

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 121 275**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **21 02960**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 L 21/20 (2020.12), H 01 L 21/02, 29/161**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

②2 **Date de dépôt** : 24.03.21.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 30.09.22 Bulletin 22/39.

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)** : *SOITEC Société anonyme à conseil d'administration* — FR.

⑦2 **Inventeur(s)** : ALLIBERT Frédéric et KONONCHUK Oleg.

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

⑦4 **Mandataire(s)** : IP TRUST.

⑤4 **PROCEDE DE FABRICATION D'UNE STRUCTURE COMPOSITE COMPRENANT UNE COUCHE MINCE EN SIC MONOCRISTALLIN SUR UN SUBSTRAT SUPPORT EN SIC POLY-CRISTALLIN.**

⑤7 L'invention concerne un procédé de fabrication d'une structure composite comprenant une couche mince en carbure de silicium monocristallin disposée sur un substrat support en carbure de silicium poly-cristallin, le procédé comprenant: a) une étape de fourniture d'un substrat initial en carbure de silicium monocristallin, b) une étape de porosification d'une couche superficielle du substrat initial, pour former une couche poreuse, c) une étape de croissance par épitaxie sur la couche poreuse d'une couche en carbure de silicium monocristallin destinée à former la couche mince, d) une étape de formation d'un substrat support en carbure de silicium poly-cristallin sur la surface libre de la couche mince, menant à l'obtention d'une structure intermédiaire, e) une étape de séparation dans la couche poreuse, pour obtenir d'une part la structure composite et d'autre part le reste du substrat initial.

Figure à publier avec l'abrégé : Pas de figure

FR 3 121 275 - A1



Description

Titre de l'invention : PROCEDE DE FABRICATION D'UNE STRUCTURE COMPOSITE COMPRENANT UNE COUCHE MINCE EN SIC MONOCRISTALLIN SUR UN SUBSTRAT SUPPORT EN SIC POLY-CRISTALLIN

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention concerne le domaine des matériaux semi-conducteurs pour composants microélectroniques. Elle concerne en particulier un procédé de fabrication d'une structure composite comprenant une couche mince en carbure de silicium monocristallin sur un substrat support en carbure de silicium poly-cristallin.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

[0002] L'intérêt pour le carbure de silicium (SiC) a considérablement augmenté au cours des dernières années, car ce matériau semi-conducteur peut accroître la capacité de traitement de l'énergie. Le SiC est de plus en plus largement utilisé pour la fabrication de dispositifs de puissance innovants, pour répondre aux besoins de domaines montants de l'électronique, comme notamment les véhicules électriques.

[0003] Les dispositifs de puissance et les systèmes intégrés d'alimentation basés sur du carbure de silicium monocristallin peuvent gérer une densité de puissance beaucoup plus élevée par rapport à leurs homologues traditionnels en silicium, et ce avec des dimensions de zone active inférieures. Pour limiter encore les dimensions des dispositifs de puissance sur SiC, il est avantageux de fabriquer des composants verticaux plutôt que latéraux. Pour cela, une conduction électrique verticale, entre une électrode disposée en face avant de la structure SiC et une électrode disposée en face arrière, doit être autorisée par ladite structure.

[0004] Les substrats en SiC monocristallin destinés à l'industrie microélectronique restent néanmoins chers et difficiles à approvisionner en grande taille. Il est donc avantageux de recourir à des solutions de transfert de couches minces, pour élaborer des structures composites comprenant typiquement une couche mince en SiC monocristallin (c-SiC) sur un substrat support plus bas coût.

[0005] On connaît en particulier le document US8436363, qui décrit un procédé de fabrication d'une structure composite comprenant une couche mince en c-SiC disposée sur un substrat support métallique dont le coefficient de dilatation thermique est apparié avec celui de la couche mince. Ce procédé de fabrication comprend les étapes suivantes :

[0006] - la formation d'un plan fragile enterré dans un substrat donneur de c-SiC, délimitant une couche mince entre ledit plan fragile enterré et une surface avant du substrat

