

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 17.03.17.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 21.09.18 Bulletin 18/38.

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 : vision demandée le 22/09/17 bénéfi-
ciant de la date de dépôt du 17/03/17 de la demande
initiale n° 17 1752230.

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : SOITEC Société anonyme — FR.

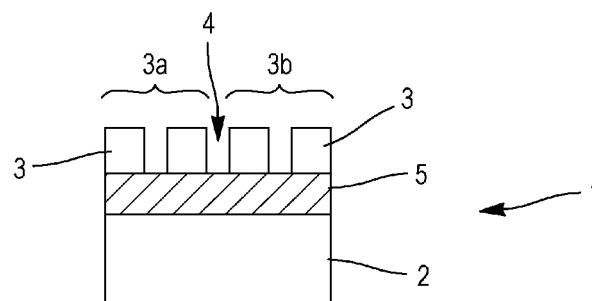
⑦2 Inventeur(s) : SOTTA DAVID, LEDOUX OLIVIER et
BONNIN OLIVIER.

⑦3 Titulaire(s) : SOITEC Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : IP TRUST.

⑤4 SUBSTRAT DE CROISSANCE POUR LA FORMATION DE DISPOSITIFS OPTOELECTRONIQUES, PROCEDE
DE FABRICATION D'UN TEL SUBSTRAT, ET UTILISATION DU SUBSTRAT NOTAMMENT DANS LE
DOMAINE DES MICRO-ECRANS D'AFFICHAGE.

⑤7 L'invention porte sur un substrat de croissance (1)
pour la formation de dispositifs optoélectroniques compren-
nant un support de croissance (2) et, disposée sur le sup-
port de croissance (2), un premier groupe d'îlots semi-
conducteurs cristallins (3a) présentant un premier para-
mètre de maille et un deuxième groupe d'îlots semi-conduc-
teur cristallin (3b) présentant un deuxième paramètre de
maille, différent du premier. L'invention porte également sur
un procédé de fabrication du substrat de croissance, sur un
procédé de fabrication collective d'une pluralité de disposi-
tifs optoélectroniques sur le substrat de croissance. Elle
s'applique pour fournir un micro panneau monolithique de
diodes électroluminescentes ou un micro-écran d'affichage.



SUBSTRAT DE CROISSANCE POUR LA FORMATION DE DISPOSITIFS
OPTOELECTRONIQUES, PROCEDE DE FABRICATION D'UN TEL
SUBSTRAT, ET UTILISATION DU SUBSTRAT NOTAMMENT DANS LE
DOMAINE DES MICRO-ECRANS D'AFFICHAGE.

5

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention concerne un substrat de
croissance pour la formation de dispositifs
10 optoélectroniques ainsi qu'un procédé de fabrication de ce
substrat. Elle vise également l'emploi de ce substrat pour
la fabrication collective de dispositifs ayant des
propriétés optoélectroniques pouvant être différentes les
unes des autres. L'invention trouve une application toute
15 particulière dans le domaine des micro-écrans d'affichage.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

Les documents EP2151852 et EP2151856 divulguent une
20 technologie prévoyant de former, sur un substrat, des îlots
de matériau semi-conducteur cristallin relaxés ou
partiellement relaxés. Ces îlots peuvent servir à la
fabrication collective de diodes électroluminescentes
(DELs), comme cela est par exemple détaillé dans le
25 document EP2865021.

De multiples produits combinent des DELs émettant à
des longueurs d'onde différentes pour former un point
lumineux coloré. C'est le cas notamment des écrans
30 d'affichage permettant de former une image composée de
pixels, chaque pixel associant une DEL rouge, verte et
bleu, dont on peut contrôler individuellement l'émission
afin de former, par combinaison des émissions lumineuses,
un point lumineux de couleur choisie.

35

Les DELs qui sont associées pour former le pixel ne sont généralement pas fabriquées à partir des mêmes matériaux et des mêmes technologies. Ainsi, les DELs bleues ou vertes peuvent être formées à partir de nitrure (de
5 formule générale InGaN), et les DELs rouges à partir de phosphure (de formule générale AlGaInP). La fabrication d'un écran met en oeuvre l'assemblage, une à une, des diodes pour former les pixels du dispositif final, par exemple par une technique d'insertion de composants (« Pick and Place » selon la terminologie anglo-saxonne).
10

Les matériaux n'ayant pas les mêmes propriétés, les caractéristiques de vieillissement, de comportement thermique, électrique et/ou d'efficacité des dispositifs
15 qui les exploitent sont généralement bien différentes. Ces variabilités doivent être prises en compte lors de la conception d'un produit intégrant des DELs formées à base de matériaux différents, ce qui rend cette conception parfois complexe.

20

D'autres solutions prévoient de former les pixels à partir de diodes toutes identiques, fabriquées sur un même substrat et/ou à l'aide de la même technologie. On peut alors réaliser des micro panneaux monolithiques de DELs,
25 présentant une dimension réduite, et une résolution importante. A titre d'exemple d'une telle réalisation, on pourra se référer au document « 360 PPI Flip-Chip Mounted Active Matrix Adressable Light Emitting Diode on Silicon (LEDoS) Micro-Displays », Zhao Jun Liu et Al, Journal of
30 Display Technologie, April 2013. Le rayonnement lumineux émis par les DELs du micro panneau peut être choisi dans le domaine de l'ultraviolet et sélectivement converti, d'une diode à l'autre, dans différentes longueurs d'onde pour correspondre à des émissions lumineuses rouges, vertes et
35 bleues de manière à former un écran couleur. Cette

conversion peut être obtenue en disposant une matière phosphorescente sur la face d'émission des DELs. La conversion est toutefois consommatrice d'énergie lumineuse, ce qui réduit la quantité de lumière émise par chaque pixel et donc l'efficacité du dispositif d'affichage. Elle nécessite également de dispenser les matières phosphorescentes sur les surfaces d'émission des DELs ce qui complexifie le procédé de fabrication de ces micro panneaux.

Afin de parer aux limitations qui viennent d'être exposées, il serait souhaitable de pouvoir fabriquer simultanément sur un même substrat, à partir d'une même technologie, des DELs pouvant émettre dans des longueurs d'onde différentes. D'une manière plus générale, il serait avantageux de fabriquer collectivement des dispositifs ayant des propriétés optoélectroniques pouvant être différentes les uns des autres.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

En vue de la réalisation de l'un de ces buts, l'objet de l'invention propose, selon un premier aspect, un procédé de fabrication d'une pluralité d'îlots semi-conducteurs cristallins présentant une variété de paramètres de maille, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- fournir un substrat comportant un support, une couche de fluage disposée sur le support et, disposée sur la couche de fluage, une pluralité d'îlots semi-conducteurs cristallins contraints présentant un paramètre de maille initial;
- traiter sélectivement les îlots contraints de sorte à former un premier groupe d'îlots contraints présentant un premier potentiel d'expansion latéral, et un deuxième

groupe d'îlots contraints présentant un deuxième potentiel d'expansion latéral, différent du premier ;

- traiter thermiquement le substrat à une température supérieure ou égale à la température de transition vitreuse de la couche de fluage pour provoquer la relaxation différenciée des îlots du premier et du second groupe, le paramètre de maille des îlots relaxés du premier groupe et des îlots relaxés du second groupe présentant alors des valeurs différentes.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, prises seules ou selon toute combinaison techniquement réalisable :

- les îlots semi-conducteurs cristallins sont en matériaux III-N ;
- le traitement sélectif comprend la formation d'une couche raidisseur présentant une première épaisseur sur le premier groupe d'îlots et présentant une deuxième épaisseur, différente de la première, sur le deuxième groupe d'îlots contraints ;
- le traitement sélectif comprend la formation d'une couche raidisseur initiale d'épaisseur uniforme sur le premier et le deuxième groupe d'îlots ; et l'amincissement ou l'épaississement de la couche raidisseur initiale sur le premier groupe d'îlots ou sur le second groupe d'îlots ;
- le traitement sélectif comprend la formation sur le premier groupe d'îlots d'une couche raidisseur formée d'un premier matériau et la formation sur le deuxième groupe d'îlots d'une couche raidisseur formée d'un deuxième matériau, différent du premier ;

- la couche raidisseur est formée d'un matériau choisi dans la liste constituée de l'oxyde de silicium et du nitrure de silicium ;
5
- le traitement sélectif comprend la réduction d'épaisseur des îlots du premier groupe et/ou des îlots du deuxième groupe, de sorte qu'ils présentent des épaisseurs différentes ;
10
- le procédé comprend une étape de traitement thermique préliminaire du substrat, avant l'étape de traitement sélectif des îlots contraints ;
15
- le procédé comprend une étape de traitement thermique additionnel du substrat, après l'étape de traitement sélectif des îlots contraints ;
20
- le procédé comprend une nouvelle étape de traitement sélectif des îlots contraints entre le l'étape de traitement thermique et l'étape de traitement thermique additionnel ;
25
- le traitement thermique, et lorsqu'ils sont présents, les traitements thermiques préliminaires et additionnels, sont réalisés à une température comprise entre 400°C et 900°C ;
30
- le procédé comprend une étape de transfert des îlots relaxés du premier groupe et des îlots relaxés du second groupe sur un support de croissance ;
35
- l'étape de transfert comprend le report des îlots relaxés du premier groupe et des îlots relaxés du second groupe sur un support intermédiaire.

