



(43) Date de la publication internationale
27 avril 2017 (27.04.2017)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2017/068268 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H03H 3/10 (2006.01) H03H 9/02 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2016/052673

(22) Date de dépôt international :
17 octobre 2016 (17.10.2016)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1559992 20 octobre 2015 (20.10.2015) FR

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

(72) Inventeurs : GUENARD, Pascal; 3 Lotissement Les Ceri-
siers, 38190 Froges (FR). RADU, Ionut; 434 Avenue de la
Résistance, 38920 Crolles (FR).

(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, JP, KE, KG, 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), 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 (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))

(54) Title : SURFACE ACOUSTIC WAVE DEVICE AND ASSOCIATED PRODUCTION METHOD

(54) Titre : DISPOSITIF À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION ASSOCIÉ

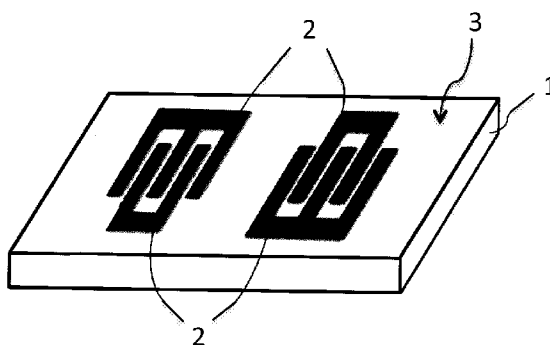


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to a production method for a surface acoustic wave device, remarkable in that it comprises the following steps: • a step of providing a piezoelectric substrate (1) comprising a transducer (2) arranged on the main front face (3); • a step of depositing a dielectric encapsulation layer (4) on the main front face (3) of the piezoelectric substrate (1) and on the transducer (2); • a step of assembling the dielectric encapsulation layer (4) with the main front face (6) of a support substrate (5) having a coefficient of thermal expansion less than that of the piezoelectric substrate (1). The invention further relates to a surface acoustic wave device comprising a layer of piezoelectric material equipped with a transducer (2) on a main front face (3), arranged on a substrate support (5) of which the coefficient of thermal expansion is less than that of the piezoelectric material, remarkable in that the transducer (2) is arranged in a dielectric encapsulation layer (4), between the layer (1) of piezoelectric material and the support substrate (5).

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



L'invention concerne un procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface, remarquable en ce qu' il comprend les étapes suivantes : • une étape de fourniture d'un substrat piézoélectrique (1) comportant un transducteur (2) disposé sur une face principale avant (3); • une étape de dépôt d'une couche diélectrique d' encapsulation (4) sur la face principale avant (3) du substrat piézoélectrique (1) et sur le transducteur (2); · une étape d'assemblage de la couche diélectrique d' encapsulation (4) à une face principale avant (6) d'un substrat support (5) présentant un coefficient de dilatation thermique inférieur à celui du substrat piézoélectrique (1). L' invention concerne en outre un dispositif à ondes acoustiques de surface comprenant une couche de matériau piézoélectrique munie d'un transducteur (2) sur une face principale avant (3), disposée sur un substrat support (5) dont le coefficient de dilatation thermique est inférieur à celui du matériau piézoélectrique, remarquable en ce que le transducteur (2) est disposé dans une couche diélectrique d' encapsulation (4), entre la couche (1) de matériau piézoélectrique et le substrat support (5).

DISPOSITIF A ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE
ET PROCEDE DE FABRICATION ASSOCIE

DOMAINE DE L'INVENTION

5

La présente invention concerne le domaine des dispositifs à ondes acoustiques de surface.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

10

Les structures de résonateurs acoustiques tels que les dispositifs à ondes acoustiques de surface (« SAW » pour « Surface Acoustic Wave » selon la terminologie anglo-saxonne) utilisent un ou plusieurs transducteurs interdigités élaborés sur un substrat piézoélectrique pour convertir des signaux électriques en ondes acoustiques et vice versa. De tels dispositifs ou résonateurs SAW sont souvent utilisés dans les applications de filtrage. La technologie SAW à radiofréquences (RF) fournit d'excellentes performances telles qu'une haute isolation et de faibles pertes d'insertion. Pour cette raison, elle est largement utilisée pour les duplexeurs RF dans les applications de communication sans fil. Pour être plus concurrentielle par rapport aux duplexeurs RF basés sur la technologie des ondes acoustiques de volume (« BAW » pour « Bulk Acoustic Wave »), la performance des dispositifs SAW RF doit être améliorée et l'on exige en particulier que la réponse en fréquence soit stable vis-à-vis de la température.

La dépendance de la fréquence de fonctionnement des dispositifs SAW vis-à-vis de la température, ou le coefficient de fréquence thermique (« TCF » pour « Temperature Coefficient of Frequency »), dépend d'une part des variations de l'espacement entre les électrodes interdigitées des transducteurs, qui sont généralement dues aux coefficients de dilatation thermique (« CTE » pour « Coefficient of Thermal Expansion ») relativement élevés des substrats piézoélectriques utilisés ; d'autre part, le TCF dépend du coefficient de vitesse thermique car la dilatation ou la contraction du substrat piézoélectrique s'accompagne d'une

augmentation ou d'une diminution de la vitesse de l'onde acoustique de surface. Pour minimiser le coefficient de fréquence thermique (TCF), un objectif est donc de minimiser la dilatation/contraction du substrat piézoélectrique, notamment dans la zone de surface dans laquelle les ondes acoustiques vont se propager.

L'article de K.Hashimoto, M.Kadota et al., « Recent development of temperature compensated SAW devices », IEEE Ultrason. Symp. 2011, pages 79 à 86, 2011, donne une vue d'ensemble des approches couramment utilisées pour surmonter le problème de dépendance vis-à-vis de la température de la réponse en fréquence des dispositifs SAW.

La première approche consiste à recouvrir la surface du substrat piézoélectrique comportant la structure métallique des transducteurs, d'une couche d'oxyde de silicium (SiO_2). Le CTE très faible du SiO_2 limite la dilatation/contraction du substrat piézoélectrique en température. Bien qu'améliorant les performances en température, cette approche présente des limitations : d'une part les contraintes de température pour le dépôt de cette couche d'oxyde (compte tenu de la présence de métaux) ne donnent accès qu'à des matériaux de relativement mauvaise qualité, ayant des qualité acoustiques réduites ; d'autre part, avec cette approche, l'épaisseur finale du substrat piézoélectrique doit être supérieure à 200 microns pour garantir la tenue mécanique de la structure, ce qui limite les possibilités de packaging final du dispositif.

La seconde approche consiste à utiliser un substrat hybride, par exemple composé d'une couche de matériau piézoélectrique disposée sur un substrat de silicium. Là encore, le CTE faible du silicium permet de limiter la dilatation/contraction de la couche piézoélectrique en température. L'un des inconvénients de cette approche vient des limitations de températures applicables à ce substrat hybride pendant le procédé de fabrication des transducteurs : la différence de CTE empêche l'application de températures supérieures à environ 200-250°C, sous peine de fragiliser et/ou d'endommager le substrat.

OBJET DE L'INVENTION

Un objet de l'invention est donc de proposer un
5 dispositif à ondes acoustiques de surface et un procédé de
fabrication associé, remédiant aux inconvénients de l'art
antérieur. Un objet de l'invention est notamment de proposer
un dispositif à ondes acoustiques de surface dont la stabilité
de réponse en fréquence est améliorée vis-à-vis de la
10 température, en comparaison avec les dispositifs de l'état de
la technique.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

15 La présente invention concerne un procédé de
fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface,
remarquable en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- une étape de fourniture d'un substrat piézoélectrique
20 comportant un transducteur disposé sur une face
principale avant ;
- une étape de dépôt d'une couche diélectrique
d'encapsulation sur la face principale avant du substrat
piézoélectrique et sur le transducteur ;
- 25 • une étape d'assemblage de la couche diélectrique
d'encapsulation à une face principale avant d'un
substrat support présentant un coefficient de dilatation
thermique inférieur à celui du substrat piézoélectrique.

30 Selon le procédé de fabrication conforme à l'invention, le
composant de type transducteur est élaboré à la surface du
substrat piézoélectrique : le procédé d'élaboration n'est donc
pas limité par une température d'environ 200-250°C comme sur
un substrat hybride.

35 Le procédé de fabrication selon l'invention permet également
l'encapsulation du transducteur dans une couche diélectrique

et l'assemblage sur un substrat support présentant un coefficient de dilatation thermique inférieur à celui du substrat piézoélectrique : cette configuration permet d'améliorer la stabilité de réponse en fréquence du transducteur vis-à-vis de la température, en limitant la dilatation/contraction du matériau piézoélectrique en température.

Selon des caractéristiques avantageuses de l'invention, prises seules ou en combinaison :

- le transducteur comprend une structure métallique d'électrodes interdigitées ;
- le substrat piézoélectrique comporte des vias en contact électrique avec le transducteur, s'étendant dans l'épaisseur du substrat piézoélectrique, de la face principale avant jusqu'à une profondeur déterminée ;
- le substrat piézoélectrique est un substrat massif dont le matériau est choisi parmi le groupe constitué de LiNbO₃, LiTaO₃, BaTiO₃, quartz, PZT (Titano-Zirconate de Plomb), ZnO, AlN, ... ;
- la couche diélectrique d'encapsulation est constituée par au moins un matériau choisi parmi SiO₂, SiN, SiON, SiOC, SiC, DLC, alumine, silicate d'hafnium, silicate de zirconium, dioxyde d'hafnium, dioxyde de zirconium, ... ;
- le procédé de fabrication comporte une étape de planarisation de la couche diélectrique d'encapsulation après l'étape de dépôt ;
- le substrat support présente une résistivité supérieure à 100ohms.cm ;
- le substrat support est choisi parmi le groupe constitué de silicium, saphir, verre, céramiques, plastiques ... ;
- le substrat support comporte une couche diélectrique complémentaire sur sa face principale avant ;
- la couche diélectrique complémentaire est crûe thermiquement ;
- la couche diélectrique complémentaire est une couche anti-réflexive ;

- l'étape d'assemblage consiste en un collage direct, par adhésion moléculaire ;
- l'étape d'assemblage est suivie d'une étape d'amincissement d'une face principale arrière du substrat piézoélectrique ;
- l'étape d'amincissement comprend des procédés de grinding, polissage mécano-chimique, attaque chimique... ;
- l'étape d'amincissement conduit à l'obtention d'une couche résiduelle de substrat piézoélectrique d'épaisseur comprise entre 2 microns et 200 microns ;
- la couche résiduelle de substrat piézoélectrique a une épaisseur inférieure ou égale à la profondeur déterminée des vias ;
- l'étape d'amincissement est suivie d'une étape de dépôt d'une couche anti-réfléctive sur la couche résiduelle de substrat piézoélectrique ;
- l'étape d'amincissement est suivie d'une étape de mise à épaisseur du substrat support, conduisant à l'obtention d'une couche support d'épaisseur comprise entre 10 microns et 250 microns ;
- l'étape d'amincissement ou l'étape de mise à épaisseur est suivie d'une étape de réalisation de vias au niveau d'une face principale arrière du substrat support ou de la couche support ; lesdites vias s'étendant jusqu'au transducteur et assurant un contact électrique avec celui-ci ;
- le procédé de fabrication comporte une étape de reprise de contacts au niveau des vias.

L'invention concerne en outre un dispositif à ondes acoustiques de surface comprenant une couche de matériau piézoélectrique munie d'un transducteur sur une face principale avant, disposée sur un substrat support dont le coefficient de dilatation thermique est inférieur à celui du matériau piézoélectrique, remarquable en ce que le transducteur est disposé dans une couche diélectrique

d'encapsulation, entre la couche de matériau piézoélectrique et le substrat support.

Selon des caractéristiques avantageuses de l'invention,
5 prises seules ou en combinaison :

- la couche de matériau piézoélectrique comporte des vias conductrices, en contact électrique avec le transducteur, traversant ladite couche de la face principale avant à une face principale arrière ;
- 10 • le substrat support comporte des vias conductrices, en contact électrique avec le transducteur, traversant ledit substrat d'une face principale avant à une face principale arrière.

15 **BREVE DESCRIPTION DES DESSINS**

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 lesquelles :

- 20
- la figure 1 présente une première étape du procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface (SAW), correspondant à la fourniture d'un transducteur sur un substrat piézoélectrique ;
 - 25 - la figure 2 présente une première et une deuxième étape du procédé de fabrication d'un dispositif SAW conforme à l'invention ;
 - la figure 3 présente une variante d'une deuxième étape du procédé de fabrication d'un dispositif SAW conforme à l'invention ;
 - 30 - La figure 4 présente un procédé de fabrication d'un dispositif SAW conforme à l'invention ;
 - La figure 5 présente une variante d'un procédé de fabrication d'un dispositif SAW conforme à l'invention ;
 - 35 - La figure 6 présente un mode de réalisation du procédé de fabrication d'un dispositif SAW conforme à l'invention ;

- La figure 7 présente un autre mode de réalisation du procédé de fabrication d'un dispositif SAW conforme à l'invention ;
- La figure 8 présente un autre mode de réalisation du procédé de fabrication d'un dispositif SAW conforme à l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Le procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface (SAW) selon l'invention comporte une étape de fourniture d'un substrat piézoélectrique 1 comportant au moins un transducteur 2 disposé sur une face principale avant 3, comme illustré sur la figure 1 et la figure 2a. Le substrat piézoélectrique 1 est un substrat massif dont le matériau pourra être choisi dans le groupe constitué du niobate de lithium (LiNbO_3), du tantalate de lithium (LiTaO_3), du titanate de baryum (BaTiO_3), du quartz, du titano-zirconate de plomb (PZT), de l'oxyde de zinc (ZnO) ou encore du nitrure d'aluminium (AlN) ; bien-sûr la présente invention n'est pas limitée à ceux-ci et n'importe quel matériau à couplage électromécanique approprié pourrait être utilisé. Le substrat piézoélectrique 1 a avantageusement la forme d'une plaquette, de diamètre supérieur à 100mm, par exemple 150mm. Son épaisseur pourra être comprise entre 200 et 700 microns. Le transducteur 2 est habituellement composé d'une structure d'électrodes métalliques interdigitées, disposée sur la face principale 3 du substrat piézoélectrique 1. Cette structure d'électrodes est élaborée par une technique appropriée, connue de l'homme du métier, par exemple la métallisation sous vide, la pulvérisation cathodique, les techniques de galvanoplastie, le dépôt physique en phase vapeur (PVD), le dépôt chimique en phase vapeur (CVD) ou le dépôt de couches atomiques (ALD). Les matériaux utilisés pour la structure d'électrodes peuvent être Au, Pt, Cu, Al, Mo ou W, sans pour autant être limités à ceux-ci. L'espacement entre les électrodes définit la fréquence de résonance du dispositif SAW.

Comme présenté sur la figure 2b, le procédé de fabrication d'un dispositif SAW selon l'invention comporte une deuxième étape correspondant à un dépôt d'une couche diélectrique d'encapsulation 4 sur la face principale avant 3 du substrat piézoélectrique 1 et sur le transducteur 2. Cette couche d'encapsulation 4 est constituée par au moins un matériau choisi parmi le dioxyde de silicium (SiO_2), le nitrure de silicium (SiN), l'oxynitrure de silicium (SiON), etc. Compte tenu de la présence du transducteur 2, la température de dépôt de la couche d'encapsulation 4 doit être compatible avec le matériau métallique des électrodes. L'épaisseur de la couche d'encapsulation 4 est typiquement inférieure à 5 microns, avantageusement inférieure à 1000nm.

Selon une variante représentée sur la figure 3, partant d'un substrat piézoélectrique 1 muni d'un transducteur 2 sur sa face principale avant (figure 3a), l'étape de dépôt (figure 3b) peut être suivie d'une étape de planarisation (figure 3c) de la couche diélectrique d'encapsulation 4. L'étape de planarisation est réalisée par exemple par polissage mécano-chimique de manière à éliminer la topologie de surface 20 liée à la structure d'électrodes métalliques. L'épaisseur résiduelle de la couche d'encapsulation 4 au-dessus du transducteur 2 pourra être ajustée grâce à l'étape de planarisation.

Le procédé de fabrication d'un dispositif SAW selon l'invention comporte enfin une troisième étape d'assemblage de la couche diélectrique d'encapsulation 4 disposée sur le transducteur 2 et le substrat piézoélectrique 1 (figure 4a), à une face principale avant 6 d'un substrat support 5 (figure 4b), représentée sur la figure 4c. Le substrat support 5 présente avantageusement un coefficient de dilatation thermique inférieur à celui du substrat piézoélectrique 1. Il est constitué d'un matériau choisi parmi le silicium, la silice, le saphir, le verre, les céramiques ou les plastiques ... sans pour autant être limité à ceux-ci. Le substrat support 5 se présente préférentiellement sous forme de plaquette, de diamètre supérieur à 100mm, par exemple 150mm, et d'épaisseur

comprise entre 200 microns et 700 microns, par exemple 600 microns. Le substrat support 5 peut présenter une résistivité supérieure à 100 ohms.cm, par exemple 1000ohms.cm pour un substrat de silicium.

5 L'assemblage de la couche d'encapsulation 4 et de la face principale avant 6 du substrat support 5 consiste avantageusement en un collage par adhésion moléculaire. Le principe de l'adhésion moléculaire, également connue sous le terme de collage direct, est basé sur le fait de placer deux
10 surfaces en contact direct, c'est-à-dire sans utiliser de matériau de liaison spécifique (adhésif, cire, brasure, etc.). Une telle opération nécessite que les surfaces pour le collage soient suffisamment lisses, exemptes de particules ou de contamination, et soient suffisamment proches l'une de l'autre
15 pour permettre d'initier un contact, typiquement à une distance de moins de quelques nanomètres. Dans de telles circonstances, les forces d'attraction entre les deux surfaces sont suffisamment élevées pour provoquer un collage moléculaire (liaison induite par les forces d'attraction -
20 forces de Van Der Waals - impliquant une interaction des électrons entre les atomes ou les molécules des deux surfaces).

Avant la mise en contact des deux faces principales 3 et 6, respectivement du substrat piézoélectrique 1 et du
25 substrat support 5, au moins l'une des faces a préférentiellement subi un traitement de surface apte à améliorer la qualité du collage et à renforcer les forces d'adhésion après collage : le traitement de surface pourra être un nettoyage et une activation de surface par voie
30 chimique humide ou sèche ; par exemple, on appliquera une séquence de type nettoyage RCA puis plasma O₂.

Après le collage direct des deux surfaces, un traitement thermique de consolidation de l'interface pourra être effectué. La température de ce recuit devra être choisie
35 de sorte que l'hétéro-structure collée ne soit pas endommagée par les dilatations différentielles des substrats assemblés. A titre d'exemple, pour une hétéro-structure de diamètre 150mm, comprenant un substrat piézoélectrique 1 de 350 microns

d'épaisseur et un substrat support 5 de 675 microns d'épaisseur, le traitement thermique est effectué à 100°C pendant 2h.

L'utilisation du collage direct pour assembler le substrat piézoélectrique 1 et le substrat support 5 est particulièrement avantageuse parce qu'elle assure une meilleure compatibilité avec les traitements typiques des circuits intégrés, qu'elle réduit au minimum la contamination et qu'elle assure une stabilité du collage dans le temps.

Selon une variante de l'étape d'assemblage, toute technique de collage (par exemple par adjonction de matière adhésive) peut être utilisée en veillant à limiter les défauts dans les couches ajoutées, susceptibles notamment de générer des effets parasites dégradant les performances du dispositif SAW.

Selon une autre variante de l'étape d'assemblage de la couche diélectrique d'encapsulation 4, disposée sur le transducteur 2 et le substrat piézoélectrique 1 (figure 5a), sur le substrat support 5, du procédé de fabrication selon l'invention, le substrat support 5 peut comporter sur sa face principale avant 6 une couche diélectrique complémentaire 7 comme représentée sur la figure 5b. Avantageusement, cette couche complémentaire 7 est crûe thermiquement et présente donc de bonnes propriétés acoustiques, notamment en raison de sa densité et de son homogénéité. Après assemblage de la couche d'encapsulation 4 et de cette couche complémentaire 7 (figure 5c), la bonne qualité de cette dernière pourra avoir un impact positif sur la performance du dispositif SAW constitué du transducteur 2 sur le substrat piézoélectrique 1. L'épaisseur de la couche d'encapsulation 4 pourra d'ailleurs être adaptée pour tirer le meilleur avantage de la qualité de la couche complémentaire 7 pour les propriétés acoustiques de l'empilement ; à titre d'exemple, on pourra minimiser l'épaisseur de la couche d'encapsulation 4 au dessus des électrodes du transducteur 2 et augmenter l'épaisseur de la couche complémentaire 7.

La couche complémentaire 7 pourra optionnellement présenter des propriétés anti-réfléctives vis-à-vis des ondes acoustiques, limitant ainsi les effets parasites liés aux réflexions multiples d'ondes aux interfaces entre matériaux.

5

Selon un premier mode de réalisation de l'invention illustré en figure 4, le procédé de fabrication comporte ainsi une étape de fourniture d'un substrat piézoélectrique 1, muni d'un transducteur 2, une étape de dépôt d'une couche diélectrique d'encapsulation 4 sur le transducteur 2 et une étape d'assemblage sur un substrat support 5. A titre d'exemple, la couche diélectrique d'encapsulation 4 a une épaisseur de 1 micron et l'assemblage est réalisé par collage direct de la couche diélectrique d'encapsulation sur le substrat support 5.

Il permet l'obtention d'un dispositif à ondes acoustiques de surface comprenant un substrat 1 en matériau piézoélectrique muni d'un transducteur 2 sur sa face principale avant 3, disposé sur un substrat support 5 dont le coefficient de dilatation thermique est inférieur à celui du matériau piézoélectrique, remarquable en ce que le transducteur 2 est disposé dans une couche diélectrique d'encapsulation 4, entre le substrat 1 de matériau piézoélectrique et le substrat support 5 (figure 4c). A titre d'exemple, le substrat 1 a une épaisseur de 200 microns et le substrat support 5 a une épaisseur de 300 microns.

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques de surface comporte les trois premières étapes telles que décrites dans le premier mode de réalisation (figures 6a et 6b) et en outre, il comporte une étape d'amincissement de la face principale arrière 30 du substrat piézoélectrique 1 et une étape de réalisation de vias 12 dans le substrat piézoélectrique 1, comme représenté sur les figures 6c et 6d.

L'étape d'amincissement peut être réalisée par amincissement mécanique (« grinding » selon la terminologie anglo-saxonne), par polissage mécano-chimique, par attaque

chimique humide ou sèche, ou encore par une combinaison de ces différentes techniques. La couche piézoélectrique 11 obtenue a une épaisseur résiduelle comprise entre 2 microns et 200 microns, avantageusement 20 microns (figure 6c).

5 L'étape de réalisation de vias 12 au niveau de la face principale 30' de la couche piézoélectrique 11 (figure 6d) est ensuite réalisée. Des tranchées sont creusées dans la couche 11 jusqu'aux plots de contact des électrodes métalliques, par gravure sèche ou humide ou par combinaison des deux
10 techniques ; puis elles sont remplies par un matériau conducteur, formant ainsi les vias 12 assurant un contact électrique avec le transducteur 2.

Optionnellement et en référence à la figure 6e, le procédé de fabrication d'un dispositif SAW selon le deuxième
15 mode de réalisation de l'invention peut également comporter une étape de mise à épaisseur du substrat support 5, par amincissement de sa face principale arrière 60, jusqu'à obtention d'une couche support 55 d'épaisseur comprise entre 10 et 250 microns selon les applications, avantageusement
20 entre 50 et 200 microns. Cette mise à épaisseur permet de limiter l'épaisseur totale du dispositif SAW dans son boîtier final.

Pour la mise en boîtier, des étapes de reprise de contact au niveau des vias 12 et de packaging du dispositif
25 sont effectuées à la suite de la mise à épaisseur du substrat support 5.

Optionnellement, un substrat additionnel ou une puce (non représenté) comportant des composants microélectroniques, par exemple des commutateurs (« switch » selon la terminologie
30 anglo-saxonne) et/ou des amplificateurs de puissance (« power amplifier »), dont les plots de contact en surface dudit substrat additionnel (ou de ladite puce) sont munis de « bumps » métalliques de connexion, peut être assemblé sur la face principale 30' de la couche piézoélectrique 11 : en
35 particulier, les « bumps » seront assemblés au niveau de plots de contact connectés aux vias 12, de sorte à assurer le contact électrique entre les différents étages de composants (transducteur, commutateur, amplificateur de puissance...).

Selon une variante, le substrat additionnel comportant les composants microélectroniques peut constituer un substrat de packaging du dispositif. Afin d'assurer l'herméticité de la structure packagée, le substrat additionnel pourra être
5 assemblé sur la face principale 30' de la couche piézoélectrique 11 par un collage direct ou polymère ou métallique, tout en assurant le contact électrique entre les plots de contact des composants du substrat additionnel et les vias 12 reliées aux transducteurs 2.

10 Selon ce deuxième mode de réalisation de l'invention et comme représenté sur la figure 6e, le procédé de fabrication permet l'obtention d'un dispositif à ondes acoustiques de surface comprenant une couche 11 en matériau piézoélectrique
15 muni d'un transducteur 2 sur sa face principale avant 3, disposé sur une couche support 55 dont le coefficient de dilatation thermique est inférieur à celui du matériau piézoélectrique ; le transducteur 2 est disposé dans une couche diélectrique d'encapsulation 4, entre la couche 11 de
20 matériau piézoélectrique et la couche support 55. La couche de matériau piézoélectrique 11 comporte des vias 12 conductrices en contact électrique avec le transducteur 2 et traversant ladite couche de part en part.

A titre d'exemple, la couche 11 est en LiTaO3 et
25 présente une épaisseur de 5 à 20 microns. La couche d'encapsulation 4 est en SiO2 et présente une épaisseur au-dessus des électrodes du transducteur 2 de 500nm. La couche support 55 est en silicium et présente une épaisseur de 200 microns.

