

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
30 avril 2020 (30.04.2020)



(10) Numéro de publication internationale
WO 2020/084250 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01L 51/52 (2006.01) H01L 27/32 (2006.01)

[FR/FR] ; Bâtiment le Ponant D, 25 rue Leblanc, 75015 Paris (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2019/052516

(22) Date de dépôt international :
22 octobre 2019 (22.10.2019)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1859834 24 octobre 2018 (24.10.2018) FR

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE
ATOMIQUE ET AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES

(72) Inventeurs : **MOLLARD, Laurent** ; CEA Grenoble, 17, rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 09 (FR). **MAINDRON, Tony** ; CEA Grenoble, 17, rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 09 (FR). **TOURNAIRE, Myriam** ; CEA Grenoble, 17, rue des Martyrs, 38054 Grenoble Cedex 09 (FR).

(74) Mandataire : **PINOT, Christophe** et al. ; Innovation Competence Group, 310 avenue Berthelot, 69372 Lyon Cedex 08 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A PIXEL OF AN OLED MICRO-SCREEN

(54) Titre : PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN PIXEL D'UN MICRO-ÉCRAN À OLEDs

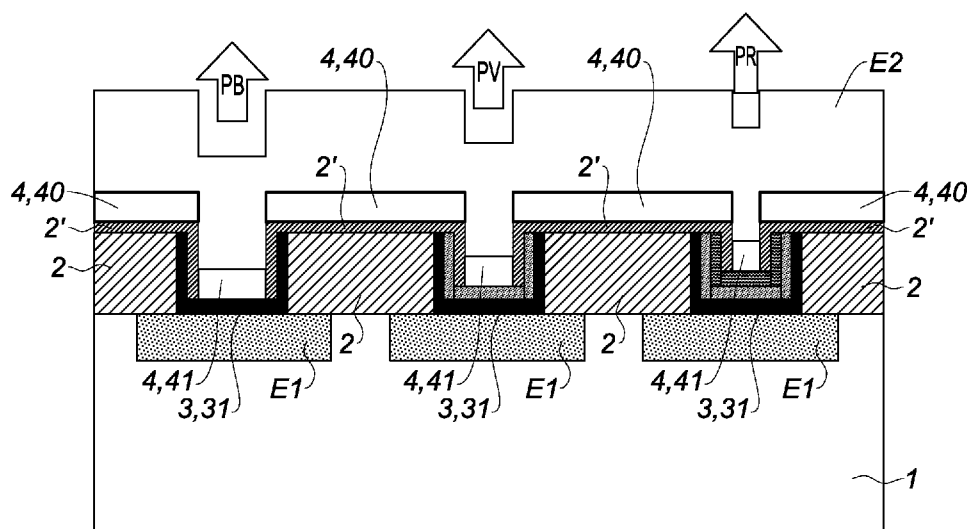


Fig. 8

(57) Abstract: The invention relates to a method for producing a pixel of an OLED micro-screen, said method comprising the steps of: a) providing a substrate (1) comprising a first structured electrode (E1); b) forming a dielectric layer (2) on the first structured electrode (E1); c) forming openings in the dielectric layer (2) so that the first structured electrode (E1) has free areas, and d) forming a spacing layer (3) that is transparent and conductive and comprises: - a first portion extending over the dielectric layer (2), and - a second portion (31) extending over the free areas; e) removing the first portion of the spacing layer (3); f) forming a stack (4) of organic light-emitting layers, configured to emit a white light; g) forming a second electrode (E2) on the stack (4); step d) being executed so that the second portion (31) of the spacing layer (3) has first, second and third thicknesses designed so as to respectively allow the transmission of

[Suite sur la page suivante]

HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2(h))

red, green and blue light.

(57) Abrégé : Procédé de fabrication d'un pixel d'un micro-écran à OLEDs Ce procédé comporte les étapes : a) prévoir un substrat (1) comportant une première électrode (E1) structurée; b) former une couche diélectrique (2) sur la première électrode (E1) structurée; c) former des ouvertures dans la couche diélectrique (2) de sorte que la première électrode (E1) structurée présente des zones libres, d) former une couche d'espacement (3), transparente et conductrice, et comportant : - une première partie s'étendant sur la couche diélectrique (2), et - une seconde partie (31) s'étendant sur les zones libres; e) supprimer la première partie de la couche d'espacement (3); f) former un empilement (4) de couches électroluminescentes organiques, configuré pour émettre une lumière blanche; g) former une seconde électrode (E2) sur l'empilement (4); l'étape d) étant exécutée de sorte que la seconde partie (31) de la couche d'espacement (3) présente des première, deuxième et troisième épaisseurs adaptées de manière à autoriser respectivement la transmission de lumières rouge, verte et bleue.

PROCEDE DE FABRICATION D'UN PIXEL D'UN MICRO-ECRAN A OLEDs

Domaine technique

L'invention se rapporte au domaine technique des micro-écrans à diodes électroluminescentes organiques (OLEDs).

L'invention trouve notamment son application dans la fabrication de lunettes et casques à réalité virtuelle ou augmentée, de viseurs d'appareil photo, d'afficheurs tête haute, de pico-projecteurs etc.

10 Etat de la technique antérieure

Un pixel d'un micro-écran à diodes électroluminescentes organiques à émission vers le haut connu de l'état de la technique, notamment du document EP 1 672 962 A1, comporte successivement :

- un substrat ;
- 15 - une première électrode, réfléchissante dans le domaine visible, et formée sur le substrat ;
- une couche d'espacement, formée sur la première électrode ;
- un empilement de couches électroluminescentes organiques, configuré pour émettre une lumière blanche, et formé sur la couche d'espacement,
- une seconde électrode, semi-transparente dans le domaine visible, et formée sur
- 20 l'empilement ; les première et seconde électrodes formant un résonateur optique.

La couche d'espacement possède des première, deuxième, et troisième portions présentant des épaisseurs adaptées de sorte que le résonateur optique autorise respectivement la transmission de lumières rouge, verte et bleue issues de la lumière blanche émise par l'empilement, de manière à définir respectivement des sous-pixels rouge, vert et bleu.

- 25 Un tel pixel de l'état de la technique permet d'envisager de s'affranchir de filtres colorés grâce au résonateur optique de type Fabry-Pérot formant un filtre interférentiel. La gamme de longueurs d'onde filtrées est déterminée par les épaisseurs des première, deuxième et troisième portions de la couche d'espacement permettant d'ajuster l'épaisseur de la cavité optique (délimitée par les première et seconde électrodes) de sorte que le résonateur optique
- 30 autorise respectivement la transmission de lumières rouge, verte et bleue issue de la lumière blanche émise par l'empilement de couches électroluminescentes organiques.

Ce type de filtrage peut être obtenu de manière analogue pour un micro-écran à émission vers le bas. Pour simplifier la terminologie, on continuera de parler de résonateur, même si les effets d'interférences sont bien moindres en cas d'émission vers le bas.

Toutefois, un tel pixel de l'état de la technique n'est pas entièrement satisfaisant dans la mesure où la commande électronique des sous-pixels rouge, vert et bleu est susceptible de conduire à des phénomènes de diaphonie (« *crosstalk* » en langue anglaise) entre des sous-pixels adjacents dus à la présence d'une conduction électrique latérale entre sous-pixels adjacents par la couche d'espacement et/ou par des couches conductrices au sein de l'empilement de couches électroluminescentes organiques.

