

(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  
29 mars 2007 (29.03.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2007/034048 A1**

(51) Classification internationale des brevets :  
**G01J 5/12** (2006.01) **G01K 7/02** (2006.01)

7 allée du Couchant, F-59650 Villeneuve d'Ascq (FR).  
**LECLERCQ, Didier** [—/FR]; 38 rue Coustou, F-59000  
Lille (FR).

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2006/002078

(74) Mandataire : **MATKOWSKA, Franck**; c/o Matkowska  
& Associés, 9, rue Jacques Prévert, F-59650 Villeneuve  
D'Ascq (FR).

(22) Date de dépôt international :  
11 septembre 2006 (11.09.2006)

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

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
05370028.2 22 septembre 2005 (22.09.2005) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **UNI-  
VERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE  
LILLE** [FR/FR]; Cité Scientifique, F-59655 Villeneuve-  
d'Ascq (FR).

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT,

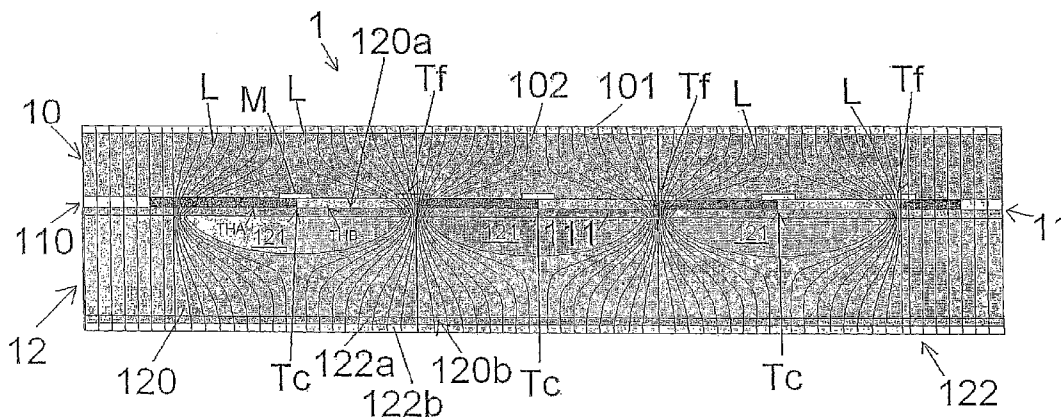
(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **ZIOUCHE,  
Katir** [FR/FR]; 6 rue du Maréchal Juin, F-62970 Cour-  
celles les Lens France (FR). **GODTS, Pascale** [FR/FR];

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: HEAT FLOW MICROSENSOR ON A CONDUCTOR SUBSTRATE PROVIDED WITH A POROUS CASING(S)

(54) Titre : MICROCAPTEUR DE FLUX THERMIQUE SUR SUBSTRAT CONDUCTEUR AVEC CAISSON(S) POREUX



(57) Abstract: The inventive heat flow microsensor (1) comprises a collector wall (10) which is thermally conductive and is used for collecting a heat flow, a substrate (12) which is thermally conductive and is used for forming heat sinks and at least one planar thermopile (110) provided with distributed thermal junctions (Tf, Tc) arranged between the collector wall and the substrate. The substrate (12) comprises at least one porous casing (121) which forms a lower heat conductive area. In a preferred variant, the substrate is embodied in the form of an P<sup>+</sup>, P<sup>-</sup>, N<sup>+</sup> or N doped silicon substrate.

(57) Abrégé : Le microcapteur (1) de flux thermique comporte une paroi collectrice (10) thermiquement conductrice ayant pour fonction de collecter un flux thermique, un substrat (12) thermiquement conducteur formant un puits thermique, et au moins une thermopile planaire (110) à thermojonctions distribuées (Tf, Tc) qui est interposée entre la paroi collectrice et le substrat. Le substrat (12) comporte au moins un caisson poreux (121) formant une zone de plus faible conductivité thermique. De préférence, le substrat est un substrat silicium dopé P<sup>+</sup>, P<sup>-</sup>, N<sup>+</sup> ou N<sup>-</sup>.



WO 2007/034048 A1



RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

MICROCAPTEUR DE FLUX THERMIQUE SUR SUBSTRAT CONDUCTEUR AVEC CAISSON (S) POREUX

### Domaine technique

5 La présente invention concerne le domaine des microcapteurs qui permettent la mesure de flux thermiques et qui comportent une paroi collectrice du flux thermique, un substrat de type silicium thermiquement conducteur et formant un puits thermique de référence, et une thermopile plane à thermojonctions distribuées qui est interposée entre la paroi collectrice et le substrat. En fonction notamment de la structure de son substrat et de sa paroi collectrice, le microcapteur de flux thermique de l'invention peut être utilisé pour la mesure d'un flux thermique total (flux thermique collecté par conduction, convection et rayonnement) ou pour la mesure d'un flux thermique radiatif, et en particulier pour la mesure d'un rayonnement infrarouge, UV, ... Les microcapteurs de l'invention peuvent par exemple, et de manière non exhaustive et non limitative de l'invention, être utilisés pour la détection de présence humaine par contact, pour réaliser des commutateurs actionnés par la chaleur et notamment des commutateurs sans contact actionnés par la chaleur humaine, pour la mesure de flux de chaleur latente d'évaporation, pour la détection d'échauffements anormaux dans tout type d'applications, pour la mesure de flux thermiques dans des conditions de pressions importantes, et notamment pour la caractérisation d'explosifs, pour la mesure de flux thermiques dans des applications à haute température supérieure à 150°C et pouvant notamment atteindre 800°C.

### Art antérieur

25 Des fluxmètres pour la mesure d'un flux thermique total ou pour la mesure uniquement d'un rayonnement, notamment un rayonnement infrarouge, et comportant la structure générale précitée (paroi collectrice/thermopile plane /substrat de référence) ont été décrits dans la demande de brevet français FR 2 781 931.

30 Il est brièvement rappelé qu'une thermopile comprend de manière

usuelle une pluralité de thermocouples successifs connectés en série, chaque thermocouple étant constitué par deux thermoéléments présentant des propriétés thermoélectriques différentes. La jonction entre deux thermoéléments constitutifs d'un thermocouple est appelée  
5 « thermojonction ». Une thermopile a pour fonction de convertir les gradients de températures créés entre ses thermojonctions chaudes et ses thermojonctions froides en un signal électrique à ses bornes, dont l'origine est l'effet thermoélectrique Seebeck. La tension électrique aux bornes de la thermopile est proportionnelle au nombre de thermocouples associés en  
10 série et au gradient global de température généré.

Dans les fluxmètres décrits dans la demande de brevet français FR 2 781 931, la thermopile mise en œuvre est plus particulièrement une thermopile planaire à thermojonctions distribuées, c'est-à-dire une thermopile dont les thermojonctions chaudes et froides sont dispersées sur  
15 même plan et ne sont pas séparées en deux groupes distincts. Le substrat est réalisé dans un matériau thermiquement conducteur, et est de préférence un substrat en silicium. Dans le but de réaliser localement au niveau d'une thermojonction une déviation et constriction des lignes de flux thermique, on réalise en outre dans le substrat au droit de ladite  
20 thermojonction, une zone de discontinuité thermique de plus faible conductivité thermique. Plus particulièrement chaque zone de discontinuité thermique est réalisée sous la forme d'une cavité vide creusée dans l'épaisseur du substrat. Lorsque le microcapteur est un capteur de flux thermique total, on réalise dans le substrat une cavité au droit uniquement  
25 des thermojonctions chaudes. En revanche, lorsque microcapteur est un capteur de rayonnement (par exemple capteur de rayonnement infrarouge), on réalise dans le substrat une cavité au droit de chaque thermojonction.

Dans les microcapteurs de flux thermiques décrits dans la publication précitée FR 2 781 931, l'effet de déviation et de constriction des  
30 lignes de flux thermique, qui est obtenu au moyen des cavités creusées dans le substrat, permet avantageusement de réaliser un microcapteur

comportant un substrat de type silicium, thermiquement conducteur, tout en obtenant une très bonne sensibilité de mesure. La constriction dans le substrat conducteur des lignes de flux thermique permet en effet de maintenir un gradient de température entre les thermojonctions malgré la  
5 conductivité thermique du substrat.

Les microcapteurs de flux thermique décrits dans la demande de brevet français FR 2 781 931 présentent plusieurs avantages mentionnés dans cette publication, dont une très bonne sensibilité de la mesure de flux thermique découlant de la structure distribuée des thermojonctions de la  
10 thermopile.

Les microcapteurs de flux thermique décrits dans la demande de brevet français FR 2 781 931 présentent toutefois plusieurs inconvénients.

Un premier inconvénient réside dans la complexité de la réalisation des cavités dans le substrat, qui nécessite des étapes de gravures très  
15 délicates, difficiles à contrôler et à l'origine d'une dispersion des caractéristiques des microcapteurs produits à une échelle industrielle. Cette complexité nuit en outre au rendement et au coût de fabrication des microcapteurs.

Un deuxième inconvénient est la faible résistance en température  
20 et/ou la fragilité mécanique des microcapteurs, du fait des membranes de faible épaisseur au droit des cavités dans le substrat. Typiquement, les microcapteurs décrits dans la demande de brevet français FR 2 781 931 ne peuvent être utilisés dans des plages de températures excédant 150°C.

