



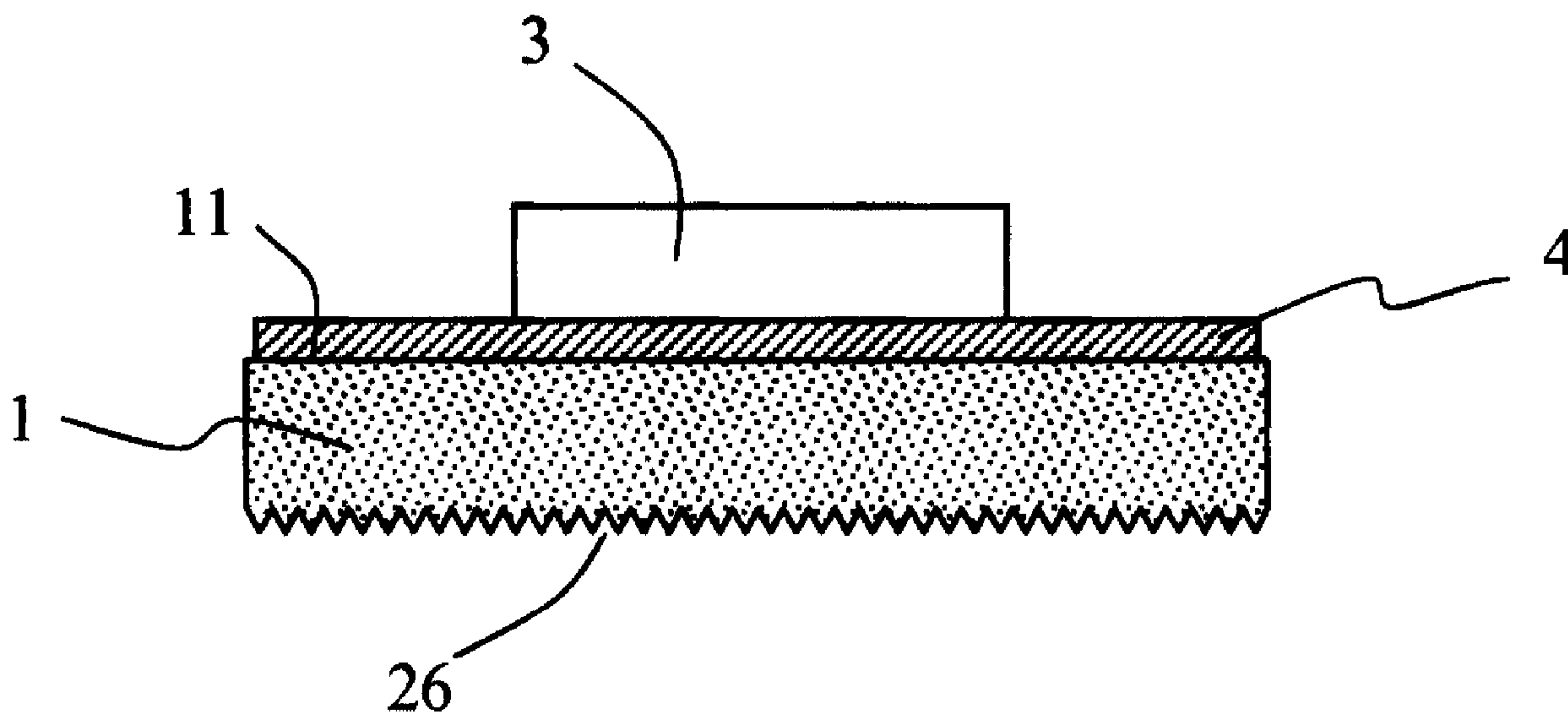
(22) Date de dépôt/Filing Date: 2002/03/04  
 (41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2002/09/08  
 (45) Date de délivrance/Issue Date: 2012/09/11  
 (30) Priorité/Priority: 2001/03/08 (FR01 03 184)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H05K 1/02* (2006.01),  
*H01L 23/373* (2006.01), *H01L 23/473* (2006.01),  
*H01L 23/538* (2006.01), *H01R 12/00* (2006.01),  
*H05K 1/11* (2006.01), *H05K 1/18* (2006.01),  
*H05K 1/03* (2006.01), *H05K 3/18* (2006.01),  
*H05K 3/24* (2006.01)