- donneur, le plan fragile enterré étant élaboré par implantation d'espèce légères,
- [0007] - le dépôt d'une couche métallique, par exemple en tungstène ou en molybdène, sur la surface avant du substrat donneur pour former le substrat support d'une épaisseur suffisante pour remplir le rôle de raidisseur,
- [0008] - la séparation le long du plan fragile enterré, pour former d'une part, la structure composite comprenant le substrat support métallique et la couche mince en c-SiC, et d'autre part, le reste du substrat donneur en c-SiC.
- [0009] Un tel procédé de fabrication n'est cependant pas compatible lorsque le matériau formant le substrat support est du SiC poly-cristallin (p-SiC) requérant un dépôt à des températures supérieures à 1000°C, voire supérieures à 1200°C (températures habituelles pour la fabrication de p-SiC). En effet, à ces températures élevées, la cinétique de croissance des cavités présentes dans le plan fragile enterré est plus rapide que la cinétique de croissance de la couche en p-SiC et l'épaisseur requise pour un effet raidisseur n'est pas atteinte avant l'apparition du phénomène de cloquage, lié à la déformation de la couche à l'aplomb des cavités.

OBJET DE L'INVENTION

- [0010] La présente invention concerne une solution alternative à celle de l'état de la technique. Elle concerne en particulier un procédé de fabrication d'une structure composite comprenant une couche mince en SiC monocristallin de haute qualité disposée sur un substrat support en SiC poly-cristallin. Elle concerne également une structure intermédiaire obtenue au cours dudit procédé de fabrication.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

- [0011] L'invention concerne un procédé de fabrication d'une structure composite comprenant une couche mince en carbure de silicium monocristallin disposée sur un substrat support en carbure de silicium poly-cristallin, le procédé comprenant :
- [0012] a) une étape de fourniture d'un substrat initial en carbure de silicium monocristallin,
- [0013] b) une étape de porosification d'une couche superficielle du substrat initial, pour former une couche poreuse,
- [0014] c) une étape de croissance par épitaxie sur la couche poreuse d'une couche en carbure de silicium monocristallin destinée à former la couche mince,
- [0015] d) une étape de formation d'un substrat support en carbure de silicium poly-cristallin sur la surface libre de la couche mince, menant à l'obtention d'une structure intermédiaire,
- [0016] e) une étape de séparation dans la couche poreuse, pour obtenir d'une part la structure composite et d'autre part le reste du substrat initial.
- [0017] Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, prises seules ou selon toute combinaison techniquement réalisable :

- [0018] • un traitement thermique et/ou un traitement de surface est opéré après l'étape b) de porosification pour stabiliser les pores de la couche poreuse et/ou pour favoriser la qualité de la couche mince qui sera formée à l'étape c) ;
- le procédé de fabrication comprend, après l'étape e), une étape f) de traitement(s) mécanique(s) et/ou chimique(s) de la structure composite, pour éliminer des résidus de couche poreuse de la face avant de la couche mince et/ou pour corriger l'uniformité d'épaisseur de la structure composite ;
- la couche poreuse présente une épaisseur comprise entre 0,5 microns et 5 microns ;
- la couche poreuse comprend des pores dont la taille est comprise entre 2 nm et 50 nm, et présente un taux de porosification compris entre 30% et 70% ;
- l'étape d) comprend un dépôt effectué à une température supérieure ou égale à 1100°C, préférentiellement supérieure ou égale à 1200°C ;
- à l'issue de l'étape d), le substrat support présente une épaisseur supérieure ou égale à 50 microns, voire une épaisseur supérieure ou égale à 100 microns ;
- l'étape c) de croissance par épitaxie est effectuée à une température supérieure à 1200°C, préférentiellement comprise entre 1500°C et 1650°C ;
- l'étape e) de séparation est opérée par application d'une contrainte mécanique à la structure intermédiaire ;
- le procédé de fabrication comprend une étape de traitement thermique à une température comprise entre 1000°C et 1900°C, avant ou après l'étape f) ;
- le procédé de fabrication comprend une étape de reconditionnement du reste du substrat initial en vue d'une réutilisation en tant que substrat initial pour la fabrication d'une nouvelle structure composite.

[0019] L'invention concerne également une structure intermédiaire, pouvant être obtenue par le procédé de fabrication ci-dessus, et comprenant :

[0020] - un substrat initial en carbure de silicium monocristallin comportant, sur une première face, une couche poreuse,

[0021] - une couche mince en carbure de silicium monocristallin, disposée sur la couche poreuse,

[0022] - un substrat support en carbure de silicium poly-cristallin, formé par dépôt, sur la couche mince.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0023] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée de l'invention qui va suivre en référence aux figures annexées sur lesquelles :

[0024] [fig.1] La [fig.1] présente une structure composite élaborée selon un procédé de fabrication conforme à l'invention ;

[0025] [fig.2a]
 [0026] [fig.2b]
 [0027] [fig.2c]
 [0028] [fig.2d]
 [0029] [fig.2e]
 [0030] [fig.2f] Les figures 2a à 2f présentent des étapes d'un procédé de fabrication conforme à l'invention.

[0031] Les mêmes références sur les figures pourront être utilisées pour des éléments de même type. Les figures sont des représentations schématiques qui, dans un objectif de lisibilité, ne sont pas à l'échelle. En particulier, les épaisseurs des couches selon l'axe z ne sont pas à l'échelle par rapport aux dimensions latérales selon les axes x et y ; et les épaisseurs relatives des couches entre elles ne sont pas nécessairement respectées sur les figures.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0032] La présente invention concerne un procédé de fabrication d'une structure composite 100 comprenant une couche mince 10 en carbure de silicium monocristallin (« c-SiC » sera utilisé par la suite pour parler de carbure de silicium monocristallin) disposée sur un substrat support 20 en carbure de silicium ([fig.1]). Le substrat support 20 est polycristallin (« p-SiC » sera utilisé pour parler de SiC poly-cristallin). Notons que, pour l'élaboration de composants microélectroniques sur et/ou dans la couche mince 10, il est habituellement souhaité que la face libre de la couche mince 10 en c-SiC, dans la structure composite 100, soit une face silicium.

[0033] Le procédé comprend en premier lieu une étape a) de fourniture d'un substrat initial 1 en carbure de silicium monocristallin ([fig.2a]). Le substrat initial 1 se présente préférentiellement sous la forme d'une plaquette de diamètre 100mm ou 150mm voire 200mm et d'épaisseur comprise typiquement entre 300 et 800 microns. Il présente une face avant 1a et une face arrière 1b. La rugosité de surface de la face avant 1a est avantageusement choisie inférieure à 1 nm Ra (rugosité moyenne) mesurée par microscopie à force atomique (AFM) sur un scan de 20 microns x 20 microns. De manière à obtenir une face libre silicium pour la couche mince 10 dans la structure composite 100, on choisira comme face avant 1a du substrat initial 1 une face carbone. Le substrat initial 1 peut être de polytype 4H ou 6H, et présenter un dopage de type n ou p.

[0034] Le procédé comprend ensuite une étape b) de porosification d'une couche superficielle du substrat initial 1, pour former une couche poreuse 11 ([fig.2b]). Les méthodes connues de porosification du SiC, dont certaines sont décrites ou référencées dans la publication de Y. Shishkin et al (« Phorochemical etching of n-type 4H silicon carbide », Journal of Applied Physics 96, 2311, 2004) pourront être appliquées

au substrat initial 1 pour former la couche poreuse 11.

- [0035] Avantageusement, la couche poreuse 11 présente une épaisseur comprise entre 0,5 micron et 5 microns ; le taux de porosification est préférentiellement compris entre 30% et 70%, et la taille des pores est comprise entre 2 nm et 50 nm.
- [0036] Ces caractéristiques sont favorables, d'une part à la croissance épitaxiale (étape c) suivante du procédé) d'une couche en carbure de silicium monocristalline de bonne qualité, laquelle couche est destinée à former la couche mince 10 de la structure composite ; d'autre part, les caractéristiques de la couche poreuse 11 sont adaptées pour autoriser et faciliter la séparation au sein de cette couche, à une étape e) du procédé, tout en procurant une tenue mécanique suffisante au cours des étapes antérieures.
- [0037] A l'issue de l'étape b) de porosification, le procédé comprend une étape c) de croissance par épitaxie, sur la couche poreuse 11, d'une couche en c-SiC destinée à former la couche mince 10 de la structure composite 100 ([fig.2c]).
- [0038] Il est important que la couche mince 10 en c-SiC présente une bonne qualité cristalline pour répondre aux spécifications requises des composants micro-électroniques destinés à être élaborés sur et/ou dans la couche mince 10 de la structure composite 100. La couche en c-SiC est en particulier élaborée sur la couche poreuse 11 de manière à présenter une densité de défauts de type BPD inférieure ou égale à $1/\text{cm}^2$.
- [0039] Un traitement thermique et/ou un traitement de surface peut être opéré après l'étape b) de porosification pour stabiliser les pores de la couche poreuse 11 et/ou pour favoriser la qualité de la couche mince 10 qui sera formée à l'étape c).
- [0040] A cet effet, l'étape c) peut par exemple comprendre un recuit avant la croissance épitaxiale, mais avantageusement opéré dans la chambre d'épitaxie, sous hydrogène ou sous un mélange d'hydrogène et de gaz précurseur à silicium, à une température de l'ordre de $1200^\circ\text{C} - 1300^\circ\text{C}$.
- [0041] L'étape c) de croissance par épitaxie est effectuée à une température supérieure à 1200°C , préférentiellement comprise entre 1500°C et 1650°C . Les précurseurs utilisés sont le monosilane (SiH_4), le dichlorosilane (SiCl_2H_2), le propane (C_3H_8) ou l'éthylène (C_2H_4) ; le gaz porteur pourra être de l'hydrogène avec ou sans argon.
- [0042] Des séquences conventionnelles de nettoyage ou de gravure du substrat initial 1 muni de la couche poreuse 11, visant à éliminer tout ou partie de contaminants particuliers, métalliques ou organiques, potentiellement présents sur sa face avant 1a, pourront être réalisées préalablement à l'étape c) de croissance par épitaxie.
- [0043] Le procédé selon l'invention comprend ensuite une étape d) de formation d'un substrat support 20 en p-SiC sur la surface libre de la couche mince 10, menant à l'obtention d'une structure intermédiaire 30 ([fig.2d]).
- [0044] Cette étape d) est effectuée par dépôt de p-SiC, par exemple un dépôt chimique en

phase vapeur (CVD, pour « Chemical vapor deposition »).

- [0045] Par exemple, le dépôt peut être effectué par une technique de CVD thermique comme un dépôt à pression atmosphérique (APCVD pour « atmospheric pressure CVD) ou à basse pression (LPCVD pour « low pressure CVD »). Les précurseurs peuvent être choisis parmi le méthylsilane, le diméthylchlorosilane ou encore le dichlorosilane et i-butane. Le dépôt peut alternativement être effectué par une technique de CVD assistée par plasma (PECVD pour « plasma enhanced CVD »), avec par exemple du tétrachlorure de silicium et du méthane comme précurseurs. Préférentiellement, la fréquence de la source utilisée pour générer la décharge électrique créant le plasma est de l'ordre de 3,3MHz, et plus généralement comprise entre 10kHz et 100GHz.
- [0046] Le dépôt est avantageusement réalisé à une température supérieure ou égale à 1100°C, voire supérieure ou égale à 1200°C, pour favoriser la qualité du substrat support 20. En effet, ce dernier doit assurer la tenue mécanique de la structure composite finale 100 et être compatible avec les traitements thermiques à très hautes températures (typiquement jusqu'à 1850°C) que la structure 100 devra subir lors de l'élaboration des composants micro-électroniques. Un dépôt de p-SiC à hautes température à l'étape d) limite les problèmes de dégazage et/ou de réarrangement structurel dans le substrat support 20, évitant ainsi la survenue de contraintes et de déformations dans la structure composite 100 lorsqu'elle est sollicitée thermiquement.
- [0047] En outre, dans la perspective d'élaborer des composants verticaux sur et/ou dans la couche mince 10, le substrat support 20 doit autoriser une conduction électrique verticale. Là encore, un dépôt de p-SiC à hautes températures est favorable à l'établissement d'un bon contact électrique entre la couche mince 10 et le substrat support 20. On visera par exemple une résistance spécifique de l'interface typiquement inférieure à 1 mohm.cm², voire inférieure à 0,1 mohm.cm². Pour obtenir les propriétés de conduction verticale, le substrat support 20 peut par exemple présenter les caractéristiques structurelles suivantes : structure poly-cristalline, grains de type 3C SiC, orientés 111, de taille moyenne 1 à 10µm, dopage de type N pour une résistivité finale inférieure ou égale à 0,03 ohm.cm. Le substrat support 20 pourra alternativement comporter des grains dont la taille varie au fur et à mesure de l'épaisseur dudit substrat 20, typiquement entre 0,2 micron et 10 microns ; une telle configuration facilite la gestion des contraintes dans la structure composite 100 finale.
- [0048] Avantageusement, pour améliorer la conductivité électrique de l'interface, un retrait de l'oxyde natif présent sur la face libre de la couche mince 10 est réalisé par désoxydation HF (acide fluorhydrique), par voie humide ou sèche, ou in-situ dans le bâti de dépôt de l'étape d), par un recuit sous atmosphère réductrice préalablement à la formation du p-SiC.
- [0049] Un sur-dopage des premiers nanomètres déposés du substrat support 20 pourra

également ou alternativement être implémenté, pour favoriser la conductivité électrique de l'interface entre la couche mince 10 et le substrat support 20.

