

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

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 103 630

②① N° d'enregistrement national : **19 13132**

⑤① Int Cl⁸ : **H 01 L 23/48** (2019.12)

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ PUCE FONCTIONNELLE ADAPTEE POUR ETRE ASSEMBLEE A DES ELEMENTS
FILAIRES, ET PROCEDE DE FABRICATION D'UNE TELLE PUCE.

②② Date de dépôt : 22.11.19.

③⑦ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 28.05.21 Bulletin 21/21.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 03.06.22 Bulletin 22/22.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *PRIMO1D Société anonyme à
conseil d'administration* — FR.

⑦② Inventeur(s) : ABID Skandar, LETHIECQ Robin,
SETTE Daniele et MACKANIC Christopher.

⑦③ Titulaire(s) : *PRIMO1D Société anonyme à conseil
d'administration.*

⑦④ Mandataire(s) : IP TRUST.

FR 3 103 630 - B1



Description

Titre de l'invention : puce fonctionnelle adaptée pour être assemblée à des éléments filaires, et procédé de fabrication d'une telle puce

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne une puce fonctionnelle adaptée pour être reliée à des éléments filaires conducteurs et facilitant l'accès à ses plots de connexion préalablement à l'assemblage avec les éléments filaires. Elle concerne également un procédé de fabrication d'une telle puce.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

[0002] Les dispositifs microélectroniques d'émission-réception radiofréquence sont maintenant couramment utilisés à des fins d'identification à distance d'objets auxquels ces dispositifs sont associés. On parle alors souvent d'étiquettes électroniques (« RFID tag »). Les fonctionnalités de telles étiquettes électroniques peuvent se borner à la transmission d'un identifiant, ou inclure des fonctions plus complexes comme la transmission à distance de résultats de mesures effectuées par des capteurs intégrés à la puce, le traitement de données reçues depuis un élément distant, etc.

[0003] On connaît, par exemple des documents US8093617, US8471773, US8723312, US2015318409, US8782880, US8814054 ou US2015230336, la technologie d'assemblage d'un fil et d'une puce désignée par la dénomination commerciale E-THREAD™.

[0004] Selon cette technologie, la puce est munie d'une rainure latérale et on insère une section longitudinale du fil dans cette rainure. L'assemblage peut être obtenu par encastrage du fil dans la rainure, les dimensions du fil et de la rainure étant alors suffisamment ajustées pour solidariser mécaniquement les deux éléments l'un à l'autre. L'assemblage peut également être obtenu ou renforcé par l'ajout d'une matière adhésive entre le fil et la puce, ou par soudure ou brasage du fil et de la puce.

[0005] Dans le document US8093617, la rainure latérale peut être notamment obtenue par l'assemblage de deux puces élémentaires comprenant chacune une petite base et une grande base parallèles reliées par au moins une face latérale inclinée ; l'assemblage des puces élémentaires par leurs petites bases permet de constituer la rainure latérale de la puce. Dans le document US2015230336, l'assemblage d'une puce et d'un capot fabriqué à base d'un empilement de couches électriquement isolantes permet également de former au moins une rainure latérale. Dans le document US2011001237, la puce est issue de l'assemblage d'un composant microélectronique et d'une contreplaque sensiblement de mêmes dimensions et reliés par une entretoise ; l'entretoise étant de dimensions inférieures à celles du composant, son placement

permet d'obtenir naturellement au moins une rainure latérale dans la puce. Le document WO2018138437 divulgue un procédé d'assemblage entre une puce 110 présentant des rainures 3a,3b et des éléments filaires 4a,4b, tels qu'illustrés sur les figures 1a et 1b. La puce 110 comprend, d'une part, un substrat 1 comportant un circuit fonctionnel au niveau de sa face principale présentant des plots de connexion électrique 1a,1b, et d'autre part, un capot 2 présentant une section en forme de T, le pied du T étant assemblé avec la face principale du substrat 1.

[0006] Les puces précitées de l'état de la technique sont habituellement issues d'une structure se présentant sous forme de plaquette de diamètre 200mm ou 300mm, comprenant une pluralité de composants électroniques fabriqués collectivement. La découpe de ladite structure, habituellement réalisée par laser, permet de singulariser chaque puce munie de ses rainures.

[0007] Les rainures aménagées 3a,3b dans les puces 110 selon l'état de la technique sont avantageuses en ce qu'elles forment une zone d'accueil efficace des éléments filaires 4a,4b ; elles présentent néanmoins l'inconvénient d'un accès difficile aux plots de connexion 1a,1b de la puce 110, car les plots, destinés à être connectés aux éléments filaires 4a,4b, se trouvent partiellement enfermés dans les rainures 3a,3b. Les tests de fonctionnalité du composant microélectronique de la puce 110, après singularisation, sont donc complexes voire impossibles à opérer avant l'assemblage avec les éléments filaires 4a, 4b.

[0008] Par ailleurs, lorsque la puce 110 est assemblée avec les éléments filaires 4a, 4b, c'est-à-dire lorsque les éléments filaires 4a, 4b sont disposés dans les rainures 3a, 3b et solidaires des plots de connexion 1a, 1b, il est habituel d'encapsuler en tout ou partie ladite puce assemblée pour renforcer la tenue mécanique entre la puce 110 et les éléments filaires 4a, 4b. La couche d'encapsulation utilisée pénètre difficilement au fond des rainures 3a, 3b proposées par l'état de la technique et ne permet donc pas d'optimiser la tenue mécanique entre puce 110 et éléments filaires 4a, 4b.

OBJET DE L'INVENTION

[0009] La présente invention vise à remédier à tout ou partie des inconvénients énoncés de l'état de la technique. Elle concerne en particulier une puce fonctionnelle facilitant l'accès à ses plots de connexion avant assemblage avec les éléments filaires, et dont la géométrie permet d'améliorer la tenue mécanique entre la puce et les éléments filaires. Elle concerne également un procédé de fabrication de ladite puce.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

[0010] L'invention concerne un procédé de fabrication d'une puce fonctionnelle comprenant les étapes suivantes :

[0011] - la fourniture d'une structure collective formée par un substrat capot assemblé sur un

- substrat support, ladite structure définissant une pluralité de puces fonctionnelles,
- [0012] - la singularisation des puces fonctionnelles, chaque puce comprenant au moins deux plots de connexion électrique destinés à être reliés à des éléments filaires.
- [0013] Le procédé de fabrication est remarquable en ce que :
- [0014] - le substrat support comprend une pluralité de composants micro-électroniques, chacun appartenant à une puce, et présente, sur sa face avant, au moins deux plots de connexion électrique associés à un composant micro-électronique, des chemins de découpe séparant les composants micro-électroniques appartenant à des puces voisines, et une première couche de protection disposée sur les composants micro-électroniques en dehors des chemins de découpe et des plots de connexion ;
- [0015] - le substrat capot comprend des premières portions, assemblées à la face avant du substrat support via une couche de collage, et une deuxième partie à distance de la face avant du substrat support, chaque première portion formant une entretoise entre deux plots de connexion électrique d'un composant micro-électronique ;
- [0016] - la singularisation des puces fonctionnelles comprend la formation d'un masque sur une face libre de la structure collective, définissant des zones protégées et des zones non protégées, et comprend la gravure sèche, par plasma ou par bombardement d'ions réactifs, du substrat capot et du substrat support, à l'aplomb des zones non protégées.
- [0017] Les zones protégées sont disposées soit à l'aplomb des premières portions, soit à l'aplomb des premières portions et de deuxièmes portions incluses dans la deuxième partie du substrat capot. Dans ce dernier cas, les deuxièmes portions s'étendent en vis-à-vis des plots de connexion électrique et sont crénelées pour autoriser un accès auxdits plots selon un axe normal à la face avant du substrat support.
- [0018] Le procédé selon la présente invention autorise l'élaboration de puces fonctionnelles présentant des caractéristiques structurales très avantageuses. En particulier, il permet la réalisation de configurations de capot donnant un accès direct et aisé aux plots de connexion électrique des puces et favorisant l'enrobage par polymère ou résine des puces assemblées aux éléments filaires, et donc leur tenue mécanique.
- [0019] Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, prises seules ou selon toute combinaison techniquement réalisable :
- [0020] • le substrat support comprend une plaquette en matériau semi-conducteur, en particulier en silicium ;
- le substrat capot comprend une plaquette en matériau semi-conducteur, en particulier en silicium, ou en matériau isolant, en particulier en verre ou en saphir ;
- les premières portions comportent, sur des flancs sensiblement normaux à la face avant du substrat support, une deuxième couche de protection ;
- la face interne, en vis-à-vis de la face avant du substrat support, de la

deuxième partie du substrat capot comporte une deuxième couche de protection ;

- le substrat support et le substrat capot comprennent chacun une plaquette en matériau semi-conducteur de même nature et la gravure sèche de l'étape de singularisation des puces fonctionnelles se fait en un seul traitement ;
- après la singularisation des puces fonctionnelles, chaque puce comprend un capot issu du substrat capot et un support issu du substrat support, et le procédé comprend ensuite une étape d'assemblage de chaque puce avec deux éléments filaires, chaque élément filaire étant disposé dans une rainure délimitée par un flanc d'une première portion du capot et une zone en face avant du support occupée par le plot de connexion électrique, ou par une deuxième portion du capot, un flanc d'une première portion du capot et une zone en face avant du support occupée par le plot de connexion électrique ;
- le procédé comprend le dépôt d'une couche de résine ou de polymère sur tout ou partie de la puce et sur les éléments filaires, pour renforcer la tenue mécanique entre ladite puce et lesdits éléments filaires ;
- au moins un composant micro-électronique d'une puce comprend deux paires de plots de connexion électrique et la première portion du substrat capot, qui forme une entretoise entre lesdites deux paires, comprend une extension formant une deuxième entretoise entre des plots individuels de connexion d'une paire de plots de connexion électrique.

[0021] La présente invention concerne en outre une puce fonctionnelle dont au moins deux plots de connexion électrique sont destinés à être reliés à des éléments filaires. Ladite puce comprend :

[0022] - un support comprenant un composant microélectronique électriquement relié aux deux plots de connexion électrique disposés sur une face avant dudit support,

[0023] - un capot consistant en une première portion assemblée à la face avant du support via une couche de collage. Ladite première portion forme une entretoise entre les deux plots de connexion électrique, de manière à autoriser un accès auxdits plots, selon un axe normal à la face avant du support.

[0024] La présente invention concerne enfin une puce fonctionnelle dont au moins deux plots de connexion électrique sont destinés à être reliés à des éléments filaires. Ladite puce comprend :

[0025] - un support comprenant un composant microélectronique électriquement reliée aux deux plots de connexion électrique disposés sur une face avant dudit support,

[0026] - un capot comportant une première portion assemblée à la face avant du support via une couche de collage. Ladite première portion forme une entretoise entre les deux plots de connexion électrique. Le capot comporte en outre une deuxième portion à

distance de la face avant du support et s'étendant uniquement partiellement en vis-à-vis de chaque plot de connexion électrique, de manière à autoriser un accès auxdits plots, selon un axe normal à la face avant du support.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

- [0027] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée de l'invention qui va suivre en référence aux figures annexées sur lesquelles :
- [0028] [fig.1] La [fig.1] présente une puce fonctionnelle avant (a) et après (b) assemblage à des éléments filaires, selon l'état de la technique ;
- [0029] [fig.2] La [fig.2] présente une puce fonctionnelle conforme à une première variante d'un premier mode de réalisation de l'invention, avant et après assemblage à des éléments filaires, respectivement en perspective (a) et en vue de dessus (b) ;
- [0030] [fig.3] La [fig.3] présente une puce fonctionnelle conforme à une deuxième variante d'un premier mode de réalisation de l'invention, avant et après assemblage à des éléments filaires, respectivement en perspective (a) et en vue de dessus (b) ;
- [0031] [fig.4] La [fig.4] présente une puce fonctionnelle conforme à une troisième variante d'un premier mode de réalisation de l'invention, avant et après assemblage à des éléments filaires, respectivement en perspective (a) et en vue de dessus (b) ;
- [0032] [fig.5] La [fig.5] présente une puce fonctionnelle conforme à une quatrième variante d'un premier mode de réalisation de l'invention, avant et après assemblage à des éléments filaires, respectivement en perspective (a) et en vue de dessus (b) ;
- [0033] [fig.6] La [fig.6] présente une puce fonctionnelle conforme à une première variante d'un deuxième mode de réalisation de l'invention, avant (a) et après (b) assemblage à des éléments filaires ;
- [0034] [fig.7] La [fig.7] présente une puce fonctionnelle conforme à une deuxième variante d'un deuxième mode de réalisation de l'invention, avant (a) et après (b) assemblage à des éléments filaires ;
- [0035] [fig.8a]
- [0036] [fig.8b]
- [0037] [fig.8c]
- [0038] [fig.8d]
- [0039] [fig.8e]
- [0040] [fig.8f] Les figures 8a à 8f présentent des étapes du procédé de fabrication d'une puce fonctionnelle, conforme à l'invention.
- [0041] [fig.9] La [fig.9] présente une configuration de puce fonctionnelle assemblée avec des éléments filaires selon l'état de la technique.
- [0042] [fig.10a]
- [0043] [fig.10b] Les figures 10a et 10b présentent une configuration particulière de puce

fonctionnelle assemblée avec des éléments filaires, conforme à la présente invention.

[0044] [fig.11] La [fig.11] présente différentes formes possibles de capot et support pour une puce fonctionnelle conforme à l'invention. Notons que les références ne sont pas répétées sur chacune des formes représentées, le capot et le support des puces illustrées étant aisément identifiables sur la base des référencements de la première forme.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0045] Dans la partie descriptive, les mêmes références sur les figures pourront être utilisées pour des éléments de même type. Les figures sont des représentations schématiques qui, dans un objectif de lisibilité, ne sont pas à l'échelle. En particulier, les épaisseurs des couches ou substrats selon l'axe z ne sont pas à l'échelle par rapport aux dimensions latérales selon les axes x et y ; et les épaisseurs et dimensions latérales relatives des couches ou substrats ne sont pas nécessairement respectées sur les figures et entre les figures.

[0046] La présente invention concerne une puce fonctionnelle 100 adaptée pour être assemblée à des éléments filaires 40a,40b (figures 2 à 7). En général, ladite puce fonctionnelle 100 comprend au moins deux plots de connexion électrique 11a,11b, qui sont destinés à être reliés à deux éléments filaires 40a,40b conducteurs. Notons que dans la suite de la description, les termes éléments filaires ou fils pourront être utilisés de manière équivalente.

[0047] La puce fonctionnelle 100 comprend un support 10 comprenant au moins un composant microélectronique, lequel comporte les deux plots de connexion électrique 11a,11b disposés sur une face avant dudit support 10. Les plots de connexion 11a,11b forment habituellement des pavés ou des dômes (« bumps » selon la terminologie anglo-saxonne) en matériau métallique, en surépaisseur par rapport à la face avant du support 10 et connectés à des contacts électriques du composant microélectronique. Le matériau métallique pourra par exemple consister en de l'or, du cuivre, de l'étain ou des alliages d'étain (SnPb, SnAgCu, SnAg, SnBi, SnIn, etc).

[0048] La puce 100 comprend en outre un capot 20, dont une première portion 21 est assemblée à la face avant du support 10, via une couche de collage (non représentée). Comme cela sera détaillé ultérieurement dans le procédé de fabrication, la couche de collage pourra notamment comprendre un polymère.

[0049] La première portion 21 du capot 20 forme une entretoise entre les deux plots de connexion électrique 11a,11b du composant microélectronique. Elle s'étend, dans le plan de la face avant du support 10, selon un axe longitudinal x, axe de séparation entre les deux plots de connexion 11a,11b. Avantagement, la première portion 21 est plus étroite que l'espacement, selon l'axe transverse y, entre les plots de connexion 11a,11b, afin d'éviter un contact entre le capot 20 et l'un ou l'autre des plots 11a,11b.

Dans le plan de la face avant du support 10, la première portion 21 est préférentiellement espacée des plots de connexion 11a,11b, de quelques microns à quelques dizaines de microns. La première portion 21 peut présenter la même dimension que le support 10 selon l'axe longitudinal x, ou alternativement être de moindre dimension, comme cela est illustré dans certaines variantes de réalisation.

- [0050] Selon un premier mode de réalisation de la puce fonctionnelle 100, dont plusieurs variantes sont présentées sur les figures 2 à 5, le capot 20 comporte une deuxième portion 22 à distance de la face avant du support 10 et s'étendant en surplomb d'au moins un plot de connexion électrique 11a,11b. Cette deuxième portion 22 présente la particularité de n'être que partiellement en vis-à-vis de chaque plot 11a,11b, de manière à autoriser un accès auxdits plots, selon un axe z normal à la face avant du support 10. En vue de dessus, la deuxième portion 22 du capot 20 apparaît ainsi crénelée, présentant des ouvertures 23a,23b,23a',23b' qui facilitent l'accès vertical (selon l'axe z) aux plots de connexion 11a,11b,11a',11b'. Il est ainsi possible de tester la fonctionnalité des puces 100 individuellement et préalablement à leur assemblage avec les éléments filaires 40a,40b.
- [0051] En général, une ouverture 23a,23b,23a',23b' présente une dimension selon l'axe longitudinal x de l'ordre de quelques dizaines de microns à quelques centaines de microns, dépendamment de la taille de la puce 100 ; selon l'axe transverse y, l'ouverture 23a,23b,23a',23b' s'étend préférentiellement jusqu'à la première portion 21. Cela présente notamment un avantage pour la tenue mécanique entre la puce 100 et les éléments filaires 40a,40b car la couche de résine ou de polymère, qui est destinée à être déposée sur tout ou partie du capot 20 et des éléments filaires 40a,40b pour les solidariser entre eux, peut englober plus efficacement les éléments filaires en s'insinuant entre la première portion 21 et les fils 40a,40b, jusqu'à la face avant du support 10.
- [0052] La présence des surplombs, inclus dans la deuxième portion 22 du capot 20, au-dessus des plots 11a,11b, permet de définir les rainures 30a, 30b dans lesquelles les éléments filaires 40a,40b seront facilement disposés et guidés pour être assemblés aux plots 11a,11b.
- [0053] La deuxième portion 22 du capot 20 peut présenter différentes formes dans le plan (x,y) ; sans que cela ne soit exhaustif, certaines formes sont décrites ci-après, dans des variantes possibles du premier mode de réalisation de la présente invention.
- [0054] Dans une première variante illustrée sur la [fig.2], le capot 20 de la puce fonctionnelle 100 présente une forme en H, en vue de dessus (selon le plan (x,y)). La première portion 21 du capot 20 correspond à la partie centrale du H et est solidaire de la face avant du support 10. La deuxième portion 22 est composée ici de quatre surplombs s'étendant depuis la première portion 21 au-dessus des plots de connexion 11a,11b. Les ouvertures 23a,23b dans la deuxième portion 22 sont sensiblement

centrées, à l'aplomb des plots de connexion 11a,11b, et facilitent un accès vertical (selon l'axe z) auxdits plots 11a, 11b. Pour autant, la deuxième portion 22, la première portion 21 et la face avant du support 10 définissent une rainure 30a,30b longitudinale, de chaque côté de la puce fonctionnelle 100, pour faciliter le placement et le logement des éléments filaires 40a,40b.

[0055] Dans une deuxième variante du premier mode de réalisation, illustrée sur la [fig.3], le capot 20 de la puce fonctionnelle 100 présente une forme en S, en vue de dessus. La première portion 21 du capot 20 solidaire de la face avant du support 10, s'étend selon l'axe longitudinal x. On note que, dans cet exemple, la dimension selon l'axe longitudinal x de la première portion 21 est inférieure à celle du support 10, mais que cette dimension longitudinale n'est en aucun cas liée à la forme du capot 20 et peut être implémentée dans les différents modes de réalisation.

[0056] La deuxième portion 22 est composée ici de deux surplombs s'étendant depuis la première portion 21 au-dessus des plots de connexion 11a,11b, à chaque extrémité de la première portion 21 suivant l'axe longitudinal x. Les ouvertures 23a,23b dans la deuxième portion 22, à l'aplomb des plots de connexion 11a,11b, facilitent un accès vertical (selon l'axe z) auxdits plots. La deuxième portion 22, la première portion 21 et la face avant du support 10 définissent toujours une rainure 30a,30b longitudinale, de chaque côté de la puce fonctionnelle 100, pour loger les éléments filaires 40a,40b.

[0057] Dans une troisième variante du premier mode de réalisation, illustrée sur la [fig.4], le capot 20 de la puce fonctionnelle 100 présente une forme en Y, en vue de dessus. La première portion 21 du capot 20 solidaire de la face avant du support 10, s'étend selon l'axe longitudinal x. La deuxième portion 22 est composée ici de trois surplombs s'étendant depuis la première portion 21 au-dessus des plots de connexion 11a,11b. Une première ouverture 23a dans la deuxième portion 22 est localisée à l'aplomb d'un premier plot de connexion 11a, disposé d'un côté de la puce 100. Des deuxième et troisième ouvertures 23b,23b' donnent un accès vertical respectivement à deux autres plots de connexion 11b,11b' disposés de l'autre côté de la puce 100. Un surplomb de la deuxième portion 22 s'étend au-dessus de la face avant du support 10, sensiblement entre des deux plot 11b,11b'. Notons que la présence d'une paire de plots de connexion 11b,11b' d'un côté de la puce 100 est donnée à titre d'exemple ; il pourrait tout à fait n'y avoir qu'un plot de connexion 11b sur ce côté de la puce 100.

[0058] La deuxième portion 22, la première portion 21 et la face avant du support 10 définissent une rainure 30a,30b longitudinale, de chaque côté de la puce fonctionnelle 100, pour loger les éléments filaires 40a,40b.

[0059] Dans une quatrième variante du premier mode de réalisation, illustrée sur la [fig.5], le capot 20 de la puce fonctionnelle 100 présente une forme en croix, en vue de dessus. La première portion 21 du capot 20 solidaire de la face avant du support 10, s'étend

selon l'axe longitudinal x, entre les plots de connexion. La deuxième portion 22 est composée ici de deux surplombs symétriques par rapport à l'axe longitudinal x, et s'étendant depuis la première portion 21 au-dessus de la face avant du support 10. Dans l'exemple illustré, la puce 100 présente deux paires de plots de connexion, une première paire 11a,11a' d'un côté et une deuxième paire 11b,11b' de l'autre côté. Deux ouvertures 23a,23a' dans la deuxième portion 22 sont localisées respectivement à l'aplomb des deux plots 11a,11a' de la première paire et deux ouvertures 23b,23b' sont localisées respectivement à l'aplomb des deux plots 11b,11b' de la deuxième paire. Ces ouvertures 23a,23a',23b,23b' donnent un accès vertical à la pluralité de plots de connexion. Les deux surplombs de la deuxième portion 22 s'étendent au-dessus de la face avant du support 10, sensiblement entre les deux plots de chaque paire.

- [0060] La deuxième portion 22, la première portion 21 et la face avant du support 10 définissent une rainure 30a,30b longitudinale, de chaque côté de la puce fonctionnelle 100, pour loger les éléments filaires 40a,40b.
- [0061] Bien sûr, toutes les variantes possibles de ce premier mode de réalisation de l'invention n'ont pas été décrites et on pourrait imaginer d'autres configurations et dispositions pour la ou les deuxième(s) portion(s) 22, et pour les plots de connexion 11a,11a',11b,11b'.
- [0062] Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, dont deux variantes sont présentées sur les figures 6 et 7, le capot 20 consiste uniquement en la première portion 21, assemblée à la face avant du support 10. La première portion 21 forme une entretoise entre les (au moins) deux plots de connexion électrique 11a,11b, situés de chaque côté de la puce fonctionnelle 100. Il n'y a pas de deuxième portion à l'aplomb des plots de connexion électrique 11a,11a',11b,11b', contrairement au premier mode de réalisation précédemment décrit.
- [0063] La puce fonctionnelle 100 selon ce deuxième mode de réalisation autorise un accès vertical (selon l'axe z) direct aux plots de connexion 11a,11a',11b,11b', selon un axe normal z à la face avant du support 10.
- [0064] La [fig.6] illustre une première variante du deuxième mode de réalisation. La première portion 21 est uniquement formée par une entretoise longitudinale, c'est-à-dire s'étendant selon l'axe x, intercalée entre les plots de connexion 11a,11b. Dans cet exemple, la dimension longitudinale (selon l'axe x) de la première portion 21 est inférieure à la dimension longitudinale du support 10. Bien sûr, rien ne s'oppose à ce que ces dimensions soient identiques.
- [0065] La première portion 21 et la face avant du support 10 définissent une demi-rainure 31a,31b longitudinale, de chaque côté de la puce fonctionnelle 100, pour loger les éléments filaires 40a,40b. Avantageusement, une cale (non représenté) peut être temporairement associée à la puce fonctionnelle 100 de manière à définir une rainure et

faciliter le positionnement et la solidarisation des éléments filaires 40a,40b sur les plots de connexion 11a,11b, lors de l'assemblage puce 100 – fils 40a,40b. Par exemple, la cale pourra consister en un corps plan placé contre la surface supérieure libre de la première portion 21, située dans un plan parallèle au plan de la face avant du support 10, définissant ainsi avec la première portion 21 et la face avant du support 10 ladite rainure. Selon un autre exemple, la cale pourra comporter deux corps plan latéraux placés de chaque côté de la puce fonctionnelle 100, sensiblement parallèles à la première portion 21, et définissant une rainure avec la première portion 21 et la face avant du support 10.

[0066] La [fig.7] illustre une deuxième variante du deuxième mode de réalisation. Le capot 20 consiste toujours en la première portion 21, assemblée à la face avant du support 10, c'est-à-dire qu'il ne comporte pas de deuxième portion 22 à distance de la face avant du support 10 et en vis-à-vis des plots de connexion 11a,11a',11b,11b'. La première portion 21 dans cette variante s'étend, d'une part, selon l'axe longitudinal x, entre une première paire de plots 11a,11a' disposés d'un côté de la puce 100 et une deuxième paire de plots 11b,11b'. D'autre part, la première portion 21 comprend deux extensions 21a,21b qui s'étendent selon l'axe transverse y. La première extension 21a forme une entretoise entre les deux plots 11a,11a' de la première paire de plots, et la deuxième extension 21b forme une entretoise entre les deux plots 11b,11b' de la deuxième paire de plots.

[0067] Notons que les extensions 21a,21b présentent une hauteur selon l'axe normal z inférieure à la hauteur de la partie centrale longitudinale de la première portion 21. De ce fait, la partie centrale longitudinale de la première portion 21 et la face avant du support 10 définissent une demi-rainure 31a,31b longitudinale, de chaque côté de la puce fonctionnelle 100, pour placer les éléments filaires 40a,40b. Avantagement, comme pour la première variante décrite précédemment, une cale (non représenté) peut temporairement être associée à la puce fonctionnelle 100, de manière à définir une rainure avec la première portion 21 et la face avant du support 10, et ainsi faciliter le positionnement et la solidarisation des éléments filaires 40a,40b sur les plots de connexion 11a,11b, lors de l'assemblage puce 100 – fils 40a,40b.

[0068] Bien que la deuxième variante du deuxième mode de réalisation soit décrite avec une première portion 21 comprenant deux extensions 21a,21b, il est tout à fait envisageable de ne prévoir qu'une extension, d'un seul côté de la puce 100. Dans un tel cas, l'autre côté, dépourvu d'extension, pourra comporter un seul plot de connexion, au lieu de la paire de plots de connexion décrite.

[0069] Une extension 21a de la première portion 21 peut présenter un avantage dans certaines configurations d'assemblage des puces fonctionnelles 100 avec les éléments filaires 40a,40b. En effet, lorsque le fil 40a est fixé au plot de connexion 11a ou à la

paire de plots de connexion 11a,11a', il peut être requis de couper ledit fil pour déconnecter deux brins de l'élément filaire. C'est par exemple le cas pour un tag RFID, dans lequel il est nécessaire de couper au moins l'un des deux fils connectés à la puce 100, et ce, à proximité de la puce 100. L'extension 21a, sur laquelle est disposé le fil 40a peut servir de promontoire permettant de sécuriser une étape de découpe du fil 40a, limitant les risques d'endommagement et de fragilisation du support 10.

- [0070] Pour l'un(e) ou l'autre des modes de réalisation et variantes de la présente invention énoncés ci-dessus, les matériaux du capot 20 et du support 10 d'une puce fonctionnelle 100 pourront être de diverses natures. Par exemple, le support 10 peut être issu d'une plaquette en matériau semi-conducteur, en particulier en silicium, dans lequel et sur lequel le (ou les) composant(s) microélectronique(s) de la puce 100 est(sont) fabriqué(s). Bien sûr, d'autres matériaux semi-conducteurs peuvent être envisagés selon le type et les propriétés visés de la puce 100.
- [0071] Également à titre d'exemple, le capot 20 peut être issu d'une plaquette en matériau semi-conducteur, en particulier en silicium, ou en matériau isolant, en particulier en verre ou en saphir. Bien sûr ces listes de matériaux ne sont pas exhaustives et peuvent être étendues à tous matériaux d'intérêt, selon les propriétés visées du capot 20 de la puce 100.
- [0072] De manière générale, les dimensions latérales d'une puce fonctionnelle 100, dans le plan (x,y) de la face avant du support 10, sont comprises entre 300 et 800 microns ; l'épaisseur d'une puce 100, selon l'axe z normal à la face avant du support 10, est typiquement comprise entre 300 et 500 microns.
- [0073] Chaque puce fonctionnelle 100 est destinée à être assemblée avec deux éléments filaires 40a,40b, chaque élément filaire 40a,40b étant disposé dans une rainure 30a,30b ou demi-rainure 31a,31b. Selon le premier mode de réalisation de l'invention, chaque rainure 30a,30b est délimitée par une deuxième portion 22, un flanc de la première portion 21 et une zone en face avant du support 10 occupée par le plot de connexion électrique 11a,11b. Selon le deuxième mode de réalisation de l'invention, chaque demi-rainure 31a,31b est délimitée par un flanc de la première portion 21 et une zone en face avant du support 10 occupée par le plot de connexion électrique 11a,11b.
- [0074] Lors de l'étape d'assemblage, chaque plot de connexion 11a,11b passe par un état fondu, permettant de le solidariser à un fil 40a,40b après sa solidification.
- [0075] La puce fonctionnelle 100, ainsi solidaire des éléments filaires 40a,40b est ensuite recouverte d'une couche de résine ou de polymère, sur tout ou partie du capot 20 et sur les fils 40a,40b, de manière à assurer la tenue mécanique entre la puce 100 et lesdits éléments filaires 40a,40b. La présence d'ouvertures 23a,23a',23b,23b' dans le capot 20 (premier mode de réalisation) ou l'absence de deuxième portion 22 (deuxième mode de réalisation) permet à cette couche de résine ou de polymère de s'insinuer entre les

flancs de la première portion 21 et les fils 40a,40b, jusqu'à la face avant du support 10, ce qui a pour conséquence de renforcer davantage la tenue mécanique entre la puce 100 et lesdits éléments filaires 40a,40b.

- [0076] La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'une puce fonctionnelle 100 destinée à être assemblée à des éléments filaires 40a,40b. Comme évoqué précédemment, une telle puce 100 est formée d'un support 10 et d'un capot 20, et comprend au moins deux plots de connexion électrique 11a,11b destinés à être reliés aux éléments filaires 40a,40b. Elle comprend en outre au moins un composant micro-électronique élaboré dans et/ou sur le support 10.
- [0077] Le procédé de fabrication selon l'invention comprend en premier lieu une étape de fourniture d'une structure collective 200 formée par un substrat capot 220 assemblé sur un substrat support 210. Ladite structure 200 est qualifiée de collective car elle définit une pluralité de puces fonctionnelles 100, comme schématisé sur les figures 8a et 8b.
- [0078] Le substrat support 210 est avantageusement formé d'au moins une plaquette en matériau semi-conducteur, en particulier en silicium. Généralement, le diamètre de la plaquette est de 150, 200 ou 300mm, voire possiblement 450mm pour les prochaines générations.
- [0079] Le substrat support 210 comprend une pluralité de composants micro-électroniques 211 élaborés dans et/ou sur ladite plaquette, chaque composant appartenant à une puce 100 ([fig.8b]). A titre d'exemple et sans que cela soit limitatif, le composant microélectronique 211 pourra consister en un dispositif d'émission-réception radiofréquence, un dispositif de calcul, un capteur, une LED ou toute autre forme de circuit intégré réalisé sur le substrat support 210, à l'aide de techniques connues dans le domaine du semi-conducteur. Par souci de clarté, seules les étapes et éléments utiles à la compréhension du procédé selon l'invention ont été représentés et seront décrits. En particulier, l'élaboration des composants micro-électroniques 211 n'a pas été détaillée, l'invention étant compatible avec les méthodes de fabrication usuelles.
- [0080] Le substrat support 210 présente, sur sa face avant, une pluralité de plots de connexion électrique 11a,11b. Au moins deux plots de connexion électrique 11a,11b sont électriquement reliés à un composant micro-électronique, par le biais de pistes de contact ou de vias conducteurs formés sur ou dans le substrat support 210. Le substrat support 210 présente également, sur sa face avant, des chemins de découpe 212 séparant les composants microélectroniques 211 appartenant à des puces 100 voisines, et une première couche de protection 213 disposée sur les composants microélectroniques 211. La première couche de protection 213 n'est pas présente dans les chemins de découpe 212, ni sur les plots de connexion 11a,11b.
- [0081] A titre d'exemple, les chemins de découpe 212 délimitent des composants microélectroniques 211 dont les dimensions, dans le plan (x,y) de la face avant du substrat

support 210, sont comprises entre 300 et 800 microns. En fonction du diamètre de la plaquette formant le substrat support 210, la structure collective 200 peut définir entre quelques centaines et quelques centaines de milliers de puces fonctionnelles 100.

- [0082] Le substrat capot 220 est avantageusement formé d'au moins une plaquette en matériau semi-conducteur, par exemple en silicium, ou en matériau isolant, par exemple en verre ou en saphir. Bien sûr, d'autres matériaux pourraient être envisagés selon les contraintes et propriétés requises par l'application. Comme pour le substrat support 210, le diamètre de la plaquette peut être de 150, 200 ou 300mm, voire 450mm.
- [0083] Le substrat capot 220 comprend des premières portions 21, assemblées à la face avant du substrat support 210 via une couche de collage (non représentée), et une deuxième partie 222 à distance de la face avant du substrat support 210 ([fig.8b]). Chaque première portion 21 forme une entretoise entre deux plots de connexion électrique 11a,11b d'un composant micro-électronique 211. Typiquement, une distance de quelques microns à quelques dizaines de microns sépare la première portion 21 des plots de connexion 11a,11b.
- [0084] Avantageusement, l'assemblage entre le substrat capot 220 et le substrat support 210 est opéré par une technique connue de collage par polymère. Une couche de polymère (par exemple époxy, résine photosensible, polyméthacrylate de méthyle (PMMA), polydiméthylsiloxane (PDMS), polyimides, etc) est déposée sur les surfaces à assembler des premières portions 21 du substrat capot 220. Le substrat capot 220 et le substrat support 210 sont ensuite amenés en vis-à-vis l'un de l'autre, avec une précision d'alignement de plus ou moins 10 microns, voire une précision d'alignement de plus ou moins 5 microns. En d'autres termes, l'alignement entre les substrats assemblés est visé à mieux que 10 microns, voire à mieux que 5 microns. En effet, il est important que les premières portions 21 forment des entretoises entre les plots de connexion 11a,11b, sans entrer en contact avec lesdits plots 11a,11b. Un pré-alignement est donc requis avant la solidarisation des substrats capot 220 et support 210. Ainsi pré-alignés, les substrats capot 220 et support 210 sont mis en contact et collés, par exemple par thermocompression et sous atmosphère contrôlée.
- [0085] Alternativement, l'assemblage entre le substrat capot 220 et le substrat support 210 peut être opéré par une autre technique de collage connue, par exemple collage anodique, collage par soudure métallique ou collage par ultrasons.
- [0086] Quel que soit la technique d'assemblage choisie, les substrats capot 220 et support 210 sont avantageusement nettoyés préalablement à leur mise en contact et préalablement au dépôt de la couche de collage. Le nettoyage pourra par exemple comprendre des séquences classiques à base d'ozone, SC1 (standard clean 1), SC2 (standard clean 2), pour retirer respectivement les contaminations organiques, parti-

culaires et métalliques présentes sur l'un et/ou l'autre des substrats. Une activation de surface par plasma oxygène pourra également être appliquée préalablement à l'assemblage.

- [0087] En général, les premières portions 21 présentent des flancs sensiblement normaux à la face avant du substrat support 210, et comporte avantageusement une deuxième couche de protection 214 sur lesdits flancs. De manière également avantageuse, la face interne de la deuxième partie 222 du substrat capot 220, c'est-à-dire la face en vis-à-vis de la face avant du substrat support 210, comporte aussi la deuxième couche de protection 214.
- [0088] Cette deuxième couche de protection 214 présente l'avantage de protéger les surfaces énoncées du substrat capot 220 lors de la gravure opérée dans une étape ultérieure de singularisation des puces 100 du procédé de fabrication.
- [0089] Préférentiellement, la structure collective 200 est amincie, au niveau de l'une et/ou l'autre de ses faces libres, à savoir la face arrière du substrat support 210 et la face arrière du substrat capot 220. Il est avantageux de fabriquer des puces fonctionnelles 100 de faible épaisseur selon l'axe z normal à la face avant du substrat support 210, typiquement comprise entre 300 et 500 microns. Les plaquettes formant les substrats support 210 et capot 220 présentent habituellement une épaisseur initiale de l'ordre de 400 à 800 microns chacune. Il est donc intéressant d'amincir la structure collective 200, préalablement à la singularisation des puces 100, jusqu'à l'épaisseur visée des puces 100, un amincissement collectif étant plus aisé et efficace. L'amincissement de la structure collective 200 peut être fait par rodage mécanique (« grinding »), par attaque chimique et/ou par polissage mécano-chimique.
- [0090] Le procédé de fabrication selon l'invention comprend ensuite une étape de singularisation des puces fonctionnelles 100 de la structure collective 200.
- [0091] La singularisation des puces fonctionnelles 100 comprend la formation d'un masque 230 sur une face libre de la structure collective 200. Par exemple, le masque 230 peut être formé sur la face arrière (face opposée à sa face avant, assemblée) du substrat capot 220, comme illustré sur la [fig.8c]. Alternativement, le masque 230 aurait pu être formé sur la face arrière (face opposée à sa face avant, assemblée) du substrat support 210.
- [0092] Le masque 230 est par exemple formé dans un matériau choisi parmi le nitrure de silicium, l'oxyde de silicium, les polyimides, les résines photosensibles, etc. Il définit des zones protégées 231 et des zones non protégées 233 : un exemple de masque 230 est illustré sur la [fig.8c] en coupe et sur la [fig.8d] en vue de dessus.
- [0093] L'étape de singularisation des puces 100 comprend ensuite une gravure sèche anisotrope, par plasma ou par bombardement d'ions réactifs, appliquée à la structure collective 200, qui va graver ladite structure à l'aplomb des zones non protégées 233.

- [0094] Ce type de gravure sèche s'opère en général dans une chambre de gravure monoplaque, dans laquelle une face libre de la structure collective 200 est exposée à l'atmosphère de gravure et l'autre face libre est disposée sur un plateau de maintien ou un film adhésif de support.
- [0095] A titre d'exemple, pour graver un matériau en silicium, on pourra mettre en œuvre une gravure connue selon le procédé Bosch, basée sur une alternance de séquences de gravure (gaz réactif SF₆) et de séquences de passivation (gaz réactif C₄F₈). Pour graver un matériau en silice, oxyde ou nitrure de silicium, on utilisera par exemple comme gaz réactif le CF₄ ou le SF₆.
- [0096] La gravure sèche va ainsi attaquer le substrat capot 220 et le substrat support 210, à l'aplomb des zones non protégées 233. Comme illustré sur les figures 8e et 8f, les parties hachurée (en quadrillage) seront typiquement celles gravées au cours de cette étape.
- [0097] Selon un premier mode de mise en œuvre du procédé, les zones protégées 231 sont disposées à l'aplomb des premières portions 21 et à l'aplomb de deuxièmes portions 22 incluses dans la deuxième partie 222 du substrat capot 220. Comme cela est visible sur les figures 8d, 8e et 8f, les deuxièmes portions 22 s'étendent en vis-à-vis des plots de connexion électrique 11a, 11b sous-jacents, mais sont crénelées pour autoriser un accès auxdits plots 11a, 11b, selon un axe z normal à la face avant du substrat support 210. Ce premier mode de mise en œuvre aboutit à la fabrication d'une pluralité de puces fonctionnelles 100 selon le premier mode de réalisation énoncé précédemment.
- [0098] Selon un deuxième mode de mise en œuvre du procédé, les zones protégées 231 sont disposées à l'aplomb des premières portions 21 et il n'y a pas de zone protégée à l'aplomb des plots de connexion électrique 11a, 11b. Toute la deuxième partie 222 du substrat capot 220 à l'aplomb des plots 11a, 11b est ainsi gravée lors de l'étape de singularisation, menant à la fabrication d'une pluralité de puces fonctionnelles 100 selon le deuxième mode de réalisation énoncé précédemment.
- [0099] Lorsque le substrat support 210 et le substrat capot 220 comprennent chacun une plaquette en matériau semi-conducteur de même nature, la gravure sèche de l'étape de singularisation se fait avantageusement en un seul traitement.
- [0100] Prenons l'exemple d'un substrat support 210 et d'un substrat capot 220 comprenant chacun une plaquette en silicium. La structure collective 200 est disposée dans la chambre de gravure. Une séquence de gravure adaptée au matériau silicium est ainsi capable de graver la deuxième partie 222 du substrat capot 220 à l'aplomb des zones non protégées 233, puis le substrat support 210 dans les chemins de découpe 212, car ceux-ci ne comportent pas la première couche de protection 213. Les plots de connexion électrique 11a, 11b ne sont quant à eux pas attaqués car, formés d'un matériau métallique, ils ne sont pas sensibles aux atmosphères de gravure utilisées

pour le silicium. Une seule séquence de gravure peut ainsi mener à la singularisation simultanée de la pluralité de puces fonctionnelles 100 définies dans la structure collective 200.

- [0101] Plaçons-nous encore dans le cas où le substrat support 210 et le substrat capot 220 comprennent chacun une plaquette en silicium ; cette fois, les flancs des premières portions 21 comporte une deuxième couche de protection 214, ainsi que la face interne de la deuxième partie 222 du substrat capot 220, comme évoqué précédemment. La deuxième couche de protection 214 peut être de l'oxyde de silicium, du nitrure de silicium, un polymère ou autre couche susceptible de protéger le silicium sous-jacent de la gravure : c'est donc une couche assurant une grande sélectivité de gravure par rapport au matériau composant le substrat capot 20. Une première séquence de gravure adaptée au matériau silicium est appliquée, de manière à graver la deuxième partie 222 du substrat capot 220 à l'aplomb des zones non protégées 233 ; une deuxième séquence de gravure adaptée au matériau composant la deuxième couche de protection 214 est ensuite appliquée, de manière à traverser ladite deuxième couche de protection 214 disposée sur la face interne de la deuxième partie 222 au niveau des zones non protégées 233. Enfin, une troisième séquence de gravure adaptée au matériau silicium (qui pourra ou pas être identique à la première séquence) est appliquée pour graver le substrat support 210 dans les chemins de découpe 212. Les trois séquences peuvent être enchainées, sans retirer la structure collective 200 de la chambre de gravure.
- [0102] Selon encore un autre exemple, le substrat support 210 et le substrat capot 220 comprennent respectivement une plaquette en silicium et une plaquette en silice. Deux séquences de gravure consécutives, respectivement adaptées pour graver la silice et pour graver le silicium peuvent être appliquées à la structure collective 200, de manière à graver le substrat capot 220 puis le substrat support 210, pour singulariser simultanément l'ensemble des puces fonctionnelles 100. Alternativement, les différentes séquences de gravure peuvent être opérées séparément, en deux (ou plus) étapes distinctes, avec retrait de la structure collective 200 de la chambre de gravure.
- [0103] Revenant à la description générale du procédé de fabrication selon la présente invention, quel que soit le matériau des substrats support 210 et capot 220 de la structure collective 200, on obtient à l'issue de la gravure sèche la pluralité de puces fonctionnelles 100 singularisées. Rappelons que la structure collective 200 sera préférentiellement disposée sur une couche adhésive (« tape »), préalablement à l'étape de gravure sèche, de manière à faciliter la manipulation des puces fonctionnelles 100 à l'issue de la singularisation.
- [0104] L'étape de singularisation du procédé est particulièrement avantageuse par rapport aux techniques classiques de découpe laser ou de sciage mécanique, d'autant plus que le nombre de puces 100 par structure collective 200 est important, par exemple

supérieur à 1000.

- [0105] La gravure sèche mise en œuvre à l'étape de singularisation du procédé est également avantageuse en ce qu'elle permet la réalisation des capots 20 comportant des ouvertures 23a,23a',23b,23b' en vis-à-vis des plots de connexion électrique 11a,11a',11b,11b', ce que les techniques classiquement utilisées ne permettent pas, sans un risque très important d'endommagement des plots 11a,11a',11b,11b' sous-jacents.
- [0106] Le procédé de fabrication selon l'invention permet de définir des configurations de capots très variées, telles que par exemple illustrées sur les figures 2 à 7. Les capots 20 des puces fonctionnelles 100 selon le premier mode de réalisation décrits précédemment comportent des ouvertures 23a,23a',23b,23b' en vis-à-vis des plots de connexion électrique 11a,11a',11b,11b', formées au cours de la même étape de singularisation. Rappelons que ces ouvertures facilitent, d'une part, un accès vertical aux plots de connexion 11a,11a',11b,11b', et favorisent, d'autre part, le renforcement de la tenue mécanique entre la puce 100 et les fils 40a,40b auxquels elle sera assemblée, du fait d'un meilleur enrobage par la couche de résine ou de polymère, comme cela sera décrit ci-après.
- [0107] Après l'étape de singularisation, chaque puce 100 comprend un capot 20 issu du substrat capot 220 et un support 10 issu du substrat support 210. Des tests de fonctionnalité des puces 100 peuvent être opérés à ce stade, de manière à trier et isoler les puces 100 non fonctionnelles ou présentant un niveau insuffisant de performances.
- [0108] Le procédé de fabrication peut ensuite comprendre une étape d'assemblage de chaque puce 100 avec deux éléments filaires 40a,40b, chaque élément filaire 40a,40b étant disposé dans une rainure 30a,30b, ou demi-rainure 31a,31b, délimitée par au moins une deuxième portion 22, un flanc d'une première portion 21 et une zone en face avant du support 10 occupée par le plot de connexion électrique 11a,11b (premier mode de mise en œuvre du procédé, et premier mode de réalisation de la puce fonctionnelle 100), ou par un flanc d'une première portion 21 et une zone en face avant du support 10 occupée par le plot de connexion électrique 11a,11b (deuxième mode de mise en œuvre du procédé, et deuxième mode de réalisation de la puce fonctionnelle 100).
- [0109] La solidarisation s'opère entre les plots de connexion 11a,11b, et les fils 40a,40b, du fait du passage d'un état fondu à un état solidifié desdits plots 11a,11b, les fils étant maintenus plaqués contre les plots 11a,11b au cours de cette phase de changement d'état. Cette phase pourra par exemple être provoquée par application d'un chauffage localisé et limité dans le temps. La puce 100 est ainsi rendue solidaire des fils 40a,40b.
- [0110] A la suite de l'assemblage puce 100 - fils 40a,40b, le procédé de fabrication peut comprendre le dépôt d'une couche d'encapsulation 120 ([fig.10b]) en résine ou en

polymère sur tout ou partie du capot 20 et sur les éléments filaires 40a,40b, pour renforcer la tenue mécanique entre la puce 100 et lesdits éléments filaires 40a,40b. A titre d'exemple, cette couche peut comprendre de l'époxy, des silicones, des uréthanes, des acrylates, etc.

- [0111] En pratique, la couche d'encapsulation 120 peut être dispensée autour de la puce 100 (et donc autour du capot 20) par jet de matière ou par contact. Cette dispense peut se faire en un ou plusieurs temps. La forme de la couche 120 peut être contrôlée par un moule préalablement rempli dans lequel on amène la puce fonctionnelle 100 assemblée sur les fils 40a,40b. La polymérisation de la couche 120 se fait par exposition UV ou bien par un traitement thermique. La polymérisation peut se faire en plusieurs expositions successives pour contrôler les propriétés de la couche d'encapsulation 120 ou bien permettre le démoulage de la forme.
- [0112] Le procédé de fabrication selon la présente invention est avantageux en ce que la couche d'encapsulation 120 est apte à s'insinuer entre les flancs de la première portion 21 de la puce 100 et les éléments filaires 40a,40b, jusqu'à la face avant du support 10, pour renforcer encore davantage la tenue mécanique, par rapport aux pratiques connues de l'état de la technique.
- [0113] Pour certaines applications (par exemple, tag RFID), il peut être nécessaire de déconnecter (électriquement) un brin 401a d'un élément filaire 40a de l'autre brin 402a, les deux brins 401a,402a se trouvant de part et d'autre d'un plot de connexion 11a : comme illustré sur la [fig.9], la pratique de l'état de la technique est de réaliser une entaille 130 dans ledit brin 401a, après assemblage et enrobage par la couche d'encapsulation de résine ou de polymère 120, de la puce 100 et des éléments filaires 4a,4b. L'inconvénient de cette approche est que cette entaille 130 crée un point de fragilité, susceptible de générer une séparation mécanique entre le brin 401a et la puce 100, ce qui n'est pas souhaitable.
- [0114] Le procédé de fabrication selon la présente invention propose une solution alternative, basée sur l'élaboration d'une puce fonctionnelle 100 conforme à la deuxième variante du deuxième mode de réalisation décrit précédemment en référence à la [fig.7]. Dans ce cas, la première portion 21 du capot 20 de la puce 100 comprend au moins une extension 21a,21b formant une deuxième entretoise entre des plots individuels de connexion d'une paire de plots de connexion électrique.
- [0115] Après la connexion électrique entre les éléments filaires 40a,40b et les plots de connexion 11a,11a',11b,11b', le procédé de fabrication peut comprendre une étape de découpe par laser ou par sciage mécanique du fil 40a, à l'aplomb de l'extension 21a, de manière à déconnecter le brin 401a de l'autre brin 402a de l'élément filaire 40a ([fig.10a]). L'enrobage par la couche de résine ou de polymère 120 peut ensuite être opéré ([fig.10b]). L'entaille 130 entre les brins 401a,402a permet une déconnexion

électrique, et son positionnement dans la surface de la puce 100 favorise son maintien dans l'enrobage. De plus, le fait que le brin déconnecté 401a soit solidaire d'un plot individuel 11a' évite une séparation intempestive entre ledit brin 401a et la puce 100.

- [0116] La présence d'une (ou plusieurs) extension(s) 21a,21b permet ainsi de déconnecter proprement deux brins de fils entre eux, sans risque d'endommagement de la puce 100, bien que l'entaille 130 soit opérée dans la surface de la puce 100. L'enrobage assure une bonne fixation mécanique entre les brins et la puce 100, l'entaille étant localisée dans la surface de la puce 100 et non à l'extérieur comme dans la pratique de l'état de la technique.
- [0117] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et aux exemples décrits, et on peut y apporter des variantes de réalisation sans sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications.
- [0118] En particulier, le procédé de fabrication selon la présente invention permet la réalisation de puces fonctionnelles 100 dont le capot 20 et le support 10 présentent des formes variées, telles que par exemple illustrées sur la [fig.11], avec des arêtes biseautées, arrondies ou crénelées, ou avec des structurations sur une face plane. Ces formes particulières peuvent apporter tout ou partie des avantages suivants : favoriser l'accroche et la tenue de la couche d'encapsulation 120, limiter les points singuliers (arêtes) susceptibles de fragiliser la puce 100, simplifier la préhension des puces 100, limiter l'encombrement et/ou améliorer l'intégration des puces fonctionnelles dans un produit final. Bien-sûr d'autres formes peuvent être envisageables compte tenu de la flexibilité apportée par le procédé.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de fabrication d'une puce fonctionnelle (100) comprenant les étapes suivantes :

- la fourniture d'une structure collective (200) formée par un substrat capot (220) assemblé sur un substrat support (210), ladite structure (200) définissant une pluralité de puces fonctionnelles (100),

- la singularisation des puces fonctionnelles (100), chaque puce (100) comprenant au moins deux plots de connexion électrique (11a,11b) destinés à être reliés à des éléments filaires (40a,40b),

le procédé de fabrication étant **caractérisé en ce que** :

- le substrat support (210) comprend une pluralité de composants micro-électroniques (211), chacun appartenant à une puce (100), et présente, sur sa face avant, au moins deux plots de connexion électrique (11a,11b) associés à un composant micro-électronique (211), des chemins de découpe (212) séparant les composants micro-électroniques (211) appartenant à des puces (100) voisines, et une première couche de protection (213) disposée sur les composants micro-électroniques (211) en dehors des chemins de découpe (212) et des plots de connexion (11a,11b) ;

- le substrat capot (220) comprend des premières portions (21), assemblées à la face avant du substrat support (210) via une couche de collage, et une deuxième partie (222) à distance de la face avant du substrat support (210), chaque première portion (21) formant une entree entre deux plots de connexion électrique (11a,11b) d'un composant micro-électronique (211) ;

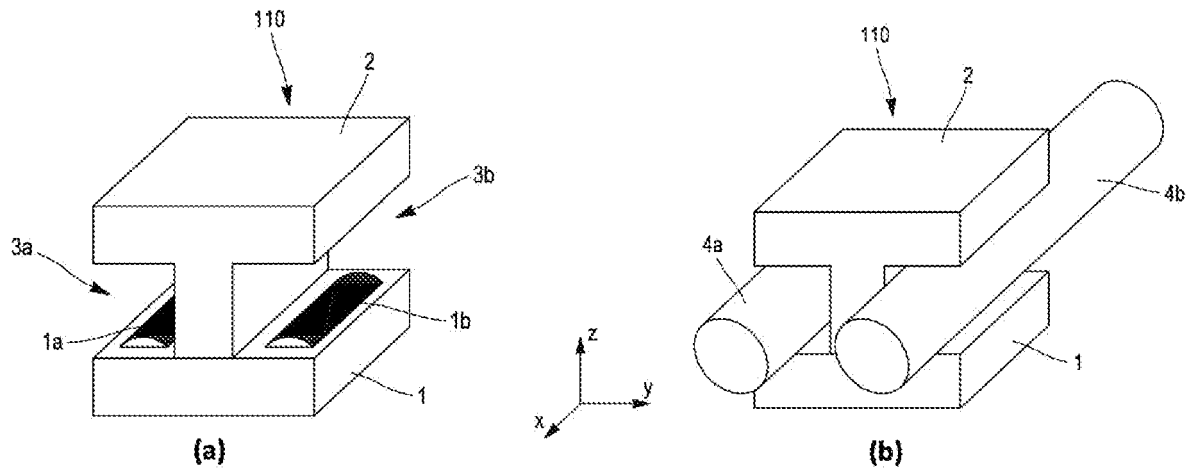
- la singularisation des puces fonctionnelles (100) comprend la formation d'un masque (230) sur une face libre de la structure collective (200), définissant des zones protégées (231) et des zones non protégées (233), et comprend la gravure sèche, par plasma ou par bombardement d'ions réactifs, du substrat capot (220) et du substrat support (210), à l'aplomb des zones non protégées (233) ;

les zones protégées (231) étant disposées soit à l'aplomb des premières portions (21), soit à l'aplomb des premières portions (21) et des deuxièmes portions (22) incluses dans la deuxième partie (222) du substrat capot (220), les deuxièmes portions (22) s'étendant en vis-à-vis des plots de connexion électrique (11a,11b) et étant crénelées pour autoriser un accès auxdits plots (11a,11b) selon un axe normal (z) à la

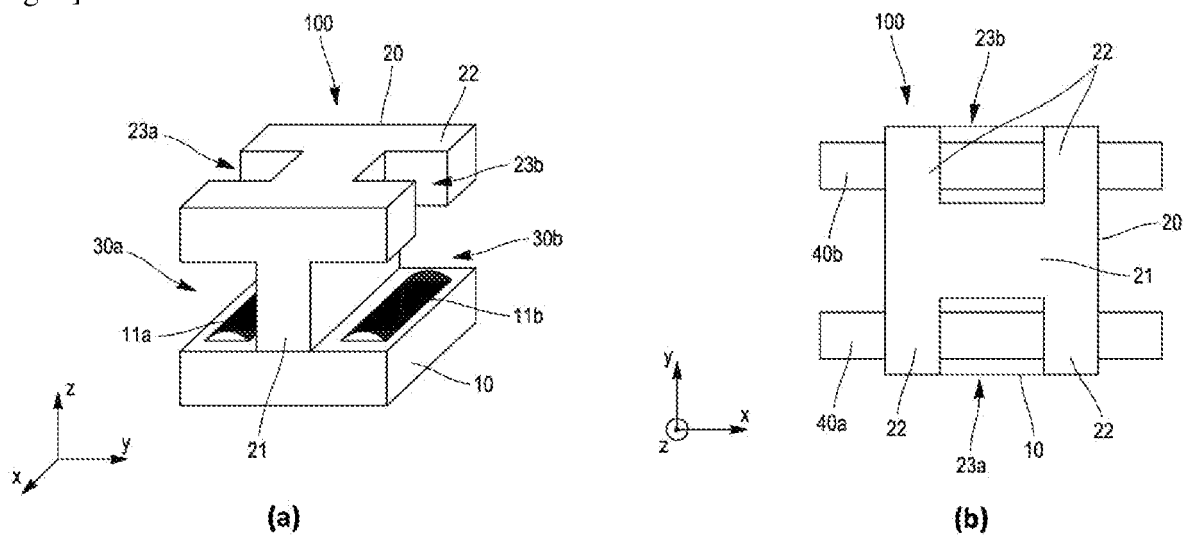
- face avant du substrat support (210).
- [Revendication 2] Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel le substrat support (210) comprend une plaquette en matériau semi-conducteur, en particulier en silicium.
- [Revendication 3] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le substrat capot (220) comprend une plaquette en matériau semi-conducteur, en particulier en silicium, ou en matériau isolant, en particulier en verre ou en saphir.
- [Revendication 4] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les premières portions (21) comportent, sur des flancs sensiblement normaux à la face avant du substrat support (10), une deuxième couche de protection (214).
- [Revendication 5] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la face interne, en vis-à-vis de la face avant du substrat support (210), de la deuxième partie (222) du substrat capot (220) comporte une deuxième couche de protection (214).
- [Revendication 6] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le substrat support (210) et le substrat capot (220) comprennent chacun une plaquette en matériau semi-conducteur de même nature et dans lequel la gravure sèche de l'étape de singularisation des puces fonctionnelles (100) se fait en un seul traitement.
- [Revendication 7] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, après la singularisation des puces fonctionnelles (100), chaque puce (100) comprend un capot (20) issu du substrat capot (220) et un support (10) issu du substrat support (210), le procédé comprenant ensuite une étape d'assemblage de chaque puce (100) avec deux éléments filaires (40a,40b), chaque élément filaire (40a,40b) étant disposé dans une rainure (30a,30b) délimitée par un flanc d'une première portion (21) du capot (20) et une zone en face avant du support (10) occupée par le plot de connexion électrique (11a,11b), ou par une deuxième portion (22) du capot (20), un flanc d'une première portion (21) du capot (20) et une zone en face avant du support (10) occupée par le plot de connexion électrique (11a,11b).
- [Revendication 8] Procédé de fabrication selon la revendication précédente, comprenant le dépôt d'une couche de résine ou de polymère (120) sur tout ou partie de la puce (100) et sur les éléments filaires (40a,40b), pour renforcer la tenue mécanique entre ladite puce (100) et lesdits éléments filaires (40a,40b).

[Revendication 9] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel au moins un composant micro-électronique (211) d'une puce (100) comprend deux paires de plots de connexion électrique (11a,11a' ;11b,11b'), et dans lequel la première portion (21) du substrat capot (220), qui forme une entretoise entre lesdites deux paires (11a,11a' ;11b,11b'), comprend une extension (21a) formant une deuxième entretoise entre des plots individuels (11a,11a') de connexion d'une paire de plots de connexion électrique (11a,11a').

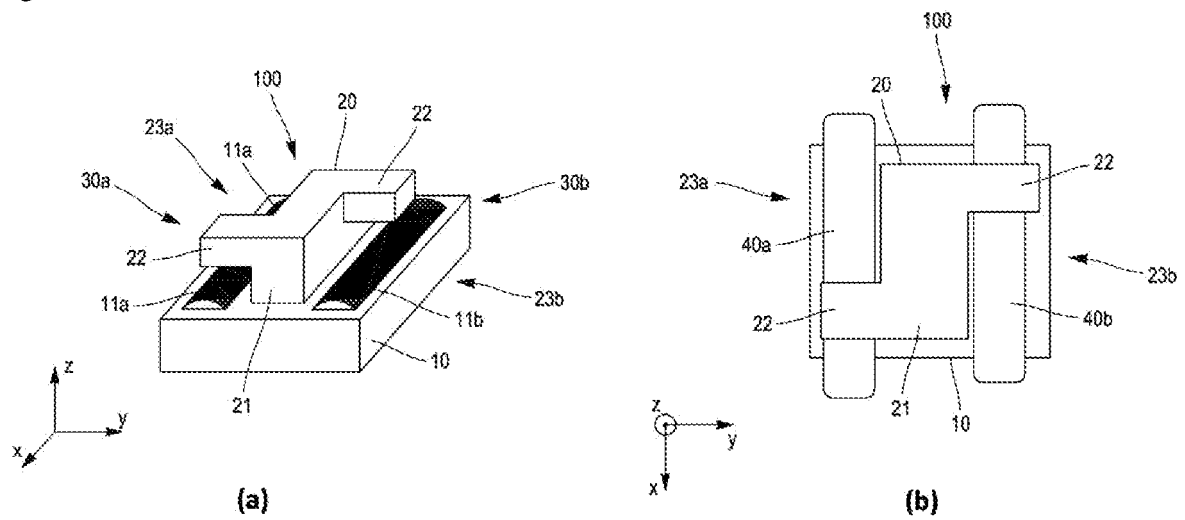
[Fig. 1]



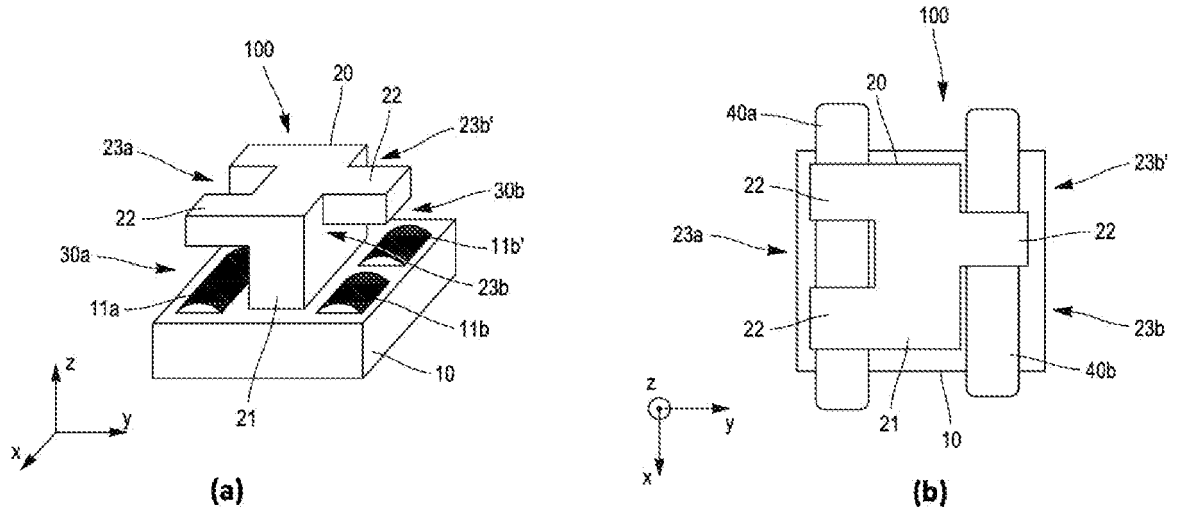
[Fig. 2]



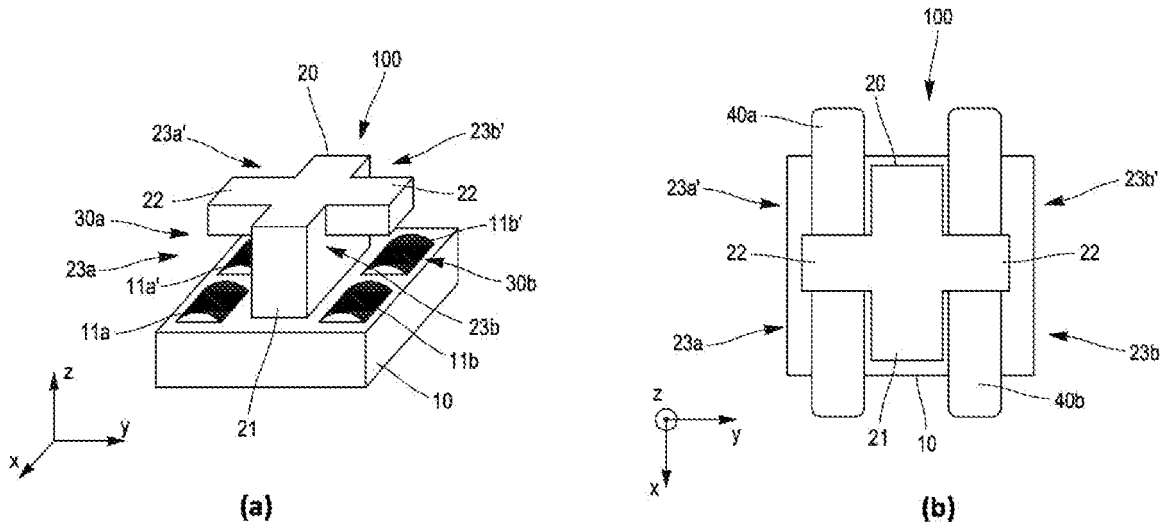
[Fig. 3]



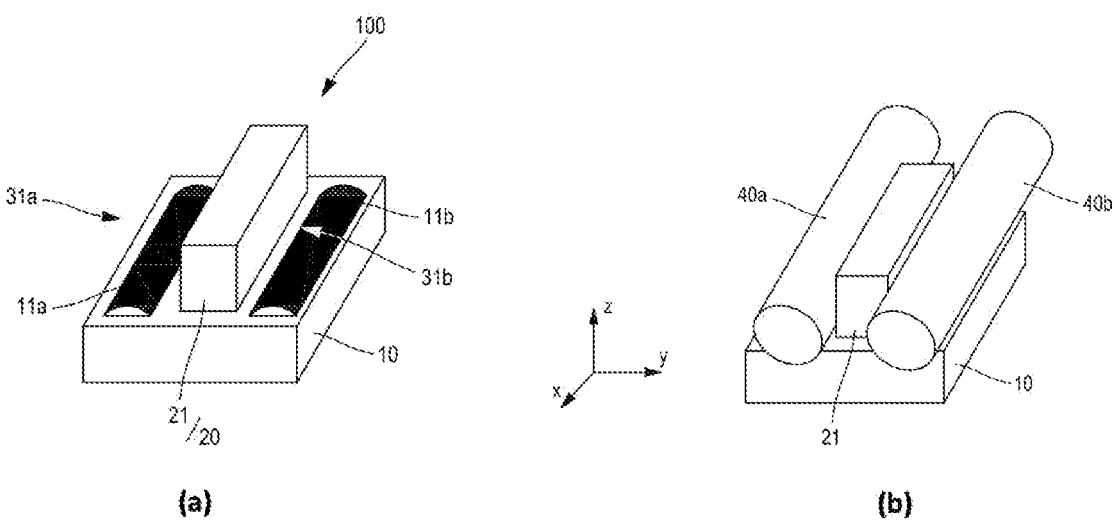
[Fig. 4]



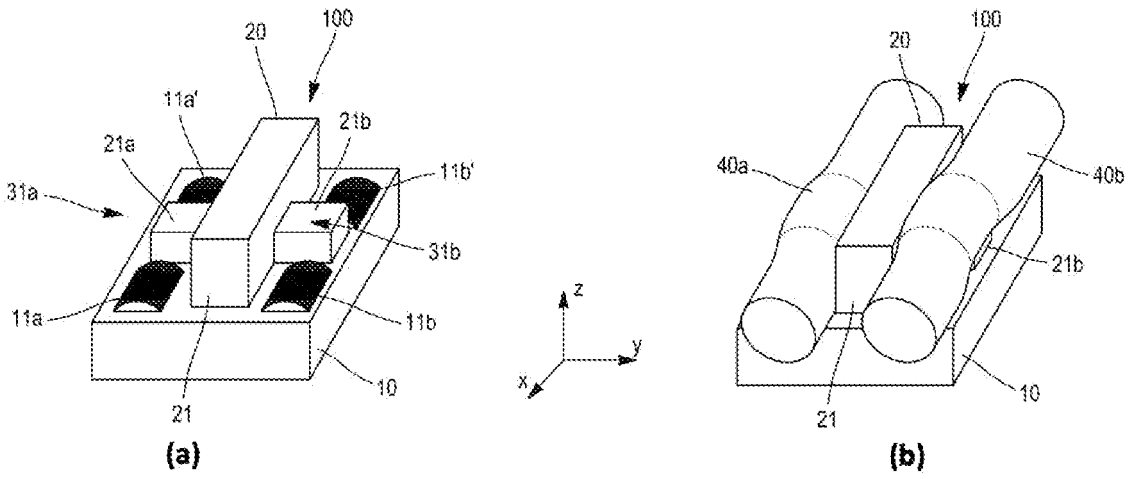
[Fig. 5]



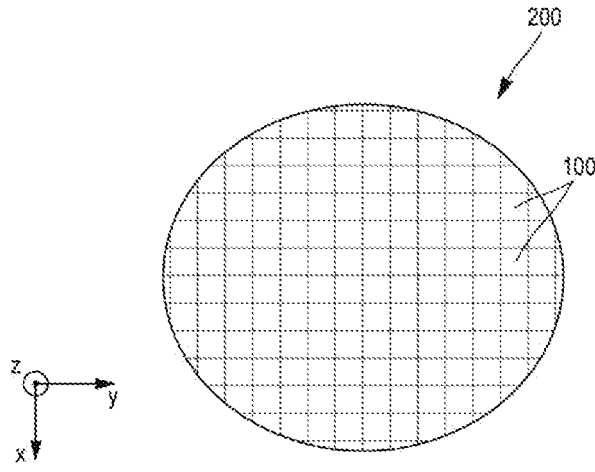
[Fig. 6]



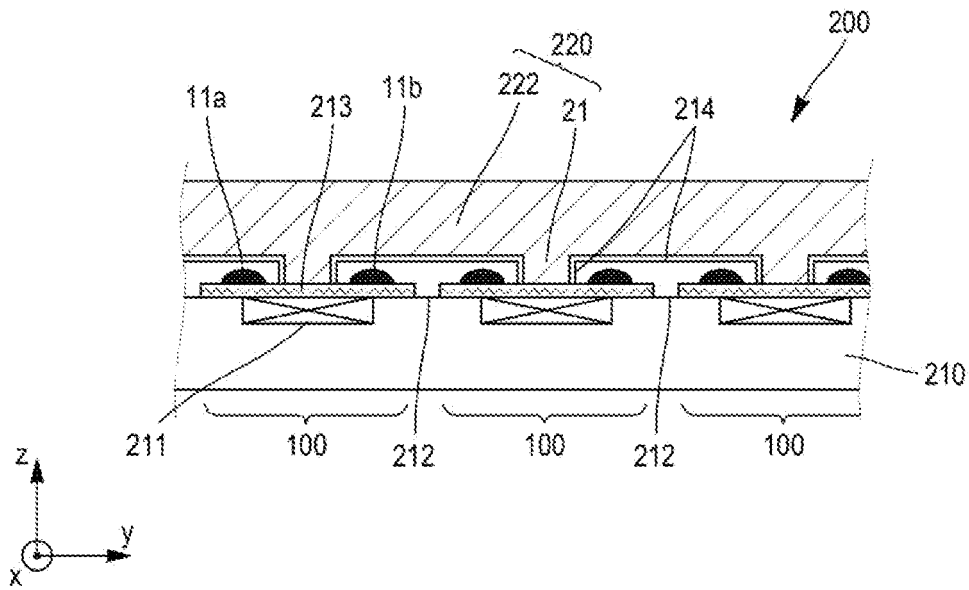
[Fig. 7]



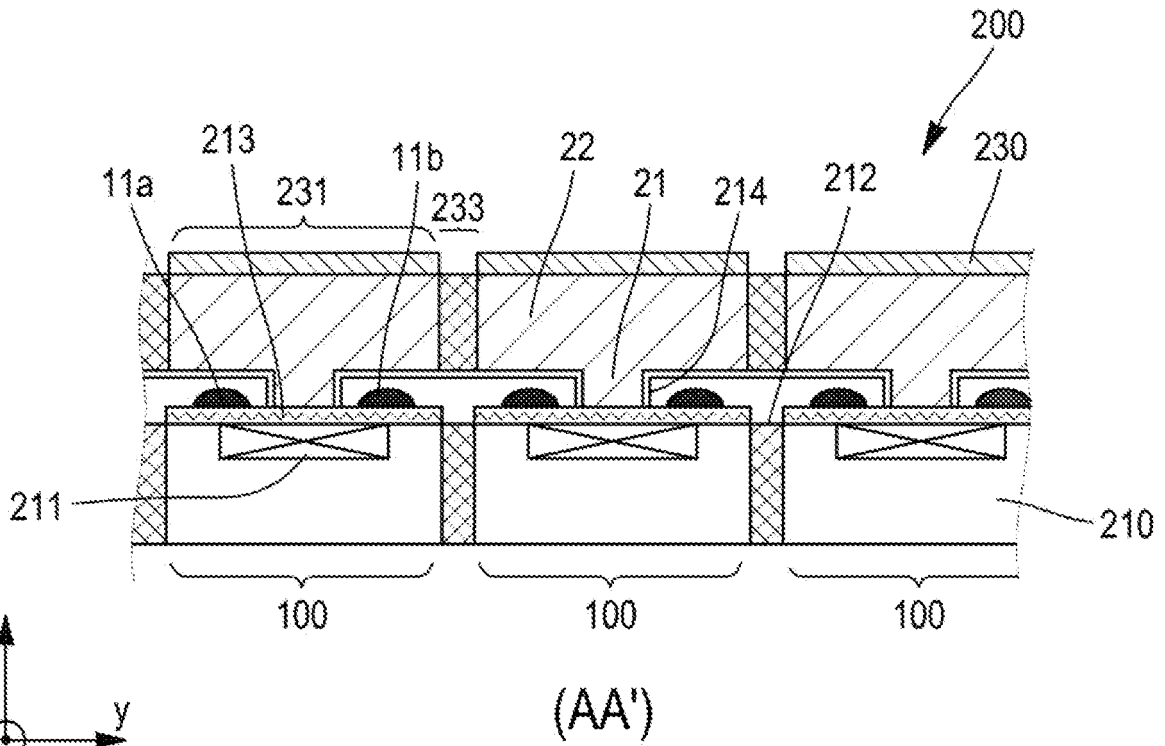
[Fig. 8a]



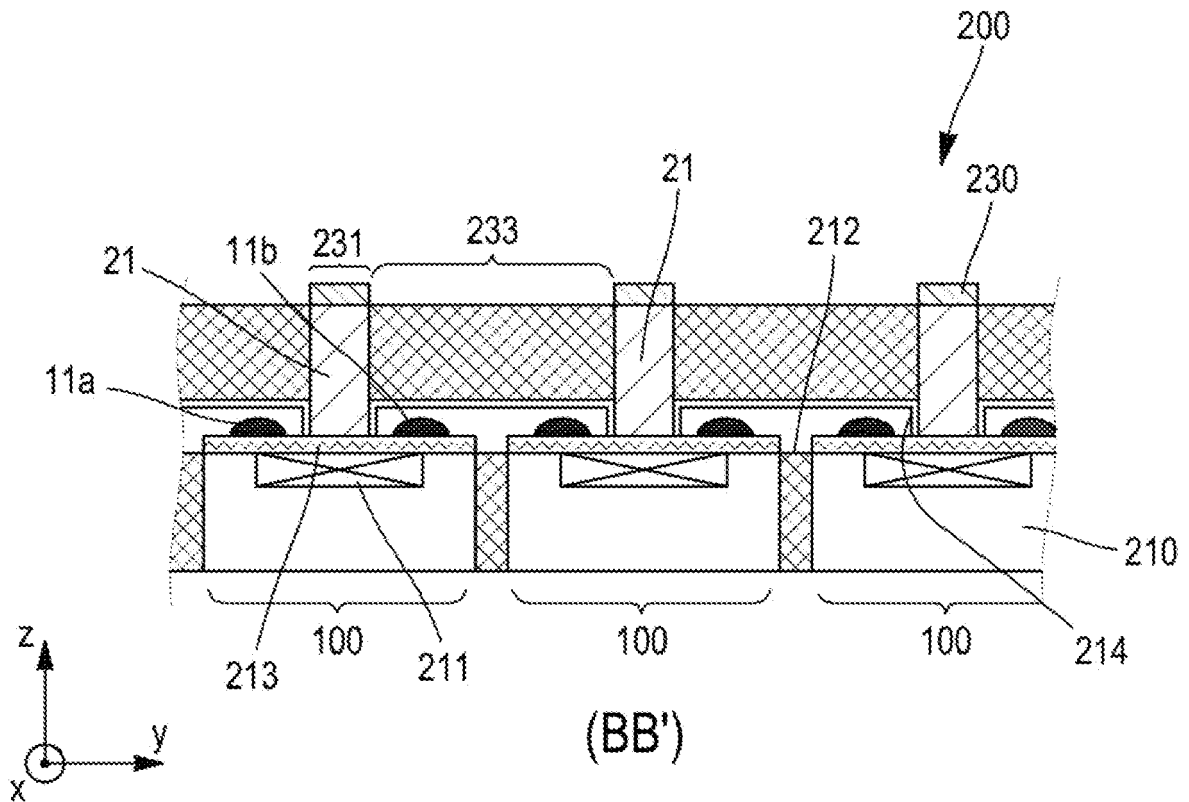
[Fig. 8b]



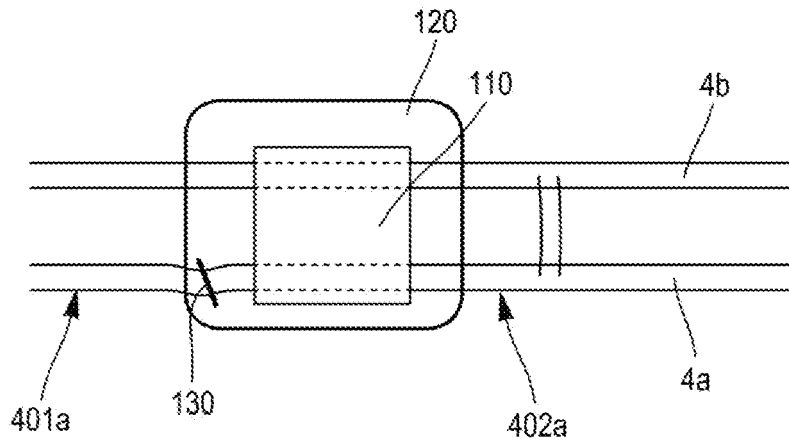
[Fig. 8c]



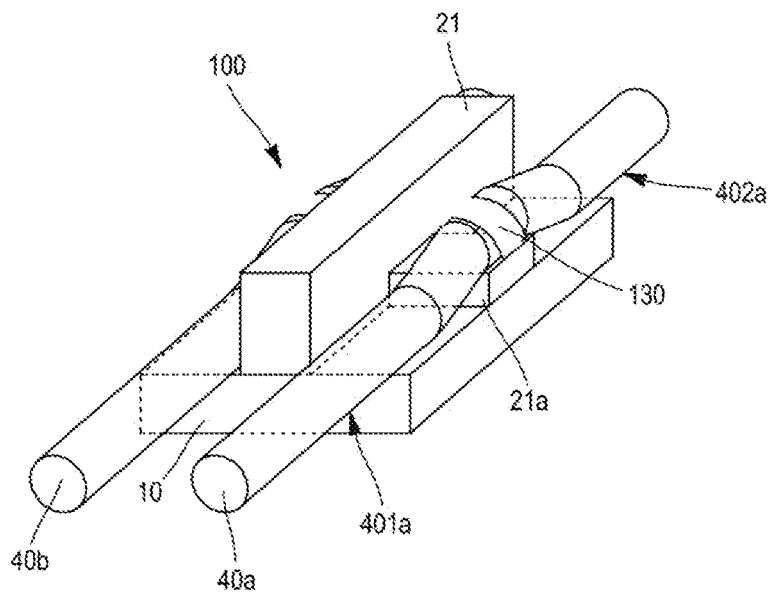
[Fig. 8f]



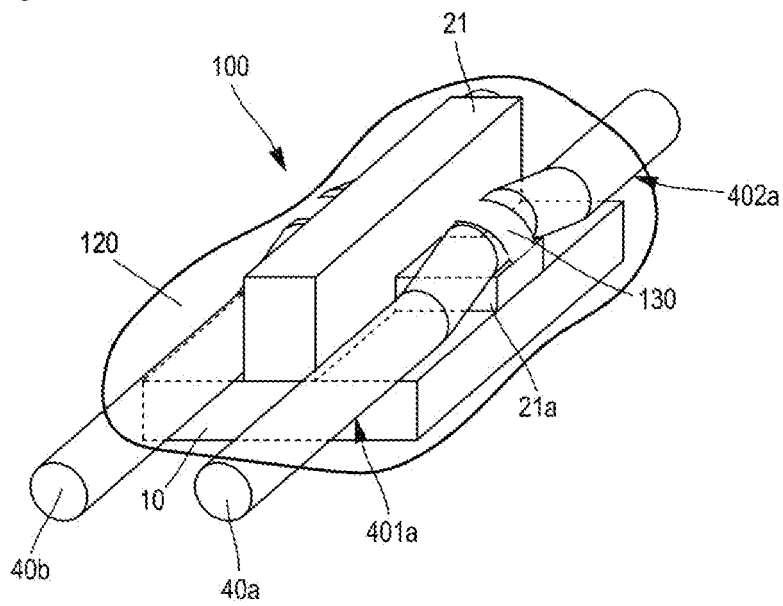
[Fig. 9]



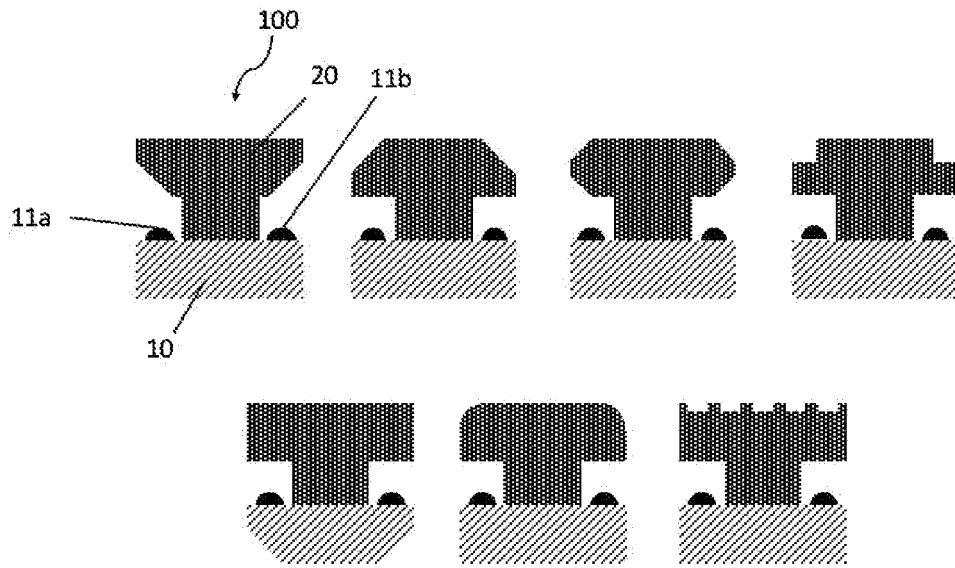
[Fig. 10a]



[Fig. 10b]



[Fig. 11]



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 9 443 782 B1 (STEIMLE ROBERT F [US] ET
AL) 13 septembre 2016 (2016-09-13)

US 2006/175697 A1 (KUROSAWA TETSUYA [JP]
ET AL) 10 août 2006 (2006-08-10)

**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