

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
COURBEVOIE  
—

①① N° de publication : **3 133 482**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **22 02142**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **H 01 L 21/768 (2022.01), H 01 L 23/485, H 01 L 23/14**

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ Substrat d'interconnexion et procédé de fabrication d'un tel substrat.

②② Date de dépôt : 11.03.22.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public  
de la demande : 15.09.23 Bulletin 23/37.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du  
brevet d'invention : 28.02.25 Bulletin 25/09.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *STMICROELECTRONICS  
(GRENOBLE 2) SAS société par actions simplifiée —  
FR.*

⑦② Inventeur(s) : LAPORTE Fanny et LOPEZ Jerome.

⑦③ Titulaire(s) : *STMICROELECTRONICS  
(GRENOBLE 2) SAS société par actions simplifiée.*

⑦④ Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

**FR 3 133 482 - B1**



## **Description**

### **Titre de l'invention : Substrat d'interconnexion et procédé de fabrication d'un tel substrat**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente description concerne de façon générale les dispositifs électroniques et plus particulièrement un substrat d'interconnexion adapté à maintenir et relier électriquement un composant électronique, par exemple une puce électronique, à un circuit électronique.

#### **Technique antérieure**

[0002] Un substrat adapté à maintenir et intégrer électriquement dans un circuit électronique une puce électronique est connu, par exemple sous le terme "IC substrate" en anglais, ou substrat de circuit intégré.

[0003] Un substrat de circuit intégré peut notamment être un produit intermédiaire permettant d'intégrer une ou plusieurs puces à un circuit imprimé (PCB pour "Printed Circuit Board" en anglais). Il comprend généralement un réseau d'interconnexion électrique adapté à relier électriquement la (les) puce(s) et le PCB.

[0004] Un exemple de substrat de circuit intégré peut comprendre plusieurs couches métalliques formant des pistes métalliques isolées entre elles au moins partiellement par des couches isolantes, les pistes métalliques de niveaux différents étant reliées par des vias métalliques, lesdites pistes et vias formant un réseau d'interconnexion au sein du substrat.

[0005] Pour de nombreuses applications, par exemple pour des applications RF (RadioFréquence), il peut être recherché des améliorations à un tel substrat, par exemple pour en améliorer la rigidité, la solidité et/ou pour permettre une flexibilité dans les dimensions et les matériaux dudit substrat, et notamment dans les dimensions du réseau d'interconnexion.

#### **Résumé de l'invention**

[0006] Il existe un besoin d'un substrat d'interconnexion, et d'un procédé de fabrication d'un tel substrat, qui permette de répondre aux besoins d'amélioration décrits précédemment.

[0007] Un mode de réalisation pallie tout ou partie des inconvénients des substrats connus.

[0008] Un mode de réalisation prévoit un substrat d'interconnexion comprenant :

- un support thermomécanique traversé par au moins un trou d'interconnexion électrique ;
- un premier réseau d'interconnexion sur une première face du support et relié électriquement à une première extrémité du au moins un trou d'interconnexion électrique ;

et

- un deuxième réseau d'interconnexion sur une deuxième face du support et relié électriquement à la deuxième extrémité du au moins un trou d'interconnexion ;

chaque réseau d'interconnexion comportant :

- au moins un niveau d'interconnexion, chaque niveau d'interconnexion comprenant au moins une piste métallique à partir de laquelle s'étend au moins un via métallique, la au moins une piste métallique et le au moins un via métallique étant noyés dans une couche d'isolant de sorte que le au moins un via affleure à la surface de ladite couche d'isolant la plus éloignée du support ; et

- au moins une piste métallique en protrusion sur la couche d'isolant du dernier niveau d'interconnexion ;

les vias métalliques étant adaptés à relier électriquement entre eux deux niveaux adjacents et/ou le dernier niveau avec la au moins une piste métallique en protrusion.

[0009] Selon un mode de réalisation, au moins une piste du premier niveau de chaque réseau d'interconnexion est reliée à une des deux extrémités du au moins un trou d'interconnexion électrique.

[0010] Un mode de réalisation prévoit un procédé de fabrication d'un substrat d'interconnexion, le procédé comprenant :

- la fourniture d'un support thermomécanique traversé par au moins un trou d'interconnexion électrique ;

- la formation d'au moins un niveau d'un premier réseau d'interconnexion sur une première face du support et d'au moins un niveau d'un deuxième réseau d'interconnexion sur une deuxième face du support, de telle sorte que le premier réseau d'interconnexion soit relié électriquement à une première extrémité du au moins un trou d'interconnexion et que le deuxième réseau d'interconnexion soit relié électriquement à la deuxième extrémité du au moins un trou d'interconnexion ;

la formation de chaque niveau d'interconnexion comprenant : la formation d'au moins une piste métallique par métallisation, la formation d'au moins un via métallique par métallisation en colonne à partir de ladite au moins une piste métallique, puis l'enrobage de ladite au moins une piste métallique et dudit au moins un via métallique dans une résine de moulage de manière à former une couche d'isolant, ledit enrobage étant adapté à faire affleurer le au moins un via métallique à la surface de ladite couche d'isolant la plus éloignée du support ; et

- la formation d'au moins une piste métallique en protrusion sur la couche d'isolant du dernier niveau de chaque réseau d'interconnexion ;

les vias métalliques étant adaptés à relier électriquement entre eux deux niveaux adjacents et/ou le dernier niveau avec la au moins une piste métallique en protrusion.

[0011] Selon un mode de réalisation, l'enrobage comprend une étape de moulage adaptée à

noyer la au moins une piste métallique et le au moins un via métallique, éventuellement suivie d'une étape de polissage de la couche d'isolant de manière à faire affleurer le au moins un via métallique à la surface de ladite couche d'isolant la plus éloignée du support.

- [0012] Selon un mode de réalisation, chacune des première et deuxième faces du support thermomécanique est revêtue d'une première couche de germination, et la formation du premier niveau de chaque réseau d'interconnexion comprend :
- la formation d'au moins une première piste métallique par métallisation sélective à partir de la première couche de germination ;
  - la formation d'au moins un premier via métallique par métallisation en colonne à partir de ladite au moins une première piste métallique ;
  - la suppression d'au moins une portion de la première couche de germination, par exemple par gravure ; puis
  - l'enrobage de ladite au moins une première piste métallique et dudit au moins un premier via métallique dans une résine de moulage de manière à former une première couche d'isolant.

- [0013] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend la formation d'un deuxième niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, ladite formation comprenant :
- la formation d'une deuxième couche de germination sur la première couche d'isolant ;
  - la formation d'au moins une deuxième piste métallique par métallisation sélective à partir de la deuxième couche de germination ;
  - la formation d'au moins un deuxième via métallique par métallisation en colonne à partir de ladite au moins une deuxième piste métallique ;
  - la suppression d'au moins une portion de la deuxième couche de germination, par exemple par gravure ; puis
  - l'enrobage de ladite au moins une deuxième piste métallique et dudit au moins un deuxième via métallique dans une résine de moulage de manière à former une deuxième couche d'isolant.

- [0014] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend la formation d'au moins un troisième niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, ladite formation comprenant la répétition des étapes précédentes.

- [0015] Selon un mode de réalisation, la formation d'au moins un niveau d'interconnexion, par exemple le premier niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, comprend en outre la formation d'au moins une ligne de métallisation adaptée à assurer une continuité électrique avec l'extérieur du substrat pour la formation par métallisation d'une piste et/ou d'un via métallique.

- [0016] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé comprend la formation d'un deuxième niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, ladite formation comprenant :
- la formation d'au moins une deuxième piste métallique par métallisation sélective sur la première couche d'isolant ;
  - la formation d'au moins un deuxième via métallique par métallisation en colonne à partir de ladite au moins une deuxième piste métallique ; puis
  - l'enrobage de ladite au moins une deuxième piste métallique et dudit au moins un deuxième via métallique dans une résine de moulage de manière à former une deuxième couche d'isolant.
- [0017] Par exemple, dans ce mode de réalisation particulier, chaque réseau d'interconnexion qui est formé ainsi comprend, dans son premier niveau, une ligne de métallisation.
- [0018] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé comprend d'au moins un troisième niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, ladite formation comprenant la répétition des étapes précédentes.
- [0019] Selon un mode de réalisation, la métallisation comprend, par exemple consiste en, un dépôt et/ou une croissance électrolytique.
- [0020] Selon un mode de réalisation, la métallisation sélective et/ou en colonne est réalisée à travers un motif comprenant au moins une ouverture.
- [0021] Les modes de réalisation suivants peuvent s'appliquer au substrat et/ou au procédé.
- [0022] Selon un mode de réalisation, le premier réseau d'interconnexion et le deuxième réseau d'interconnexion ont une même quantité de niveaux.
- [0023] Selon un mode de réalisation, le premier réseau d'interconnexion et le deuxième réseau d'interconnexion ont des quantités différentes de niveaux.
- [0024] Selon un mode de réalisation, les pistes et les vias sont en cuivre, nickel, tungstène, ou aluminium.
- [0025] Selon un mode de réalisation, la résine de moulage est une résine époxy et/ou une résine thermodurcissable, par exemple initialement sous forme de poudre, de film ou de liquide.

### **Brève description des dessins**

- [0026] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :
- [0027] la [Fig.1] est une vue en coupe d'un exemple de substrat stratifié à noyau ;
- [0028] la [Fig.2A] est une vue en coupe d'un exemple de substrat d'interconnexion moulé assemblé à un support de fabrication ;
- [0029] la [Fig.2B] est une vue en coupe d'un exemple de deux substrats d'interconnexion

moulés similaires au substrat de la [Fig.2A], détachés du support de fabrication ;

[0030] la [Fig.3] est une vue en coupe représentant un substrat selon un mode de réalisation ;

[0031] la [Fig.4A], la [Fig.4B], la [Fig.4C], la [Fig.4D], la [Fig.4E], la [Fig.4F], la [Fig.4G], la [Fig.4H], la [Fig.4I], la [Fig.4J], la [Fig.4K], la [Fig.4L] et la [Fig.4M] sont des vues en coupe représentant des étapes d'un exemple de procédé de fabrication d'un substrat selon le mode de réalisation de la [Fig.3] ;

[0032] la [Fig.5A], la [Fig.5B], la [Fig.5C], la [Fig.5D], la [Fig.5E] et la [Fig.5F] sont des vues en coupe représentant des étapes d'un autre exemple de procédé de fabrication d'un substrat selon un autre mode de réalisation ;

[0033] la [Fig.6] est une vue en coupe illustrant une étape complémentaire d'une variante de procédé de fabrication d'un substrat selon un autre mode de réalisation ;

[0034] la [Fig.7] est une vue en coupe représentant un substrat selon un autre mode de réalisation ;

[0035] la [Fig.8] est une vue en coupe représentant un circuit électronique comprenant un substrat selon un mode de réalisation.

