

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2018/178562 A1

(43) Date de la publication internationale
04 octobre 2018 (04.10.2018)

WIPO | PCT

(51) Classification internationale des brevets :

H01L 41/08 (2006.01) *H01L 41/319* (2013.01)
H01L 21/02 (2006.01) *H03H 3/02* (2006.01)
H01L 21/20 (2006.01)

(74) Mandataire : **BREESE, Pierre** ; IP TRUST, 2 rue de Clichy, 75009 Paris (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, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2018/050744

(22) Date de dépôt international :

27 mars 2018 (27.03.2018)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

1752733 31 mars 2017 (31.03.2017) FR

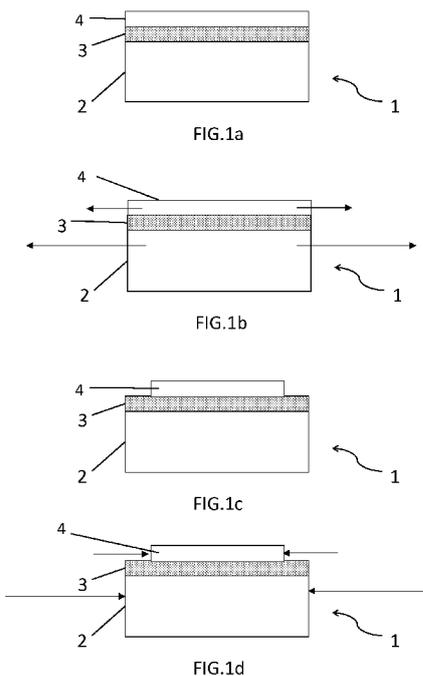
(71) Déposant : **SOITEC** [FR/FR] ; Parc Technologique des Fontaines, Chemin des Franques, 38190 BERNIN (FR).

(72) Inventeurs : **BETHOUX, Jean-Marc** ; 672 Route du Gros Bois, 38500 LA BUISSE (FR). **SINQUIN, Yann** ; 8 rue Simon Nora, 38000 GRENOBLE (FR). **RADISSON, Damien** ; 11 Avenue de la Chantourne, 38190 BRIGNOUD (FR).

(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), eurasien (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

(54) Title: METHOD FOR ADJUSTING THE STRESS STATE OF A PIEZOELECTRIC FILM AND ACOUSTIC WAVE DEVICE EMPLOYING SUCH A FILM

(54) Titre : PROCÉDÉ D'AJUSTEMENT DE L'ÉTAT DE CONTRAINTE D'UN FILM PIÉZOÉLECTRIQUE ET DISPOSITIF A ONDE ACOUSTIQUE EMPLOYANT UN TEL FILM



(57) Abstract: A method is disclosed for adjusting the stress state of a piezoelectric film (4) having a first stress state at room temperature, the method comprising a step of forming an assembly (1) including a carrier (2) having a thermal expansion coefficient, a compliant layer (3) placed on the carrier, and the piezoelectric film (4) placed on the compliant layer, the piezoelectric film having a thermal expansion coefficient different from that of the carrier. The method also includes a step of heat treating the assembly, raising the assembly to a treatment temperature above the glass transition temperature of the compliant layer. The invention also relates to a process for fabricating an acoustic wave device comprising the piezoelectric layer the stress state of which was adjusted.

(57) Abrégé : Il est divulgué un procédé d'ajustement de l'état de contrainte d'un film piézoélectrique (4), présentant à température ambiante un premier état de contrainte, le procédé comprenant une étape de formation d'un assemblage (1) comportant un support (2) présentant un coefficient d'expansion thermique; une couche de fluage (3) disposée sur le support, et le film piézoélectrique (4) disposé sur la couche de fluage, le film piézoélectrique présentant un coefficient d'expansion thermique différent de celui du support. Le procédé comporte également une étape de traitement thermiquement de l'assemblage portant l'assemblage à une température de traitement supérieure à la température de transition vitreuse de la couche de fluage. L'invention porte également sur un procédé de fabrication d'un dispositif à onde acoustique comprenant la couche piézoélectrique dont l'état de contrainte a été ajustée.

WO 2018/178562 A1

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

PROCEDE D'AJUSTEMENT DE L'ETAT DE CONTRAINTE D'UN FILM
PIEZOELECTRIQUE ET DISPOSITIF A ONDE ACOUSTIQUE EMPLOYANT
UN TEL FILM

5

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention porte sur un procédé d'ajustement de l'état de contrainte d'un film piézoélectrique. Elle porte également sur un procédé de fabrication d'un dispositif à onde acoustiques employant un tel film.

15

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

Les matériaux piézoélectriques (c'est-à-dire les matériaux qui présentent une caractéristique piézoélectrique) présentent la particularité de générer des charges électriques sous l'action d'une contrainte mécanique et, réciproquement, de se déformer mécaniquement sous l'effet d'un champ électrique. Ces propriétés sont exploitées dans un grand nombre de dispositifs électroniques tel que les filtres à ondes acoustiques les transducteurs acoustiques, les résonateurs, les capteurs de pression ou d'accélération, les générateurs... Parmi les matériaux piézoélectriques, on peut ainsi citer, et sans rechercher une quelconque exhaustivité, le tantalate de lithium, le niobate de lithium, le quartz, le PZT.

30

Le document «Sensitivity of surface acoustic wave velocity in lithium niobate to electric field or biasing stress » de D. Gafka et J. Tani, Journal of Applied Physics 73, 7145 (1993) rapporte les résultats d'une étude scientifique cherchant à montrer l'effet d'une contrainte appliquée à du niobate de lithium sur la vitesse des ondes

35

acoustiques de surface. Il propose des cartes de
sensitivité de la vitesse de ces ondes vis-à-vis d'une
contrainte imposée aux matériaux et propose d'exploiter
l'effet de la contrainte pour la conception de filtres, de
5 capteurs, ou de dispositifs de commande à base de niobate
de lithium. Toutefois, ce document ne divulgue pas comment
ajuster l'état de contrainte de ce matériau.

Le document US2015249033 propose une méthode
10 d'ajustement de l'état de contrainte d'un matériau,
notamment un matériau piézoélectrique, en lui imposant une
courbure, et en reportant le film courbé sur un support
flexible. La mise en œuvre d'une telle méthode nécessite de
déployer des équipements qui ne sont pas standards dans le
15 domaine de l'électronique, ce qui n'est pas avantageux pour
l'intégration de ce procédé pour la fabrication d'un
dispositif de ce domaine. On connaît également du document
EP2159836 et de l'article « Compliant substrates : a
comparative study of the relaxation mechanisms of strained
20 films bonded to high and low viscosity oxides », de K.D.
Hobart et al, journal of Electronic Material, Vol 29, n° 7,
2000 des méthodes permettant de relaxer un film contraint.