Exposé de l'invention

L'invention vise à remédier en tout ou partie aux inconvénients précités. A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'un pixel d'un micro-écran à diodes électroluminescentes organiques, comportant les étapes successives :

- a) prévoir un substrat comportant une première électrode structurée ;
 - b) former une couche diélectrique sur la première électrode structurée ;
 - c) former des ouvertures dans la couche diélectrique de sorte que la première électrode structurée présente des zones libres, les ouvertures étant destinées à accueillir des sous-pixels rouge, vert et bleu ;
 - d) former une couche d'espacement, transparente dans le domaine visible et électriquement conductrice, et comportant :
 - une première partie s'étendant sur la couche diélectrique, et
 - une seconde partie s'étendant sur les zones libres de la première électrode structurée, à l'intérieur des ouvertures ;
 - e) supprimer la première partie de la couche d'espacement ;
 - f) former un empilement de couches électroluminescentes organiques, configuré pour émettre une lumière blanche, et comportant :
 - une première partie s'étendant sur la couche diélectrique, et
 - une seconde partie s'étendant sur la seconde partie de la couche d'espacement, à l'intérieur des ouvertures ;
 - g) former une seconde électrode sur l'empilement de couches électroluminescentes organiques de manière à obtenir un résonateur optique avec la première électrode ;
- l'étape d) étant exécutée de sorte que la seconde partie de la couche d'espacement présente des première, deuxième et troisième épaisseurs dans les ouvertures adaptées de sorte que le résonateur optique autorise respectivement la transmission de lumières rouge, verte et bleue issues de la lumière blanche émise par l'empilement de couches électroluminescentes organiques.

Ainsi, un tel procédé selon l'invention permet d'obtenir un résonateur optique de type Fabry-Pérot tout en réduisant significativement les effets de diaphonie entre les sous-pixels adjacents. Ceci est rendu possible grâce aux faits de :

- 5 (i) supprimer la première partie de la couche d'espacement lors de l'étape e),
(ii) enterrer la seconde partie de l'empilement des couches électroluminescentes organiques (i.e. la partie effective située entre les électrodes) à l'intérieur des ouvertures lors de l'étape f).

Un tel procédé selon l'invention permet donc de s'affranchir d'une conduction électrique latérale susceptible d'être occasionnée par la première partie de la couche d'espacement et par la présence de couches conductrices au sein de l'empilement de couches électroluminescentes organiques.

En outre, un tel procédé selon l'invention permet de s'assurer de la présence de la couche d'espacement sur les bords de la première électrode structurée et d'éviter ainsi les effets de bord. Ceci est rendu possible en enterrant la seconde partie de la couche d'espacement à l'intérieur des ouvertures lors de l'étape d).

Définitions

- Par « micro-écran », on entend un écran dont chaque pixel présente une surface inférieure ou égale à $30\ \mu\text{m}$ par $30\ \mu\text{m}$.
- 20 - Par « substrat », on entend un support physique autoporté, réalisé dans un matériau de base permettant de préférence l'intégration d'un dispositif électronique ou d'un composant électronique. Par exemple, un substrat est classiquement une tranche (« *wafér* » en langue anglaise) découpée dans un lingot monocristallin de matériau semi-conducteur.
- Par « électrode structurée », on entend une électrode présentant une surface discontinue délimitant un ensemble de motifs.
- 25 - Par « couche diélectrique », on entend une couche réalisée dans un matériau diélectrique, possédant une conductivité électrique à 300 K inférieure à $10^{-8}\ \text{S.cm}^{-1}$.
- Par « zones libres », on entend des zones de la première électrode qui ne sont pas recouvertes par la couche diélectrique.
- 30 - Par « domaine visible », on entend un spectre électromagnétique compris entre 380 nm et 780 nm.
- Par « transparente », on entend que la couche d'espacement possède un coefficient de transmission en intensité supérieur ou égal à 70%, de préférence supérieur ou égal à 80%,

plus préférentiellement supérieur ou égal à 85%, encore plus préférentiellement supérieur ou égal à 90%, moyenné sur le domaine visible.

- Par « électriquement conductrice », on entend que la couche d'espacement présente une conductivité électrique à 300 K supérieure ou égale à 10^2 S/cm.

5 - Par « à l'intérieur des ouvertures », on entend que la surface de la seconde partie de la couche d'espacement se situe à un niveau inférieur à celui de la surface de la couche diélectrique. De la même façon, on entend que la surface de la seconde partie de l'empilement de couches électroluminescentes organiques se situe à un niveau inférieur à celui de la surface de la couche diélectrique.

10 - Par « épaisseur », on entend la dimension suivant la normale à la surface du pixel ou du sous-pixel.

Le procédé selon l'invention peut comporter une ou plusieurs des caractéristiques suivantes.

15

Selon une caractéristique de l'invention, l'étape e) est exécutée de sorte que la seconde partie de la couche d'espacement et la couche diélectrique présentent une hauteur de marche supérieure ou égale à 100 nm à l'issue de l'étape e).

20 Par « hauteur de marche », on entend la dimension -suivant la normale à la surface du pixel-, séparant la surface de la couche diélectrique de la surface de la seconde partie de la couche d'espacement.

Ainsi, un avantage procuré par une telle hauteur de marche est de pouvoir réduire significativement les effets de diaphonie entre les sous-pixels rouges, verts et bleus. En effet, la conduction électrique latérale, susceptible d'être occasionnée par la présence de couches
25 conductrices au sein de l'empilement de couches électroluminescentes organiques, est fortement limitée grâce à cette hauteur de marche.

Selon une caractéristique de l'invention, l'étape e) est exécutée par un polissage mécano-chimique.

30 Ainsi, un avantage procuré est la rapidité de l'opération consistant à supprimer la première partie de la couche d'espacement.

Selon une caractéristique de l'invention, la couche d'espacement formée lors de l'étape d) comporte au moins un oxyde, électriquement conducteur et transparent dans le domaine
35 visible.

Selon une caractéristique de l'invention, le ou les oxydes sont sélectionnés parmi l'oxyde d'indium-étain, l'oxyde d'étain SnO_2 , l'oxyde de zinc ZnO .

- 5 Selon une caractéristique de l'invention, l'étape d) est exécutée de sorte que la première épaisseur est 100 nm, la deuxième épaisseur est 50 nm, et la troisième épaisseur est 10 nm.

Selon une caractéristique de l'invention, les ouvertures formées lors de l'étape c) présentent une largeur comprise entre 500 nm et 10 μm .

10

Selon une caractéristique de l'invention, la couche diélectrique formée lors de l'étape b) est réalisée dans un matériau choisi parmi SiO_2 et SiN .

- 15 Selon une caractéristique de l'invention, la couche diélectrique formée lors de l'étape b) présente une épaisseur comprise entre 150 nm et 300 nm.

Ainsi, un avantage procuré est de combiner à la fois :

- une épaisseur suffisamment importante pour obtenir une hauteur de marche satisfaisante (typiquement supérieure ou égale à 100 nm) entre la seconde partie de la couche d'espacement et la couche diélectrique après la consommation de matière due au polissage
- 20 mécano-chimique exécuté lors de l'étape b) ;
- une épaisseur suffisamment faible pour ne pas augmenter indûment la durée de formation de la couche diélectrique.

- 25 Selon une caractéristique de l'invention, les première et seconde électrodes sont réalisées dans un matériau métallique, de préférence sélectionné parmi Al, Ag, Pt, Cr, Ni, W, et/ou réalisées dans un oxyde transparent conducteur.

