

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 100 655

②1 N° d'enregistrement national : **19 10002**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 L 21/02 (2019.01), H 01 L 21/762**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 11.09.19.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de mise à la disposition du public de la demande : 12.03.21 Bulletin 21/10.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑫⑥ 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) : NIEBOJEWSKI Heimanu.

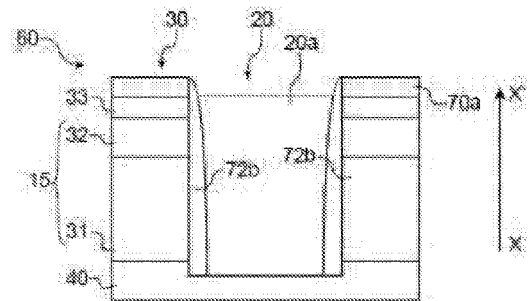
⑦③ Titulaire(s) : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES Etablissement public*.

⑦④ Mandataire(s) : BREVALEX.

⑤④ procédé de fabrication d'un substrat mixte.

⑤⑦ L'invention concerne un procédé de fabrication d'un substrat mixte (10) qui comprend, sur une face principale (40a) d'un substrat support (40), une première région (20), et une seconde région, le procédé comprend les étapes :a) fournir un substrat de départ (60) qui comprend une couche intermédiaire (31), composée du deuxième matériau (30a), et le substrat support (40);b) former un masque (70) qui comprend une ouverture (71) délimitant la première région (20);c) former une cavité (72);d) former la première région (20) par croissance épitaxiale du premier matériau (20a) sous forme monocristalline dans la cavité (72),le procédé comprend une étape c1), exécutée avant l'étape d), de formation d'une couche de protection (80), faite d'un matériau amorphe, en recouvrement du flanc de la cavité (72) et laisse exposée à l'environnement extérieur le fond (72a) de ladite cavité (72).

Figure pour l'abrégé : figure 3 E



FR 3 100 655 - A1



Description

Titre de l'invention : procédé de fabrication d'un substrat mixte

Domaine technique

- [0001] La présente invention se rapporte au domaine de la microélectronique, et notamment celui des substrats pour la microélectronique.
- [0002] La présente invention concerne en particulier un procédé de fabrication d'un substrat mixte ou hybride permettant la co-intégration de régions ou d'empilements de nature différente.
- [0003] La présente invention concerne, selon un mode de réalisation particulier, un procédé de fabrication d'un substrat mixte pourvu de régions dites SOI (Silicium sur Isolant) reposant sur une couche de piégeage (« SOI Trap Rich » selon la terminologie Anglo-Saxonne) et de régions faites d'un matériau monobloc ou massif (« Bulk » selon la terminologie Anglo-Saxonne).
- [0004] La présente invention concerne notamment un procédé de fabrication d'un substrat mixte permettant la co-intégration de structures logiques, analogiques, et radio fréquence.

Technique antérieure

- [0005] L'intérêt pour les substrats mixtes ou hybrides n'est aujourd'hui plus à démontrer.
- [0006] En effet, ces derniers généralement pourvus de zones dites massives (« bulk » selon la terminologie Anglo-Saxonne), et de zones du type « SOI » permettent de réaliser des composants de nature différente sur un seul et même substrat.
- [0007] À cet égard, un procédé de formation d'un substrat mixte (ou hybride) connu de l'état de la technique est illustré aux figures 1A à 1E.
- [0008] Ce procédé comprend notamment les étapes suivantes consistant à :
- i) fournir un substrat SOI 1 qui comprend un empilement comprenant de sa face avant 1A vers sa face arrière 1b une couche utile 2, faite de silicium, une couche diélectrique 3, faite de dioxyde de silicium, et un substrat support 4 fait de silicium monocristallin ;
 - ii) former un masque 5 pourvu d'ouvertures 5a exposant des premières régions de l'empilement, et destiné à protéger des deuxièmes régions de l'empilement à l'aide de parties 5b ;
 - iii) former des cavités 8 par gravure complète de la couche utile 2 et la couche diélectrique 3 au niveau des ouvertures 5a ;
 - iv) remplir les cavités 8 de silicium monocristallin 7 par croissance épitaxiale.
- [0009] La formation du masque lors de l'exécution de l'étape ii) peut impliquer la formation d'une couche d'un matériau diélectrique 6a en recouvrement de la face avant, et la dé-

finition des ouvertures 5a au moyen d'un masque de résine 6b réalisé selon un procédé photo lithographique.

- [0010] À l'issue de l'étape de iv), les premières régions du substrat mixte sont faites de silicium massif, tandis que les deuxièmes régions comprennent un empilement SOI.
- [0011] L'étape iv) peut également être suivie d'une étape v) de formation de tranchées d'isolation de surface 9 (« STI » ou « Shallow Trench Isolation » selon la terminologie Anglo-Saxonne), destinées à isoler les premières régions des deuxièmes régions.
- [0012] Ce procédé connu de la technique et exécuté sur un substrat SOI limité à une couche utile et une couche diélectrique est relativement satisfaisant.
- [0013] Toutefois, dès lors que les applications envisagées impliquent la formation de composants radio fréquence, une couche de piégeage (« Trap Rich » selon la terminologie Anglo-Saxonne) est intercalée entre la couche diélectrique et le substrat support.
- [0014] Cette couche de piégeage comprend notamment du silicium poly cristallin susceptible de perturber l'exécution de l'étape iv). En particulier, la couche de piégeage exposée au niveau des parois des cavités perturbe l'exécution de l'étape iv), et est, par voie de conséquence, à l'origine d'une croissance erratique et de la création de défauts.
- [0015] Un but de la présente invention est donc de proposer un procédé de fabrication d'un substrat mixte permettant de limiter le nombre de défauts lors de l'exécution de l'étape de croissance épitaxiale.
- [0016] Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de fabrication d'un substrat mixte pourvu de premières régions massives et de deuxièmes région comprenant un empilement du type SOI reposant sur une couche de piégeage.

Exposé de l'invention

- [0017] La présente invention propose donc un procédé de fabrication d'un substrat mixte à partir d'un substrat de départ.
- [0018] Le substrat de départ comprend, d'une face avant vers une face arrière, une couche intermédiaire reposant sur un substrat support, notamment un substrat de silicium monocristallin.
- [0019] La couche intermédiaire, selon les termes de la présente invention, comprend un matériau susceptible de servir de germe à une croissance par épitaxie d'un premier matériau.
- [0020] Par « servir de germe », on entend une couche au niveau de laquelle des germes de croissance dudit premier matériau peuvent être observés au cours d'une étape de croissance épitaxiale. À titre d'exemple, la couche intermédiaire peut comprendre un matériau poly cristallin, et plus particulièrement du silicium poly cristallin.
- [0021] L'invention comprend donc la formation d'une cavité dans le substrat de départ à

partir de la face avant et qui s'étend jusque dans le substrat support. Les parois de la cavité sont ensuite tapissés d'une couche de protection, faite d'un matériau amorphe de manière à masquer les sections de la couche intermédiaire découvertes au niveau desdits parois.

[0022] Enfin, le premier matériau est déposé par épitaxie à partir du fond de la cavité afin de former une première région.

[0023] Le substrat support est, à cet égard, configuré pour favoriser une croissance monocristalline du premier matériau.

[0024] La mise en œuvre de la couche de protection permet d'exercer un meilleur contrôle de la croissance du premier matériau, et en particulier de limiter la création de défauts par une germination du premier matériau au niveau des parois de la cavité.

[0025] Les buts de la présente invention sont donc, au moins en partie, atteints par un procédé de fabrication d'un substrat mixte qui comprend, sur une face principale d'un substrat support, une première région, comprenant un premier matériau monocristallin, et une seconde région, contiguë à la première région, et comprenant un deuxième matériau, le procédé comprend les étapes suivantes :

a) fournir un substrat de départ qui comprend une l'empilement, formé d'au moins une couche intermédiaire, et en recouvrement de la face principale du substrat support, la couche intermédiaire comprenant le deuxième matériau sous forme monocristalline ou polycristalline ;

b) former un masque sur la l'empilement, ledit masque comprenant une ouverture délimitant l'emplacement de la première région ;

c) graver l'empilement au niveau de l'ouverture de manière à former une cavité délimitée par un fond et des parois, le fond étant situé sur ou dans le substrat support ;

d) former l'au moins une première région par croissance épitaxiale du premier matériau sous forme monocristalline dans l'au moins une cavité,

le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend une étape c1), exécutée avant l'étape d), de formation d'une couche de protection, faite d'un matériau amorphe, en recouvrement des parois de l'au moins une cavité et laisse exposée à l'environnement extérieur le fond de ladite cavité.

[0026] Selon un mode de réalisation avantageux, l'étape d) comprend également une gravure du premier matériau susceptible d'être formé sous forme polycristalline sur les parois de l'au moins une cavité.

[0027] Selon un mode de réalisation avantageux, l'étape c1) comprend la formation d'une couche de matériau en recouvrement l'empilement, du fond et des parois des cavités, l'étape c1) comprenant en outre le retrait de ladite couche de matériau au niveau du fond des cavités.

[0028] Le retrait de la couche de matériau peut comprendre une gravure sèche anisotrope.

- [0029] Selon un mode de mise en œuvre, la couche de protection comprend au moins des matériaux choisis parmi : dioxyde de silicium, nitrure de silicium, SiCO, SiBCN.
- [0030] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape d) comprend au moins une séquence comprenant les étapes :
- d1) faire croître de manière épitaxiale une couche faite du premier matériau en recouvrement du fond et des parois de l'au moins une cavité ;
 - d2) graver sélectivement la couche faite du premier matériau déposée sur les parois de l'au moins une cavité ;
- la séquence est alors répétée autant de fois que nécessaire pour que l'au moins une cavité soit remplie avec le premier matériau monocristallin.
- [0031] Cette au moins une séquence est avantageusement mise en œuvre lorsque l'au moins une cavité présente un rapport d'aspect supérieur à un quart.
- [0032] Selon un autre mode de mise en œuvre, l'étape d) comprend une étape de croissance épitaxiale permettant de faire croître le premier matériau de manière monocristalline à partir du fond de la cavité, et de manière polycristalline sur la couche de protection, l'étape de croissance étant exécutée en présence d'un agent chimique permettant de graver sélectivement le premier matériau sous forme polycristalline au regard de sa forme monocristalline.
- [0033] Par exemple, l'étape d) met en œuvre un précurseur comprenant du SiH₄ ou du dichlorosilane (DCS), et un agent chimique comprenant du HCl.
- [0034] Ce mode de mise en œuvre permet avantageusement de considérer des cavités présentant un rapport d'aspect petit et notamment inférieur à un quart.
- [0035] Selon un mode de mise en œuvre, l'au moins une première région et l'au moins une deuxième région présentent chacune une surface exposée à l'environnement extérieur en affleurement l'une de l'autre.
- [0036] Avantageusement, l'empilement peut comprendre en outre une couche utile et une couche diélectrique disposée entre ladite couche utile et la couche intermédiaire, la couche utile et la couche diélectrique étant également gravées au niveau de l'au moins une ouverture lors de l'exécution de l'étape c).
- [0037] Par exemple, la couche utile peut comprendre du silicium, la couche diélectrique peut comprendre du dioxyde de silicium, et la couche intermédiaire peut comprendre du silicium polycristallin.
- [0038] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape b) comprend la formation d'un masque dur, le masque dur comprend notamment un matériau diélectrique.
- [0039] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape c) comprend une gravure sèche, notamment une gravure plasma.
- [0040] Selon un mode de mise en œuvre, le procédé comprend en outre une étape e), exécutée après l'étape d), de formation d'une tranchée d'isolation remplie d'un

matériau diélectrique destinées isoler électriquement l'au moins une première région de l'au moins une deuxième région.

[0041] Selon un mode de mise en œuvre, la tranchée d'isolation s'étend jusque dans le substrat support ou s'arrête dans la couche intermédiaire.

Breve description des dessins

[0042] D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront dans la description qui va suivre d'un procédé de fabrication d'un substrat mixte, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

[0043] [fig.1A]

[0044] [fig.1B]

[0045] [fig.1C]

[0046] [fig.1D]

[0047] [fig.1E] sont des représentations schématiques des différentes étapes mises en œuvre pour la réalisation d'un substrat mixte connu de l'état de la technique, ces figures sont notamment des vues selon un plan de coupe perpendiculaire à la face avant du substrat SOI ;

[0048] [fig.2] est une représentation schématique d'un substrat mixte susceptible d'être obtenu par le procédé de fabrication selon la présente invention, cette figure est représentée selon un plan de coupe perpendiculaire à une face principale du substrat support ;

[0049] [fig.3A]

[0050] [fig.3B]

[0051] [fig.3C]

[0052] [fig.3D]

[0053] [fig.3E] sont des représentations schématiques des différentes étapes mises en œuvre pour la réalisation d'un substrat mixte connu selon la présente invention, ces figures sont notamment des vues selon un plan de coupe perpendiculaire à une face principale du substrat support ;

[0054] [fig.4A]

[0055] [fig.4B]

[0056] [fig.4C] sont des représentations schématiques illustrant la formation de la couche de protection par oxydation thermique ;

[0057] [fig.5A]

[0058] [fig.5B] illustrent de manière schématique la formation de tranchées d'isolation selon la première variante de la présente invention ;

[0059] [fig.6A]

[0060] [fig.6B] illustrent de manière schématique la formation de tranchées d'isolation selon

la seconde variante de la présente invention ;

[0061] [fig.7] est une représentation schématique d'un substrat mixte obtenu par le procédé de fabrication selon la présente invention et sur lequel sont formés des dispositifs microélectroniques.

[0062] **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

[0063] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un substrat mixte (ou hybride) à partir d'un substrat de départ.

[0064] Tel que représenté à la figure 2, le substrat mixte 10 comprend une ou plusieurs premières régions 20, une ou plusieurs deuxièmes régions 30, et un substrat support 40. Notamment, l'une ou plusieurs premières régions 20 ainsi que l'une ou plusieurs deuxièmes régions 30 reposant sur une face principale 40a du substrat support 40.

[0065] La première région 20 comprend un premier matériau 20a monocristallin et dont l'orientation cristallographique est imposée par l'orientation cristallographique du substrat support 40. Il ressortira de manière évidente dans la suite de la description que le substrat support 40, dès lors qu'il impose l'orientation cristalline du premier matériau 20a, est également sous forme monocristalline.

[0066] La deuxième région 30 comprend au moins une couche intermédiaire 31 faite d'un second matériau 31a.

[0067] La couche intermédiaire 31 est destinée à assurer une fonction de piégeage, et plus particulièrement une fonction de piégeage de charges résultant par exemple de la résistivité électrique du second matériau 31a.

[0068] Cet effet de piégeage des charges permet de limiter les diaphonies (« CrossTalk » selon la terminologie Anglo-Saxonne) entre des dispositifs microélectroniques adjacents.

[0069] Le second matériau 31a peut, à cet égard, comprendre un matériau polycristallin, et plus particulièrement du silicium polycristallin.

[0070] Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, la deuxième région 30 peut également comprendre, reposant sur le second matériau et dans l'ordre, une couche diélectrique 32 et une couche utile 33.

[0071] Par « couche utile », on entend une couche sur ou dans laquelle un ou plusieurs dispositifs, par exemple microélectronique(s), est ou sont destiné(s) à être formé(s). La couche utile peut notamment comprendre une région destinée à former un canal de transistor.

[0072] Le substrat mixte comprend également des espaceurs 50 isolant électriquement les premières régions 20 des deuxièmes régions 30.

[0073] Le procédé de fabrication du substrat mixte est décrit, dans la suite de l'énoncé, en relation avec les figures 3A à 3E.

[0074] Le procédé comprend une étape a) qui consiste à fournir un substrat de départ 60.

- [0075] Le substrat de départ 60 est formé par un empilement 15 de couches, comprenant notamment une couche intermédiaire 31 qui repose sur la face principale 40a du substrat support 40 (figure 3A).
- [0076] « Un empilement », selon les termes de la présente invention comprend une couche ou un empilement de couches. On définit alors une direction d'empilement suivant un axe orthogonal à la face principale 40a du substrat support 40 et le traversant. On définit également un sens d'empilement suivant la direction d'empilement XX' s'étendant depuis la face principale 40a du support 40 vers la dernière couche empilée.
- [0077] Selon un mode de réalisation avantageux, l'empilement 15 peut comprendre, selon le sens d'empilement la couche intermédiaire 31, une couche diélectrique 32, et une couche utile 33.
- [0078] La description détaillée du procédé de fabrication d'un substrat mixte selon la présente invention est limitée à la mise en œuvre d'un substrat de départ 60 pourvu du substrat support 40 et sur une face principale 40a duquel reposent, et dans l'ordre (en d'autres termes, selon le sens d'empilement XX'), la couche intermédiaire 31, la couche diélectrique 32 et la couche utile 33.
- [0079] L'homme du métier avec ses connaissances générales et la description qui suit, pourra sans difficulté adapter l'invention à un substrat de départ dépourvu de l'une et/ou de l'autre de la couche diélectrique 32 et de la couche utile 33.
- [0080] Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, le substrat de départ 60 est un substrat de silicium sur isolant intégrant une couche intermédiaire dite de piégeage (« SOI trap Rich » selon la terminologie Anglo-Saxonne).
- [0081] À titre d'exemple, la couche intermédiaire 31 est faite du second matériau 31a en silicium polycristallin (« Poly Silicium ») d'une épaisseur comprise entre 10 nm et 2000 nm, la couche diélectrique 32 peut comprendre du dioxyde de silicium et présenter une épaisseur comprise entre 10 nm et 145 nm (par exemple égale à 25 nm), et la couche utile 33 peut comprendre du silicium et présenter une épaisseur comprise entre 3 nm et 30 nm (par exemple égale à 6 nm).
- [0082] Le procédé selon la présente invention comprend une étape b) de formation d'un masque 70 sur la dernière couche de l'empilement 15 (figure 3B).
- [0083] Le masque 70 comprend notamment une ou plusieurs ouvertures 71 délimitant l'emplacement de la première région 20.
- [0084] Le masque 70 peut comprendre un masque dur (« Hard Mask » selon la terminologie Anglo-Saxonne).
- [0085] La formation du masque dur peut impliquer la séquence suivante :
- le dépôt d'une ou plusieurs couches de masquage 70a, par exemple une couche de nitrure de silicium et/ou de dioxyde de silicium ;
 - le dépôt d'une couche de résine photolithographique 70b en recouvrement de l'une

ou plusieurs couches de masquage 70a ;

- une étape de photolithographie destinée à imprimer le motif relatif à l'ouverture 71 ;
- une étape de gravure de l'une ou plusieurs couches de masquage 70a au travers du motif afin de former l'ouverture 71.

- [0086] L'étape b) est suivie d'une étape c) qui consiste à graver la couche utile 33, la couche diélectrique 32 et la couche intermédiaire 31 au niveau de l'ouverture 71 de manière à former une cavité 72 dans le substrat de départ 60 (figure 3C).
- [0087] La cavité 72 est délimitée par un fond 72a surmonté de parois 72b qui s'étendent depuis la couche utile 33 vers au moins l'interface 40b entre la couche intermédiaire 31 et le substrat support 40. En d'autres termes, le substrat support 40 présente une section exposée formant le fond 72a de la cavité 72.
- [0088] Selon une première variante, l'étape de gravure c) peut être arrêtée au niveau de l'interface 40b formée entre la couche intermédiaire 31 et le substrat support 40, ou selon une seconde variante être arrêtée dans le volume du substrat support 40. Il est entendu que la mise en œuvre de la seconde variante permet de conserver une partie indemne du substrat support 40 de manière à former le fond 72a de la cavité 72.
- [0089] L'étape de gravure c) peut comprendre une gravure sèche, et notamment une gravure plasma. Par exemple, l'étape de gravure sèche peut être exécutée au moyen d'un plasma fluorocarboné dans un équipement de gravure ionique réactive (« RIE » ou « Reactive Ion Etching » selon la terminologie Anglo-Saxonne).
- [0090] Le procédé selon la présente invention comprend également une étape c1) de formation d'une couche de protection 80. Selon un exemple de réalisation la couche de protection 80 est faite d'un matériau amorphe. Comme l'illustre la figure 3D, à l'issue de l'étape c1), la couche de protection 80 est située sur les parois 72b délimitant la cavité 72 (figure 3D).
- [0091] Plus particulièrement, la couche de protection 80 est formée en recouvrement des parois 72b et laisse exposée à l'environnement extérieur le fond 72a de la cavité 72.
- [0092] L'étape c1) peut notamment comprendre la formation d'une couche de matériau 80a, notamment un matériau diélectrique, en recouvrement du fond 72a et des parois 72b de la cavité 72, suivie du retrait de ladite couche de matériau 80a au niveau du fond de la cavité 72 (figure 3C et 3D).
- [0093] Selon une alternative, la formation de la couche de matériau 80a peut comprendre une étape de dépôt d'un matériau isolant électriquement, tel qu'un diélectrique. Par exemple, le dépôt peut être exécuté par une technique de dépôt par couches atomiques (« ALD » ou « Atomic Layer Deposition » selon la terminologie Anglo-Saxonne) qui permet un dépôt conforme. La couche de matériau 80a peut à cet égard comprendre l'un des matériaux choisis parmi : Si_3N_4 , SiO_2 , SiCO .
- [0094] L'épaisseur de la couche de protection 80 post-dépôt peut être comprise entre 5 nm et

15 nm.

- [0095] Les figures 4A et 4B sont des représentations schématiques d'une autre alternative de mise en œuvre de l'étape c1). Plus particulièrement, la figure 4A illustre de manière schématique la formation de la couche de matériau 80a, tandis que la figure 4B est relative à une étape de retrait discutée ci-après. Selon cette autre alternative, la formation de la couche de matériau 80a peut être formée par oxydation thermique (figure 4A). Dès lors que le substrat de départ 60 comprend une couche intermédiaire faite de silicium, et plus particulièrement de polysilicium, la couche de matériau 80a comprend du dioxyde de silicium.
- [0096] Quelle que soit l'alternative considérée pour la formation de la couche de protection 80, le retrait de la couche de matériau 80a au niveau du fond de la cavité 72 peut être exécuté, tel qu'illustré aux figures 3D et 4B, par une étape de gravure anisotrope. Cette gravure anisotrope est connue de l'homme du métier et est semblable à celle mise en œuvre pour la formation d'espaces sur les faces latérales d'une grille de transistor.
- [0097] L'étape c1) de formation de la couche de protection 80 est suivie d'une étape d) de formation de la première région 20 par croissance épitaxiale et sélective du premier matériau 20a sous forme monocristalline dans la cavité 72 (figure 3E).
- [0098] Il est entendu que, dans la mesure où les parois 72b de la cavité 72 sont recouvertes de la couche de protection 80, la croissance, et notamment l'orientation cristalline, du premier matériau 20a est déterminée par la nature et l'orientation cristalline du substrat support 40 au niveau du fond 72a.
- [0099] La couche de protection 80 (sous forme de matériau amorphe) limite l'apparition de défauts cristallins lors de l'étape de croissance épitaxiale du premier matériau.
- [0100] Selon une première alternative, l'étape de croissance sélective peut comprendre une séquence comprenant les étapes consistant à :
- d1) faire croître de manière épitaxiale une couche faite du premier matériau 20a en recouvrement du fond 72a et des parois 72b de la cavité 72 ;
 - d2) graver sélectivement la couche faite du premier matériau 20a déposée sur les parois 72b de la cavité 72 (figure 3E et 4C).
- [0101] La séquence comprenant les étapes d1) et d2) peut alors être répétée autant de fois que nécessaire pour que la cavité 72 soit remplie avec le premier matériau 20a monocristallin.
- [0102] Selon cette première alternative, le rapport d'aspect de la cavité 72 est avantageusement supérieur à un quart.
- [0103] Par « rapport d'aspect », on entend le rapport d'une dimension caractéristique de l'ouverture de la cavité sur la profondeur de cette dernière. La largeur, selon la présente invention, se mesure d'une paroi à l'autre de la cavité selon un axe orthogonal à la direction d'empilement. En particulier, cette dimension caractéristique peut être le

côté d'un carré, la longueur d'un rectangle ou encore le diamètre d'un cercle.

L'invention n'est toutefois pas limitée à ces seules formes, et l'homme du métier, compte tenu de la définition qui en est donnée, pourra déterminer la dimension caractéristique à d'autres formes.

- [0104] Selon une seconde alternative, l'étape d) de croissance comprend une étape de croissance épitaxiale permettant de faire croître le premier matériau 20a de manière monocristalline à partir du fond 72a de la cavité 72, et de manière polycristalline ou défectueuse à partir de la couche de protection 80.
- [0105] L'étape de croissance est par ailleurs exécutée en présence d'un agent chimique permettant de graver sélectivement le premier matériau sous forme polycristalline au regard de sa forme monocristalline.
- [0106] À titre d'exemple, la formation d'une première région 20 faite de silicium monocristallin peut faire intervenir un précurseur du type silane (SiH_4) ou dichlorosilane (SiH_2Cl_2) en présence d'un agent chimique qui comprend du chlorure d'hydrogène (HCl).
- [0107] Cette seconde alternative permet de considérer des rapports d'aspect pour la cavité 72 inférieurs à un quart.
- [0108] Quel que soit l'alternative considérée, la première région 20 et la deuxième région 30 présentent chacune une surface exposée à l'environnement extérieur en affleurement l'une de l'autre.
- [0109] Le procédé selon la présente invention peut également comprendre une étape e) de formation d'une tranchée 90 d'isolation remplie d'un matériau diélectrique 91 destinée isoler électriquement l'au moins une première région 20 de l'au moins une deuxième région 30.
- [0110] L'étape e) comprend en particulier la formation d'une tranchée 90 autour ou le long de la première région 20.
- [0111] Notamment, les figures 5A et 6A illustrent la formation de la tranchée 90 dans le cadre, respectivement, de la première variante et de la seconde variante.
- [0112] La formation de la tranchée 90 peut comprendre les étapes suivantes :
- e1) formation d'un masque dur 100 de dioxyde de silicium et/ou de nitrure de silicium ;
 - e2) la gravure sèche et anisotrope.
- [0113] La seconde variante (figure 6A) laisse apparaître un reliquat 80a de la couche de protection 80 à l'issue de l'étape e).
- [0114] La tranchée 90 est ensuite remplie d'un matériau diélectrique 91, par exemple du dioxyde de silicium.
- [0115] Les figures 5B et 6B illustrent, à cet égard, le remplissage de la tranchée 90 dans le cadre, respectivement, de la première variante et de la seconde variante.

- [0116] Le remplissage peut en particulier comprendre un dépôt conforme dudit matériau diélectrique 91 suivi d'une étape de polissage mécano chimique (« CMP » ou « Chemical Mechanical Polishing » selon la terminologie Anglo-Saxonne) de manière à conserver le matériau diélectrique dans la tranchée uniquement.
- [0117] Le masque dur peut être également retiré selon une étape de gravure sélective.
- [0118] Enfin, le procédé selon la présente invention peut également comprendre une étape de formation de dispositifs microélectroniques 110 et 120, respectivement, sur les premières et deuxième régions (figure 7).

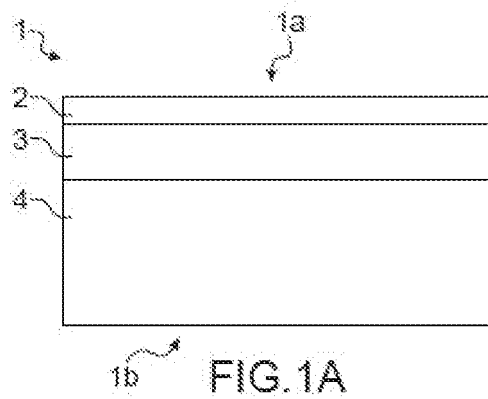
Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'un substrat mixte (10) qui comprend, sur une face principale (40a) d'un substrat support (40), une première région (20), comprenant un premier matériau (20a) monocristallin, et une seconde région (30), contiguë à la première région (20), comprenant un deuxième matériau (30a), le procédé comprend les étapes suivantes :
- a) fournir un substrat de départ (60) qui comprend un empilement (15) comprenant au moins une couche intermédiaire (31) en recouvrement de la face principale (40a) du substrat support (40), la couche intermédiaire comprenant le deuxième matériau (30a) sous forme monocristalline ou polycristalline ;
 - b) former un masque (70) sur l'empilement (15), ledit masque (70) comprenant une ouverture (71) délimitant l'emplacement de la première région (20) ;
 - c) graver la structure (15) au niveau de l'ouverture (71) de manière à former une cavité (72) délimitée par un fond (72a) et des parois (72b), le fond (72a) étant situé sur ou dans le substrat support (40) ;
 - d) former la première région (20) par croissance épitaxiale du premier matériau (20a) sous forme monocristalline dans la cavité (72), le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend une étape c1), exécutée avant l'étape d), de formation d'une couche de protection (80), faite d'un matériau amorphe, en recouvrement des parois (72b) de la cavité (72) et laisse exposée à l'environnement extérieur le fond (72a) de ladite cavité (72).
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape d) comprend également une gravure du premier matériau (20a) susceptible d'être formé sous forme polycristalline sur les parois (72b) délimitant la cavité (72).
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel l'étape c1) comprend la formation d'une couche de matériau (80a) en recouvrement du fond (72a) et des parois (72b) des cavités (72), et le retrait de ladite couche (80a) au niveau du fond (72a) des cavités (72).
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel le retrait de la couche de matériau (80a) comprend une gravure sèche anisotrope.
- [Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel la couche de protection (80) comprend au moins des matériaux choisis parmi : dioxyde de silicium, du nitrure de silicium, SiCO, SiBCN.

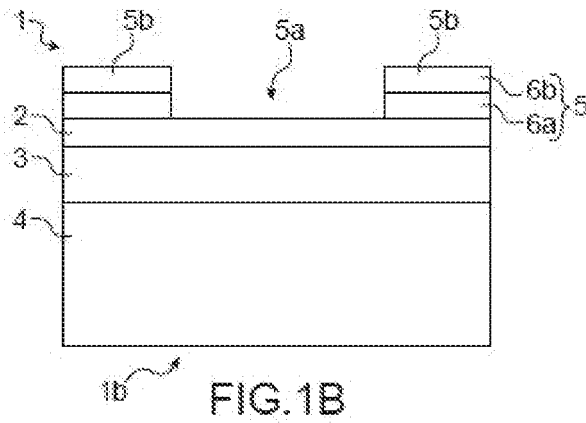
- [Revendication 6] Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape d) comprend au moins une séquence comprenant les étapes :
- d1) faire croître de manière épitaxiale une couche faite du premier matériau (20a) en recouvrement du fond (72a) et des parois (72b) de la cavité (72) ;
- d2) graver sélectivement la couche faite du premier matériau (20a) déposée sur les parois (72b) de la cavité (72).
- La séquence étant répétée autant de fois que nécessaire pour que la cavité (72) soit remplie avec le premier matériau (20a) monocristallin.
- [Revendication 7] Procédé selon la revendication 6, dans lequel la cavité (72) présente un rapport d'aspect supérieur à un quart.
- [Revendication 8] Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'étape d) comprend une étape de croissance épitaxiale permettant de faire croître le premier matériau (20a) de manière monocristalline à partir du fond (72a) de la cavité (72), et de manière polycristalline sur la couche de protection (80), l'étape de croissance étant exécutée en présence d'un agent chimique permettant de graver sélectivement le premier matériau (20a) sous forme polycristalline au regard de sa forme monocristalline.
- [Revendication 9] Procédé selon la revendication 8, dans lequel l'étape d) met en œuvre un précurseur comprenant du SiH_4 ou du dichlorosilane, et un agent chimique comprenant du HCl.
- [Revendication 10] Procédé selon la revendication 8 ou 9, dans lequel la cavité (72) présente un rapport d'aspect inférieur à un quart.
- [Revendication 11] Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel la première région (20) et la deuxième région (30) présentent chacune une surface exposée à l'environnement extérieur en affleurement l'une de l'autre.
- [Revendication 12] Procédé selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel l'empilement (15) comprend en outre une couche utile (33) et une couche diélectrique (32), la couche diélectrique (32) étant disposée entre ladite couche utile (33) et la couche intermédiaire (31), la couche utile (33) et la couche diélectrique (32) étant également gravées au niveau de l'ouverture (71) lors de l'exécution de l'étape c), avantageusement, la couche utile (33) comprend du silicium, la couche diélectrique (32) comprend du dioxyde de silicium, et la couche intermédiaire (31) comprend du silicium polycristallin.
- [Revendication 13] Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel l'étape b) comprend la formation d'un masque (70) dur, le masque (70) dur comprenant notamment un matériau diélectrique.

- [Revendication 14] Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel l'étape c) comprend une gravure sèche, notamment une gravure plasma.
- [Revendication 15] Procédé selon l'une des revendications 1 à 14, dans lequel le procédé comprend en outre une étape e), exécutée après l'étape d), de formation d'une tranchée d'isolation (90) remplie d'un matériau diélectrique destinée à isoler électriquement la première région (20) de la deuxième région (30), avantageusement, la tranchée (90) d'isolation s'étend jusque dans le substrat support (40) ou s'arrête dans la couche intermédiaire (31).

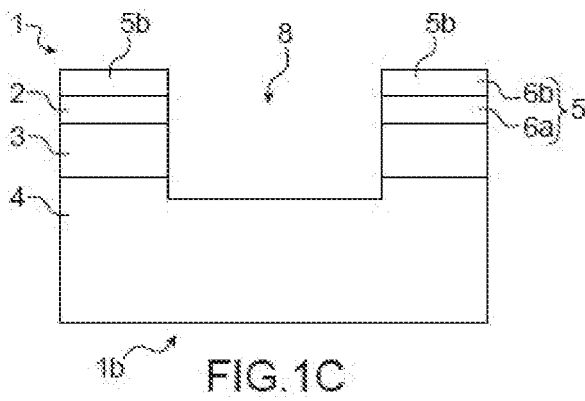
[Fig. 1A]



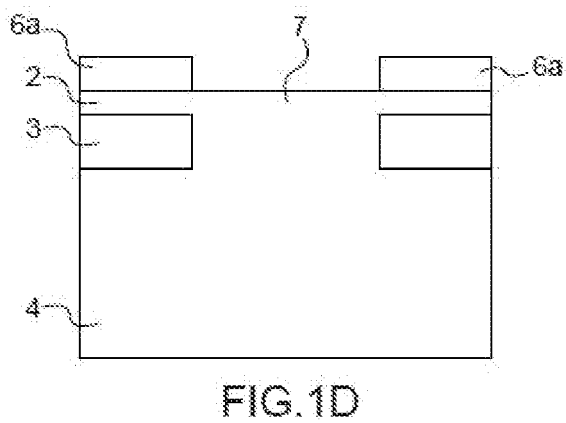
[Fig. 1B]



[Fig. 1C]



[Fig. 1D]



[Fig. 1E]

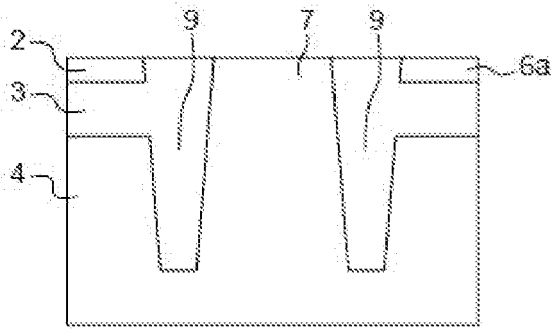


FIG. 1E

[Fig. 2]

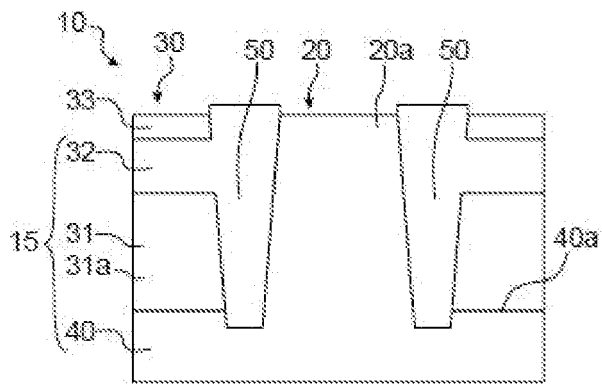


FIG. 2

[Fig. 3A]

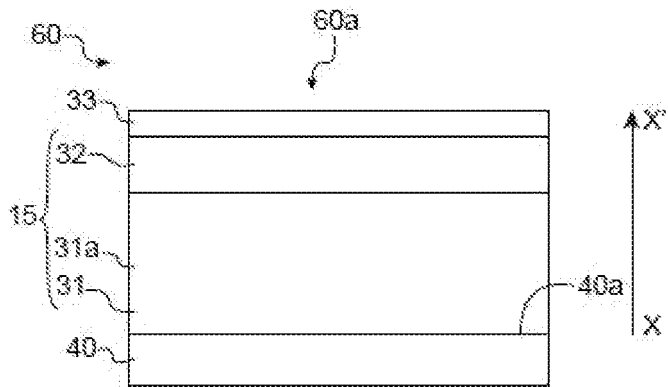


FIG. 3A

[Fig. 3B]

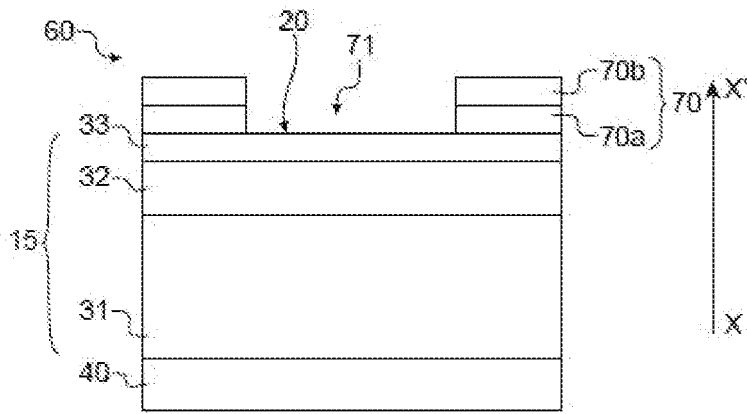


FIG.3B

[Fig. 3C]

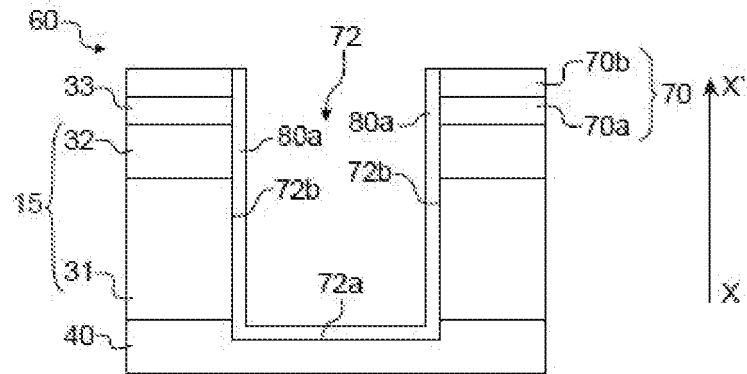


FIG.3C

[Fig. 3D]

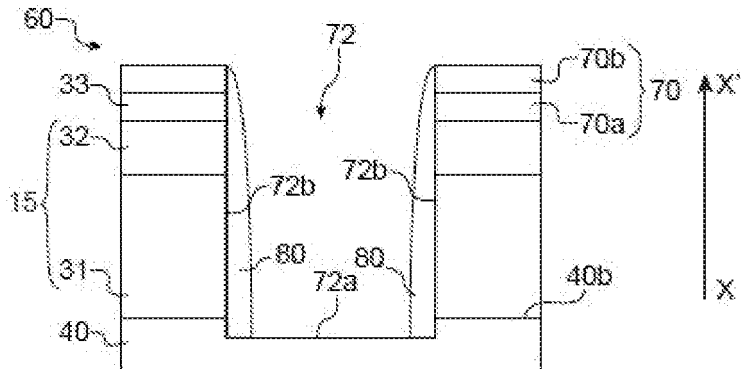


FIG.3D

[Fig. 3E]

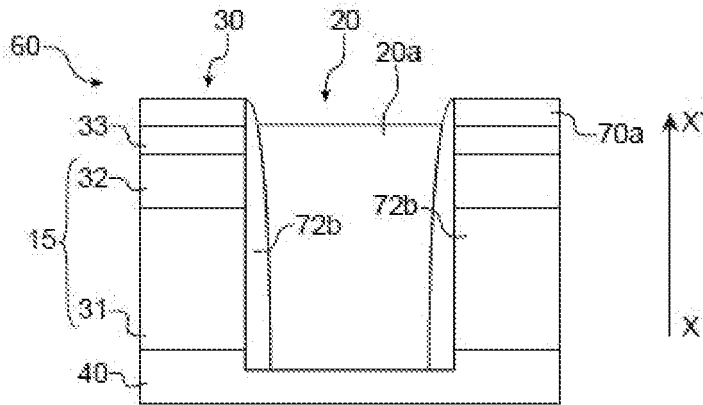


FIG. 3E

[Fig. 4A]

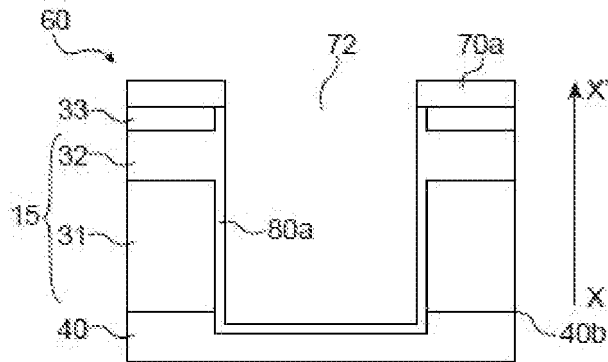


FIG. 4A

[Fig. 4B]

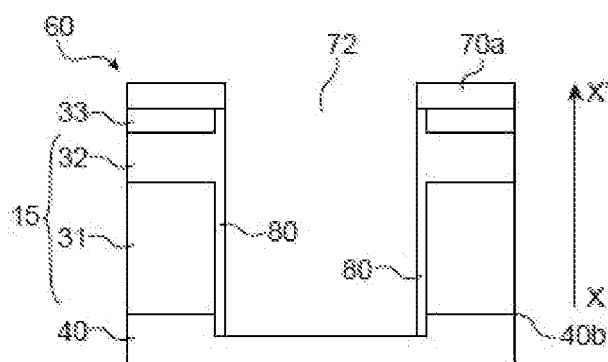


FIG. 4B

[Fig. 4C]

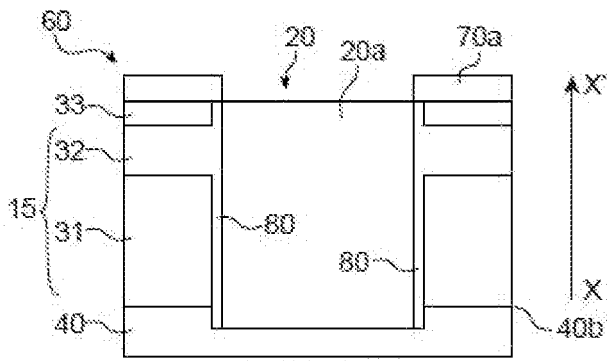


FIG. 4C

[Fig. 5A]

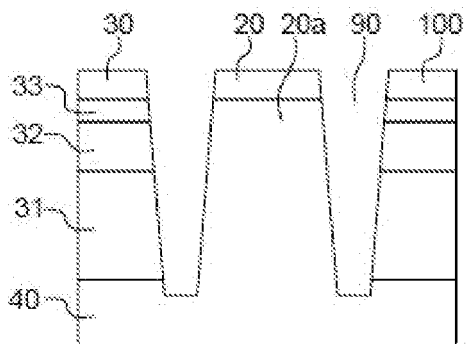


FIG. 5A

[Fig. 5B]

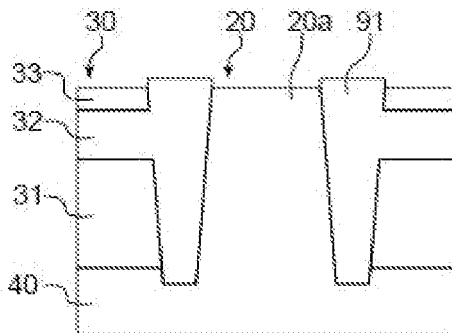


FIG. 5B

[Fig. 6A]

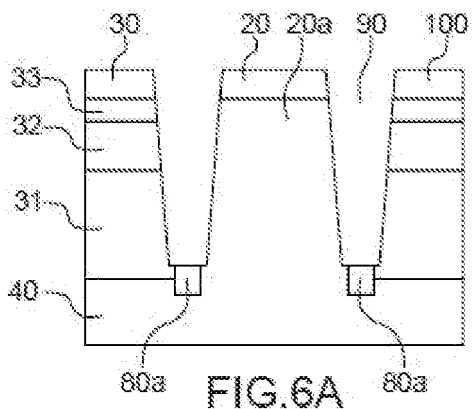
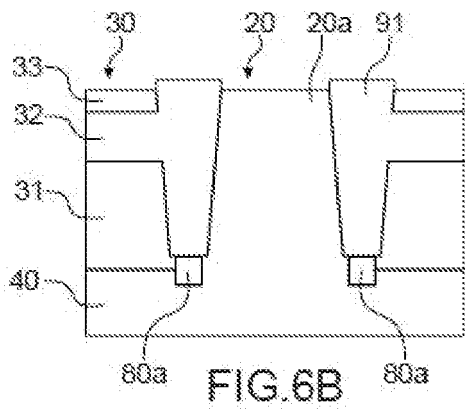
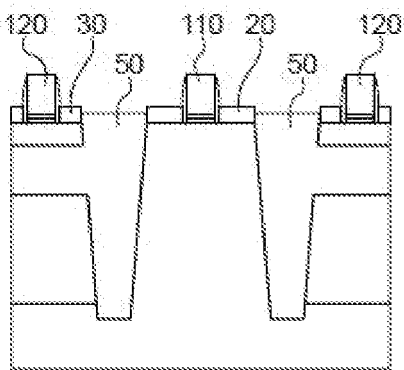


FIG. 6A

[Fig. 6B]



[Fig. 7]



**RAPPORT DE RECHERCHE
 PRÉLIMINAIRE**

 établi sur la base des dernières revendications
 déposées avant le commencement de la recherche
N° d'enregistrement
nationalFA 872046
FR 1910002

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 2019/094052 A1 (INTEL CORP [US]) 16 mai 2019 (2019-05-16)	1,3-5,7, 9-15	H01L21/02 H01L21/762
Y	* figures *	2,6,8	
Y	----- US 2014/264636 A1 (TSAI CHUN HSIUNG [TW] ET AL) 18 septembre 2014 (2014-09-18) * alinéas [0038] - [0040]; figures * -----	2,6,8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 mai 2020		Gori, Patrice	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1910002 FA 872046**

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 **14-05-2020**
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 2019094052 A1	16-05-2019	AUCUN	

US 2014264636 A1	18-09-2014	KR 20140112358 A	23-09-2014
		US 2014264636 A1	18-09-2014
		US 2015318212 A1	05-11-2015
