

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **3 119 888**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **21 01603**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 J 5/02** (2020.12), G 01 J 5/10, H 01 L 21/00,
H 01 L 27/00

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **DISPOSITIF PYROELECTRIQUE COMPRENANT UN SUBSTRAT A COUCHE SUPERFICIELLE PYROELECTRIQUE ET PROCEDE DE REALISATION.**

②② **Date de dépôt** : 18.02.21.

③⑦ **Priorité** :

④③ **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 19.08.22 Bulletin 22/33.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention** : 17.11.23 Bulletin 23/46.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de recherche** :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑦ **Références à d'autres documents nationaux apparentés** :

Demande(s) d'extension :

⑦① **Demandeur(s)** : *ELICHENS Société anonyme à conseil d'administration* — FR.

⑦② **Inventeur(s)** : GALISULTANOV Ayrat.

⑦③ **Titulaire(s)** : *ELICHENS Société anonyme à conseil d'administration.*

⑦④ **Mandataire(s)** : BREVALEX.

FR 3 119 888 - B1



Description

Titre de l'invention : DISPOSITIF PYROELECTRIQUE COMPRENANT UN SUBSTRAT A COUCHE SUPERFICIELLE PYROELECTRIQUE ET PROCEDE DE REALISATION

Domaine technique

[0001] L'invention concerne le domaine des détecteurs, ou capteurs, pyroélectriques, et notamment celui de la réalisation de tels détecteurs. L'invention s'applique en particulier au domaine des détecteurs pyroélectriques utilisés pour la réalisation de détecteurs de gaz de type NDIR (« Non-Dispersive InfraRed » en anglais, ou infrarouge non dispersif) ou comme un imageur infrarouge dans les capteurs de présence, mouvement et température.

État de la technique antérieure

[0002] Un détecteur pyroélectrique est un dispositif comprenant au moins un matériau pyroélectrique dans lequel un changement de température se traduit par une variation de sa polarisation électrique.

[0003] Le tantalate de lithium (LiTaO_3) est un matériau pyroélectrique très intéressant pour la réalisation de tels détecteurs car il présente, sous forme de tranche, ou couche, d'épaisseur comprise par exemple entre 10 μm et 800 μm , un important facteur de mérite et une grande stabilité de polarisation. Cela est également valable pour d'autres matériaux pyroélectriques, comme par exemple le LiNbO_3 .

[0004] Pour réaliser un détecteur pyroélectrique performant, une fine membrane suspendue avec l'empilement contenant au moins une couche du matériau pyroélectrique est utilisée (épaisseur de la membrane par exemple inférieure ou égale à 1 μm ou 2 μm). La fine épaisseur de la membrane garantit une faible masse thermique, et la suspension de la membrane permet de limiter les pertes par conduction thermique entre le matériau pyroélectrique et le substrat et, par conséquent, d'avoir une bonne isolation thermique.

[0005] Afin de bénéficier des caractéristiques conférées par la couche épaisse de matériau pyroélectrique tout en ayant un détecteur de faible masse thermique et une bonne isolation thermique, la fine membrane de matériau pyroélectrique est généralement obtenue par gravure et usinage par faisceau ionique (gravure IBE, ou « Ion Beam Etching » en anglais) d'une tranche ou couche épaisse de matériau pyroélectrique.

[0006] Toutefois, l'usinage par faisceau ionique est une technique complexe à mettre en œuvre. De plus, les temps de gravure du LiTaO_3 sont importants. Ces contraintes engendrent un coût de réalisation important d'un détecteur pyroélectrique comprenant une fine membrane de matériau pyroélectrique réalisée par gravure et usinage ionique

d'une couche épaisse du matériau pyroélectrique.

Exposé de l'invention

- [0007] Un but de la présente invention est de proposer un dispositif pyroélectrique et un procédé de réalisation d'un dispositif pyroélectrique présentant les bonnes performances des détecteurs pyroélectriques comprenant une fine membrane de matériau pyroélectrique réalisée par gravure et usinage ionique d'une tranche épaisse du matériau pyroélectrique mais avec un coût de fabrication inférieur et sans les inconvénients liés à la mise en œuvre d'un usinage ionique.
- [0008] Pour cela, la présente invention propose un procédé de réalisation d'au moins un détecteur pyroélectrique, comportant au moins les étapes suivantes :
- [0009] - réalisation d'au moins une première électrode sur, ou contre, au moins une première partie d'une face avant d'une couche superficielle de matériau pyroélectrique d'un substrat comportant en outre une couche support sur laquelle, ou contre laquelle, la couche de matériau pyroélectrique est disposée ;
- [0010] - réalisation d'au moins une cavité traversant la couche support telle qu'une paroi de fond de la cavité soit formée par une partie d'une face arrière de la couche de matériau pyroélectrique qui est opposée à la face avant de la couche de matériau pyroélectrique, et telle qu'au moins une partie de la paroi de fond de la cavité soit disposée à l'aplomb de la première électrode ;
- [0011] - réalisation d'au moins une deuxième électrode sur, ou contre, au moins la partie de la paroi de fond de la cavité.
- [0012] Ce procédé, qui repose sur des techniques liées à la technologie MEMS (« MicroElectroMechanical Systems » en anglais), propose d'utiliser un substrat à couche superficielle pyroélectrique pour la réalisation de détecteurs pyroélectriques, dans lequel la couche de matériau pyroélectrique est obtenue à partir d'une couche épaisse de matériau pyroélectrique. Dans ce procédé, aucune étape d'usinage ionique d'une couche épaisse du matériau pyroélectrique n'est mise en œuvre, ce qui permet de réduire considérablement le coût de réalisation du détecteur et de ne pas avoir les contraintes de mise en œuvre d'un usinage ionique, tout en permettant l'obtention d'excellentes performances de détection.
- [0013] En outre, grâce à la cavité formée à travers la couche support, aucun masque supplémentaire n'est nécessaire pour la réalisation de la deuxième électrode puisque la couche support sert elle-même de masque pour la réalisation de cette deuxième électrode.
- [0014] En outre, la surface des ouvertures formées à travers la couche support est minimisée et est égale uniquement à celle permettant la réalisation de la deuxième électrode. Cela permet d'améliorer la rigidité du substrat pendant le processus de fabrication (rapport

entre la surface des ouvertures à travers la couche support et la surface totale du substrat) et permet d'augmenter la densité de détecteurs pyroélectriques réalisables dans un même substrat.

