

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : 2 977 982

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : 11 56290

⑤1 Int Cl⁸ : H 01 L 31/18 (2013.01), H 01 L 27/146, 31/101, 31/0224

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11.07.11.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 18.01.13 Bulletin 13/03.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : NEW IMAGING TECHNOLOGIES — FR.

⑦2 Inventeur(s) : NI YANG.

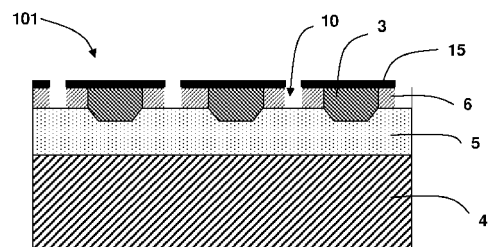
⑦3 Titulaire(s) : NEW IMAGING TECHNOLOGIES.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET REGIMBEAU Société civile.

⑤4 MATRICE DE PHOTODIODES INGAAS.

⑤7 L'invention concerne une matrice (101) de photodiodes InGaAs et son procédé de fabrication, ladite matrice comprenant :

- une cathode comprenant au moins une couche de substrat (4) de phosphure d'indium et une couche active (5) d'arséniure de gallium-indium,
- une pluralité d'anodes (3) formées au moins en partie dans la couche active d'arséniure de gallium-indium par la diffusion d'un dopant de type P, la coopération entre une anode (3) et la cathode formant une photodiode, et selon ledit procédé ;
- une couche de passivation (6) de phosphure d'indium est disposée sur la couche active avant la diffusion du dopant de type P formant les anodes (3),
- une première gravure sélective est appliquée afin de supprimer sur toute son épaisseur une zone (10) de la couche de passivation (6) entourant chaque anode (3).



FR 2 977 982 - A1



DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention concerne les matrices de photodiodes, et plus particulièrement les matrices de photodiodes à bases de couches d'arséniure de gallium-indium (InGaAs) et de phosphure d'indium (InP), ainsi que leur procédé de fabrication.

CONTEXTE DE L'INVENTION

Une des méthodes de fabrication de matrice de photodiodes dans des matériaux semi-conducteurs à faible bande interdite - « band gap » en terminologie anglo-saxonne - (souvent pour la détection en lumière infrarouge) consiste à insérer la couche active de détection à faible band gap entre deux matériaux semi-conducteurs à grand band gap. Les deux couches de semi-conducteurs à grand band gap constituent une protection/passivation efficace tout en restant transparentes à la longueur d'onde du rayonnement destiné à être détecté par les photodiodes.

De plus, avec des dopages appropriés, les deux hétérojonctions entre la couche active et les deux couches de protection/passivation confinent les charges photoélectriques dans la couche active de détection et améliorent le rendement quantique de la photodiode ainsi construite.

Une photodiode InGaAs est un exemple type de cette structure physique. La couche active de détection constituée du matériau InGaAs peut avoir un band gap ajustable en fonction de la composition en indium et gallium dans le InGaAs, idéale pour opérer dans la bande SWIR (acronyme de l'anglais Short Wave InfraRed pour infrarouge de courte longueur d'onde), de l'ordre de 1,4 à 3 μm .

Le phosphure d'indium et l'arséniure de gallium-indium partage la même structure cristalline cubique face centrée. La composition la plus utilisée est $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$. La taille de maille cristalline est alors comparable à celle du substrat InP, notamment les paramètres de maille. Cette compatibilité cristalline permet la croissance par épitaxie d'une couche active InGaAs

d'excellente qualité sur un substrat InP. Le band gap d' $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$ est d'environ 0.73 eV, capable de détecter jusqu'à une longueur d'onde de 1.68 μm dans la bande SWIR. Elle présente un intérêt grandissant dans les domaines d'applications tel que la spectrométrie, la vision nocturne, le tri des plastiques usagés, etc.

Les deux couches de protection/passivation sont généralement faites en InP. Surtout la composition $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}$, ayant la même taille de maille cristalline qu'InP, cela permet un courant d'obscurité très faible dès la température ambiante.

La figure 1 illustre la structure physique d'une matrice 1 de photodiodes. Une couche active 5 composée de InGaAs est prise en sandwich entre deux couches de InP. La couche inférieure constitue en effet le substrat 4 sur lequel la couche InGaAs est formée par épitaxie MO-CVD complexe. Cette couche InGaAs est ensuite protégée par une fine couche de passivation 6 composée de InP, déposée aussi par épitaxie. Les couches InP sont en générale du type N, dopées au silicium. La couche active 5 de InGaAs peut être légèrement dopée N ou rester quasi-intrinsèque. Donc les deux couches InP inférieure/supérieure et la couche active 5 de InGaAs forment la cathode commune des photodiodes dans cette matrice.

Les anodes individuelles 3 sont formées par une diffusion locale de zinc (Zn). Le dopant Zn traverse la fine couche de passivation 6 d'InP et pénètre dans la couche active 5 d'InGaAs.

La figure 2 illustre un capteur d'image InGaAs constitué d'une matrice 1 de photodiodes InGaAs connectée en mode puce retournée (« flip-chip » en terminologie anglo-saxonne) avec un circuit de lecture 2. Dans un capteur InGaAs matriciel, la matrice des photodiodes est connectée à un circuit de lecture généralement réalisé en silicium afin de lire les signaux photoélectriques générés par ces photodiodes InGaAs. Cette interconnexion se fait en général par le procédé flip-chip via des billes d'indium 7, ainsi

qu'illustré sur la figure 2. Le rayonnement SWIR 9 arrive sur la matrice des photodiodes à travers le substrat 4 de phosphure d'indium, transparent dans cette bande optique.

5 Avec un détecteur fonctionnant en mode d'intégration, on obtient un signal de sortie proportionnel au produit du flux et de la durée d'exposition. Cependant, le signal de sortie est limité par la capacité d'intégration maximale du détecteur. Pour des scènes à fort contraste, il est souvent impossible d'obtenir un bon rendu des zones sombres et en même temps de garder des zones
10 lumineuses sans saturation. Ce problème est d'autant plus sérieux pour la vision nocturne à la quelle un capteur matriciel à photodiodes InGaAs est souvent destiné.

