

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 28.12.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 05.07.24 Bulletin 24/27.

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 :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : ALEDIA Société par actions simplifiée
— FR.

72 Inventeur(s) : GUENARD Pascal.

73 Titulaire(s) : ALEDIA Société par actions simplifiée.

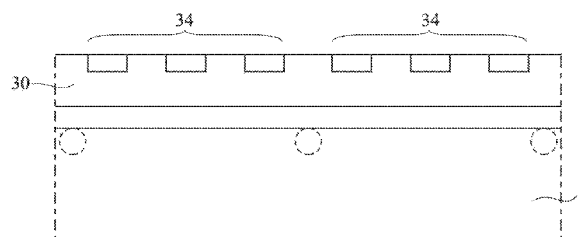
74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 PROCÉDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF ELECTRONIQUE.

57 PROCÉDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF
ELECTRONIQUE

La présente description concerne un procédé de fabrication d'un dispositif électronique (34), comprenant la fabrication d'une plaque (30) comprenant plusieurs exemplaires du dispositif électronique (34), la formation de zones fragilisées (24) dans un support (5) au moyen d'un laser, la fixation de la plaque (30) sur le support (5) après la formation des zones fragilisées (24), la gravure de la plaque dans le prolongement des zones fragilisées (24), et la rupture du support (5) au niveau de zones fragilisées (24) pour séparer les dispositifs électroniques (34).

Figure pour l'abrégi: Fig. 1D



Description

Titre de l'invention : *PROCEDE DE FABRICATION D'UN DISPOSITIF ELECTRONIQUE*

Domaine technique

- [0001] La présente description concerne de façon générale les procédés de fabrication de dispositifs électroniques, notamment de dispositifs optoélectroniques comprenant des diodes électroluminescentes.

Technique antérieure

- [0002] Un exemple d'un procédé de fabrication d'un dispositif électronique comprend la formation, sur un support, d'une plaque comprenant plusieurs exemplaires du dispositif électronique suivie de la séparation des dispositifs électroniques. La séparation des dispositifs électroniques peut être réalisée par découpe de la plaque et du support, notamment par sciage. Un inconvénient d'un tel procédé de séparation est que les lignes de découpe ont une largeur supérieure à 100 μm . Pour certaines applications, il est souhaitable que les lignes de découpe aient une largeur réduite, notamment pour réduire les pertes de matière.
- [0003] Un procédé de séparation de dispositifs électroniques permettant d'obtenir des lignes de découpe de largeur réduite comprend la fragilisation locale du support par un traitement laser permettant la rupture du support par une action mécanique pour séparer les dispositifs électroniques. Un inconvénient est que le traitement au laser peut endommager les composants des dispositifs électroniques proches des lignes de découpe. Cet inconvénient peut être particulièrement prononcé lorsque les dispositifs électroniques comprennent chacun une pluralité d'éléments tridimensionnels semiconducteurs de taille nanométrique ou micrométrique, séparés par un matériau isolant électriquement. En effet, la taille des éléments tridimensionnels semiconducteurs et la distance séparant les éléments tridimensionnels semiconducteurs étant réduites, la dissipation thermique de la chaleur apportée par le traitement au laser peut entraîner un endommagement des éléments tridimensionnels semiconducteurs proches des lignes de découpe.

Résumé de l'invention

- [0004] Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients des procédés de fabrication de dispositifs électroniques connus.
- [0005] Un objet d'un mode de réalisation est que la largeur des lignes de découpe, dans la plaque comprenant plusieurs exemplaires du dispositif électronique, soient inférieure à 100 μm .
- [0006] Un objet d'un mode de réalisation est que les composants des dispositifs élec-

troniques proches des lignes de découpe ne soient pas endommagés.

- [0007] Un mode de réalisation prévoit un procédé de fabrication d'un dispositif électronique, comprenant la fabrication d'une plaque comprenant plusieurs exemplaires du dispositif électronique, la formation de zones fragilisées dans un support au moyen d'un laser, la fixation de la plaque sur le support après la formation des zones fragilisées, la gravure de la plaque dans le prolongement des zones fragilisées, et la rupture du support au niveau de zones fragilisées pour séparer les dispositifs électroniques. Comme l'étape de traitement au laser du support pour former les zones fragilisées dans le support est réalisée avant l'étape de fixation du support à la plaque comprenant les dispositifs électroniques, ceci permet de façon avantageuse d'éviter que le traitement au laser ne détériore des composants électroniques des dispositifs électroniques de la plaque.
- [0008] Selon un mode de réalisation, la fixation de la plaque au support est réalisée par collage. Il peut s'agir d'un collage par une couche de colle, qui peut, de façon avantageuse, être mis en oeuvre de façon simple et à coût réduit. Il peut s'agir d'un collage moléculaire, qui permet, de façon avantageuse, d'éviter la présence d'une couche de colle entre le support et la plaque.
- [0009] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend, après la fixation de la plaque sur le support, et avant la rupture du support au niveau de zones fragilisées, une étape d'aminçissement du support. Ceci permet de façon avantageuse de faciliter la réalisation de la rupture du support au niveau de zones fragilisées.
- [0010] Selon un mode de réalisation, la gravure de la plaque dans le prolongement des zones fragilisées est une gravure sèche ou une gravure humide. Ceci permet de façon avantageuse de réaliser des tranchées d'épaisseur réduite dans la plaque.
- [0011] Selon un mode de réalisation, le support est transparent au laser au moins au niveau de zones fragilisées. Ceci permet, de façon avantageuse, la réalisation de zones fragilisées localisées.
- [0012] Selon un mode de réalisation, l'étape de la fixation de la plaque sur le support après la formation des zones fragilisées comprend une étape de positionnement de premières marques du support par rapport à des deuxièmes marques de la plaque, de sorte que chaque dispositif électronique à séparer est positionné entre deux zones fragilisées parmi les zones fragilisées.
- [0013] Selon un mode de réalisation, le support est au moins en partie en verre, en quartz, ou en saphir. Ceci permet, de façon avantageuse, l'utilisation de supports qui sont utilisés de façon habituelle dans les traitements au laser.
- [0014] Selon un mode de réalisation, le dispositif électronique comprend des diodes électroluminescentes. La formation des zones fragilisées n'entraîne pas, de façon avantageuse, une détérioration des diodes électroluminescentes voisines des lignes de découpe souhaitées. Selon un mode de réalisation, chaque diode électroluminescente comprend

un élément tridimensionnel semiconducteur de taille nanométrique ou micrométrique, correspondant à un microfil, un nanofil ou une structure de taille nanométrique ou micrométrique de forme pyramidale, et une couche active recouvrant l'élément tridimensionnel semiconducteur.

Brève description des dessins

- [0015] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :
- [0016] la [Fig.1A], la [Fig.1B], la [Fig.1C], la [Fig.1D], la [Fig.1E], la [Fig.1F], et la [Fig.1G] sont chacune une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue à une étape d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication d'un dispositif électronique ;
- [0017] la [Fig.2] est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un support ;
- [0018] la [Fig.3A], la [Fig.3B], la [Fig.3C], la [Fig.3D], la [Fig.3E], la [Fig.3F], la [Fig.3G], la [Fig.3H], la [Fig.3I], la [Fig.3J], la [Fig.3K], la [Fig.3L], la [Fig.3M], et la [Fig.3N] sont chacune une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue à une étape d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication d'un dispositif optoélectronique comprenant des diodes électroluminescentes ; et
- [0019] la [Fig.4], la [Fig.5], et la [Fig.6] sont chacune une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'une diode électroluminescente.

Description des modes de réalisation

- [0020] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.
- [0021] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés.
- [0022] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures ou à une sonde dans une position normale d'utilisation.
- [0023] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près. Dans le cas d'angle, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de

l'ordre de" signifient à 10 ° près, de préférence à 5 ° près. En outre, on considère ici que les termes "isolant" et "conducteur" signifient respectivement "isolant électriquement" et "conducteur électriquement".

- [0024] Par dispositifs optoélectroniques, on entend des dispositifs adaptés pour effectuer la conversion d'un signal électrique en un rayonnement électromagnétique ou inversement, et notamment des dispositifs dédiés à la détection, la mesure ou l'émission d'un rayonnement électromagnétique.
- [0025] La transmittance d'une couche correspond au rapport entre l'intensité du rayonnement sortant de la couche par une face de sortie et l'intensité du rayonnement entrant dans la couche par une face d'entrée opposée à la face de sortie. Dans la suite de la description, une couche ou un film est dit opaque à un rayonnement lorsque la transmittance du rayonnement au travers de la couche ou du film est inférieure à 10 %. Dans la suite de la description, une couche ou un film est dit transparent à un rayonnement lorsque la transmittance du rayonnement au travers de la couche ou du film est supérieure à 10 %.
- [0026] Selon la présente invention, l'étape de traitement au laser du support pour former des zones fragilisées dans le support est réalisée avant l'étape de fixation au support de la plaque comprenant plusieurs exemplaires du dispositif électronique. Ceci permet de façon avantageuse d'éviter que le traitement au laser ne détériore des composants électroniques des dispositifs électroniques de la plaque.
- [0027] La [Fig.1A], la [Fig.1B], la [Fig.1C], la [Fig.1D], la [Fig.1E], la [Fig.1F], et la [Fig.1G] sont chacune une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue à une étape d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication d'un dispositif électronique.
- [0028] La [Fig.1A] est une vue en coupe, partielle et schématique, illustrant une étape de fragilisation locale d'un support 5 par un système de traitement au laser 10.
- [0029] Le système de traitement 10 comprend une source laser 12 et un dispositif optique de focalisation 14 ayant un axe optique D. La source 12 est adaptée à fournir un faisceau laser incident 16 au dispositif optique de focalisation 14 qui fournit un faisceau laser 18 convergent. Le dispositif optique de focalisation 14 peut comprendre un composant optique, deux composants optiques ou plus de deux composants optiques, un composant optique correspondant par exemple à une lentille. De préférence, le faisceau laser incident 16 est sensiblement collimaté selon l'axe optique D du dispositif optique de focalisation 14.
- [0030] Le support 5 comprend deux faces 20, 22 opposées, le faisceau laser 18 pénétrant dans le support 5 par la face 20. Selon un mode de réalisation, les faces 20 et 22 sont parallèles. Selon un mode de réalisation, les faces 20 et 22 sont planes. Selon un mode de réalisation, l'épaisseur du support 5 est comprise entre 50 µm et 3 mm. Selon un mode de réalisation, le support 5 a une structure monocouche et est composé d'un seul

premier matériau, par exemple du verre, du quartz, du silicium, ou du saphir. Le support 5 est alors transparent au laser. Selon un autre mode de réalisation, le support 5 a une structure multicouche dont une couche supérieure est du premier matériau. Au moins la couche supérieure est alors transparente au laser.

