

(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
29 juin 2017 (29.06.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/108994 A1

(51) Classification internationale des brevets :

C30B 25/18 (2006.01) H01L 21/762 (2006.01)
C30B 29/22 (2006.01) H01L 41/312 (2013.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2016/082245

(22) Date de dépôt international :

21 décembre 2016 (21.12.2016)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1563055 22 décembre 2015 (22.12.2015) FR

(71) Déposant : SOITEC [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines, Chemin des Franques, 38190 Bernin (FR).

(72) Inventeurs : GHYSELEN, Bruno; 58 rue Georges Maeder, 38170 Seyssinet-Pariset (FR). BETHOUX, Jean-Marc; 672 Route du Gros Bois, 38500 La Buisse (FR).

(74) Mandataire : REGIMBEAU; 20, rue de Chazelles, 75847 Paris Cedex 17 (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, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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), eurasiatique (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).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : METHOD FOR THE PRODUCTION OF A SINGLE-CRYSTAL FILM, IN PARTICULAR PIEZOELECTRIC

(54) Titre : PROCEDE DE FABRICATION D'UNE COUCHE MONOCRISTALLINE, NOTAMMENT PIEZOELECTRIQUE

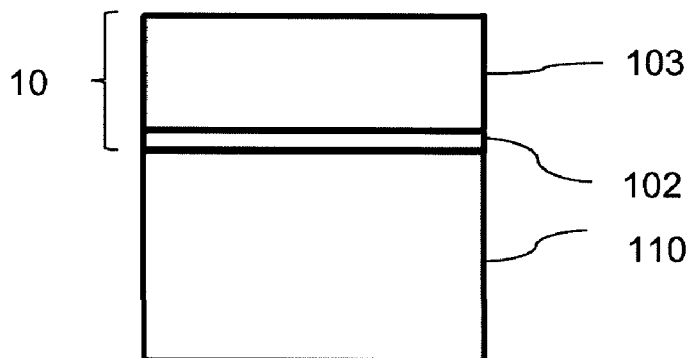


FIGURE 3E

(57) Abstract : The invention relates to a method for the production of a single-crystal film (10), characterised in that it comprises the following successive steps: the provision of a donor substrate (100) comprising a piezoelectric material of composition ABO_3 , wherein A consists of at least one element from among Li, Na, K, H, Ca, and B consists of at least one element from among Nb, Ta, Sb, V; the provision of a receiver substrate (110); the transfer of a so-called "seed layer" from the donor substrate (100) to the receiver substrate (110), by means of bonding the donor substrate to the receiver substrate such that the seed layer (102) is located at the bonding interface, and the subsequent thinning of the donor substrate (100) as far as the seed layer (102); the epitaxial growth of a single-crystal film (103) on the piezoelectric material ABO_3 of the seed layer (102), said film having composition $A'B'O_3$, wherein: A' consists of at least one element from among Li, Na, K, H; B' consists of at least one element from among Nb, Ta, Sb, V; and A' is different from A or B' is different from B.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2017/108994 A1

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)

L'invention concerne un procédé de fabrication d'une couche monocristalline (10), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes : - la fourniture d'un substrat donneur (100) comprenant un matériau piézoélectrique de composition ABO_3 , où A est constitué d'au moins un élément parmi : Li, Na, K, H, Ca; B est constitué d'au moins un élément parmi : Nb, Ta, Sb, V; - la fourniture d'un substrat receveur (110), - le transfert d'une couche (102) dite « couche germe » du substrat donneur (100) sur le substrat receveur (110) par collage du substrat donneur sur le substrat receveur de telle sorte que la couche germe (102) se trouve à l'interface de collage puis amincissement du substrat donneur (100) jusqu'à ladite couche germe (102); - la croissance, par épitaxie sur le matériau piézoélectrique ABO_3 de la couche germe (102), d'une couche monocristalline (103) de composition $A'B'O_3$, où : A' est constitué d'au moins un des éléments suivants : Li, Na, K, H; B' est constitué d'au moins un des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V; A' est différent de A ou B' est différent de B.

PROCEDE DE FABRICATION D'UNE COUCHE MONOCRISTALLINE, NOTAMMENT PIEZOELECTRIQUE

DOMAINE DE L'INVENTION

5 La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une couche monocristalline, notamment piézoélectrique, en particulier pour une application à un dispositif microélectronique, photonique ou optique. En particulier mais de manière non limitative, ledit dispositif peut être un dispositif à ondes acoustiques de surface ou un dispositif à ondes acoustiques de volume pour applications radiofréquence.

10

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

Parmi les composants acoustiques utilisés pour le filtrage dans le domaine radiofréquence, on distingue deux catégories principales de filtres :

- d'une part, les filtres à ondes acoustiques de surface, connus sous l'acronyme
15 SAW (du terme anglo-saxon « Surface Acoustic Wave ») ;

- d'autre part, les filtres et résonateurs à ondes acoustiques de volume, connus sous l'acronyme BAW (du terme anglo-saxon « Bulk Acoustic Wave »).

Pour une revue de ces technologies, on pourra se référer à l'article de W. Steichen et S. Ballandras, « Composants acoustiques utilisés pour le filtrage – Revue des
20 différentes technologies », Techniques de l'Ingénieur, E2000, 2008 [1].

Les filtres à ondes acoustiques de surface comprennent typiquement une couche piézoélectrique épaisse (c'est-à-dire d'épaisseur généralement de plusieurs centaines de μm) et deux électrodes sous la forme de deux peignes métalliques interdigités déposés sur la surface de ladite couche piézoélectrique. Un signal électrique, typiquement une
25 variation de tension électrique, appliqué à une électrode est converti en onde élastique qui se propage à la surface de la couche piézoélectrique. La propagation de cette onde élastique est favorisée si la fréquence de l'onde correspond à la bande de fréquence du filtre. Cette onde est à nouveau convertie en signal électrique en parvenant à l'autre électrode.

30 Les filtres à ondes acoustiques de volume comprennent quant à eux typiquement une couche piézoélectrique mince (c'est-à-dire d'épaisseur généralement sensiblement inférieure à $1\ \mu\text{m}$) et deux électrodes agencées sur chaque face principale de ladite couche mince. Un signal électrique, typiquement une variation de tension électrique, appliqué à une électrode est converti en onde élastique qui se propage au travers de la
35 couche piézoélectrique. La propagation de cette onde élastique est favorisée si la fréquence de l'onde correspond à la bande de fréquence du filtre. Cette onde est à nouveau convertie en signal électrique en parvenant à l'électrode située sur la face opposée.

Dans le cas des filtres à ondes acoustiques de surface, la couche piézoélectrique doit présenter une excellente qualité cristalline pour ne pas engendrer d'atténuation de l'onde de surface. On préférera donc dans ce cas une couche monocristalline. A l'heure actuelle, les matériaux adéquats utilisables industriellement sont le quartz, le LiNbO_3 ou le
5 LiTaO_3 . La couche piézoélectrique est obtenue par découpe d'un lingot de l'un desdits matériaux, la précision requise pour l'épaisseur de ladite couche étant peu importante dans la mesure où les ondes doivent se propager essentiellement à sa surface.

Dans le cas des filtres à ondes acoustiques de volume, la couche piézoélectrique doit présenter une épaisseur déterminée et uniforme sur l'ensemble de la couche et ce,
10 de manière précisément contrôlée. En revanche, la qualité cristalline passant au second plan des critères d'importance pour les performances du filtre, des compromis sont actuellement faits sur la qualité cristalline de ladite couche et une couche polycristalline a longtemps été considérée comme acceptable. La couche piézoélectrique est donc formée par dépôt sur un substrat support (par exemple un substrat de silicium). A l'heure actuelle,
15 les matériaux employés industriellement pour un tel dépôt sont l'AlN, le ZnO et le $\text{Pb}(\text{Zr}_x, \text{Ti}_{1-x})\text{O}_3$ (PZT).

Les choix de matériaux sont donc très limités dans les deux technologies.

Or, le choix d'un matériau résulte d'un compromis entre différentes propriétés du filtre, en fonction des spécifications du fabricant du filtre. En particulier, le coefficient de
20 couplage électromécanique des matériaux piézoélectriques sont des critères de choix du matériau à utiliser pour une application donnée et une architecture de composant donnée.

Par exemple, le LiNbO_3 et le LiTaO_3 sont des matériaux fortement anisotropes. Le coefficient de couplage dépendant de l'orientation cristalline, le choix d'une orientation particulière du matériau offre un premier degré de liberté dans le choix du matériau. C'est
25 la raison pour laquelle on peut trouver des substrats selon une multiplicité d'orientations cristallines, par exemple, et selon une terminologie anglo-saxonne : X-cut, Y-cut, Z-cut, YZ-cut, 36° rotated Y axis, 42° rotated Y axis, ...

Cependant, hormis la possibilité de sélectionner une orientation cristalline particulière, l'homme du métier ne dispose que du quartz, du LiNbO_3 et du LiTaO_3 pour
30 concevoir un filtre à ondes acoustiques de surface, ce qui n'offre qu'une gamme limitée de paramètres pour optimiser les caractéristiques du filtre, même si quelques autres matériaux pourraient venir compléter cette liste à l'avenir comme le langasite $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$ par exemple.