Une autre manière de lire les signaux photoélectriques des photodiodes de manière générale est proposée par le document EP1354360 et illustrée dans son principe par la figure 3 des dessins ci-annexés. Le document EP1354360 propose un fonctionnement en mode cellule solaire d'une photodiode 51 afin d'obtenir une réponse logarithmique en fonction de l'intensité du rayonnement optique incident 59.

20

Dans ce mode de fonctionnement, la photodiode 51 ne reçoit pas de polarisation extérieure et elle est polarisée en directe par les charges photoélectriques générées dans sa jonction. La tension de polarisation directe observée sur la photodiode est proportionnelle au logarithme du flux optique incident.
25

Cette réponse logarithmique permet de couvrir sans aucun ajustement électrique et optique une plage dynamique de fonctionnement supérieure à 120dB, indispensable pour l'utilisation d'un capteur SWIR InGaAs dans des conditions naturelles à l'extérieur. Le document EP1354360 propose également
30 d'associer un circuit de lecture 55 à commutation à la photodiode.

Le principe d'utilisation de la matrice de capteur d'image illustré à la figure 3 est le suivant :

5 a) On active le signal de sélection SEL afin de sélectionner la photodiode 51 désirée en fermant l'interrupteur 54. Une fois cette photodiode sélectionnée, on active le premier signal de lecture RD1 qui va fermer l'interrupteur commandé correspondant dans le but de mémoriser les tensions d'une première lecture dans la mémoire 56. Cette première lecture enregistre à la fois l'image et le bruit spatial fixe.

10 b) On active alors le signal de remise à zéro RSI, signal qui va provoquer la fermeture de l'interrupteur 53. La photodiode 51 étant ainsi court-circuitée, on simule ainsi une image de référence en obscurité absolue.

15 c) On désactive alors le premier signal de lecture RD1 pour réouvrir l'interrupteur correspondant et on active alors le second signal de lecture RD2 pour ainsi enregistrer dans l'élément de mémoire 57 les tensions de la deuxième lecture. On a ainsi mémorisé le bruit spatial fixe seul.

20 d) On calcule la différence entre le résultat des deux mémorisations contenues dans les éléments de mémoire 56 et 57 respectives par un amplificateur différentiel 58. Le signal de sortie de cet amplificateur 58 correspond alors à une image exempte de bruit spatial fixe.

25 Grâce à la seconde lecture, une tension zéro correspondant à la condition d'obscurité est générée. Ce signal d'obscurité électronique permet de supprimer les décalages de signal (« offsets ») dans la chaîne de lecture dans un détecteur matriciel.

30 Le principe proposé par EP1354360 a été appliqué dans un capteur InGaAs et fonctionne parfaitement. Mais un phénomène d'éblouissement (« blooming » en terminologie anglo-saxonne) est observé pour des scènes diurnes. Ce phénomène peut être simplement décrit comme une perte de la résolution spatiale dans une image. Le détecteur continue néanmoins à être sensible à la variation de la lumière en suivant la loi logarithmique. Ce phénomène n'est pas observé dans d'autres types de photodiodes comme celles à base silicium, InSb ou MCT.

PRESENTATION DE L'INVENTION

La présente invention propose une solution simple et efficace à ce phénomène
5 de blooming dans une matrice de photodiodes InGaAs. La solution proposée par
la présente invention permet également une amélioration de la qualité d'image
dans un détecteur conventionnel en mode d'intégration.

A cet effet, on propose selon un premier aspect un procédé de fabrication
10 d'une matrice de photodiodes comprenant

- une cathode comprenant au moins une couche de substrat de phosphure d'indium et une couche active d'arséniure de gallium-indium, et
- 15 - une pluralité d'anodes formées au moins en partie dans la couche active d'arséniure de gallium-indium par la diffusion d'un dopant de type P, la coopération entre une anode et la cathode formant une photodiode,

le procédé comprenant les étapes suivantes :

- 20 - on réalise une couche de passivation de phosphure d'indium sur la couche active avant la diffusion du dopant de type P formant les anodes, et
- on réalise une première gravure sélective de la couche de passivation afin de supprimer sur toute son épaisseur une zone de ladite couche de passivation entourant chaque anode.

25

L'invention selon le premier aspect est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leurs combinaisons techniquement possible :

- 30 - la première gravure sélective est une gravure chimique réalisée avec un premier agent de gravure chimique sélective ;
- l'agent de gravure chimique sélectif est une solution d'acide chlorhydrique et d'acide phosphorique ;

- le procédé comprend en outre une étape subséquente de passivation par dopage de type N des zones gravées de la couche de passivation de phosphure d'indium et de la couche active d'arséniure de gallium-indium découvertes par la première gravure sélective ;
- 5 - le procédé comprend en outre en outre une étape subséquente de seconde gravure sélective supprimant sur toute son épaisseur une zone de la couche active entourant chaque anode ;
 - la seconde gravure sélective est une gravure chimique réalisée avec un second agent de gravure chimique sélective ;
- 10 - le second agent chimique de gravure sélective est une solution aqueuse comprenant de l'acide sulfurique et du peroxyde d'hydrogène ;
 - la seconde gravure est suivie par une étape subséquente de passivation par dopage de type N des zones gravées de la couche de passivation de phosphure d'indium et de la couche active d'arséniure de gallium-indium
- 15 découvertes par la première gravure sélective et par la seconde gravure sélective.

De préférence, la profondeur de dopage N est comprise entre 0,5 μm et 2 μm .

20 Selon un deuxième aspect, l'invention concerne également une matrice de photodiodes comprenant :

- une cathode comprenant au moins une couche de substrat en phosphure d'indium et une couche active en arséniure de gallium-indium,
- une pluralité d'anodes formées, au moins en partie dans la couche active, par la diffusion d'un dopant de type P, la coopération entre une anode
- 25 et la cathode formant une photodiode,
- une couche de passivation en phosphure d'indium dans laquelle sont au moins en partie formées les anodes par diffusion d'un dopant de type P, et en ce que la matrice de photodiodes comporte des zones entourant chaque anode dans lesquelles ladite couche de passivation est absente sur toute son épaisseur.

