

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

(11) Nº de publication :
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

3 054 930

(21) Nº d'enregistrement national :

16 57494

(51) Int Cl⁸ : H 01 L 41/22 (2017.01), H 01 L 41/00, 27/20

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 02.08.16.

(30) Priorité :

(43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 09.02.18 Bulletin 18/06.

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

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

(71) Demandeur(s) : SOITEC — FR.

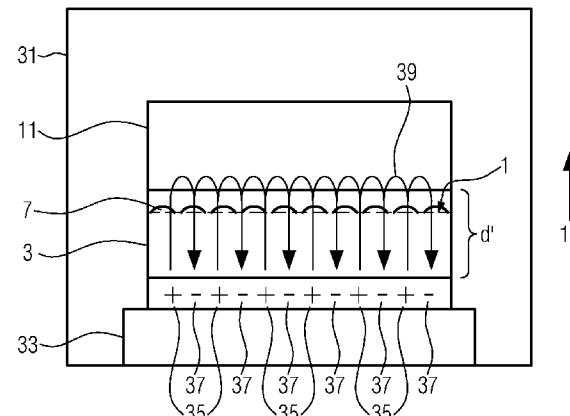
(72) Inventeur(s) : CHARLES-ALFRED CEDRIC.

(73) Titulaire(s) : SOITEC.

(74) Mandataire(s) : WOLFGANG NEUBECK - GRUNCKER.

(54) UTILISATION D'UN CHAMP ELECTRIQUE POUR DETACHER UNE COUCHE PIEZO-ELECTRIQUE A PARTIR D'UN SUBSTRAT DONNEUR.

(57) L'invention concerne un procédé de transfert d'une couche piézo-électrique sur un substrat support. Elle se rapporte également à une chambre de détachement pour effectuer au moins une partie du procédé. Le procédé selon l'invention pour détacher la couche piézo-électrique à partir d'un substrat donneur sur le substrat support comprend les étapes de: a) fournir une, zone de séparation prédéterminée dans un substrat donneur piézo-électrique, b) fixer le substrat donneur piézo-électrique sur un substrat support pour former un composé, et c) détacher la couche piézo-électrique du substrat donneur piézo-électrique comprenant l'application d'un champ électrique. En utilisant le champ électrique, l'étape de détachement peut être effectuée à une température inférieure par rapport à l'art antérieur.



**Utilisation d'un champ électrique pour détacher une couche piézo-électrique à partir
d'un substrat donneur**

5

L'invention concerne un procédé de transfert d'une couche piézo-électrique sur un substrat support. Elle concerne également une chambre de détachement pour effectuer au moins une partie du procédé.

10 Il y a un intérêt croissant pour des structures composites comprenant un substrat support, comme le silicium ou le saphir, avec une couche mince piézo-électrique y étant attachée. Il a été proposé d'utiliser un procédé de type SmartCut (marque déposée), connu des substrats de silicium sur isolant, pour obtenir une telle structure composite.

15 Le processus pourrait faire usage d'un substrat donneur piézoélectrique avec une zone de séparation prédéterminée à l'intérieur du substrat donneur. La zone de séparation prédéterminée peut être obtenue par implantation d'ions dans le substrat donneur. Le substrat donneur est ensuite attaché au substrat support et est soumis à un traitement thermique pour renforcer la liaison entre le substrat donneur et le substrat support et pour 20 détacher le reste du substrat donneur au niveau de la zone de séparation prédéterminée pour transférer ainsi une couche du substrat donneur piézo-électrique sur le substrat support.

Sous l'effet de la température plus élevée pendant le traitement thermique, les défauts créés 25 dans la zone de séparation prédéterminée par les ions implantés grandissent, conduisant à une déformation locale qui, à un budget thermique donné, conduit au détachement et par conséquent au transfert de la couche sur le substrat support.

Dans le cas d'un substrat donneur piézo-électrique, il est cependant difficile de transférer la 30 couche sans rupture. Ceci est dû à la grande différence des coefficients de dilatation thermique entre le substrat donneur piézo-électrique et le substrat support. Ainsi, une tension se développe au cours du traitement thermique à l'interface entre le substrat donneur et le substrat support, qui se relâche brusquement au moment du détachement et conduit à la rupture de la couche transférée.

35

L'objet de la présente invention est donc de fournir un procédé alternatif de transfert de couches, ce qui est particulièrement important pour réduire la rupture de la couche piézo-électrique transférée en raison de la différence des coefficients de dilatation thermique.