### **Description des modes de réalisation**

[0036] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

[0037] Par souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, la fabrication du noyau n'est pas détaillée. En outre, un réseau d'interconnexion peut comporter d'autres lignes conductrices que les pistes et vias décrits dans la présente description, de manière connue de la personne du métier.

[0038] Sauf précision contraire, lorsque l'on fait référence à deux éléments connectés entre eux, cela signifie directement connectés sans éléments intermédiaires autres que des conducteurs, et lorsque l'on fait référence à deux éléments reliés (en anglais "coupled") entre eux, cela signifie que ces deux éléments peuvent être connectés ou être reliés par l'intermédiaire d'un ou plusieurs autres éléments.

[0039] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., ou à des qualificatifs d'orientation, tels que les termes "horizontal", "vertical", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures.

[0040] Dans la description qui suit, lorsqu'on fait référence à une "piste" ou "piste métallique", il est fait référence de manière large à toute empreinte métallique ("pattern"

en anglais) sensiblement horizontale dans un réseau d'interconnexion électrique, qui comporte par ailleurs des vias, ou vias métalliques, sensiblement verticaux pour relier des pistes entre elles. Une piste peut ainsi consister en, ou être désignée par, un dépôt métallique étroit (fine piste, de largeur typiquement comprise entre 5 et 50  $\mu\text{m}$ ), un plan de métal ("pad" en anglais), et/ou un plot métallique, par exemple un plot métallique sous un via.

- [0041] Lorsqu'il est fait référence à un dépôt "sélectif" de métal ou une métallisation "sélective", il est fait référence à un dépôt localisé de métal ou à une métallisation localisée, généralement à travers des ouvertures dans un motif, à la différence d'un dépôt plein (ou continu) de métal ou d'une métallisation pleine (ou continue).
- [0042] Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près.
- [0043] Un exemple de substrat 100, illustré en [Fig.1], est un substrat stratifié (ou laminé) à noyau ("core laminate substrate" en anglais).
- [0044] Le substrat 100 est formé en partant d'un noyau 110. Le noyau 110 est typiquement une couche en un matériau organique, par exemple un matériau pré-imprégné ou une résine époxy, renforcée par des fibres, par exemple des fibres de verre. Le noyau 110 est percé de plusieurs trous traversants 111, les parois de chaque trou étant revêtues de métal 112 et le trou comblé par un matériau isolant 114, formant des trous d'interconnexion électrique. Chaque face du noyau 110 est revêtue d'une première couche métallique 131, généralement une feuille métallique. Le noyau est ainsi métallisé sur chacune de ses faces.
- [0045] Un empilement d'une première couche d'isolant 121 surmontée d'une deuxième couche métallique 132 est déposé sur chaque première couche métallique 131, c'est-à-dire sur chaque face métallisée du noyau 110, puis l'empilement est laminé à chaud et/ou sous pression.
- [0046] Cet empilement est percé, par exemple par perçage laser ou mécanique, afin de former des trous traversants 123, lesdits trous étant ensuite remplis de métal pour former des premiers vias métalliques 133, permettant de connecter électriquement les pistes métalliques (formées par les couches métalliques) de deux niveaux consécutifs entre elles.
- [0047] Une deuxième couche d'isolant 122 peut être formée sur chaque deuxième couche métallique 132, généralement surmontée d'une troisième couche métallique (non représentée), ce nouvel empilement étant laminé puis percé afin de former des trous traversants 124, lesdits trous étant ensuite remplis de métal pour former des deuxièmes vias 134.
- [0048] Plusieurs empilements de couches métallique et d'isolant percées de trous et remplies de métal pour former des vias peuvent ainsi être formés sur chaque face du noyau. On

a représenté deux empilements sur chaque face du noyau sur la [Fig.1], mais il pourrait n'y avoir qu'un empilement sur une et/ou l'autre des faces, ou plus de deux.

- [0049] Chaque dernière couche métallique (troisième dans l'exemple décrit) sert généralement de base pour former des pistes métalliques discontinues 136 en protrusion sur la surface supérieure 100a et la surface inférieure 100b du substrat. Ces pistes métalliques en protrusion 136 sont généralement formées par dépôt sélectif de métal ("pattern plating" en anglais), généralement en déposant sur chaque troisième couche métallique un motif en résine comprenant des ouvertures, puis en déposant le métal à travers ces ouvertures. Généralement, après suppression du motif, la troisième couche métallique est gravée jusqu'à la deuxième couche d'isolant 122 aux endroits laissés vides par la suppression du motif, de manière à supprimer les risques de court-circuit.
- [0050] Une couche de verni épargne 152 peut ensuite être formée sur chaque face du substrat pour protéger les pistes métalliques en protrusion 136. Chaque couche de verni peut être supprimée par la suite et/ou être partiellement gravée pour définir des zones d'accès aux pistes 136.
- [0051] Selon un exemple, le métal est du cuivre.
- [0052] L'isolant est typiquement un matériau pré-imprégné ou une résine, par exemple une résine époxy. Selon un exemple, l'isolant est une résine ABF (film d'accumulation Ajinomoto, ou Ajinomoto Build-up Film en anglais).
- [0053] Le noyau permet de rigidifier le substrat stratifié, et ainsi, par exemple, de réduire la déformation et/ou la fragilité dudit substrat.
- [0054] Cependant, ce substrat stratifié et son procédé de fabrication ne permettent généralement pas beaucoup de flexibilité dans les formes et les dimensions des vias, dans les épaisseurs et les largeurs des pistes métalliques, et/ou dans les pas entre les pistes métalliques. En outre, ce substrat stratifié nécessite l'utilisation d'une quantité importante de matériau pré-imprégné ou de résine, par exemple de résine ABF, et il n'est souvent pas possible d'utiliser un matériau alternatif dans un tel procédé de fabrication par lamination. Cela rend la fabrication d'un tel substrat tributaire d'un matériau qui peut être fortement demandé, avec comme conséquence une augmentation du prix dudit matériau et donc du prix de fabrication du substrat.
- [0055] Un autre exemple de substrat 200, 201 et un procédé de fabrication d'un tel substrat, illustrés en figures 2A et 2B, est un substrat d'interconnexion moulé ("molded interconnect substrate").
- [0056] Le substrat 200, 201 est formé en partant d'un support métallique 210 comportant une face supérieure 210a et une face inférieure 210b.
- [0057] Des pistes métalliques continues 231 et discontinues 232, 234 sont formées à partir du support 210, soit sur une face 210a du support 210 ([Fig.2A]), soit sur les deux faces 210a, 210b du support 210 ([Fig.2B]), les pistes métalliques de deux niveaux

consécutifs étant séparées par une couche d'isolant 220 en résine traversée par des vias métalliques 233 permettant de connecter lesdites pistes entre elles. L'ensemble des pistes et des vias forme un réseau d'interconnexion électrique 230 à plusieurs niveaux.

- [0058] Sur la face inférieure 200b, 201b du substrat (surface initialement en contact avec le support 210) et sur la face supérieure 200a, 201a du substrat, les pistes métalliques 232, 234 formées sont de préférence discontinues, pour éviter le risque de court-circuit. Pour la face inférieure du substrat, on part généralement d'une fine couche métallique continue 240 déposée sur le support 210, formant une couche d'accroche et de germination, cette couche étant supprimée après le détachement du support.
- [0059] Une couche métallique et/ou une piste métallique peut être formée par une technique de métallisation en couche pleine, ou couche continue, ("panel plating") et/ou par une technique de métallisation sélective ("pattern plating"), par exemple à travers des ouvertures, ou zones de métallisation, dans un motif formé par une technique de photolithographie.
- [0060] Les vias métalliques sont formés par une technique de métallisation en colonne ("pillar plating"), chaque via étant formé à partir d'une piste métallique. De même que pour la métallisation sélective, la métallisation en colonne peut être réalisée sélectivement à travers des ouvertures dans un motif formé par une technique de photolithographie.
- [0061] Une technique de métallisation peut comprendre, par exemple consister en, un dépôt électrolytique (électroplacage, ou "electroplating" en anglais) et/ou un dépôt electroless, permettant une croissance de métal à partir d'une couche de germination, en présence d'une alimentation électrique (électrolytique) ou non (electroless).
- [0062] Lorsqu'un niveau du réseau d'interconnexion est formé (comprenant la (les) piste(s) métallique(s) et le(s) via(s)), une couche de résine 220 vient mouler l'ensemble piste(s)/via(s). La couche de résine de moulage ainsi formée peut ensuite être polie afin de faire affleurer chaque via 233 en surface de ladite couche de résine, éventuellement avant de former un autre niveau du réseau d'interconnexion sur ladite surface de ladite couche de résine.
- [0063] Par exemple, le métal des pistes et de la couche d'accroche et de germination est du cuivre, et la résine de moulage est une résine époxy.
- [0064] Ensuite, chaque substrat 200, 201 est séparé du support 210, et la couche d'accroche et de germination 240 est supprimée, par exemple par gravure, pour éviter le risque de court-circuit.
- [0065] Ce substrat moulé et son procédé de fabrication autorisent plus de flexibilité dans les formes et les dimensions des vias, dans les épaisseurs et les dimensions des pistes métalliques, et dans les épaisseurs des couches isolantes.
- [0066] En outre, ce substrat stratifié permet d'utiliser des matériaux isolants autres que du

matériau pré-imprégné ou de la résine de type ABF. Il permet en effet de choisir une résine parmi les résines de moulage, qui peuvent être plus disponibles et/ou avoir d'autres propriétés intéressantes (par exemple thermiques, mécaniques, électriques ...).