30 Selon un troisième mode de réalisation du procédé de fabrication d'un dispositif SAW, conforme à l'invention et illustré en figures 7, le substrat piézoélectrique 1 comporte des vias 8 s'étendant dans son épaisseur, de sa face
35 principale avant 3 jusqu'à une profondeur déterminée. Cette profondeur pourra aller de 2 à 100 microns, avantageusement de 10 à 30 microns. La structure d'électrodes interdigitées du transducteur 2 est élaborée sur la face principale avant 3,

les vias 8 étant en contact électrique avec les plots de contact du transducteur 2 (figure 7a). La couche diélectrique d'encapsulation 4 est ensuite déposée ; elle subit un polissage mécano-chimique et un nettoyage chimique de manière à présenter une surface plane et peu rugueuse (figure 7b), compatible avec l'étape subséquente d'assemblage. La face principale 3 du substrat piézoélectrique 1 est collée par adhésion moléculaire sur le substrat support 5 (figure 7c). Un traitement thermique de consolidation de l'interface est réalisé par exemple à une température inférieure à 100°C, pendant 1h à 5h. La structure collée est ensuite amincie au niveau de la face principale arrière 30 du substrat piézoélectrique 1. Cette étape peut être réalisée par amincissement mécanique (« grinding » selon la terminologie anglo-saxonne), par polissage mécano-chimique, par attaque chimique humide ou sèche, ou encore par une combinaison de ces différentes techniques. L'étape d'amincissement permet de faire déboucher les vias 8 au niveau de la face amincie 30' de la couche 11 piézoélectrique (figure 7d). Avantageusement, la couche piézoélectrique 11 obtenue a une épaisseur résiduelle comprise entre 2 microns et 200 microns. Optionnellement, une couche additionnelle 9 anti-réflexive peut être déposée sur la face 30' de la couche piézoélectrique 11 (figure 7e). La couche additionnelle 9 présente des propriétés anti-réflexives vis-à-vis des ondes acoustiques, limitant ainsi les effets parasites liés aux réflexions multiples d'ondes aux interfaces entre matériaux.

La reprise de contact au niveau des vias 8 et les opérations de packaging peuvent ensuite être faites selon des techniques connues de l'homme du métier.

A titre d'exemple, la couche 11 est en LiNbO_3 et présente une épaisseur de 10 microns ; les vias 8 s'étendent d'une face à l'autre de la couche 11, elles avaient une profondeur initiale dans le substrat piézoélectrique 1 de 12 microns. La couche d'encapsulation 4 est en SiO_2 et présente une épaisseur au-dessus des électrodes du transducteur 2 de 1 micron. Le substrat support 5 est en verre et présente une épaisseur de 300 microns.

Selon un quatrième mode de réalisation conforme à l'invention et illustré en figure 8, le procédé de fabrication d'un dispositif SAW comporte une étape de réalisation de vias 10 à travers le substrat support 5.

Le procédé comprend une première étape de fourniture du substrat piézoélectrique 1 muni sur sa face principale 3, de la structure d'électrodes interdigitées du transducteur 2 (figure 8a). Une couche diélectrique d'encapsulation 4 est ensuite déposée sur la face principale 3 et le transducteur 2. Une étape de planarisation de la couche d'encapsulation 4 est opérée si nécessaire, de sorte que la planéité et la rugosité de surface soient compatibles avec un collage direct (figure 8b). La planarisation peut être faite de manière à obtenir une épaisseur résiduelle définie de la couche d'encapsulation 4 au-dessus des électrodes : à titre d'exemple cette épaisseur sera de l'ordre de 100nm.

Le substrat support 5 comporte sur sa face principale avant 6 une couche diélectrique complémentaire 7, présentant des propriétés anti-réfléctives pour les ondes acoustiques. L'assemblage par collage direct peut alors être effectué entre la couche d'encapsulation 4 et la couche complémentaire 7, après un nettoyage et une activation plasma des deux surfaces (figure 8c). Un traitement thermique à basse température ($\leq 100^{\circ}\text{C}$) est optionnellement appliqué à l'hétéro-structure pour consolider les forces de collage.

Une étape d'amincissement de la face principale arrière 30 du substrat piézoélectrique 1 permet d'obtenir la couche piézoélectrique 11 (figure 8d).

Le substrat support 5 subit ensuite une étape de mise à épaisseur, par amincissement de sa face principale arrière 60 : on obtient ainsi une couche support 55 d'épaisseur adaptée aux besoins de la mise en boîtier du dispositif (figure 8e). Optionnellement, une couche additionnelle 9 anti-réfléctive peut être déposée sur la face 30' de la couche piézoélectrique 11, comme également illustré sur la figure 8e.

Des tranchées sont creusées dans la couche support 55 au niveau de sa face principale arrière amincie 60', puis

remplies d'un matériau conducteur pour former les vias 10, de manière à rejoindre les plots de contact du transducteur 2 et à établir un contact électrique (figure 8f). Les procédés classiques de réalisation de vias (TSV pour « Through Silicon Vias » selon la terminologie anglo-saxonne) peuvent être appliqués, en conservant des températures inférieures à 250°C, pour éviter d'endommager l'hétéro-structure.

La reprise de contact se fait à partir de ces vias 10.

A titre d'exemple, la couche 11 est en LiTaO₃ et présente une épaisseur de 5 à 20 microns. La couche d'encapsulation 4 est en SiO₂ et présente une épaisseur au-dessus des électrodes du transducteur 2 de 100nm. La couche complémentaire 7 est en SiN et présente une épaisseur de 300nm. La couche support 55 est en silicium et présente une épaisseur de 150 microns.

Selon une variante (non représentée) de ce quatrième mode de réalisation, le substrat support 5 comporte sur sa face principale avant 6, en dessous de la couche diélectrique complémentaire 7, une couche active comportant des composants microélectroniques, par exemple des commutateurs (« switch ») et/ou des amplificateurs de puissance (« power amplifier ») radio-fréquences. Avantageusement, le substrat support 5 est un substrat de type SOI (pour « Silicon On Insulator » selon la terminologie anglo-saxonne), la couche SOI constituant la couche active dans laquelle ont été élaborés les composants microélectroniques ; avantageusement, le substrat support 5 est même un substrat de type SOI comportant une couche de piège (connue sous le nom de « trap rich ») sous la couche d'oxyde enterré, procurant de meilleures performances d'isolation pour les composants radio-fréquences.

Dans ce cas, les vias 10 débouchant au niveau de la face principale arrière amincie 60' du substrat support 5 pourront être réalisées de sorte à établir un contact électrique avec les transducteurs 2 ainsi qu'avec les commutateurs et/ou amplificateurs de puissance, permettant ainsi d'intégrer et de connecter au niveau du substrat plusieurs étages de composants et donc plusieurs fonctions.

Selon une autre variante (non représentée) de ce quatrième mode de réalisation, le substrat piézoélectrique 1 comporte des vias 8 s'étendant dans son épaisseur, de sa face principale avant 3 jusqu'à une profondeur déterminée, de manière similaire au troisième mode de réalisation. Dans ce cas, la reprise de contact peut être faite de deux côtés, au niveau de la face amincie 30' de la couche 11 piézoélectrique et/ou au niveau de sa face principale arrière amincie 60' de la couche support 55, ouvrant la possibilité à différentes configurations de co-intégration.

Le procédé de fabrication selon l'invention autorise la fabrication d'un transducteur 2 et d'une couche d'encapsulation 4 sur le substrat piézoélectrique 1, sans contrainte de température liée à une structure hybride (la structure hybride correspondant à une couche piézoélectrique sur substrat de silicium par exemple). Les matériaux utilisés et leurs procédés de dépôts peuvent ainsi être de meilleure qualité, car réalisés à plus haute température, pour amener à des performances accrues du dispositif. Il permet ensuite de réaliser le transfert du transducteur 2 et de tout ou partie du substrat piézoélectrique 1 sur un substrat support 5, via une couche d'encapsulation 4 : ces deux derniers éléments assurant la stabilité vis-à-vis de la température de la réponse en fréquence du dispositif à ondes acoustiques.

Il peut en outre permettre une co-intégration de différents composants (et donc de différentes fonctions) comme illustré par exemple dans une variante du quatrième mode de réalisation de l'invention.

L'invention concerne en outre un dispositif SAW. Le dispositif à ondes acoustiques de surface selon l'invention comporte un transducteur 2 disposé entre la couche piézoélectrique 11 et la couche diélectrique d'encapsulation 4 assemblée au substrat 5 ou à la couche 55 support, comme illustré sur les figures 6e, 7e et 8f.

La couche d'encapsulation 4 et la couche support 55 présentant des coefficients de dilatation thermique inférieurs à celui de la couche piézoélectrique 11 et étant localisés au plus proche du transducteur 2, ils limitent la dilatation / contraction de la couche piézoélectrique 11, en particulier au niveau de la face principale 3. Cela permet au dispositif à ondes acoustiques de surface d'avoir une stabilité de réponse en fréquence améliorée vis-à-vis de la température.

Le dispositif SAW selon l'invention peut également comporter des couches anti-réfléctives 7,9, en-dessous et/ou au-dessus du transducteur 2, c'est-à-dire sur la face 30' de la couche piézoélectrique 11 et/ou sur la face 6 du substrat support 5. Cette configuration peut dans certains cas permettre de limiter les effets parasites des ondes réfléchies aux interfaces entre matériaux.

Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de mise en œuvre décrits et des variantes de réalisation peuvent y être apportés sans pour autant sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un dispositif à ondes acoustiques
5 de surface, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes
suivantes :

- une étape de fourniture d'un substrat piézoélectrique
(1) comportant un transducteur (2) disposé sur une face
principale avant (3) ;

- 10 • une étape de dépôt d'une couche diélectrique
d'encapsulation (4) sur la face principale avant (3) du
substrat piézoélectrique (1) et sur le transducteur
(2) ;

- 15 • une étape d'assemblage de la couche diélectrique
d'encapsulation (4) à une face principale avant (6) d'un
substrat support (5) présentant un coefficient de
dilatation thermique inférieur à celui du substrat
piézoélectrique (1).

20 2. Procédé de fabrication selon la revendication précédente
dans lequel le transducteur (2) comprend une structure
métallique d'électrodes interdigitées.

3. Procédé de fabrication selon l'une des revendications
25 précédentes, dans lequel le substrat piézoélectrique (1)
comporte des vias (8) en contact électrique avec le
transducteur, s'étendant dans l'épaisseur du substrat
piézoélectrique (1), de la face principale avant (3) jusqu'à
une profondeur déterminée.

30 4. Procédé de fabrication selon l'une des revendications
précédentes, dans lequel le substrat piézoélectrique (1) est
un substrat massif dont le matériau est choisi parmi le
groupe constitué de LiNbO₃, LiTaO₃, BaTiO₃, quartz, PZT
35 (Titano-Zirconate de Plomb), ZnO, AlN.

5. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche diélectrique d'encapsulation (4) est constituée par au moins un matériau choisi parmi SiO₂, SiN, SiON, SiOC, SiC, DLC, alumine, silicate d'hafnium, silicate de zirconium, dioxyde d'hafnium, dioxyde de zirconium.
5
6. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, comportant une étape de planarisation de la couche diélectrique d'encapsulation (4) après l'étape de dépôt.
10
7. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le substrat support (5) présente une résistivité supérieure à 100ohms.cm.
15
8. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le substrat support (5) est choisi parmi le groupe constitué de silicium, saphir, verre, céramiques, plastiques.
20
9. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le substrat support (5) comporte une couche diélectrique complémentaire (7) sur sa face principale avant (6).
25
10. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel la couche diélectrique complémentaire (7) est crûe thermiquement.
30
11. Procédé de fabrication selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel la couche diélectrique complémentaire (7) est une couche anti-réflexive.
- 35 12. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape d'assemblage consiste en un collage direct, par adhésion moléculaire.

13. Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape d'assemblage est suivie d'une étape d'amincissement d'une face principale arrière (30) du substrat piézoélectrique (1).

5

14. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel l'étape d'amincissement comprend des procédés de grinding, polissage mécano-chimique ou attaque chimique.

10 15. Procédé de fabrication selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel l'étape d'amincissement conduit à l'obtention d'une couche résiduelle (11) de substrat piézoélectrique, d'épaisseur comprise entre 2 microns et 200 microns.

15

16. Procédé de fabrication selon la revendication 15 lorsqu'elle est combinée avec la revendication 3, dans lequel la couche résiduelle (11) de substrat piézoélectrique (1) a une épaisseur inférieure ou égale à la profondeur déterminée des vias (8).

20

17. Procédé de fabrication selon l'une des deux revendications précédentes, dans lequel l'étape d'amincissement est suivie d'une étape de dépôt d'une couche anti-réfléctive (9) sur la couche résiduelle (11) de substrat piézoélectrique (1).

25

18. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 13 à 17, dans lequel l'étape d'amincissement est suivie d'une étape de mise à épaisseur du substrat support (5), conduisant à l'obtention d'une couche support (55) d'épaisseur comprise entre 10 microns et 250 microns.

30

19. Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel l'étape d'amincissement ou l'étape de mise à épaisseur est suivie d'une étape de réalisation de vias (10) au niveau d'une face principale arrière (60,60') du substrat support (5) ou de la couche support (55) ; lesdites vias

35

(10) s'étendant jusqu'au transducteur (2) et assurant un contact électrique avec celui-ci.

20. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 16 ou 19, comportant une étape de reprise de contacts au niveau des vias (8,10,12).

21. Dispositif à ondes acoustiques de surface comprenant une couche (1,11) de matériau piézoélectrique munie d'un transducteur (2) sur une face principale avant (3), disposée sur un substrat support (5,55) dont le coefficient de dilatation thermique est inférieur à celui du matériau piézoélectrique, caractérisé en ce que le transducteur (2) est disposé dans une couche diélectrique d'encapsulation (4), entre la couche (1,11) de matériau piézoélectrique et le substrat support (5,55).

22. Dispositif à ondes acoustiques de surface selon la revendication précédente, dans lequel la couche (1,11) de matériau piézoélectrique comporte des vias (8,12) conductrices, en contact électrique avec le transducteur (2), traversant ladite couche (1,11) de la face principale avant (3) à une face principale arrière (30,30').

23. Dispositif à ondes acoustiques de surface selon la revendication 21, dans lequel le substrat support (5,55) comporte des vias (10) conductrices, en contact électrique avec le transducteur (2), traversant ledit substrat (5,55) d'une face principale avant (6) à une face principale arrière (60,60').

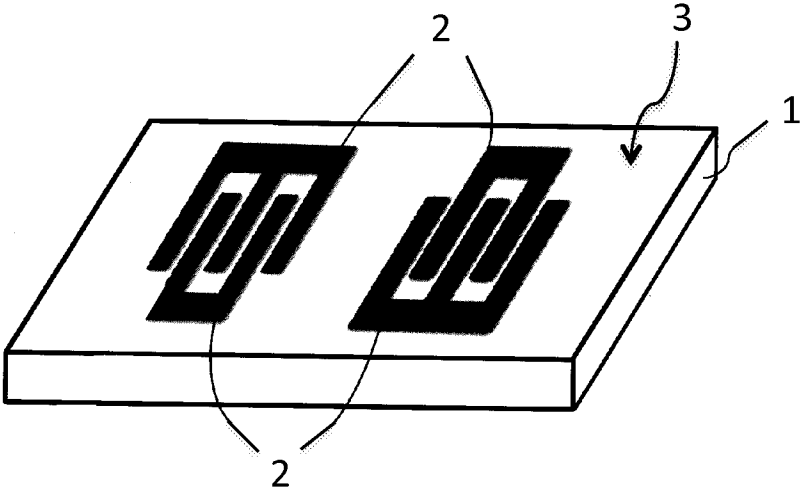


FIG.1

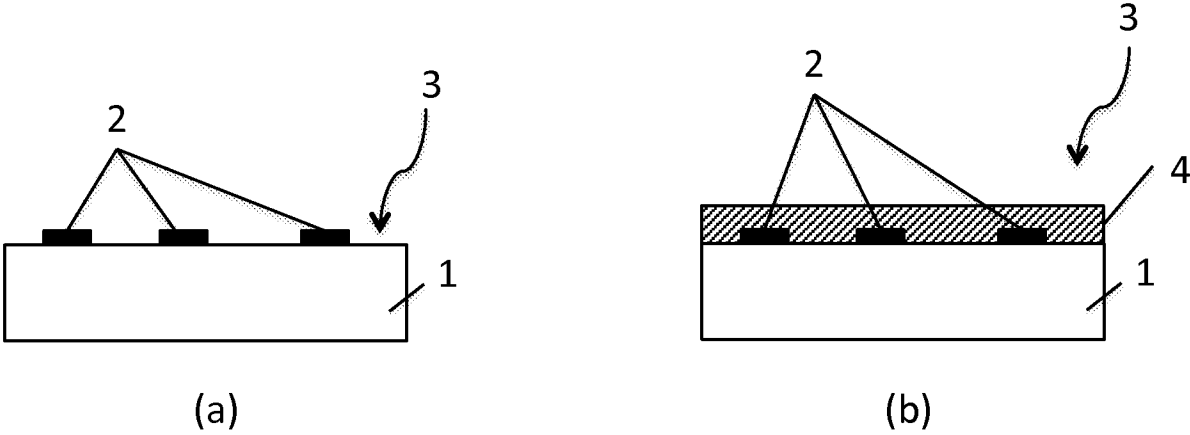


FIG.2

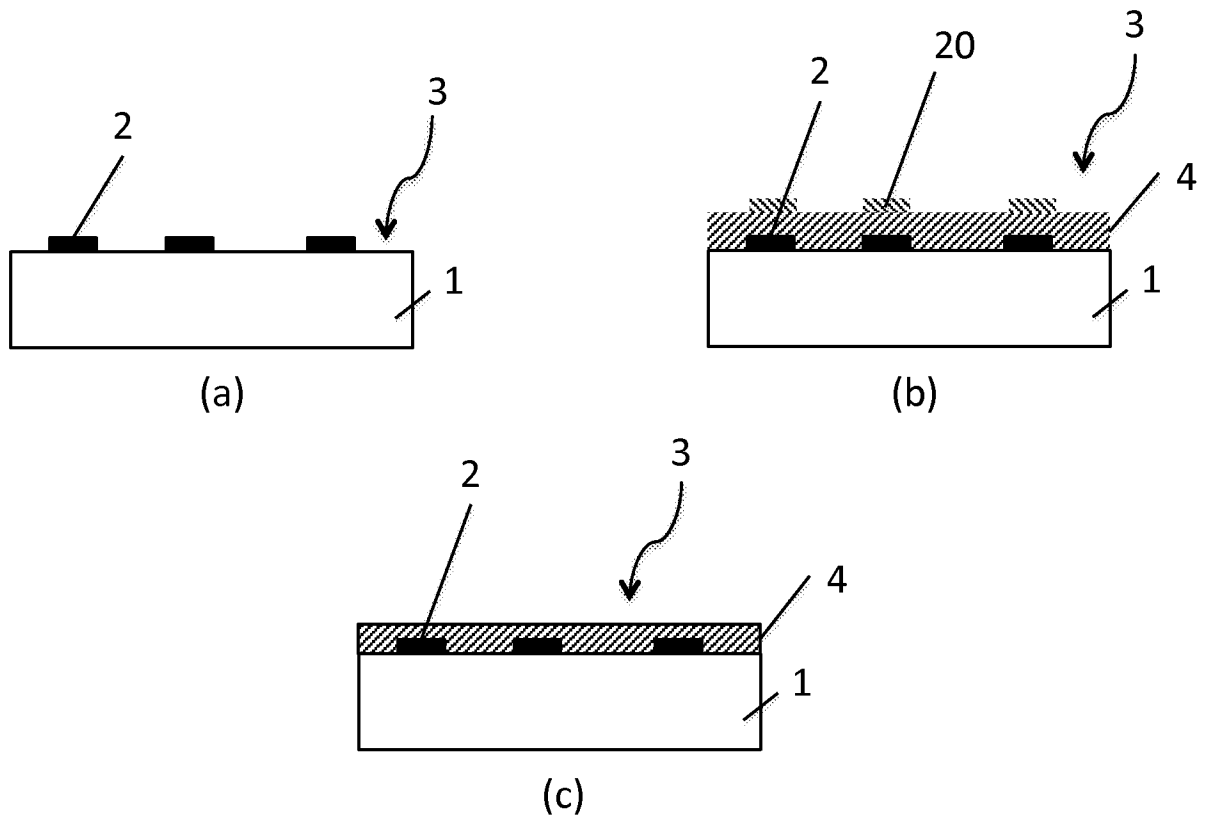


FIG.3

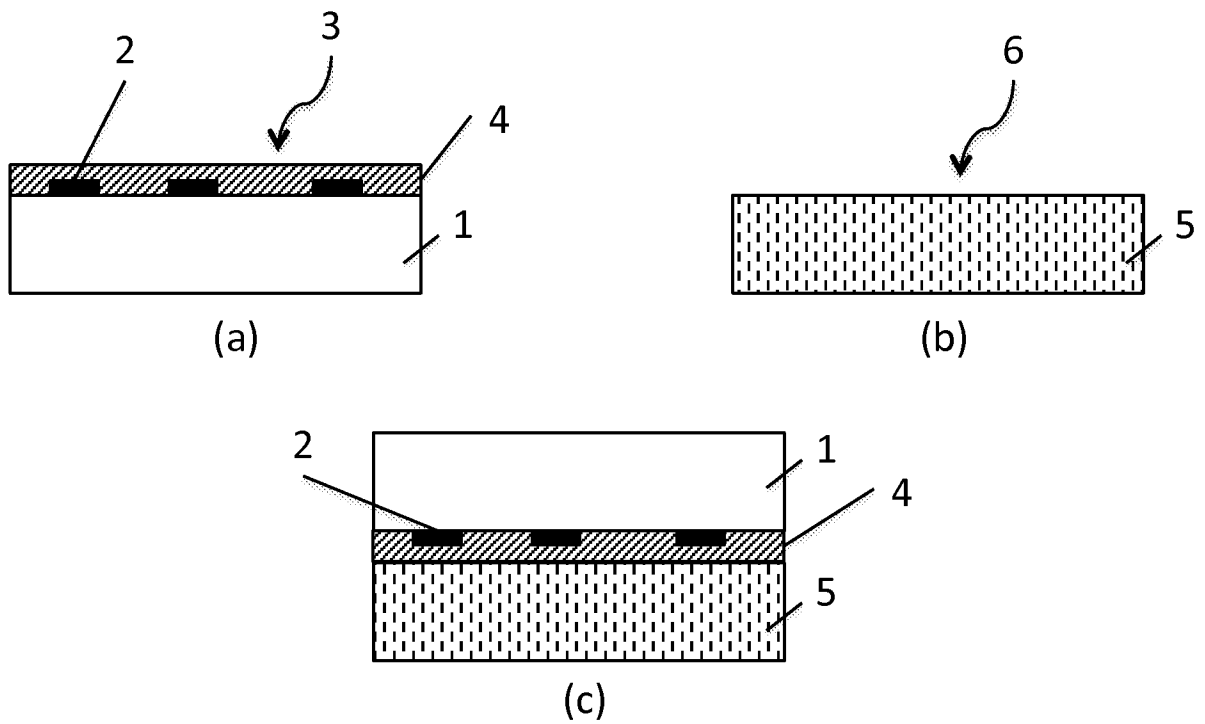


FIG.4

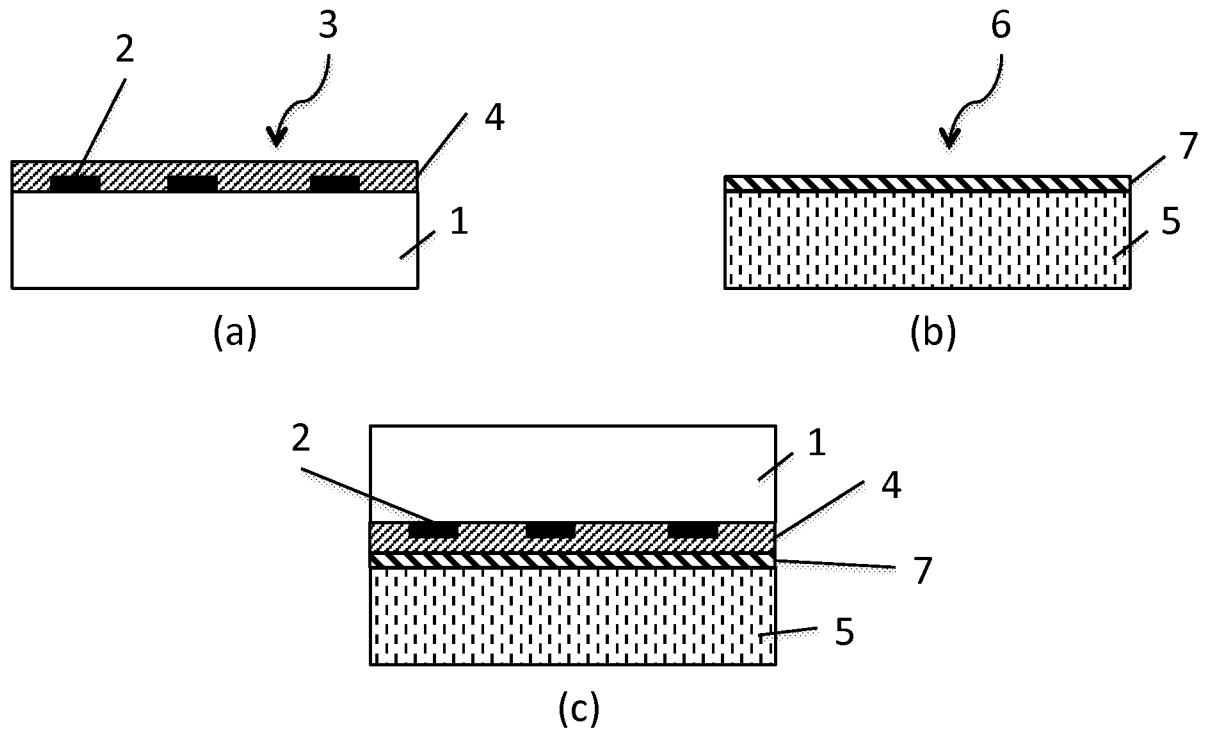
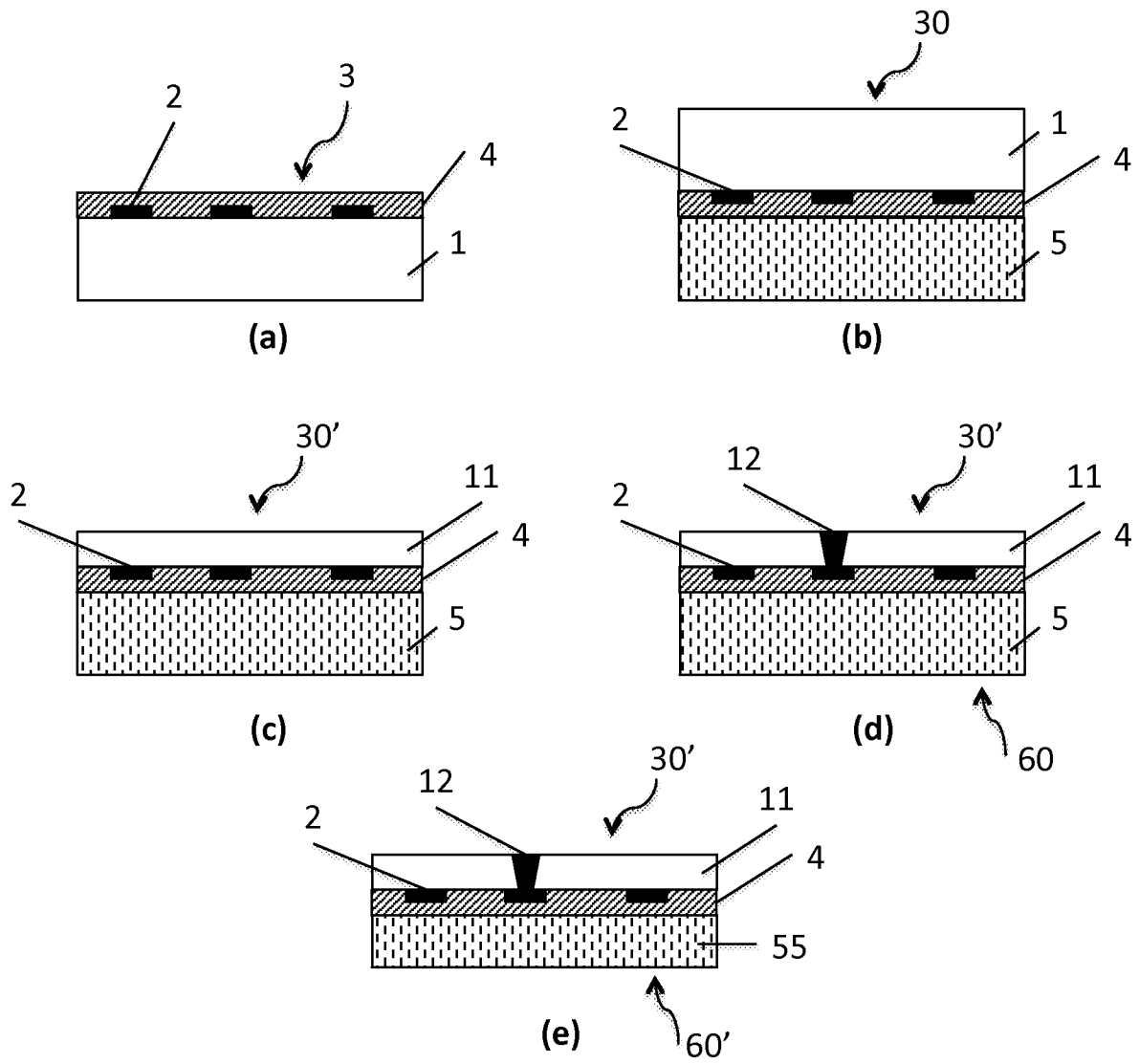


