

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 80 21346

(54) Dispositif semiconducteur à diodes électroluminescentes localisées et son procédé de fabrication.

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). H 05 B 33/12.

(22) Date de dépôt..... 6 octobre 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(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 anonyme dite : RTC LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC, résidant en France.

(72) Invention de : Jacques Lebailly.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

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

"DISPOSITIF SEMICONDUCTEUR A DIODES ELECTROLUMINESCENTES
LOCALISEES ET SON PROCEDE DE FABRICATION"

La présente invention concerne un dispositif semicon-
ducteur comportant, sur un substrat approprié d'un premier
type de conduction, une pluralité de diodes électrolumes-
centes disposées en lignes et en colonnes et obtenues à
5 partir d'un ensemble d'au moins une première couche plane
d'un **second** type de conduction opposé au premier recouverte
d'une seconde couche également plane mais du même premier
type de conduction que le substrat, ladite première couche
formant avec la seconde couche un premier plan de jonction
10 P-N à propriétés électroluminescentes et avec le substrat
un second plan de jonction P-N à propriétés isolantes, les-
dites diodes étant reliées à des connexions de commande
situées à la surface dudit dispositif par des électrodes
en contact avec chacune desdites couches.

15 La présente invention concerne également le procédé de
fabrication de ce dispositif.

Les éléments électroluminescents sont souvent utilisés
par groupes formant des matrices de points dans une dispo-
sition établie le plus souvent en coordonnées XY. Ces élé-
20 ments sont généralement des diodes à homojonction P-N ou
hétérojonction P-N mais, quel que soit le type employé,
lesdits éléments seront désignés ci-après sous le terme
général de diodes.

Il s'avère particulièrement intéressant de réaliser ces
25 matrices électroluminescentes sous une forme monolithique
de dimensions minimales mais leur mise en oeuvre présente
alors un certain nombre de difficultés.

En effet, dans un grand nombre d'applications, les
diodes électroluminescentes formant une matrice doivent
30 être disposées en quantité importante sur une surface

réduite et l'émission de rayonnements de chacune d'entre elles doit, en outre, être localisée dans une zone sensiblement ponctuelle adaptée aux dimensions des récepteurs situés en regard. Par ailleurs, pour améliorer la vitesse
5 de réponse desdites diodes, il est connu de réduire la capacité des jonctions par une réduction de leur surface.

Ces diverses exigences conduisent donc à élaborer des matrices dont les éléments actifs (diodes électroluminescentes) et passifs (connexions des ligne et/ou des colonne) sont très proches les uns des autres. Dans ces
10 conditions, un isolement correct entre lesdits éléments est souvent difficile à réaliser et ne peut être obtenu que grâce, d'une part, à une délimitation parfaite de la configuration de chacun d'entre eux et, d'autre part, à une bonne homogénéité des couches isolantes les séparant.

15 Or, la localisation des diodes dans une plaque d'un matériau semiconducteur donné est généralement obtenue par une opération de diffusion précédée de la photogravure d'une couche isolante recouvrant ledit matériau.

Cette opération de photogravure qui fait appel à des
20 procédés chimiques provoque souvent une attaque latérale de la couche isolante à traiter et parfois des attaques transversales parasites de cette même couche si le masque de photogravure n'est pas parfaitement homogène. Ces défauts peuvent alors conduire à des courts-circuits entre éléments
25 actifs ou passifs lors du dépôt des couches métalliques de prise de contact.

De plus, la localisation des diodes occupe une grande surface de la plaque puisque, la diffusion étant isotrope, la largeur des murs d'isolement séparant lesdites diodes
25 est voisine du double de la profondeur de diffusion.

Les solutions connues jusqu'à présent pour remédier à ces défauts et pour obtenir une bonne localisation ont toujours conduit à multiplier le nombre des opérations de
30 décapage et de dépôt de couches d'oxyde ou de couches métalliques. Ces opérations restent toutes complexes donc déli-

cates et sont d'un coût élevé : c'est pourquoi, on peut noter que l'utilisation des matrices n'a guère progressé.

Le but de la nouvelle invention est de proposer une matrice de diodes électroluminescentes compacte qui soit
5 de réalisation simple et rapide.

