



(43) Date de la publication internationale
13 septembre 2012 (13.09.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/120245 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01L 21/60 (2006.01) H01L 23/485 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050502

(22) Date de dépôt international :
9 mars 2012 (09.03.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1151950 10 mars 2011 (10.03.2011) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX
ENERGIES ALTERNATIVES [FR/FR]; 25 Rue Le-
blanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : MARION,
François [FR/FR]; 4480 Route de Clémencière, F-38950
Saint-Martin Le Vinoux (FR).

(74) Mandataires : VUILLERMOZ, Bruno et al.; Cabinet
Laurent & Charras, Le Contemporain, 50 Chemin de la
Bruyère, F-69574 Dardilly Cédex (FR).

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

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : CONNECTION COMPONENT PROVIDED WITH HOLLOW INSERTS

(54) Titre : COMPOSANT DE CONNEXION MUNI D'INSERTS CREUX

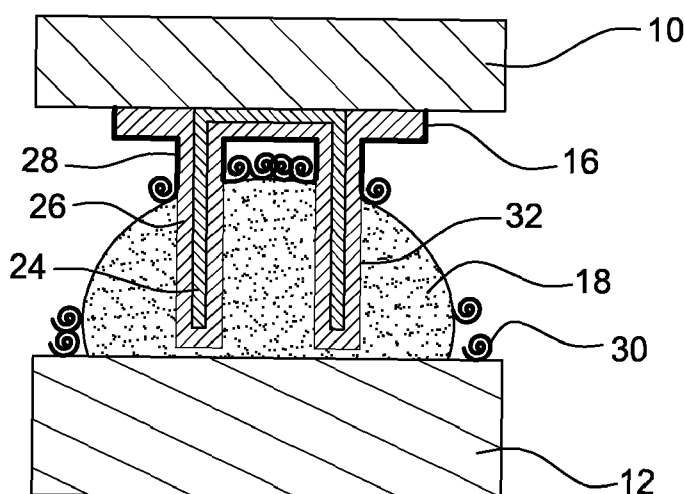


Fig. 5

(57) Abstract : The invention relates to an electro-
mechanical connection component (10) provided
with conductive inserts (16) to be inserted into res-
pective conductive pads of another connection com-
ponent for a flip-chip-type hybridisation. Each insert
(16) comprises: a metal core (24) that is non-oxi-
dised on at least part of its surface and has a higher
hardness than that of the pads; a first metal layer
(26) that is non-oxidised on at least part of its sur-
face, and covers at least said non-oxidised portion of
the core (24), the first layer having a higher plasticity
than that of the core; and a second layer (28) co-
vering at least the first layer (26), over its non-oxi-
dised part, and having a lower plasticity than that of
the first layer.

(57) Abrégé : Un composant de connexion électro-
mécanique (10) est muni d'inserts conducteurs (16)
destinés à être insérés dans des plots conducteurs
respectifs d'un autre composant de connexion pour
une hybridation du type face contre face. Chaque in-
sert (16) comporte : une âme métallique (24), non
oxydée sur au moins une portion de sa surface, et de
dureté supérieure à celle des plots; une première
couche métallique non oxydée (26) sur au moins une
portion de sa surface, recouvrant au moins ladite

portion non oxydée de l'âme (24), la première couche ayant une plasticité supérieure à celle de l'âme; et une seconde couche (28)
recouvrant au moins la première couche (26) sur sa portion non oxydée et ayant une plasticité inférieure à celle de la première
couche.



-
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h))

COMPOSANT DE CONNEXION MUNI D'INSERTS CREUX**DOMAINE DE L'INVENTION**

- 5 L'invention a trait au domaine de la connexion de deux composants selon la technique d'hybridation face contre face, dite de «*flip chip*», et plus particulièrement la connexion de deux composants électroniques par insertion du type métal dans métal d'inserts dans des plots à température ambiante.
- 10 L'invention trouve ainsi particulièrement application dans les assemblages dits « puce sur puce », « puce sur wafer » et « wafer sur wafer ».

ETAT DE LA TECHNIQUE

- 15 Pour remplacer les hybridations «*flip chip* » par billes de soudure, il est connu de prévoir sur une face d'un premier composant électronique des inserts réalisés en un métal dur, par exemple en nitrure de titane, et sur une face d'un deuxième composant électronique des plots réalisé en un métal ductile, par exemple en argent, puis d'hybrider les deux composants en insérant à froid les inserts dans les plots, ce qui crée ainsi des
- 20 interconnexions mécaniques et électriques entre les composants.

- Toutefois, un problème récurrent dans ce type d'hybridation par insertion « métal dans métal » réside dans le fait que, sans mesure particulière, la surface des inserts s'oxyde, ce qui crée des connexions électriques de mauvaise qualité entre les inserts et les plots dans
- 25 lesquels ils sont enfichés.

- Une première solution utilisée pour éviter l'insertion d'inserts oxydés est de recouvrir les inserts avant leur oxydation d'une couche de métal noble, et donc non oxydable, comme de l'or ou du platine. Les inserts et leur couche de métal noble sont ainsi insérés ensemble
- 30 dans les plots sans qu'il y ait apparition d'oxyde susceptible d'affecter la qualité des connexions électriques.

Cependant, cette solution présente un certain nombre d'inconvénients, au rang desquels :

- un coût élevé, d'une part, en raison du coût des métaux noble et, d'autre part, en raison des étapes complexes et nombreuses à mettre en œuvre pour recouvrir
- 35 uniquement les inserts d'une couche d'un tel métal ;

- une impossibilité de réduire les pas d'interconnexion, c'est-à-dire l'espace minimal entre deux interconnexions inserts/plots, si des techniques de fabrication à bas coût de la couche de métal noble recouvrant les inserts sont utilisées. En effet les techniques de fabrication à bas coût consistent à réaliser un dépôt pleine plaque d'une couche de métal noble sur la face du composant comportant les inserts, puis à graver ensuite la couche de métal noble présente entre les inserts. Or, la seule technique de gravure à bas coût applicable aux métaux nobles comme l'or et le platine est une gravure en phase liquide qui ne permet pas à l'heure actuelle de graver des surfaces de dimensions inférieures à 10 micromètres. Seule une gravure ou un usinage ionique permet aujourd'hui de graver des pas d'interconnexion inférieurs à 10 micromètres. Cependant, cette technique a un rendement très faible en raison notamment des nettoyages nécessaires entre chaque dépôt, et s'avère donc onéreuse ;
 - une inter-diffusion et une électro-migration du métal noble recouvrant les inserts. Ainsi les interconnexions finissent par être constitué d'un multicouche complexe formé du matériau des inserts, du métal noble et du matériau des plots, ce qui rend les interconnexions très sensibles à la diffusion du type solide/solide, à la création de trous de type Kirkendall et de trous aux interfaces des zones constituées de métaux différents ; et
 - une contamination croisée de l'or. En effet, l'or est un matériau très dopant pour le silicium usuellement présent dans les composants électroniques. Toutes les étapes de fabrication utilisant de l'or doivent donc être réalisées dans des zones de fabrications différentes de celles où du silicium est à nu.
- Une autre solution pour éviter que les inserts ne soient introduits dans les plots avec une couche d'oxyde natif consiste à réaliser l'hybridation sous un flux de désoxydation qui retire l'oxyde natif des inserts avant leur introduction dans les plots.
- Cependant cette solution est complexe à mettre en œuvre, notamment en raison de l'étalement et du nettoyage des flux résiduels après l'insertion. En effet, lorsqu'un flux de désoxydation est utilisé pour ôter l'oxyde natif, une partie de ce flux, qui comprend également du liquide et des résidus de matériau, reste coincé entre les interconnexions. Il faut donc nettoyer ces résidus. De fait, cette technique limite elle aussi la réduction du pas d'interconnexion. En effet, à l'heure actuelle, il n'est pas possible de nettoyer les flux résiduels présents entre les interconnexions, et formant donc des courts circuits entre celles-ci, lorsque les interconnexions sont espacées de moins de 10 micromètres.

EXPOSE DE L'INVENTION

Le but de la présente invention est de proposer une hybridation « *flip chip* » par insertion d'inserts métalliques dans des plots métalliques assurant une connexion électrique sans utilisation de métaux nobles ni de flux de désoxydation et permettant la réalisation d'une hybridation à température ambiante.

A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de réalisation d'un composant de connexion électro-mécanique muni d'inserts conducteurs formés chacun d'un cylindre creux destinés à être insérés à température ambiante dans des plots conducteurs en aluminium respectifs d'un autre composant de connexion pour une hybridation du type face contre face.

Selon l'invention, le procédé consiste pour chaque insert :

- à réaliser une âme métallique, non oxydée sur au moins une portion de sa surface, et de plasticité supérieure à celle de l'aluminium;
- à réaliser une première couche métallique en aluminium, sur au moins une portion de sa surface, recouvrant au moins ladite portion non oxydée de l'âme ; et
- à réaliser une oxydation sous oxygène de l'aluminium de la première couche de manière à créer une seconde couche constituée d'oxyde natif d'aluminium sur une partie seulement de l'épaisseur de la première couche, et ladite seconde couche ayant une plasticité inférieure à celle de la première couche.

Par « couche d'oxyde natif », on entend une couche d'oxyde obtenue par l'oxydation naturelle du métal lorsqu'il est au contact avec l'oxygène.

Par « température ambiante », on entend ici une température éloignée de la température de fusion du matériau constitutif de la première couche et des plots, par exemple des températures de l'ordre de 300°K, pour lesquels on n'observe donc pas un ramollissement important de cette première couche et des plots dans lesquels sont destinés à être insérés les inserts. L'hybridation « à froid », ou « à température ambiante » de l'invention se distingue donc des hybridations de type « thermo-compression » au cours desquelles à la fois une pression et un chauffage sont exercés, le chauffage ayant pour but de ramollir ou fondre les plots afin de faciliter l'insertion des inserts.

En d'autres termes, sous l'effet de l'insertion dans un plot, les différentes régions d'un insert subissent une déformation. Ayant une plasticité supérieure à celle de l'âme, la première couche va donc subir une plus forte déformation que celle-ci lors de la pénétration dans un plot. Comme par ailleurs la seconde couche d'oxyde natif a une plasticité inférieure à celle de la première couche, cette seconde couche ne peut se déformer autant que la première couche sans casser. Ne pouvant se conformer à la déformation subie par la première couche, la seconde couche se « craquelle ».

En outre, la couche d'oxyde natif présente la double propriété d'être très cassante et de très peu adhérer au métal dont elle est issu. Sous l'effet de la pénétration de l'insert dans le plot, on observe ainsi un phénomène de « *ice on mud* », c'est-à-dire que la couche d'oxyde natif se craquelle en forme de plaques qui glissent sur la première couche lors de l'insertion. La seconde couche est donc « pelée » et reste à l'extérieur du plot.

En outre, la couche d'oxyde natif a l'avantage de présenter une épaisseur très fine, de l'ordre de quelques nanomètres, complètement définie par la nature du métal. Ainsi quel que soit le temps d'exposition de la première couche à l'oxygène, l'épaisseur de la seconde couche reste constante.

En outre, le composant électronique pourvu d'inserts peut donc être stocké dans des conditions oxydantes, comme l'air par exemple, sans précaution particulière.

Ainsi donc, non seulement, la première couche n'est pas un métal noble mais en outre de manière privilégiée, on recherche pour celle-ci des métaux oxydables de manière à former une couche d'oxyde natif.

L'aluminium présente quand à lui l'avantage d'être un matériau à la fois ductile tout en gardant une dureté constante pour une large plage de températures en raison de sa température de fusion élevée supérieure à 500°C. En outre, l'aluminium est un matériau bas coût.

L'avantage de la mise en œuvre d'un insert creux réside dans la réduction de la surface d'appui de l'insert sur le plot, et donc de faciliter l'insertion, voire même de permettre une insertion à froid à température ambiante. Du fait de la surface d'appui réduite, la pression surfacique exercée sur la surface des première et seconde couches en appui sur le plot est également augmentée, ce qui facilite la déformation de la première couche, et corollairement la craquelure de la seconde couche. Ceci augmente également l'effet de

cisaillement et aide au pelage de la seconde couche en cas de faible adhérence de celle-ci sur la première couche. On remarque que le cylindre est la forme qui optimise ces effets.

5 Selon un mode de réalisation, la pression exercée sur une surface d'appui de chaque insert lors de leur insertion dans les plots est supérieure à 1800 mégapascals, ce qui permettant un pelage efficace de la couche d'oxyde.

Selon un mode de réalisation,

- que l'âme est réalisée sous atmosphère non oxydante;
- 10 ▪ en ce que la première couche est constituée d'un film de métal de ductilité supérieure à celle du métal de l'âme déposé sous une atmosphère non oxydante.

15 Selon un mode de réalisation, la première couche recouvre sensiblement la totalité de l'âme, et en ce que la première couche est oxydée sur sensiblement toute sa surface.

L'invention a également pour objet un procédé de réalisation d'un composant de connexion électro-mécanique muni d'inserts conducteurs formés chacun d'un cylindre creux destinés à être insérés à température ambiante dans des plots conducteurs respectifs d'un autre composant de connexion pour une hybridation du type face contre face.

20

Ce procédé consiste pour chaque insert :

- à réaliser une âme métallique, non oxydée sur au moins une portion de sa surface ;
- à réaliser une première couche métallique, non oxydée sur au moins une portion de sa surface, recouvrant au moins ladite portion non oxydée de l'âme, la première
25 couche ayant une plasticité supérieure à celle de l'âme ; et
- à réaliser, sous atmosphère non oxydante, une seconde couche recouvrant au moins la première couche sur sa portion non oxydée, la seconde couche étant réalisée dans un matériau différent du matériau de la première couche ou des oxydes de ce
30 matériau, la seconde couche ayant une plasticité inférieure à celle de la première couche.

En d'autres termes, sous l'effet de l'insertion dans un plot, les différentes régions d'un insert subissent une déformation. Ayant une plasticité supérieure à celle de l'âme, la première couche va donc subir une plus forte déformation que celle-ci lors de la
35 pénétration dans un plot. Comme par ailleurs la seconde couche a une plasticité inférieure à celle de la première couche, cette seconde couche ne peut se déformer autant que la première couche sans casser. Ne pouvant se conformer à la déformation subie par la première couche, la seconde couche se « craquelle ».

Si l'adhérence de la seconde couche sur la première couche est faible, la seconde couche « pèle » en glissant sur la première couche lors de l'insertion et demeure à l'extérieur du plot, découvrant alors entièrement la première couche qui est non oxydée et donc bonne conductrice d'électricité.

5

Si l'adhérence de la seconde couche sur la première couche est forte, la seconde couche pénètre également dans le plot tout en présentant des craquelures en raison du différentiel de plasticité avec la première couche. Les craquelures définissent ainsi autant de « chemins » électriques non oxydés vers la première couche non oxydée, et donc bons conducteurs d'électricité, assurant ainsi une bonne conduction électrique de l'interconnexion formée de l'insert et du plot.

Ce résultat est obtenu indépendamment de la nature oxydable de la première couche qui est donc choisie avantageusement parmi des matériaux non nobles. Il n'est pas non plus nécessaire d'utiliser un flux désoxydant lors de l'insertion puisque les chemins électriques sont formés, et cela même si la seconde couche est oxydée.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la première couche est réalisée en un métal choisi dans le groupe comprenant l'aluminium, l'étain, l'indium, le plomb, l'argent, le cuivre, le zinc et les alliages à base de ces métaux. Ces matériaux sont avantageusement très plastiques, et peuvent être mise en œuvre dans des processus de gravure bas coût exploitables pour des pas d'interconnexion faibles inférieurs à 10 micromètres, voire même 5 micromètres. L'aluminium présente également l'avantage d'être un matériau à la fois ductile tout en gardant une dureté constante pour une large plage de températures en raison de sa température de fusion élevée supérieure à 500°C.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'adhérence de la seconde couche sur la première couche est faible de manière à ce que la seconde couche glisse sur la première couche sous l'effet d'un cisaillement appliqué à l'empilement des première et seconde couches. De cette manière, lors de l'insertion de l'insert dans un plot, la seconde couche pèle et reste à l'extérieur du plot.

Selon un mode de réalisation, la seconde couche est constituée d'une résine époxy photosensible, une couche de polymère, tel que du parylène par exemple, une couche de métal dur ou une couche d'isolant dur et cassant comme par exemple du SiO₂ ou du SiN

Selon un mode de réalisation, la première couche a une ductilité sensiblement égale à celle des plots, ce qui facilite la déformation subie par la première couche lors de l'insertion, et donc facilite également le craquelage de la seconde couche.

- 5 Selon une mode de réalisation privilégié, la première couche recouvre sensiblement la totalité de l'âme. La formation de la seconde couche utilise ainsi des procédés classiques de fabrication, comme par exemple un dépôt pleine plaque suivi d'une gravure du métal déposé entre les inserts.
- 10 Selon un mode de réalisation, l'insert est creux.

L'invention a également pour objet un procédé de connexion électro-mécanique entre un premier composant micro-électronique muni d'inserts réalisée selon l'un ou l'autre des procédés type précité et d'un second composant micro-électronique muni de plots, dans
15 lequel les inserts du premier composant micro-électronique sont aptes à être respectivement insérés, ledit procédé comportant l'insertion des inserts du premier composant dans les plots du second composant.

Notamment, l'invention a également pour objet un procédé de connexion électro-mécanique pour une hybridation de type face contre face entre un premier composant
20 micro-électronique obtenu selon le premier procédé précité et un second composant micro-électronique muni de plots conducteurs en aluminium dans lesquels les inserts du premier composant micro-électronique sont aptes à être respectivement insérés, ledit procédé comportant l'insertion à température ambiante des inserts du premier composant
25 dans les plots du second composant.

L'invention a également pour objet un système micro-électronique obtenu conformément à ce procédé.

30 **BREVE DESCRIPTION DES FIGURES**

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et réalisée en relation avec les dessins annexés, dans
35 lesquels des références identiques désignent des éléments identiques ou analogues, et dans lesquels :

- les figures 1 et 2 sont des vues schématiques en coupe de l'hybridation d'un premier et d'un second composants microélectroniques par insertion d'inserts dans des plots ;

- la figure 3 est une vue en coupe d'un insert selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue schématique en coupe de l'insert de la figure 3 selon le plan A-A ;
- 5 ▪ la figure 5 est une vue schématique en coupe illustrant la pénétration de l'insert de la figure 3 dans un plot ductile ; et
- les 6 à 13 sont des vues schématique en coupe illustrant un procédé de fabrication de l'insert de la figure 3.

10 **DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION**

Les figures 1 et 2 illustrent de manière schématique, l'hybridation « *flip-chip* » d'un premier et d'un second composants microélectroniques **10**, **12**. Le premier composant **10** comporte, sur l'une de ses faces **14**, un ensemble d'inserts **16** électriquement conducteurs, destinés à pénétrer dans des plots **18** électriquement conducteurs respectifs, les plots **18** étant agencés sur une face **20** du second composant **12**.

Pour réaliser l'hybridation préférentiellement à froid, les composants électroniques **10** et **12** sont alignés de manière à présenter chaque insert **16** en face d'un plot **18**, et une pression appropriée, illustrée par les flèches, est par exemple exercée sur le premier composant qui est mobile (figure 1). Les inserts **16**, qui ont une dureté supérieure à celle des plots **18**, pénètrent alors dans ceux-ci. Des interconnexions **22** entre le premier et les second composants microélectroniques **10**, **12** sont ainsi réalisées (figure 2). Les interconnexions **22** solidarisent mécaniquement les deux composants **10**, **12**, tout en créant des connexions électriques entre ceux-ci.

A titre d'exemple, le premier composant **10** est une matrice de détection constituée d'une pluralité d'éléments sensibles de détection, et le second composant **12** est un circuit de lecture des éléments sensibles. Les interconnexions **22** réalisent ainsi la connexion électrique du circuit de lecture avec chacun des éléments sensibles du premier composant **10**.

Les inserts **16** peuvent prendre n'importe quelle forme, bien que les inserts présentant une surface d'appui réduite, comme des cylindres creux par exemple, soient privilégiés pour diminuer la pression nécessaire à leur insertion dans les plots **18**.

Dans ce qui suit, il va être décrit des inserts **16** cylindriques et creux, cette forme constituant un mode de réalisation privilégié. Cependant, on comprendra que les considérations portant sur les matériaux constitutifs des inserts **16** et des plots **18** sont indépendantes de la forme adoptée pour ceux-ci. Par exemple, les inserts peuvent être
5 pleins et/ou de forme triangulaire, carrée, et de manière plus générale polygonale, en forme d'étoile, etc...

En se référant aux figures 3 et 4, les inserts **16** comportent chacun une âme centrale **24** recouverte par une couche métallique **26**, cette dernière étant elle-même recouverte par
10 une couche de protection **28**.

L'âme centrale **24** est métallique, cylindrique et creuse, de section transversale en forme de U. Elle présente une dureté supérieure à celle des plots **18** pour pouvoir y être insérée. A cet effet, l'âme centrale **24** a de préférence un module de Young supérieur à 1,5 fois le
15 module de Young du matériau des plots **18**. Avantagement, l'âme centrale **24** est constituée d'un métal dur, comme du nitrure de titane (TiN), du nitrure de tungstène (TiW), du cuivre (Cu), du vanadium (V), du molybdène (Mo), du nickel (Ni), du tungsténate de titane (TiW), du WSi, ou du tungstène (W) par exemple, et les plots **18** sont constitués d'un métal ductile, par exemple de l'aluminium, de l'étain, de l'indium,
20 du plomb, de l'argent, du cuivre, du zinc, ou un alliage de ces métaux. Par ailleurs, l'âme centrale **24** n'est pas oxydée.

La couche métallique **26**, outre sa fonction d'être conductrice de l'électricité et d'adhérer fortement à l'âme centrale **24** en raison de l'interface métal-métal qu'elle forme avec
25 l'âme **24**, a pour fonction de se déformer, tout en restant accrochée à l'âme **24**, lors de la pénétration de l'insert dans un plot. Elle présente à cet effet une plasticité supérieure à celle de l'âme **24**. La couche **26** peut ainsi être constituée d'un métal ductile. Notamment, un métal ductile ayant un module de Young supérieur à 1,5 fois celui du matériau de l'âme **24** présente une plasticité appropriée.

30

De préférence, la couche **26** présente une ductilité sensiblement égale à celle des plots **18** de manière à permettre la pénétration de l'âme dure **24** sans se casser et obtenir des déformations relatives de la couche **26** et du plot **18** de manière sensiblement égales.

35 La couche **26** est ainsi avantageusement constituée d'aluminium, d'étain, d'indium, de plomb, d'argent, de cuivre, de zinc ou d'un alliage de ces métaux. Par ailleurs, la couche métallique **26** n'est pas oxydée.

La couche **26** est de préférence constituée d'aluminium, ce métal présentant l'avantage d'avoir une température de fusion très élevée supérieure à 500°C.

La couche de protection **28** a pour première fonction de protéger la couche métallique **26** de l'oxydation, et pour seconde fonction de libérer au moins une portion de la couche métallique **26** lors de l'insertion de l'insert **16** dans un plot **18** de manière à créer une connexion électrique entre le matériau du plot **18** et l'âme centrale **24**. Pour ce faire, la couche de protection **28** est choisie pour se craqueler sous l'effet de la déformation de la couche métallique **26**. La couche de protection **28** présente ainsi une plasticité inférieure à celle de la couche métallique **26**.

De préférence, la couche de protection **28** est choisie de manière à présenter un seuil de rupture sous des contraintes de déformation très bas, autrement dit est très « cassante ». La couche de protection **28** peut être un film de protection rapporté sur la couche métallique **26**, comme par exemple une résine époxy photosensible ou une couche de polymère tel que du parylène par exemple, ou une couche de métal dur ou une couche d'isolant dur et cassant comme par exemple du SiO₂ ou du SiN.

De préférence, la couche de protection **28** est constituée de l'oxyde natif du métal constitutif de la couche métallique **26**, ce qui présente le triple avantage :

- d'avoir une couche de protection très fine **26** de l'ordre de quelques nanomètres,
- d'être dure et cassante, et notamment de plasticité et de ductilités très inférieures à celles du métal **26** lui-même, et
- d'adhérer très faiblement à la couche métallique **26**.

De plus ce mode de réalisation présente l'avantage qu'il n'est pas besoin de prendre des mesures particulières pour éviter l'oxydation des inserts lors de leur stockage, puisqu'on laisse volontairement s'oxyder les inserts **26**.

Comme illustré à la figure 5, lors de la pénétration de l'insert **16** dans le plot **18**, une déformation, même faible de la couche métallique **26**, casse la couche d'oxyde en plaques, et sous l'effet du cisaillement, les plaques d'oxydes natifs glissent sur la couche métallique **26** en demeurant en dehors du plot **18**. La couche d'oxyde **28** est ainsi « pelée » lors de l'insertion en mettant à nue la couche métallique **26**, créant ainsi une connexion électrique de qualité, notamment sans oxyde.

Comme dit plus haut, les inserts **16** sont des cylindres creux, de préférence des cylindres de révolution. Les inserts présentent des surfaces d'appui S (figure 3 et 4) très faibles, de manière à pouvoir réaliser une insertion à froid, sous atmosphère ambiante, c'est-à-dire sous une température ambiante très inférieure à la température de fusion des plots **18**, par exemple une température d'environ 300°K, et sous pression atmosphérique. Outre ceci, des surfaces d'appui très faible ont pour effet d'augmenter les contraintes exercées sur les différentes régions des inserts et donc notamment les forces de déformation et de cisaillement, ce qui facilite la craquelure des la couche de protection **28** ainsi que son pelage dans le cas d'une couche de protection faiblement adhérente à la couche métallique **26**. On se reportera avantageusement au document FR 2 928 033 pour le calcul de la surface d'appui permettant une insertion à froid sous atmosphère ambiante.

De manière avantageuse, la pression exercée sur la surface d'appui S lors de l'insertion d'insert comprenant une première couche **26** en aluminium recouverte d'une couche d'oxyde natif **28** (alumine Al_2O_3) dans des plots **18** en aluminium est supérieure à 1800 megaPascal (MPa). Les inventeurs ont en effet observé que pour des valeurs de pression inférieures, les interconnexions formées des inserts **16** dans les plots **18** présentent une résistance électrique importante, ce qui signifie que le pelage de la couche d'oxyde **28** n'est pas suffisante. Les inventeurs ont par contre observé que pour la configuration d'inserts et de plots précédente des pressions supérieures à 1800 megaPascal produisent des interconnexions de bonne qualité, c'est-à-dire présentant une résistance électrique proche de celle de l'aluminium, ce qui signifie que la couche d'oxyde a été pelée de manière optimale.

De manière avantageuse, la force d'insertion globale, ou de manière équivalente la pression d'insertion globale, exercée sur les circuits **10** et **12** pour hybrider ceux-ci, par exemple celle exercée sur le circuit **10** tel qu'illustré par les flèches à la figure 1, et la surface d'appui S des cylindres creux sont donc choisies de manière à obtenir ladite pression minimale.

Par exemple, un cylindre creux d'un diamètre égal à $4\mu\text{m}$, avec une épaisseur de paroi égale à $0,2\mu\text{m}$ a une surface d'appui S égale à $2,512\mu\text{m}^2$. Lorsqu'un tel insert subit une force d'insertion de 5mN, la pression exercée sur sa surface d'appui S est égale à 1990 MPa.

35

Connaissant la force d'insertion globale et le nombre d'interconnexions entre les circuits **10** et **12**, on en déduit donc la force d'insertion unitaire subit par chaque insert **16**. Connaissant la force d'insertion unitaire, on est donc capable d'en déduire une aire maximale d'appui pour obtenir au moins la pression minimale de 1800MPa. Enfin, la surface d'appui S d'un cylindre creux étant donnée par la relation $S = 2 \times \pi \times (R_2 - R_1) \times R_2$, où $R_2 - R_1$ est l'épaisseur des parois des inserts **16** et $2 \times R_2$ est le diamètre externe des inserts **16** (figure 4), on en déduit aisément des couples d'épaisseur et de diamètre. Le choix de valeur particulière pour l'épaisseur et le diamètre peut alors être réalisé selon d'autres considérations, notamment des considérations pourtant sur des épaisseurs atteignables en fonction du procédé de fabrication utilisé ou des considérations portant sur la robustesse mécanique des inserts.

Il va être à présent décrit en relation avec les figures schématiques en coupe 6 à 13, un exemple de procédé de fabrication des inserts **16** venant d'être décrits.

Le procédé débute par le dépôt d'une couche sacrificielle **40** d'une épaisseur e sur la face **14** du composant **10**, par exemple une couche de résine du type polyimide, suivi d'une photolithographie pour réaliser des trous circulaires **42** dans la couche sacrificielle **40** jusqu'à la face **14** du composant **10** (figure 6). L'épaisseur e correspond à la hauteur désirée pour l'âme **24** des inserts et le diamètre des trous circulaires **42** correspond au diamètre extérieur de l'âme **24**.

Le procédé se poursuit par le dépôt pleine plaque d'une couche ou d'un multicouche de métal dur **44**, par exemple du nitrure de titane ou un alliage à base de nitrure de titane, d'une épaisseur correspondant à l'épaisseur de l'âme **24**. Le dépôt est par exemple un dépôt chimique en phase vapeur, ou dépôt « CVD » (pour l'acronyme anglo-saxon « *Chemical Vapor Deposition* ») réalisé à une température compatible avec les éléments microélectroniques du composant **10**, notamment une température inférieure à 425°C pour un composant **10** mettant en œuvre une technologie CMOS (figure 7).

Un retrait de la portion de la couche de métal dur **44** déposée entre les trous **42** est alors effectué, par exemple à l'aide d'une gravure « *damascène* » ou de « *gap fil* » bien connu en soi.

Par exemple, selon la gravure « *gap-fil* », une couche de résine fluide **46** est déposée pleine plaque et vient ainsi combler les trous **42** et planariser l'ensemble obtenu à l'étape précédente (figure 8). Une fois solidifiée, la couche de résine **46** est alors gravée uniformément, par exemple par un polissage mécanique ou mécano-chimique, jusqu'à

atteindre la surface de couche métallique **46**. Les trous **42** restent quant à eux remplis de résine **46** afin de protéger le métal les recouvrant lors des étapes ultérieures (figure 9). Une gravure du métal **44** agencé entre les trous **42** est alors mise en œuvre de manière connue en soi (figure 10).

5

Le procédé se poursuit alors par le retrait de la résine **46** comprise dans les trous **42**, par exemple à l'aide d'un délaquage à base d'un plasma O₂ suivi du retrait de la couche sacrificielle **40**, par exemple au moyen d'un délaquage à base d'un plasma O₂ (figure 11). Les âmes **24** des inserts **16** sont ainsi réalisées.

10

Une couche **26** en métal ductile et naturellement oxydable est ensuite déposée pleine plaque, par exemple une couche d'aluminium, d'étain, d'indium, de plomb, d'argent, de cuivre, de zinc, ou un alliage de ces métaux, par exemple au moyen d'un dépôt CVD (figure 12), puis la portion de couche **26** agencée entre les âmes **24** est ôtée, par exemple

15

au moyen de la technique d'une technologie de photolithographie classique (figure 13).

Enfin le procédé se termine par l'oxydation de la couche **26**, par exemple en laissant le composant à l'air libre.

20

Il a été décrit une couche **26** recouvrant entièrement l'âme **24**. Bien entendu cette couche peut ne recouvrir qu'une partie de l'âme **24** si l'application le nécessite.

25

De même, il a été décrit une âme centrale **24** non oxydée sur la totalité de sa surface. En variante, seule une portion de la surface de l'âme centrale **24** est non oxydée. L'âme centrale **24** est alors recouverte de la couche **26** au moins sur cette portion non oxydée, et la couche **28** recouvre au moins la portion de la couche **26**, recouvrant la partie non oxydée de l'âme **24**, cette portion de la couche **26** étant non oxydée.

REVENDICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un composant de connexion électro-mécanique (10) muni d'inserts conducteurs (16) formés chacun d'un cylindre creux destinés à être insérés à température ambiante dans des plots conducteurs (18) en aluminium respectifs d'un autre composant de connexion pour une hybridation du type face contre face, *caractérisé* en ce que le procédé consiste pour chaque insert :
- à réaliser une âme métallique (24), non oxydée sur au moins une portion de sa surface, et de plasticité supérieure à celle de l'aluminium;
 - à réaliser une première couche (26) métallique en aluminium, sur au moins une portion de sa surface, recouvrant au moins ladite portion non oxydée de l'âme (24); et
 - à réaliser une oxydation sous oxygène de l'aluminium de la première couche (26) de manière à créer une seconde couche (28) constituée d'oxyde natif d'aluminium sur une partie seulement de l'épaisseur de la première couche, et ladite seconde couche ayant une plasticité inférieure à celle de la première couche.
2. Procédé de réalisation d'un composant de connexion électro-mécanique selon la revendication 1, *caractérisé* :
- en ce que l'âme (24) est réalisée sous atmosphère non oxydante;
 - en ce que la première couche (26) est constitué d'un film de métal de ductilité supérieure à celle du métal de l'âme (24) déposé sous une atmosphère non oxydante.
3. Procédé de réalisation d'un composant de connexion électro-mécanique selon l'une quelconque des revendications précédentes, *caractérisé* en ce que la première couche (26) recouvre sensiblement la totalité de l'âme (24), et en ce que la première couche (26) est oxydée sur sensiblement toute sa surface.
4. Procédé de connexion électro-mécanique pour une hybridation de type face contre face entre un premier composant micro-électronique (10) obtenu selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 et un second composant micro-électronique (12) muni de plots conducteurs (18) en aluminium dans lesquels les inserts (16) du premier composant micro-électronique (10) sont aptes à être respectivement insérés, ledit procédé comportant l'insertion à température ambiante des inserts (16) du premier composant (10) dans les plots (18) du second composant (12).

5. Procédé de connexion selon la revendication 4, *caractérisé* en ce que la pression exercée sur une surface d'appui (S) de chaque insert (16) lors de son insertion dans un plot (18) est supérieure à 1800 mégaPascals.
- 5 6. Système micro-électronique obtenu conformément à la revendication 4 ou 5.

1/4

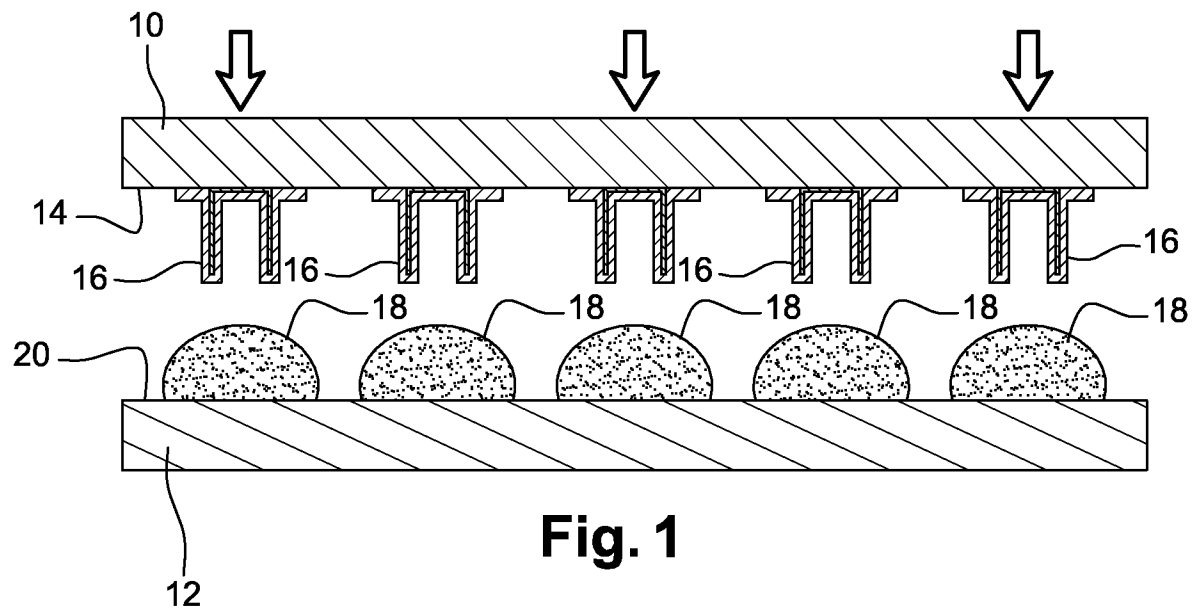


Fig. 1

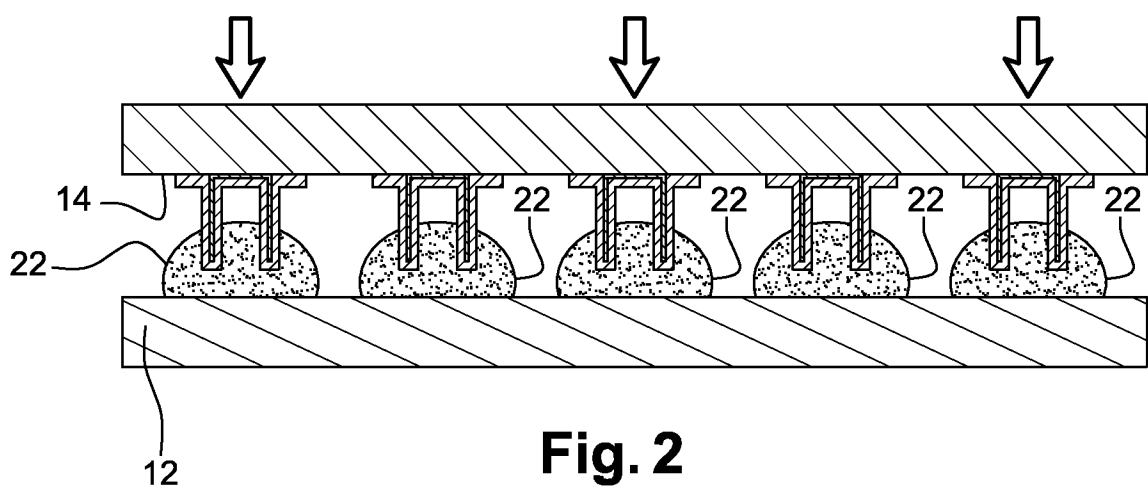


Fig. 2

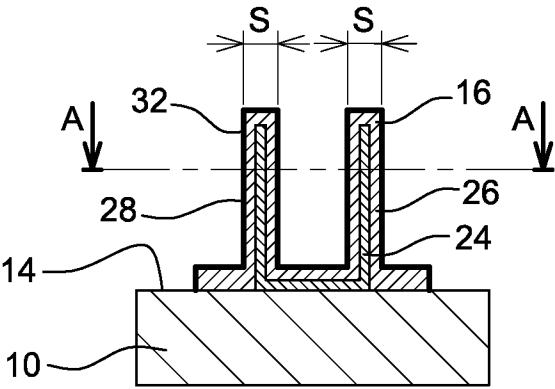


Fig. 3

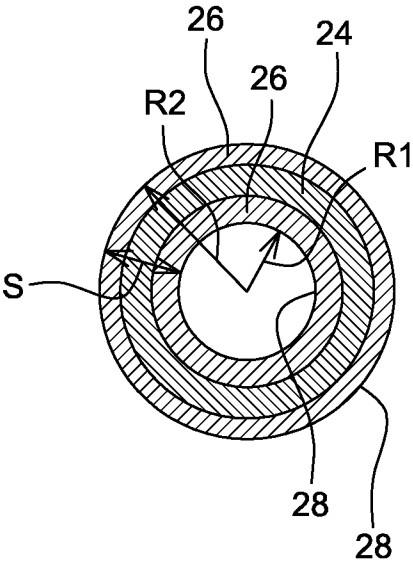


Fig. 4

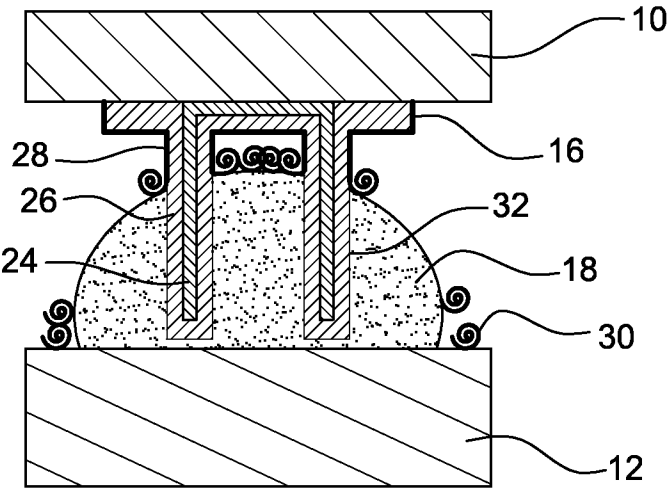


Fig. 5

3 / 4

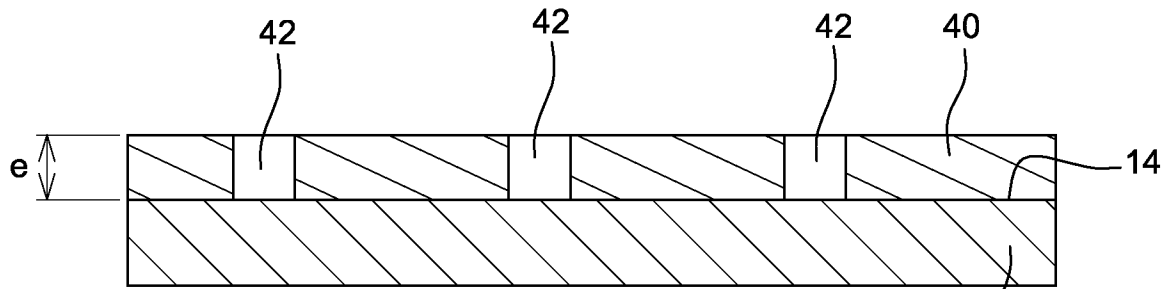


Fig. 6

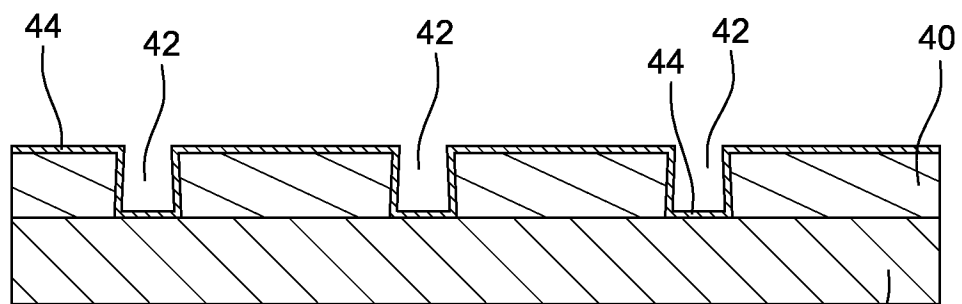


Fig. 7

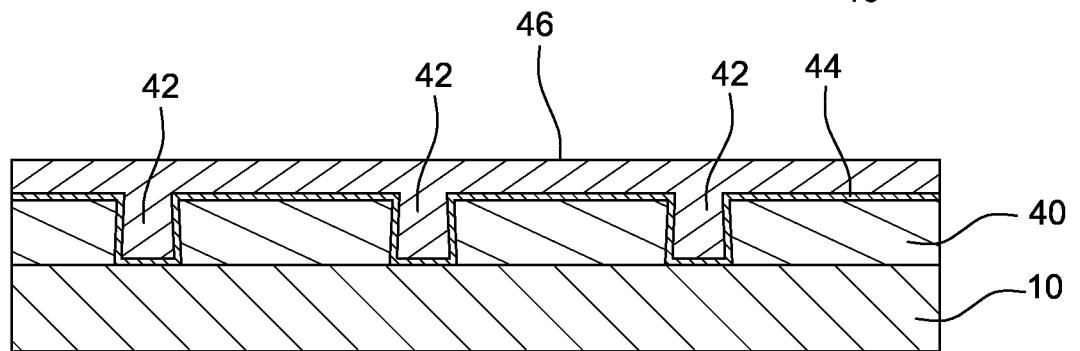


Fig. 8

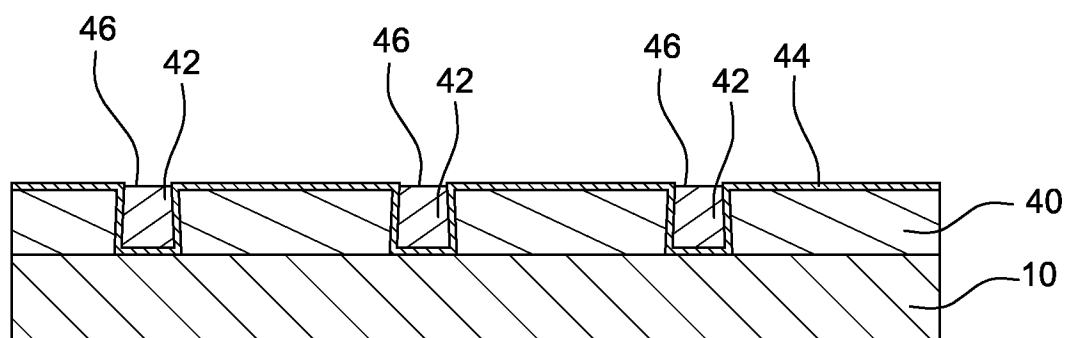
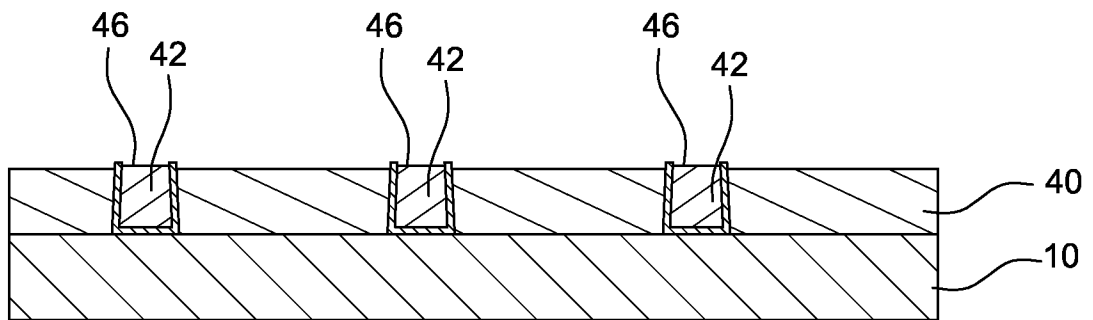
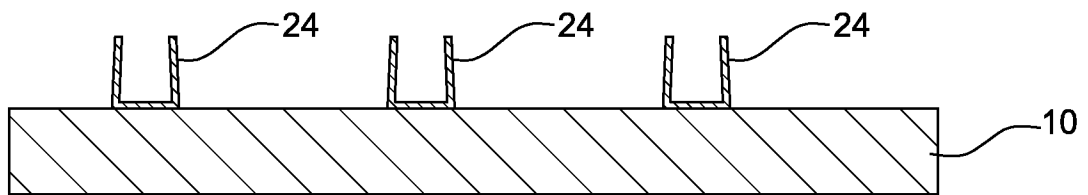
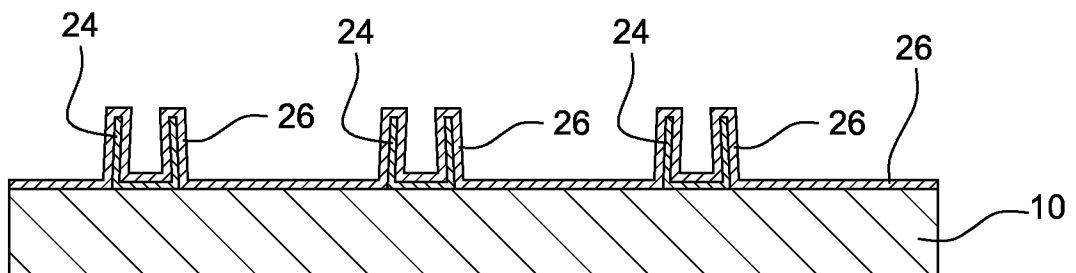
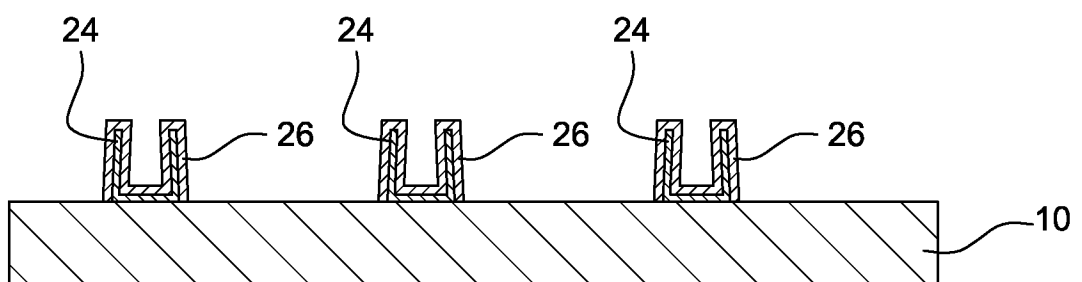


Fig. 9

4 / 4

**Fig. 10****Fig. 11****Fig. 12****Fig. 13**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/FR2012/050502

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H01L21/60 H01L23/485
ADD.

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)

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4 010446 A (NEC CORP) 14 January 1992 (1992-01-14) the whole document	1-6
Y	FR 2 928 033 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 28 August 2009 (2009-08-28) page 1, line 1 - page 2, line 8 page 3, line 5 - page 4, line 24 page 5, line 32 - line 33; claim 10 page 6, line 1 - line 5 page 11, line 1 - page 12, line 10; figures 9A,9B	1-6
A	JP 2 005540 A (NEC CORP) 10 January 1990 (1990-01-10) the whole document	1-6
	-/--	



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 application or patent 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

8 August 2012

Date of mailing of the international search report

23/08/2012

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Corchia, Alessandra

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/050502

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 669 548 A (MIYAKE TOSHIHIRO [JP] ET AL) 23 September 1997 (1997-09-23) column 3, line 46 - column 5, line 11; figures 1A,1B,1C,2 column 10, line 60 - column 11, line 24; figures 8A,8B -----	1-6
A	WO 03/075337 A1 (AGNG LLC [US]; GARYAINOV STANISLAV A [RU]; GOTMAN ALEXANDER S [US]; NO) 12 September 2003 (2003-09-12) page 9, line 17 - page 16, line 15; figures 4A,4B,4C -----	1-6
A	JP 2008 098319 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 24 April 2008 (2008-04-24) the whole document -----	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/050502

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 4010446	A	14-01-1992	JP 2782914 B2 06-08-1998
		JP 4010446 A	14-01-1992
FR 2928033	A1	28-08-2009	EP 2255383 A2 01-12-2010
		FR 2928033 A1	28-08-2009
		JP 2011515829 A	19-05-2011
		US 2011094789 A1	28-04-2011
		WO 2009115686 A2	24-09-2009
JP 2005540	A	10-01-1990	JP 2005540 A 10-01-1990
		JP 2555875 B2	20-11-1996
US 5669548	A	23-09-1997	JP 3104606 B2 30-10-2000
		JP 8330726 A	13-12-1996
		US 5669548 A	23-09-1997
		US 6218030 B1	17-04-2001
		US 2001023028 A1	20-09-2001
WO 03075337	A1	12-09-2003	NONE
JP 2008098319	A	24-04-2008	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050502

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H01L21/60 H01L23/485 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) 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) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	JP 4 010446 A (NEC CORP) 14 janvier 1992 (1992-01-14) le document en entier -----	1-6
Y	FR 2 928 033 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]) 28 août 2009 (2009-08-28) page 1, ligne 1 - page 2, ligne 8 page 3, ligne 5 - page 4, ligne 24 page 5, ligne 32 - ligne 33; revendication 10 page 6, ligne 1 - ligne 5 page 11, ligne 1 - page 12, ligne 10; figures 9A,9B -----	1-6
A	JP 2 005540 A (NEC CORP) 10 janvier 1990 (1990-01-10) le document en entier ----- -/-	1-6
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ 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 "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "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) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "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 "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 "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 "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 8 août 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 23/08/2012
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Corchia, Alessandra

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050502

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	US 5 669 548 A (MIYAKE TOSHIHIRO [JP] ET AL) 23 septembre 1997 (1997-09-23) colonne 3, ligne 46 - colonne 5, ligne 11; figures 1A,1B,1C,2 colonne 10, ligne 60 - colonne 11, ligne 24; figures 8A,8B -----	1-6
A	WO 03/075337 A1 (AGNG LLC [US]; GARYAINOV STANISLAV A [RU]; GOTMAN ALEXANDER S [US]; NO) 12 septembre 2003 (2003-09-12) page 9, ligne 17 - page 16, ligne 15; figures 4A,4B,4C -----	1-6
A	JP 2008 098319 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 24 avril 2008 (2008-04-24) le document en entier -----	1-6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/050502

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 4010446	A	14-01-1992	JP 2782914 B2 06-08-1998
			JP 4010446 A 14-01-1992
FR 2928033	A1	28-08-2009	EP 2255383 A2 01-12-2010
			FR 2928033 A1 28-08-2009
			JP 2011515829 A 19-05-2011
			US 2011094789 A1 28-04-2011
			WO 2009115686 A2 24-09-2009
JP 2005540	A	10-01-1990	JP 2005540 A 10-01-1990
			JP 2555875 B2 20-11-1996
US 5669548	A	23-09-1997	JP 3104606 B2 30-10-2000
			JP 8330726 A 13-12-1996
			US 5669548 A 23-09-1997
			US 6218030 B1 17-04-2001
			US 2001023028 A1 20-09-2001
WO 03075337	A1	12-09-2003	AUCUN
JP 2008098319	A	24-04-2008	AUCUN