- [0015] Enfin, le détecteur ainsi réalisé présente une masse thermique faible car seule la couche pyroélectrique et les deux électrodes sont dans l'empilement de la membrane, ce qui est favorable à l'obtention de bonnes performances de détection.
- [0016] Un tel procédé n'est pas évident car un substrat à couche superficielle pyroélectrique est connu pour pouvoir servir à la réalisation de filtre RF à ondes acoustiques de surface (SAW) par fabrication de peignes interdigités depuis la face avant de la couche de matériau pyroélectrique, mais n'a jamais été utilisé comme proposé ici.
- [0017] Dans le procédé exposé ci-dessus, au moins une partie de la paroi de fond de la cavité est disposée à l'aplomb de la première électrode. Autrement dit, en considérant une projection de cette partie de la paroi de fond de la cavité dans un plan parallèle à la face avant de la couche de matériau pyroélectrique et qui passe par cette face avant, au moins une partie de cette projection se superpose à la surface de la première partie de la cette face avant qui est recouverte par la première électrode.
- [0018] Les détecteurs obtenus en mettant en œuvre ce procédé peuvent avantageusement être utilisés comme détecteurs thermiques dans les capteurs de gaz NDIR ou comme un imageur infrarouge dans les capteurs de présence, de mouvement ou de température.
- [0019] Dans le substrat utilisé, la couche de matériau pyroélectrique est qualifiée de « superficielle » car son épaisseur est très inférieure, par exemple d'au moins un facteur 100, à celle de la couche support.
- [0020] De manière avantageuse, le matériau pyroélectrique peut correspondre à du LiTaO_3 , ou tantalate de lithium. Le détecteur pyroélectrique bénéficie dans ce cas des avantages apportés par ce matériau pyroélectrique issu d'une couche épaisse, à savoir un important facteur de mérite pour un détecteur pyroélectrique et une grande stabilité de polarisation.
- [0021] De manière avantageuse, l'épaisseur de la couche de matériau pyroélectrique peut être comprise entre 300 nm et 3 μm . La couche de matériau pyroélectrique du substrat forme dans ce cas une fine membrane de matériau pyroélectrique ayant une faible masse thermique et directement utilisable pour la réalisation du détecteur pyroélectrique.
- [0022] La forme et/ou les dimensions de la première électrode, dans un plan parallèle à la face avant de la couche de matériau pyroélectrique, peuvent être similaires de celles de la deuxième électrode.
- [0023] La réalisation de la première électrode peut comporter au moins un dépôt d'au moins une première portion d'un premier matériau électriquement conducteur sur, ou contre,

la première partie de la face avant de la couche de matériau pyroélectrique, une deuxième portion du premier matériau électriquement conducteur étant également déposée sur, ou contre, une deuxième partie de la face avant de la couche de matériau pyroélectrique telle qu'elle forme au moins une partie d'un premier contact électrique relié électriquement à la première électrode.

- [0024] Le procédé peut comporter en outre, avant la réalisation de la première électrode, la gravure d'une ouverture à travers la couche de matériau pyroélectrique et agencée telle qu'elle débouche sur la partie de la paroi de fond de la cavité sur laquelle la deuxième électrode est destinée à être réalisée, et une troisième portion du premier matériau électriquement conducteur peut être également déposée sur, ou contre, une troisième partie de la face avant de la couche de matériau pyroélectrique et dans l'ouverture telle qu'elle forme au moins une partie d'un deuxième contact électrique destiné à être relié électriquement à la deuxième électrode.
- [0025] La réalisation du premier contact électrique et/ou du deuxième contact électrique peut comporter en outre un dépôt d'au moins un deuxième matériau électriquement conducteur sur la deuxième portion et/ou la troisième portion du premier matériau électriquement conducteur.
- [0026] La cavité peut être formée en mettant en œuvre :
- [0027] - un dépôt d'un masque dur sur, ou contre, au moins une première partie d'une face arrière de la couche support destinée à être localisée en périphérie de la cavité ;
- [0028] - une première gravure ionique réactive profonde, ou DRIE (« Deep Reactive Ion Etching » en anglais) à travers au moins une deuxième partie de la face arrière de la couche support non recouverte par le masque dur, formant une première partie de la cavité dans une partie de l'épaisseur de la couche support ;
- [0029] - un dépôt d'une couche de protection fluorocarbonée au moins sur, ou contre, des parois latérale de la première partie de la cavité ;
- [0030] - une deuxième gravure isotrope depuis une paroi de fond de la première partie de la cavité et à travers une épaisseur restante de la couche support, formant une deuxième partie de la cavité dans l'épaisseur restante de la couche support.
- [0031] Les dimensions de la deuxième partie de la cavité, dans un plan parallèle à la face avant de la couche de matériau pyroélectrique, peuvent être supérieures à celles de la première partie de la cavité, et le procédé peut comporter en outre une réalisation d'au moins une tranchée d'isolation thermique à travers la couche de matériau pyroélectrique et agencée au moins en partie autour de la première électrode. Cette ou ces tranchées améliorent l'isolation thermique de la portion de matériau pyroélectrique se trouvant entre les première et deuxième électrodes vis-à-vis du reste du substrat. L'étape de réalisation de la ou des tranchées d'isolation thermique peut être mise en œuvre simultanément à l'étape de gravure de l'ouverture à travers la couche de

matériau pyroélectrique et qui débouche sur la partie de la paroi de fond de la cavité sur laquelle la deuxième électrode est destinée à être réalisée.

[0032] Le procédé peut être tel que :

[0033] - le substrat est de type POI (« Pyroelectric-On-Insulator » en anglais, ou pyroélectrique sur isolant) et comporte en outre une couche diélectrique enterrée disposée entre la couche support et la couche de matériau pyroélectrique, la face arrière de la couche de matériau pyroélectrique étant disposée contre la couche diélectrique enterrée, et

[0034] - la cavité est réalisée telle qu'elle traverse également la couche diélectrique enterrée.

[0035] Lorsque le matériau pyroélectrique correspond à du LiTaO_3 , le substrat POI correspond à un substrat LTOI (« Lithium Tantalate On Insulator » en anglais, ou Tantalate de lithium sur isolant).

[0036] Les étapes mises en œuvre pour former la cavité peuvent comporter en outre une troisième gravure depuis une paroi de fond de la deuxième partie de la cavité et à travers la couche diélectrique enterrée, mise en œuvre après la deuxième gravure isotrope et formant une troisième partie de la cavité dans la couche diélectrique enterrée.

[0037] Dans ce cas, les dimensions de la troisième partie de la cavité, dans un plan parallèle à la face avant de la couche de matériau pyroélectrique, peuvent supérieures à celles de la première partie de la cavité.

[0038] L'invention concerne également un détecteur pyroélectrique, comportant au moins :

[0039] - un substrat comportant une couche support et une couche de matériau pyroélectrique disposée sur la couche support ;

[0040] - une première électrode disposée sur, ou contre, au moins une première partie d'une face avant de la couche de matériau pyroélectrique opposée à une face arrière de la couche de matériau pyroélectrique disposée du côté de la couche support ;

[0041] - une cavité traversant la couche support telle qu'une paroi de fond de la cavité soit formée par une partie de la face arrière de la couche de matériau pyroélectrique, et telle qu'au moins une partie de la paroi de fond de la cavité soit disposée à l'aplomb de la première électrode ;

[0042] - une deuxième électrode disposée sur au moins la partie de la paroi de fond de la cavité.