En effet, la présente invention concerne un dispositif semiconducteur comportant, sur un substrat approprié d'un premier type de conduction, une pluralité de diodes électroluminescentes localisées disposées en lignes et en colonnes et obtenues à partir d'un ensemble d'au moins une
10 première couche plane d'un second type de conduction opposé au premier recouverte d'une seconde couche également plane mais du même premier type de conduction que le substrat, ladite première couche formant avec la seconde couche un premier plan de jonction P-N à propriétés électroluminescentes et avec le substrat un second plan de jonction P-N à propriétés isolantes, lesdites diodes étant
15 reliées à des connexions de commande situées à la surface dudit dispositif par des électrodes en contact avec chacune desdites couches, dispositif notamment remarquable en ce que les diodes électroluminescentes sont circonscrites par des régions semi-isolantes d'épaisseur au moins égale à la somme des épaisseurs desdites couches et en ce que les connexions de commande en surface sont situées essentiellement
20 au-dessus desdites régions semi-isolantes.

Un matériau semi-isolant est traité pour présenter une résistivité très élevée supérieure à celle du matériau non traité des régions voisines pour atteindre des valeurs d'au moins 10^4 et, de préférence, 10^6 à $10^8 \Omega\text{-cm}$.

Dans ces conditions, du point de vue optique, les diodes électroluminescentes sont bien localisées et, du point de vue électrique, peuvent être isolées latéralement les unes des autres d'une manière simple.

Les régions semi-isolantes sont, par ailleurs, suffisamment résistives pour que les connexions de surfaces puissent y être déposées directement sans crainte de courts-circuits avec les parties actives des couches sous-jacentes.
35

Le second plan de jonction P-N situé sous les diodes électroluminescentes a pour avantage de permettre l'isolement électrique de celles-ci transversalement.

5 Ainsi, le dispositif selon l'invention forme une matrice de diodes électroluminescentes à émission sensiblement ponctuelle isolées totalement les unes des autres et pouvant être excitées unitairement.

10 La plus grande partie des connexions nécessaires à leur commande porte sur les régions semi-isolantes et se trouve suffisamment isolée des éléments voisins : seules les régions desdites connexions qui se trouvent superposées avec d'autres connexions doivent être séparées de ces dernières par une nouvelle couche isolante.

15 Cette simplification des problèmes d'isolement améliore notablement la mise en oeuvre du procédé de réalisation du dispositif selon l'invention, mise en oeuvre qui, par ailleurs, ne fait appel qu'à des moyens classiques d'épithaxie, de diffusion, d'implantation, de dépôt et de photogravure.

20 Avantageusement, la première et la seconde couches à partir desquelles est formé le premier plan de jonction P-N à propriétés électroluminescentes sont constituées du même matériau ou d'un matériau de même maille cristalline, ce qui élimine les contraintes et les dislocations dues à une hétérogénéité de matériau.

25 Si le substrat est en GaAs, il est préférable de réaliser lesdites couches soit à partir de ce même composé soit à partir de $Ga_{1-x}Al_xAs$ de même maille cristalline.

30 Si le substrat est en GaP, il est préférable d'utiliser l'homo-épithaxie GaP/GaP. Si l'on désire utiliser du $GaAs_{1-x}P_x$, de maille cristalline différente de celle du GaP, il est, en effet, nécessaire de prévoir une couche tampon à variation progressive de composition entre le substrat et la première couche déposée sur le substrat.

35 La présente invention concerne également le procédé de réalisation dudit dispositif, procédé selon lequel, après avoir déposé successivement par épithaxie sur un substrat donné d'un premier type de conduction au moins une première

couche plane d'un second type de conduction opposé au premier puis une seconde couche plane du premier type de conduction, ladite première couche formant avec la seconde une jonction P-N électroluminescente et avec le substrat une
5 jonction d'isolement, on recouvre la surface de ladite seconde couche d'une couche isolante servant ensuite de masque pour la diffusion localisée d'impuretés engendrant des électrodes de prise de contact dans lesdites couches, procédé notamment remarquable en ce que, à travers un masque approprié déposé
10 sur la surface du dispositif, on rend semi-isolantes une suite de régions localisées traversant lesdites couches et divisant ledit dispositif en une pluralité de diodes électroluminescentes disposées en lignes et en colonnes, les connexions métalliques reliées aux électrodes de contact étant déposées
15 ensuite essentiellement sur lesdites régions semi-isolantes dans une configuration similaire à celle desdites diodes électroluminescentes et isolées convenablement aux endroits où elles se croisent.

La mise en oeuvre d'un tel procédé ne requiert pas d'opérations complexes ou délicates et ne fait appel qu'à des
20 appareillages utilisés couramment dans la fabrication des dispositifs semiconducteurs. Dans ces conditions, il devient aisé de réaliser des matrices de diodes électroluminescentes de grande densité et d'un prix de revient relativement faible. Il est possible d'envisager, en effet,
25 d'obtenir des réseaux d'interconnexions par matrices de 10 000 points (100 x 100).