(72) Inventeurs/Inventors:  
 BOURSAT, BENOIT, FR;  
 DUTARDE, EMMANUEL, FR;  
 MARTIN, NATHALIE, FR;  
 SOLOMALALA, PIERRE, FR;  
 SAIZ, JOSE, FR

(73) Propriétaire/Owner:

(54) Titre : SUBSTRAT POUR CIRCUIT ELECTRONIQUE DE PUISSANCE ET MODULE ELECTRONIQUE DE PUISSANCE UTILISANT UN TEL SUBSTRAT  
 (54) Title: SUBSTRATE FOR POWER ELECTRONIC CIRCUIT AND POWER ELECTRONIC MODULE USING SUCH SUBSTRATE



(57) Abrégé/Abstract:

Substrat pour circuit électronique de puissance comportant une tranche en matériau électriquement isolant, caractérisé en ce que ladite tranche (1) présente une face (11) supportant une ou plusieurs pistes conductrices (4) destinées à permettre la connexion d'un ou plusieurs composants électroniques de puissance (3), lesdites pistes conductrices (4) étant obtenues par métallisation fine, d'une épaisseur inférieure ou égale à 150 µm, de ladite face (11).



(73) Propriétaires(suite)/Owners(continued):ALSTOM, FR

(74) Agent: ROBIC

**ABREGE**

Substrat pour circuit électronique de puissance comportant une tranche en matériau électriquement isolant, caractérisé en ce que ladite tranche (1) présente une face (11) supportant une ou plusieurs pistes conductrices (4) destinées à permettre la connexion d'un ou plusieurs composants électroniques de puissance (3), lesdites pistes conductrices (4) étant obtenues par métallisation fine, d'une épaisseur inférieure ou égale à 150  $\mu\text{m}$ , de ladite face (11).

**SUBSTRAT POUR CIRCUIT ELECTRONIQUE DE PUISSANCE ET  
MODULE ELECTRONIQUE DE PUISSANCE UTILISANT UN TEL  
SUBSTRAT**

L'invention se rapporte à un substrat pour circuit électronique de puissance et plus  
5 particulièrement à un substrat destiné à supporter une différence de potentiel  
importante entre les différentes pistes conductrices disposées sur une face du substrat  
et la face opposée du substrat, tout en assurant un bon échange thermique. Le  
substrat selon l'invention est destiné à supporter des semi-conducteurs de puissance,  
et notamment des transistors bipolaires à grilles isolées dits IGBT, utilisés dans les  
10 circuits de distribution d'énergie du domaine ferroviaire et dans le domaine du  
transport d'énergie pour lesquels les valeurs de tension sont particulièrement  
importantes.

Il est connu de l'art antérieur d'avoir des substrats pour circuit électronique de  
puissance comportant une tranche électriquement isolante en alumine recouverte sur  
15 ses faces inférieure et supérieure d'une feuille de cuivre d'une épaisseur d'environ  
300  $\mu\text{m}$  par un procédé dénommé DBC (Direct Bonding Copper). Pour améliorer le  
refroidissement, un radiateur est accolé à la feuille de cuivre inférieure afin d'évacuer  
la chaleur dégagée par les composants de puissance.

Il est connu également d'améliorer les performances d'un tel substrat, et en particulier  
20 de réduire sa résistance thermique, en remplaçant la tranche électriquement isolante  
en alumine par un matériau isolant possédant une meilleure conductivité thermique,  
tel que du nitrure d'aluminium AlN. Un tel substrat présente toutefois l'inconvénient  
d'avoir des couches d'accroche, formées par le procédé DBC à l'interface entre la  
tranche en AlN et les métallisations de cuivre, constituant une barrière thermique  
25 réduisant fortement les capacités de transmission de chaleur du substrat.  
L'amélioration des performances d'un tel substrat passe donc par l'amélioration des  
propriétés du matériau isolant et de la qualité de l'interface cuivre/matériau isolant, ce  
qui n'est pas réalisable avec le procédé DBC.

