

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 18.12.18.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.06.20 Bulletin 20/25.

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 simpli-
fiées — FR.

72 Inventeur(s) : ROBIN Ivan-Christophe, MERCIER
Frédéric, CHARBONNIER Matthieu et JEANNIN Olivier.

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

74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 Dispositif optoélectronique pour l'acquisition d'images selon plusieurs points de vue et/ou l'affichage
d'images selon plusieurs points de vue.

57 Dispositif optoélectronique pour l'acquisition
d'images selon plusieurs points de vue et/ou l'affichage
d'images selon plusieurs points de vue

La présente description concerne un dispositif optoélec-
tronique (10) d'affichage et/ou d'acquisition d'images en
multiscopie, comprenant un support (12), une matrice de cir-
cuits optoélectroniques (Pix) reposant sur le support et des
lentilles recouvrant les circuits optoélectroniques. Chaque
circuit optoélectronique comprend un nombre N de capteurs
photosensibles (25) adaptés à capter un pixel ou des pixels
d'une image d'une scène selon des points de vue différents
et/ou le nombre N de circuits d'affichage (30) adaptés à af-
ficher un pixel ou des pixels d'une image d'une scène selon
les points de vue différents, N étant un entier naturel supé-
rieur ou égal à 3.

Figure pour l'abrégé: Fig. 1



Description

Titre de l'invention : Dispositif optoélectronique pour l'acquisition d'images selon plusieurs points de vue et/ou l'affichage d'images selon plusieurs points de vue

Domaine technique

[0001] La présente description concerne de façon générale un dispositif optoélectronique pour l'acquisition d'images selon plusieurs de vue et/ou l'affichage d'images selon plusieurs points de vue.

Technique antérieure

[0002] Un exemple d'un dispositif d'acquisition d'un film en multiscopie, c'est-à-dire selon plusieurs points de vue, comprend une matrice de microlentilles disposées devant une seule caméra comprenant une matrice de capteurs photosensibles. Des images d'une scène selon différents points de vue sont alors captées de manière entrelacée.

[0003] Un exemple d'un dispositif d'affichage d'un film en multiscopie comprend des matrices entrelacées de pixels d'affichage. Des images d'une scène selon différents points de vue sont alors affichées de manière entrelacée.

[0004] Un inconvénient des dispositifs d'acquisition d'images en multiscopie et des dispositifs d'affichage d'images en multiscopie connus est que la connexion électrique des pixels d'affichage permettant l'affichage d'images entrelacées ou la connexion électrique des capteurs photosensibles permettant l'acquisition d'images entrelacées, correspondant à différents angles de vue, devient complexe dès que la résolution des images à acquérir ou à afficher est importante.

[0005] Un autre inconvénient des dispositifs d'acquisition d'images en multiscopie et des dispositifs d'affichage d'images en multiscopie est qu'un traitement des images acquises par le dispositif d'acquisition d'images en multiscopie est généralement nécessaire pour obtenir des images dans un format adapté pour leur affichage sur un dispositif d'affichage en multiscopie.

Résumé de l'invention

[0006] Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients des dispositifs optoélectroniques pour l'acquisition d'images en multiscopie et/ou l'affichage d'images en multiscopie connus.

[0007] Un mode de réalisation prévoit un dispositif optoélectronique pour l'acquisition d'images en multiscopie et/ou l'affichage d'images en multiscopie, pour lequel la connexion électrique des pixels d'affichage permettant l'affichage d'images entrelacées, ou la connexion électrique des capteurs photosensibles permettant l'acquisition d'images entrelacées, est simple.

- [0008] Un mode de réalisation prévoit un dispositif optoélectronique d'affichage et/ou d'acquisition d'images en multiscopie, comprenant un support, une matrice de circuits optoélectroniques reposant sur le support et des lentilles recouvrant les circuits optoélectroniques, chaque circuit optoélectronique comprenant un nombre N de capteurs photosensibles adaptés à capter un pixel ou des pixels d'une image d'une scène selon des points de vue différents et/ou le nombre N de circuits d'affichage adaptés à afficher un pixel ou des pixels d'une image d'une scène selon les points de vue différents, N étant un entier naturel supérieur ou égal à 3.
- [0009] Selon un mode de réalisation, chaque circuit optoélectronique comprend le nombre N de capteurs photosensibles adaptés à capter un pixel d'une image d'une scène selon des points de vue différents et le nombre N de circuits d'affichage adaptés à afficher un pixel d'une image d'une scène selon les points de vue différents.
- [0010] Selon un mode de réalisation, les capteurs photosensibles et/ou les circuits d'affichage sont disposés de façon matricielle.
- [0011] Selon un mode de réalisation, chaque circuit optoélectronique comprend les N circuits d'affichage et un circuit intégré fixé au support, les N circuits d'affichage étant fixés au circuit intégré, du côté du circuit intégré opposé au support.
- [0012] Selon un mode de réalisation, le circuit intégré comprend les N capteurs photosensibles.
- [0013] Selon un mode de réalisation, chaque circuit d'affichage comprend au moins une diode électroluminescente.
- [0014] Selon un mode de réalisation, chaque capteur photosensible comprend au moins une photodiode.
- [0015] Selon un mode de réalisation, chaque circuit optoélectronique est connecté à moins de 10 pistes conductrices électriquement.
- [0016] Un mode de réalisation prévoit également le procédé de fabrication du dispositif optoélectronique tel que défini précédemment.
- [0017] Selon un mode de réalisation, chaque circuit optoélectronique comprend les N circuits d'affichage et un circuit intégré fixé au support, les N circuits d'affichage étant fixés au circuit intégré, du côté du circuit intégré opposé au support, le procédé comprenant les étapes successives suivantes :
- a) formation d'une première plaquette comprenant plusieurs exemplaires du circuit intégré et formation d'une deuxième plaquette comprenant plusieurs exemplaires du circuit d'affichage ;
 - b) fixation de la deuxième plaquette à la première plaquette ;
 - c) séparation des circuits d'affichage dans la deuxième plaquette ; et
 - d) séparation des circuits intégrés dans la première plaquette.
- [0018] Selon un mode de réalisation, l'étape d) est précédée d'une étape e) de fixation des

circuits d'affichage à une poignée.

[0019] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend, entre les étapes e) et d), une étape d'aminçissement de la première plaquette.

[0020] Un mode de réalisation prévoit également l'utilisation du dispositif optoélectronique tel que défini précédemment, comprenant la fourniture par chaque circuit optoélectronique de premières données représentatives des pixels d'image captés par les N capteurs photosensibles dudit circuit optoélectronique et/ou la fourniture à chaque circuit optoélectronique de deuxièmes données représentatives des pixels de l'image à afficher par les N circuits d'affichage dudit circuit optoélectronique.

[0021] Selon un mode de réalisation, les circuits optoélectroniques sont agencés en rangées et en colonnes, et, pour chaque colonne, au moins l'un des circuits optoélectroniques de la colonne est adapté à recevoir des signaux et à transmettre au moins en partie lesdits signaux à un autre circuit optoélectronique de la colonne.

Brève description des dessins

[0022] 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 :

[0023] [fig.1]

la figure 1 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un dispositif d'acquisition et de projection d'images en multiscopie ;

[0024] [fig.2]

la figure 2 est une vue de dessus, partielle et schématique, du dispositif optoélectronique représenté sur la figure 1 ;

[0025] [fig.3]

la figure 3 est une vue schématique illustrant le principe de fonctionnement d'un écran d'affichage d'images en multiscopie ;

[0026] [fig.4]

la figure 4 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation plus détaillé du dispositif d'acquisition et de projection d'images en multiscopie représenté sur les figures 1 et 2 ;

[0027] [fig.5]

la figure 5 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un autre mode de réalisation plus détaillé du dispositif d'acquisition et de projection d'images en multiscopie représenté sur les figures 1 et 2 ;

[0028] [fig.6]

la figure 6 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un autre mode de réalisation plus détaillé du dispositif d'acquisition et de projection d'images en multiscopie

représenté sur les figures 1 et 2 ;

[0029] [fig.7]

la figure 7 représente des vues en coupe latérales 7A à 7E, partielles et schématiques, de structures obtenues à des étapes successives d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif optoélectronique représenté sur la figure 4 ;

[0030] [fig.8]

la figure 8 représente des vues en coupe latérales 8A à 8D, partielles et schématiques, de structures obtenues à des étapes successives ultérieures d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif optoélectronique représenté sur la figure 4 ;

[0031] [fig.9]

la figure 9 représente des vues en coupe latérales 9A à 9C, partielles et schématiques, de structures obtenues à des étapes successives ultérieures d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif optoélectronique représenté sur la figure 4 ;

[0032] [fig.10]

la figure 10 est un schéma illustrant un mode de réalisation des connexions électriques entre les pixels du dispositif optoélectronique représenté sur les figures 1 et 2 ;

[0033] [fig.11]

la figure 11 est un schéma illustrant un mode de réalisation d'un procédé de commande d'un pixel du dispositif optoélectronique représenté en figure 10 ;

[0034] [fig.12]

la figure 12 est un schéma illustrant un autre mode de réalisation d'un procédé de commande d'un pixel du dispositif optoélectronique représenté en figure 10 ;

[0035] [fig.13]

la figure 13 est un schéma illustrant un autre mode de réalisation d'un procédé de commande d'un pixel du dispositif optoélectronique représenté en figure 10 ;

[0036] [fig.14]

la figure 14 représente sous la forme d'un schéma par blocs un mode de réalisation d'un pixel du dispositif représenté sur les figures 1 et 2 ; et

[0037] [fig.15]

la figure 15 illustre un mode de réalisation d'un procédé de commande des pixels du dispositif représenté sur les figures 1 et 2.

Description des modes de réalisation

[0038] 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.

- [0039] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, la structure d'une diode électroluminescente est bien connue de l'homme de l'art et n'est pas décrite en détail.
- [0040] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés ou couplés entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés ou couplés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.
- [0041] 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 un dispositif optoélectronique dans une position normale d'utilisation.
- [0042] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près. En outre, on appelle "zone active" ou "couche active" d'une diode électroluminescente la région de la diode électroluminescente depuis laquelle est émise la majorité du rayonnement électromagnétique fourni par la diode électroluminescente. De plus, on appelle "signal binaire" un signal qui alterne entre un premier état constant, par exemple un état bas, noté "0", et un deuxième état constant, par exemple un état haut, noté "1". Les états haut et bas de signaux binaires différents d'un même circuit électronique peuvent être différents. En pratique, les signaux binaires peuvent correspondre à des tensions ou à des courants qui peuvent ne pas être parfaitement constants à l'état haut ou bas. Dans la suite de la description, une couche transparente est une couche qui est transparente aux rayonnements émis par le dispositif optoélectronique ou aux rayonnements captés par le dispositif optoélectronique.
- [0043] Un pixel d'une image correspond à l'élément unitaire de l'image affichée par un dispositif optoélectronique d'affichage. Lorsque le dispositif optoélectronique est un écran d'affichage d'images couleur, il comprend en général pour l'affichage de chaque pixel de l'image au moins trois composants, également appelés sous-pixels d'affichage, qui émettent chacun un rayonnement lumineux sensiblement dans une seule couleur (par exemple, le rouge, le vert et le bleu). La superposition des rayonnements émis par ces trois sous-pixels d'affichage fournit à l'observateur la sensation colorée correspondant au pixel de l'image affichée. Dans ce cas, on appelle pixel d'affichage du dispositif optoélectronique l'ensemble formé par les trois sous-pixels d'affichage utilisés pour l'affichage d'un pixel d'une image.