La présente invention vise à fournir un procédé
25 d'ajustement de l'état de contrainte d'un film
piézoélectrique particulièrement simple à mettre en œuvre.
Elle vise également à exploiter le film piézoélectrique
obtenu à l'issue de ce procédé pour fabriquer un dispositif
à ondes acoustiques.

30

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

En vue de la réalisation de l'un de ces buts, l'objet
35 de l'invention propose un procédé d'ajustement de l'état de

contrainte d'un film piézoélectrique présentant à température ambiante un premier état de contrainte, le procédé comprenant :

- 5 - Une étape de formation d'un assemblage comportant
- i. un support présentant un coefficient d'expansion thermique ;
- ii. une couche de fluage disposée sur le support, la
- 10 couche de fluage présentant une température de transition vitreuse supérieure à la température ambiante ;
- iii. le film piézoélectrique disposé sur la couche de fluage, le film piézoélectrique présentant un
- 15 coefficient d'expansion thermique différent de celui du support ;
- Une étape de traitement thermiquement de l'assemblage, l'étape de traitement thermique comportant :
- 20 i. une première phase portant l'assemblage à une température de traitement supérieure à la température de transition vitreuse de la couche de fluage de manière à relâcher au moins en
- 25 partie la contrainte du film piézoélectrique engendrée par la différence d'expansion thermique du support et du film piézoélectrique et de manière à placer le film piézoélectrique dans un
- deuxième état de contrainte ;
- ii. une deuxième phase, postérieure à la première
- 30 phase, portant l'assemblage à la température ambiante de manière à modifier le deuxième état de contrainte du film piézoélectrique par la différence de contraction thermique du support et du film piézoélectrique et le placer dans un

troisième état de contrainte, différent du premier état de contrainte.

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

- le film piézoélectrique est cristallin ;
- 10 - le film piézoélectrique présente une épaisseur
comprise entre 10 nm et 20 μm , et de préférence
comprise entre 0,3 μm et 1 μm ;
- le film piézoélectrique présente une épaisseur au
15 moins 10 fois inférieure à l'épaisseur du support ;
- la température de transition vitreuse de la couche de
fluage est comprise entre 300°C et 1000°C ;
- 20 - la couche de fluage est constituée de verre ;
- la couche de fluage présente une épaisseur comprise
entre 0,1 et 2 μm ;
- 25 - le support présente une épaisseur comprise entre 300
 μm et 1 mm ;
- le support présente un coefficient d'expansion
thermique supérieure à celui du film piézoélectrique
30 et le troisième état de contrainte est inférieur au
premier état de contrainte ;
- le support présente un coefficient d'expansion
thermique inférieur à celui du film piézoélectrique et

le troisième état de contrainte est supérieur au premier état de contrainte ;

- 5 - l'étape de formation de l'assemblage comprend le dépôt de la couche de fluage sur le support et/ou sur un substrat donneur comprenant le film piézoélectrique ;
- 10 - l'étape de formation de l'assemblage comprend le collage du substrat donneur avec le support et comprend l'amincissement et/ou la fracture du substrat donneur ;
- 15 - le film piézoélectrique est discontinu, et présente une pluralité d'îlots séparés par des tranchées ;
- les îlots présentent une dimension comprise entre 100 et 1000 μm dans les directions dans lesquelles on cherche à ajuster l'état de contrainte ;
- 20 - le procédé comprend, après l'étape de traitement thermique, une étape de report du film piézoélectrique sur un support final ;
- 25 - la nature du support, de la couche de fluage, et le profil du traitement thermique sont choisis pour que le troisième l'état de contrainte corresponde à un état de contrainte prédéterminé.

30 Selon un autre aspect, l'invention propose un procédé de fabrication d'un dispositif à onde acoustique comprenant le report d'un film piézoélectrique obtenu à l'issue du procédé d'ajustement qui vient d'être décrit sur un support final.

Selon des caractéristiques avantageuses et non limitatives de ce procédé, prises seules ou selon toute combinaison techniquement réalisable :

- 5 - le procédé comprend la formation d'électrodes sur le film piézoélectrique ;

- le support final comprend une couche de surface de piégeage de charges ;

- 10 o le support final comprend un substrat de silicium sur lequel on a formé une couche de silicium polycristallin ;

- le report du film piézoélectrique comprend la formation d'une couche de collage entre le film
15 piézoélectrique et le support final suffisamment rigide pour maintenir l'état de contrainte du film piézoélectrique ;

- la couche de collage comprend de l'oxyde de silicium
20 ou du nitrure de silicium.

- le report de la couche piézoélectrique comprend l'adhésion de la surface libre du film piézoélectrique avec le support final et l'élimination ou le retrait du
25 support.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

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

- La figure 1 représente schématiquement un procédé d'ajustement de l'état de contrainte d'un film piézoélectrique conforme à l'invention ;
- 5 - les figures 2a et 2b représentent l'évolution de la température au cours d'un traitement thermique et l'évolution de l'état de contrainte d'un assemblage au cours de ce traitement thermique, dans un exemple particulier de mise en œuvre de l'invention.
- 10

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

La figure 1 représente schématiquement un procédé d'ajustement de l'état de contrainte d'un film piézoélectrique conforme à l'invention.

15

Dans une première étape de ce procédé représentée sur la figure 1a, on forme un assemblage 1 comprenant un support 2, une couche de fluage 3 disposée sur le support 2, et un film piézoélectrique 4 disposé sur la couche de fluage 3.

20

Le film 4 peut être constitué de n'importe quel matériau présentant une propriété piézoélectrique. Il peut notamment s'agir de tantalate de lithium de coupe cristalline Z ou de coupe 42° Y, ou de coupe 36° Y, ou de coupe X ou de n'importe quelle autre coupe cristalline. Il peut s'agir de niobate de lithium de coupe cristalline Z, ou de coupe Y, ou de coupe 128° Y ou de n'importe quelle autre coupe. Il peut également s'agir de PZT, de quartz ou de ZnO.

25

30

Le film piézoélectrique 4 est préférentiellement cristallin, sous une forme monocristalline ou

35

polycristalline. À température ambiante, le film piézoélectrique 4 présente un état de contrainte quelconque (et désigné dans la suite de cette description comme le premier état de contrainte). Le premier état de contrainte peut correspondre à un état relaxé, un état contraint en compression, ou en extension. Cet état peut être mesuré, par exemple, à l'aide de techniques connues de diffraction aux rayons X ou par spectroscopie Raman.

Le film piézoélectrique 4 présente avantageusement une épaisseur comprise entre 10 nm et 20 μm , de préférence entre 0,3 μm et 1 μm . Une épaisseur trop faible ou trop importante rend le procédé d'ajustement de contrainte conforme à l'invention plus sensible aux phénomènes de gauchissement du film piézoélectrique 4 ou à sa fissuration. D'une manière générale, il est avantageux que le film piézoélectrique 4 présente une épaisseur bien inférieure à celle du support 2, par exemple d'un ordre de grandeur, de manière à ce que la déformation du support 2 au cours du procédé soit presque entièrement transmise au film 4. Ainsi, le film piézoélectrique 4 présente avantageusement une épaisseur au moins 10 fois inférieure à l'épaisseur du support 2.