Avantageusement, les régions qui limitent l'étendue desdites diodes électroluminescentes sont rendues semi-
30 isolantes par une implantation d'ions et notamment de protons à travers les ouvertures pratiquées dans un masque de polyimide.

On sait, en effet, qu'une implantation d'ions, de nature, d'énergie et de doses convenables, permet de transformer une région de matériau semiconducteur en une région
35 semi-isolante par création de défauts du réseau qui réduisent fortement la concentration de porteurs libres dans

le matériau.

La description qui va suivre en regard des dessins annexés, fera bien comprendre comment l'invention peut être réalisée.

5 La figure 1 représente une vue schématique en perspective du dispositif selon l'invention.

La figure 2 est une coupe suivant la ligne II-II de ce même dispositif.

10 Il est à noter que, sur les figures, les proportions géométriques n'ont pas été respectées, certaines dimensions ayant été exagérées, notamment en épaisseur, pour rendre les dessins plus clairs.

Conformément aux figures 1 et 2, le dispositif selon l'invention comporte un substrat 1 sur lequel ont été déposées successivement les couches épitaxiales 2 et 3. Le substrat 1 est d'un premier type de conduction donné, N par exemple, la première couche plane épitaxiale 2 déposée à la surface dudit substrat est d'un second type de conduction opposé au premier, donc P, et la seconde couche 3 est de type N.

20 Pour accéder à ladite couche 2 depuis la surface du dispositif, des flots 4 de type P^+ ont été créés, constituant ainsi des électrodes de contact. Eventuellement, des flots de type N^+ en contact avec la couche 3 peuvent également être créés.

Les couches 2 et 3 constituent une jonction P-N à propriétés électroluminescentes J_1 et la couche 2 forme avec le substrat 1 une jonction P-N à propriétés d'isolement J_2 .

Lesdites couches 2 et 3 sont divisées en une succession d'éléments indépendants par des caissons semi-isolants 5 pour former une pluralité de diodes électroluminescentes (J_{11}, J_{12}, \dots) isolées latéralement par lesdits caissons 5 et transversalement par la jonction J_2 divisée également en une suite d'éléments indépendants (J_{21}, J_{22}, \dots) en regard desdites diodes.

Pour garantir la localisation des diodes électroluminescentes, la profondeur des caissons 5 est au moins égale à la somme des épaisseurs des couches 2 et 3 mais, de préférence, elle lui est supérieure.

5 A la surface des caissons semi-isolants 5 sont disposés les réseaux de connexions 6 et 7 dans une configuration sensiblement orthogonale, lesdites connexions 6 et 7 étant isolées les unes des autres à leur croisement par une couche isolante 8, d'oxyde SiO_2 par exemple.

10 Pour limiter l'importance d'éventuels courants de fuite en surface, l'isolement desdits réseaux de connexions 6 et 7 peut être favorablement renforcé par la présence de sous-couches diélectriques (SiO_2 , Si_3N_4) non représentées sur les figures.

15 Pour obtenir ce dispositif, on part d'un substrat 1 d'un composé comprenant au moins un élément de la colonne III de la classification périodique des éléments et au moins un élément de la colonne V, comme l'arséniure de gallium (GaAs) de type N par exemple.

20 Ce substrat est recouvert d'une première couche 2 d'arséniure de gallium $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ déposée par épitaxie et dopée au zinc pour présenter le type de conduction P opposé à celui du substrat 1 qui est N puis d'une seconde couche 3 également d'arséniure de gallium et d'aluminium $\text{Ga}_{1-y}\text{Al}_y\text{As}$
25 mais du premier type de conduction N.

 Sur la face externe de la couche 3 on a déposé puis photogravé un film mince isolant de nitrure de silicium non représenté sur les figures dans les ouvertures duquel, on crée, par diffusion d'impuretés de zinc, les flots 4
30 constituant les électrodes de contact.

 Après décapage de cette couche isolante, on dépose un masque de résine imperméable au bombardement d'ions prévu. Ce masque est par exemple constitué d'une pellicule de polyimide gravée à travers un autre masque réalisé par dépôt
35 d'une laque photosensible adéquate. Le masque en résine polyimide présente une série d'ouvertures rectangulaires et parallèles dans une direction donnée et une autre série

d'ouvertures également rectangulaires et parallèles mais dans une direction sensiblement perpendiculaire à la précédente de manière à délimiter une pluralité de zones carrées ou rectangulaires opaques au bombardement ionique ; les ouvertures dans le masque correspondent à la surface des régions profondes semi-isolantes que l'on désire obtenir.

Le masque de résine peut éventuellement être remplacé par un masque métallique, notamment par un masque d'or.