30

L'invention selon le deuxième aspect est avantageusement complétée par les caractéristiques suivantes, prises seules ou en une quelconque de leurs combinaisons techniquement possible :

- la matrice de photodiodes comporte des zones entourant chaque anode dans lesquelles ladite couche active en arséniure de gallium-indium est absente sur toute son épaisseur.
- la matrice de photodiodes comporte des régions de la couche de passivation et de la couche active en contact avec lesdites zones entourant chaque anode sont passivées par un dopage de type N.

L'invention concerne également selon un troisième aspect un capteur d'images incorporant un circuit de lecture et une matrice de photodiodes selon le deuxième aspect. De préférence, le circuit de lecture est un circuit logarithmique.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

- D'autres aspects, buts et avantages de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit. L'invention sera aussi mieux comprise en référence à cette description considérée conjointement avec les dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs et sur lesquels :
- la figure 1, déjà commentée, est un schéma illustrant la structure d'une matrice de photodiodes InGaAs de l'état de la technique ;
 - la figure 2, déjà commentée, illustre un capteur d'image InGaAs constitué d'une matrice de photodiodes InGaAs connectée en flip-chip avec un circuit de lecture sur substrat silicium ;
 - la figure 3, déjà commentée, est un schéma de principe de réalisation d'un capteur logarithmique avec les photodiodes en mode cellule solaire ;
 - la figure 4 illustre les différentes jonctions dans une matrice de photodiodes de l'état de la technique ;
 - la figure 5 est un schéma de principe illustrant un procédé de fabrication selon l'invention ;
 - la figure 6 est un schéma illustrant la structure d'une matrice de photodiodes dans laquelle une zone de la couche de passivation

- entourant chaque anode a été supprimée par une première gravure sélective ;
- la figure 7 est un schéma illustrant la passivation des zones gravées par la première gravure sélective par un dopage de type N des zones exposées ;
 - la figure 8 est un schéma illustrant la structure d'une matrice de photodiodes dans laquelle une zone de la couche de passivation et de la couche active entourant chaque anode a été supprimée par des première et seconde gravures sélectives ;
 - la figure 9 est un schéma illustrant la passivation des zones gravées par la première et la seconde gravure par un dopage de type N des zones exposées ; et
 - la figure 10 illustre un capteur d'image InGaAs constitué d'une matrice de photodiodes selon l'invention connectée en flip-chip avec un circuit de lecture sur substrat silicium.

DESCRIPTION DETAILLEE

Dans une structure de l'état de la technique telle qu'illustrée par la figure 1, il peut être constaté que chaque photodiode contient plusieurs jonctions PN, dont une voulue et un certain nombre qui sont parasites. Ces jonctions PN sont illustrées par la Figure 4. Les jonctions PN 31 entre les anodes 3 et la couche active 5 sont voulues et constituent les diodes de la matrice de photodiodes.

Les jonctions PN parasites latérales 32 entre les anodes 3 et la couche de passivation 6 constituent un chemin de passage électrique possible entre les photodiodes voisines via la couche de passivation.

Un circuit de lecture classique intègre, dans une capacité, le courant inverse dans la photodiode en appliquant une polarisation inverse sur cette dernière. Dans cette configuration, les jonctions parasites latérales 32 dans les photodiodes sont polarisées en inverse en même temps avec pour effet d'ajouter un courant parasite supplémentaire dans la capacité d'intégration. Ce

courant parasite dégrade la qualité d'image, mais ne génère quasiment pas de diaphonie entre les photodiodes voisines. Ces courants parasites peuvent être compensés partiellement par des traitements d'image complexes sur l'image brute sortant du circuit de lecture.

5

Quand une photodiode fonctionne en mode cellule solaire, la jonction est polarisée en direct par la lumière incidente. Dans ce cas, les jonctions parasites latérales 32 sont aussi polarisées en direct et elles constituent un passage de courant électrique entre des photodiodes voisines. Cette polarisation directe devient d'autant plus importante que l'intensité optique incidente augmente, créant ainsi un phénomène de blooming qui dégrade considérablement la résolution spatiale du capteur.

La présente invention propose une structure permettant de supprimer la conductivité latérale dans une matrice de photodiodes InGaAs. Une matrice de photodiodes fabriquée selon la présente invention peut être exploitée en mode cellule solaire comme décrit dans le document EP1354360, sans perte de résolution spatiale, même en présence de très fortes intensités optiques. Une telle matrice procure aussi une amélioration de la qualité d'image avec un circuit de lecture classique en mode d'intégration, comme par exemple, les différents circuits de lecture CMOS ISC9705 et ISC9809 commercialisés par la société Indigo/FLIR aux USA. Le circuit ISC9705 intègre le courant photoélectrique d'une photodiode directement sur un condensateur (mode injection directe) et le circuit ISC9809 intègre le courant photoélectrique à travers un amplificateur opérationnel (mode CTIA). Le mode CTIA permet un gain de conversion charge-tension plus important qui favorise la sensibilité de détection.

La figure 5 est un schéma de principe illustrant le procédé de fabrication d'une matrice de photodiodes selon l'invention. Après l'obtention d'une structure de matrice de photodiode, par exemple par :

- croissance épitaxiale (étape S1) d'une couche active 5 d'arséniure de gallium-indium sur un substrat 4 de phosphore d'indium,

- croissance épitaxiale (étape S2) d'une couche de passivation 6 de phosphure d'indium,
 - formation (étape S3) des anodes 3 par une diffusion sélective de zinc en tant que dopant de type P dans la couche de passivation 6 et la
- 5 couche active 5,

une première gravure sélective est appliquée (étape S4) afin de supprimer sur toute son épaisseur une zone 10 de la couche de passivation 6 entourant chaque anode 3.

10 Les couches InP sont en générale du type N, dopées au silicium. La couche active 5 de InGaAs peut être légèrement dopée N ou rester quasi-intrinsèque. Donc les deux couches InP inférieure/supérieure et la couche active 5 de InGaAs forment la cathode commune des photodiodes dans cette matrice.

15 La figure 6 est un schéma illustrant la structure d'une matrice 101 de photodiodes dans laquelle une zone 10 de la couche de passivation entourant chaque anode a ainsi été supprimée par cette première gravure sélective. Un masque 15 est appliqué afin de définir les zones 10 de la couche de passivation à supprimer par la première gravure. La matrice de photodiodes comporte ainsi

20 des zones 10 entourant chaque anode dans lesquelles la couche de passivation 6 est absente sur toute son épaisseur.