- [0050] Préalablement à la formation du substrat support 20, des séquences de nettoyage pourront être appliquées au substrat initial 1 (muni de la couche poreuse 11 sur laquelle est disposée la couche mince 10) pour éliminer tout ou partie de contaminants particulaires, métalliques ou organiques potentiellement présents sur les faces libres.
- [0051] A l'issue de l'étape d), le substrat support 20 présente une épaisseur supérieure ou égale à 50 microns, voire une épaisseur supérieure ou égale à 100 microns, par exemple jusqu'à 300 microns ou 400 microns.
- [0052] La structure intermédiaire 30 résultant de l'étape d) comprend :
- [0053] - le substrat initial 1 en c-SiC comportant, sur une première face 1a, la couche poreuse 11,
- [0054] - la couche mince 10 en c-SiC, disposée sur la couche poreuse 11, et
- [0055] - le substrat support 20 en p-SiC, formé par dépôt, sur la couche mince 10.
- [0056] Le procédé selon la présente invention comprend ensuite une étape e) de séparation dans la couche poreuse 11, pour obtenir, d'une part la structure composite 100, et d'autre part le reste 1' du substrat initial ([fig.2e]).
- [0057] L'étape e) de séparation est opérée par application d'une contrainte mécanique à la structure intermédiaire 30. Pour localiser plus précisément cette contrainte dans la couche poreuse 11, il peut être requis de détourer mécaniquement ou chimiquement la structure intermédiaire 30, de manière à restaurer un accès latéral à la couche poreuse 11. En effet, la croissance épitaxiale et le dépôt effectués respectivement lors des étapes c) et d) peuvent avoir encapsulé la couche poreuse 11 si aucune précaution n'a été prise pour éviter la présence du c-SiC et du p-SiC sur les bords périphériques de la structure intermédiaire 30.
- [0058] La contrainte peut ensuite être exercée par l'appui et/ou l'insertion d'un outil (par exemple, une lame ou autre forme en biseau) au niveau du bord de structure intermédiaire 30, en vis-à-vis de la couche poreuse 11. Alternativement, la contrainte mécanique peut être appliquée par jet d'eau ou d'air, orienté vers le bord de la structure intermédiaire 30, en vis-à-vis de la couche poreuse 11.
- [0059] Quelle que soit la technique de séparation mise en œuvre, la contrainte mécanique appliquée doit être adaptée pour propager une onde de fracture dans la couche poreuse 11, laquelle est de moindre résistance mécanique par rapport aux autres couches ou interfaces dans la structure intermédiaire 30.
- [0060] En prenant soin de protéger les faces libres de la structure intermédiaire 30, la séparation pourra éventuellement être favorisée par gravure chimique latérale de la couche poreuse 11.
- [0061] A l'issue de l'étape e) de séparation, la face libre 10a de la couche mince 10 de la

structure composite 100 peut présenter des résidus 11r de couche poreuse ([fig.2e]), de même que la face avant 1'a du reste 1' de substrat initial.

- [0062] Le procédé selon l'invention peut donc comprendre une étape f) de traitement(s) mécanique(s) et/ou chimique(s) de la structure composite 100, pour éliminer des résidus 11r de couche poreuse 11 de la face avant 10a de la couche mince 10 et/ou pour corriger l'uniformité d'épaisseur de la structure composite 100 ([fig.2f]).
- [0063] L'étape f) peut comprendre un polissage mécano-chimique (CMP) et/ou un traitement chimique ou plasma (gravure ou nettoyage) et/ou un traitement mécanique (rectification), pour retirer le résidu 11r.
- [0064] L'étape f) peut également comprendre des nettoyages de type Caro (« pirhana etch » selon la terminologie anglo-saxonne) et/ou SC1/SC2 (« Standard Clean 1 », « Standard Clean 2 ») et/ou HF (acide fluorhydrique), ou un plasma N₂, Ar ou CF₄, pour améliorer encore la qualité de la face libre 10a de la couche mince 10.
- [0065] De plus, l'étape f) peut comprendre un polissage mécano-chimique (CMP) et/ou un traitement chimique (gravure ou nettoyage) et/ou un traitement mécanique (rectification) de la face arrière 20b du substrat support 20 ; cela afin d'améliorer l'uniformité d'épaisseur dudit substrat support 20 ainsi que sa rugosité en face arrière 20b. Une rugosité inférieure à 0,5 nm RMS (par mesure AFM sur des champs de 20 microns x 20 microns) est souhaitée pour élaborer des composants verticaux, pour lesquels au moins une électrode métallique sera présente sur la face arrière 20b de la structure composite 100. On pourra également réaliser lors de cette étape f) un polissage ou une rectification des bords de la structure composite 100 pour rendre compatible la forme de son contour circulaire et de la tombée de bord avec les exigences des procédés de fabrication microélectronique.
- [0066] Toujours selon un mode de réalisation avantageux, une étape de traitement thermique à une température comprise entre 1000°C et 1900°C, pendant environ une heure et jusqu'à quelques heures, est opérée avant ou après l'étape f). L'objectif de cette étape est de stabiliser la structure composite 100, en faisant, le cas échéant, sensiblement évoluer la configuration cristalline du substrat support 20, de sorte que la structure 100 soit parfaitement compatible avec des traitements thermiques ultérieurs à très hautes températures, requis pour la fabrication de composants sur et/ou dans la couche mince 10.
- [0067] Enfin, le procédé de fabrication peut comprendre une étape de reconditionnement du reste 1' du substrat initial en vue d'une réutilisation en tant que substrat initial 1 pour une nouvelle structure composite 100 ([fig.2f]). Des traitements mécaniques et/ou chimiques, similaires à ceux appliqués à la structure composite 100 pour retirer le résidu 11r, peuvent être mis en œuvre au niveau de la face avant 1'a du substrat restant 1'. L'étape de reconditionnement peut également comprendre un ou plusieurs

traitements des bords du substrat restant 1' et/ou de sa face arrière 1'b, par polissage mécano-chimique, par rectification mécanique, et/ou par gravure chimique sèche ou humide.

[0068] Bien entendu, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation et aux exemples décrits, et on peut y apporter des variantes de réalisation sans sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé de fabrication d'une structure composite (100) comprenant une couche mince (10) en carbure de silicium monocristallin disposée sur un substrat support (20) en carbure de silicium poly-cristallin, le procédé comprenant:
- a) une étape de fourniture d'un substrat initial (1) en carbure de silicium monocristallin,
 - b) une étape de porosification d'une couche superficielle du substrat initial (1), pour former une couche poreuse (11),
 - c) une étape de croissance par épitaxie sur la couche poreuse (11) d'une couche en carbure de silicium monocristallin destinée à former la couche mince (10),
 - d) une étape de formation d'un substrat support (20) en carbure de silicium poly-cristallin sur la surface libre de la couche mince (10), menant à l'obtention d'une structure intermédiaire (30),
 - e) une étape de séparation dans la couche poreuse (11), pour obtenir d'une part la structure composite (100) et d'autre part le reste (1') du substrat initial.
- [Revendication 2] Procédé de fabrication selon la revendication précédente, dans lequel un traitement thermique et/ou un traitement de surface est opéré après l'étape b) de porosification pour stabiliser les pores de la couche poreuse (11) et/ou pour favoriser la qualité de la couche mince (10) qui sera formée à l'étape c).
- [Revendication 3] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, comprenant, après l'étape e) :
- f) une étape de traitement(s) mécanique(s) et/ou chimique(s) de la structure composite (100), pour éliminer des résidus (11r) de couche poreuse (11) de la face avant (10a) de la couche mince (10) et/ou pour corriger l'uniformité d'épaisseur de la structure composite (100).
- [Revendication 4] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche poreuse (11) présente une épaisseur comprise entre 0,5 microns et 5 microns.
- [Revendication 5] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche poreuse (11) comprend des pores dont la taille est comprise entre 2 nm et 50 nm, et présente un taux de porosification compris entre 30% et 70%.
- [Revendication 6] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans

lequel l'étape d) comprend un dépôt effectué à une température supérieure ou égale à 1100°C, préférentiellement supérieure ou égale à 1200°C.

[Revendication 7] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, à l'issue de l'étape d), le substrat support (20) présente une épaisseur supérieure ou égale à 50 microns, voire une épaisseur supérieure ou égale à 100 microns.

