

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 068 173

②1 N° d'enregistrement national : 17 55898

⑤1 Int Cl⁸ : H 01 L 27/15 (2006.01), H 01 L 33/06, 33/46

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 27.06.17.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 28.12.18 Bulletin 18/52.

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

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

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

⑦2 Inventeur(s) : DUPONT TIPHAINE.

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

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

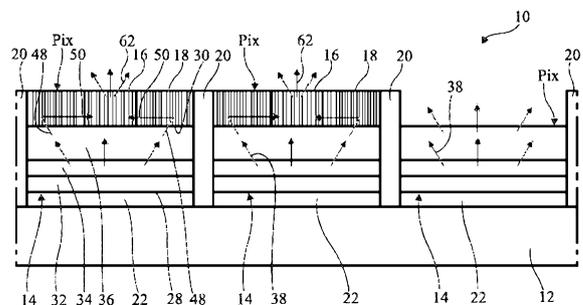
⑤4 DISPOSITIF OPTOELECTRONIQUE.

⑤7 L'invention concerne un dispositif optoélectronique
(10) comprenant:

des sources électroluminescentes (14), chaque source
électroluminescente étant adaptée à émettre un premier
rayonnement à une première longueur d'onde;

des blocs photoluminescents (16) répartis en premiers
blocs photoluminescents adaptés à convertir par pompage
optique le premier rayonnement en un deuxième rayonne-
ment à une deuxième longueur d'onde et des deuxièmes
blocs photoluminescents adaptés à convertir par pompage
optique le premier rayonnement en un troisième rayonne-
ment à une troisième longueur d'onde; et

pour chaque bloc photoluminescent, un coupleur opti-
que (18) comprenant un premier cristal photonique entou-
rant au moins partiellement ledit bloc photoluminescent et
recouvrant, avec ledit bloc photoluminescent, l'une des
sources électroluminescentes à côté dudit bloc photolumi-
nescent, le coupleur optique étant adapté à modifier la di-
rection de propagation de rayons du premier rayonnement
émis par ladite source électroluminescente pour rediriger
ces rayons vers ledit bloc photoluminescent.



FR 3 068 173 - A1



DISPOSITIF OPTOELECTRONIQUE

Domaine

La présente demande concerne un dispositif opto-électronique, notamment un écran d'affichage ou un dispositif de projection d'images, comprenant des sources électroluminescentes, notamment des diodes électroluminescentes à base de matériaux
5 semiconducteurs, et leurs procédés de fabrication.

Exposé de l'art antérieur

Un pixel d'une image correspond à l'élément unitaire de l'image affichée par le dispositif optoélectronique. Lorsque le
10 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
15 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
20 pour l'affichage d'un pixel d'une image.

Il existe des dispositifs optoélectroniques comprenant des sources électroluminescentes, notamment des diodes

électroluminescentes à base de matériaux semiconducteurs, et des blocs de matériaux photoluminescents recouvrant au moins certaines des sources électroluminescentes. Chaque bloc photoluminescent est adapté à convertir le rayonnement émis par la source
5 électroluminescente associée, ou premier rayonnement, en un rayonnement à la longueur d'onde souhaitée, ou deuxième rayonnement.

On définit l'efficacité lumineuse d'un dispositif optoélectronique comme le rapport entre le flux lumineux émis par
10 le dispositif optoélectronique vers l'extérieur et la puissance électrique consommée par les sources électroluminescentes du dispositif optoélectronique.

Un inconvénient des dispositifs optoélectroniques décrits précédemment est qu'une partie du rayonnement émis par
15 les sources électroluminescentes n'est généralement pas convertie par les blocs photoluminescents associés et doit généralement être bloquée par un filtre recouvrant les blocs photoluminescents. Il n'est toutefois pas souhaitable d'augmenter de façon excessive l'épaisseur du bloc photoluminescent pour augmenter la proportion
20 du premier rayonnement converti en deuxième rayonnement. En effet, ceci augmente la durée de parcours moyen du deuxième rayonnement dans le bloc photoluminescent et entraîne une augmentation de la réabsorption du deuxième rayonnement dans le bloc photoluminescent. L'efficacité lumineuse du dispositif
25 optoélectronique peut donc être faible.

Un inconvénient des dispositifs optoélectroniques décrits précédemment est que le coût de fabrication des matériaux composant les blocs photoluminescents peut être élevé.

Résumé

30 Ainsi, un objet d'un mode de réalisation est de pallier au moins en partie les inconvénients des dispositifs optoélectroniques décrits précédemment comprenant des sources électroluminescentes et des blocs photoluminescents.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que l'efficacité lumineuse du dispositif optoélectronique est augmentée.

5 Un autre objet d'un mode de réalisation est que la proportion du premier rayonnement converti par le bloc photoluminescent est augmentée.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que la réabsorption du deuxième rayonnement dans le bloc photoluminescent est réduite.

10 Un autre objet d'un mode de réalisation est de réduire les dimensions des blocs photoluminescents.

Un autre objet d'un mode de réalisation est que les dispositifs optoélectroniques comprenant des diodes électroluminescentes peuvent être fabriqués à une échelle
15 industrielle et à bas coût.

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un dispositif optoélectronique comprenant :

des sources électroluminescentes, chaque source électroluminescente étant adaptée à émettre un premier rayonnement
20 à une première longueur d'onde ;

des blocs photoluminescents répartis en premiers blocs photoluminescents adaptés à convertir par pompage optique le premier rayonnement en un deuxième rayonnement à une deuxième longueur d'onde et des deuxièmes blocs photoluminescents adaptés
25 à convertir par pompage optique le premier rayonnement en un troisième rayonnement à une troisième longueur d'onde ; et

pour chaque bloc photoluminescent, un coupleur optique comprenant un premier cristal photonique entourant au moins partiellement ledit bloc photoluminescent et recouvrant, avec
30 ledit bloc photoluminescent, l'une des sources électroluminescentes à côté dudit bloc photoluminescent, le coupleur optique étant adapté à modifier la direction de propagation de rayons du premier rayonnement émis par ladite source électroluminescente pour rediriger ces rayons vers ledit
35 bloc photoluminescent.

Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique comprend une première couche d'un premier matériau ayant un premier indice de réfraction à la première longueur d'onde, la première couche ayant des première et deuxième faces opposées, la première ou deuxième face recouvrant ladite source électroluminescente, chaque coupleur optique comprenant en outre des premières ouvertures s'étendant dans la première couche depuis la première face et/ou la deuxième face et remplies d'un deuxième matériau ayant un deuxième indice de réfraction à la première longueur d'onde différent du premier indice de réfraction.

Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent comprend un deuxième cristal photonique adapté à laisser passer le premier rayonnement, la vitesse de propagation du premier rayonnement dans le bloc photoluminescent étant inférieure à la vitesse de propagation du premier rayonnement dans le coupleur optique adjacent audit bloc photoluminescent.

Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent comprend des particules monocristallines photoluminescentes de taille nanométrique d'un matériau semiconducteur.

Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent comprend une deuxième couche d'un troisième matériau ayant un troisième indice de réfraction à la première longueur d'onde, la deuxième couche ayant des troisième et quatrième faces opposées, la troisième ou quatrième face recouvrant ladite source électroluminescente, chaque bloc photoluminescent comprenant en outre des deuxième ouvertures s'étendant dans la deuxième couche depuis la troisième et/ou quatrième face et remplies d'un quatrième matériau ayant un quatrième indice de réfraction à la première longueur d'onde différent du troisième indice de réfraction.

Selon un mode de réalisation, les particules monocristallines photoluminescentes sont situées dans la deuxième couche et/ou dans les deuxième ouvertures.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend, en outre, pour chaque bloc photoluminescent, un premier miroir sélectif interposé entre ladite source lumineuse et ledit bloc photoluminescent, le premier miroir sélectif étant adapté à
5 laisser passer le premier rayonnement et réfléchir le deuxième rayonnement et/ou le troisième rayonnement.

Selon un mode de réalisation, le premier miroir sélectif comprend un troisième cristal photonique.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend,
10 en outre, pour chaque bloc photoluminescent, un deuxième miroir sélectif, ledit bloc photoluminescent étant interposé entre ladite source lumineuse et ledit deuxième miroir, le deuxième miroir étant adapté à réfléchir le premier rayonnement et à laisser passer le deuxième rayonnement et/ou le troisième rayonnement.

15 Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre des troisièmes blocs photoluminescents adaptés à convertir par pompage optique le premier rayonnement en un quatrième rayonnement à une quatrième longueur d'onde.

20 Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre des murs réfléchissant les premier, deuxième et troisième rayonnements, lesdits murs séparant les sources électroluminescentes et séparant les blocs photoluminescents.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre un filtre recouvrant les blocs photoluminescents du côté
25 des blocs photoluminescents opposé aux sources électroluminescentes et adapté à bloquer le premier rayonnement et à laisser passer les deuxième et troisième rayonnements.

30 Selon un mode de réalisation, les sources électroluminescentes comprennent des diodes électroluminescentes ou des diodes laser à cavité verticale émettant par la surface.

Un mode de réalisation prévoit également un procédé de fabrication d'un dispositif optoélectronique tel que défini précédemment, comprenant les étapes suivantes :

- a) former les sources électroluminescentes ;

b) former les blocs photoluminescents sur les sources électroluminescentes ; et

d) former les coupleurs optiques sur les sources électroluminescentes, chaque coupleur optique entourant au moins
5 partiellement l'un des blocs photoluminescents.

Brève description des dessins

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
10 avec les figures jointes parmi lesquelles :

les figures 1 et 2 sont respectivement une vue en coupe et une vue de dessus, partielles et schématiques, d'un mode de réalisation d'un dispositif optoélectronique ;

les figures 3 et 4 sont respectivement une vue en coupe
15 et une vue de dessus, partielles et schématiques, d'un mode de réalisation d'un coupleur optique du dispositif optoélectronique représenté en figure 1 ;

les figures 5 et 6 sont respectivement une vue en coupe et une vue de dessus, partielles et schématiques, d'un mode de
20 réalisation d'un bloc photoluminescent du dispositif optoélectronique représenté en figure 1 ;

la figure 7 représente une courbe d'évolution de la réflectivité en fonction de la longueur d'onde d'un mode de réalisation d'un bloc photoluminescent ;

25 les figures 8 à 11 sont des vues en coupe, partielles et schématiques, d'autres modes de réalisation du bloc photoluminescent du dispositif optoélectronique représenté en figure 1 ;

la figure 12 est une vue en coupe, partielle et
30 schématique, d'un autre mode de réalisation d'un dispositif optoélectronique ;

la figure 13 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un miroir réfléchissant du dispositif optoélectronique représenté en figure 12 ;

la figure 14 représente une courbe d'évolution de la réflectivité en fonction de la longueur d'onde d'un mode de réalisation du miroir de la figure 13 ;

la figure 15 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un autre mode de réalisation d'un miroir réfléchissant du dispositif optoélectronique représenté en figure 12 ; et

la figure 16 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un autre mode de réalisation d'un dispositif optoélectronique.

Description détaillée

Par souci de clarté, de mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références aux différentes figures et, de plus, comme cela est habituel dans la représentation des circuits électroniques, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle. En outre, seuls les éléments utiles à la compréhension de la présente description ont été représentés et sont décrits. En particulier, les moyens de commande d'une source électroluminescente d'un dispositif optoélectronique, notamment d'une diode électroluminescente, sont bien connus de l'homme de l'art et ne sont pas décrits.

Dans la suite de la description, sauf indication contraire, les termes "sensiblement", "environ", "approximativement" et "de l'ordre de" signifient "à 10 % près". Lorsque les termes "sensiblement", "environ", "approximativement" et "de l'ordre de" sont utilisés en relation avec des angles ou des orientations, ils signifient "à 10° près". En outre, on appelle "zone 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.

Dans la suite de la description, un rayonnement est dit "à une longueur d'onde" donnée lorsque la majorité de l'énergie du rayonnement est à ladite longueur d'onde à 10 % près.

En outre, le terme "particule" tel qu'utilisé dans le cadre de la présente demande doit être compris dans un sens large et correspond non seulement à des particules compactes ayant plus ou moins une forme sphérique mais aussi à des particules anguleuses, des particules aplaties, des particules en forme de flocons, des particules en forme de fibres, ou des particules fibreuses, etc. On comprendra que la "taille" des particules dans le cadre de la présente demande signifie la plus petite dimension transversale des particules. On entend par particules d'un matériau les particules prises individuellement, c'est-à-dire les éléments unitaires du matériau, sachant que le matériau peut se présenter sous la forme d'agglomérats de particules. Par l'expression "taille moyenne" de particules, on entend selon la présente demande la moyenne arithmétique des tailles des particules, c'est-à-dire la somme des tailles des particules divisée par le nombre de particules. La granulométrie des particules peut être mesurée par granulométrie laser en utilisant, par exemple, un Malvern Mastersizer 2000.

Les figures 1 et 2 représentent un mode de réalisation d'un dispositif optoélectronique 10, par exemple correspondant à un écran d'affichage ou à un dispositif de projection d'images comprenant des sous-pixels d'affichage Pix. La figure 1 est une coupe de la figure 2 selon la ligne II-II.

Le dispositif 10 comprend un support 12 et, pour chaque sous-pixel d'affichage Pix, une source électroluminescente 14 adaptée à émettre un premier rayonnement à une première longueur d'onde et reposant sur le support 12. Le dispositif 10 comprend en outre, pour au moins certains des sous-pixels d'affichage Pix, un bloc photoluminescent 16 reposant sur la source électroluminescente 14 et un coupleur optique 18 reposant sur la source électroluminescente 14 et entourant le bloc photoluminescent 16. Chaque bloc photoluminescent 16 est adapté à convertir le premier rayonnement émis par la source électroluminescente 14 en un rayonnement à une autre longueur

d'onde. Chaque coupleur optique 18 est adapté à diriger le premier rayonnement vers le bloc photoluminescent 16 qu'il entoure.

Selon un mode de réalisation, toutes les sources électroluminescentes 14 émettent un rayonnement à une première
5 longueur d'onde.

Selon un mode de réalisation, le dispositif optoélectronique 10 comprend au moins deux types de blocs photoluminescents 16. Les blocs photoluminescents 16 du premier type sont adaptés à convertir le premier rayonnement à la première
10 longueur d'onde en un deuxième rayonnement à une deuxième longueur d'onde par pompage optique. Les blocs photoluminescents 16 du deuxième type sont adaptés à convertir le premier rayonnement à la première longueur d'onde en un troisième rayonnement à une troisième longueur d'onde par pompage optique. Selon un mode de
15 réalisation, le dispositif optoélectronique 10 comprend au moins trois types de blocs photoluminescents 16, les blocs photoluminescents 16 du troisième type étant adaptés à convertir le premier rayonnement à la première longueur d'onde en un quatrième rayonnement à une quatrième longueur d'onde par pompage
20 optique.

Selon un mode de réalisation, la première longueur d'onde correspond à un rayonnement ultraviolet, et est dans la plage de 350 nm à 430 nm. Selon un mode de réalisation, la deuxième longueur d'onde correspond à de la lumière verte et est dans la
25 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. Selon un mode de réalisation, la quatrième longueur d'onde correspond à de la lumière bleue et est dans la plage de 440 nm à 490 nm. Pour chaque pixel de l'image
30 à afficher, le dispositif optoélectronique 10 comprend alors au moins un sous-pixel d'affichage Pix avec un bloc photoluminescent 16 du premier type, un sous-pixel d'affichage Pix avec un bloc photoluminescent 16 du deuxième type et un sous-pixel d'affichage Pix du troisième type.

Selon un mode de réalisation, le dispositif optoélectronique 10 comprend des blocs photoluminescents 16 d'un quatrième type. Les blocs photoluminescents 16 du quatrième type sont adaptés à convertir le premier rayonnement à la première longueur d'onde en un cinquième rayonnement à une cinquième longueur d'onde par pompage optique. Selon un mode de réalisation, la cinquième longueur d'onde correspond à de la lumière jaune et est dans la plage de 570 nm à 600 nm. Selon un mode de réalisation, les première, deuxième, troisième, quatrième et cinquième longueurs d'ondes sont différentes. Pour chaque pixel de l'image à afficher, le dispositif optoélectronique 10 comprend des sous-pixels avec des blocs photoluminescents 16 des quatre types.

Selon un mode de réalisation, la première longueur d'onde correspond à de la lumière bleue et est dans la plage de 440 nm à 490 nm. Dans ce mode de réalisation, comme cela est représenté sur les figures 1 et 2, pour chaque pixel de l'image à afficher, le circuit optoélectronique 12 comprend un sous-pixel d'affichage Pix avec un bloc photoluminescent 16 du premier type, un sous-pixel d'affichage Pix avec un bloc photoluminescent 16 du deuxième type et un sous-pixel d'affichage sans bloc photoluminescent.

Le dispositif 10 peut, en outre, comprendre des murs réfléchissants 20 qui s'étendent entre les sources électroluminescente 14 et les blocs photoluminescents 16 et qui forment une grille délimitant les sous-pixels d'affichage Pix. Les murs 20 réduisent la diaphonie entre sous-pixels Pix adjacents. Le dispositif 10 peut, en outre, comprendre, pour chaque sous-pixel d'affichage Pix, un miroir 22 adapté à réfléchir le premier rayonnement et disposé entre le support 12 et la source électroluminescente 14.

Le dispositif 10 peut, en outre, comprendre un filtre, non représenté, recouvrant les blocs photoluminescents et adapté à bloquer le premier rayonnement et à laisser passer les deuxième et troisième rayonnements. Le filtre peut avoir une structure multicouche. Selon un mode de réalisation, pour des sources

électroluminescentes 14 émettant un rayonnement à la première longueur d'onde dans la plage de 350 nm à 430 nm, le filtre peut être un filtre passe-bande ne laissant passer que les longueurs d'onde dans la plage de 440 nm à 720 nm.

5 Le dispositif 10 comprend, en outre, des éléments de connexion, non représentés, permettant de commander les sources électroluminescentes 14.

Le support 12 peut comprendre des composants électroniques, non représentés, notamment des transistors, 10 utilisés pour la commande des sources électroluminescentes 14. A titre de variante, le support 12 peut ne pas être présent et le dispositif optoélectronique 10 peut être connecté à un circuit électronique de commande des sources électroluminescentes 14.

15 Selon un mode de réalisation, les sources électroluminescentes 14 correspondent à des diodes électroluminescentes.

20 Selon un mode de réalisation, chaque diode électroluminescente 14 peut correspondre à une diode électroluminescente dite bidimensionnelle comprenant un empilement de couches semiconductrices sensiblement planes dont la zone active.

A titre d'exemple, en figure 1, chaque diode électroluminescente 14 comprend un empilement de couches semiconductrices ayant deux faces opposées 28, 30. L'empilement 25 comprend, du bas vers le haut en figure 1 :

une couche semiconductrice 32 dopée d'un premier type de conductivité, par exemple dopée de type P et délimitant la face 28 ;

une zone active 34 ; et

30 une couche semiconductrice 36 dopée d'un deuxième type de conductivité, par exemple dopée de type N et délimitant la face 30.

Dans ce mode de réalisation, en fonctionnement, pour au moins certains des sous-pixels Pix, des tensions sont appliquées 35 entre les couches semiconductrices 32 et 36 de sorte que la zone

active 34 de la source électroluminescente 14 du sous-pixel Pix émet le premier rayonnement (flèches 38 en figure 1) avec une intensité qui dépend de la tension appliquée entre les couches semiconductrices 32 et 36.

5 Selon un mode de réalisation, chaque diode électroluminescente 14 peut comprendre au moins une diode électroluminescente dite tridimensionnelle comprenant une coque semiconductrice recouvrant un élément semiconducteur tridimensionnel, notamment un microfil, un nanofil, un cône, un
10 tronc de cône, une pyramide ou une pyramide tronquée, la coque étant formée d'un empilement de couches semiconductrices non planes dont la zone active.

 Selon un autre mode de réalisation, les sources électroluminescentes 14 correspondent à des diodes laser à cavité
15 verticale émettant par la surface ou VCSEL.

 Selon un mode de réalisation, les sources électroluminescentes 14 sont disposées selon un damier hexagonal. Dans le présent mode de réalisation, les sources électroluminescentes 14 et les blocs photoluminescents 16 ont,
20 dans la vue de dessus de la figure 2, une forme circulaire. Toutefois, la forme des sources électroluminescentes 14 et des blocs photoluminescents 16 peut être différente, par exemple, carrée, rectangulaire ou hexagonale.

 Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique
25 18 correspond à un cristal photonique adapté à diriger les rayons lumineux du premier rayonnement qu'il reçoit vers le bloc photoluminescent 16 qu'il entoure.

 Les figures 3 et 4 sont respectivement une vue en coupe partielle et une vue de dessus d'un mode de réalisation du coupleur
30 optique 18.

 Dans le présent mode de réalisation, le coupleur optique 18 comprend une couche 40 d'un premier matériau ayant un premier indice de réfraction à la première longueur d'onde. La couche 40 a deux faces 42, 44 planes et parallèles, la face 42 étant située
35 du côté de la source électroluminescente 14 et étant, par exemple,

au contact de la face 30. Des ouvertures 46 s'étendent dans la couche 40 de la face 44 à la face 42. Dans le présent mode de réalisation, les ouvertures 46 s'étendent sur la totalité de l'épaisseur de la couche 40. A titre de variante, les ouvertures 5 46 peuvent s'étendre seulement sur une partie de l'épaisseur de la couche 40 depuis la face 44 ou depuis la face 42. Chaque ouverture 46 s'étend par exemple selon un axe qui est sensiblement orthogonal aux faces 42 et 44. Chaque ouverture 46 est remplie d'un deuxième matériau, qui peut être de l'air, ayant un deuxième 10 indice de réfraction à la première longueur d'onde strictement inférieur au premier indice de réfraction. De préférence, l'écart entre le premier indice de réfraction et le deuxième indice de réfraction est le plus grand possible. Le coupleur optique 18 est traversé par un trou 47 d'axe A dans lequel est disposé le bloc 15 photoluminescent 16 du sous-pixel. On appelle D la dimension du coupleur optique 18 mesurée radialement et d la dimension d'une ouverture 46 mesurée radialement.

Les ouvertures 46 sont disposées dans la couche 40 selon un réseau périodique ou pseudo-périodique. Les sections droites, 20 dans un plan parallèle aux faces 42, 44, des ouvertures 46 peuvent être identiques ou dépendre de l'ouverture 46 considérée. Comme cela est illustré en figure 1, la forme et la disposition des ouvertures 46 sont choisies pour que les rayons 48 du premier rayonnement qui pénètrent dans le coupleur optique 18 soient 25 redirigés vers le bloc photoluminescent 16 entouré par le coupleur optique 18. De préférence, les rayons 50 du premier rayonnement qui sortent du coupleur optique 18 sont sensiblement parallèles aux faces 42, 44 du coupleur optique 18 et dirigés vers l'axe A.

Selon un mode de réalisation, les ouvertures 46 peuvent 30 être sensiblement alignées selon des directions radiales par rapport à l'axe A.

En figure 4, les ouvertures 46 ont en vue de dessus une section droite de forme circulaire. Toutefois, la section droite des ouvertures 46 peut être différente, par exemple, carrée, 35 rectangulaire ou hexagonale. A titre de variante, les ouvertures

46 peuvent correspondre à des anneaux entourant le trou central 47, par exemple des anneaux concentriques d'axe A.

Le premier matériau peut être transparent dans la gamme visible. Le premier matériau peut être un oxyde, un nitrure ou un matériau organique. Selon un mode de réalisation, le premier matériau est choisi parmi le groupe comprenant l'oxyde de titane (TiO_2), l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3), le nitrure de silicium (SiN), l'oxynitrure de silicium (SiO_yN_x), l'oxyde de silicium (SiO_2), l'oxyde de zirconium (ZrO_2), l'oxyde d'hafnium (HfO_2), l'oxyde de lutécium (Lu_2O_3), l'oxyde de magnésium (MgO), l'oxyde d'yttrium (Y_2O_3), l'oxyde de zinc (ZnO), le poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA), les silicones, les résines photosensibles et les alliages ou mélanges d'au moins deux de ces composés. La couche 40 est au moins en partie transparente au premier rayonnement. L'indice de réfraction du premier matériau à la première longueur d'onde est compris entre 1,4 et 4.

Le deuxième matériau est choisi parmi le groupe comprenant l'air, les oxydes d'indice de réfraction à la première longueur d'onde inférieur à 1,5 transparents dans la gamme visible, notamment l'oxyde de silicium (SiO_2), ou les matériaux organiques transparents dans la gamme visible, tels que le PMMA ou les silicones. L'indice de réfraction du deuxième matériau à la première longueur d'onde est compris entre 1 et 1,5.

La hauteur de la couche 40, mesurée selon une direction perpendiculaire à la face 28, est comprise entre 100 nm et 500 nm, et préférentiellement entre 150 nm et 350 nm. En vue de dessus, le coupleur est inscrit dans un cercle dont le diamètre est compris entre 3 μm et 50 μm . Le pas entre les centres de deux ouvertures 46 adjacentes est compris entre 150 nm et 250 nm. Le rapport entre la dimension d et le pas entre les centres de deux ouvertures 46 adjacentes, également appelé facteur de remplissage des ouvertures 46, est compris entre 10 % et 90 %.

Selon un mode de réalisation, lorsque la première longueur d'onde est égale à 450 nm, le coupleur optique 18 peut comprendre une couche 40 en TiO_2 dont l'indice de réfraction à la

longueur d'onde de 450 nm est égal à 3,14 et les ouvertures 46 peuvent être remplies d'air dont l'indice de réfraction à la longueur d'onde de 450 nm est égal à 1. Le pas entre deux ouvertures adjacentes 46 peut être de l'ordre de 203 nm et la dimension d est de l'ordre de 101 nm. Pour une succession de vingt ouvertures 46 sensiblement alignées radialement, la dimension D du coupleur optique 18 est de l'ordre de 4 μm .

Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 16 comprend des luminophores dispersés dans une matrice. Les luminophores peuvent être des particules monocristallines de taille nanométrique d'un matériau semiconducteur, également appelées nanocristaux semiconducteurs par la suite. Les luminophores peuvent être des luminophores organiques. Selon un autre mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 16 comprend un empilement de couches semiconductrices formant des puits quantiques multiples.

Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 16 correspond, en outre, à un cristal photonique adapté à ralentir les rayons lumineux du premier rayonnement qu'il reçoit depuis le coupleur optique 18 qui l'entoure sans toutefois ralentir le rayonnement fourni par le bloc photoluminescent 16 après conversion par pompage optique.

Les figures 5 et 6 sont respectivement une vue en coupe partielle et une vue de dessus d'un mode de réalisation du bloc photoluminescent 16.

Selon le présent mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 16 comprend une couche 52 d'un troisième matériau ayant un troisième indice de réfraction à la première longueur d'onde. La couche 52 a deux faces 54, 56 planes et parallèles, la face 54 étant située du côté de la source électroluminescente 14 et étant, par exemple, au contact de la face 30. Des ouvertures 58 s'étendent dans la couche 52 depuis la face 56. Dans le présent mode de réalisation, les ouvertures 58 s'étendent sur la totalité de l'épaisseur de la couche 52. Chaque ouverture 58 s'étend par exemple selon un axe qui est sensiblement orthogonal aux faces 54

et 56. Chaque ouverture 58 est remplie d'un quatrième matériau ayant un quatrième indice de réfraction à la première longueur d'onde strictement inférieur au troisième indice de réfraction. Le quatrième matériau peut être identique au deuxième matériau.

5 On appelle D' la dimension du bloc photoluminescent 16 mesurée radialement et d' la dimension de l'ouverture 58 mesurée radialement.

Le bloc photoluminescent 16 comprend en outre des luminophores 60 adaptés à convertir le premier rayonnement en un autre rayonnement. Dans le présent mode de réalisation, les

10 luminophores 60 sont situés dans la couche 52.

Les ouvertures 58 sont disposées dans la couche 52 selon un réseau périodique ou pseudo-périodique. Les sections droites, dans un plan parallèle aux faces 54, 56, des ouvertures 58 peuvent

15 être identiques ou dépendre de l'ouverture 58 considérée. La forme et la disposition des ouvertures 58 sont choisies pour que les rayons 50 du premier rayonnement qui pénètrent dans le bloc photoluminescent 16 continuent leur progression dans le bloc photoluminescent 16 sans changer globalement de direction de

20 propagation mais avec une vitesse de propagation moyenne réduite par rapport à la vitesse de propagation moyenne des rayons du premier rayonnement dans la source lumineuse 14 ou dans le coupleur optique 18. Selon un mode de réalisation, les ouvertures 58 peuvent être sensiblement alignées selon des directions

25 radiales par rapport à l'axe A.

Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 16 a la structure d'un miroir à cristal photonique, notamment un miroir de Bragg. Les caractéristiques du miroir à cristal photonique sont définies de façon que la borne

30 inférieure de la bande interdite du miroir à cristal photonique soit sensiblement égale à la première longueur d'onde ou que la borne supérieure de la bande interdite du miroir à cristal photonique soit sensiblement égale à la première longueur d'onde. De ce fait, le premier rayonnement se propage dans le bloc

35 photoluminescent 16 sensiblement sans réflexion mais avec une

vitesse de propagation moyenne réduite. La durée du parcours du premier rayonnement dans le bloc photoluminescent 16 étant augmentée, l'absorption du premier rayonnement par les luminophores 60 pour une conversion en un rayonnement à une autre longueur d'onde est augmentée d'au moins un facteur 1,5 par rapport à un bloc photoluminescent dans lequel les ouvertures 58 ne seraient pas présentes. Le rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 après conversion du premier rayonnement par pompage optique est à une longueur d'onde nettement supérieure aux longueurs d'onde de la bande interdite du miroir à cristal photonique de sorte que ce rayonnement se propage sensiblement librement dans le bloc photoluminescent 16. Etant donné que ce rayonnement est émis dans toutes les directions, il s'échappe du bloc photoluminescent 16 comme cela est représenté par les flèches 62 en figure 1. De préférence, la vitesse de propagation moyenne du rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 par pompage optique est supérieure à la vitesse de propagation moyenne du premier rayonnement dans le bloc photoluminescent 16.

En figure 6, les ouvertures 58 ont en vue de dessus une section droite de forme circulaire. Toutefois, la section droite des ouvertures 58 peut être différente, par exemple, carrée, rectangulaire ou hexagonale. A titre de variante, les ouvertures 58 peuvent correspondre à des anneaux, par exemple des anneaux concentriques d'axe A.

Le troisième matériau est choisi parmi le groupe comprenant un polymère, notamment le PMMA, les silicones et les résines photosensibles. La couche 52 est au moins en partie transparente au premier rayonnement. L'indice de réfraction du troisième matériau à la première longueur d'onde est compris entre 1,4 et 4.

Le quatrième matériau est par exemple l'air.

La hauteur de la couche 52, mesurée selon une direction perpendiculaire à la face 28, est comprise entre 100 nm et 500 nm. Selon un mode de réalisation, la hauteur de la couche 52 est sensiblement égale à la hauteur de la couche 40. En vue de dessus,

le bloc photoluminescent 16 est inscrit dans un cercle dont le diamètre D' est compris entre $3\ \mu\text{m}$ et $40\ \mu\text{m}$. Selon un mode de réalisation, le rapport entre le pas, en vue de dessus, entre les centres de deux ouvertures 58 adjacentes et la première longueur d'onde est approximativement égale à 0,355. Le pas entre deux ouvertures 58 adjacentes est compris entre $124\ \text{nm}$ (pour une première longueur d'onde de $350\ \text{nm}$) et $163\ \text{nm}$ (pour une première longueur d'onde de $460\ \text{nm}$). La dimension d' de chaque ouverture 58 est choisie pour que le rapport entre la dimension d' et le pas entre les centres de deux ouvertures 58 adjacentes, également appelé facteur de remplissage des ouvertures 58, soit compris entre 10 % et 90 %.

La figure 7 représente une courbe d'évolution C_{16} de la réflectivité en fonction de la longueur d'onde d'un mode de réalisation du bloc photoluminescent 16 pour lequel les ouvertures 58 ont une dimension de l'ordre de $60\ \text{nm}$ et sont remplies d'air et pour lequel la couche 52 est en silicone avec des luminophores 60 du type boîtes quantiques ayant une dimension de l'ordre de $60\ \text{nm}$. L'indice de réfraction à la longueur d'onde de $450\ \text{nm}$ de l'ensemble formé par la couche 52 et les luminophores 60 est égal à environ 1,56. Le pas entre deux ouvertures adjacentes 58 est de l'ordre de $160\ \text{nm}$ et la dimension est de l'ordre de $100\ \text{nm}$. Ceci conduit à l'obtention d'un miroir à cristal photonique dont la borne inférieure de la bande interdite est approximativement égale à $450\ \text{nm}$.

La figure 8 est une vue en coupe agrandie d'un autre mode de réalisation du bloc photoluminescent 16 dans lequel le bloc photoluminescent 16 comprend des puits quantiques multiples. La couche 52 correspond alors à un empilement de couches semiconductrices formant une alternance de puits quantiques 64 et de couches barrières 66 et les ouvertures 58 traversent les couches semiconductrices de l'empilement sensiblement selon la direction d'empilement. La couche de l'empilement de couches la plus proche de la couche semiconductrice 36 peut jouer le rôle de couche d'arrêt de gravure lors de la formation des ouvertures 58.

Les couches barrières 66 et les puits quantiques 64 sont en des matériaux différents pouvant correspondre à des alliages du type AlInGaN dans lesquels les proportions d'indium et d'aluminium, éventuellement nulles, sont différentes. Comme la couche 52 est
5 composée d'au moins deux matériaux différents, les propriétés optiques du troisième matériau décrit précédemment, qui sont utilisées pour la détermination des propriétés optiques du bloc photoluminescent 16, sont alors définies à partir des propriétés optiques du matériau composant les couches barrières 66 et du
10 matériau composant les couches de puits quantiques 64. A titre d'exemple, on peut considérer que l'indice de réfraction optique du troisième matériau est égal à la moyenne des indices de réfraction optique des matériaux composant les couches de puits quantiques 64 et les couches barrières 66 pondérée par les
15 épaisseurs de ces couches. Le quatrième matériau peut être un oxyde (SiO_2), un carbure de silicium dont l'indice de réfraction est inférieur à celui du troisième matériau, de l'air ou un polymère.

La figure 9 est une vue en coupe agrandie d'un autre
20 mode de réalisation du bloc photoluminescent 16 dans lequel les ouvertures 58 s'étendent seulement sur une partie de l'épaisseur de la couche 52. Dans le cas où le bloc photoluminescent 16 comprend des puits quantiques multiples, la gravure des ouvertures 58 peut s'arrêter de manière sélective sur une couche d'arrêt
25 prévue dans l'empilement de couches, ce qui permet d'obtenir des ouvertures 58 à la profondeur souhaitée.

La figure 10 est une vue en coupe agrandie d'un autre mode de réalisation du bloc photoluminescent 16 dans lequel les
luminophores 60 sont situés seulement dans les ouvertures 58.

30 La figure 11 est une vue en coupe agrandie d'un autre mode de réalisation du bloc photoluminescent 16 dans lequel les luminophores 60 sont situés à la fois dans la couche 52 et dans les ouvertures 58.

Selon un mode de réalisation, les couches
35 semiconductrices formant la source lumineuse 14 sont au moins en

partie en un matériau semiconducteur. Le matériau semiconducteur peut être le silicium, le germanium, le carbure de silicium, un composé III-V, un composé II-VI, ou une combinaison d'au moins deux de ces composés.

5 Les couches semiconductrices formant la source lumineuse
14 peuvent être, au moins en partie, en des matériaux
semiconducteurs comportant majoritairement un composé III-V, par
exemple un composé III-N. Des exemples d'éléments du groupe III
comprennent le gallium (Ga), l'indium (In) ou l'aluminium (Al).
10 Des exemples de composés III-N sont GaN, AlN, InN, InGaN, AlGaN
ou AlInGaN. D'autres éléments du groupe V peuvent également être
utilisés, par exemple, le phosphore ou l'arsenic. De façon
générale, les éléments dans le composé III-V peuvent être combinés
avec différentes fractions molaires.

15 Les couches semiconductrices formant la source lumineuse
14 peuvent être, au moins en partie, en des matériaux
semiconducteurs comportant majoritairement un composé II-VI. Des
exemples d'éléments du groupe II comprennent des éléments du
groupe IIA, notamment le béryllium (Be) et le magnésium (Mg) et
20 des éléments du groupe IIB, notamment le zinc (Zn), le cadmium
(Cd) et le mercure (Hg). Des exemples d'éléments du groupe VI
comprennent des éléments du groupe VIA, notamment l'oxygène (O)
et le tellure (Te). Des exemples de composés II-VI sont ZnO,
ZnMgO, CdZnO, CdZnMgO, CdHgTe, CdTe ou HgTe. De façon générale,
25 les éléments dans le composé II-VI peuvent être combinés avec
différentes fractions molaires.

La zone active 34 est la couche depuis laquelle est
émise la majorité du rayonnement fourni par la source
électroluminescente 14. La zone active 34 peut comporter des
30 moyens de confinement. La zone active 34 peut comprendre un puits
quantique unique. Elle peut alors comprendre un matériau
semiconducteur différent du matériau semiconducteur formant les
couches semiconductrices 32 et 36 et ayant une bande interdite
inférieure à celle des couches semiconductrices 32 et 36. La zone
35 active 34 peut comprendre des puits quantiques multiples. Elle

comprend alors un empilement de couches semiconductrices formant une alternance de puits quantiques et de couches barrières. Elle est par exemple formée d'une alternance de couches de GaN et de InGaN ayant des épaisseurs respectives de 3 nm à 20 nm (par exemple 6 nm) et de 1 nm à 30 nm (par exemple 2,5 nm). Les couches de GaN peuvent être dopées, par exemple, de type N ou P. Selon un autre exemple, la zone active 34 peut comprendre une seule couche de InGaN, ayant par exemple une épaisseur supérieure à 10 nm.

La hauteur des murs 20, mesurée selon une direction perpendiculaire à la face 28, est comprise entre 500 nm et 100 μm , de préférence entre 5 μm et 30 μm . L'épaisseur minimale des murs 20, mesurée selon une direction parallèle à la face 28, est comprise entre 20 nm et 50 μm , de préférence entre 50 nm et 10 μm . Dans la vue de la figure 2, l'aire de chaque source électroluminescente 14 correspond à l'aire d'un cercle ayant un rayon compris entre 1 μm et 100 μm , de préférence entre 3 μm et 15 μm .

Selon un mode de réalisation, les murs 20 sont isolés électriquement des couches actives 34. Selon un mode de réalisation, les murs 20 peuvent être formés d'un matériau réfléchissant ou recouverts d'un revêtement réfléchissant le rayonnement émis par les blocs photoluminescents 16 et/ou les sources électroluminescentes 14. A titre d'exemple, les murs 20 peuvent comprendre un coeur métallique, notamment en aluminium (Al), en cuivre (Cu), ou en argent (Ag), recouvert d'une couche isolante électriquement, par exemple un oxyde.

Selon un mode de réalisation, les luminophores 60 sont des particules monocristallines de taille nanométrique d'un matériau semiconducteur, également appelées nanocristaux semiconducteurs 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 comprise entre 0,5 nm et 1000 nm, de préférence entre 0,5 nm et 500 nm, encore plus préférentiellement entre 1 nm et 100 nm, notamment entre 2 nm et 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.

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 alliages à base d'aluminium, d'indium et de gallium (AlInGa) 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.

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.

Selon un mode de réalisation, chaque bloc photoluminescent 16 contient de 2 % à 90 %, de préférence de 10 % à 60 %, en poids de nanocristaux, par exemple environ 20 % en poids de nanocristaux.

5 La figure 12 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un dispositif optoélectronique 70. Le dispositif optoélectronique 70 comprend les mêmes éléments que le dispositif optoélectronique 10 représenté en figure 1, et comprend en outre, pour chaque sous-
10 pixel d'affichage Pix, un miroir sélectif 72 interposé entre la source électroluminescente 14 et le bloc photoluminescent 16 et un miroir sélectif 74 recouvrant le bloc photoluminescent 16 du côté du bloc photoluminescent 16 opposé à la source électroluminescente 14.

15 Le miroir sélectif 72 est adapté à laisser passer le premier rayonnement et à réfléchir le rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16. Le miroir sélectif 72 permet, de façon avantageuse, d'éviter que le rayonnement fourni par le bloc photoluminescent 16 ne s'échappe du bloc photoluminescent 16 du
20 côté de la source électroluminescente 14.

Le miroir sélectif 74 est adapté à laisser passer le rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 et à réfléchir le premier rayonnement. Le miroir sélectif 74 permet, de façon avantageuse, d'éviter que le premier rayonnement ne s'échappe du
25 bloc photoluminescent 16 vers l'observateur. En outre, en réfléchissant le premier rayonnement dans le bloc photoluminescent 16, le miroir 74 permet d'augmenter la distance parcourue par le premier rayonnement dans le bloc photoluminescent 16 et donc d'augmenter la proportion du premier rayonnement qui est converti
30 par le bloc photoluminescent 16.

Selon un mode de réalisation, chaque miroir 72, 74 correspond à un cristal photonique, par exemple à un miroir de Bragg.

La figure 13 représente un mode de réalisation du miroir
35 sélectif 72 dans le cas où le miroir 72 a la structure d'un miroir

de Bragg. Le miroir sélectif 72 comprend deux faces 76 et 78, la face 76 reposant sur la face 30 de la source électroluminescente 14, de préférence au contact de la source électroluminescente 14, le couple optique 18 et le bloc photoluminescent 16 reposant sur la face 78, de préférence au contact de la face 78. Le miroir 72 comprend une alternance de première et deuxième couches diélectriques 80, 82, sensiblement planes et parallèles à la face 76. Les premières couches diélectriques 80 sont en un cinquième matériau ayant un cinquième indice de réfraction à la longueur d'onde du rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 et les deuxièmes couches diélectriques 82 sont en un sixième matériau ayant un sixième indice de réfraction à la longueur d'onde du rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 strictement inférieur au cinquième indice de réfraction.

Le cinquième matériau peut être un oxyde, un nitrure ou un matériau organique. Selon un mode de réalisation, le cinquième matériau est choisi parmi le groupe comprenant l'oxyde de titane (TiO_2), l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3), le nitrure de silicium (SiN), l'oxynitrure de silicium (SiO_yN_x), l'oxyde de silicium (SiO_2), l'oxyde de zirconium (ZrO_2), l'oxyde d'hafnium (HfO_2), l'oxyde de lutécium (Lu_2O_3), l'oxyde de magnésium (MgO), l'oxyde d'yttrium (Y_2O_3), l'oxyde de zinc (ZnO), le poly(méthacrylate de méthyle) (PMMA), les silicones, les résines photosensibles et les alliages ou mélanges d'au moins deux de ces composés. L'indice de réfraction du cinquième matériau à la longueur d'onde du rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 est compris entre 1,4 et 4.

Le sixième matériau est choisi parmi le groupe comprenant l'air, les oxydes d'indice de réfraction à la première longueur d'onde inférieur à 1,5 transparent dans la gamme visible, notamment l'oxyde de silicium (SiO_2), ou les matériaux organiques transparent dans la gamme visible, tels que le PMMA ou les silicones. L'indice de réfraction du sixième matériau la longueur d'onde du rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 est compris entre 1 et 1,5.

La structure du miroir sélectif 72 peut être identique pour tous les sous-pixels d'affichage Pix.

Le miroir 74 peut avoir la même structure que le miroir 72, les épaisseurs des couches 80 et 82 du miroir 74 étant choisies
5 pour laisser passer le rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 et réfléchir le premier rayonnement.

La structure du miroir sélectif 74 peut être identique pour tous les sous-pixels d'affichage Pix.

La figure 14 représente des courbes d'évolution C_{72} et
10 C_{74} de la réflectivité en fonction de la longueur d'onde respectivement dans le cas où le miroir 72 comprend, pris en sandwich entre des couches d'oxyde de silicium de 57 nm, un empilement comprenant la répétition, au moins six fois, d'un motif comprenant une couche d'oxyde de titane de 74 nm et une couche
15 d'oxyde de silicium de 115 nm et dans le cas où le miroir 74 comprend, pris en sandwich entre des couches d'oxyde de titane de 15 nm, un empilement comprenant la répétition, au moins douze fois, d'un motif comprenant une couche d'oxyde de titane de 31 nm et une couche d'oxyde de silicium de 64 nm.

20 Le miroir 72 est sensiblement transparent pour un premier rayonnement à la longueur d'onde de 450 nm et réfléchit le rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 pour des longueurs d'onde comprises entre 570 nm et 700 nm. Le miroir 74 est sensiblement transparent pour le rayonnement émis par le bloc
25 photoluminescent 16 à des longueurs d'onde comprises entre 520 nm et 700 nm et réfléchit le premier rayonnement à la longueur d'onde de 450 nm.

La figure 15 est une vue en coupe agrandie d'un autre mode de réalisation du miroir 72, dans lequel le miroir a une
30 structure analogue à celle représentée sur la figure 3.

Selon un mode de réalisation, le miroir 72 comprend une couche 84 ayant deux faces 86, 88 opposées et parallèles, du cinquième matériau. Des ouvertures 90 s'étendent dans la couche 84 depuis la face 88. Dans le présent mode de réalisation, les
35 ouvertures 90 s'étendent sur la totalité de l'épaisseur de la

couche 84. Chaque ouverture 90 est remplie du sixième matériau, qui par rapport à la liste précédente peut en outre correspondre à de l'air. Les dimensions et la répartition des ouvertures 90 sont choisies pour que le miroir 72 laisse passer le premier rayonnement et réfléchisse le rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16. Le miroir 74 peut également avoir la structure représentée sur la figure 15, les dimensions et la répartition des ouvertures 90 sont choisies pour que le miroir 72 laisse passer le rayonnement émis par le bloc photoluminescent 16 et réfléchisse le premier rayonnement.

Un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif optoélectronique 10 représenté en figure 1 peut comprendre les étapes suivantes :

1) Formation sur la totalité d'une face du support 12 de l'empilement de couches semiconductrices formant les sources électroluminescentes 14.

Les couches semiconductrices formant les sources électroluminescentes 14 peuvent être réalisées par un procédé tel que dépôt chimique en phase vapeur (CVD) ou dépôt chimique en phase vapeur aux organométalliques (MOCVD), également connu sous le nom d'épithaxie organométallique en phase vapeur (MOVPE). Toutefois, des procédés tels que l'épithaxie par jets moléculaires (MBE), la MBE à source de gaz (GSMBE), la MBE organométallique (MOMBE), la MBE assistée par plasma (PAMBE), l'épithaxie par couche atomique (ALE) ou l'épithaxie en phase vapeur aux hydrures (HVPE) peuvent être utilisés, ainsi que le dépôt de couches atomiques (ALD) ou le dépôt en phase vapeur (PVD). En outre, des procédés tels que l'évaporation ou la pulvérisation cathodique peuvent être utilisés.

L'étape 1) peut en outre comprendre la formation d'éléments de connexion de la source électroluminescente 14 pour chaque sous-pixel d'affichage Pix.

2) Formation des cristaux photoniques 18 et des blocs photoluminescents 16.

Les blocs photoluminescents 16 peuvent être formés par le dépôt sur la structure obtenue à l'étape 1) d'une dispersion colloïdale de nanocristaux semiconducteurs dans une matrice de liaison, par exemple par un procédé dit additif. Le procédé dit additif peut comprendre l'impression directe de la dispersion colloïdale aux emplacements souhaités, par exemple par impression par jet d'encre, photogravure, sérigraphie, flexographie, revêtement par pulvérisation, revêtement par aérosol ou dépôt de gouttes. La couche 52 de chaque bloc photoluminescent 16 est ainsi obtenue. Les ouvertures 58 peuvent alors être gravées dans chaque couche 52, par exemple par des techniques de photolithographie. A titre de variante, la dispersion colloïdale comprenant les nanocristaux semiconducteurs dispersés dans la matrice de liaison peut être déposée sur la totalité de la structure obtenue à l'étape 1), les blocs photoluminescents 16 étant alors délimités par des techniques de photolithographie.

La couche 40 de chaque coupleur optique 18 peut être formée par un procédé dit additif sur la structure obtenue à l'étape 1) aux emplacements non occupés par des blocs photoluminescents 16. Les ouvertures 46 peuvent alors être gravées dans chaque couche 40, par exemple par des techniques de photolithographie.

3) Formation des murs 20 venant délimiter la source lumineuse 14 et le coupleur optique 18 pour chaque pixel d'affichage Pix. Ceci peut être obtenu en gravant des ouvertures sur la totalité de l'épaisseur des structures formées sur le support 12 aux étapes 1) et 2) aux emplacements souhaités des murs 20. La gravure mise en oeuvre peut être une gravure sèche, par exemple utilisant un plasma à base de chlore et de fluor ou une gravure par plasma à couplage inductif (ICP), une gravure ionique réactive (RIE), une gravure humide, ou une combinaison desdits procédés. Les ouvertures sont ensuite remplies avec le matériau composant les murs 20. Les murs 20 peuvent avoir une structure multicouche, le remplissage des ouvertures étant alors réalisé par des dépôts successifs.

Dans le cas où les blocs photoluminescents 16 ont la structure représentée en figure 8, l'étape 2) peut comprendre les étapes suivantes :

- 5 2a) faire croître par épitaxie sur un premier substrat l'empilement de couches semiconductrices formant les puits quantiques multiples des blocs photoluminescents du premier type sur la totalité du premier substrat ;
- 2b) graver l'empilement pour délimiter les blocs photoluminescents du premier type ;
- 10 2c) déposer un masque sélectif de croissance sur les blocs photoluminescents du premier type ;
- 2d) faire croître par épitaxie l'empilement de couches semiconductrices formant les puits quantiques multiples des blocs photoluminescents du deuxième type entre
15 les blocs photoluminescents du premier type ;
- 2e) former les ouvertures 58 dans les blocs photoluminescents du premier type et du deuxième type ;
- 2f) fixer, par exemple par collage moléculaire ou en utilisant un matériau de liaison, par exemple un
20 polymère, la structure obtenue à l'étape 2e), du côté des blocs photoluminescents 16, les blocs photoluminescents du premier type et du deuxième type étant alignés avec les sous-pixels d'affichage souhaités ; et
- 2g) retirer le premier substrat.

25 Un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif optoélectronique 70 représenté en figure 12 peut comprendre les étapes 1), 2) et 3) décrites précédemment et comprendre, entre les étapes 1) et 2), une étape de formation de la structure du miroir sélectif 72 sur la totalité de la structure
30 obtenue à l'étape 1) et, entre les étapes 2) et 3), une étape de formation de la structure du miroir sélectif 74 sur la totalité de la structure obtenue à l'étape 2), la formation des murs 20 venant délimiter le miroir 72 et le miroir 74 pour chaque pixel d'affichage Pix.

La figure 16 est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un autre mode de réalisation d'un dispositif optoélectronique 95. Le dispositif optoélectronique 95 comprend les mêmes éléments que le dispositif optoélectronique 10 représenté en figure 1, à la différence que le dispositif optoélectronique 95 comprend, en outre, pour chaque bloc photoluminescent du premier type, une couche 96 sensiblement transparente au deuxième rayonnement, par exemple sensiblement transparente dans le domaine visible, recouvrant le bloc photoluminescent 16 et le coupleur optique 18 qui l'entoure et à la différence que le dispositif optoélectronique 90 comprend, en outre, pour chaque bloc photoluminescent du deuxième type, une couche 98 sensiblement transparente au première rayonnement, par exemple sensiblement transparente dans le domaine visible et ultraviolet, interposée entre, d'une part, la couche 36 et, d'autre part, le deuxième bloc photoluminescent 16 et le coupleur optique 18 qui l'entoure.

Dans le cas où chaque bloc photoluminescent 16 comprend des puits quantiques multiples, un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif optoélectronique 95 peut comprendre les étapes 1), 2) et 3) décrites précédemment, l'étape 2) de formation des cristaux photoniques 18 et des blocs photoluminescents 16 comprenant les étapes suivantes :

4) pour les blocs photoluminescents du premier type :

4a) faire croître par épitaxie sur un premier substrat l'empilement de couches semiconductrices formant les puits quantiques multiples des blocs photoluminescents du premier type sur la totalité du premier substrat ;

4b) graver l'empilement pour délimiter les blocs photoluminescents du premier type ;

4c) déposer un masque sélectif de croissance sur les blocs photoluminescents du premier type ;

4d) faire croître la couche 98 par épitaxie sur le premier substrat entre les blocs photoluminescents du premier type ;

5 4e) former les ouvertures 58 dans les blocs photoluminescents du premier type ;

4f) fixer, par exemple par collage moléculaire ou en utilisant un matériau de liaison, par exemple un polymère, la structure obtenue à l'étape 4e), du côté des blocs photoluminescents 16 du premier type et de la couche 98, à la structure obtenue à l'étape 1), les blocs photoluminescents du premier type étant alignés avec les sous-pixels d'affichage souhaités ; et

4g) retirer le premier substrat ;

15 5) pour les blocs photoluminescents du deuxième type :

5a) faire croître par épitaxie sur un deuxième substrat l'empilement de couches semiconductrices formant les puits quantiques multiples des blocs photoluminescents du deuxième type sur la totalité du deuxième substrat ;

20 5b) graver l'empilement pour délimiter les blocs photoluminescents du deuxième type ;

5c) déposer un masque sélectif de croissance sur les blocs photoluminescents du deuxième type ;

25 5d) faire croître la couche 96 par épitaxie sur le deuxième substrat entre les blocs photoluminescents du deuxième type ;

5e) former les ouvertures 58 dans les blocs photoluminescents du deuxième type ;

30 5f) fixer, par exemple par collage moléculaire ou en utilisant un matériau de liaison, par exemple un polymère, la structure obtenue à l'étape 5e), du côté des blocs photoluminescents 16 du deuxième et de la couche 96, à la structure obtenue à l'étape 4g), les blocs photoluminescents du deuxième type étant alignés avec les sous-pixels d'affichage souhaités ; et

35

- 5g) retirer le deuxième substrat ;
- 6) former les murs 20 ;
- 7) éventuellement retirer les portions des couches 96 et 98 présentes sur les sous-pixels qui ne comprennent pas de blocs photoluminescents.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, bien que dans les modes de réalisation décrits précédemment les murs 20 aient des faces latérales qui sont sensiblement perpendiculaires aux faces 28 des sources électroluminescentes 14, les faces latérales des murs 20 peuvent être profilées, par exemple être inclinées par rapport aux faces 28. En outre, le dispositif optoélectronique peut ne comprendre, pour chaque sous-pixel d'affichage Pix, que le miroir sélectif 72 ou que le miroir sélectif 74.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif optoélectronique (10 ; 70 ; 95)
comprenant :

des sources électroluminescentes (14), chaque source
électroluminescente étant adaptée à émettre un premier rayonnement
5 à une première longueur d'onde ;

des blocs photoluminescents (16) répartis en premiers
blocs photoluminescents adaptés à convertir par pompage optique
le premier rayonnement en un deuxième rayonnement à une deuxième
longueur d'onde et des deuxièmes blocs photoluminescents adaptés
10 à convertir par pompage optique le premier rayonnement en un
troisième rayonnement à une troisième longueur d'onde ; et

pour chaque bloc photoluminescent, un coupleur optique
(18) comprenant un premier cristal photonique entourant au moins
partiellement ledit bloc photoluminescent et recouvrant, avec
15 ledit bloc photoluminescent, l'une des sources
électroluminescentes à côté dudit bloc photoluminescent, le
coupleur optique étant adapté à modifier la direction de
propagation de rayons du premier rayonnement émis par ladite
source électroluminescente pour rediriger ces rayons vers ledit
20 bloc photoluminescent.

2. Dispositif optoélectronique selon la revendication
1, dans lequel chaque coupleur optique (18) comprend une première
couche (40) d'un premier matériau ayant un premier indice de
réfraction à la première longueur d'onde, la première couche ayant
25 des première et deuxième faces (42, 44) opposées, la première ou
deuxième face recouvrant ladite source électroluminescente (14),
chaque coupleur optique comprenant en outre des premières
ouvertures (46) s'étendant dans la première couche depuis la
première face et/ou la deuxième face et remplies d'un deuxième
matériau ayant un deuxième indice de réfraction à la première
30 longueur d'onde différent du premier indice de réfraction.

3. Dispositif optoélectronique selon la revendication
1 ou 2, dans lequel chaque bloc photoluminescent (16) comprend un
deuxième cristal photonique adapté à laisser passer le premier

rayonnement, la vitesse de propagation du premier rayonnement dans le bloc photoluminescent étant inférieure à la vitesse de propagation du premier rayonnement dans le coupleur optique (18) adjacent audit bloc photoluminescent.

5 4. Dispositif optoélectronique selon la revendication 3, dans lequel chaque bloc photoluminescent (16) comprend des particules monocristallines photoluminescentes (60) de taille nanométrique d'un matériau semiconducteur.

10 5. Dispositif optoélectronique selon la revendication 3 ou 4, dans lequel chaque bloc photoluminescent (16) comprend une deuxième couche (52) d'un troisième matériau ayant un troisième indice de réfraction à la première longueur d'onde, la deuxième couche ayant des troisième et quatrième faces (54, 56) opposées, la troisième ou quatrième face recouvrant ladite source
15 électroluminescente (14), chaque bloc photoluminescent comprenant en outre des deuxième ouvertures (58) s'étendant dans la deuxième couche depuis la troisième et/ou quatrième face et remplies d'un quatrième matériau ayant un quatrième indice de réfraction à la
20 première longueur d'onde différent du troisième indice de réfraction.

25 6. Dispositif optoélectronique selon la revendication 5 dans son rattachement à la revendication 4, dans lequel les particules monocristallines photoluminescentes (60) sont situées dans la deuxième couche (52) et/ou dans les deuxième ouvertures (58).

30 7. Dispositif optoélectronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, comprenant, en outre, pour chaque bloc photoluminescent (16), un premier miroir sélectif (72) interposé entre ladite source lumineuse (14) et ledit bloc photoluminescent, le premier miroir sélectif étant adapté à laisser passer le premier rayonnement et réfléchir le deuxième rayonnement et/ou le troisième rayonnement.

35 8. Dispositif optoélectronique selon la revendication 7, dans lequel le premier miroir sélectif (72) comprend un troisième cristal photonique.

9. Dispositif optoélectronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, comprenant, en outre, pour chaque bloc photoluminescent (16), un deuxième miroir sélectif (74), ledit bloc photoluminescent (16) étant interposé entre ladite source lumineuse (14) et ledit deuxième miroir, le deuxième miroir étant adapté à réfléchir le premier rayonnement et à laisser passer le deuxième rayonnement et/ou le troisième rayonnement.

10. Dispositif optoélectronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant en outre des troisièmes blocs photoluminescents adaptés à convertir par pompage optique le premier rayonnement en un quatrième rayonnement à une quatrième longueur d'onde.

11. Dispositif optoélectronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, comprenant en outre des murs (20) réfléchissant les premier, deuxième et troisième rayonnements, lesdits murs séparant les sources électroluminescentes (14) et séparant les blocs photoluminescents (16).

12. Dispositif optoélectronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, comprenant en outre un filtre recouvrant les blocs photoluminescents (16) du côté des blocs photoluminescents opposé aux sources électroluminescentes (14) et adapté à bloquer le premier rayonnement et à laisser passer les deuxième et troisième rayonnements.

13. Dispositif optoélectronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel les sources électroluminescentes (14) comprennent des diodes électroluminescentes ou des diodes laser à cavité verticale émettant par la surface.

14. Procédé de fabrication d'un dispositif optoélectronique (10 ; 70) selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, comprenant les étapes suivantes :

- a) former les sources électroluminescentes (14) ;
- b) former les blocs photoluminescents (32) sur les sources électroluminescentes ; et

d) former les coupleurs optiques (18) sur les sources électroluminescentes, chaque coupleur optique entourant au moins partiellement l'un des blocs photoluminescents.

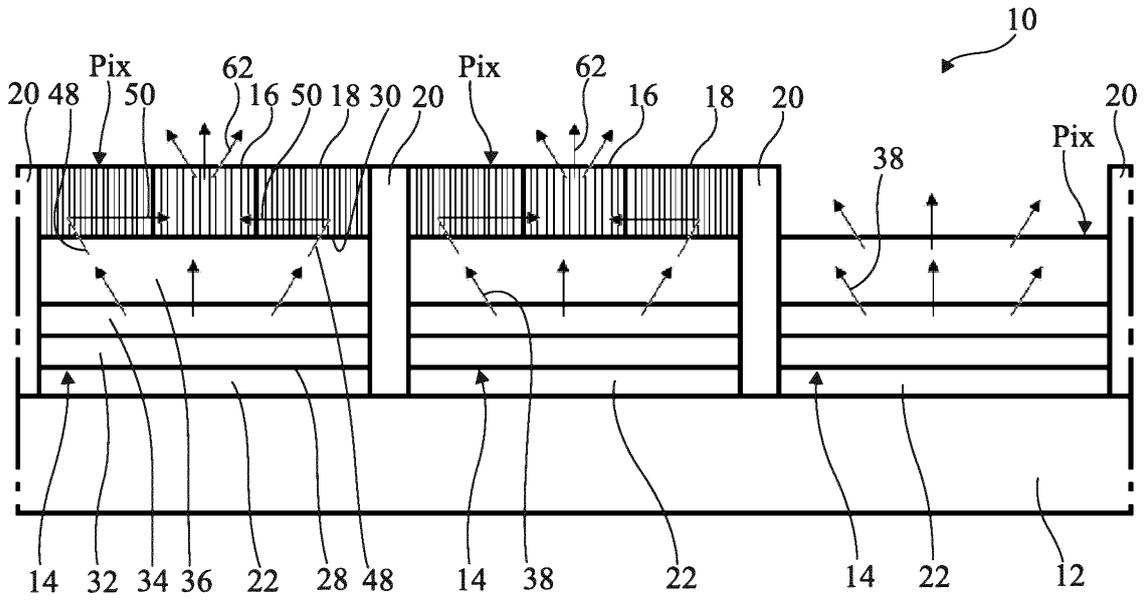


Fig 1

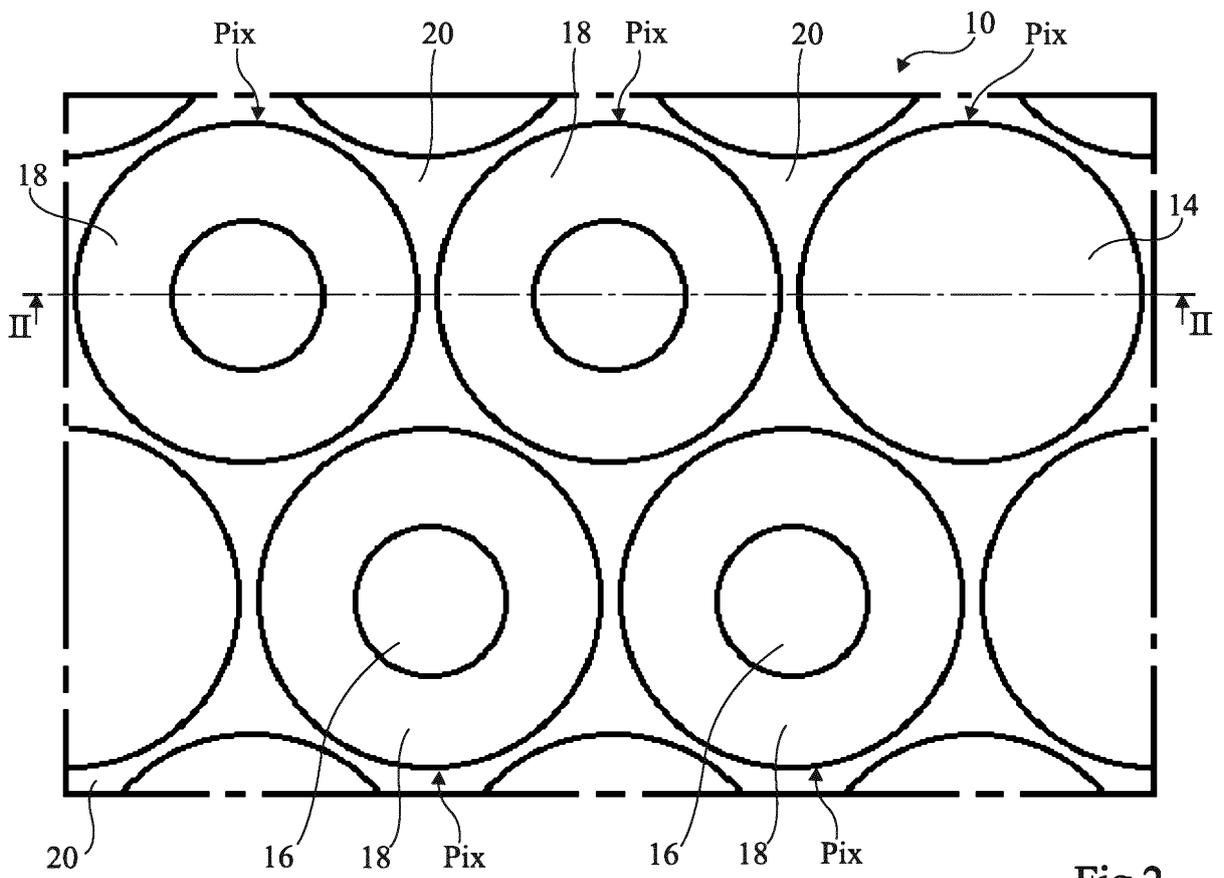


Fig 2

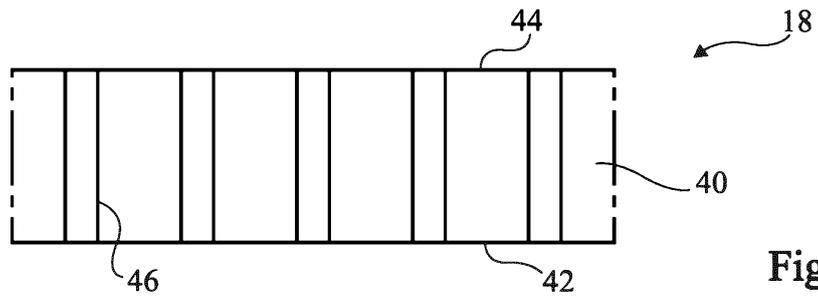


Fig 3

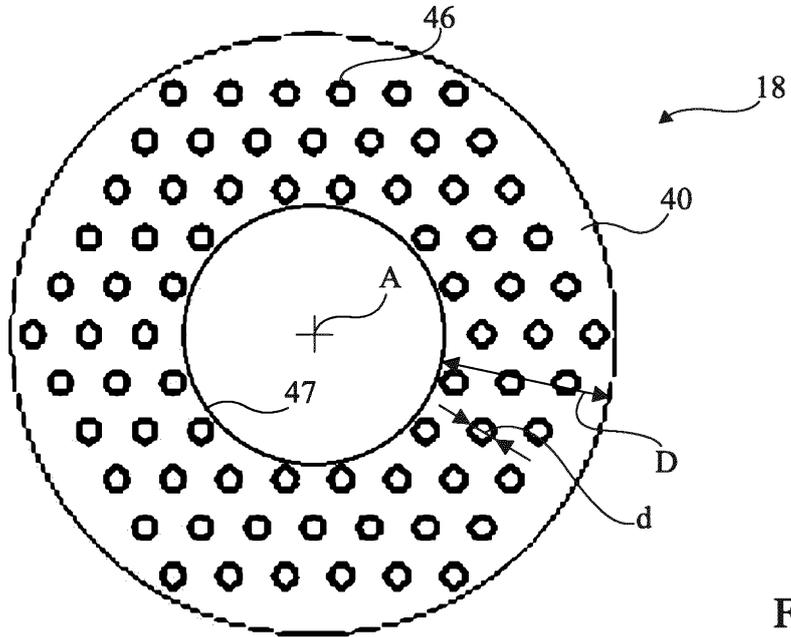


Fig 4

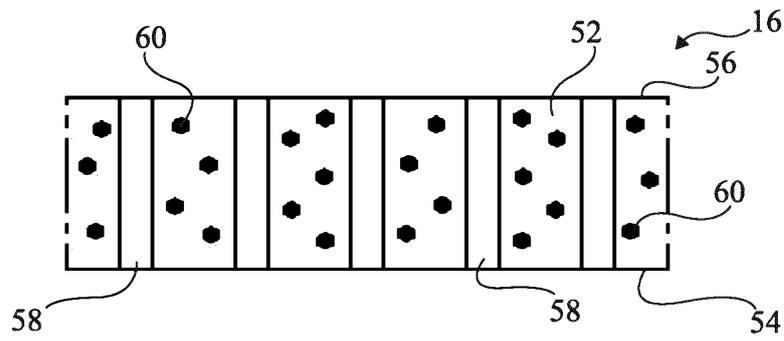


Fig 5

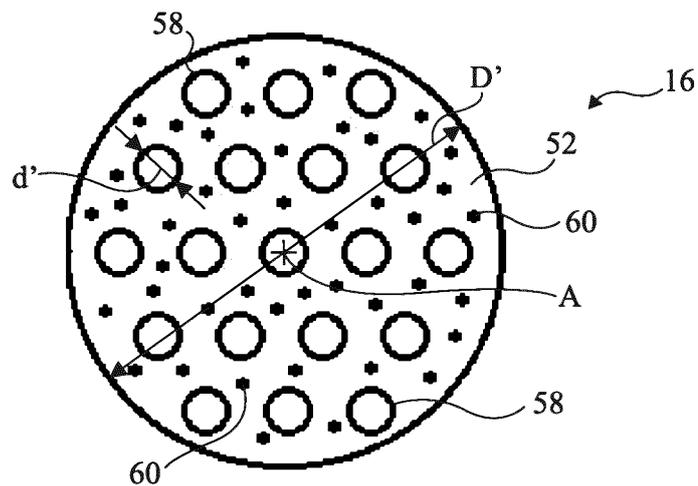


Fig 6

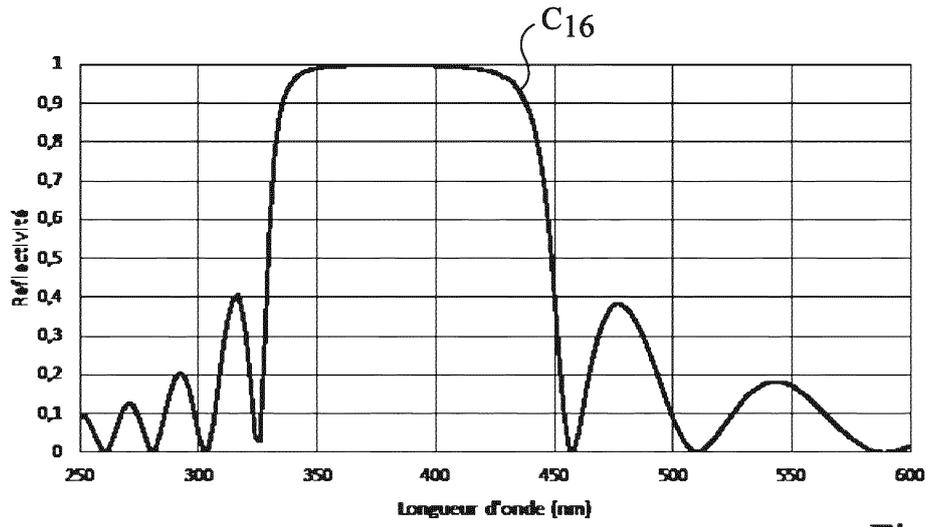


Fig 7

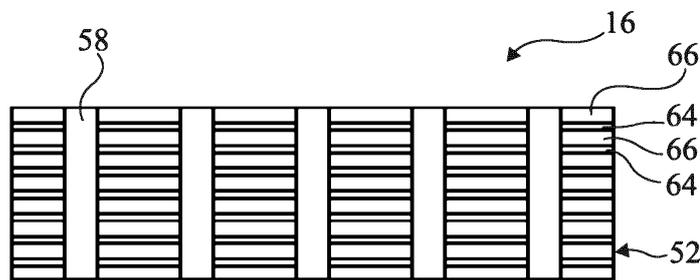


Fig 8

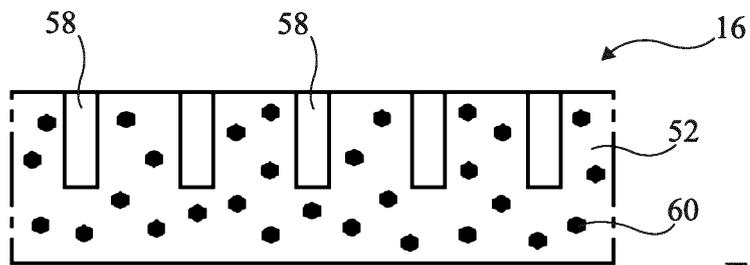


Fig 9

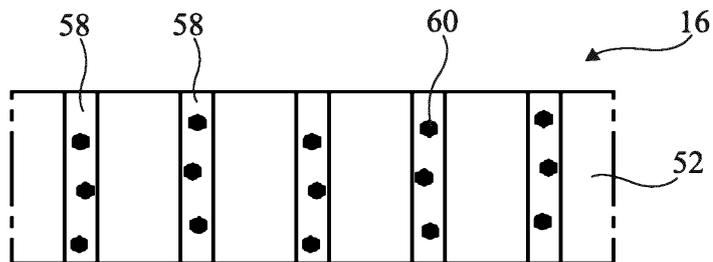
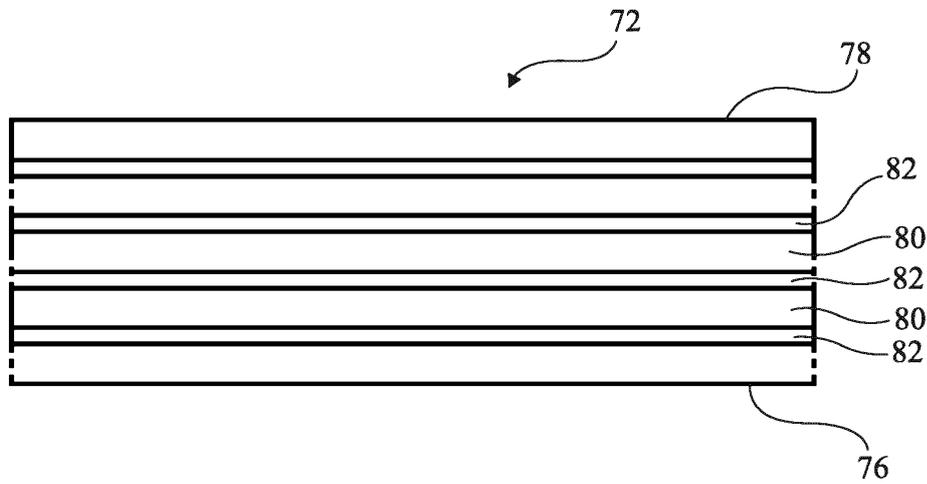
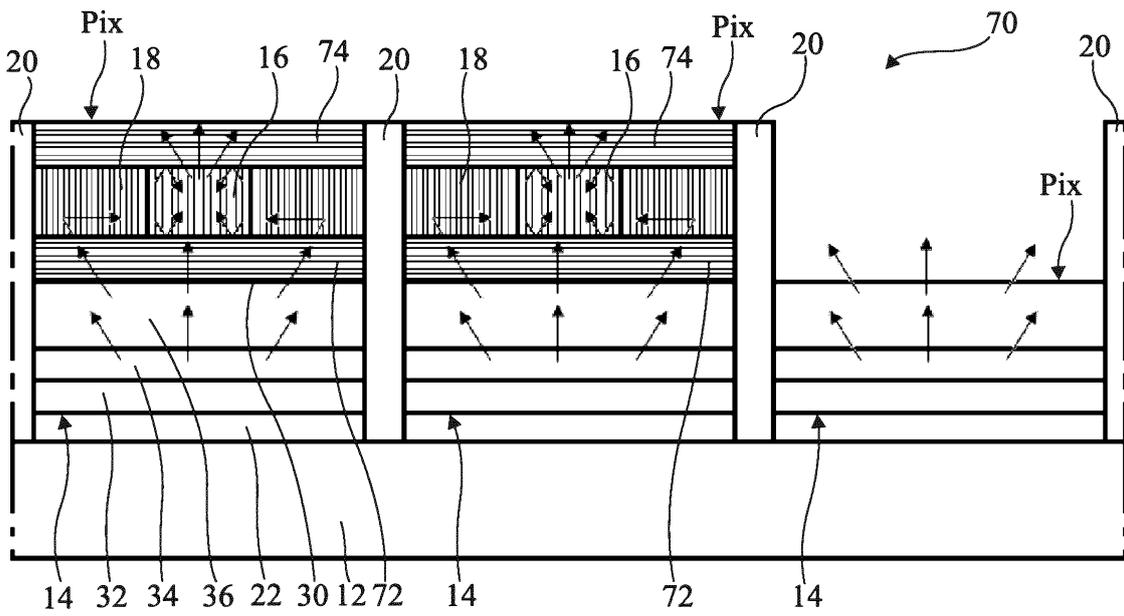
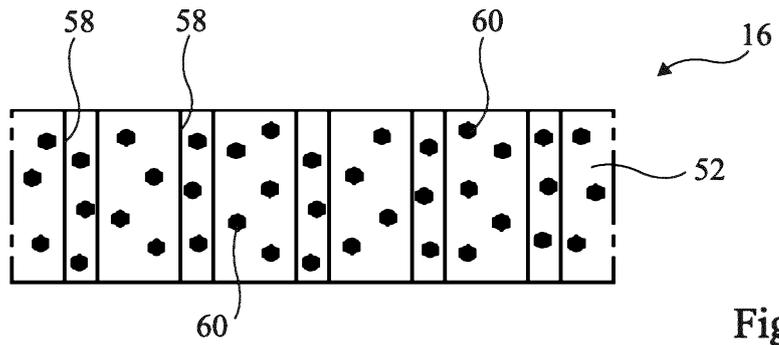


Fig 10



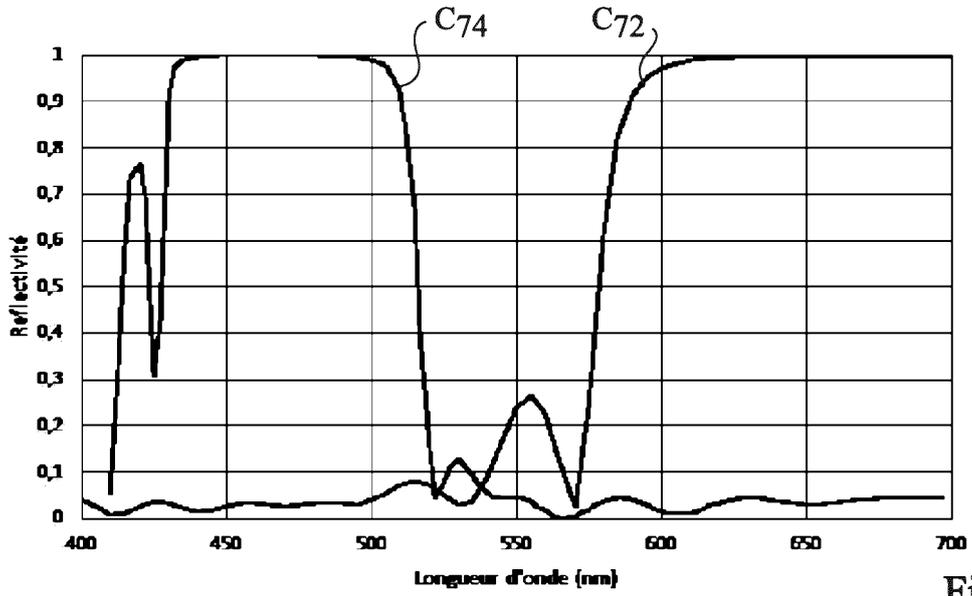


Fig 14

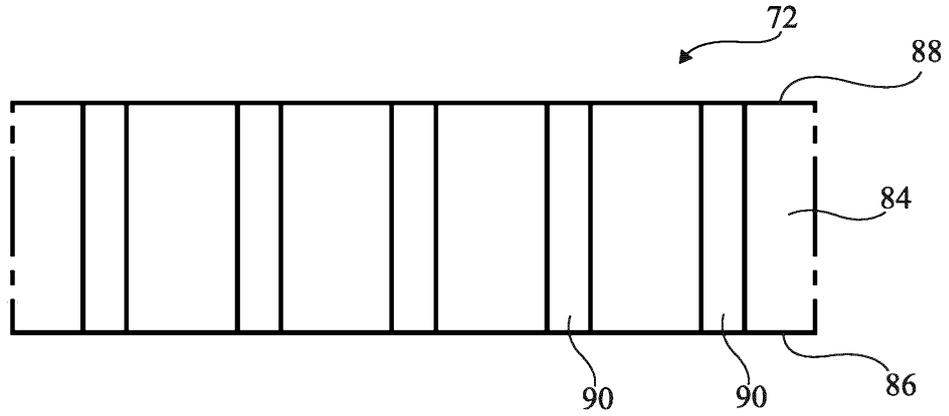


Fig 15

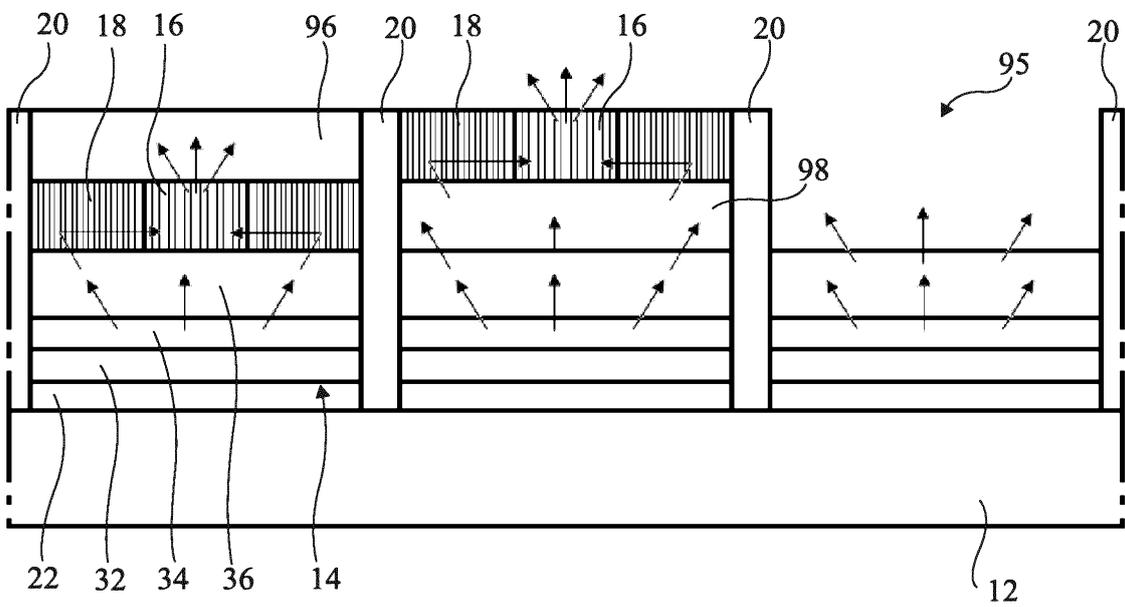


Fig 16

**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

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

 N° d'enregistrement
 national

 FA 839892
 FR 1755898

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 2011/297975 A1 (YEH WEN-YUNG [TW] ET AL) 8 décembre 2011 (2011-12-08)	1,2,10, 13,14	H01L27/15 H01L33/06
Y	* abrégé * * alinéa [0090]; figure 18 * * alinéa [0081]; figure 12 *	3-12	H01L33/46
Y	US 2007/025673 A1 (BOSE RANOJOY [US] ET AL) 1 février 2007 (2007-02-01) * abrégé * * alinéa [0049]; figure 9 * * alinéas [0030] - [0031]; figure 1A * * alinéas [0006], [0007] *	3-6	
Y	US 2007/085100 A1 (DIANA FREDERIC S [US] ET AL) 19 avril 2007 (2007-04-19) * abrégé * * alinéa [0089]; figure 11 * * alinéa [0088] *	7-9,12	
Y	TW I 588 984 B (INNOLUX CORP [TW]) 21 juin 2017 (2017-06-21) * abrégé * -& US 2017/263828 A1 (MAO LI-WEI [TW] ET AL) 14 septembre 2017 (2017-09-14) * alinéas [0080], [0081]; figures 12A, 12B *	10,11	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01L G02B
A	US 2014/001503 A1 (AHLSTEDT MIKAEL [DE] ET AL) 2 janvier 2014 (2014-01-02) * abrégé * * alinéas [0042], [0043]; figure 1B * * alinéa [0039]; figure 1A * * alinéa [0047]; figure 2A *	1,2,14	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 février 2018		Dehestru, Bastien	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1755898 FA 839892**

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 **21-02-2018**

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 2011297975	A1	08-12-2011	CN 102341740 A	01-02-2012
			US 2011297975 A1	08-12-2011
			US 2011299044 A1	08-12-2011
			WO 2010149027 A1	29-12-2010

US 2007025673	A1	01-02-2007	US 2007025673 A1	01-02-2007
			US 2008315177 A1	25-12-2008

US 2007085100	A1	19-04-2007	DE 112006002919 T5	27-11-2008
			JP 2009512220 A	19-03-2009
			KR 20080063403 A	03-07-2008
			US 2007085100 A1	19-04-2007
			US 2010327305 A1	30-12-2010
			US 2011291130 A1	01-12-2011
			WO 2007047585 A2	26-04-2007

TW I588984	B	21-06-2017	TW 201733105 A	16-09-2017
			US 2017263828 A1	14-09-2017

US 2017263828	A1	14-09-2017	TW 201733105 A	16-09-2017
			US 2017263828 A1	14-09-2017

US 2014001503	A1	02-01-2014	CN 103155188 A	12-06-2013
			DE 102010048162 A1	12-04-2012
			EP 2628193 A1	21-08-2013
			KR 20130071496 A	28-06-2013
			US 2014001503 A1	02-01-2014
			WO 2012049129 A1	19-04-2012