La suppression par la première gravure, au niveau de chaque anode 3, d'une zone 10 entourant chacune desdites anodes 3 permet de supprimer le passage

25 électrique latéral entre des anodes 3 voisines constituées par des dopages Zn voisins.

Cette première gravure est de préférence une gravure chimique réalisée au moyen d'un premier agent de gravure chimique sélectif, de préférence une

30 solution de d'acide chlorhydrique et d'acide phosphorique, de formule $HCl:H_3PO_5$.

La solution HCL:H3PO5 permet de dissoudre sélectivement la couche de passivation 6 composée de phosphure d'indium InP et d'arrêter la gravure à l'arrivée sur la couche active 5 composée d'arséniure de gallium-indium InGaAs. Grace à cette sélectivité de la gravure, la suppression de la couche de passivation 6 peut se faire simplement.

La zone 10 de la couche de passivation 6 entourant chacune des anodes 3 à supprimer n'a pas besoin d'être grande et peut être limitée à la précision de la lithographie. Par conséquent cette zone 10 peut être gardée assez éloignée de la diffusion Zn constituant une anode 3, où se trouve la région de capture des charges photoélectriques.

Cette première gravure est de préférence chimique, mais elle peut éventuellement être une gravure sèche, par exemple une gravure au plasma. La gravure chimique est cependant préférée car elle ne cause pas de dommages physiques dans la zone de gravure. Dans tous les cas, les défauts créés par cette première gravure n'impactent que peu le courant d'obscurité de la photodiode, car ils sont suffisamment éloignés des zones de diffusion du zinc.

Une passivation à base d'isolant comme du nitrure de silicium SiN_x ou du dioxyde de silicium SiO_2 peut être appliquée à la suite de cette gravure. Cependant, une passivation à base d'isolant ne permet pas de réduire suffisamment le nombre de défauts en interface.

Par conséquent, une passivation est de préférence mise en œuvre (étape S6) par un dopage de type N des zones 11 de gravure de la couche de passivation 6 et de la couche active 5 exposées par la première gravure. La structure après ce dopage N est illustrée par la figure 7, dans laquelle des régions 11 de la couche de passivation 6 et de la couche active 5 en contact avec les zones 10 entourant chaque anode sont passivées par un dopage de type N.

La profondeur de dopage N desdites régions 11 peut être contrôlée entre 0.5 μm et 2 μm , en fonction notamment du type de gravure, chimique ou sèche, et

de la dimension des photodiodes. La génération de surface est rapidement recombinaison dans la région de dopage N. L'hétérojonction que forme ce dopage N à l'intérieur de la couche active 5 de InGaAs refoule les charges photoélectriques vers la zone de diffusion de Zn, c'est-à-dire la zone de capture.

5 Donc le rendement quantique est ainsi amélioré.

Un dopage de type P sur les surfaces exposées par la gravure forme une jonction parasite, qui draine les charges photoélectriques vers la surface exposée. Si la génération de surface des paires électron/trou est confinée, le rendement quantique souffre de ce drainage vers la surface par cette jonction parasite. Ainsi, la passivation est avantageusement effectuée au moyen d'un dopage de type N plutôt qu'un dopage de type P.

De préférence, préalablement à cette passivation par dopage de type N, une seconde gravure sélective supprimant sur toute son épaisseur une zone 20 de la couche active 5 entourant chaque anode est mise en œuvre (étape S5), sachant qu'après la première gravure de la couche de passivation 6, la couche active 5 est exposée au niveau de zones 10 entourant chacune des anodes, ainsi qu'illustré par la figure 6.

20

En effet, la suppression sélective de zones de la couche de passivation 6 autour de chaque anode 3 de photodiode élimine la conductivité latérale entre photodiodes voisines. Mais la propagation latérale des charges photoélectriques dans la couche active 5 d'arséniure de gallium-indium InGaAs peut aussi dégrader la résolution spatiale d'un capteur incorporant une telle matrice de photodiode. Une suppression partielle de la couche active 5 de InGaAs autour la diffusion au Zn peut être très bénéfique à la résolution spatiale du capteur InGaAs.

30 Cette seconde gravure, qui supprime une couronne 20 de la couche active 5 en arséniure de gallium-indium InGaAs autour de la diffusion au Zn, est de préférence également chimique et mise en œuvre au moyen d'un second agent de gravure chimique sélectif. Pour cette seconde gravure, on utilise de

préférence une solution aqueuse comprenant de l'acide sulfurique et du peroxyde d'hydrogène de formule $H_2SO_4:H_2O_2:H_2O$. Une telle solution grave sélectivement uniquement la couche active 5 composée d'arséniure de gallium-indium InGaAs mais préserve le phosphore d'indium constituant la couche de passivation 6 et le substrat 4.

Ainsi, chaque photodiode peut être complètement isolée des autres. La figure 8 montre une matrice 101 de photodiodes résultant de la seconde gravure. La matrice 101 de photodiodes comporte alors des zones 20 entourant chaque anode dans lesquelles ladite couche active 5 en arséniure de gallium-indium est absente sur toute son épaisseur.

De plus, cette seconde gravure au moyen de $H_2SO_4:H_2O_2:H_2O$ est bénéfique pour former une couche fine protégeant la structure contre une oxydation ambiante.

De même que précédemment, si cette seconde gravure est de préférence chimique, elle peut éventuellement être une gravure sèche, par exemple une gravure au plasma. La gravure chimique est cependant préférée car elle ne cause pas de dommages physiques dans la zone de gravure. Dans tous les cas, les défauts créés par cette seconde gravure n'impactent que peu le courant d'obscurité de la photodiode, car ils sont suffisamment éloignés des zones de diffusion de zinc.

Une passivation à base d'isolant comme du nitrure de silicium SiN_x ou du dioxyde de silicium SiO_2 peut être appliquée à la suite de cette gravure. Cependant, une passivation à base d'isolant ne permet pas de réduire suffisamment le nombre de défauts en interface.

Ainsi, de façon similaire à celle exposée plus haut, on met alors en œuvre (étape S6) une passivation par dopage N des zones gravées de la couche de passivation 6 et de la couche active 5 découvertes par la première et la seconde gravure.

On obtient alors une structure de matrice 101 de photodiode du type de celle illustrée par la figure 9, dans laquelle des régions 21 de la couche de passivation 6 de InP et de la couche active 5 de InGaAs en contact avec les zones 20 entourant chaque anode ont été passivées par un dopage de type N.

5 Incidemment, on constate également qu'une zone du substrat 4 découverte par la seconde gravure a également été passivée par le dopage de type N.

Une fois que la matrice des photodiodes est exempte de conduction latérale, elle peut retrouver le même procédé de fabrication pour la métallisation et le

10 montage en puce retournée avec un circuit de lecture sur substrat silicium.

La figure 10 illustre un capteur d'image InGaAs constitué d'une matrice 101 de photodiodes InGaAs selon l'invention, et plus précisément similaire à celle représentée par la figure 9, connectée en puce retournée avec un circuit de

15 lecture 2. Dans un capteur InGaAs matriciel, la matrice des photodiodes est connectée à un circuit de lecture réalisé sur substrat silicium afin de lire les signaux photoélectriques générés par ces photodiodes InGaAs. Cette interconnexion est réalisée en général par le procédé à puce retournée via des billes Indium 7, ainsi qu'illustré sur la figure 10. Le rayonnement SWIR 9 arrive

20 sur la matrice des photodiodes à travers le substrat 4 de phosphure d'indium, transparent dans cette bande optique.

De préférence, le circuit de lecture 2 est un circuit de lecture logarithmique tel que décrit plus haut et exposé dans la figure 3.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'une matrice (101) de photodiodes comprenant
 - 5 - une cathode comprenant au moins une couche de substrat (4) de phosphure d'indium et une couche active (5) d'arséniure de gallium-indium, et
 - une pluralité d'anodes (3) formées au moins en partie dans la couche active d'arséniure de gallium-indium par la diffusion d'un dopant de type P, la coopération entre une anode (3) et la cathode formant une photodiode, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :
 - 10 - on réalise une couche de passivation (6) de phosphure d'indium sur la couche active avant la diffusion du dopant de type P formant les anodes (3), et
 - 15 - on réalise une première gravure sélective de la couche de passivation afin de supprimer sur toute son épaisseur une zone (10) de ladite couche de passivation (6) entourant chaque anode (3).
2. Le procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel la première gravure sélective est une gravure chimique réalisée avec un premier agent de gravure chimique sélective.
20
3. Le procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel l'agent de gravure chimique sélectif est une solution d'acide chlorhydrique et d'acide phosphorique.
- 25 4. Le procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant en outre une étape subséquente de passivation par dopage de type N des zones gravées (11) de la couche de passivation (6) de phosphure d'indium et de la couche active (5) d'arséniure de gallium-indium découvertes par la première gravure sélective.
30
5. Le procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant en outre une étape subséquente de seconde gravure sélective supprimant sur toute son épaisseur une zone (20) de la couche active (5) entourant chaque anode (3).
35

6. Le procédé de fabrication selon la revendication 5, dans lequel la seconde gravure sélective est une gravure chimique réalisée avec un second agent de gravure chimique sélective.
- 5 7. Le procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel le second agent chimique de gravure sélective est une solution aqueuse comprenant de l'acide sulfurique et du peroxyde d'hydrogène.
- 10 8. Le procédé de fabrication selon l'une des revendications 5 à 7, comprenant une étape subséquente de passivation par dopage de type N des zones gravées (21) de la couche de passivation (6) de phosphure d'indium et de la couche active (5) d'arséniure de gallium-indium découvertes par la première gravure sélective et par la seconde gravure sélective.
- 15 9. Le procédé de fabrication selon l'une des revendications 4 et 8, dans lequel la profondeur de dopage est comprise entre 0,5 μm et 2 μm .
10. Matrice (101) de photodiodes comprenant :
- une cathode comprenant au moins une couche de substrat (4) en phosphure d'indium et une couche active (5) en arséniure de gallium-indium,
 - une pluralité d'anodes formées, au moins en partie dans la couche active (5), par la diffusion d'un dopant de type P, la coopération entre une anode (3) et la cathode formant une photodiode,
- 25 caractérisé en ce que la matrice comprend en outre une couche de passivation (6) en phosphure d'indium dans laquelle sont au moins en partie formées les anodes (3) par diffusion d'un dopant de type P, et en ce que la matrice de photodiodes comporte des zones (10) entourant chaque anode dans lesquelles ladite couche de passivation (6) est absente sur toute son épaisseur.
- 30
11. La matrice de photodiodes selon la revendication 10, comportant des zones (20) entourant chaque anode (3) dans lesquelles ladite couche active (5) en arséniure de gallium-indium est absente sur toute son épaisseur.
- 35 12. La matrice de photodiodes selon la revendication 10 ou 11, dans laquelle des régions (11, 21) de la couche de passivation (6) et de la couche active (5) en

contact avec lesdites zones (10, 20) entourant chaque anode sont passivées par un dopage de type N.

- 5 13. Capteur d'images incorporant un circuit de lecture (2) et une matrice de photodiodes (101) selon l'une quelconque des revendications 10 à 12.
14. Le capteur d'images selon la revendication précédente, dans lequel le circuit de lecture (2) est un circuit logarithmique.

1/6

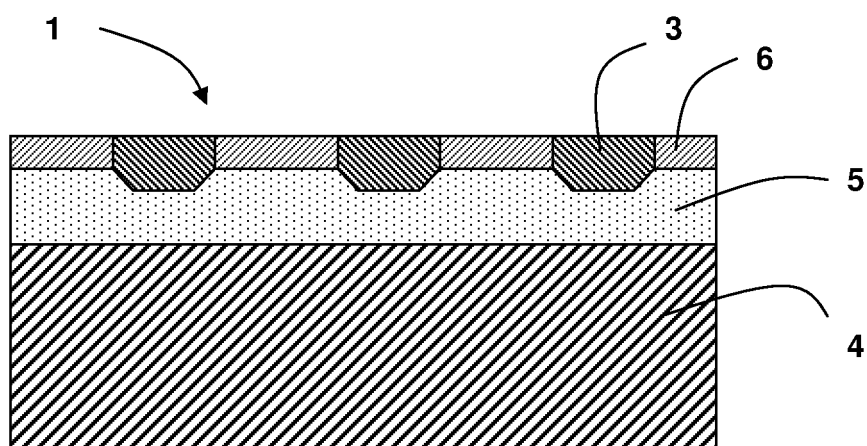


FIG 1
(Art antérieur)

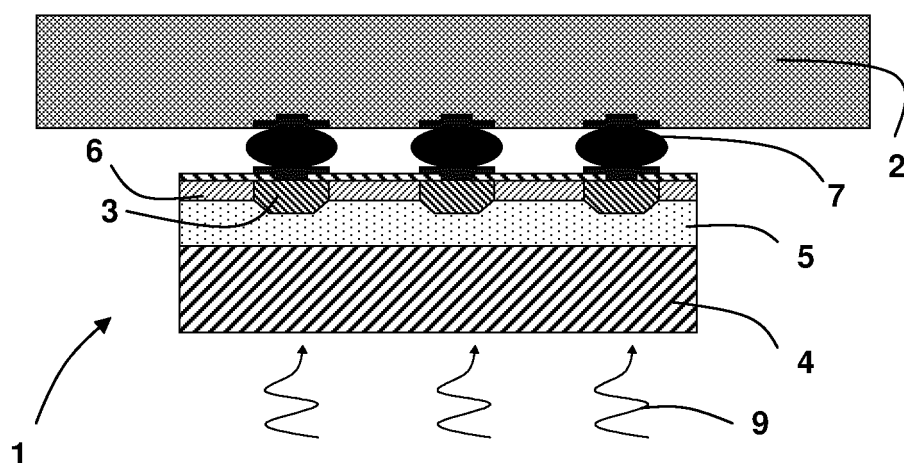


FIG 2
(Art antérieur)

2/6

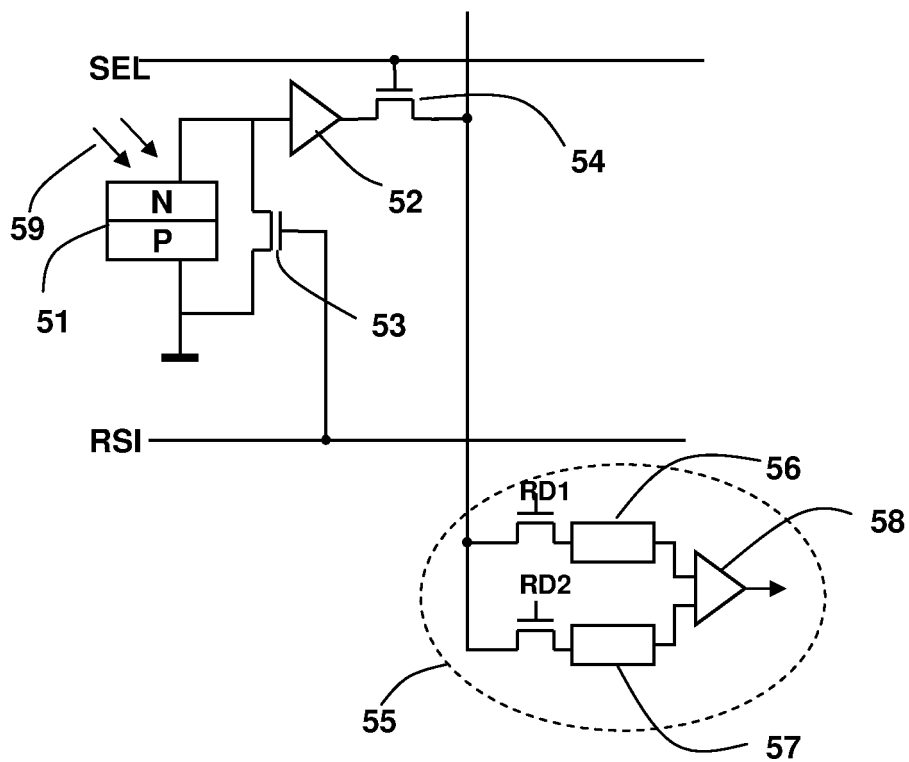
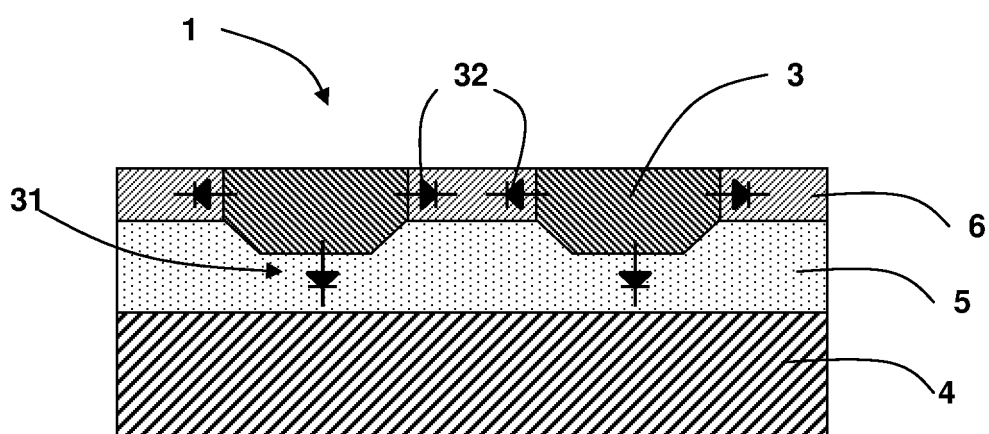


FIG 3

FIG 4
(Art antérieur)