- [0031] Le traitement au laser consiste à fragiliser des zones 24 du support 5, selon un procédé de découpe furtive au laser (en anglais laser stealth dicing), notamment mettant en oeuvre un laser à faible énergie, à titre d'exemple trois zones fragilisées 24 étant représentées en traits pointillés en [Fig.1A]. Selon un mode de réalisation, les zones fragilisées 24 s'étendent dans le support 5 depuis la face 20 du support 5, sur une épaisseur comprise entre 5 μm et 100 μm . Selon un mode de réalisation, chaque zone fragilisée 24 a une largeur comprise entre 0,5 μm et 5 μm . Chaque zone fragilisée 24 correspond à une fonte locale du support 5 sans retrait de matière.
- [0032] Selon un mode de réalisation, la longueur d'onde du faisceau laser 18 fourni par le système de traitement 10 est comprise entre 100 nm et 3000 nm en fonction du matériau à fragiliser. Selon un mode de réalisation, le faisceau laser 18 est émis par le système de traitement 10 sous la forme d'une impulsion, de deux impulsions ou plus de deux impulsions, chaque impulsion ayant une durée comprise entre 0,1 ps et 1000 ps. L'énergie du faisceau laser pour chaque impulsion est comprise entre 1 μJ et 100 μJ .
- [0033] La [Fig.1B] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après la fabrication d'une plaque 30 sur un substrat 32, la plaque 30 comprenant plusieurs exemplaires d'un dispositif électronique 34, deux exemplaires du dispositif électronique 34 étant représentés à titre d'exemple en [Fig.1B]. La plaque 30 comprend une face supérieure 36 et une face inférieure 38, opposée à la face supérieure 36. La face inférieure 38 est en contact avec le substrat 32. La face supérieure 38 est de préférence plane. Selon un mode de réalisation, l'épaisseur de la plaque 30 est comprise entre 1 μm et 100 μm . Le dispositif électronique 34 comprend des composants électroniques 40, 42, 44, trois composants électroniques 40, 42, 44 étant représentés à titre d'exemple pour chaque dispositif électronique 34 en [Fig.1B]. Selon un mode de réalisation, le dispositif électronique 34 est un dispositif optoélectronique. Les composants électroniques 40, 42, 44 peuvent alors comprendre des sources de lumière, notamment des diodes électroluminescentes.
- [0034] La [Fig.1C] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape de fixation de la structure représentée sur la [Fig.1B] à la face 20 du support 5 représenté sur la [Fig.1A]. La plaque 30 est fixée au support 5 du côté de la face 36. Selon un mode de réalisation, la fixation de la plaque 30 au support 5 est réalisée par collage par l'intermédiaire d'une couche de colle 50. Selon un autre mode de réalisation non illustré, la fixation de la plaque 30 au support 5 est réalisée par collage moléculaire. La face 36 de la plaque 30 est alors directement au contact

physique de la face 20 du support 5.

- [0035] Les zones fragilisées 24 sont situées dans le prolongement des lignes de séparation souhaitées entre les dispositifs électroniques 34. Les lignes de séparation correspondent aux parties de la plaque 30 à retirer pour obtenir la séparation des dispositifs électroniques 34. Les lignes de séparation souhaitées entre les dispositifs électroniques et les zones fragilisées 24 sont superposées, les lignes de séparation souhaitées recouvrant les zones fragilisées 24. Le positionnement correct de la plaque 30 par rapport au support 5 est obtenu en utilisant par exemple des marques sur la plaque 30 et des marques sur le support 5 (les marques étant non illustrées).
- [0036] La [Fig.1D] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape de retrait du substrat 32, par exemple par gravure sèche, notamment une gravure plasma, ou par une gravure humide, ou par polissage mécano-chimique, appelée également CMP (sigle anglais pour Chemical-Mechanical Polishing). Des étapes supplémentaires peuvent être alors prévues pour poursuivre la fabrication des dispositifs électroniques 34 de la plaque 30, notamment la formation de plots conducteurs.
- [0037] La [Fig.1E] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape de gravure de tranchées 52 dans la plaque 30 au niveau des lignes de séparation souhaitées des dispositifs électroniques 34. La gravure est par exemple par gravure sèche, notamment une gravure plasma. Les tranchées 52 peuvent se prolonger dans la couche de colle 50 jusqu'à atteindre la face 20 du support 5 au niveau des zones fragilisées 24. Selon un mode de réalisation, les tranchées 52 ne s'étendent pas dans le support 5. Les tranchées 52 peuvent être obtenues par gravure chimique. Selon un mode de réalisation, la largeur de chaque tranchée 52 est comprise entre 1 μm et 20 μm .
- [0038] La [Fig.1F] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape d'amincissement du support 5 depuis la face 22. Selon la nature du matériau ou des matériaux composant le support 5, l'étape d'amincissement peut être réalisée par meulage et/ou par CMP. L'étape de CMP peut comprendre, simultanément ou successivement, des étapes de polissage mécanique et des étapes de gravure chimique. A la fin de l'étape d'amincissement, l'épaisseur du support 5 est comprise entre 50 μm et 200 μm . Selon un mode de réalisation, l'épaisseur de la plaque 10 est inférieure, notamment d'au moins un facteur 2, à l'épaisseur du support 5 après amincissement.
- [0039] La [Fig.1G] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape de rupture mécanique du support 5 au niveau des zones fragilisées 24. Des dispositifs électroniques 34 séparés sont ainsi obtenus. Selon un mode de réalisation non illustré, l'étape de rupture comprend la fixation d'un film adhésif étirable

mécaniquement au support 5, du côté du support 5 opposé aux dispositifs électroniques 34, l'extension du film adhésif dans le plan du film adhésif, les dispositifs électroniques 34 étant alors séparés mais toujours fixés au film adhésif, et le détachement des dispositifs électroniques du film adhésif.

- [0040] Le procédé peut comprendre des étapes ultérieures, notamment une étape de retrait des portions du support 5 et de la couche de colle 50 présente sous chaque dispositif électronique 34. Dans le cas où le support 5 est conservé pour l'utilisation future du dispositif électronique 34, le support 5 peut, de façon avantageuse, être transparent au rayonnement lumineux émis par le dispositif électronique 34.
- [0041] Le mode de réalisation du procédé de fabrication permet de façon avantageuse que le traitement au laser du support 5 pour former les zones fragilisées 24 ne détériorent pas les composants électroniques 40, 42, 44 de la plaque 30 puisque le traitement au laser du support 5 est réalisé avant la fixation de la plaque 30 au support 5.
- [0042] La [Fig.2] est une vue en coupe d'un mode de réalisation du support 5. Selon un mode de réalisation, le support 5 a une structure multicouche et comprend une couche 56 du premier matériau recouvrant un substrat 58 en un deuxième matériau différent du premier matériau. Les zones fragilisées 24 sont formées dans la couche 56. Le substrat 58 peut être transparent au laser. Selon un mode de réalisation, le deuxième matériau est un matériau semiconducteur. Le matériau semiconducteur peut être du silicium, du germanium ou un mélange d'au moins deux de ces composés. De préférence, le substrat 58 est en silicium, plus préférentiellement en silicium monocristallin. A titre de variante, le substrat 58 peut être, au moins en partie, d'un matériau non semiconducteur, par exemple un matériau isolant électriquement ou un matériau conducteur électriquement. L'épaisseur de la couche 56 est comprise entre 50 μm et 200 μm . De façon avantageuse, le deuxième matériau composant le substrat 58 est choisi pour faciliter l'étape d'amincissement décrite précédemment en relation avec la [Fig.1F]. En particulier, la détermination de la fin de l'étape d'amincissement est facilitée puisqu'elle correspond au retrait complet du substrat 58.
- [0043] Un mode de réalisation plus détaillé va maintenant être décrit dans le cas où le dispositif électronique 34 est un dispositif optoélectronique et les composants électroniques 40, 42, 44 comprennent des diodes électroluminescentes comportant des éléments tridimensionnels semiconducteurs de taille nanométrique ou micrométrique, notamment des microfils ou nanofils ou des structures de forme pyramidale recouvertes des couches actives. En effet, pour de tels dispositifs optoélectroniques 34, la réalisation de la séparation des dispositifs électroniques 34 en utilisant la formation de zones fragilisées dans un support par un traitement au laser alors que la plaque contenant les dispositifs électroniques 34 est fixée au support entraîne une détérioration importante des diodes électroluminescentes voisines des lignes de découpe

souhaitées.

