de diffusion profonde.

La figure 2 représente une structure typique MOS à double diffusion qui peut être fabriquée selon les techniques d'implantation d'oxygène qui sont décrites ici. Le dispositif se trouve dans un substrat de type p exempt d'oxygène. Comme le montre la figure, le dispositif comporte les zones habituelles source (S), électrode de commande ou grille (G) et drain (D) et est isolé du substrat par une région de type n⁻, dont la profondeur est ordinairement d'1 μm , formée par implantation d'ions oxygène suivie par une recuisson à une température de 430-470°C pour activer les centres donneurs des ions oxygène. On peut habituellement fournir une couche de ce type en implantant des ions oxygène à deux charges négatives à une intensité de faisceau de $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ et, avec une énergie de 200 keV, de façon à fournir une concentration maximale en oxygène de 10^{18} cm^{-3} à une profondeur d'1 μm , puis en effectuant une recuisson à 450°C pendant 16 heures. L'énergie des ions oxygène et leur concentration sont évidemment choisies selon le niveau de dopage désiré de la couche n, et le temps de recuisson est choisi pour fournir la concentration optimale en donneurs.

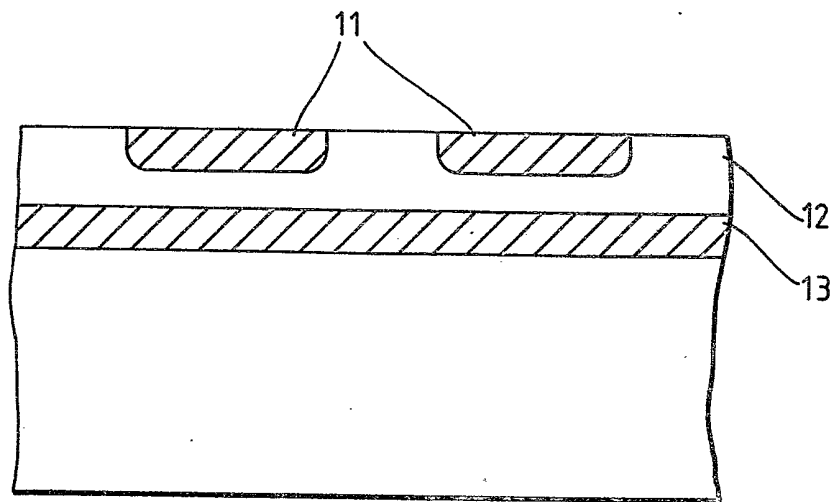
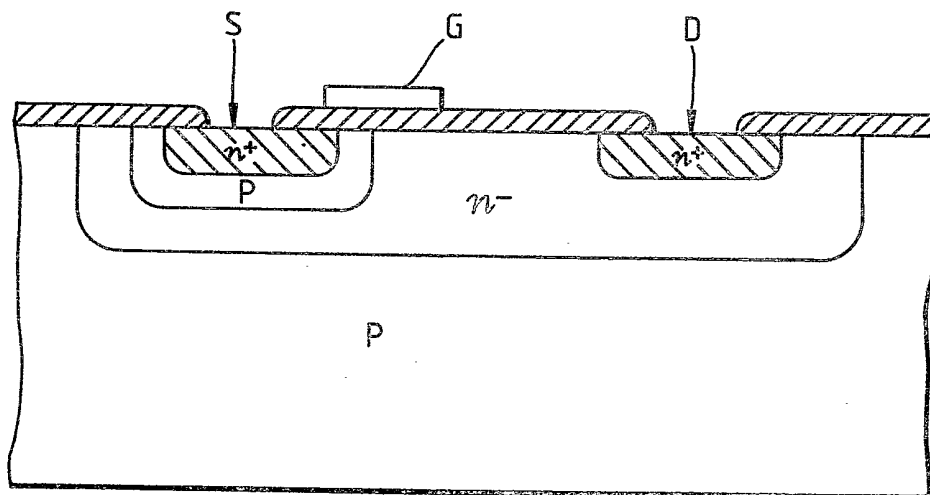
Les techniques décrites ici ne sont bien sûr pas limitées à la production de dispositifs discrets mais peuvent également s'appliquer de manière avantageuse à la fabrication de circuits intégrés.

- Il est bien évident que la description qui précède n'a été
- 5 faite qu'à titre d'exemple non limitatif et que d'autres variantes peuvent être envisagées sans sortir pour autant du cadre de l'invention.

REVENDECATIONS

1. Méthode d'isolation d'un dispositif à semi-conducteurs formé dans un substrat en silicium de type p, caractérisée par le fait que l'on implante dans le substrat (12) en dessous du dispositif (11) une couche d'ions oxygène à une concentration correspondant au niveau de dopage du substrat, et que l'on chauffe le substrat à une température suffisante pour activer les ions oxygène et compenser l'impureté de type p dans la couche afin de former une couche de matériau intrinsèque ou de type n (13) en dessous du dispositif.
2. Méthode conforme à la revendication 1, caractérisée par le fait que l'on implante les ions oxygène à travers un masque.
3. Méthode conforme à la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait qu'avant l'implantation d'ions, le substrat (12) est pratiquement dépourvu d'oxygène.
4. Méthode conforme à l'une quelconque des revendications 1, 2 ou 3, caractérisée par le fait que l'implantation est effectuée par bombardement du substrat (12) avec des ions oxygène à double charge négative et une énergie de 200 keV, de façon à fournir une concentration en ions maximale de 10^{18} cm^{-3} à une profondeur d'1 μm .
5. Méthode conforme à la revendication 4, caractérisée par le fait que les centres donneurs constitués par les ions oxygène sont activés par recuisson à une température de 450°C.
6. Structure de semi-conducteurs, caractérisée par le fait qu'elle comporte un substrat en silicium de type p, un ou plusieurs dispositifs à semi-conducteurs formés dans une surface du substrat, et une couche isolante en silicium intrinsèque ou de type n contenant de l'oxygène, disposée en dessous du ou des dispositifs.
7. Structure de semi-conducteurs conforme à la revendication 6, caractérisée par le fait que le ou les dispositifs sont de configuration MOS à double diffusion (S,G,D).
8. Structure de semi-conducteurs conforme à la revendication 6 ou 7, caractérisée par le fait que ladite couche isolante (n^-) a une épaisseur d'un micromètre.
9. Structure de semi-conducteurs, caractérisée par le fait qu'elle se fabrique selon la méthode de l'une quelconque des revendications 1 à 5.
10. Circuit intégré à semi-conducteurs, caractérisé par le fait qu'il contient une ou plusieurs structures de semi-conducteurs conformes à l'une quelconque des revendications 6 à 9.

Pl. Unique

*Fig. 1.**Fig. 2.*