La couche de fluage 3 est constituée d'un matériau présentant une température de transition vitreuse T_g supérieure à la température ambiante. On rappelle que cette température T_g correspond à la température en deçà de laquelle un matériau est considéré comme rigide, et au-delà de laquelle le matériau est considéré comme souple et apte à se déformer. La couche de fluage 3 peut être constituée de verre, par exemple de verre de borophosphosilicate (BPSG) ou de phosphosilicate (PSG) ou de borosilicate (BSG) ou encore de germanophosphosilicate.

La couche de fluage 3 est choisie, ou les éléments constituant cette couche sont choisis, pour que la température de transition vitreuse T_g soit suffisamment élevée pour que le procédé de l'invention ait des effets remarquables, sans toutefois excéder une température limite qu'il serait difficile d'atteindre industriellement. Typiquement, la température de transition vitreuse T_g de la couche de fluage 3 est comprise entre 300°C et 1000°C . La couche de fluage 3 est typiquement formée par dépôt sur le support 2 et présente une épaisseur qui peut être comprise entre 0,1 et 2 μm . Le support 2 est quant à lui constitué d'un bloc de matériaux quelconque. Il peut prendre la forme d'une plaquette de matériaux, c'est-à-dire d'un disque présentant une épaisseur de 1 mm ou moins et dont le diamètre peut être normalisé, par exemple de 100 mm, 200 mm, ou 300 mm.

D'une manière générale, comme on l'a vu précédemment, le support 2 présente une épaisseur bien supérieure à celle du film piézoélectrique 4, par exemple d'un ordre de grandeur. Il peut s'agir d'un bloc de matériau présentant une épaisseur comprise entre 300 μm à 1 mm, et être constitué (ou comprendre) de silicium, de saphir, de quartz ou d'un matériau piézoélectrique tel que du niobate de lithium. Il peut également s'agir d'arséniure de gallium, de molybdène, de nitrure d'aluminium, de carbure de silicium... Le matériau constituant le support peut prendre une forme cristalline ou polycristalline.

Selon l'invention, le coefficient d'expansion thermique du support 2 est différent du coefficient d'expansion thermique du film piézoélectrique 4. Avantagusement, cette différence excède 5% ou 10%, de manière à provoquer des effets particulièrement notables. Lorsque le matériau formant le support 2 ou le film

piézoélectrique 4 ne sont pas isotropes, il existe au moins une direction comprise dans le plan défini par le film 4 selon laquelle les coefficients d'expansion thermique du support 2 et du film piézoélectrique 4 sont différents.

5

On note que l'état de contrainte est exprimé dans le cadre de la présente demande comme un nombre réel dont la valeur absolue désigne l'intensité de la contrainte (par exemple en Pascal) et dont le signe désigne la nature de cette contrainte, soit en compression (signe négatif) ou en tension (signe positif). Un état parfaitement relaxé présente un état de contrainte nul. En conséquence, les expressions « augmenter » ou « réduire » l'état de contrainte portent sur le nombre réel reflétant cet état de contrainte, et non sur son intensité.

15

Comme cela sera détaillé dans la suite de cet exposé, on pourra choisir un support 2 présentant un coefficient d'expansion thermique supérieur à celui du film piézoélectrique 4 pour réduire le premier état de contrainte du film piézoélectrique 4 et le placer dans un troisième état de contrainte. En d'autres termes, le troisième état de contrainte dans ce cas est inférieur au premier état de contrainte.

25

Alternativement, on pourra choisir un support 2 présentant un coefficient d'expansion thermique inférieur à celui du film piézoélectrique 4 pour augmenter le premier état de contrainte du film piézoélectrique 4, et le placer dans un troisième état de contrainte. En d'autres termes, le troisième état de contrainte dans ce cas est supérieur au premier état de contrainte.

30

Toutes méthodes d'assemblage peuvent convenir pour former l'assemblage 1. Il peut s'agir par exemple d'un

35

assemblage par collage du support 2 à un substrat donneur comprenant le film piézoélectrique 4, et par et amincissement et/ou fracture du substrat donneur. On pourra notamment mettre en œuvre la technologie Smart Cut™, bien connue en soi et dont l'application à un matériau piézoélectrique est enseignée dans le document US6190998. On pourra munir le support 2 et/ou le substrat donneur de la couche de fluage 3 avant de les assembler l'un à l'autre. Après amincissement du substrat donneur, on aboutit à l'assemblage 1 tel qui vient d'être décrit. La méthode d'assemblage peut également être une opérée par dépôt d'un matériau piézoélectrique sur la couche de fluage 3, elle-même disposée sur le support 2. Le matériau piézoélectrique déposé forme alors le film 4.

15

On peut prévoir une ou plusieurs couches additionnelles comprises entre la couche de fluage 3 et le film piézoélectrique 4, entre la couche de fluage 3 et le support 2, ou sur le film piézoélectrique 4. Une au moins de ces couches additionnelles, notamment lorsqu'elle est positionnée directement sous le film 4, peut constituer une couche barrière afin d'éviter la diffusion d'impuretés pouvant provenir de la couche de fluage 3 ou du support 2 vers le film piézoélectrique 4. Il peut également s'agir d'une couche tampon visant à favoriser le dépôt du film piézoélectrique 4 selon une orientation cristalline particulière, lorsque celui-ci est effectivement formé par dépôt. Il peut aussi s'agir de couches positionnées entre le support 2 et le film 4 permettant ou facilitant le démontage du support 2 du film piézoélectrique 4, à l'issue du procédé. Il peut s'agir d'une couche raidisseur disposée sur la couche piézoélectrique 4, comme cela sera détaillé dans la suite de cet exposé.

30

En tout état de cause et quelle que soit la méthode d'assemblage employée, on dispose à l'issue de l'étape qui vient d'être décrite, d'un assemblage 1 comprenant au moins le support 2, la couche de fluage 3 disposée sur le support 2, et le film piézoélectrique 4 disposé sur la couche de fluage.

Le procédé conforme à l'invention comprend également une deuxième étape, postérieure à celle qui vient d'être décrite, de traitement thermique de l'assemblage 1. Cette étape de traitement thermique est composée de deux phases.