Selon un autre aspect, l'invention propose un procédé de fabrication collective d'une pluralité de dispositifs optoélectroniques comportant des couches actives de compositions différentes, le procédé comprenant les étapes
5 suivantes :

- fournir un substrat de croissance comportant un premier groupe d'îlots semi-conducteurs cristallins présentant un premier paramètre de maille et un deuxième groupe d'îlots semi-conducteurs cristallins présentant un
10 deuxième paramètre de maille, différent du premier ;
- exposer le substrat de croissance à une atmosphère comprenant une concentration initiale d'un élément atomique pour former sur les îlots du premier groupe une première couche active incorporant l'élément atomique
15 dans une première concentration et pour former sur les îlots du deuxième groupe une deuxième couche active incorporant l'élément atomique dans une deuxième concentration différente de la première.

20 Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives, prises seules ou selon toute combinaison techniquement réalisable :

- les îlots semi-conducteurs cristallins sont en
25 matériaux III-N ;
- les îlots semi-conducteurs cristallins sont en InGaN ;
- l'atmosphère est formée à partir de gaz précurseurs
30 comprenant du TMGa, du TEGa, du TMIn et de l'ammoniaque ;
- l'élément atomique est de l'indium ;

- la première et la deuxième couche active comprennent une couche d'InGaN dopée n, un puit quantique multiple, une couche d'InGaN ou de GaN dopée p.

5 Selon un autre aspect encore, l'invention propose un substrat de croissance pour la formation de dispositifs optoélectroniques comprenant un support de croissance et, disposée sur le support de croissance, un premier groupe d'îlots semi-conducteurs cristallins présentant un premier
10 paramètre de maille et un deuxième groupe d'îlots semi-conducteurs cristallins présentant un deuxième paramètre de maille, différent du premier.

 Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non
15 limitatives de ce substrat de croissance, prises seules ou selon toute combinaison techniquement réalisable :

- le support de croissance est une plaquette de silicium ou de saphir ;
20
- les îlots semi-conducteurs cristallins sont en matériaux III-N ;
- les îlots semi-conducteurs cristallins sont en InGaN ;
25
- les îlots présentent une forme circulaire, carrée, triangulaire ou hexagonale ;
- le substrat de croissance comprend au moins un
30 troisième groupe d'îlots présentant un troisième paramètre de maille, différent du premier et du deuxième ;
- chaque îlot du premier groupe est disposé à côté d'un
35 îlot du deuxième groupe pour former un pixel.

L'invention propose encore un micro panneau monolithique de diodes électroluminescentes comprenant un support de panneau et une pluralité de DELs disposées sur le support de panneau, la pluralité de DELS comprenant au

5 moins :

- un premier groupe de DELs susceptibles d'émettre directement un rayonnement lumineux présentant une première longueur d'onde et ;
 - un deuxième groupe de DELs susceptibles
- 10 d'émettre directement un rayonnement lumineux présentant une deuxième longueur d'onde, différente de la première.

L'invention propose finalement, un micro-écran d'affichage comprenant un assemblage formé d'un micro

15 panneau monolithique tel que proposé précédemment et d'un circuit de pilotage, le circuit de pilotage comprenant une pluralité de circuits d'attaque de DELs, chaque circuit d'attaque étant en contact avec une DEL de la pluralité de

20 DELs du micro panneau monolithique.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée de l'invention qui va suivre en référence aux figures annexées sur lesquels :

- 30
- les figures 1a et 1b représentent schématiquement une coupe et une vue de dessus d'un substrat de croissance conforme à l'invention ;
 - les figures 2a, 2b et 2c représentent un exemple de disposition et de répartition d'îlots semi-

conducteurs cristallins à la surface d'un support de croissance ;

- Les figures 3a à 3d représentent un procédé de fabrication d'un substrat de croissance conforme à l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

10 Substrat de croissance

15 Selon un premier aspect, la présente invention porte sur un substrat de croissance 1 pour la formation de dispositifs optoélectroniques. Les figures 1a et 1b représentent schématiquement une coupe et une vue de dessus d'un tel substrat. Le substrat de croissance 1 est destiné à être placé dans un équipement de dépôt, tel qu'un bâti d'épithaxie, afin de former à la surface exposée du substrat 1 des couches actives de composants optoélectroniques. Ce

20 substrat 1 peut également servir de support mécanique permettant la manipulation des dispositifs au cours des étapes complémentaires de fabrication (formation des contacts électriques, isolation des dispositifs entre eux, etc.) conduisant à disposer d'un dispositif fonctionnel.

25 Le substrat de croissance 1 comprend un support de croissance 2. Il peut s'agir d'une plaquette circulaire de matériaux, par exemple en silicium ou en saphir, de dimension normalisée, par exemple de 2 pouces (50 mm), 4

30 pouces (100 mm) voire 200 mm de diamètre. Mais l'invention n'est nullement limitée à ces dimensions ou à cette forme.

35 D'une manière générale, la nature du support de croissance 2 est choisie pour être apte à résister aux traitements (tels que les dépôts, les traitements

thermiques, etc.) mis en œuvre lors de la fabrication du substrat de croissance 1 lui-même et lors de la fabrication des dispositifs optoélectroniques. Avantageusement, le support de croissance 2 présente un coefficient d'expansion thermique similaire ou proche de celui des matériaux qui formeront la couche utile du dispositif optoélectronique, afin de limiter les contraintes importantes qui pourraient endommager ces dispositifs à l'issue de leur fabrication.

Le substrat de croissance 1 comprend également, disposée sur le support de croissance 2, une pluralité d'îlots semi-conducteurs cristallins 3 (et désigné plus simplement par le terme « îlot(s) » dans la suite de cette description). Chaque îlot 3 est destiné à recevoir les couches actives d'un dispositif optoélectronique, tel qu'une DEL, un laser ou une cellule photovoltaïque. A cet effet les îlots 3 peuvent être en matériaux III-N. Ainsi, pour la formation de DELs à base de nitrure, les îlots 3 peuvent être constitués d'InGaN, dans laquelle la proportion d'indium peut varier entre 1,5 et 8%.

Par « îlot » on désigne un bloc de matériau entièrement séparé des autres îlots disposés sur le support de croissance 2. Et par « cristallin » on signifie que les atomes constituant un îlot 3 sont assemblés de manière ordonnée pour former un bloc de matériau monocristallin, ce bloc pouvant néanmoins comprendre des défauts d'arrangement du type dislocation, plan de glissement ou défaut ponctuel.

Les îlots 3 sont séparés les uns des autres par l'intermédiaire de tranchées 4. Ces tranchées peuvent présenter une dimension latérale, séparant deux îlots 3, comprise entre 1 et 50 microns, typiquement de l'ordre de 20 microns. Chaque îlot présente une dimension relativement réduite vis-à-vis du substrat de croissance, qui peut

s'étendre, dans sa dimension la plus grande, par exemple entre 1 micron à 1 mm, selon l'application finale visée. Chaque îlot 3 peut présenter une forme quelconque, en vue de dessus, par exemple circulaire, carrée, triangulaire, hexagonale ou rectangulaire. Son épaisseur est typiquement inférieure à 200nm, notamment lorsqu'il est constitué d'InGaN. Les îlots 3 peuvent être tous de formes et dimensions identiques ou différentes.

Comme cela sera rendu apparent lors de la description du procédé de fabrication du substrat de croissance 1, tous les îlots 3 sont constitués du même matériau. Toutefois, et selon l'invention, les îlots 3 ne présentent pas tous le même paramètre de maille. Ainsi, un premier groupe d'îlots 3a présente un premier paramètre de maille, et un deuxième groupe d'îlots 3b présente un deuxième paramètre de maille, différent du premier.

Les matériaux des îlots 3 étant identiques entre eux, l'existence d'une différence de paramètres de maille dénote l'existence d'un état de contrainte différent entre les îlots 3 constituant les deux groupes 3a, 3b.

Cette caractéristique du substrat de croissance 1 sera mise à profit pour fabriquer collectivement des dispositifs optoélectroniques présentant des propriétés lumineuses distincts, à l'aide d'une unique technologie de fabrication et sur un unique substrat de croissance.

À titre d'exemple, on pourra former sur le premier groupe d'îlots 3a, qui présente le premier paramètre de maille, une première DEL émettant directement à une première longueur d'onde, par exemple dans le vert, et former sur le deuxième groupe d'îlots 3b, qui présente le deuxième paramètre de maille, une seconde DEL émettant

directement à une seconde longueur d'onde, par exemple dans le bleu. Par l'expression « émettant directement » on signifie que cette émission correspond aux rayonnements lumineux émis par les couches actives (les puits quantiques) d'une DEL, sans nécessiter l'emploi de phosphore de conversion.

On peut prévoir également que le substrat de croissance 1 conforme à l'invention comporte au moins un troisième groupe d'îlots, ce troisième groupe présentant un troisième paramètre de maille différent du premier et du deuxième. Plus généralement, le substrat de croissance peut compter un nombre quelconque de groupe d'îlots, chaque groupe étant formé d'îlots présentant un paramètre de maille différent des îlots appartenant aux autres groupes. On pourra de la sorte disposer d'un substrat de croissance 1 permettant de former des DELs émettant dans le domaine des longueurs d'onde rouges, vertes, bleus et infrarouges sur un même substrat à l'aide d'une unique technologie.

La répartition et la disposition des groupes d'îlots 3a, 3b à la surface du support de croissance 2 n'est pas une caractéristique essentielle de cet aspect de l'invention, et toutes les répartitions et dispositions possibles sont envisageables. Elles peuvent être parfois dictées par l'application envisagée.

On a ainsi représenté sur les figures 1a et 1b un premier exemple de répartition et de disposition des premier et deuxième groupes d'îlots 3a, 3b à la surface du support 2. Sur cet exemple, le premier groupe d'îlots 3a occupe une première zone du support 2 et le second groupes d'îlots 3b une deuxième zone du support 2, qui sont distincte l'une de l'autre et adjacente l'une à l'autre.

De manière avantageuse, on pourra choisir de placer côte à côte un îlot 3, 3', 3'' d'un premier, deuxième et troisième groupe d'îlots permettant de former respectivement des DELs émettant dans des couleurs différentes, par exemple respectivement rouge, verte et bleue. Cette disposition est représentée schématiquement sur la figure 2a. Une telle combinaison de DELs constitue un pixel lumineux P dont la couleur d'émission peut être contrôlée. Les îlots 3, 3', 3'' qui recevront les DELs constitutives de ces pixels P peuvent être disposés de manière régulière à la surface du support de croissance 2. On peut de la sorte former des pixels P monolithiques, c'est à dire disposés sur un même substrat et manipulables en tant que pixel, par exemple par un dispositif d'insertion de composants, pour être intégrés dans un dispositif fonctionnel.

Dans le cas où l'on vise à former un micro panneau monolithique de DELs, par exemple pour un micro-écran d'affichage couleur, les pixels P pourront par exemple être régulièrement répartis selon des lignes et des colonnes pour former une matrice M, comme cela est représenté sur la figure 2b. Et un substrat de croissance 1 peut comporter une pluralité de telles matrices M, comme cela est représenté sur la figure 2c.

Revenant à la description des figures 1a et 1b, et outre le support de croissance 2 et les îlots cristallins semi-conducteurs 3, le substrat de croissance 1 peut comporter d'autres éléments ou d'autres couches. On peut ainsi prévoir au moins une couche d'assemblage 5 permettant de faciliter la fabrication de ce substrat, comme cela sera décrit ultérieurement. Cette couche d'assemblage 5 peut-être une couche d'oxyde de silicium ou de nitrure de silicium, ou composée d'un empilement de telles couches.

Procédé de fabrication d'un substrat de croissance

En référence aux figures 3a à 3e, on expose maintenant un exemple d'un procédé de fabrication d'un substrat de croissance conforme à l'invention.

Le procédé met en œuvre les principes de la technologie de transfert et de relaxation d'îlots semi-conducteurs cristallins, tels que ceux-ci sont par exemple décrits dans les documents EP2151852, EP2151856 ou FR2936903.

Pour rappel, selon un exemple de mise en œuvre conforme à cette approche, on forme tout d'abord sur un substrat donneur une couche de semi-conducteur cristallin contraint. Puis, on transfère cette couche sur un substrat comportant une couche de fluage par collage et par amincissement et/ou fracture du substrat donneur. On définit ensuite des îlots dans la couche transférée, puis on traite thermiquement le substrat et les îlots à une température supérieure à la température de transition visqueuse de la couche de fluage, par exemple en BPSG, ce qui conduit à la relaxation au moins partielle des îlots. Le degré de relaxation obtenu à l'issue du traitement thermique de relaxation peut atteindre 70 à 80% du degré de relaxation maximal correspondant à l'obtention d'une couche parfaitement relaxée. Ce degré de relaxation est dépendant de l'épaisseur des îlots, de la durée et de l'amplitude du traitement thermique.

Pour assister cette relaxation et éviter un phénomène de gauchissement des îlots au cours de la déformation plastique qui s'opère au cours de la relaxation, il peut être prévu de former une couche raidisseur sur les îlots, avant l'application du traitement

thermique de relaxation. Comme cela est détaillé dans le document « Buckling suppression of SiGe islands on compliant substrates », Yin et al (2003), *Journal of Applied Physics*, 94(10), 6875-6882, le degré de relaxation d'un îlot obtenu après cette étape de traitement thermique est celui qui équilibre les contraintes présentes dans la couche raidisseur et dans l'îlot. On note que la couche raidisseur peut être formée (ou comprendre) d'un résidu du substrat donneur qui aurait été préservé sur la couche contrainte à l'issue de son transfert sur la couche de fluage.

La présente invention met à profit le phénomène de relaxation pour proposer un procédé de fabrication d'une pluralité d'îlots semi-conducteurs cristallins, présentant une variété de paramètres de maille.

Ainsi que cela est représenté sur la figure 3a, le procédé de fabrication conforme à l'invention comprend la fourniture d'un substrat de relaxation comprenant un support de relaxation 7, une couche de fluage 8 disposée sur le support 7 et disposée sur la couche de fluage 8, une pluralité d'îlots cristallins semi-conducteurs contraints 9. Les îlots contraints 9 présentent tous le même paramètre de maille. On pourra se référer aux documents cités de l'état de la technique pour choisir la nature du support de relaxation 7 et de la couche de fluage 8.

Ces îlots contraints 9 peuvent provenir d'un substrat donneur, et avoir été transférés sur la couche de fluage 8 du substrat de relaxation 6 par les étapes de collage et d'amincissement évoqués brièvement ci-dessus. À titre d'exemple, le substrat donneur peut consister en un support de base en saphir, une couche tampon de GaN formée sur le substrat de base et une couche contrainte d'InGaN

avec une proportion d'indium comprise entre 1,5 et 10% sur la couche tampon de GaN. Des étapes traditionnelles de photolithographie, de dépôt de résine et de gravure, peuvent avoir été employées pour définir à partir de la
5 couche continue d'InGaN, les îlots contraints 9 d'InGaN. Ces étapes peuvent avoir été appliquées avant ou après les étapes de transfert. Comme on l'a évoqué ci-dessus, les îlots 3 peuvent supporter une couche raidisseur 10', résidu du substrat donneur. Il peut ainsi d'agir d'une épaisseur
10 comprise entre 10 et 100nm de GaN qui formait initialement la couche tampon du substrat donneur.

Quelle que soit la manière avec laquelle le substrat de relaxation 6 ait été formé, on traite
15 sélectivement dans une étape suivante du procédé de fabrication, les îlots contraints 9 du substrat de relaxation de sorte à former un premier groupe d'îlots contraints 9a présentant un premier potentiel d'expansion latérale et un deuxième groupe d'îlots contraints 9b
20 présentant un deuxième potentiel d'expansion latérale, différent du premier. En d'autres termes, l'énergie de contrainte contenue dans un îlot du premier groupe 9a est différente de l'énergie de contrainte contenue dans un îlot du deuxième groupe 9b.

25 Un tel traitement sélectif peut comprendre la formation d'une couche raidisseur 10 présentant une première épaisseur sur un premier groupe d'îlots contraints 9a du substrat de relaxation 6 et une deuxième épaisseur, différente de la première, sur un deuxième groupe d'îlots
30 9b. Cette disposition est représentée sur la figure 3c.

Cette configuration d'épaisseur de la couche raidisseur 10 peut être obtenue en formant une couche
35 raidisseur initiale d'épaisseur uniforme 10' sur tous les

îlots 9, comme cela est représenté sur la figure 3b, puis en amincissant sélectivement cette couche 10' pour en réduire l'épaisseur sur l'un des deux groupes d'îlots 9a, 9b. On peut à nouveau employer des étapes de masquage photo lithographique pour protéger de ce traitement d'amincissement la couche raidisseur 10 disposée sur l'un des groupes d'îlots. Alternativement à un amincissement, on peut également choisir d'épaissir la couche raidisseur initiale 10' sur un des deux groupes d'îlots 9a, 9b pour aboutir à la configuration de la figure 3c. Comme on l'a vu, cette couche raidisseur d'épaisseur uniforme 10' peut consister en un résidu du substrat donneur.

En alternative ou en complément, on pourra choisir, plutôt que de modifier l'épaisseur de la couche raidisseur 10 d'un groupe d'îlot à un autre, de faire varier sa nature. On peut ainsi disposer sur un premier groupe d'îlot 9a une couche raidisseur 10 formée d'un premier matériau et disposer sur le deuxième groupe d'îlots 9b une couche raidisseur 10 formée d'un second matériau présentant une raideur ou une rigidité différente du premier. Dans ce cas, la couche raidisseur 10 peut présenter une épaisseur uniforme d'un groupe d'îlots contraint 9a, 9b à l'autre.

Pour des raisons de disponibilité et de coût, la couche raidisseur 10 est typiquement constituée d'un oxyde de silicium ou d'un nitrure de silicium. Mais il peut s'agir de tout autre matériau suffisamment rigide pour modifier le potentiel d'expansion latéral de l'îlot 9 sur lequel il repose et, potentiellement éviter le gauchissement de cet îlot 9 au cours du traitement thermique de relaxation qui va suivre. Selon la nature de cette couche, et du degré de relaxation attendu de l'îlot 9 sur laquelle elle est disposée, la couche raidisseur 10

peut présenter une épaisseur comprise entre 10 nm et plusieurs centaines de nm, comme 200 nm.

On peut également prévoir que certains îlots 9 ne
5 soient pas recouverts d'une couche raidisseur 10. C'est particulièrement le cas lorsque le degré de contrainte de l'îlot est relativement faible, et donc que le risque de gauchissement de cette couche peu présent.

10 Le traitement sélectif visant à affecter de manière différenciée la capacité latérale d'expansion des îlots 9 peut également comprendre l'amincissement de certains des îlots 9, c'est-à-dire de réduire l'épaisseur des îlots 9a du premier groupe d'îlots et/ou l'épaisseur des îlots 9b du
15 deuxième groupe d'îlots de sorte que ces îlots 9a, 9b, à l'issue de ce traitement présentent des épaisseurs différentes. Il peut par exemple s'agir d'amincir au moins un groupe d'îlots 9a, 9b de 10% à 50% de son épaisseur initiale, afin de créer une différence d'épaisseur entre
20 ces groupes d'îlots pouvant être supérieure à 10%.

Tous les traitements sélectifs qui viennent d'être décrits peuvent être combinés entre eux. Dans tous les cas, à l'issue de ce traitement visant à former au moins deux
25 groupes d'îlots 9a, 9b, on dispose d'un premier groupe d'îlots 9a présentant au moins une caractéristique (épaisseur, épaisseur ou nature d'une couche de raidisseur supportée) qui diffère de la caractéristique d'un deuxième groupe d'îlots 9b. En conséquence, ils présentent une
30 capacité ou un potentiel d'expansion latérale qui diffère.

Dans une étape suivante du procédé de fabrication, représentée sur la figure 3d, on traite thermiquement le substrat de relaxation 6 à une température supérieure ou
35 égale à la température de transition vitreuse de la couche

de fluage 8. Selon la nature de cette couche, ce traitement thermique peut comprendre l'exposition du substrat de relaxation à une température comprise entre 400°C et 900°C pendant une durée de quelques minutes à plusieurs heures. C'est notamment le cas lorsque la couche de fluage est en BPSG. On provoque de la sorte la relaxation des îlots contraints 9 du premier et du deuxième groupe d'îlots 9a, 9b pour former des îlots au moins partiellement relaxés 3, représentés sur la figure 3e. Comme cela est bien documenté, le degré de relaxation obtenu au cours et à l'issue du traitement thermique de relaxation dépend de l'épaisseur de l'îlot 9, l'épaisseur et/ou la nature de la couche raidisseur 10 recouvrant éventuellement cet îlot 9.

Les îlots contraints du premier groupe 9a et les îlots contraints du deuxième groupe 9b présentant des caractéristiques différentes et donc un potentiel d'expansion latérale différent, le traitement thermique conduit à relaxer à des degrés différents les îlots 9 initialement contraints du premier et du second groupe 9a, 9b. En d'autres termes, à l'issue du traitement thermique de relaxation, le paramètre de maille des îlots 3 du premier groupe 3a est différent du paramètre de maille des îlots 3 du deuxième groupe 3b.

Pour atteindre le bon niveau de relaxation et le paramètre de maille cible pour chacun des groupes d'îlots 3a, 3b, on pourra prévoir de répéter l'étape de traitement thermique de relaxation.

On pourra prévoir par exemple une étape de traitement thermique de relaxation préliminaire avant de sélectivement traiter les îlots 9 pour les différencier. On relaxe dans ce cas tous les îlots 9 au même degré de relaxation. On pourra également prévoir de modifier

l'épaisseur des îlots ou d'amincir/épaissir la couche
raidisseur 10 des îlots du premier groupe et/ou du second
groupe d'îlots 3a, 3b, ou de tout autre groupement d'îlots,
avant d'appliquer une étape de traitement thermique de
5 relaxation additionnelle. On peut de la sorte affiner, en
répétant un cycle de traitement sélectif des îlots et
d'application du traitement thermique de relaxation, les
paramètres de maille des îlots 3 disposés sur le substrat
de relaxation 6. Comme on l'a déjà évoqué, on peut bien
10 entendu envisager de former plus de deux groupes d'îlots
3a, 3b.

D'une manière plus générale, on pourra combiner
toute étape visant à modifier une caractéristique d'un
15 groupe d'îlots contraint 9a, 9b affectant la capacité
latérale d'expansion des îlots à des étapes de traitement
thermique de relaxation, pour que chaque îlot présente à
l'issue de ce traitement un paramètre de maille proche ou
identique à un paramètre de maille cible.

20

À l'issue du procédé de fabrication qui vient
d'être décrit, on peut choisir de procéder au transfert des
îlots relaxés 3 sur un autre support. Ce transfert peut
comprendre le report des îlots sur un support
25 intermédiaire, avant de les transférer sur cet autre
support. On peut par exemple choisir de transférer les
îlots 3 sur un support de croissance 2, par l'intermédiaire
éventuel d'une couche d'assemblage 5, permettant alors de
disposer d'un substrat de croissance 1 tel qu'il a été
30 décrit précédemment et représenté sur la figure 1a. On
dispose de la sorte d'un substrat de croissance ne
comportant pas de couche de fluage, celle-ci pouvant être
incompatible avec les étapes de fabrication des couches
actives de dispositifs optoélectroniques. De plus, ce
35 transfert permet dans le cas où les îlots sont constitués

d'un matériau polaire, de récupérer sur la face exposée du support de croissance 1 la polarité initiale de ce matériau, tel qu'il avait été formé sur le substrat donneur.

5

Procédé de fabrication d'une pluralité de dispositifs
optoélectroniques.

Selon un autre aspect, l'invention porte également
10 sur un procédé de fabrication collective d'une pluralité de
dispositifs optoélectroniques. Selon l'invention, ces
dispositifs comportent chacun des couches actives pouvant
être différentes d'un dispositif à un autre. Les
dispositifs présentent alors des propriétés
15 optoélectroniques différentes les unes des autres. Par
l'expression « fabrication collective », on signifie que la
fabrication de ces dispositifs emploie une unique
technologie appliquée à un unique substrat pour former les
couches actives.

20

Ce procédé comprend la fourniture d'un substrat de
croissance 1, conforme à la description générale qui vient
d'en être faite. Il comporte donc au moins un premier
groupe d'îlots semi-conducteurs cristallins 3a présentant
25 un premier paramètre de maille et un deuxième groupe
d'îlots semi-conducteurs cristallins 3b présentant un
deuxième paramètre maille, différent du premier.

L'étape suivante vise à former les couches actives
30 par croissance sur la face exposée de ces îlots 3. Comme
cela est bien connu en soi, le substrat de croissance est
placé pour cela dans une chambre de dépôt, par exemple
celle d'un bâti d'épitaxie. Lors du dépôt, une telle
chambre est parcourue par des flux de gaz précurseurs, ces
35 gaz comprenant les éléments atomiques constituant les

couches actives que l'on souhaite déposer sur les îlots 3. Les gaz précurseurs sont portés en température au-dessus du substrat de croissance 1 de manière à libérer les éléments atomiques, et permettre leurs adsorptions à la surface du substrat de croissance 1 et notamment à la surface des îlots 3. Selon la nature, la concentration relative et la durée de circulation de ces gaz précurseurs, on peut contrôler la nature et l'épaisseur des couches qui se forment progressivement sur les îlots semi-conducteurs cristallins 3. Si cela est nécessaire, on peut prévoir d'introduire dans la chambre des dopants, de type p ou n, pour élaborer des couches dopées. On peut notamment contrôler les gaz précurseurs pour former, sur les îlots, des couches actives de dispositif électronique, tels que des puits quantiques ou des hétérostructures de DELs.

A titre d'exemple, une couche active de DELs peut comprendre, sur un îlot 3 formé d'InGaN présentant une concentration d'In comprise entre 1,5% et 10% et au moins partiellement relaxé (typiquement de l'ordre de 70%), l'empilement de couches suivantes :

- une couche d'InGaN dopé n présentant une concentration d'In similaire à celle de l'îlot 3 ;
- un puits quantique multiple comportant une pluralité de couches, chaque couche comprenant une proportion d'indium distincte, présentant quelques pour cent d'écart de celle de la couche dopé n sous jacentes. Le puits quantique est susceptible d'émettre un rayonnement lumineux longueur d'onde choisie, selon la nature des couches qui le forme ;
- une couche d'InGaN dopé p présentant une concentration d'In comprise entre 0 et 10%. Pour simplifier sa fabrication, on peut également choisir de former la couche dopée p en GaN.

Les gaz précurseurs pour former ces couches actives de DELs peuvent comprendre du triméthylgallium (TMGa), du triéthylgallium (TEGa), du triméthylindium (TMIn) et de l'ammoniaque (NH₃).

5

L'incorporation de certains éléments atomiques des gaz précurseurs dans la couche déposée est affectée par le paramètre de maille de cette couche. C'est notamment le cas pour ce qui concerne l'incorporation d'indium dans une
10 couche d'InGaN comme cela a été reporté dans le document « Strain effects on indium incorporation and optical transitions in green-light InGaN heterostructures of different orientations. », de M.V Durnev et al, Phys. Status Solidi A 208, No. 11, 2671-2675 (2011). Il apparaît
15 que la solubilité de l'indium dans un matériau augmente lorsque le paramètre de maille de ce matériau augmente. En d'autres termes, et toutes choses étant égales par ailleurs, l'incorporation d'indium dans un matériau au cours de sa formation par dépôt croît avec le paramètre de
20 maille du matériau dans lequel il est incorporé.

La présente invention met à profit cette observation pour former sur le substrat de croissance 1 des couches actives d'une pluralité de dispositif
25 optoélectronique, ces couches actives pouvant être différentes d'un dispositif à un autre. D'une manière générale, le procédé met en œuvre une étape d'exposition du substrat de croissance 1 à une atmosphère comprenant au moins une concentration initiale d'un élément atomique.

30

Sur les îlots 3 du premier groupe 3a du substrat de croissance 1, qui présente un premier paramètre de maille, l'élément atomique est incorporé dans la couche active dans une première concentration. Sur les îlots 3 du deuxième
35 groupe d'îlots 3b, qui présente un deuxième paramètre de

maille différent du premier, l'élément atomique est incorporé dans la couche active selon une seconde concentration, différente de la première. Si le deuxième paramètre de maille est supérieur au premier, la deuxième concentration sera supérieure à la première.

En d'autres termes, la première et la seconde concentration sont déterminées par la concentration initiale de l'espèce atomique dans la chambre et par le premier et le deuxième paramètre de maille des îlots. Comme cela est bien connu dans le domaine de la croissance des matériaux, d'autres paramètres peuvent également influencer la nature des couches qui se forment, comme par exemple la pression partielle de la chambre, la température, le débit respectifs des précurseurs...

En fournissant un substrat de croissance pour lequel le premier et le deuxième paramètre de maille ont été convenablement choisis, on peut donc former des couches actives présentant des propriétés optoélectroniques différentes. A titre d'exemple, la proportion d'indium incorporée dans les couches actives d'InGaN déposées sur les îlots du premier groupe d'îlots peut conduire à former des DELS émettant directement un rayonnement dans le domaine du bleu. Simultanément, la proportion d'indium incorporée dans les couches actives d'InGaN déposées sur les îlots du deuxième groupe d'îlots peut conduire à former des DELS émettant directement un rayonnement dans le domaine du vert.

Une fois les couches actives formées sur les îlots, on peut poursuivre le procédé de fabrication des dispositifs électroniques, notamment pour former les contacts électriques et isoler les dispositifs les uns des autres comme cela est par exemple décrit dans le document

US9478707. On peut également prévoir de reporter des îlots 3 munis de leurs couches actives sur un support de DELs, et d'éliminer le support de croissance 2.

5 Application à la fabrication d'un micro panneau
 monolithique de DELs et à un micro-écran d'affichage.

10 Une application particulière du substrat de
croissance et du procédé de fabrication collective qui
viennent d'être décrit, vise à fabriquer un micro panneau
monolithique de DELs.

15 On rappelle qu'un tel micro panneau consiste en un
arrangement de DELs, généralement toutes identiques et de
très petites tailles, disposées à pas constant en lignes et
en colonnes sur un support de panneaux. Lorsque les DELs
ont été fabriquées collectivement, le micro panneau est dit
« monolithique ». Cette caractéristique est avantageuse,
car les DELs présentent alors des propriétés (comme le
comportement en courant et/ou en tension, l'évolution au
vieillissement, etc.) très similaires, ce qui facilite la
conception et la fabrication du micro panneau. Dans le
cadre de la présente invention, on désignera par micro
panneau monolithique de DELs un micro panneau dont toutes
25 les DELs ont été fabriquées collectivement et extraites
collectivement d'un même support de fabrication pour former
le micro panneau ; ou un micro panneau composés de pixels
monolithiques, c'est-à-dire que chaque pixel est constitué
de DELs fabriquées collectivement et extraites d'un même
30 support de fabrication. Dans ce cas, les pixels
monolithiques sont assemblés entre eux pour former le micro
panneau.

35 Le micro panneau monolithique de DELs peut être
assemblé à un circuit de pilotage par une technologie de

report direct de puces (souvent désigné par l'appellation anglo-saxonne « Flip Chip ») permettant de mettre en liaison électrique chaque DEL du micro panneau avec un circuit d'attaque du circuit de pilotage. Cet assemblage
5 peut consister à assembler un micro panneau monolithique entier à un circuit de pilotage, chaque DEL du micro panneau étant après assemblage associée à un circuit d'attaque. Ou l'assemblage peut consister à assembler successivement un ou une pluralité de pixels monolithiques
10 au circuit de pilotage pour les associer au circuit de pilotage. Quelle que soit l'approche choisie, on forme de la sorte un micro-écran d'affichage monolithique.

Les DELs ayant toutes des propriétés électriques
15 identiques ou similaires, les circuits d'attaque du circuit de pilotage peuvent également avoir des propriétés électriques identiques ou similaires, ce qui facilite grandement la fabrication du micro-écran d'affichage.

20 Un exposé détaillé sur ce dispositif et sa méthode de fabrication peut être trouvé dans « Monolithic LED Microdisplay on Active Matrix Substrate Using Flip-Chip Technology » Liu et Al, IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics (Volume: 15, Issue: 4, July-aug. 2009)

25 On note que les micro panneaux monolithiques connus sont tous constitués de DELs émettant directement une unique longueur d'onde, permettant donc un affichage monochrome. L'affichage en couleur est obtenu par
30 l'intermédiaire de phosphore de conversion placé sur la face d'émission de certaines de ces DELs, ou en combinant optiquement une pluralité de micro panneaux émettant chacun un rayonnement choisi dans une combinaison de couleurs complémentaires, par exemple rouge, vert et bleu. Ces
35 techniques ne sont pas avantageuses pour des raisons

évidentes de complexité de mise en œuvre d'efficacité et de compacité comme cela a été rappelé en introduction de la présente demande.

5 Les procédés et substrats conformes à la présente invention permettent au contraire de proposer un micro
panneau monolithique de DELs comprenant un support de
panneau et une pluralité de DELs disposée sur ce panneau.
La pluralité de DELs comprend un premier groupe de DELs
10 susceptible d'émettre directement un rayonnement lumineux
présentant une première longueur d'onde, et un deuxième
groupe de DELs susceptible d'émettre directement un
deuxième rayonnement lumineux présentant une deuxième
longueur d'onde différente de la première.

15 Un micro panneau conforme à l'invention est donc susceptible d'émettre différentes couleurs sans nécessiter de combiner optiquement une pluralité de micro panneaux ou d'appliquer des moyens de conversion. Pour les applications
20 dans le domaine de l'affichage couleur, le micro panneau comprend au moins trois groupes de DELs, chaque groupe émettant à une longueur d'onde différente des autres. On peut par exemple avoir un premier groupe de DELs émettant directement dans le rouge, un deuxième groupe de DELs
25 émettant directement un rayonnement dans le vert et un troisième groupe de DELs émettant directement un rayonnement dans le bleu. On peut également envisager de disposer d'un quatrième groupe de DELs émettant directement dans l'infrarouge, cette illumination pouvant être employée
30 pour fournir des fonctionnalités additionnelles au dispositif intégrant le micro panneau (fonction tactile, reconnaissance de l'iris de l'œil, détection de mouvement...).

Pour les applications dans le domaine de l'affichage couleur, les DELs de chaque groupe sont disposées régulièrement sur le support de panneau, par exemple espacés à pas constant le long de lignes et de colonnes, afin de former une matrice d'affichage. Ils sont également disposés pour placer côte à côte, ou plus précisément à proximité les uns des autres, une DEL de chaque groupe, de manière à former à chaque emplacement de la matrice un pixel lumineux dont la couleur peut être contrôlée.

Le micro panneau peut être constitué de DELs permettant de former une matrice de pixels de grandes dimensions par exemple de 50 pixels sur 50 pixels, ou de 200 pixels sur 200 pixels, voire plus.

Bien que les pixels lumineux du panneau constitué de DELs émettant dans des longueurs d'onde différente, ces DELs ont été formées collectivement à partir d'une unique technologie et sur un unique substrat. Elles présentent donc des propriétés, et notamment des propriétés électriques et de vieillissement, très similaire entre elles ce qui permet de les associer à un circuit de pilotage constitué de circuit d'attaque tous identique ou très similaire.

On expose maintenant un exemple de préparation d'un micro panneau et/ou d'un micro-écran d'affichage.

On prépare en premier lieu un substrat de croissance 1 comprenant sur un support de croissance 2 muni d'une couche d'assemblage en oxyde de silicium 3. Le support de croissance peut par exemple être constitué d'une plaquette de saphir de 150 mm de diamètre. Le substrat de croissance comporte trois groupes d'îlots 3a, 3b, 3c

d'InGaN comportant 8% d'indium. Les îlots 3a, 3b, 3c présentent tous une épaisseur de 200 nm et une forme carrée de 50 microns de côté. Le premier groupe d'îlots 3a présente un paramètre de maille de 0,3190 nanomètre, le
5 deuxième groupe présente un paramètre de maille de 0,3200 nanomètre et le troisième groupe présente un paramètre de maille de 0,3205 nm. Ces paramètres de maille cibles ont été choisis pour que l'étape de fabrication collective des couches actives de DELs conduise à la formation de DELs
10 émettant des rayonnements dans le bleu, le vert et le rouge.

Les îlots 3 constituant chacun de ces groupes sont répartis et disposés sur le support de croissance 2 selon
15 une disposition matricielle conforme à ce qui a été exposé en relation avec la description des figures 2a à 2c. Trois îlots 3, 3', et 3'' de chacun des groupes sont donc disposés à proximité les uns des autres de manière à définir un pixel ; et ces regroupements d'îlots répartis
20 matriciellement le long de lignes et de colonnes à la surface du substrat de croissance 1. On peut prévoir des tranchées de panneau 4' plus larges que les tranchées 4 séparant deux îlots pour séparer les matrices les unes des autres, chaque matrice délimitant un ensemble d'îlots 3,
25 3', 3'' destiné à recevoir les DELs d'un micro panneau.

Pour fabriquer ce substrat de croissance 1 on prépare tout d'abord un substrat de relaxation 6 comprenant un support de relaxation 7, par exemple en saphir également
30 de 150 mm, et d'une couche de fluage composé de BPSG. Le substrat de relaxation comprend également des îlots contraints 9 d'InGaN comportant 8% d'indium. Ces îlots contraints 9 sont disposés similairement à ce qui vient d'être décrit pour les îlots relaxés 3 du substrat de

croissance 1. Le paramètre de même des îlots contraints 9 est de 0,3185 nanomètre.

Les îlots contraints 9 sont recouverts d'une couche raidisseur initiale 10' de GaN de 50 nm d'épaisseur, résidu d'une couche tampon de GaN d'un substrat donneur ayant servi à la réalisation du substrat de relaxation. On procède à un traitement thermique de relaxation par exemple à 800°C pendant une heure. Ce traitement conduit à la relaxation des îlots initialement contraint 9, pour former des îlots partiellement relaxés 3 qui présentent à l'issue du traitement thermique de relaxation un paramètre de maille de proche de 0,3190 nanomètre. Si ce n'est pas le cas, on peut renouveler l'application du traitement thermique de relaxation, éventuellement en amincissant la couche raidisseur initiale pour favoriser la relaxation des îlots 3.

On élimine ensuite par gravure uniquement la couche raidisseurs 10' qui recouvre les îlots 3 du deuxième et du troisième groupe, et on renouvelle le traitement thermique de relaxation. On peut également prévoir d'amincir les îlots 3 du deuxième et troisième groupe, par exemple de 40nm, pour favoriser leur relaxation. A l'issue de traitement, le paramètre de maille des îlots du premier groupe, recouvert par la couche de raidisseur 10 a assez peu varié, proche de 0,3190 nm. Par contre, le paramètre de maille des îlots du deuxième et du troisième groupe s'est agrandi pour être proche de 0,3200 nm.

30

Dans une étape suivante, on aminci uniquement les îlots du troisième groupe, par exemple de 70nm et on applique à nouveau le traitement thermique de relaxation. Les paramètres de maille des îlots du premier et second groupe restent relativement constants, et sont en tout cas

35

moins affectés par ce traitement thermique que le paramètre de maille des îlots du troisième groupe qui est alors proche de 0,3205 nm.

5 On peut renouveler ce traitement thermique de relaxation final, éventuellement en combinaison avec un amincissement de la couche raidisseur disposé sur les îlots du premier groupe ou un amincissement des îlots du deuxième et second groupe, pour faire converger les paramètres de
10 maille de ces îlots vers leurs paramètres de maille cible.

 En tout état de cause, la répétition de ces étapes conduit à la relaxation sélective des groupes d'îlots et, à l'issue de ces étapes, le premier groupe d'îlots 3a
15 présente un paramètre de maille de, ou proche de 0,3190 nanomètre, le deuxième groupe présente un paramètre de maille de, ou proche de, 3,200 nanomètres et le troisième groupe présente un paramètre de maille de, ou proche de 3,205 nm.

20 Les îlots 3 partiellement relaxés d'InGaN sont ensuite reportés par collage sur un support de croissance 2 munie d'une couche d'assemblage 5, par exemple un multicouche de dioxyde de silicium et de nitrure.

25 On place ensuite celui-ci dans une chambre d'un bâti d'épitaxie, dans lequel on fait circuler un ensemble de gaz précurseurs (TMGa, TMIn, NH₃) de manière à faire croître sur chacun des îlots des couches actives de DELs à
30 base de nitrures.

 Les paramètres de maille des îlots du premier groupe, du deuxième groupe et du troisième groupe d'îlots étant différents les uns des autres, l'incorporation
35 d'indium dans les couches actives d'InGaN qui se forment

sur les îlots de ces groupes est également différente. Sur les îlots du premier groupe, on obtient des DELs émettant directement un rayonnement dans le domaine du bleu, sur les îlots du deuxième groupe des DELs émettant directement un rayonnement dans le domaine du vert, et sur les îlots du troisième groupe on forme des DELs émettant directement un rayonnement dans le domaine du rouge.

À l'issue de cette étape de dépôt, on dispose donc, sur le substrat de croissance 1, de couche active de DELs disposés au niveau d'un pixel et émettant des couleurs dans le domaine du rouge, du vert, et du bleu.

On peut compléter la fabrication d'une DEL fonctionnelle sur le substrat de croissance, notamment en formant les contacts de DEL de part et d'autre des couches actives.

Si l'on souhaite disposer à ce stade de micro panneaux monolithiques, on peut découper la plaquette sur laquelle reposent les DELs qui viennent d'être formées selon les tranchées 4' définissant les matrices de pixels. Chacune de ces matrices constituant alors un micro panneau.

Alternativement, on peut également assembler la plaquette comprenant les micro panneaux à une seconde plaquette sur laquelle ont été formés des circuits de pilotage constitués d'une matrice de circuits d'attaque. Chaque matrice est disposée à la surface de cette plaquette selon la même disposition que les DELs sur le substrat de croissance. L'assemblage permet de mettre en contact électrique chaque diode à un circuit d'attaque. On constitue en une seule étape de mise en contact, une pluralité d'écran d'affichage. On peut ensuite choisir d'éliminer le support de croissance 7 par exemple par

irradiation laser, et la couche d'assemblage 8, par exemple par gravure chimique, de manière à exposer une surface d'émission lumineuse des DELs. Ces surfaces peuvent être préparées à l'aide d'éléments optiques, de traitement ou de protection de surface afin d'améliorer la qualité et la robustesse de l'écran. La plaquette peut être découpée de manière conventionnelle de manière à isoler les écrans les uns des autres en vue de leur conditionnement.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une pluralité d'îlots semi-conducteurs cristallins (3a, 3b) présentant une variété
5 de paramètres de maille, le procédé comprenant les étapes suivantes :
- fournir un substrat comportant un support (7), une couche de fluage (8) disposée sur le support (7) et, disposée sur la couche de fluage, une pluralité d'îlots
10 semi-conducteurs cristallins contraints (9) présentant un paramètre de maille initial;
 - traiter sélectivement les îlots contraints (9) de sorte à former un premier groupe d'îlots contraints (9a) présentant un premier potentiel d'expansion latéral, et
15 un deuxième groupe d'îlots contraints (9b) présentant un deuxième potentiel d'expansion latéral, différent du premier ;
 - traiter thermiquement le substrat à une température supérieure ou égale à la température de transition
20 vitreuse de la couche de fluage pour provoquer la relaxation différenciée des îlots du premier et du second groupe, le paramètre de maille des îlots relaxés du premier groupe (3a) et des îlots relaxés du second groupe (3b) présentant alors des valeurs différentes.
25
2. Procédé de fabrication selon la revendication précédente dans lequel les îlots semi-conducteurs cristallins (3a, 3b) sont en matériaux III-N.
- 30 3. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes dans lequel le traitement sélectif comprend la formation d'une couche raidisseur (10) présentant une première épaisseur sur le premier groupe d'îlots contraints (9a) et présentant une deuxième épaisseur,

différente de la première, sur le deuxième groupe d'îlots contraints(9b).

- 5 4. Procédé de fabrication selon la revendication précédente dans lequel le traitement sélectif comprend la formation d'une couche raidisseur initiale (10') d'épaisseur uniforme sur le premier et le deuxième groupe d'îlots contraints (9a, 9b) ; et l'amincissement ou l'épaississement de la couche raidisseur initiale (10')
10 sur le premier groupe d'îlots (9a) ou sur le second groupe d'îlots contraints (9b).
- 15 5. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes dans lequel le traitement sélectif comprend la formation sur le premier groupe d'îlots contraints (9a) d'une couche raidisseur (10) formée d'un premier matériau et la formation sur le deuxième groupe d'îlots contraints (9b) d'une couche raidisseur (10) formée d'un deuxième matériau, différent du premier.
20
- 25 6. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 3 à 5 dans lequel la couche raidisseur (10) est formée d'un matériau choisi dans la liste constituée de l'oxyde de silicium et du nitrure de silicium.
- 30 7. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes dans lequel le traitement sélectif comprend la réduction d'épaisseur des îlots contraints du premier groupe (9a) et/ou des îlots contraints du deuxième groupe (9b), de sorte qu'ils présentent des épaisseurs différentes.
8. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes comprenant une étape de traitement thermique

préliminaire du substrat, avant l'étape de traitement sélectif des îlots contraints (9).

- 5 9. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes comprenant une étape de traitement thermique additionnel du substrat, après l'étape de traitement sélectif des îlots contraints (9).
- 10 10. Procédé de fabrication selon la revendication précédente dans laquelle on applique une nouvelle étape de traitement sélectif des îlots contraints (9) entre le l'étape de traitement thermique et l'étape de traitement thermique additionnel.
- 15 11. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes dans lequel le traitement thermique, et lorsqu'ils sont présents, les traitements thermiques préliminaire et additionnel, sont réalisés à une température comprise entre 400°C et 900°C.
- 20 12. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes comprenant une étape de transfert des îlots relaxés du premier groupe (3a) et des îlots relaxés du second groupe (3b) sur un support de croissance (5).
- 25 13. Procédé de fabrication selon la revendication précédente dans lequel l'étape de transfert comprend le report des îlots relaxés du premier groupe (3a) et des îlots relaxés du second groupe (3b) sur un support intermédiaire.
- 30 14. Substrat de croissance (1) pour la formation de dispositifs optoélectroniques comprenant un support de croissance (2) et, disposée sur le support de croissance
- 35 (2), un premier groupe d'îlots semi-conducteurs

cristallins (3a) présentant un premier paramètre de maille et un deuxième groupe d'îlots semi-conducteurs cristallins (3b) présentant un deuxième paramètre de maille, différent du premier.

5

15. Substrat de croissance (1) selon la revendication précédente dans lequel le support de croissance (2) est une plaquette de silicium ou de saphir.

10

16. Substrat de croissance (1) selon l'une des revendications 14 et 15 dans lequel les îlots semi-conducteurs cristallins (3a, 3b) sont en matériaux III-N.

15

17. Substrat de croissance (1) selon la revendication précédente dans lequel les îlots semi-conducteurs cristallins (3a, 3b) sont en InGaN.

20

18. Substrat de croissance (1) selon l'une des revendications 14 à 17 dans lequel les îlots (3a, 3b) présentent une forme circulaire, carrée, triangulaire ou hexagonale.

25

19. Substrat de croissance (1) selon l'une des revendications 14 à 18 comprenant au moins un troisième groupe d'îlots semi-conducteurs cristallins présentant un troisième paramètre de maille, différent du premier et du deuxième.

30

20. Substrat de croissance (1) selon l'une des revendications 14 à 19 dans lequel chaque îlot du premier groupe (3a) est disposé à côté d'un îlot du deuxième groupe (3b) pour former un pixel.

35

1 / 3

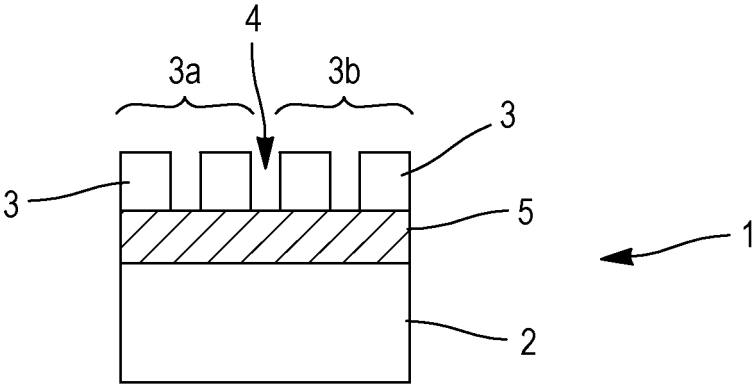


FIG. 1a

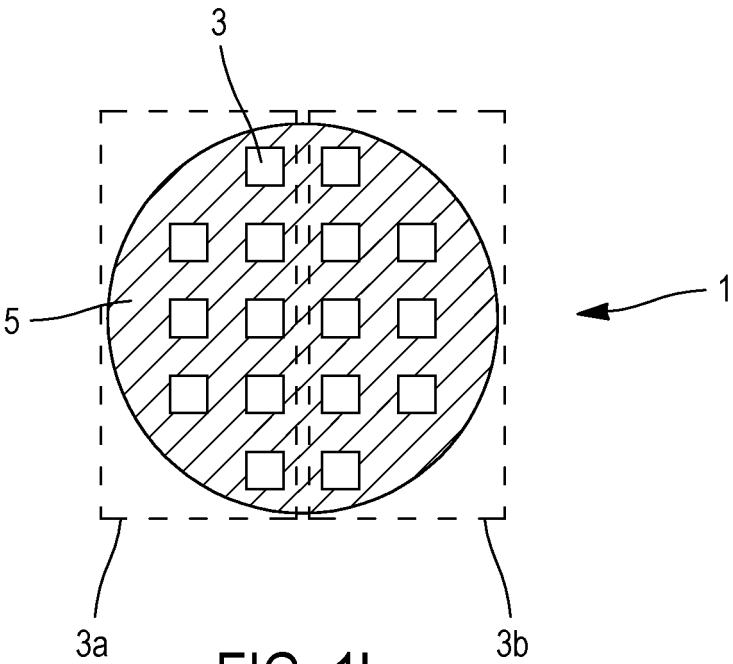


FIG. 1b

2 / 3

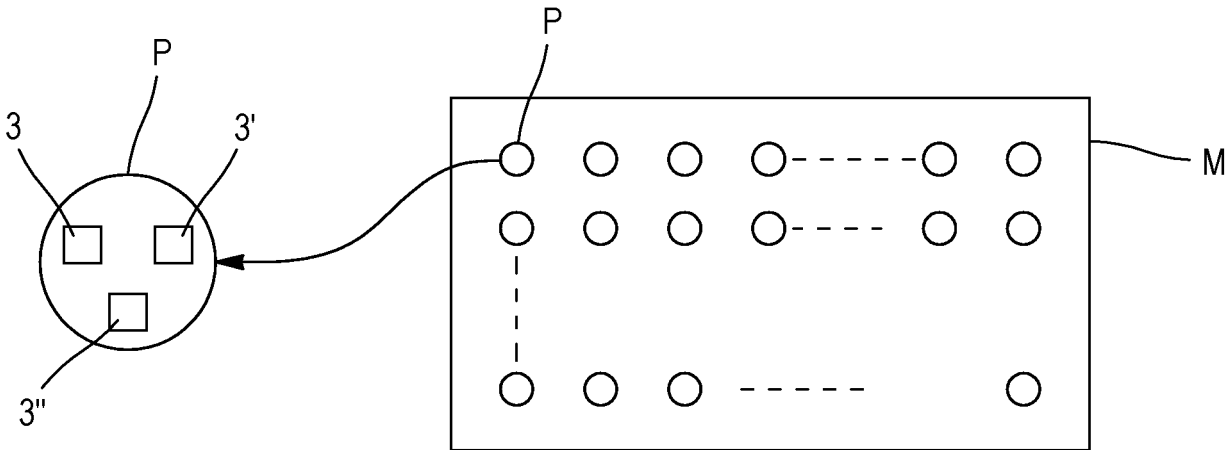


FIG. 2a

FIG. 2b

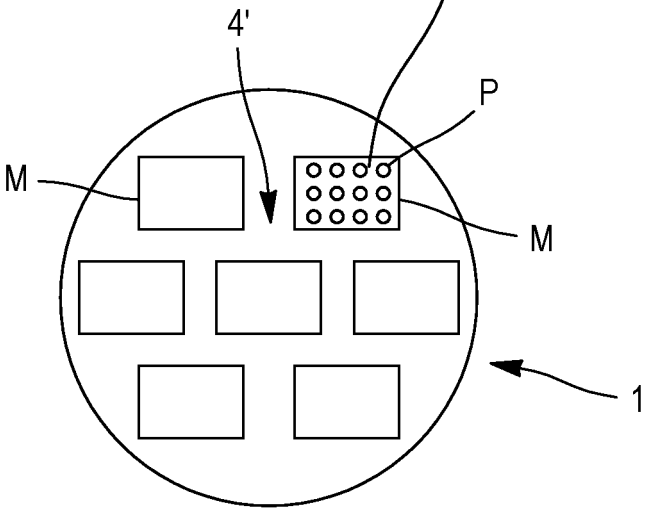


FIG. 2c

3 / 3

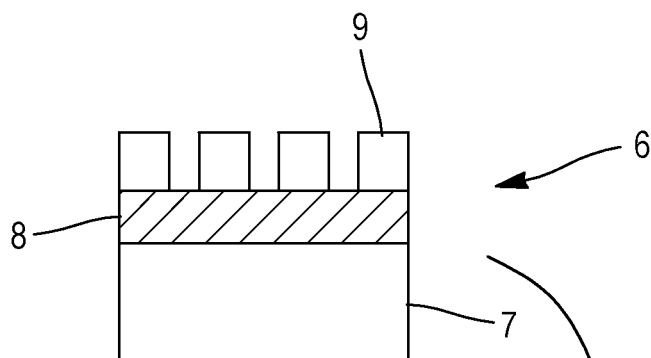


FIG. 3a

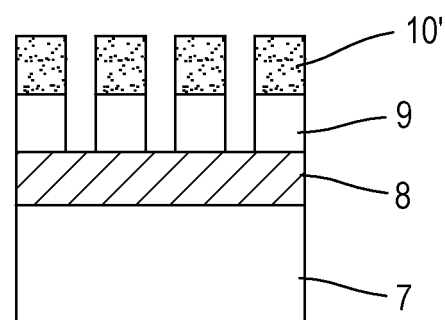


FIG. 3b

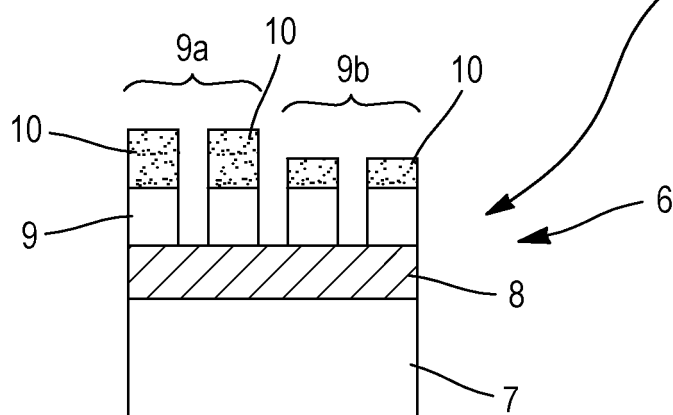


FIG. 3c

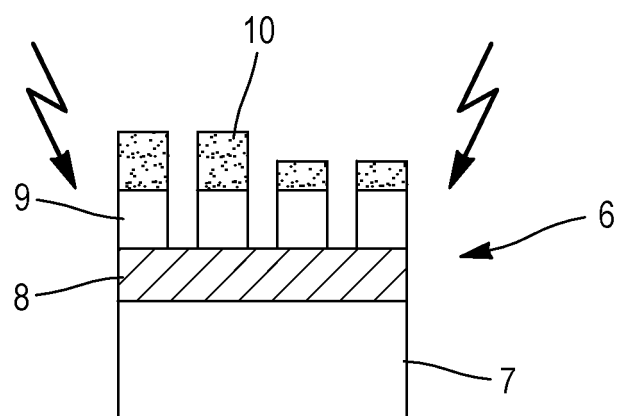


FIG. 3d

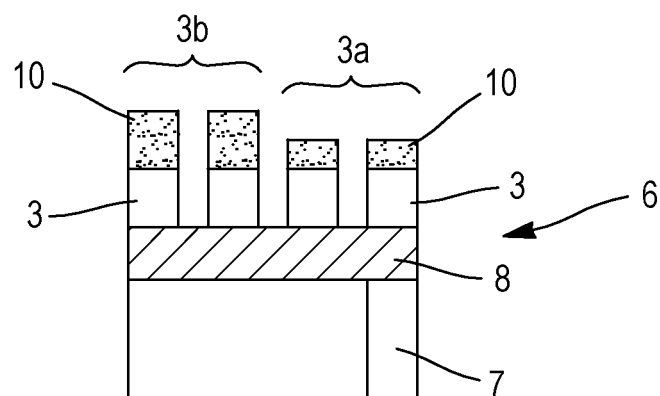


FIG. 3e



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 846030
FR 1752230

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 2009/045394 A1 (SMEETON TIM MICHAEL [GB] ET AL) 19 février 2009 (2009-02-19)	1,2,8,9, 11-20	H01L21/20 H01L21/50
A	* abrégé; figures 1-5 * * alinéas [0074], [0079] * * alinéas [0083], [0093] * -----	3-7,10	H01L33/00
A	EP 2 151 852 A1 (S O I TEC SILICON [FR]) 10 février 2010 (2010-02-10) * abrégé; figure 1 * * alinéas [0014], [0027], [0036] * -----	1-13	
A	EP 2 151 856 A1 (S O I TEC SILICON [FR]) 10 février 2010 (2010-02-10) -----	1-20	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 février 2018		Heising, Stephan	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