FIG.5



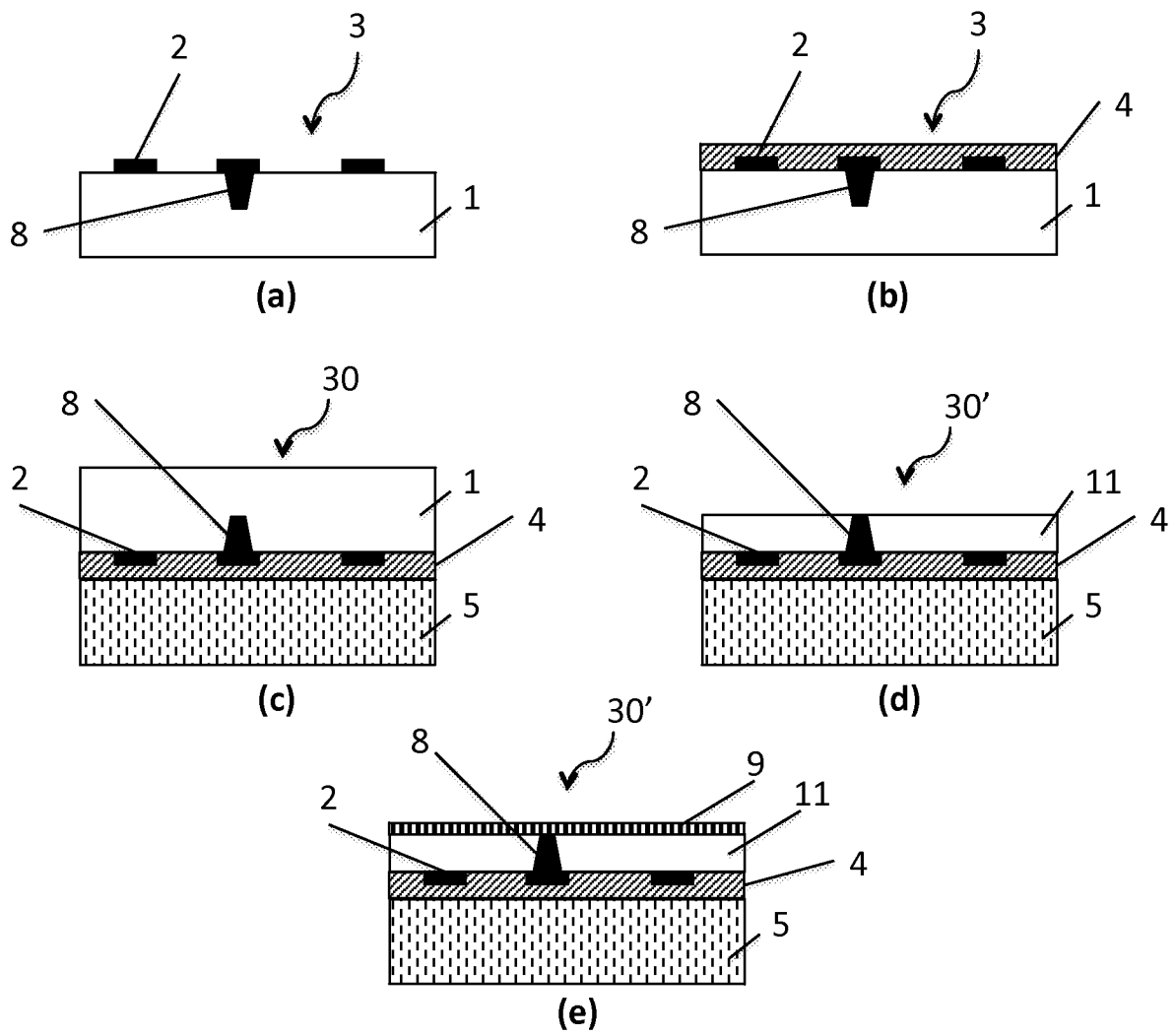


FIG.7

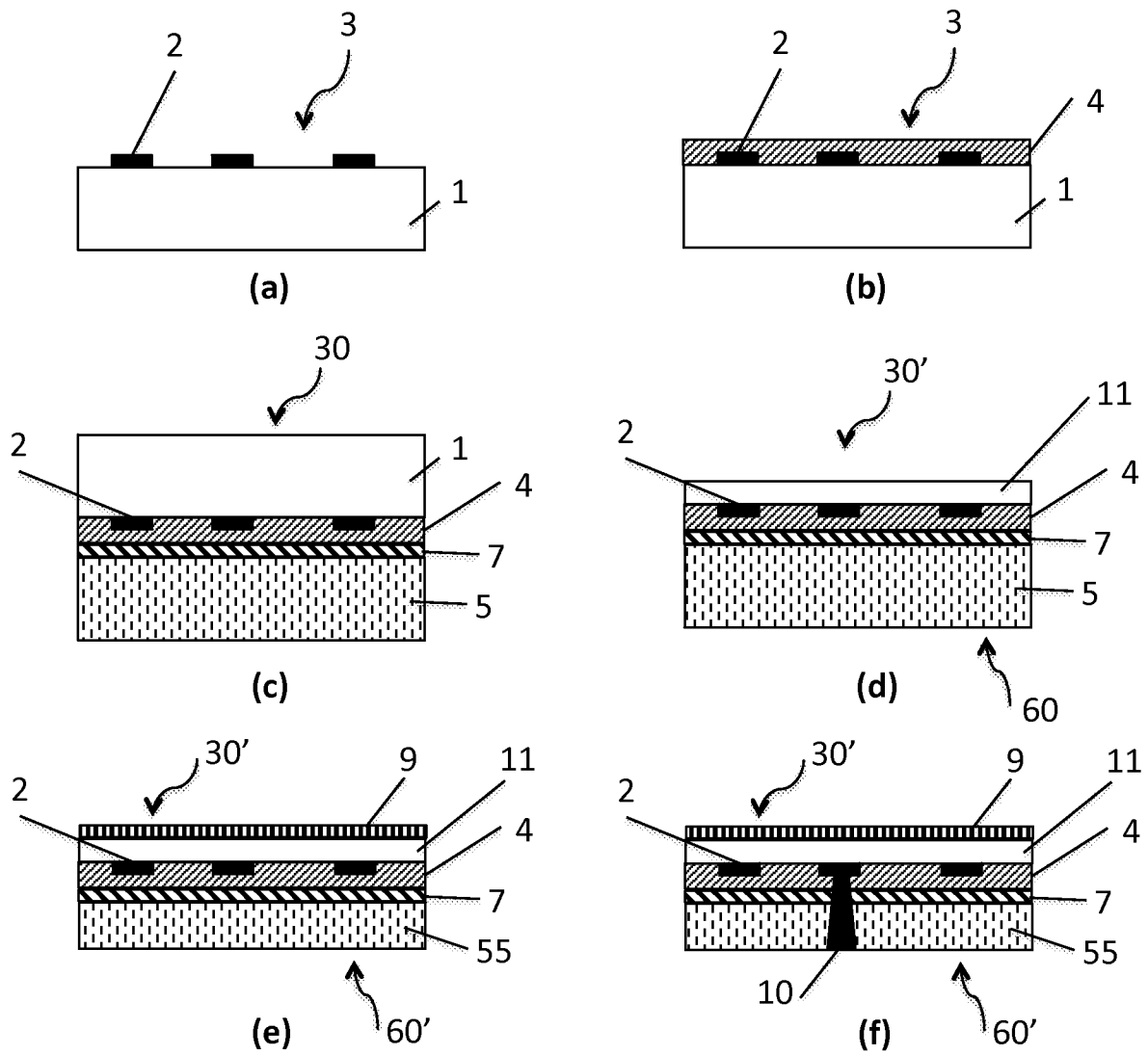


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/052673

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H03H3/10 H03H9/02
 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)
 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, 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 A	US 7 224 101 B2 (MISHIMA NAUYUKI [JP] ET AL) 29 May 2007 (2007-05-29) column 4, line 50 - column 6, line 26 -----	1-12, 16-22 13-15,23
X	US 2008/252396 A1 (RUILE WERNER [DE] ET AL) 16 October 2008 (2008-10-16) paragraphs [0032], [0040], [0045], [0058], [0064], [0072] - [0075], [0079] - [0086]; figures 1C, 2F -----	1-23
X	US 5 446 330 A (EDA KAZUO [JP] ET AL) 29 August 1995 (1995-08-29) figure 18(b); example 4 -----	1,2,4-8, 21
X	US 2009/058225 A1 (KADOTA MICHIO [JP]) 5 March 2009 (2009-03-05) paragraphs [0030] - [0035]; figure 1 ----- -/--	1,2,4-8, 21



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

25 January 2017

Date of mailing of the international search report

02/02/2017

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

De La Pinta, Luis

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2016/052673

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 8 677 604 B2 (KANDO HAJIME [JP]) 25 March 2014 (2014-03-25) column 22, lines 1-12; figure 24 -----	1,2,4-8, 21
A	DE 10 2005 055870 A1 (EPCOS AG [DE]) 24 May 2007 (2007-05-24) abstract; figure 1c -----	3,16,19, 20,22,23

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2016/052673

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 7224101	B2	29-05-2007	CN 1617443 A 18-05-2005
		EP 1538748 A2 08-06-2005	
		JP 3894917 B2 22-03-2007	
		JP 2005150915 A 09-06-2005	
		KR 20050045913 A 17-05-2005	
		US 2005099091 A1 12-05-2005	
US 2008252396	A1	16-10-2008	DE 102005055871 A1 24-05-2007
		DE 112006002507 A5 26-06-2008	
		DE 112006002542 A5 26-06-2008	
		JP 5001947 B2 15-08-2012	
		JP 5193051 B2 08-05-2013	
		JP 2009516967 A 23-04-2009	
		JP 2009516968 A 23-04-2009	
		US 2008252396 A1 16-10-2008	
		US 2008266024 A1 30-10-2008	
		WO 2007059740 A2 31-05-2007	
		WO 2007059741 A1 31-05-2007	
US 5446330	A	29-08-1995	DE 69413280 D1 22-10-1998
		DE 69413280 T2 22-04-1999	
		EP 0616426 A1 21-09-1994	
		US 5446330 A 29-08-1995	
US 2009058225	A1	05-03-2009	DE 112007001259 T5 25-06-2009
		JP 4692629 B2 01-06-2011	
		US 2009058225 A1 05-03-2009	
		WO 2007138844 A1 06-12-2007	
US 8677604	B2	25-03-2014	CN 1788415 A 14-06-2006
		EP 1635459 A1 15-03-2006	
		JP 4419962 B2 24-02-2010	
		JP 4911201 B2 04-04-2012	
		JP 2009225476 A 01-10-2009	
		KR 20060024399 A 16-03-2006	
		KR 20070110412 A 16-11-2007	
		US 2006138902 A1 29-06-2006	
		US 2009102318 A1 23-04-2009	
		US 2013133179 A1 30-05-2013	
		WO 2005069486 A1 28-07-2005	
DE 102005055870	A1	24-05-2007	DE 102005055870 A1 24-05-2007
		JP 5361388 B2 04-12-2013	
		JP 2009516966 A 23-04-2009	
		US 2008292127 A1 27-11-2008	
		WO 2007059733 A1 31-05-2007	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2016/052673

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H03H3/10 H03H9/02 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) 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, 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 A	US 7 224 101 B2 (MISHIMA NAOKYUKI [JP] ET AL) 29 mai 2007 (2007-05-29) colonne 4, ligne 50 - colonne 6, ligne 26 -----	1-12, 16-22 13-15,23
X	US 2008/252396 A1 (RUILE WERNER [DE] ET AL) 16 octobre 2008 (2008-10-16) alinéas [0032], [0040], [0045], [0058], [0064], [0072] - [0075], [0079] - [0086]; figures 1C, 2F -----	1-23
X	US 5 446 330 A (EDA KAZUO [JP] ET AL) 29 août 1995 (1995-08-29) figure 18(b); exemple 4 -----	1,2,4-8, 21
X	US 2009/058225 A1 (KADOTA MICHIO [JP]) 5 mars 2009 (2009-03-05) alinéas [0030] - [0035]; figure 1 ----- -/-	1,2,4-8, 21
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 25 janvier 2017		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 02/02/2017
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 De La Pinta, Luis

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 8 677 604 B2 (KANDO HAJIME [JP]) 25 mars 2014 (2014-03-25) colonne 22, lignes 1-12; figure 24 -----	1,2,4-8, 21
A	DE 10 2005 055870 A1 (EPCOS AG [DE]) 24 mai 2007 (2007-05-24) abrégé; figure 1c -----	3,16,19, 20,22,23

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2016/052673

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 7224101	B2	29-05-2007	CN 1617443 A	18-05-2005
			EP 1538748 A2	08-06-2005
			JP 3894917 B2	22-03-2007
			JP 2005150915 A	09-06-2005
			KR 20050045913 A	17-05-2005
			US 2005099091 A1	12-05-2005

US 2008252396	A1	16-10-2008	DE 102005055871 A1	24-05-2007
			DE 112006002507 A5	26-06-2008
			DE 112006002542 A5	26-06-2008
			JP 5001947 B2	15-08-2012
			JP 5193051 B2	08-05-2013
			JP 2009516967 A	23-04-2009
			JP 2009516968 A	23-04-2009
			US 2008252396 A1	16-10-2008
			US 2008266024 A1	30-10-2008
			WO 2007059740 A2	31-05-2007
			WO 2007059741 A1	31-05-2007

US 5446330	A	29-08-1995	DE 69413280 D1	22-10-1998
			DE 69413280 T2	22-04-1999
			EP 0616426 A1	21-09-1994
			US 5446330 A	29-08-1995

US 2009058225	A1	05-03-2009	DE 112007001259 T5	25-06-2009
			JP 4692629 B2	01-06-2011
			US 2009058225 A1	05-03-2009
			WO 2007138844 A1	06-12-2007

US 8677604	B2	25-03-2014	CN 1788415 A	14-06-2006
			EP 1635459 A1	15-03-2006
			JP 4419962 B2	24-02-2010
			JP 4911201 B2	04-04-2012
			JP 2009225476 A	01-10-2009
			KR 20060024399 A	16-03-2006
			KR 20070110412 A	16-11-2007
			US 2006138902 A1	29-06-2006
			US 2009102318 A1	23-04-2009
			US 2013133179 A1	30-05-2013
			WO 2005069486 A1	28-07-2005

DE 102005055870	A1	24-05-2007	DE 102005055870 A1	24-05-2007
			JP 5361388 B2	04-12-2013
			JP 2009516966 A	23-04-2009
			US 2008292127 A1	27-11-2008
			WO 2007059733 A1	31-05-2007