- [0067] Cependant, ce substrat est moins solide et/ou moins rigide qu'un substrat stratifié à noyau, et peut présenter par exemple plus de risques de déformation, voire de casse, notamment avec la température. Pour éviter de le déformer, voire de le casser, on limite généralement les dimensions du substrat.
- [0068] Les inventeurs proposent un substrat et un procédé de fabrication d'un tel substrat permettant de répondre aux besoins d'amélioration décrits précédemment, et de pallier tout ou partie des inconvénients des substrats décrits précédemment. En particulier, les inventeurs proposent un substrat et un procédé de fabrication d'un tel substrat permettant de rigidifier et/ou solidifier le substrat, par exemple de réduire le risque de déformation et/ou de casse dudit substrat, tout en autorisant davantage de flexibilité dans les formes et les dimensions des vias, dans les épaisseurs et les largeurs des pistes métalliques, dans les pas entre les pistes métalliques, et dans le choix et les dimensions du matériau isolant.
- [0069] Des modes de réalisation d'un substrat et des exemples de procédé de fabrication d'un substrat selon un mode de réalisation vont être décrits ci-après. Les modes de réalisation décrits sont non limitatifs et diverses variantes apparaîtront à la personne du métier à partir des indications de la présente description. On peut parler de substrat d'interconnexion, par exemple de substrat de circuit intégré.
- [0070] Les figures 3 à 7 étant des vues en coupe XZ prises à une cote donnée selon la direction Y, les vias ne sont pas tous visibles dans ces figures, certains vias étant formés à une autre cote selon la direction Y. En outre, bien que cela ne soit pas visible sur ces figures, la personne du métier comprendra que les pistes s'étendant également selon la direction Y sur une certaine longueur.
- [0071] En outre, lorsque l'on fait référence à une hauteur ou une épaisseur, il est fait référence à une dimension dans la direction Z repérée sur les figures, et lorsque l'on fait référence à une largeur, il est fait référence à une dimension dans la direction X repérée sur les figures.
- [0072] La [Fig.3] est une vue en coupe représentant un substrat 300 selon un mode de réalisation.
- [0073] Le substrat 300 comprend un noyau 310 (support thermomécanique) comprenant deux faces opposées : une face supérieure 310a (première face) et une face inférieure 310b (deuxième face). Le noyau 310 peut être une couche ou multicouche en un matériau organique, par exemple un matériau pré-imprégné ou une résine époxy, renforcée par des fibres, par exemple des fibres de verre, un matériau céramique, ou une multicouche de pré-imprégné et de cuivre.

- [0074] Le noyau 310 est percé de plusieurs trous traversants 311 reliant ses deux faces opposées 310a, 310b. Les parois latérales de chaque trou 311 sont revêtues d'un revêtement métallique 312 et les trous sont comblés par un matériau isolant 314, formant des trous d'interconnexion électrique traversant le noyau.
- [0075] Sur chaque face 310a, 310b du noyau 310, le substrat 300 comprend un réseau d'interconnexion électrique 330a, 330b adapté à réaliser une continuité électrique entre le noyau, en particulier entre les trous d'interconnexion 311 du noyau, et chacune des faces supérieure 300a et inférieure 300b du substrat, de sorte à réaliser une continuité électrique entre lesdites faces supérieure et inférieure du substrat.
- [0076] Chaque réseau d'interconnexion 330a, 330b comporte un ou plusieurs niveaux d'interconnexion (par exemple deux niveaux N1, N2 repérés dans la [Fig.4M]), chaque niveau comprenant au moins une piste métallique 331a, 333a, 331b, 333b sensiblement horizontale à partir de laquelle s'étend au moins un via métallique 332a, 334a, 332b, 334b sensiblement vertical, l'ensemble piste(s)/via(s) dudit niveau étant noyé dans une couche d'isolant en résine de moulage d'une hauteur adaptée pour que chaque via affleure à la surface libre de la couche d'isolant, c'est-à-dire que l'épaisseur de la couche d'isolant d'un niveau est sensiblement égale à la hauteur des vias, plus l'épaisseur des pistes, du même niveau.
- [0077] On considère dans les modes de réalisation que le premier niveau d'un réseau d'interconnexion est le niveau le plus proche du noyau et que le dernier niveau est le niveau le plus éloigné du noyau. Bien évidemment, s'il y a un seul niveau, le premier niveau est le même que le dernier niveau. Similairement, la (les) première(s) piste(s), le(s) premier(s) via(s) et la première couche d'isolant correspondent au premier niveau d'un réseau d'interconnexion, et la (les) dernière(s) piste(s), le(s) dernier(s) via(s) et la dernière couche d'isolant correspondent au dernier niveau d'un réseau d'interconnexion.
- [0078] Au moins une première piste de chaque réseau d'interconnexion est reliée, par exemple connectée aux trous 311 d'interconnexion électrique traversant le noyau 310.
- [0079] Chaque réseau d'interconnexion 330a, 330b comporte en outre, sur la face supérieure 300a (première face) du substrat ou sur la face inférieure 300b (deuxième face) du substrat, des pistes métalliques 335a, 335b en protrusion sur la dernière couche d'isolant formée 322a, 322b (visible en [Fig.4M]).
- [0080] En d'autres termes, le substrat 300 comprend, sur chaque face 310a, 310b du noyau 310, un empilement 320a, 320b d'au moins une couche d'isolant en résine de moulage dans laquelle sont noyées des pistes et des vias d'un réseau d'interconnexion 330a, 330b et sur lequel sont formées des pistes métalliques 335a, 335b en protrusion du réseau d'interconnexion 330a, 330b.
- [0081] Les vias métalliques de chaque réseau d'interconnexion sont configurés pour relier

électriquement deux niveaux d'interconnexion consécutifs et/ou le dernier niveau d'interconnexion avec lesdites pistes métalliques en protrusion.

- [0082] Dans le mode de réalisation représenté, les pistes métalliques 335a, 335b en protrusion ne sont pas noyées dans une résine, ce qui permet par exemple de relier électriquement le substrat avec un autre composant et/ou de relier deux composants entre eux par l'intermédiaire dudit substrat.
- [0083] Les pistes métalliques peuvent être formées par une technique de métallisation en couche pleine (panel plating) et/ou par une technique de métallisation sélective (pattern plating), par exemple à travers des ouvertures, ou zones de métallisation, dans un motif formé par une technique de photolithographie.
- [0084] Chaque via métallique est formé par une technique de métallisation en colonne (pillar plating) à partir d'une piste métallique formant couche de germination. De même que pour la métallisation sélective, la métallisation en colonne peut être réalisée sélectivement à travers des ouvertures dans un motif formé par une technique de photolithographie, généralement un autre motif, avec des ouvertures plus fines, que le motif utilisé pour la piste métallique à partir de laquelle le via est formé.
- [0085] Une technique de métallisation peut comprendre, par exemple consister en, un dépôt électrolytique (électroplacage, ou "electroplating" en anglais) ou un dépôt electroless, permettant une croissance de métal à partir d'une couche de germination, en présence d'une alimentation électrique (électrolytique) ou non (electroless), voire comprendre, par exemple consister en, une technique de fabrication additive.
- [0086] Le métal peut être du cuivre, du nickel, du tungstène, voire de l'aluminium.
- [0087] Les pistes métalliques peuvent présenter des épaisseurs comprises entre environ 10 et 100 micromètres.
- [0088] Les vias métalliques peuvent présenter des hauteurs comprises entre environ 10 et 100 micromètres.
- [0089] Les couches d'isolant peuvent être formées à l'aide d'une technique de moulage de chaque niveau d'un réseau d'interconnexion (piste(s) et via(s) de chaque niveau) avec une résine de moulage adaptée, afin d'isoler horizontalement les pistes métalliques entre elles et verticalement les vias entre eux. Le moulage est éventuellement suivi d'un polissage pour que chaque via affleure à la surface libre de la couche d'isolant, l'ensemble moulage/polissage pouvant être désigné par le terme d'enrobage.
- [0090] La résine de moulage peut être une résine époxy et/ou une résine thermodurcissable. La résine de moulage peut être par exemple initialement sous forme de poudre destinée à être fondue, de film ou de liquide, selon la technique de moulage mise en œuvre.
- [0091] Le substrat selon un mode de réalisation, ainsi que le procédé de fabrication dudit substrat, permettent d'obtenir un substrat plus rigide et solide, du fait de la présence du noyau maintenu au sein dudit substrat, tout en autorisant plus de flexibilité dans les

formes et les dimensions des vias, dans les épaisseurs et les dimensions des pistes métalliques, voire dans les épaisseurs des couches isolantes, du fait de l'utilisation des techniques de métallisation et de moulage.

- [0092] En outre, le substrat et le procédé de fabrication selon un mode de réalisation permettent d'utiliser comme matériau isolant une résine choisie parmi les résines de moulage, ce qui permet de disposer d'un large choix de matériaux isolants, et peut en outre conférer au substrat des propriétés intéressantes (par exemple thermiques, mécaniques et/ou électriques).
- [0093] En d'autres termes, le substrat et le procédé de fabrication selon un mode de réalisation permettent de combiner les avantages des deux techniques précédemment décrites, de substrat laminé à noyau et de substrat d'interconnexion moulé, ou du moins de limiter les inconvénients de chacune desdites techniques, en conservant le noyau pour la solidité et/ou la rigidité du substrat, tout en tirant profit de la technique du substrat d'interconnexion moulé.
- [0094] Cependant, une difficulté dans une telle combinaison vient de ce qu'on ne peut pas enlever la couche métallique d'accroche et de germination, contrairement à ce qui peut être fait dans la technique du substrat d'interconnexion moulé précédemment décrite, dans laquelle le support est détaché du substrat, et la surface du substrat recouverte de cette couche métallique d'accroche et de germination est alors accessible de sorte qu'elle peut être aisément supprimée. Les inventeurs ont donc développé un procédé de fabrication adapté à former un réseau d'interconnexion entre le noyau et chaque surface inférieure et supérieure du substrat, tout en évitant de générer un court-circuit.
- [0095] Des exemples de procédé de fabrication sont donnés dans la description qui suit. Ces exemples sont décrits en prenant comme exemple de métal le cuivre, sachant que le procédé de fabrication peut être adapté par la personne du métier pour d'autres métaux.
- [0096] Pour ne pas alourdir la présente description, sont décrites principalement les étapes de formation du réseau d'interconnexion 330a sur la face supérieure 310a du noyau 310 (réseau d'interconnexion supérieur, ou premier réseau d'interconnexion), sachant que les étapes de formation du réseau d'interconnexion 330b sur la face inférieure 310b du noyau (réseau d'interconnexion inférieur, ou deuxième réseau d'interconnexion) sont similaires, et peuvent être réalisées simultanément à, ou de manière alternée avec, celles du réseau d'interconnexion supérieur. La personne du métier saura adapter la description pour former le réseau d'interconnexion électrique inférieur 330b à partir des indications données pour le réseau d'interconnexion supérieur 330a, également en se basant sur les figures.
- [0097] Les figures 4A à 4M sont des vues en coupe représentant des étapes d'un exemple de procédé de fabrication d'un substrat 300 selon le mode de réalisation de la [Fig.3].
- [0098] La [Fig.4A] illustre la structure de départ, comprenant un noyau 310 percé de

plusieurs trous traversants 311. Les parois latérales de chaque trou 311 sont revêtues d'un revêtement métallique 312, et les trous ainsi revêtus sont comblés par un matériau isolant 314, formant des trous d'interconnexion électrique traversant le noyau. En outre chaque face supérieure 310a et inférieure 310b du noyau est revêtue d'une fine couche de cuivre 341a, 341b, formant une première couche d'accroche et de germination.

- [0099] Selon un exemple, le noyau 310 est fourni avec les fines couches de cuivre 341a, 341b. Selon un autre exemple, le noyau 310 n'est pas fourni avec les fines couches de cuivre. Dans ce cas, les fines couches de cuivre peuvent être formées par exemple en laminant une feuille de cuivre sur chaque face du noyau, ou en déposant une couche d'accroche puis une couche de germination, par exemple par un dépôt électroless.
- [0100] Il est précisé que, lorsqu'on fait référence à une couche dans la présente description, il peut s'agir d'une monocouche ou d'une multicouche.
- [0101] Pour ne pas alourdir la suite de la description, lorsqu'il est fait référence à une couche de germination, il peut s'agir d'une couche d'accroche et de germination, généralement une multicouche.
- [0102] Par exemple, la première couche d'accroche et de germination, de même que les couches d'accroche et de germination décrites dans la suite de la présente description, ont une épaisseur de l'ordre du micromètre.
- [0103] La [Fig.4B] illustre une structure obtenue à l'issue :
- d'une première étape de métallisation sélective en cuivre ("Cu pattern plating" en anglais) à partir de la première couche de germination 341a, par exemple à travers des ouvertures (zones de métallisation) dans un motif préalablement formé par une technique de photolithographie sur ladite première couche de germination, de sorte à former des premières pistes 331a en cuivre ; puis
  - d'une première étape de métallisation en colonne de cuivre ("Cu pillar plating" en anglais), à partir de chaque première piste 331a en cuivre (formant une couche de germination), par exemple à travers des ouvertures (zones de croissance du cuivre) dans un motif, de sorte à former des premiers vias 332a en cuivre.
- [0104] La métallisation sélective en cuivre peut comprendre, ou consister en, une technique de dépôt/croissance électrolytique, qui nécessite que la couche de germination soit reliée à une source électrique. Lorsque la métallisation sélective est réalisée en utilisant un motif à ouvertures, lesdites ouvertures peuvent, par exemple, être remplies d'un bain électrolytique. Par exemple, la technique électrolytique permet d'obtenir des épaisseurs allant d'une dizaine à une centaine de micromètres en un temps raisonnable.
- [0105] Alternativement, la métallisation sélective en cuivre peut comprendre, ou consister en, une technique de dépôt électroless, la couche de germination n'étant alors pas nécessairement reliée à une source électrique. Par exemple, la technique électroless permet d'obtenir des épaisseurs de l'ordre du micromètre en un temps raisonnable.

- [0106] La métallisation en colonne de cuivre peut comprendre, ou consister en, une technique de dépôt/croissance électrolytique. De même que la métallisation sélective, la métallisation en colonne peut être réalisée sélectivement à travers des ouvertures dans un motif formé par une technique de photolithographie, généralement un autre motif que celui formé pour réaliser la piste de cuivre à partir de laquelle le via est formé.
- [0107] La [Fig.4C] illustre une structure obtenue à l'issue d'une première étape de gravure de la première couche de germination 341a. Cette gravure est adaptée à graver et supprimer le cuivre de ladite première couche de germination, sans pour autant supprimer le cuivre des premières pistes 331a et des premiers vias 332a. Ceci est rendu possible notamment du fait de la faible épaisseur de la couche de germination. Cette étape de gravure est par exemple une gravure humide à l'acide.
- [0108] La [Fig.4D] illustre une structure obtenue à l'issue d'une première étape de moulage des premières pistes 331a et des premiers vias 332a à l'aide d'une résine de moulage, formant ainsi une première couche isolante 321a sur et autour desdites premières pistes métalliques et desdits premiers vias. La quantité de résine de moulage utilisée doit être suffisante pour que les pistes métalliques et les vias soient enterrés dans ladite couche isolante en résine. Ainsi, l'épaisseur de la couche de résine est supérieure ou égale à la hauteur du premier niveau N1 du réseau 330a. Selon l'exemple représenté, l'épaisseur de la couche de résine est supérieure à la hauteur du premier niveau N1 du réseau 330a. Dit autrement, la première couche isolante 321a s'étend en hauteur au-delà des premiers vias 332a.
- [0109] Dans l'exemple considéré, l'étape de moulage met en œuvre une résine sous forme de poudre versée sur les pistes et les vias, fondue puis durcie. Selon un autre exemple, l'étape de moulage peut mettre en œuvre un film de résine laminé sur les pistes et les vias, ce qui est particulièrement adapté à une structure de grandes dimensions. Selon un encore autre exemple, l'étape de moulage peut mettre en œuvre une résine thermosable liquide qui est coulée sur les pistes et les vias, puis durcie par chauffage.
- [0110] La [Fig.4E] illustre une structure obtenue à l'issue d'une première étape de polissage de la première couche isolante 321a en résine de moulage, de manière à ce que les premiers vias 332a affleurent à la surface ainsi polie de ladite première couche isolante. Selon un exemple, cette étape de polissage met en œuvre un polissage mécanique et/ou un polissage mécano-chimique.
- [0111] On obtient ainsi un premier niveau N1 du réseau d'interconnexion 330a. On peut ensuite former un deuxième niveau N2 en reproduisant à nouveau les étapes des figures 4A à 4E, comme décrit dans ce qui suit en relation avec les figures 4F à 4J.
- [0112] La [Fig.4F] illustre une structure obtenue à l'issue d'une étape de dépôt d'une deuxième fine couche de cuivre 342a formant une deuxième couche de germination sur

la première couche isolante 321a. Cette deuxième couche de germination peut être formée en déposant une couche d'accroche puis une couche de germination, par exemple par un dépôt électroless.

- [0113] La [Fig.4G] illustre une structure obtenue à l'issue d'une deuxième étape de métallisation sélective en cuivre, à partir de la deuxième couche de germination 342a de sorte à former des deuxième pistes 333a en cuivre, similairement à la première étape de métallisation sélective de cuivre ; puis d'une deuxième étape de métallisation en colonne de cuivre à partir de chaque deuxième piste en cuivre 333a, de sorte à former des deuxième vias 334 en cuivre, similairement à la première étape de métallisation en colonne de cuivre. Les deuxième pistes 333a peuvent être plus larges que les premières pistes 331a, comme représenté, par exemple afin de relier deux premières pistes entre elles par l'intermédiaire de premiers vias métalliques.
- [0114] La [Fig.4H] illustre une structure obtenue à l'issue d'une deuxième étape de gravure de la deuxième couche de germination 342a, similairement à la première étape de gravure.
- [0115] La [Fig.4I] illustre une structure obtenue à l'issue d'une deuxième étape de moulage des deuxième pistes 333a et des deuxième vias 334a à l'aide de la résine de moulage, formant ainsi une deuxième couche isolante 322a en résine, similairement à la première étape de moulage.
- [0116] La [Fig.4J] illustre une structure obtenue à l'issue d'une deuxième étape de polissage de la deuxième couche 322a de résine de moulage, similairement à la première étape de polissage.
- [0117] On obtient ainsi un deuxième niveau N2 du réseau d'interconnexion 330a.
- [0118] La [Fig.4K] illustre une structure obtenue à l'issue d'une étape de dépôt d'une troisième fine couche de cuivre 343a formant une troisième couche de germination sur la deuxième couche isolante 322a, similairement à l'étape de dépôt de la deuxième couche de germination 342a.
- [0119] La [Fig.4L] illustre une structure obtenue à l'issue d'une troisième étape de métallisation sélective en cuivre à partir de la troisième couche de germination 343a de sorte à former des troisième pistes 335a en cuivre, similairement à la première étape de métallisation sélective.
- [0120] La [Fig.4M] illustre une structure obtenue à l'issue d'une troisième étape de gravure de la troisième couche de germination 343a, similairement à la première étape de gravure. Les troisième pistes 335a en cuivre forment des protrusions au-dessus de la deuxième couche d'isolant 322a, et ne sont pas noyées dans la résine de moulage.
- [0121] La structure obtenue, visible en [Fig.4M], est similaire à la structure du substrat 300 de la [Fig.3].
- [0122] Plusieurs structures peut ainsi être fabriquées simultanément et similairement dans

les deux directions du plan XY, au sein d'une matrice de structures. Cela peut permettre notamment de mutualiser les liaisons électriques pour réaliser des métallisations électrolytiques. La matrice peut être un panneau ("panel"). Un panneau peut être découpé en plusieurs bandes ("strip"). Le panneau ou les bandes peuvent être découpés en plusieurs unités ("unit"), par exemple en découpant une bande ou un panneau au ras de chaque structure unitaire, comme illustré par les flèches en pontillés.

- [0123] Les figures 5A à 5F sont des vues en coupe représentant des étapes d'un autre exemple de procédé de fabrication d'un substrat 500 selon un mode de réalisation.
- [0124] Cet autre exemple de procédé se distingue de l'exemple des figures 4A à 4M principalement en ce qu'il n'est pas déposé de couche de germination à partir du deuxième niveau d'interconnexion, et en ce que des lignes de métallisation sont formées en des bords de la structure en même temps que les pistes de cuivre au premier niveau d'interconnexion.
- [0125] Une ligne de métallisation est adaptée à assurer une continuité électrique entre une couche métallique de germination (ou une piste métallique formant couche de germination) et une source électrique extérieure à la structure, par exemple lorsqu'une métallisation est réalisée par une technique de dépôt/croissance électrolytique, et lorsqu'il n'y a pas de couche de germination continue jusqu'à un bord de la structure pour assurer une telle continuité. Sur un même niveau et/ou d'un niveau à un autre, cette continuité électrique peut être complétée par un arrangement de pistes métalliques et/ou de vias métalliques déjà formés dans la structure et reliés à au moins une ligne de métallisation.
- [0126] On part de la même structure que celle décrite en relation avec la [Fig.4A] : la structure de départ comprend un noyau 510 percé de plusieurs trous traversants 511. Les parois latérales de chaque trou 511 sont revêtues d'un revêtement métallique 512, et les trous ainsi revêtus sont comblés par un matériau isolant 514, formant des trous d'interconnexion électrique traversant le noyau. Chaque face supérieure 510a et inférieure 510b du noyau est revêtue d'une fine couche de cuivre 541a, 541b, formant une couche d'accroche et de germination.
- [0127] La [Fig.5A] illustre une structure obtenue à l'issue d'une première étape de métallisation sélective en cuivre sur la face supérieure 510a du noyau 510, de sorte à former des premières pistes 531a en cuivre, ainsi que des lignes de métallisation 536a ("plating line") en des bords de la structure.
- [0128] La [Fig.5B] illustre une structure obtenue à l'issue d'une première étape de métallisation en colonne de cuivre à partir de chaque première piste 531a, de sorte à former des premiers vias 532a en cuivre, de manière similaire à l'étape de métallisation en colonne décrite en relation avec la [Fig.4B], et d'une étape de gravure de la première couche de germination 541a, similairement à l'étape de gravure décrite en relation

avec la [Fig.4C].

- [0129] La [Fig.5C] illustre une structure obtenue à l'issue :
- d'une première étape de moulage des premières pistes 531a, des lignes de métallisation 536a et des premiers vias 532a à l'aide d'une résine de moulage, formant ainsi une première couche isolante 521a sur et autour desdites premières pistes métalliques, desdites lignes de métallisation et desdits premiers vias, de manière similaire à l'étape de moulage décrite en relation avec la [Fig.4D] ; puis
  - d'une première étape de polissage, de manière similaire à l'étape de polissage décrite en relation avec la [Fig.4E].
- [0130] On obtient ainsi un premier niveau N1 du réseau d'interconnexion 530a.
- [0131] On peut ensuite former un deuxième niveau N2 d'interconnexion en reproduisant à nouveau les étapes des figures 5A à 5C, mais sans former de deuxième lignes de métallisation, comme décrit dans ce qui suit en relation avec les figures 5D et 5E. Selon une variante, des deuxième lignes de métallisation peuvent être formées en un ou plusieurs bords de la structure, en même temps que les deuxième pistes de cuivre au deuxième niveau d'interconnexion, par exemple si cela est nécessaire pour assurer une continuité électrique pour la formation par métallisation électrolytique de pistes et/ou de vias métalliques du deuxième niveau d'interconnexion.
- [0132] La [Fig.5D] illustre une structure obtenue à l'issue d'une deuxième étape de métallisation sélective de cuivre sur la première couche isolante 521a de sorte à former des deuxième pistes 533a en cuivre, puis d'une deuxième étape de métallisation en colonne de cuivre à partir de chaque deuxième piste 533a de sorte à former des deuxième vias 534a en cuivre.
- [0133] La [Fig.5E] illustre une structure obtenue à l'issue d'une deuxième étape de moulage des deuxième pistes 533a et des deuxième vias 534a à l'aide de la résine de moulage, formant ainsi une deuxième couche isolante 522a en résine, puis d'une deuxième étape de polissage.
- [0134] On obtient ainsi un deuxième niveau N2 du réseau d'interconnexion 530a. On pourrait ainsi réaliser plus de deux niveaux.
- [0135] La [Fig.5F] illustre une structure obtenue à l'issue d'une troisième étape de métallisation sélective de cuivre sur la deuxième couche isolante 522a de sorte à former des troisième pistes 535a en cuivre.
- [0136] Les troisième pistes 535a forment des protrusions au-dessus de la deuxième couche d'isolant 522a, et ne sont pas noyées dans la résine de moulage, ce qui permet par exemple de relier électriquement le substrat avec un autre composant et/ou de relier deux composants entre eux par l'intermédiaire dudit substrat.
- [0137] Cet autre exemple de procédé permet de se passer de certaines étapes de gravure de couche de germination.

- [0138] La structure obtenue, visible en [Fig.5F], se distingue du substrat 300 de la [Fig.3] principalement par la présence des lignes de métallisation 536a, 536b. La présence de ces lignes de métallisation en des bords de la structure 500 peut faciliter une étape de finition du substrat, par exemple une étape de placage de la face supérieure et/ou de la face inférieure de la structure, en particulier dans le cas d'un placage nickel-or par métallisation électrolytique, en permettant une continuité électrique.
- [0139] Plusieurs structures peuvent ainsi être fabriquées simultanément et similairement dans les deux directions du plan XY, par exemple au sein d'un panneau. Cela peut permettre notamment de mutualiser les liaisons électriques pour réaliser des métallisations électrolytiques. Le panneau peut ensuite être découpé en plusieurs bandes. Les bandes peuvent être découpées en plusieurs unités. Lors d'une découpe de la structure en bandes ou en unités, on peut prévoir de supprimer ces lignes de métallisation en adaptant la largeur de découpe à la largeur desdites lignes, comme illustré par les flèches et les traits verticaux en pontillés.
- [0140] La [Fig.6] est une vue en coupe illustrant une étape complémentaire d'une variante de procédé de fabrication d'un substrat 600 selon un mode de réalisation.
- [0141] Cette variante est décrite comme variante au procédé des figures 3A à 3M, mais elle peut s'appliquer à tout autre exemple de procédé de fabrication, et plus largement à un procédé de fabrication selon un mode de fabrication.
- [0142] Elle comprend une étape complémentaire, postérieure à la formation des pistes métalliques 335a, 335b en protrusion, de formation d'une couche de verni épargne 652a, 652b sur la dernière couche d'isolant 322a, 322b et sur lesdites pistes métalliques en protrusion, soit sur chacune des faces supérieure 600a et inférieure 600b du substrat 600 comme représenté, soit sur une seule de ces faces. Cette couche de verni épargne peut être supprimée par la suite et/ou être partiellement gravée pour définir des zones d'accès à certaines pistes métalliques en protrusion.
- [0143] Dans les figures 3 à 6, les réseaux d'interconnexion supérieur et inférieur sont sensiblement symétriques, notamment ils ont un même nombre de niveaux, mais cette configuration n'est pas limitative. Un exemple est donné en [Fig.7] qui représente un substrat 700 dans lequel le réseau d'interconnexion supérieur 730a présente un seul niveau N1, tandis que le réseau d'interconnexion inférieur 730b présente deux niveaux N1, N2. D'autres configurations apparaîtront à la personne du métier.
- [0144] La [Fig.8] est une vue en coupe représentant un circuit électronique 800 comprenant un substrat d'interconnexion 802, qui peut être choisi parmi l'un des substrats 300, 500, 600, 700 décrits précédemment, ou être plus largement un substrat selon un mode de réalisation. Cela montre un exemple d'assemblage pouvant mettre en œuvre un substrat selon un mode de réalisation.
- [0145] Le substrat 802 forme un produit intermédiaire permettant d'assembler une puce de

circuit intégré 804 à un circuit imprimé 806 (PCB), selon une technique d'assemblage à puce retournée ("flip chip" en anglais). Alternativement, la puce pourrait être assemblée par une technique de liaison par fil ("wire bonding" en anglais).

- [0146] La puce 804 est assemblée au substrat 802 par l'intermédiaire de bossages 808 connectant des plots formés dans une surface de contact de la puce 804 à des plots formés dans une surface de contact du substrat 802, par exemple les pistes 335a du substrat 300 de la [Fig.3].
- [0147] Le substrat 802 est assemblé au PCB 806 par l'intermédiaire de bossages 810 connectant des plots formés dans une surface de contact du substrat PCB 806 à des plots formés dans une autre surface de contact du substrat 802, par exemple les pistes 335b du substrat 300 de la [Fig.3].
- [0148] Ces deux assemblages peuvent être désignés en anglais par la terminologie "Ball Grid Array" (BGA).
- [0149] La puce 804 peut être encapsulée dans un couvercle 812 assemblé au substrat 802, par exemple à l'aide d'un adhésif 814. D'autres composants, par exemple un composant 816 du type monté en surface, peuvent être encapsulés et assemblés au substrat.
- [0150] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. La personne du métier comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à la personne du métier.
- [0151] Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de la personne du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

## Revendications

- [Revendication 1] Substrat d'interconnexion (300 ; 500 ; 600 ; 700) comprenant :
- un support thermomécanique (310 ; 510) traversé par au moins un trou d'interconnexion électrique (311 ; 511) ;
  - un premier réseau d'interconnexion (330a ; 530a ; 730a) sur une première face (310a ; 510a) du support et relié électriquement à une première extrémité du au moins un trou d'interconnexion électrique ; et
  - un deuxième réseau d'interconnexion (330b ; 530b ; 730b) sur une deuxième face (310b ; 510b) du support et relié électriquement à la deuxième extrémité du au moins un trou d'interconnexion ;
- chaque réseau d'interconnexion comportant :
- au moins un niveau d'interconnexion, chaque niveau d'interconnexion comprenant au moins une piste métallique (331a, 333a, 331b, 333b ; 531a, 533a, 531b, 533b) à partir de laquelle s'étend au moins un via métallique (332a, 334a, 332b, 334b ; 532a, 534a, 532b, 534b), la au moins une piste métallique et le au moins un via métallique étant noyés dans une couche d'isolant (321a, 322a, 321b, 322b ; 521a, 522a, 521b, 522b) de sorte que le au moins un via affleure à la surface de ladite couche d'isolant la plus éloignée du support ; et
  - au moins une piste métallique (335a, 335b ; 535a, 535b ; 735a, 735b) en protrusion sur la couche d'isolant (322a, 322b ; 522a, 522b) du dernier niveau d'interconnexion ;
- les vias métalliques étant adaptés à relier électriquement entre eux deux niveaux adjacents et/ou le dernier niveau avec la au moins une piste métallique en protrusion ;
- la couche d'isolant étant en un matériau différent du support thermomécanique, la couche d'isolant étant en une résine de moulage, et le support thermomécanique comprenant une couche ou multicouche en un matériau organique renforcée par des fibres.
- [Revendication 2] Substrat d'interconnexion (300 ; 500 ; 600 ; 700) selon la revendication 1, dans lequel au moins une piste du premier niveau de chaque réseau d'interconnexion est reliée à une des deux extrémités du au moins un trou d'interconnexion électrique.
- [Revendication 3] Procédé de fabrication d'un substrat d'interconnexion (300 ; 500 ; 600 ; 700), le procédé comprenant :
- la fourniture d'un support thermomécanique (310 ; 510) traversé par au moins un trou d'interconnexion électrique (311 ; 511) ;

- la formation d'au moins un niveau d'un premier réseau d'interconnexion (330a ; 530a ; 730a) sur une première face (310a ; 510a) du support et d'au moins un niveau d'un deuxième réseau d'interconnexion (330b ; 530b ; 730b) sur une deuxième face (310b ; 510b) du support, de telle sorte que le premier réseau d'interconnexion soit relié électriquement à une première extrémité du au moins un trou d'interconnexion et que le deuxième réseau d'interconnexion soit relié électriquement à la deuxième extrémité du au moins un trou d'interconnexion ;

la formation de chaque niveau d'interconnexion comprenant : la formation d'au moins une piste métallique par métallisation, la formation d'au moins un via métallique par métallisation en colonne à partir de ladite au moins une piste métallique, puis l'enrobage de ladite au moins une piste métallique et dudit au moins un via métallique dans une résine de moulage de manière à former une couche d'isolant, ledit enrobage étant adapté à faire affleurer le au moins un via métallique à la surface de ladite couche d'isolant la plus éloignée du support ; et

- la formation d'au moins une piste métallique (335a, 335b ; 535a, 535b ; 735a, 735b) en protrusion sur la couche d'isolant du dernier niveau de chaque réseau d'interconnexion ;

les vias métalliques étant adaptés à relier électriquement entre eux deux niveaux adjacents et/ou le dernier niveau avec la au moins une piste métallique en protrusion ;

la couche d'isolant étant en un matériau différent du support thermomécanique, le support thermomécanique comprenant une couche ou multicouche en un matériau organique renforcée par des fibres.