- 5 Ce but est atteint avec le procédé de transfert d'une couche piézo-électrique sur un substrat support selon l'invention et qui comprend les étapes de : a) fournir une zone de séparation pré-déterminée dans un substrat donneur piézo-électrique, b) fixer le substrat donneur piézo-électrique sur un substrat support pour former un composé, et c) détacher la couche piézo-électrique du substrat donneur piézo-électrique comprenant l'application d'un champ électrique.
- 10 En appliquant un champ électrique, on utilise les propriétés piézo-électriques du substrat donneur pour affaiblir la zone de séparation pré-déterminée, étant donné que le champ électrique introduira une déformation à l'intérieur du substrat donneur piézo-électrique et affaiblira davantage la zone des défauts dans la zone de séparation pré-déterminée en raison de l'accumulation de contraintes supplémentaires. En conséquence, le budget
- 15 thermique nécessaire pour le détachement complet de la couche piézo-électrique à détacher peut être plus faible.

Selon certains modes de réalisation, le substrat donneur piézo-électrique peut être fait d'un seul matériau piézo-électrique, un substrat piézo-électrique dit massif. Selon d'autres modes de réalisation, le substrat donneur piézo-électrique peut être fait d'une couche de matériau piézo-électrique disposée sur un substrat de manipulation. Dans le second cas, un substrat de manipulation peut être choisi avec un coefficient de dilatation thermique analogue au coefficient de dilatation thermique du substrat support. Une différence de coefficient de dilatation thermique entre le substrat de manipulation et le substrat support qui est inférieure à 10%, par rapport au plus grand des deux coefficients de dilatation thermique permet un budget thermique plus élevé pour les traitements thermiques aidant le procédé décrit ci-dessus par rapport à des différences plus élevées de coefficient de dilatation thermique et / ou par rapport à l'utilisation de substrats piézo-électriques massifs ayant une différence de coefficient de dilatation thermique supérieure par rapport au substrat support.

- 30 Selon un mode de réalisation, le procédé peut comprendre en outre une étape d'implantation d'ions pour former la zone de séparation pré-déterminée et une étape de traitement thermique du substrat donneur piézo-électrique implanté, dans lequel l'étape de traitement thermique peut être effectuée pour une plage de température allant de 0 ° C à 200 ° C, pendant une durée comprise entre 1h et 24h. L'étape de traitement thermique peut ainsi permettre aux défauts présents dans la zone de séparation pré-déterminée de croître.
- 35

Selon une variante préférée, l'étape b) peut comprendre un traitement thermique à une température d'au plus 100 ° C ou d'au plus 50 ° C, ou dans une autre variante peut être effectuée à température ambiante entre 15 ° C et 25 ° C. Dans un procédé de fabrication dans lequel le détachement est réalisé uniquement par un traitement thermique, l'interface de liaison a besoin d'être stabilisée avant l'étape de détachement pour éviter des défauts de liaison indésirables au moment du détachement. Dans l'art antérieur, l'amélioration de l'adhérence est obtenue en chauffant le composé avant le détachement. Comme déjà mentionné ci-dessus, un tel traitement thermique conduit à des problèmes liés à la différence de coefficient de dilatation thermique dans le cas d'un substrat donneur piézo-électrique. En appliquant un champ électrique au cours du détachement, l'énergie de liaison entre le substrat donneur et le substrat support peut être plus faible que l'énergie de liaison nécessaire pour un décollement induit seulement thermiquement. Cela est due au fait que l'impact de la déformation mécanique due à la présence du champ électrique est très limité au substrat donneur piézo-électrique et a un impact plus faible sur l'interface avec le substrat support.

Selon une variante préférée, l'étape b) peut être effectuée à une pression inférieure à 10^{-2} mbar.

- De préférence, l'étape c) peut être effectuée à une température inférieure à 100 ° C, en particulier inférieure à 50 ° C, encore plus particulièrement à température ambiante entre 15 ° C et 25 ° C. Ainsi, le détachement peut être obtenu à une température inférieure par rapport à un processus de détachement non assisté par un champ électrique.
- Selon un mode de réalisation préféré, le champ électrique peut être appliqué à l'aide d'un mandrin comprenant au moins une électrode. En utilisant un tel mandrin, le champ électrique peut être mis à disposition d'une manière simple. Le mandrin peut comprendre des moyens de maintien qui sont indépendants de ces électrodes et qui sont appliqués par exemple par vide ou par des propriétés electrostatiques.
- Avantageusement, la surface du substrat donneur piézo-électrique du composé peut être placée sur le mandrin. Dans cet agencement, le procédé peut être effectué indépendamment des propriétés électriques du substrat support.
- Selon une variante, le mandrin peut comprendre des électrodes interdigitées séparées par un isolant électrique, en particulier une céramique. Dans cette géométrie, il est possible de

créer un champ électrique approprié en utilisant une seule électrode. Cela permet de maintenir la conception de la chambre de traitement simple.