- [0044] Les figures 1 et 2 représentent un mode de réalisation d'un dispositif optoélectronique 10 d'acquisition et d'affichage d'images en multiscopie comprenant des pixels d'affichage et d'acquisition, quatre pixels d'affichage et d'acquisition étant représentés en figure 1 et douze pixels d'affichage et d'acquisition étant représentés en figure 2. La figure 1 est une coupe de la figure 2 selon la ligne II-II et la figure 2 est une vue de dessus de la figure 1.
- [0045] Le dispositif 10 comprend du bas vers le haut en figure 1 :
- un support 12 comprenant des faces inférieure et supérieure opposées 14, 16, de préférence parallèles ;
 - des pixels d'affichage et d'acquisition Pix, également appelés circuits de pixel d'affichage et d'acquisition par la suite, reposant sur la face supérieure 16, répartis par exemple en rangées et en colonnes, trois rangées et quatre colonnes étant représentées en figure 2 ; et
 - des microlentilles 18, non représentées en figure 2, recouvrant les pixels Pix.
- [0046] Les microlentilles 18 peuvent être des microlentilles cylindriques ou sphériques, chaque microlentille 18 recouvrant par exemple une colonne de pixels Pix, deux colonnes adjacentes de pixels Pix ou plus de deux colonnes adjacentes de pixels Pix. De préférence, chaque microlentille 18 est une lentille cylindrique recouvrant une colonne de pixels Pix ou deux colonnes adjacentes de pixels Pix. A titre de variante, chaque microlentille 18 peut recouvrir seulement un groupe de pixels Pix adjacents d'une même colonne, de deux colonnes adjacentes ou de plus de deux colonnes adjacentes de pixels. Selon un mode de réalisation, chaque microlentille 18 recouvre un seul pixel Pix.
- [0047] Chaque pixel Pix comprend du bas vers le haut en figure 1 :
- [0048] - un premier circuit optoélectronique 20, appelé circuit de commande et d'acquisition par la suite, comprenant une face inférieure 22 faisant face au support 12 et une face supérieure 24 opposée à la face inférieure 22, les faces 22, 24 étant de préférence parallèles, le circuit de commande et d'acquisition 20 comprenant des capteurs photosensibles 25 du côté de la face supérieure, chaque capteur photosensible 25 comprenant par exemple des photodiodes ou des photorésistances, quatre capteurs photosensibles 25 étant représentés par pixel Pix en figure 2 ; et
- des deuxième circuits optoélectroniques 30, appelé circuits d'affichage par la suite, fixés à la face supérieure 24 du circuit de commande et d'acquisition 20, quatre circuits d'affichage 30 étant représentés par pixel Pix en figure 2, chaque circuit d'affichage 30 comprenant des sources lumineuses, non représentées, les circuits d'affichage 30 pouvant être intégrés dans un unique circuit optoélectronique.
- [0049] Selon un mode de réalisation, chaque pixel Pix comprend une matrice de pixels élémentaires EPix, chaque pixel élémentaire EPix comprenant un circuit d'affichage 30

pour l'affichage d'un pixel d'une image d'une scène selon un point de vue donné et un capteur photosensible 25 pour l'acquisition du pixel d'une image d'une scène selon le même point de vue donné. Pour chaque pixel Pix, les pixels élémentaires EPix du pixel Pix sont associés à des points de vue différents. Selon un mode de réalisation, chaque pixel Pix comprend une matrice d'au moins deux rangées et d'au moins deux colonnes de pixels élémentaires EPix, de préférence d'au moins cinq colonnes et d'au moins cinq rangées de pixels élémentaires.

[0050] La figure 3 est une vue de dessus illustrant, de façon très schématique, le principe de fonctionnement du dispositif optoélectronique 10 pour l'affichage d'images en auto-multiscopie. Des images d'une scène selon différents points de vue sont affichées de façon entrelacée par le dispositif optoélectronique 10. En figure 3, on a représentée de façon schématique une rangées de pixel Pix dans laquelle les circuits d'affichage de premiers pixels élémentaires EPix1, dont les hachures ont une même première orientation, affichent des pixels d'une image selon un premier point de vue et des circuits d'affichage de deuxièmes pixels élémentaires EPix2, dont les hachures ont une même deuxième orientation, affichent des pixels d'une image selon un deuxième point de vue. Les microlentilles 18 sont conformées et disposées de façon que les rayons lumineux émis par les circuits d'affichage des premiers pixels élémentaires EPix1 atteignent seulement l'oeil gauche d'un observateur et que les rayons lumineux émis par les circuits d'affichage des deuxièmes pixels élémentaires EPix2 atteignent seulement l'oeil droit de l'observateur, lorsque l'observateur est à un emplacement donné par rapport au dispositif optoélectronique 10. Un effet de relief est alors perçu par l'observateur. En pratique, des images correspondant à plus de deux points de vue peuvent être affichées simultanément de façon entrelacée pour que l'observateur continue à percevoir des images en relief tout en se déplaçant par rapport au dispositif optoélectronique 10.

[0051] Lors d'une étape d'acquisition d'images d'une scène, les capteurs photosensibles des pixels élémentaires des pixels Pix sont activés. L'agencement et la conformation des microlentilles 18 fait que des images de la même scène selon différents points de vue sont acquises simultanément par les capteurs photosensibles des pixels élémentaires des pixels Pix. A titre d'exemple, en relation avec la figure 3, les rayons lumineux captés par les capteurs photosensibles des premiers pixels élémentaires EPix1 correspondent à des pixels d'une image d'une scène selon un premier point de vue et les rayons lumineux captés par les capteurs photosensibles des deuxièmes pixels élémentaires EPix2 correspondent à des pixels d'une image de la scène selon un deuxième point de vue.

[0052] Un avantage du dispositif optoélectronique 10 est que les images acquises en multiscopie par le dispositif optoélectronique 10 peuvent être affichés de façon simple par

le même dispositif optoélectronique 10 ou par un dispositif optoélectronique de même structure. En effet, il n'y a pas de traitement à prévoir pour l'affichage, par le dispositif optoélectronique 10, des images acquises en multiscopie par le même dispositif optoélectronique 10 et les signaux fournis par les pixels élémentaires de chaque pixel pour l'acquisition d'images en multiscopie peuvent être fournis directement aux mêmes pixels élémentaires pour l'affichage d'images en multiscopie. Sans utiliser exactement le même dispositif, les données captées par le dispositif 10 peuvent être affichées par n'importe quel écran fonctionnant par affichage de différents angles de vue.

- [0053] Un autre avantage du dispositif optoélectronique 10 est que le champ de vue pouvant être capté par le dispositif optoélectronique peut être important.
- [0054] Selon un mode de réalisation, lors de l'affichage d'un film en multiscopie, les capteurs photosensibles 25 peuvent être en outre utilisés pour déterminer la position des yeux de l'observateur qui regarde les images affichées en multiscopie. Ceci peut être utilisé pour adapter les images affichées en multiscopie en tenant compte de la position des yeux de l'observateur, par exemple pour activer seulement les circuits d'affichage 30 émettant des rayons en direction des yeux de l'observateur. Cela permet de limiter le flux de données à traiter/envoyer, et diminue ainsi la consommation électrique.
- [0055] Selon un mode de réalisation, lorsque les images acquises en multiscopie par le dispositif 10 doivent être affichées sur un écran d'affichage qui n'est pas adapté à l'affichage d'images en multiscopie, on peut afficher une image sans relief avec la possibilité d'ajuster le plan de mise au point de l'image.
- [0056] Selon un mode de réalisation, chaque circuit d'affichage 30 comprend au moins une diode électroluminescente. Dans le cas où chaque circuit d'affichage 30 comprend deux diodes électroluminescentes ou plus de deux diodes électroluminescentes, les zones actives de toutes les diodes électroluminescentes du circuit d'affichage 30 émettent de préférence un rayonnement lumineux sensiblement à la même longueur d'onde.
- [0057] Chaque diode électroluminescente peut correspondre à une diode électroluminescente dite bidimensionnelle comprenant un empilement de couches semiconductrices sensiblement planes incluant la zone active. Chaque diode électroluminescente peut comprendre au moins une diode électroluminescente tridimensionnelle à structure radiale comprenant une coque semiconductrice recouvrant un élément semiconducteur tridimensionnel, notamment un microfil, un nanofil, un cône, un tronc de cône, une pyramide ou une pyramide tronquée, la coque étant formée d'un empilement de couches semiconductrices non planes incluant la zone active. Des exemples de telles diodes électroluminescentes sont décrits dans les demandes de brevet US2014/0077151 et US2016/0218240. Chaque diode électroluminescente peut comprendre au moins une diode électroluminescente tridimensionnelle à structure

axiale dans laquelle la coque est située dans le prolongement axial de l'élément semi-conducteur.

- [0058] Pour chaque pixel Pix, les circuits d'affichage 30, qui peuvent être intégrés dans un unique circuit d'affichage, peuvent être fixés au circuit de commande et d'acquisition 20 par collage direct, par exemple par collage moléculaire hétérogène. Cette connexion assure la liaison mécanique entre chaque circuit d'affichage 30 et le circuit de commande et d'acquisition 20 et assure, en outre, la connexion électrique de la diode électroluminescente ou des diodes électroluminescentes du circuit d'affichage 30 au circuit de commande et d'acquisition 20. A titre de variante, le circuit d'affichage ou les circuits d'affichage 30 peuvent être fixés au circuit de commande et d'acquisition 20 par une liaison de type "Flip-Chip". Des éléments conducteurs fusibles, par exemple des billes de soudure ou des billes d'indium, peuvent alors relier chaque circuit d'affichage 30 au circuit de commande et d'acquisition 20.
- [0059] Selon un mode de réalisation, chaque pixel élémentaire EPix est adapté à émettre un premier rayonnement à une première longueur d'onde et un deuxième rayonnement à une deuxième longueur d'onde. Selon un mode de réalisation, chaque pixel élémentaire EPix est, en outre, adapté à émettre un troisième rayonnement à une troisième longueur d'onde. Les première, deuxième et troisième longueurs d'ondes peuvent être différentes. Selon un mode de réalisation, la première longueur d'onde correspond à de la lumière bleue et est dans la plage de 430 nm à 490 nm. Selon un mode de réalisation, la deuxième longueur d'onde correspond à de la lumière verte et est dans la plage de 510 nm à 570 nm. Selon un mode de réalisation, la troisième longueur d'onde correspond à de la lumière rouge et est dans la plage de 600 nm à 720 nm.
- [0060] Selon un mode de réalisation, chaque pixel élémentaire EPix est, en outre, adapté à émettre un quatrième rayonnement à une quatrième longueur d'onde. Les première, deuxième, troisième et quatrième longueurs d'ondes peuvent être différentes. Selon un mode de réalisation, la quatrième longueur d'onde correspond à de la lumière jaune et est dans la plage de 570 nm à 600 nm. Selon un autre mode de réalisation, le quatrième rayonnement correspond à un rayonnement dans le proche infrarouge, notamment à une longueur d'onde entre 700 nm et 980 nm, à un rayonnement ultraviolet, ou à de la lumière blanche.
- [0061] Selon un mode de réalisation, chaque pixel élémentaire EPix est adapté à capter un cinquième rayonnement à une cinquième longueur d'onde et un sixième rayonnement à une sixième longueur d'onde. Selon un mode de réalisation, chaque pixel élémentaire EPix est, en outre, adapté à capter un septième rayonnement à une septième longueur d'onde. Les cinquième, sixième et septième longueurs d'ondes peuvent être différentes. Selon un mode de réalisation, la cinquième longueur d'onde correspond à la première longueur d'onde décrite précédemment, c'est-à-dire à de la lumière bleue dans

la plage de 430 nm à 490 nm. Selon un mode de réalisation, la sixième longueur d'onde correspond à la deuxième longueur d'onde décrite précédemment, c'est-à-dire à de la lumière verte dans la plage de 510 nm à 570 nm. Selon un mode de réalisation, la septième longueur d'onde correspond à la troisième longueur d'onde décrite précédemment, c'est-à-dire à de la lumière rouge dans la plage de 600 nm à 720 nm.

[0062] Selon un mode de réalisation, chaque pixel élémentaire EPix est, en outre, adapté à capter un huitième rayonnement à une huitième longueur d'onde. Les cinquième, sixième, septième et huitième longueurs d'ondes peuvent être différentes. Selon un mode de réalisation, la huitième longueur d'onde correspond à la quatrième longueur d'onde décrite précédemment, c'est-à-dire à de la lumière jaune dans la plage de 570 nm à 600 nm, à un rayonnement dans le proche infrarouge, notamment à une longueur d'onde entre 700 nm et 980 nm, ou à un rayonnement ultraviolet.

[0063] La figure 4 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation plus détaillé du dispositif 10 d'acquisition et d'affichage d'images en multiscopie représenté sur les figures 1 et 2. Dans le présent mode de réalisation, le dispositif 10 comprend du bas vers le haut en figure 4 :

- le support 12 ;
- des électrodes 32 en un matériau conducteur électriquement reposant sur la face supérieure 16, quatre électrodes 32 par pixel Pix étant représentées en figure 4 ;
- les pixels Pix, reposant sur les électrodes 32 et au contact des électrodes 32, deux pixels Pix étant représentés en figure 4, chaque pixel Pix comprenant deux pixels élémentaires EPix ;
- une couche d'encapsulation 34, isolante électriquement, recouvrant le support 12 entre les pixels Pix et recouvrant les pixels Pix ; et
- les microlentilles 18.

[0064] De façon générale, chaque pixel Pix peut comprendre plus de deux pixels élémentaires EPix. Selon un mode de réalisation, les pixels élémentaires EPix ont sensiblement la même structure, chaque pixel élémentaire EPix comprenant un circuit d'affichage 30 et une partie du circuit de commande et d'acquisition 20 comprenant notamment un capteur photosensible 25.

[0065] Pour chaque pixel Pix, la face inférieure 22 du circuit de commande et d'acquisition 20 est fixée aux électrodes 32, et est par exemple délimitée par des plots conducteurs électriquement 36 reliés électriquement aux électrodes 32. Le circuit de commande et d'acquisition 20 comprend en outre des plots conducteurs électriquement 38 du côté de la face supérieure 24. Les plots conducteurs 38 peuvent être séparés latéralement par une couche isolante électriquement 39. Le circuit de commande et d'acquisition 20 comprend en outre, pour chaque pixel élémentaire EPix, le capteur photosensible 25 du côté de la face supérieure 24, chaque capteur photosensible 25 comprenant de

préférence au moins trois photodiodes PH. Le circuit de commande et d'acquisition 20 comprend, en outre, des transistors, non représentés, du côté de la face supérieure 24. Le circuit de commande et d'acquisition 20 comprend des vias conducteurs 40 traversants qui relient les plots conducteurs 36 à des régions semiconductrices du circuit de commande et d'acquisition situées du côté de la face supérieure 24 ou à certains des plots 38. A titre d'exemple, en figure 4, on a représenté, pour chaque pixel élémentaire EPix, un premier via 40 reliant l'un des plots 36 aux photodiodes PH et un deuxième via 40 reliant un autre plot 36 à l'un des plots 38.

[0066] Pour chaque pixel élémentaire EPix, le circuit d'affichage 30 est fixé à la face supérieure 24 du circuit de commande et d'acquisition 20 du pixel Pix. Chaque circuit d'affichage 30 comprend un empilement 42 de couches semiconductrices formant les diodes électroluminescentes LED, de préférence au moins trois diodes électroluminescentes. Chaque circuit d'affichage 30 est relié électriquement au circuit de commande et d'acquisition 20 par des plots conducteurs électriquement 44 au contact des plots conducteurs 38. Chaque circuit d'affichage 30 comprend des blocs photoluminescents 46 recouvrant les diodes électroluminescentes LED du côté opposé au circuit de commande et d'acquisition 20 et séparés latéralement par des murs 48. De préférence, chaque bloc photoluminescent 46 est en vis-à-vis de l'une des diodes électroluminescentes LED. En figure 4, les diodes électroluminescentes LED et les blocs photoluminescents 46 de chaque pixel élémentaire EPix ont été représentés de façon alignée. Toutefois, il est clair que la disposition des diodes électroluminescentes LED et des blocs photoluminescents 46 peut être différente. A titre d'exemple, chaque circuit d'affichage 30 peut comprendre quatre diodes électroluminescentes réparties, en vue de dessus, aux coins d'un carré.

[0067] Dans le présent mode de réalisation, chaque diode électroluminescente LED correspond à une diode électroluminescente dite bidimensionnelle comprenant un empilement de couches semiconductrices sensiblement planes, dont la zone active. Selon un mode de réalisation, toutes les diodes électroluminescentes LED d'un pixel élémentaire EPix émettent de préférence un rayonnement lumineux sensiblement à la même longueur d'onde.

[0068] Plus précisément, l'empilement 42 comprend, pour chaque diode électroluminescente LED, une couche semiconductrice 50 dopée d'un premier type de conductivité, par exemple dopée de type P, au contact d'un plot conducteur 44, une couche active 52 au contact de la couche semiconductrice 50 et une couche semiconductrice 54 dopée d'un deuxième type de conductivité opposé au premier type de conductivité, par exemple dopée de type N, au contact de la couche active 52. Le circuit d'affichage 30 comprend, en outre, une couche semiconductrice 56 au contact des couches semiconductrices 52 de toutes les diodes électroluminescentes LED et sur laquelle repose les murs 48 et les

blocs photoluminescents 46. La couche semiconductrice 56 est, par exemple, du même matériau que les couches semiconductrices 54. Selon un mode de réalisation, chaque circuit d'affichage 30 comprend, pour chaque diode électroluminescente LED, un plot conducteur 44 reliant la couche semiconductrice 50 de la diode électroluminescente LED au circuit de commande et d'acquisition 20, et au moins un plot conducteur 44 reliant la couche semiconductrice 56 directement au circuit de commande et d'acquisition 20.

- [0069] Pour chaque diode électroluminescente LED, la couche active 52 peut comporter des moyens de confinement. A titre d'exemple, la couche active 52 peut comprendre un puits quantique unique. Elle comprend alors un matériau semiconducteur différent du matériau semiconducteur formant les couches semiconductrices 50 et 54 et ayant une bande interdite inférieure à celle du matériau formant les couches semiconductrices 50 et 54. La couche active 52 peut comprendre des puits quantiques multiples. Elle comprend alors un empilement de couches semiconductrices formant une alternance de puits quantiques et de couches barrières.
- [0070] Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 46 est situé en vis-à-vis de l'une des diodes électroluminescentes LED. Chaque bloc photoluminescent 46 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. Selon un mode de réalisation, chaque pixel Pix comprend au moins deux types de blocs photoluminescents 46. Le bloc photoluminescent 46 du premier type est adapté à convertir le rayonnement fourni par les diodes électroluminescentes LED pour émettre le premier rayonnement à la première longueur d'onde et le bloc photoluminescent 46 du deuxième type est adapté à convertir le rayonnement fourni par les diodes électroluminescentes LED pour émettre le deuxième rayonnement à la deuxième longueur d'onde. Selon un mode de réalisation, chaque pixel Pix comprend au moins trois types de blocs photoluminescents 46, le bloc photoluminescent 46 du troisième type étant adapté à convertir le rayonnement fourni par les diodes électroluminescentes LED pour émettre le troisième rayonnement à la troisième longueur d'onde.
- [0071] Le circuit de commande et d'acquisition 20 d'un pixel Pix peut comprendre des composants électroniques, dont les photodiodes PH, et notamment des transistors, non représentés, utilisés pour la commande des diodes électroluminescentes LED et des photodiodes PH des pixels élémentaires EPix du pixel Pix. Chaque circuit de commande et d'acquisition 20 peut comprendre un substrat semiconducteur dans lequel et/ou sur lequel sont formés les composants électroniques. La face inférieure 22 du circuit de commande et d'acquisition 20 peut alors correspondre à la face arrière du

substrat opposée à la face avant 24 du substrat du côté de laquelle sont formés les composants électroniques. Le substrat semiconducteur est, par exemple, un substrat en silicium, notamment en silicium monocristallin. La structure de photodiodes est bien connue de l'homme du métier et n'est pas décrite plus en détail par la suite.

- [0072] Selon un mode de réalisation, les circuits d'affichage 30 comprennent seulement des diodes électroluminescentes et des éléments de connexion de ces diodes électroluminescentes, et les circuits de commande et d'acquisition 20 comprennent la totalité des composants électroniques nécessaires à la commande des diodes électroluminescentes des circuits d'affichage 30. Selon un autre mode de réalisation, les circuits d'affichage 30 peuvent également comprendre d'autres composants électroniques en plus des diodes électroluminescentes.
- [0073] Le dispositif optoélectronique 10 peut comprendre de 10 à 10^9 pixels Pix. Chaque pixel Pix peut occuper en vue de dessus une surface comprise entre $1\text{ }\mu\text{m}^2$ et 100 mm^2 . L'épaisseur de chaque pixel Pix peut être comprise entre $1\text{ }\mu\text{m}$ et 6 mm . L'épaisseur de chaque circuit de commande et d'acquisition 20 peut être comprise entre $0,5\text{ }\mu\text{m}$ et $3000\text{ }\mu\text{m}$. L'épaisseur de chaque circuit d'affichage 30 peut être comprise entre $0,2\text{ }\mu\text{m}$ et $3000\text{ }\mu\text{m}$.
- [0074] Dans le présent mode de réalisation, toutes les connexions électriques du pixel Pix vers l'extérieur sont réalisées du côté de la face inférieure 22 du circuit de commande et d'acquisition 20. De ce fait, le nombre d'électrodes 32 dépend du nombre de connexions électriques vers l'extérieur nécessaires au fonctionnement du pixel Pix.
- [0075] Les microlentilles 18 peuvent correspondre à des lentilles cylindriques, par exemple plan convexe ou à des lentilles sphériques plan convexe. Selon un mode de réalisation, les pixels Pix peuvent être agencés de façon que chaque pixel Pix soit sensiblement situé dans le plan focal de la microlentille 18 qui lui est associé. Selon un mode de réalisation, chaque pixel Pix est sensiblement centré au point focal de la microlentille 18 qui lui est associée. A titre de variante, la position relative entre le pixel Pix et la microlentille 18 qui lui est associée peut varier en fonction de la position du pixel dans la matrice de pixels du dispositif optoélectronique. En particulier, même si le pixel Pix est disposé sensiblement dans le plan focal de la microlentille 18 qui lui est associée, on peut prévoir un écart entre la position du pixel Pix et le point focal de la microlentille 18, cet écart augmentant par exemple lorsqu'on s'éloigne de centre du dispositif optoélectronique 10. Cet écart va permettre d'émettre/de collecter selon différents angles.
- [0076] Le support 12 peut être en un matériau isolant électriquement, comprenant par exemple un polymère, notamment une résine époxy, et en particulier le matériau FR4 utilisé pour la fabrication de circuits imprimés, ou en un matériau métallique, par exemple de l'aluminium. L'épaisseur du support 12 peut être comprise entre $10\text{ }\mu\text{m}$ et

10 mm.

- [0077] Chaque électrode 32 correspond, de préférence à une bande métallique, par exemple en aluminium, en argent, en cuivre ou en zinc. L'épaisseur de chaque électrode 32 peut être comprise entre 0,5 μm et 1000 μm .
- [0078] La couche isolante 39 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 (SiO_xN_y où x peut être environ égal à 1/2 et y peut être environ égal à 1, par exemple du Si_2ON_2), en oxyde d'aluminium (Al_2O_3), ou en oxyde d'hafnium (HfO_2). L'épaisseur de la couche isolante 39 peut être comprise entre 0,2 μm et 1000 μm .
- [0079] Chaque plot conducteur 36, 38, 44 peut être au moins en partie en un matériau choisi dans le groupe comprenant par exemple le cuivre, le titane, le nickel, l'or, l'étain, l'aluminium et les alliages d'au moins deux de ces composés.
- [0080] Les couches semiconductrices 50, 54, 56 et les couches composant la couche active 52 sont, au moins en partie, formées à partir d'au moins un matériau semiconducteur. Le matériau semiconducteur est choisi parmi le groupe comprenant les composés III-V, par exemple un composé III-N, les composés II-VI ou les semiconducteurs ou composés du groupe IV. 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. 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. Des exemples de matériaux semiconducteurs du groupe IV sont le silicium (Si), le carbone (C), le germanium (Ge), les alliages de carbure de silicium (SiC), les alliages silicium-germanium (SiGe) ou les alliages de carbure de germanium (GeC).
- [0081] Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 46 comprend des particules d'au moins un matériau photoluminescent. Un exemple d'un matériau photoluminescent est le grenat d'yttrium et d'aluminium (YAG) activé par l'ion cérium trivalent, également appelé YAG:Ce ou YAG:Ce³⁺. La taille moyenne des particules des matériaux photoluminescents classiques est généralement supérieure à 5 μm .
- [0082] Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 46 comprend une matrice dans laquelle sont dispersées des particules monocristallines de taille nanométrique d'un matériau semiconducteur, également appelées nanocristaux semicon-

ducteurs ou particules de nanoluminophores par la suite. Le rendement quantique interne QY_{int} d'un matériau photoluminescent est égal au rapport entre le nombre de photons émis et le nombre de photons absorbés par la substance photoluminescente. Le rendement quantique interne QY_{int} des nanocristaux semiconducteurs est supérieur à 5 %, de préférence supérieur à 10 %, plus préférentiellement supérieur à 20 %. Selon un mode de réalisation, la taille moyenne des nanocristaux est dans la plage de 0,5 nm à 1000 nm, de préférence de 0,5 nm à 500 nm, encore plus préférentiellement de 1 nm à 100 nm, notamment de 2 nm à 30 nm. Pour des dimensions inférieures à 50 nm, les propriétés de photoconversion des nanocristaux semiconducteurs dépendent essentiellement de phénomènes de confinement quantique. Les nanocristaux semiconducteurs correspondent alors à des boîtes quantiques.

[0083] Selon un mode de réalisation, le matériau semiconducteur des nanocristaux semiconducteurs est choisi parmi le groupe comprenant le séléniure de cadmium (CdSe), le phosphore d'indium (InP), le sulfure de cadmium (CdS), le sulfure de zinc (ZnS), le séléniure de zinc (ZnSe), le tellure de cadmium (CdTe), le tellure de zinc (ZnTe), l'oxyde de cadmium (CdO), l'oxyde de zinc et de cadmium (ZnCdO), le sulfure de zinc et de cadmium (CdZnS), le séléniure de zinc et de cadmium (CdZnSe), le sulfure d'argent et d'indium (AgInS₂), les pérovskites du type PbScX₃, où X est un atome d'halogène, notamment l'iode (I), le brome (Br) ou le chlore (Cl), et un mélange d'au moins deux de ces composés. Selon un mode de réalisation, le matériau semiconducteur des nanocristaux semiconducteurs est choisi parmi les matériaux cités dans la publication au nom de Le Blevenec et al. de *Physica Status Solidi (RRL)* - Rapid Research Letters Volume 8, No. 4, pages 349–352, avril 2014.

[0084] Selon un mode de réalisation, les dimensions des nanocristaux semiconducteurs sont choisies selon la longueur d'onde recherchée du rayonnement émis par les nanocristaux semiconducteurs. A titre d'exemple, des nanocristaux de CdSe dont la taille moyenne est de l'ordre de 3,6 nm sont adaptés à convertir de la lumière bleue en lumière rouge et des nanocristaux de CdSe dont la taille moyenne est de l'ordre de 1,3 nm sont adaptés à convertir de la lumière bleue en lumière verte. Selon un autre mode de réalisation, la composition des nanocristaux semiconducteurs est choisie selon la longueur d'onde recherchée du rayonnement émis par les nanocristaux semiconducteurs.

[0085] La matrice est en un matériau au moins en partie transparent. La matrice est, par exemple, en silice. La matrice est, par exemple, en n'importe quel polymère au moins en partie transparent, notamment en silicone, en époxy ou en acide polyacétique (PLA). La matrice peut être en un polymère au moins en partie transparent utilisé avec les imprimantes tridimensionnelles, tels que le PLA. Selon un mode de réalisation, la matrice contient de 2 % à 90 %, de préférence de 10 % à 60 %, en poids de nanocristaux, par exemple environ 30 % en poids de nanocristaux.

- [0086] L'épaisseur des blocs photoluminescents 46 dépend de la concentration de nano-cristaux et du type de nanocristaux utilisé. La hauteur des blocs photoluminescents 46 est de préférence inférieure ou égale à la hauteur des murs 48. En vue de dessus, l'aire de chaque bloc photoluminescent 46 peut correspondre à l'aire d'un carré ayant un côté mesurant de 1 μm à 100 μm , de préférence de 3 μm à 15 μm .
- [0087] Selon un mode de réalisation, les murs 48 sont au moins en partie en au moins un matériau semiconducteur, conducteur ou isolant. Le matériau semiconducteur ou conducteur métallique peut être le silicium, le germanium, le carbure de silicium, un composé III-V, un composé II-VI, l'acier, le fer, le cuivre, l'aluminium, le tungstène, le titane, l'hafnium, le zirconium, l'argent, le rhodium ou une combinaison d'au moins deux de ces composés. Selon un mode de réalisation, les murs 48 sont en un matériau réfléchissant. De préférence, les murs 48 sont formés en un matériau semiconducteur compatible avec les procédés de fabrication mis en oeuvre en microélectronique. Les murs 48 peuvent être fortement dopés, légèrement dopés ou non dopés. De préférence, les murs 48 sont formés en silicium monocristallin. La hauteur des murs 48, mesurée selon une direction perpendiculaire à la face 22, est dans la plage de 300 nm à 200 μm , de préférence de 5 μm à 30 μm . L'épaisseur des murs 48, mesurée selon une direction parallèle à la face 22, est dans la plage de 100 nm à 50 μm , de préférence de 0,5 μm à 10 μm . Selon un mode de réalisation, les murs 48 peuvent être formés d'un matériau réfléchissant ou recouverts d'un revêtement réfléchissant à la longueur d'onde du rayonnement émis par les blocs photoluminescents 46 et/ou les diodes électroluminescentes LED. De préférence, les murs 48 entourent les blocs photoluminescents 46. Les murs 48 réduisent alors la diaphonie entre blocs photoluminescents 46 adjacents.
- [0088] La couche d'encapsulation 34 peut être réalisée en un matériau isolant au moins partiellement transparent. La couche d'encapsulation 34 peut être réalisée en un matériau inorganique au moins partiellement transparent. A titre d'exemple, le matériau inorganique est choisi parmi le groupe comprenant les oxydes de silicium du type SiO_x , où x est un nombre réel compris entre 1 et 2, et SiO_yN_z , où y et z sont des nombres réels compris entre 0 et 1, et les oxydes d'aluminium, par exemple Al_2O_3 . La couche d'encapsulation 34 peut être réalisée en un matériau organique au moins partiellement transparent. A titre d'exemple, la couche d'encapsulation 34 est un polymère silicone, un polymère époxyde, un polymère acrylique ou un polycarbonate.
- [0089] Les microlentilles 18 peuvent être réalisées en oxyde de silicium, en silicone, en poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA) ou en résine transparente. L'épaisseur maximale de chaque microlentille 18 peut être comprise entre 10 μm et 10 mm. La largeur de chaque microlentille 18 peut varier de 10 μm à 10 mm.
- [0090] La figure 5 est une vue de côté d'un autre mode de réalisation plus détaillé du dispositif optoélectronique 10. Dans ce mode de réalisation, le dispositif optoélec-

tronique 10 comprend l'ensemble des éléments du mode de réalisation décrit précédemment en relation avec la figure 4 à la différence que, pour chaque circuit d'affichage 30, la polarisation de la couche semiconductrice 56 est réalisée par l'intermédiaire des murs 48. Dans le présent mode de réalisation, la couche d'encapsulation 34 s'étend entre les pixels Pix mais ne recouvre pas complètement les pixels Pix. Le dispositif optoélectronique 10 comprend en outre des bandes conductrices électriquement 60, une seule bande étant représentée en figure 5, formant des électrodes au moins partiellement transparentes aux rayonnements émis par les diodes électroluminescentes LED et recouvrant les pixels Pix et la couche d'encapsulation 34 entre les pixels Pix. A titre d'exemple, chaque bande conductrice 60 est au contact des pixels Pix d'une même colonne ou d'une même rangée. Pour chaque circuit d'affichage 30, les murs 48 sont conducteurs électriquement. Les murs 48 sont au contact de l'empilement 42 et au contact de la bande conductrice 60 recouvrant le pixel Pix. Ceci permet de polariser la couche semiconductrice 56 de l'empilement 42 et les régions semiconductrices du circuit de commande et d'acquisition 20, reliées électriquement à la couche semiconductrice 56 par un plot 44, sont polarisées électriquement par la bande conductrice 60 recouvrant le pixel Pix.

[0091] Chaque bande conductrice 60 est adaptée à laisser passer le rayonnement électromagnétique émis par les circuits d'affichage 30 et le rayonnement électromagnétique capté par les capteurs photosensibles 25. Le matériau formant chaque bande conductrice 60 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 minimale de la bande conductrice 60 sur les pixels Pix peut être comprise entre 0,05 μm et 1000 μm .

[0092] Selon un mode de réalisation, une grille métallique peut être formée au-dessus de chaque bande conductrice et transparente 60 et en contact avec la bande conductrice et transparente 60, les pixels Pix étant situés au niveau d'ouvertures de la grille métallique. Ceci permet d'améliorer la conduction électrique sans entraver le rayonnement émis et reçu par les pixels Pix.

[0093] La figure 6 est une vue de côté d'un autre mode de réalisation plus détaillé du dispositif optoélectronique 10. Dans ce mode de réalisation, le dispositif optoélectronique 10 comprend l'ensemble des éléments du mode de réalisation décrit précédemment en relation avec la figure 5 et comprend en outre une couche isolante électriquement 62 recouvrant les flancs du pixel Pix, notamment les flancs du circuit de commande et d'acquisition 20 et les flancs de chaque circuit d'affichage 30. L'épaisseur minimale de la couche isolante 62 peut être comprise entre 2 nm et 1 mm. La couche isolante 62 peut être en l'un des matériaux décrits précédemment pour la couche isolante 39. Chaque bande conductrice 60, en plus de recouvrir la face supérieure de

chaque pixel Pix, peut recouvrir une partie de la couche isolante 62 du pixel Pix.

- [0094] Un avantage des modes de réalisation représentés sur les figures 5 et 6 et qu'ils permettent de réduire le nombre de connexions électriques vers l'extérieur du côté de la face inférieure 24 du circuit de commande et d'acquisition 20 de chaque pixel Pix.
- [0095] La figure 7 représente des vues en coupe latérales 7A à 7E, partielles et schématiques, de structures obtenues à des étapes successives d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif optoélectronique 10 représenté sur la figure 4.
- [0096] La vue 7A représente la structure obtenue après la formation sur un support 70 d'un empilement 71 de couches semiconductrices, comprenant, du bas vers le haut sur la vue 7A, une couche semiconductrice 72, une couche active 74 et une couche semiconductrice 76. La couche semiconductrice 72 peut avoir la même composition que les couches semiconductrices 54, 56 décrites précédemment. La couche active 74 peut avoir la même composition que la couche active 52 décrite précédemment. La couche semiconductrice 76 peut avoir la même composition que la couche semiconductrice 50 décrite précédemment. Une couche de nucléation peut être prévue entre le support 70 et la couche semiconductrice 72. De préférence, il n'y a pas de couche de nucléation entre le support 70 et la couche semiconductrice 72.
- [0097] La vue 7B représente la structure obtenue après la délimitation des diodes électroluminescentes LED des circuits d'affichage 30 et la formation des plots conducteurs 44. Les diodes électroluminescentes LED peuvent être délimitées en gravant la couche semiconductrice 72, la couche active 74 et la couche semiconductrice 76 pour délimiter la couche semiconductrice 54, la couche active 52 et la couche semiconductrice 50, pour chaque diode électroluminescente LED de chaque circuit optoélectronique 30. La gravure mise en oeuvre peut être une gravure sèche, par exemple utilisant un plasma à base de chlore et de fluor, une gravure ionique réactive (RIE). La partie non gravée de la couche semiconductrice 72 forme la couche semiconductrice 56 décrite précédemment. Les plots conducteurs 44 peuvent être obtenus en déposant une couche conductrice sur l'ensemble de la structure obtenue et en retirant la partie de la couche conductrice en dehors des plots conducteurs 44. On obtient un circuit optoélectronique 78 comprenant plusieurs exemplaires, non encore achevés, du circuit d'affichage 30, deux exemplaires étant représentés sur la vue 7B.
- [0098] La vue 7C représente la structure obtenue après la fabrication d'un circuit optoélectronique 80 comprenant plusieurs exemplaires, non complètement achevés, du circuit de commande et d'acquisition 20 souhaité, notamment par des étapes classiques d'un procédé de fabrication d'un circuit intégré, et juste avant la fixation du circuit optoélectronique 80 au circuit optoélectronique 78. Le substrat du circuit optoélectronique 78 est plus épais que le substrat des circuits de commande et d'acquisition 20 une fois achevés. Chaque exemplaire, non complètement achevé, du circuit de commande et

d'acquisition 20 souhaité comprend néanmoins les transistors, non représentés, les capteurs photosensibles 25, les plots conducteurs 38 et la couche isolante 39. En outre, le circuit optoélectronique 78 ne comprend pas les vias conducteurs traversants 40. Les méthodes d'assemblage du circuit électronique 80 au circuit optoélectronique 78 peuvent comprendre des opérations de brasage ou de collage moléculaire.

- [0099] La vue 7D représente la structure obtenue après la formation des murs 48 dans le support 70 et après la séparation des circuits d'affichage 30. Les murs 48 peuvent être formés en gravant des ouvertures 82 dans le support 70. Les circuits d'affichage 30 peuvent être séparés en gravant la couche semiconductrice 56.
- [0100] La vue 7E représente la structure obtenue après la formation des blocs photoluminescents 46 et la formation éventuelle de couches isolantes 84 sur les flancs des circuits d'affichage 30. Les blocs photoluminescents 46 peuvent être formés en remplissant certaines ouvertures 82 avec une dispersion colloïdale de nanocristaux semi-conducteurs dans une matrice de liaison, par exemple par un procédé dit additif, éventuellement en obturant certaines ouvertures 82 avec de la résine. Le procédé dit additif peut comprendre l'impression directe de la dispersion colloïdale aux emplacements souhaités, par exemple par impression par jet d'encre, impression par aérosol, micro-tamponnage, photogravure, sérigraphie, flexographie, revêtement par pulvérisation, ou dépôt de gouttes. Selon un autre mode de réalisation, les blocs photoluminescents 46 peuvent être formés avant la formation des murs 48.
- [0101] La figure 8 représente des vues en coupe latérales 8A à 8D, partielles et schématiques, de structures obtenues à des étapes successives ultérieures du procédé de fabrication décrit précédemment en relation avec la figure 7.
- [0102] La vue 8A représente la structure obtenue après la fixation de la structure représentée sur la vue 7E, du côté des blocs photoluminescents 46, à un support 86, également appelé poignée, en utilisant un matériau de liaison 88.
- [0103] La vue 8B représente la structure obtenue après avoir aminci le substrat du circuit électronique 80 du côté opposé à la poignée 86 et formé les vias conducteurs 40 dans le substrat.
- [0104] La vue 8C représente la structure obtenue après la formation des plots conducteurs 36 des circuits de commande et d'acquisition 20, non encore achevés, sur le circuit électronique 80 du côté opposé à la poignée 86.
- [0105] La vue 8D représente la structure obtenue après la séparation des circuits de commande et d'acquisition 20 dans le circuit électronique 80, un seul circuit de commande et d'acquisition étant représenté sur la vue 8D. Les pixels Pix sont ainsi délimités tout en restant fixés à la poignée 86.
- [0106] La figure 9 représente des vues en coupe latérales 9A à 9C, partielles et schématiques, de structures obtenues à des étapes successives ultérieures du procédé de fa-

brication décrit précédemment en relation avec la figure 8.