[0043] Dans l'ensemble du document, le terme « sur » est utilisé sans distinction de l'orientation dans l'espace de l'élément auquel ce rapporte ce terme. Par exemple, dans la caractéristique « sur au moins une première partie d'une face avant d'une couche de matériau pyroélectrique », cette face avant n'est pas nécessairement orientée vers le haut mais peut correspondre à une face orientée selon n'importe quelle direction. En outre, la disposition d'un premier élément sur un deuxième élément doit être comprise

comme pouvant correspondre à la disposition du premier élément directement contre le deuxième élément, sans aucun élément intermédiaire entre les premier et deuxième éléments, ou bien comme pouvant correspondre à la disposition du premier élément sur le deuxième élément avec un ou plusieurs éléments intermédiaires disposés entre les premier et deuxième éléments.

Brève description des dessins

- [0044] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :
- [0045] [Fig.1]
 [0046] [Fig.2]
 [0047] [Fig.3]
 [0048] [Fig.4]
 [0049] [Fig.5]
 [0050] [Fig.6]
 [0051] [Fig.7]
 [0052] [Fig.8]
 [0053] [Fig.9] et
 [0054] [Fig.10] représentent des étapes d'un procédé de réalisation d'un détecteur pyroélectrique, objet de la présente invention, selon un mode de réalisation particulier ;
 [0055] [Fig.11] et
 [0056] [Fig.12] représentent des détecteurs pyroélectriques, objets de la présente invention, selon des variantes de réalisation.
- [0057] Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.
- [0058] Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.
- [0059] Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.
- [0060] **Exposé détaillé de modes de réalisation particuliers**
- [0061] Un exemple de procédé de réalisation d'un détecteur pyroélectrique 100 est décrit ci-dessous en lien avec les figures 1 à 10. Chacune des figures 1 à 10 comporte une première vue a) correspondant à une vue de dessus de la structure réalisée (du côté de la face du détecteur 100 destinée à recevoir un rayonnement thermique à détecter), une deuxième vue b) correspondant à une vue en coupe de la structure réalisée, et une troisième vue c) correspondant à vue de dessous de la structure réalisée. Les axes de

référence X, Y et Z représentés sur la [Fig.1] sont similaires pour l'ensemble des figures 1 à 10. Bien que la réalisation d'un seul détecteur pyroélectrique 100 soit décrite ici, le procédé est généralement mis en œuvre tel que de nombreux détecteurs pyroélectriques 100 soient simultanément réalisés sur le substrat utilisé.

- [0062] Le détecteur 100 est réalisé à partir d'un substrat 102, ici de type POI et comprenant une couche support 104, une couche diélectrique enterrée 106 et une couche superficielle de matériau pyroélectrique 108. Le substrat 102 est représenté sur la [Fig.1]. La couche diélectrique enterrée 106 est disposée entre la couche support 104 et la couche de matériau pyroélectrique 108. La présence de la couche diélectrique enterrée 106 dans le substrat 102 a pour avantage de protéger la face arrière de la couche de matériau pyroélectrique 108 (face arrière se trouvant du côté de la couche diélectrique enterrée 106) par exemple vis-à-vis d'étapes de gravure DRIE qui seront mises en œuvre ultérieurement.
- [0063] Le substrat 102 correspond par exemple à un substrat de diamètre égal à 100 ou 150 mm. En variante, le diamètre du substrat 102 peut avoir une valeur différente de 100 ou 150 mm.
- [0064] Le substrat 102 est par exemple réalisé en mettant en œuvre un procédé de type « smart-cut » analogue à celui mis en œuvre pour la réalisation de substrat SOI (silicium sur isolant), la couche de silicium utilisée pour former la couche superficielle du substrat SOI étant ici remplacée par une couche de matériau pyroélectrique épaisse servant à la réalisation de la couche superficielle de matériau pyroélectrique 108. La couche de SiO₂ 106 peut être réalisée par oxydation thermique ou par un processus de dépôt, par exemple PECVD.
- [0065] La couche support 104 correspond par exemple à une couche de silicium ou de verre, saphir, etc., et notamment du silicium de type HR (Haute Résistivité). La résistivité du silicium de la couche support 104 est par exemple supérieure à 10 kΩ.cm. L'épaisseur (dimension parallèle à l'axe Z) de la couche support 104 est par exemple égale à 500 μm ou plus généralement comprise entre 300 μm et 800 μm.
- [0066] La couche diélectrique enterrée 106 correspond par exemple à une couche de SiO₂. L'épaisseur de la couche diélectrique enterrée 106 est par exemple égale à 0,5 μm ou plus généralement comprise entre 0 et 4 μm (l'épaisseur nulle représentant le fait que cette couche diélectrique enterrée 106 peut ne pas être présente dans le substrat 102).
- [0067] De manière avantageuse, la couche de matériau pyroélectrique 108 correspond à une couche de LiTaO₃. L'épaisseur de la couche de matériau pyroélectrique 108 est par exemple égale à 0,5 μm, avec une tolérance de 0,1 μm. Plus généralement, l'épaisseur de la couche de matériau pyroélectrique 108 est par exemple comprise entre 300 nm et 3 μm, ce qui permet de l'utiliser directement (sans mise en œuvre de gravure) pour former une fine membrane de matériau pyroélectrique. En variante, la couche 108 peut

comporter un matériau pyroélectrique différent du LaTiO_3 , comme par exemple du LiNbO_3 .

- [0068] Une ouverture 110 est ensuite réalisée à travers la couche de matériau pyroélectrique 108, depuis une face avant 112 de la couche de matériau pyroélectrique 108 jusqu'au travers d'une face arrière 114 de la couche de matériau pyroélectrique 108 en contact avec la couche diélectrique enterrée 106 (voir [Fig.2], sur laquelle la vue b) correspond à une vue en coupe selon l'axe AA visible sur la vue a), cela étant également le cas sur les figures 3 à 10). Cette ouverture 110 a pour but de former un accès, depuis la face avant 112 de la couche de matériau pyroélectrique 108, à une partie de la face arrière 114 sur laquelle une électrode arrière du détecteur 100 sera réalisée ultérieurement. L'ouverture 110 est réalisée en mettant en œuvre une gravure à travers la couche de matériau pyroélectrique 108, par exemple de type IBE.
- [0069] Dans l'exemple de réalisation décrit ici, l'ouverture 110 a une forme sensiblement conique dont le diamètre au niveau de la face avant 112, noté « a » sur la [Fig.2], est égal à environ 10 μm ou plus généralement compris entre 3 μm et 30 μm . Le diamètre de l'ouverture 100 au niveau de la face arrière 114 est par exemple compris entre 1 μm et 28 μm . En variante, la forme de l'ouverture 110 peut être différente, par exemple cylindrique ou d'une toute autre forme.
- [0070] Une première électrode 116 est ensuite réalisée sur une première partie 118 de la face avant 112 de la couche de matériau pyroélectrique 108. Cette première électrode 116 comporte au moins un premier matériau électriquement conducteur, par exemple du NiCr ou du TiN. La première électrode 116 est par exemple réalisée en mettant en œuvre un dépôt d'une couche de ce premier matériau électriquement conducteur à travers un premier masque de sérigraphie dont le motif (c'est-à-dire la ou les ouvertures que comporte le premier masque), à travers lequel le premier matériau électriquement conducteur est déposé, correspond à celui de la première électrode 116. L'épaisseur de la couche du premier matériau électriquement conducteur déposée est par exemple égale à 10 nm ou plus généralement comprise entre 5 nm et 50 nm.
- [0071] La mise en œuvre de l'étape de dépôt de la couche du premier matériau électriquement conducteur permet de former également une partie d'un premier contact électrique 120 relié électriquement à la première électrode 116 et disposé sur une deuxième partie (non référencée sur les figures) de la face avant 112 de la couche de matériau pyroélectrique 108, ainsi qu'une partie d'un deuxième contact électrique 122 disposé sur une troisième partie 124 de la face avant 112 de la couche de matériau pyroélectrique 108 et dans l'ouverture 110. Comme cela est visible sur la [Fig.3], une première portion du premier matériau électriquement conducteur déposée sur la première partie 118 de la face avant 112 forme la première électrode 116, une deuxième portion 121 du premier matériau électriquement conducteur déposée sur la

