

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
07 mars 2019 (07.03.2019)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2019/043312 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01J 5/02 (2006.01) G01J 5/20 (2006.01)
G01J 5/10 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2018/052018

(22) Date de dépôt international :
03 août 2018 (03.08.2018)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1757942 29 août 2017 (29.08.2017) FR

(71) Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES
[FR/FR] ; Bâtiment Le Ponant D, 25 Rue Leblanc, 75015
PARIS (FR).

(72) Inventeurs : ALIANE, Abdelkader ; 3 Rue Alfred Frédet,
38100 GRENOBLE (FR). OUVRIER-BUFFET, Jean-
Louis ; La Planche, 74320 SEVRIER (FR). HAMELIN,
Antoine ; 3 Avenue du Général Champon, 38000 GRE-
NOBLE (FR).

(74) Mandataire : CABINET BEAUMONT ; 4 Place Robert
Schuman, B.P. 1529, 38025 GRENOBLE CEDEX 1 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(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: ELECTROMAGNETIC RADIATION DETECTOR

(54) Titre : DETECTEUR DE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE

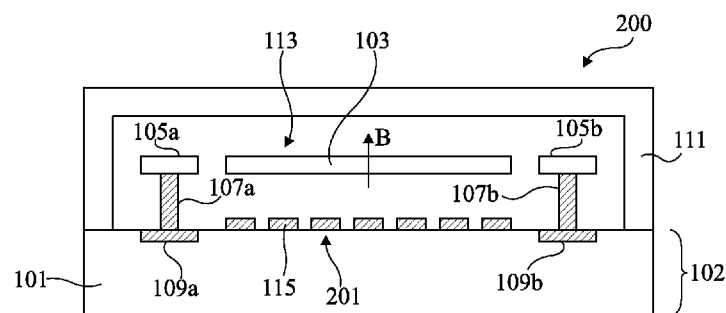


Fig 2A

(57) Abstract: The invention relates to an electromagnetic radiation detector (200) including: a microplate (103) that is suspended above a semiconductor substrate (101) by thermally insulating arms (105a, 105b), the microplate comprising a converter element for converting electromagnetic radiation into thermal energy and a thermometer that is thermally coupled to the converter element; and an inductor (201) that is arranged to apply a magnetic field (B) to the microplate and/or to the thermally insulating arms.

(57) Abrégé : L'invention concerne un détecteur (200) de rayonnement électromagnétique comportant : une microplaque (103) suspendue au-dessus d'un substrat semiconducteur (101) par des bras d'isolation thermique (105a, 105b), la microplaque comprenant un élément de conversion d'un rayonnement électromagnétique en énergie thermique et un thermomètre couplé thermiquement à l'élément de conversion; et une inductance (201) agencée pour appliquer un champ magnétique (B) à la microplaque et/ou aux bras d'isolation thermique.



WO 2019/043312 A1

DETECTEUR DE RAYONNEMENT ELECTROMAGNETIQUE

La présente demande de brevet revendique la priorité de la demande de brevet français FR17/57942 qui sera considérée comme faisant partie intégrante de la présente description.

Domaine

5 La présente demande concerne le domaine des capteurs de rayonnement, et vise plus particulièrement des capteurs du type comportant un ou plusieurs micro-détecteurs élémentaires, ou pixels, formés dans et sur un substrat semiconducteur.

Exposé de l'art antérieur

10 On s'intéresse ici plus particulièrement à des capteurs dans lesquels chaque détecteur élémentaire est un détecteur de type bolomètre, comportant une microplanche suspendue au-dessus du substrat semiconducteur par des bras d'isolation thermique. La microplanche comprend un absorbeur adapté à transformer un
15 rayonnement électromagnétique auquel il est soumis en énergie thermique, et un thermomètre couplé thermiquement à l'absorbeur et adapté à fournir un signal électrique représentatif des variations de température de l'absorbeur. Chaque détecteur élémentaire comprend en outre un circuit de contrôle intégré dans
20 et sur le substrat semiconducteur, connecté électriquement au thermomètre par l'intermédiaire des bras d'isolation thermique et adapté à lire le signal électrique fourni par le thermomètre.

Les demandes de brevet français N°2796148 déposée le 8 juillet 1999 et N°2822541 déposée le 21 mars 2001 décrivent des exemples de réalisation de tels capteurs. Il serait toutefois souhaitable d'améliorer au moins en partie certains aspects de ces capteurs.

Résumé

Ainsi, un mode de réalisation prévoit un détecteur de rayonnement électromagnétique comportant :

une microplanche suspendue au-dessus d'un substrat semiconducteur par des bras d'isolation thermique, la microplanche comprenant un élément de conversion d'un rayonnement électromagnétique en énergie thermique et un thermomètre couplé thermiquement à l'élément de conversion ; et

une inductance agencée pour appliquer un champ magnétique à la microplanche et/ou aux bras d'isolation thermique.

Selon un mode de réalisation, l'inductance est formée dans une couche métallique disposée sur la face supérieure du substrat semiconducteur, entre la face supérieure du substrat semiconducteur et la microplanche.

Selon un mode de réalisation, la couche métallique est réfléchissante pour le rayonnement électromagnétique à détecter.

Selon un mode de réalisation, la microplanche et la couche métallique définissent une cavité résonnante pour le rayonnement électromagnétique à détecter.

Selon un mode de réalisation, l'élément de conversion est une couche absorbante pour le rayonnement électromagnétique à détecter, et le thermomètre est formé dans une couche de résistivité électrique variable en fonction de la température.

Selon un mode de réalisation, la couche absorbante et la couche de résistivité électrique variable sont des couches distinctes en des matériaux distincts.

Selon un mode de réalisation, la couche absorbante et la couche de résistivité électrique variable sont confondues.

Selon un mode de réalisation, la microplanche comprend une couche en un matériau ferromagnétique.

Selon un mode de réalisation, le détecteur comprend en outre un ou plusieurs plots en un matériau ferromagnétique disposés sur ou au voisinage de la microplanche.

5 Selon un mode de réalisation, le détecteur comprend un circuit de contrôle formé dans et sur le substrat semiconducteur, le circuit de contrôle étant connecté au thermomètre de la microplanche par l'intermédiaire des bras d'isolation thermique.

10 Selon un mode de réalisation, l'élément de conversion est une couche électriquement conductrice, et la connexion électrique entre le circuit de contrôle et le thermomètre est réalisée par un prolongement de ladite couche électriquement conductrice dans les bras d'isolation thermique.

Selon un mode de réalisation, le circuit de contrôle est en outre connecté aux extrémités de l'inductance.

15 Selon un mode de réalisation, la microplanche et les bras d'isolation thermique sont disposés dans une cavité fermée par un capot transparent au rayonnement à détecter.

Selon un mode de réalisation, la cavité est à une pression inférieure à la pression atmosphérique.

20 Brève description des dessins

Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

25 les figures 1A et 1B sont respectivement une vue en coupe et une vue de dessus simplifiées d'un exemple d'un détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement électromagnétique ;

les figures 2A et 2B sont respectivement une vue en coupe et une vue de dessus simplifiées d'un exemple d'un mode de
30 réalisation d'un détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement électromagnétique ;

la figure 3 est une vue en coupe d'une variante de réalisation d'un détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement électromagnétique ;

la figure 4 est une vue en coupe d'une autre variante de réalisation d'un détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement électromagnétique ;

la figure 5 est une vue en coupe d'une autre variante de réalisation d'un détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement électromagnétique ;

la figure 6 est une vue en coupe d'une autre variante de réalisation d'un détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement électromagnétique ;

les figures 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F et 7G sont des vues en coupe illustrant des étapes d'un exemple d'un procédé de fabrication d'un détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement électromagnétique selon un mode de réalisation ; et

les figures 8A, 8B, 8C et 8D sont des vues en coupe illustrant des étapes d'un autre exemple d'un procédé de fabrication d'un détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement électromagnétique selon un mode de réalisation.

Description détaillée

De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures et, de plus, les diverses figures ne sont pas tracées à l'échelle. Par souci de clarté, seuls les éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, la réalisation des circuits de contrôle des micro-détecteurs élémentaires n'a pas été détaillée, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec les réalisations usuelles de tels circuits de contrôle, ou la réalisation des circuits de contrôle étant à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles de la présente description. De plus, sur les figures illustratives des exemples décrits, un seul détecteur élémentaire d'un capteur de rayonnement est visible. En pratique, les capteurs de rayonnement peuvent comprendre plusieurs détecteurs élémentaires identiques ou similaires disposés dans et sur un même substrat semiconducteur, par exemple selon un agencement en matrice ou en barrette.

L'agencement des différents détecteurs élémentaires du capteur, les interconnexions entre les détecteurs élémentaires du capteur, et les circuits périphériques de contrôle du capteur n'ont pas été détaillés, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec les agencements, interconnexions, et circuits périphériques de contrôle usuellement prévus dans de tels capteurs. Par ailleurs, les utilisations qui peuvent être faites des capteurs décrits n'ont pas été détaillées, les modes de réalisation décrits étant compatibles avec les applications usuelles des capteurs de rayonnement électromagnétique. On notera toutefois que les modes de réalisation décrits sont particulièrement avantageux pour les applications d'imagerie infrarouge, de thermographie, de détection de gaz par mesure de l'absorption optique dans le spectre infrarouge, de détection ou de reconnaissance de personnes, d'objets ou de mouvements dans le spectre infrarouge, etc. A titre d'exemple, les détecteurs décrits sont adaptés à détecter un rayonnement infrarouge thermique de longueur d'onde comprise dans la bande allant de 7 à 14 μm . Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence à l'orientation des vues en coupe des figures, étant entendu que, dans la pratique, les dispositifs décrits peuvent être orientés différemment. Dans la description qui suit, les capteurs de rayonnement sont destinés à être éclairés ou irradiés par leur face supérieure (dans l'orientation des vues en coupe des figures). Sauf précision contraire, les expressions "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.

Les figures 1A et 1B sont respectivement une vue en coupe simplifiée et une vue de dessus simplifiée d'un exemple d'un détecteur élémentaire 100 d'un capteur de rayonnement électromagnétique.

Le détecteur 100 est formé dans et sur un substrat semiconducteur 101, par exemple en silicium. Le détecteur 100 comprend un circuit électronique de contrôle 102 formé dans et sur le substrat 101, par exemple en technologie CMOS. Le circuit de contrôle 102 n'a pas été détaillé sur les figures. Seuls des plots de connexion électrique affleurant la face supérieure du circuit 102, destinés à connecter le circuit 102 à d'autres éléments du détecteur, sont représentés sur la figure 1A sous la forme de zones rectangulaires hachurées.

Le détecteur 100 comprend en outre une microplanche 103 suspendue au-dessus du circuit 102 par des bras d'isolation thermique, deux bras 105a et 105b dans l'exemple représenté. Plus particulièrement, dans cet exemple, le substrat 101 et le circuit 102 sont disposés horizontalement, et la microplanche 103 et les bras d'isolation thermique 105a et 105b sont disposés au-dessus du circuit 102, sensiblement parallèlement à la face supérieure du circuit 102. Chacun des bras 105a et 105b a une première extrémité ou extrémité proximale fixée à la microplanche 103, et une deuxième extrémité ou extrémité distale reposant sur le sommet d'un pilier vertical 107a, respectivement 107b, en un matériau conducteur, par exemple en cuivre ou en tungstène, dont la base repose sur la face supérieure du circuit 102. Les piliers 107a et 107b supportent mécaniquement la microplanche 103 par l'intermédiaire des bras 105a et 105b, et permettent de connecter électriquement la microplanche 103 au circuit 102, également par l'intermédiaire des bras 105a et 105b. Un espace libre de tout matériau solide est situé entre la face supérieure du circuit 102 et la face inférieure de la microplanche 103. Autrement dit, la microplanche 103 est en contact mécaniquement uniquement avec les bras 105a et 105b, qui isolent thermiquement la microplanche du reste de la structure et en particulier du circuit 102 et du substrat 101. Dans cet exemple, la microplanche 103 et les bras d'isolation thermique 105a, 105b sont fixes par rapport au substrat 101.

La microplanche 103 est une microplanche bolométrique, c'est-à-dire qu'elle comprend un absorbeur (non détaillé sur les figures 1A et 1B), par exemple sous la forme d'une couche conductrice, adapté à convertir un rayonnement électromagnétique incident en énergie thermique, et un thermomètre, comprenant par exemple une couche dont la résistivité électrique varie en fonction de la température, permettant de mesurer la température de l'absorbeur.

A titre d'exemple, l'absorbeur est en nitrure de titane et le thermomètre est une thermistance formée dans une couche en silicium amorphe ou en oxyde de vanadium, les deux extrémités de la thermistance étant connectées respectivement aux piliers conducteurs 107a et 107b par l'intermédiaire des bras 105a et 105b.

Dans l'exemple représenté la base du pilier de support 107a est en contact mécaniquement et électriquement avec un plot de connexion 109a de la face supérieure du circuit 102, et la base du pilier de support 107b est en contact mécaniquement et électriquement avec un plot de connexion 109b de la face supérieure du circuit 102. Le circuit de contrôle et de lecture 102 est ainsi connecté aux extrémités de la thermistance du détecteur par l'intermédiaire des plots 109a et 109b et des piliers 107a et 107b du détecteur. Le circuit 102 est adapté à fournir un signal électrique représentatif de la valeur de la résistance électrique de la thermistance du détecteur, et donc de la température de la microplanche 103.

Dans cet exemple, le détecteur 100 comprend en outre un capot 111 transparent au rayonnement à détecter, reposant sur la face supérieure du circuit de contrôle 102 et délimitant, avec la face supérieure du circuit 102, une cavité ou enceinte hermétique 113 dans laquelle est située la microplanche suspendue 103. Un espace laissé libre de tout matériau solide est situé entre la face supérieure de la microplanche 103 et la face inférieure du capot 111, cet espace communiquant avec l'espace libre situé entre la face inférieure de la microplanche 103 et la face supérieure

du circuit 102. La cavité 113 est de préférence mise sous vide ou sous une pression inférieure à la pression atmosphérique, de façon à renforcer l'isolation thermique de la microplanche 103 vis-à-vis du reste du capteur, en limitant la conduction thermique par l'air.

Le détecteur 100 représenté sur les figures 1A et 1B comprend de plus, sous la microplanche 103, une couche métallique 115 réfléchissante pour le rayonnement à détecter, sur et en contact avec la face supérieure du circuit 102. La couche réfléchissante 115 définit avec la microplanche 103 une cavité résonnante pour le rayonnement à détecter, ce qui permet d'augmenter l'absorption du rayonnement incident par la microplanche 103. A titre d'exemple, la distance entre la couche réfléchissante 115 et l'absorbeur de la microplanche 103 est de l'ordre du quart de la longueur d'onde moyenne du rayonnement à détecter, par exemple de l'ordre de 2,5 μm pour une longueur d'onde moyenne à détecter de 10 μm .

Par souci de simplification, seuls la microplanche 103, les bras de maintien 105a et 105b, et les piliers de connexion verticaux 107a et 107b ont été représentés sur la figure 1B.

Dans un détecteur du type décrit en relation avec les figures 1A et 1B, une difficulté qui se pose est que, pour obtenir de bonnes performances de détection, il faut trouver un compromis entre plusieurs paramètres devant répondre à des critères parfois contradictoires. En particulier, la microplanche 103 (absorbeur + thermomètre) doit être relativement mince pour avoir une capacité thermique relativement faible, de façon que la vitesse d'acquisition puisse être élevée. Pour maximiser l'absorption du rayonnement électromagnétique et donc la sensibilité du détecteur, l'absorbeur doit en revanche de préférence être relativement épais. Dans le thermomètre, la couche de résistivité électrique variable en fonction de la température (ou couche thermomètre) est de préférence relativement mince de façon à maximiser la sensibilité du thermomètre. Toutefois, pour des raisons pratiques de fabrication et de reproductibilité, l'épaisseur de la couche

thermomètre ne peut être inférieure à un certain seuil, par exemple de l'ordre de 10 nm. En outre, l'absorbeur doit de préférence présenter une impédance adaptée à l'impédance caractéristique du milieu incident, c'est-à-dire du milieu dans lequel est placée la microplanche. Dans l'exemple des figures 1A et 1B, le milieu incident est de l'air ou du vide, d'impédance caractéristique de l'ordre de 377 ohm/carré. L'absorbeur doit donc de préférence présenter une impédance de l'ordre de 377 ohm/carré. Selon le matériau utilisé ceci peut conduire à utiliser un absorbeur très mince. Toutefois, là encore, pour des raisons pratiques de fabrication et de reproductibilité, l'épaisseur de l'absorbeur ne peut être inférieure à un certain seuil, par exemple compris entre 5 et 10 nm. En particulier, en dessous de ce seuil, les variabilités d'épaisseur conduisent à une variabilité d'impédance pouvant altérer les performances du détecteur.

Les figures 2A et 2B sont respectivement une vue en coupe et une vue de dessus simplifiées d'un exemple d'un mode de réalisation d'un détecteur élémentaire 200 d'un capteur de rayonnement électromagnétique.

Le détecteur 200 des figures 2A et 2B comprend les mêmes éléments que le détecteur 100 des figures 1A et 1B, agencés sensiblement de la même manière, et diffère du détecteur 100 principalement en ce qu'il comprend en outre une inductance 201 agencée pour appliquer un champ magnétique B à la microplanche 103.

Dans l'exemple représenté, l'inductance 201 est une inductance planaire formée dans la couche métallique réfléchissante 115 surmontant la face supérieure du circuit de contrôle 102. Les extrémités e1 et e2 de l'inductance 201 sont connectées à des plots de connexion électrique (non détaillés sur la figure) du circuit de contrôle 102. Selon la forme de l'inductance 201 et la position des plots de connexion du circuit de contrôle 102 à l'inductance 201, un deuxième niveau métallique

(non détaillé sur la figure) peut être prévu pour connecter les extrémités e1 et e2 de l'inductance au circuit 102.

Le circuit de contrôle 102 est adapté à appliquer un courant dans l'inductance 201 pour générer un champ magnétique B
5 au niveau de la microplanche 103. Le champ magnétique B est par exemple un champ constant appliqué de façon continue pendant toute la durée d'une phase d'acquisition d'une valeur représentative du rayonnement électromagnétique incident par le détecteur. A titre de variante, pour limiter la consommation électrique du détecteur,
10 le champ magnétique B peut être pulsé, c'est-à-dire appliqué par impulsions ou créneaux constants périodiques tout au long de la phase d'acquisition.

Un avantage du détecteur des figures 2A et 2B est que le champ magnétique B constitue un paramètre de réglage
15 supplémentaire pour l'optimisation du détecteur. Il est en effet connu que l'application d'un champ magnétique dans un matériau conducteur ou semiconducteur conduit à augmenter la résistivité électrique de ce matériau, et ce d'autant plus que le champ magnétique appliqué est intense.

20 Ainsi, l'application du champ magnétique B permet d'augmenter l'impédance de l'absorbeur sans avoir à diminuer son épaisseur. L'épaisseur de l'absorbeur peut par exemple être choisie suffisamment élevée pour satisfaire les contraintes de fabrication et de reproductibilité et/ou pour obtenir un bon taux
25 d'absorption du rayonnement électromagnétique incident. L'adaptation à l'impédance du milieu incident peut ensuite être réalisée en jouant sur l'intensité du champ magnétique B appliqué à l'absorbeur par l'inductance 201.

De façon similaire, l'application du champ magnétique B
30 permet d'augmenter la résistivité électrique de la couche thermomètre, et donc la sensibilité du thermomètre, sans avoir à diminuer son épaisseur.

On notera de plus qu'un avantage d'un capteur de rayonnement comprenant plusieurs détecteurs élémentaires du type
35 décrit en relation avec les figures 2A et 2B est que le champ

magnétique B peut être réglé individuellement, détecteur par détecteur, dans la mesure où chaque inductance est connectée par ses extrémités au circuit de contrôle du détecteur.

A titre d'exemple, dans le cas où les détecteurs
5 élémentaires sont agencés en matrice selon des rangées et des colonnes, on peut prévoir de commander le capteur selon un mode d'acquisition de type "rolling shutter" (obturation déroulante) dans lequel les détecteurs sont lus rangée par rangée, le champ magnétique étant appliqué, dans chaque rangée, uniquement pendant
10 la phase d'intégration des détecteurs de la rangée, de façon à limiter la consommation électrique liée à la génération du champ magnétique.

De plus, il peut être avantageux d'adapter le champ magnétique détecteur par détecteur pour obtenir une réponse
15 uniforme des différents détecteurs. En effet, dans un capteur à détecteurs bolométriques, la réponse des différents détecteurs n'est généralement pas uniforme. Pour compenser ce défaut d'uniformité, on prévoit généralement de calibrer le capteur en l'exposant à une scène de référence de façon à déterminer une
20 table de correspondance par détecteur, stockée dans une mémoire du capteur. En fonctionnement, la table de correspondance est utilisée pour corriger le signal fourni par chaque détecteur. Le réglage individuel du champ magnétique par détecteur permet avantageusement de rendre uniforme le comportement des différents
25 détecteurs du capteur, et ainsi de se passer de l'utilisation d'une table de correspondance pour corriger les signaux fournis par les différents détecteurs.

On notera par ailleurs que le contrôle individuel du champ magnétique, détecteur par détecteur, peut permettre la mise
30 en oeuvre d'une protection individuelle de chaque détecteur contre l'éblouissement. En effet, lorsque l'intensité du rayonnement reçu par un détecteur devient trop importante, l'échauffement de la microplanchette peut conduire à une dégradation irréversible du détecteur. Pour prévenir une telle dégradation, on pourra prévoir,
35 lorsque l'intensité du rayonnement mesuré par le détecteur dépasse

un seuil, d'augmenter fortement le champ magnétique B émis par l'inductance du détecteur, de façon à modifier les propriétés électriques et optiques du thermomètre et de l'absorbeur de la microplanche, par exemple de façon à désadapter l'impédance de l'absorbeur par rapport à l'impédance du vide, pour réduire le coefficient d'absorption du rayonnement incident par la microplanche et ainsi limiter l'échauffement de la microplanche.

En vue de dessus, l'inductance 201 peut avoir une forme en spirale, par exemple circulaire, carrée ou hexagonale. A titre de variante, l'inductance 201 peut avoir une forme en U, ou plus généralement, toute autre forme adaptée à générer un champ magnétique B au niveau de la microplanche 103. A titre d'exemple, l'inductance 201 s'étend, en vue de dessus, sous toute la surface de la microplanche 103.

Dans l'exemple des figures 2A et 2B, l'inductance 201 est réalisée dans la couche réfléchissante 115 surmontant le circuit de contrôle 102. Pour conserver la fonction réfléchissante de la couche 115, le motif de l'inductance 201 est de préférence tel que le taux d'occupation de la surface supérieure du circuit de contrôle 102 par le matériau conducteur de la couche 115 soit relativement élevé, par exemple supérieur ou égal à 50%. A titre d'exemple, dans le cas d'une inductance en spirale, la largeur de chaque spire est de préférence supérieure ou égale à 300 nm, et la distance entre deux spires voisines est de préférence inférieure ou égale à 300 nm. L'épaisseur de la couche métallique 115 dans laquelle est formée l'inductance 201 est par exemple comprise entre 100 et 1500 nm, et de préférence entre 300 et 500 nm.

La couche 115 dans laquelle est formée l'inductance 201 comprend de préférence un métal présentant une bonne conductivité électrique, par exemple du cuivre, de l'aluminium, un alliage aluminium-cuivre, du titane, de l'or, ou du platine.

Pour augmenter l'intensité du champ magnétique B au niveau de la microplanche 103 tout en maintenant à un niveau raisonnable le courant électrique appliqué à l'inductance 201, et

donc la consommation électrique du détecteur, l'absorbeur de la microplanche 103 peut être réalisé en un matériau ferromagnétique, c'est-à-dire un matériau présentant une perméabilité magnétique relative μ_r supérieure à 1, par exemple du nickel, un alliage
5 nickel-chrome, du nitrure de niobium, etc.

A titre de variante, l'absorbeur peut être réalisé en un matériau non ferromagnétique, par exemple du nitrure de titane, du nitrure de silicium, du titane, du nitrure de tungstène, du tungstène, du tantale, du nitrure de tantale, etc.

10 Dans le cas où l'absorbeur est réalisé en un matériau non ferromagnétique, des plots en un matériau ferromagnétique peuvent être disposés sur la microplanche 103 ou au voisinage de la microplanche 103 (c'est-à-dire plus proche de la microplanche 103 que l'inductance 201) de façon à augmenter l'intensité du
15 champ magnétique B au niveau de la microplanche 103. Les figures 3, 4, 5 et 6 sont des vues en coupe illustrant des exemples de réalisation de détecteurs comportant de tels plots ferromagnétiques.

La figure 3 illustre une variante de réalisation du
20 détecteur élémentaire 200 des figures 2A et 2B, dans laquelle des plots 301 en un matériau ferromagnétique sont disposés sur et en contact avec la face supérieure de la microplanche 103. Un avantage de cette configuration est que les plots 301 sont au plus près de la microplanche 103, ce qui permet de maximiser
25 l'intensité du champ magnétique vu par la microplanche 103.

La figure 4 illustre une autre variante de réalisation du détecteur élémentaire 200, dans laquelle les plots ferromagnétiques 301 ne sont pas en contact avec la microplanche 103, mais sont suspendus au-dessus de la microplanche 103, dans
30 la cavité 113, entre la microplanche 103 et le capot d'encapsulation 111, par des structures de support 401 fixées à la face inférieure du capot 111. Un avantage de cette configuration est que les plots 301 ne sont pas supportés par la microplanche 103, ce qui permet de ne pas alourdir la microplanche
35 et de ne pas augmenter sa capacité thermique.

La figure 5 illustre une autre variante de réalisation du détecteur élémentaire 200, dans laquelle les plots ferromagnétiques 301 sont suspendus au-dessus de la microplanche 103, dans la cavité 113, entre la microplanche 103 et le capot d'encapsulation 111, par des structures de support 501 fixées à la face supérieure du circuit de contrôle 102. Dans cet exemple, la microplanche 103 comprend des ouvertures permettant le passage des bras de support 501. Là encore, un avantage de cette configuration est que les plots 301 ne sont pas supportés par la microplanche 103, ce qui permet de ne pas alourdir la microplanche et de ne pas augmenter sa capacité thermique.

La figure 6 illustre une autre variante de réalisation du détecteur élémentaire 200, dans laquelle les plots ferromagnétiques 301 sont suspendus sous la microplanche 103, dans la cavité 113, entre la microplanche 103 et le circuit de contrôle 102, par des structures de support 601 fixées à la face supérieure du circuit de contrôle 102. Là encore, un avantage de cette configuration est que les plots 301 ne sont pas supportés par la microplanche 103, ce qui permet de ne pas alourdir la microplanche et de ne pas augmenter sa capacité thermique.

Les figures 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F et 7G sont des vues en coupe illustrant des étapes successives d'un exemple d'un procédé de fabrication d'un détecteur de rayonnement électromagnétique du type décrit ci-dessus. Les figures 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F et 7G illustrent plus particulièrement des étapes d'un exemple de procédé de fabrication d'un détecteur de rayonnement électromagnétique du type décrit en relation avec la figure 3, c'est-à-dire comportant des plots 301 en un matériau ferromagnétique sur la face supérieure de la microplanche 103. Les figures 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F et 7G illustrent plus particulièrement la réalisation d'un unique détecteur élémentaire 200 d'un capteur de rayonnement, étant entendu que, en pratique, une pluralité de détecteurs élémentaires identiques ou similaires peuvent être formés simultanément dans et sur un même substrat semiconducteur 101.

La figure 7A illustre une étape de fabrication du circuit de contrôle 102 du détecteur 200, dans et sur le substrat 101, par exemple en technologie CMOS. Sur la figure 7A, seuls les plots de connexion électrique 109a et 109b du circuit 102, affleurant au niveau de la face supérieure du circuit, ont été détaillés. Dans cet exemple, le circuit 102 comprend en outre une couche supérieure de passivation 701 en un matériau isolant, par exemple de l'oxyde de silicium, la couche 701 étant ouverte uniquement au niveau des plots de connexion du circuit, de façon à libérer l'accès à la face supérieure des plots de connexion.

La figure 7A illustre en outre une étape optionnelle de formation, sur la face supérieure du circuit 102, de la couche réfléchissante 115. La couche 115 peut être une couche métallique unique, ou être constituée d'un empilement de plusieurs couches métalliques. A titre d'exemple, la couche 115 est un empilement Ti/TiN/AlCu/Ti, une couche de cuivre, une couche d'un alliage aluminium-cuivre, une couche d'or, une couche de platine, ou une couche de nickel. La couche 115 est par exemple déposée par dépôt physique en phase vapeur (PVD). A cette étape, la couche 115 est déposée de façon continue sur toute la surface supérieure du détecteur, c'est-à-dire notamment sur la face supérieure des plots de connexion du circuit de contrôle 102 et sur la face supérieure de la couche de passivation 701. Avant le dépôt de la couche réfléchissante 115, une étape optionnelle de dépôt d'une couche d'un matériau ferromagnétique sur la face supérieure du circuit 102 peut être prévue, pour protéger le circuit 102 contre d'éventuelles perturbations liées au champ magnétique B généré par l'inductance 201 du détecteur.

La figure 7B illustre une étape de retrait localisé de la couche réfléchissante 115, par exemple par photolithographie et gravure, pour définir l'inductance 201 du détecteur.

La figure 7B illustre de plus une étape de dépôt d'une couche sacrificielle 703 sur et en contact avec la face supérieure du circuit 102 et de l'inductance 201. La couche 703 est par exemple déposée de façon continue sur sensiblement toute la

surface du capteur. A titre d'exemple, la couche 703 est en polyimide ou en oxyde de silicium. L'épaisseur de la couche 703 fixe la distance entre la face supérieure de la couche réfléchissante 115 et la microplanche 103 du détecteur. A titre
5 d'exemple, la couche 703 a une épaisseur comprise entre 1 et 5 μm , par exemple de l'ordre de 2,5 μm .

La figure 7B illustre en outre une étape de dépôt d'une couche de passivation inférieure 705 de la microplanche 103, en un matériau électriquement isolant, par exemple en nitrure de
10 silicium, sur la face supérieure de la couche sacrificielle 703. La couche de passivation 705 est par exemple déposée de façon continue sur toute la surface du capteur. A titre d'exemple, la couche de passivation 705 a une épaisseur comprise entre 5 et 50 nm, par exemple de l'ordre de 10 nm.

La figure 7B illustre de plus une étape de dépôt, sur
15 la face supérieure de la couche de passivation 705, d'une couche conductrice 707 en un matériau absorbant pour le matériau à détecter, formant l'absorbeur de la microplanche 103. A titre d'exemple, la couche 707 est en nickel, en un alliage nickel-
20 chrome, en nitrure de niobium, en nitrure de titane, en nitrure de silicium, en titane, en nitrure de tungstène, en tungstène, en tantale, ou en nitrure de tantale. La couche 707 est par exemple déposée de façon continue sur toute la surface du capteur. A titre d'exemple, la couche 707 est déposée par dépôt physique en phase
25 vapeur (PVD) ou par dépôt chimique en phase vapeur (CVD). La couche 707 a par exemple une épaisseur comprise entre 3 et 15 nm, par exemple de l'ordre de 5 nm.

La figure 7B illustre en outre une étape optionnelle de dépôt, sur et en contact avec la face supérieure de la couche
30 d'absorption 707, d'une couche 709 en un métal de conductivité électrique supérieure à celle de la couche 707, par exemple une couche d'aluminium. La couche 709 permet notamment d'améliorer la qualité de contacts électriques qui seront repris ultérieurement sur la couche 707 pour connecter le thermomètre de la microplanche
35 103 au circuit de contrôle 102. La couche 709 est par exemple

déposée de façon continue sur toute la surface du capteur, par exemple par dépôt physique en phase vapeur (PVD) ou par dépôt chimique en phase vapeur (CVD).

La figure 7C illustre la formation des piliers de connexion électrique 107a et 107b du détecteur, dans des vias 711 gravés dans l'empilement des couches 709, 707, 705 et 703 à l'aplomb des plots de connexion 109a et 109b du circuit 102. A titre d'exemple, les vias 711 sont formés par gravure plasma, depuis la face supérieure de la couche 709, et débouchent sur la face supérieure des plots de connexion 109a, 109b (ou sur la face supérieure d'une portion de la couche 115 revêtant les plots de connexion 109a, 109b). Les piliers de connexion électrique 107a et 107b sont ensuite formés par dépôt conforme d'une couche électriquement conductrice 713 sur les parois latérales et sur le fond des vias 711. Dans l'exemple représenté, la couche 713 est déposée de façon continue sur sensiblement toute la surface supérieure du capteur. A titre d'exemple, la couche 713 est un empilement Ti/TiN/WSi/aSi, présentant l'avantage d'avoir une conductivité thermique relativement faible. A titre de variante, la couche 713 est une couche en cuivre, ou en tout autre matériau ou empilement de matériaux conducteurs et/ou semiconducteurs adaptés.

La figure 7D illustre une étape de retrait localisée de la couche 713, par exemple par photolithographie et gravure, pour définir les piliers conducteurs 107a, 107b. Lors de cette étape, la couche 709 est en outre retirée de façon à libérer la face supérieure de l'absorbeur 707. Plus particulièrement, dans l'exemple représenté, la couche 713 est conservée uniquement dans les vias 711, ainsi que dans une zone périphérique autour des vias 711. La couche 709 est quant à elle conservée uniquement dans la zone périphérique entourant les vias 711, entre la couche 713 et la couche d'absorption 707.

La figure 7D illustre en outre une étape de gravure d'une tranchée 715 dans la couche 707, visant à séparer l'absorbeur en deux portions disjointes 707a et 707b dans la

futur microplanche bolométrique 103 du détecteur. En effet, dans cet exemple, l'absorbeur 707 est utilisé non seulement pour sa fonction d'absorbeur, mais aussi comme conducteur électrique pour relier électriquement le thermomètre du détecteur au circuit 102, par l'intermédiaire des piliers de connexion électrique 107a, 107b. Il convient donc de séparer l'absorbeur en deux portions ou électrodes disjointes, l'une (la portion 707a) connectée au pilier 107a, et l'autre (la portion 707b) connectée au pilier 107b. La tranchée 715 s'étend verticalement depuis la face supérieure jusqu'à la face inférieure de la couche 707, et s'interrompt sur la face supérieure de la couche de passivation inférieure 705. En vue de dessus, la tranchée 715 s'étend par exemple sur toute la largeur de la future microplanche bolométrique 103, dans une partie centrale de la microplanche.

La figure 7D illustre de plus une étape de dépôt, sur la face supérieure de la structure obtenue après la formation de la tranchée 715, d'une couche électriquement isolante 717, par exemple de même nature que la couche 705, recouvrant la face supérieure de la couche 707, ainsi que les parois latérales et le fond de la tranchée 715. Dans l'exemple représenté, la couche 717 est déposée de façon continue sur sensiblement toute la surface du capteur, par exemple par dépôt conforme, et recouvre ainsi la couche conductrice 713 sur les parois latérales et au fond des vias 711.

La figure 7E illustre une étape ultérieure de gravure localisée d'ouvertures traversantes localisées 719a et 719b dans la couche isolante 717, permettant d'accéder à la face supérieure des portions 707a, respectivement 707b de l'absorbeur.

La figure 7E illustre en outre une étape de dépôt d'une couche thermomètre 721, par exemple en silicium amorphe ou en oxyde de vanadium (par exemple V_2O_5) sur la face supérieure de la structure obtenue après la réalisation des ouvertures 719a, 719b. Dans cet exemple, le thermomètre de la microplanche 103 est une thermistance formée dans la couche 721, dont les extrémités sont connectées respectivement au plot de connexion électrique 109a du

circuit 102, par l'intermédiaire du pilier de connexion 107a et de la portion 707a de l'absorbeur, via l'ouverture 719a, et au plot de connexion électrique 109b du circuit 102, par l'intermédiaire du pilier de connexion 107b et de la portion 707b de l'absorbeur, via l'ouverture 719b. La couche 721 a par exemple une épaisseur comprise entre 10 et 200 nm, par exemple de l'ordre de 100 nm. Dans cet exemple, la couche 721 est d'abord déposée de façon continue sur sensiblement toute la surface du capteur.

La figure 7F illustre une étape ultérieure de formation, par exemple par photolithographie et gravure, d'une tranchée traversante 723 dans la couche 721. La tranchée 723 s'étend verticalement depuis la face supérieure de la couche 721 jusqu'à la face supérieure de la couche isolante 717. Dans cet exemple, en vue de dessus, la tranchée 723 définit les contours de la microplanche et des bras d'isolation thermique du détecteur.

La figure 7F illustre en outre une étape de dépôt d'une couche isolante 725 sur la face supérieure de la structure obtenue à l'issue de l'étape de formation de la tranchée 723. La couche 725 est par exemple en nitrure de silicium ou en oxynitrure de silicium. A titre d'exemple, l'épaisseur de la couche 725 est comprise entre 5 et 50 nm, par exemple entre 10 et 20 nm. La couche 725 est par exemple déposée de façon continue, par dépôt conforme, sur toute la surface du capteur. En particulier, la couche isolante 725 revêt la face supérieure de la couche thermomètre 721, ainsi que les parois latérales et le fond de la tranchée 723.

La figure 7F illustre de plus une étape de dépôt des plots ferromagnétiques 301 sur la microplanche 103, sur la face supérieure de la couche isolante 725. A titre d'exemple, une couche d'un matériau ferromagnétique est d'abord déposée sur toute la surface supérieure de la couche isolante 725, puis retirée localement par gravure pour ne conserver que les plots 301. Les plots 301 ont par exemple une épaisseur comprise entre 3 et 20 nm, par exemple comprise entre 5 et 10 nm. En vue de dessus, la plus grande dimension de chaque plot 301 est de préférence

inférieure à la longueur d'onde moyenne λ_m du rayonnement à détecter, par exemple comprise entre $\lambda_m/10$ et $\lambda_m/6$.

La figure 7G illustre une étape postérieure à la formation des plots ferromagnétiques 301, au cours de laquelle la
5 tranchée 723 est prolongée par gravure à travers les couches 725, 717, 707 et 705, jusqu'à la face supérieure de la couche sacrificielle 703, de façon à délimiter la microplanche 103 et les bras d'isolation thermique 105a, 105b du détecteur.

La figure 7G illustre de plus une étape de retrait de
10 la couche sacrificielle 703 pour libérer la microplanche 103 et les bras 105a, 105b du détecteur. Dans cet exemple, la microplanche 103 est formée par une portion de l'empilement des couches 705, 707, 717, 721 et 725, et chacun des bras 105a, 105b est formé par une portion de l'empilement des couches 705, 707,
15 717, 721 et 725.

Les figures 8A, 8B, 8C et 8D sont des vues en coupe illustrant des étapes successives d'une variante de réalisation du procédé des figures 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F et 7G. Les figures 8A, 8B 8C et 8D illustrent plus particulièrement des étapes d'un
20 exemple de procédé de fabrication d'un détecteur de rayonnement électromagnétique du type décrit en relation avec la figure 4, c'est-à-dire comportant des plots 301 en un matériau ferromagnétique suspendus au-dessus de la microplanche 103 par des structures de support 401 fixées à la face inférieure d'un
25 capot d'encapsulation 111.

Le procédé des figures 8A, 8B, 8C et 8D comprend les mêmes étapes initiales que le procédé des figures 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F et 7G. Plus particulièrement, le procédé des figures 8A, 8B, 8C et 8D comprend toutes les étapes du procédé des figures
30 7A, 7B, 7C, 7D, 7E, 7F et 7G, à la différence près que :

- après l'étape de dépôt de la couche isolante 725 et avant l'étape de formation des plots ferromagnétiques 301 (figure 7F), il comprend une étape de dépôt d'une deuxième couche sacrificielle 801, par exemple de même nature que la couche 703 ;
35 et

- après l'étape de délimitation de la microplanche 103 et des bras d'isolation thermique 105a, 105b par prolongement de la tranchée 723 (figure 7G), la couche sacrificielle 703 est n'est pas immédiatement retirée.

5 L'épaisseur de la couche 801 détermine la distance entre la microplanche 103 et les plots ferromagnétiques 301. A titre d'exemple, la couche 801 a une épaisseur comprise entre 200 nm et 1 μ m, par exemple de l'ordre de 1 μ m.

10 La figure 8A illustre la structure obtenue à l'issue des étapes décrites en relation avec les figures 7A à 7G avec les modifications mentionnées ci-dessus.

La figure 8B illustre une étape ultérieure de dépôt d'une troisième couche sacrificielle 803, par exemple de même nature que les couches 703 et 801, sur la face supérieure du détecteur. A titre d'exemple, la couche 803 a une épaisseur
15 comprise entre 200 nm et 2 μ m, par exemple de l'ordre de 1 μ m. La couche sacrificielle 803 est par exemple déposée de façon continue sur toute la surface du capteur.

La figure 8B illustre en outre une étape de formation
20 d'une ouverture traversante 805 dans la couche sacrificielle 803, à l'aplomb de chacun des plots ferromagnétiques 301. Les ouvertures 805 sont par exemple formées par photolithographie et gravure, et débouchent sur les faces supérieures des plots 301.

La figure 8B illustre de plus une étape de gravure d'une
25 tranchée périphérique annulaire 807 s'étendant verticalement depuis la face supérieure de la couche sacrificielle 803, traversant entièrement les couches sacrificielles 803 et 703, et débouchant sur la face supérieure du circuit de contrôle 102. En vue de dessus, la tranchée 807 entoure entièrement la microplanche
30 103 et les bras d'isolation thermique 105a, 105b.

La figure 8C illustre une étape de dépôt d'une couche
809 transparente pour le rayonnement à détecter sur sensiblement toute la surface supérieure de la structure obtenue après la gravure de la tranchée 807, pour former le capot d'encapsulation
35 111 du détecteur. La couche 809 est par exemple une couche de

silicium amorphe de 100 nm à 1 μ m d'épaisseur, par exemple de l'ordre de 800 nm d'épaisseur. La couche 809 est notamment déposée sur et en contact avec les parois latérales et le fond de la tranchée 807, sur et en contact avec la face supérieure des plots ferromagnétique 301 dans les ouvertures 805, et sur la face supérieure de la couche sacrificielle 803 en dehors de la tranchée 807 et des ouvertures 805, de façon à encapsuler hermétiquement l'ensemble comprenant la microplanche 103, les bras 105a, 105b, et les piliers 107a et 107b du détecteur.

La figure 8D illustre une étape de gravure d'au moins une ouverture 811 dans la couche 809, à l'intérieur de la zone délimitée (en vue de dessus) par la tranchée 807, c'est-à-dire dans la partie supérieure du capot d'encapsulation 111 du détecteur. L'ouverture 811 est prévue pour permettre la mise en oeuvre d'une étape de retrait des couches sacrificielles 803, 801 et 703 à l'intérieur du capot 111. L'ouverture 811 s'étend verticalement sur toute l'épaisseur de la couche 809, et débouche sur la face supérieure de la couche sacrificielle 803.

La figure 8D illustre en outre une étape ultérieure de retrait des couches sacrificielles 803, 801 et 703 à l'intérieur du capot 111, par exemple par gravure chimique anisotrope, de façon à libérer la microplanche 103 et les bras de maintien 105a, 105b du détecteur.

Après le retrait des couches sacrificielles 803, 801 et 703, une étape (non illustrée) de dépôt d'un matériau adapté à boucher la ou les ouvertures 811, par exemple du silicium amorphe, du germanium, ou encore un métal tel que l'aluminium, peut être prévue. Dans le cas où la couche de bouchage (non représentée) des ouvertures 811 n'est pas suffisamment transparente pour le rayonnement à détecter, cette dernière peut être déposée de façon localisée uniquement en regard des ouvertures 811, ou être gravée après dépôt pour n'être conservée qu'en regard des ouvertures 811. Sinon, la couche de bouchage peut être déposée sur toute la surface du détecteur. Le dépôt de la couche de bouchage est par exemple réalisé sous vide ou à une pression inférieure à la pression

atmosphérique de façon à mettre sous vide ou à basse pression la cavité d'encapsulation du détecteur.

Des modes de réalisation particuliers ont été décrits. Diverses variantes et modifications apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, les modes de réalisations décrits ne se limitent pas aux exemples de procédés de fabrication décrits en relation avec les figures 7A à 7G et 8A à 8D. Plus généralement, l'homme du métier saura adapter les procédés décrits, ou mettre en oeuvre d'autres procédés, pour réaliser des détecteurs du type décrit en relation avec les figures 2A, 2B, 3, 4, 5 et 6.

Par ailleurs, on a décrit des exemples de réalisation dans lesquels la microplanche 103 de chaque détecteur élémentaire comprend un thermomètre de type thermistance. Les modes de réalisation décrits ne se limitent pas à ce cas particulier. A titre de variante, le thermomètre peut être un thermomètre à base d'un ou plusieurs transistors à effet de champ ou à base d'une ou plusieurs diodes PN, auquel cas la couche thermomètre peut être en silicium cristallin.

De plus, bien que l'on ait décrit des exemples de réalisation dans lesquels la microplanche 103 de chaque détecteur élémentaire comprend un absorbeur et un thermomètre distinct de l'absorbeur, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas à ce cas particulier. A titre de variante, l'absorbeur et le thermomètre peuvent être constitués d'une même couche d'un matériau qui soit à la fois apte à absorber le rayonnement électromagnétique à détecter et à le convertir en énergie thermique, et à fournir un signal électrique représentatif de sa température, par exemple du silicium cristallin.

De plus, bien que l'on ait décrit des exemples de réalisation dans lesquels le champ magnétique B généré par l'inductance 201 de chaque détecteur est appliqué uniquement à la microplanche 103 du détecteur, les modes de réalisation décrits ne se limitent pas à ce cas particulier. A titre de variante, le champ magnétique B peut être appliqué à la microplanche 103 et aux bras d'isolation thermique 105a, 105b, ou uniquement aux bras

d'isolation thermique 105a, 105b. L'homme du métier saura adapter le motif de l'inductance en conséquence. A titre de variante, l'inductance peut être adaptée pour appliquer des champs magnétiques distincts à la microplanche 103 et aux bras
5 d'isolation thermique 105a, 105b.

On notera qu'appliquer un champ magnétique B aux bras d'isolation thermique 105a, 105b peut s'avérer particulièrement intéressant dans certaines applications, dans la mesure où ceci permet d'augmenter la résistance thermique R_{th} des bras 105a,
10 105b, et donc de renforcer l'isolation thermique entre la microplanche 103 et le substrat 101. En effet, les bras d'isolation thermique 105a, 105b contiennent une ou plusieurs couches de matériaux conducteurs. Lorsqu'un champ magnétique est appliqué à ces matériaux, non seulement la résistance électrique
15 de ces matériaux augmente comme expliqué ci-dessus, mais on observe en outre une augmentation de leur résistivité thermique. Il en résulte que la résistance thermique R_{th} des bras 105a, 105b augmente également, et ce d'autant plus que le champ appliqué est intense.

REVENDEICATIONS

1. Capteur comportant une pluralité de détecteurs (200) de rayonnement électromagnétique formés dans et sur un substrat semiconducteur (101), chaque détecteur comportant :

une microplanche (103) suspendue au-dessus du substrat (101) par des bras d'isolation thermique (105a, 105b), la microplanche comprenant un élément de conversion d'un rayonnement électromagnétique en énergie thermique et un thermomètre couplé thermiquement à l'élément de conversion ;

une inductance (201) agencée pour appliquer un champ magnétique (B) à la microplanche et/ou aux bras d'isolation thermique ; et

un circuit de contrôle formé dans et sur le substrat (101) et connecté aux extrémités de l'inductance (201).

2. Capteur selon la revendication 1, dans lequel, dans chaque détecteur (200), l'inductance (201) est formée dans une couche métallique (115) disposée sur la face supérieure du substrat semiconducteur (101), entre la face supérieure du substrat semiconducteur (101) et la microplanche (103).

3. Capteur selon la revendication 2, dans lequel, dans chaque détecteur (200), la couche métallique (115) est réfléchissante pour le rayonnement électromagnétique à détecter.

4. Capteur selon la revendication 3, dans lequel, dans chaque détecteur (200), la microplanche (103) et la couche métallique (115) définissent une cavité résonnante pour le rayonnement électromagnétique à détecter.

5. Capteur selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, comportant en outre, entre la face supérieure du substrat semiconducteur (101) et la couche métallique (115), une couche de protection en un matériau ferromagnétique protégeant le circuit de contrôle contre d'éventuelles perturbations liées au champ magnétique (B) généré par l'inductance (201).

6. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel, dans chaque détecteur (200), l'élément de conversion est une couche (707) absorbante pour le rayonnement

électromagnétique à détecter, et le thermomètre est formé dans une couche (721) de résistivité électrique variable en fonction de la température.

7. Capteur selon la revendication 6, dans lequel, dans
5 chaque détecteur, la couche absorbante (707) et la couche de résistivité électrique variable (721) sont des couches distinctes en des matériaux distincts.

8. Capteur selon la revendication 6, dans lequel, dans
10 chaque détecteur, la couche absorbante (707) et la couche de résistivité électrique variable (721) sont confondues.

9. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, dans chaque détecteur (200), la microplanche (103) comprend une couche en un matériau ferromagnétique.

10. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1
15 à 8, dans lequel chaque détecteur (200) comprend en outre un ou plusieurs plots en un matériau ferromagnétique disposés sur ou au voisinage de la microplanche (103).

11. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel, dans chaque détecteur (200), le circuit de
20 contrôle est connecté au thermomètre de la microplanche (103) par l'intermédiaire des bras d'isolation thermique (105a, 105b).

12. Capteur selon la revendication 11, dans lequel, dans
chaque détecteur (200), l'élément de conversion est une couche (707) électriquement conductrice, et dans lequel la connexion
25 électrique entre le circuit de contrôle (102) et le thermomètre est réalisée par des pistes conductrices formées dans le même niveau conducteur que l'élément de conversion et disposées dans les bras d'isolation thermique (105a, 105b).

13. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1
30 à 12, dans lequel, dans chaque détecteur, la microplanche (103) et les bras d'isolation thermique (105a, 105b) sont disposés dans une cavité (113) fermée par un capot (111) transparent au rayonnement à détecter.

14. Capteur selon la revendication 13, dans lequel, dans chaque détecteur (200), la cavité (113) est à une pression inférieure à la pression atmosphérique.

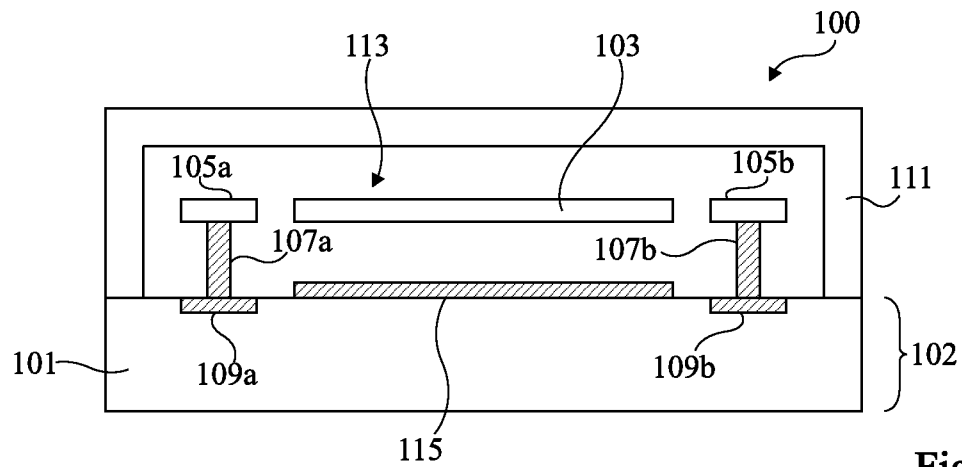


Fig 1A

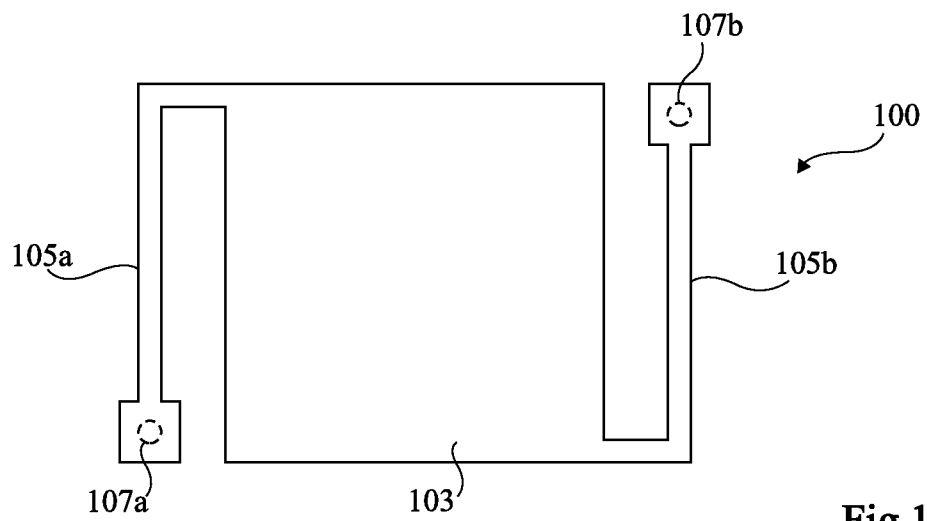


Fig 1B

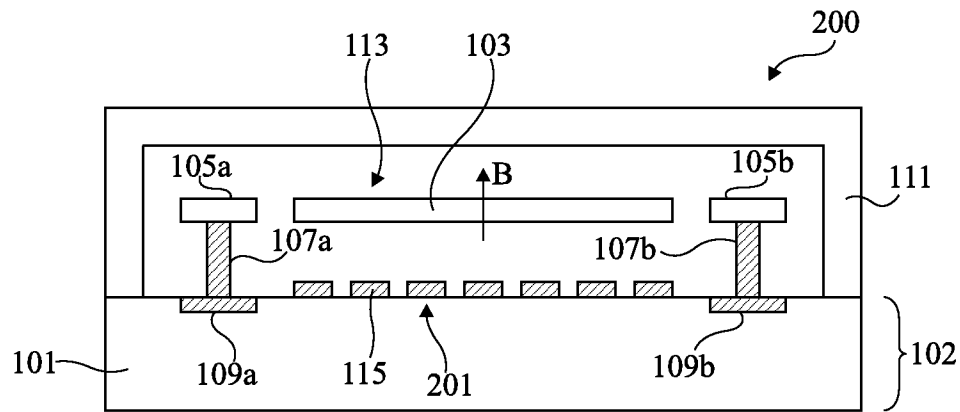


Fig 2A

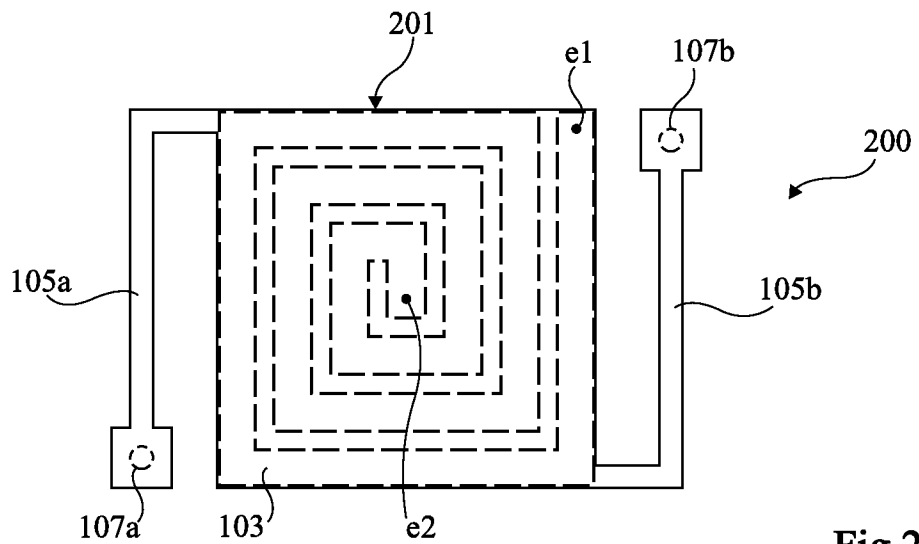


Fig 2B

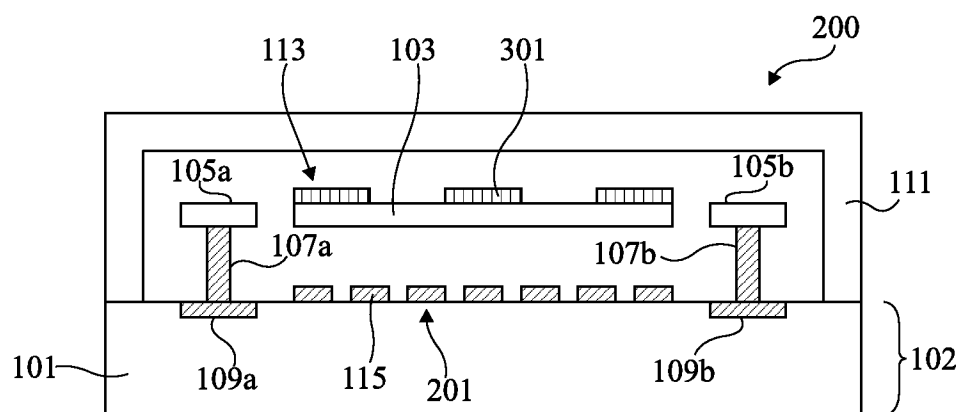


Fig 3

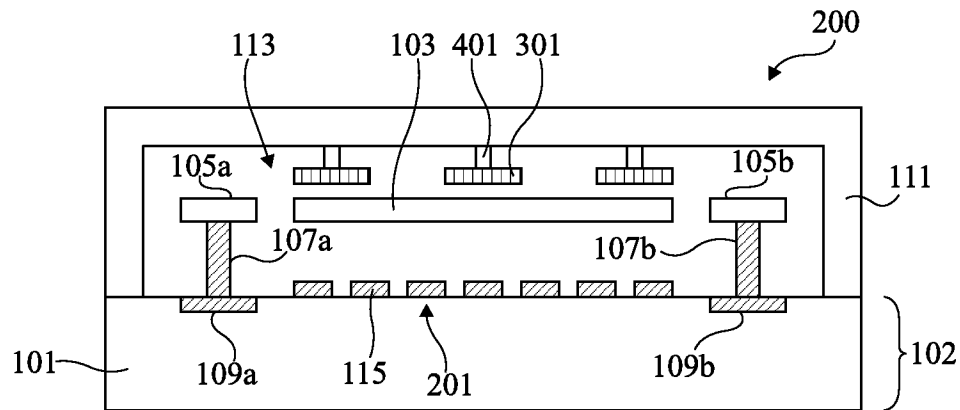


Fig 4

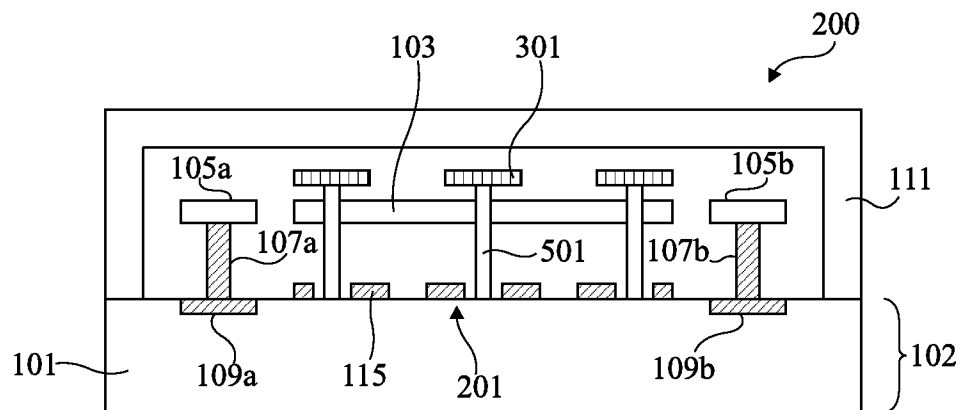


Fig 5

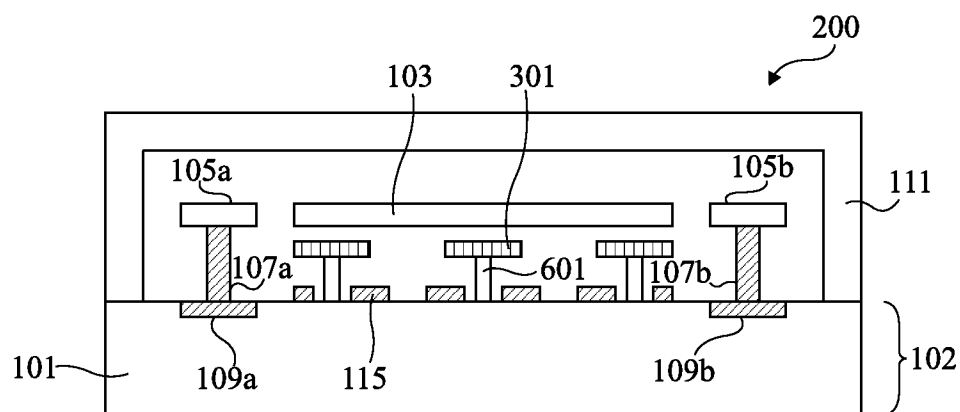


Fig 6

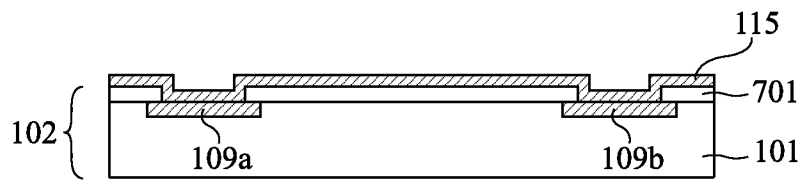


Fig 7A

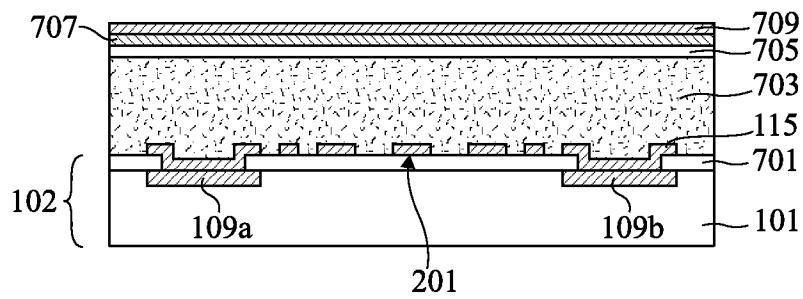


Fig 7B

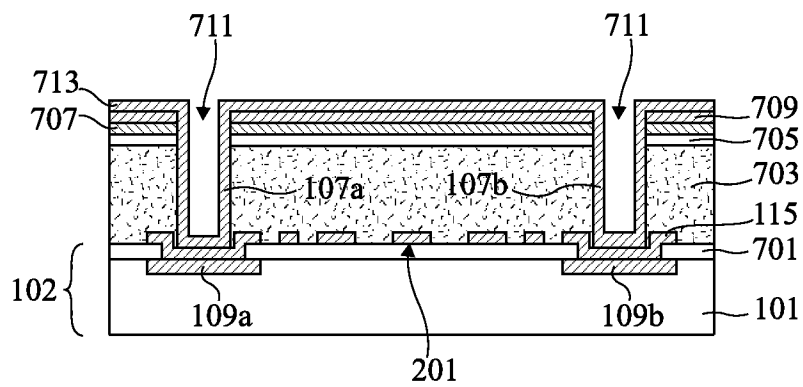


Fig 7C

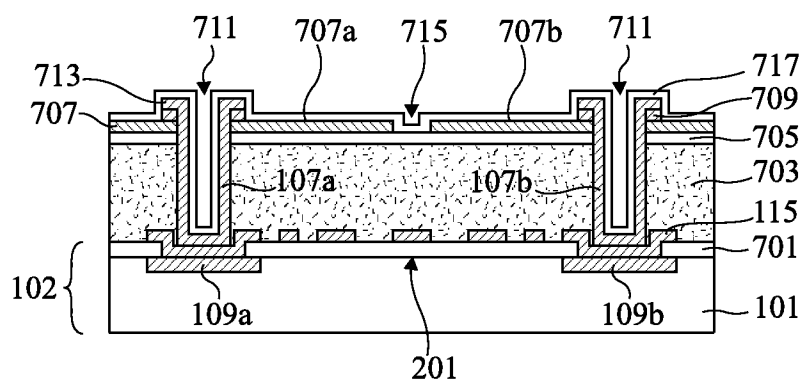


Fig 7D

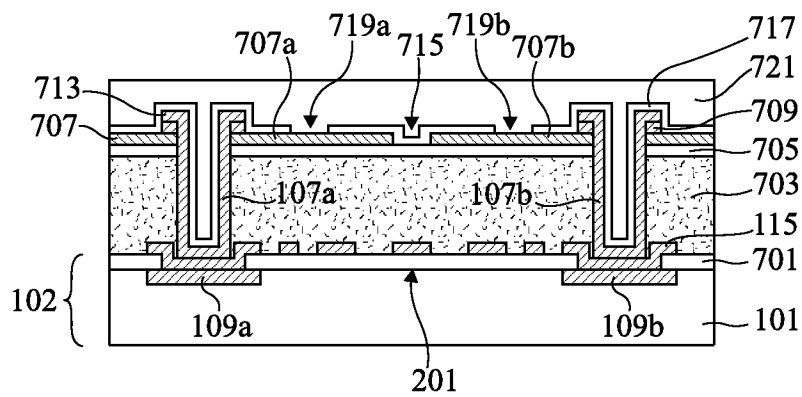


Fig 7E

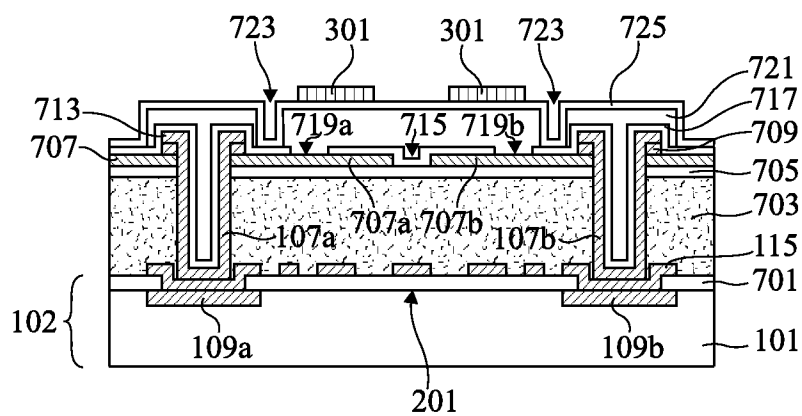


Fig 7F

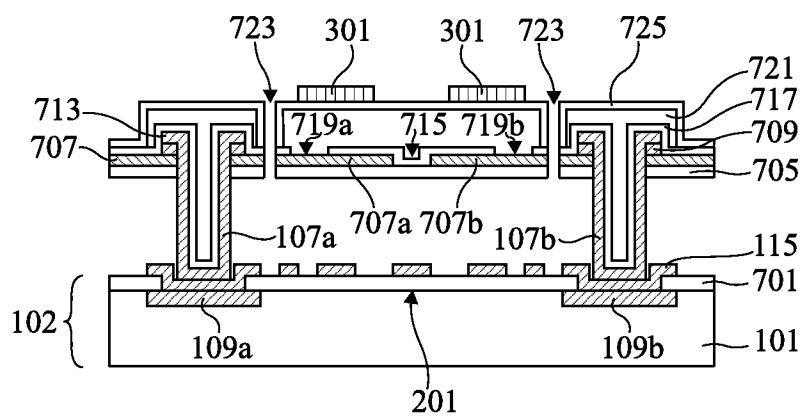


Fig 7G

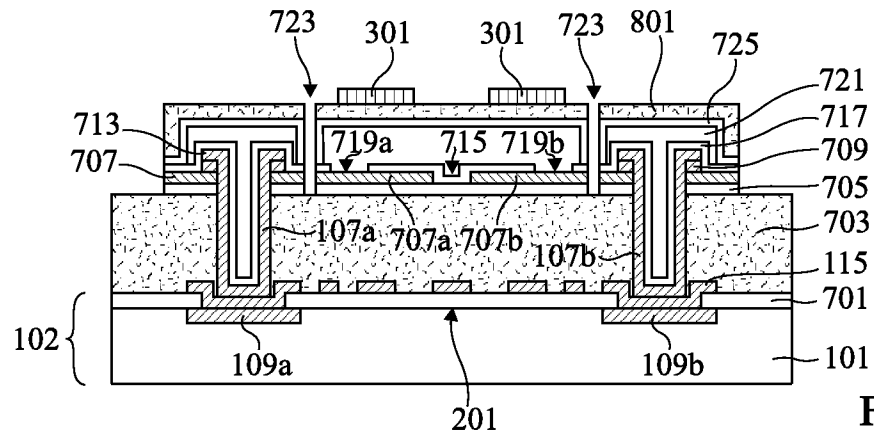


Fig 8A

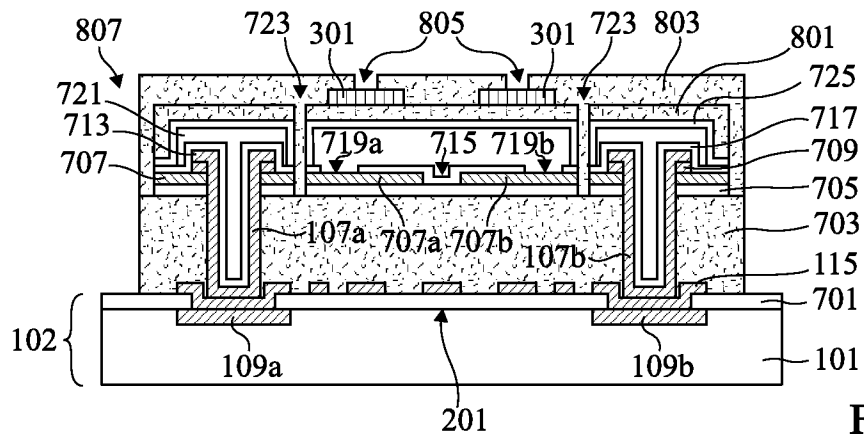


Fig 8B

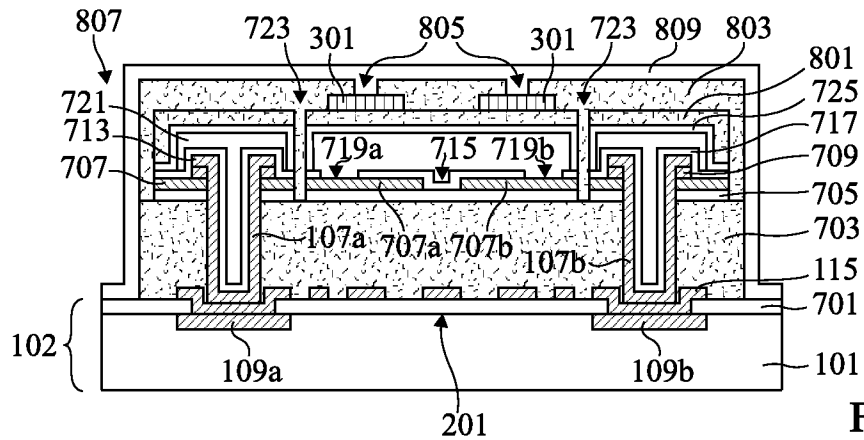


Fig 8C

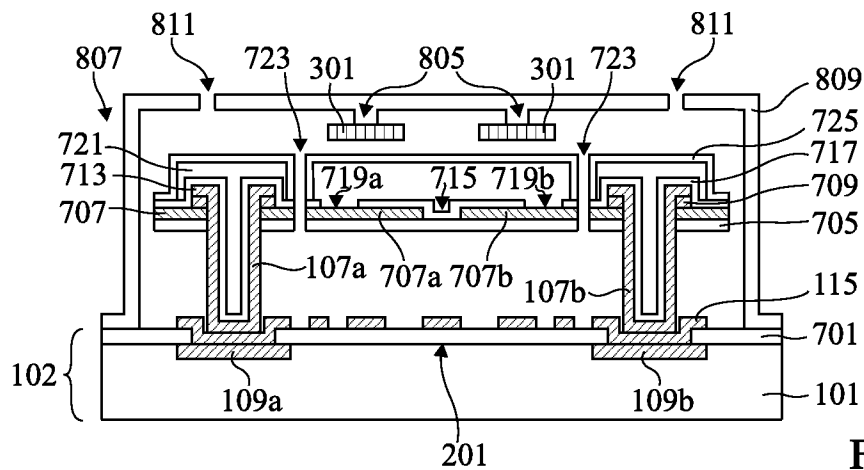


Fig 8D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2018/052018

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01J5/02 G01J5/10 G01J5/20
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)
G01J

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	US 2008/128619 A1 (YOSHIDA SHINJI [JP] ET AL) 5 June 2008 (2008-06-05)	1-14
Y	paragraphs [0033] - [0036], [0130], [0131], [0133], [0134]; figures 7-9	1-14
Y	JP H11 183259 A (SHARP KK) 9 July 1999 (1999-07-09) paragraphs [0008], [0026]; figure 5	1-14



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

27 November 2018

Date of mailing of the international search report

04/12/2018

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jacquin, Jérôme

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2018/052018

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2008128619 A1	05-06-2008	CN 1918459 A	21-02-2007
		JP W02005078399 A1	30-08-2007
		US 2008128619 A1	05-06-2008
		WO 2005078399 A1	25-08-2005

JP H11183259 A	09-07-1999	NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052018

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. G01J5/02 G01J5/10 G01J5/20 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) G01J		
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	US 2008/128619 A1 (YOSHIDA SHINJI [JP] ET AL) 5 juin 2008 (2008-06-05)	1-14
Y	alinéas [0033] - [0036], [0130], [0131], [0133], [0134]; figures 7-9 -----	1-14
Y	JP H11 183259 A (SHARP KK) 9 juillet 1999 (1999-07-09) alinéas [0008], [0026]; figure 5 -----	1-14
☐ 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 27 novembre 2018		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 04/12/2018
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Jacquin, Jérôme

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2018/052018

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008128619 A1	05-06-2008	CN 1918459 A	21-02-2007
		JP W02005078399 A1	30-08-2007
		US 2008128619 A1	05-06-2008
		WO 2005078399 A1	25-08-2005

JP H11183259 A	09-07-1999	AUCUN	