Au cours d'une première phase, on porte l'assemblage 1 qui peut être initialement à température ambiante (c'est à dire entre 10°C et 50°C) à une température de traitement T_r supérieure à la température de transition vitreuse T_g de la couche de fluage 3. Au cours de cette première phase, et tant que la température à laquelle est exposée l'assemblage 1 est inférieure à la température de transition vitreuse T_g , le support 2 et le film piézoélectrique 4 se dilatent. Cet état est schématiquement représenté sur la figure 1b. Présentant des coefficients d'expansion thermique différents, la dilatation du film 4 et du support 2 ne sont pas identiques. Le support 2 étant bien plus épais que le film 4, celui-ci a tendance à imposer sa déformation au film 4, qui est donc placé dans un état de contrainte différent du premier état de contrainte. La contrainte du film 4 en ce début de première phase du traitement thermique est en tension lorsque le coefficient d'expansion thermique du support 2 est supérieur au coefficient d'expansion thermique du film piézoélectrique 4 et en compression dans le cas contraire.

Dès que la température à laquelle est exposé l'assemblage 1 excède la température de transition vitreuse T_g de la couche de fluage 3, celle-ci devient susceptible de se déformer. Les contraintes du film piézoélectrique 4 engendrées par la différence de coefficient d'expansion thermique entre le support 2 et le film 4 sont alors au moins en partie relaxées. Cette relaxation se réalise par l'expansion ou la rétractation latérale du film piézoélectrique 4 rendue permise par la faible viscosité de la couche de fluage à la température de traitement T_r . Cet état est représenté schématiquement sur la figure 1c. Le film piézoélectrique 4 est donc placé à l'issue de cette première phase dans un deuxième état de contrainte qui peut correspondre ou être proche d'un état relaxé.

15

Pour favoriser cette relaxation, la température de traitement T_r à laquelle est exposé l'assemblage 1 peut excéder la température de transition vitreuse T_g de la couche de fluage 3 de 10°C ou plus. Et la période de temps pendant laquelle l'assemblage 1 est exposé à une température supérieure à la température de fluage T_g peut être supérieure à 1 heure. La première phase du traitement thermique peut comprendre ou consister en une rampe de température, progressant linéairement ou non, et passant de la température initiale à la température de traitement T_r . La première phase peut ainsi comprendre un plateau à cette température de traitement T_r ou un cyclage autour de cette température de traitement T_r ou tout autre profil de température dans la mesure où celle-ci excède la température de transition vitreuse T_g de la couche de fluage 3, afin de favoriser l'expansion ou la rétractation latérale du film piézoélectrique 4.

Dans une deuxième phase du traitement thermique, postérieure à la première phase, on porte l'assemblage 1 de

35

la température de traitement T_r à la température ambiante. Dès que la température de l'assemblage passe sous la température de transition vitreuse T_g de la couche de fluage 3, celle-ci se solidifie à nouveau. Similairement à ce qui s'est passé au cours de la première phase, la contraction du support 2, différente de la contraction du film piézoélectrique 4, conduit à placer le film piézoélectrique 4 dans un troisième état de contrainte une fois l'assemblage 1 revenu à la température ambiante, comme cela est schématiquement représenté sur la figure 1d. La seconde phase peut comprendre ou consister en une rampe de température, linéaire ou non, ramenant la température de l'assemblage 1 de la température de traitement T_r à la température ambiante.

15

En prenant comme hypothèse que le premier état de contrainte du film piézoélectrique en début de procédé est essentiellement un état relaxé, la contrainte du film 4 à l'issue du traitement thermique est en compression lorsque le coefficient d'expansion thermique du support 2 est supérieur au coefficient d'expansion thermique du film piézoélectrique 4, et en tension dans le cas contraire.

20

En tout état de cause, et quelle que soit les valeurs relatives du coefficient d'expansion thermique du support 2 et du film piézoélectrique 4, on aboutit à l'issue de la deuxième phase de l'étape de traitement thermique, à un film piézoélectrique 4 présentant un troisième état de contrainte, en tension ou en compression, différent du premier état de contrainte. Le relâchement de la contrainte qui s'opère en fin de premières phases et/ou en début de deuxième phase, au-dessus de la température de transition vitreuse T_g , conduit à ajuster l'état de contrainte du film. En choisissant de manière appropriée la nature du support 2, de la couche de fluage 3, et le profil

30

35

du traitement thermique, on peut ajuster l'état de contrainte du film (le troisième état de contrainte) pour qu'il corresponde à un état de contrainte prédéterminé.

5 On a ainsi représenté sur la figure 2a l'évolution de la température au cours d'un traitement thermique conforme à l'invention et, sur la figure 2b, l'évolution de l'état de contrainte du film piézoélectrique 4 de l'assemblage 1 au cours de ce traitement thermique. Dans l'exemple
10 représenté, le premier état de contrainte σ_1 du film 4 est essentiellement relaxé. Le coefficient d'expansion thermique du support 2 est inférieur au coefficient d'expansion thermique du film piézoélectrique 4. En conséquence, au cours de l'élévation en température de
15 l'assemblage entre la température ambiante T_a et la température de transition vitreuse T_g , le film piézoélectrique 4 est mis dans un état de contrainte intermédiaire σ_{ien} en compression. Lorsque la température excède la température de transition vitreuse T_g , notamment
20 au cours du plateau à la température de traitement T_r , on observe la relaxation partielle de la contrainte du film 4, liée à la déformation de la couche de fluage et à l'expansion latérale du film 4. A la fin de la première phase du traitement thermique, le film piézoélectrique
25 présente un deuxième état de contrainte σ_2 , proche d'un état relaxé. La seconde phase du traitement thermique, notamment lorsque la température redescend sous la température de transition vitreuse T_g , conduit à ajuster l'état de contrainte du film piézoélectrique 4 pour le
30 placer dans le troisième état de contrainte σ_3 , différent du premier.

Un procédé conforme à l'invention peut comprendre des étapes additionnelles.

On peut ainsi appliquer à l'assemblage 1 au moins un traitement thermique complémentaire de manière à favoriser la relaxation du deuxième état de contrainte et ajuster plus finement si nécessaire le troisième état de contrainte. Bien entendu ce traitement thermique complémentaire, pour avoir un effet, doit porter l'assemblage 1 à une température de traitement supérieure à la température de transition vitreuse T_g de la couche de fluage 3.

Afin de limiter l'éventuel gauchissement ou fissuration du film piézoélectrique 4 lors de l'expansion ou la contraction latérale du film 4 à la température de traitement, on peut prévoir, avant l'étape de traitement thermique, de rendre le film piézoélectrique 4 discontinu. Cette étape optionnelle est particulièrement avantageuse lorsque le film piézoélectrique 4 présente une dimension importante, s'étendant par exemple sur plusieurs centimètres ou millimètres, et que l'on cherche à préserver ses qualités morphologiques. On peut ainsi former des tranchées, par exemple par application d'un masque photolithographique à la surface du film 4 et par gravure, s'étendant dans toute l'épaisseur du film 4 et éventuellement dans la couche de fluage 3. Ces tranchées définissent des îlots dans le film piézoélectrique 4. Les îlots peuvent présenter une dimension comprise entre 100 et 1000 μm dans la direction (ou dans les directions) dans laquelle on cherche à ajuster l'état de contrainte. Les îlots peuvent présenter une forme quelconque, carrée, ronde, hexagonale notamment lorsque la contrainte appliquée sur le film 4 par le support lors du traitement thermique est isotropique. Lorsque la différence entre les coefficients d'expansion thermique du support 2 et du film 4 n'existe que selon une direction privilégiée du plan principal (comme cela peut être le cas si le support 2 ou

le film piézoélectrique 4 est anisotrope), et donc que la contrainte est appliquée sur les îlots du film piézoélectrique 4 majoritairement selon cette direction privilégiée du plan principal, ceux-ci peuvent se présenter sous la forme de bandes perpendiculaires à la direction principale, de largeur comprise entre 100 μm et 1 mm. Les îlots peuvent également se présenter sous la forme de rectangles, dont les longueurs et largeurs sont ajustées à l'intensité des contraintes qui s'appliquent selon ces deux directions.

Quelle que soit la forme des îlots, la largeur des tranchées séparant deux îlots peut être comprise entre 1 et 50 μm .

Le procédé conforme à l'invention peut également comprendre, avant l'étape de traitement thermique, l'application d'une couche raidisseur sur le film piézoélectrique 4. Cette couche raidisseur peut contribuer à favoriser l'expansion ou la contraction latérale du film piézoélectrique 4 (ou des îlots formant ce film) et limiter son gauchissement, comme cela est détaillé dans le document « Buckling suppression of SiGe islands on compliant substrates », Yin et al (2003), *Journal of Applied Physics*, 94(10), 6875-6882.

Le procédé d'ajustement de contrainte trouve son application pour la fabrication de dispositifs tirant profit de l'état de contrainte ajustée de la couche piézoélectrique 4. Il peut s'agir d'un dispositif à onde acoustique comprenant un support final et une couche piézoélectrique 4, telle qu'obtenue à l'issue du procédé d'ajustement de l'état de contrainte qui vient d'être présenté. Le dispositif peut comprendre des électrodes disposées sur la couche piézoélectrique 4, pour coupler les

ondes acoustiques qui s'y propagent avec des conducteurs électriques.

On peut donc prévoir, à l'issue de l'étape de
5 traitement thermique du procédé d'ajustement de l'état de
contrainte du film piézoélectrique 4, de reporter ce film 4
dans son troisième état de contrainte sur un support final.
C'est notamment le cas lorsque la couche de fluage 3
10 présente une nature incompatible avec l'application finale
envisagée pour le film 4. Le report du film 4 sur un
support final permet également de dissocier les propriétés
requises du support pour ajuster au mieux l'état de
contrainte du film, des propriétés requises du support dans
son application finale. Ainsi, lorsque le film
15 piézoélectrique 4 est destiné à constituer des filtres à
ondes acoustiques pour des applications radiofréquences, on
peut envisager de fournir un support final comprenant une
couche de surface de piégeage de charges, comme cela est
par exemple décrit dans les documents FR2860341, FR2933233,
20 FR2953640, US2015115480, US7268060 ou US6544656.
Typiquement ce support final peut comprendre un substrat de
silicium sur lequel on a formé une couche de silicium
polycristallin.

On veillera que l'étape de report du film 4 sur le
25 support final préserve au moins en partie l'état de
contrainte qui lui a été imparti au cours du procédé
conforme à l'invention. Cela peut être obtenu en formant
l'assemblage entre le film piézoélectrique et le support
30 final à l'aide d'une couche de collage suffisamment rigide
pour maintenir cet état de contrainte. Dans le cas où le
report est réalisé par collage direct du film 4 sur le
support final, cette couche de collage peut être constitué,
ou comprendre, d'un oxyde de silicium ou d'un nitrure de
35 silicium.

Ce report peut être opéré par tous moyens connus en soi. À titre d'exemple, il peut s'agir de faire adhérer la surface libre du film piézoélectrique 4 sur le support final puis d'éliminer ou de procéder au retrait du support 2. On peut à ce propos avoir prévu entre la couche de fluage 3 et le support 2 ou entre la couche de fluage 3 et le film piézoélectrique une couche de démontage, apte à se décomposer par exemple par gravure chimique humide ou lorsqu'elle est irradiée par une illumination laser.

10

Exemple 1

On forme par dépôt en phase vapeur sur un support 2 constitué d'un substrat de silicium (présentant une épaisseur de 675 microns & de coefficient d'expansion thermique de 2,6 à 4,4 E-6 K-1 entre 10 et 1000°C), une couche de dioxyde de silicium dopée au bore et au phosphore pour former une couche de fluage 3 de 1 µm d'épaisseur. La couche de fluage comprend, outre le dioxyde de silicium, 6 % molaire de B₂O₃ et 2 % molaire de P₂O₃, si bien que la température de transition vitreuse T_g de cette couche est de 700 °C environ.

15

20

Pour former l'assemblage 1 de l'invention, on assemble le support 2 en silicium muni de la couche de fluage 3 avec un substrat donneur de niobate de lithium de coupe cristalline Z (de coefficient d'expansion thermique selon l'axe Y et selon l'axe X de 15,4 E-6) par collage direct. Ce substrat donneur est ensuite aminci par polissage mécano-chimique pour former un film piézoélectrique 4 de 4 µm d'épaisseur. Celui-ci est ensuite aminci par gravure sèche pour amener son épaisseur à 1,5 µm. Optionnellement, on peut masquer le film par photolithographie, et par gravure chimique définir des îlots carrés de 300 µm de côté dans le film piézoélectrique

25

30

35

4. Le film 4, qu'il soit ainsi constitué d'îlots ou non, présente un premier état de contrainte essentiellement relaxé à température ambiante.

5 On applique ensuite un traitement thermique conforme à l'invention, comprenant une première phase constituée d'une rampe linéaire portant l'assemblage 1 à une température de traitement T_r de 710° pendant une heure. En conséquence de la différence d'expansion thermique du
10 film 4 et du support 2, on induit une contrainte de l'ordre de 2,5 GPa dans le film piézoélectrique 4 avant que celui-ci ne se relaxe au cours du plateau à la température de traitement T_r , qui excède de 10°C la température de transition vitreuse T_g de la couche de fluage.

15

 La deuxième phase comprend une rampe linéaire ramenant la température de l'assemblage 1 à la température ambiante. La différence de coefficient d'expansion thermique entre le film piézoélectrique 4 et le support 2
20 de silicium conduit à placer le film dans un état de contrainte en tension. Cette contrainte, à température ambiante, dans les îlots formant le film peut atteindre 2 GPa.

25 Dans cet exemple, les îlots piézoélectriques formant le film 4 contraint en tension sont ensuite transférés sur un support final, par exemple en silicium, afin de finaliser la fabrication de dispositifs acoustiques, tels que des filtres.

