

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 08.03.01.

30 Priorité : 15.09.00 FR 00011802.

43 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 22.03.02 Bulletin 02/12.

56 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du  
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

71 Demandeur(s) : ALSTOM Société anonyme — FR.

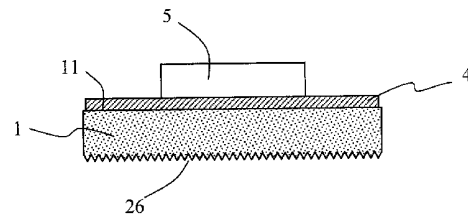
72 Inventeur(s) : BOURSAT BENOIT, DUTARDE  
EMMANUEL, MARTIN NATHALIE, SOLOMALALA  
PIERRE et SAIZ JOSE.

73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : ALSTOM TECHNOLOGIES - C.I.P.D.

54 SUBSTRAT POUR CIRCUIT ELECTRONIQUE DE PUISSANCE ET MODULE ELECTRONIQUE DE PUISSANCE  
UTILISANT UN TEL SUBSTRAT.

57 Substrat pour circuit électronique de puissance com-  
portant une tranche en matériau électriquement isolant, ca-  
ractérisé en ce que ladite tranche (1) présente une face (11)  
supportant une ou plusieurs pistes conductrices (4) desti-  
nées à permettre la connexion d'un ou plusieurs compo-  
sants 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).



L'invention se rapporte à un substrat pour circuit électronique de puissance et plus 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  
5 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 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.

10 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 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  
15 la chaleur dégagée par les composants de puissance.

Il est connu également d'améliorer les performances d'un tel substrat, et en particulier 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  
20 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 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  
25 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 destinées à permettre la connexion d'un ou plusieurs composants électroniques de puissance, les pistes conductrices étant obtenues par une métallisation fine, d'une épaisseur
- 10 inférieure ou égale à 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 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 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 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 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 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 destinées à recevoir un composant de puissance, tel qu'un composant IGBT 3.

Pour permettre le dépôt de la couche de cuivre 4 par croissance électrolytique, une 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 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 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.

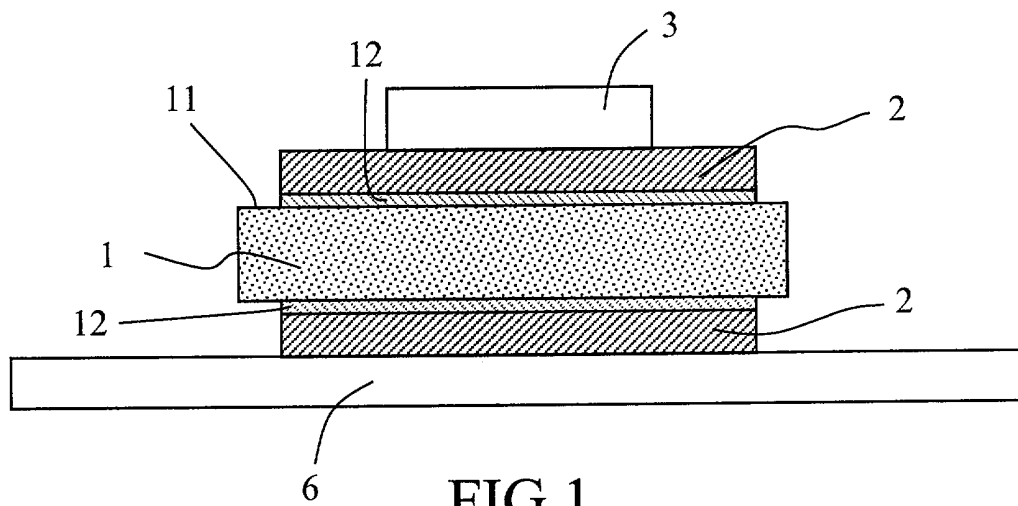
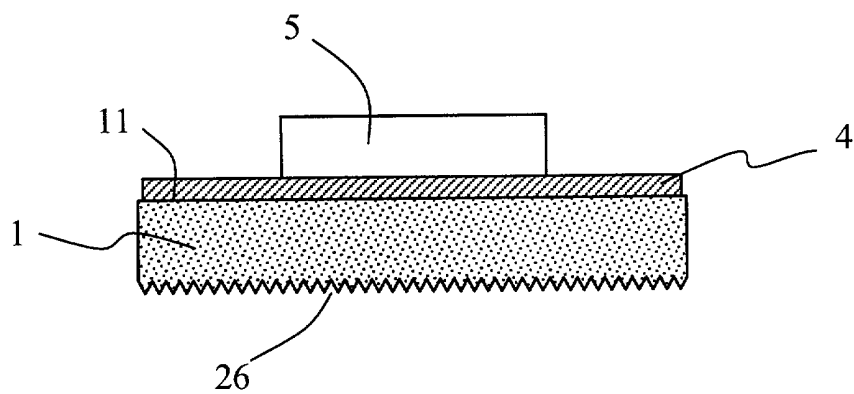
Bien entendu, l'invention n'est nullement limitée au mode de réalisation décrit et illustré qui n'a été donné qu'à titre d'exemple.