Le but de la présente invention est donc de proposer un nouveau type de substrat destiné à recevoir des composants électroniques de puissance possédant des performances améliorées, et notamment une résistance thermique réduite, et qui soit simple et économique à réaliser.

5 A cet effet, l'invention a pour objet un substrat pour circuit électronique de puissance comportant une tranche en matériau électriquement isolant, caractérisé en ce que la tranche présente une face supportant une ou plusieurs pistes conductrices directement connectées à un ou plusieurs composants électroniques de puissance, les pistes conductrices étant obtenues par une métallisation fine, d'une épaisseur inférieure à  
10 150  $\mu\text{m}$ .

Selon des modes particuliers de réalisation, le substrat pour circuit électronique de puissance peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes prises isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- 15 - les pistes conductrices sont en cuivre et sont obtenues par croissance électrolytique ;
- l'épaisseur des pistes conductrices en cuivre est comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 150  $\mu\text{m}$  ;
- les composants électroniques de puissance sont des composants IGBT ;
- la tranche est réalisée en nitrure d'aluminium AlN ;
- 20 - la face inférieure de la tranche comporte des stries formant des canaux dans lesquels s'écoule un fluide de refroidissement ;
- la tranche en matériau électriquement isolant possède une seule face métallisée.

L'invention concerne également un module électronique de puissance caractérisé en ce qu'il comporte au moins un composant électronique de puissance monté sur un  
25 substrat conforme aux caractéristiques précédemment décrites.

On comprendra mieux les buts, aspects et avantages de la présente invention, d'après la description donnée ci-après d'un mode de réalisation de l'invention, présenté à titre d'exemple non limitatif, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels :

- 30 - la figure 1 est une vue schématique, en coupe, d'un module de puissance comportant un substrat selon l'art antérieur ;

- la figure 2 est une vue schématique, en coupe, d'un module de puissance comportant un substrat selon un mode particulier de réalisation de l'invention.

Pour faciliter la lecture du dessin, seuls les éléments nécessaires à la compréhension de l'invention ont été représentés. Les mêmes éléments portent les mêmes références  
5 d'une figure à l'autre.

La figure 1 représente un module de puissance muni d'un substrat selon l'art antérieur comportant une tranche électriquement isolante 1 en nitrure d'aluminium AlN d'une épaisseur d'environ 635  $\mu\text{m}$  recouverte sur ses faces inférieure et supérieure d'une feuille de cuivre 2. Les feuilles de cuivre 2, d'une épaisseur  
10 d'environ 300  $\mu\text{m}$ , sont déposées par un procédé DBC (Direct Bonding Cooper) consistant à amener les feuilles de cuivres 2 sur la tranche 1 en AlN et à monter l'ensemble à très haute température pour créer une couche d'accroche 12 d'une épaisseur de l'ordre 5  $\mu\text{m}$  à l'interface entre les feuilles 2 de cuivre et la tranche 1 en nitrure d'aluminium. Dans un tel substrat, la feuille de cuivre 2 supérieure est utilisée  
15 pour réaliser des pistes conductrices destinées à recevoir un composant de puissance 5, tels qu'un composant IGBT, et la feuille de cuivre 2 inférieure sert à la fois à compenser les contraintes générées par la dilatation différentielle entre la feuille de cuivre 2 supérieure et la tranche 1 en AlN, afin d'éviter une déformation du substrat, et à permettre le brasage d'un radiateur de refroidissement 6 permettant d'évacuer la  
20 chaleur dégagée par les composants de puissance 3.