- [0044] Le terme "microfil" ou "nanofil" désigne une structure tridimensionnelle de forme allongée selon une direction privilégiée dont au moins deux dimensions, appelées dimensions mineures, sont comprises entre 5 nm et 5 μm , de préférence entre 100 nm et 2 μm , plus préférentiellement entre 200 nm et 1,5 μm , la troisième dimension, appelée dimension majeure ou hauteur, étant supérieure ou égale à 1 fois, de préférence supérieure ou égale à 3 fois et encore plus préférentiellement supérieure ou égale à 5 fois, la plus grande des dimensions mineures. Dans certains modes de réalisation, la hauteur de chaque microfil ou nanofil peut être supérieure ou égale à 500 nm, de préférence comprise entre 1 μm et 50 μm . Dans la suite de la description, on utilise le terme "fil" pour signifier "microfil ou nanofil".
- [0045] La section droite des fils peut avoir différentes formes, par exemple, une forme ovale, circulaire ou polygonale, notamment triangulaire, rectangulaire, carrée ou hexagonale. On comprendra que le terme "diamètre moyen" utilisé en relation avec une section droite d'un fil désigne une quantité associée avec l'aire du fil dans cette section droite, correspondant, par exemple, au diamètre du disque ayant la même aire que la section droite du fil.
- [0046] Dans la suite de la description, le terme pyramide désigne une structure tridimensionnelle dont une partie est de forme pyramidale ou conique allongée. Cette structure pyramidale peut être tronquée, c'est-à-dire que le haut du cône est absent, laissant place à un plateau. La base de la pyramide est inscrite dans un carré dont la dimension des côtés est de 100 nm à 10 μm , préférentiellement entre 0,2 μm et 2 μm . Le polygone formant la base de la pyramide peut être un hexagone. La hauteur de la pyramide entre la base de la pyramide et le sommet ou le plateau sommital varie de 100 nm à 20 μm , préférentiellement entre 200 nm et 2 μm .
- [0047] Dans la suite de la description, des modes de réalisation vont être décrits dans le cas d'un dispositif optoélectronique à diodes électroluminescentes comprenant des microfils ou nanofils. Toutefois, il est clair que ces modes de réalisation peuvent concerner un dispositif optoélectronique à diodes électroluminescentes comprenant des pyramides de taille micrométrique ou nanométrique.
- [0048] Les fils comprennent en majorité, de préférence à plus de 60 % en masse, plus préférentiellement à plus de 80 % en masse, au moins un matériau semiconducteur. Le matériau semiconducteur peut être du silicium, du germanium, du carbure de silicium, un composé III-V, un composé II-VI ou une combinaison d'au moins deux de ces composés.
- [0049] Des exemples d'éléments du groupe III comprennent le gallium (Ga), l'indium (In) ou l'aluminium (Al). Des exemples de composés III-N sont GaN, AlN, InN, InGaN, AlGaN ou AlInGaN. D'autres éléments du groupe V peuvent également être utilisés,

par exemple, le phosphore ou l'arsenic. De façon générale, les éléments dans le composé III-V peuvent être combinés avec différentes fractions molaires. Des exemples d'éléments du groupe II comprennent des éléments du groupe IIA, notamment le béryllium (Be) et le magnésium (Mg) et des éléments du groupe IIB, notamment le zinc (Zn), le cadmium (Cd) et le mercure (Hg). Des exemples d'éléments du groupe VI comprennent des éléments du groupe VIA, notamment l'oxygène (O) et le tellure (Te). Des exemples de composés II-VI sont ZnO, ZnMgO, CdZnO, CdZnMgO, CdHgTe, CdTe ou HgTe. De façon générale, les éléments dans le composé II-VI peuvent être combinés avec différentes fractions molaires. Le matériau semi-conducteur des fils peut comporter un dopant, par exemple du silicium assurant un dopage de type N d'un composé III-N, ou du magnésium assurant un dopage de type P d'un composé III-N.

[0050] La [Fig.3A], la [Fig.3B], la [Fig.3C], la [Fig.3D], la [Fig.3E], la [Fig.3F], la [Fig.3G], la [Fig.3H], la [Fig.3I], la [Fig.3J], la [Fig.3K], la [Fig.3L], la [Fig.3M], et la [Fig.3N] sont chacune une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue à une étape d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif optoélectronique 34.

[0051] La [Fig.3A], la [Fig.3B], la [Fig.3C], la [Fig.3D], la [Fig.3E], et la [Fig.3F] illustrent la fabrication de la plaque 30 sur le substrat 32 dans le cas où la plaque 30 comprend plusieurs exemplaires du dispositif optoélectronique 34 à nanofils ou microfils.

[0052] La [Fig.3A] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après les étapes suivantes :

- formation, sur un substrat 60 comprenant des faces opposées 62 et 64, la face 62 étant de préférence plane au moins au niveau des diodes électroluminescentes, d'une couche de germination 66 en un matériau favorisant la croissance de fils et disposée sur la face 62 ;
- formation d'un empilement de deux couches isolantes 68 et 70 recouvrant la couche de germination 66 et comprenant des ouvertures 72 exposant des portions de la couche de germination 66 ; et
- croissance, pour chaque ouverture 72, d'une diode électroluminescente LED en contact avec la couche de germination 66 au travers de l'ouverture 72, six diodes électroluminescentes LED d'un seul dispositif optoélectronique 34 étant représentées à titre d'exemple en [Fig.3A], les diodes électroluminescentes LED étant agencées en ensembles de diodes électroluminescentes LED.

[0053] La figure 3B est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après les étapes suivantes :

- formation d'une couche isolante 74 s'étendant sur les flancs latéraux d'une portion inférieure de chaque diode électroluminescente LED et s'étendant sur la couche

isolante 70 entre les diodes électroluminescentes LED ;

- formation d'une couche 76 formant une électrode recouvrant chaque diode électroluminescente LED et s'étendant en outre sur la couche isolante 74 entre les diodes électroluminescentes LED ;

- formation d'une couche diélectrique de protection 78 s'étendant sur la couche 76 ; et

- formation d'une couche 80 de planarisation s'étendant sur la couche 78 et ayant une face libre 81 plane.

[0054] La figure 3C est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après les étapes suivantes :

- fixation d'une poignée 82 à la face 81 ; et

- retrait du substrat 60, et de la couche de germination 66, par tout moyen connu.

[0055] La [Fig.3D] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après la formation, sur la couche isolante 68, d'une structure d'interconnexion 83 comprenant un empilement 84 de couches isolantes et des pistes conductrices 86 de différents niveaux de métallisation, des pistes conductrices 86 de deux niveaux de métallisation étant représentées à titre d'exemple en [Fig.3D], et des vias conducteurs 88 s'étendant au travers de l'empilement 84 de couches isolantes, de la couche isolante 68, et de la couche isolante 74, et connectant la couche d'électrode 76 aux pistes conductrices 86, la structure d'interconnexion 83 présentant une face libre 90 de préférence plane.

[0056] La [Fig.3E] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape de fixation du substrat 32 à la face 90, par exemple par collage moléculaire.

[0057] La [Fig.3F] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue les étapes suivantes :

- retrait de la poignée 82 par tout moyen connu ;

- gravure de la couche isolante 80 au niveau de certains ensembles de diodes électroluminescentes LED pour exposer ces ensembles de diodes électroluminescentes, et entre les ensembles de diodes électroluminescentes LED, la couche isolante 80 étant conservée pour les autres ensembles de diodes électroluminescentes LED ;

- formation de blocs photoluminescents 94, 96 recouvrant les ensembles de diodes électroluminescentes exposées LED, deux blocs photoluminescents 94, 96 étant représentés à titre d'exemple en [Fig.3F] ;

- formation de murs 98 réfléchissants entre les blocs 94, 96 ;

- formation d'une couche d'encapsulation 100 recouvrant chaque bloc 94, 96, et la couche diélectrique de protection 78 entre les blocs 94, 96, la couche d'encapsulation 100 comprenant les parties non gravées de la couche isolante 80 ; et

- formation, dans la couche d'encapsulation 100, d'au moins un filtre de couleur 102,

par exemple un seul filtre jaune, recouvrant au moins certains des blocs photoluminescents 94, 96, un seul filtre 102 recouvrant les deux blocs photoluminescents 94, 96 étant représentés à titre d'exemple en [Fig.3F].

[0058] La structure reposant sur le substrat 32 forme la plaque 30 décrite précédemment et la face libre 36 de la couche d'encapsulation 100 correspond à la face 36 décrite précédemment.

[0059] La [Fig.3G] est une vue en coupe, partielle et schématique, illustrant l'étape décrite précédemment en relation avec la [Fig.1C] comprenant la fixation par collage de la face 36 au support 5 par une couche de colle 50. En [Fig.3G], le support 5 est représenté ici avec deux zones fragilisées 24 et comprenant une couche opaque 104 du côté opposé à la plaque 30. La couche opaque 104 peut ne pas être présente. La couche opaque 104 permet de rendre le substrat 5 non transparent, ce qui peut faciliter la détection et la manipulation de la structure par des machines.

[0060] La [Fig.3H] est une vue en coupe, partielle et schématique, illustrant l'étape décrite précédemment en relation avec la [Fig.1D] comprenant le retrait du substrat 32.

[0061] La [Fig.3I] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape de formation d'ouvertures 106 dans l'empilement 84 de couches isolantes pour exposer des pistes conductrices 86.

[0062] La [Fig.3J] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape de retrait de la couche opaque 104. A titre de variante, la couche opaque 104 peut être retirée à une étape ultérieure du procédé de fabrication, notamment après les étapes décrites par la suite en relation avec la [Fig.3L].

[0063] La [Fig.3K] est une vue en coupe, partielle et schématique, de la structure obtenue après une étape de formation de plots conducteurs 108 au contact des pistes conductrices 86 exposées au travers des ouvertures 106, un seul plot conducteur 108 étant représenté à titre d'exemple en [Fig.3K]. Chaque plot conducteur 108 peut avoir une structure monocouche ou multicouche.

[0064] La [Fig.3L] est une vue en coupe, partielle et schématique, illustrant l'étape décrite précédemment en relation avec la [Fig.1E] comprenant la gravure de tranchées 52 dans la plaque 30 au niveau des lignes de séparation souhaitées des dispositifs électroniques 34.

[0065] La [Fig.3M] est une vue en coupe, partielle et schématique, illustrant l'étape décrite précédemment en relation avec la [Fig.1F] comprenant l'amincissement du support 5.

[0066] La [Fig.3N] est une vue en coupe, partielle et schématique, illustrant l'étape décrite précédemment en relation avec la [Fig.1G] comprenant la rupture du support 5 au niveau des zones fragilisées 24 pour séparer les dispositifs optoélectroniques 34.

[0067] La [Fig.4] représente un mode de réalisation des diodes électroluminescentes LED. Selon un mode de réalisation, chaque diode électroluminescente LED comprend un fil

110 en contact avec la couche de germination 66 au travers de l'une des ouvertures 72 et une coque 112 comprenant un empilement de couches semiconductrices recouvrant les parois latérales et le sommet du fil 110. Une telle configuration est dite radiale. L'ensemble formé par chaque fil 110 et la coque 112 associée constitue la diode électroluminescente LED. En [Fig.4], on a en outre représenté une couche réfléchissante 114, par exemple métallique, recouvrant la couche d'électrode 76 entre les fils 110 et en contact physique direct avec la couche d'électrode 76.

- [0068] La coque 112 peut comprendre un empilement de plusieurs couches comprenant notamment une couche active 116 et une couche de liaison 118. La couche active 116 est la couche depuis laquelle est émise la majorité, de préférence la totalité, du rayonnement fourni par la diode électroluminescente LED. Selon un exemple, la couche active 116 peut comporter des moyens de confinement, tels qu'un puits quantique unique ou des puits quantiques multiples. La couche de liaison 118 peut comprendre un empilement de couches semiconductrices du même matériau III-V que le fil 110 mais du type de conductivité opposé au fil 110.
- [0069] La [Fig.5] représente un mode de réalisation des diodes électroluminescentes LED. La diode électroluminescente LED représentée en [Fig.5] comprend l'ensemble des éléments de la diode électroluminescente LED représentée en [Fig.4] à la différence que la coque 112 n'est présente qu'au sommet du fil 110. Une telle configuration est dite axiale.
- [0070] La formation des diodes électroluminescentes LED, c'est-à-dire la croissance des fils 110 dans les ouvertures 72, et la formation des coques 112 recouvrant les fils 110 peut être réalisée par exemple par dépôt chimique en phase vapeur organométallique (MOCVD, acronyme anglais pour Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) ou tout autre procédé adapté.
- [0071] La [Fig.6] représente un mode de réalisation des diodes électroluminescentes LED. La diode électroluminescente LED représentée en [Fig.6] a une structure bidimensionnelle dans la mesure où elle est fabriquée par la formation d'un empilement de couches semiconductrices sensiblement planes sur le substrat 60 suivie de la délimitation de la diode électroluminescente, par exemple par gravure de tranchées dans l'empilement de couches semiconductrices. La diode électroluminescente représentée en [Fig.6] comprend une couche semiconductrice 120 dopée d'un premier type de conductivité, recouverte d'une couche active 122, elle-même recouverte d'une couche semiconductrice 124 dopée d'un deuxième type de conductivité.
- [0072] Le substrat 60 peut correspondre à une structure monobloc ou correspondre à une couche recouvrant un support constitué d'un autre matériau. Le substrat 60 est de préférence un substrat semiconducteur, par exemple un substrat en silicium, en germanium, en carbure de silicium, en un composé III-V, tel que du GaN ou du GaAs,

ou un substrat en ZnO. De préférence, le substrat 60 est un substrat de silicium monocristallin. Le substrat 60 peut correspondre à une structure multicouches de type silicium sur isolant, également appelée SOI (acronyme anglais pour Silicon On Insulator).

- [0073] La couche de germination 66 est en un matériau favorisant la croissance des fils. A titre d'exemple, le matériau composant la couche de germination 66 peut être un nitrure, un carbure ou un borure d'un métal de transition de la colonne IV, V ou VI du tableau périodique des éléments ou une combinaison de ces composés
- [0074] Selon un autre mode de réalisation, la couche de germination 66 peut ne pas être présente. Selon un autre mode de réalisation, la couche de germination 66 peut être remplacée par des plots de germination, par exemple formés au fond des ouvertures 72.
- [0075] Chaque couche isolante 68, 70, 74, 78, 80, et la couche d'encapsulation 100 peut être en un matériau diélectrique, par exemple en oxyde de silicium (SiO_2), en nitrure de silicium (Si_xN_y , où x est environ égal à 3 et y est environ égal à 4, par exemple du Si_3N_4), en oxynitrure de silicium (notamment de formule générale SiO_xN_y , par exemple du Si_2ON_2), en oxyde d'aluminium (Al_2O_3), en oxyde d'hafnium (HfO_2), en dioxyde de titane (TiO_2) ou en diamant. Chaque couche isolante 68, 70, 74, 78, 80 peut avoir une structure monocouche ou correspondre à un empilement de deux couches ou de plus de deux couches.
- [0076] La couche d'électrode 76 est adaptée à laisser passer le rayonnement électromagnétique émis par les diodes électroluminescentes. Le matériau formant la couche d'électrode 76 peut être un matériau transparent et conducteur tel que de l'oxyde d'indium-étain (ou ITO, acronyme anglais pour Indium Tin Oxide), de l'oxyde de zinc dopé à l'aluminium ou au gallium, ou du graphène. L'épaisseur de la couche d'électrode 76 peut être comprise entre 0,01 μm et 10 μm .
- [0077] Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 94, 96 est situé en vis-à-vis de l'une des diodes électroluminescentes ou d'un ensemble de diodes électroluminescentes. Chaque bloc photoluminescent 94, 96 comprend des luminophores adaptés, lorsqu'ils sont excités par la lumière émise par la diode électroluminescente LED associée, à émettre de la lumière à une longueur d'onde différente de la longueur d'onde de la lumière émise par la diode électroluminescente LED associée.
- [0078] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier.
- [0079] Enfin, la mise en œuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'un dispositif électronique (34), comprenant la fabrication d'une plaque (30) comprenant plusieurs exemplaires du dispositif électronique (34), la formation de zones fragilisées (24) dans un support (5) au moyen d'un laser, la fixation de la plaque (30) sur le support (5) après la formation des zones fragilisées (24), la gravure de la plaque dans le prolongement des zones fragilisées (24), et la rupture du support (5) au niveau de zones fragilisées (24) pour séparer les dispositifs électroniques (34).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel la fixation de la plaque (30) au support (5) est réalisée par collage.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 2, dans lequel la fixation de la plaque (30) au support (5) est réalisée par collage par une couche de colle (50).
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 2, dans lequel la fixation de la plaque (30) au support (5) est réalisée par collage moléculaire.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, comprenant, après la fixation de la plaque (30) sur le support (5), et avant la rupture du support (5) au niveau de zones fragilisées (24), une étape d'amincissement du support (5).
- [Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la gravure de la plaque (30) dans le prolongement des zones fragilisées (24) est une gravure sèche ou une gravure humide.
- [Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape de la fixation de la plaque (30) sur le support (5) après la formation des zones fragilisées (24) comprend une étape de positionnement de premières marques du support (5) par rapport à des deuxièmes marques de la plaque (30), de sorte que chaque dispositif électronique (34) à séparer est positionné entre deux zones fragilisées (24) parmi les zones fragilisées (24).
- [Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le support (5) est transparent au laser au moins au niveau de zones fragilisées (24).
- [Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le support (5) est au moins en partie en verre, en quartz, ou en saphir.
- [Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel le dispositif électronique (34) comprend des diodes électroluminescentes (LED).

- [Revendication 11] Procédé selon la revendication 10, dans lequel chaque diode électroluminescente (LED) comprend un élément tridimensionnel semi-conducteur (110) de taille nanométrique ou micrométrique, correspondant à un microfil, un nanofil ou une structure de taille nanométrique ou micrométrique de forme pyramidale, et une couche active (112) recouvrant l'élément tridimensionnel semiconducteur (110).