30

Exemple 2

 Dans ce deuxième exemple, on forme sur un support 2 en saphir de coupe Z (présentant une épaisseur de 625
35 microns & de coefficient d'expansion thermique selon la

direction X entre 5 et 7,5 E-6 K-1) un empilement comprenant une première couche de dioxyde de silicium en contact avec le support 2, une seconde couche de nitrure de silicium et une couche de fluage 3 en BPSG, sur la deuxième
5 couche. La première et la deuxième couche présentent une épaisseur de l'ordre de 1,5 μm . La couche de fluage 3 présente une épaisseur de 1,2 μm . La proportion de bore et de phosphore dans la couche de fluage 3 conduisent à définir sa température de transition vitreuse Tg à 600° C.

10

Sur la couche de fluage 3 on rapporte un film de tantalate de lithium de coupe 42° Y (de coefficient d'expansion thermique selon la direction X de 16 E-6 et de coefficient d'expansion thermique selon la direction
15 perpendiculaire à X et contenue dans le plan du film d'environ 10,6 E-6) de 0,5 μm d'épaisseur par application de la technologie Smart Cut™. À cet effet, on a implanté d'espèces légères (hydrogène, hélium par exemple) un substrat de tantalate de lithium pour y définir le film
20 piézoélectrique 4. On a assemblé ensuite, par collage direct, ce substrat donneur avec le support 2 muni de la couche de fluage 3 et appliqué des efforts mécaniques et/ou thermiques au niveau de la zone implantée pour conduire à sa fracture et transférer le film sur le support 2. À
25 température ambiante, le film présente un premier état de contrainte essentiellement relaxée.

À l'aide d'une technologie similaire à celle présentée dans le premier exemple, on forme dans le film
30 continu piézoélectrique 4 des îlots rectangulaires dont la largeur est d'environ 100 μm selon la direction X du film piézoélectrique 5 et la longueur de 500 μm dans une direction perpendiculaire à cette direction X.

On applique un traitement thermique visant à porter l'assemblage 1 à 650°C pendant trois heures, excédant donc la température de transition vitreuse Tg de la couche de fluage 3.

5

Comme dans l'exemple précédent, la différence de coefficient d'expansion thermique entre le film piézoélectrique 4 et le support 2 de saphir conduit à placer le film dans un état de contrainte en tension à l'issue du traitement thermique. Cette contrainte, à température ambiante, dans les îlots formant le film peut atteindre 2 GPa.

Puis, les îlots contraints formant le film piézoélectrique 4 sont reportés sur un support final en silicium. À cet effet, on dépose et on planarise un film de dioxyde de silicium sur et entre les îlots. Puis, on assemble la surface ainsi préparée à un substrat receveur de silicium, et on irradie la face arrière du support en saphir par un laser dont la longueur d'onde est choisie pour pénétrer dans l'épaisseur du support en saphir 2 et de la première couche, et être absorbée par la deuxième couche de nitrure de silicium pour la décomposer. Une fois cette deuxième couche décomposée, le support 2 en saphir peut être démonté de l'assemblage 1.

Exemple 3

Dans ce troisième exemple, l'assemblage est formé en déposant par dépôt chimique en phase vapeur sur un support 2 de silicium (présentant une épaisseur de 675 microns et un coefficient d'expansion thermique de 2,6 E-6 à 4,4 E-6 K-1 entre 10 et 1000°C) une couche de fluage 3 en BPSG présentant une température de transition vitreuse de 800°C. Sur la couche de fluage, on dépose une couche de

35

titane, puis sur cette couche de titane, on forme également par dépôt un film piézoélectrique 4 de titanate de plomb et de zirconium (PZT). Le premier état de contrainte du film 4 est dépendant des conditions de dépôt et de la nature du support 2. Il peut être essentiellement relaxé, ou présenter un état de contrainte, en tension ou en compression, différent. On forme des îlots carrés de 300 microns de côté dans le film 4, et on applique le traitement thermique de l'invention, en portant l'assemblage 1 à une température de traitement de 850°C pendant 1 heure. Comme dans les exemples précédents, la différence de coefficient d'expansion thermique entre le film piézoélectrique 4 et le support 2 conduit à placer le film à l'issue du traitement thermique dans un état de contrainte différent du premier état de contrainte.

Bien entendu l'invention n'est pas limitée au mode de mise en œuvre décrit et on peut y apporter des variantes de réalisation sans sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte d'un film piézoélectrique (4), présentant à température ambiante un premier état de contrainte, le procédé comprenant :
- 5
- Une étape de formation d'un assemblage (1) comportant
 - i. un support (2) présentant un coefficient d'expansion thermique ;
 - 10 ii. une couche de fluage (3) disposée sur le support (2), la couche de fluage (3) présentant une température de transition vitreuse (Tg) supérieure à la température ambiante ;
 - 15 iii. le film piézoélectrique (4) disposé sur la couche de fluage (3), le film piézoélectrique présentant un coefficient d'expansion thermique différent de celui du support ;
 - Une étape de traitement thermiquement de l'assemblage (1), l'étape de traitement thermique comprenant :
 - 20 i. une première phase portant l'assemblage (1) à une température de traitement supérieure à la température de transition vitreuse (Tg) de la couche de fluage (3) de manière à relâcher au moins en partie la contrainte du film piézoélectrique engendrée par la différence d'expansion thermique du support (2) et du film piézoélectrique (4) et de manière à placer le film piézoélectrique (4) dans un deuxième état de contrainte ;
 - 25 ii. une deuxième phase, postérieure à la première phase, portant l'assemblage (1) à la température ambiante de manière à modifier le deuxième état de contrainte du film piézoélectrique (4) par la différence de contraction thermique du support (2) et du film piézoélectrique (4) et le placer
 - 30
 - 35

dans un troisième état de contrainte, différent du premier état de contrainte.

2. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon la
5 revendication précédente dans lequel le film piézoélectrique (4) est cristallin.
3. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon l'une
10 des revendications précédentes dans lequel le film piézoélectrique (4) présente une épaisseur au moins 10 fois inférieure à l'épaisseur du support (2).
4. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon l'une
15 des revendications précédentes dans lequel la température de transition vitreuse (Tg) de la couche de fluage (3) est comprise entre 300°C et 1000°C.
5. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon l'une
20 des revendications précédentes dans lequel le support (2) présente un coefficient d'expansion thermique supérieure à celui du film piézoélectrique (4) et le troisième état de contrainte est inférieur au premier état de contrainte.
- 25 6. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon l'une des revendications 1 à 4 dans lequel le support (2) présente un coefficient d'expansion thermique inférieur à celui du film piézoélectrique (4) et le troisième état de contrainte est supérieur au premier état de
30 contrainte.
7. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon l'une des revendications précédentes dans lequel l'étape de formation de l'assemblage (1) comprend le dépôt de la

couche de fluage (1) sur le support (2) et/ou sur un substrat donneur comprenant le film piézoélectrique (4).

- 5 8. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon la revendication précédente dans lequel l'étape de formation de l'assemblage (1) comprend le collage du substrat donneur avec le support (3) et comprend l'amincissement et/ou la fracture du substrat donneur.
- 10 9. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon l'une des revendications précédentes dans lequel le film piézoélectrique (4) est discontinu, et présente une pluralité d'îlots séparés par des tranchées.
- 15 10. Procédé d'ajustement de l'état de contrainte selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la nature du support (2), de la couche de fluage (3), et le profil du traitement thermique sont choisis pour que le troisième l'état de contrainte corresponde à un état de
- 20 contrainte prédéterminé.
- 25 11. Procédé de fabrication d'un dispositif à onde acoustique comprenant le report d'un film piézoélectrique (4) obtenu à l'issue d'un procédé d'ajustement selon l'une des revendications précédentes sur un support final.
- 30 12. Procédé de fabrication selon la revendication précédente comprenant la formation d'électrodes sur le film piézoélectrique (4).
- 35 13. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel support final comprend une couche de surface de piégeage de charges.

14. Procédé de fabrication selon la revendication précédente dans lequel le support final comprend un substrat de silicium sur lequel on a formé une couche de silicium polycristallin.
- 5
15. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 11 à 14 dans lequel le report du film piézoélectrique comprend la formation d'une couche de collage entre le film piézoélectrique et le support final suffisamment rigide pour maintenir l'état de contrainte du film piézoélectrique.
- 10
16. Procédé de fabrication selon la revendication précédente dans lequel la couche de collage comprend de l'oxyde de silicium ou du nitrure de silicium.
- 15
17. Procédé selon l'une des revendications 11 à 16 dans lequel le report de la couche piézoélectrique (4) comprend l'adhésion de la surface libre du film piézoélectrique avec le support final et l'élimination ou le retrait du support (2).
- 20

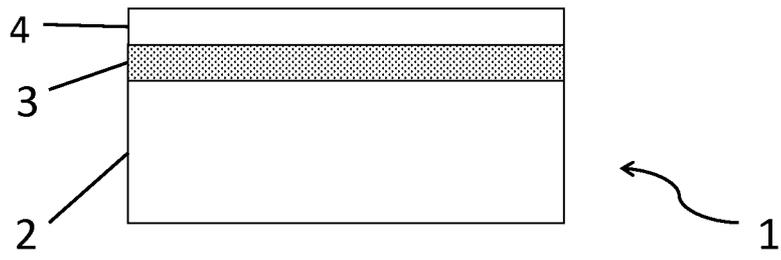


FIG. 1a

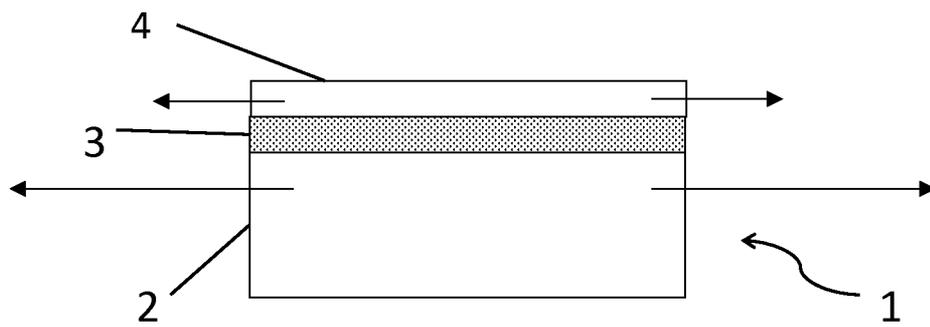


FIG. 1b

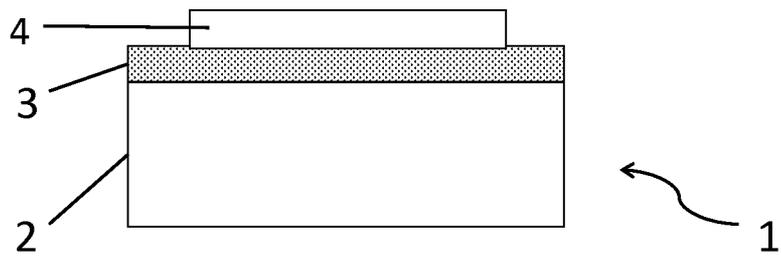


FIG. 1c

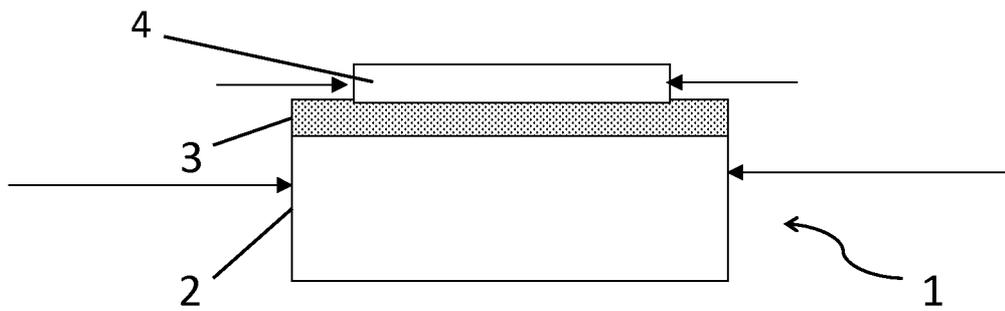
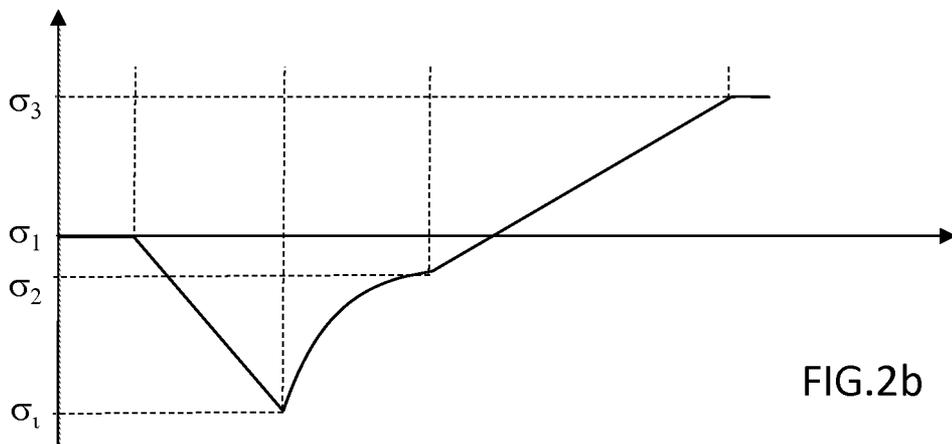
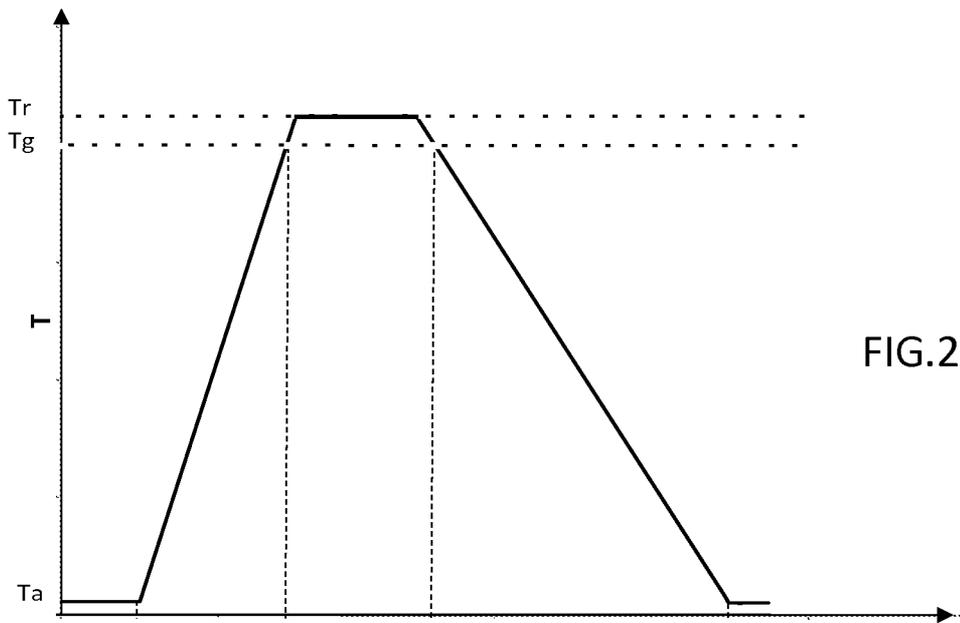


FIG. 1d



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/050744

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H01L41/08 H01L21/02 H01L21/20 H01L41/319 H03H3/02
 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)
 H01L H03H
 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, INSPEC, COMPENDEX

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2003/117041 A1 (KURIHARA KAZUAKI [JP] ET AL) 26 June 2003 (2003-06-26) paragraph [0038] - paragraph [0044] -----	1-17
Y	JP 2009 201101 A (PANASONIC ELEC WORKS CO LTD) 3 September 2009 (2009-09-03) paragraph [0035] - paragraph [0051]; figure 1 -----	1-17
Y	EP 2 159 836 A1 (S O I TEC SILICON [FR]) 3 March 2010 (2010-03-03) paragraph [0028] - paragraph [0037]; figures 1-3 -----	1-15
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 28 June 2018	Date of mailing of the international search report 11/07/2018
---	--

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 Gröger, Andreas
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/050744

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	<p>HOBART K D ET AL: "COMPLIANT SUBSTRATES: A COMPARATIVE STUDY OF THE RELAXATION MECHANISMS OF STRAINED FILMS BONDED TO HIGH AND LOW VISCOSITY OXIDES", JOURNAL OF ELECTRONIC MATERI, WARRENDALE, PA, US, vol. 29, no. 7, 1 January 2000 (2000-01-01), pages 897-900, XP009020920, ISSN: 0361-5235 page 897 - page 900</p> <p>-----</p>	1-17
Y	<p>US 2015/115480 A1 (PEIDOUS IGOR [US] ET AL) 30 April 2015 (2015-04-30) cited in the application paragraph [0012]</p> <p>-----</p>	13,14
Y	<p>JP 2000 244030 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 8 September 2000 (2000-09-08) sentence 9</p> <p>-----</p>	15,16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/050744

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003117041 A1	26-06-2003	US 2003117041 A1 WO 0175985 A1	26-06-2003 11-10-2001

JP 2009201101 A	03-09-2009	NONE	

EP 2159836 A1	03-03-2010	CN 102124557 A EP 2159836 A1 JP 5505845 B2 JP 2012501071 A KR 20110044330 A US 2011127640 A1 WO 2010022814 A1	13-07-2011 03-03-2010 28-05-2014 12-01-2012 28-04-2011 02-06-2011 04-03-2010

US 2015115480 A1	30-04-2015	US 2015115480 A1 US 2017365506 A1	30-04-2015 21-12-2017

JP 2000244030 A	08-09-2000	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/050744

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01L41/08 H01L21/02 H01L21/20 H01L41/319 H03H3/02 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H01L H03H		
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, INSPEC, COMPENDEX		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 2003/117041 A1 (KURIHARA KAZUAKI [JP] ET AL) 26 juin 2003 (2003-06-26) alinéa [0038] - alinéa [0044] -----	1-17
Y	JP 2009 201101 A (PANASONIC ELEC WORKS CO LTD) 3 septembre 2009 (2009-09-03) alinéa [0035] - alinéa [0051]; figure 1 -----	1-17
Y	EP 2 159 836 A1 (S O I TEC SILICON [FR]) 3 mars 2010 (2010-03-03) alinéa [0028] - alinéa [0037]; figures 1-3 ----- -/--	1-15
<input checked="" 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 28 juin 2018	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 11/07/2018	
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 Gröger, Andreas	

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	<p>HOBART K D ET AL: "COMPLIANT SUBSTRATES: A COMPARATIVE STUDY OF THE RELAXATION MECHANISMS OF STRAINED FILMS BONDED TO HIGH AND LOW VISCOSITY OXIDES", JOURNAL OF ELECTRONIC MATERI, WARRENDALE, PA, US, vol. 29, no. 7, 1 janvier 2000 (2000-01-01), pages 897-900, XP009020920, ISSN: 0361-5235 page 897 - page 900</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-17
Y	<p>US 2015/115480 A1 (PEIDOUS IGOR [US] ET AL) 30 avril 2015 (2015-04-30) cité dans la demande alinéa [0012]</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	13,14
Y	<p>JP 2000 244030 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 8 septembre 2000 (2000-09-08) phrase 9</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	15,16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/050744

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2003117041 A1	26-06-2003	US 2003117041 A1 WO 0175985 A1	26-06-2003 11-10-2001
JP 2009201101 A	03-09-2009	AUCUN	
EP 2159836 A1	03-03-2010	CN 102124557 A EP 2159836 A1 JP 5505845 B2 JP 2012501071 A KR 20110044330 A US 2011127640 A1 WO 2010022814 A1	13-07-2011 03-03-2010 28-05-2014 12-01-2012 28-04-2011 02-06-2011 04-03-2010
US 2015115480 A1	30-04-2015	US 2015115480 A1 US 2017365506 A1	30-04-2015 21-12-2017
JP 2000244030 A	08-09-2000	AUCUN	