- De tels matériaux métalliques possèdent à la fois un coefficient de réflexion en intensité élevée dans le domaine visible, et une conductivité électrique élevée. On privilégiera un oxyde, électriquement conducteur et transparent dans le domaine visible, lorsque l'électrode doit être
- 30 transparente ou semi-transparente.

- Selon une caractéristique de l'invention, le substrat prévu lors de l'étape a) est transparent dans le domaine visible, la première électrode structurée prévue lors de l'étape a) est semi-transparente dans le domaine visible, la seconde électrode formée lors de l'étape g) est
- 35 réfléchissante dans le domaine visible.

Par « transparent », on entend que le substrat possède un coefficient de transmission en intensité supérieur ou égal à 70%, de préférence supérieur ou égal à 80%, plus préférentiellement supérieur ou égal à 85%, encore plus préférentiellement supérieur ou égal à 90%, moyenné sur le domaine visible.

- 5 Par « semi-transparente », on entend que la première électrode structurée possède un coefficient de transmission en intensité compris entre 30% et 70% moyenné sur le domaine visible.

- Par « réfléchissante », on entend que la seconde électrode possède un coefficient de réflexion en intensité supérieur ou égal à 70%, de préférence supérieur ou égal à 80%, plus
10 préférentiellement supérieur ou égal à 85%, encore plus préférentiellement supérieur ou égal à 90%, moyenné sur le domaine visible.

Ainsi, un avantage procuré est d'obtenir une structure dite à émission vers le bas, c'est-à-dire à travers le substrat.

- 15 Selon une caractéristique de l'invention, le substrat prévu lors de l'étape a) est réalisé dans un matériau semi-conducteur, de préférence le silicium, ou réalisé en verre, la première électrode structurée prévue lors de l'étape a) est réfléchissante dans le domaine visible, la seconde électrode formée lors de l'étape g) est semi-transparente dans le domaine visible.

- Par « semi-conducteur », on entend que le matériau présente une conductivité électrique à
20 300 K comprise entre $10^{-8} \text{ S.cm}^{-1}$ et 10^2 S.cm^{-1} .

Par « réfléchissante », on entend que la première électrode structurée possède un coefficient de réflexion en intensité supérieur ou égal à 70%, de préférence supérieur ou égal à 80%, plus préférentiellement supérieur ou égal à 85%, encore plus préférentiellement supérieur ou égal à 90%, moyenné sur le domaine visible.

- 25 Par « semi-transparente », on entend que la seconde électrode possède un coefficient de transmission en intensité compris entre 30% et 70% moyenné sur le domaine visible.

- Ainsi, un avantage procuré est d'obtenir une structure dite à émission vers le haut, c'est-à-dire à travers la seconde électrode. Le substrat peut alors comporter un circuit de commande des sous-pixels rouges, verts, et bleus sans nuire à l'efficacité lumineuse du micro-écran. On
30 choisira un circuit de type TFT (Transistors en couches minces « *Thin Film Transistors* » en langue anglaise) lorsque le substrat est réalisé en verre, et un circuit de type CMOS (« *Complementary Metal Oxide Semiconductor* » en langue anglaise) lorsque le substrat est réalisé dans un matériau semi-conducteur, en particulier Si.

Brève description des dessins

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans l'exposé détaillé de différents modes de réalisation de l'invention, l'exposé étant assorti d'exemples et de références aux dessins joints.

- 5 Figures 1 à 8 sont des vues schématiques en coupe selon la normale au substrat, illustrant des étapes d'un procédé selon l'invention.

Il est à noter que les dessins décrits ci-avant sont schématiques et ne sont pas à l'échelle par souci de lisibilité et pour simplifier leur compréhension.

10 Exposé détaillé des modes de réalisation

Les éléments identiques ou assurant la même fonction porteront les mêmes références pour les différents modes de réalisation, par souci de simplification.

- 15 Comme illustré aux figures 1 à 8, un objet de l'invention est un procédé de fabrication d'un pixel d'un micro-écran à diodes électroluminescentes organiques, comportant les étapes successives :

- a) prévoir un substrat 1 comportant une première électrode E1 structurée ;
- b) former une couche diélectrique 2 sur la première électrode E1 structurée ;
- c) former des ouvertures 20 dans la couche diélectrique 2 de sorte que la première
- 20 électrode E1 structurée présente des zones libres ZL, les ouvertures 20 étant destinées à accueillir des sous-pixels rouge, vert et bleu PR, PV, PB ;
- d) former une couche d'espacement 3, transparente dans le domaine visible et électriquement conductrice, et comportant :
 - une première partie 30 s'étendant sur la couche diélectrique 2, et
 - 25 - une seconde partie 31 s'étendant sur les zones libres ZL de la première électrode E1 structurée, à l'intérieur des ouvertures 20 ;
- e) supprimer la première partie 30 de la couche d'espacement 3 ;
- f) former un empilement 4 de couches électroluminescentes organiques, configuré pour émettre une lumière blanche, et comportant :
 - 30 - une première partie 40 s'étendant sur la couche diélectrique 2, et
 - une seconde partie 41 s'étendant sur la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3, à l'intérieur des ouvertures 20 ;
- g) former une seconde électrode E2 sur l'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques de manière à obtenir un résonateur optique avec la première électrode E1 ;

l'étape d) étant exécutée de sorte que la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3 présente des première, deuxième et troisième épaisseurs dans les ouvertures 20 adaptées de sorte que le résonateur optique autorise respectivement la transmission de lumières rouge, verte et bleue issues de la lumière blanche émise par l'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques.

Les étapes a) et b) sont illustrées à la figure 1. L'étape c) est illustrée à la figure 2. L'étape d) est illustrée aux figures 3 à 5. L'étape e) est illustrée à la figure 6. L'étape f) est illustrée à la figure 7. L'étape g) est illustrée à la figure 8.

Substrat et types d'architectures

Selon une première architecture dite à émission vers le bas :

- le substrat 1 prévu lors de l'étape a) est transparent dans le domaine visible, et peut être réalisé en verre,
- la première électrode E1 structurée prévue lors de l'étape a) est semi-transparente dans le domaine visible, et peut être réalisée par exemple dans un oxyde transparent conducteur,
- la seconde électrode E2 formée lors de l'étape g) est réfléchissante dans le domaine visible, et peut être réalisée par exemple dans un matériau métallique.

Selon une seconde architecture dite à émission vers le haut :

- le substrat 1 prévu lors de l'étape a) est réalisé dans un matériau semi-conducteur, de préférence le silicium, ou réalisé en verre,
- la première électrode E1 structurée prévue lors de l'étape a) est réfléchissante dans le domaine visible, et peut être par exemple réalisée dans un matériau métallique,
- la seconde électrode E2 formée lors de l'étape g) est semi-transparente dans le domaine visible, et peut être par exemple réalisée dans un oxyde transparent conducteur.

Première électrode structurée

La première électrode E1 structurée est avantageusement réalisée dans un matériau métallique, de préférence sélectionné parmi Al, Ag, Pt, Cr, Ni, W, ou réalisée dans un oxyde transparent conducteur.

La première électrode E1 est préférentiellement une anode. Toutefois, la première électrode E1 peut être une cathode si la structure de l'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques est inversée.

L'étape a) peut comporter les étapes :

- a₁) prévoir le substrat 1 ;
- a₂) déposer la première électrode E1 sur le substrat 1 par un dépôt de type pleine plaque, selon une technique de dépôt connue de l'homme du métier ;

a₃) structurer la première électrode E1 par une lithogravure.