Le substrat 1 et les couches 2 et 3 qui le recouvrent sont alors soumis à un bombardement de protons, par exemple, dirigé perpendiculairement à la surface desdites couches. Les défauts du réseau cristallin créés par les protons provoquent une très forte augmentation de la résistivité des régions atteintes 5, celles-ci présentant dès lors les caractéristiques d'un matériau isolant.

Après élimination du masque en polyimide, une première couche métallique déposée à la surface de la couche 3 puis photogravée permet de réaliser le premier réseau de connexions 6. Après avoir déposé et photogravé sur ce réseau 6 une couche isolante 8, en SiO_2 par exemple, on dépose une seconde couche métallique qui, après photogravure, constitue le second réseau de connexions 7, isolé du premier réseau 6, au moins au niveau des croisements, par ladite couche 8.

Conformément à l'invention, le masque de photogravure permettant d'obtenir les réseaux de connexions 6 et 7 est réalisé de telle manière que lesdites connexions soient déposées essentiellement à la surface des régions semi-isolantes 5.

- REVENDICATIONS -

1.- Dispositif semiconducteur comportant, sur un substrat approprié (1) d'un premier type de conduction, une pluralité de diodes électroluminescentes localisées (J_{11} , J_{12} ...) disposées en lignes et en colonnes et obtenues à partir d'un ensemble d'au moins une première couche plane (2) d'un second type de conduction opposé au premier recouverte d'une seconde couche (3) également plane mais du même premier type de conduction que le substrat (1), ladite première couche (2) formant avec la seconde couche (3) un premier plan de jonction P-N à propriétés électroluminescentes (J_1) et avec le substrat (1) un second plan de jonction P-N à propriétés isolantes (J_2), lesdites diodes (J_{11} , J_{12} ...) étant reliées à des connexions de commande (6,7) situées à la surface dudit dispositif par des électrodes (4) en contact avec chacune desdites couches (2,3), dispositif caractérisé en ce que les diodes électroluminescentes sont circonscrites par des régions semi-isolantes (5) d'épaisseur au moins égale à la somme des épaisseurs desdites couches (2,3) et en ce que les connexions de commande (6, 7) en surface sont situées essentiellement au-dessus desdites régions semi-isolantes (5).

2.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première et la seconde couches (2,3) à partir desquelles est formé le premier plan de jonction P-N à propriétés électroluminescentes (J_1) sont constituées du même matériau.

3.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première et la seconde couches (2,3) à partir desquelles est formé le premier plan de jonction P-N à propriétés électroluminescentes (J_1) sont constituées de matériaux de même maille cristalline.

4.- Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première et la seconde couches (2,3) à partir desquelles est formé le premier plan de jonction P-N à propriétés électroluminescentes (J_1) sont constituées de

matériaux de mailles cristallines différentes et en ce que, entre le substrat et ladite première couche plane a été déposée une couche adaptatrice de mailles.

5.- Dispositif selon les revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le substrat (1) est en arséniure de gallium et en ce que les couches (2,3) qui le recouvrent sont choisies dans la série arséniure de gallium et arséniure de gallium et d'aluminium.

6.- Dispositif selon les revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le substrat (1) et les couches (2,3) qui le recouvrent sont en phosphure de gallium GaP.

7.- Dispositif selon les revendications 1 et 4, caractérisé en ce que le substrat (1) est en phosphure de gallium GaP et en ce que les couches (2,3) qui le recouvrent sont en phosphure arséniure de gallium GaAsP.

8.- Procédé de réalisation d'un dispositif conforme à l'une des revendications 1 à 7, selon lequel, après avoir déposé successivement par épitaxie sur un substrat donné (1) d'un premier type de conduction une première couche plane (2) d'un second type de conduction opposé au premier puis une seconde couche plane (3) du premier type de conduction, ladite première couche (2) formant avec la seconde (3) une jonction P-N électroluminescente (J_1) et avec le substrat (1) une jonction d'isolement (J_2), on recouvre la surface de cette dernière d'une couche isolante servant ensuite de masque pour la diffusion localisée d'impuretés engendrant des électrodes de prise de contact (4) dans lesdites couches, caractérisé en ce que, à travers un masque approprié déposé sur la surface du dispositif, on rend semi-isolantes une suite de régions localisées (5) traversant lesdites couches (2,3) et divisant ledit dispositif en une pluralité de diodes électroluminescentes (J_{11} , J_{12} ...) disposées en lignes et en colonnes, les connexions métalliques (6,7) reliées aux électrodes de contact (4) étant déposées ensuite essentiellement au-dessus desdites régions semi-isolantes (5) dans une configuration similaire à celle

desdites diodes électroluminescentes (J_{11} , J_{12} ,...) et isolées convenablement au moins aux endroits où elles se croisent.