La figure 2 représente un module de puissance comportant un substrat selon un mode particulier de réalisation de l'invention. Conformément à cette figure, le substrat comporte une tranche 1 en nitrure d'aluminium AlN, similaire à celle décrite à la figure 1, dont la face supérieure 11 est recouverte d'une couche de cuivre 4, d'une  
25 épaisseur inférieure ou égale à 150  $\mu\text{m}$ , réalisée par croissance électrolytique. Cette couche de cuivre 4 est utilisée pour constituer une ou plusieurs pistes conductrices sur lesquelles est directement connecté un composant de puissance, tel qu'un composant IGBT 3.

Pour permettre le dépôt de la couche de cuivre 4 par croissance électrolytique, une  
30 métallisation préalable de la face supérieure 11 de la tranche 1 en nitrure

d'aluminium est réalisée, cette métallisation pouvant être obtenue par activation de la surface au moyen d'une attaque à la soude ou d'un traitement par laser UV, suivie d'un nickelage chimique. Bien entendu, une telle métallisation de la surface ne se fait que sur la surface de la face supérieure 11 qui doit recevoir les pistes conductrices.

- 5 L'épaisseur de la couche de cuivre 4 obtenue par croissance électrolytique est préférentiellement comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 150  $\mu\text{m}$  et est fonction de la densité de courant à faire passer vers le composant IGBT 3 et de l'efficacité du refroidissement du substrat.

10 La face inférieure de la tranche 1 comporte des stries 26 formant des canaux dans lesquels s'écoule un fluide de refroidissement assurant le refroidissement direct du composant IGBT 3.

Un tel substrat présente l'avantage de posséder une seule couche de cuivre et donc une seule interface tranche isolante/cuivre ce qui permet de réduire considérablement la résistance thermique du substrat. De plus, la demanderesse a constaté qu'une faible  
15 épaisseur de cuivre (inférieure à 150  $\mu\text{m}$ ) permettait de réduire considérablement les contraintes mécaniques à l'intérieur du substrat, provoquées par la différence de dilatation thermique entre le nitrure d'aluminium (4,2  $\mu\text{m}/\text{m}$ ) et le cuivre (16,4  $\mu\text{m}/\text{m}$ ), et était suffisante pour transporter les densités de courant rencontrées en électronique de puissance avec un refroidissement efficace. Il s'ensuit qu'un tel  
20 substrat présente une durée de vie accrue et une résistance thermique diminuée pour un coût de fabrication plus faible puisqu'il n'y a qu'une seule métallisation et d'épaisseur fine.

Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et illustré qui n'a été donné qu'à titre d'exemple.

- 25 Ainsi, dans une variante de réalisation non représentée, le substrat selon l'invention pourra également comporter une métallisation fine (inférieure à 150  $\mu\text{m}$ ) sur sa face inférieure lorsque celle-ci est destinée à être accolée à un radiateur de refroidissement classique, permettant ainsi le brasage du radiateur sur le substrat.

**REVENDICATIONS**

- 1) Substrat pour circuit électronique de puissance comportant une tranche en matériau électriquement isolant, caractérisé en ce que ladite tranche (1) présente une face (11) supportant une ou plusieurs pistes conductrices (4) directement connectées à un ou plusieurs composants électroniques de puissance (3), lesdites pistes conductrices (4) étant obtenues par métallisation fine, d'une épaisseur inférieure à 150  $\mu\text{m}$ , de ladite face (11).  
5
- 2) Substrat pour circuit électronique de puissance selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites pistes conductrices (4) sont en cuivre et sont obtenues par croissance électrolytique.  
10
- 3) Substrat pour circuit électronique de puissance selon la revendication 2, caractérisé en ce que l'épaisseur des pistes conductrices (4) en cuivre est comprise entre 100  $\mu\text{m}$  et 150  $\mu\text{m}$ .
- 4) Substrat pour circuit électronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdits composants électroniques (3) de puissance sont des composants IGBT.  
15
- 5) Substrat pour circuit électronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ladite tranche (1) est réalisée en nitrure d'aluminium AlN.
- 6) Substrat pour circuit électronique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la face inférieure de la tranche (1) comporte des stries (26) formant des canaux dans lesquels s'écoule un fluide de refroidissement.  
20
- 7) Substrat pour circuit électronique de puissance selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite tranche (1) possède une seule face métallisée.
- 8) Module électronique de puissance, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un composant électronique de puissance monté sur un substrat selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.  
25