- [0107] La vue 9A représente la structure obtenue après la fixation de certains des pixels d'affichage Pix au support 12. Dans le présent mode de réalisation, on a représenté deux pixels Pix fixés à la poignée 86 et on a représenté les électrodes 32 associées à un pixel Pix sur le support 12. Les pixels Pix qui sont en contact avec des électrodes 32 se fixent au support 12. Les pixels Pix qui ne sont pas au contact d'électrodes 32 ne sont pas fixés au support 12. A titre d'exemple, chaque pixel Pix peut être fixé aux électrodes 32 par collage moléculaire des plots conducteurs 36 aux électrodes 32 ou par l'intermédiaire d'un matériau de collage, notamment une colle époxy conductrice électriquement.
- [0108] La vue 9B représente la structure obtenue après la séparation de la poignée 86 des pixels Pix fixés au support 12. Cette séparation peut être réalisée par ablation laser. Le mode de réalisation illustré sur les vues 9A et 9B permet la fixation simultanée de plusieurs pixels Pix au support 12. A titre de variante, après l'étape illustrée sur la vue 9B, les pixels Pix peuvent être séparés de la poignée 86 et un procédé "pick and place" peut être mis en oeuvre consistant à placer séparément chaque pixel Pix sur le support 12.
- [0109] La vue 9C représente la structure obtenue après la formation de la couche d'encapsulation 34 et des microlentilles 18. La couche d'encapsulation 34 peut être déposée par dépôt chimique en phase vapeur (CVD, sigle anglais pour Chemical Vapor Deposition), dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma (PECVD, sigle anglais pour Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), ou pulvérisation cathodique. Les microlentilles 18 peuvent être formées par lamination alignée de films de microlentilles après avoir planarisé la plaque sur laquelle ont été transférés les pixels. On peut aussi utiliser une gravure de résine transparente de planarisation, de l'impression 3D, ou de l'impression de motifs à partir d'un matériau dur.
- [0110] La figure 10 est un schéma illustrant un mode de réalisation des connexions électriques entre les pixels Pix du dispositif optoélectronique 10 représenté sur les figures 1 et 2.
- [0111] Comme cela a été décrit précédemment, chaque pixel Pix comprend une matrice de pixels élémentaires EPix, chaque pixel élémentaire EPix permettant l'affichage et/ou l'acquisition d'un pixel d'une image selon un point de vue. Les pixels élémentaires EPix d'un même pixel Pix étant associés à des points de vue différents. De ce fait, une image complète selon un point de vue donné, affichée ou acquise, peut être reconstituée à partir de chaque pixel d'image de cette image selon ce point de vue, affiché ou capté par chaque pixel Pix. A titre d'exemple, en figure 10, chaque pixel Pix est représenté comprenant une matrice de 5*5 pixels élémentaires EPix.
- [0112] Selon un mode de réalisation, les pixels Pix sont agencés selon M rangées et N

colonnes, M et N étant des nombres entiers, le produit $M \times N$ correspondant à la résolution souhaitée pour les images captées par le dispositif 10 et les images affichées par le dispositif 10, par exemple 1920×1080 pixels d'image.

- [0113] Selon le présent mode de réalisation, le dispositif 10 comprend un circuit de commande de rangées 90 et un circuit de commande de colonnes 92. Le circuit de commande de colonnes 92 reçoit un flux de données LED_Stream représentatives des intensités lumineuses des pixels d'image à afficher par le dispositif 10 et fournit un flux de données PH_Stream représentatives des intensités des pixels d'image acquis par le dispositif 10. Pour chaque rangée de pixels Pix, le circuit de commande de rangées 90 est adapté à fournir un signal Row à chaque pixel Pix de la rangée. Pour chaque colonne de pixels Pix, le circuit de commande de colonnes 92 est adapté à fournir un signal LED_Data à chaque pixel Pix de la colonne et à recevoir un signal PH_Data fourni par chaque pixel Pix de la colonne.
- [0114] Selon un mode de réalisation, le fonctionnement du dispositif optoélectronique 10 comprend la sélection successive des pixels Pix de chaque rangée par le circuit de commande de rangées 90, et, pour chaque rangée sélectionnée et pour chaque colonne, la transmission au pixel de la colonne et de la rangée sélectionnée, par l'intermédiaire du signal LED_Data, de données représentatives du courant et/ou de la tension à fournir à chaque diode électroluminescente de chaque pixel élémentaire EPix du pixel de la colonne et de la rangée sélectionnée et la réception, par l'intermédiaire du signal PH_Data, de données fournies par le pixel de la colonne et de la rangée sélectionnée et représentatives de l'intensité lumineuse captée par chaque photodiode de chaque pixel élémentaire du pixel de la colonne et de la rangée sélectionnée.
- [0115] Les figures 11 et 12 illustrent des modes de réalisation d'un procédé de commande d'un pixel du dispositif optoélectronique représenté en figure 10. Dans ces modes de réalisation, chaque signal LED_Data et chaque signal PH_Data est un signal analogique, par exemple un signal analogique à valeurs discrètes. A titre d'exemple, pour chaque colonne, chaque niveau du signal LED_Data est représentatif de l'intensité lumineuse à émettre par l'une des diodes électroluminescentes de l'un des pixels élémentaires EPix du pixel Pix de la colonne et de la rangée sélectionnée. A titre d'exemple, pour chaque colonne, chaque niveau du signal PH_Data est représentatif de l'intensité lumineuse captée par l'une des photodiodes de l'un des pixels élémentaires EPix du pixel Pix de la colonne et de la rangée sélectionnée. Dans le mode de réalisation illustré en figure 11, le signal Row peut en outre jouer le rôle d'un signal d'horloge pour cadencer le fonctionnement du pixel Pix. Dans le mode de réalisation illustré en figure 12, le signal d'horloge Clock est distinct du signal de sélection Row et, pour chaque colonne, est transmis à chaque pixel Pix de la colonne par le circuit de commande de colonnes 92. Un avantage des modes de réalisation illustrés

sur les figures 11 et 12 est que chaque pixel Pix n'a pas besoin de comprendre de convertisseurs numérique/analogique pour commander les diodes électroluminescentes des pixels élémentaires EPix du pixel Pix ni de convertisseurs analogique/numérique pour convertir les signaux fournis par les photodiodes des pixels élémentaires EPix du pixel Pix.

- [0116] La figure 13 illustre un mode de réalisation d'un procédé de commande d'un pixel du dispositif optoélectronique représenté en figure 10 dans lequel chaque signal LED_Data et chaque signal PH_Data est un signal numérique. La transmission des signaux LED_Data et PH_Data peut alors être réalisée par une liaison série du type SPI (acronyme anglais pour Serial Peripheral Interface) qui autorise la transmission simultanée de signaux dans les deux sens. En figure 13, on a représenté un signal d'horloge Clock distinct du signal de sélection Row qui, pour chaque colonne, est transmis à chaque pixel Pix de la colonne par le circuit de commande de colonnes 92. Selon un autre mode de réalisation, la transmission des signaux LED_Data et PH_Data peut mettre en oeuvre des protocoles de transmission de données à autosynchronisation, par exemple le protocole Manchester. Dans ce cas, le signal Clock peut ne pas être présent.
- [0117] La figure 14 représente sous la forme d'un schéma par blocs un mode de réalisation d'un pixel Pix du dispositif représenté sur les figures 1 et 2 adapté au cas où les signaux LED_Data et PH_Data sont des signaux numériques.
- [0118] Chaque pixel Pix comprend un registre 94, par exemple un registre à décalage commandé par le signal Clock, dans lequel sont stockés les bits successifs du signal LED_Data et un registre 96, par exemple un registre à décalage commandé par le signal Clock, qui fournit les bits successifs du signal PH_Data. Pour chaque pixel élémentaire EPix, le pixel Pix comprend un circuit de commande 98 (LED driver) des diodes électroluminescentes LED du circuit d'affichage 30 du pixel élémentaire Epix. Chaque circuit de commande 98 comprend trois mémoires 100 (Data latch) qui reçoivent des données stockées dans le registre 94. Chaque circuit de commande 98 comprend, en outre, trois circuits de conversion numérique/analogique et de commande 102 (DAC + driver) adaptés à fournir, à partir des données binaires stockées dans les mémoires 100, des signaux R_out, G_out et B_out analogiques de commande des diodes électroluminescentes LED. De plus, pour chaque pixel élémentaire EPix, le pixel Pix comprend un circuit de traitement 104 (LS driver) des signaux R_sense, G_sense, B_sense fournis par les photodiodes PH du capteur photosensible 25 du pixel élémentaire Epix. Chaque circuit de traitement 104 comprend trois convertisseurs analogique/numérique 106 (ADC) adaptés à fournir, à partir des signaux analogiques R_sense, G_sense, B_sense, des données numériques stockées dans trois mémoires 108 (Data Latch). Chaque circuit de traitement 104 est, en outre, adapté à

fournir les données numériques stockées dans les mémoires 108 au registre 96.

- [0119] Chaque pixel Pix peut en outre recevoir un signal sense_en et un signal disp_en. Le signal sense_en permet de déclencher l'acquisition d'une image et le signal disp_en permet de déclencher l'allumage et l'extinction de l'écran de façon globale. Ces signaux sont connectés à tous les pixels Pix. Lorsque le signal disp_en est au niveau logique "1", l'image est affichée, et lorsque le signal disp_en est au niveau logique "0", l'écran est éteint. Le chargement de l'image N+1 peut s'effectuer pendant l'affichage de l'image N, et l'image N+1 sera affichée lors du prochain passage à "1" du signal disp_en. De plus, le signal disp_en permet d'éteindre l'écran pendant les phases d'acquisition afin de ne pas perturber l'image acquise. Le signal sense_en permet en outre de contrôler le temps d'acquisition d'une image.
- [0120] Un avantage des modes de réalisation décrits précédemment est que le nombre de bornes de connexion de chaque pixel Pix est réduit par rapport aux nombres de connexion qui seraient nécessaires pour connecter directement chaque pixel élémentaire Epix au circuit de commande de colonnes 92.
- [0121] Dans le mode de réalisation illustré en figure 10, la transmission des signaux LED_Data et PH_Data pour chaque colonne est représentée, de façon schématique, par des pistes qui s'étendent selon la colonne depuis le circuit de commande de colonnes 92 et qui sont connectées à chaque pixel Pix de la colonne. Toutefois, il peut être difficile d'assurer l'intégrité des signaux transmis lorsque la distance entre certains pixels Pix et le circuit de commande de colonnes 92 devient trop importante.
- [0122] La figure 15 illustre un procédé de commande d'un mode de réalisation du dispositif optoélectronique 10. En figure 15, on a représenté de façon schématique une colonne du dispositif optoélectronique comprenant trois pixels Pix à quatre étapes du procédé de commande. Par la suite, on appelle première rangée la rangée de pixels Pix la plus proche du circuit de commande de colonnes 92 et dernière rangée la rangée de pixels Pix la plus éloignée du circuit de commande de colonnes 92. Dans le présent mode de réalisation, pour chaque colonne, chaque pixel Pix de la colonne, à l'exception des pixels Pix situés aux extrémités de la colonne, est connecté électriquement aux deux pixels adjacents de la colonne par plusieurs pistes conductrices. Le pixel Pix, situé sur la dernière rangée, est connecté au pixel Pix adjacent de la colonne et le pixel Pix, situé sur la première rangée, est connecté au circuit de commande de colonnes 92. Dans le présent mode de réalisation, pour chaque colonne, la transmission d'un signal du circuit de commande de colonnes 92 à un pixel Pix donné de la colonne et la transmission d'un signal du pixel Pix donné au circuit de commande de colonnes 92 est réalisée en passant successivement par chaque pixel Pix situé entre le circuit de commande de colonnes 92 et le pixel Pix donné, chacun des pixels intermédiaires jouant le rôle d'un relai de transmission. Ceci permet de réduire la distance maximale entre un émetteur et

un récepteur.

[0123] En figure 15, il y a quatre liaisons entre deux pixels Pix adjacents et entre le pixel Pix de la première rangée et le circuit de commande de colonnes 92. Trois liaisons sont utilisées pour la transmission des signaux PH_Data, LED_Data et Clock décrits précédemment et une liaison est utilisée pour la transmission d'un signal Reset. En figure 15, on a représenté par un trait épais une liaison active, c'est-à-dire sur laquelle transite un signal utile et par un trait fin une liaison inactive. Le signal LED_Data peut correspondre à une trame qui contient toutes les données nécessaires à l'affichage des pixels d'image souhaités pour les pixels élémentaires des pixels de toutes les rangées du dispositif optoélectronique. A titre d'exemple, la trame comprend successivement les données relatives aux pixels élémentaires du pixel Pix de la dernière rangée, de l'avant-dernière rangée, etc, jusqu'à la première rangée.