5 9.- Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les régions (5) qui limitent l'étendue des diodes électroluminescentes (J_{11} , J_{12} ,...) sont rendues semi-isolantes par une implantation d'ions à travers un masque approprié.

10 10.- Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que les régions (5) qui limitent l'étendue des diodes électroluminescentes (J_{11} , J_{12} ,...) sont rendues semi-isolantes par un bombardement de protons à travers les ouvertures pratiquées dans un masque de polyimide.

15 11.- Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que les régions (5) qui limitent l'étendue des diodes électroluminescentes (J_{11} , J_{12} ,...) sont rendues semi-isolantes par un bombardement de protons à travers les ouvertures pratiquées dans un masque d'or.

1/1

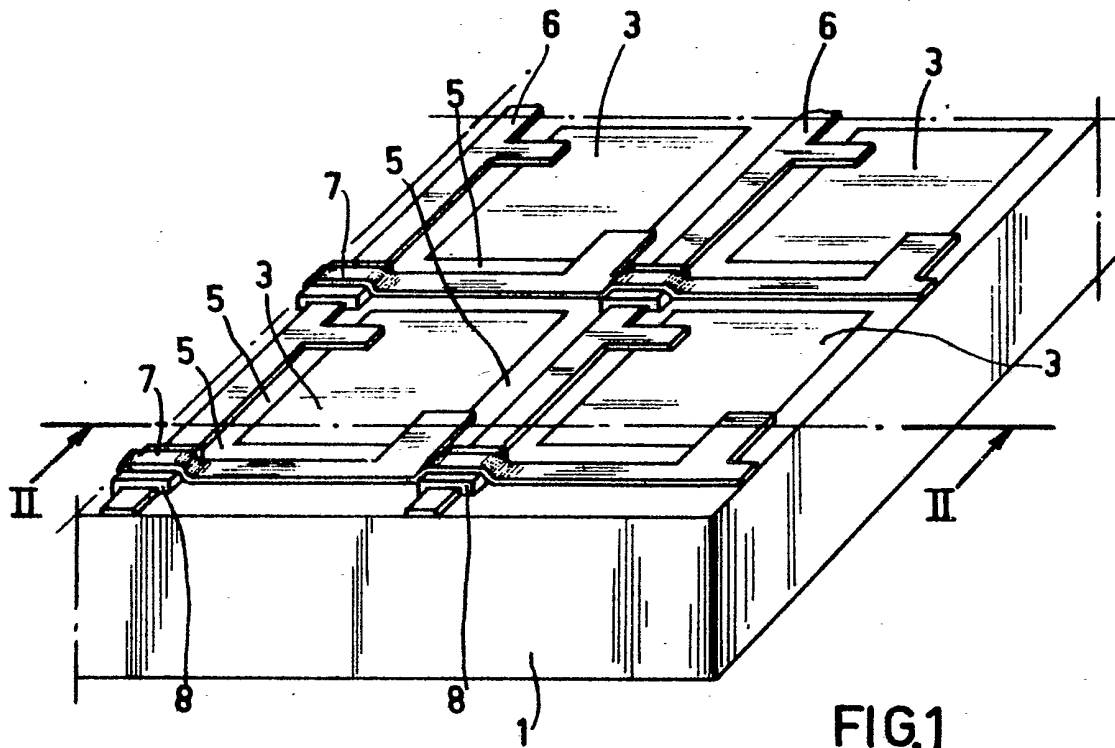


FIG. 1

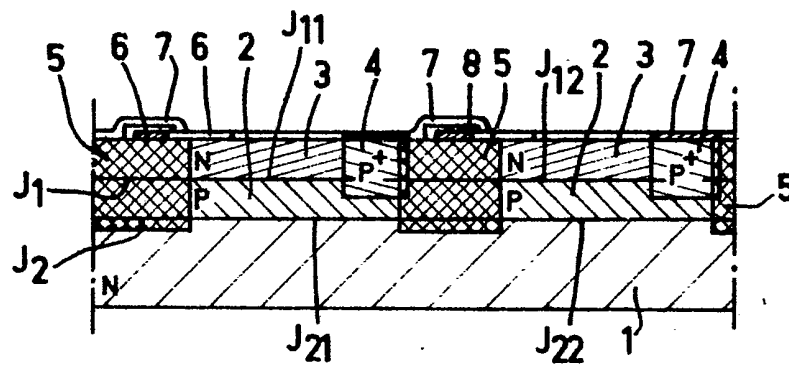


FIG. 2