[Revendication 4]

Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'enrobage comprend une étape de moulage adaptée à noyer la au moins une piste métallique et le au moins un via métallique, éventuellement suivie d'une étape de polissage de la couche d'isolant de manière à faire affleurer le au moins un via métallique à la surface de ladite couche d'isolant la plus éloignée du support.

[Revendication 5]

Procédé selon la revendication 3 ou 4, dans lequel chacune des première et deuxième faces du support thermomécanique est revêtue d'une première couche de germination (341a, 341b ; 541a, 541b), et la formation du premier niveau (N1) de chaque réseau d'interconnexion comprend :

- la formation d'au moins une première piste métallique (331a, 331b ;

531a, 531b) par métallisation sélective à partir de la première couche de germination ;

- la formation d'au moins un premier via métallique (332a, 332b ; 532a, 532b) par métallisation en colonne à partir de ladite au moins une première piste métallique ;

- la suppression d'au moins une portion de la première couche de germination, par exemple par gravure ; puis

- l'enrobage de ladite au moins une première piste métallique et dudit au moins un premier via métallique dans une résine de moulage de manière à former une première couche d'isolant (321a, 321b ; 521a, 521b).

[Revendication 6]

Procédé selon la revendication 5, comprenant la formation d'un deuxième niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, ladite formation comprenant :

- la formation d'une deuxième couche de germination (342a, 342b) sur la première couche d'isolant (321a, 321b) ;

- la formation d'au moins une deuxième piste métallique (333a, 333b) par métallisation sélective à partir de la deuxième couche de germination ;

- la formation d'au moins un deuxième via métallique (334a, 334b) par métallisation en colonne à partir de ladite au moins une deuxième piste métallique ;

- la suppression d'au moins une portion de la deuxième couche de germination, par exemple par gravure ; puis

- l'enrobage de ladite au moins une deuxième piste métallique et dudit au moins un deuxième via métallique dans une résine de moulage de manière à former une deuxième couche d'isolant (321a, 321b).

[Revendication 7]

Procédé selon la revendication 6, comprenant la formation d'au moins un troisième niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, ladite formation comprenant la répétition des étapes de la revendication 6.

[Revendication 8]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, dans lequel la formation d'au moins un niveau d'interconnexion, par exemple le premier niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, comprend en outre la formation d'au moins une ligne de métallisation (536a, 536b) adaptée à assurer une continuité électrique avec l'extérieur du substrat pour la formation par métallisation d'une piste et/ou d'un via métallique.

[Revendication 9]

Procédé selon la revendication 8 dans sa dépendance avec la reven-

dication 5, comprenant la formation d'un deuxième niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, ladite formation comprenant :

- la formation d'au moins une deuxième piste métallique (533a, 533b) par métallisation sélective sur la première couche d'isolant (521a, 521b) ;

- la formation d'au moins un deuxième via métallique (534a, 534b) par métallisation en colonne à partir de ladite au moins une deuxième piste métallique ; puis

- l'enrobage de ladite au moins une deuxième piste métallique et dudit au moins un deuxième via métallique dans une résine de moulage de manière à former une deuxième couche d'isolant (522a, 522b).

[Revendication 10] Procédé selon la revendication 9, comprenant la formation d'au moins un troisième niveau du premier et/ou du deuxième réseau d'interconnexion, ladite formation comprenant la répétition des étapes de la revendication 9.

[Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 10, dans lequel la métallisation comprend, par exemple consiste en, un dépôt et/ou une croissance électrolytique.

[Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 11, dans lequel la métallisation sélective et/ou en colonne est réalisée à travers un motif comprenant au moins une ouverture.

[Revendication 13] Substrat selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier réseau d'interconnexion et le deuxième réseau d'interconnexion ont une même quantité de niveaux.

[Revendication 14] Substrat selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le premier réseau d'interconnexion et le deuxième réseau d'interconnexion ont des quantités différentes de niveaux.

[Revendication 15] Substrat selon l'une quelconque des revendications 1, 2, 13 et 14, dans lequel les pistes et les vias sont en cuivre, nickel, tungstène, ou aluminium.

[Revendication 16] Procédé selon l'une quelconque des revendications 3 à 12, dans lequel la résine de moulage est une résine époxy et/ou une résine thermodurcissable, par exemple initialement sous forme de poudre, de film ou de liquide.

[Fig. 1]

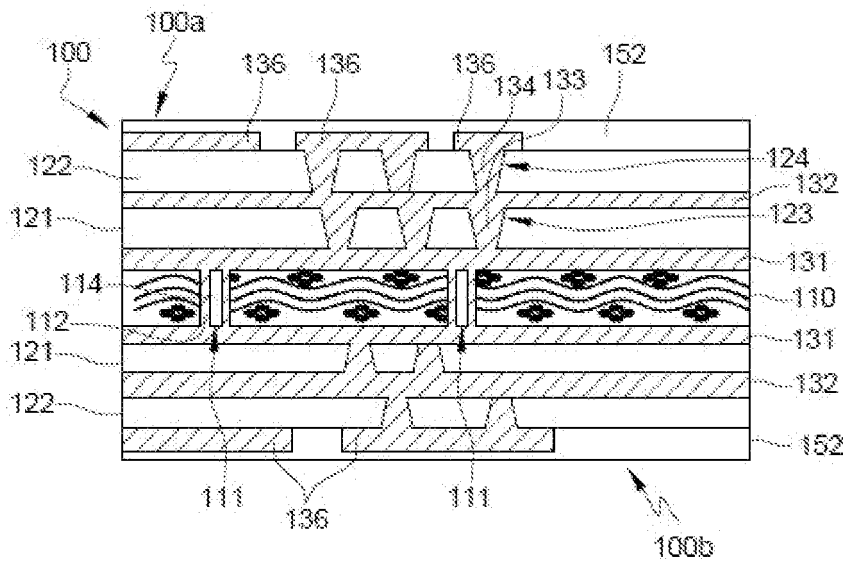


Fig. 1

[Fig. 2A]

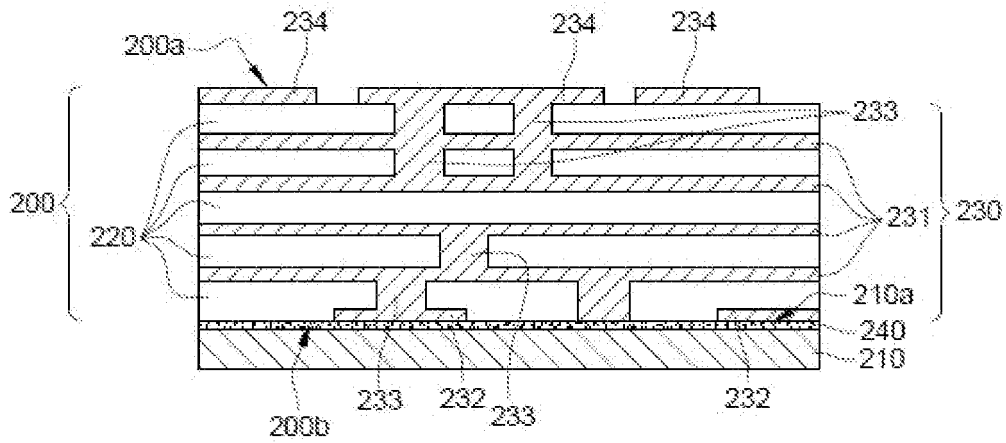


Fig. 2A

[Fig. 2B]

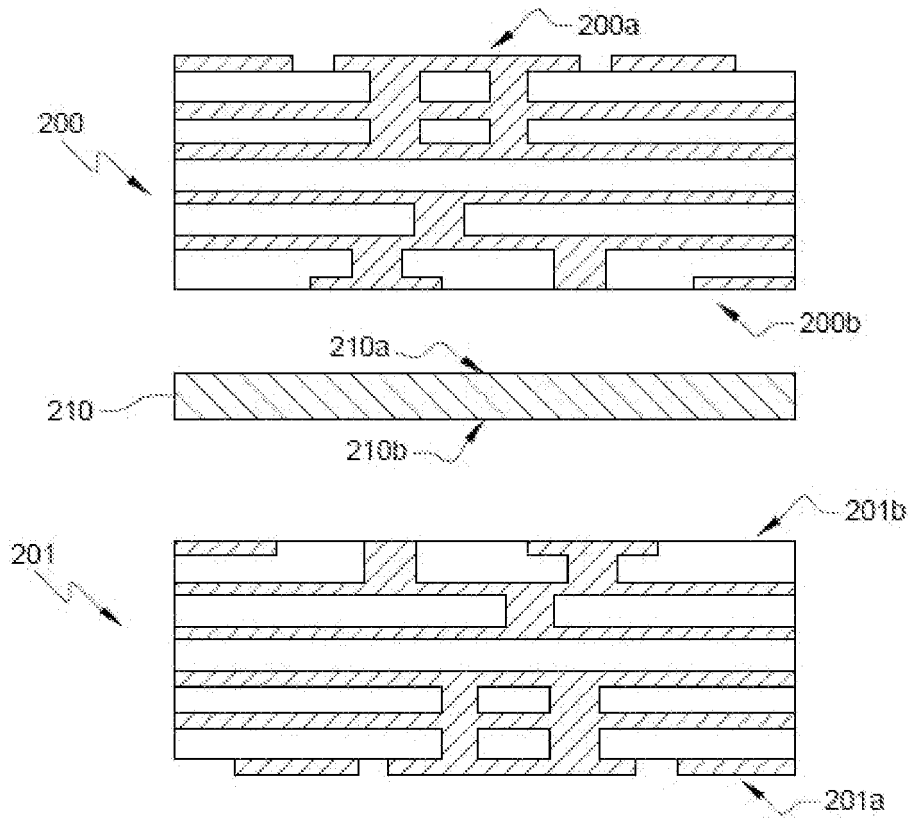


Fig. 2B

[Fig. 3]

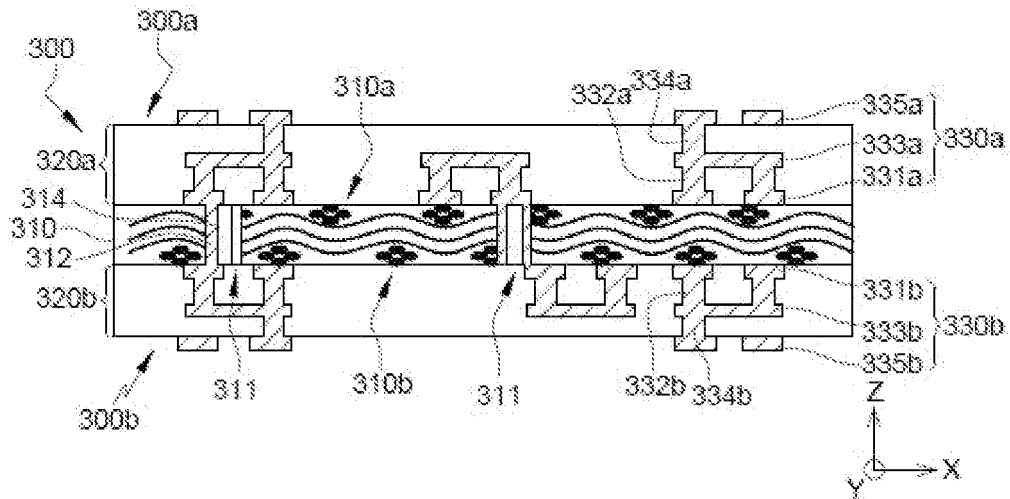


Fig. 3

[Fig. 4A]

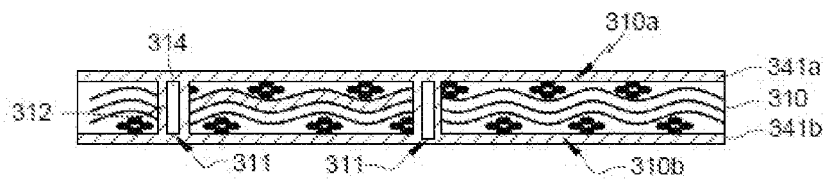


Fig. 4A

[Fig. 4B]

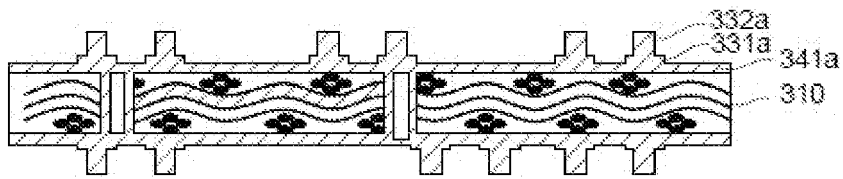


Fig. 4B

[Fig. 4C]

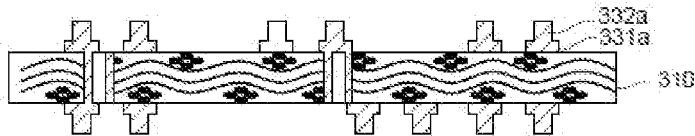


Fig. 4C

[Fig. 4D]

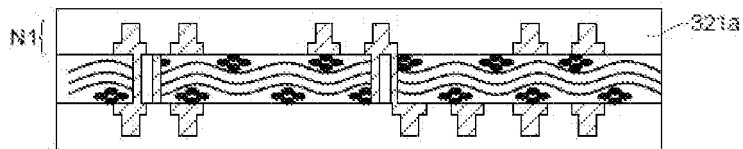


Fig. 4D

[Fig. 4E]

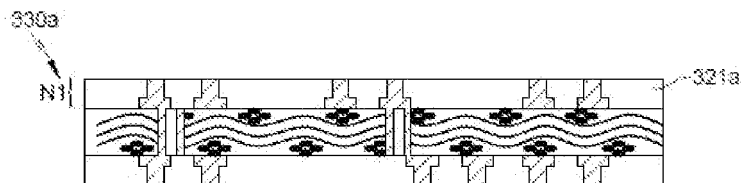


Fig. 4E

[Fig. 4F]

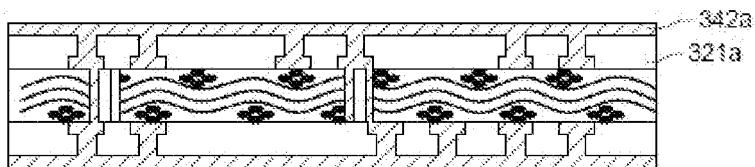


Fig. 4F

[Fig. 4G]

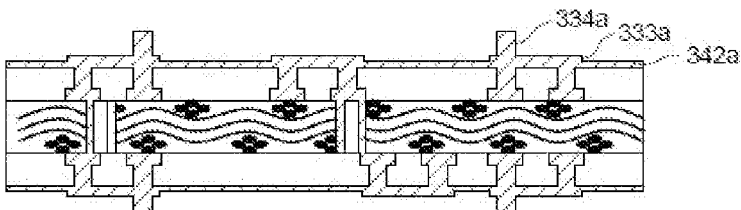


Fig. 4G

[Fig. 4H]

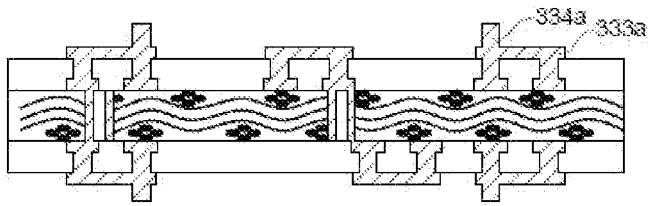


Fig. 4H

[Fig. 4I]

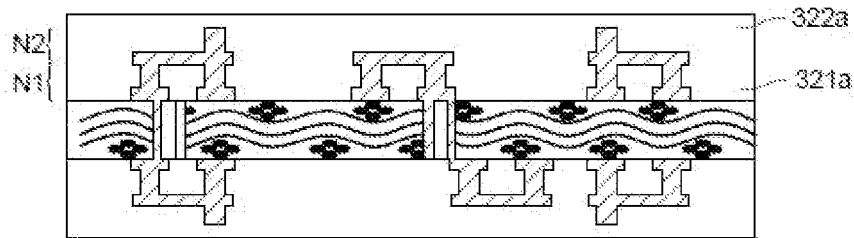


Fig. 4I

[Fig. 4J]

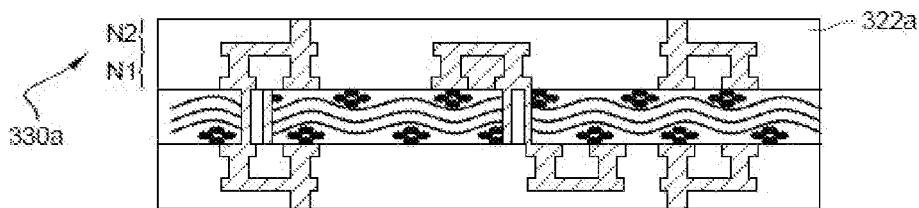


Fig. 4J

[Fig. 4K]

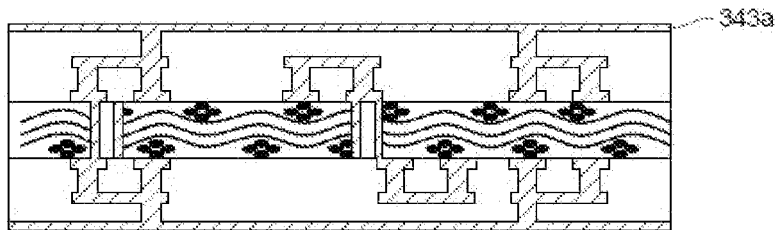


Fig. 4K

[Fig. 4L]

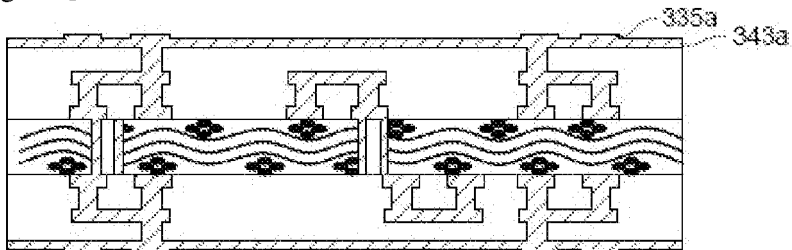
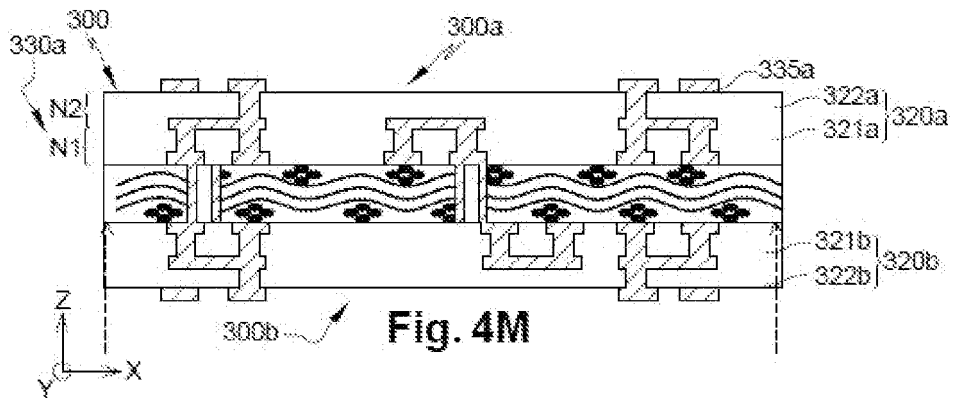
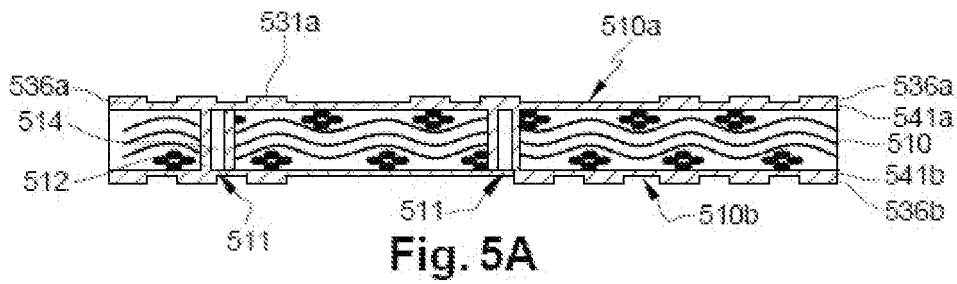


Fig. 4L

[Fig. 4M]



[Fig. 5A]



[Fig. 5B]

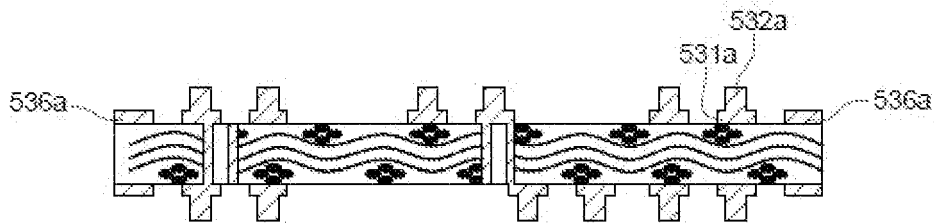


Fig. 5B

[Fig. 5C]

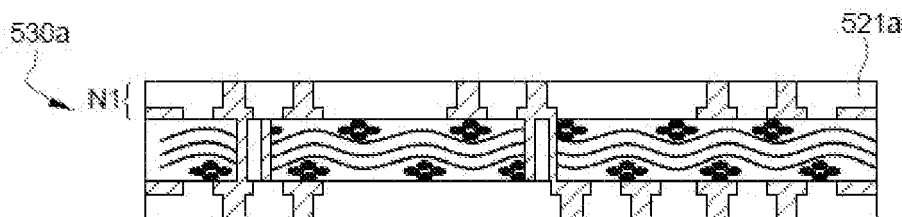


Fig. 5C

[Fig. 5D]

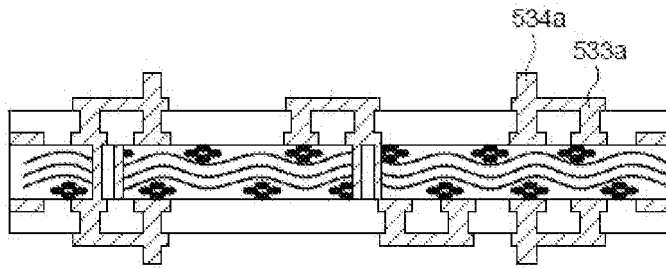


Fig. 5D

[Fig. 5E]

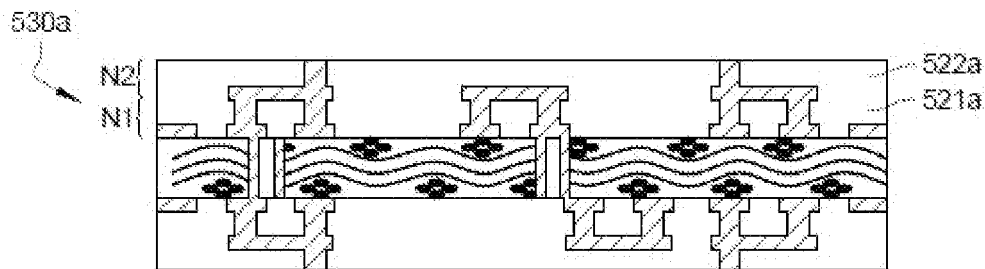


Fig. 5E

[Fig. 5F]

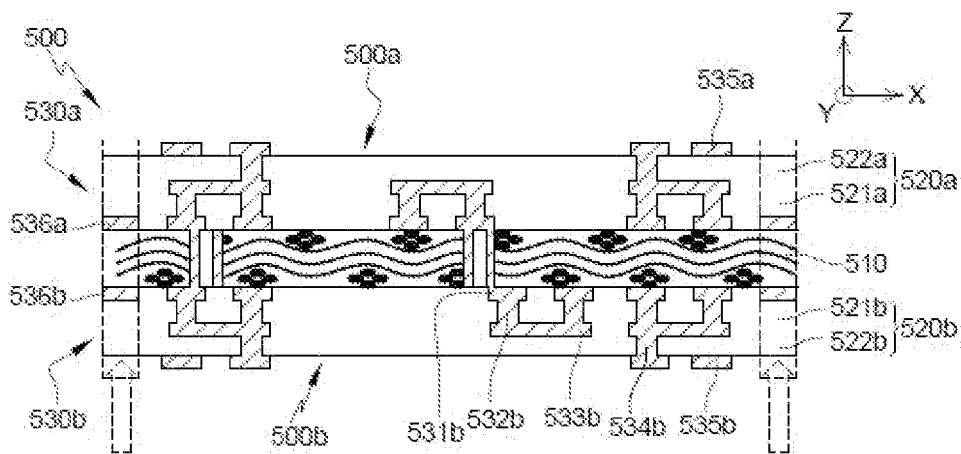


Fig. 5F

[Fig. 6]

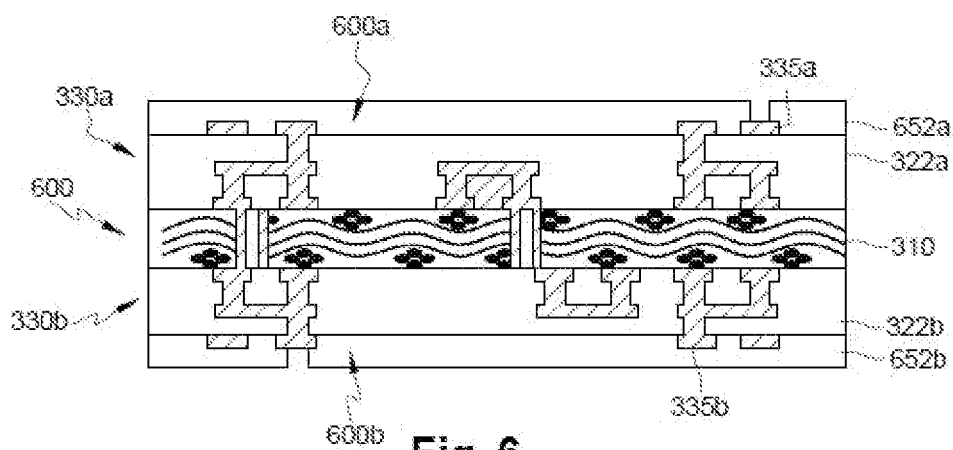


Fig. 6

[Fig. 7]

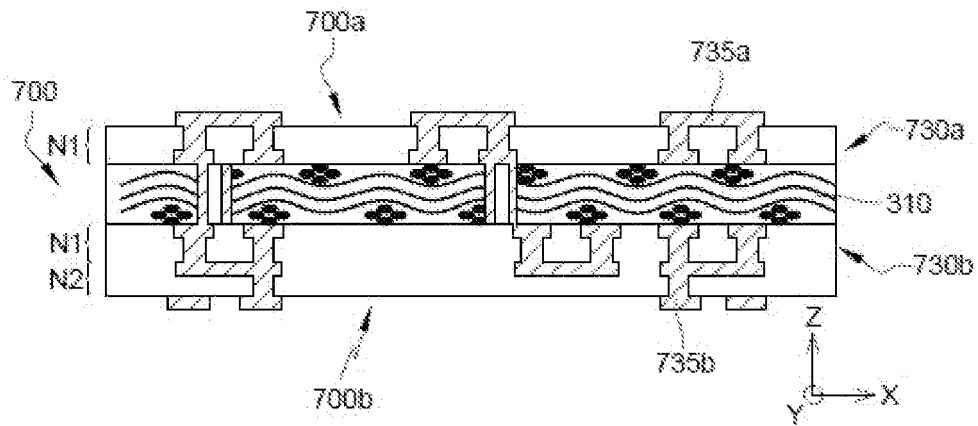


Fig. 7

[Fig. 8]

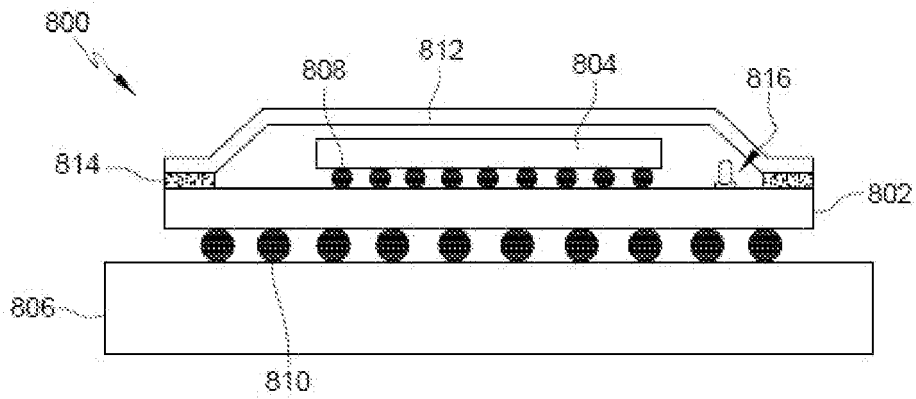


Fig. 8

# RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

## OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

---

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

## CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

## DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

---

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN  
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

US 2021/225780 A1 (WU JIUN YI [TW] ET AL)  
22 juillet 2021 (2021-07-22)

US 2007/281471 A1 (HURWITZ DROR [IL] ET  
AL) 6 décembre 2007 (2007-12-06)

EP 1 022 773 A2 (P C B LTD [IL])  
26 juillet 2000 (2000-07-26)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN  
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND  
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT