

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 105 877

21 N° d'enregistrement national : 19 15718

51 Int Cl⁸ : H 01 L 27/00 (2019.12), H 01 L 21/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 30.12.19.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 02.07.21 Bulletin 21/26.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public — FR.

72 Inventeur(s) : DELAET Bertrand, BERNARD Jeannet et DOUMA Marion.

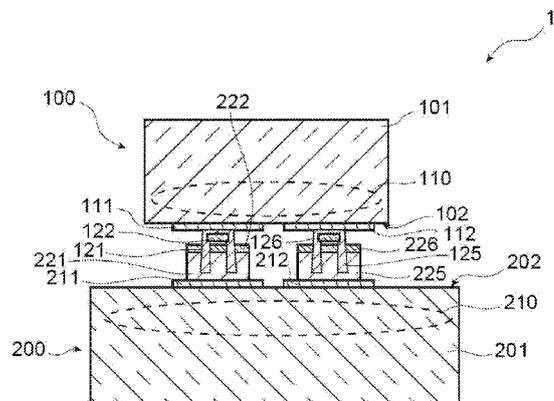
73 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public.

74 Mandataire(s) : BREVALEX.

54 Procédé de connexion autoalignée d'une structure à un support, dispositif obtenu à partir d'un tel procédé, et les structure et support mis en œuvre par un tel procédé.

57 L'invention concerne un procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice (100) sur un support (200). Le procédé comprend les étapes de : fourniture d'une structure semiconductrice (100) comprenant au moins un deux organes primaires de connexion comprenant chacun un premier élément d'alignement magnétique (122, 126) comprenant un matériau ferromagnétique ; fourniture du support (200), le support (200) comprenant au moins deux organes secondaires de connexion (221, 225) comprenant chacun un deuxième élément d'alignement magnétique (222, 226) comprenant un matériau ferromagnétique, au moins les uns parmi les premier élément d'alignement magnétique (122, 126) et le deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226) sont des aimants permanents ; et le placement et libération de la structure semiconductrice (100) à distance du support (200) pour obtenir un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126) avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226) correspondant.

Figure pour l'abrégié : figure 1C



FR 3 105 877 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de connexion autoalignée d'une structure à un support, dispositif obtenu à partir d'un tel procédé, et les structure et support mis en œuvre par un tel procédé

Domaine technique

- [0001] L'invention concerne le domaine des dispositifs semiconducteurs et plus particulièrement les dispositifs optoélectroniques.
- [0002] L'invention a ainsi pour objet un procédé de connexion par hybridation d'une structure sur un support semiconducteur, un dispositif obtenu au moyen d'une telle connexion et les structures semiconductrices et support mis en œuvre lors d'une telle connexion.

État de l'art antérieur

- [0003] La fabrication de certains dispositifs semiconducteurs dont notamment certains dispositifs optoélectroniques, peut nécessiter de connecter une structure semiconductrice à un support. Une telle connexion est ainsi, par exemple, nécessaire pour connecter une structure en semiconducteur III/V à un support en silicium comprenant une unité de commande de ladite structure.
- [0004] Lors de cette connexion, il est primordial que la structure présente un bon alignement vis-à-vis du support auquel elle doit être connectée. Si cet alignement est généralement réalisé optiquement, avec la réduction de la taille de ces structures, et donc des zones de contact qu'elles comportent, il est nécessaire de développer des méthodes d'alignement complémentaires.
- [0005] Il est ainsi connu des documents US 2007/0231961 et US 2007/231826 de prévoir des éléments d'alignement magnétique, tels des plots magnétiques à aimantation permanente, sur la structure et le support afin d'aligner la structure avec le support. Avec de tels éléments d'alignement magnétique, l'alignement est obtenu en disposant la structure en face du support les éléments d'alignement magnétique de la structure grossièrement alignée vis-à-vis des éléments d'alignement magnétique correspondant du support et par une libération de la structure. La force d'attraction entre les éléments d'alignement magnétique de la structure et du support assure l'alignement de la structure vis-à-vis du support.
- [0006] Que ce soit le procédé d'alignement divulgué par le document US 2007/0231961 et celui divulgué par le document US 2007/231826, la connexion électrique entre la structure et le support est fournie par une mise en contact de zones de contact de la structure avec celle du support, ceci sous la contrainte appliquée par la force d'attraction entre les éléments d'alignement magnétique.

[0007] Ainsi, si un tel procédé d'alignement magnétique permet un alignement complémentaire et amélioré vis-à-vis d'un simple alignement optique, il présente un certain nombre d'inconvénients. En effet, la force d'attraction doit être suffisamment importante pour assurer à la fois l'alignement, la connexion électrique et le maintien en place de la structure sur le support. Il en résulte un dimensionnement relativement important des éléments d'alignement magnétique pour assurer cette connexion électrique et le maintien de la structure sur le support, la compacité de la structure s'en trouvant donc affectée.

Exposé de l'invention

[0008] L'invention vise à l'inconvénient ci-dessus et a ainsi pour but de fournir un procédé de connexion d'une structure semiconductrice sur un support offrant une précision d'alignement similaire à celle obtenue par l'utilisation d'éléments d'alignement magnétique sans présenter les inconvénients inhérents à l'utilisation de tels éléments d'alignement magnétique.

[0009] L'invention concerne à cet effet un procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice sur un support, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- fourniture de la structure semiconductrice, la structure semiconductrice comprenant :
 - o une couche support dans laquelle est aménagée au moins une partie active de ladite structure semiconductrice, ladite couche support comprenant en outre au moins une première et une deuxième zone de contact de ladite partie active,
 - o au moins deux organes primaires de connexion d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion étant en contact électrique avec respectivement la première et la deuxième zone de contact, au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion comprenant chacun un premier élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques,
- fourniture du support, le support comprenant :
 - o au moins une troisième et une quatrième zone de contact,
 - o au moins deux organes secondaires de connexion chacun en correspondance avec un organe primaire de connexion respectif de la structure, lesdits organes secondaires de connexion étant de l'autre type parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion étant en contact électrique avec respectivement la troisième et la quatrième zone de contact, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion comprenant chacun un deuxième élément d'alignement magnétique d'un type sé-

lectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, les premiers éléments d'alignement magnétique et/ou les deuxièmes éléments d'alignement étant du type aimants permanents,

- placement et libération de la structure semiconductrice à une distance du support choisie en fonction d'une force d'attraction entre les premiers éléments d'alignement magnétique des organes primaires de connexion et les deuxièmes éléments d'alignement magnétique correspondant et d'une masse de ladite structure semiconductrice, ceci pour obtenir un alignement par attraction magnétique de la structure semiconductrice vis-à-vis du support avec un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique correspondant lors de sa libération de la structure semiconductrice,

- connexion de la structure semiconductrice au support par accouplement des organes de connexion primaires avec les organes de connexion secondaires, cet accouplement étant obtenu par insertion des organes parmi les organes primaires de connexion et les organes secondaires de connexion qui sont du type inserts dans les organes de connexion correspondant parmi les organes primaires de connexion et les organes secondaires de connexion qui sont du type plot en matériau ductile métallique de manière à loger lesdits organes du type insert dans lesdits organes de connexion du type plot en matériau ductile.

[0010] Un tel procédé d'assemblage permet la formation d'un assemblage entre une structure et un support avec un bon alignement des zones de contact et de leurs organes de connexion de la structure avec ceux du support ceci sans faire appel à un système d'alignement optique spécifiquement adapté pour une telle précision d'alignement. En effet, les éléments d'alignement magnétique étant directement associés aux organes de connexions, les forces d'attractions magnétiques entre les premiers éléments d'alignement magnétique et les deuxièmes éléments magnétiques permettent d'assurer un bon alignement entre les organes primaires de connexion et les organes secondaires de connexion.

[0011] De plus, avec une telle association entre les éléments d'alignement magnétique et les organes de connexion, la surface occupée par ces derniers est optimisée et il est possible d'augmenter la densité des structures connectées sur un même support vis-à-vis des procédés de l'art antérieur basé sur les forces d'attraction magnétiques et donc d'obtenir une meilleure résolution pour le dispositif formé lors d'une telle association.

[0012] On entend ci-dessus et dans le reste de ce document, en conformité avec les connaissances de l'homme du métier, par du type « aimants permanents », un élément qui comporte des matériaux magnétiques et qui présente aimantation rémanente. Les matériaux formant de tels aimants permanents contiennent généralement des atomes

d'au moins un des éléments chimiques suivants : fer Fe, cobalt Co ou nickel Ni, ou de la famille des lanthanides (terres rares). Ainsi dans le cadre de l'invention de tels aimants permanents peuvent être par exemple obtenus au moyen d'un alliage cobalt-platine, ou par une alternance antiferromagnétique/ferromagnétique. Bien entendu, d'autres alliages connus de l'homme du métier comme étant des aimants permanent sont envisageables comme par exemple les ferromagnétiques dits durs et qui ont un champ coercitif fort, tels que les alliages de samarium cobalt SmCo, les alliages de néodyme, de fer et de bore NdFeB, les alliages d'aluminium, nickel et de cobalt AlNiCo.

- [0013] De la même façon, par « du type ferromagnétiques doux », il doit être entendu, ci-dessus et dans le reste de ce document, ceci en opposition aux du type « aimants permanents », un élément qui comporte un matériau ferromagnétique qui n'est pas apte à présenter d'aimantation permanente, de tel matériau présentant généralement au moins un des éléments chimiques suivants : fer Fe, cobalt Co ou nickel Ni.
- [0014] Lors de la fourniture de la structure semiconductrice, la structure semiconductrice peut comprendre au moins trois organes primaires de connexion incluant les au moins deux organes de connexion, au moins l'un parmi lesdits organes primaires de connexion comprenant un premier élément d'alignement magnétique sans association à une quelconque zone de contact de la zone active,
- [0015] lors de la fourniture du support, le support comprenant au moins trois organes secondaires de connexion incluant lesdits au moins deux organes secondaires de connexion, au moins l'un parmi lesdits organes secondaires de connexion comprenant un deuxième élément d'alignement magnétique sans association à une quelconque zone de contact de la zone active et en correspondance avec le premier élément d'alignement magnétique de l'organe primaire de connexion sans association à une quelconque zone de contact de la zone active.
- [0016] Ainsi, avec une telle configuration, il est possible d'optimiser la tenue mécanique de la structure semiconductrice sur le support, celle-ci étant fournie par l'intermédiaire des au moins trois organes de connexion tout en assurant une bonne connexion électrique puisqu'au moins une connexion électrique est obtenue sans risque qu'un élément d'alignement magnétique réduise la conductivité de la connexion électrique entre les organes primaires de connexion et les organes secondaires de connexion qui en sont dépourvus.
- [0017] La structure semiconductrice peut comprendre au moins trois organes primaires de connexion incluant les au moins deux organes de connexion, au moins un parmi lesdits organes primaires de connexion étant dénué de premier élément d'alignement magnétique et d'association à une quelconque zone de contact de la zone active.
- [0018] Lors de la fourniture du support, le support comprenant au moins trois organes se-

secondaires de connexion incluant lesdits au moins deux organes secondaires de connexion, au moins l'un parmi lesdits organes secondaires de connexion étant dénué de deuxième élément d'alignement magnétique, est sans association à une quelconque zone de contact de la zone active et en correspondance avec l'organe primaire de connexion de la structure qui est dénué de premier élément d'alignement magnétique et d'association à une quelconque zone de contact de la zone active.

[0019] De cette manière, une bonne tenue mécanique est assurée entre la structure semiconductrice et le support puisqu'au moins un organe primaire de connexion et un organe secondaire de connexion sont en prise l'un avec l'autre sans interférence avec un quelconque élément d'alignement magnétique.

[0020] L'invention concerne en outre un procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice sur un support, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- fourniture de la structure semiconductrice, la structure semiconductrice comprenant :

- o une couche support dans laquelle est aménagée au moins une partie active de ladite structure semiconductrice, ladite couche support comprenant en outre au moins une première zone de contact de ladite partie active,

- o un unique organe primaire de connexion d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe primaire de connexion étant en contact électrique avec la première zone de contact, ledit organe primaire de connexion comprenant un premier élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

- fourniture du support, le support comprenant :

- o une troisième zone de contact,

- o un unique organe secondaire de connexion en correspondance avec l'organe primaire de connexion de la structure semiconductrice, ledit organe secondaires de connexion étant de l'autre type parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe secondaire de connexion étant en contact électrique avec la troisième zone de contact, ledit organe secondaire de connexion comprenant un deuxième élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, le premier élément d'alignement magnétique et/ou le deuxième élément d'alignement étant du type aimants permanents,

- placement et libération de la structure semiconductrice à une distance du support choisie en fonction d'une force d'attraction entre le premier élément d'alignement magnétique de l'organe primaire de connexion et le deuxième élément d'alignement magnétique correspondant et d'une masse de ladite structure semiconductrice, ceci pour obtenir un alignement par attraction magnétique de la structure semiconductrice vis-

à-vis du support avec un alignement du premier élément d'alignement magnétique avec le deuxième élément d'alignement magnétique lors de la libération de structure semiconductrice,

- connexion de la structure semiconductrice au support par accouplement de l'organe de connexion primaire avec l'organe de connexion secondaire, cet accouplement étant obtenu par insertion de l'organe parmi l'organes primaires de connexion et l'organe secondaire de connexion qui est du type insert dans les organes de connexion correspondant parmi l'organe primaire de connexion et l'organe secondaire de connexion qui est du type plot en matériau ductile métallique de manière à loger ledit organe du type insert dans ledit organe de connexion du type plot en matériau ductile.

- [0021] Un tel procédé d'assemblage permet la formation d'un assemblage entre une structure et un support avec un bon alignement des zones de contact et de leurs organes de connexion de la structure avec ceux du support ceci sans faire appel à un système d'alignement optique spécifiquement adapté pour une telle précision d'alignement. En effet, les éléments d'alignement magnétique étant directement associés aux organes de connexions, les forces d'attractions magnétiques entre les premiers éléments d'alignement magnétique et les deuxièmes éléments magnétiques permettent d'assurer un bon alignement entre les organes primaires de connexion et les organes secondaires de connexion.
- [0022] De plus, avec une telle association entre les éléments d'alignement magnétique et les organes de connexion, la surface occupée par ces derniers est optimisée et il est possible d'augmenter la densité des structures connectées sur un même support vis-à-vis des procédés de l'art antérieur basé sur les forces d'attraction magnétiques et donc d'obtenir une meilleure résolution pour le dispositif formé lors d'une telle association.
- [0023] Lors de l'étape de fourniture de la structure semiconductrice et lors de la fourniture du support, le ou chaque premier élément d'alignement magnétique ou le ou chaque deuxième élément d'alignement magnétique, est du type ferromagnétiques doux.
- [0024] D'une telle manière, seuls le ou les uns parmi le ou les premiers et le ou les deuxièmes éléments d'alignement magnétique du type aimants permanent ont à être aimantés, ce qui facilite la fourniture de celui parmi la structure semiconductrice et le support qui comprend le ou les éléments d'alignement magnétique qui est/sont du type ferromagnétique doux. Le procédé de connexion par hybridation s'en trouve simplifié.
- [0025] Lors des étapes de fourniture de la structure semiconductrice (100) et du support, le ou chaque premier élément d'alignement magnétique et le ou chaque deuxième élément d'alignement magnétique peuvent être du type aimants permanents.
- [0026] Une telle configuration permet d'optimiser les forces d'alignement magnétique entre les éléments d'alignement magnétique.

- [0027] La structure semiconductrice peut être une structure optoélectronique préférentiellement sélectionnée parmi les diodes électroluminescentes et les photodiodes, et dans lequel le support comprend une unité de commande de ladite structure semiconductrice.
- [0028] Une telle structure semiconductrice bénéficie particulièrement de l'invention, puisqu'elle est généralement réalisée dans un matériau semiconducteur III-V et doit généralement être connectée à un support de commande en silicium dans le cadre de la formation d'une organisation matricielle avec une occupation et un alignement optimisés pour réduire le pas entre deux structures semiconductrices successives.
- [0029] Chacun des premiers éléments d'alignement magnétique et des deuxièmes éléments d'alignement magnétique peut être sélectionné dans le groupe comportant :
- un revêtement de l'organe primaire de connexion ou de l'organe secondaire de connexion correspondant,
 - un élément d'alignement prolongeant l'organe primaire de connexion ou l'organe secondaire de connexion correspondant à l'opposé de la zone de connexion correspondante,
 - un corps d'organe de connexion de l'organe primaire de connexion ou de l'organe secondaire de connexion correspondant.
- [0030] Les organes primaires de connexion peuvent être du type insert, les organes secondaires de connexion étant du type plot en matériau métallique ductile.
- [0031] L'invention concerne en outre un dispositif semiconducteur comprenant une structure semiconductrice et un support, la structure semiconductrice comprenant :
- une couche support dans laquelle est aménagée au moins une partie active de ladite structure semiconductrice et au moins une première et une deuxième zone de contact de ladite partie active, et
 - au moins deux premiers éléments d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux;
- le support comprenant :
- au moins une troisième et une quatrième zone de contact,
 - au moins deux deuxièmes éléments d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, les premiers éléments d'alignement magnétique et/ou les deuxièmes éléments d'alignement étant du type aimants permanents;
- dans lequel :
- la structure semiconductrice comprend au moins deux organes primaires de connexion d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion étant en contact électrique avec respectivement la première et la deuxième

zone de contact,

- le support comprend au moins deux organes secondaires de connexion chacun en correspondance avec un organe primaire de connexion respectif de la structure semiconductrice, lesdits organes secondaires de connexion étant de l'autre type parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion étant en contact électrique avec respectivement la troisième et la quatrième zone de contact,
- au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion comprenant chacun l'un des premiers éléments d'alignement magnétique,
- au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion comprenant chacun l'un des deuxièmes éléments d'alignement magnétique,
- la structure semiconductrice est connectée au support par accouplement des premier et deuxième organes de connexion primaires avec les deuxièmes organes de connexion secondaires, cet accouplement étant fourni par un logement des organes parmi les organes primaires de connexion et les organes secondaires de connexion qui sont du type inserts dans les organes de connexion correspondant parmi les organes primaires de connexion et les organes secondaires de connexion qui sont du type plot en matériau ductile métallique, et
- la structure semiconductrice est alignée vis-à-vis du support avec un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique correspondant.

- [0032] L'invention concerne en outre un dispositif semiconducteur comprenant une structure semiconductrice et un support, la structure semiconductrice comprenant :
- une couche support dans laquelle est aménagée au moins une partie active de ladite structure semiconductrice et une première zone de contact de ladite partie active, et
 - un unique premier élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux ;
- le support comprenant :
- au moins une troisième zone de contact,
 - un unique deuxième élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, le premier élément d'alignement magnétique et/ou le deuxième élément d'alignement magnétique étant du type aimants permanents;
- dans lequel :
- la structure semiconductrice comprend un unique organe primaire de connexion d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, l'organe primaire de connexion étant en contact électrique avec la première zone de contact,

- le support comprend un unique organe secondaire de connexion en correspondance avec l'organe primaire de connexion de la structure semiconductrice, ledit organe secondaire de connexion étant de l'autre type parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe secondaire de connexion étant en contact électrique avec la troisième zone de contact,
- l'organe primaire de connexion comprend le premier élément d'alignement magnétique,
- l'organe secondaire de connexion comprend le deuxième élément d'alignement magnétique,
- la structure semiconductrice est connectée au support par accouplement de l'organe de connexion primaire avec le deuxième organe de connexion secondaire, cet accouplement étant fourni par un logement de l'organe de connexion parmi l'organe primaire de connexion et l'organe secondaire de connexion qui est du type insert dans l'organe de connexion correspondant parmi l'organe primaire de connexion et l'organe secondaire de connexion qui est du type plot en matériau ductile métallique, et
- la structure semiconductrice est alignée vis-à-vis du support avec un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique correspondant.

[0033] De tels dispositifs bénéficient des avantages liés à la mise en œuvre du procédé selon l'invention ceci avec notamment un alignement de la structure semiconductrice et du support combiné avec une optimisation de la surface occupée par les éléments d'alignement et les organes de connexion. Un tel dispositif peut ainsi présenter une meilleure résolution vis-à-vis d'un dispositif de l'art antérieur.

[0034] L'invention concerne en outre une structure semiconductrice comprenant :

- une couche support dans laquelle est aménagée au moins une partie active de ladite structure semiconductrice et au moins une première et une deuxième zone de contact de ladite partie active,
- au moins deux premiers éléments d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

dans laquelle la structure semiconductrice comprend au moins deux organes primaires de connexion d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion étant en contact électrique avec respectivement la première et la deuxième zone de contact,

au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion comprenant chacun l'un des premiers éléments d'alignement magnétique.

[0035] L'invention concerne en outre une structure semiconductrice comprenant :

- une couche support dans laquelle est aménagée au moins une partie active de ladite

structure semiconductrice et au moins une première zone de contact de ladite partie active,

- un unique premier élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

dans laquelle la structure semiconductrice comprend un unique organe primaire de connexion d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe primaire de connexion étant en contact électrique avec la première zone de contact,

et dans laquelle ledit organe primaire de connexion comprend le premier éléments d'alignement magnétique.

[0036] De telles structures sont adaptées pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'invention et permet donc de bénéficier des avantages qui y sont liés.

[0037] L'invention concerne en outre un support comprenant ;

- au moins une troisième et une quatrième zone de contact,

- au moins deux deuxièmes éléments d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

le support comprenant au moins deux organes secondaires de connexion chacun destiné à être en correspondance avec un organe primaire de connexion respectif d'une structure semiconductrice, lesdits organes secondaires de connexion étant d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion étant en contact électrique avec respectivement la troisième et la quatrième zone de contact,

et au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion comprenant chacun l'un des deuxièmes éléments d'alignement magnétique.

[0038] L'invention concerne en outre un support comprenant :

- au moins une troisième zone de contact,

- un unique deuxième élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

le support comprenant un unique organe secondaire de connexion destiné à être en correspondance avec un organe primaire de connexion respectif d'une structure semiconductrice, lesdits organe secondaires de connexion étant d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe secondaire de connexion étant en contact électrique avec la troisième zone de contact,

et ledit organe secondaire de connexion comprenant le deuxième élément d'alignement magnétique.

[0039] De tels supports sont adaptés pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'invention et permet donc de bénéficier des avantages qui y sont liés.

Brève description des dessins

- [0040] La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation, donnés à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :
- les figures 1A à 1C illustrent en vue en section les étapes principales d'un procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice sur un support,
 - la figure 2 illustre en vue de dessus le principe de l'alignement d'une structure selon l'invention,
 - la figure 3 illustre en vue de dessus un support conforme au principe de l'invention,
 - la figure 4 illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion destiné à équiper la structure et un organe secondaire de connexion destiné à équiper le support selon une première configuration de l'invention,
 - la figure 5 illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion destiné à équiper la structure et un organe secondaire de connexion destiné à équiper le support selon une deuxième configuration de l'invention,
 - la figure 6 illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion destiné à équiper la structure et un organe secondaire de connexion destiné à équiper le support selon une troisième configuration de l'invention,
 - la figure 7 illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion destiné à équiper la structure et un organe secondaire de connexion destiné à équiper le support selon une quatrième configuration de l'invention,
 - la figure 8 illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion destiné à équiper la structure et un organe secondaire de connexion destiné à équiper le support selon une cinquième configuration de l'invention,
 - les figures 9A et 9B illustrent, pour la figure 9A une vue en coupe d'un organe primaire de connexion destiné à équiper la structure et un organe secondaire de connexion destiné à équiper le support selon une sixième configuration de l'invention et, pour la figure 9B, une vue de dessus dudit organe secondaire de connexion,
 - les figures 10A à 10B illustrent par des vues en section deux étapes de fabrication d'un insert formant un organe de connexion selon l'invention, ledit insert étant formé dans un matériau ferromagnétique,
 - la figure 11 illustre en vue en section un insert formant un organe de connexion selon l'invention, ledit insert étant rempli d'un matériau ferromagnétique
 - les figures 12A à 12C illustrent trois étapes de fabrication d'un insert formant un organe de connexion selon l'invention, ledit insert présentant un aimant en son sommet,
 - les figures 13A à 13C illustrent respectivement une étape intermédiaire lors de la

formation d'un plot en matériau ductile métallique formant un organe de connexion selon l'invention, ledit plot présentant un élément d'alignement magnétique en son centre, et les vues en coupe et de dessus d'un tel plot une fois formé,

- les figures 14A à 14B illustrent respectivement une vue de dessus et une vue en coupe d'un plot en matériau ductile métallique formant un organe de connexion selon l'invention, ledit plot présentant un élément d'alignement magnétique sur sa périphérie,

- la figure 15 illustre en vue en section une structure semiconductrice connectée à un support selon une variante de l'invention dans laquelle la structure ne comporte qu'un organe primaire de connexion, le support ne comportant qu'un organe secondaire de connexion.

[0041] Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

[0042] Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

[0043] Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

Description des modes de réalisation

[0044] Les figures 1A à 1C illustrent un procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice 100, telle qu'une structure optoélectronique, sur un support 200, tel qu'un support comprenant une unité de commande 210 de la structure, semiconductrice 100 selon le principe de l'invention ou un circuit de connexion et d'alimentation de la structure semiconductrice 100, selon le principe de l'invention dans le cas où cette dernière intègre une unité de commande 210. Un tel procédé peut notamment être mis en œuvre pour la formation d'un dispositif semiconducteur 1, tel qu'un dispositif optoélectronique.

[0045] Principe de l'invention :

[0046] Un tel dispositif semiconducteur 1 peut comprendre, comme illustré sur la figure 1C :

- la structure semiconductrice 100 comprenant :

○ une couche support 101 dans laquelle est aménagée au moins une partie active 110 de ladite structure semiconductrice 100, ladite couche support comprenant en outre au moins une première et une deuxième zone de contact 111, 112 de ladite partie active 110,

○ deux organes primaires de connexion 121, 125 du type inserts en matériau conducteur, les organes primaires de connexion 121, 125 étant en contact électrique avec respectivement la première et la deuxième zone de contact 111, 112 les organes primaires de connexion 121, 125 comprenant chacun un premier élément d'alignement

magnétique 122, 126 d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

- le support 200 comprenant :

○ au moins une troisième et une quatrième zone de contact 211, 212,

○ deux organes secondaires de connexion 221, 225 chacun en correspondance avec un organe primaire de connexion 121, 125 respectif de la structure semiconductrice 100, lesdits organes secondaires de connexion étant du type plots en matériau ductile métallique, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion 221, 225 étant en contact électrique avec respectivement la troisième et la quatrième zone de contact 211, 212, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion comprenant chacun un deuxième élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, les premiers et/ou les deuxièmes éléments d'alignement magnétique étant du type aimants permanents.

[0047] Dans un tel dispositif semiconducteur, la structure semiconductrice 100 est connectée au support 200 par accouplement des organes primaires de connexion 121, 125 avec les organes secondaires de connexion 221, 225, cet accouplement étant fourni par un logement de chaque insert dans le plot en matériau ductile métallique correspondant, et la structure semiconductrice 100 est alignée vis-à-vis du support 200 avec un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique 122, 126 avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique 222, 226 correspondant.

[0048] Il est également à noter que, selon une variante de l'invention qui sera décrite à la fin de ce document, il est également envisageable, dans le cas où une seule connexion serait requise, que la structure semiconductrice 100 comprenne une couche support ne présentant qu'une seule première zone primaire de contact 111 associée à un organe primaire de connexion 121, le support ne comportant qu'une unique première zone secondaire de contact 211 associée à un organe secondaire de connexion. Dans ce cadre-là, seule la fonction alignement dans le plan offerte par l'invention est requise et il n'est pas nécessaire de prévoir deux premiers éléments d'alignement magnétique et deux deuxièmes éléments d'alignement magnétique, un seul de chacun de ces éléments d'alignement magnétique étant alors souhaité.

[0049] Selon un premier exemple d'application de l'invention, la structure semiconductrice 100 est une structure optoélectronique adaptée pour émettre un rayonnement électromagnétique. Ainsi, la structure semiconductrice 100 peut être, par exemple, une diode électroluminescente adaptée pour émettre un rayonnement électromagnétique dans une plage de longueur d'onde donnée ou une diode laser. Selon cette possibilité, la partie active 110 de la structure semiconductrice 100 est la jonction semiconductrice de la diode, que celle-ci soit une diode électroluminescente ou une diode laser, les première et deuxième zones de contact 111, 112 étant respectivement la zone N et la zone P de

ladite diode. On notera que conformément à ce premier exemple d'application, le dispositif semiconducteur 1 peut être un dispositif émetteur de lumière, tel qu'un écran, et comporter une pluralité de structures organisées en matrice.

[0050] Selon un deuxième exemple d'application de l'invention, la structure semiconductrice est une structure optoélectronique adaptée pour détecter un rayonnement électromagnétique dans une longueur d'onde donnée, telle qu'une photodiode. Selon cette possibilité, la partie active 110 de la structure semiconductrice 100 est la jonction semiconductrice de la photodiode les première et deuxième zones de contact 111, 112 étant respectivement la zone N et la zone P de ladite diode. On notera que conformément à ce deuxième exemple d'application, le dispositif semiconducteur 1 peut être un détecteur de lumière, tel qu'un capteur matriciel, et comporter une pluralité de structures organisées en matrice.

[0051] Bien entendu, ces deux exemples d'application ne sont nullement limitatifs et ne sont fournis qu'à titre d'exemple.

[0052] Conformément au premier et au deuxième exemple d'application, la couche support 101 de la structure semiconductrice 100 est adaptée en fonction de la plage de longueur de fonctionnement de la structure semiconductrice, c'est-à-dire, pour le premier exemple d'application, la plage de longueur d'onde d'émission et pour le deuxième exemple d'application, la plage de longueur d'onde de détection. Ainsi, la couche support 101 peut être un semiconducteur III-V, tel qu'un alliage binaire par exemple du nitrure de gallium GaN ou du phosphore d'indium InP, ou un alliage ternaire tel qu'un arséniure de gallium aluminium AlGaAs ou un nitrure d'arséniure d'aluminium AlGaIn.

[0053] Ainsi, conformément à la figure 1C, chaque organe primaire de connexion 121, 125 peut être du type micro-tube, tel que divulgué dans le document WO2009/115686. En variante, chaque organe primaire de connexion peut présenter une autre forme que celle d'un micro-tube, tel que, par exemple, celle d'une tige.

[0054] Chaque organe primaire de connexion 121, 125 est du type insert et est adapté pour s'insérer dans un organe secondaire de connexion 221, 225 du support 200. L'organe primaire de connexion peut être réalisé dans un matériau conducteur sélectionné dans le groupe comportant le cuivre Cu, le Titane Ti, le tungstène W, le Chrome Cr, le nickel Ni, le platine Pt, le palladium Pd et leurs alliages, tels que le siliciure de tungstène WSi, le nitrure de tungstène WN et le nitrure de titane TiN. En particulier et de manière avantageuse l'organe primaire de connexion, lorsqu'il est du type insert, comprend au moins l'un parmi les nitrures de titane TiN et les siliciures de tungstène WSi et le nickel Ni.

[0055] Chacun des organes primaires de connexion 121, 125 comprend le premier élément magnétique d'alignement 122, 126 comprenant un matériau magnétique. Comme

illustré sur la figure 1A, le premier élément magnétique d'alignement 122, 126 peut être logé dans l'organe primaire de connexion 121, 125.

- [0056] Chaque premier élément magnétique d'alignement 122, 126 peut ainsi, par exemple, comprendre un matériau ferromagnétique doux comprenant au moins l'un parmi le fer Fe, le Cobalt Co, le nickel Ni, leur alliage et les combinaisons de ces matériaux. Selon une possibilité de l'invention, chaque premier élément d'alignement peut être un aimant permanent et peut ainsi, par exemple, comprendre une alternance ferromagnétique/antiferromagnétique ou un alliage cobalt Co/platine Pt.
- [0057] On peut noter qu'en variante, comme cela sera décrit ci-après, chaque organe primaire de connexion 121, 125 peut comporter un matériau ferromagnétique doux, tel que du nickel Ni et ainsi former lui-même l'élément magnétique d'alignement 122, 126. Selon cette variante, c'est chaque organe primaire de connexion qui forme le premier élément d'alignement magnétique correspondant.
- [0058] Le support 200 peut être un substrat semiconducteur, tel qu'un substrat en silicium. Le support peut comprendre, par exemple, une unité de commande 210 de la structure semiconductrice 100, telle qu'une électronique CMOS. Selon cette possibilité, l'unité de commande 210 est associée avec la troisième et la quatrième zone de contact 221, 225 et est ainsi connecté électriquement, par l'accouplement entre les organes primaires de connexion 121, 125 et les organes secondaires de connexion 221, 225, à la structure semiconductrice 100.
- [0059] Chaque organe secondaire de connexion 221, 225 comprend un plot en matériau ductile. Ainsi, le plot en matériau ductile peut comprendre l'un parmi l'indium In, l'étain Sn, l'aluminium Al et l'un de ses alliages tels que les alliages plomb-étain SnPb et les alliages cuivre-argent-étain SnAgCu.
- [0060] Comme illustré sur la figure 1A, chaque organe secondaire de connexion 221, 225 comporte un deuxième élément magnétique d'alignement 222, 226 sous la forme d'une couche en matériau magnétique à la surface du plot en matériau ductile. De la même façon que les premiers éléments d'alignement magnétique 122, 126, chaque deuxième élément d'alignement magnétique 222, 226 peut, par exemple, comprendre un matériau ferromagnétique doux comprenant au moins l'un parmi le fer Fe, le Cobalt Co, le nickel Ni, leur alliage et les combinaisons de ces matériaux. Selon une possibilité de l'invention, chaque deuxième élément d'alignement magnétique 222, 226 peut être un aimant permanent et peut ainsi, par exemple, comprendre une alternance ferromagnétique/antiferromagnétique ou une alternance cobalt Co/platine Pt.
- [0061] On notera que selon le principe de l'invention, au moins les uns parmi les premiers éléments magnétiques d'alignement 122, 126 et les deuxièmes éléments magnétiques d'alignement 222, 226 sont des aimants permanents.
- [0062] On notera également que, selon une possibilité de l'invention, ceux, parmi les

premiers et les deuxièmes éléments d'alignement magnétique 122, 126, 222, 226 qui sont des aimants permanents, peuvent présenter plusieurs configurations d'aimantation parmi lesquelles :

- [0063] - une aimantation permanente dans le plan de la surface correspondant parmi le plan de couche support 101 et le plan de support 200,
- [0064] - une aimantation permanente perpendiculaire au plan de la surface correspondant parmi le plan de couche support 101 et le plan de support 200,
- [0065] - une double aimantation permanente, avec une première et une deuxième aimantation perpendiculaires l'une à l'autre et chacune étant de ces aimantations dans le plan de la surface correspondant parmi le plan de couche support 101 et le plan de support 200.
- [0066] Concernant la deuxième possibilité, elle est particulièrement avantageuse dans le cas où chacun des premiers et deuxièmes éléments d'alignement magnétique 122, 126, 222, 226 sont des aimants permanents avec double aimantation permanente. En effet, avec une telle configuration en rendant complémentaire les directions d'aimantations des première et deuxième aimantations pour les premiers et les deuxièmes éléments d'alignement magnétique 122, 126, 222, 226, il est possible d'obtenir une force d'aimantation de rotation supplémentaire lors de l'alignement de structure semiconductrice 100 vis-à-vis du support 200.
- [0067] Selon une variante de l'invention, les organes primaires de connexion peuvent être du type plot en matériau ductile, les organes secondaires de connexion étant du type insert en matériau conducteur. Selon cette variante, les organes primaires de connexion présentent une configuration conforme à celle des organes secondaires de connexion explicitée ci-dessus en lien avec les figures 1A à 1C. De la même façon, les organes secondaires de connexion présentent une configuration conforme à celle des organes primaires de connexion explicitée ci-dessus en lien avec les figures 1A à 1C.
- [0068] Le procédé de connexion de la structure au support permettant la formation d'un tel dispositif semiconducteur, selon le principe illustré sur les figures 1A à 1C, comprend les étapes suivantes :
 - fourniture de la structure semiconductrice 100, la structure semiconductrice 100 comprenant :
 - une couche support 101 dans laquelle est aménagée au moins une partie active 110 de ladite structure semiconductrice 100, ladite couche support comprenant en outre au moins une première et une deuxième zone de contact 111, 112 de ladite partie active 110,
 - deux organes primaires de connexion 121, 125 du type inserts en matériau conducteur, les organes primaires de connexion 121, 125 étant en contact électrique avec respectivement la première et la deuxième zone de contact 111, 112, les organes

primaires de connexion 121, 125 comprenant chacun un premier élément d'alignement magnétique 122, 126 d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux ,

- fourniture du support 200, le support 200 comprenant :

○ au moins une troisième et une quatrième zone de contact 211, 212,

○ deux organes secondaires de connexion 221, 225 chacun en correspondance avec un organe primaire de connexion 121, 125 respectif de la structure semiconductrice 100, lesdits organes secondaires de connexion étant du type plots en matériau ductile métallique, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion 221, 225 étant en contact électrique avec respectivement la troisième et la quatrième zone de contact 211, 212, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion comprenant chacun un deuxième élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, les premiers éléments d'alignement magnétique 122, 126 et/ou les deuxièmes éléments d'alignement magnétique 222, 226 étant du type aimants permanents,

- placement et libération de la structure à une distance du support choisie en fonction d'une force d'attraction entre les premiers éléments d'alignement magnétique 122, 126 des organes primaires de connexion 121, 125 et les deuxièmes éléments d'alignement magnétique 222, 226 correspondant et d'une masse de ladite structure semiconductrice 100, comme illustré sur la figure 1A, ceci pour obtenir un alignement par attraction magnétique de la structure semiconductrice 100 vis-à-vis du support 200 avec un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique 122, 126 avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique 222, 226 correspondant lors de sa libération, comme illustré sur la figure 1B

- connexion de la structure au support par accouplement des organes de connexion primaires avec les organes de connexion secondaires, cet accouplement étant obtenu par insertion des organes primaires de connexion 121, 125 dans les organes secondaires de connexion 221, 225 correspondant, comme illustré sur la figure 1C.

[0069] Pour un tel dispositif semiconducteur illustrant le principe de l'invention chaque organe primaire de connexion 121, 125 comprend un premier élément d'alignement magnétique 122, 126 et fourni donc à la fois :

- une fonction d'alignement, de par la présence du premier élément d'alignement magnétique,

- une fonction de connexion électrique, ledit premier élément d'alignement magnétique 122, 126 étant associé à une zone de contact 111, 112 de la zone active et l'organe secondaire de connexion 221, 225 correspondant étant lui-même associé à une zone de contact 211, 212 du support 200,

- une fonction de maintien mécanique, ceci par son accouplement avec un organe se-

conculaire de connexion 221, 225 correspondant.

- [0070] Néanmoins, il est envisageable, sans que l'on sorte du cadre de l'invention, de décorrélérer ces fonctions, certains des organes primaires de connexion pouvant être dédiés à une seule, voire deux de ces fonctions.
- [0071] Ainsi, conformément à l'exemple de structure illustré sur la figure 2 qui illustre le phénomène d'alignement d'une telle structure semiconductrice 100, la structure peut, selon une première variante de l'invention, comporter une pluralité d'organes primaires de connexion 121, 123, 124, 125, 127, 128 dont :
- une première partie des organes primaires de connexion 127, 128, sur la figure 2, ici quatre, fournit la fonction de connexion électrique, ceci par l'association desdits organes primaires de connexion 127, 128 aux première et deuxième zone 111, 112,
 - une deuxième partie des organes primaires de connexion 121, 125, sur la figure 2, ici deux, fournit la fonction d'alignement, ceux-ci comprenant chacun un premier élément d'alignement magnétique 122, 126,
 - une troisième partie des organes primaires de connexion 123, 124, sur la figure 2, ici trois, offre une fonction de maintien mécanique de la structure semiconductrice 100 sur le support 200.
- [0072] On notera néanmoins, que, quoi qu'il en soit, une fonction de maintien mécanique est également fournie par les organes primaires de connexion 127, 128 fournissant la fonction d'alignement et ceux 121, 125 fournissant la fonction de connexion électrique.
- [0073] Bien entendu et comme illustré sur la figure 3, les organes secondaires de connexion 221, 223, 224, 225, 227, 228 du support 200 présentent une configuration similaire à celles de l'organe primaire de connexion 121, 123, 124, 125, 127, 128 correspondant. Ainsi le support peut comporter une pluralité d'organe secondaire de connexion 121, 123, 124, 125, 127, 128 dont :
- une première partie des organes secondaires de connexion 227, 228 fournit la fonction de connexion électrique, ceci par l'association desdits organes secondaires de connexion 227, 228 aux troisième et quatrième zone 211, 212,
 - une deuxième partie des organes secondaires de connexion 221, 225 fournit la fonction d'alignement, ceux-ci comprenant chacun un deuxième élément d'alignement magnétique 222, 226,
 - une troisième partie des organes secondaires de connexion 223, 224 offre une fonction de maintien mécanique de la structure semiconductrice 100 sur le support 200.
- [0074] On peut noter que, conformément aux premier et deuxième exemples d'application pour lequel le dispositif semiconducteur 1 est respectivement un dispositif émetteur de lumière et un détecteur de lumière, le support 200 peut comporter, comme illustré sur

la figure 3, une pluralité d'emplacement 231, 232, 233 adapté pour recevoir chacun une structure semiconductrice 100. Ainsi, lors de l'assemblage du dispositif semi-conducteur 100 et conformément au procédé selon l'invention, chaque structure semiconductrice 100 peut être grossièrement placée au-dessus de l'emplacement 231, 232, 233 correspondant du support 200. Conformément au phénomène illustré sur la figure 2, lors la libération de la structure 100, celle-ci va s'aligner vis-à-vis du support sous l'effet de la force d'attraction magnétique entre les premiers éléments d'alignement magnétique 122, 125 et les deuxièmes éléments d'alignement magnétique 222, 226.

[0075] Les figures 4 à 9 illustrent différents exemples de configuration d'organes primaires de connexion et d'organes secondaires de connexion, un seul organe primaire de connexion et d'organe secondaire de connexion étant figuré pour chacune de ces configurations. Bien entendu, et selon le principe de l'invention, si dans ces différentes configurations l'organe primaire de connexion 121 est un insert tandis que l'organe secondaire de connexion 221 est un plot en matériau ductile métallique, une configuration inversée entre les organes primaires de connexion 121, 125 et les organes secondaires de connexion 221, 225 est parfaitement envisageable sans que l'on sorte du cadre de l'invention.

[0076] Il est à noter que si, usuellement, dans le cadre de l'invention, l'ensemble des organes primaires de connexion 121, 125 et l'ensemble des organes secondaires de connexion 221, 225 présentent une configuration unique et identique, telle que par exemple l'une de celles illustrées sur les figures 3 à 9B, il est également envisageable, d'une manière moins avantageuse, que les organes primaires de connexion 121, 125 et les organes secondaires de connexion 221, 225 présentent au moins deux configurations différentes, telles qu'au moins deux de celles illustrées sur les figures 3 à 9B.

[0077] Exemple de configurations pratiques des organes de connexion selon l'invention :

[0078] Ainsi la figure 4 illustre une première configuration dans laquelle :

- l'organe primaire de connexion 121 comprend du matériau ferromagnétique doux en tant que premier élément d'alignement magnétique 122 à l'intérieur de l'insert, et
- l'organe secondaire de connexion 221 comprend un aimant permanent formant une couche à la surface du plot en matériau ductile métallique en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222.

[0079] Dans une deuxième configuration, illustrée sur la figure 5 :

- l'organe primaire de connexion 121 comprend un aimant permanent en tant que premier élément d'alignement magnétique 122 à l'intérieur de l'insert, et
- l'organe secondaire de connexion 221 comprend une couche en matériau ferromagnétique doux à la surface du plot en matériau ductile métallique en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222.

[0080] Dans une troisième configuration, illustrée sur la figure 6 :

- l'organe primaire de connexion 121 comprend un revêtement en aimant permanent en tant que premier élément d'alignement magnétique 122, ledit revêtement recouvrant le reste de l'insert et

- l'organe secondaire de connexion 221 comprend une couche en matériau ferromagnétique doux à la surface du plot en matériau ductile métallique en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222.

[0081] Dans une quatrième configuration, illustrée sur la figure 7 :

- l'organe primaire de connexion 121 comprend une couronne en aimant permanent prolongeant l'insert en son sommet dans la direction opposée à la couche support 101, en tant que premier élément d'alignement magnétique 122, et

- l'organe secondaire de connexion 221 comprend une couche en matériau ferromagnétique doux à la surface du plot en matériau ductile métallique en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222.

[0082] Dans une cinquième configuration, illustrée sur la figure 8 :

- l'organe primaire de connexion 121 est formé en en matériau ferromagnétique doux à de manière à former le premier élément d'alignement magnétique 122, et

- l'organe secondaire de connexion 221 comprend un disque central en aimant permanent à la surface du plot en matériau ductile métallique en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222, ledit disque central étant configuré pour être logé dans le premier organe primaire de connexion 121 lors de l'étape de connexion.

[0083] On notera que, selon une possibilité préférée de cette cinquième configuration non illustrée, le disque en aimant permanent est préférentiellement entouré par du matériau ductile de manière à ce qu'il affleure dudit plot en matériau métallique ductile.

[0084] Dans une sixième configuration, illustrée sur les figure 9A et 9B :

- l'organe primaire de connexion 121 est formé en matériau ferromagnétique doux de manière à former le premier élément d'alignement magnétique 122, et

- l'organe secondaire de connexion 221 comprend un élément périphérique en aimant permanent formé d'un carré creux affleurant surface du plot en matériau ductile métallique en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222, ledit carré creux présentant, comme montré sur la figure 9B, une ouverture centrale circulaire dont le diamètre est supérieure à un diamètre de l'organe primaire de connexion 121. On notera que, selon une possibilité de cette sixième configuration non illustrée et de la même façon que pour la cinquième configuration, l'élément périphérique formé d'un carré creux peut être rempli par du matériau ductile de manière à ce qu'il affleure dudit plot en matériau métallique ductile.

[0085] Bien entendu, ces six configurations différentes des organes primaire et secondaire de connexion ne sont fournies qu'à titre d'exemple de réalisation de l'invention et ne sont donc pas limitatif des configurations envisageables dans le cadre de l'invention.

- [0086] Afin d'illustrer ces différentes configurations et de mieux montrer le phénomène d'auto-alignement mis en œuvre dans le cadre de l'invention, les inventeurs ont simulé les première à sixième configurations ci-dessus et ont déterminé à partir de ces simulations les forces d'attraction magnétique s'exerçant entre le premier et le deuxième élément d'alignement magnétique 122, 222.
- [0087] Forces d'attraction magnétique mise en œuvre dans le cadre de l'invention :
- [0088] Selon le principe de l'invention, l'alignement automatique entre la structure semiconductrice 100 et le support 200 étant fourni lors de la libération de la structure semiconductrice 100, les forces d'attraction calculées sont à comparer à la force exercée par la gravité sur la structure. Ainsi, pour point de comparaison, les inventeurs ont identifiés trois types de structure semiconductrice 100 envisageables :
- (i) une structure semiconductrice 100 en silicium cubique de $10\ \mu\text{m}$ de côté, la force de gravité pour une telle structure étant de $4,9 \cdot 10^{-11}\ \text{N}$,
 - (ii) une structure semiconductrice 100 formée par une couche support 101 d'une épaisseur de $10\ \mu\text{m}$ et qui est rectangulaire avec une longueur de $50\ \mu\text{m}$ et une largeur de $40\ \mu\text{m}$, la force de gravité pour une telle structure semiconductrice 100 étant de $9,8 \cdot 10^{-10}\ \text{N}$,
 - (iii) une structure semiconductrice 100 formée par une couche support 101 d'une épaisseur de $200\ \mu\text{m}$ et qui est rectangulaire avec une longueur de $50\ \mu\text{m}$ et une largeur de $40\ \mu\text{m}$, la force de gravité pour une telle structure semiconductrice 100 étant de $2 \cdot 10^{-8}\ \text{N}$.
- [0089] Pour ces trois types de structures, l'élément d'alignement magnétique 122 est un ferromagnétique doux ne présentant pas d'aimantation permanente, celui-ci est formé par soit du nickel, dans le cas où le ferromagnétique doux est déposé sous la forme d'un revêtement, soit un alliage de nickel Fer, dans les autres cas. Dans le cas où l'élément d'alignement magnétique 122, 222 est un aimant permanent, celui-ci est un aimant permanent présentant une aimantation de $2,4\text{T}$.
- [0090] Dans le cadre de ces simulations, la distance entre le premier et le deuxième élément d'alignement magnétique 122, 222 est variable, allant de $0\ \mu\text{m}$ à $2,5\ \mu\text{m}$ afin de montrer l'influence de cette dernière sur les forces d'attraction magnétiques entre les premier et deuxième éléments magnétiques.
- [0091] L'organe primaire de connexion a été dimensionné comme suit : une épaisseur de couronne de $100\ \text{nm}$ et une hauteur de l'insert de $3\ \mu\text{m}$. L'organe secondaire de connexion a été dimensionné de la façon suivante : un carré de $7\ \mu\text{m}$ de côté et une épaisseur de $3\ \mu\text{m}$.
- [0092] On notera également, que les inventeurs ont simulé deux configurations d'aimantation, l'une dans laquelle l'un au moins un parmi le premier et le deuxième élément d'alignement magnétique 122, 222 qui est un aimant permanent présente son

aimantation dans le plan de la couche support 101 et/ou du support 201 et l'autre dans laquelle l'au moins un parmi le premier et le deuxième élément d'alignement magnétique 122, 222 qui est un aimant permanent présente son aimantation dans un plan perpendiculaire à la surface de la structure semiconductrice 100 et/ou du support 200.

- [0093] Ainsi dans la première configuration, c'est-à-dire celle conforme à la figure 4, les inventeurs ont déterminé une force d'aimantation maximale de $1,04 \cdot 10^{-11}$ N pour une aimantation dans le plan du support 201 et une force d'aimantation de $1,78 \cdot 10^{-10}$ N pour une aimantation perpendiculaire au plan du support 201. Ainsi, cette première configuration est également particulièrement adaptée pour le premier type de structures (i) et ne semble pas réellement adaptée pour les deuxième et troisième types de structures (ii) et (iii).
- [0094] En ce qui concerne la deuxième configuration correspondant à la figure 5, les inventeurs ont déterminé une force d'aimantation maximale de $2,33 \cdot 10^{-10}$ N pour une aimantation dans le plan de couche support 101 et une force d'aimantation maximale de $3,49 \cdot 10^{-10}$ N pour une aimantation perpendiculaire au plan de la couche support 101. Une telle deuxième configuration est donc particulièrement adaptée pour le premier type de structures (i) et ne semble pas réellement adaptée pour les deuxième et troisième types de structures (ii) et (iii).
- [0095] Pour la troisième configuration correspondant à la figure 6, les valeurs obtenues lors des simulations sont $5,64 \cdot 10^{-7}$ N et de $6,33 \cdot 10^{-10}$ N pour une aimantation respectivement selon le plan de la couche support 101 et perpendiculaire au plan de la couche support 101. Une telle troisième configuration est donc parfaitement adaptée aux premier, deuxième et troisième types de structures (i), (ii) et (iii).
- [0096] Dans la quatrième configuration correspondant à la figure 7, les simulations ont permis de déterminer des forces d'attraction magnétique de $6,47 \cdot 10^{-7}$ N et de $1,40 \cdot 10^{-6}$ N pour une aimantation respective selon le plan de la couche support 101 et perpendiculaire au plan de la couche support 101. Une telle quatrième configuration est donc parfaitement adaptée aux premier, deuxième et troisième types de structures (i), (ii) et (iii).
- [0097] En ce qui concerne la cinquième configuration correspondant à la figure 8, les inventeurs ont considéré un aimant permanent de $1,25 \mu\text{m}$. Les inventeurs ont profité du fait que l'aimant permanent, dans une telle cinquième configuration, est à même à pénétrer dans l'insert.
- [0098] Les simulations ont permis de déterminer des forces d'attraction magnétique de $7,06 \cdot 10^{-8}$ N et de $5,38 \cdot 10^{-8}$ N pour une aimantation respective selon le plan de la couche support 101 et perpendiculaire au plan de la couche support 101. Une telle cinquième configuration est donc parfaitement adaptée aux premier, deuxième et troisième types de structures (i), (ii) et (iii).

- [0099] En ce qui concerne la sixième configuration correspondant aux figures 9A et 9B, les inventeurs ont déterminé une force maximale d'aimantation de $1,69 \cdot 10^{-8}$ N pour une aimantation dans le plan du support 201 et une force d'aimantation maximale de $9,81 \cdot 10^{-9}$ N pour une aimantation perpendiculaire au plan du support 201. Ainsi, cette deuxième configuration est également particulièrement adaptée pour les premier et deuxième types de structures (i) et (ii) et ne semble pas réellement adaptée pour le troisième type de structures (iii).
- [0100] Dans le cadre de ces mêmes simulations les inventeurs ont également simulé la variation des forces d'attraction magnétique F_M en fonction de différents paramètres de dimensionnement et de mise en œuvre du procédé dont notamment :
- distance entre le premier et le deuxième élément d'alignement magnétique,
 - la variation de l'épaisseur du matériau ferromagnétique doux et de l'aimant permanent,
 - les dimensions des premier et deuxième éléments d'alignement magnétique.
- [0101] Ainsi, les inventeurs ont observés qu'il existe une distance optimale entre le premier et le deuxième élément d'alignement magnétique, les forces d'attraction magnétique F_M diminuant lorsque la distance entre le premier et le deuxième élément magnétique s'écarte, soit en diminuant, soit en augmentant.
- [0102] En ce qui concerne l'épaisseur des éléments d'alignement magnétique, les inventeurs ont également identifié que les forces d'attraction magnétique F_M présentent une dépendance importante avec l'épaisseur de l'aimant permanent et l'épaisseur du matériau ferromagnétique.
- [0103] Exemples de procédés de fabrication aptes à permettre la formation d'organe de connexion conforme à l'invention :
- [0104] Afin d'illustrer la possibilité de fabrication des organes primaire et secondaire de connexion, sont décrit ci-après des exemples de procédés de fabrication de respectivement :
- a) un unique insert, ceci en relation avec les figures 10A et 10B, cet insert pouvant notamment être réalisé soit en matériau ferromagnétique doux, conformément à la possibilité décrite dans le cadre des cinquième et sixième configurations,
 - b) un unique insert comprenant un matériau ferromagnétique doux en tant que premier élément d'alignement magnétique 122 à l'intérieur de l'insert, conformément à la possibilité décrite dans le cadre de la première configuration,
 - c) un unique insert comprenant un aimant permanent en tant que premier élément d'alignement magnétique 122 à l'intérieur de l'insert, conformément à la possibilité décrite dans le cadre de la deuxième configuration,
 - d) un unique insert comprenant une couronne en aimant permanent prolongeant l'insert en son sommet dans la direction opposée à la couche support 101, en tant que

premier élément d'alignement magnétique 122, conformément à la possibilité décrite dans le cadre de la quatrième configuration,

e) un unique plot en matériau ductile métallique qui est un ferromagnétique, selon une possibilité non associée aux configurations décrites ci-dessus,

f) un unique plot en matériau ductile métallique comprenant une couche en matériau ferromagnétique doux en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222, conformément aux première, deuxième, troisième et quatrième configurations,

g) un unique plot en matériau ductile métallique comprenant une couche en matériau magnétique présentant une aimantation permanente en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222, conformément aux première, deuxième, troisième et quatrième configurations,

h) un unique plot en matériau ductile métallique comprenant un élément en aimant permanent ou en matériau ferromagnétique doux en tant que deuxième élément d'alignement magnétique 222, conformément aux cinquième et sixième configurations.

[0105] Bien entendu, si ces procédés décrivent la formation d'un unique insert/ plot en matériau métallique ductile 121,125, 221, 225 ceci à titre d'exemple, l'homme du métier est à même de généraliser ces procédés pour permettre une formation collective d'une pluralité d'insert/ plot en matériau métallique ductile 121,125, 221, 225 chacun associé à une zone de contact 111, 112, 211, 212 respective.

[0106] Exemple a) :

[0107] Ainsi un procédé de fabrication d'un insert 121 selon l'exemple a) comprend, en lien avec les figures 10A et 10B, les étapes suivantes :

- fourniture de la couche support 101, celle-ci comprenant une première zone de contact 111 de la partie active 110,

- dépôt à la surface de la couche support 101 d'une couche isolante sacrificielle 311, celle-ci recouvrant la première zone de contact 111,

- dépôt d'un masque dur 323, tel qu'une couche de dioxyde de silicium SiO_2 , en contact de la couche isolante sacrificielle 311,

- dépôt d'une première couche de résine photosensible en contact avec le masque dur, la première couche de résine photosensible n'étant pas représentée,

- insolation et révélation de la première couche de résine photosensible de manière à libérer une ouverture de la première couche de résine photosensible en regard de la première zone de contact 111,

- gravure physique, telle qu'une gravure plasma, localisée du masque dur 323 et de la couche isolante sacrificielle 311 au niveau de l'ouverture libérée dans la première couche de résine photosensible, la gravure étant arrêtée au niveau de la première zone de contact 111, le reste du masque dur 323 et de la couche isolante sacrificielle 311 étant protégé par la première couche de résine photosensible,

- dépôt d'une première sous-couche 322 titane Ti/nitrure de titane TiN, dite d'accroche, la sous-première sous-couche 322 étant déposée à la surface du masque dur 323 et en contact de la couche de masque dur 323 et de la première zone de contact 111 au niveau de l'ouverture formée lors de la gravure physique localisée,
- dépôt d'une couche du matériau ferromagnétique 321 doux, tel que du nickel Ni, en contact de la première sous-couche titane Ti/nitrure de titane TiN,
- dépôt d'une couche de protection 312, telle qu'une résine, en contact de la couche de matériau ferromagnétique 321 doux, tel que cela est illustré sur la figures 10A,
- planarisation de l'ensemble couche support 101/couche isolante sacrificielle 311/masque dur 323/première sous-couche 322/ couche du matériau ferromagnétique 321/couche de protection 312 afin de supprimer les parties de la couche de protection 312, du masque dur 323, de la première sous-couche 322, de la couche du matériau ferromagnétique 321, la planarisation étant arrêtée au niveau de la couche isolante sacrificielle 311,
- suppression de la couche isolante sacrificielle 311,
- suppression du reste de la couche de protection 312 présente dans l'ouverture,
- dépôt d'une couche de protection métallique 1212, tel qu'une couche d'or Au ou d'aluminium Al en contact de la couche support 101, de la première zone de contact 111, des parties restantes de la première sous-couche 322 et de la couche du matériau ferromagnétique 321 doux,
- dépôt d'une deuxième couche de résine photosensible et insolation/révélation de la deuxième couche de résine photosensible de manière à protéger uniquement la partie de la couche de protection métallique 1212 recouvrant la première zone de contact 111 et les parties restantes de la première sous-couche 322 et de la couche du matériau ferromagnétique 321, le reste de la couche de protection métallique 1212 étant libérée de la deuxième couche de résine photosensible,
- gravure des parties de la couche de protection métallique 1212 non protégées par la deuxième couche de résine photosensible et suppression sélective de la deuxième couche de résine photosensible, comme illustré sur la figure 10B, l'insert étant ainsi formé.

[0108] Exemple b :

[0109] Comme illustré sur la figure 11, un procédé de fabrication d'un insert 121 selon l'exemple b) se différencie d'un procédé selon l'exemple a) uniquement en ce que en lieu et place de l'étape de dépôt de la couche du matériau ferromagnétique 321 doux en contact de la première sous-couche 322, il est prévu les deux étapes suivantes :

- dépôt d'une couche de matériau de corps d'insert 121, tel qu'un siliciure de tungstène WSi en contact de la première sous-couche titane Ti/nitrure de titane TiN dite d'accroche,

- dépôt d'une couche de matériau ferromagnétique 122 doux, tel qu'un alliage de fer Fe et de nickel Ni, par exemple d'une épaisseur de 1 μm .

[0110] Bien entendu, dans un tel procédé, les étapes suivantes à l'étape de dépôt de la couche de matériau ferromagnétique doux, l'ensemble couche de matériau de corps d'insert/ couche de matériau ferromagnétique remplace la couche de matériau ferromagnétique.

[0111] Exemple c :

[0112] En ce qui concerne le procédé de fabrication selon l'exemple c), le procédé de fabrication se différencie d'un procédé de fabrication selon l'exemple b) en ce que en lieu et place de l'étape de dépôt d'une couche de matériau ferromagnétique 321 doux, il est prévu une étape de dépôt d'une couche d'au moins un matériau magnétique 122 apte à présenter une aimantation permanente tels que par exemple une alternance de couches antiferromagnétiques et ferromagnétiques ou encore une alternance de couches de cobalt Co et de platine Pt, et en ce qu'il est en outre prévu une étape de recuit sous champ magnétique pour aimanter le matériau magnétique, telle que par exemple une étape de recuit à 320°C sous un champ magnétique de 1T pendant 1h.

[0113] Bien entendu, dans un tel procédé, les étapes suivantes à l'étape de dépôt de la couche de matériau ferromagnétique doux, la couche de matériau magnétique remplace la couche de matériau ferromagnétique doux.

[0114] Exemple d :

[0115] En ce qui concerne l'exemple d), comme illustré sur les figures 12A et 12B, le procédé de fabrication d'un tel insert comprend les étapes suivantes :

- fourniture de la couche support 101, celle-ci comprenant une première zone de contact 111 de la partie active 110,

- dépôt à la surface de la couche support 101 d'une couche isolante sacrificielle 311, celle-ci recouvrant la première zone de contact 111,

- dépôt d'un premier masque dur 322, tel qu'un masque dur en dioxyde de silicium SiO_2 ,

- dépôt d'une première couche de résine photosensible en contact avec le premier masque dur, la première couche de résine photosensible n'étant pas représentée,

- insolation et révélation de la première couche de résine de manière à libérer une ouverture de la première résine photosensible en regard de la première zone de contact 111, la première couche de résine photosensible n'étant pas figurée,

- gravure physique, telle qu'une gravure plasma, localisée du premier masque dur 321 et de la couche isolante sacrificielle 311 au niveau de l'ouverture libérée dans la première couche de résine photosensible, la gravure étant arrêtée au niveau de la première zone de contact 111, le reste du masque dur 321 et de la couche isolante sacrificielle 311 étant protégée par la première couche de résine photosensible,

- dépôt d'une première sous-couche 322 titane Ti/nitride de titane TiN, la sous-première sous-couche 322 étant déposée à la surface du masque dur 321 et en contact du masque dur 321, et de la première zone de contact 111 au niveau de l'ouverture formée lors de la gravure physique localisée,
- dépôt d'une couche de matériau de corps d'insert 323, tel qu'un siliciure de tungstène WSi en contact de la première sous-couche titane Ti/nitride de titane TiN dite d'accroche,
- dépôt d'une couche de protection 313, telle qu'une résine, en contact de la couche de matériau de corps d'insert 323,
- planarisation de l'ensemble couche support 101/couche isolante sacrificielle 311/premier masque dur 321/première sous-couche 322/ couche du matériau de corps d'insert 323/couche de protection 313 afin de supprimer les parties de la couche de protection 313 en dehors de l'ouverture, la planarisation étant arrêtée au niveau de la couche du matériau de corps d'insert 323,
- dépôt d'une couche de matériaux magnétiques 324 aptes à présenter une aimantation permanente, tel que par exemple une alternance de couches antiferromagnétiques et ferromagnétiques ou encore une alternance de couches de cobalt Co et de platine Pt, en contact de la couche du matériau de corps d'insert 323 et de la partie restante de la couche de protection 313,
- dépôt d'un deuxième masque dur 312 recouvrant la couche de matériau magnétique 324, le deuxième masque dur 312 présentant préférentiellement une épaisseur sensiblement supérieure ou égale à celle de la couche de matériau magnétique 324, comme illustré sur la figure 12A,
- dépôt d'une deuxième couche de résine photosensible en contact avec le deuxième masque dur, la deuxième couche de résine photosensible n'étant pas illustrée,
- insolation et révélation de la deuxième couche de résine photosensible de manière à conserver uniquement une portion annulaire de la deuxième résine photosensible en regard de paroi de l'ouverture,
- gravure physique, telle qu'une gravure plasma, localisée du deuxième masque dur 312, les portions du deuxième masque dur 312 protégées par la deuxième couche de résine photosensible étant conservées, la gravure physique étant arrêtée au niveau de couche de matériau magnétique 324,
- suppression de la deuxième couche de résine photosensible,
- gravure par faisceau d'ions du deuxième masque dur 312 et de la couche de matériau magnétique 324, la gravure étant stoppée au niveau de la couche isolante sacrificielle 311, comme illustré sur la figure 12B,
- suppression de la couche isolante sacrificielle 311 et de la couche de protection 313,
- dépôt d'une couche de protection métallique 1212 en contact de la couche support

101, de la première zone de contact 111, des parties restantes de la première sous-couche titane 1211, de la couche de matériau de corps d'insert et de la couche du matériau magnétique 122,

- dépôt d'une troisième couche de résine photosensible, la troisième n'étant pas représentée,

- insolation et révélation de la troisième couche de résine photosensible de manière à protéger uniquement la partie de la couche de protection métallique 1212 recouvrant la première zone de contact 111 et les parties restantes de la première sous-couche 1211, de la couche de matériau de corps d'insert et de la couche du matériau magnétique 122, le reste de la couche de protection métallique 1212 étant libérée de la troisième couche de résine photosensible,

- gravure des parties de la couche de protection métallique 1212 non protégées par la troisième couche de résine photosensible et suppression sélective de la troisième couche de résine photosensible, comme illustré sur la figure 12C,

- recuit sous champ magnétique pour aimanter le matériau magnétique, tel qu'un recuit à 320°C sous un champ magnétique de 1T pendant une durée d'une heure, l'insert 121 étant ainsi formé comme illustré sur la figure 12C.

[0116] Exemple e :

[0117] Un plot 221 selon l'exemple e) peut être fabriqué au moyen d'un procédé de fabrication comprenant les étapes suivantes :

- dépôt d'une couche sacrificielle, telle qu'une couche de polyimide, en contact du support, ladite couche recouvrant le troisième zone de contact 211,

- dépôt d'une couche de résine photosensible, la couche de résine photosensible n'étant pas représentée,

- insolation et révélation de la couche de résine photosensible de manière à supprimer une partie de cette dernière en regard de la troisième zone de contact 211, cette partie correspondant à la projection du plot de matériau ductile à former,

- gravure la partie de la couche isolante non protégée par la première couche de résine photosensible de manière à former une ouverture dans la couche isolante débouchant sur la première zone de contact 211,

- suppression de la couche photosensible,

- dépôt d'une couche d'accroche, telle qu'une couche d'alliage de fer et de nickel NiFe déposée, par une méthode de dépôt physique en phase vapeur

- dépôt électrochimique d'une couche de matériau ferromagnétique doux, tel qu'un alliage de fer Fe et de nickel Ni,

- planarisation de l'ensemble support, zone secondaire de contact 211, couche isolante et couche ferromagnétique doux, la planarisation étant stoppée au niveau de la couche isolante,

- suppression de la couche isolante, le plot ferromagnétique doux en matériau métallique ductile étant ainsi formé.

[0118] Selon une première variante, un procédé de fabrication d'un plot 211 en matériau métallique ductile selon l'exemple e) peut comporter les étapes suivantes :

- dépôt d'une couche d'accroche, telle qu'une couche d'un alliage de fer Fe nickel Ni, la proportion massique en nickel Ni étant préférentiellement comprise entre 30% et 85%, celle-ci étant avantageusement comprise entre 60% et 80%, la couche d'accroche comprenant par exemple une proportion massique en nickel de 80% et une proportion massique en fer de 20,
- dépôt d'une couche de résine photosensible en contact de la couche d'accroche, la couche de résine photosensible n'étant pas représentée,
- insolation et révélation de la couche de résine photosensible de manière à supprimer une partie de cette dernière en regard de la troisième zone de contact 211, cette partie correspondant à la projection du plot de matériau ductile à former,
- dépôt électrochimique d'une couche de matériau ferromagnétique doux, tel qu'un alliage de fer Fe et de nickel Ni en contact de la partie de la couche d'accroche libre de couche de résine photosensible et de la couche de résine photosensible,
- suppression de la couche photosensible et de la partie de la couche de matériau ferromagnétique doux déposée en contact de la couche photosensible,
- gravure de la couche d'accroche et d'une partie de la couche de matériau ferromagnétique doux de manière à libérer de la couche d'accroche les parties de la surface du support libre de premier contact, le plot de matériau métallique ductile étant ainsi formé.

[0119] Selon une deuxième variante, un procédé de fabrication d'un plot en matériau métallique ductile selon l'exemple e) peut comporter les étapes suivantes :

- dépôt physique en phase vapeur d'une couche de matériau ferromagnétique doux, tel qu'un alliage de fer Fe et de nickel Ni en contact du support, la troisième zone de contact 211 étant recouverte par ladite couche de matériau ferromagnétique doux,
- dépôt d'une couche de résine photosensible en contact de la couche de matériau ferromagnétique doux, la couche de résine photosensible n'étant pas représentée,
- insolation et révélation de la couche de résine photosensible de manière à supprimer une partie de cette dernière en regard de la troisième zone de contact 211, cette partie correspondant à la projection du plot de matériau ductile à former,
- gravure localisée par faisceau d'ions des parties de la couche de matériau ferromagnétique doux non protégées par la couche photosensible de manière à libérer la surface du support libre de premier contact, le plot de matériau métallique ductile étant ainsi formé.

[0120] Exemple f:

[0121] Concernant les plots selon la possibilité f), le procédé de fabrication d'un tel plot se différencie des procédés de fabrication de plots selon la possibilité e) en ce que en lieu et place de l'étape de dépôt de la couche de matériau ferromagnétique doux il est effectué, selon les même modalité de dépôt de la couche de matériau ferromagnétique doux, un dépôt successif d'une couche d'un matériau métallique ductile et une couche d'un matériau ferromagnétique doux, les étapes qui suivent le dépôt de la couche de matériau ferromagnétique doux se distinguant uniquement en ce lors de la réalisation de ces étapes que la couche de matériau ferromagnétique doux est substituée par l'ensemble formé par la couche en matériau métallique ductile et par la couche de matériau ferromagnétique doux.

[0122] Une telle modification est également compatible avec les première et deuxième variantes du procédé de fabrication d'un plot selon l'exemple e).

[0123] Exemple g :

[0124] Concernant les plots selon la possibilité g), le procédé de fabrication d'un tel plot se différencie des procédés de fabrication de plots selon la possibilité e) en ce que en lieu de l'étape dépôt d'une couche d'un matériau ferromagnétique doux il est prévu l'étape suivante :

- dépôt successif d'une couche d'un matériau métallique ductile et une couche d'un matériau magnétique apte à présenter une aimantation permanente, tel qu'un empilements alternant des sous-couches antiferromagnétiques et de ferromagnétiques ou encore empilements alternant des sous-couches de cobalt Co et de platine Pt, selon des modalités similaire aux dépôts de la couche de matériau ferromagnétique selon l'exemple e),

et en ce qu'il est en outre prévu une étape de recuit sous champ magnétique, ce recuit pouvant, par exemple, être réalisé à 320°C sous un champ magnétique de 1 T pendant une durée d'une heure.

[0125] Une telle modification est également adaptée pour fournir un plot selon la possibilité g) à partir de la première variante du procédé de fabrication en conformité à l'exemple e).

[0126] Concernant la deuxième variante du procédé de fabrication en conformité à l'exemple e), la fabrication d'un plot selon l'exemple g) se différencie en outre, en supplément aux modifications ci-dessus, en ce qu'il comprend l'étape suivante :

- dépôt d'un masque dur en contact de la couche de matériau magnétique apte à présenter une aimantation permanente directement à la suite du dépôt de ladite couche magnétique,

et en ce qu'en lieu et place de l'étape de gravure localisée par faisceau d'ions des parties de la couche de matériau ferromagnétique non protégées, il est prévu les étapes suivantes :

- gravure des parties du masque dur non protégé par la couche de résine photosensible, la gravure étant stoppée au niveau de la couche de matériau magnétique, ladite gravure étant préférentiellement une gravure ionique réactive,
- suppression de la couche de résine photosensible,
- gravure localisée par faisceau d'ions des parties de la couche de matériau magnétique et de la couche de matériau ductile non protégé par le masque dur et du masque dur, la gravure étant stoppée après complète suppression du masque dur.

[0127] Exemple h :

[0128] En ce qui concerne les plots selon l'exemple h) le procédé de fabrication, conformément aux figures 13A à 13C peut comprendre les étapes suivantes

- dépôt physique en phase vapeur d'une première couche de matériau métallique ductile, en contact du support, la troisième zone de contact 211 étant recouverte par lesdites couches de matériau métallique ductile,
- dépôt physique en phase vapeur d'une couche de matériau magnétique apte à présenter une aimantation permanente ou de matériau ferromagnétique doux, la première couche de matériau métallique ductile étant recouverte par ladite première couche de matériau magnétique,
- dépôt d'une première couche de résine photosensible en contact de la couche de matériau magnétique apte à présenter une aimantation permanente ou de matériau ferromagnétique doux, la première couche de résine photosensible n'étant pas représentée,
- insolation et révélation de la première couche de résine photosensible de manière à garder uniquement une partie de cette dernière en regard de la troisième zone de contact 211, cette partie correspondant à la forme à donner au plot de matériau ductile,
- gravure sélective des parties de la première couche de matériau métallique ductile et de la couche de matériau magnétique apte à présenter une aimantation permanente ou de matériau ferromagnétique doux qui ne sont pas protégées par la première couche de résine photosensible,
- suppression de la première couche de résine photosensible,
- dépôt d'une deuxième couche de résine photosensible en contact de la couche de matériau magnétique apte à présenter une aimantation permanente ou de matériau ferromagnétique doux,
- insolation et révélation de la deuxième couche de résine photosensible de manière à garder uniquement une partie de cette dernière en regard de la troisième zone de contact 211, cette partie correspondant à la forme à donner à l'élément en aimant permanent ou en matériau ferromagnétique, ici un carré central comme le montre la figure 13C,
- gravure localisée des parties de la couche de matériau ferromagnétique doux ou de

- matériau ferromagnétique non protégées par la couche photosensible de manière à former l'élément d'alignement magnétique en aimant permanent ou en matériau ferromagnétique doux 222,
- dépôt d'une deuxième couche de matériau métallique ductile 2211, tel qu'une couche d'aluminium Al, en contact de l'élément en aimant permanent ou en matériau ferromagnétique doux 222 et de la première couche de matériau métallique ductile libérée par la gravure de la couche de matériau magnétique apte à présenter une aimantation permanente ou de matériau ferromagnétique doux,
 - dépôt d'une deuxième couche de résine photosensible en contact de la couche métallique de protection 331, la deuxième couche de résine photosensible n'étant pas représentée,
 - insolation et révélation de la deuxième couche de résine photosensible de manière à libérer de couche de résine photosensible une partie de la deuxième couche de matériau métallique ductile 2211 en regard de la troisième zone de contact 211 sur une zone périphérique de l'élément en aimant permanent ou en matériau ferromagnétique doux 122,
 - gravure localisée des parties de la couche de matériau métallique ductile 2211 non protégées par la deuxième couche de résine photosensible, le reste de la couche de matériau métallique ductile 2211 et l'élément d'alignement magnétique 122 étant protégés par la deuxième couche de résine photosensible,
 - suppression de la deuxième couche de résine photosensible,
 - dépôt d'une couche métallique de protection 331, telle qu'un empilement d'une sous-couche de titane Ti et d'une sous-couche de nitrure de titane TiN, en contact de la deuxième couche de matériau métallique ductile 2211 et de l'élément en aimant permanent ou en matériau ferromagnétique doux 222 et de la couche 221,
 - dépôt d'une couche d'isolant, telle qu'une couche de dioxyde de silicium en contact de la couche métallique de protection 331 et dans l'ouverture ménagée entre la deuxième couche de matériau métallique ductile 2211 et l'élément en aimant permanent ou en matériau ferromagnétique doux 122 lors de l'étape de gravure localisée, la couche d'isolant n'étant pas illustrée,
 - planarisation de l'ensemble support/ première couche de matériau métallique ductile 221/ 'élément en aimant permanent ou en matériau ferromagnétique doux 122/ deuxième couche de matériau métallique ductile 2211/ couche métallique de protection 331/ couche d'isolant, ladite planarisation étant arrêtée au niveau de la couche métallique de protection 331, comme illustré sur la figure 13A,
 - gravure sélective de la couche métallique de protection 331, par exemple par gravure sèche, le plot selon l'exemple h) étant ainsi formé comme illustré sur les figures 13B et 113C étant entendu que, dans le cas où l'élément d'alignement magnétique 222 est un

aimant permanent, il est en outre prévu une étape supplémentaire de recuit sous champ magnétique pour aimanter le matériau magnétique, tel qu'un recuit à 320°C sous un champ magnétique de 1T pendant une durée d'une heure.

- [0129] En variante de l'invention, comme illustré sur la figure 15, dans lequel le dispositif semiconducteur 1 comporte une structure semiconductrice 100 ne comportant qu'une unique première zone 111 à connecter au support, la structure semiconductrice comprenant une deuxième zone de contact 112 sur une surface de la couche support 101 opposée à la première zone de contact 111, la structure de connexion comportant un unique organe primaire de connexion 121.
- [0130] Un dispositif semiconducteur 1 selon cette variante de l'invention se différencie d'un dispositif semiconducteur 1 selon le principe de l'invention en ce que :
- la structure semiconductrice comprend la deuxième zone de contact 112 sur une surface de la couche support 101 opposée à la première zone contact 111,
 - la structure semiconductrice 101 comprend un unique organe primaire de connexion 121,
 - le support 200 comporte une unique troisième zone de contact 211 et un unique organe secondaire de connexion 221,
 - l'unique organe primaire de connexion 121 comprend le premier élément d'alignement magnétique 122,
 - l'unique organe secondaire de connexion 221 comprend le deuxième élément d'alignement magnétique 222.
- [0131] En effet, le cadre d'un tel dispositif semiconducteur 1, la structure semiconductrice 100 ne comportant que la première zone de contact 111 à contacter au support 200, seul un alignement dans le plan est nécessaire, l'orientation angulaire de la structure semiconductrice 100 n'est ainsi pas nécessaire.
- [0132] Le procédé de connexion d'une structure semiconductrice selon cette variante de l'invention se différencie d'un procédé de connexion selon le principe de l'invention en ce que :
- lors de l'étape de fourniture de la structure semiconductrice 100, la couche support 101 dans laquelle est aménagée au moins une partie active 110 de ladite structure semiconductrice 100 ne comporte qu'une première zone de contact 111 à connecter au support et qu'un unique organe primaire de connexion 121 du type inserts en matériau conducteur, ledit organe primaire de connexion 121 étant en contact électrique avec la première zone de contact 111 et comprenant un premier élément d'alignement magnétique 122 d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux ,
 - lors de l'étape de fourniture du support 200, le support 200 comprend qu'une unique troisième zone de contact 211 et qu'un unique organe secondaire de connexion

221 en correspondance avec l'organe primaire de connexion 121 de la structure semiconductrice 100, ledit organe secondaire de connexion étant du type plots en matériau ductile métallique, l'organe secondaires de connexion 221 étant en contact électrique avec la troisième zone de contact 211 et comprenant un deuxième élément d'alignement magnétique d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques, le premier élément d'alignement magnétique 122 et/ou le deuxième élément d'alignement magnétique 222 étant du type aimants permanents, et
 - les étapes de placement et libération de la structure semiconductrice 100 et de connexion de la structure semiconductrice 100 au support 200 ne concernent que les uniques organe primaire de connexion 121 et unique organe secondaire de connexion 221 et leurs éléments d'alignement magnétique respectif.

Nomenclature des figures

- [0133] [fig.1A] représente, en vue en section, une première étape d'un procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice sur un support.
- [0134] [fig.1B] représente, en vue en section, une deuxième étape d'un procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice sur un support.
- [0135] [fig.1C] représente, en vue en section, une étape d'un procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice sur un support.
- [0136] [fig.2] illustre en vue de dessus le principe de l'alignement d'une structure selon l'invention.
- [0137] [fig.3] illustre en vue de dessus un support conforme au principe de l'invention.
- [0138] [fig.4] illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion et un organe secondaire de connexion selon une première configuration de l'invention.
- [0139] [fig.5] illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion et un organe secondaire de connexion selon une deuxième configuration de l'invention.
- [0140] [fig.6] illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion et un organe secondaire de connexion selon une troisième configuration de l'invention.
- [0141] [fig.7] illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion et un organe secondaire de connexion selon une quatrième configuration de l'invention.
- [0142] [fig.8] illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion et un organe secondaire de connexion selon une cinquième configuration de l'invention.
- [0143] [fig.9A] illustre en vue en coupe un organe primaire de connexion et un organe secondaire de connexion selon une sixième configuration de l'invention.
- [0144] [fig.9B] illustre en vue de dessus de l'organe secondaire de connexion selon la sixième configuration de l'invention.
- [0145] [fig.10A] illustre en vue en section une première étape de fabrication d'un insert formant un organe de connexion selon l'invention.
- [0146] [fig.10B] illustre en vue en section une deuxième étape de fabrication d'un insert

formant un organe de connexion selon l'invention.

- [0147] [fig.11] illustre en vue en section un insert formant un organe de connexion selon de l'invention.
- [0148] [fig.12A] illustre en vue en section une première étape de fabrication d'un insert selon l'invention.
- [0149] [fig.12B] illustre en vue en section une deuxième étape de fabrication d'un insert selon l'invention.
- [0150] [fig.12C] illustre en vue en section une troisième étape de fabrication d'un insert selon l'invention.
- [0151] [fig.13A] illustre une vue en coupe d'une étape intermédiaire de la formation d'un plot en matériau ductile métallique formant un organe de connexion selon l'invention.
- [0152] [fig.13B] illustre une vue en coupe d'un plot en matériau ductile métallique formant un organe de connexion selon l'invention.
- [0153] [fig.13C] illustre une vue de dessus d'un plot en matériau ductile métallique formant un organe de connexion selon l'invention.
- [0154] [fig.14A] illustre une vue de dessus d'un plot en matériau ductile métallique formant un organe de connexion selon l'invention.
- [0155] [fig.14B] illustre une vue en coupe d'un plot en matériau ductile métallique formant un organe de connexion selon l'invention.
- [0156] [fig.15] illustre en vue en section d'une variante de l'invention.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice (100) sur un support (200), le procédé comprenant les étapes suivantes :

- fourniture de la structure semiconductrice (100), la structure semiconductrice (100) comprenant :

- une couche support (101) dans laquelle est aménagée au moins une partie active (110) de ladite structure semiconductrice (100), ladite couche support comprenant en outre au moins une première et une deuxième zone de contact (111, 112) de ladite partie active (110),
- au moins deux organes primaires de connexion (121, 125) d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion (121, 125) étant en contact électrique avec respectivement la première et la deuxième zone de contact (111, 112), au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion (121, 125) comprenant chacun un premier élément d'alignement magnétique (122, 126) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques,

- fourniture du support (200), le support (200) comprenant :

- au moins une troisième et une quatrième zone de contact (211, 212),
- au moins deux organes secondaires de connexion (221, 225) chacun en correspondance avec un organe primaire de connexion (121, 122) respectif de la structure semiconductrice (100), lesdits organes secondaires de connexion étant de l'autre type parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion (221, 225) étant en contact électrique avec respectivement la troisième et la quatrième zone de contact (211, 212), au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion (221, 225) comprenant chacun un deuxième élément d'alignement magnétique (222, 226) d'un type sélectionné parmi les aimants

permanents et les ferromagnétiques doux, les premiers éléments d'alignement magnétique et/ou les deuxièmes éléments d'alignement étant du type aimants permanents,

- placement et libération de la structure semiconductrice (100) à une distance du support (200) choisie en fonction d'une force d'attraction entre les premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126) des organes primaires de connexion (121, 125) et les deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222; 226) correspondant et d'une masse de ladite structure semiconductrice (100), ceci pour obtenir un alignement par attraction magnétique de la structure semiconductrice (100) vis-à-vis du support (200) avec un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126) avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226) correspondant lors de la libération de la structure semiconductrice (100),
- connexion de la structure semiconductrice (100) au support (200) par accouplement des organes de connexion primaires (121, 125) avec les organes de connexion secondaires (221, 226), cet accouplement étant obtenu par insertion des organes parmi les organes primaires de connexion (121, 125) et les organes secondaires de connexion (221, 225) qui sont du type inserts dans les organes de connexion correspondant parmi les organes primaires de connexion (122, 126) et les organes secondaires de connexion (222, 226) qui sont du type plot en matériau ductile métallique de manière à loger lesdits organes du type insert dans lesdits organes de connexion du type plot en matériau ductile.

[Revendication 2]

Procédé de connexion par hybridation selon la revendication 1, dans lequel lors de la fourniture de la structure semiconductrice (100), la structure semiconductrice (100) comprend au moins trois organes primaires de connexion (121, 125) incluant les au moins deux organes de connexion, au moins l'un parmi lesdits organes primaires de connexion comprenant un premier élément d'alignement magnétique sans association à une quelconque zone de contact de la zone active, et dans lequel lors de la fourniture du support (200), le support (200) comprend au moins trois organes secondaires de connexion (221, 225) incluant lesdits au moins deux organes secondaires de connexion, au moins l'un parmi lesdits organes secondaires de connexion comprenant

un deuxième élément d'alignement magnétique sans association à une quelconque zone de contact de la zone active et en correspondance avec le premier élément d'alignement magnétique de l'organe primaire de connexion sans association à une quelconque zone de contact de la zone active.

[Revendication 3] Procédé de connexion par hybridation selon la revendication 1 ou 2 dans lequel la structure semiconductrice (100) comprend au moins trois organes primaires de connexion (121, 125) incluant les au moins deux organes de connexion, au moins un parmi lesdits organes primaires de connexion étant dénué de premier élément d'alignement magnétique et d'association à une quelconque zone de contact de la zone active, et dans lequel lors de la fourniture du support (200), le support (200) comprend au moins trois organes secondaires de connexion incluant lesdits au moins deux organes secondaires de connexion, au moins l'un parmi lesdits organes secondaires de connexion étant dénué de deuxième élément d'alignement magnétique, étant sans association à une quelconque zone de contact de la zone active et en correspondance avec l'organe primaire de connexion de la structure qui est dénué de premier élément d'alignement magnétique et d'association à une quelconque zone de contact de la zone active.

[Revendication 4] Procédé de connexion par hybridation d'une structure semiconductrice (100) sur un support (200), le procédé comprenant les étapes suivantes :
- fourniture de la structure semiconductrice (100), la structure semiconductrice (100) comprenant :

- une couche support (101) dans laquelle est aménagée au moins une partie active (110) de ladite structure semiconductrice (100), ladite couche support comprenant en outre au moins une première zone de contact (111) de ladite partie active (110),
- un unique organe primaire de connexion (121) d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe primaire de connexion (121) étant en contact électrique avec la première zone de contact (111), ledit organe primaire de connexion (121) comprenant un premier élément d'alignement magnétique (122) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

- fourniture du support (200), le support (200) comprenant :

- une troisième zone de contact (211),
- un unique organe secondaire de connexion (221) en correspondance avec l'organe primaire de connexion (121) de la structure semiconductrice (100), ledit organe secondaires de connexion étant de l'autre type parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe secondaire de connexion (221) étant en contact électrique avec la troisième zone de contact (211), ledit organe secondaire de connexion (221) comprenant un deuxième élément d'alignement magnétique (222) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, le premier élément d'alignement magnétique et/ou le deuxième élément d'alignement étant du type aimants permanents,

- placement et libération de la structure semiconductrice (100) à une distance du support (200) choisie en fonction d'une force d'attraction entre le premier élément d'alignement magnétique (122) de l'organe primaire de connexion (121) et le deuxième élément d'alignement magnétique (222) correspondant et d'une masse de ladite structure semiconductrice (100), ceci pour obtenir un alignement par attraction magnétique de la structure semiconductrice (100) vis-à-vis du support (200) avec un alignement du premier élément d'alignement magnétique (122) avec le deuxième élément d'alignement magnétique (222) lors de la libération de structure semiconductrice,

- connexion de la structure semiconductrice (100) au support (200) par accouplement de l'organe de connexion primaire (121) avec l'organe de connexion secondaire (221), cet accouplement étant obtenu par insertion de l'organe parmi l'organes primaires de connexion (121) et l'organe secondaire de connexion (221) qui est du type insert dans les organes de connexion correspondant parmi l'organe primaire de connexion (122) et l'organe secondaire de connexion (222) qui est du type plot en matériau ductile métallique de manière à loger ledit organe du type insert dans ledit organe de connexion du type plot en matériau ductile.

[Revendication 5]

Procédé de connexion par hybridation selon l'une quelconque des re-

vendications 1 à 4, dans lequel lors de l'étape de fourniture de la structure semiconductrice (100) et lors de la fourniture du support (200), le ou chaque premier élément d'alignement magnétique (122, 126) ou le ou chaque deuxième élément d'alignement magnétique (222, 226), est du type ferromagnétiques doux.

[Revendication 6] Procédé de connexion par hybridation selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel lors des étapes de fourniture de la structure semiconductrice (100) et du support (200), le ou chaque premier élément d'alignement magnétique (122, 126) et le ou chaque deuxième élément d'alignement magnétique (222, 226) est du type aimants permanents.

[Revendication 7] Procédé de connexion selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 dans lequel, la structure semiconductrice (100) est une structure opto-électronique préférentiellement sélectionnée parmi les diodes électroluminescentes et les photodiodes, et dans lequel le support (200) comprend une unité de commande de ladite structure semiconductrice (100).

[Revendication 8] Procédé de connexion selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel chacun des premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126) et des deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226) est sélectionné dans le groupe comportant :

- un revêtement de l'organe primaire de connexion (121, 125) ou de l'organe secondaire de connexion correspondant (221, 225),
- un élément d'alignement prolongeant l'organe primaire de connexion (121, 125) ou de l'organe secondaire de connexion correspondant (221, 225) à l'opposé de la zone de connexion correspondante,
- un corps d'organe de connexion de l'organe primaire de connexion (121, 125) ou de l'organe secondaire de connexion correspondant (221, 225).

[Revendication 9] Procédé de connexion selon l'une quelconque des revendications 1 à 7 dans lequel les organes primaires de connexion (121, 125) sont du type insert, les organes secondaires de connexion étant du type plot en matériau métallique ductile (221, 225).

[Revendication 10] Dispositif semiconducteur (1) comprenant une structure semiconductrice (100) et un support (200), la structure semiconductrice (100) comprenant :

- une couche support (101) dans laquelle est aménagée au moins une partie active (110) de ladite structure semiconductrice (100) et au moins

une première et une deuxième zone de contact (111, 112) de ladite partie active, et

- au moins deux premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux;

le support (200) comprenant :

- au moins une troisième et une quatrième zone de contact (211, 212),

- au moins deux deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, les premiers éléments d'alignement magnétique et/ou les deuxièmes éléments d'alignement étant du type aimants permanents;

le dispositif semiconducteur (1) **étant caractérisé en ce que** :

- la structure semiconductrice (100) comprend au moins deux organes primaires de connexion (121, 125) d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion (121, 125) étant en contact électrique avec respectivement la première et la deuxième zone de contact (111, 112),

- Le support (200) comprend au moins deux organes secondaires de connexion (221, 225) chacun en correspondance avec un organe primaire de connexion (121, 122) respectif de la structure semiconductrice (100), lesdits organes secondaires de connexion (221, 225) étant de l'autre type parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion (221, 225) étant en contact électrique avec respectivement la troisième et la quatrième zone de contact (211, 212),
- au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion (121, 125) comprenant chacun l'un des premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126),
- au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion (221, 225) comprenant chacun l'un des deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226),
- la structure semiconductrice (100) est connectée au support (200) par accouplement des premier et deuxième organes de connexion primaires (121, 125) avec les deuxièmes organes de

connexion secondaires (221, 225), cet accouplement étant fourni par un logement des organes parmi les organes primaires de connexion (121, 125) et les organes secondaires de connexion (221, 225) qui sont du type inserts dans les organes de connexion correspondant parmi les organes primaires de connexion (121, 125) et les organes secondaires de connexion (221, 125) qui sont du type plot en matériau ductile métallique, et

- la structure semiconductrice (100) est alignée vis-à-vis du support (200) avec un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126) avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226) correspondant.

[Revendication 11]

Dispositif semiconducteur (1) comprenant une structure semiconductrice (100) et un support (200), la structure semiconductrice (100) comprenant :

- une couche support (101) dans laquelle est aménagée au moins une partie active (110) de ladite structure semiconductrice (100) et une première zone de contact (111) de ladite partie active, et
 - un unique premier élément d'alignement magnétique (122) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux ;
- le support (200) comprenant :
- au moins une troisième zone de contact (211),
 - un unique deuxième élément d'alignement magnétique (222) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,
- le premier élément d'alignement magnétique (122) et/ou le deuxième élément d'alignement magnétique (222) étant du type aimants permanents;

le dispositif semiconducteur (1) **étant caractérisé en ce que** :

- la structure semiconductrice (100) comprend un unique organe primaire de connexion (121) d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, l'organe primaire de connexion (121) étant en contact électrique avec la première zone de contact (111),
- le support (200) comprend un unique organe secondaire de connexion (221) en correspondance avec l'organe primaire de connexion (121) de la structure semiconductrice (100), ledit

- organe secondaire de connexion (22) étant de l'autre type parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe secondaire de connexion (221) étant en contact électrique avec la troisième zone de contact (211),
- l'organe primaire de connexion (121) comprend le premier élément d'alignement magnétique (122),
 - l'organe secondaire de connexion (221) comprend le deuxième élément d'alignement magnétique (222),
 - la structure semiconductrice (100) est connectée au support (200) par accouplement de l'organe de connexion primaire (121) avec le deuxième organe de connexion secondaire (221), cet accouplement étant fourni par un logement de l'organe de connexion parmi l'organe primaire de connexion (121) et l'organe secondaire de connexion (221) qui est du type insert dans l'organe de connexion correspondant parmi l'organe primaire de connexion (121) et l'organe secondaire de connexion (221) qui est du type plot en matériau ductile métallique, et
 - la structure semiconductrice (100) est alignée vis-à-vis du support (200) avec un alignement des premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126) avec les deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226) correspondant.

[Revendication 12] Structure semiconductrice (100) comprenant :

- une couche support (101) dans laquelle est aménagée au moins une partie active (110) de ladite structure semiconductrice (100) et au moins une première et une deuxième zone de contact (111, 112) de ladite partie active (110),
- au moins deux premiers éléments d'alignement magnétique (122, 126) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,,

la structure semiconductrice (100) **étant caractérisée en ce qu'** elle comprend au moins deux organes primaires de connexion (121, 125) d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion (121, 125) étant en contact électrique avec res-

pectivement la première et la deuxième zone de contact (111, 112), et en ce qu'au moins deux parmi lesdits organes primaires de connexion (121, 125) comprennent chacun l'un des premier éléments d'alignement magnétique (122, 126).

[Revendication 13]

Structure semiconductrice (100) comprenant :

- une couche support (101) dans laquelle est aménagée au moins une partie active (110) de ladite structure semiconductrice (100) et au moins une première zone de contact (111, 112) de ladite partie active (110),
- un unique premier élément d'alignement magnétique (122) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux, la structure semiconductrice (100) **étant caractérisée en ce qu'** elle comprend un unique organe primaire de connexion (121) d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe primaires de connexion (121) étant en contact électrique avec la première zone de contact (111), et en ce que ledit organe primaire de connexion (121) comprend le premier éléments d'alignement magnétique (122).

[Revendication 14]

Support (200) comprenant ;

- au moins une troisième et une quatrième zone de contact (211, 212),
- au moins deux deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

le support (100) **étant caractérisé en ce qu'** il comprend au moins deux organes secondaires de connexion (221, 225) chacun destiné à être en correspondance avec un organe primaire de connexion (121, 122) respectif d'une structure semiconductrice (100), lesdits organes secondaires de connexion (221, 225) étant d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion (221, 225) étant en contact électrique avec respectivement la troisième et la quatrième zone de contact (211, 212), et en ce que au moins deux parmi lesdits organes secondaires de connexion (221, 225) comprenant chacun l'un des deuxièmes éléments d'alignement magnétique (222, 226).

[Revendication 15]

Support (200) comprenant ;

- au moins une troisième zone de contact (211),
- un unique deuxième élément d'alignement magnétique (222) d'un type sélectionné parmi les aimants permanents et les ferromagnétiques doux,

le support (100) **étant caractérisé en ce qu'** il comprend un unique organe secondaire de connexion (221) destiné à être en correspondance avec un organe primaire de connexion (121) respectif d'une structure semiconductrice (100), lesdits organe secondaires de connexion (221) étant d'un type sélectionné parmi les plots en matériau ductile métallique et les inserts en matériau conducteur, ledit organe secondaire de connexion (221) étant en contact électrique avec la troisième zone de contact (211),
et en ce que ledit organe secondaire de connexion (221) comprend le deuxième élément d'alignement magnétique (222).

[Fig. 1A]

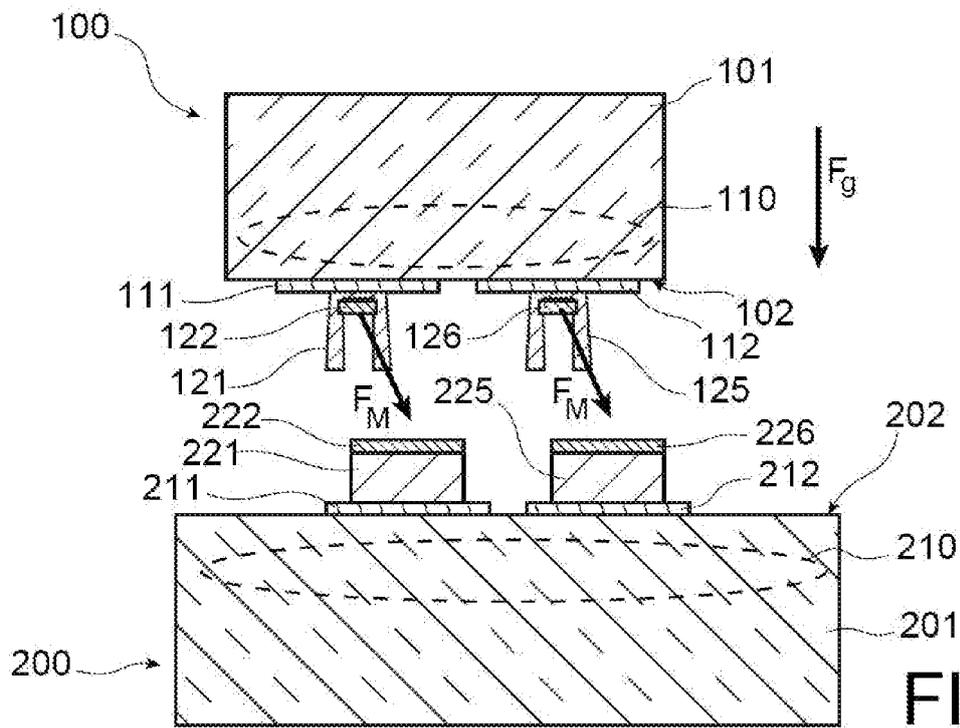


FIG. 1A

[Fig. 1B]

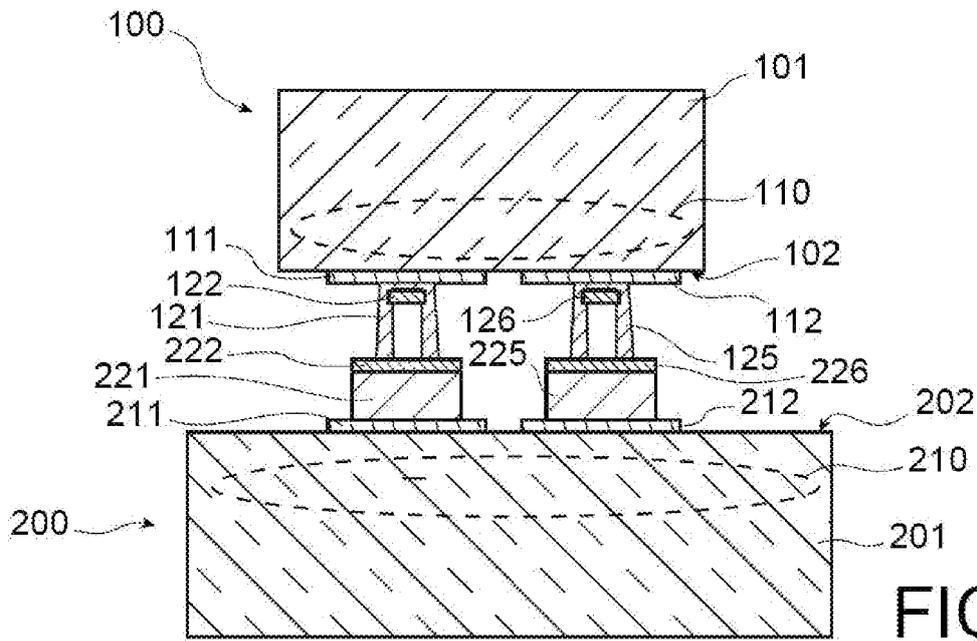


FIG. 1B

[Fig. 3]

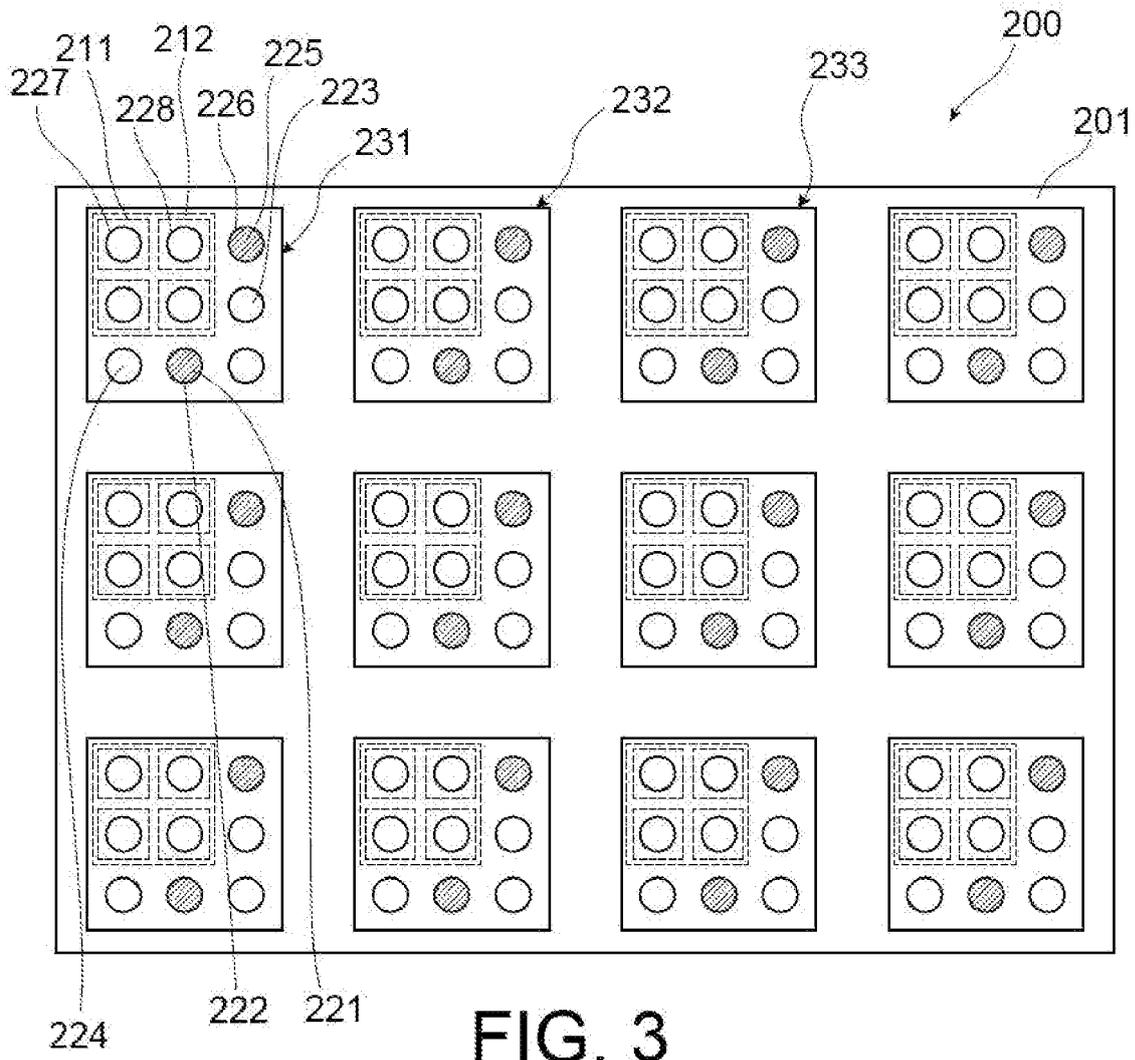
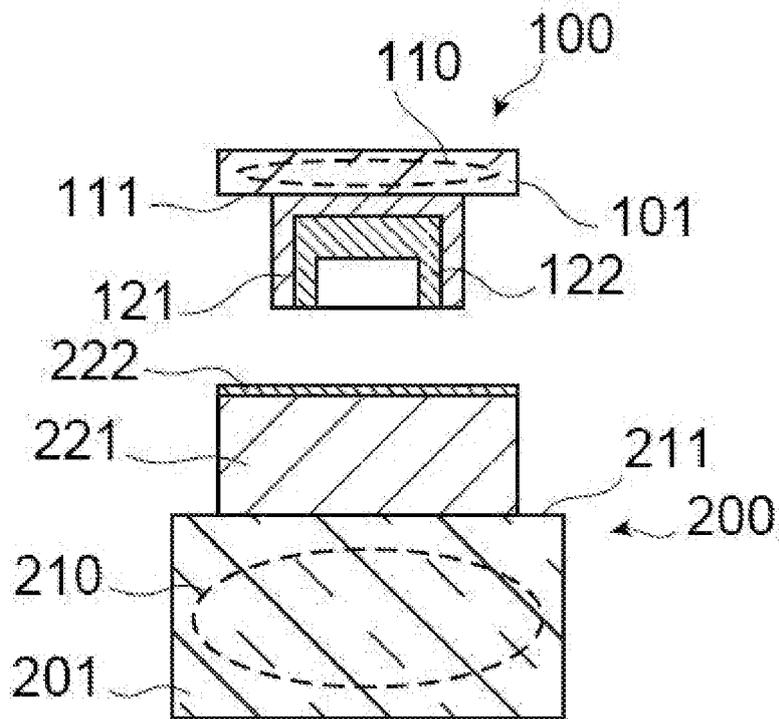
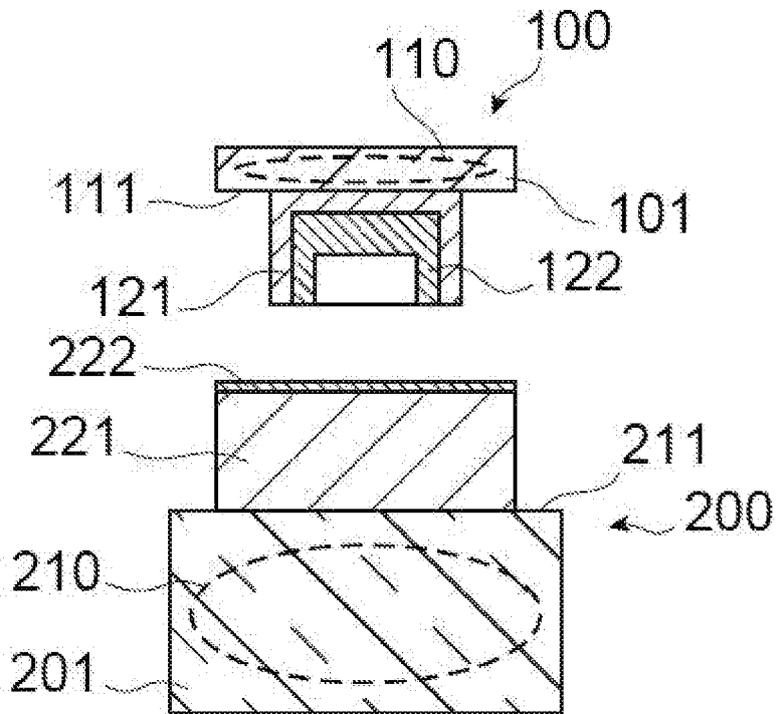


FIG. 3

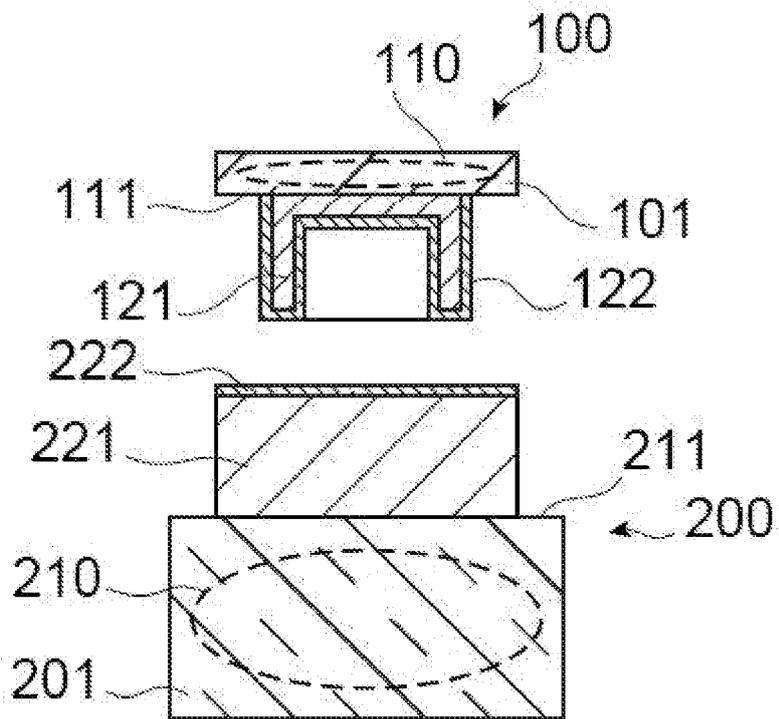
[Fig. 4]

**FIG. 4**

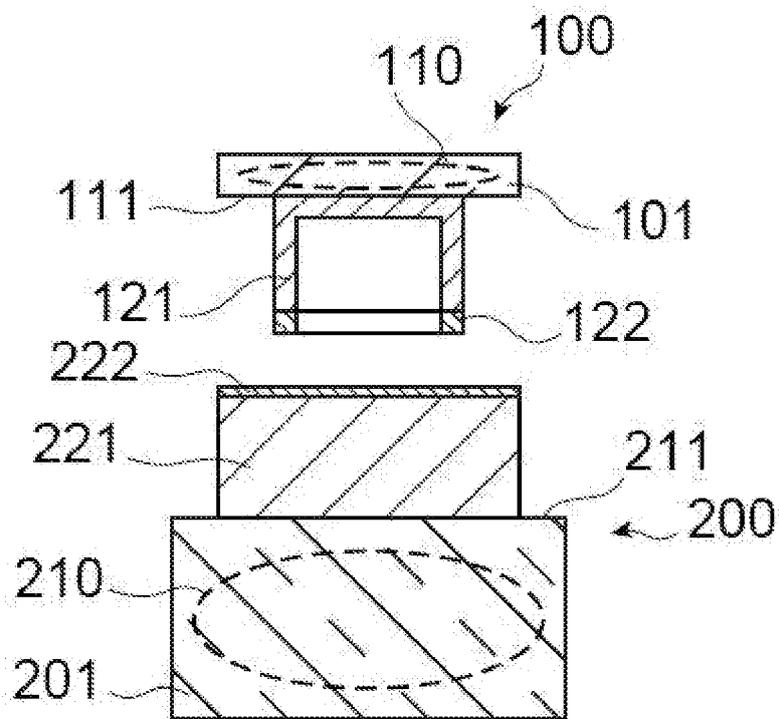
[Fig. 5]

**FIG. 5**

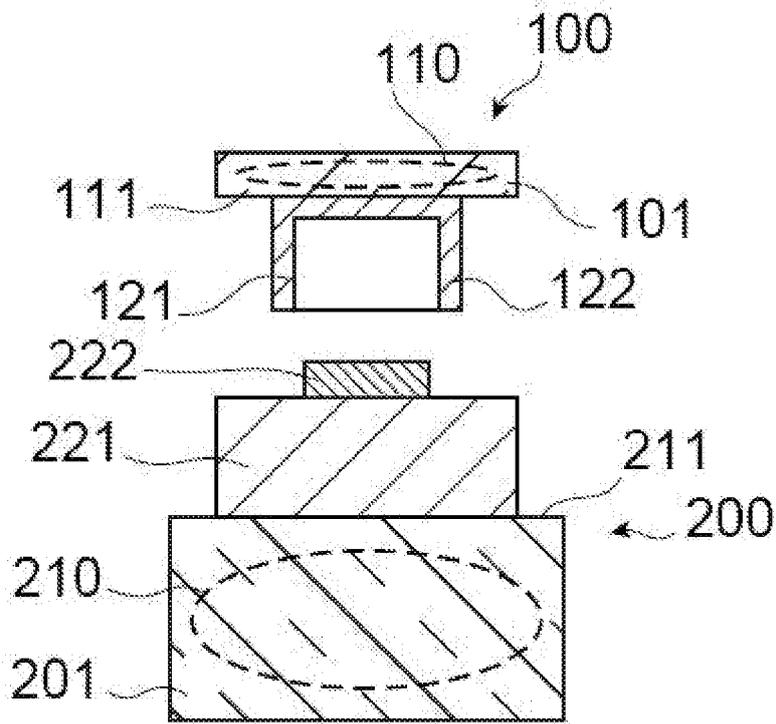
[Fig. 6]

**FIG. 6**

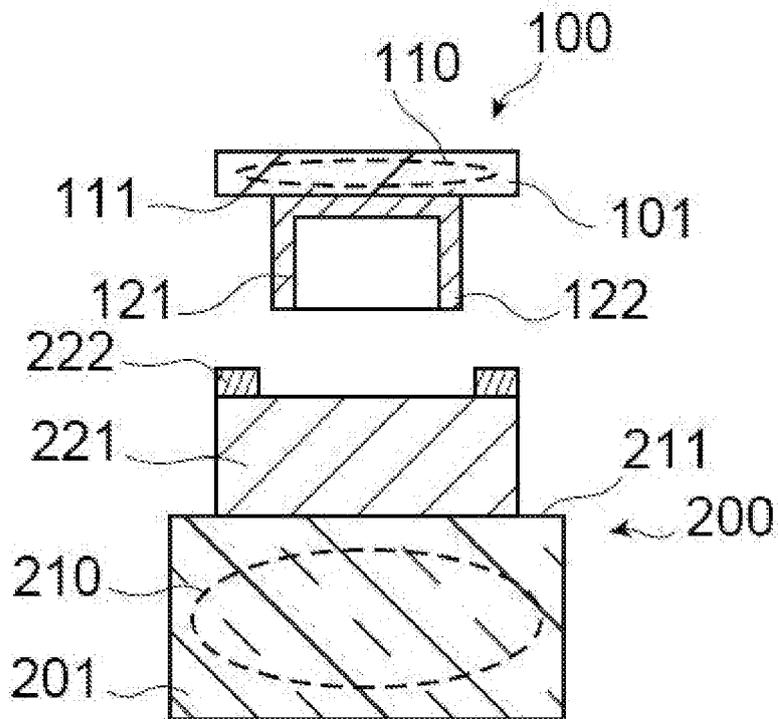
[Fig. 7]

**FIG. 7**

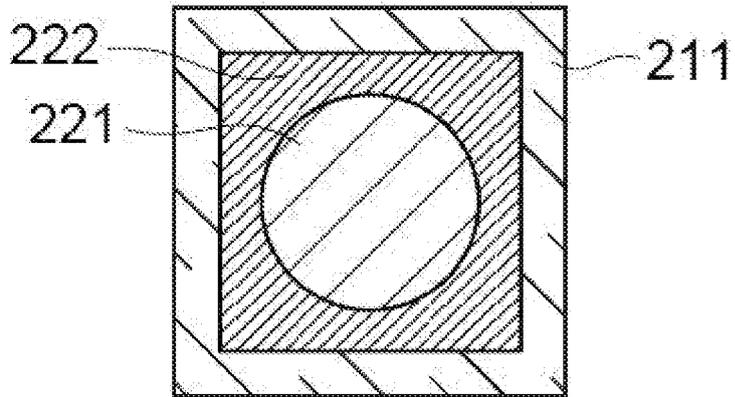
[Fig. 8]

**FIG. 8**

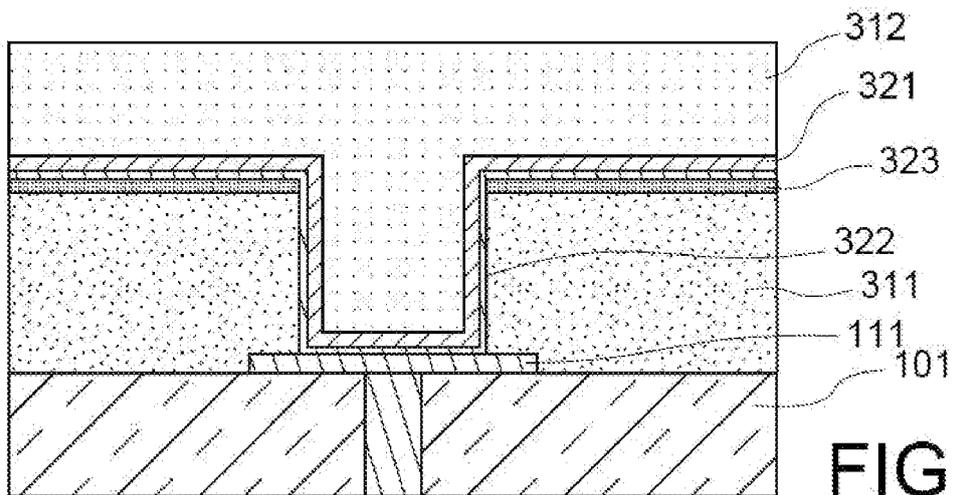
[Fig. 9A]

**FIG. 9A**

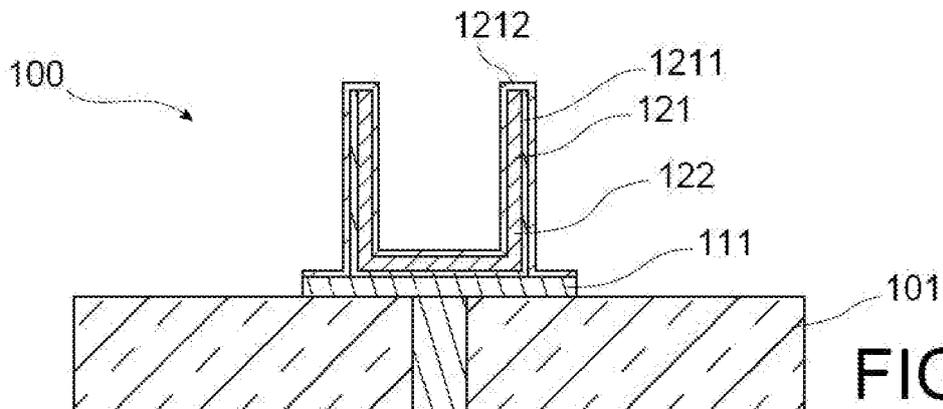
[Fig. 9B]

**FIG. 9B**

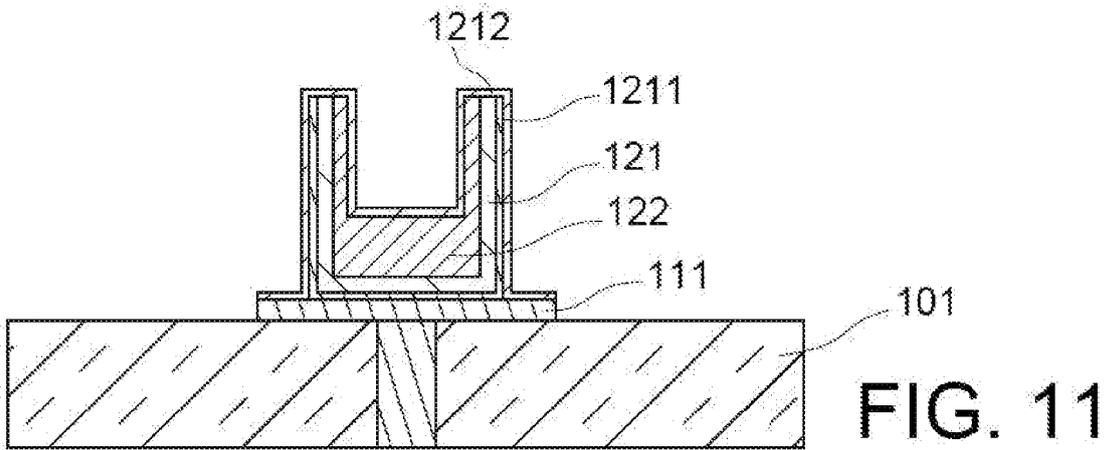
[Fig. 10A]

**FIG. 10A**

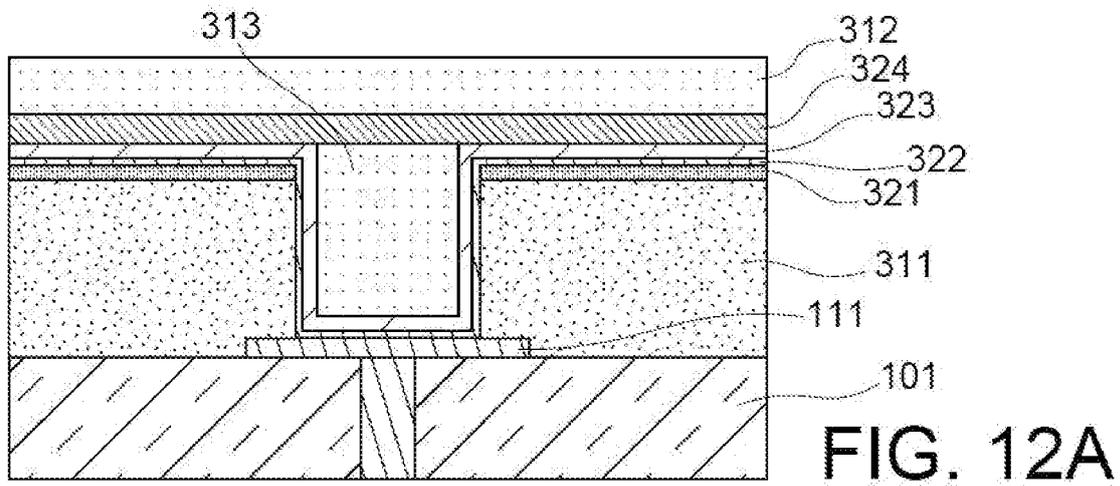
[Fig. 10B]

**FIG. 10B**

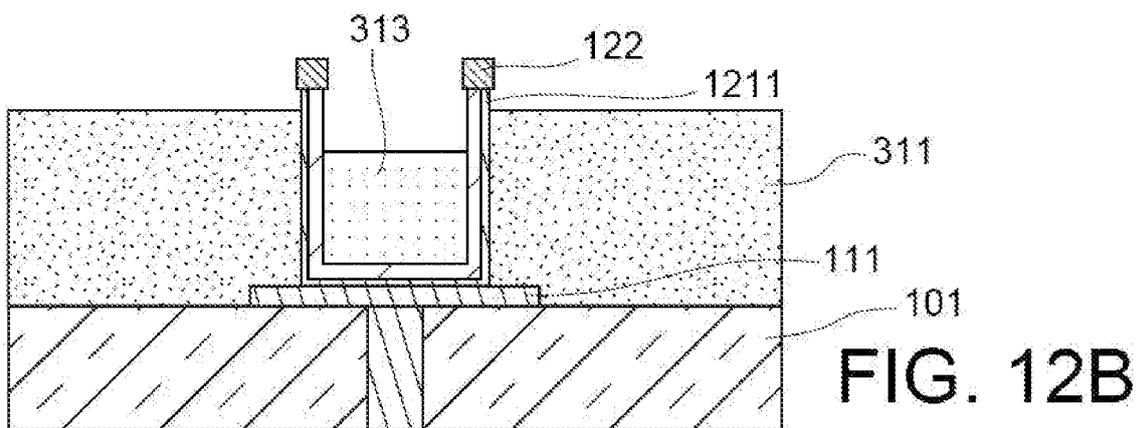
[Fig. 11]



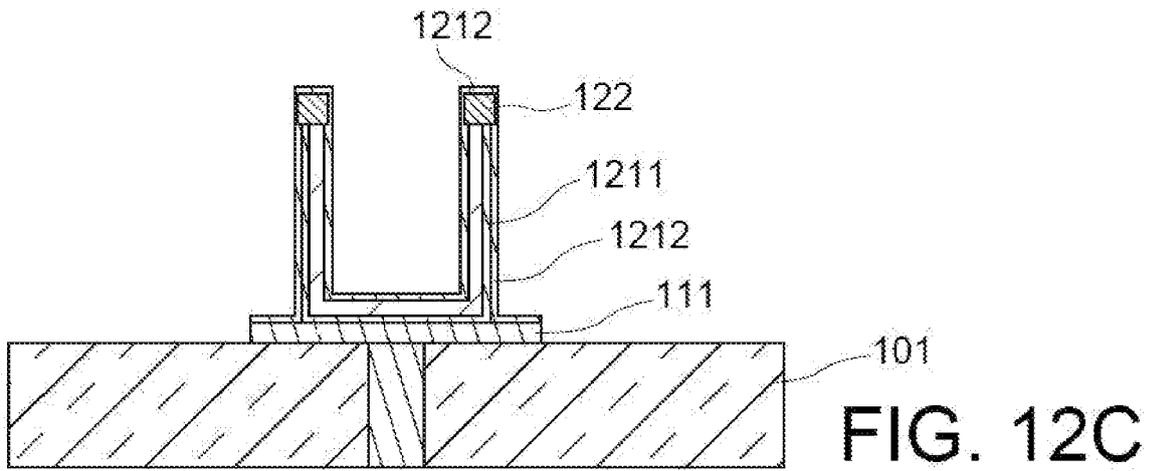
[Fig. 12A]



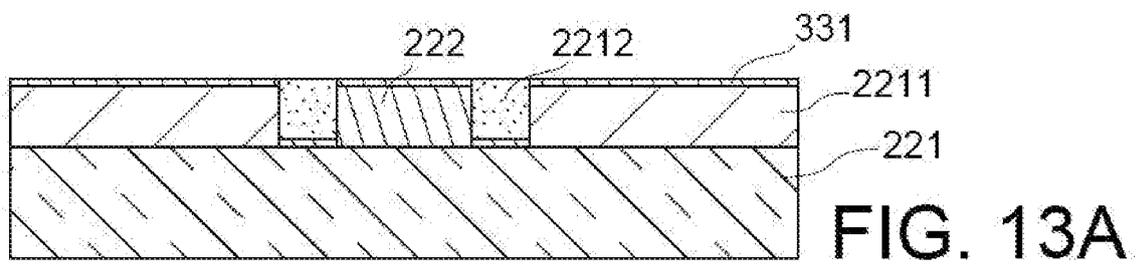
[Fig. 12B]



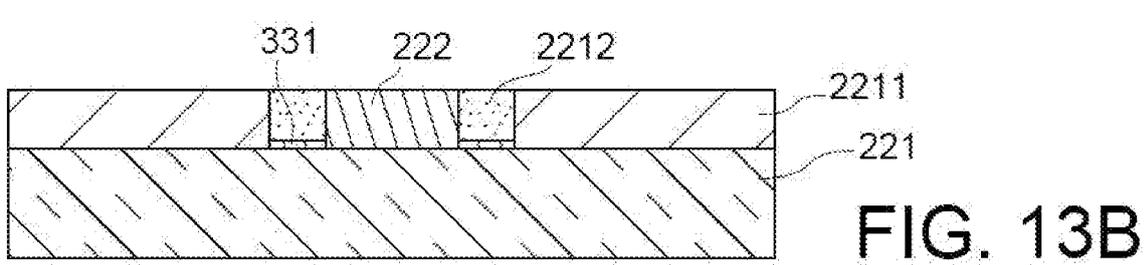
[Fig. 12C]



[Fig. 13A]



[Fig. 13B]



[Fig. 13C]

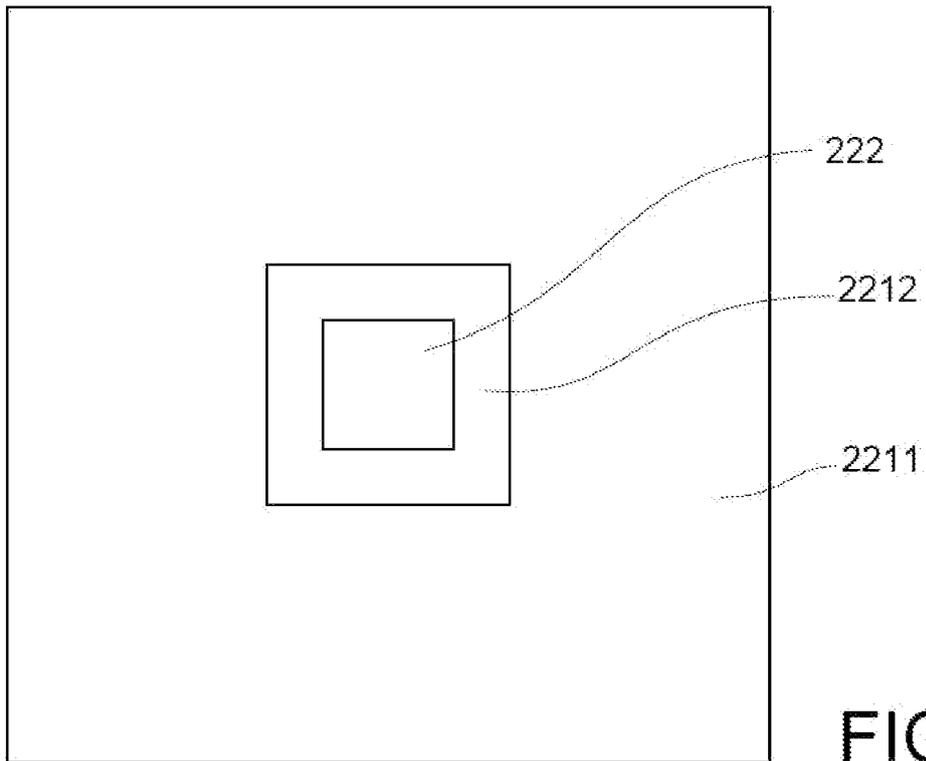
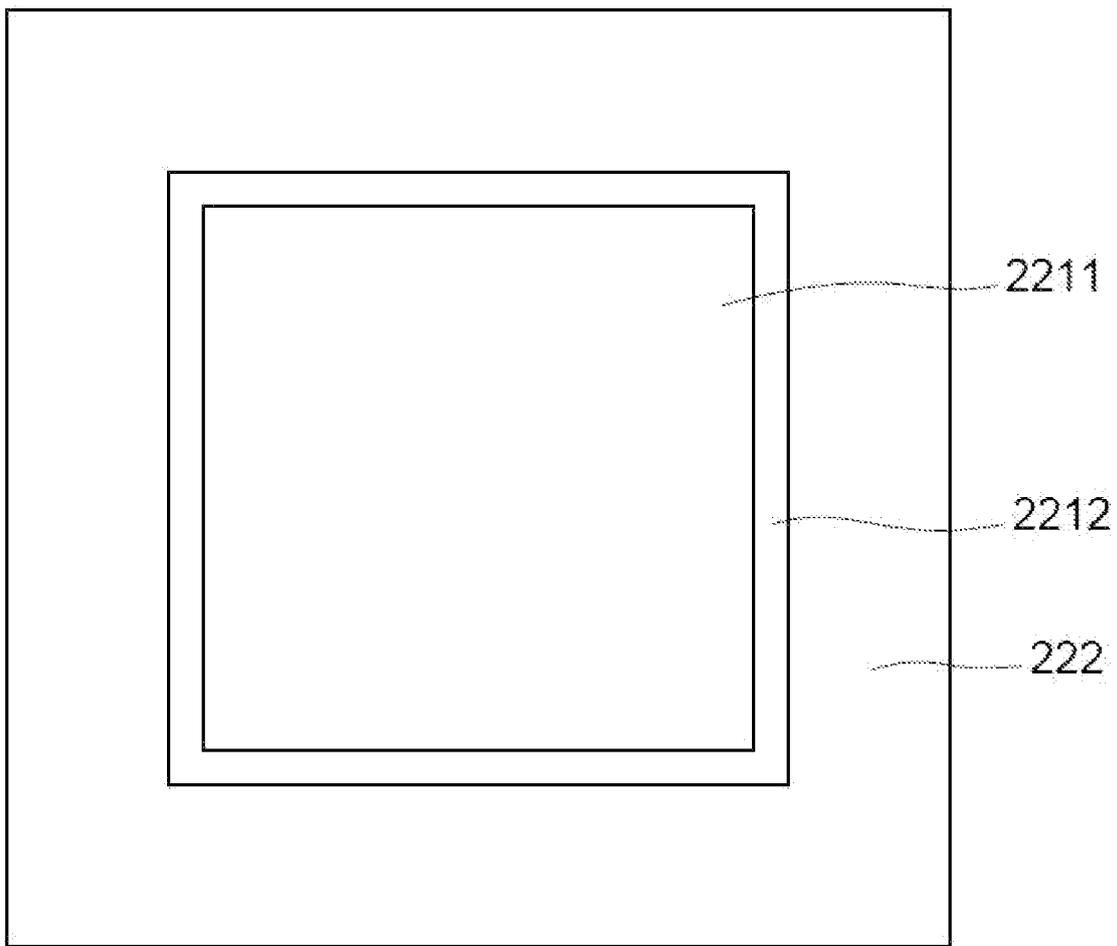
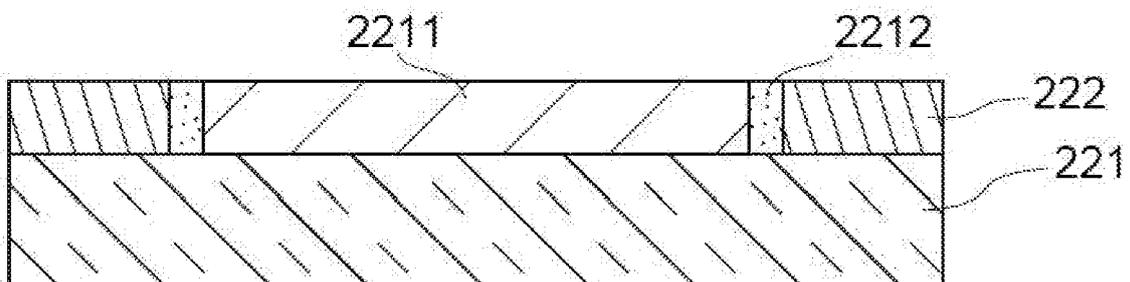


FIG. 13C

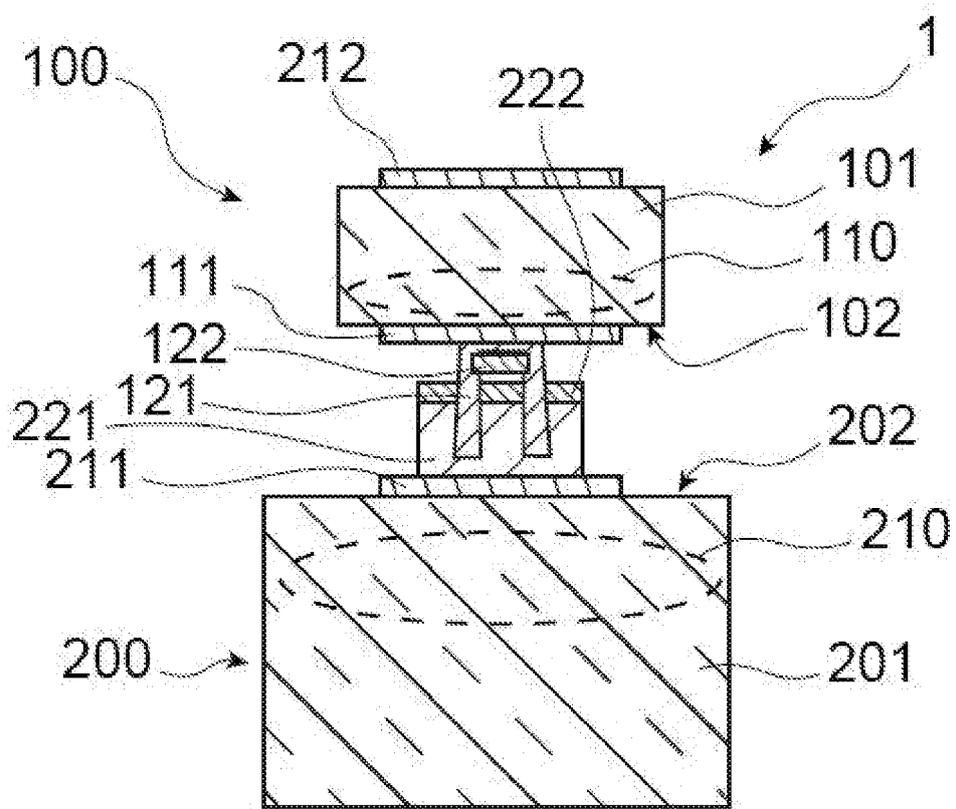
[Fig. 14A]

**FIG. 14A**

[Fig. 14B]

**FIG. 14B**

[Fig. 15]

**FIG. 15**

**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
national
 FA 876355
 FR 1915718

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	WO 2019/066944 A1 (INTEL CORP [US]) 4 avril 2019 (2019-04-04)	1,3-15	H01L27/00 H01L21/00
Y	* alinéas [0014] - [0023], [0026]; figures 1-3 *	2	
X	US 2011/281375 A1 (SWAMINATHAN RAJASEKARAN [US] ET AL) 17 novembre 2011 (2011-11-17) * alinéas [0014] - [0023]; figures 1-9 * * alinéas [0032] - [0034]; figures 17-18 *	12,13	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01L
X	US 3 986 255 A (MANDAL ROBERT P) 19 octobre 1976 (1976-10-19) * colonne 7, lignes 13-26; figures 3,4 *	12,13	
X	WO 2013/001225 A1 (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; MARION FRANCOIS [FR]) 3 janvier 2013 (2013-01-03) * page 13, lignes 17-24; figures 1,2 *	12-15	
Y	US 2012/313236 A1 (WAKIYAMA SATORU [JP] ET AL) 13 décembre 2012 (2012-12-13) * figures 1-3 *	2	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
25 août 2020		Dehestru, Bastien	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1915718 FA 876355**

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **25-08-2020**

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

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2019066944 A1	04-04-2019	AUCUN	

US 2011281375 A1	17-11-2011	AUCUN	

US 3986255 A	19-10-1976	AUCUN	

WO 2013001225 A1	03-01-2013	EP 2727144 A1	07-05-2014
		FR 2977370 A1	04-01-2013
		US 2014075747 A1	20-03-2014
		US 2016233186 A1	11-08-2016
		WO 2013001225 A1	03-01-2013

US 2012313236 A1	13-12-2012	CN 102820284 A	12-12-2012
		JP 2012256737 A	27-12-2012
		KR 20120137238 A	20-12-2012
		KR 20190054039 A	21-05-2019
		TW 201250975 A	16-12-2012
		US 2012313236 A1	13-12-2012