deuxième partie de la face avant 112 forme une partie du premier contact électrique 120 relié électriquement à la première électrode 116, et une troisième portion 123 du premier matériau électriquement conducteur déposée sur la troisième partie 124 de la face avant 112 et dans l'ouverture 110 forme une partie du deuxième contact électrique 122. La troisième portion 123 du premier matériau électriquement conducteur est notamment déposée sur la paroi de fond de l'ouverture 110 qui est formée par la couche diélectrique enterrée 106. Cette troisième portion 123 est destinée à être reliée électriquement à la deuxième électrode du détecteur 100 qui sera réalisée ultérieurement sur la face arrière 114 de la couche de matériau pyroélectrique 108.

[0072] Pour former ces deuxième et troisième portions 121, 123 du premier matériau électriquement conducteur, le motif du premier masque de sérigraphie à travers lequel le premier matériau électriquement conducteur est déposé inclus, en plus de celui de la première électrode 116, ceux des premier et deuxième contacts électriques 120, 122. Ces motifs sont tels que les premier et deuxième contacts électriques 120, 122 réalisés ne seront pas en contact électriquement l'un avec l'autre, et que la première électrode 116 ne sera pas en contact électriquement avec le deuxième contact électrique 122.

[0073] Dans l'exemple de réalisation décrit ici, la forme de la première électrode 116, dans un plan parallèle à la face avant 112, est sensiblement rectangulaire (avec toutefois un coin de ce rectangle qui est rogné pour éviter d'être en contact électriquement avec le deuxième contact électrique 122). La forme de la première électrode 116 peut toutefois être différente.

[0074] Une couche épaisse d'un deuxième matériau électriquement conducteur, correspondant par exemple à de l' Au, de l' Al, du Pt ou du NiCr, est ensuite déposée de manière à recouvrir les deuxième et troisième portions 121, 123 du premier matériau électriquement conducteur (voir [Fig.4]). L'épaisseur de cette couche du deuxième matériau électriquement conducteur est par exemple comprise entre 100 nm et 1000 nm. Ce dépôt épais du deuxième matériau électriquement conducteur permet d'obtenir l'épaisseur requise pour un test sous pointes et un câblage par fil des premier et deuxième contacts électriques 120, 122. Ce dépôt est par exemple réalisé à travers un deuxième masque de sérigraphie dont le motif correspond à celui des premier et deuxième contacts électriques 120, 122. Les portions du deuxième matériau électriquement conducteur formées par ce dépôt portent les références 126 et 128 et forment, avec les deuxième et troisième portions 121, 123 du premier matériau électriquement conducteur précédemment déposées, les premier et deuxième contacts électriques 120, 122.

[0075] Une couche de protection 130 est ensuite appliquée sur la face avant 112 de la couche de matériau pyroélectrique 108, en recouvrant également la première électrode 116 ainsi que les premier et deuxième contacts électriques 120, 122 (voir [Fig.5]). La

couche de protection 130 a par exemple une épaisseur égale à 10 μm et comporte par exemple une résine dite « positive » (un type de résine photosensible pour laquelle la partie de résine photosensible non exposée reste insoluble). Le rôle de la couche de protection 130 est de protéger le matériau pyroélectrique de la couche 108 ainsi que la première électrode 116 et les contacts électriques 120, 122 des étapes qui seront mises en œuvre par la suite.

[0076] Une cavité 132 est ensuite réalisée par gravure dans la couche support 104 et la couche diélectrique enterrée 106 telle qu'une paroi de fond de la cavité 132 soit formée par une partie de la face arrière 114 de la couche de matériau pyroélectrique 108, et qu'au moins une partie de cette paroi de fond de la cavité 132 soit disposée à l'aplomb de la première électrode 116.

[0077] Dans l'exemple de réalisation décrit ici, la cavité 132 est formée en mettant en œuvre successivement plusieurs étapes de gravure.

[0078] Un masque dur 134, comportant par exemple de l'aluminium, est tout d'abord déposé sur une première partie 136 d'une face arrière 138 (référence visible sur la [Fig.5], cette face arrière 138 étant la face opposée à la face avant de la couche support 104 qui est en contact avec la couche diélectrique enterrée 106) de la couche support 104. Cette première partie 136 de la face arrière 138 de la couche support 104 est destinée à être localisée en périphérie de la cavité 132.

[0079] Une première gravure, par exemple de type DRIE, est mise en œuvre à travers au moins une deuxième partie de la face arrière 138 de la couche support 104 non recouverte par le masque dur 134 et dans une partie de l'épaisseur de la couche support 104 (voir [Fig.6]). Dans l'exemple de réalisation décrit ici, la deuxième partie de la face arrière 138 est entourée par la première partie 136 de la face arrière 138. Cette première gravure permet de former une première partie de la cavité 132 dans une partie de l'épaisseur du matériau de la couche support 104, et plus particulièrement dans une majeure partie de l'épaisseur de la couche support 104. A titre d'exemple, cette majeure partie de l'épaisseur de la couche support 104 peut correspondre à 90 % de l'épaisseur totale de la couche support 104, ou être telle que l'épaisseur restante de la couche support 104 formant le fond de cette première partie de la cavité 132 soit égale à environ 50 μm .

[0080] Une couche de protection fluorocarbonée est déposée au moins sur des parois latérales de la première partie de la cavité 132. Dans l'exemple de réalisation décrit ici, cette couche de protection fluorocarbonée est également déposée sur le masque dur 134 et sur la paroi de fond de la première partie de la cavité 132. La couche de protection fluorocarbonée peut être retirée sélectivement des surfaces latérales afin d'en retirer les parties se trouvant sur le masque dur 134 et sur la paroi de fond de la première partie de la cavité 132. Après cela, des portions restantes 140 de la couche de

protection fluorocarbonée restent seulement sur des parois latérales de la première partie de la cavité 132.

- [0081] Une deuxième gravure isotrope est ensuite mise en œuvre à travers l'épaisseur restante de la couche support 104, depuis une paroi de fond de la première partie de la cavité 132 (voir [Fig.7]). Etant donné que cette deuxième gravure est de type isotrope, des portions de la couche support 104 formant des parois latérales de la cavité 132 sont également gravées, sur toute l'épaisseur restante de la couche support 104 qui est gravée lors de cette deuxième gravure. A la fin de cette deuxième gravure, les dimensions de la deuxième partie de la cavité 132 formée par cette deuxième gravure, dans un plan parallèle à la face avant 112 de la couche de matériau pyroélectrique 108, sont supérieures à celles de la première partie de la cavité 132. La sur-gravure latérale réalisée dans l'épaisseur restante de la couche support 104 est par exemple de l'ordre de 100 μm , ou comprise entre 50 μm et 200 μm .
- [0082] Une troisième gravure anisotrope, correspondant par exemple à une gravure à vapeurs d'acide fluorhydrique (HF vapeur), est ensuite mise en œuvre depuis une paroi de fond de la deuxième partie de la cavité 132 et à travers la couche diélectrique enterrée 106, achevant la réalisation de la cavité 132 (voir [Fig.8]). A la fin de cette troisième gravure, les dimensions de la troisième partie de la cavité 132 formée par cette troisième gravure, dans un plan parallèle à la face avant 112 de la couche de matériau pyroélectrique 108, sont supérieures à celles de la première partie de la cavité 132. Des résidus des portions 140 peuvent être encore présents contre les parois latérales de la cavité 132.
- [0083] Une deuxième électrode 142 est ensuite réalisée par un dépôt d'une couche d'un troisième matériau électriquement conducteur contre la paroi de fond de la cavité 132 (voir [Fig.9]). La forme et/ou les dimensions de l'ouverture formée par la cavité 132 et le masque dur 134 au niveau de la face arrière 138 de la couche support 104, qui forme un masque lors du dépôt du troisième matériau électriquement conducteur, sont avantageusement similaires à celles de la première électrode 116 afin que la forme et les dimensions de la deuxième électrode 142 soient sensiblement similaires à celles de la première électrode 116. L'épaisseur de la couche du troisième matériau électriquement conducteur déposée pour former la deuxième électrode 142 est par exemple égale à 50 nm ou plus généralement comprise entre 20 nm et 200 nm, et ce troisième matériau électriquement conducteur correspond par exemple à de l'Au, de l'Al, du Pt, ou du NiCr. La deuxième électrode 142 réalisée est en contact électriquement avec le deuxième contact électrique 122 présent à travers l'ouverture 110. En outre, comme cela est visible sur la [Fig.9], des parties 144 de la couche du troisième matériau électriquement conducteur sont également déposées contre la première partie 136 de la face arrière 138 de la couche support 104.

- [0084] La couche de protection 130 est ensuite supprimée, achevant la réalisation du détecteur 100 (voir [Fig.10]).
- [0085] De manière optionnelle, des tranchées d'isolation thermique 146 peuvent être réalisées à travers la couche de matériau pyroélectrique 108, autour de la partie active du détecteur formé par les première et deuxième électrodes 116, 142 et la partie de la couche de matériau pyroélectrique 108 disposée entre les première et deuxième électrodes 116, 142. Les tranchées d'isolation thermique 146 peuvent être réalisées lors de la gravure de l'ouverture 110 à travers la couche de matériau pyroélectrique 108. Sur la [Fig.11], la vue b) correspond à une vue en coupe selon l'axe BB visible sur la vue a) de la [Fig.11].
- [0086] Dans la description ci-dessus, le détecteur 100 est réalisé à partir d'un substrat 102 de type POI, c'est-à-dire comportant la couche diélectrique enterrée 106 disposée entre la couche support 104 et la couche de matériau pyroélectrique 108. En variante, il est possible que le substrat 102 ne comporte pas la couche diélectrique enterrée 106. Dans ce cas, la couche de matériau pyroélectrique 108 est disposée directement sur la couche support 104. En outre, dans cette configuration, le détecteur 100 peut être réalisé en mettant en œuvre des étapes similaires à celles décrites ci-dessus en lien avec les figures 1 à 10, avec toutefois la cavité 132 qui est réalisée telle qu'elle traverse uniquement la couche support 104 (pas de mise en œuvre de la troisième gravure précédemment décrite). Le détecteur 100 selon une telle variante est représenté sur la [Fig.12].

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de réalisation d'au moins un détecteur pyroélectrique (100), comportant au moins les étapes suivantes :
- réalisation d'au moins une première électrode (116) sur au moins une première partie (118) d'une face avant (112) d'une couche superficielle de matériau pyroélectrique (108) d'un substrat (102) comportant en outre une couche support (104) sur laquelle la couche de matériau pyroélectrique (108) est disposée ;
 - réalisation d'au moins une cavité (132) traversant la couche support (104) telle qu'une paroi de fond de la cavité (132) soit formée par une partie d'une face arrière (114) de la couche de matériau pyroélectrique (108) qui est opposée à la face avant (112) de la couche de matériau pyroélectrique (108), et telle qu'au moins une partie de la paroi de fond de la cavité (132) soit disposée à l'aplomb de la première électrode (116) ;
 - réalisation d'au moins une deuxième électrode (142) sur au moins la partie de la paroi de fond de la cavité (132).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel le matériau pyroélectrique correspond à du LiTaO_3 .
- [Revendication 3] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'épaisseur de la couche de matériau pyroélectrique (108) est comprise entre 300 nm et 3 μm .
- [Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la forme et/ou les dimensions de la première électrode (116), dans un plan parallèle à la face avant (112) de la couche de matériau pyroélectrique (108), sont similaires de celles de la deuxième électrode (142).
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la réalisation de la première électrode (116) comporte au moins un dépôt d'au moins une première portion d'un premier matériau électriquement conducteur sur la première partie (118) de la face avant (112) de la couche de matériau pyroélectrique (108), une deuxième portion (121) du premier matériau électriquement conducteur étant également déposée sur une deuxième partie de la face avant (112) de la couche de matériau pyroélectrique (108) telle qu'elle forme au moins une partie d'un premier contact électrique (120) relié électriquement à la première électrode (116).
- [Revendication 6] Procédé selon la revendication 5, comportant en outre, avant la réalisation de la première électrode (116), la gravure d'une ouverture (110)

à travers la couche de matériau pyroélectrique (108) et agencée telle qu'elle débouche sur la partie de la paroi de fond de la cavité (132) sur laquelle la deuxième électrode (142) est destinée à être réalisée, et dans lequel une troisième portion (123) du premier matériau électriquement conducteur est également déposée sur une troisième partie (124) de la face avant (112) de la couche de matériau pyroélectrique (108) et dans l'ouverture (110) telle qu'elle forme au moins une partie d'un deuxième contact électrique (122) destiné à être relié électriquement à la deuxième électrode (142).

[Revendication 7] Procédé selon l'une des revendications 5 ou 6, dans lequel la réalisation du premier contact électrique (120) et/ou du deuxième contact électrique (122) comporte en outre un dépôt d'au moins un deuxième matériau électriquement conducteur (126, 128) sur la deuxième portion (121) et/ou la troisième portion (123) du premier matériau électriquement conducteur.

[Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la cavité (132) est formée en mettant en œuvre :

- un dépôt d'un masque dur (134) sur au moins une première partie (136) d'une face arrière (138) de la couche support (104) destinée à être localisée en périphérie de la cavité (132) ;
- une première gravure ionique réactive profonde à travers au moins une deuxième partie de la face arrière (138) de la couche support (104) non recouverte par le masque dur (134), formant une première partie de la cavité (132) dans une partie de l'épaisseur de la couche support (104) ;
- un dépôt d'une couche de protection fluorocarbonée au moins sur des parois latérale de la première partie de la cavité (132) ;
- une deuxième gravure isotrope depuis une paroi de fond de la première partie de la cavité (132) et à travers une épaisseur restante de la couche support (104), formant une deuxième partie de la cavité (132) dans l'épaisseur restante de la couche support (104).

[Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel les dimensions de la deuxième partie de la cavité (132), dans un plan parallèle à la face avant (112) de la couche de matériau pyroélectrique (108), sont supérieures à celles de la première partie de la cavité (132), et comportant en outre une réalisation d'au moins une tranchée d'isolation thermique (146) à travers la couche de matériau pyroélectrique (108) et agencée au moins en partie autour de la première électrode (116).

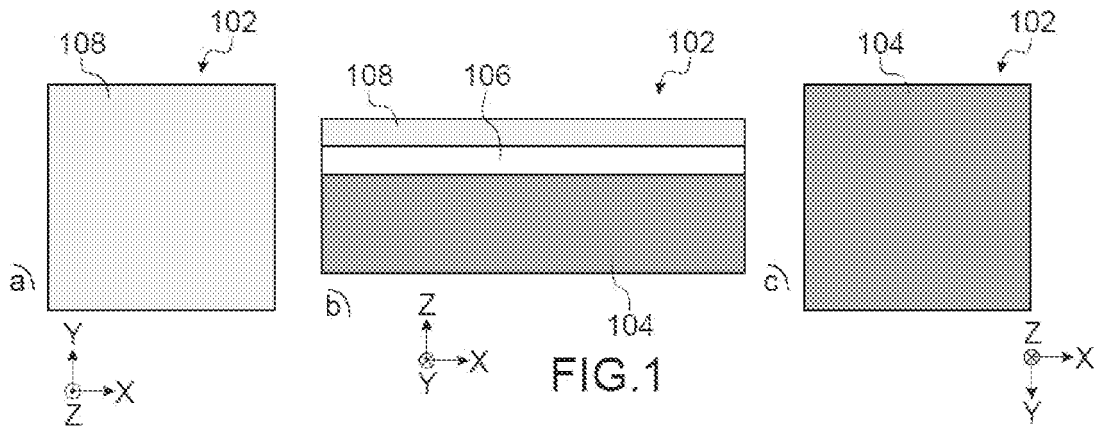
[Revendication 10] Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel :

- le substrat (102) est de type pyroélectrique sur isolant, POI, et comporte en outre une couche diélectrique enterrée (106) disposée entre la couche support (104) et la couche de matériau pyroélectrique (108), la face arrière (114) de la couche de matériau pyroélectrique (108) étant disposée contre la couche diélectrique enterrée (106), et
- la cavité (132) est réalisée telle qu'elle traverse également la couche diélectrique enterrée (106).

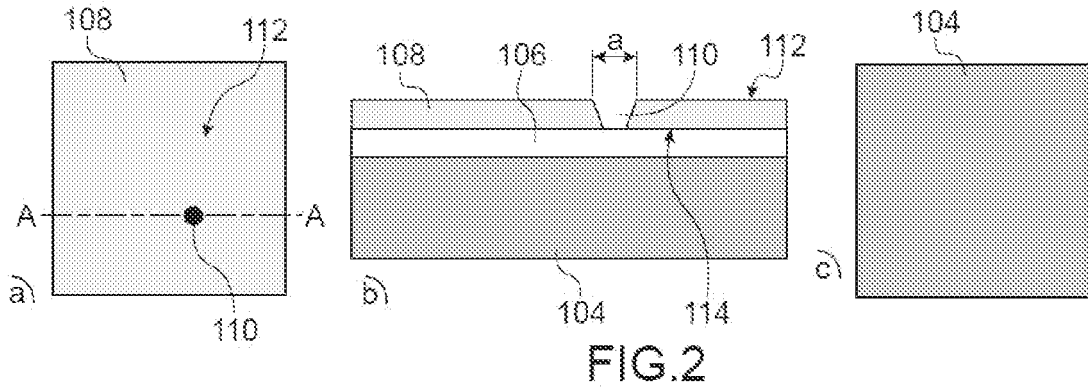
[Revendication 11]

Procédé selon les revendications 8 et 10, dans lequel les étapes mises en œuvre pour former la cavité (132) comportent en outre une troisième gravure depuis une paroi de fond de la deuxième partie de la cavité (132) et à travers la couche diélectrique enterrée (106), mise en œuvre après la deuxième gravure isotrope et formant une troisième partie de la cavité (132) dans la couche diélectrique enterrée (106).

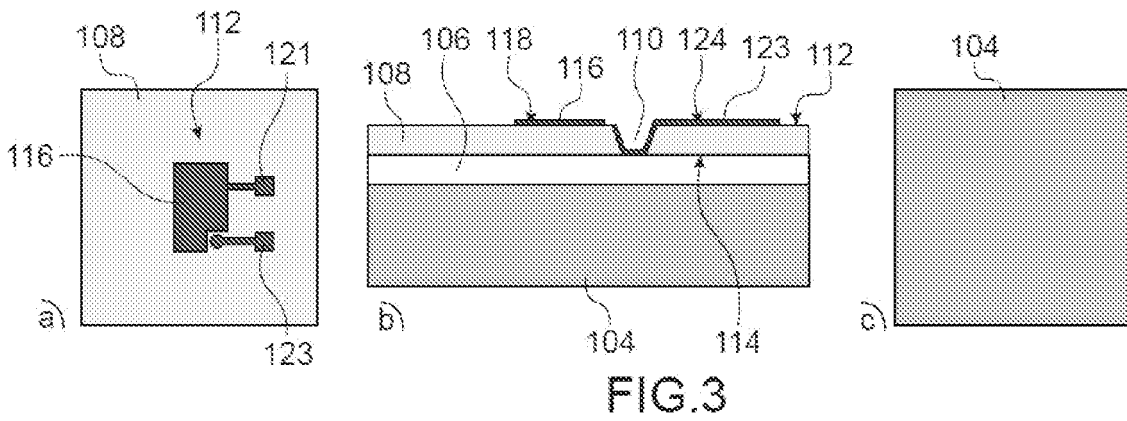
[Fig. 1]



