

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 13520

(54) Détecteurs à semi-conducteurs au Ge comportant un contact de type n^+ réalisé par implantation de phosphore.

(51) Classification internationale (Int. Cl.³). H 01 L 31/06; G 01 T 1/24; H 01 L 21/265.

(22) Date de dépôt..... 18 juin 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : RFA, 19 juin 1979, demande de brevet, n° P 29 24 569.0.

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 2 du 9-1-1981.

(71) Déposant : Société dite : KERNFORSCHUNGSANLAGE JULICH GMBH, résidant en RFA.

(72) Invention de : Davor Protic et Georg Riepe.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Flechner,
63, av. des Champs-Élysées, 75008 Paris.

L'invention concerne des détecteurs à semiconducteurs réalisés notamment en germanium, qui peuvent fonctionner jusqu'à des intensités de champ de plus de 2500 V/cm et comportent un contact de type n^+ réalisé dans un matériau
5 de base très pur au moyen d'une implantation de phosphore suivie d'un recuit, et notamment des détecteurs correspondants de surface étendue.

On connaît des détecteurs à semiconducteurs réalisés avec du germanium très pur, qui possèdent en particulier un contact de type p^+ réalisé par une implantation de bore et un contact de type n^+ réalisé au moyen d'une diffusion de lithium ou bien par une implantation de phosphore (Voir IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-24 (1977), pages 65 et 161 et Nucl. Instr. Meth. 101 (1972) 31-37).

15 Etant donné que le lithium possède dans le réseau semiconducteur une mobilité élevée qui est un inconvénient pour l'utilisation de détecteurs de rayonnement pendant des intervalles de temps importants, l'orientation principale du développement se porte sur des détecteurs comportant un contact de type n^+
20 réalisé par implantation de phosphore. Ainsi H. Herzer et consorts (Nucl. Instr. and Meth. 101 (1972) 31 - 37), ont décrit des détecteurs à semiconducteurs au Ge, qui ont été réalisés à partir de germanium très pur par une implantation de bore avec pour caractéristiques $10^{14}/\text{cm}^2$ et 10 - 20 kV sans recuit d'une
25 part ainsi que par implantation de phosphore avec les caractéristiques $10^{14}/\text{cm}^2$ et 4 kV avec recuit ultérieur à 300°C sur la face du contact de type n^+ . Des implantations de phosphore, étudiées également par Herzer et consorts, avec les caractéristiques de $10^{15} \text{ P}/\text{cm}^2$ jusqu'à 30 kV dans du germanium de type n
30 ont fourni des résultats moins utilisables.

G.S. Hubbard et consorts ont, dans le document IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-24, N° 1 (1977), 161, fourni des rapports concernant des implantations de phosphore dans du germanium avec les caractéristiques de 25 kV et $10^{13} - 10^{16}/\text{cm}^2$, la couche
35 réalisée par implantation avec une densité de $10^{13}/\text{cm}^2$ ayant été indiquée comme étant non active du point de vue électrique.

La Demanderesse elle-même a communiqué, dans le document IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-24 N° 1 (1977) 65, des études sur des détecteurs à semiconducteurs ayant été obtenus

au moyen d'une implantation de bore avec pour caractéristiques 20 kV et $10^{14}/\text{cm}^2$ sans recuit ainsi qu'au moyen d'une implantation de phosphore avec pour caractéristiques 20 kV et $10^{14}/\text{cm}^2$ et recuit à 400°C. Dans le cadre de ces recherches, il a été également établi qu'une diode d'une épaisseur de 4 mm et comportant un contact de type n^+ réalisé au moyen d'une implantation de phosphore avec pour caractéristiques 20 kV et $10^{13}/\text{cm}^2$ et une face du contact de type p^+ soumise à une implantation de bore, a pu fonctionner avec une tension allant jusqu'à 2 300 V, alors que la couche insensible du contact p^+ était réduite à 0,13 μ .

Malgré un travail important de développement, de tels détecteurs à semiconducteurs ne se sont cependant pas imposés encore complètement jusqu'à présent, en particulier par le fait qu'il existe manifestement des difficultés en ce qui concerne une réalisation fiable de contacts de type n^+ résistant à la haute tension.

Il est maintenant établi que l'on peut obtenir des détecteurs réalisés par implantation de phosphore et possédant des propriétés caractéristiques améliorées lorsque le contact de type n^+ est réalisé par implantation de phosphore avec une dose relativement faible et une énergie élevée à la température ambiante et sous vide poussé et est combiné de préférence avec un dopage supplémentaire par implantation de phosphore, lors duquel on travaille avec une dose élevée, mais avec une faible énergie. L'implantation de phosphore est suivie d'un recuit à au moins 300°C et notamment à 400°C pendant une durée dépendant de la température et qui est de 30 minutes par exemple à 400°C.

Par conséquent les détecteurs à semiconducteurs conformes à l'invention sont caractérisés par une implantation de phosphore possédant une dose aussi faible que possible inférieure à 10^{14} ions/ cm^2 et une énergie d'au moins 25 kV, de préférence en association avec une seconde implantation de phosphore avec au maximum 20 kV et au minimum 10^{14} ions/ cm^2 .

D'une façon tout à fait générale, l'implantation de phosphore (la première implantation) réalisée avec une faible dose doit être mise en oeuvre avec une énergie suffisamment

élevée pour obtenir un dopage de type n^+ relativement plat et s'étendant aussi profondément que possible dans le matériau de base, tout en évitant un élargissement trop important de la couche insensible. De préférence la première implantation s'effectue donc avec des énergies de 25 kV jusqu'à environ 40 kV, avec environ 10^{13} ions/cm².

On peut considérer comme limite inférieure pour la première implantation avec une dose aussi faible que possible, un dopage volumique qui se situe à au moins trois puissances de dix au-dessus de celui du matériau de base.

Dans le contact du type p^+ on peut prévoir une couche d'arrêt superficielle (dépôt de métal par vaporisation), en choisissant cependant un contact du type p^+ réalisé au moyen d'une implantation de bore et qui est réalisée en particulier, de façon connue en soi, avec pour caractéristiques environ 20 kV et 10^{14} /cm².

Les détecteurs réalisés conformément à l'invention s'avèrent comme étant relativement résistants à la tension et relativement solides. Comme raison de ce fait on peut faire l'hypothèse que la première implantation, qui s'étend plus profondément dans le matériau de base du semiconducteur, avec une énergie élevée et une faible dose, laisse subsister une structure cristalline soumise dans une large mesure à un recuit, lorsque l'implantation est réalisée à la température ambiante et sous vide poussé. La seconde implantation, qui est appropriée pour la réalisation du contact du type n^+ et qui est réalisée avec une dose élevée et de faibles énergies, doit réduire la résistance superficielle. Les défauts ou imperfections du réseau (couche amorphe), produits dans une zone plate au-dessous de la surface du détecteur, ne peuvent être que difficilement soumis à un recuit, mais n'affectent pas la fonction du contact du type n^+ .

Exemple de réalisation

A partir de germanium très pur possédant une concentration effective d'impuretés d'environ $1,5 \times 10^{10}$ cm⁻³, on a réalisé 10 diodes possédant des surfaces de 200 - 300 mm² et des épaisseurs de 3 - 4 mm et 2 diodes rectangulaires de dimensions 30 x 95 x 10 mm³ ainsi que plus de 10 détecteurs

possédant des épaisseurs comprises entre 2 et 16 mm et un diamètre d'environ 40 mm.

Tous les contacts de type n^+ ont été réalisés au moyen d'une implantation de phosphore à la température ambiante (avec pour caractéristiques 25 - 40 kV et $10^{13}/\text{cm}^2$) et recuit ultérieur à 400°C. Les contacts de type p^+ ont été réalisés par une implantation de bore à la température ambiante avec pour caractéristiques d'implantation 20 kV et $10^{14}/\text{cm}^2$ sans recuit. Les diodes de surface étendue ont été soumises dans certains cas à une seconde implantation de phosphore à forte dose et faible énergie (10 - 20 kV et $3 \cdot 10^{14}/\text{cm}^2$) ou bien ont été équipées de contacts métalliques par dépôt par vaporisation d'aluminium ou de nickel ou bien ont été équipées de nickel au moyen d'une pulvérisation ionique.

Tous les détecteurs fabriqués de cette façon peuvent fonctionner jusqu'à des surtensions élevées - dans la plupart des cas de plus de 1 000 V. Les surtensions sont des valeurs par lesquelles la tension, qui est nécessaire pour l'appauvrissement complet d'une diode, est dépassée. Il en résulte également au niveau du contact arrière (par exemple le contact de type p^+ pour un matériau de base de type p) des intensités de champ élevées, qui conduisent à une réduction des "zones mortes ou inactives". Les épaisseurs de ces "zones mortes ou inactives" sont inférieures à 0,3 μ d'après des mesures effectuées sur les deux faces. Par conséquent on peut utiliser ces détecteurs en tant que vrais détecteurs de transmission.

Selon les technologies connues jusqu'à présent (par exemple Hubbard et consorts), on ne peut pas fabriquer des détecteurs qui sont susceptibles de fonctionner jusqu'à des surtensions élevées et qui comportent des "zones mortes ou inactives" aussi petites sur les deux faces de contact.

A titre d'exemple on a décrit ci-dessous et illustré schématiquement aux dessins annexés une forme de réalisation de l'objet de l'invention.

Le dessin représente schématiquement un détecteur de transmission monté, réalisé en germanium très pur et utilisé comme détecteur de ΔE dans la spectrométrie de particules chargées.

Sur la figure 1, le faisceau de particules 1, qui arrive de la droite et qui est représenté par des flèches, traverse, en perdant une certaine énergie, le détecteur 2 implanté sur ses deux faces et qui est installé entre deux anneaux métalliques (3).

Sur la figure 2, qui montre une coupe partielle d'un contact, on a représenté à la partie inférieure le profil d'implantation 4 et à la partie supérieure la "zone morte ou inactive" 5 qui en résulte.

REVENDEICATIONS

- 1) Détecteur à semiconducteurs, en particulier au germanium, qui peut fonctionner jusqu'à des intensités de champ de plus de 2 500 V/cm et comporte un contact de type n^+ réalisé dans un matériau de base très pur par implantation de phosphore avec recuit ultérieur, caractérisé par une implantation de phosphore, avec une dose aussi faible que possible inférieure à 10^{14} ions/cm² et avec une énergie d'au moins 25 kV, de préférence en association avec une seconde implantation de phosphore ayant pour caractéristiques au maximum 20 kV et au moins 10^{14} ions/cm².
- 2) Détecteur à semiconducteurs suivant la revendication 1, caractérisé par un contact de type n^+ réalisé au moyen d'une première implantation de phosphore avec au moins 25 kV et jusqu'à environ 40 kV avec environ 10^{13} ions/cm² et d'une seconde implantation de phosphore ultérieure.
- 3) Détecteur à semiconducteurs suivant l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé par un contact de type p^+ réalisé au moyen d'une implantation de bore, en particulier avec 10^{14} ions/cm² et environ 20 kV.

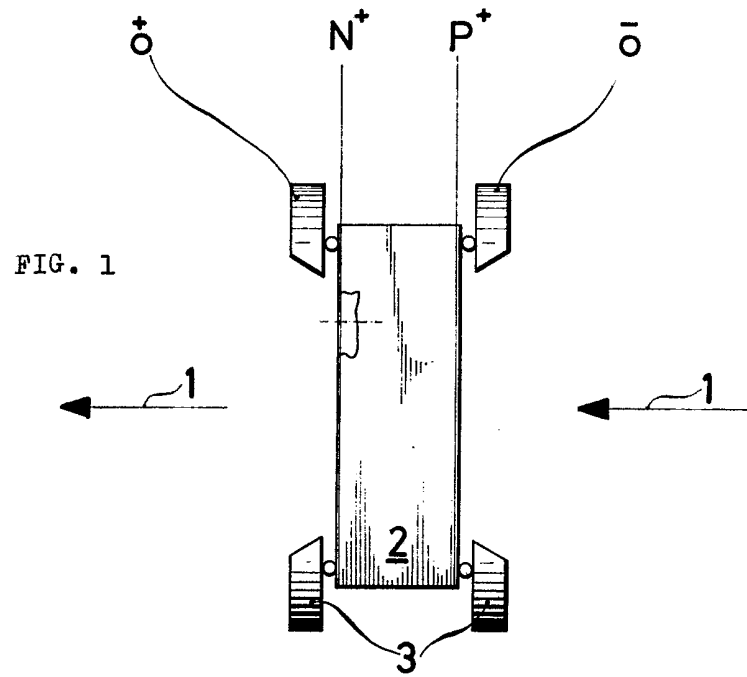


FIG. 2

