

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 16.10.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.04.25 Bulletin 25/16.

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) : COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sment public à caractère industriel et commercial —
FR.

72 Inventeur(s) : BECKER Sébastien.

73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT À L'ENERGIE ATO-
MIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablis-
sment public à caractère industriel et commercial.

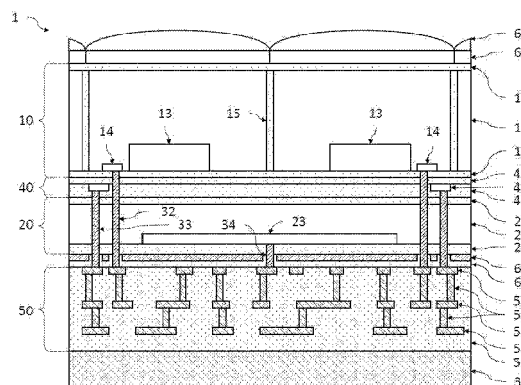
74 Mandataire(s) : BREVALEX.

54 dispositif imageur d'acquisition d'une image visible et d'une image infrarouge.

57 L'invention porte sur un dispositif imageur pour acqué-
rir des images visible et infrarouge, comportant un capteur
matriciel visible (10), un capteur matriciel infrarouge (20), et
un circuit intégré de lecture (40, 50) superposé au capteur
matriciel visible (10) et au capteur matriciel infrarouge (20)
et formé d'un empilement de lecture (40) comportant des
éléments électroniques (42) et d'un empilement d'intercon-
nexion (50).

L'empilement de lecture (40) est situé entre les couches
sensibles (12, 22) des capteurs matriciels (10, 20), et l'em-
pilement d'interconnexion (50) est situé en face arrière du
capteur matriciel infrarouge (20). De plus, des vias conduc-
teurs (32, 33, 34) relient électriquement, respectivement,
l'empilement d'interconnexion (50) à des éléments électro-
niques (14) du capteur matriciel visible (10), à des éléments
électroniques (42) de l'empilement de lecture (40), et à des
éléments électroniques (23) du capteur matriciel infrarouge
(20).

Figure pour l'abrégé : Fig. 1



Description

Titre de l'invention : dispositif imageur d'acquisition d'une image visible et d'une image infrarouge

Domaine technique

- [0001] Le domaine de l'invention est celui des dispositifs imageurs adaptés à acquérir une image visible et une image infrarouge d'une même scène. Les dispositifs imageurs de ce type permettent notamment de reconstituer, en plus d'une image visible de la scène (en niveaux de gris ou en couleurs), une information de profondeur de cette même scène.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

- [0002] Il existe des dispositifs imageurs qui permettent d'acquérir, simultanément ou successivement, une image visible et une image infrarouge d'une même scène. L'image visible correspond à une image bidimensionnelle de la scène, qui peut être en niveaux de gris ou en couleurs RGB (*Red Green Blue*, en anglais), alors que l'image infrarouge peut permettre de reconstituer une carte de profondeur de la scène. Pour cela, les dispositifs imageurs comportent un capteur matriciel visible et un capteur matriciel infrarouge, lesquels peuvent être superposés l'un à l'autre, de sorte qu'ils présentent sensiblement un même alignement optique et permettent de réduire l'encombrement. Les capteurs matriciels visible et infrarouge peuvent alors être intégrés de manière monolithique sur un substrat de lecture qui comporte un circuit intégré de lecture de type CMOS.
- [0003] Ainsi, les documents EP 3 503 192 A1 et US 2021/305206 A1 décrivent des exemples d'un tel dispositif imageur où le capteur matriciel visible et le capteur matriciel infrarouge sont superposés l'un à l'autre tout en étant assemblés à un substrat de lecture.
- [0004] Dans ces exemples, le capteur matriciel visible comporte une couche sensible où sont formés des pixels de détection visible, ainsi qu'un empilement d'interconnexion connecté électriquement à des éléments électroniques (transistors, diodes...) des pixels de détection visible. De même, le capteur matriciel infrarouge comporte une couche sensible où sont formés des pixels de détection infrarouge, ainsi qu'un empilement d'interconnexion connecté électriquement aux photodiodes des pixels de détection infrarouge. L'ensemble du capteur matriciel infrarouge est situé en face arrière du capteur matriciel visible. Enfin, le substrat de lecture comporte un circuit intégré de lecture de type CMOS, assemblé en face arrière du capteur matriciel infrarouge.
- [0005] Cependant, il existe un besoin d'améliorer certains aspects de tels dispositifs imageurs, que ce soit au niveau de la configuration structurelle et/ou du procédé de fa-

brication.

Exposé de l'invention

- [0006] L'invention a pour objectif de remédier au moins en partie aux inconvénients de l'art antérieur, et pour cela, de proposer un dispositif imageur adapté à acquérir une image visible et une image infrarouge, comportant :
- un capteur matriciel visible, comportant une première couche sensible dans laquelle sont définis des pixels de détection visible comportant au moins un élément électronique ;
 - un capteur matriciel infrarouge, comportant une deuxième couche sensible, superposée à la première couche sensible, dans laquelle sont définis des pixels de détection infrarouge comportant au moins un élément électronique ;
 - un circuit intégré de lecture, superposé au capteur matriciel visible et au capteur matriciel infrarouge, formé d'un empilement de lecture comportant des éléments électroniques et d'un empilement d'interconnexion.
- [0007] Selon l'invention, l'empilement de lecture est situé entre la première couche sensible et la deuxième couche sensible, et l'empilement d'interconnexion est situé en face arrière du capteur matriciel infrarouge.
- [0008] De plus, des vias conducteurs relient électriquement, respectivement, l'empilement d'interconnexion aux éléments électroniques du capteur matriciel visible, aux éléments électroniques de l'empilement de lecture, et aux éléments électroniques du capteur matriciel infrarouge.
- [0009] Certains aspects préférés mais non limitatifs de ce dispositif imageur sont les suivants.
- [0010] Le capteur matriciel visible peut comporter une première couche isolante située sous la première couche sensible, et l'empilement de lecture peut comporter une deuxième couche isolante située au-dessus des éléments électroniques de l'empilement de lecture, la première couche isolante et la deuxième couche isolante étant au contact l'une de l'autre.
- [0011] L'empilement de lecture peut comporter une troisième couche isolante située sous les éléments électroniques de l'empilement de lecture, et le capteur matriciel infrarouge peut comporter une quatrième couche isolante située au-dessus de la deuxième couche sensible, la troisième couche isolante et la quatrième couche isolante étant au contact l'une de l'autre.
- [0012] Des vias conducteurs peuvent s'étendre directement des éléments électroniques du capteur matriciel infrarouge jusqu'à des portions conductrices de l'empilement d'interconnexion.
- [0013] Des vias conducteurs peuvent s'étendre directement des éléments électroniques de

l'empilement de lecture jusqu'à des portions conductrices de l'empilement d'interconnexion.

[0014] Des vias conducteurs peuvent s'étendre directement des éléments électroniques du capteur matriciel visible jusqu'à des portions conductrices de l'empilement d'interconnexion.

[0015] Des vias conducteurs peuvent s'étendre directement de portions conductrices de l'empilement de lecture, lesquelles sont en contact électrique avec les éléments électroniques du capteur matriciel visible, jusqu'à des portions conductrices de l'empilement d'interconnexion.

[0016] La deuxième couche sensible peut être une couche structurée dans un plan parallèle au plan du capteur matriciel infrarouge formant une pluralité de portions de deuxième couche sensible, distinctes les unes des autres dans le plan parallèle, de sorte que les vias conducteurs reliant électriquement, respectivement, l'empilement d'interconnexion d'une part aux éléments électroniques du capteur matriciel visible et aux éléments électroniques de l'empilement de lecture d'autre part, ne traversent pas la deuxième couche sensible.

[0017] La deuxième couche sensible peut être une couche structurée dans un plan parallèle au plan du capteur matriciel infrarouge formant une pluralité de portions de deuxième couche sensible raccordées deux à deux par une portion de raccord de moindre épaisseur, de sorte que les vias conducteurs reliant électriquement, respectivement, l'empilement d'interconnexion d'une part aux éléments électroniques du capteur matriciel visible et aux éléments électroniques de l'empilement de lecture d'autre part, traversent les portions de raccord.

[0018] L'empilement de lecture et l'empilement d'interconnexion peuvent être des premiers empilements de lecture et d'interconnexion d'un premier circuit intégré de lecture, et un deuxième circuit intégré de lecture, formé de deuxièmes empilements de lecture et d'interconnexion, peut être assemblé au premier circuit intégré de lecture, le deuxième empilement d'interconnexion étant assemblé et connecté à la face arrière du premier empilement d'interconnexion.

[0019] Le dispositif imageur peut comporter une couche réflectrice, située entre le capteur matriciel infrarouge et l'empilement d'interconnexion, adapté à réfléchir un rayonnement infrarouge incident destiné à être détecté par le capteur matriciel infrarouge.

[0020] La couche réflectrice peut former, avec le capteur matriciel infrarouge, l'empilement de lecture et une couche isolante située entre la première couche sensible et l'empilement de lecture, une cavité optique résonante à la longueur d'onde du rayonnement infrarouge.