3/6

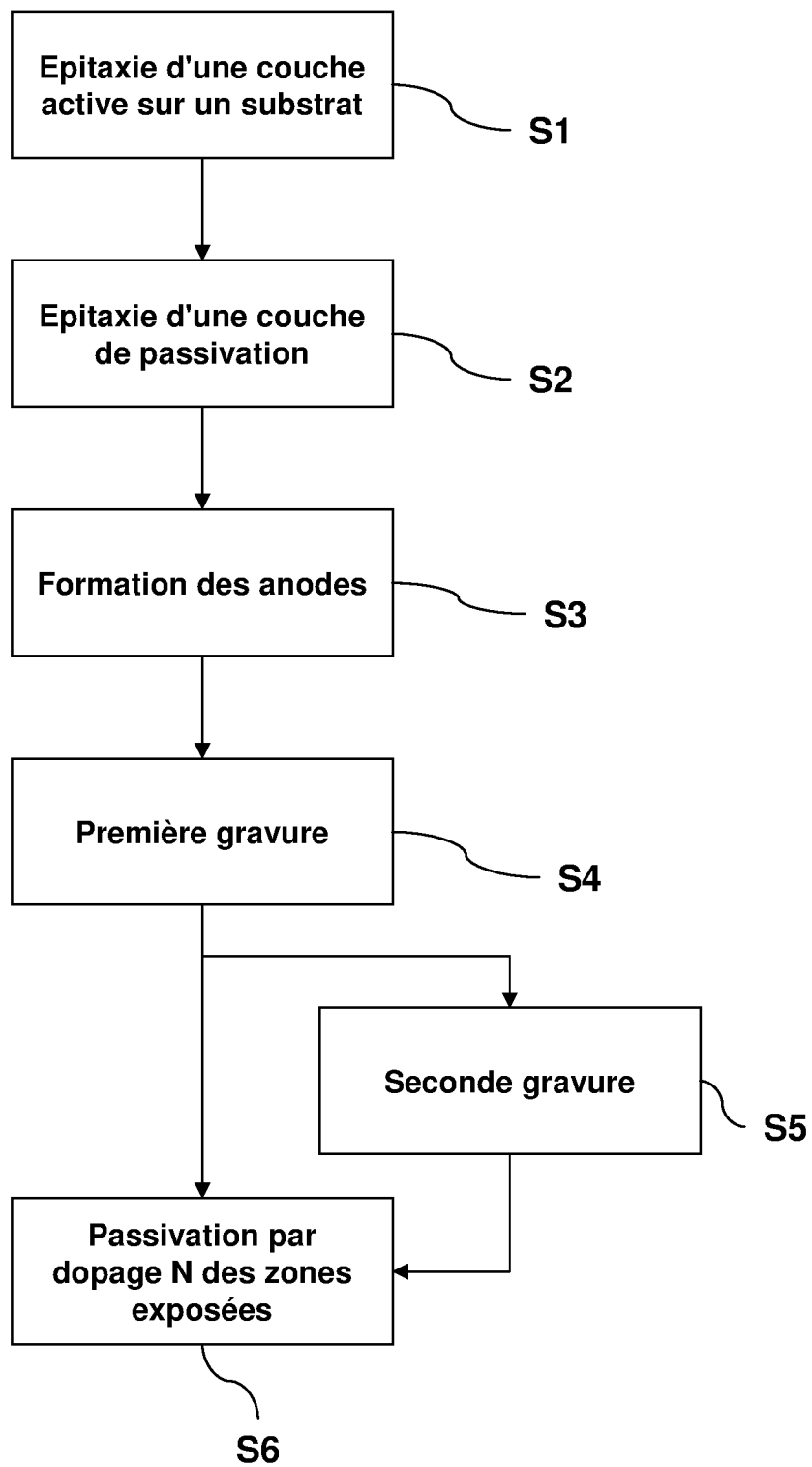


FIG 5

4/6

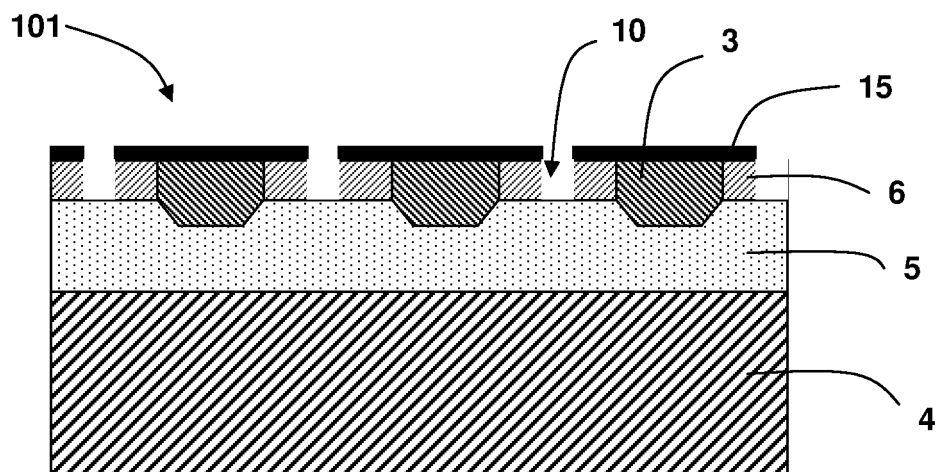


FIG 6

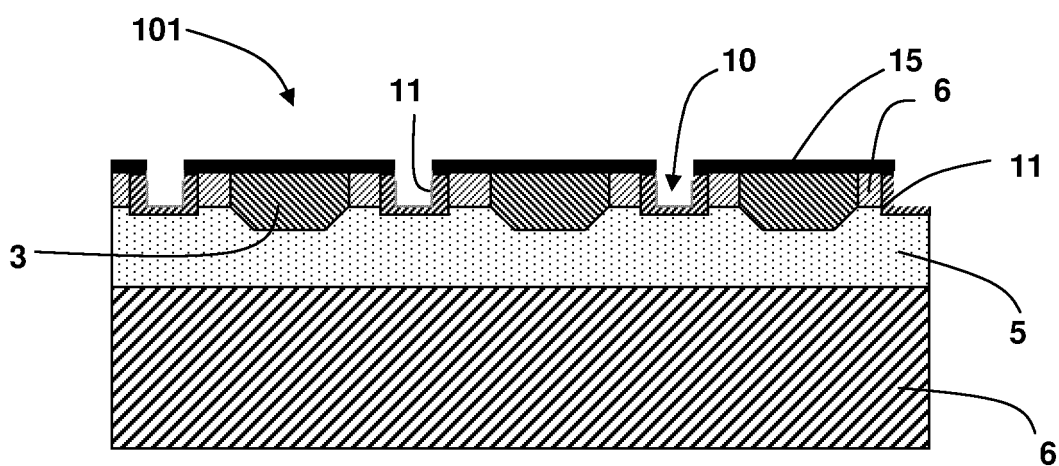


FIG 7

5/6

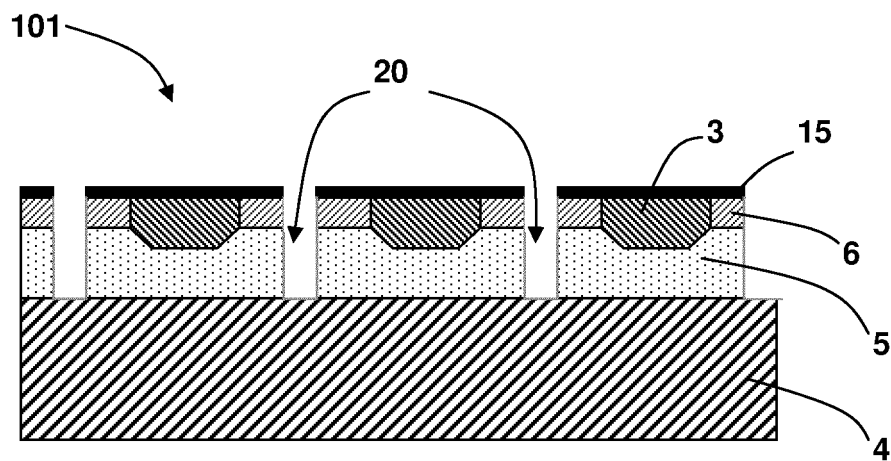


FIG 8

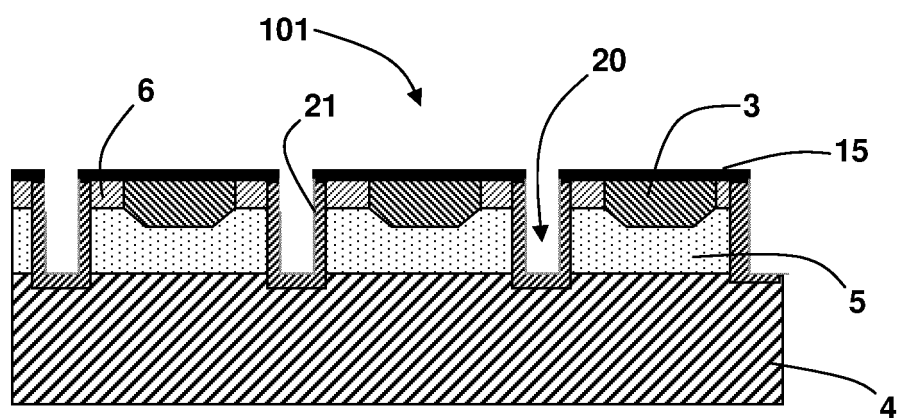


FIG 9

6/6

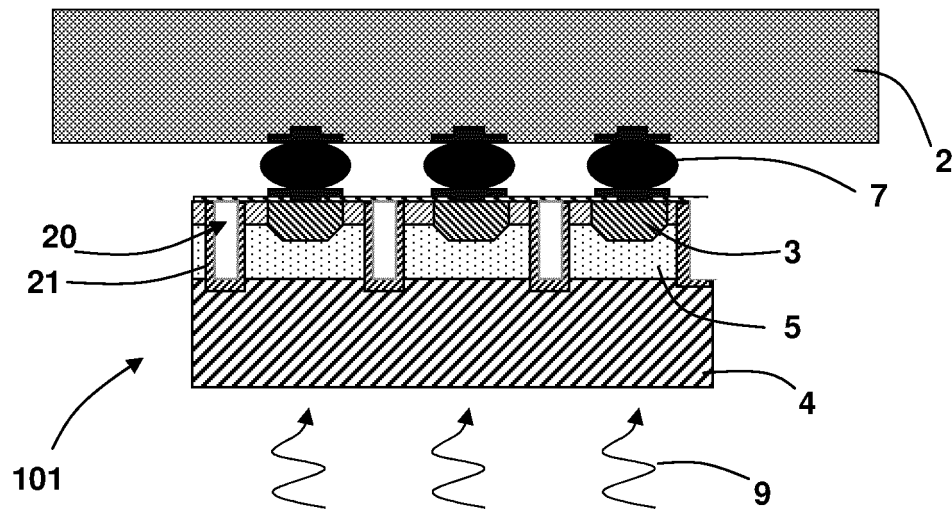


FIG 10



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 756993
FR 1156290

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|---|--|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| X | US 2005/040415 A1 (KISH FRED A [US] ET AL KISH JR FRED A [US] ET AL) 24 février 2005 (2005-02-24) | 1-4, 10-12 | H01L31/18 H01L27/146 H01L31/101 |
| Y | * figure 10 et le texte correspondant * | 13,14 | H01L31/0224 |
| A | ----- | 5-9 | |
| Y | FR 2 819 941 A1 (GET INT [FR]) 26 juillet 2002 (2002-07-26) * le document en entier * | 13,14 | |
| A | ----- US 2005/184308 A1 (DUTTA ACHYUT K [US] DUTTA ACHYUT KUMAR [US]) 25 août 2005 (2005-08-25) * figure 8 et le texte correspondante * | 1-14 | |
| | ----- | | |
| | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) |
| | | | H01L |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 30 avril 2012 | | Kusztelan, Leonard | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS | | T : théorie ou principe à la base de l'invention | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul | | E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure | |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un | | à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date | |
| autre document de la même catégorie | | de dépôt ou qu'à une date postérieure. | |
| A : arrière-plan technologique | | D : cité dans la demande | |
| O : divulgation non-écrite | | L : cité pour d'autres raisons | |
| P : document intercalaire | | | |
| | | & : membre de la même famille, document correspondant | |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1156290 FA 756993**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **30-04-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|---------------------------|
| US 2005040415 | A1 | 24-02-2005 | AUCUN |
| ----- | | | |
| FR 2819941 | A1 | 26-07-2002 | EP 1354360 A1 22-10-2003 |
| | | | FR 2819941 A1 26-07-2002 |
| | | | WO 02059974 A1 01-08-2002 |
| ----- | | | |
| US 2005184308 | A1 | 25-08-2005 | AUCUN |
| ----- | | | |