[Fig. 1A]

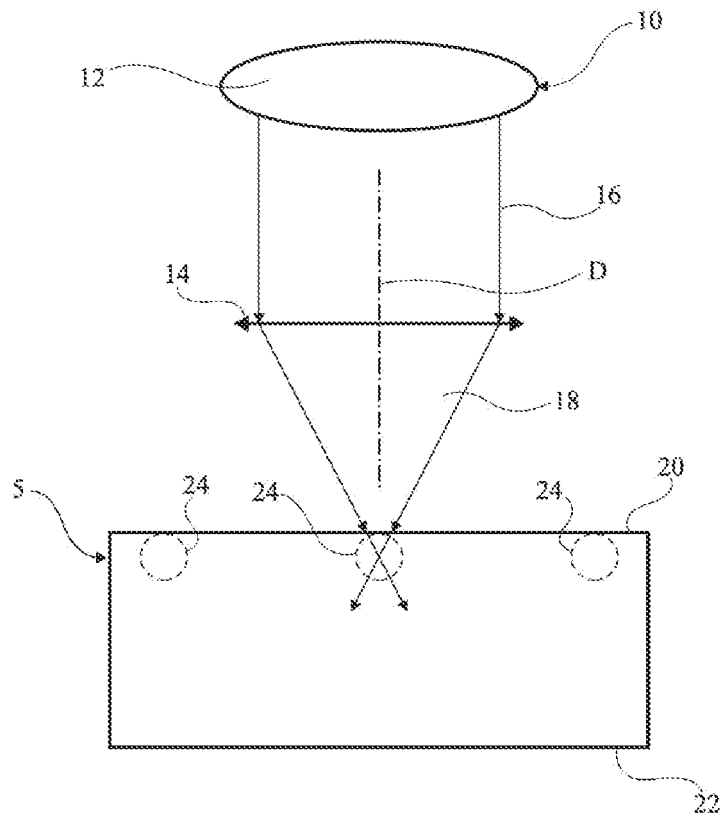


Fig 1A

[Fig. 1B]

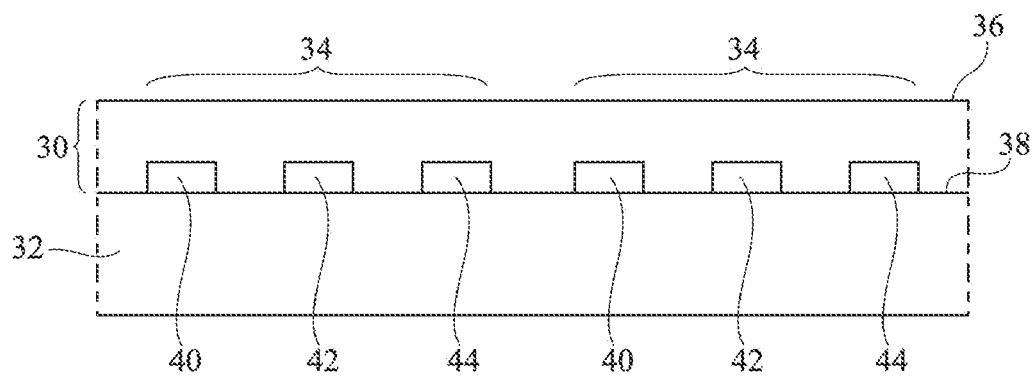


Fig 1B

[Fig. 1C]

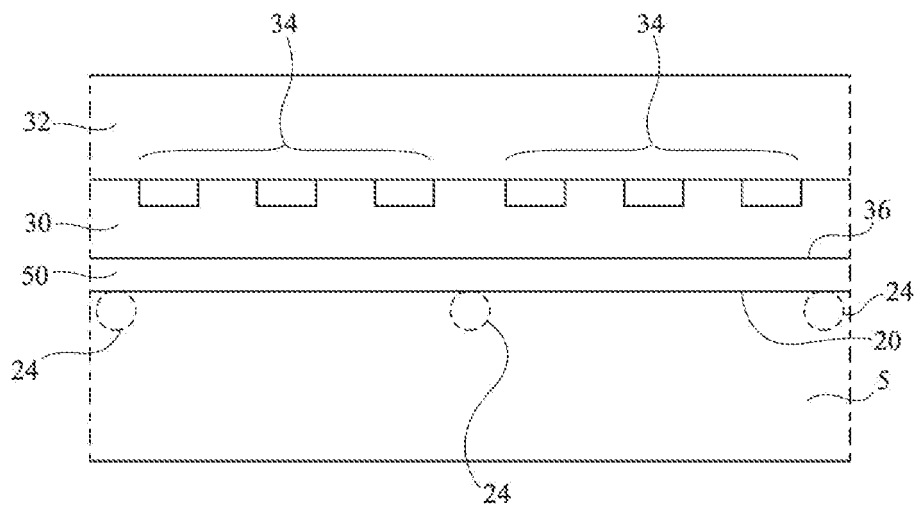


Fig 1C

[Fig. 1D]

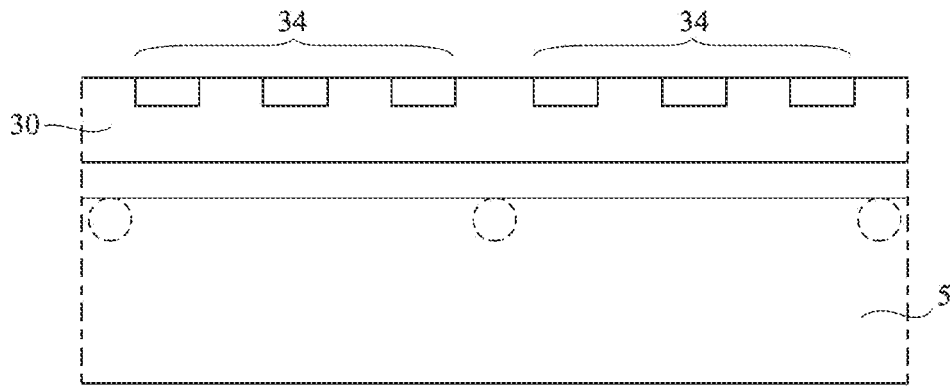


Fig 1D

[Fig. 1E]

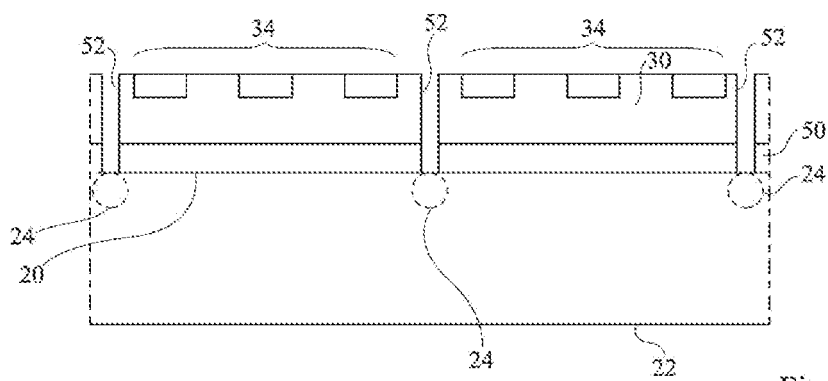


Fig 1E

[Fig. 1F]

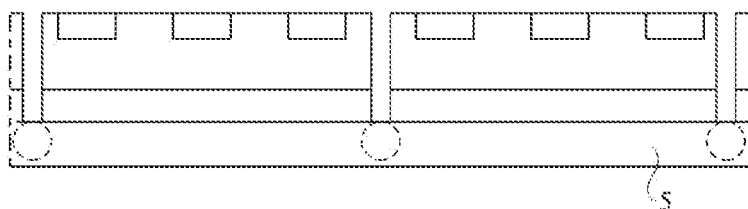
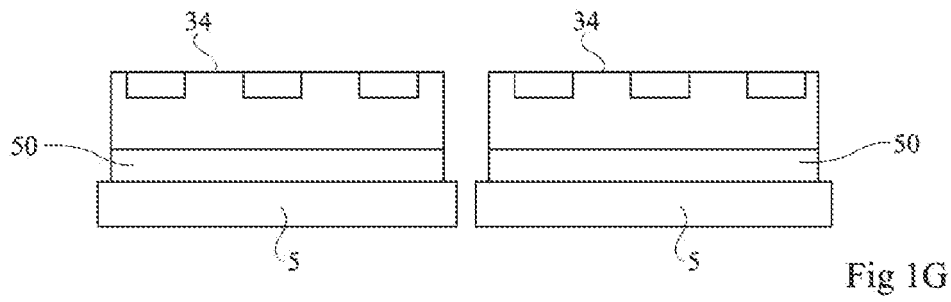
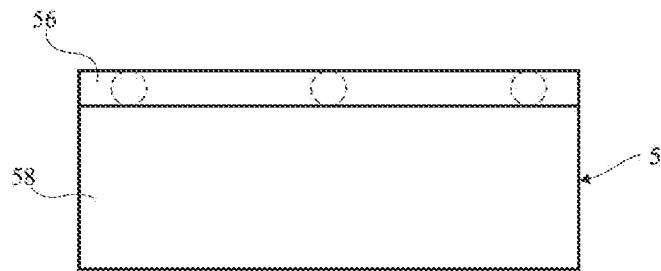


Fig 1F

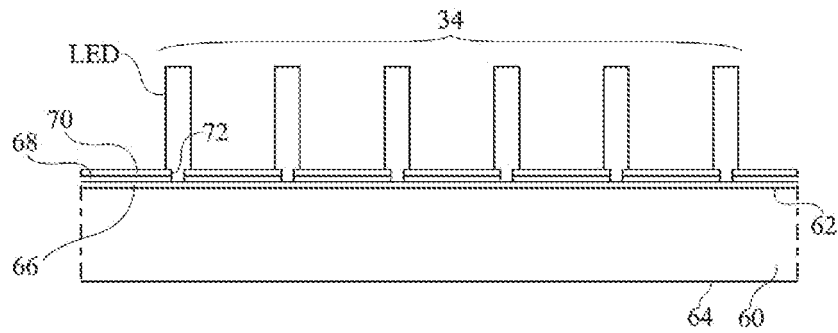
[Fig. 1G]



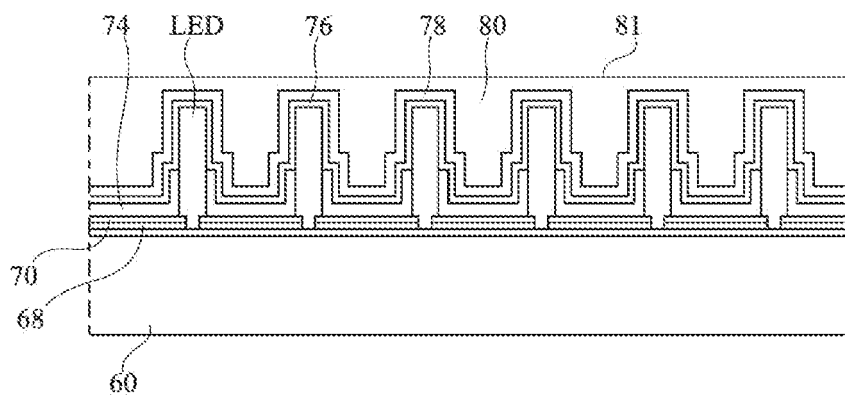
[Fig. 2]



[Fig. 3A]



[Fig. 3B]



[Fig. 3C]

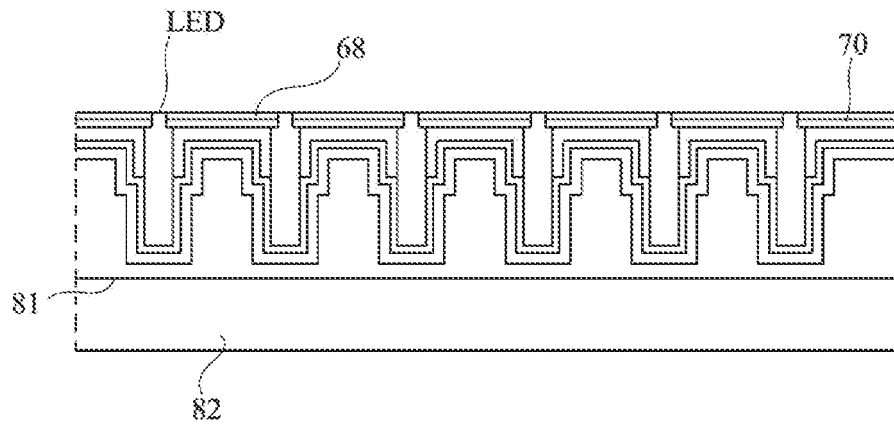


Fig 3C

[Fig. 3D]

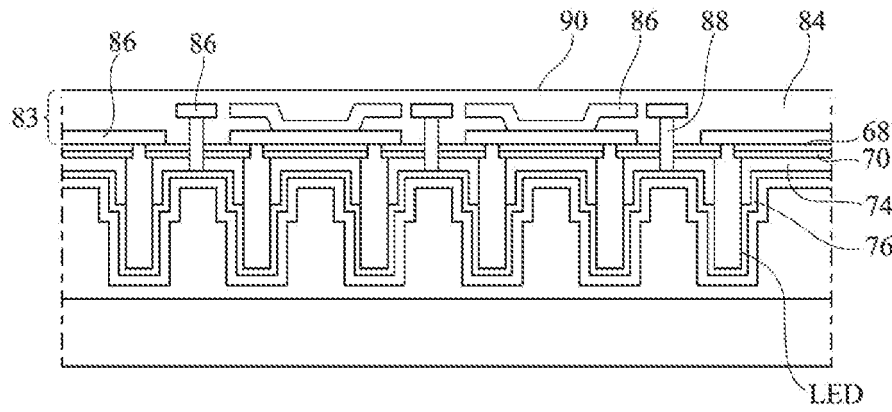


Fig 3D

[Fig. 3E]

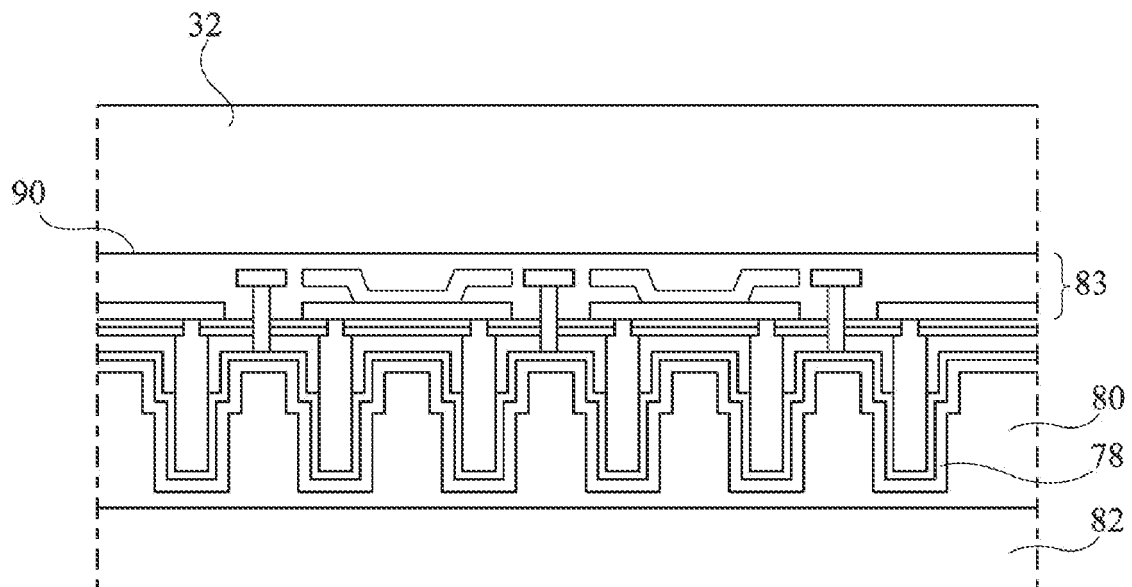


Fig 3E

[Fig. 3F]

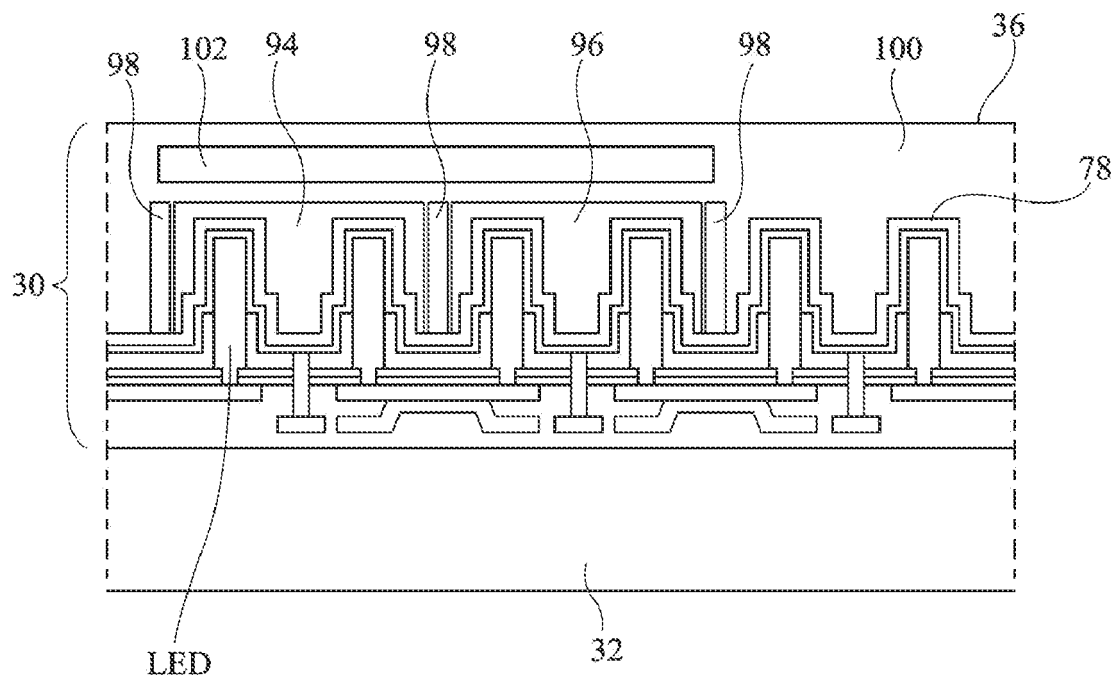


Fig 3F

[Fig. 3G]

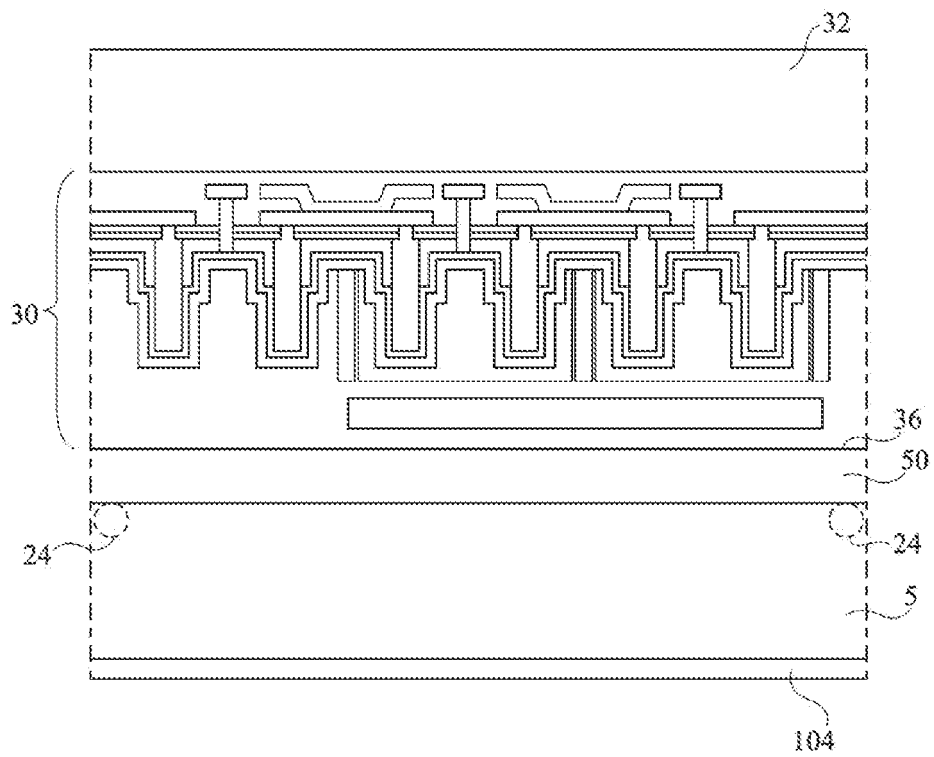


Fig 3G

[Fig. 3H]

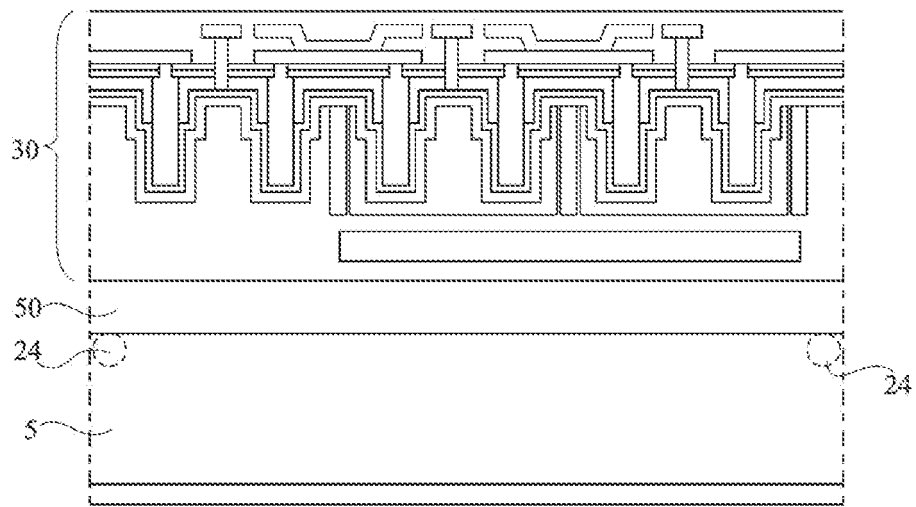


Fig 3H

[Fig. 3I]

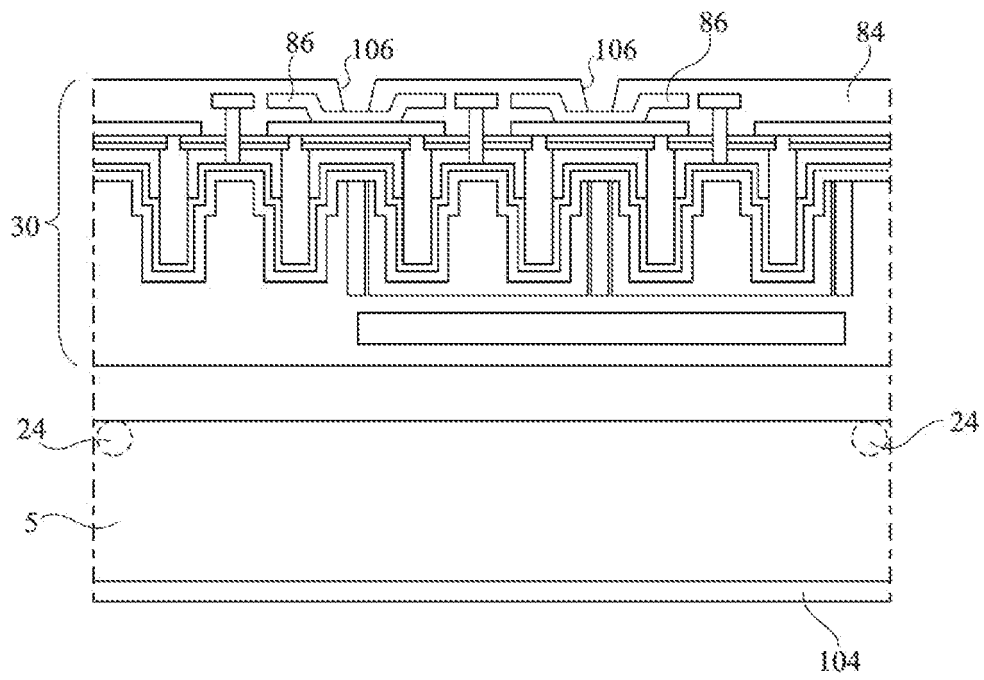


Fig 3I

[Fig. 3J]

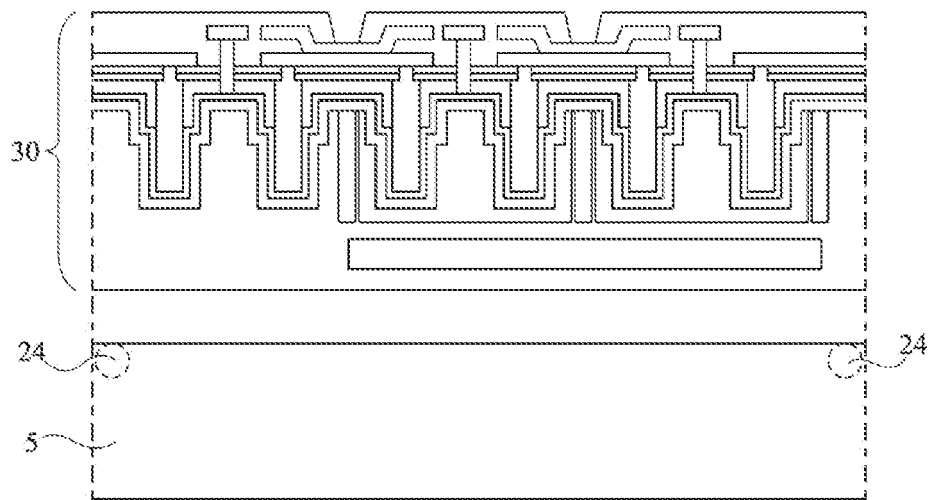


Fig 3J

[Fig. 3K]

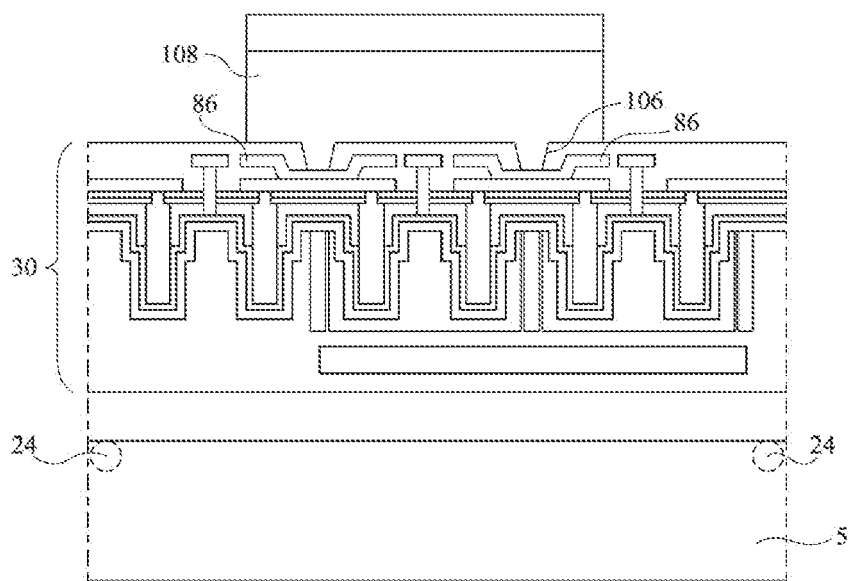


Fig 3K

[Fig. 3L]

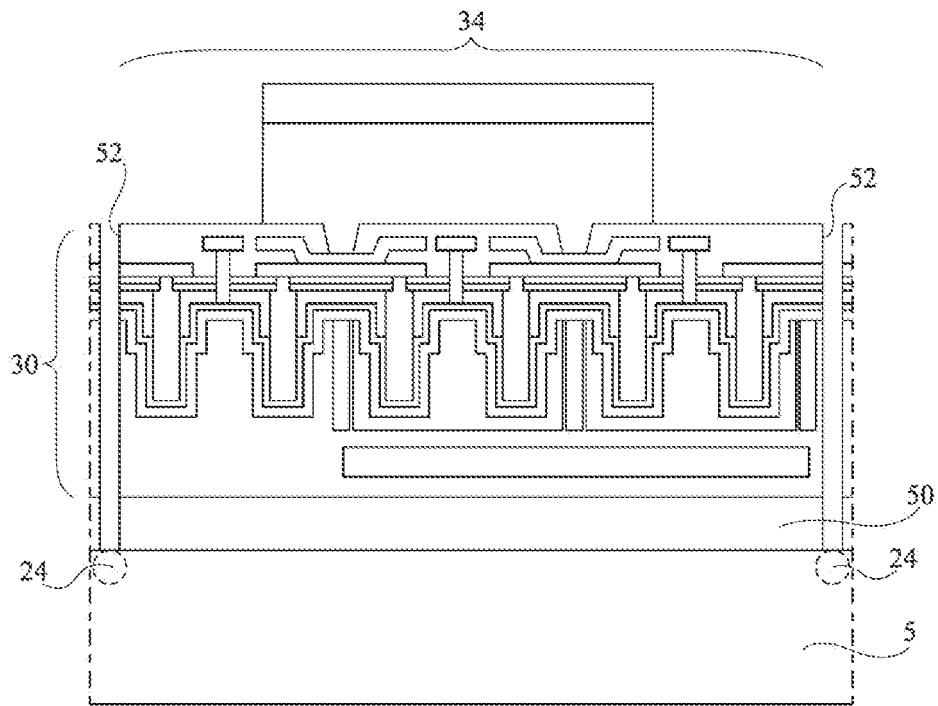


Fig 3L

[Fig. 3M]

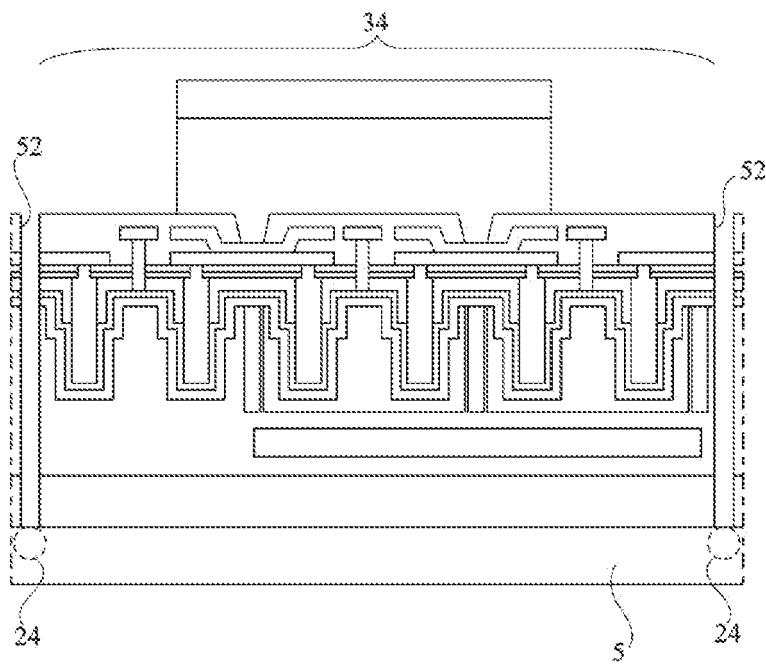


Fig 3M

[Fig. 3N]

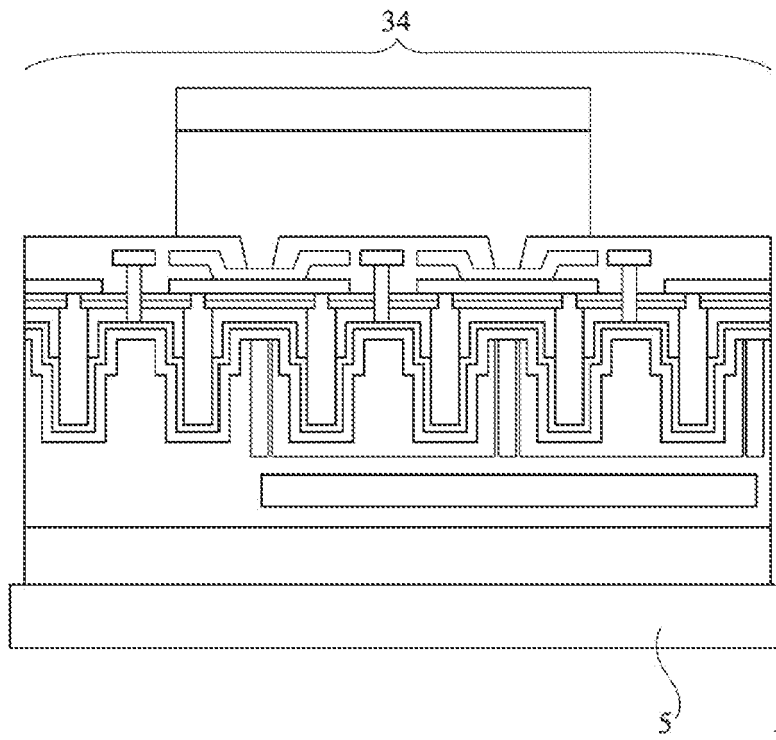


Fig 3N

[Fig. 4]

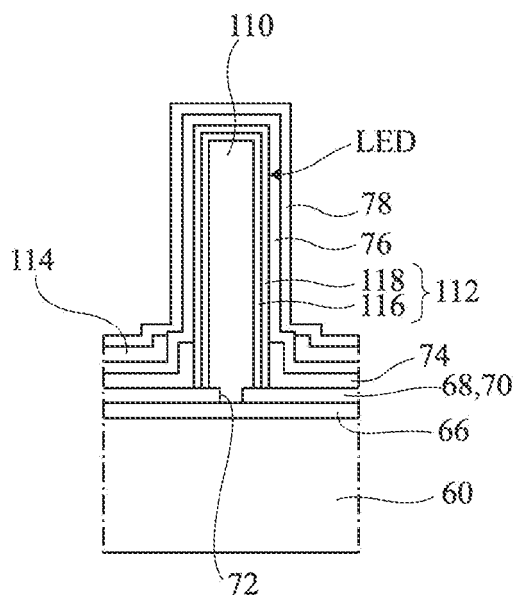


Fig 4

[Fig. 5]

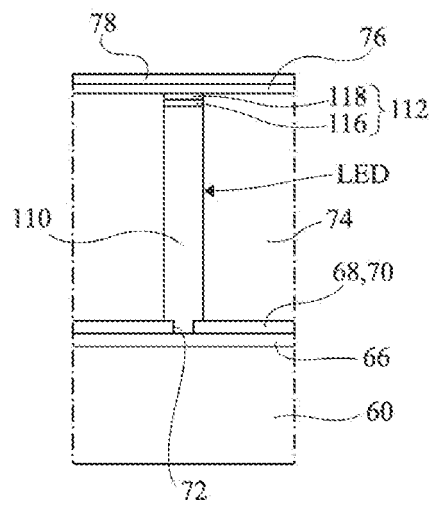


Fig 5

[Fig. 6]

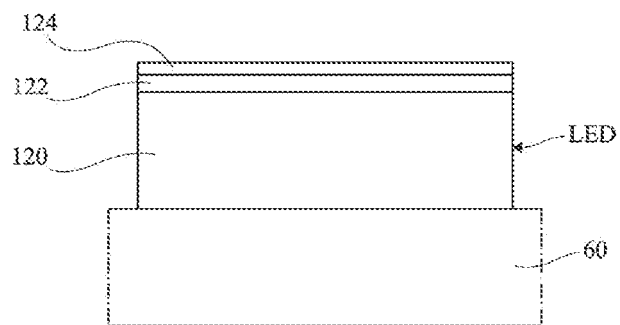


Fig 6

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 915891
FR 2214577

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		
Y	US 2013/029445 A1 (KIM GI BUM [KR] ET AL) 31 janvier 2013 (2013-01-31) * alinéas [0031] - [0054]; figures 1A-6 * -----	1-11	B23K 26/364 H01L 25/03 H01L 29/861
Y	FR 3 108 777 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 1 octobre 2021 (2021-10-01) * alinéas [0022] - [0052]; figures 1A-1G * -----	1-11	
Y	US 2006/223330 A1 (FUDETA MAYUKO [JP] ET AL) 5 octobre 2006 (2006-10-05) * alinéas [0028] - [0056]; figures 1-4 * -----	1-11	
Y	US 2014/011310 A1 (HWANG SEOK MIN [KR] ET AL) 9 janvier 2014 (2014-01-09) * alinéas [0021] - [0051]; figures 1-6 * -----	1-11	
A	US 2007/082486 A1 (YANG JONG I [KR] ET AL) 12 avril 2007 (2007-04-12) * revendications; figures * -----	1-11	
A	US 2016/163916 A1 (IIIEVSKI FILIP [US] ET AL) 9 juin 2016 (2016-06-09) * alinéas [0039] - [0047]; figures 3a-3h * -----	1-11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 juillet 2023		Ott, André	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2214577 FA 915891**

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 **20-07-2023**
 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 2013029445 A1		31-01-2013	CN 102903814 A	30-01-2013
			DE 102012106663 A1	31-01-2013
			JP 2013026628 A	04-02-2013
			KR 20130012376 A	04-02-2013
			TW 201306301 A	01-02-2013
			US 2013029445 A1	31-01-2013

FR 3108777 A1		01-10-2021	AUCUN	

US 2006223330 A1		05-10-2006	JP 4818732 B2	16-11-2011
			JP 2006295124 A	26-10-2006
			TW I304227 B	11-12-2008
			US 2006223330 A1	05-10-2006

US 2014011310 A1		09-01-2014	DE 102013106774 A1	09-01-2014
			KR 20140006484 A	16-01-2014
			US 2014011310 A1	09-01-2014

US 2007082486 A1		12-04-2007	EP 1753018 A2	14-02-2007
			JP 5273423 B2	28-08-2013
			JP 2007053357 A	01-03-2007
			KR 100632004 B1	09-10-2006
			US 2007082486 A1	12-04-2007
			US 2010291719 A1	18-11-2010

US 2016163916 A1		09-06-2016	CN 105556684 A	04-05-2016
			EP 3025378 A1	01-06-2016
			JP 6429872 B2	28-11-2018
			JP 2016533029 A	20-10-2016
			JP 2019033280 A	28-02-2019
			KR 20160034987 A	30-03-2016
			TW 201511330 A	16-03-2015
			TW 202006969 A	01-02-2020
			US 2016163916 A1	09-06-2016
			US 2019103508 A1	04-04-2019
			US 2020235259 A1	23-07-2020
			WO 2015011583 A1	29-01-2015