[0021] L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'un dispositif imageur

selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes, comportant les étapes suivantes :

- réalisation du capteur matriciel visible, une première couche isolante recouvrant la première couche sensible où affleurent les éléments électroniques ;
- réalisation d'une première structure destinée à former l'empilement de lecture, comportant une deuxième couche isolante, par collage moléculaire de la deuxième couche isolante sur la première couche isolante, puis réalisation de l'empilement de lecture ;
- réalisation d'une deuxième structure destinée à former le capteur matriciel infrarouge, comportant une quatrième couche isolante, par collage moléculaire de la quatrième couche isolante sur une troisième couche isolante de l'empilement de lecture, puis réalisation du capteur matriciel infrarouge ;
- réalisation de l'empilement d'interconnexion à partir de la face arrière du capteur matriciel infrarouge.

[0022] Lors de l'étape de réalisation des éléments électroniques de l'empilement de lecture, une montée en température à une température au moins égale à 1000°C peut être effectuée.

[0023] L'étape de réalisation des éléments électroniques du capteur matriciel infrarouge peut être effectuée après l'étape de réalisation des éléments électroniques de l'empilement de lecture.

Brève description des dessins

[0024] D'autres aspects, buts, avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée suivante de formes de réalisation préférées de celle-ci, donnée à titre d'exemple non limitatif, et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

[0025] la [Fig.1] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur selon un mode de réalisation ;

[0026] les figures 2A à 2H illustrent différentes étapes d'un procédé de fabrication d'un dispositif imageur identique ou similaire à celui de la [Fig.1] ;

[0027] la [Fig.3A] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur selon une variante de réalisation ;

[0028] la [Fig.3B] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur selon une variante de réalisation similaire à celle de la [Fig.3A] ;

[0029] la [Fig.4] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur selon une variante de réalisation ;

[0030] la [Fig.5] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif

imageur selon une variante de réalisation.

[0031] **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

[0032] Sur les figures et dans la suite de la description, les mêmes références représentent les éléments identiques ou similaires. De plus, les différents éléments ne sont pas représentés à l'échelle de manière à privilégier la clarté des figures. Par ailleurs, les différents modes de réalisation et variantes ne sont pas exclusifs les uns des autres et peuvent être combinés entre eux. Sauf indication contraire, les termes

« sensiblement », « environ », « de l'ordre de » signifient à 10% près, et de préférence à 5% près. Par ailleurs, les termes « compris entre ... et ... » et équivalents signifient que les bornes sont incluses, sauf mention contraire.

[0033] La [Fig.1] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur 1 selon un mode de réalisation. Il est adapté à acquérir une image visible et une image infrarouge d'une même scène, de manière simultanée ou séquentielle. Dans cet exemple, un même pixel de détection infrarouge s'étend en regard de plusieurs pixels de détection visible adjacents. En variante, un même pixel de détection infrarouge peut ne s'étendre en regard que d'un seul pixel de détection visible.

[0034] On définit ici et pour la suite de la description un repère direct tridimensionnel orthogonal XYZ, où le plan XY est sensiblement parallèle au plan principal d'un substrat support 31, et où l'axe Z est orienté en direction des capteurs matriciels 10, 20. Dans la suite de la description, les termes « inférieur » et « supérieur » s'entendent comme étant relatifs à un positionnement croissant lorsqu'on s'éloigne du substrat support 31 suivant la direction +Z. Par ailleurs, les termes « face avant » et « face arrière » d'un élément ou d'une couche désignent respectivement la face orientée vers la scène à imager et la face opposée à la scène.

[0035] D'une manière générale, le dispositif imageur 1 comporte une superposition verticale (suivant l'axe Z) d'un capteur matriciel visible 10 pour acquérir l'image visible, d'un capteur matriciel infrarouge 20 pour acquérir l'image infrarouge, et d'un circuit intégré de lecture 40, 50 de type CMOS connecté électriquement aux capteurs matriciels visible 10 et infrarouge 20. Ces trois éléments sont assemblés les uns aux autres de manière monolithique.

[0036] Comme décrit en détail plus loin, le circuit intégré de lecture 40, 50 est formé d'un empilement de lecture 40 et d'un empilement d'interconnexion 50. L'empilement de lecture 40 est situé entre une couche sensible 12 du capteur matriciel visible 10 et une couche sensible 22 du capteur matriciel infrarouge 20. En revanche, l'empilement d'interconnexion 50 est situé en face arrière du capteur matriciel infrarouge 20, ici entre ce dernier et un substrat support 31. Des vias conducteurs 32 assurent une connexion électrique, directe ou indirecte, entre les éléments électroniques 14 du capteur matriciel visible 10 et l'empilement d'interconnexion 50 ; les vias conducteurs

34 assurent la connexion électrique entre les éléments électroniques 23 entre du capteur matriciel infrarouge 20 et l'empilement d'interconnexion 50 ; et les vias conducteurs 33 assurent une connexion électrique entre les éléments électroniques 42 de l'empilement de lecture 40 et l'empilement d'interconnexion 50.

- [0037] Par élément électronique des capteurs matriciels visible 10 et infrarouge 20, on entend ici une portion dopée d'une couche semiconductrice qui présente ou participe à une fonction de collection ou de stockage de charges électriques photogénérées. Il peut ainsi s'agir, entre autres, d'une portion dopée de collection de porteurs de charge minoritaires d'un photodétecteur tel qu'une photodiode ; d'une portion dopée de stockage temporaire de charges photogénérées provenant d'une photodiode, tel qu'un nœud de lecture (*Sensing Node* ou *Floating Diffusion*, en anglais) ; d'une portion dopée d'un transistor de transfert (*Transfer Gate*, en anglais) qui assure le transfert des charges photogénérées de la photodiode vers le nœud de lecture.
- [0038] Par élément électronique de l'empilement de lecture 40, on entend ici une portion dopée d'une couche semiconductrice qui participe au traitement d'une information électrique issue des capteurs matriciels visible 10 et infrarouge 20. Il peut ainsi s'agir, entre autres, d'une portion dopée d'une diode, d'un transistor, entre autres.
- [0039] Le capteur matriciel visible 10 est adapté à acquérir une image visible de la scène. Il comporte pour cela une pluralité de pixels de détection adaptés chacun à recevoir et à détecter le rayonnement lumineux visible, ces pixels de détection étant formés dans une couche sensible 12 adaptée à absorber le rayonnement lumineux visible à détecter.
- [0040] La couche sensible 12 est réalisée à base d'un matériau semiconducteur, de préférence dopé, lequel est choisi pour absorber le rayonnement lumineux visible d'intérêt. A titre d'exemple, la couche sensible 12 peut être en silicium monocristallin. Elle peut présenter une épaisseur comprise entre 2 et 10 μ m, par exemple de l'ordre de 4 μ m. La couche sensible 12 est formée ici d'une couche en un même matériau en termes d'éléments chimiques, mais elle peut être formée d'un empilement de sous-couches en des matériaux différents.
- [0041] Chaque pixel de détection visible correspond à une partie de la couche sensible 12 dans le plan XY, et comporte une photodiode 13 ainsi qu'au moins un élément électronique 14, par exemple un nœud de lecture (*sensing node* ou *floating diffusion*, en anglais) qui reçoit les charges photogénérées transmises par un transistor de transfert (*transfer gate*, en anglais, non représenté sur les figures). Un tel nœud de lecture 14 agit comme un accumulateur de charges temporaire. Le transistor de transfert permet d'activer le transfert des porteurs de charge photogénérés de la photodiode 13 vers le nœud de lecture 14. La photodiode 13 et le nœud de lecture 14 sont situés dans la couche sensible 12 et affleurent sa face arrière. Le transistor de transfert peut être situé dans la couche isolante inférieure 16 et affleurer également la face arrière de la couche

sensible 12. Il est en contact électrique avec la photodiode 13 et le nœud de lecture 14.

[0042] Les pixels de détection sont séparés les uns des autres, dans le plan XY, par des structures d'isolation 15 qui s'étendent verticalement au travers de la couche sensible 12, de préférence sur toute son épaisseur. Ces structures d'isolation 15 peuvent être des tranchées d'isolation profonde de type DTI (pour *Deep Trench Isolation*, en anglais) réalisées entièrement en un matériau électriquement isolant. Ils peuvent également être des tranchées d'isolation profonde capacitive (CDTI, pour *Capacitive Deep Trench Isolation*, en anglais), et être formés d'un cœur en un matériau électriquement conducteur, par exemple du silicium polycristallin dopé, entouré par une gaine en un matériau électriquement isolant, par exemple un oxyde de silicium. Ces structures 15 de type CDTI peuvent alors être connectées électriquement au circuit de lecture et assurent une isolation optique des pixels de détection visible entre eux, et permettent d'empêcher la diffusion des porteurs de charge photogénérés d'un pixel de détection visible à l'autre.

[0043] Une couche isolante supérieure 11 s'étend ici sur et au contact de la face avant de la couche sensible 12. Cette couche isolante est réalisée en un matériau électriquement isolant tel qu'un oxyde de silicium ou un nitrure de silicium par exemple. Elle peut recouvrir entièrement la couche sensible 12. Une ou plusieurs couches peuvent également être présentes, qui assurent des fonctions optiques telles qu'une fonction antireflet.

[0044] Le dispositif imageur 1 peut comporter une structure optique présentant une ou plusieurs fonctions optiques, par exemple ici de filtrage et de focalisation. Ainsi, dans cet exemple, chaque pixel de détection visible est revêtu d'un filtre couleur 61, différent d'un pixel à l'autre, de sorte que l'image visible acquise par le capteur matriciel visible 10 est une image couleur, par exemple de type RGB. Les filtres couleur 61 peuvent être des filtres de résine colorée, et sont situés au-dessus des parties de couche sensible 12 correspondantes. Ils sont adaptés à filtrer les longueurs d'onde en-dehors de la gamme spectrale visible d'intérêt, tout en transmettant ici les longueurs d'onde dans l'infrarouge. Bien entendu, les filtres couleur 61 peuvent être absents, l'image visible étant alors une image monochromatique en niveaux de gris. Par ailleurs, chaque pixel de détection visible est ici revêtu d'une microlentille 62, située au-dessus des filtres couleur 61 le cas échéant. Les microlentilles 62 sont adaptées à focaliser le rayonnement incident en direction de la photodiode 13.

[0045] Le capteur matriciel infrarouge 20 est adapté à acquérir une image infrarouge de la scène. Il comporte pour cela une pluralité de pixels de détection, adaptés chacun à recevoir et à détecter le rayonnement lumineux infrarouge, ces pixels de détection étant formés dans une couche sensible 22, continue ou non dans le plan XY, adaptée à absorber et à détecter le rayonnement lumineux infrarouge.

- [0046] La couche sensible 22 est par exemple réalisée en un matériau semiconducteur, de préférence dopé, permettant d'absorber le rayonnement lumineux infrarouge d'intérêt. La couche sensible 22 peut évidemment être formée d'un empilement de sous-couches. A titre d'exemple, la couche sensible 22 est réalisée à base d'un élément ou d'un composé semiconducteur du groupe IV (colonne IV du tableau périodique), par exemple en germanium ou en un composé de silicium et de germanium (SiGe), ou à base d'un composé III-V, par exemple en InGaAs, en InGaAsP, ou autres. Il peut également s'agir de matériaux semiconducteurs à base de boîtes quantiques (aussi appelés *quantum film* ou *quantum dots*) ou de matériaux à multi-puits quantiques (QWIP), ou encore de type super-réseaux. Elle peut présenter une épaisseur qui dépend de la longueur d'onde centrale de la gamme spectrale infrarouge, par exemple une épaisseur comprise entre 50nm et 10µm.
- [0047] Chaque pixel de détection infrarouge correspond à une partie de la couche sensible 22 dans le plan XY, et comporte au moins un photodétecteur 23 permettant la photogénération de porteurs de charge, tel que, par exemple, une photodiode (comme représenté sur la [Fig.1]). Dans cet exemple, chaque photodiode 23 est connectée directement au circuit intégré de lecture 40, 50. Cependant, des éléments électroniques tels que des transistors peuvent également être présents entre la photodiode 23 et le circuit de lecture 40, 50. La photodiode 23 est située dans la couche sensible 22 et affleure sa face arrière. Dans cet exemple, l'élément électronique 23 du pixel de détection infrarouge correspond à la photodiode, mais il pourrait s'agir également d'un élément électronique d'extraction de charges (transistor de transfert, nœud de lecture...).
- [0048] Dans cet exemple, les pixels de détection infrarouge sont situés en regard (à la perpendiculaire) des pixels de détection visible. Les dimensions des pixels de détection infrarouge dans le plan XY sont ici plus importantes que ceux des pixels de détection visible, mais en variante ils pourraient être du même ordre. Ici, chaque pixel de détection infrarouge s'étend en regard de 2×2 pixels de détection visible, en étant aligné sur le centre de la surface formée par les 2×2 pixels de détection visible.
- [0049] Par ailleurs, au moins une couche isolante supérieure 21, réalisée en un matériau électriquement isolant, recouvre la couche sensible 22 et présente une face avant plane. Il s'agit d'une couche de collage utilisée pour assurer le collage moléculaire du capteur matriciel infrarouge à la face arrière de l'empilement de lecture 40. De plus, au moins une couche isolante inférieure 24, réalisée en un matériau électriquement isolant, s'étend sous la couche sensible 22 et présente préférentiellement une face arrière plane.
- [0050] Par ailleurs, le dispositif imageur 1 comporte, de préférence, une couche réflectrice 63, qui s'étend dans le plan XY sous les pixels de détection visible et les pixels de détection infrarouge, pour assurer une réflexion du rayonnement lumineux incident à

détecter. Elle peut être réalisée en un matériau métallique, par exemple en Ti, Al, Cu et leurs alliages, ou en silicium fortement dopé, par exemple de l'ordre de 10^{20} cm^{-3} . Elle peut présenter une épaisseur de l'ordre de 400nm lorsqu'elle est réalisée en silicium. Il peut également s'agir d'un empilement diélectrique multicouches de type miroir de Bragg.

- [0051] Notons que le capteur matriciel infrarouge 20 peut être de type à cavité résonante, comme décrit notamment dans la demande de brevet FR3130450A1. Ainsi, la couche sensible 22 peut être une couche d'une faible épaisseur, par exemple de l'ordre de 500nm voire moins. La couche sensible 22 est située dans une cavité optique résonante délimitée verticalement par la couche réflectrice 63 et un ensemble formé de la couche isolante inférieure de collage 16, de l'empilement de lecture 40, et de la couche isolante supérieure de collage 21. Cet ensemble présente de préférence une épaisseur de l'ordre de quelques centaines de nanomètres. Les couches isolantes de cet ensemble sont de préférence réalisées en un oxyde de silicium. Une telle configuration permet d'obtenir une absorption du rayonnement infrarouge supérieure à 80% dans la couche sensible 22.
- [0052] Le circuit intégré de lecture (*readout integrated circuit* ou ROIC, en anglais) 40, 50 comporte un empilement de lecture 40 et un empilement d'interconnexion 50, ici superposés suivant l'axe Z et espacés l'un à l'autre.
- [0053] L'empilement de lecture 40 est un empilement de type FEOL (pour *Front End Of Line*, en anglais). Il est formé de couches à base de semiconducteur où sont réalisés des éléments électroniques 42 (diodes, transistors...) et éventuellement des éléments passifs (condensateurs, résistances...). Les éléments électroniques sont connectés aux éléments électroniques des pixels de détection des capteurs matriciels visible 10 et infrarouge 20 d'une part, et à au moins un plot de connexion externe d'autre part (non représenté), ce dernier étant destiné à connecter le dispositif de détection à un dispositif électronique externe.
- [0054] Selon l'invention, l'empilement de lecture 40 est situé verticalement (suivant l'axe Z) entre la couche sensible 12 du capteur matriciel visible 10 et la couche sensible 22 du capteur matriciel infrarouge 20. De plus, il est assemblé par collage moléculaire à la face arrière du capteur matriciel visible 10.
- [0055] L'empilement de lecture 40 comporte ainsi une couche isolante supérieure 41, réalisée en un matériau électriquement isolant, par exemple ici en un oxyde de silicium. Elle forme une couche de collage moléculaire par laquelle l'empilement de lecture 40 est assemblé par collage moléculaire à la couche isolante 16 du capteur matriciel visible 10. L'empilement de lecture 40 comporte des éléments électroniques 42, recouverts par au moins une couche isolante principale 43 qui présente une face inférieure plane. Cette couche isolante 43 est réalisée en un matériau électriquement

isolant, par exemple ici en un oxyde de silicium, et forme une couche de collage moléculaire pour l'assemblage du capteur matriciel infrarouge 20 en face arrière.

[0056] Par ailleurs, l'empilement d'interconnexion 50 est un empilement de type BEOL (pour *Back End Of Line*, en anglais). Il est formé de couches où sont définis des niveaux de métallisation, lesquels sont séparés verticalement par des couches diélectriques inter-métal 55 (IMD pour *Inter Metal Dielectric*, en anglais), et sont connectés entre eux par des vias conducteurs 54.

[0057] Les niveaux d'interconnexion sont formés chacun de portions conductrices coplanaires 51, 52, 53, celles-ci étant connectées à celles des niveaux d'interconnexion adjacents par les vias conducteurs 54. La structure d'interconnexion comporte donc plusieurs niveaux d'interconnexion parallèles et agencés verticalement les uns aux autres. Il comporte ainsi un premier niveau d'interconnexion 51, dit supérieur, et situé du côté du capteur matriciel infrarouge 20, des niveaux d'interconnexions intermédiaires 52, et un dernier niveau d'interconnexion 53, dit inférieur, et situé du côté du substrat support 31.

[0058] L'empilement d'interconnexion 50 est situé sous le capteur matriciel infrarouge 20, ici entre ce dernier et le substrat support 31, et est donc espacé de l'empilement de lecture 40 par le capteur matriciel infrarouge 20. Par ailleurs, comme indiqué précédemment, des vias conducteurs 32, 34, 33 assurent respectivement une connexion électrique, directe ou indirecte, entre, d'une part, les éléments électroniques 14 du capteur matriciel visible 10, ceux 23 du capteur matriciel infrarouge 20, et ceux 42 de l'empilement de lecture 40, et d'autre part, l'empilement d'interconnexion 50.

[0059] Plus précisément, au moins un via conducteur 34 assure un raccord électrique, ici direct, entre le photodétecteur 23 de chaque pixel de détection infrarouge et une portion conductrice 51 du niveau de métallisation supérieur. Par raccord électrique direct, on entend ici qu'un même via conducteur s'étend entre les deux éléments en question, ici entre la photodiode et la portion conductrice. Ce via conducteur 34 traverse ainsi la couche isolante inférieure 24, la couche réflectrice 63 (au travers d'une ouverture traversante et isolée électriquement de la couche 63) et la couche isolante inférieure 64.

[0060] De plus, des vias conducteurs 33 assurent le raccord électrique, ici direct également, entre les éléments électroniques 42 de l'empilement de lecture 40 et les portions conductrices 51 du niveau de métallisation supérieur. Ces vias conducteurs 33 traversent ainsi la couche isolante principale 43, la couche isolante de collage 21, la couche sensible 22 dans cet exemple (mais la couche sensible 22 pourrait être structurée, comme décrit sur la [Fig.3B]), la couche isolante inférieure 24, la couche réflectrice 63 (au travers d'une ouverture traversante et isolée électriquement de la couche 63) et la couche isolante inférieure 64. Notons que les vias conducteurs 33

traversent la couche sensible 22 sans contact électrique, dans la mesure où le matériau conducteur des vias 33 est entouré par une gaine en un matériau électriquement isolant.

[0061] Enfin, des vias conducteurs 32 assurent le raccord électrique, ici direct également, entre les éléments électroniques 14 des pixels de détection visible et les portions conductrices 51 du niveau de métallisation supérieur. Ces vias conducteurs 32 traversent ainsi les deux couches de collage 16, 21, la couche isolante principale 43, la couche isolante de collage 21, la couche sensible 22 dans cet exemple, la couche isolante inférieure 24, la couche réflectrice 63 (au travers d'une ouverture traversante et isolée électriquement de la couche 63) et la couche isolante inférieure 64. Notons ici aussi que les vias conducteurs 32 traversent la couche sensible 22 sans contact électrique, dans la mesure où le matériau conducteur des vias 32 est entouré par une gaine en un matériau électriquement isolant.

[0062] Ainsi, le dispositif imageur 1 présente une configuration structurale à quatre étages superposés, lesquels sont formés successivement du capteur matriciel visible 10, de l'empilement de lecture 40, du capteur matriciel infrarouge 20, et enfin de l'empilement d'interconnexion 50 du circuit intégré de lecture. Cette configuration structurale est réalisée au moyen de deux étapes de collage moléculaire, à savoir le collage de l'empilement de lecture 40 sur la face arrière du capteur matriciel visible 10, puis le collage du capteur matriciel infrarouge 20 sur la face arrière de l'empilement de lecture 40. Aussi, cela permet de réduire les contraintes d'intégration et de réalisation du procédé, notamment en termes de budget thermique. En effet, en réalisant l'empilement de lecture 40 de manière indépendante et au préalable de celle du capteur matriciel infrarouge 20, le budget thermique associé à la réalisation des éléments électroniques 42 (transistors de contrôle notamment), et notamment les hautes températures mises en œuvre (autour de 1000°C) n'affectent pas la qualité de la couche sensible 22 (par exemple en Ge, SiGe, InGaAs...) du capteur matriciel infrarouge 20.

[0063] Un procédé de fabrication de tel dispositif imageur 1 est maintenant décrit en référence aux figures 2A à 2H. Dans cet exemple, le dispositif imageur est identique à celui de la [Fig.1].

[0064] En référence à la [Fig.2A], on réalise une structure formée d'une couche continue (couche sensible 12) en silicium monocristallin, reposant sur une couche d'oxyde 11 puis sur une couche poignée 71 (ici une couche épaisse en silicium). Cette structure est réalisée à partir d'un premier substrat silicium sur isolant (SOI pour *Silicon On Insulator*, en anglais). On réalise les structures d'isolation 15, et on réalise par dopage localisé, dans la face arrière de la couche sensible 12, les photodiodes 13 ainsi que les éléments électroniques 14. La couche isolante 16, ici en un oxyde de silicium, est déposée de manière à passiver la face arrière de la couche sensible 12 et à former une couche de collage moléculaire. Cette couche 16 peut être un multicouche, formée par

exemple d'une sous-couche assurant la passivation et d'une sous-couche assurant le collage moléculaire. Cette structure forme ainsi le capteur matriciel visible 10.

[0065] En référence à la [Fig.2B], on réalise un substrat SOI formé d'une couche épaisse de support 71 en silicium, d'une couche d'oxyde enterré 72, d'une couche mince 73 de silicium monocristallin. Le substrat SOI comprend une couche isolante de collage 41, réalisée en un oxyde de silicium, qui recouvre la couche mince de silicium 73. Il est assemblé à la face arrière du capteur matriciel visible 10, ici par collage moléculaire oxyde/oxyde, par mise en contact mutuel des couches de collage 41, 16.

[0066] En référence à la [Fig.2C], on réalise l'empilement de lecture 40. Pour cela, la couche épaisse 71 est retirée. Puis les éléments électroniques 42 sont réalisés en utilisant notamment les couches minces de silicium et d'oxyde. Enfin, la couche isolante principale 43 est réalisée de manière à recouvrir les éléments électroniques et à présenter une face arrière plane.

[0067] En référence à la [Fig.2D], on réalise une structure formée d'une couche support 74, de la couche sensible 22, et d'une couche isolante 21, ici en un oxyde de silicium, qui assure la passivation de la couche sensible 22 et le collage moléculaire ici de type oxyde/oxyde avec la couche isolante principale 43. La couche isolante 21 peut évidemment être un multicouche, par exemple formé d'une sous-couche assurant la passivation et une sous-couche assurant le collage moléculaire. Cette structure est assemblée à la face arrière de l'empilement de lecture 40, ici par collage moléculaire oxyde/oxyde, par mise en contact de la couche isolante 21 avec la couche isolante principale 43.

[0068] En référence à la [Fig.2E], on finalise le capteur matriciel infrarouge 20. Pour cela, on retire la couche épaisse 74 de manière à rendre libre la face arrière de la couche sensible 22. Puis, les photodétecteurs 23 sont réalisées par exemple par dopage localisé, par exemple par implantations ioniques ou par diffusions localisées dans la face arrière. Enfin, au moins une couche isolante de passivation 24 est déposée sur la couche sensible 22 de manière à la recouvrir continûment.

[0069] En référence à la [Fig.2F], on réalise ensuite le réflecteur 63 (avantageux) puis l'empilement d'interconnexion 50. Pour cela, on dépose une couche réflectrice 63 de manière à recouvrir continûment la couche isolante 24. Cette couche réflectrice 63 est réalisée en un matériau adapté à réfléchir le rayonnement incident à détecter, par exemple un métal tel que du Ti, Al, Cu et leurs alliages, voire du silicium fortement dopé. L'épaisseur de la couche réflectrice est adaptée en fonction du matériau utilisé, et peut être de l'ordre de 400nm dans le cas du silicium fortement dopé. La couche réflectrice 63 est ensuite structurée pour former des ouvertures traversantes destinées au passage des vias conducteurs. Puis, une couche isolante 64 est déposée de manière à recouvrir la couche réflectrice 63 et présenter une face arrière préférentiellement plane.

- [0070] On réalise ensuite les vias conducteurs 32, 33, 34, qui sont de préférence réalisés en les mêmes matériaux. Ainsi, les vias conducteurs 32, 33, 34 s'étendent ici continûment, c'est-à-dire avec continuité des matériaux qui les constituent, à partir de la face arrière de la couche isolante inférieure 64, jusqu'à la photodiode 23 du pixel de détection infrarouge, jusqu'aux éléments électroniques 42 de l'empilement de lecture 40, et jusqu'aux éléments électroniques 14 des pixels de détection visible.
- [0071] En référence à la [Fig.2G], on réalise ensuite l'empilement d'interconnexion 50, en commençant par le niveau de métallisation supérieur 51, puis les niveaux de métallisation intermédiaires 52, et enfin le niveau de métallisation inférieur 53. En particulier, certaines portions conductrices 51 du niveau de métallisation supérieur sont au contact des vias conducteurs 32, 33, 34. Enfin, un substrat support 31 est assemblé à l'empilement d'interconnexion 50. A noter que certaines portions 51 du niveau de métallisation supérieur (en périphérie des matrices de détection) pourront être en contact électrique avec les plots de connexions externe qui seront réalisés en toute fin du procédé.
- [0072] En référence à la [Fig.2H], on retourne ensuite la structure obtenue, on retire la couche poignée 71 de manière à rendre libre une face de la couche isolante supérieure 11. On réalise ensuite les filtres couleur 61 et les microlentilles 62. On obtient ainsi un dispositif imageur 1 dont la configuration structurale présente quatre étages : le capteur matriciel visible 10, l'empilement de lecture 40 (assemblé par collage moléculaire au capteur matriciel visible 10), le capteur matriciel infrarouge 20 (assemblé par collage moléculaire à l'empilement de lecture 40), et l'empilement d'interconnexion 50. Comme indiqué précédemment, ce procédé de fabrication permet de réaliser des éléments électroniques performants de l'empilement de lecture 40, en effectuant notamment des étapes à hautes températures (autour de 1000°C), sans que cela ne puisse dégrader la photodiode 23 des pixels de détection infrarouge. Des plots de connexion externe peuvent également être réalisés.
- [0073] La [Fig.3A] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur 1 selon une variante de réalisation. Dans cet exemple, le dispositif imageur 1 se distingue de celui de la [Fig.1] essentiellement en ce que la couche sensible 22 du capteur matriciel infrarouge 20 n'est pas une couche continue dans le plan XY et commune à l'ensemble des pixels de détection, mais est formée d'une pluralité de portions de couche sensible, distinctes les unes des autres dans le plan XY. Une même portion de couche sensible 22 peut s'étendre en regard d'un seul pixel de détection visible, ou, comme ici, en regard de plusieurs pixels adjacents. Dans cet exemple, une couche de passivation 25, réalisée en un matériau électriquement isolant, recouvre les flancs et la face arrière de la couche sensible 22. Cette couche de passivation 25 est facultative. Les vias conducteurs 32, 33 (qui relient les éléments élec-

troniques 14 des pixels de détection visible et ceux 42 de l'empilement de lecture 40) ne traversent donc pas la couche sensible 22 des pixels de détection infrarouge.

- [0074] La [Fig.3B] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur 1 selon une variante de réalisation similaire à celle de la [Fig.3A]. Dans cet exemple, le dispositif imageur 1 se distingue de celui de la [Fig.3A] essentiellement en ce que les portions de couche sensible 22 adjacentes sont reliées entre elles deux à deux par des portions de raccord 22r de moindre épaisseur, qui correspondent à des portions non totalement gravées de la couche sensible initiale 22 présentée sur la [Fig.2D]. Ces portions de raccord 22r sont situées du côté de la couche isolante supérieure 21. Les vias conducteurs 32 et 34 traversent ces portions de raccord 22r. Cette configuration est généralement dite en « shallow MESA ».
- [0075] La [Fig.4] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur 1 selon une autre variante de réalisation. Dans cet exemple, le dispositif imageur 1 se distingue de celui de la [Fig.1] essentiellement en ce que des éléments électroniques 14 des pixels de détection visible ne sont pas directement connectés à l'empilement d'interconnexion 50, chacun par un même via conducteur. En effet, l'empilement de lecture 40 comporte au moins un niveau de routage électrique formée de portions conductrices 45.
- [0076] Plus précisément, des portions conductrices 45 sont situées au sein de la couche isolante inférieure 16 et s'étendent de manière planaire. Certaines zones de ces portions conductrices 45 sont en contact électrique avec les éléments électroniques 14 des pixels de détection visible, d'autres zones sont en contact électrique avec les vias conducteurs 32. Il y a donc une connexion électrique indirecte entre les éléments électroniques 14 et l'empilement d'interconnexion 50, via les portions conductrices 45. Ici, un seul niveau de routage (formé des portions conductrices 45) est représenté, mais plusieurs niveaux de routage sont évidemment possibles. Ces portions conductrices 45 peuvent être réalisées avant l'étape de collage illustré sur la [Fig.2B], par exemple à base de silicium dopé.
- [0077] La [Fig.5] est une vue schématique et partielle, en coupe transversale, d'un dispositif imageur 1 selon une autre variante de réalisation. Dans cet exemple, le dispositif imageur 1 se distingue de celui de la [Fig.1] essentiellement en ce qu'il comporte un substrat de lecture 80 supplémentaire, assemblée à l'empilement d'interconnexion 50 en face arrière et connecté électriquement à ce dernier. Ainsi, le substrat de lecture 80 comporte un empilement d'interconnexion 82, assemblé par collage moléculaire, par exemple un collage moléculaire hybride cuivre/oxyde à l'empilement d'interconnexion 50, et un empilement de lecture 81. Ainsi, le dispositif imageur 1 comporte ici deux circuits intégrés de lecture, l'un 40, 50 dont l'empilement de lecture 40 est situé entre le capteur matriciel visible 10 et le capteur matriciel infrarouge 20 et dont

l'empilement d'interconnexion 50 est situé en face arrière du capteur matriciel infrarouge 20, et l'autre 80 qui est assemblé à l'empilement d'interconnexion 50. Cela permet au dispositif imageur 1 de répartir les fonctions électroniques de commande des capteurs matriciels visible 10 et infrarouge 20 sur les deux circuits intégrés de lecture 40, 50, 80.

[0078] Des modes de réalisation particuliers viennent d'être décrits. Différentes variantes et modifications apparaîtront à l'homme du métier.

Revendications

[Revendication 1]

Dispositif imageur (1), adapté à acquérir une image visible et une image infrarouge, comportant :

- un capteur matriciel visible (10), comportant une première couche sensible (12) dans laquelle sont définis des pixels de détection visible comportant au moins un élément électronique (14) ;
- un capteur matriciel infrarouge (20), comportant une deuxième couche sensible (22), superposée à la première couche sensible (12), dans laquelle sont définis des pixels de détection infrarouge comportant au moins un élément électronique (23) ;
- un circuit intégré de lecture (40, 50), superposé au capteur matriciel visible (10) et au capteur matriciel infrarouge (20), formé d'un empilement de lecture (40) comportant des éléments électroniques (42) et d'un empilement d'interconnexion (50) ;
 - caractérisé en ce que l'empilement de lecture (40) est situé entre la première couche sensible (12) et la deuxième couche sensible (22), et en ce que l'empilement d'interconnexion (50) est situé en face arrière du capteur matriciel infrarouge (20),
 - des vias conducteurs (32, 33, 34) relient électriquement, respectivement, l'empilement d'interconnexion (50) aux éléments électroniques (14) du capteur matriciel visible (10), aux éléments électroniques (42) de l'empilement de lecture (40), et aux éléments électroniques (23) du capteur matriciel infrarouge (20).

[Revendication 2]

Dispositif imageur (1) selon la revendication 1, dans lequel le capteur matriciel visible (10) comporte une première couche isolante (16) située sous la première couche sensible (12), et dans lequel l'empilement de lecture (40) comporte une deuxième couche isolante (41) située au-dessus des éléments électroniques (42) de l'empilement de lecture (40), la première couche isolante (16) et la deuxième couche isolante (41) étant au contact l'une de l'autre.

- [Revendication 3] Dispositif imageur (1) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'empilement de lecture (40) comporte une troisième couche isolante (43) située sous les éléments électroniques (42) de l'empilement de lecture (40), et dans lequel le capteur matriciel infrarouge (20) comporte une quatrième couche isolante (21) située au-dessus de la deuxième couche sensible (22), la troisième couche isolante (43) et la quatrième couche isolante (21) étant au contact l'une de l'autre.
- [Revendication 4] Dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel des vias conducteurs (34) s'étendent directement des éléments électroniques (23) du capteur matriciel infrarouge (20) jusqu'à des portions conductrices (51) de l'empilement d'interconnexion (50).
- [Revendication 5] Dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel des vias conducteurs (33) s'étendent directement des éléments électroniques (42) de l'empilement de lecture (40) jusqu'à des portions conductrices (51) de l'empilement d'interconnexion (50).
- [Revendication 6] Dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel des vias conducteurs (32) s'étendent directement des éléments électroniques (14) du capteur matriciel visible (10) jusqu'à des portions conductrices (51) de l'empilement d'interconnexion (50).
- [Revendication 7] Dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel des vias conducteurs (32) s'étendent directement de portions conductrices (45) de l'empilement de lecture (40), lesquelles sont en contact électrique avec les éléments électroniques (14) du capteur matriciel visible (10), jusqu'à des portions conductrices (51) de l'empilement d'interconnexion (50).
- [Revendication 8] Dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la deuxième couche sensible (22) est une couche structurée dans un plan parallèle au plan du capteur matriciel infrarouge (20) formant une pluralité de portions de deuxième couche sensible (22), distinctes les unes des autres dans le plan parallèle, de sorte que les vias conducteurs (32, 33) reliant électriquement, respectivement, l'empilement d'interconnexion (50) d'une part aux éléments électroniques (14) du capteur matriciel visible (10) et aux éléments électroniques (42) de l'empilement de lecture (40) d'autre part, ne traversent pas la deuxième couche sensible (22).
- [Revendication 9] Dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la deuxième couche sensible (22) est une couche structurée dans un plan parallèle au plan du capteur matriciel infrarouge (20)

formant une pluralité de portions de deuxième couche sensible (22) raccordées deux à deux par une portion de raccord (22r) de moindre épaisseur, de sorte que les vias conducteurs (32, 33) reliant électriquement, respectivement, l'empilement d'interconnexion (50) d'une part aux éléments électroniques (14) du capteur matriciel visible (10) et aux éléments électroniques (42) de l'empilement de lecture (40) d'autre part, traversent les portions de raccord (22r).

- [Revendication 10] Dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel l'empilement de lecture (40) et l'empilement d'interconnexion (50) sont des premiers empilements de lecture (40) et d'interconnexion d'un premier circuit intégré de lecture (40, 80), et dans lequel un deuxième circuit intégré de lecture (80), formé de deuxième empilements de lecture (81) et d'interconnexion (82), est assemblé au premier circuit intégré de lecture (40, 50), le deuxième empilement d'interconnexion (82) étant assemblé et connecté à la face arrière du premier empilement d'interconnexion (50).
- [Revendication 11] Dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comportant une couche réflectrice (63), située entre le capteur matriciel infrarouge (20) et l'empilement d'interconnexion (50), adapté à réfléchir un rayonnement infrarouge incident destiné à être détecté par le capteur matriciel infrarouge (20).
- [Revendication 12] Dispositif imageur (1) selon la revendication 11, dans lequel la couche réflectrice (63) forme, avec le capteur matriciel infrarouge (20), l'empilement de lecture (40) et une couche isolante (16) située entre la première couche sensible (12) et l'empilement de lecture (40), une cavité optique résonante à la longueur d'onde du rayonnement infrarouge.
- [Revendication 13] Procédé de fabrication d'un dispositif imageur (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, comportant les étapes suivantes :
- réalisation du capteur matriciel visible (10), une première couche isolante (16) recouvrant la première couche sensible (12) où affleurent les éléments électroniques (14) ;
 - réalisation d'une première structure destinée à former l'empilement de lecture (40), comportant une deuxième couche isolante (41), par collage moléculaire de la deuxième couche isolante (41) sur la première couche isolante (16), puis

- réalisation de l'empilement de lecture (40) ;
- réalisation d'une deuxième structure destinée à former le capteur matriciel infrarouge (20), comportant une quatrième couche isolante (21), par collage moléculaire de la quatrième couche isolante (21) sur une troisième couche isolante (43) de l'empilement de lecture (40), puis réalisation du capteur matriciel infrarouge (20) ;
- réalisation de l'empilement d'interconnexion (50) à partir de la face arrière du capteur matriciel infrarouge (20).

[Revendication 14] Procédé de fabrication selon la revendication 13, dans lequel, lors de l'étape de réalisation des éléments électroniques (42) de l'empilement de lecture (40), une montée en température à une température au moins égale à 1000°C est effectuée.

[Revendication 15] Procédé de fabrication selon la revendication 13 ou 14, dans lequel l'étape de réalisation des éléments électroniques (23) du capteur matriciel infrarouge (20) est effectuée après l'étape de réalisation des éléments électroniques (42) de l'empilement de lecture (40).

[Fig. 1]

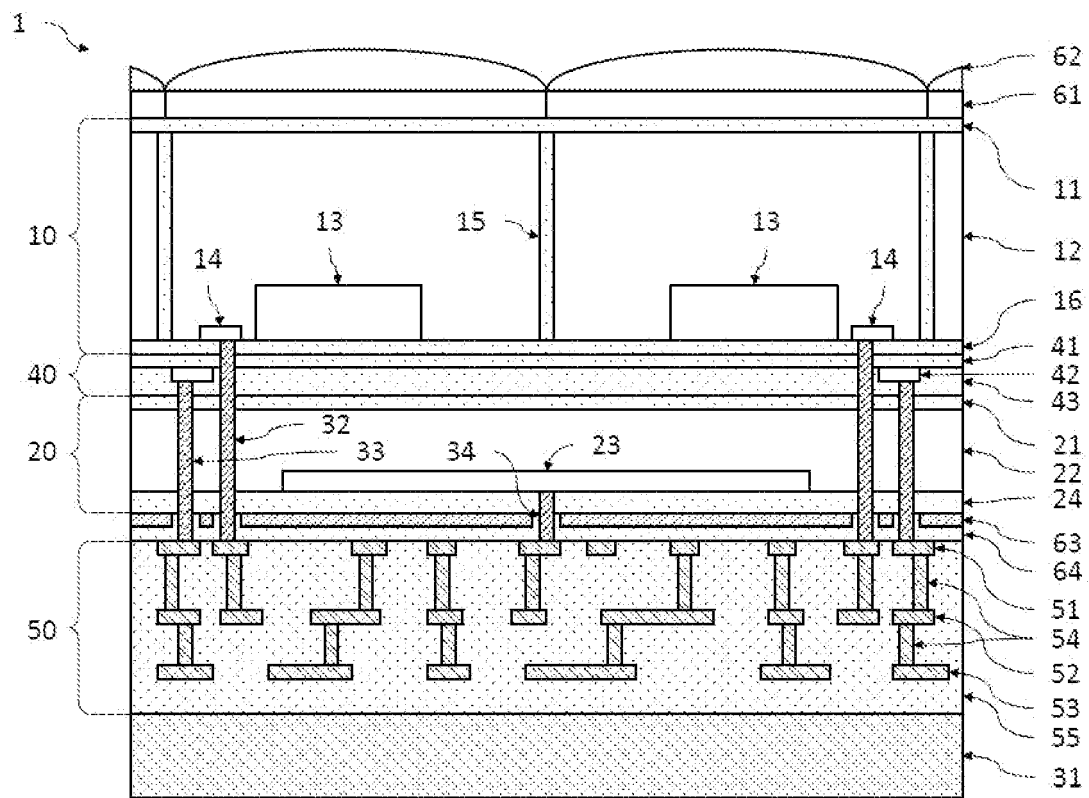


Fig.1

[Fig. 2A]

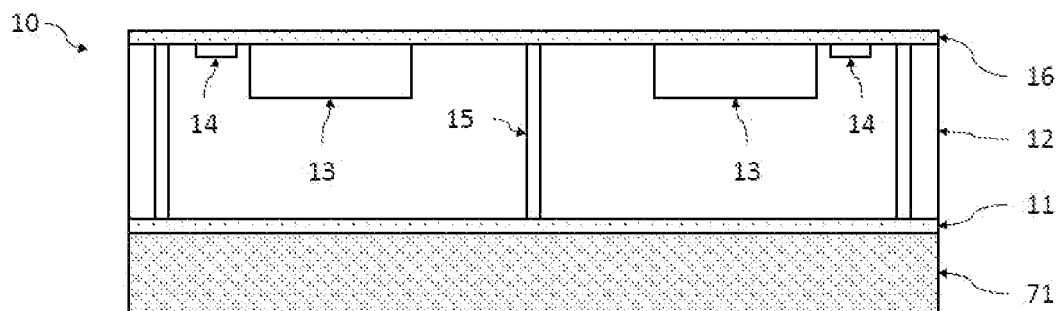


Fig.2A

[Fig. 2B]

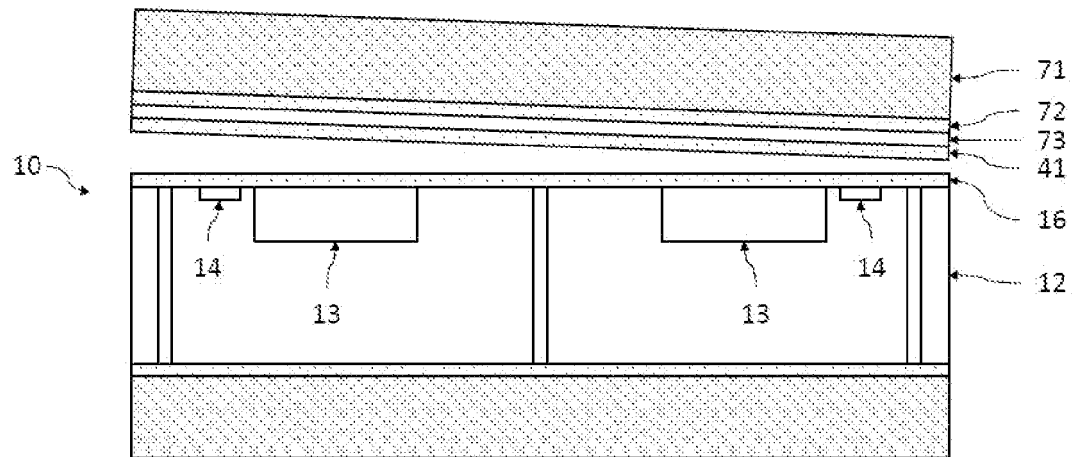


Fig.2B

[Fig. 2C]

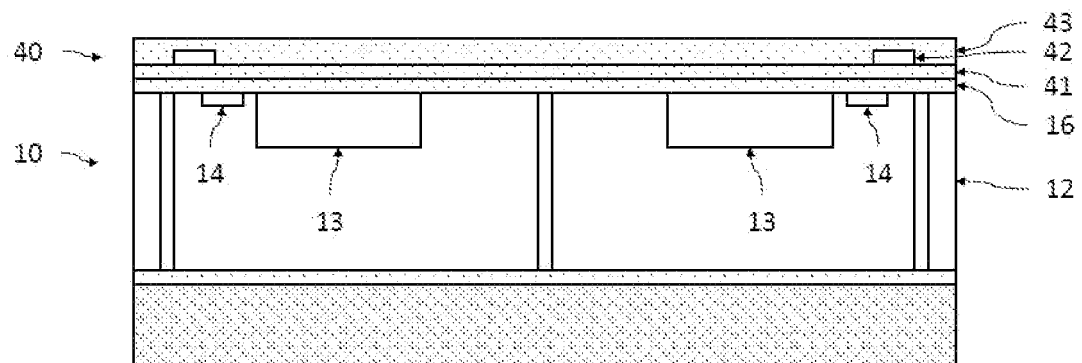


Fig.2C

[Fig. 2D]