### **Objectif de l'invention**

25 L'invention vise à proposer un nouveau microcapteur de flux thermique qui conserve les avantages des microcapteurs de flux thermique décrits dans la demande de brevet français FR 2 781 931, mais qui en pallie les inconvénients précités. En particulier, l'invention a pour objectif de proposer un nouveau microcapteur qui permet de mesurer un flux thermique  
30 avec une très bonne sensibilité et une très bonne précision, qui est robuste mécaniquement et peut fonctionner le cas échéant à des températures

élevées, et dont le procédé de fabrication est plus simple que celui des capteurs de la demande de brevet français FR 23 781 931 et permet une meilleure reproductibilité.

### **Résumé de l'invention**

5 L'objectif précité est atteint par le microcapteur de flux thermique de la revendication 1. L'invention repose sur la réalisation, dans le substrat thermiquement conducteur du microcapteur, de caisson(s) poreux formant des zones de plus faible conductivité thermique qui permettent d'obtenir localement, au niveau des thermojonctions de la thermopile positionnées au  
10 droit d'un caisson poreux, une déviation et constriction des lignes de flux thermique qui sont orientées perpendiculairement au plan de la thermopile planaire du microcapteur.

Des caractéristiques plus particulières et préférentielles du microcapteur de l'invention sont en outre définies dans les revendications  
15 dépendantes 2 à 12.

### **Brève description des figures**

Les caractéristiques et/ou avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée ci-après de plusieurs variantes préférées de réalisation d'un microcapteur de l'invention. Cette  
20 description détaillée est donnée à titre d'exemple non limitatif et non exhaustif de l'invention, et en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue éclatée d'une première variante de réalisation (simple déflexion de flux) d'un microcapteur de l'invention permettant  
25 la mesure d'un flux thermique total
- la figure 2 est une vue en coupe du microcapteur de la figure 1 selon le plan de coupe II-II,
- la figure 3 représente de manière schématique une utilisation du microcapteur des figures 1 et 2 pour la mesure d'un flux thermique  
30 échangé entre deux systèmes,
- la figure 4 est une vue éclatée d'une deuxième variante de réalisation

- (double déflexion de flux) d'un microcapteur de l'invention permettant la mesure d'un flux thermique total,
- la figure 5 est une vue en coupe du capteur de la figure 4 selon le plan de coupe V-V,
  - 5 - la figure 6 est une vue éclatée d'une première variante de réalisation d'un microcapteur de l'invention permettant la mesure d'un rayonnement,
  - la figure 7 est une vue en coupe du microcapteur selon le plan de coupe VII-VII de la figure 6,
  - 10 - la figure 8 représente de manière schématique une utilisation du microcapteur des figures 6 et 7 pour la mesure d'un rayonnement éclairant une paroi de référence,
  - la figure 9 est une vue éclatée d'une deuxième variante de réalisation d'un microcapteur de l'invention permettant la mesure rayonnement,
  - 15 - la figure 10 est une vue en coupe selon le plan de coupe X-X du microcapteur de la figure 9,
  - la figure 11 est une courbe représentant la porosité du silicium poreux dopé  $p^+$  en fonction de la densité de courant dans un bain électrolytique comportant 25% d'HF et 50% d'éthanol, et
  - 20 - la figure 12 est constituée de courbes représentant la porosité du silicium poreux dopé  $p^+$  en fonction de la concentration en HF du bain électrolytique pour différentes densités (J) de courant.

#### Description détaillée

On a représenté sur les figures 1 et 2, une première variante de  
25 réalisation d'un microcapteur 1 de l'invention permettant la mesure d'un flux thermique total  $\Phi$ .

En référence à la figure 3, ce microcapteur 1 de flux thermique total permet de détecter trois types de transfert thermique (conduction thermique et/ou convection thermique et/ou rayonnement thermique) entre deux  
30 systèmes S1 et S2 entre lesquels il est interposé, et délivre un signal électrique qui est fonction de la grandeur du flux thermique  $\Phi$  détecté. En

fonction de l'application, le système S1 ou S2 peut être un fluide (gaz ou liquide) ou un solide ; le microcapteur 1 peut être en contact avec le système S1 et/ou le système S2, ou peut être distant de l'un et/ou l'autre des deux systèmes S1, S2.

5 En référence aux figures 1 et 2, le microcapteur 1 de l'invention comporte une structure plate de faible épaisseur composée essentiellement de trois parois superposées :

- une paroi collectrice 10,
- une paroi 12 formant un substrat de référence,

10 -une paroi 11 détectrice du flux thermique qui est constituée d'une thermopile plane 110 à thermojonctions ( $T_f$ ,  $T_c$ ) distribuées déposées à la surface d'une couche 111 de matériau formant un isolant électrique [par exemple  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiN}_x\text{O}_y$  (notamment  $\text{SiN}_4$ )] ; cette paroi 11 détectrice est interposée entre les deux parois 10 et 12.

15 La paroi collectrice 10 a pour fonction de collecter le flux thermique et de le répartir sur toute la surface de la thermopile 110 en sorte d'uniformiser la température superficielle du capteur. Cette paroi collectrice 10 est réalisée dans une couche 101 de matériau de conductivité thermique très importante, et ayant de préférence une température d'exploitation  
20 maximale très élevée ; de préférence, le matériau de la couche collectrice 101 de la paroi collectrice 10 est un métal réfractaire tel que par exemple du tungstène. Cette couche collectrice 101 est déposée sur une couche 102 d'un matériau diélectrique formant un isolant électrique tel que par exemple du polyimide (pour des applications à basse température),  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SiN}_x\text{O}_y$   
25 (notamment  $\text{SiN}_4$ ), ladite couche isolante 102 étant interposée entre la thermopile 110 et la couche collectrice 101.

Pour une description détaillée de la thermopile plane 110, l'homme du métier se référera à la description des thermopiles des réalisations décrites dans la demande de brevet français FR 2 781 931. Il  
30 sera brièvement rappelé que la thermopile 110 comporte essentiellement une piste thermoélectrique, qui dans les exemples illustrés est un élément

linéaire en forme de serpent in constitué par des thermoéléments en série et alternés ThA et ThB. Selon le type de thermopile, les thermoéléments ThA et ThB peuvent être réalisés en matériau métallique ou semi-conducteur.

Dans l'exemple particulier des figures 1 et 2, les thermoéléments  
5 ThA sont par exemple en polysilicium dopé négativement, et les thermoéléments ThB sont en polysilicium dopé positivement. A la jonction entre deux thermoéléments ThA et ThB successifs est déposé un plot électriquement conducteur M, par exemple en métal et notamment en or, formant un pont ohmique entre deux thermoéléments ThA et ThB adjacents.  
10 Ce dépôt métallique M constitue avec les deux thermoéléments ThA et ThB associés une thermojonction Tf ou Tc.

Aux deux extrémités de la piste thermoélectrique en forme de serpent in sont déposés respectivement deux plots métalliques B (par exemple en or), et qui forment les deux bornes de mesure de la thermopile.  
15 Afin de permettre l'accès à ses deux bornes B, la paroi collectrice 10 comporte deux lumières 103 (figure 1) en vis-à-vis respectivement des deux bornes B.

L'invention n'est pas limitée à la mise en œuvre d'une thermopile comportant une piste thermoélectrique en forme de serpent in.

20 Dans l'exemple particulier des figures 1 et 2, les thermoéléments ThA et ThB se touchent. Dans une autre variante, les thermoéléments ThA et ThB pourraient être espacés. Egalement les contacts ohmiques M, pourraient être intercalés sur le même plan entre deux thermoéléments ThA et ThB.

25 Dans d'autres variantes de réalisations de l'invention, la thermopile 110 peut être réalisée en mettant en oeuvre la technologie connue dite de « dépôts plaqués ». De manière connue en soi, conformément à cette technologie, on réalise dans un premier temps une piste thermoélectrique continue (en forme de serpent in ou autre) dans un premier matériau  
30 thermoélectrique destiné à constituer par exemple les thermoéléments ThA, et dans un deuxième temps on réalise à la surface et le long de cette piste

thermoélectrique continue, une pluralité de dépôts d'un second matériau thermoélectrique présentant une conductivité électrique supérieure, en sorte de former les thermoéléments ThB. La technologie de dépôts plaqués permet avantageusement de simplifier la fabrication de la thermopile, et  
5 notamment de réduire le nombre d'étapes de fabrication.

Le substrat 12 du microcapteur est réalisé dans une couche 120 d'un matériau thermiquement conducteur, plus particulièrement dans un matériau semi-conducteur, et de préférence en silicium monocristallin. Dans cette couche 120 de matériau sont réalisés des caissons poreux 121 qui  
10 sont localisés au droit uniquement des thermojonctions Tc (c'est-à-dire au droit d'une thermojonction sur deux. Chaque caisson poreux 121 s'étend depuis la face avant 120a de la couche 120 orientée vers la thermopile 110. Dans l'exemple de réalisation illustré, les thermojonctions Tc son alignées, et le microcapteur comporte un caisson poreux 121 localisé au droit de  
15 chaque alignement de thermojonctions Tc.

Sur la face arrière 120b de la couche 120 est réalisé un blindage 122 arrière sous la forme d'une couche 122a d'un matériau diélectrique tel que par exemple du polyimide, du SiO<sub>2</sub>, du SiN<sub>x</sub>O<sub>y</sub> (notamment SiN<sub>4</sub>), ladite couche 112a étant recouverte d'une fine couche de métal 122b. Ce blindage  
20 122 est important et a pour fonction d'uniformiser la température sur la face arrière du capteur, et ainsi de rendre la sensibilité du capteur indépendante de la nature du système (système S1 dans l'exemple de la figure 3) vers lequel est orienté le substrat 12 du capteur lors de la mesure. Ce blindage 122 permet également une isolation électrique du capteur par rapport à son  
25 environnement et une protection du capteur contre les ondes électromagnétiques.

Les caissons 121 de silicium poreux au droit des thermojonctions Tc forment dans le substrat 12 des zones de faible conductivité thermique, tandis que les zones 120 de substrat 12 non poreuses au droit des  
30 thermojonctions Tf présentent une conductivité thermique élevée.

En fonctionnement, lorsque le capteur est par exemple en contact

avec une source chaude, la chaleur est collectée par la paroi collectrice 10, puis est évacuée par conduction par le substrat 12 à fonction de puits thermique. Cette dissipation se fait préférentiellement vers les zones 120 non poreuses du substrat 12 du fait de leur forte conductivité thermique. Les zones poreuses 121 quant à elles évacuent comparativement très peu de chaleur. En fonctionnement, on obtient ainsi localement, au droit des thermojonctions chaudes ( $T_c$ ) de la thermopile qui sont positionnées au droit d'un caisson poreux 121, une déviation et une constriction locales des lignes (L) de flux thermique qui sont orientées perpendiculairement au plan de la thermopile plane du microcapteur (voir figure 2).

Ces contrastes d'évacuation dus au différentiel de conductivités thermiques dans le substrat 12 permettent de maintenir quasiment froide la température des thermojonctions  $T_f$  (thermojonctions froides) au niveau superficiel du substrat silicium, et au contraire l'isolation thermique des caissons poreux 121 entraîne un échauffement des thermojonctions  $T_c$  (thermojonctions chaudes). L'écart de température ainsi créé entre les thermojonctions froides  $T_f$  et chaudes  $T_c$  est sensiblement proportionnel à la résistance thermique du substrat 12 et au flux thermique de conduction dans le substrat 12. Du fait de ces gradients de températures générés entre les thermojonctions chaudes  $T_c$  et froides  $T_f$ , la thermopile 110 délivre à ses bornes B une tension de Seebeck ( $V_{\text{Seebeck}}$ ), donnée par la formule :

$$V_{\text{Seebeck}} = N \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

dans laquelle N est le nombre de thermoéléments associées en série,  $\alpha$  le pouvoir thermoélectrique des thermoéléments, et  $\Delta T$  le gradient de température généré.

On a représenté sur les figures 4 et 5, une autre variante de réalisation d'un microcapteur 1', qui à la différence du microcapteur 1 des figures 1 et 2, permet une double déflexion de flux (au lieu d'une simple déflexion de flux dans le cas du microcapteur 1 précédemment décrit).

Cette double déflexion de flux est obtenue grâce à la mise en œuvre d'une paroi collectrice 10 comportant une couche collectrice 101 (par

exemple en métal réfractaire tel que du tungstène ) qui est déposée sur une couche 104 de déflexion de flux thermique qui est thermiquement conductrice (par exemple couche de silicium dopé ou couche métallique). Entre la thermopile 11 et la couche 104 est en outre interposée une couche  
5 102 électriquement isolante, par exemple couche de  $\text{SiO}_2$ , couche de  $\text{SiN}_x\text{O}_y$  (notamment  $\text{SiN}_4$ ), couche de polyimide, ou colle époxyde.

La couche 104 de déflexion de flux thermique comporte des piliers 104a qui sont séparés par des zones 105 de plus faible conductivité thermique. Les zones 105 de plus faible conductivité thermique sont  
10 positionnées au droit et au dessus des thermojonctions froides  $T_f$ . Les piliers 104a sont positionnés au droit uniquement des thermojonctions chaudes  $T_c$  ; ils permettent de concentrer la chaleur collectée par la couche 101 vers les thermojonctions chaude  $T_c$  et évitent l'échauffement des thermojonctions froides  $T_f$ . Par exemple, lorsque la couche 104 est en silicium dopé, les  
15 zones 105 de plus faible conductivité thermique sont en silicium poreux ou sont constituées par des cavités contenant de l'air.

On obtient ainsi une double déflexion du flux thermique, ce qui comparativement au microcapteur 1 à simple déviation de flux des figures 1 et 2, permet de générer des gradients de température plus élevés, et de ce  
20 fait permet d'augmenter la sensibilité et la précision du capteur. Il peut également être utilisé en microgénérateur électrique. En revanche, la résistance thermique du microcapteur 1' à double déflexion du flux thermique est plus élevée que celle du microcapteur 1, ce qui limite la température maximale d'exploitation du capteur, la dissipation thermique se  
25 faisant moins facilement.

Dans la variante particulière de réalisation des figures 4 et 5, la paroi collectrice 10 comporte en outre une couche supérieure absorbante 106, dont le matériau absorbant est sélectionné en fonction de la gamme de longueurs d'onde du rayonnement que l'on souhaite détecter au moyen du  
30 capteur. Par exemple, pour une détection sélective du rayonnement UV, le matériau absorbant de la couche 106 est par exemple du cuivre ; pour une

détection du rayonnement infrarouge, le matériau absorbant de la couche 106 est par exemple en polyimide. Pour une détection du rayonnement visible et infrarouge, le matériau absorbant de la couche 106 est par exemple une couche de peinture noire. Il est également possible de réaliser un capteur quasiment insensible au rayonnement, en remplaçant la couche absorbante 106 par une couche réfléchrice apte à réfléchir le rayonnement que l'on ne souhaite pas détecter.

On représenté sur les figures 6 et 7, une première variante de réalisation d'un microcapteur radiatif 1'' de l'invention pour la mesure d'un rayonnement R (par exemple rayonnement infrarouge).

En référence à la figure 8, lorsqu'il est utilisé, ce microcapteur 1'' est dans la plupart des cas au contact d'une paroi de référence P éclairée par le rayonnement R, et délivre un signal électrique ( figure 8/ connexions électriques C) qui est fonction de la grandeur du flux thermique  $\Phi$  détecté.

Le capteur radiatif 1'' des figures 6 et 7 se différencie du capteur 1 des figures 1 et 2, par sa paroi collectrice 10' et par la répartition des caissons poreux 121 dans le substrat.

La paroi collectrice 10' est constituée d'une couche 101 d'un matériau ayant des propriétés d'absorption du rayonnement et sélectionné en fonction de la gamme de longueur d'ondes du rayonnement à mesurer, et de bande parallèles 102, qui sont réalisées dans un matériau sélectionné pour ses propriétés réfléchissante vis-à-vis du rayonnement à mesurer et qui sont disposées aux droit d'une thermojonction sur deux. Les thermojonctions Tc non recouvertes par une bande réfléchissante 102 forment les thermojonctions chaudes ; les thermojonctions Tf localisées au droit d'une bande réfléchissante 102 forment les thermojonctions froides. Pour la mesure d'un rayonnement infrarouge, le matériau absorbant de la couche 101 est par exemple du polyimide et le matériau constitutif des bandes réfléchissantes 102 est de l'or. Pour la mesure d'un rayonnement ultraviolet (UV), le matériau absorbant de la couche 101 est par exemple du cuivre et le matériau constitutif des bandes réfléchissantes 102 est par exemple de

l'aluminium. Pour la mesure d'un rayonnement dans la gamme de longueur d'ondes du visible, on réalise par exemple des bandes 101 de peinture noire absorbante associées à des bandes 102 de peinture blanches réfléchissantes.

5 Les caissons poreux 121 dans le substrat 12 sont réalisés au droit de chaque thermojonction chaude  $T_c$  et de chaque thermojonction froide  $T_f$  et s'étendent depuis la face avant 120a du substrat 12 orientée vers la paroi détectrice 11. En particulier, dans l'exemple de réalisation illustré, les thermojonctions  $T_c$  et  $T_f$  sont agencées sous forme d'alignements  
10 parallèles, et le microcapteur comporte un caisson poreux 121 localisé au droit de chaque alignement de thermojonctions  $T_c$  et un caisson poreux localisé au droit de chaque alignement de thermojonctions  $T_f$ .

Comme pour les microcapteurs 1 et 1' des figures 1, 2 et 4, la structure poreuse des caissons 121 influe considérablement sur les  
15 propriétés thermiques du matériau. En particulier du fait de leur structure poreuse, les caissons 121 présentent une conductivité thermique très inférieure à la conductivité thermique du matériau non poreux 120, les caissons poreux 121 étant assimilables à des caissons thermiquement isolants.

20 Cette différence de conductivité thermique entre les caissons 121 de silicium poreux et le reste 120 du substrat non poreux permet d'obtenir la déviation et constriction des lignes de flux thermique dans le substrat 12, de manière comparable à ce qui a été décrit dans la demande de brevet français FR 2 781 931 avec la mise en oeuvre des cavités d'air gravées  
25 dans le substrat au droit des thermojonctions.

Cette déviation et constriction des lignes de flux thermique dans le substrat permet en fonctionnement du capteur de générer une différence de température dans le plan de la thermopile plane 110 entre les thermojonctions chaudes  $T_c$  (éclairées par le rayonnement) et les  
30 thermojonctions froides  $T_f$ .

On représenté sur les figures 9 et 10, une deuxième variante de

réalisation d'un microcapteur radiatif 1''' de l'invention pour la mesure d'un rayonnement R. Ce capteur radiatif 1''' se différencie du capteur 1'' des figures 5 et 6 en ce que la pluralité de caissons poreux 121 de petite dimension a été remplacée par un unique caisson poreux 121 de plus grande dimension qui s'étend au droit de l'ensemble des thermojonctions chaudes Tc et froides Tf.

Plus particulièrement selon l'invention, quel que soit le type de microcapteur ( capteur 1 ou 1' pour la mesure d'un flux thermique total ou capteur 1'' ou 1''' pour la mesure d'un rayonnement), les caissons poreux 121 de silicium poreux ont de préférence une structure nanoporeuse ou mésoporeuse, constituée de longs pores parcourant perpendiculairement la surface du substrat et présentant de préférence des diamètres variant entre 10nm et 500nm.

De préférence, les caissons 121 de silicium poreux sont obtenus par attaque anodique en milieu fluorhydrique concentré dans un bain électrolytique classique (eau/éthanol). Une tension continue est appliquée entre le substrat 12 constituant l'anode et la cathode métallique résistant à l'électrolyte (par exemple cathode en platine). La réaction électrolytique a lieu à densité de courant contrôlée, ce qui implique que les substrats 12 doivent de préférence être fortement dopés afin de présenter une résistance électrique suffisamment faible. Par exemple, mais de manière non limitative de l'invention, le substrat 12 est dans un matériau 120 constitué de silicium monocristallin dopée p<sup>+</sup> et présentant une résistivité inférieure à 0,01Ωcm. La porosité des caissons 121 formés dans le substrat (c'est-à-dire le pourcentage de silicium enlevé par le procédé électrolytique) croît avec la densité de courant (voir figure 11) et décroît quand la concentration d'acide fluorhydrique augmente (voir figure 12).

Le tableau I ci-après récapitule les caractéristiques de différents exemples d'électrolyses réalisées pour obtenir différentes valeurs de porosité.

Tableau I

| Durée d'électrolyse (mn) | Densité de courant utilisé (mA/cm <sup>2</sup> ) | Concentration <sup>(*)</sup> en HF (%) | Concentration <sup>(*)</sup> en H <sub>2</sub> O (%) | Concentration <sup>(*)</sup> en Ethanol (%) | Porosité (%)   |
|--------------------------|--|--|--|---|--|
| 140                      | 100  | 23                                     | 44   | 33  | 60   |
| 140                      | 50   | 23                                     | 44   | 33  | 40   |
| 140                      | 100  | 27                                     | 40   | 33  | 50   |
| 140                      | 100 (pendant 120mn) et 50 (pendant 20mn)         | 27                                     | 40   | 33  | 50 (sur une épaisseur de 240µm à 250 µm) et 40 (sur l'épaisseur restante de 30µm à 40µm) |

(\*) Dans le tableau, les concentrations sont exprimées en % volumique

Il revient à l'homme du métier de régler judicieusement les paramètres de l'électrolyse, et notamment la densité de courant et la concentration d'acide fluorhydrique dans le bain du procédé électrolytique, en sorte d'obtenir la porosité recherchée pour les caissons 121.

Dans le capteur monolithique de l'invention, et à la différence des microcapteurs décrits notamment dans la demande de brevet français FR 2 781 931, les couches du capteur au droit du ou des caissons poreux 121 ne forment pas des membranes suspendues au dessus d'une cavité vide mais sont supportées par les caissons poreux 121. Il en résulte une robustesse nettement améliorée pour le capteur, celui-ci pouvant subir des contraintes mécaniques, notamment de pression, nettement plus élevées, et/ou pouvant le cas échéant fonctionner dans des gammes de températures élevées (supérieure à 150°C).

En particulier, dans le cas d'un microcapteur radiatif 1'' ou 1''', du fait de la robustesse mécanique obtenue, il n'est pas nécessaire d'encapsuler le microcapteur radiatif 1 dans un boîtier avec fenêtre transparente au rayonnement R. En outre, ce microcapteur peut avantageusement être facilement nettoyé sans prendre de précaution particulière, en sorte de

retirer les poussières qui peuvent se déposer à sa surface, et qui nuisent à la qualité de la mesure.

Egalement, on notera que dans le microcapteur radiatif 1'' ou 1''' de l'invention, la principale limite haute en température dépend à présent du  
5 matériau utilisé pour les bandes absorbantes 101. A titre indicatif, dans le cas de bandes absorbantes 101 en polyimide, cette limite en température est de l'ordre de 400°C. Pour le microcapteur 1 ou 1' de flux total la limite haute en température est de l'ordre de 800°C.

La valeur de conductivité thermique des caissons poreux 121 est  
10 corrélée à la porosité. Pour une meilleure sensibilité du microcapteur de flux thermique, il est préférable que la conductivité thermique des caisson 121 soit la plus faible possible, et incidemment que la porosité des caissons 121 soit la plus élevée possible. Néanmoins, plus la porosité des caissons 121 est élevée, plus la robustesse du capteur est diminuée.

15 Il revient ainsi à l'homme du métier de choisir le meilleur compromis pour la porosité des caissons 121 entre la sensibilité et la robustesse souhaitées pour le microcapteur de flux thermique. En pratique, la porosité des caissons 121 de silicium poreux sera fixée entre 30% et 70%. Une méthode connue de l'homme de l'art pour mesurer la porosité consiste à  
20 peser le matériau sur une microbalance avant et après traitement afin de déduire la variation de masse et incidemment le pourcentage de porosité.

A titre indicatif, une porosité de l'ordre de 70% des caissons 121 de silicium poreux correspond à une conductivité thermique ( $\lambda$ ) de l'ordre de  
25 1W/m.K des caissons 121. Comparativement, la couche 120 de silicium monocristallin non poreux présente une conductivité thermique ( $\lambda$ ) de l'ordre de 140W/m.K.

Pour fabriquer le capteur de l'invention, on réalise dans un premier temps le substrat 12 avec caisson(s) poreux 121, et on réalise dans un deuxième temps par des procédés traditionnels de dépôts en couche mince  
30 sur ce substrat, la paroi détectrice 11 et la paroi collectrice 10 ou 10' et le blindage thermique 122 en face arrière. Le procédé de fabrication du

substrat 12 avec caisson poreux 121 par attaque anodique en milieu fluorhydrique concentré dans un bain électrolytique classique (eau/éthanol) est avantageusement compatible avec les technologies CMOS de dépôts en couche mince, et surtout permet à l'échelle industrielle d'obtenir une meilleure reproductibilité ( plus faible dispersion des caractéristiques des capteurs) et est plus facile à mettre en œuvre que le procédé de gravure en face arrière du substrat silicium qui est décrit dans la demande de brevet FR 2 781 931 pour réaliser les cavité vides.

En complément de ce qui vient d'être décrit, le microcapteur de flux thermique de l'invention présente les avantages supplémentaires suivants :

- il est miniature, plat, de faible épaisseur, et présente une résistance thermique (dans le sens de son épaisseur) très faible, ce qui permet d'une part de réaliser des mesures de flux thermique à des températures très élevées, et d'autre part d'avoir une très bonne sensibilité pour la mesure (temps de réponse très faible) ; cette très faible résistance thermique est importante au regard du fonctionnement du capteur pour la mesure de flux, car il est essentiel que la chaleur collectée par la paroi collectrice 10 ou 10' du capteur puisse être dissipée et évacuée le plus rapidement possible vers le substrat 12 ;
- il est autocalibré et offre une grande précision de mesure et une très bonne en fiabilité de mesure ;
- il permet d'obtenir une grande dynamique de mesure ;
- il est actif et ne nécessite aucune alimentation ;
- sa topologie est souple et permet facilement d'adapter à chaque application la sensibilité du capteur en adaptant sa forme, sa surface et le nombre de thermojonctions  $T_c$ ,  $T_f$  de la thermopile et de caisson(s) poreux 121 associé(s), en fonction de la sensibilité recherchée.

Les microcapteurs de l'invention permettant la mesure de flux thermique total trouvent de nombreuses applications, parmi lesquels on

peut citer de manière non exhaustive et à titre d'exemples non limitatifs de l'invention :

- la détection de présence humaine par contact ;
- la fabrication de commutateurs déclenchés par la chaleur ;
- 5 - la mesure de flux de chaleur latente d'évaporation ;
- la détection d'échauffements anormaux ;
- la caractérisation d'éléments ou systèmes susceptibles de subir de fortes pressions, tels que par exemple des explosifs ;
- la mesure de flux thermique à de hautes températures supérieures
- 10 150°C et de préférence supérieures à 600°C.

Les microcapteurs de l'invention permettant la mesure de flux thermique radiatif trouvent de nombreuses applications, parmi lesquels on peut citer de manière non exhaustive et à titre d'exemples non limitatifs de l'invention :

- 15 - mesure de température à distance et sans contact ;
- détection de présence humaine sans contact ;
- en association avec un système optique adapté (lentille ou parabole), détection de chaleur sans contact et à longue distance.

L'invention n'est pas limitée à des microcapteurs sur substrat 120  
20 en silicium dopé P<sup>+</sup>. En particulier, le substrat conducteur 120 comportant les cavités poreuses 121 peut être en silicium dopé N<sup>+</sup>, ou en silicium dopé P<sup>-</sup> ou N<sup>-</sup>.

**REVENDEICATIONS**

1. Microcapteur (1 ; 1' ; 1'' ; 1''') de flux thermique comportant une paroi collectrice (10 ; 10') thermiquement conductrice ayant pour fonction de collecter un flux thermique, un substrat (12) thermiquement conducteur formant un puits thermique, et au moins une thermopile planaire (110) à thermojonctions distribuées (Tf, Tc) qui est interposée entre la paroi collectrice et le substrat, caractérisé en ce que le substrat (12) comporte au moins un caisson poreux (121) formant une zone de plus faible conductivité thermique.  
5
2. Microcapteur (1 ; 1') selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de caissons poreux qui sont localisés respectivement au droit d'une thermojonction sur deux (thermojonctions chaudes Tc).  
10
3. Microcapteur (1 ; 1') selon la revendication 2 caractérisé en ce que la paroi collectrice (10) comporte au moins une couche collectrice (101) en métal, et de préférence en métal réfractaire.  
15
4. Microcapteur (1') selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que la paroi collectrice (10) comporte d'un part une couche (104) de déflexion de flux thermique, ladite couche (104) formant des piliers (104a) thermiquement conducteurs localisés au droit des thermojonctions chaudes (Tc), et d'autre part des zones (105) présentant une conductivité thermique inférieure à celle des piliers (104a) et localisées au droit des thermojonctions froides (Tf).  
20
5. Microcapteur (1'') selon la revendication 1 pour la mesure d'un flux thermique radiatif, caractérisé en ce qu'il comporte une pluralité de caissons poreux (121) qui sont localisés respectivement au droit de chaque thermojonction (Tc, Tf).  
25
6. Microcapteur (1''') selon la revendication 1 pour la mesure d'un flux thermique radiatif, caractérisé en ce qu'il comporte un unique caisson poreux (121) qui est localisé au droit de l'ensemble des thermojonctions (Tc, Tf).  
30

- 5 7. Microcapteur ( 1'' ; 1''') selon la revendication 5 ou 6 caractérisé en ce que la paroi collectrice (10') comporte une couche (101) de matériau absorbant le rayonnement (R) à détecter, et à la surface de cette couche absorbante (101), des zones (102) superficielles qui sont aptes à réfléchir ledit rayonnement (R) et qui sont localisées au droit d'une thermojonction sur deux (thermojonctions froides Tf).
8. Microcapteur selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que chaque caisson poreux (121) s'étend depuis la face (120a) du substrat orientée vers la thermopile (110).
- 10 9. Microcapteur selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que le substrat est en silicium.
10. Microcapteur selon la revendication 9 caractérisé en ce que le substrat est choisi parmi les matériaux de la liste suivante : silicium dopé P<sup>+</sup> ; silicium dopé N<sup>+</sup>, silicium dopé N<sup>-</sup> ; silicium dopé P<sup>-</sup>.
- 15 11. Microcapteur selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que chaque caisson poreux (121) présente une porosité comprise entre 30% et 70%.
12. Microcapteur selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que chaque caisson poreux (121) présente une conductivité thermique inférieure à 1W/m.K.
- 20

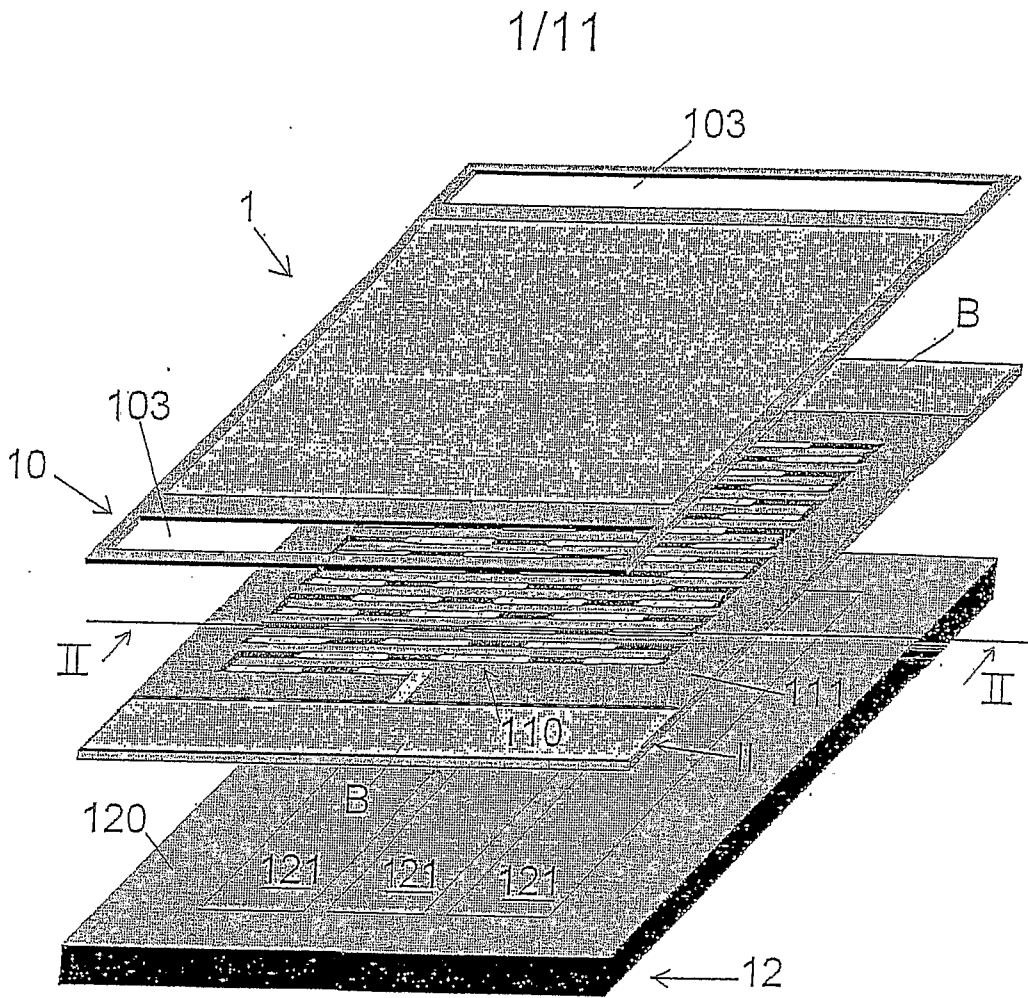


FIG.1

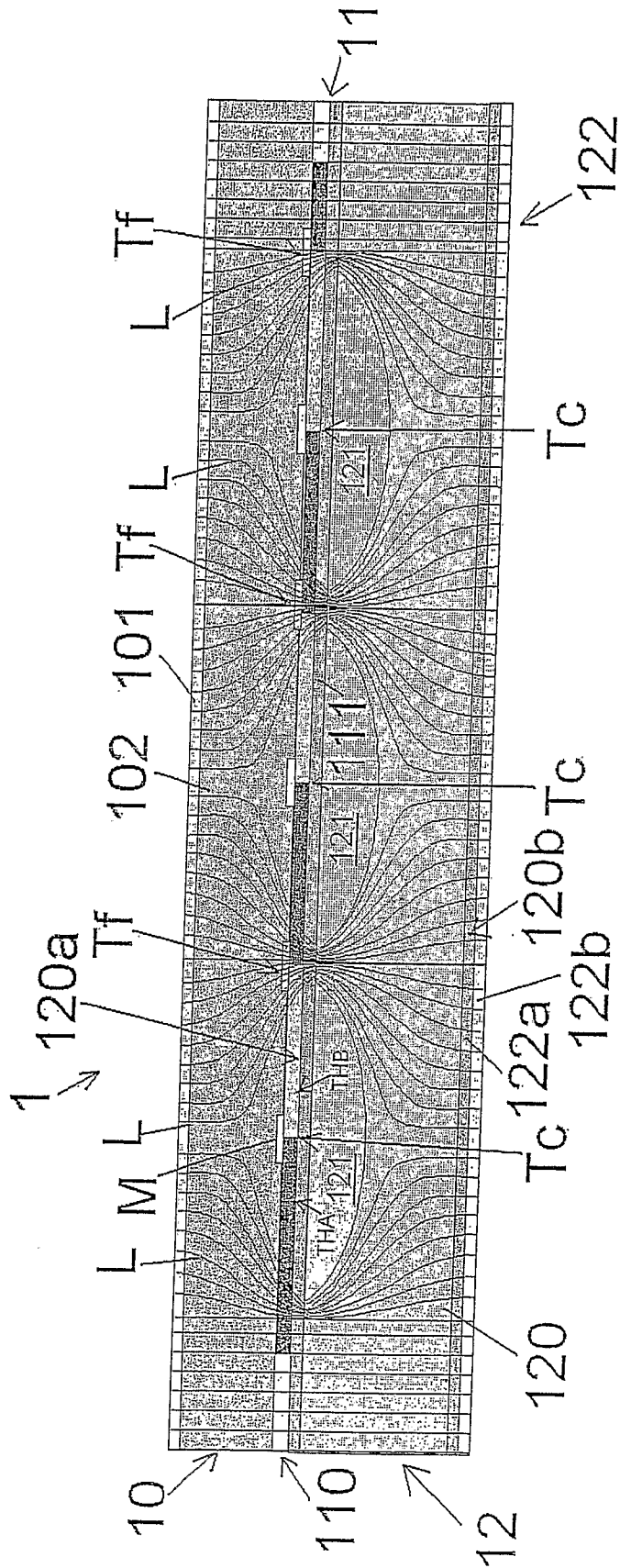


FIG.2

3/11

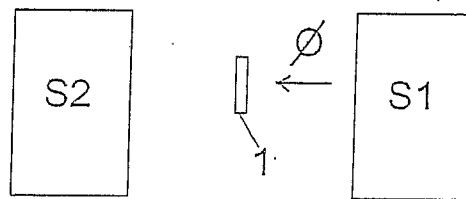


FIG.3

4/11

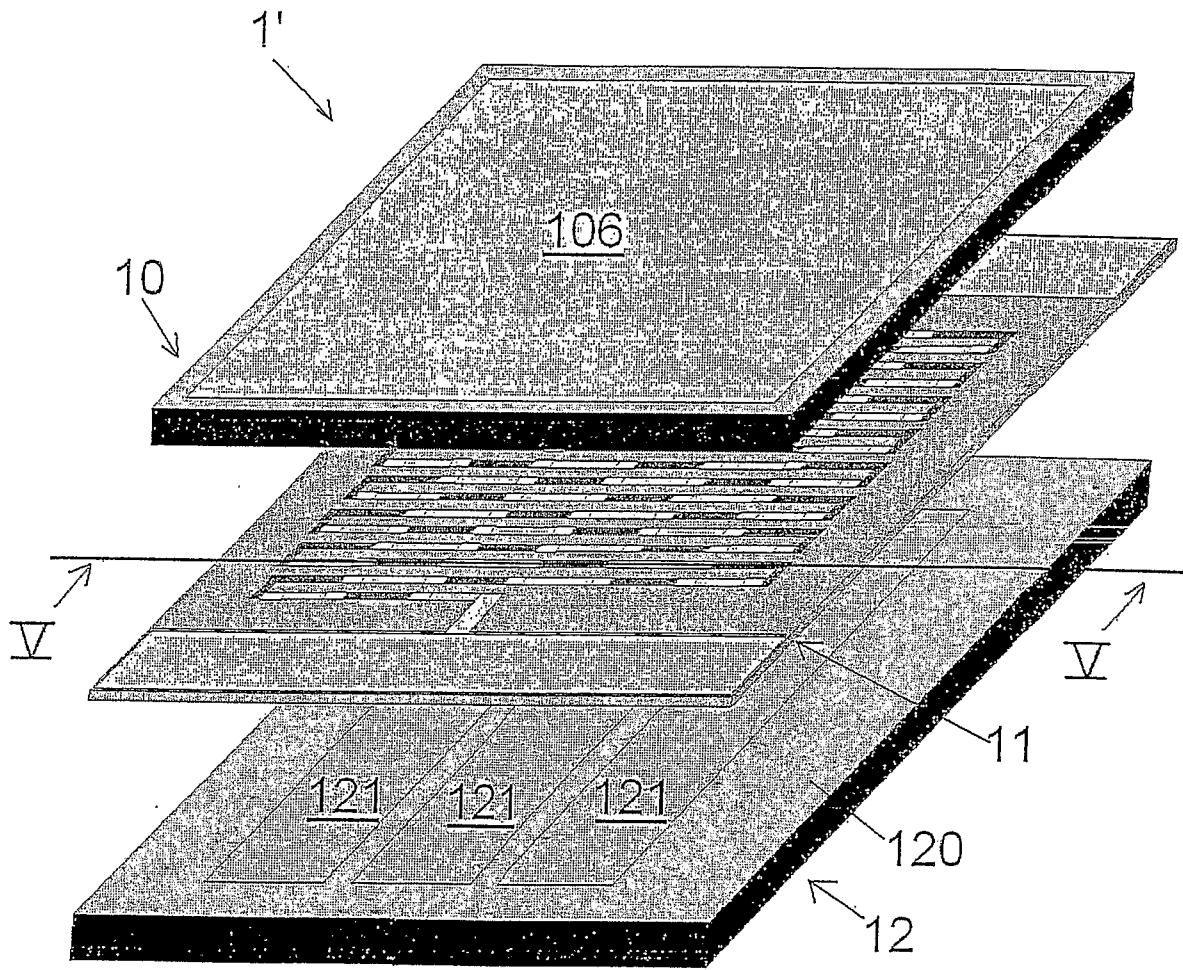


FIG.4



6/11

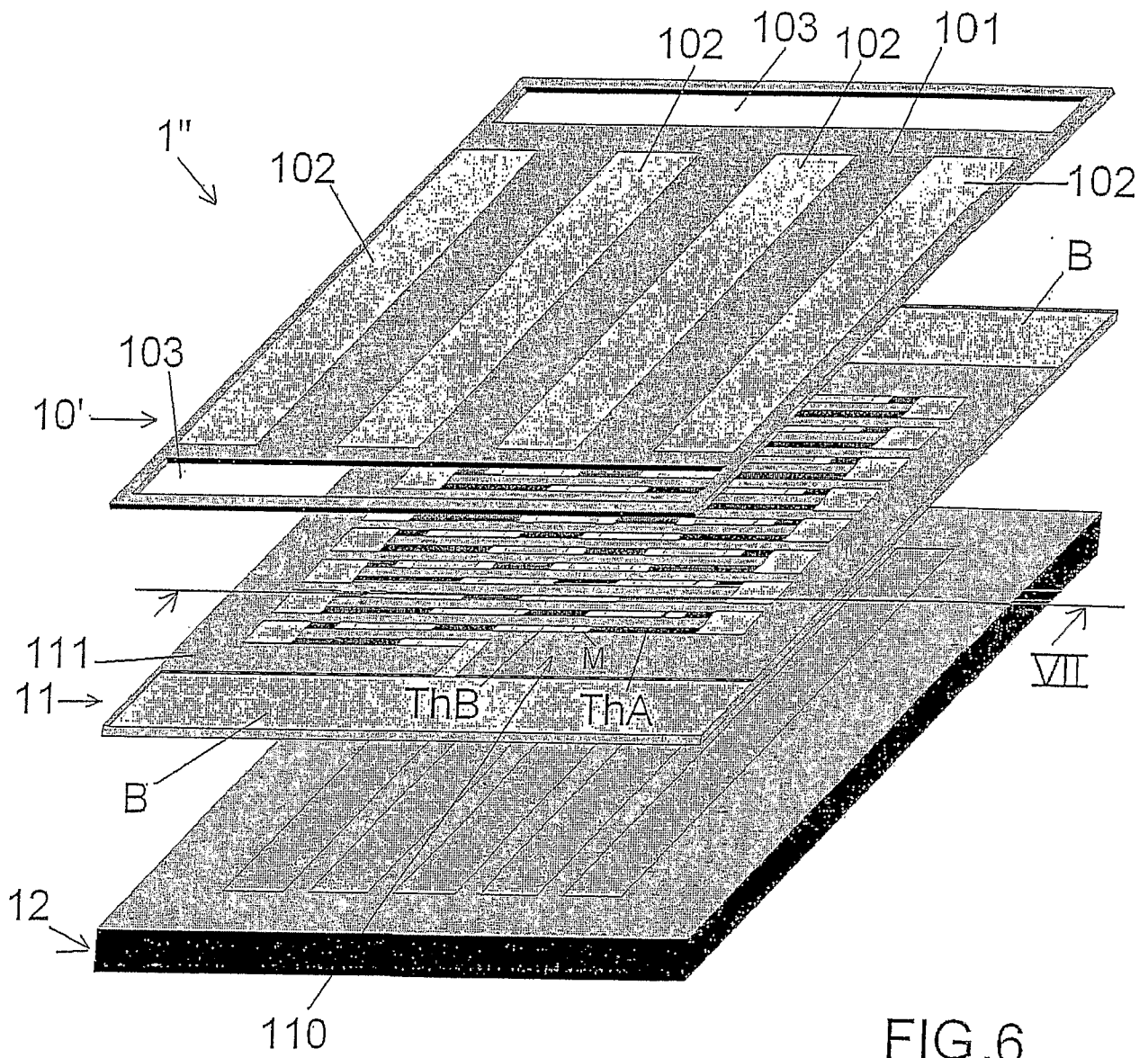


FIG.6

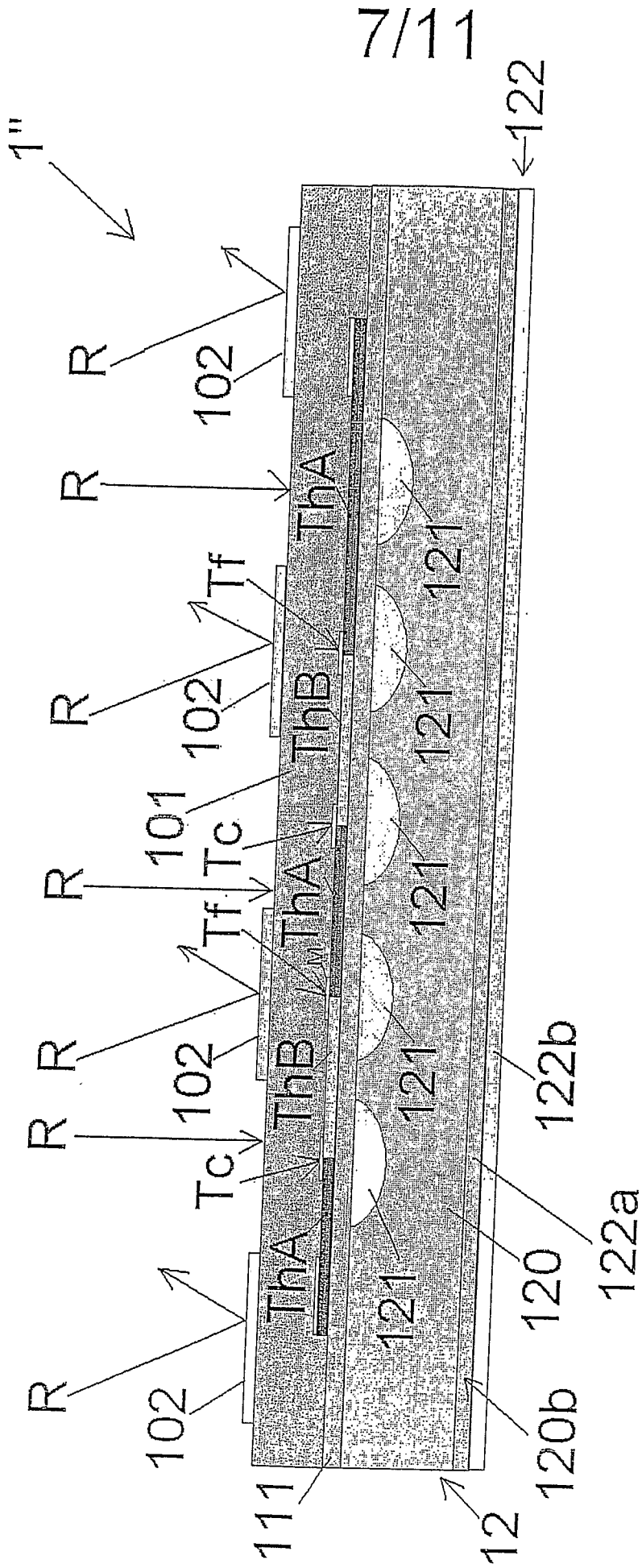


FIG.7

8/11

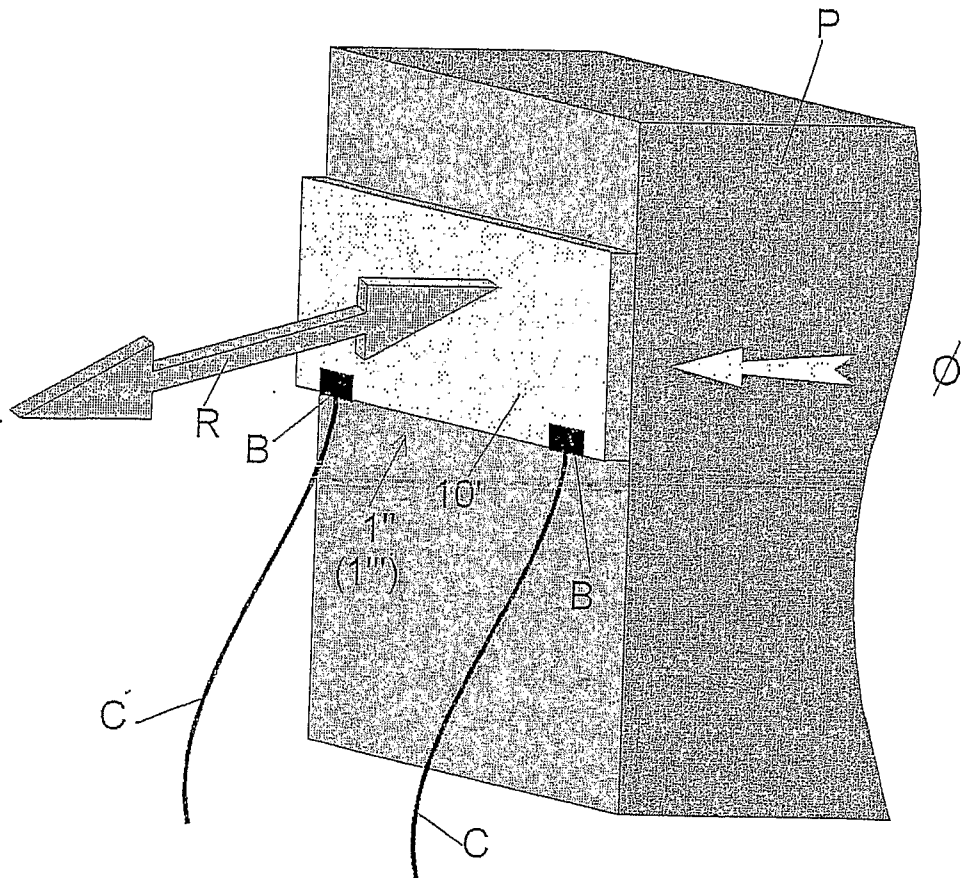


FIG.8

9/11

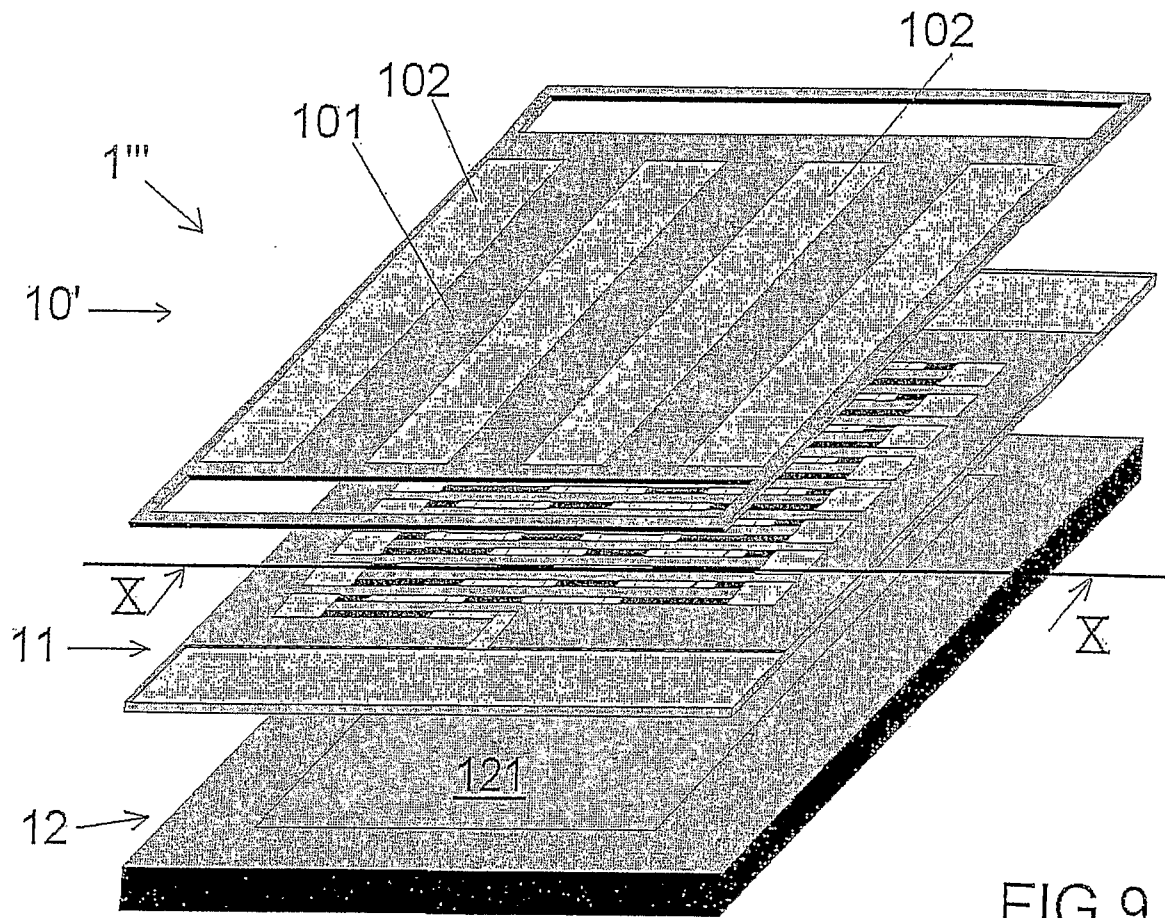


FIG.9

10/11

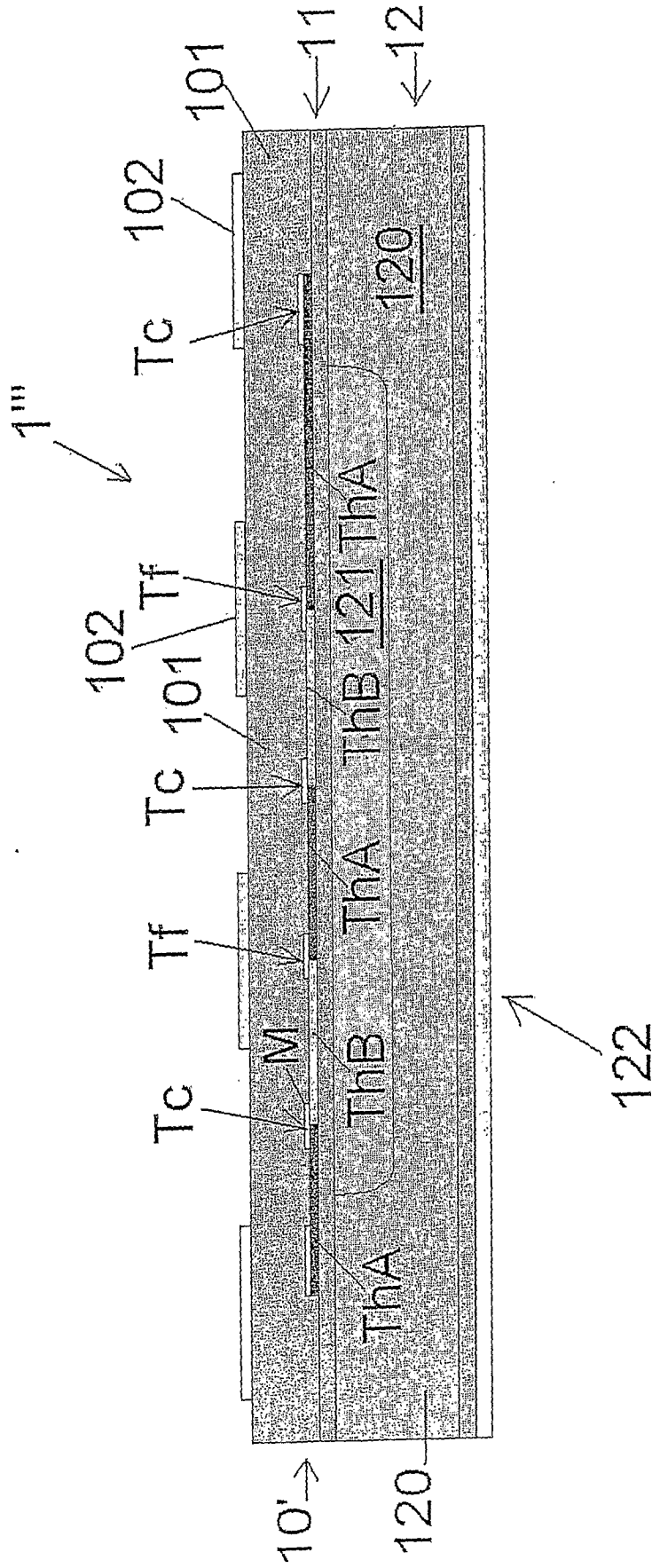


FIG.10

11/11

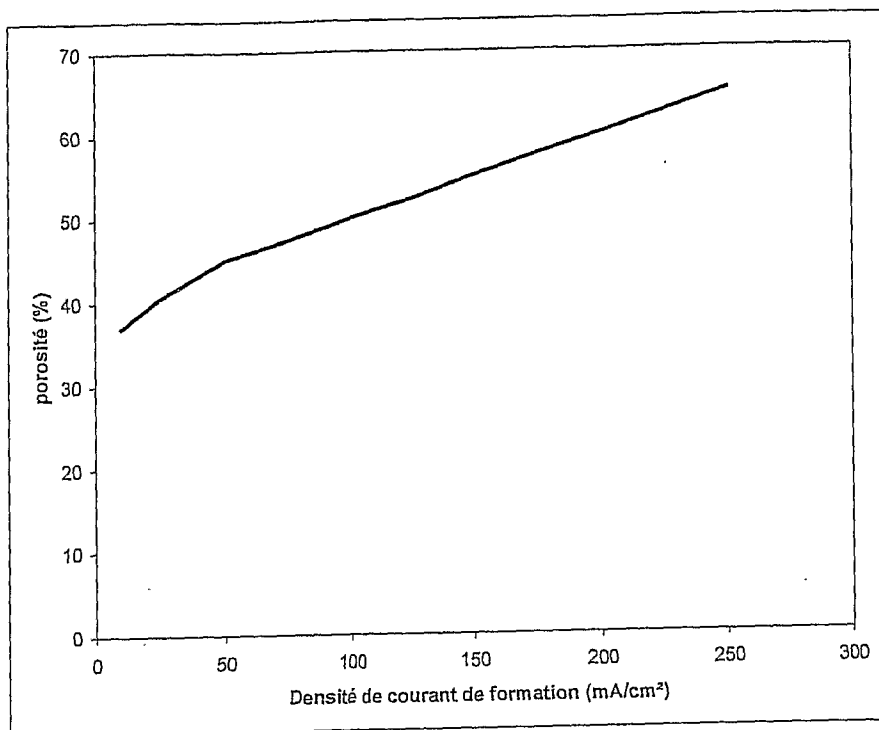


FIG.11

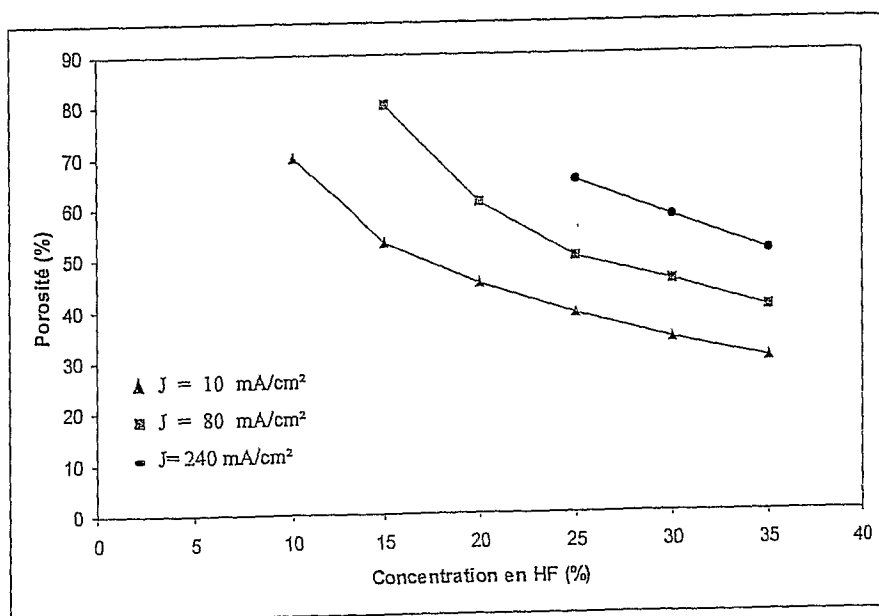


FIG.12

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2006/002078

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 INV. G01J5/12 G01K7/02

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 G01K H01L

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| Y         | FR 2 781 931 A (UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE -USTL)<br>4 February 2000 (2000-02-04)<br>cited in the application<br>the whole document  | 1-12                  |
| Y         | NASSIOPOULOU A G ET AL: "POROUS SILICON AS AN EFFECTIVE MATERIAL FOR THERMAL ISOLATION ON BULK CRYSTALLINE SILICON" PHYSICA STATUS SOLIDI (A). APPLIED RESEARCH, BERLIN, DE,<br>vol. 182, no. 1,<br>12 March 2000 (2000-03-12), pages 307-311,<br>XP008001587<br>ISSN: 0031-8965<br>the whole document | 1-12                  |
|           | -/--   |                       |

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 document 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

16 January 2007

Date of mailing of the international search report

31/01/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

de Bakker, Michiel

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2006/002078

| C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT |   |                       |
|--|---|-----------------------|
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
| A  | <p>KALTSAS G ET AL: "Novel C-MOS compatible monolithic silicon gas flow sensor with porous silicon thermal isolation"<br/>SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH,<br/>vol. 76, no. 1-3,<br/>30 August 1999 (1999-08-30), pages<br/>133-138, XP004184426<br/>ISSN: 0924-4247<br/>paragraph [CONCLUSIONS]<br/>-----</p> | 1-12                  |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2006/002078

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|--|------------------|-------------------------|------------------|
| FR 2781931                             | A                | NONE                    |                  |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2006/002078

| <b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b><br>INV. G01J5/12 G01K7/02  |  |  |
|--|--|--|
| Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB  |  |  |
| <b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b>   |  |  |
| Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)<br>G01J G01K H01L  |  |  |
| 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)<br>EPO-Internal, INSPEC, WPI Data, PAJ   |  |  |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>  |  |  |
| Catégorie*   | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents   | no. des revendications visées  |
| Y  | FR 2 781 931 A (UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE -USTL)<br>4 février 2000 (2000-02-04)<br>cité dans la demande<br>le document en entier  | 1-12   |
| Y  | NASSIOPOULOU A G ET AL: "POROUS SILICON AS AN EFFECTIVE MATERIAL FOR THERMAL ISOLATION ON BULK CRYSTALLINE SILICON" PHYSICA STATUS SOLIDI (A). APPLIED RESEARCH, BERLIN, DE,<br>vol. 182, no. 1,<br>12 mars 2000 (2000-03-12), pages 307-311,<br>XP008001587<br>ISSN: 0031-8965<br>le document en entier | 1-12   |
| -/--   |  |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe  |  |  |
| * Catégories spéciales de documents cités:   |  |  |
| 'A' document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent<br>'E' document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date<br>'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)<br>'O' document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens<br>'P' document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée<br>'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<br>'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<br>'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<br>'*&' document qui fait partie de la même famille de brevets |  |  |
| Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée<br><br>16 janvier 2007   |  | Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale<br><br>31/01/2007 |
| Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale<br>Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax: (+31-70) 340-3016  |  | Fonctionnaire autorisé<br><br>de Bakker, Michiel                                   |

| C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS |   |                               |
|---|---|-------------------------------|
| Catégorie*                                      | Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents  | no. des revendications visées |
| A   | <p>KALTSAS G ET AL: "Novel C-MOS compatible monolithic silicon gas flow sensor with porous silicon thermal isolation"<br/> SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH,<br/> vol. 76, no. 1-3,<br/> 30 août 1999 (1999-08-30), pages 133-138,<br/> XP004184426<br/> ISSN: 0924-4247<br/> alinéa [CONCLUSIONS]</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | 1-12                          |

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2006/002078

| Document brevet cité<br>au rapport de recherche | Date de<br>publication | Membre(s) de la<br>famille de brevet(s) | Date de<br>publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| FR 2781931                                      | A                      | 04-02-2000                              | AUCUN                  |