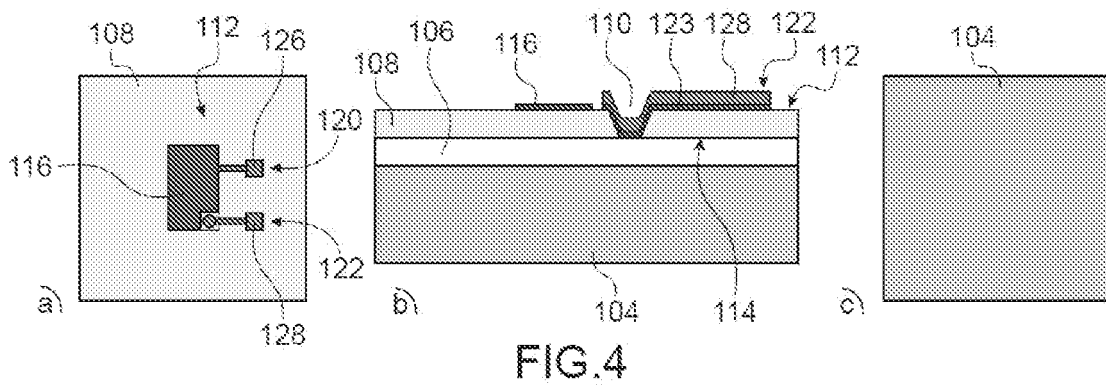
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



[Fig. 5]

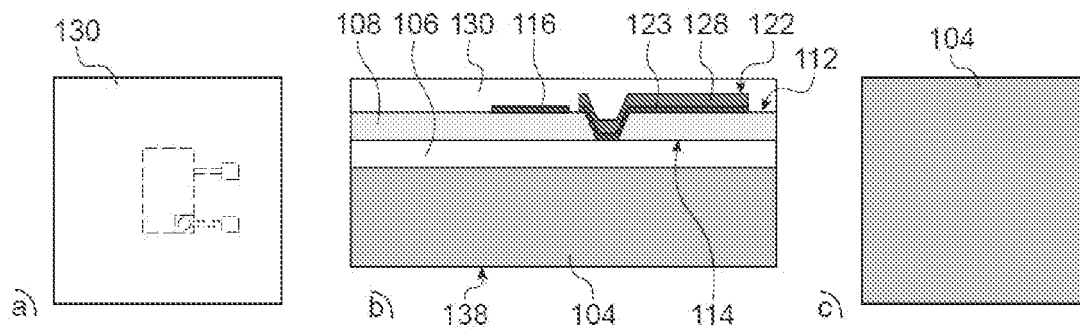


FIG. 5

[Fig. 6]

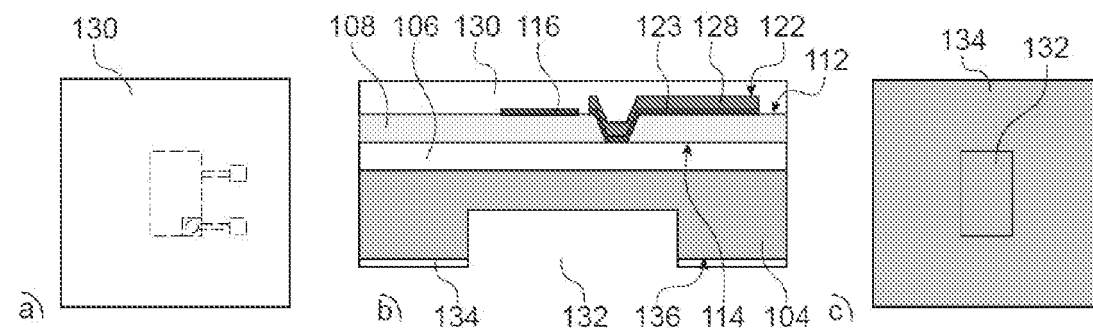


FIG. 6

[Fig. 7]

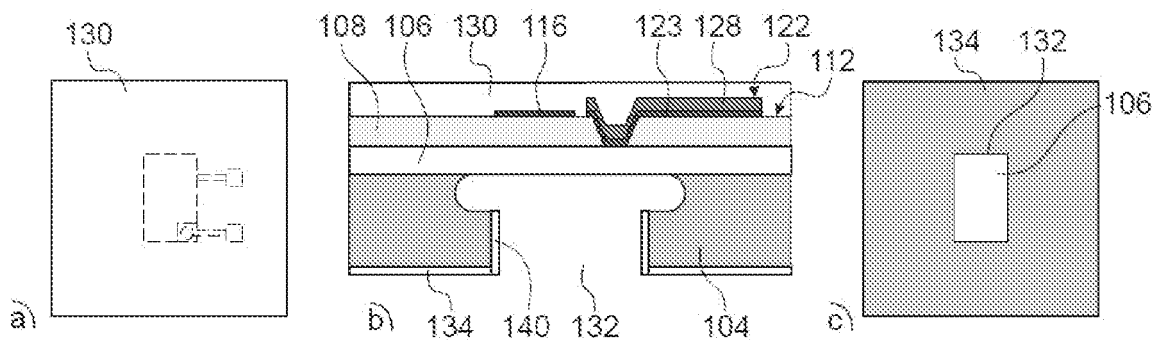


FIG. 7

[Fig. 8]

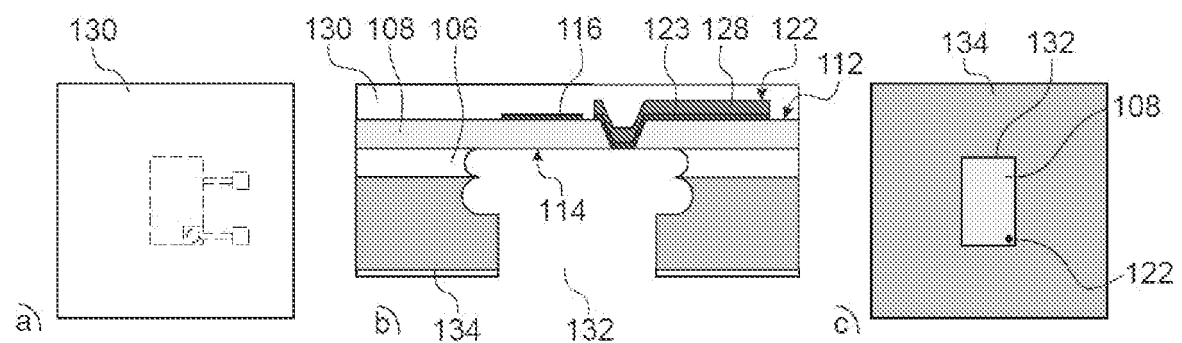


FIG. 8

[Fig. 9]

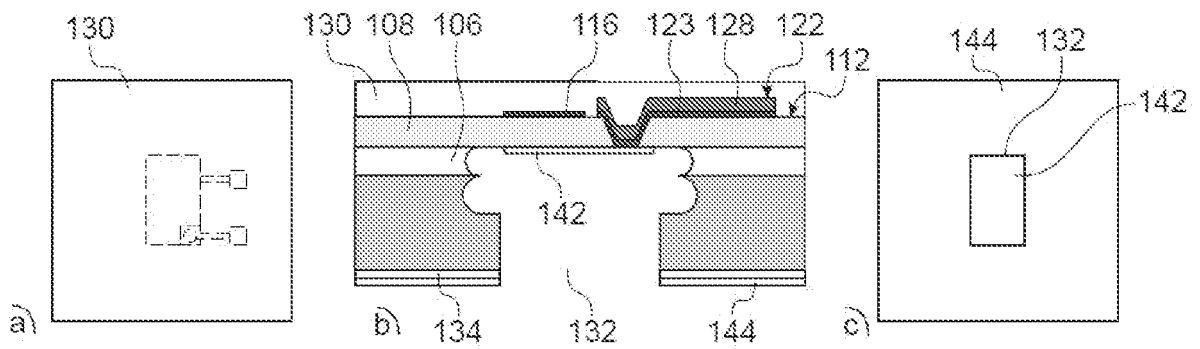


FIG.9

[Fig. 10]

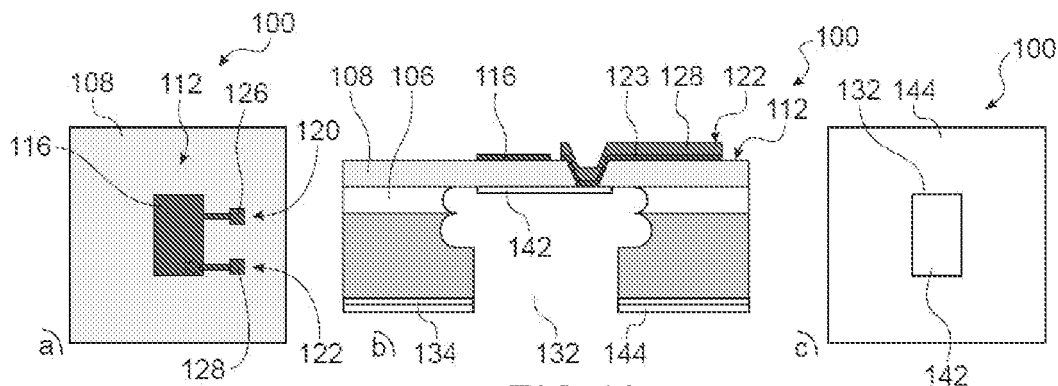


FIG.10

[Fig. 11]

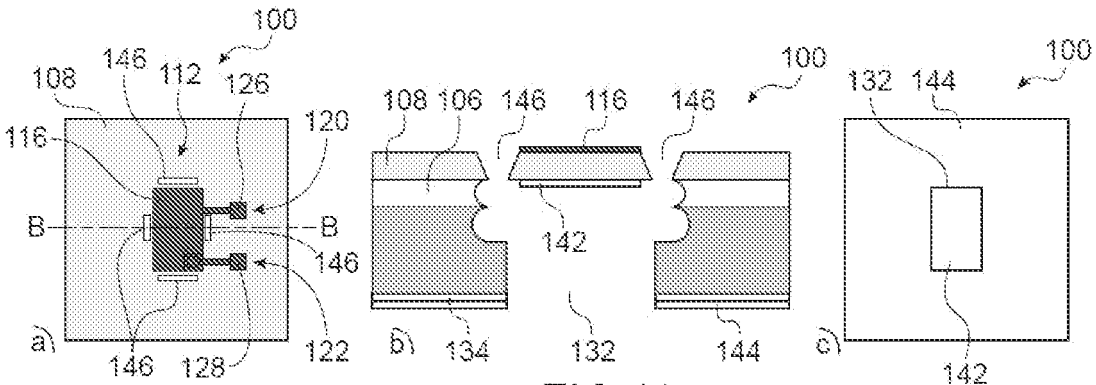


FIG.11

[Fig. 12]

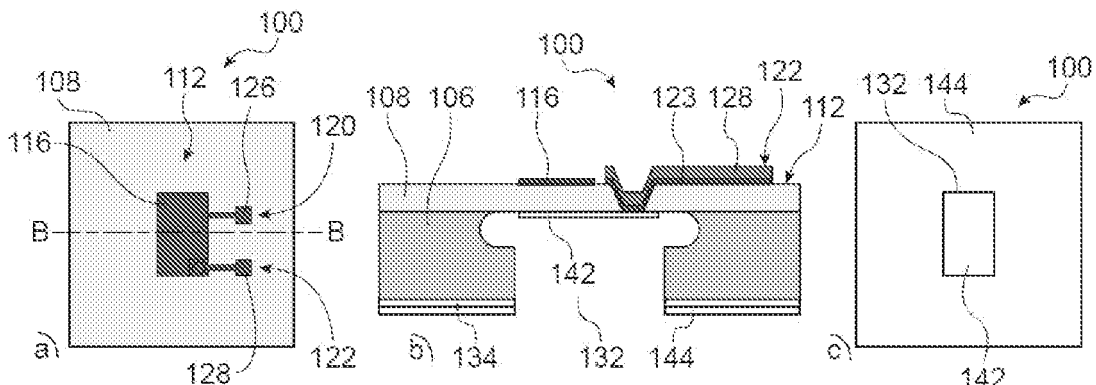


FIG.12

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

EP 0 640 815 A1 (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [JP]) 1 mars 1995 (1995-03-01)

RYOICHI TAKAYAMA ET AL: "PYROELECTRIC INFRARED ARRAY SENSORS MADE OF C-AXIS-ORIENTED LA-MODIFIED PBTIO3 THIN FILMS",
SENSORS AND ACTUATORS A: PHYSICAL,
ELSEVIER BV, NL,
vol. A22, no. 1 / 03,
1 mars 1990 (1990-03-01), pages 508-512,
XP000358493,
ISSN: 0924-4247

US 5 286 975 A (OGURA TOSHIAKI [JP] ET AL)
15 février 1994 (1994-02-15)

JP S60 171425 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 4 septembre 1985 (1985-09-04)

EP 0 510 920 A2 (SHIMADZU CORP [JP])
28 octobre 1992 (1992-10-28)

JP S61 35320 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 19 février 1986 (1986-02-19)

JP S63 129677 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 2 juin 1988 (1988-06-02)

JP 2015 052517 A (SUMITOMO PRECISION PROD CO) 19 mars 2015 (2015-03-19)

JP S63 131032 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 3 juin 1988 (1988-06-03)

JP S63 27722 A (MEIDENSHA ELECTRIC MFG CO LTD) 5 février 1988 (1988-02-05)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND

DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT