



Office de la Propriété

Intellectuelle  
du Canada

Un organisme  
d'Industrie Canada

Canadian  
Intellectual Property  
Office

An agency of  
Industry Canada

CA 2421077 C 2011/10/04

(11)(21) **2 421 077**

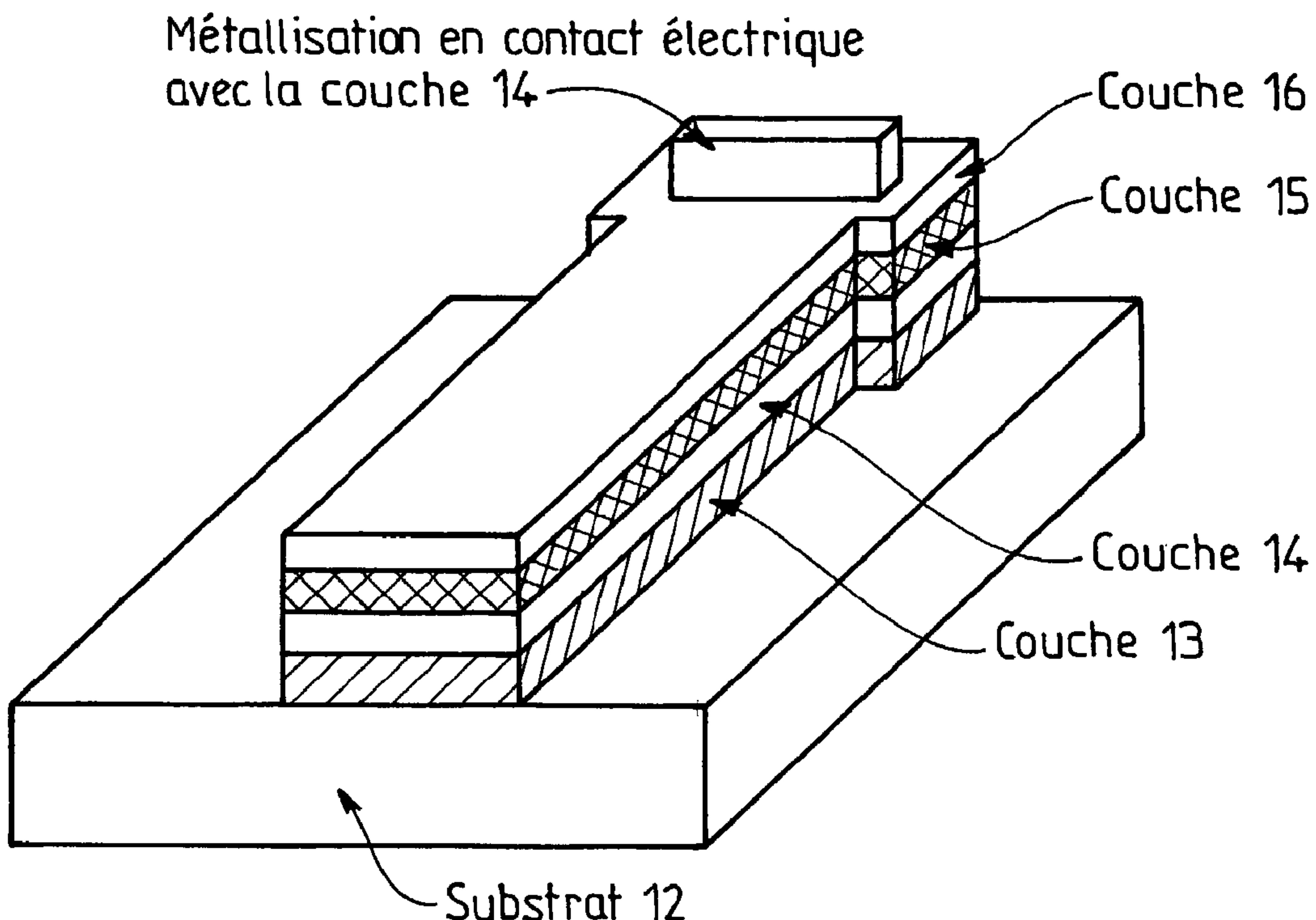
(12) **BREVET CANADIEN  
CANADIAN PATENT**

(13) **C**

(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2001/08/30  
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2002/03/07  
(45) Date de délivrance/Issue Date: 2011/10/04  
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2003/02/27  
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2001/002703  
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2002/019442  
(30) Priorité/Priority: 2000/08/30 (FR00/11087)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01L 43/06* (2006.01),  
*G01R 33/07* (2006.01)  
(72) Inventeurs/Inventors:  
ROBERT, JEAN-LOUIS, FR;  
PERNOT, JULIEN, FR;  
CAMAHEL, JEAN, FR;  
CONTRERAS, SYLVIE, FR  
(73) Propriétaire/Owner:  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE (CNRS), FR  
(74) Agent: GOWLING LAFLEUR HENDERSON LLP

(54) Titre : CAPTEUR A EFFET HALL  
(54) Title: HALL-EFFECT SENSOR



Vue suivant le plan de coupe A A' dudit capteur

(57) Abrégé/Abstract:

La présente invention concerne un capteur à effet Hall constitué par une structure multicouche comprenant une couche mince d'un matériau semi-conducteur déposée sur un substrat (12) semi-conducteur, les deux couches étant isolées électriquement par

**(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

un isolant, caractérisé en ce que le substrat (12) est un matériau semi-conducteur de type n+ sur lequel est déposé un matériau d'isolation constitué par une couche semi-conductrice de p-, et en ce que la couche mince active (14) est de type n- dopé en régime d'exhaustion. De préférence, la couche active est constituée par une couche de carbure de silicium ou de nitrule de gallium.

**ABRÉGÉ**

La présente invention concerne un capteur à effet Hall constitué par une structure multicouche comprenant une couche mince d'un matériau semi-conducteur déposée sur un substrat (12) semi-conducteur, les deux couches étant isolées électriquement par un isolant, caractérisé en ce que le substrat (12) est un matériau semi-conducteur de type n+ sur lequel est déposé un matériau d'isolation constitué par une couche semi-conductrice de p-, et en ce que la couche mince active (14) est de type n- dopé en régime d'exhaustion. De préférence, la couche active est constituée par une couche de carbure de silicium ou de nitrule de gallium.

## CAPTEUR A EFFET HALL

5 La présente invention concerne le domaine des sondes de Hall, destinées à la mesure quantitative de champs magnétiques.

Le principe général des sondes à effet Hall est bien connu. On connaît en particulier des sondes constituées par une structure multicouche comprenant une couche mince d'un matériau semi-conducteur, déposée sur un substrat lui-même semi-conducteur, les deux couches étant isolées électriquement.

10 A titre d'exemple, le brevet européen EP572298 décrit un capteur à effet Hall « à gaz d'électrons bidimensionnel » comprenant, sur un substrat isolant, une structure à puits quantique, une couche d'apport de porteurs adjacente à la structure à puits quantique, d'épaisseur inférieure à 250 angströms et possédant une densité surfacique de donneurs intégrée sur toute 15 l'épaisseur de la couche d'apport de porteurs inférieure à une valeur seuil, une couche d'enfouissement isolante déposée sur la couche d'apport de porteurs, possédant une bande de conduction d'énergie supérieure à l'énergie de Fermi du capteur et d'épaisseur supérieure à 200 angströms.

20 Le brevet européen EP458466 décrit un dispositif à effet Hall comprenant un substrat, une couche active formée en diamant semi-conducteur, déposée sur le substrat, une paire d'électrodes déposées sur des cotés opposés de la couche active, pour introduire un courant dans la couche active dans une direction, et une autre paire d'électrodes déposées sur d'autres cotés opposés de 25 la couche active pour détecter une tension ou une composante de tension qui est induite dans une direction qui est de façon générale orthogonale à la direction du courant.

Le brevet US5536953 décrit un semi-conducteur à large bande comportant plusieurs dopants à faible concentration.

Le problème que posent les capteurs selon 5 l'état de la technique est celui du domaine de fonctionnement. En effet, les capteurs conformes à l'état de l'art voient leurs performances métrologiques se dégrader (diminution de la sensibilité, non-linéarité...) pour des températures supérieures à 200° C.

10 Cette dégradation est liée au comportement de la structure (défauts d'isolation électrique couche active/substrat) et/ou de la couche active (changement des mécanismes de conduction...).

15 Le but de l'invention est de proposer un capteur à effet Hall présentant une faible sensibilité à la température, typiquement de moins de 250 ppm/°C pour des températures de fonctionnement supérieures à 200 °C, et présentant un coefficient de Hall KH élevé, de l'ordre de plusieurs centaines de Volt/Ampère/Tesla. KH est 20 inversement proportionnel à la densité de porteurs surfaciques et à la charge de l'électron.

25 À cet effet, l'invention concerne, selon son acception la plus générale, un capteur à effet Hall constitué par une structure multicoche comprenant une couche mince active, d'un matériau semi-conducteur, déposée sur un substrat isolant, semi-isolant ou semi-conducteur mais de type différent de celui de la couche mince semi-conductrice. Dans tous les cas, la couche active est isolée électriquement du substrat.

30 De préférence, la couche active est recouverte par un isolant (oxyde ou nitrure de silicium, par exemple) et par un isolant de passivation. Le taux de dopage de la couche active est choisi de façon à ce que le capteur fonctionne en régime d'exhaustion (ionisation totale des

dopants) dans toute la gamme de température correspondant à l'utilisation.

5 Selon un premier mode de réalisation, la couche active et/ou la couche d'isolation et/ou le substrat sont constitués par une couche de carbure de silicium de type hexagonal. Avantageusement, le taux de dopage de la couche active n° est inférieur à  $5.10^{15}$  par  $\text{cm}^3$ .

10 Selon une variante, la couche active est une couche de carbure de silicium de type cubique. Selon une variante, la couche active est une couche de nitrures à base de GaN et/ou de ses alliages.

15 Selon une variante, la couche active est réalisée à partir d'un matériau à bande interdite plus faible que celle des matériaux ci-dessus (cas du silicium par exemple).

20 La gamme de températures correspondant au régime d'exhaustion est, dans ce cas, décalée vers les basses températures (inférieures à 200 °C) et est limitée vers les hautes températures ( $>200^\circ\text{C}$ ). La sensibilité à la température peut être plus élevée que dans les cas précédents, et non constante sur tout l'intervalle de température correspondant au régime d'exhaustion et à l'utilisation.

25 De préférence, les matériaux formant le substrat et la couche active sont de même nature, avec des dopages différents.

Selon une variante, la couche active pourra être transférée sur un substrat de nature différente. Elle pourra être collée par adhésion moléculaire.

30 Selon une variante particulière, l'invention concerne un capteur à effet Hall constitué par une structure multicouche comprenant une couche mince active, d'un matériau semi-conducteur, déposée sur un substrat semi-conducteur, les deux couches étant isolées 35 électriquement par une couche isolante. L'ensemble de la

structure est caractérisé en ce que le substrat est un matériau semi-conducteur de type  $n^+$ , sur lequel est déposé un matériau d'isolation constitué par une couche semi-conductrice de type  $P^-$ , et en ce que la couche mince active 5 est de type  $n^-$ .

Selon un mode de réalisation particulier, le capteur selon l'invention est constitué par un barreau présentant un tronc prolongé par deux paires de bras latéraux, le tronc présentant à chacune de ses extrémités une électrode pour l'alimentation électrique, deux bras latéraux opposés comportant des électrodes pour l'acquisition du signal de Hall, et deux bras adjacents présentant des électrodes pour la mesure de la résistance. 10

La présente invention sera mieux comprise à la 15 lecture de la description d'un exemple non limitatif de réalisation qui suit, ce référant aux dessins annexés où :

- la figure 1 représente une vue de dessus d'un capteur selon l'invention ;
- la figure 2 représente une vue selon un plan 20 de coupe médian dudit capteur.

Le capteur de Hall selon l'exemple de réalisation décrit à titre d'exemple présente une forme générale de « croix de Lorraine » avec un corps (1), une première paire de bras (2, 3) latéraux et une seconde paire 25 de bras latéraux (4, 5), l'ensemble étant destiné à une mesure d'un champ magnétique perpendiculaire au plan formé par l'axe médian du corps (1) et par l'axe médian d'une paire de bras au moins (2, 3 par exemple).

L'une des paires de bras (2, 3) présente des 30 électrodes (6, 7) pour l'acquisition du signal de Hall.

Le corps présente par ailleurs deux électrodes (8, 9) disposées à ses extrémités opposées, pour l'alimentation avec une tension d'excitation ou une alimentation en courant. En outre, deux bras adjacents (2, 35 4) présentant des électrodes (6, 10) pour la mesure de la

résistance de la structure, mesure qui permet de déduire la température du capteur de Hall.

La figure 2 représente une vue selon un plan de coupe transversal. La sonde de Hall selon un premier mode de réalisation de l'invention est conçue pour présenter une impédance de quelques kilo-ohms, typiquement de l'ordre de 10 kilo-ohms, une sensibilité thermique de l'ordre de 200 ppm/°C et un facteur KH de l'ordre de plusieurs centaines de V/A/T.

Pour atteindre ces performances, la sonde de Hall selon l'invention est constituée par un substrat (12) réalisé en un semi-conducteur dopé n<sup>+</sup>. Le semi-conducteur est monocristallin de type carbure de silicium (SiC) de préférence de type 4H - SiC.

Sur ce substrat est déposée, par exemple par épitaxie, une couche d'isolation (13). Cette couche est constituée d'un matériau semi-conducteur identique à celui du substrat dopé p<sup>-</sup>.

Sur cette couche d'isolation (13) est déposée une couche mince active (14) constituée d'un semi-conducteur dopé n<sup>+</sup>. Le semi-conducteur est monocristallin de type carbure de silicium SiC, de type 4H-SiC.

La couche active est elle-même revêtue de façon optionnelle par une couche d'isolant (15) et une couche de passivation (16), par exemple en oxyde de Silicium (SiO<sub>2</sub>).

La structure du capteur selon l'invention met en œuvre des semi-conducteurs à grand gap, travaillant en régime d'exhaustion.

Selon une variante, la couche active pourra être déposée sous forme de nitrures (GaN et/ou alliages). Le substrat pourra être soit du saphir sur lequel sera déposée une couche tampon, soit du carbure de silicium avec couche tampon, soit un nitrure ou tout autre substrat.

## REVENDICATIONS

1 - Capteur à effet Hall constitué par une structure multicoche comprenant une couche mince active déposée sur un substrat, caractérisé en ce que le substrat est en carbure de silicium monocristallin et en ce que la couche active est constituée d'un matériau semi-conducteur de type n- ou p- dopé à un taux inférieur à  $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  en régime d'exhaustion.

10

2 - Capteur à effet Hall selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche active de type n- est déposée sur une couche d'isolation électrique de type p- pour isoler électriquement la couche active du substrat.

15

3 - Capteur à effet Hall selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la couche active de type n- est recouverte par un oxyde thermique et par un isolant de passivation.

20

4 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la couche active est une couche de carbure de silicium de type hexagonal.

25

5 - Capteur à effet Hall selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche d'isolation est une couche de carbure de silicium de type hexagonal de type p-.

30

6 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le substrat est une couche de carbure de silicium de type hexagonal.

7 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la couche active est une couche de carbure de silicium cubique.

5 8 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que la couche active est une couche de nitrures à base de GaN et/ou de ses alliages.

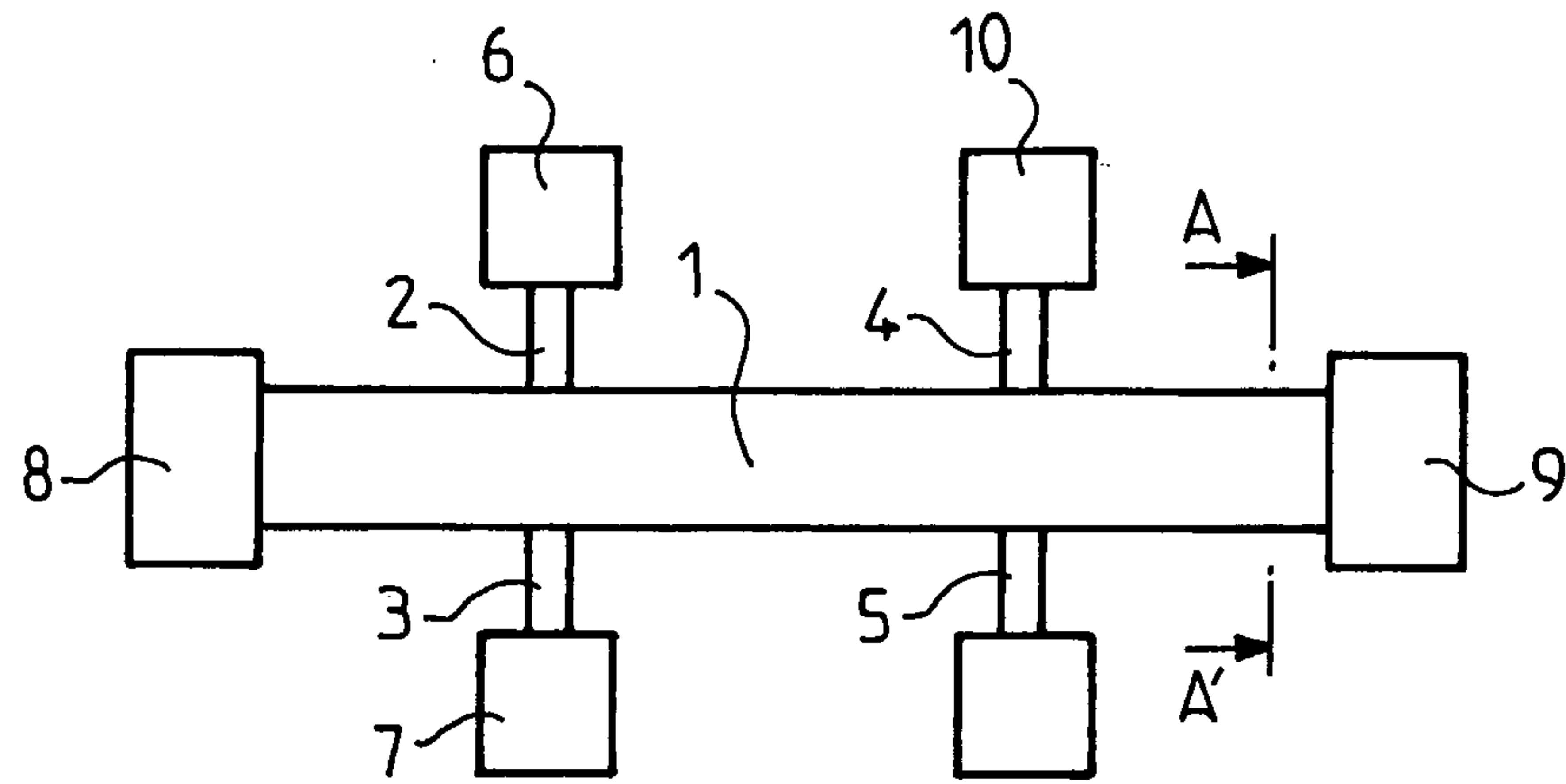
10 9 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la couche active est une couche de silicium.

15 10 - Capteur à effet Hall selon la revendication 2, caractérisé en ce que les matériaux semi-conducteurs formant le substrat, la couche d'isolation et la couche active sont de même nature.

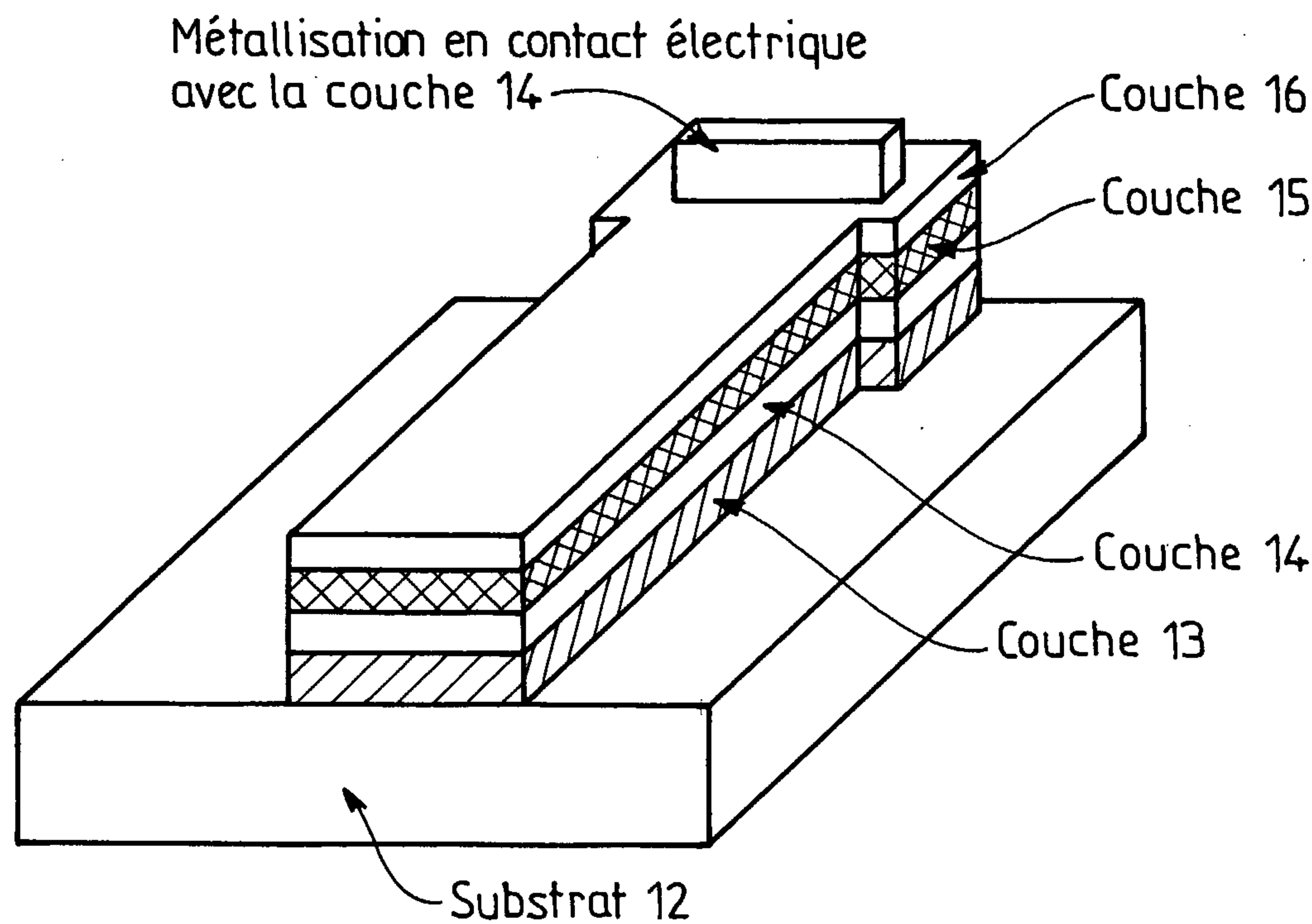
20 11 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la couche active est rapportée sur un support et en ce que le substrat et la couche active sont de nature différente.

25 12 - Capteur à effet Hall selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce qu'il est constitué par un barreau présentant un tronc prolongé par deux paires de bras latéraux, le tronc présentant à chacune de ses extrémités une électrode pour l'alimentation électrique, deux des bras latéraux opposés comportant des électrodes pour l'acquisition du signal de Hall, et deux bras latéraux adjacents des deux paires de bras latéraux présentant des électrodes pour la mesure de la résistance.

1/1

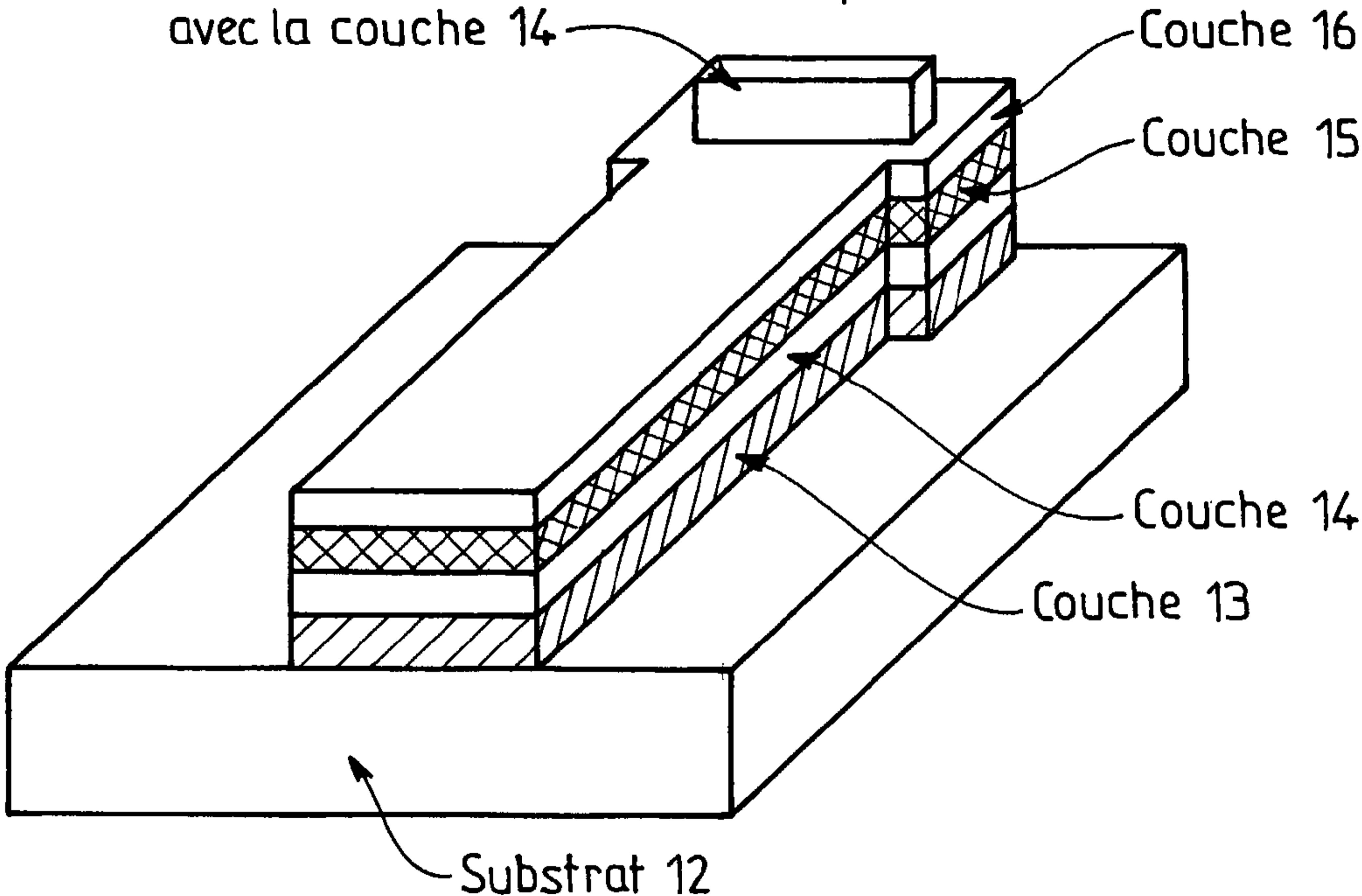


**FIG.1** Capteur vue de dessus



**FIG.2** Vue suivant le plan de coupe A A' dudit capteur

Métallisation en contact électrique  
avec la couche 14



Vue suivant le plan de coupe A A' dudit capteur