Pour offrir davantage de liberté dans le dimensionnement des filtres à ondes
35 acoustiques de volume ou des filtres à ondes acoustiques de surface, il serait souhaitable de pouvoir utiliser davantage de matériaux que les matériaux listés plus haut, sans nuire par ailleurs à la qualité des matériaux.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

Un but de l'invention est de remédier aux inconvénients précités et notamment de concevoir un procédé de fabrication d'une couche monocristalline, notamment piézoélectrique, en particulier pour un dispositif à ondes acoustiques de surface, en d'autres matériaux que les matériaux utilisés pour cette application, en particulier en permettant d'obtenir des couches minces (c'est-à-dire d'épaisseur inférieure à 20 μm , voire inférieure à 1 μm) et uniformes des matériaux utilisés pour les dispositifs à ondes acoustiques de surface. Par ailleurs, ce procédé doit également permettre d'utiliser une plus grande variété de substrats supports que dans les dispositifs à ondes acoustiques de volume existants.

Conformément à l'invention, il est proposé un procédé de fabrication d'une couche monocristalline, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- la fourniture d'un substrat donneur comprenant un matériau piézoélectrique de composition ABO_3 , où

15 A est constitué d'au moins un élément parmi : Li, Na, K, H ;

B est constitué d'au moins un élément parmi : Nb, Ta, Sb, V ;

- la fourniture d'un substrat receveur,

- le transfert d'une couche dite « couche germe » du substrat donneur sur le substrat receveur par collage du substrat donneur sur le substrat receveur de telle sorte que la couche germe se trouve à l'interface de collage puis amincissement du substrat donneur jusqu'à ladite couche germe ;

- la croissance, par épitaxie sur le matériau piézoélectrique ABO_3 de la couche germe, d'une couche monocristalline de composition $\text{A}'\text{B}'\text{O}_3$, où :

A' est constitué d'au moins un des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

25 B' est constitué d'au moins un des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V ;

A' est différent de A ou B' est différent de B.

Par « couche située à l'interface de collage », on entend une couche située du côté de la face d'un premier substrat qui est collée à un second substrat mais n'implique pas nécessairement un contact direct entre ladite couche et le second substrat. Ainsi, ladite couche peut être collée directement au second substrat ou être recouverte d'une couche de collage, par exemple diélectrique, ou tout autre type de couche, par l'intermédiaire de laquelle s'effectue le collage.

Par « A est différent de A' » on entend que A et A' sont constitués d'éléments différents et/ou du ou des mêmes élément(s) mais dans des proportions stœchiométriques différentes.

Selon un mode de réalisation, A' comprend au moins un élément en commun avec A, et/ou B' comprend au moins un élément en commun avec B.

Par « A' comprend au moins un élément en commun avec A », on entend qu'un même élément (ou plusieurs éléments) se trouve à la fois dans A et dans A', dans des proportions stœchiométriques identiques ou différentes.

Selon un mode de réalisation, A' est identique à A lorsque B' est différent de B, et B' est identique à B lorsque A' est différent de A.

Par « A' est identique à A » on entend que A' et A sont constitués du ou des mêmes éléments et ce, dans les mêmes proportions stœchiométriques.

Selon un mode de réalisation, A est constitué d'un unique élément et B est constitué d'un unique élément.

Selon une forme d'exécution, le transfert de la couche germe comprend les étapes suivantes :

- la formation d'une zone de fragilisation dans le substrat donneur de sorte à délimiter une couche, dite couche germe, comprenant ledit matériau piézoélectrique de composition ABO_3 ,

- le collage du substrat donneur sur le substrat receveur, la couche germe étant à l'interface de collage,

- le détachement du substrat donneur le long de la zone de fragilisation de sorte à transférer la couche germe sur le substrat receveur.

Avant l'étape d'épitaxie, on peut retirer une partie de l'épaisseur de la couche germe transférée sur le substrat receveur.

De manière avantageuse, lequel l'épaisseur de la couche germe est inférieure à 2 μm , de préférence inférieure à 1 μm .

Le substrat receveur est avantageusement en matériau semi-conducteur, et comprend une couche intermédiaire de piégeage de charges située entre la couche germe et le substrat receveur.

Un autre objet de l'invention concerne un procédé de fabrication d'une couche monocristalline, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- la fourniture d'un substrat donneur comprenant un matériau piézoélectrique de composition $A'B'O_3$, où

- A' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H;

- B' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V ;

- la croissance, par épitaxie sur ledit matériau piézoélectrique $A'B'O_3$, d'une couche monocristalline de composition $A''B''O_3$, où

- A'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

- B'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V ;

- la fourniture d'un substrat receveur,

- le transfert d'au moins une partie de la couche épitaxiale de composition $A''B''O_3$ sur le substrat receveur par collage du substrat donneur sur le substrat receveur par

l'intermédiaire de ladite couche épitaxiale puis amincissement du substrat donneur jusqu'à ladite couche épitaxiale de composition $A''B''O_3$.

Selon un mode de réalisation, après le transfert de la couche de composition $A''B''O_3$ sur le substrat receveur, on fait croître, par épitaxie sur ledit matériau de
5 composition $A''B''O_3$, une couche monocristalline de composition $A'''B'''O_3$, où

A''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

B''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V.

Selon un mode de réalisation, A''' est différent de A'' ou B''' est différent de B'' .

Selon une forme d'exécution, le transfert de ladite au moins une partie de la couche
10 épitaxiale de composition $A''B''O_3$ sur le substrat receveur comprend les étapes suivantes :

- la formation d'une zone de fragilisation dans le substrat donneur ou dans la couche épitaxiale de composition $A''B''O_3$ de sorte à délimiter une couche à transférer,

- le collage du substrat donneur sur le substrat receveur, la couche épitaxiale de
15 composition $A''B''O_3$ étant à l'interface de collage ;

- le détachement du substrat donneur ou de la couche épitaxiale le long de la zone de fragilisation.

Selon un mode de réalisation, la zone de fragilisation est formée dans le substrat donneur et, après l'étape de transfert, on amincit la couche transférée de sorte à exposer
20 le matériau de composition $A''B''O_3$.

Selon un mode de réalisation, A'' est différent de A' ou B'' est différent de B' .

Selon un mode de réalisation, A'' comprend au moins un élément en commun avec A' , et/ou B'' comprend au moins un élément en commun avec B' .

Selon un mode de réalisation, A'' est identique à A' lorsque B'' est différent de B' , et
25 B'' est identique à B' lorsque A'' est différent de A' .

Selon un mode de réalisation, A' est constitué d'un unique élément et B' est constitué d'un unique élément.

Selon une forme d'exécution particulière, la zone de fragilisation est formée par implantation ionique dans le substrat donneur.

30 De manière particulièrement avantageuse, à l'issue de l'étape d'épitaxie, l'épaisseur de la couche monocristalline de composition $A''B''O_3$ est comprise entre 0,2 et 20 μm .

Par ailleurs, on peut former au moins une couche électriquement isolante et/ou au moins une couche électriquement conductrice à l'interface entre le substrat receveur et le substrat donneur.

35 Selon une forme d'exécution, ledit procédé comprend le transfert d'au moins une partie de la couche monocristalline du substrat receveur vers un substrat final.

Un autre objet concerne un substrat pour un dispositif microélectronique, photonique ou optique, caractérisé en ce qu'il comprend un substrat support et une couche monocristalline de composition $A''B''O_3$ sur ledit substrat support, où

A'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

5 B'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V ;

l'un au moins de A'' et B'' est constitué d'au moins deux éléments,

et une couche de composition $A'B'O_3$, où

A' est constitué d'au moins un élément parmi : Li, Na, K, H, et

B' est constitué d'au moins un élément parmi : Nb, Ta, Sb, V,

10 entre le substrat support et la couche de composition $A''B''O_3$.

Selon un mode de réalisation, ledit substrat comprend en outre, sur la couche de composition $A''B''O_3$, une couche monocristalline de composition $A'''B'''O_3$, où

A''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

B''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V.

15 Un autre objet concerne un procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface comprenant le dépôt d'électrodes sur la surface d'une couche piézoélectrique monocristalline, caractérisé en ce qu'il comprend la fabrication de ladite couche piézoélectrique par un procédé tel que décrit ci-dessus.

Un autre objet concerne un dispositif à ondes acoustiques de surface caractérisé en ce qu'il comprend une couche piézoélectrique monocristalline susceptible d'être obtenue par un procédé tel que décrit ci-dessus, et deux électrodes se présentant sur la surface de ladite couche piézoélectrique monocristalline.

Un autre objet concerne un procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de volume comprenant le dépôt d'électrodes sur deux faces opposées d'une couche piézoélectrique monocristalline, caractérisé en ce qu'il comprend la fabrication de ladite couche piézoélectrique par un procédé tel que décrit ci-dessus.

Un autre objet concerne un dispositif à ondes acoustiques de volume, caractérisé en ce qu'il comprend une couche piézoélectrique monocristalline susceptible d'être obtenue par un procédé tel que décrit ci-dessus, et deux électrodes agencées sur deux faces opposées de ladite couche piézoélectrique monocristalline.

Un autre objet de l'invention concerne un micro-capteur adapté pour mesurer une déformation engendrée par une sollicitation extérieure, caractérisé en ce qu'il comprend une couche piézoélectrique monocristalline susceptible d'être obtenue par un procédé décrit précédemment

Un autre objet de l'invention concerne un micro-actuateur adapté pour engendrer une déformation d'un élément ou un déplacement d'une partie mobile grâce à l'application d'un champ électrique continu ou variable, caractérisé en ce qu'il comprend une couche

piézoélectrique monocristalline susceptible d'être obtenue par un procédé décrit précédemment.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

- 5 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés sur lesquels :
- la figure 1 est une vue de principe en coupe d'un filtre à ondes acoustiques de surface,
 - la figure 2 est une vue de principe en coupe d'un filtre à ondes acoustiques de
10 volume,
 - les figures 3A à 3E illustrent des étapes successives d'un procédé de fabrication d'une couche monocristalline selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
 - les figures 4A à 4E illustrent des étapes successives d'un procédé de
15 fabrication d'une couche monocristalline selon un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
 - la figure 4F illustre une étape additionnelle mise en œuvre dans une variante du mode de réalisation illustré aux figures 4A à 4E ;
 - les figures 5A à 5C illustrent des étapes ultérieures optionnelles dudit procédé.
- 20 Pour des raisons de lisibilité des figures, les éléments illustrés ne sont pas nécessairement représentés à l'échelle. Par ailleurs, les éléments désignés par les mêmes signes de référence sur différentes figures sont identiques.

DESCRIPTION DETAILLEE DE MODES DE REALISATION DE L'INVENTION

- 25 La figure 1 est une vue de principe d'un filtre à ondes acoustiques de surface.
- Ledit filtre comprend une couche piézoélectrique 10 et deux électrodes 12, 13 sous la forme de deux peignes métalliques interdigités déposés sur la surface de ladite couche piézoélectrique. Du côté opposé aux électrodes 12, 13, la couche piézoélectrique repose sur un substrat support 11. La couche piézoélectrique 10 est monocristalline, une
30 excellente qualité cristalline étant en effet nécessaire pour ne pas engendrer d'atténuation de l'onde de surface.
- La figure 2 est une vue de principe d'un résonateur à ondes acoustiques de volume.
- Le résonateur comprend une couche piézoélectrique mince (c'est-à-dire d'épaisseur généralement inférieure à 1 μm , de préférence inférieure à 0,2 μm) et deux électrodes 12,
35 13 agencées de part et d'autre de ladite couche piézoélectrique 10 qui, grâce au procédé de fabrication selon l'invention, est monocristalline. La couche piézoélectrique 10 repose sur un substrat support 11. Pour isoler le résonateur du substrat et éviter ainsi la propagation des ondes dans le substrat, un miroir de Bragg 14 est interposé entre

l'électrode 13 et le substrat 11. De manière alternative (non illustrée), cette isolation pourrait être réalisée en ménageant une cavité entre le substrat et la couche piézoélectrique. Ces différentes dispositions sont connues de l'homme du métier et ne seront donc pas décrites en détail dans le présent texte.

5 D'une manière générale, l'invention propose la formation de la couche monocristalline, notamment piézoélectrique, au moyen d'une épitaxie sur un matériau d'un substrat donneur, servant de germe pour l'épitaxie, jusqu'à l'obtention de l'épaisseur souhaitée pour la couche monocristalline, et d'un transfert vers un substrat receveur, ledit
10 transfert pouvant être effectué avant l'épitaxie (auquel cas une couche superficielle du substrat donneur, dite couche germe, est reportée sur le substrat receveur) ou après l'épitaxie (auquel cas au moins une partie de la couche épitaxiale est reportée sur le substrat receveur).

Le substrat donneur peut être un substrat massif monocristallin du matériau considéré. De manière alternative, le substrat donneur peut être un substrat composite,
15 c'est-à-dire formé d'un empilement d'au moins deux couches de matériaux différents, dont une couche superficielle est constituée du matériau monocristallin considéré.

Parmi les matériaux piézoélectriques d'intérêt particulier se trouvent les matériaux perovskites et assimilés, de structure ABO_3 . Toutefois, l'intérêt que l'on peut porter à ces matériaux ne se limite pas à leur caractère piézoélectrique. Notamment pour d'autres
20 applications, par exemple liées à l'optique intégrée, on pourra aussi s'y intéresser le cas échéant pour leur permittivité diélectrique, pour leurs indices de réfraction, ou encore pour leurs propriétés pyroélectriques, ferroélectriques ou encore ferromagnétiques par exemple et selon les cas.

Une grande famille se dégage. Elle dérive notamment des matériaux binaires
25 comme $LiNbO_3$, $LiTaO_3$, $KNbO_3$, $KTaO_3$ pour aboutir à une formule générale de type ABO_3 où A est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H et où B est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V.

Au final, on pourra résumer en considérant que A est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants parmi : Li, Na, K, H, et B est constitué d'un ou plusieurs des
30 éléments suivants parmi : Nb, Ta, Sb, V.

Le substrat receveur a une fonction de support mécanique de la couche germe. Il peut être de toute nature adaptée à la mise en œuvre d'une épitaxie (notamment en termes de tenue en température) et, de manière avantageuse mais non impérative, adaptée à l'application visée. Il peut être massif ou composite.

35 Eventuellement, au moins une couche intermédiaire peut être intercalée entre le substrat receveur et la couche germe. Par exemple, une telle couche intermédiaire peut être électriquement conductrice ou électriquement isolante. L'homme du métier est à même de choisir le matériau et l'épaisseur de cette couche en fonction des propriétés qu'il

souhaite conférer au dispositif radiofréquence destiné à comprendre la couche piézoélectrique.

De manière avantageuse, le substrat receveur peut être en matériau semi-conducteur. Il peut s'agir par exemple d'un substrat en silicium. Ce matériau conducteur
5 comprend une couche intermédiaire de type « trap-rich » (que l'on peut traduire en français par une couche à « piège de charges »), qui peut être soit formée sur le substrat receveur, soit formée en surface du substrat receveur. Ladite couche intermédiaire de type trap-rich est ainsi située entre la couche germe et le substrat receveur et permet d'améliorer les performances d'isolation électrique du substrat receveur. Ladite couche
10 intermédiaire de type trap-rich peut être formée par au moins un des matériaux de type poly-cristallin, amorphe ou poreux, en particulier du silicium poly-cristallin, du silicium amorphe ou du silicium poreux, sans se limiter à ces matériaux. De plus, en fonction de la tenue en température de la couche intermédiaire de type trap-rich pour la réalisation de l'épitaxie, il peut s'avérer avantageux d'introduire une couche supplémentaire entre le
15 substrat receveur et ladite couche intermédiaire de type trap-rich, afin d'éviter la recristallisation de cette dernière lors d'un traitement thermique.

Selon un premier mode de réalisation, le procédé comprend un transfert de la couche germe d'un substrat donneur sur un substrat support, suivi de l'étape d'épitaxie susmentionnée. Dans ce cas, le matériau de la couche germe est avantageusement un
20 matériau de composition ABO_3 , où A est constitué d'au moins un élément parmi : Li, Na, K, H, et B est constitué d'au moins un élément parmi : Nb, Ta, Sb, V. Selon un mode de réalisation, chacun de A et B est constitué d'un unique élément. Par exemple, ABO_3 peut avoir pour formule $Li_{x1}K_{1-x1}Nb_{y1}Ta_{1-y1}O_3$, où $x1 = 0$ ou 1 et $y1 = 0$ ou 1 . Deux représentants très répandus de cette famille de matériau sont $LiNbO_3$ et $LiTaO_3$. A moindre mesure, des
25 substrats $KNbO_3$ et $KTaO_3$ sont également disponibles. Dans le présent texte, une telle composition est dite binaire. Un tel matériau binaire est généralement fabriqué par tirage sous la forme d'un lingot. Dans ce cas, la couche épitaxiale présente avantageusement une composition différente de la composition de la couche germe, de type $A'B'O_3$ où A' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H; B' est constitué d'un
30 ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V; A' est différent de A ou B' est différent de B. Pour poursuivre l'exemple précédent, $A'B'O_3$ peut avoir pour formule $Li_{x2}K_{1-x2}Nb_{y2}Ta_{1-y2}O_3$, où $0 \leq x2 \leq 1$ et $0 \leq y2 \leq 1$ et où $x2$ est différent de $x1$ ou $y2$ est différent de $y1$.

Dans le présent texte, si le nombre total des éléments constituant A et B est égal à
35 3, une telle composition est dite ternaire ; dans le cas où le nombre total des éléments constituant A' et B' est égal à 4, une telle composition est dite quaternaire. Contrairement aux matériaux binaires, de tels matériaux ternaires ou quaternaires ne sont pas, sauf

exception, obtenus par tirage d'un lingot mais doivent être obtenus par épitaxie sur un support adéquat pour être de qualité suffisante aux dimensions désirées.

Dans le premier mode de réalisation, on préférera un matériau de composition ABO_3 binaire et un matériau de composition $A'B'O_3$ ternaire (voire davantage). Plus particulièrement, on préférera les compositions ABO_3 et $A'B'O_3$ précédentes dans lesquelles A' comprend au moins un élément en commun avec A, et/ou B' comprend au moins un élément en commun avec B, cet élément en commun étant avantageusement majoritaire dans la composition de A ou B. De manière davantage préférée, on choisira les compositions ABO_3 et $A'B'O_3$ précédentes dans lesquelles A' est identique à A lorsque B' est différent de B, et B' est identique à B lorsque A' est différent de A. Eventuellement, A' peut être sensiblement identique à A, ou B' sensiblement identique à B, lorsque la teneur en un élément majoritaire de A ou B varie légèrement (par exemple, lorsque A est Li et A' est $Li_{0,9}Na_{0,1}$ ou encore lorsque B est $Ta_{0,5}Nb_{0,5}$ et B' est $Ta_{0,6}Nb_{0,4}$).