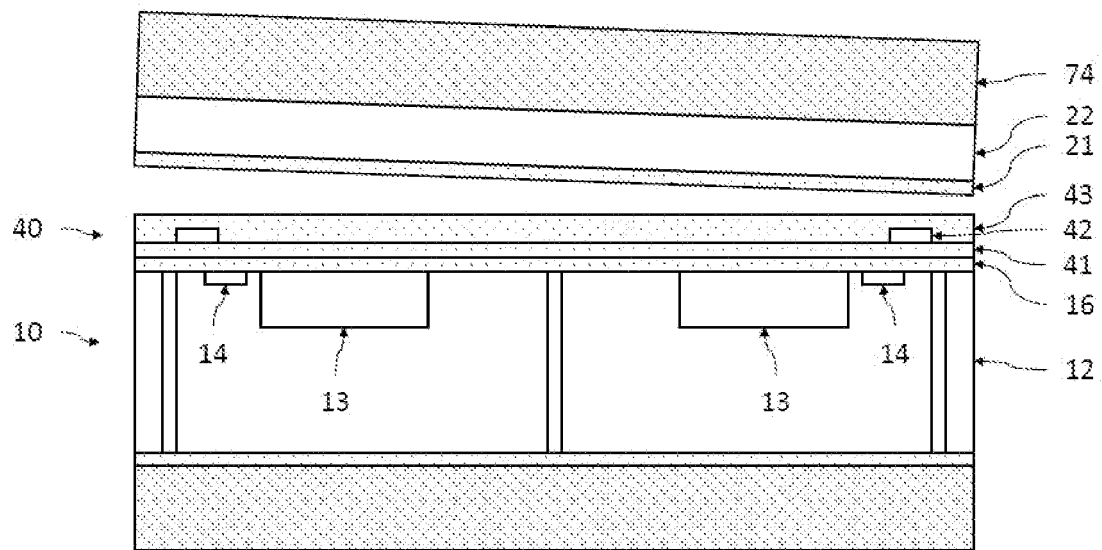


Fig.2D

[Fig. 2E]

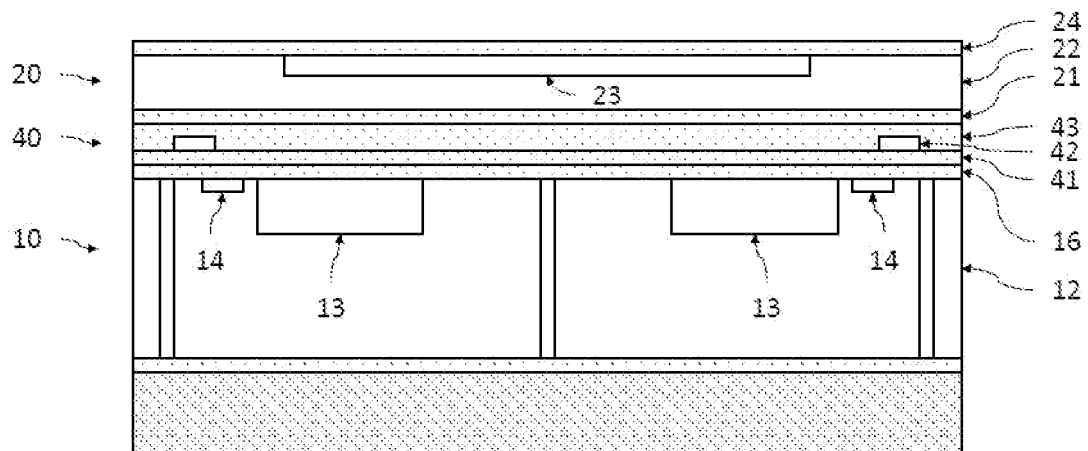


Fig.2E

[Fig. 2H]

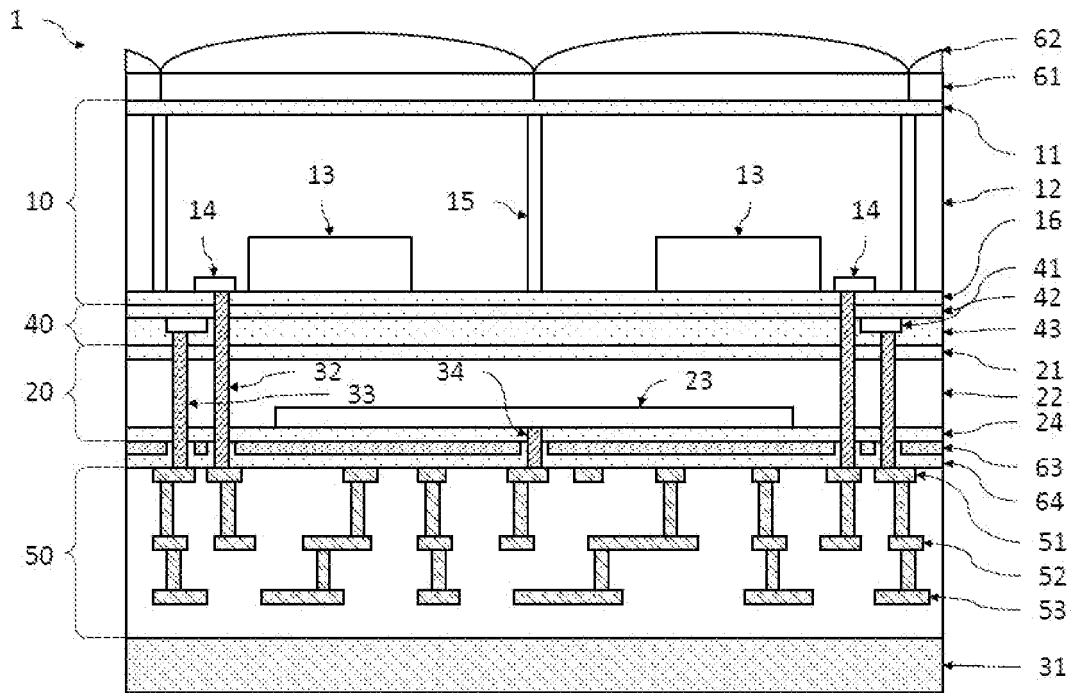


Fig.2H

[Fig. 3A]

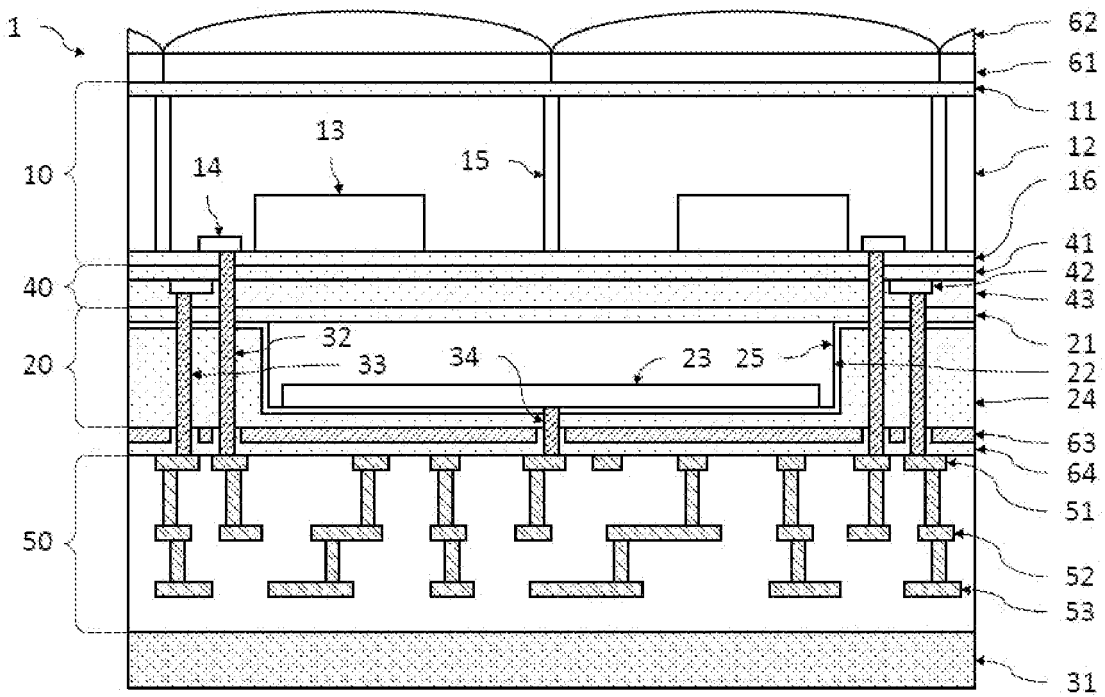


Fig.3A

[Fig. 3B]

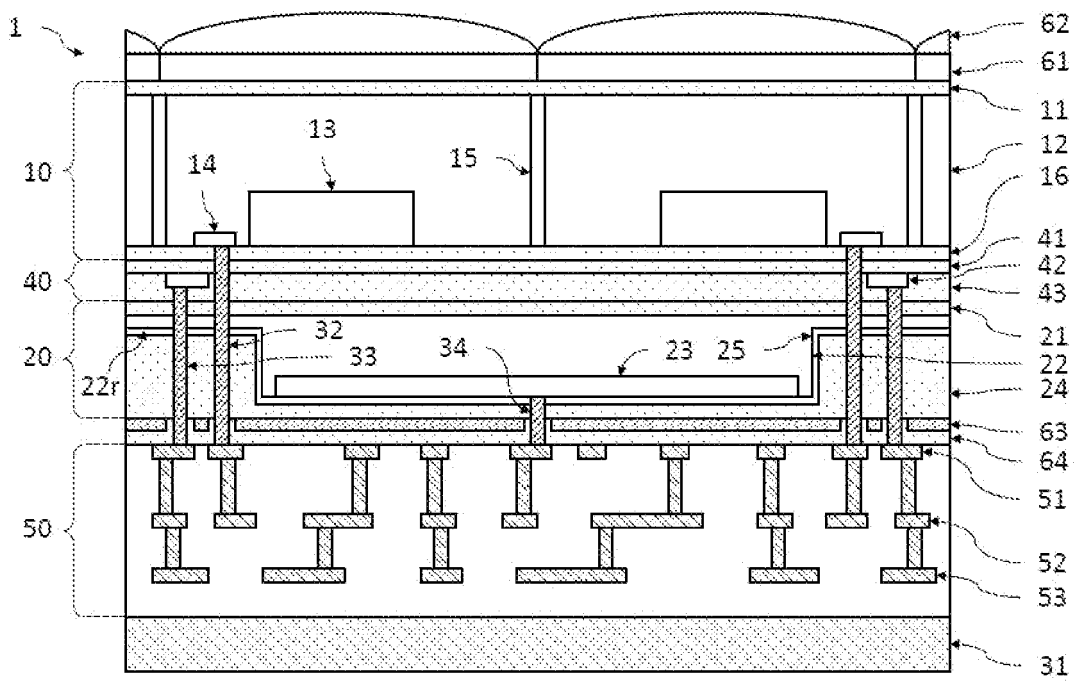


Fig.3B

[Fig. 4]

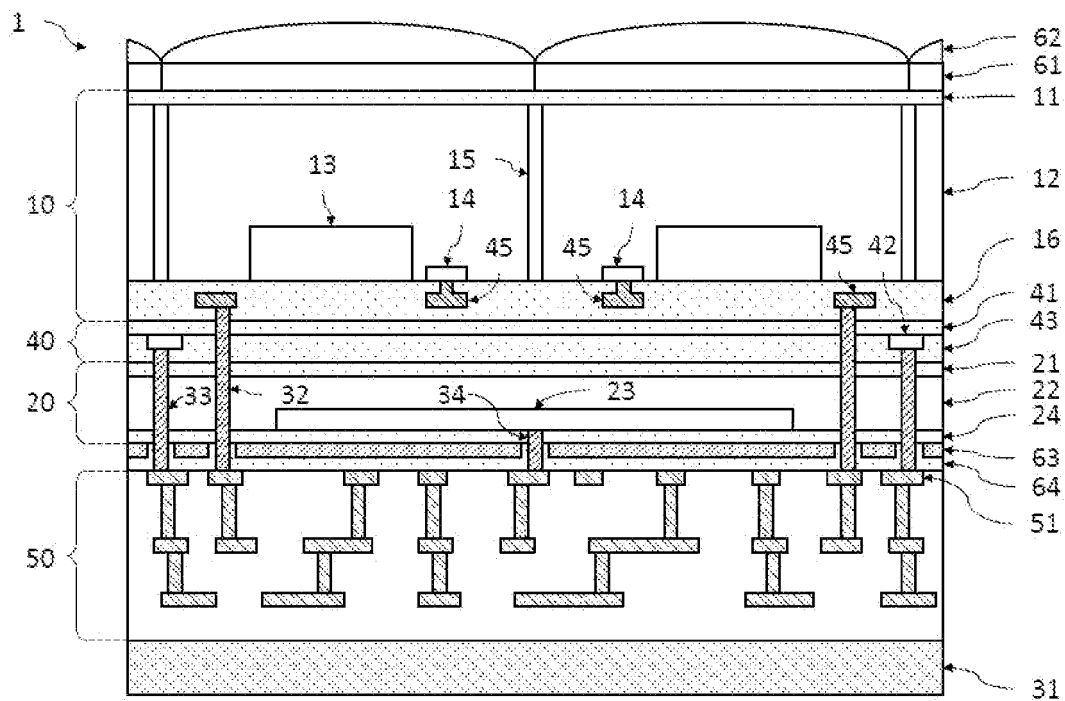


Fig.4

[Fig. 5]

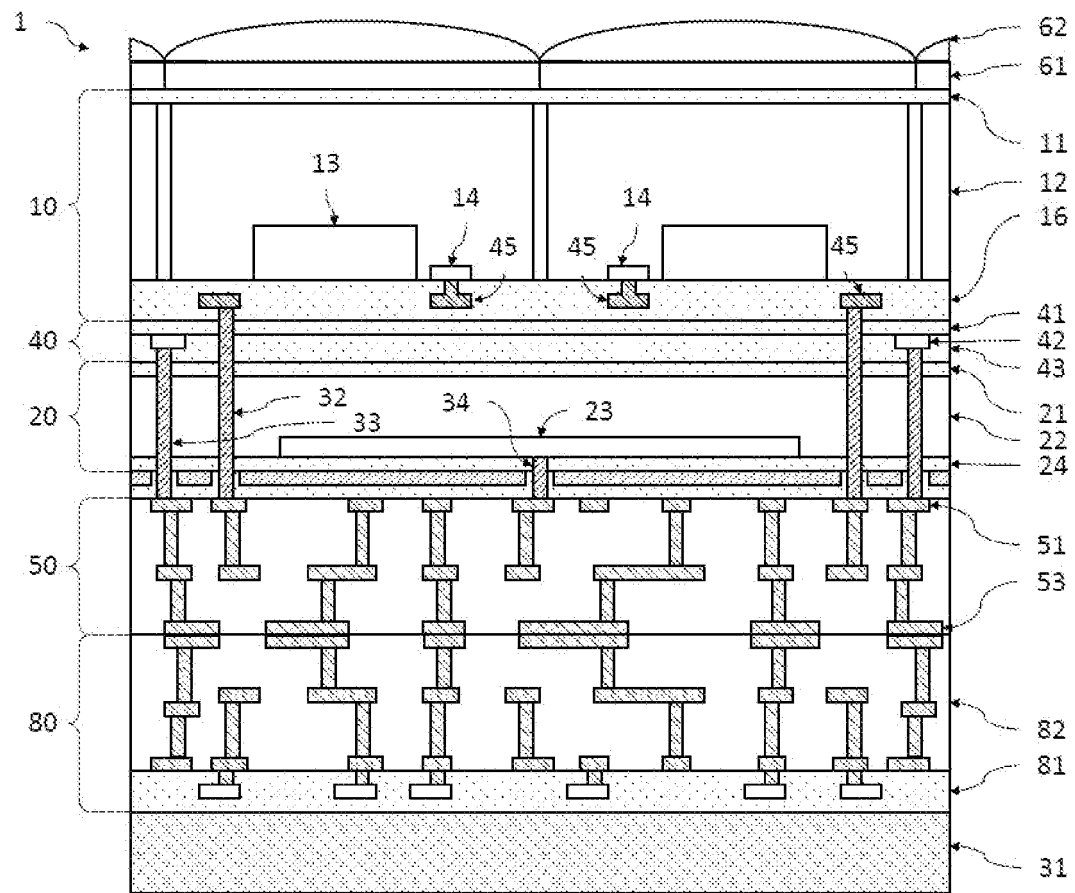


Fig.5

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 926456
FR 2311081

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 2017/133420 A1 (SILSBY CHRISTOPHER [US]) 11 mai 2017 (2017-05-11) * alinéas [0024] - [0037]; figure 2 * -----	1-15	H01L 27/146
A	US 2017/278826 A1 (SUGIZAKI TARO [JP] ET AL) 28 septembre 2017 (2017-09-28) * figures 14-15 * -----	1-15	
A	US 2017/077168 A1 (WAN CHUNG CHUN [US]) 16 mars 2017 (2017-03-16) * figures 1a, 1b, 3a-3i, 4a-4b * -----	1-15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 mai 2024		Cabrita, Ana	
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

FR 2311081 FA 926456

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 **14-05-2024**

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 2017133420	A1	11-05-2017	CN	206179866	U	17-05-2017
			US	2017133420	A1	11-05-2017
US 2017278826	A1	28-09-2017	CN	107078138	A	18-08-2017
			JP	6729381	B2	22-07-2020
			JP	WO2016056396	A1	03-08-2017
			US	2017278826	A1	28-09-2017
			WO	2016056396	A1	14-04-2016
US 2017077168	A1	16-03-2017	CN	106471621	A	01-03-2017
			DE	112015005719	T5	14-09-2017
			EP	3238274	A1	01-11-2017
			EP	3399553	A1	07-11-2018
			GB	2548186	A	13-09-2017
			US	2016181226	A1	23-06-2016
			US	2017077168	A1	16-03-2017
			US	2017373113	A1	28-12-2017
			US	2017373114	A1	28-12-2017
			WO	2016105658	A1	30-06-2016