Selon un mode de réalisation, la tension appliquée sur le mandrin peut être de jusqu'à 10 kV,

5 en particulier comprise dans une plage entre 1 kV et 5 kV. Dans cette gamme de tension, un champ électrique suffisamment fort est formé afin de déformer le substrat donneur piézo-électrique de telle sorte que le détachement peut se produire pour un budget thermique plus faible.

10 Selon une variante, le composé substrat donneur - substrat support peut être pris en sandwich entre le mandrin et une seconde électrode, en particulier, être compris dans un second mandrin. Dans une conception utilisant une électrode de chaque côté du composé, la tension appliquée aux première et seconde électrodes peut être inférieure à celle appliquée dans le cas d'une seule électrode.

15 De préférence, dans cette variante de l'invention, la tension appliquée sur le mandrin électrostatique peut être de jusqu'à 5 kV, en particulier comprise dans une plage de 200 V à 1 kV.

20 Selon un mode de réalisation, les lignes de champ électrique peuvent être essentiellement parallèles à la direction de polarisation du substrat donneur piézo-électrique. En alignant le champ électrique à la direction de polarisation du substrat donneur piézo-électrique, l'amplitude de la déformation qui en résulte peut être améliorée et l'étape de détachement facilitée.

25 De préférence, le substrat donneur piézo-électrique peut être un de LiTaO₃ (LTO), AlN, ZnO, Pb [Zr_xTi_{1-x}] O₃ (0≤x≤1) (PZT) et LiNbO₃ (LNO). De préférence, le substrat support peut être un substrat semi-conducteur, en particulier une plaquette de silicium, ou un isolant, en particulier une plaquette de saphir, ou un métal, en particulier une plaquette de Mo.

30 L'objet de l'invention est également atteint avec une chambre de détachement pour la mise en œuvre de l'étape c) comme décrite ci-dessus et qui comprend un ou deux mandrins pour appliquer un champ électrique à une couche piézo-électrique. La chambre de détachement pourrait, selon une variante, également être utilisée pour la mise en œuvre de l'étape b).

35 L'utilisation du mandrin permet la création d'un champ électrique, qui conduit à une déformation dans le substrat piézo-électrique affaiblissant ainsi la zone de séparation prédéterminée. En conséquence, le budget thermique nécessaire pour effectuer le

détachement de la couche piézo-électrique du reste du substrat donneur peut être plus faible par rapport à celui d'un procédé utilisant uniquement l'énergie thermique pour l'étape de détachement. Ainsi, l'impact négatif d'une grande différence de coefficient de dilatation thermique entre le substrat donneur et le substrat support peut être réduit.

5

L'objet de l'invention est également atteint avec un mandrin qui comprend des moyens de maintien pour maintenir le composé, en particulier par vide et / ou par des moyens de maintien électrostatiques et des électrodes pour appliquer un champ électrique pour affaiblir une zone de séparation prédéterminée à l'intérieur du composé. Selon une variante, les moyens de maintien électrostatiques et les électrodes pour appliquer le champ électrique peuvent être indépendants les uns des autres. De cette manière, l'action de maintien et l'action d'affaiblissement tel que décrites ci-dessus en ce qui concerne le procédé peuvent être optimisées l'une par rapport à l'autre.

10 15 La présente invention sera expliquée plus en détail ci-après à l'aide des exemples de réalisation avantageux en liaison avec les figures d'accompagnement, dans lesquelles:

Les figures 1a à 1e illustrent de façon schématique un mode de réalisation du procédé de transfert d'une couche piézo-électrique sur un substrat support,

20 25 La figure 2 illustre schématiquement une installation selon un deuxième mode de réalisation de l'invention,

La figure 3 illustre schématiquement une installation selon un troisième mode de réalisation de l'invention.

30 35 Les figures 1a à 1e illustrent un mode de réalisation du procédé de transfert d'une couche piézo-électrique sur un substrat support.

Dans l'étape de procédé illustrée sur la figure 1a, correspondant à l'étape a) du procédé selon l'invention, une zone de séparation prédéterminée 1 est créée dans un substrat donneur piézo-électrique 3 par implantation d'ions 5.