Selon un second mode de réalisation, l'étape d'épitaxie est réalisée avant l'étape de transfert. Dans ce cas, le matériau du substrat donneur faisant fonction de germe pour l'épitaxie est un matériau de composition $A'B'O_3$ où A' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H; B' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V. Dans ce cas, la couche épitaxiale présente une composition de type $A''B''O_3$ où A'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H; B'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V.. Par exemple, la couche germe présente une composition $Li_{x1}K_{1-x1}Nb_{y1}Ta_{1-y1}O_3$, où $0 \leq x1 \leq 1$ et $0 \leq y1 \leq 1$ et la couche épitaxiale présente une composition $Li_{x2}K_{1-x2}Nb_{y2}Ta_{1-y2}O_3$, où $0 \leq x2 \leq 1$ et $0 \leq y2 \leq 1$. Eventuellement, le matériau de la couche épitaxiale peut être identique à celui de la couche germe (en d'autres termes, A' est identique à A'' et B' est identique à B'', c'est-à-dire, dans l'exemple précité, $x1 = x2$ et $y1 = y2$). De manière alternative, le matériau de la couche épitaxiale est différent de celui de la couche germe (en d'autres termes, A' est différent de A'' ou B' est différent B'', c'est-à-dire, dans l'exemple précité, $x1$ est différent de $x2$ ou $y1$ est différent de $y2$).

Dans le second mode de réalisation, on préférera un matériau de composition $A'B'O_3$ binaire et un matériau de composition $A''B''O_3$ ternaire (voire davantage). Plus particulièrement, on préférera les compositions $A'B'O_3$ et $A''B''O_3$ précédentes dans lesquelles A'' comprend au moins un élément en commun avec A', et/ou B'' comprend au moins un élément en commun avec B', cet élément en commun étant avantageusement majoritaire dans la composition de A ou B. De manière davantage préférée, on choisira les compositions $A'B'O_3$ et $A''B''O_3$ précédentes dans lesquelles A'' est identique à A' lorsque B'' est différent de B', et B'' est identique à B' lorsque A'' est différent de A'. Eventuellement, A' peut être sensiblement identique à A, ou B' sensiblement identique à

B, lorsque la teneur en un élément majoritaire de A ou B varie légèrement (par exemple, lorsque A est Li et A' est $\text{Li}_{0,9}\text{Na}_{0,1}$ ou encore lorsque B est $\text{Ta}_{0,5}\text{Nb}_{0,5}$ et B' est $\text{Ta}_{0,6}\text{Nb}_{0,4}$).

Selon une variante du second mode de réalisation, le procédé comprend en outre, après l'étape de transfert, une reprise d'épitaxie sur la couche transférée, de sorte à
5 former une couche monocristalline de composition $\text{A}'''\text{B}'''\text{O}_3$ où A''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H; B''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V. Par exemple, la composition de ladite couche épitaxiale additionnelle est de type $\text{Li}_{x3}\text{K}_{1-x3}\text{Nb}_{y3}\text{Ta}_{1-y3}\text{O}_3$, où $0 \leq x3 \leq 1$ et $0 \leq y3 \leq 1$. De préférence, x3 est différent de x2 ou y3 est différent de y2 (autrement dit, de manière plus
10 générale, A''' est différent de A'' ou B''' est différent de B'').

Ainsi, l'invention permet notamment de former une couche mince d'un composé $\text{A}'\text{B}'\text{O}_3$, $\text{A}''\text{B}''\text{O}_3$, ou $\text{A}'''\text{B}'''\text{O}_3$ qui présente une excellente qualité cristalline, au moins égale à celle des substrats massifs des matériaux binaires de cette famille, avec une épaisseur contrôlée dans une large gamme d'épaisseur, et notamment pour une
15 épaisseur inférieure à 20 μm , et une grande diversité de propriétés ajustées grâce à la composition du matériau.

L'épitaxie peut être réalisée par toute technique appropriée, notamment par dépôt chimique en phase vapeur (CVD, acronyme du terme anglo-saxon « Chemical Vapor Deposition »), épitaxie en phase liquide (LPE, acronyme du terme anglo-saxon « Liquid
20 Phase Epitaxy »), dépôt par laser pulsé (PLD, acronyme du terme anglo-saxon « Pulsed Laser Deposition »), etc. Pour les matériaux considérés ici, on pourra par exemple se référer aux publications [2], [3], [4], [5], [6].

L'homme du métier est en mesure de déterminer les réactifs et les conditions opératoires en fonction du matériau à faire croître et de la technique choisie.

25 La composition des matériaux des différentes couches est ajustée, à travers le choix des éléments constituant A, A', A'' et/ou A''' et B, B', B'' et/ou B''' et leur stœchiométrie au regard des propriétés visées (par exemple, selon l'application : facteur de couplage piézoélectrique, indice de réfraction, etc.) mais également en tenant compte de la nécessité de respecter une cohérence des paramètres de maille cristalline des matériaux
30 des couches épitaxiées et de leur support d'épitaxie. L'adaptation des paramètres de maille dans le domaine de l'épitaxie est connue de l'homme de l'art.

Il est entendu qu'en complément des différentes couches épitaxiales décrites, des couches épitaxiales additionnelles peuvent être ajoutées, notamment des couches tampons (« buffer layer » en terminologie anglo-saxonne) visant à maîtriser l'évolution des
35 paramètres de maille ou des contraintes emmagasinées, ou encore des couches visant à fournir des couches d'arrêt de gravure sélective.

Le transfert de la couche germe (ou, respectivement, de la couche épitaxiale) implique typiquement une étape de collage du substrat donneur et du substrat receveur,

la couche germe (respectivement épitaxiale) étant située à l'interface de collage, puis une étape d'amincissement du substrat receveur de sorte à exposer la couche germe (respectivement épitaxiale).

De manière particulièrement avantageuse, le transfert est réalisé selon le procédé Smart Cut™ qui est bien connu pour le transfert de couches minces semi-conductrices, notamment de silicium.

A cet effet, selon le premier mode de réalisation, en référence à la figure 3A, on fournit un substrat donneur 100 d'un matériau de composition binaire ABO_3 , et l'on forme, par implantation ionique (schématisée par les flèches), une zone de fragilisation 101 qui délimite une couche monocristalline 102 à transférer, destinée à former la couche germe. Sur cette figure, le substrat donneur 100 est représenté massif mais, comme indiqué plus haut, il pourrait éventuellement être composite. De manière avantageuse et selon le matériau piézoélectrique considéré, les espèces implantées sont de l'hydrogène et/ou de l'hélium. L'homme du métier est à même de déterminer la dose et l'énergie d'implantation de ces espèces pour former la zone de fragilisation à une profondeur déterminée, qui est typiquement inférieure à $2 \mu\text{m}$: typiquement et toujours selon le matériau et l'espèce implantée considérés, la dose est dans la gamme de $2 \text{ E}+16$ à $2 \text{ E}+17$ espèce ionique/cm², et l'énergie d'implantation est de 30 keV à 500 keV. La couche fragilisée enterrée peut également être obtenue par tout autre moyen connu de l'homme du métier, par exemple par porosification du matériau, ou encore par irradiation laser.

En référence à la figure 3B, on colle le substrat donneur 100 ainsi fragilisé sur le substrat receveur 110, la surface du substrat donneur au travers de laquelle l'implantation a été réalisée étant à l'interface de collage. Eventuellement, avant le collage, le substrat donneur et/ou le substrat receveur peuvent être recouverts d'une couche électriquement isolante ou électriquement conductrice (non illustrée), qui se trouvera intercalée entre le substrat receveur et la couche germe après le transfert.

En référence à la figure 3C, on effectue un détachement du substrat donneur 100 le long de la zone de fragilisation 101. Un tel détachement peut être obtenu par tout moyen connu de l'homme du métier, par exemple thermique, mécanique, chimique, etc. On récupère ensuite le reliquat du substrat donneur, qui peut éventuellement être recyclé, ce qui permet de transférer la couche 102 sur le substrat receveur 110.

En référence à la figure 3D, on peut, de manière optionnelle, retirer une partie superficielle de la couche 102 transférée, par exemple par polissage mécanique et/ou par gravure chimique. Ce retrait de matière a pour but d'éliminer d'éventuels défauts liés à l'implantation et au détachement dans le voisinage de la zone de fragilisation. A l'issue de ce retrait, on obtient une couche 102 amincie sur le substrat receveur 110, qui servira de couche germe pour l'étape d'épitaxie suivante. De manière alternative, la couche

transférée 102 de la figure 3C peut être directement utilisée comme couche germe pour l'épitanie.

En référence à la figure 3E, on fait croître par épitanie une couche monocristalline 103 de composition $A'B'O_3$, sur la couche germe 102, le matériau de la couche épitaniale 104 étant différent de celui de la couche germe 102. Ainsi, la couche germe 102 impose son paramètre de maille et permet la croissance d'un matériau monocristallin de bonne qualité. La croissance est stoppée lorsque l'épaisseur souhaitée pour la couche monocristalline est atteinte. La couche 10 finale est formée de l'empilement de la couche germe 102 et de la couche épitaniale 103. Eventuellement, la composition de la couche épitaniale 103 peut varier sur son épaisseur, soit de manière graduelle, soit de manière discontinue.

Comme on le voit sur la figure 3E, on obtient, à l'issue du procédé qui vient d'être décrit, un substrat pour un dispositif à ondes acoustiques de surface ou un dispositif à ondes acoustiques de volume, qui comprend un substrat receveur 110 et une couche monocristalline 10 sur ledit substrat receveur 110.

La couche 10 comprend :

- une première portion 102 située à l'interface avec le substrat receveur 110, correspondant à la couche germe,
- une seconde portion 103 s'étendant à partir de la première portion 102, correspondant à la couche épitaniale, en un matériau de composition $A'B'O_3$, ledit matériau pouvant être au moins ternaire.

Ce substrat est avantageusement utilisé pour fabriquer un dispositif à ondes acoustiques de surface tel qu'illustré à la figure 1 ou un dispositif à ondes acoustiques de volume tel qu'illustré à la figure 2, ou encore d'autres dispositifs pour la microélectronique, la photonique ou l'optique intégrée.