[0124] Un mode de réalisation de transmission de données entre le circuit de commande de colonnes 92 et les pixels Pix comprend les étapes suivantes :

1) une impulsion du signal Reset est transmise simultanément à tous les pixels Pix de toutes les colonnes ;

2) les signaux Clock et LED_Data sont transmis simultanément par le circuit de commande de colonnes 92 à chaque pixel de la première rangée. Chaque pixel de la première rangée transmet en outre le signal PH_Data, qu'elle a produit, au circuit de commande de colonnes 92 ;

3) pour chaque colonne, les signaux Clock et LED_Data sont transmis via le premier pixel de la première rangée au pixel de la deuxième. Inversement, le pixel de la deuxième rangée transmet le signal PH_Data qu'il a produit au circuit de commande de colonnes 92 via le premier pixel de la première rangée ; et

4) les signaux Clock et LED_Data progresse ainsi de rangée en rangée jusqu'à la dernière rangée. Parallèlement, chaque pixel, qui commence à recevoir le signal LED_Data, transmet le signal PH_Data qu'il a produit, ce signal étant relayé, pixel après pixel, jusqu'au circuit de commande de colonnes 92 .

[0125] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. L'homme de l'art comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les couches isolantes 62 décrites précédemment pour le mode de réalisation du dispositif optoélectronique représenté en figure 6 peuvent être prévues également pour les modes de réalisation du dispositif optoélectronique représentés sur les figures 4 et 5.

[0126] Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif optoélectronique (10) d'affichage et/ou d'acquisition d'images en multiscopie, comprenant un support (12), une matrice de circuits optoélectroniques (Pix) reposant sur le support et des lentilles recouvrant les circuits optoélectroniques, chaque circuit optoélectronique comprenant un nombre N de capteurs photosensibles (25) adaptés à capter un pixel ou des pixels d'une image d'une scène selon des points de vue différents et/ou le nombre N de circuits d'affichage (30) adaptés à afficher un pixel ou des pixels d'une image d'une scène selon les points de vue différents, N étant un entier naturel supérieur ou égal à 3.
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, dans lequel chaque circuit optoélectronique (Pix) comprend le nombre N de capteurs photosensibles (25) adaptés à capter un pixel d'une image d'une scène selon des points de vue différents et le nombre N de circuits d'affichage (30) adaptés à afficher un pixel d'une image d'une scène selon les points de vue différents.
- [Revendication 3] Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les capteurs photosensibles (25) et/ou les circuits d'affichage (30) sont disposés de façon matricielle.
- [Revendication 4] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel chaque circuit optoélectronique (Pix) comprend les N circuits d'affichage (30) et un circuit intégré (20) fixé au support (12), les N circuits d'affichage étant fixés au circuit intégré, du côté du circuit intégré opposé au support.
- [Revendication 5] Dispositif selon la revendication 4, dans lequel le circuit intégré (20) comprend les N capteurs photosensibles (25).
- [Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel chaque circuit d'affichage (30) comprend au moins une diode électroluminescente.
- [Revendication 7] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel chaque capteur photosensible (25) comprend au moins une photodiode.
- [Revendication 8] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel chaque circuit optoélectronique est connecté à moins de 10 pistes conductrices électriquement.
- [Revendication 9] Procédé de fabrication du dispositif optoélectronique (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, dans lequel chaque circuit optoélec-

tronique (Pix) comprend les N circuits d'affichage (30) et un circuit intégré (20) fixé au support (12), les N circuits d'affichage étant fixés au circuit intégré, du côté du circuit intégré opposé au support, le procédé comprenant les étapes successives suivantes :

- a) formation d'une première plaquette (80) comprenant plusieurs exemplaires du circuit intégré et formation d'une deuxième plaquette (78) comprenant plusieurs exemplaires du circuit d'affichage (30) ;
- b) fixation de la deuxième plaquette à la première plaquette ;
- c) séparation des circuits d'affichage dans la deuxième plaquette ; et
- d) séparation des circuits intégrés dans la première plaquette.

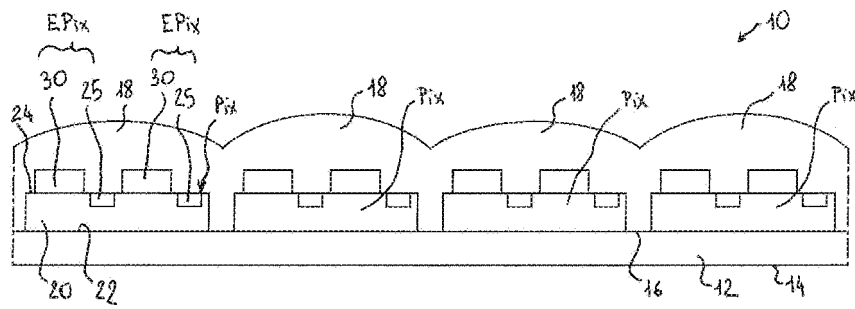
[Revendication 11] Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'étape d) est précédée d'une étape e) de fixation des circuits d'affichage (30) à une poignée (86).

[Revendication 12] Procédé selon la revendication 11, comprenant, entre les étapes e) et d), une étape d'amincissement de la première plaquette (80).

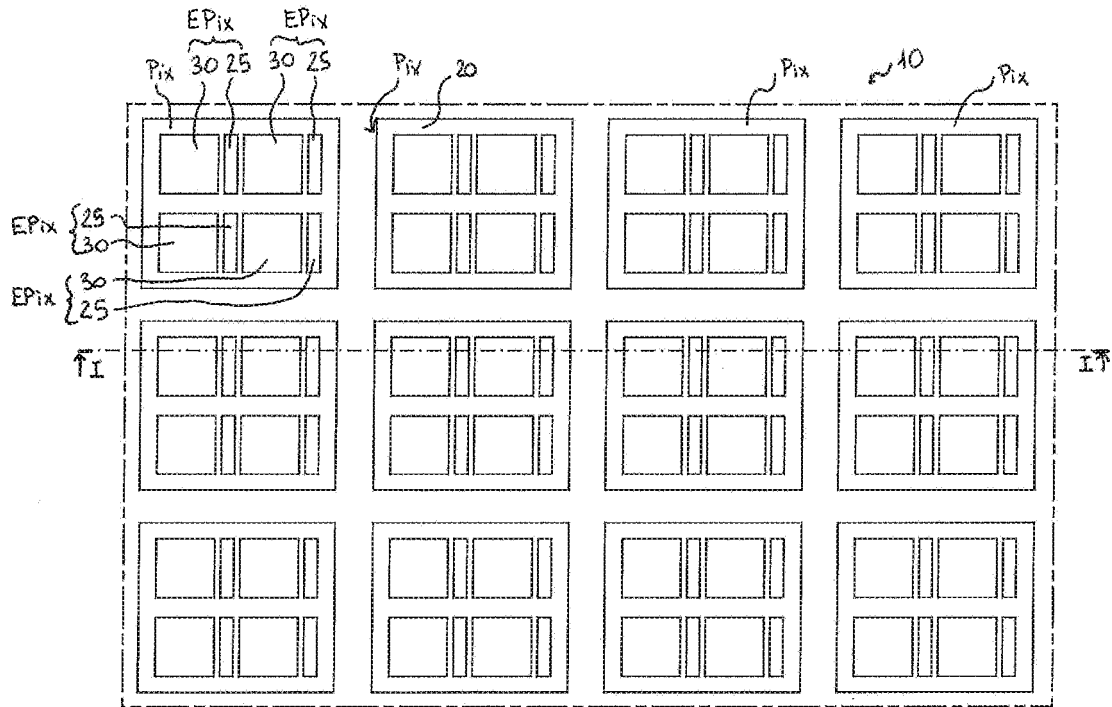
[Revendication 13] Utilisation du dispositif optoélectronique (10) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant la fourniture par chaque circuit optoélectronique (Pix) de premières données (PH_Data) représentatives des pixels d'image captés par les N capteurs photosensibles (25) dudit circuit optoélectronique et/ou la fourniture à chaque circuit optoélectronique (Pix) de deuxièmes données (LED_Data) représentatives des pixels de l'image à afficher par les N circuits d'affichage (30) dudit circuit optoélectronique.

[Revendication 14] Utilisation selon la revendication 13, dans lequel les circuits optoélectroniques (Pix) sont agencés en rangées et en colonnes, et dans lequel, pour chaque colonne, au moins l'un des circuits optoélectroniques de la colonne est adapté à recevoir des signaux et à transmettre au moins en partie lesdits signaux à un autre circuit optoélectronique de la colonne.

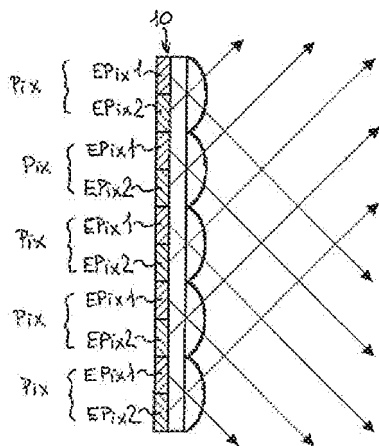
[Fig. 1]



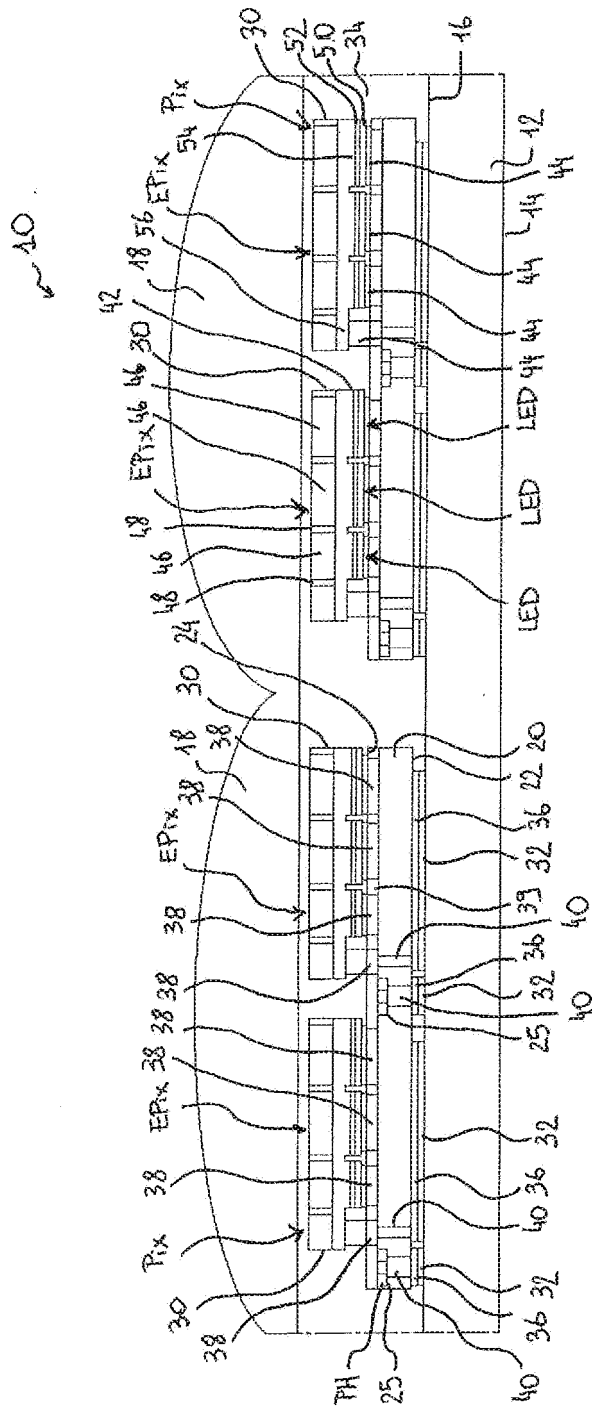
[Fig. 2]