Le substrat donneur piézo-électrique 3 peut être par exemple LiTaO₃ (LTO), AlN, ZnO, Pb [Zr_xTi_{1-x}] O₃ (0≤x≤1) (PZT) et LiNbO₃ (LNO). Dans ce qui suit, uniquement à titre d'exemple selon l'invention, le substrat donneur piézo-électrique est un substrat piézo-électrique massif LTO. Selon une variante, le substrat donneur peut comprendre un substrat de manipulation avec une couche piézo-électrique sur le dessus de celui-ci.

Pour obtenir la zone de séparation prédéterminée 1 à l'intérieur du substrat donneur piézo-électrique 3, de 5×10^{16} à 2×10^{17} ions / cm² de H⁺ ou He⁺ ou d'un mélange de H⁺ / He⁺ sont implantés avec une énergie d'environ 10 keV à 1 MeV en fonction de la profondeur d'implantation souhaitée de la zone de séparation prédéterminée 1. Dans les conditions d'implantation mentionnées ci-dessus, la profondeur d'est de l'ordre de 60nm à 6 µm.

5 L'étape suivante, illustrée dans la figure 1b, est une première étape de traitement thermique pour laisser les défauts 7 formant la zone de séparation prédéterminée 1 créée par l'implantation ionique, croître. La rugosité de la surface 9 est inférieure à 5 nm RMS. Selon 10 l'invention, cette première étape de traitement thermique est effectuée à des températures comprises entre 0 ° C et 200 ° C pendant une durée d'environ 1 à 24 heures.

15 L'étape b) selon l'invention est illustrée dans la figure 1c. Elle consiste à fixer, en particulier par collage, le substrat donneur piézo-électrique 3 sur un substrat support 11 pour former ainsi un composé 13. Le substrat de support 11 peut être un substrat semi-conducteur, comme une tranche de silicium, ou un isolant, comme le saphir, ou un métal, comme Mo.

20 L'étape de liaison est effectuée à la pression ambiante ou sous vide, typiquement un vide primaire inférieur à 10⁻² mbar, en particulier de l'ordre de 10⁻³ à 10⁻⁴ mbar. Afin de renforcer la liaison entre les deux substrats 3 et 11, la liaison est effectuée à une température allant jusqu'à 100 ° C.

25 La figure 1d illustre l'étape suivante du processus de fabrication. Cette étape correspond à l'étape c) selon l'invention. Un champ électrique est appliqué au composé 13, avec les lignes de champ électrique 15 essentiellement perpendiculaires à la zone de séparation prédéterminée 1. Selon un aspect de l'invention, les lignes de champ électrique 15 sont essentiellement parallèles à l'axe de polarisation 17 (ou axe poling) du substrat donneur piézo-électrique 3 pour optimiser l'effet piézo-électrique. En raison des propriétés piézo-électriques, la présence du champ électrique 15 entraîne une déformation mécanique dans 30 la direction z à l'intérieur du substrat de support piézo-électrique 3. Cette déformation supplémentaire fragilise la zone de séparation prédéterminée 1. Pour obtenir le champ électrique souhaité, des tensions allant jusqu'à 10 kV sont appliquées (voir description plus bas des figures 2 et 3).

35 En fonction de l'intensité du champ électrique, un détachement complet du reste 19 du substrat donneur piézo-électrique à partir du composé modifié 13', comprenant le substrat

support 11 et une couche piézo-électrique transférée 21 peut se produire dans la zone de séparation prédéterminée, comme illustré sur la figure 1e.

Selon une variante, le détachement comme le montre la figure 1e peut également être

- 5 obtenu en chauffant le composé 13 pendant ou après l'application du champ électrique 15. Dans cette deuxième étape de traitement thermique, des températures allant jusqu'à 100 ° C sont utilisées pour le détachement final. Le choix de la température dépend des conditions de la première étape de traitement thermique et de la force du champ électrique 15.

- 10 Avec le procédé selon l'invention, il devient possible de transférer des couches piézo-électriques minces 21 sur un substrat support 11 sans souffrir de l'existence d'une grande différence dans le coefficient de dilatation thermique entre le matériau de la couche piézo-électrique 21 et le substrat support 11.
- 15 Le reste 19 du substrat donneur piézo-électrique peut ensuite être réutilisé en tant que substrat donneur 3 pour redémarrer le procédé tel que décrit dans les figures 1a à 1e.

La figure 2 illustre schématiquement une installation selon un deuxième mode de réalisation

de l'invention. La figure 2 montre une chambre de détachement 31 utilisée pour réaliser au

- 20 moins l'étape c) du procédé selon l'invention, comme cela est illustré sur la figure 1d.