1/1

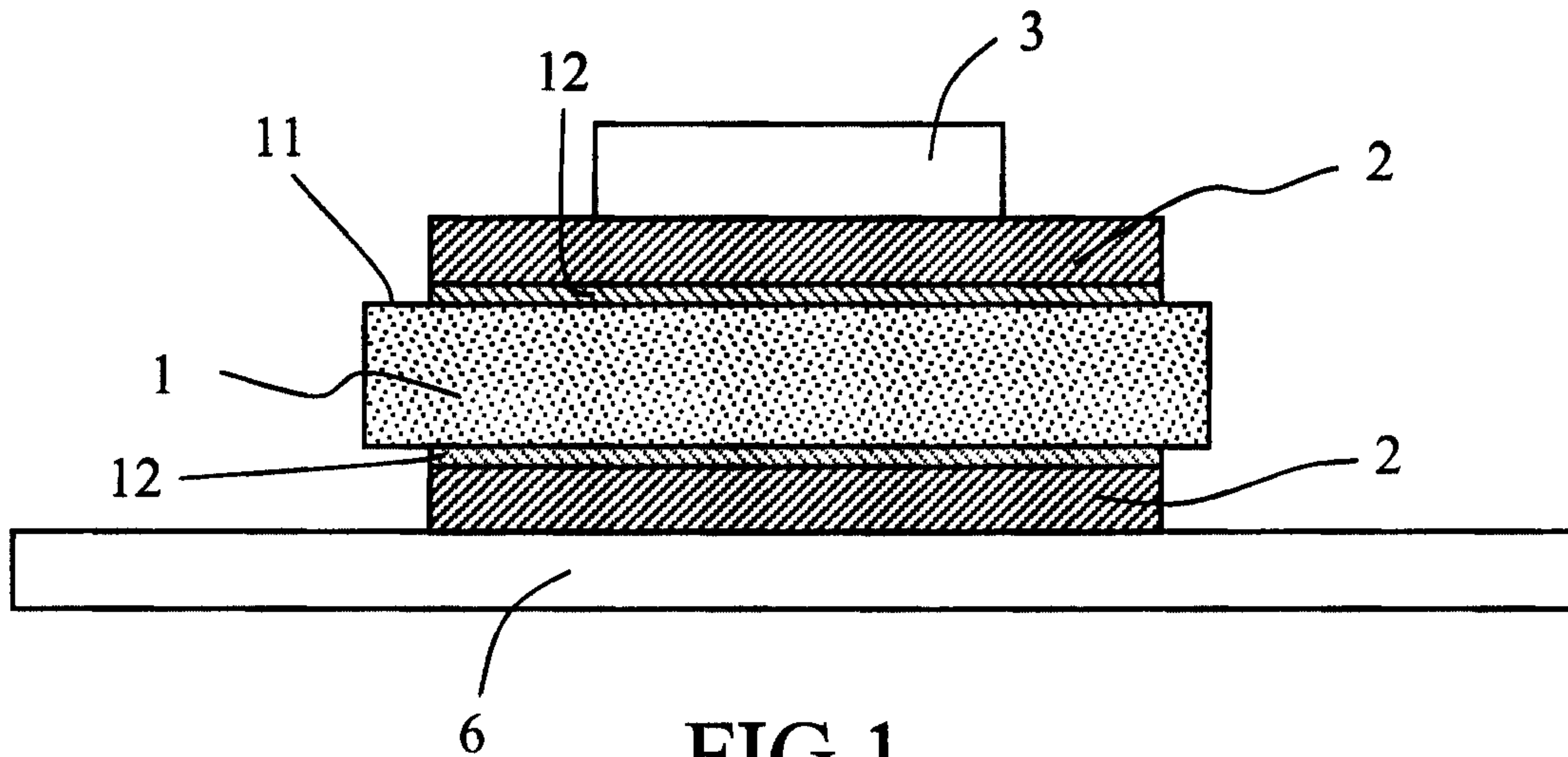


FIG 1