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.

**REVENDEICATIONS**

- 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) 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).  
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 1FIG 2

**RAPPORT DE RECHERCHE**  
**PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

FA 603918  
FR 0103184

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 5 672 848 A (NABA TAKAYUKI ET AL) 30 septembre 1997 (1997-09-30) * colonne 3, ligne 17 - ligne 38 *	1-5,7,8	H01L23/52 H01L23/34
X	EP 0 196 747 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 8 octobre 1986 (1986-10-08) * page 6, ligne 21 - page 7, ligne 7 *	1-5,7,8	
A	US 6 033 764 A (CHRISTOPHER KENNETH W ET AL) 7 mars 2000 (2000-03-07) * colonne 10, ligne 23 - ligne 35; figure 6 *	1-8	
A	DE 94 04 717 U (TBS GMBH) 4 mai 1995 (1995-05-04) * le document en entier *	6	
A	EP 0 798 781 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 1 octobre 1997 (1997-10-01) * page 5, ligne 3 - ligne 8 *	1-8	
A	EP 0 339 881 A (TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO) 2 novembre 1989 (1989-11-02) * page 4, ligne 21 - ligne 37 *	1-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7) H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
12 septembre 2001		Prohaska, G	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul  Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie  A : arrière-plan technologique  O : divulgation non-écrite  P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention  E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.  D : cité dans la demande  L : cité pour d'autres raisons</p> <p>&amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1  
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0103184 FA 603918**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 12-09-2001

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication		Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5672848	A	30-09-1997	JP	7202063 A	04-08-1995
			KR	147881 B1	01-10-1998
EP 0196747	A	08-10-1986	JP	1763918 C	28-05-1993
			JP	4055339 B	03-09-1992
			JP	61176142 A	07-08-1986
			DE	3675565 D1	20-12-1990
			EP	0196747 A2	08-10-1986
			KR	9001240 B1	05-03-1990
			US	4704320 A	03-11-1987
US 6033764	A	07-03-2000	US	5716713 A	10-02-1998
			US	6122186 A	19-09-2000
			US	5608617 A	04-03-1997
			AU	9694498 A	03-05-1999
			WO	9919139 A1	22-04-1999
			AU	4640796 A	10-07-1996
			CA	2207305 A1	27-06-1996
			EP	0871565 A2	21-10-1998
			JP	10510954 T	20-10-1998
			WO	9619911 A2	27-06-1996
			AU	2821997 A	26-11-1997
			WO	9742702 A1	13-11-1997
DE 9404717	U	04-05-1995	DE	9404717 U1	04-05-1995
EP 0798781	A	01-10-1997	EP	0798781 A2	01-10-1997
			JP	10135592 A	22-05-1998
			US	5912066 A	15-06-1999
EP 0339881	A	02-11-1989	JP	1272183 A	31-10-1989
			DE	68927531 D1	23-01-1997
			DE	68927531 T2	15-05-1997
			EP	0339881 A1	02-11-1989
			EP	0681322 A2	08-11-1995
			KR	9104923 B1	18-07-1991
			US	4959507 A	25-09-1990
			US	4987677 A	29-01-1991