La chambre de détachement comprend un mandrin 33 comprenant des électrodes positives 35 et des électrodes négatives 37 pour être en mesure d'appliquer un champ électrique 39 au composé 13 comprenant le substrat donneur piézo-électrique 3 et le substrat support 11

- 25 comme décrit en détail par rapport au premier mode de réalisation. La description des caractéristiques du premier mode de réalisation ne sera pas reprise à nouveau, mais est incorporé ici à titre de référence. Le mandrin peut comprendre d'autres moyens pour maintenir le composé 13, par exemple des moyens électrostatiques ou par vide. Dans ce mode de réalisation, ceux-ci sont indépendants des électrodes 35 et 37.

- 30 Le composé 13 est positionné sur le mandrin 33 de sorte que le substrat donneur piézo-électrique 3 du composé 13 est placé sur le mandrin 33.

- 35 Les électrodes positives et négatives 35, 37 sont agencées de telle sorte que le champ électrique 39 est essentiellement perpendiculaire à la surface du mandrin 33 au moins dans l'épaisseur d' du substrat donneur piézo-électrique 3. L'axe de polarisation 17 du substrat donneur piézo-électrique étant également perpendiculaire au mandrin 33, l'effet piézo-

électrique peut être optimisé, créant ainsi une contrainte mécanique dans la zone de séparation prédéterminée conduisant en outre à une fragilisation.

Selon une variante, il peut aussi s'agir du substrat support qui est positionné sur le mandrin 33, en particulier dans le cas où le champ électrique est suffisamment fort. Cependant, pour un substrat support isolant 11, il est préférable de positionner le substrat donneur piézo-électrique 3 sur le mandrin 33.

Dans une variante, les électrodes positives 35 et négatives 37 sont des électrodes interdigitées avec un isolant électrique (non représenté), par exemple une mince couche de céramique, positionnée entre les deux.

L'unité de commande de la chambre de séparation 31 est configurée de telle sorte que des tensions électriques allant jusqu'à 10 kV peuvent être appliquées aux électrodes, de préférence, de 1 kV à 5 kV. Dans ce mode de réalisation un seul mandrin electrostatique est nécessaire, ce qui simplifie la conception de la chambre de détachement 31.

La figure 3 illustre schématiquement une installation selon un troisième mode de réalisation de l'invention. La figure 3 montre un deuxième mode de réalisation d'une chambre de détachement 51 utilisée pour réaliser au moins l'étape c) du procédé selon l'invention, comme cela est illustré sur la figure 1d. La description des caractéristiques du premier et du deuxième mode de réalisation ne sera pas reprise à nouveau, mais est incorporée ici à titre de référence.

Dans ce mode de réalisation, deux mandrins 53 et 55 sont utilisés. Le mandrin inférieur 53 comprend une électrode positive 57 ; le mandrin supérieur 55 comprend une électrode négative 59. Selon une variante, la polarisation peut être échangée. Le composé 13 est pris en sandwich entre les deux mandrins 53, 55.

Toujours dans cette configuration, les lignes de champ électrique 61 sont parallèles à la direction de polarisation 17 du substrat donneur piézo-électrique afin d'optimiser l'effet piézo-électrique menant à un affaiblissement optimisé dans la zone de séparation prédéterminée 1.

Dans cette configuration d'électrodes, des tensions allant jusqu'à 5 kV, en particulier de 200 V à 1 kV, peuvent être appliquées aux électrodes 53, 55 pour obtenir l'effet désiré dans la

zone de séparation prédéterminée 1 sans observer un décollement à l'interface entre le substrat donneur piézo-électrique 3 et le substrat support 11.

La chambre de détachement 31, 51 du deuxième et du troisième mode de réalisation peut, selon d'autres variantes, être utilisée pour l'étape b) du procédé selon l'invention, par conséquent, pour réaliser l'étape de fixation, comme illustré dans la figure 1c. En outre, elle peut, selon des variantes supplémentaires, comprendre des moyens de chauffage et / ou une pompe à vide pour pouvoir effectuer les traitements thermiques et / ou effectuer les étapes du procédé sous vide.

10

Les caractéristiques de l'un quelconque des trois premiers modes de réalisation peuvent être combinées individuellement ou en groupe avec un quelconque des autres modes de réalisation pour former d'autres variantes du procédé et / ou de la chambre de séparation selon l'invention.

Revendications

1. Procédé de transfert d'une couche piézo-électrique sur un substrat support comprenant les étapes de :
 - 5 a) fournir une zone de séparation prédéterminée (1) dans un substrat donneur piézo-électrique (3),
 - b) fixer le substrat piézo-électrique donneur (3) sur un substrat support (11) pour former un composé (13), et
 - c) détacher la couche piézo-électrique (21) à partir du substrat donneur piézo-électrique (3) comprenant l'application d'un champ électrique (15).
- 10 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le substrat donneur piézo-électrique est fait d'un substrat piézo-électrique massif.
- 15 3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le substrat donneur piézo-électrique est fait d'une couche de matériau piézo-électrique disposée sur un substrat de manipulation.
- 20 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'étape b) comprend un traitement thermique à une température d'au plus 100°C, en particulier d'au plus 50°C, ou bien est réalisée à température ambiante, entre 15°C à 25°C.
- 25 5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'étape b) est effectuée à une pression inférieure à 10^{-2} mbar.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape c) est effectuée à une température inférieure à 100°C, en particulier inférieure à 50°C, encore plus particulièrement à température ambiante entre 15°C et 25°C.
- 30 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel le champ électrique (15) est appliqué au moyen d'un mandrin comprenant au moins une électrode.
8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel la surface du substrat donneur piézo-électrique du composé est placée sur le mandrin.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel le mandrin comprend des électrodes interdigitées séparées par un isolant électrique, en particulier une céramique.
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel la tension appliquée sur le mandrin
5 est de jusqu'à 10 kV, en particulier comprise dans une plage entre 1 kV et 5 kV.
11. Procédé selon la revendication 7 ou 8, dans lequel le composé est pris en sandwich entre le mandrin et une seconde électrode, en particulier étant comprise dans un deuxième mandrin.
- 10 12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel la tension appliquée au mandrin électrostatique est de jusqu'à 5 kV, en particulier comprise dans une plage entre 200 V et 1 kV.
- 15 13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel les lignes de champ électrique (15) sont essentiellement parallèles à la direction de polarisation (17) du substrat donneur piézo-électrique (3).
- 20 14. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel le substrat donneur piézo-électrique est un de LiTaO₃ (LTO), AlN, ZnO, Pb[Zr_xTi_{1-x}]O₃ (0≤x≤1) (PZT) et LiNbO₃ (LNO).
- 25 15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel le substrat support (11) est un substrat semi-conducteur, en particulier une plaquette de silicium, ou un isolant, en particulier une plaquette de saphir, ou un métal, en particulier une plaquette de Mo.
- 30 16. Une chambre de détachement pour la mise en œuvre de l'étape c) du procédé selon la revendication 1, comprenant un ou deux mandrins comprenant une première et / ou une deuxième électrodes pour appliquer un champ électrique à une couche piézo-électrique.
- 35 17. Une chambre de détachement selon la revendication 16, dans laquelle au moins l'un des mandrins comprend des moyens de maintien, en particulier des moyens de maintien par vide et / ou électrostatiques.

18. Une chambre de détachement selon la revendication 17, dans laquelle la première et / ou la seconde électrodes sont indépendantes des moyens de maintien électrostatiques.

1/2

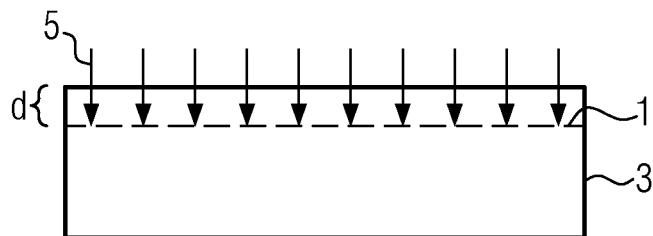


FIG. 1a

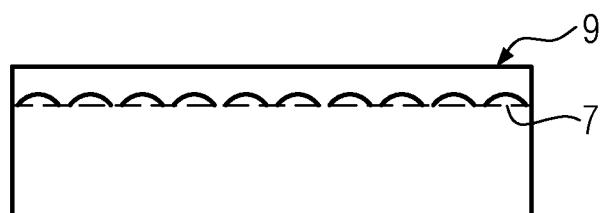


FIG. 1b

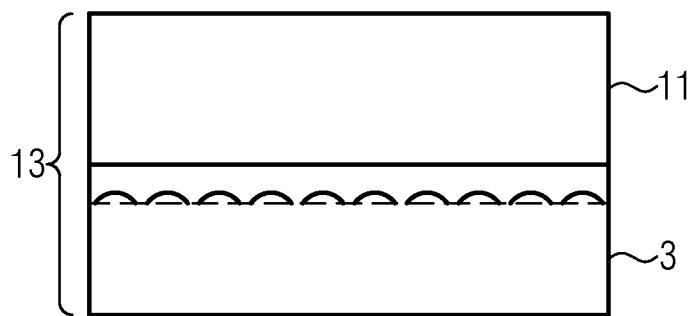


FIG. 1c

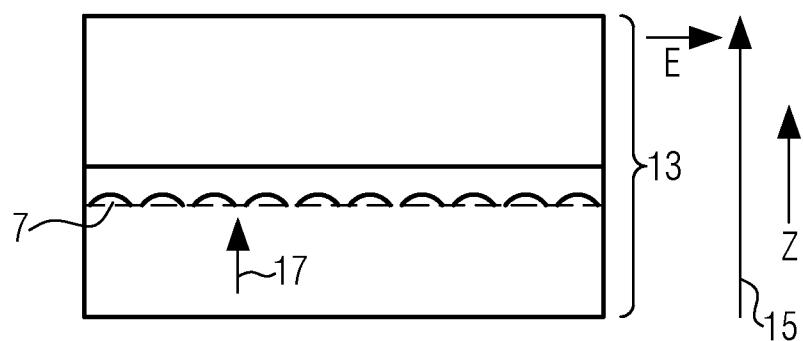


FIG. 1d

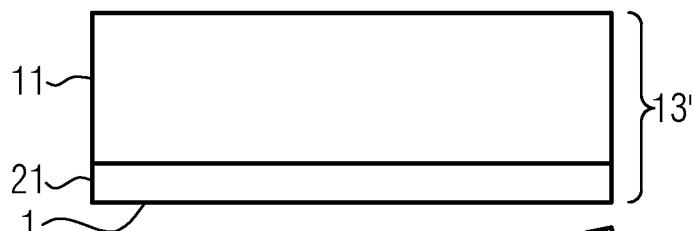
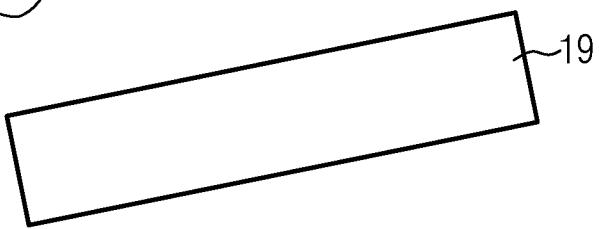
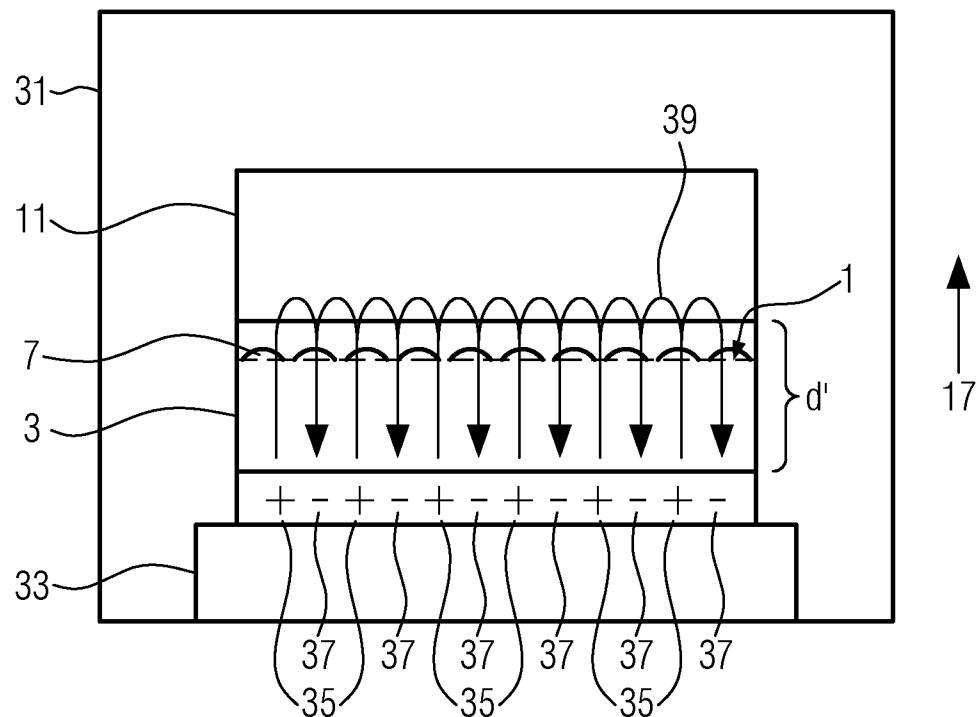


FIG. 1e



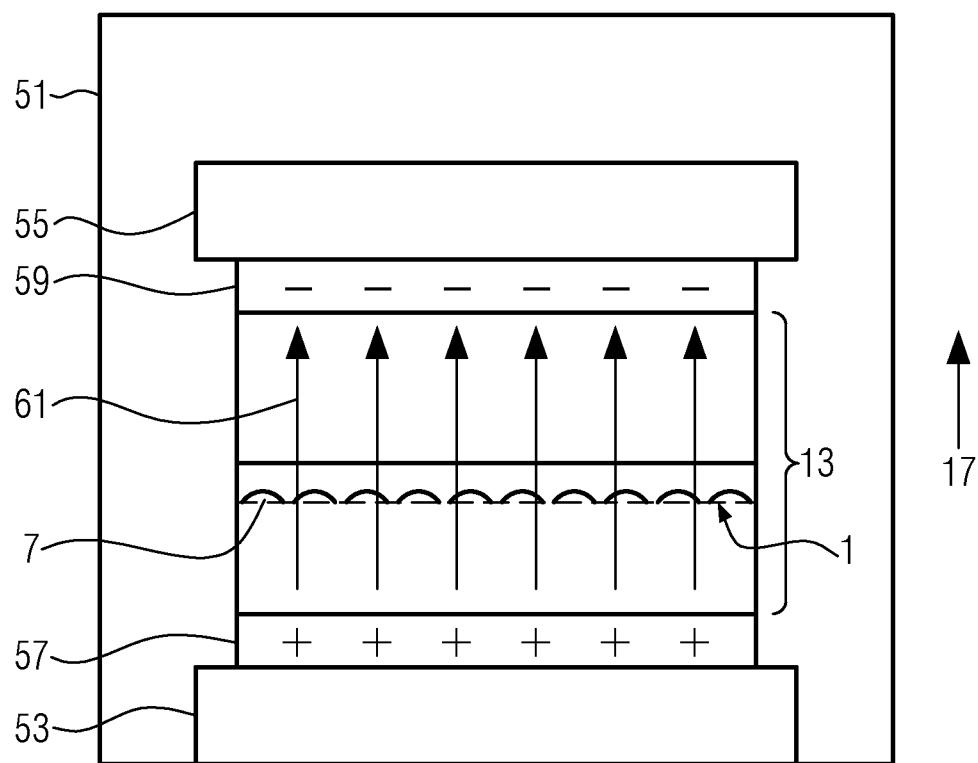
2/2

FIG. 2



17

FIG. 3



17

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
N° d'enregistrement
nationalFA 832234
FR 1657494établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

| 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 | | | | |
| A | FR 2 914 492 A1 (SOITEC SILICON ON INSULATOR [FR]) 3 octobre 2008 (2008-10-03) ----- | 1-18 | H01L41/22 H01L41/00 H01L27/20 | | |
| A | US 2010/088868 A1 (KANDO HAJIME [JP] ET AL) 15 avril 2010 (2010-04-15) ----- | 1-18 | | | |
| A | US 2010/108248 A1 (HAYAKAWA NORIHIRO [JP] ET AL) 6 mai 2010 (2010-05-06) ----- | 1-18 | | | |
| | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) | | | |
| | | H01L | | | |
| 1 | Date d'achèvement de la recherche | Examinateur | | | |
| EPO FORM 1503 12.99 (F04C14) | 16 juin 2017 | Koskinen, Timo | | | |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS | | | | | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul | T : théorie ou principe à la base de l'invention | | | | |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie | 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. | | | | |
| A : arrière-plan technologique | D : cité dans la demande | | | | |
| O : divulgation non-écrite | L : cité pour d'autres raisons | | | | |
| P : document intercalaire | & : membre de la même famille, document correspondant | | | | |

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1657494 FA 832234**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **16-06-2017**.

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française.

| Document brevet cité au rapport de recherche | | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | | Date de publication |
|--|----|---------------------|--|--|--|
| FR 2914492 | A1 | 03-10-2008 | AUCUN | | |
| US 2010088868 | A1 | 15-04-2010 | CN 101689841 A CN 102569640 A EP 2226934 A1 JP 5110092 B2 JP 5408312 B2 JP 2012213244 A KR 20100024952 A KR 20120025633 A US 2010088868 A1 US 2014173862 A1 WO 2009081651 A1 | | 31-03-2010 11-07-2012 08-09-2010 26-12-2012 05-02-2014 01-11-2012 08-03-2010 15-03-2012 15-04-2010 26-06-2014 02-07-2009 |
| US 2010108248 | A1 | 06-05-2010 | EP 2182562 A2 JP 4821834 B2 JP 2010109909 A US 2010108248 A1 | | 05-05-2010 24-11-2011 13-05-2010 06-05-2010 |