Les motifs de la première électrode E1 structurée sont préférentiellement séparés d'une largeur comprise entre 0,5 μm et 1 μm . Cette largeur permet d'obtenir un pas d'une matrice de sous-pixels d'un micro-écran préférentiellement compris entre 4 μm et 5 μm .

5 Lorsque l'architecture est à émission vers le bas, la première électrode E1 structurée présente une épaisseur adaptée pour être semi-transparente dans le domaine visible. La première électrode E1 peut alors être réalisée par exemple dans un oxyde transparent conducteur (e.g. ITO).

10 Lorsque l'architecture est à émission vers le haut, la première électrode E1 structurée présente une épaisseur adaptée pour être réfléchissante dans le domaine visible. La première électrode E1 peut alors être réalisée par exemple dans un matériau métallique.

Couche diélectrique

La couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) est avantageusement réalisée dans un matériau choisi parmi SiO_2 et SiN .

15 L'étape b) peut être exécutée par une technique de dépôt connue de l'homme du métier.

La couche diélectrique 2 formée lors de l'étape b) présente avantageusement une épaisseur comprise entre 150 nm et 300 nm.

L'étape c) peut être exécutée par une technique de gravure connue de l'homme du métier de manière à obtenir des flancs de gravure suffisamment raides pour que la seconde partie 31
20 de la couche d'espacement 3 et la couche diélectrique 2 présentent une hauteur de marche supérieure ou égale à 100 nm à l'issue de l'étape c), afin d'assurer la discontinuité du dépôt de l'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques. Les ouvertures 20 formées lors de l'étape c) présentent avantageusement une largeur comprise entre 500 nm et 10 μm . Les ouvertures 20 de la couche diélectrique 2 peuvent présenter une section transversale
25 rectangulaire. Par « section transversale », on entend une section effectuée suivant la normale à la surface du pixel, c'est-à-dire dans l'épaisseur de la couche diélectrique 2. A titre de variante, les ouvertures 20 de la couche diélectrique 2 peuvent présenter une section transversale de forme différente, qui serait favorable à l'extraction de lumière, par exemple une section transversale parabolique.

30 Formation de la couche d'espacement

La couche d'espacement 3 formée lors de l'étape d) comporte avantageusement au moins un oxyde, électriquement conducteur et transparent dans le domaine visible (dénommé ci-après TCO pour « *Transparent Conductive Oxide* »). Le ou les oxydes sont avantageusement sélectionnés parmi l'oxyde d'indium-étain, l'oxyde d'étain SnO_2 , l'oxyde de zinc ZnO .

L'oxyde de zinc ZnO est préférentiellement dopé à l'aluminium. L'oxyde d'étain SnO₂ est préférentiellement dopé à l'aluminium. Il est également possible d'envisager d'autres dérivés de l'oxyde d'indium-étain, de l'oxyde d'étain SnO₂, et de l'oxyde de zinc ZnO.

L'étape d) est exécutée de sorte que la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3 présente les première, deuxième et troisième épaisseurs dans les ouvertures 20 destinées à accueillir respectivement les sous-pixels rouges, verts et bleus PR, PV, PB. A cet effet, l'étape d) peut comporter les étapes successives :

- d₁) déposer un premier TCO 3a sur la couche diélectrique 2 et dans les ouvertures 20 de la couche diélectrique 2 ;
- 10 d₂) masquer les ouvertures 20 destinées à accueillir les sous-pixels bleus PB ;
- d₃) déposer un deuxième TCO 3b sur le premier TCO ;
- d₄) masquer les ouvertures 20 destinées à accueillir les sous-pixels verts PV ;
- d₅) déposer un troisième TCO 3c sur le deuxième TCO.

L'étape d₁) est illustrée à la figure 3. Les étapes d₂) et d₃) sont illustrées à la figure 4. Les étapes d₄) et d₅) sont illustrées à la figure 5.

Les étapes d₁), d₃), et d₅) sont exécutées par des techniques de dépôt connues de l'homme du métier. Les étapes d₂) et d₄) peuvent être exécutées à l'aide d'une résine 5 photosensible. La première épaisseur de la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3 correspond à l'épaisseur du premier TCO 3a déposé lors de l'étape d₁). La deuxième épaisseur de la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3 correspond à la somme des épaisseurs des premier et deuxième TCO 3a, 3b déposés respectivement lors des étapes d₁) et d₃). La troisième épaisseur de la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3 correspond à la somme des épaisseurs des premier, deuxième et troisième TCO 3a, 3b, 3c déposés respectivement lors des étapes d₁), d₃) et d₅). Il est à noter que les premier, deuxième et troisième TCO 3a, 3b, 3c peuvent être réalisés dans des matériaux identiques ou différents.

L'étape d) est avantageusement exécutée de sorte que la première épaisseur est 100 nm, la deuxième épaisseur est 50 nm, et la troisième épaisseur est 10 nm. Les valeurs de ces épaisseurs s'entendent dans les tolérances usuelles liées aux conditions expérimentales de dépôt, et non comme des valeurs parfaitement égales au sens mathématique du terme.

30 Suppression de la couche d'espacement

L'étape e) est avantageusement exécutée de sorte que la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3 et la couche diélectrique 2 présentent une hauteur de marche supérieure ou égale à 100 nm à l'issue de l'étape e).

L'étape e) est avantageusement exécutée par un polissage mécano-chimique. L'étape e) est exécutée de manière à rendre libre la surface de la couche diélectrique 2. Par ailleurs, une telle étape e) permet l'aplanissement de la surface de la couche diélectrique 2.

L'étape e) peut s'accompagner d'une suppression d'une partie de la couche diélectrique 2 sous-jacente lorsque la première partie 30 de la couche d'espacement 3 présente une épaisseur trop fine.

Les résines 5 photosensibles utilisées lors des étapes d₂) et d₄) restant dans les ouvertures 20 sont ensuite retirées après l'étape e) par des techniques de « *stripping* » connues de l'homme du métier.

Comme illustré à la figure 6bis, un film diélectrique 2' est ensuite avantageusement formé sur la surface libre de la couche diélectrique 2 et sur la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3. A titre d'exemples non limitatifs, le film diélectrique 2' peut être réalisé dans un matériau choisi parmi Al₂O₃, HfO₂, Ta₂O₅. Le film diélectrique 2' présente avantageusement une épaisseur comprise entre 1 nm et 10 nm, de préférence comprise entre 1 nm et 5 nm. Le film diélectrique 2' peut être formé par un dépôt de couches atomiques (ALD « *Atomic Layer Deposition* » en langue anglaise). Le film diélectrique 2' est ensuite gravé dans les ouvertures 20, en fond de tranchée, de manière à libérer la seconde partie 31 de la couche d'espacement 3. Le film diélectrique 2' est gravé au fond des ouvertures 20 de manière à ne pas réduire indûment les dimensions des sous-pixels rouge, vert et bleu PR, PV, PB, tout en assurant une fonction d'isolation électrique. La gravure du film diélectrique 2' dans le fond des ouvertures 20 peut être exécutée par lithographie. Le film diélectrique 2' obtenu est agencé de manière à éviter un court-circuit entre les première et seconde électrodes E1, E2. Le cas échéant, l'étape f) est exécutée de sorte que la première partie 40 de l'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques s'étend sur le film diélectrique 2'.

Empilement de couches électroluminescentes organiques

L'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques formé lors de l'étape f) présente une épaisseur constante pour chaque sous-pixel rouge, vert et bleu PR, PV, PB.

A titre d'exemple non limitatif, l'empilement 4 peut comporter trois couches émissives en architecture tandem. Plus précisément, lorsque la première électrode E1 structurée est une anode et la seconde électrode E2 est une cathode, l'empilement 4 peut comporter :

- une première couche de transport de trous formée sur la première électrode E1 structurée ;
- une première couche émissive émettant une lumière bleue, formée sur la première couche de transport de trous ;

- une première couche de transport d'électrons, formée sur la première couche émissive ;
 - une couche de génération de charges (appelée également couche d'interconnexion), formée sur la première couche de transport d'électrons ;
 - une seconde couche de transport de trous, formée sur la couche de génération de charges ;
 - une deuxième couche émissive émettant une lumière verte, formée sur la seconde couche de transport de trous ;
 - une troisième couche émissive émettant une lumière rouge, formée sur la deuxième couche émissive ;
 - une seconde couche de transport d'électrons, formée sur la troisième couche émissive, et destinée à être revêtue de la seconde électrode E2.
- A titre de variantes, l'empilement 4 peut comporter :
- trois couches émissives émettant respectivement des lumières bleue, verte et rouge sans être agencées en architecture tandem (structure conventionnelle) ;
 - deux couches émissives émettant respectivement des lumières jaune et bleue agencées en structure conventionnelle ;
 - deux couches émissives émettant respectivement des lumières jaune et bleue agencées en structure tandem.

L'étape f) est exécutée par des techniques de dépôt connues de l'homme du métier.

20 Seconde électrode

La seconde électrode E2 est avantageusement réalisée dans un matériau métallique, de préférence sélectionné parmi Al, Ag, Pt, Cr, Ni, W, ou réalisée dans un oxyde transparent conducteur.

La seconde électrode E2 est préférentiellement une cathode. Toutefois, la seconde électrode E2 peut être une anode si la structure de l'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques est inversée.

L'étape g) est exécutée par une technique de dépôt connue de l'homme du métier. L'étape g) est préférentiellement exécutée par un dépôt suffisamment conforme de manière à assurer le passage de la marche entre les première et seconde parties 40, 41 de l'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques.

La seconde électrode E2 est avantageusement revêtue d'une couche d'encapsulation (non illustrée) adaptée pour protéger de l'air et de l'humidité la seconde électrode E2 et l'empilement 4 de couches électroluminescentes organiques.

Lorsque l'architecture est à émission vers le bas, la seconde électrode E2 présente une épaisseur adaptée pour être réfléchissante dans le domaine visible. La seconde électrode E2 peut alors être réalisée par exemple dans un matériau métallique.

5 Lorsque l'architecture est à émission vers le haut, la seconde électrode E2 présente une épaisseur adaptée pour être semi-transparente dans le domaine visible. La seconde électrode E2 peut alors être réalisée par exemple dans un oxyde transparent conducteur (e.g. ITO).

10 L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation exposés. L'homme du métier est mis à même de considérer leurs combinaisons techniquement opérantes, et de leur substituer des équivalents.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un pixel d'un micro-écran à diodes électroluminescentes organiques, comportant les étapes successives :
- 5 a) prévoir un substrat (1) comportant une première électrode (E1) structurée ;
b) former une couche diélectrique (2) sur la première électrode (E1) structurée ;
c) former des ouvertures (20) dans la couche diélectrique (2) de sorte que la première électrode (E1) structurée présente des zones libres (ZL), les ouvertures (20) étant destinées à accueillir des sous-pixels rouge, vert et bleu (PR, PV, PB) ;
- 10 d) former une couche d'espacement (3), transparente dans le domaine visible et électriquement conductrice, et comportant :
- une première partie (30) s'étendant sur la couche diélectrique (2), et
- une seconde partie (31) s'étendant sur les zones libres (ZL) de la première électrode (E1) structurée, à l'intérieur des ouvertures (20) ;
- 15 e) supprimer la première partie (30) de la couche d'espacement (3) ;
f) former un empilement (4) de couches électroluminescentes organiques, configuré pour émettre une lumière blanche, et comportant :
- une première partie (40) s'étendant sur la couche diélectrique (2), et
- une seconde partie (41) s'étendant sur la seconde partie (31) de la couche
- 20 d'espacement (3), à l'intérieur des ouvertures (20) ;
g) former une seconde électrode (E2) sur l'empilement (4) de couches électroluminescentes organiques de manière à obtenir un résonateur optique avec la première électrode (E1) ;
l'étape d) étant exécutée de sorte que la seconde partie (31) de la couche d'espacement (3)
- 25 présente des première, deuxième et troisième épaisseurs dans les ouvertures (20) adaptées de sorte que le résonateur optique autorise respectivement la transmission de lumières rouge, verte et bleue issues de la lumière blanche émise par l'empilement (4) de couches électroluminescentes organiques.
- 30 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape e) est exécutée de sorte que la seconde partie (31) de la couche d'espacement (3) et la couche diélectrique (2) présentent une hauteur de marche supérieure ou égale à 100 nm à l'issue de l'étape e).
- 35 3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'étape e) est exécutée par un polissage mécano-chimique.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la couche d'espacement (3) formée lors de l'étape d) comporte au moins un oxyde, électriquement conducteur et transparent dans le domaine visible.

5

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel le ou les oxydes sont sélectionnés parmi l'oxyde d'indium-étain, l'oxyde d'étain SnO_2 , l'oxyde de zinc ZnO .

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape d) est exécutée de sorte que la première épaisseur est 100 nm, la deuxième épaisseur est 50 nm, et la troisième épaisseur est 10 nm.

7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel les ouvertures (20) formées lors de l'étape c) présentent une largeur comprise entre 500 nm et 10 μm .

15

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) est réalisée dans un matériau choisi parmi SiO_2 et SiN .

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel la couche diélectrique (2) formée lors de l'étape b) présente une épaisseur comprise entre 150 nm et 300 nm.

20

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel les première et seconde électrodes (E1, E2) sont réalisées dans un matériau métallique, de préférence sélectionné parmi Al, Ag, Pt, Cr, Ni, W, et/ou réalisées dans un oxyde transparent conducteur.

25

11. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel :

- le substrat (1) prévu lors de l'étape a) est transparent dans le domaine visible,
- la première électrode (E1) structurée prévue lors de l'étape a) est semi-transparente dans le domaine visible,
- la seconde électrode (E2) formée lors de l'étape g) est réfléchissante dans le domaine visible.

30

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel :

- le substrat (1) prévu lors de l'étape a) est réalisé dans un matériau semi-conducteur, de préférence le silicium, ou réalisé en verre,

35

- la première électrode (E1) structurée prévue lors de l'étape a) est réfléchissante dans le domaine visible,
- la seconde électrode (E2) formée lors de l'étape g) est semi-transparente dans le domaine visible.

1 / 4

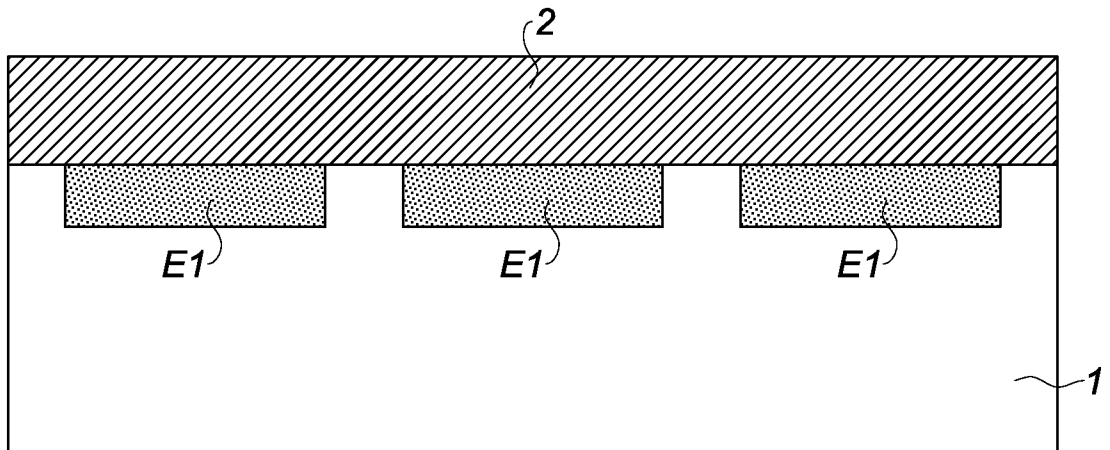


Fig. 1

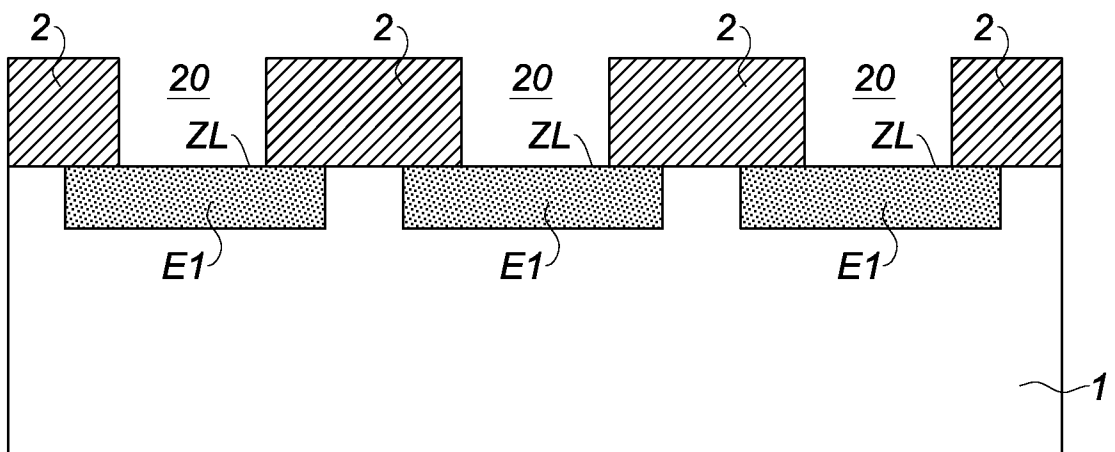


Fig. 2

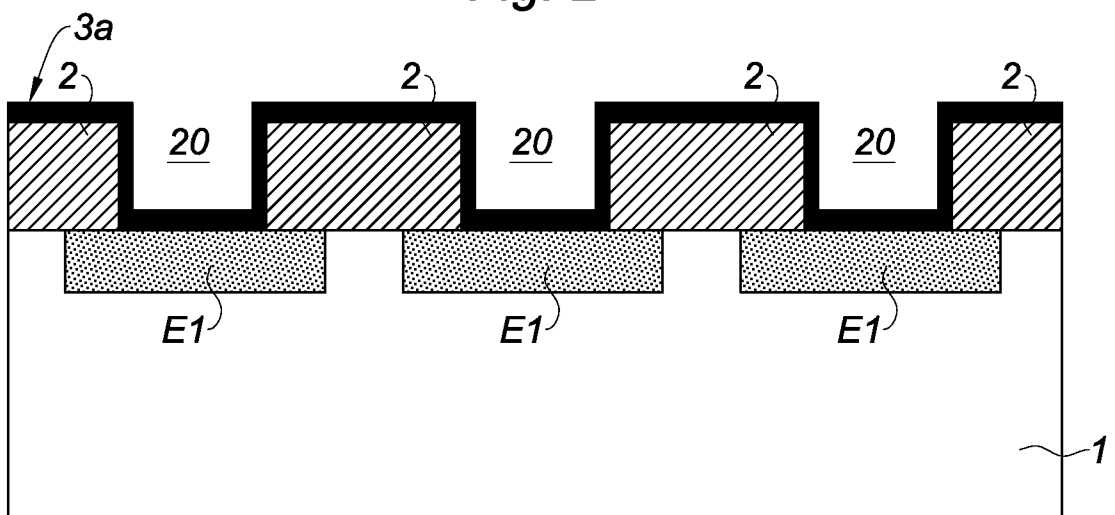


Fig. 3

2 / 4

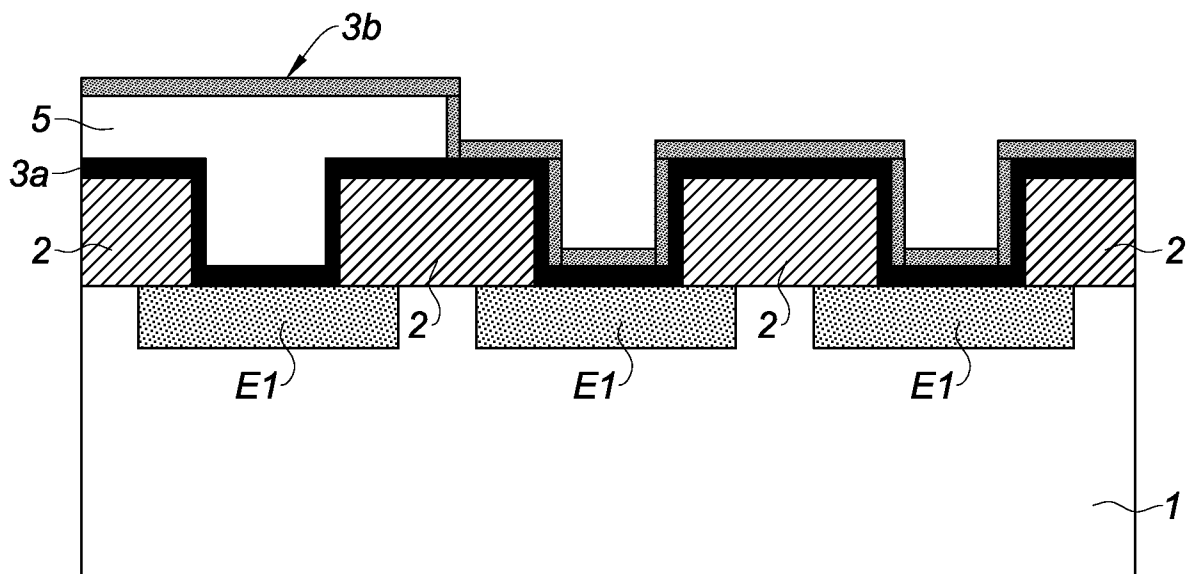


Fig. 4

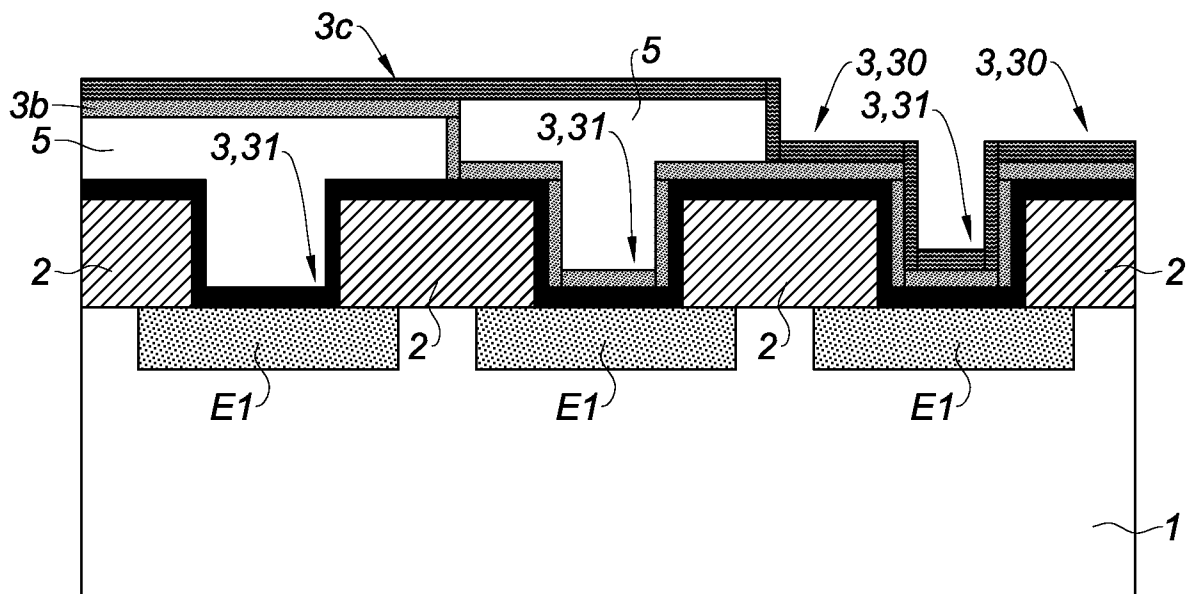


Fig. 5

3 / 4

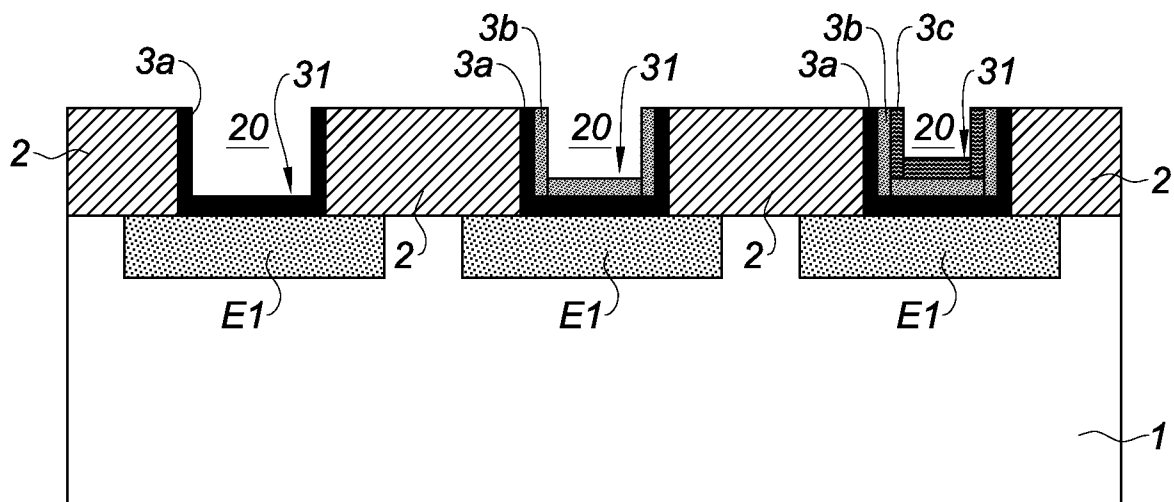


Fig. 6

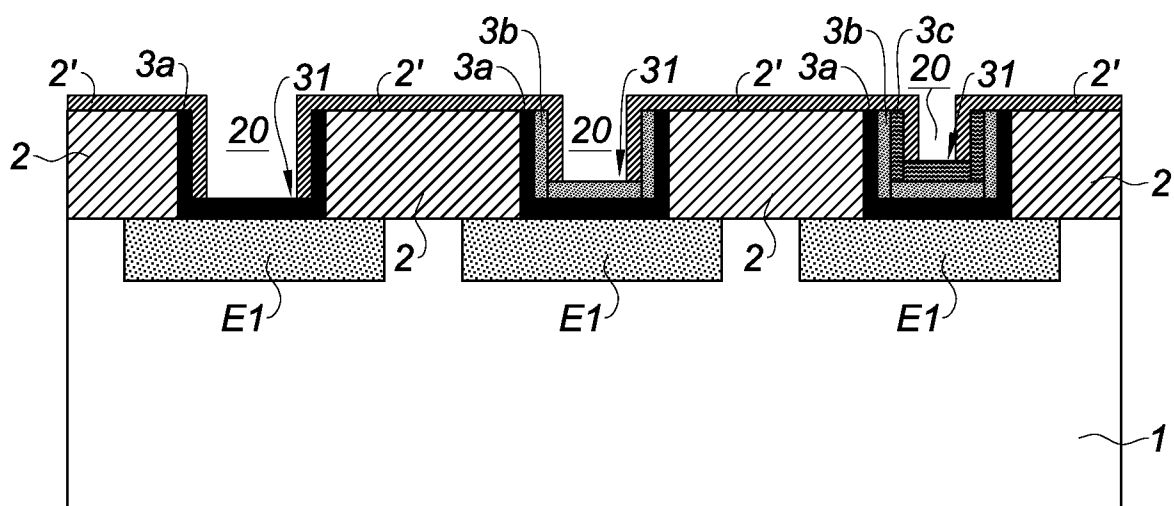


Fig. 6Bis

4 / 4

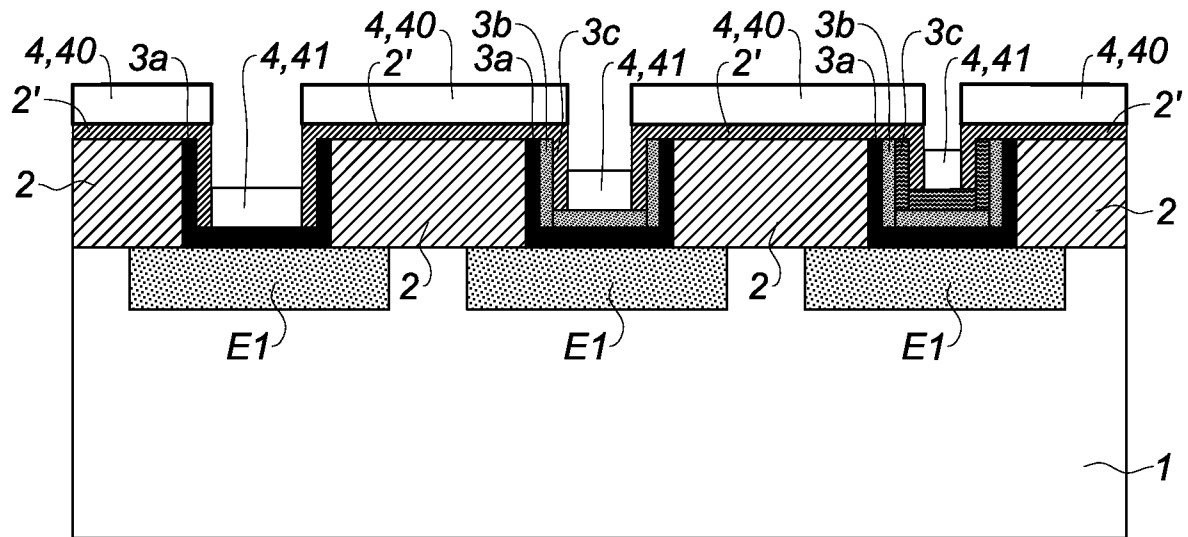


Fig. 7

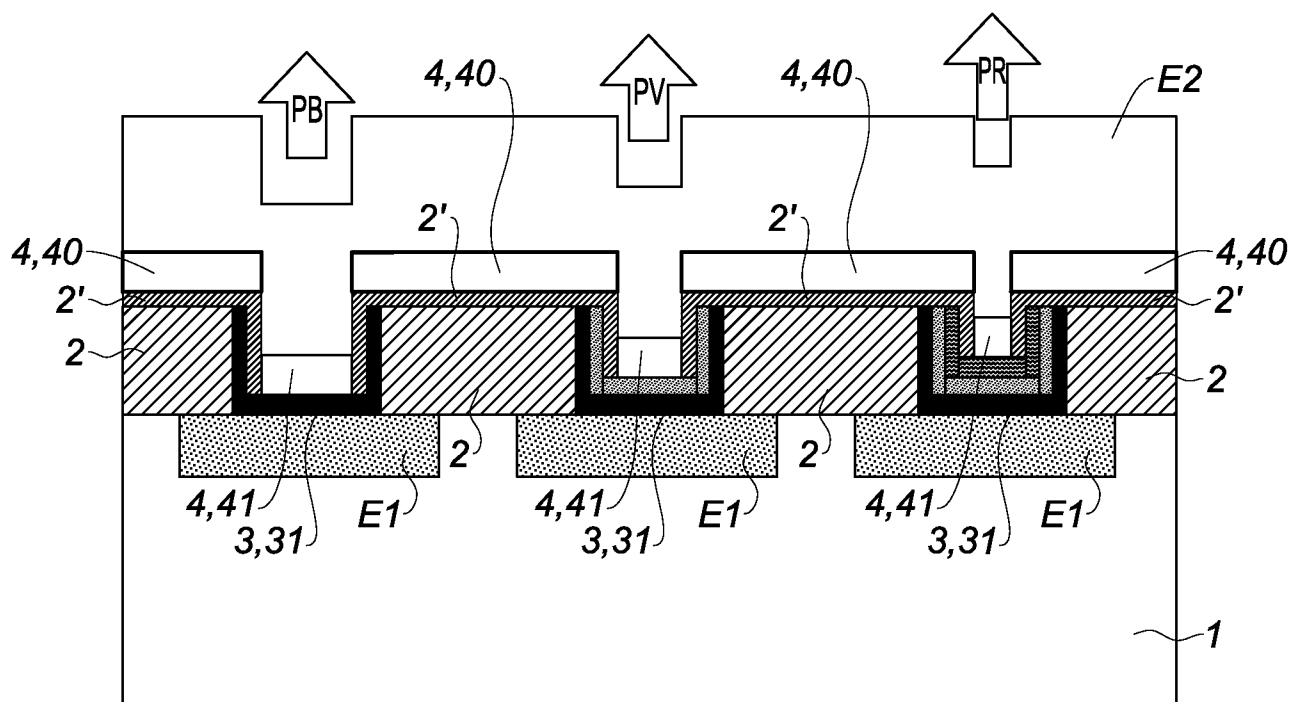


Fig. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2019/052516

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 51/52**(2006.01)i; **H01L 27/32**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	US 2011127500 A1 (KO MOO-SOON [KR] ET AL) 02 June 2011 (2011-06-02) paragraphs [0046] - [0059], [0062], [0063]	1,2,4-12 3
Y A	EP 1672962 A1 (SONY CORP [JP]) 21 June 2006 (2006-06-21) paragraphs [0003] - [0005], [0007], [0010], [0013], [0105]	1,2,4-12 3
A	US 2014203245 A1 (GUPTA VASUDHA [US] ET AL) 24 July 2014 (2014-07-24) paragraphs [0050] - [0057]; figures 3,4a-4f	1-12

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

03 February 2020

Date of mailing of the international search report

17 February 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Faou, Marylène

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2019/052516

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
US	2011127500	A1	02 June 2011	CN	102082164 A	01 June 2011
				JP	5745810 B2	08 July 2015
				JP	2011119238 A	16 June 2011
				KR	20110060474 A	08 June 2011
				US	2011127500 A1	02 June 2011
				US	2015280171 A1	01 October 2015
EP	1672962	A1	21 June 2006	CN	1868240 A	22 November 2006
				EP	1672962 A1	21 June 2006
				EP	2509397 A1	10 October 2012
				EP	2975665 A1	20 January 2016
				EP	3151302 A1	05 April 2017
				EP	3413369 A1	12 December 2018
				EP	3447816 A1	27 February 2019
				KR	20060079225 A	05 July 2006
				KR	20110067139 A	21 June 2011
				TW	I255669 B	21 May 2006
				US	2007102737 A1	10 May 2007
				US	2011241038 A1	06 October 2011
				US	2013207138 A1	15 August 2013
				US	2014332832 A1	13 November 2014
				US	2015295017 A1	15 October 2015
				US	2016293673 A1	06 October 2016
				US	2017154932 A1	01 June 2017
				US	2018197923 A1	12 July 2018
				US	2019326358 A1	24 October 2019
				WO	2005039248 A1	28 April 2005
US	2014203245	A1	24 July 2014	NONE		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2019/052516

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. H01L51/52 H01L27/32
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2011/127500 A1 (KO MOO-SOON [KR] ET AL) 2 juin 2011 (2011-06-02)	1,2,4-12
A	alinéas [0046] - [0059], [0062], [0063] -----	3
Y	EP 1 672 962 A1 (SONY CORP [JP]) 21 juin 2006 (2006-06-21)	1,2,4-12
A	alinéas [0003] - [0005], [0007], [0010], [0013], [0105] -----	3
A	US 2014/203245 A1 (GUPTA VASUDHA [US] ET AL) 24 juillet 2014 (2014-07-24) alinéas [0050] - [0057]; figures 3,4a-4f -----	1-12



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

3 février 2020

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

17/02/2020

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Faou, Marylène

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2019/052516

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 2011127500	A1	02-06-2011	CN	102082164 A	01-06-2011
			JP	5745810 B2	08-07-2015
			JP	2011119238 A	16-06-2011
			KR	20110060474 A	08-06-2011
			US	2011127500 A1	02-06-2011
			US	2015280171 A1	01-10-2015

EP 1672962	A1	21-06-2006	CN	1868240 A	22-11-2006
			EP	1672962 A1	21-06-2006
			EP	2509397 A1	10-10-2012
			EP	2975665 A1	20-01-2016
			EP	3151302 A1	05-04-2017
			EP	3413369 A1	12-12-2018
			EP	3447816 A1	27-02-2019
			KR	20060079225 A	05-07-2006
			KR	20110067139 A	21-06-2011
			TW	I255669 B	21-05-2006
			US	2007102737 A1	10-05-2007
			US	2011241038 A1	06-10-2011
			US	2013207138 A1	15-08-2013
			US	2014332832 A1	13-11-2014
			US	2015295017 A1	15-10-2015
			US	2016293673 A1	06-10-2016
			US	2017154932 A1	01-06-2017
			US	2018197923 A1	12-07-2018
			US	2019326358 A1	24-10-2019
			WO	2005039248 A1	28-04-2005

US 2014203245	A1	24-07-2014	AUCUN		
