

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 18497**

---

(54) Dispositif à semi-conducteurs et son procédé de fabrication.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). H 01 L 21/58, 23/32.

(22) Date de dépôt..... 30 septembre 1982.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Japon, 1<sup>er</sup> octobre 1980, n° 135869/80.

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 13 du 2-4-1982.

---

(71) Déposant : Société dite : HITACHI, LTD., résidant au Japon.

(72) Invention de : Hideharu Yamamoto et Hiroshi Tsunéno.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Bureau D. A. Casalonga, office Josse et Petit,  
8, av. Percier, 75008 Paris.

Dispositif à semi-conducteurs et son procédé de fabrication.

---

La présente invention concerne, d'une façon générale, un dispositif à semi-conducteurs et son procédé de fabrication. Plus particulièrement, la présente invention concerne, d'une part, une structure dans laquelle un élément à semi-conducteur est collé ou fixé par une liaison à un substrat de boîtier en céramique au moyen d'une matière vitreuse à bas point de fusion et, d'autre part, un procédé pour réaliser cette structure.

D'une façon générale, le procédé de montage d'un élément semi-conducteur en silicium (habituellement appelé puce) sur un substrat de boîtier en utilisant une matière vitreuse adhésive dont le point de fusion est bas et qui présente, par conséquent, une température de travail ou de formation de liaison de fixation basse d'environ 550°C ou moins est adoptée pour la fabrication des dispositifs à semi-conducteurs du type à boîtier en céramique scellé par du verre, dans lequel un substrat en céramique et un capot en céramique sont fixés hermétiquement l'un à l'autre à l'aide d'une matière vitreuse adhésive. Dans ce procédé de montage direct d'un élément semi-conducteur sur un substrat isolant au moyen d'une matière vitreuse adhésive à bas point de fusion pour la fabrication des dispositifs à semi-conducteurs comprenant le dispositif à semi-conducteurs du type à boîtier en céramique scellé par du verre mentionné ci-dessus, il est connu que la puce risque d'être détruite lorsqu'il existe une grande différence de coefficient de dilatation thermique entre l'élément semi-conducteur ou la puce et un ensemble de support qui comprend la pellicule en verre à bas point de fusion à laquelle l'élément semi-conducteur ou puce doit être collé à l'aide d'un adhésif. Même si la différence de coefficient de dilatation thermique est d'un degré minime, l'élément semi-conducteur ou puce de grande dimension est néanmoins détruit par la contrainte thermique éventuelle de grande importance qui apparaît lors de la transition de température qui a lieu lorsque la température passe de

la température de collage ou de fixation de la puce à une température ambiante ou qui est engendrée par suite de variations notables de la température ambiante à laquelle est exposé le dispositif à semi-conducteurs à l'état terminé.

5           A ce sujet, on n'a pas encore compris quel est le mécanisme qui entraîne la destruction de la puce. Dans ces conditions, le procédé de collage ou de fixation d'élément semi-conducteur utilisant la matière vitreuse adhésive à bas point de fusion et procurant un grand avantage en ce sens que  
10 l'on peut réduire considérablement le prix de revient, comme connu d'une façon générale dans la technique, est limité dans les applications pratiques par les dimensions de la puce et/ou le type de matière de l'ensemble de support. Par exemple, dans  
15 le cas de la fabrication du dispositif à semi-conducteur du type à boîtier en céramique, par collage ou fixation d'une puce de silicium sur un substrat en céramique au moyen d'une matière vitreuse adhésive selon le procédé connu jusqu'à présent, il est pratiquement impossible d'obtenir d'une façon satisfaisante le collage ou la fixation en raison de l'apparition de fissures  
20 dans la puce lorsque celle-ci a une taille supérieure à environ  $3,0 \times 3,0 \text{ mm}^2$ .

La présente invention a pour objet d'éliminer les inconvénients de la technique classique décrite ci-dessus et de procurer un procédé qui permet de monter un élément semi-  
25 conducteur ou puce d'une grande dimension sur un substrat en utilisant une matière vitreuse adhésive à bas point de fusion sans risque de destruction de l'élément semi-conducteur, même s'il existe une grande différence de coefficient de dilatation thermique entre l'élément semi-conducteur et l'ensemble de sup-  
30 port.

L'enseignement de la présente invention décrit dans le présent exposé est basé sur les résultats d'expériences et d'études analytiques menées par les inventeurs en vue d'étudier le mécanisme de destruction de l'élément semi-conducteur en  
35 silicium (ou puce en silicium) ou de génération de fissures dans cet élément (ou cette puce) dans le cas du procédé de collage ou de fixation classique faisant appel à l'utilisation d'une matière vitreuse adhésive à bas point de fusion. On a constaté,

après une série d'études intensives, que le phénomène de destruction de la puce (c'est-à-dire de l'élément semi-conducteur) peut être expliqué par le fait que la résistance mécanique de la liaison, c'est-à-dire la force agissant entre le silicium (Si) constituant la puce et une pellicule en verre à bas point de fusion déposée préalablement sur la surface du substrat en céramique constituant l'ensemble de support, est assez faible, de sorte qu'un décollage ou séparation se produit facilement dans la liaison entre le silicium et la pellicule de verre à bas point de fusion sous l'influence de la contrainte thermique, une concentration de contrainte apparaissant à l'interface de la région de décollage ou de séparation avec création de fissures et une destruction finale de la puce. Pour une meilleure compréhension de l'invention, on va décrire ce phénomène de façon plus détaillée en se référant à la figure 1. Sur cette figure, on suppose qu'une puce 4 de silicium, sur la surface supérieure de laquelle ont été réalisés des éléments de circuit, doit être fixée à un substrat 1 en céramique sur lequel on a formé préalablement une pellicule 2 en verre à bas point de fusion en faisant fondre cette pellicule 2 en verre à une température ambiante de l'ordre d'environ 400°C à environ 450°C. Dans ce cas, lors du refroidissement de la pellicule 2 en verre, une force de compression indiquée par une flèche P apparaît par suite de la différence de coefficient thermique entre la pellicule 2 de verre et la puce 4 de silicium et cette force agit de manière à gauchir la puce 4 de silicium. A ce propos, on remarquera que le coefficient de dilatation thermique du silicium est d'environ  $3,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , tandis que celui de la matière vitreuse adhésive à bas point de fusion est de l'ordre d'environ  $5 \times 10^{-6}$  à  $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ . Par suite d'une force de liaison ou d'adhérence inadéquate agissant entre la pellicule 2 de verre et la puce 4 de silicium, il se produit un décollage ou séparation dans une région A, ce qui se traduit par une concentration des contraintes à l'intérieur de la puce 4 de silicium, à l'interface E de la région A de décollage, ce qui donne lieu à l'apparition d'une fissure C.

La présente invention est issue des résultats des recherches décrites ci-dessus et est basée sur le fait que la

concentration de contrainte dans la puce de silicium et, par conséquent la destruction de cette dernière par suite d'un décollement ou d'une séparation locale des couches, peut être évitée positivement si on colle ou fixe la puce en silicium à la pellicule adhésive en verre à bas point de fusion avec une solidité telle qu'aucune séparation des couches n'ait lieu.

La présente invention enseigne qu'une pellicule de renforcement de liaison ou d'adhérence en une matière qui présente une bonne fiabilité vis-à-vis de la pellicule de verre à bas point de fusion et qui est capable de créer une force d'adhérence ou de liaison supérieure à celle du silicium est formée préalablement sur une surface arrière ou inférieure de la puce de silicium qui doit être fixée au substrat à l'aide d'une pellicule adhésive en verre à bas point de fusion. La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description donnée ci-après en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

la figure 1 est une vue en coupe montrant la structure d'un dispositif à semi-conducteurs de la technique antérieure;

la figure 2 montre en coupe un élément semi-conducteur et un ensemble de support à l'état séparé avant d'être intégrés dans un dispositif à semi-conducteurs selon un exemple du mode de réalisation de l'invention;

la figure 3 est une vue en coupe du dispositif à semi-conducteurs selon l'invention dans l'état où l'élément semi-conducteur est monté sur l'ensemble de support; et

la figure 4 est une vue en coupe d'un dispositif à semi-conducteurs selon un autre mode de réalisation de l'invention.

En se référant aux figures 2 et 3 qui représentent un dispositif à semi-conducteurs selon un exemple de mode de réalisation de l'invention, la figure 2 représentant un élément semi-conducteur dans l'état qu'il présente avant d'être monté sur une surface de montage ou un ensemble de support d'un bloc et la figure 3 montrant en coupe schématique la structure du dispositif à semi-conducteurs après que l'élément ou puce semi-conducteur a été monté, on voit que la référence 1 désigne un substrat en céramique qui constitue une partie d'un boîtier

en céramique, la référence 2 désigne une pellicule de verre à bas point de fusion destinée à fixer l'élément semi-conducteur, c'est-à-dire la puce, au substrat. La pellicule vitreuse 2 est formée sur le substrat 1 à l'endroit d'une cavité ou partie évidée où doit être montée la puce 4. Pour la pellicule vitreuse à bas point de fusion, on choisit une matière vitreuse présentant une température de collage ou fixation de 550°C au moins (le point de ramollissement étant plus faible qu'environ 500°C). Un exemple caractéristique de cette matière vitreuse peut avoir une composition comme suit :

PbO .....	70% en poids
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	10% en poids
TiO <sub>2</sub> } .....	20% en poids
SiO <sub>2</sub> }	
ZrO <sub>2</sub> }	

En outre, la composition vitreuse peut contenir PbTiO<sub>3</sub> comme charge pour régler le coefficient de dilatation thermique qui peut être de l'ordre de  $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  à  $6 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ , par exemple. La température de collage ou fixation de la composition vitreuse est de l'ordre de 400°C à 450°C.

La pellicule vitreuse 2 à bas point de fusion peut être appliquée à la partie évidée ou en forme de cavité à l'aide d'un procédé d'impression connu.

La référence 3 désigne une pellicule de verre de scellement qui peut avoir la même composition que la pellicule 2 de verre de fixation de puce à bas point de fusion ou avoir une composition différente de cette pellicule. Le substrat 1 en céramique et les pellicules 2 et 3 en verre à bas point de fusion peuvent être considérées comme étant globalement un ensemble de support.

La référence 4 désigne un élément semi-conducteur en silicium ou puce de silicium devant être accolé et fixé à la pellicule 2 de verre à l'endroit de la partie évidée. Il convient de remarquer qu'une pluralité d'éléments de circuit, tels que des transistors à effet de champ MOS, sont formés dans la puce 4 de silicium par des techniques de réalisation de circuit intégré à semi-conducteurs. Cette puce en silicium a une taille de 5,0 x 5,0 mm<sup>2</sup>, par exemple. Le coefficient de dila-

ation thermique de la puce de silicium elle-même est d'environ  $3,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .

La référence 5 désigne une pellicule de renforcement de liaison ou d'adhérence déposée sur la surface inférieure ou de dessous de la puce 4 de silicium. La pellicule de renforcement 5 peut être constituée par une pellicule d'aluminium (Al) que l'on utilise fréquemment pour former des câblages dans les procédés de fabrication de dispositifs à semi-conducteurs. Dans le cas de la structure illustrée, la pellicule 5 de renforcement de liaison ou d'adhérence est constituée par une pellicule d'aluminium déposée par évaporation et ayant une épaisseur d'environ un micromètre. La pellicule de renforcement en aluminium peut être formée par d'autres procédés, tels qu'une pulvérisation ou autre procédé analogue.

L'utilisation de la pellicule d'aluminium évaporée comme pellicule 5 de renforcement de liaison ou d'adhérence présente l'avantage qu'un même dispositif servant à déposer l'aluminium par évaporation dans le procédé de formation de câblages mentionné ci-dessus peut aussi être utilisé pour déposer la pellicule 5 de renforcement d'adhérence. La pellicule 5 d'aluminium peut contenir plusieurs pourcentages en poids de silicium mélangé. En outre, la pellicule 5 de renforcement d'adhérence peut être formée par de l'oxyde d'aluminium  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Il convient de mentionner que la pellicule 5 de renforcement d'adhérence est formée tout d'abord sur une surface complète d'une gaufre de grandes dimensions avant que cette gaufre soit scindée en puces de petites dimensions par un procédé de quadrillage ou un procédé de découpage en cubes. Les puces individuelles ainsi formées sont habituellement vérifiées en ce concerne leurs caractéristiques électriques. Dans ce cas, il est souhaitable que la surface inférieure ou de dessous de la puce soit conductrice de l'électricité de manière qu'elle puisse servir d'électrode pendant l'essai. C'est pourquoi la pellicule d'aluminium est préférable à la pellicule de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  comme pellicule 5 de renforcement d'adhérence.

En plus de l'aluminium, la pellicule 5 de renforcement d'adhérence peut être formée de chrome (Cr), de titane (Ti), ou de cuivre (Cu). La pellicule métallique formée d'un tel élément peut également présenter une forte solidité de liaison en coopération avec la pellicule 2 de verre et, de ce fait, convenir

pour être utilisée comme pellicule 5 de renforcement d'adhérence. En outre, la pellicule métallique formée de Cr, Ti ou Cu peut servir avantageusement d'électrode au cours de la vérification de la puce. Parmi les pellicules métalliques mentionnées ci-dessus, on préfère celles en aluminium du point de vue de l'usabilité, de l'adhérence et du prix de revient.

L'ensemble de support référencé 6 dans son ensemble, comporte des fils de sortie pour des connexions extérieures bien qu'il n'est pas été représenté sur la figure 2. En outre, un capot (non représenté) en céramique est fixé à l'ensemble de support 6 au moyen de la pellicule 3 de verre à bas point de fusion, grâce à quoi l'élément semi-conducteur ou puce 4 est enfermé hermétiquement.

On va maintenant décrire un procédé pour le montage de l'élément semi-conducteur 4 sur l'ensemble de support 6 selon la présente invention.

Au cours de la première phase, on chauffe l'ensemble de support 6 constitué par le substrat en céramique et les pellicules 2 et 3 de verre à bas point de fusion jusqu'à une température de travail (température de fixation) des pellicules de verre à bas point de fusion dans la plage de 400°C à 450°C de manière à ramollir ainsi la pellicule 2 de verre à bas point de fusion. Dans cet état, on place sur la partie de la cavité 5 servant au montage de la puce, avec l'aide d'une pince ou mandrin muni d'un moyen d'aspiration (non représenté), l'élément semi-conducteur ou puce 4 sur la surface inférieure ou de dessous duquel on a formé par évaporation la pellicule 5 d'aluminium. On applique ensuite une pression de l'ordre de 4 g/mm<sup>2</sup> sur la puce 4 par l'intermédiaire du mandrin. Dans ces conditions, on chauffe la structure complète pendant un temps prédéterminé, par exemple pendant 1 seconde, de manière que la pellicule 2 de verre et la pellicule 5 d'aluminium évaporé fusionnent ensemble pour être unies solidement. Après une phase de refroidissement, le montage de l'élément semi-conducteur 4 sur la face de montage de l'ensemble de support 6 est terminé.

Grâce à l'utilisation de la pellicule 5 d'aluminium déposé sur la surface inférieure ou dessous de la puce 4, la mouillabilité et l'adhérence de la pellicule 2 de verre à la

pellicule 3 d'aluminium se trouve accrue notablement. C'est pourquoi il n'est pas nécessaire d'appliquer une pression élevée sur la puce 4 au cours de la phase de chauffage et de liaison ou fixation. Plus spécifiquement, du fait qu'une telle  
5 pression élevée G ayant pour effet de noyer la partie inférieure de la puce 4 de silicium dans la pellicule 2 de verre de liaison n'est pas nécessaire dans la présente invention, les parties marginales 8 de la puce 4 peuvent être protégées contre les fissures ou les endommagements qui, sans cela,  
10 apparaîtraient sous le fait de la pression exercée par le mandrin 7 représenté sur la figure 4. Par contre, dans le procédé connu jusqu'à présent, il est nécessaire que le mandrin 7 applique à la puce 4 de silicium une pression qui est au moins égale à cinq fois celle requise dans le procédé  
15 selon la présente invention pour noyer la puce 4 de silicium dans la pellicule 2 de verre en raison des propriétés de liaison inadéquate de la pellicule de verre et de la puce de silicium. Dans ces conditions, des fissures se forment fréquemment dans les puces. Grâce à la présente invention, on peut  
20 diminuer notablement le taux de ces défauts et obtenir une production élevée.

Du fait que la pellicule 5 d'aluminium formée par évaporation est liée solidement à la pellicule de verre 2 formée dans la partie de montage de puce sur la totalité de la  
25 surface de la pellicule d'aluminium 5 dans la présente invention, les contraintes thermiques qui peuvent entraîner la destruction de l'élément semi-conducteur n'apparaissent jamais dans les conditions d'environnement dans lesquelles le dispositif à semi-conducteur est utilisé. L'élément semi-conducteur 4 est donc  
30 monté sur l'ensemble de support 6 ou substrat en céramique d'une manière extrêmement satisfaisante.

Selon l'enseignement de la présente invention, on a constaté qu'il était possible de monter la puce de silicium d'une taille d'environ  $3,0 \times 3,0 \text{ mm}^2$  ou plus sur le substrat  
35 en céramique en utilisant la pellicule de verre sans apparition de fissures et sans destruction de la puce de silicium. Dans le cas des modes de réalisation illustrés et décrits ci-dessus, on a supposé que la puce de silicium devant être montée avait

une taille de 5,0 x 5,0 mm<sup>2</sup>. Toutefois, on comprendra facilement qu'une puce de silicium de plus grandes dimensions pourrait être également montée d'une manière satisfaisante. En outre, on a supposé dans la description qui précède que le substrat sur lequel la puce de silicium est montée était en céramique. Toutefois, on peut obtenir les effets avantageux similaires si on utilise de l'oxyde de beryllium à la place de la céramique.

On voit maintenant que, grâce à la présente invention, l'élément semi-conducteur peut être monté positivement et solidement sur un substrat d'une manière peu coûteuse sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours à des métaux nobles tels que l'or, etc., grâce à quoi on peut réaliser les dispositifs à semi-conducteurs à un prix de revient considérablement réduit.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication d'un dispositif à semi-conducteurs dans lequel une puce (4) de silicium est fixée à un substrat isolant (1) au moyen d'une matière vitreuse à bas point de fusion, caractérisé par le fait qu'une pellicule (5) de renforcement d'adhérence présentant une bonne mouillabilité vis-à-vis de ladite matière vitreuse (2) à bas point de fusion et faisant preuve, en coopération avec ladite matière vitreuse (2), d'une force de liaison supérieure à celle de ladite puce (4) de silicium est formée préalablement sur une surface inférieure de ladite puce (4) de silicium à laquelle ladite matière vitreuse (2) à bas point de fusion doit adhérer.

2. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que ladite pellicule (5) de renforcement d'adhérence est constituée par une pellicule métallique.

3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que ladite pellicule métallique (5) est constituée par une pellicule d'aluminium.

4. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que ladite pellicule métallique (5) est formée par un métal choisi parmi le groupe comprenant le chrome, le titane et le cuivre.

5. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que ladite pellicule (5) de renforcement d'adhérence est constituée par une pellicule d'oxyde d'aluminium.

6. Procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que ledit substrat isolant (1) est constitué par un substitut de la céramique et que ladite pellicule (2) de matière vitreuse à bas point de fusion présente un point de ramollissement qui n'est pas supérieur à 500°C.

7. Dispositif à semi-conducteurs caractérisé par le fait qu'il comprend :

un substrat (1) en céramique comportant une surface plate;

une pellicule (2) de verre à bas point de fusion fixée par une liaison à ladite surface plate du substrat (1) en céramique;

une puce (4) de silicium comportant une surface supérieure et une surface inférieure; et

une pellicule (5) de renforcement d'adhérence formée sur la surface intérieure de ladite puce (4) de silicium, ladite pellicule (5) de renforcement d'adhérence coopérant avec ladite pellicule (2) de verre à bas point de fusion pour former une liaison plus solide que celle formée par la coopération du silicium de ladite puce (4) de silicium et de ladite pellicule de verre à bas point de fusion, ladite pellicule (5) de renforcement d'adhérence adhérant à ladite pellicule (2) de verre à bas point de fusion.

8. Dispositif à semi-conducteurs suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que ladite pellicule (5) de renforcement d'adhérence est constituée par une pellicule d'aluminium.

9. Dispositif à semi-conducteurs suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que ladite pellicule (5) de renforcement d'adhérence est formée par un métal choisi parmi le groupe comprenant le chrome, le titane et le cuivre.

10. Dispositif à semi-conducteurs suivant la revendication 7, caractérisé par le fait que ladite pellicule (5) de renforcement d'adhérence est constituée par une pellicule d'oxyde d'aluminium.

11. Dispositif à semi-conducteur suivant l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé par le fait que ladite pellicule de verre à bas point de fusion présente un point de ramollissement qui n'est pas supérieur à 500°C.

FIG. 1 TECHNIQUE ANTERIEURE

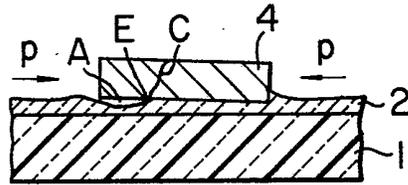


FIG. 2

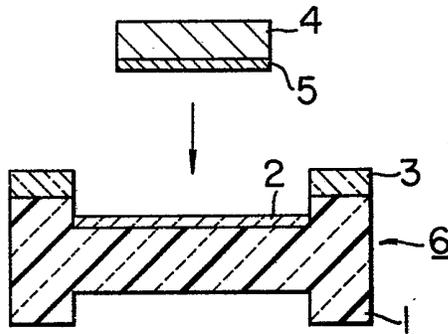


FIG. 3

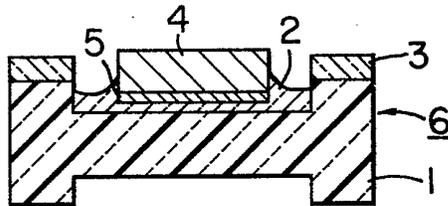


FIG. 4