La couche germe présente typiquement une épaisseur inférieure à 2 μm , de préférence inférieure à 1 μm .

L'épaisseur de la couche épitaniale dépend des spécifications du dispositif destiné à incorporer la couche monocristalline. A cet égard, l'épaisseur de la couche épitaniale n'est pas limitée ni en termes de valeur minimale ni de valeur maximale. A titre purement indicatif, le tableau ci-dessous donne des combinaisons d'épaisseur de la couche germe et de la couche épitaniale :

Couche germe	0,5 μm	0,05 μm	0,1 μm	0,03 μm
Couche épitaniale	2,5 μm	0,95 μm	5 μm	0,15 μm

Les figures 4A à 4E illustrent les principales étapes du procédé selon le second mode de réalisation, dans lequel l'épitanie est mise en œuvre avant le transfert.

En référence à la figure 4A, on fournit un substrat donneur 100 comprenant un matériau piézoélectrique de composition $A'B'O_3$. Ledit substrat donneur peut être massif

(comme illustré sur la figure 4A) ou composite ; dans ce dernier cas, il comprend une couche superficielle de composition $A'B'O_3$. Tel est le cas notamment lorsque ledit matériau est au moins ternaire, dans la mesure où il n'existe pas de lingots constitués d'un tel matériau. On fait alors croître, par épitaxie sur ledit matériau $A'B'O_3$, une couche
5 monocristalline 103 de composition $A''B''O_3$ le matériau de composition $A'B'O_3$ servant de germe à l'épitaxie. Le matériau de la couche épitaxiale 103 peut être identique ou différent du matériau du substrat donneur 100.

On forme ensuite une zone de fragilisation dans le substrat donneur 100 ou dans la couche épitaxiale 103 de composition $A''B''O_3$ de sorte à délimiter une couche à
10 transférer. La zone de fragilisation peut être formée par implantation d'espèces ioniques (schématisée par les flèches sur la figure 4B).

Dans l'exemple illustré sur la figure 4B, la zone de fragilisation 101 est formée dans le substrat donneur 100, sous la couche épitaxiale 103. La couche à transférer est dans ce cas constituée de la couche épitaxiale 103 dans son intégralité et d'une portion 100' du
15 substrat donneur 100.

Selon un autre mode de réalisation (non illustré), la zone de fragilisation est formée dans la couche 103. La couche à transférer est dans ce cas constituée de la portion s'étendant entre la surface libre de la couche 103 et la zone de fragilisation 101.

En référence à la figure 4C, on colle le substrat donneur sur le substrat receveur
20 110, la couche épitaxiale 103 de composition $A''B''O_3$ étant à l'interface de collage.

En référence à la figure 4D, on effectue un détachement du substrat donneur 100 le long de la zone de fragilisation 101 de sorte à récupérer le reliquat du substrat donneur et transférer la couche constituée de l'empilement 103, 100' sur le substrat receveur 110.

En référence à la figure 4E, on retire au moins une partie superficielle de la couche
25 transférée. Ce retrait vise à éliminer au moins la portion 100' et éventuellement une partie de la couche 103, de sorte à exposer le matériau de composition $A''B''O_3$.

La couche 103 ainsi obtenue peut alors être utilisée pour la fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface ou à ondes acoustiques de volume.

Selon une variante de ce second mode de réalisation, on réalise une étape
30 supplémentaire, illustrée sur la figure 4F, consistant en une reprise d'épitaxie mise en œuvre sur la couche 103 de composition $A''B''O_3$, de sorte à former une couche monocristalline supplémentaire 104 de composition $A'''B'''O_3$. Le matériau de ladite couche supplémentaire 104 peut être identique à celui de la couche 103, auquel cas cette dernière étape d'épitaxie résulte en un épaissement de la couche 103 (la couche 104
35 n'étant schématisée de manière distincte de la couche 103 que pour permettre de la visualiser, mais ne se distinguant pas dans la couche finale, si ce n'est éventuellement par sa qualité). De manière alternative, la couche supplémentaire 104 est en un matériau différent de celui de la couche 103.

L'épaisseur de la couche 103 et, le cas échéant, de la couche 104, est choisie en fonction des spécifications du dispositif radiofréquence destiné à incorporer ladite couche. L'épaisseur de la couche 103 est typiquement comprise entre 0,05 et 2 μm . L'épaisseur de la couche 104 est typiquement comprise entre 0,5 et 20 μm .

5 Quel que soit le mode de réalisation, de manière alternative (non illustrée) au procédé Smart Cut™, le transfert peut être réalisé, après le collage du substrat donneur et du substrat receveur, par enlèvement de matière, par exemple par polissage mécanique et/ou gravure chimique du substrat donneur jusqu'à exposer la couche germe. Cette variante est moins avantageuse dans la mesure où elle implique une consommation
10 du substrat donneur, alors que le procédé Smart Cut™ permet un recyclage éventuel du substrat donneur. En revanche, cette variante ne nécessite pas d'implantation au sein du substrat donneur.

Comme on le voit sur les figures 4E et 4F, on obtient, à l'issue du procédé selon le deuxième mode de réalisation, un substrat pour un dispositif à ondes acoustiques de
15 surface ou un dispositif à ondes acoustiques de volume, qui comprend un substrat receveur 110 et une couche monocristalline 103 de composition $A''B''O_3$ sur ledit substrat receveur 110 et, le cas échéant, une couche 104 de composition $A'''B'''O_3$ sur la couche 103.

Ce substrat est avantageusement utilisé pour fabriquer un dispositif à ondes
20 acoustiques de surface tel qu'illustré à la figure 1 ou un dispositif à ondes acoustiques de volume tel qu'illustré à la figure 2, la couche 103 ou, le cas échéant, l'ensemble des couches 103 et 104, correspondant à la couche 10 des figures 1 et 2, ou encore tout autre dispositif microélectronique, photonique ou optique comprenant une couche.

Dans certains cas, le substrat receveur sur lequel a eu lieu la croissance épitaxiale
25 peut ne pas être optimal pour l'application finale. En effet, le substrat receveur devant subir les conditions opératoires de l'épitaxie, le choix de matériaux adaptés est limité. Notamment, le substrat receveur ne peut contenir de couches ou d'éléments susceptibles d'être endommagés par la température d'épitaxie. Il peut alors être avantageux de transférer la couche 10 sur un substrat final 111 dont les propriétés sont choisies en
30 fonction de l'application visée, en la collant sur ledit substrat 111 par l'intermédiaire de la surface de la couche épitaxiale 103 (cf. figure 5A) (ou 104 le cas échéant), et en retirant le substrat receveur (cf. figure 5B). Ce transfert peut être réalisé par toute technique de transfert mentionnée plus haut. Un autre avantage de ce transfert sur un substrat final est que la couche germe 102, qui était enterrée dans la structure issue de l'épitaxie, est alors
35 exposée et peut éventuellement être retirée (cf. figure 5C), notamment dans le cas où elle présenterait des défauts. Seule la couche épitaxiale 103 (et, le cas échéant, la couche 104) (ou une partie de ladite couche) présentant les caractéristiques souhaitées reste alors sur le substrat final 111.

Dans le cas où l'on souhaite fabriquer un dispositif à ondes acoustiques de surface, on dépose, sur la surface de la couche 10 opposée au substrat receveur 110 ou, le cas échéant, au substrat final (qu'il s'agisse du substrat receveur 110 ou du substrat final 111, ledit substrat forme le substrat support noté 11 sur la figure 1), des électrodes métalliques
5 12, 13 sous la forme de deux peignes interdigités.

Dans le cas où l'on souhaite fabriquer un dispositif à ondes acoustiques de volume, une adaptation du procédé décrit ci-dessus doit être effectuée. D'une part, on dépose, avant l'étape de collage illustrée sur la figure 3B, une première électrode sur la surface libre de la couche 102 à transférer du substrat donneur, cette première électrode
10 (référéncée 13 sur la figure 2) se trouvant enterrée dans l'empilement final. Après l'étape de croissance épitaxiale illustrée sur la figure 3E, on dépose une seconde électrode (référéncée 12 sur la figure 2) sur la surface libre de la couche 10, opposée à la première électrode. Une autre option est de transférer la couche sur un substrat final comme mentionné plus haut et de former les électrodes avant et après ledit transfert. D'autre part,
15 pour éviter la propagation des ondes acoustiques dans le substrat receveur 110, on peut intégrer à celui-ci un moyen d'isolation pouvant être, par exemple, un miroir de Bragg (comme illustré sur la figure 2) ou une cavité préalablement gravée dans le substrat 110 ou dans le substrat final 111 le cas échéant.

Quel que soit le mode de réalisation retenu, le procédé selon l'invention permet de
20 former une couche monocristalline non seulement binaire mais aussi ternaire ou quaternaire et offre ainsi un plus grand choix de propriétés pour ladite couche que les matériaux traditionnellement employés pour les dispositifs à ondes acoustiques de surface ou à ondes acoustiques de volume. On favorise ainsi l'obtention d'un compromis satisfaisant entre coefficient de couplage et rendement électromécanique du matériau
25 piézoélectrique.

Un autre domaine d'applications particulièrement visé par le développement de telles solutions de matériaux piézoélectriques est celui des micro-capteurs et des micro-actuateurs. Pour les micro-capteurs, il s'agira en général de mesurer une déformation engendrée par une sollicitation extérieure. Pour les micro-actuateurs, au contraire on
30 cherchera à engendrer la déformation d'un élément ou le déplacement d'une partie mobile grâce à l'application d'un champ électrique, continu ou variable. L'utilisation du matériau piézoélectrique permet de relier déformation mécanique et signal électrique. En acoustique par exemple, la sollicitation extérieure est une onde de pression qui vient déformer une membrane. Elle peut être dans le spectre audible, et les objets typiquement
35 visés sont les microphones (en mode capteur) et les haut-parleurs (en mode actuateur). Elle peut aller au-delà en fréquence, par exemple pour la réalisation de micro-transducteurs ultrasons piézo (en terminologie anglo-saxonne PMUT pour Piezo Micromachined Ultrasonic Transducers). Il peut également s'agir de capteurs de pression

statique ou encore de capteurs inertiels (capteurs d'accélération, gyroscopes, etc...) pour lesquels le déplacement d'une masse mobile mise en mouvement par une accélération subie est mesurée grâce au matériau piézoélectrique. Le matériau piézoélectrique compose l'intégralité de l'élément déformé (membrane, poutre, cantilever, etc..) ou
5 avantageusement une partie seulement de celui-ci en l'empilant avec d'autres matériaux comme le silicium par exemple, pour mieux assurer les propriétés mécaniques de la partie déformable. Dans la catégorie actuateurs, les matériaux piézoélectriques peuvent commander un déplacement très précis et servent par exemple à expulser l'encre de cartouches d'impression, ou de systèmes micro-fluidiques ou encore à ajuster une
10 distance focale d'un microsystème optique.

REFERENCES

- [1] W. Steichen et S. Ballandras, « Composants acoustiques utilisés pour le filtrage – Revue des différentes technologies », Techniques de l'Ingénieur, E2000, 2008
- 15 [2] Thèse de doctorat (Dipl. Phys. ETH Zurich), « $K_{1-y}Na_yTa_{1-x}NbO_3$ thin film Electro-optics » (Diss. ETH No. 17275)
- [3] L. S. Hung, J. A. Agostinelli, J. M. Mir, and L. R. Zheng, " Epitaxial nonlinear optical films of LiTaO₃ grown on GaAs in waveguide form », Appl. Phys. Lett. 62 (24), 14 June 1993, p 3071
- 20 [4] E. Dogheche_ and D. Remiens, S. Shikata, A. Hachigo, and H. Nakahata , "High-frequency surface acoustic wave devices based on LiNbO₃ /diamond multilayered structure", APPLIED PHYSICS LETTERS 87, 213503, 2005
- [5] A. Bartasyte, V. Plausinaitiene, A. Abrutis, T. Murauskas, P. Boulet, S. Margueron, J. Gleize, S. Robert, V.Kubilius, and Z. Saltyte, "Residual stresses and clamped thermal expansion in LiNbO₃ and LiTaO₃ thin films", APPLIED PHYSICS LETTERS 101, 122902 (2012)
- 25 [6] Letters to Nature, Nature 432, 84-87 (4 November 2004) doi:10.1038/nature03028; « Lead-free piezoceramics », Yasuyoshi Saito, Hisaaki Takao, Toshihiko Tani, Tatsuhiko Nonoyama, Kazumasa Takatori, Takahiko Homma, Toshiatsu
30 Nagaya & Masaya Nakamura

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une couche monocristalline (10), caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :
- 5 - la fourniture d'un substrat donneur (100) comprenant un matériau piézoélectrique de composition ABO_3 , où
- A est constitué d'au moins un élément parmi : Li, Na, K, H ;
- B est constitué d'au moins un élément parmi : Nb, Ta, Sb, V ;
- la fourniture d'un substrat receveur (110),
- 10 - le transfert d'une couche (102) dite « couche germe » du substrat donneur (100) sur le substrat receveur (110) par collage du substrat donneur sur le substrat receveur de telle sorte que la couche germe (102) se trouve à l'interface de collage puis amincissement du substrat donneur (100) jusqu'à ladite couche germe (102) ;
- la croissance, par épitaxie sur le matériau piézoélectrique ABO_3 de la couche
- 15 germe (102), d'une couche monocristalline (103) de composition $A'B'O_3$, où :
- A' est constitué d'au moins un des éléments suivants : Li, Na, K, H ;
- B' est constitué d'au moins un des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V ;
- A' est différent de A ou B' est différent de B.
- 20 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que A' comprend au moins un élément en commun avec A, et/ou B' comprend au moins un élément en commun avec B.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que A' est identique à A
- 25 lorsque B' est différent de B, et en ce que B' est identique à B lorsque A' est différent de A.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel A est constitué d'un unique élément et B est constitué d'un unique élément.
- 30 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le transfert de la couche germe (102) comprend les étapes suivantes :
- la formation d'une zone de fragilisation (101) dans le substrat donneur (100) de sorte à délimiter une couche, dite couche germe, comprenant ledit matériau
- 35 piézoélectrique de composition ABO_3 ,
- le collage du substrat donneur (100) sur le substrat receveur (110), la couche germe (102) étant à l'interface de collage,

- le détachement du substrat donneur (100) le long de la zone de fragilisation (101) de sorte à transférer la couche germe (102) sur le substrat receveur (110).

5 6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel, avant l'étape d'épitaxie, on retire une partie de l'épaisseur de la couche germe (102) transférée sur le substrat receveur (110).

10 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'épaisseur de la couche germe (102) est inférieure à 2 μm , de préférence inférieure à 1 μm .

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat receveur est en matériau semi-conducteur, et comprend une couche intermédiaire de piégeage de charges située entre la couche germe et le substrat receveur.

15 9. Procédé de fabrication d'une couche monocristalline, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- la fourniture d'un substrat donneur (100) comprenant un matériau piézoélectrique de composition $A'B'O_3$, où

20 A' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

B' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V ;

- la croissance, par épitaxie sur ledit matériau piézoélectrique $A'B'O_3$, d'une couche monocristalline (103) de composition $A''B''O_3$, où

25 A'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

B'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V ;

- la fourniture d'un substrat receveur (110),

- le transfert d'au moins une partie de la couche épitaxiale (103) de composition $A''B''O_3$ sur le substrat receveur (110) par collage du substrat donneur (100) sur le substrat receveur (110) par l'intermédiaire de ladite couche épitaxiale (103) puis amincissement du substrat donneur (100) jusqu'à ladite couche épitaxiale (103) de composition $A''B''O_3$.

30

10. Procédé selon la revendication 9, comprenant, après le transfert de la couche (103) de composition $A''B''O_3$ sur le substrat receveur, la croissance, par épitaxie sur ledit matériau de composition $A''B''O_3$, d'une couche monocristalline (104) de composition $A'''B'''O_3$, où

35

A''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

B''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V.

11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel A''' est différent de A'' ou B''' est différent de B''.

5 12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, dans lequel le transfert de ladite au moins une partie de la couche épitaxiale (103) de composition A''B''O₃ sur le substrat receveur (110) comprend les étapes suivantes :

10 - la formation d'une zone de fragilisation (101) dans le substrat donneur (100) ou dans la couche épitaxiale (103) de composition A''B''O₃ de sorte à délimiter une couche à transférer,

- le collage du substrat donneur (100) sur le substrat receveur (110), la couche épitaxiale (103) de composition A''B''O₃ étant à l'interface de collage ;

- le détachement du substrat donneur (100) ou de la couche épitaxiale (103) le long de la zone de fragilisation (101).

15

13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel la zone de fragilisation (101) est formée dans le substrat donneur (100) et, après l'étape de transfert, on amincit la couche transférée (100', 103) de sorte à exposer le matériau de composition A''B''O₃.

20 14. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, dans lequel A'' est différent de A' ou B'' est différent de B'.

25 15. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que A'' comprend au moins un élément en commun avec A', et/ou B'' comprend au moins un élément en commun avec B'.

30 16. Procédé selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisé en ce que A'' est identique à A' lorsque B'' est différent de B', et en ce que B'' est identique à B' lorsque A'' est différent de A'.

30

17. Procédé selon l'une des revendications 9 à 16, dans lequel A' est constitué d'un unique élément et B' est constitué d'un unique élément.

35 18. Procédé selon l'une des revendications 5 ou 12, dans lequel la zone de fragilisation (101) est formée par implantation ionique dans le substrat donneur (100).

19. Procédé selon l'une des revendications 1 à 18, dans lequel, à l'issue de l'étape d'épithaxie, l'épaisseur de la couche monocristalline (103) de composition $A''B''O_3$ est comprise entre 0,2 et 20 μm .

5 20. Procédé selon l'une des revendications 1 à 19, dans lequel on forme au moins une couche électriquement isolante et/ou au moins une couche électriquement conductrice à l'interface entre le substrat receveur et le substrat donneur.

10 21. Procédé selon l'une des revendications 1 à 20, comprenant le transfert d'au moins une partie de la couche monocristalline (103, 104) du substrat receveur vers un substrat final (111).

15 22. Substrat pour un dispositif microélectronique, photonique ou optique, caractérisé en ce qu'il comprend un substrat support (110) et une couche monocristalline (103) de composition $A''B''O_3$ sur ledit substrat support, où

A'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H ;

B'' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V ;

l'un au moins de A'' et B'' est constitué d'au moins deux éléments,

et une couche (102) de composition $A'B'O_3$, où

20 A' est constitué d'au moins un élément parmi : Li, Na, K, H, et

B' est constitué d'au moins un élément parmi : Nb, Ta, Sb, V,

entre le substrat support (110) et la couche (103) de composition $A''B''O_3$.

23. Substrat selon la revendication 22, comprenant en outre, sur la couche (103) de composition $A''B''O_3$, une couche monocristalline (104) de composition $A'''B'''O_3$, où

A''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Li, Na, K, H;

B''' est constitué d'un ou plusieurs des éléments suivants : Nb, Ta, Sb, V

24. Procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface, 30 comprenant le dépôt d'électrodes (12, 13) sur la surface d'une couche piézoélectrique monocristalline (10), caractérisé en ce qu'il comprend la fabrication de ladite couche piézoélectrique par un procédé selon l'une des revendications 1 à 21.

25. Dispositif à ondes acoustiques de surface, caractérisé en ce qu'il comprend 35 une couche piézoélectrique monocristalline (10) susceptible d'être obtenue par un procédé selon l'une des revendications 1 à 21, et deux électrodes (12, 13) se présentant sur la surface de ladite couche piézoélectrique monocristalline.

26. Procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de volume, comprenant le dépôt d'électrodes (12, 13) sur deux faces opposées d'une couche piézoélectrique monocristalline (10), caractérisé en ce qu'il comprend la fabrication de ladite couche piézoélectrique par un procédé selon l'une des revendications 1 à 21.

5

27. Dispositif à ondes acoustiques de volume, caractérisé en ce qu'il comprend une couche piézoélectrique monocristalline (10) susceptible d'être obtenue par un procédé selon l'une des revendications 1 à 21, et deux électrodes (12, 13) agencées sur deux faces opposées de ladite couche piézoélectrique monocristalline.

10

28. Micro-capteur adapté pour mesurer une déformation engendrée par une sollicitation extérieure, caractérisé en ce qu'il comprend une couche piézoélectrique monocristalline (10) susceptible d'être obtenue par un procédé selon une des revendications 1 à 21,.

15

29. Micro-actuateur adapté pour engendrer une déformation d'un élément ou un déplacement d'une partie mobile grâce à l'application d'un champ électrique continu ou variable, caractérisé en ce qu'il comprend une couche piézoélectrique monocristalline (10) susceptible d'être obtenue par un procédé selon une des revendications 1 à 21.

20

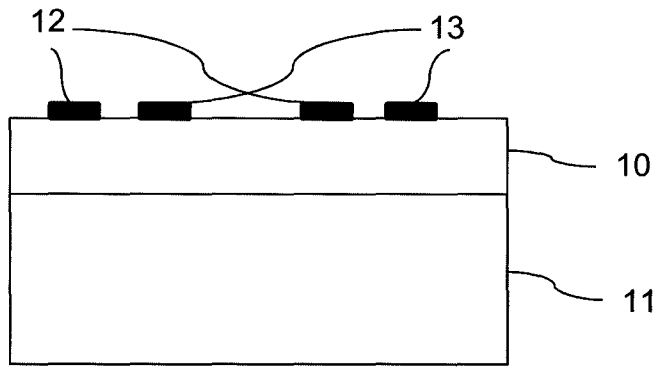


FIGURE 1

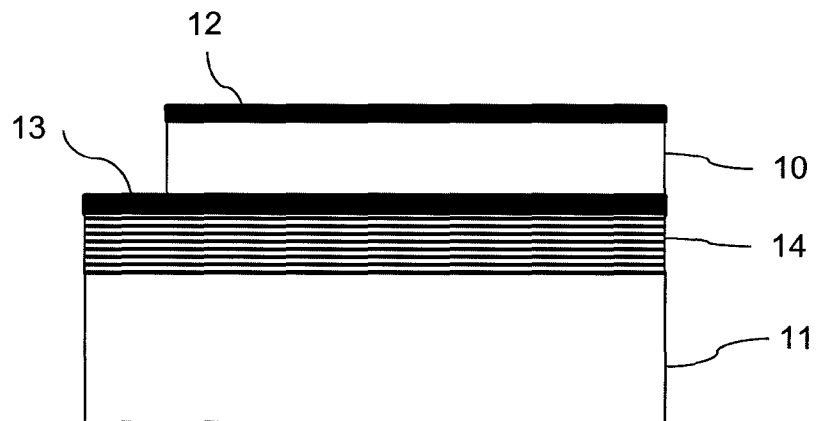


FIGURE 2

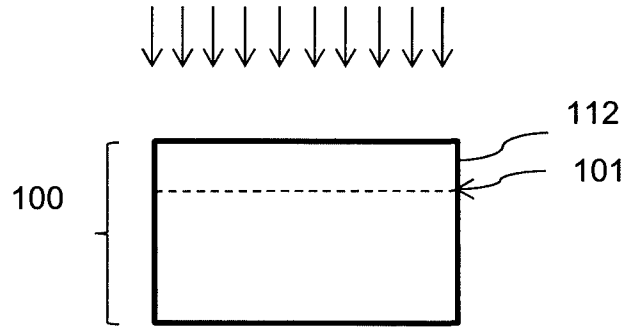


FIGURE 3A

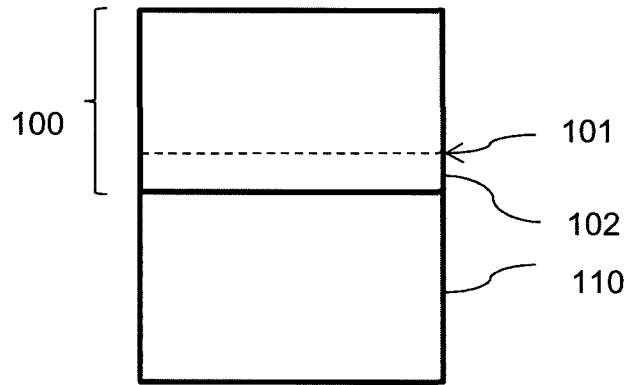


FIGURE 3B

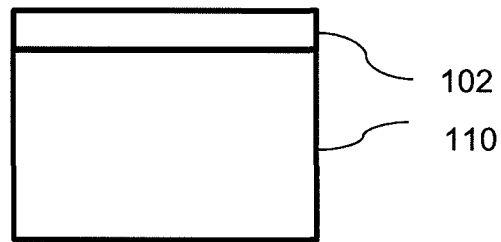


FIGURE 3C

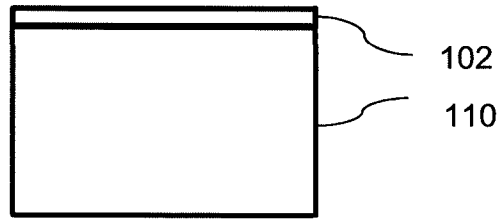


FIGURE 3D

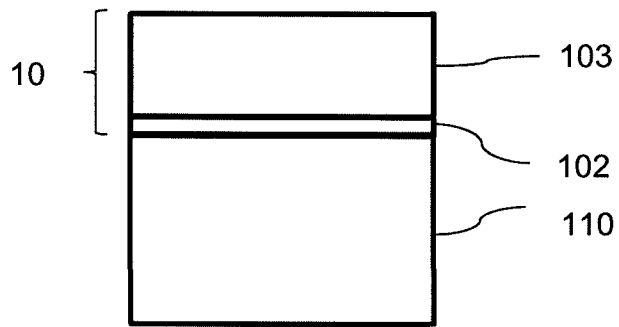


FIGURE 3E

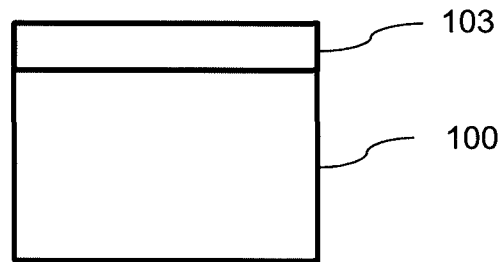


FIGURE 4A

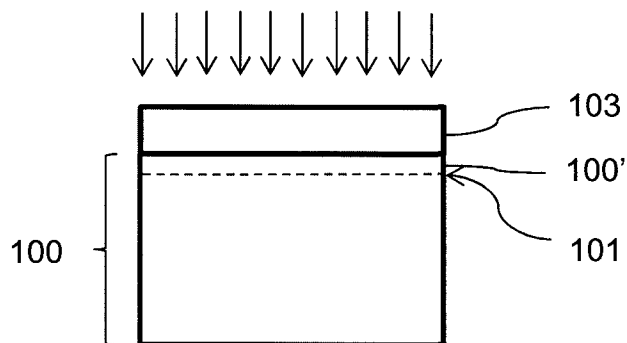


FIGURE 4B

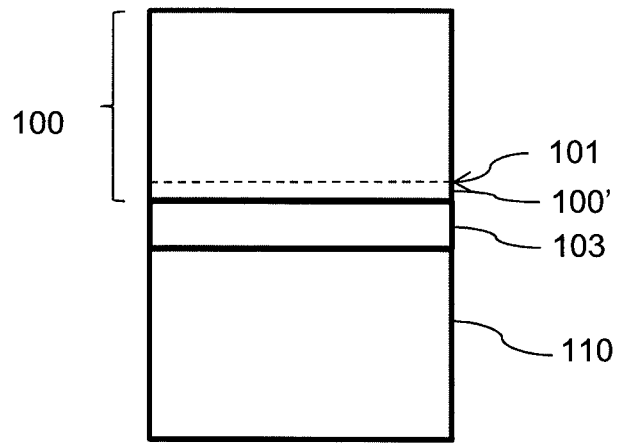


FIGURE 4C

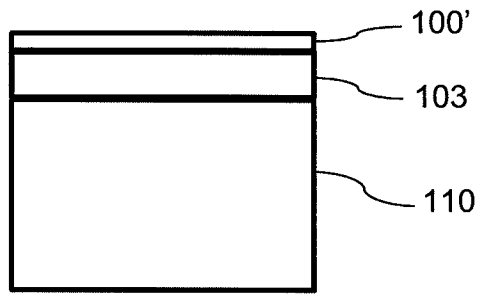


FIGURE 4D

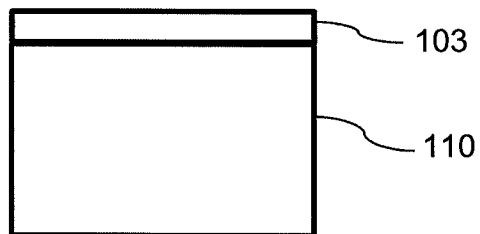


FIGURE 4E

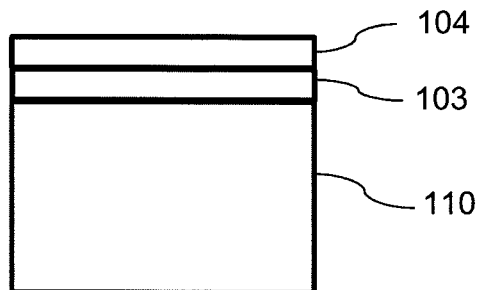


FIGURE 4F

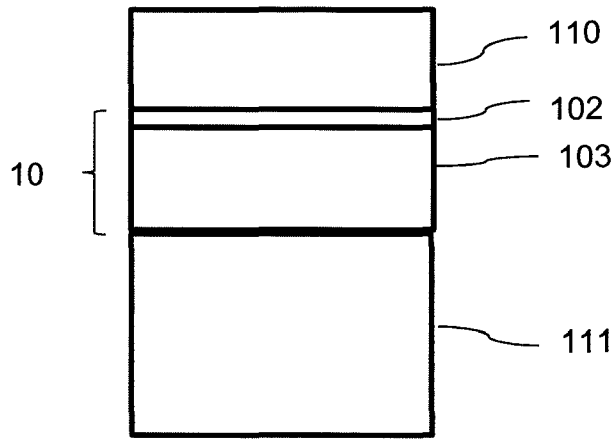


FIGURE 5A

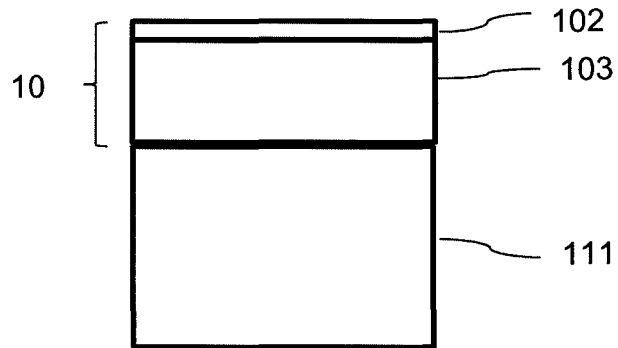


FIGURE 5B

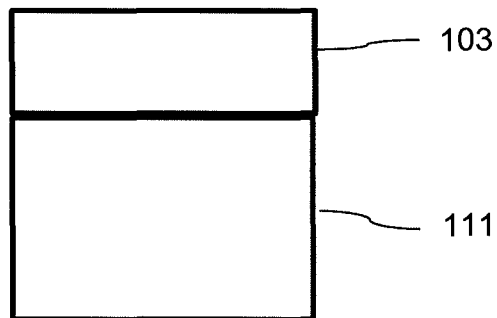


FIGURE 5C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/082245

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. C30B25/18 C30B29/22 H01L21/762 H01L41/312
ADD.
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)
C30B 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, IBM-TDB, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 593 212 B1 (KUB FRANCIS J [US] ET AL) 15 July 2003 (2003-07-15) column 4, line 66 - column 10, line 58; figures 1,11 -----	1-23
X	US 6 540 827 B1 (LEVY MIGUEL [US] ET AL) 1 April 2003 (2003-04-01) column 6, line 9 - column 12, line 41; figures 2-14 -----	9-23
Y		24
X	US 2010/141086 A1 (SUZUKI KENJI [JP] ET AL) 10 June 2010 (2010-06-10) claims 1-6; figures 1-3 -----	25
Y		24
A	US 2003/199105 A1 (KUB FRANCIS J [US] ET AL) 23 October 2003 (2003-10-23) paragraph [0026] - paragraph [0027]; claims 1-2; figures 1-2 -----	1-23

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 16 March 2017	Date of mailing of the international search report 19/05/2017
-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Lavéant, Pierre
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2016/082245

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

- 1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

- 2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

- 3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see supplemental sheet

- 1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
- 2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
- 3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
- 4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

22-25(fully); 1-21(partly)

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

This International Searching Authority found multiple inventions or groups of inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 22-25 (in full); I-21 (in part)

method for the production of a single-crystal film, comprising the use of a donor substrate and a receiver substrate, the transfer of an ABO₃ layer and the epitaxial growth of A'B'O₃, the resulting substrate, method for the production of a surface acoustic wave device, and surface acoustic wave device

2. Claims: 26, 27 (in full); I-21 (in part)

method for the production of a single-crystal film, comprising the use of a donor substrate and a receiver substrate, the transfer of an ABO₃ layer and the epitaxial growth of A'B'O₃, method for the production of a bulk acoustic wave device, and bulk acoustic wave device

3. Claims: 28 (in full); I-21 (in part)

method for the production of a single-crystal film, comprising the use of a donor substrate and a receiver substrate, the transfer of an ABO₃ layer and the epitaxial growth of A'B'O₃, the resulting substrate and a micro-sensor

4. Claims: 29 (in full); I-21 (in part)

method for the production of a single-crystal film, comprising the use of a donor substrate and a receiver substrate, the transfer of an ABO₃ layer and the epitaxial growth of A'B'O₃, and a micro-actuator

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/082245

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6593212	B1	15-07-2003	NONE

US 6540827	B1	01-04-2003	AU 8058301 A 30-01-2002
			US 6540827 B1 01-04-2003
			WO 0206568 A2 24-01-2002

US 2010141086	A1	10-06-2010	NONE

US 2003199105	A1	23-10-2003	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2016/082245

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. C30B25/18 C30B29/22 H01L21/762 H01L41/312 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) C30B 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, IBM-TDB, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 6 593 212 B1 (KUB FRANCIS J [US] ET AL) 15 juillet 2003 (2003-07-15) colonne 4, ligne 66 - colonne 10, ligne 58; figures 1,11 -----	1-23
X	US 6 540 827 B1 (LEVY MIGUEL [US] ET AL) 1 avril 2003 (2003-04-01)	9-23
Y	colonne 6, ligne 9 - colonne 12, ligne 41; figures 2-14 -----	24
X	US 2010/141086 A1 (SUZUKI KENJI [JP] ET AL) 10 juin 2010 (2010-06-10)	25
Y	revendications 1-6; figures 1-3 -----	24
A	US 2003/199105 A1 (KUB FRANCIS J [US] ET AL) 23 octobre 2003 (2003-10-23) alinéa [0026] - alinéa [0027]; revendications 1-2; figures 1-2 -----	1-23
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> 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 16 mars 2017	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 19/05/2017	
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 Lavéant, Pierre	

Cadre n° II Observations - lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)

Le rapport de recherche internationale n'a pas été établi en ce qui concerne certaines revendications conformément à l'article 17.2)a) pour les raisons suivantes :

1. Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration chargée de la recherche internationale n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir :

2. Les revendications n^{os} parce qu'elles se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier :

3. Les revendications n^{os} parce qu'elles sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre n° III Observations - lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. Comme toutes les taxes additionnelles exigées ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.

2. Comme toutes les revendications qui se prêtent à la recherche ont pu faire l'objet de cette recherche sans effort particulier justifiant des taxes additionnelles, l'administration chargée de la recherche internationale n'a sollicité le paiement d'aucunes taxes de cette nature.

3. Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}:

4. Aucune taxes additionnelles demandées n'ont été payées dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os}:
22-25(complètement); 1-21(en partie)

- Remarque quant à la réserve**
- Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant et, le cas échéant, du paiement de la taxe de réserve.
 - Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant mais la taxe de réserve n'a pas été payée dans le délai prescrit dans l'invitation.
 - Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDIQUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 22-25(complètement); 1-21(en partie)

procédé de fabrication d'une couche monocristalline comprenant l'utilisation d'un substrat donneur, un substrat receveur et le transfert d'une couche AB03 et la croissance par épitaxie d'A'B'03, substrat ainsi créé, procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface et dispositif à ondes acoustiques de surface

2. revendications: 26, 27(complètement); 1-21(en partie)

procédé de fabrication d'une couche monocristalline comprenant l'utilisation d'un substrat donneur, un substrat receveur et le transfert d'une couche AB03 et la croissance par épitaxie d'A'B'03, procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de volume et dispositif à ondes acoustiques de volume

3. revendications: 28(complètement); 1-21(en partie)

procédé de fabrication d'une couche monocristalline comprenant l'utilisation d'un substrat donneur, un substrat receveur et le transfert d'une couche AB03 et la croissance par épitaxie d'A'B'03, substrat ainsi créé et micro-capteur

4. revendications: 29(complètement); 1-21(en partie)

procédé de fabrication d'une couche monocristalline comprenant l'utilisation d'un substrat donneur, un substrat receveur et le transfert d'une couche AB03 et la croissance par épitaxie d'A'B'03 et micro-actuateur

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2016/082245

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6593212	B1	15-07-2003	AUCUN
US 6540827	B1	01-04-2003	AU 8058301 A 30-01-2002 US 6540827 B1 01-04-2003 WO 0206568 A2 24-01-2002
US 2010141086	A1	10-06-2010	AUCUN
US 2003199105	A1	23-10-2003	AUCUN