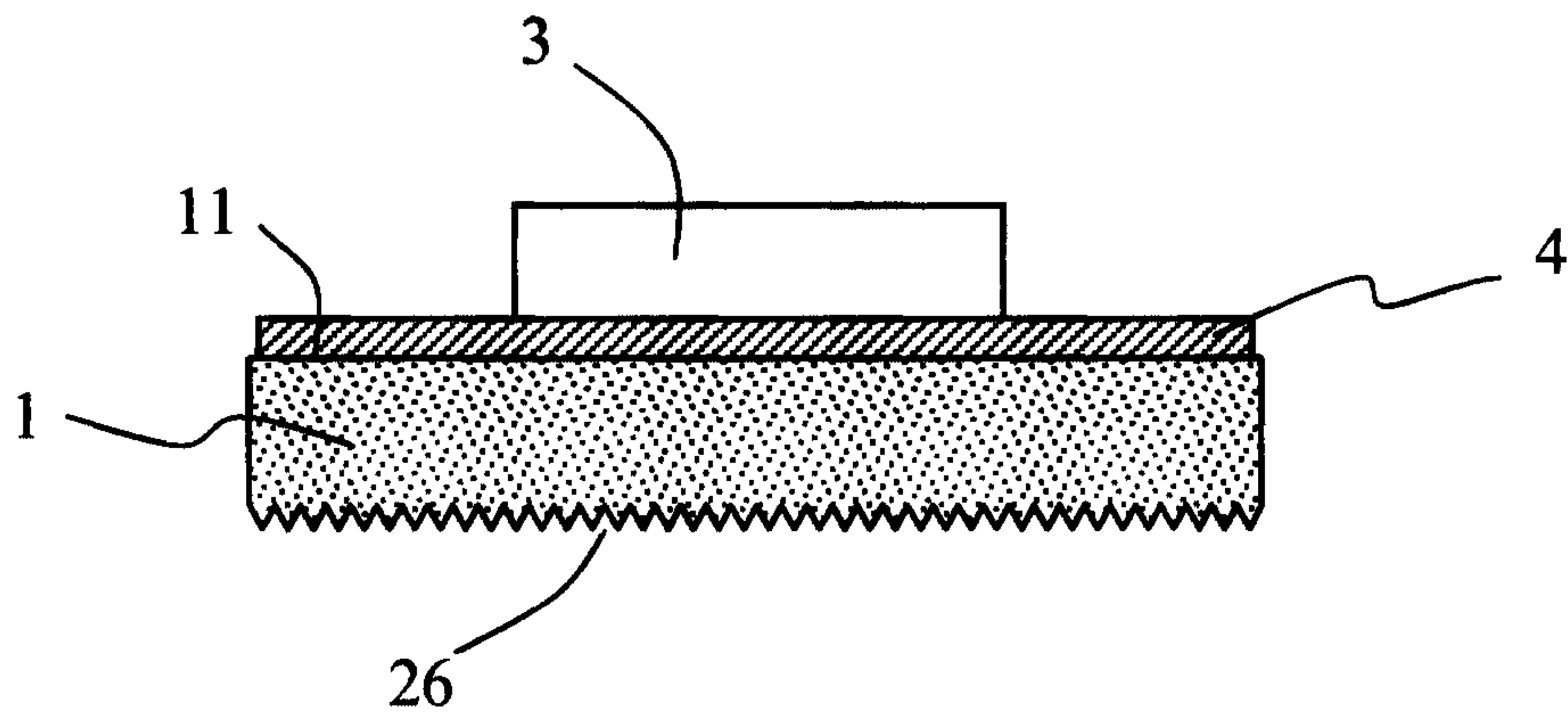


FIG 2