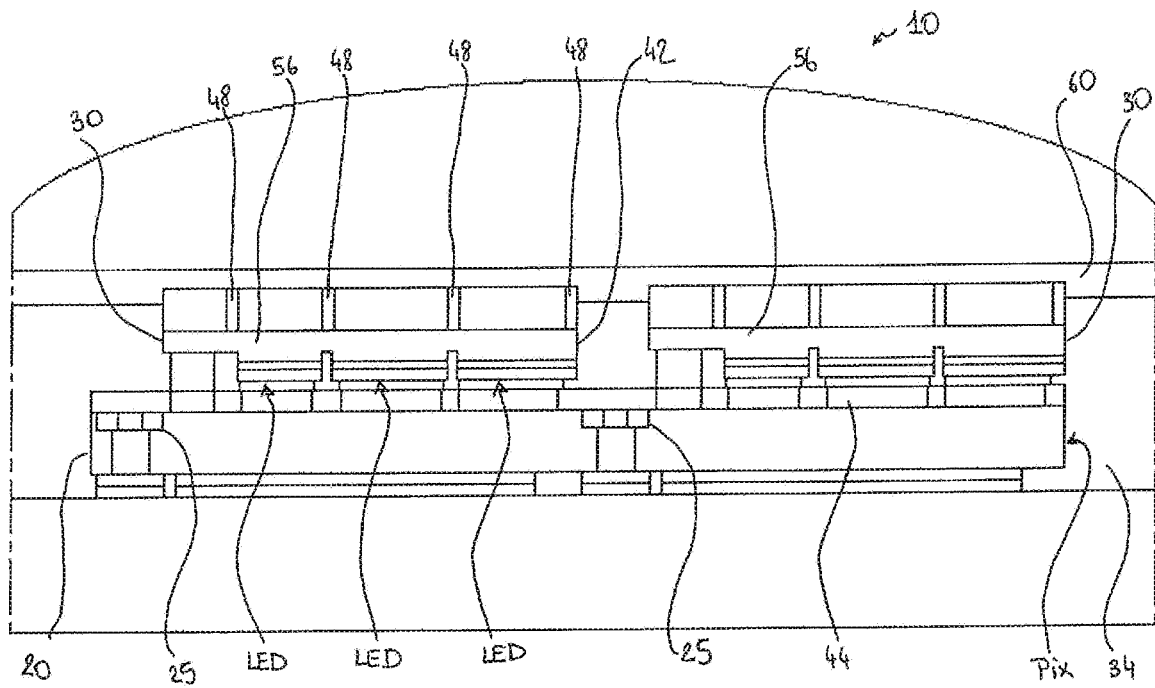
[Fig. 3]



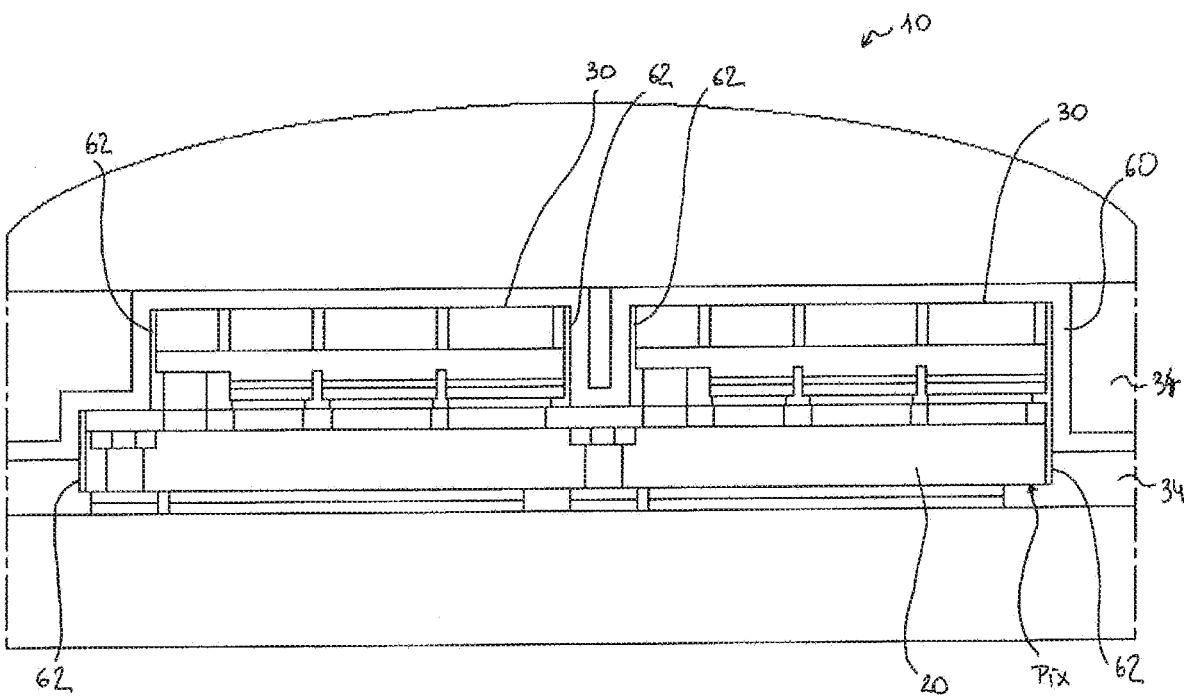
[Fig. 4]



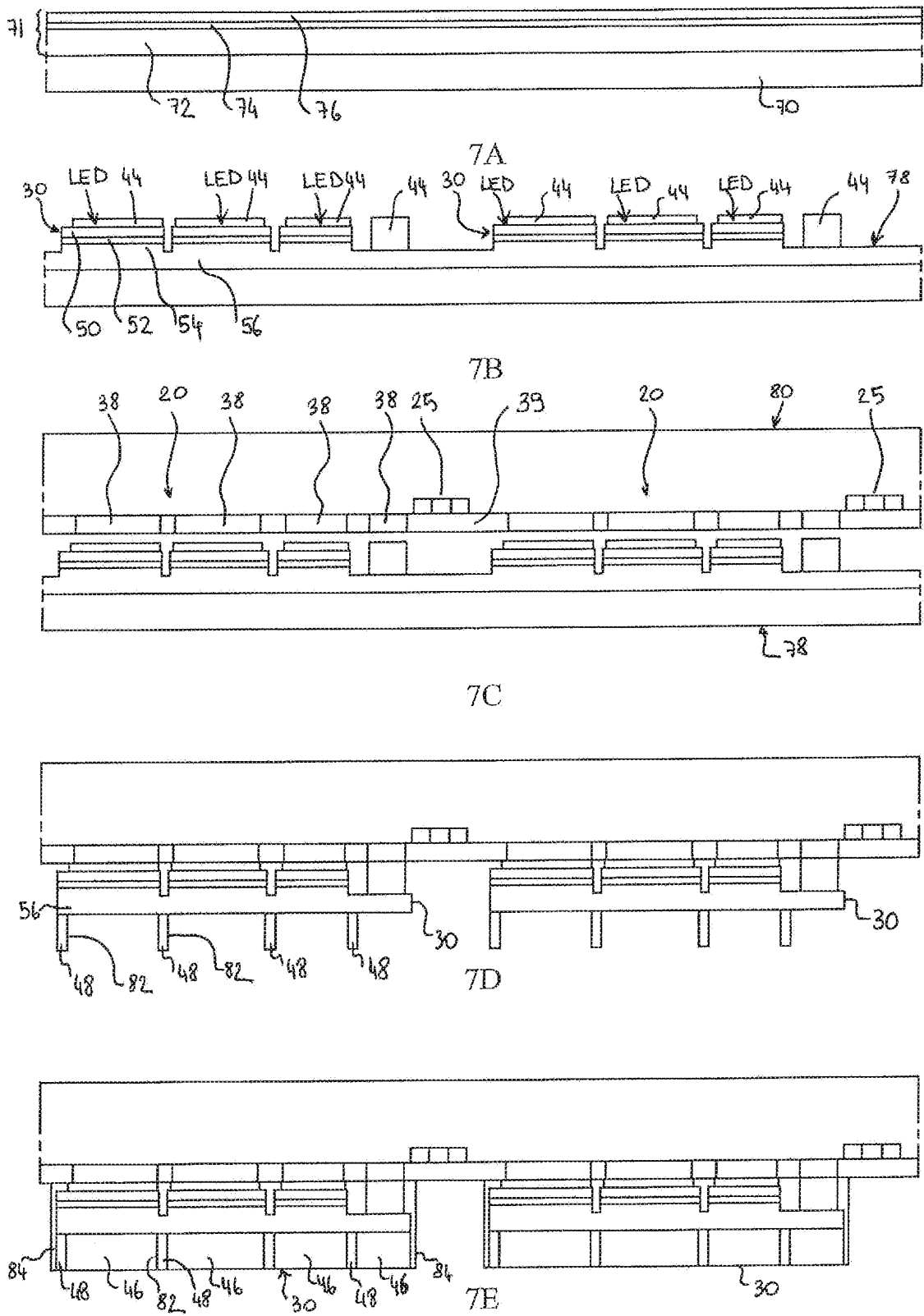
[Fig. 5]



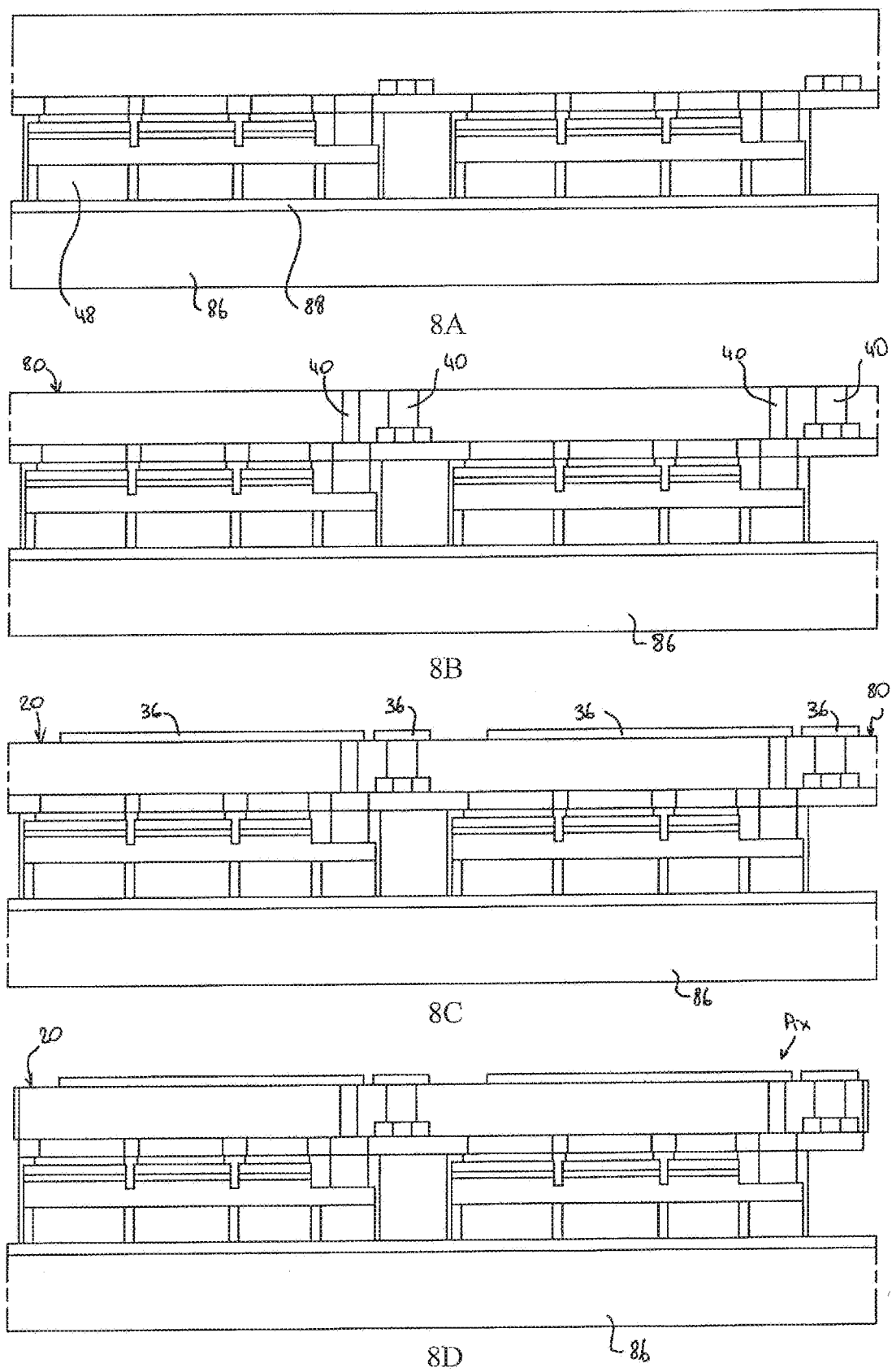
[Fig. 6]



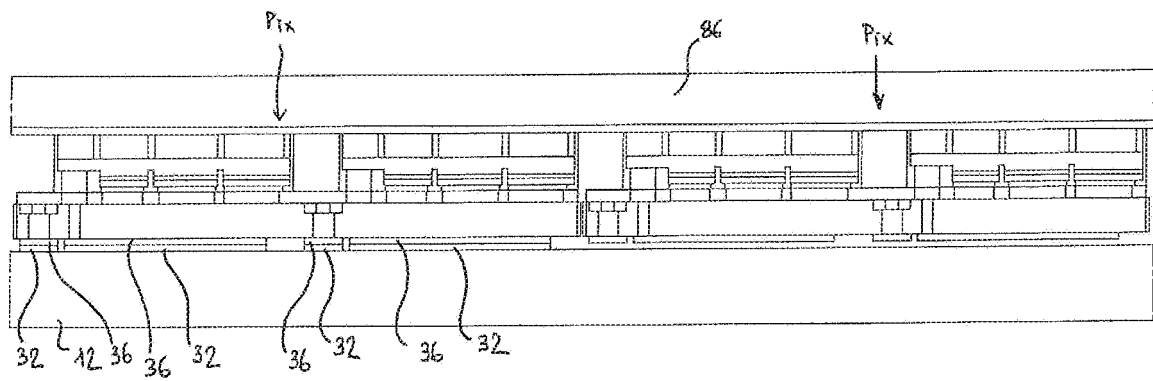
[Fig. 7]



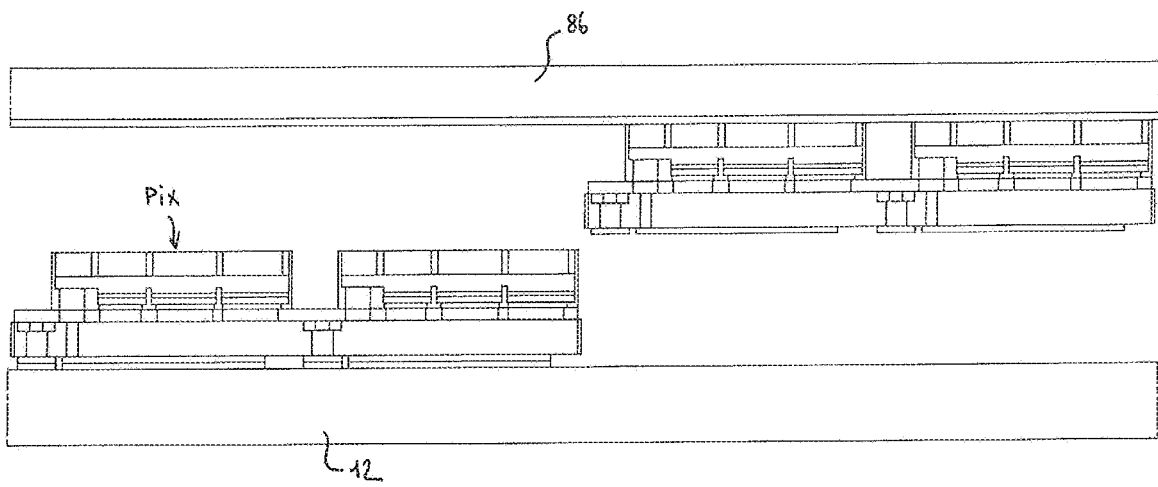
[Fig. 8]



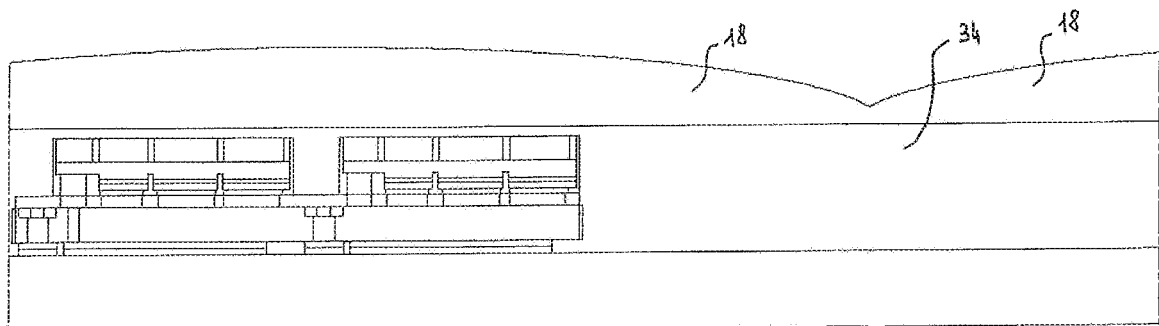
[Fig. 9]



9A

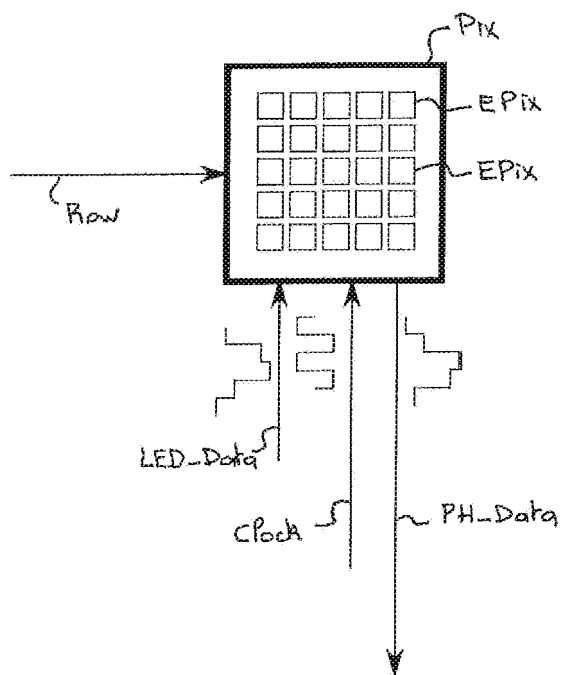


9B

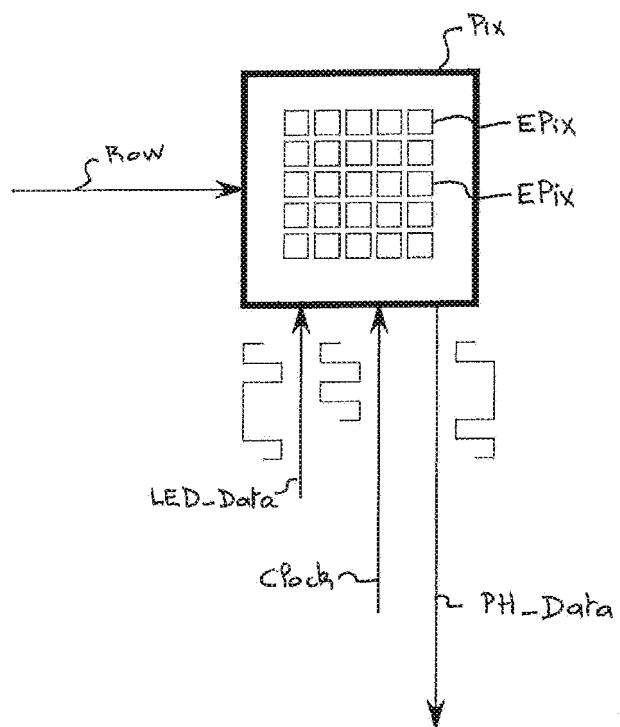


9C

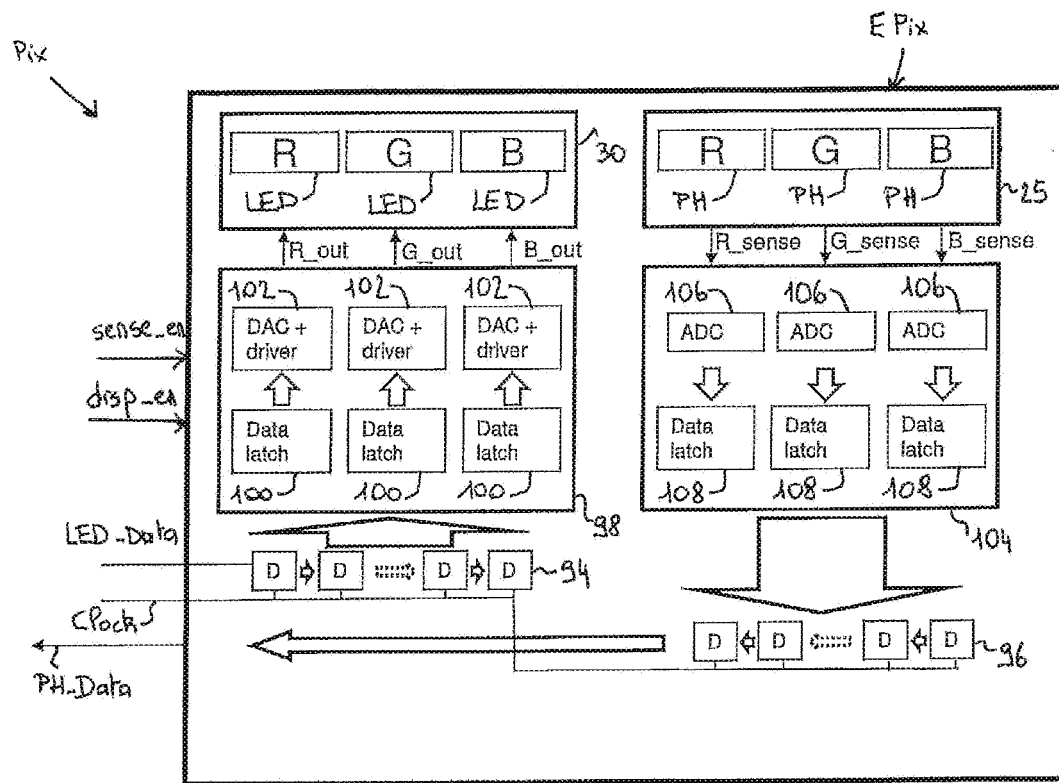
[Fig. 12]



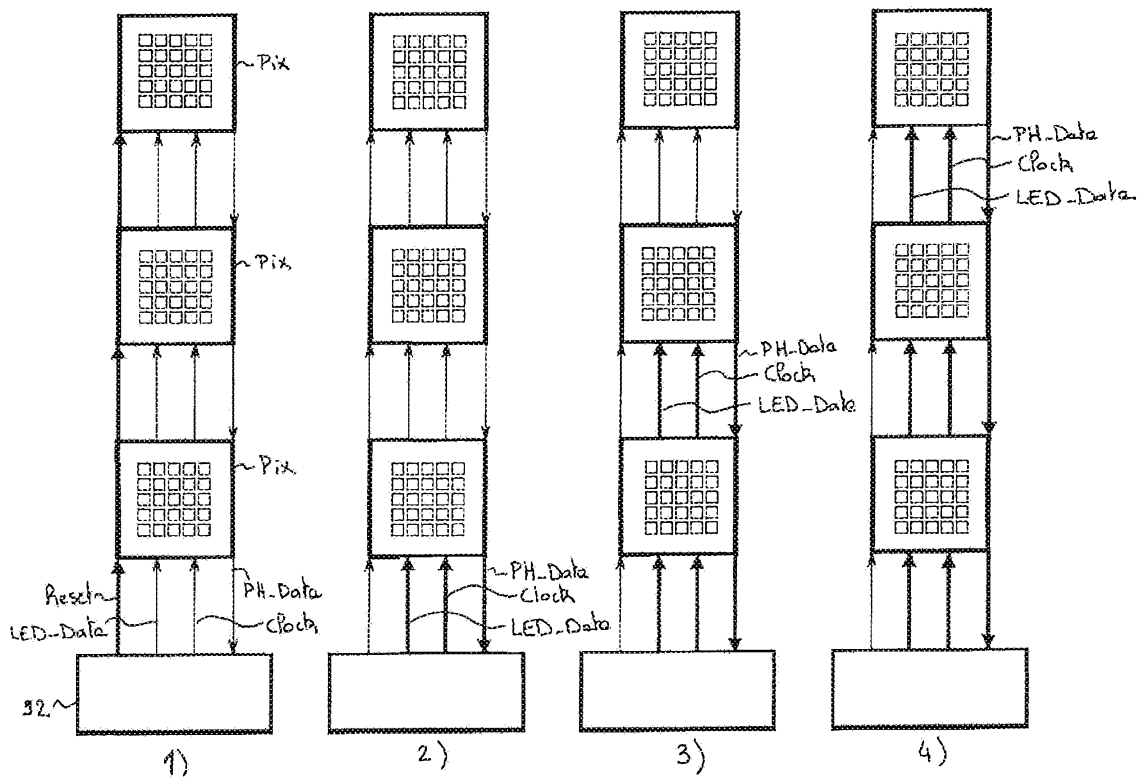
[Fig. 13]



[Fig. 14]



[Fig. 15]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 862426
FR 1873198

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 A	US 2001/028356 A1 (BALOGH TIBOR [HU]) 11 octobre 2001 (2001-10-11) * alinéas [0032] - [0048] * * figures 1-6 *	1,3,4,6, 8-14 2,5,7	H01L27/146 H01L27/15 H01L21/77
X A	US 2012/280987 A1 (IWANE TORU [JP]) 8 novembre 2012 (2012-11-08) * alinéas [0034], [0044], [0082] * * figures 1,2,8A,8B *	1,7,9,13 2,5	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01L H04N G02B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
5 septembre 2019		Adams, Richard	
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 1873198 FA 862426**

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 **05-09-2019**

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 2001028356 A1	11-10-2001	JP 2001313959 A	09-11-2001
		US 2001028356 A1	11-10-2001

US 2012280987 A1	08-11-2012	CN 102870032 A	09-01-2013
		CN 106604017 A	26-04-2017
		CN 107577058 A	12-01-2018
		JP 6149339 B2	21-06-2017
		JP 2012022307 A	02-02-2012
		US 2012280987 A1	08-11-2012
		US 2019250419 A1	15-08-2019
		WO 2011158911 A1	22-12-2011