[Revendication 8] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape c) de croissance par épitaxie est effectuée à une température supérieure à 1200°C, préférentiellement comprise entre 1500°C et 1650°C.

[Revendication 9] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'étape e) de séparation est opérée par application d'une contrainte mécanique à la structure intermédiaire (30).

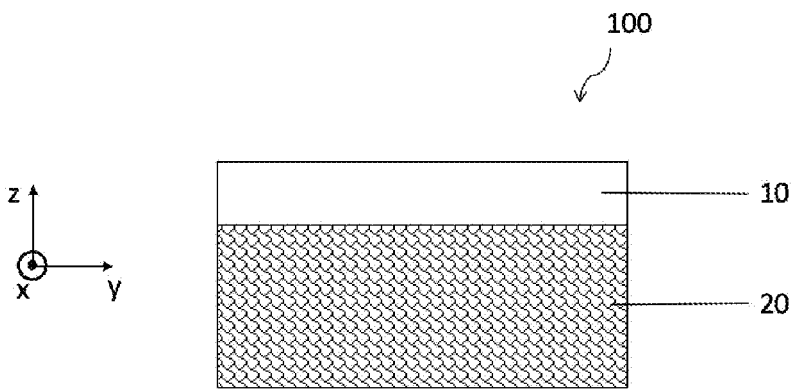
[Revendication 10] Procédé de fabrication selon la revendication 3, comprenant une étape de traitement thermique à une température comprise entre 1000°C et 1900°C, avant ou après l'étape f).

[Revendication 11] Procédé de fabrication selon l'une des revendications précédentes, comprenant une étape de reconditionnement du reste du substrat initial (1) en vue d'une réutilisation en tant que substrat initial pour la fabrication d'une nouvelle structure composite (100).

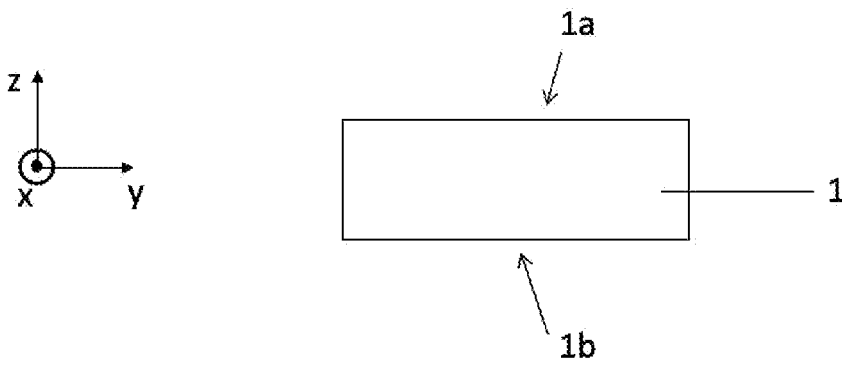
[Revendication 12] Structure intermédiaire (30) comprenant :

- un substrat initial (1) en carbure de silicium monocristallin comportant, sur une première face, une couche poreuse (11),
- une couche mince (10) en carbure de silicium monocristallin, disposée sur la couche poreuse (11),
- un substrat support (20) en carbure de silicium poly-cristallin, formé par dépôt, sur la couche mince (10).

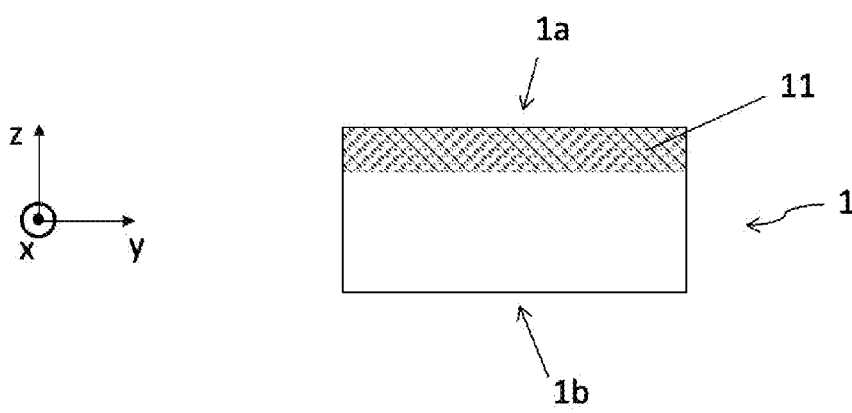
[Fig. 1]



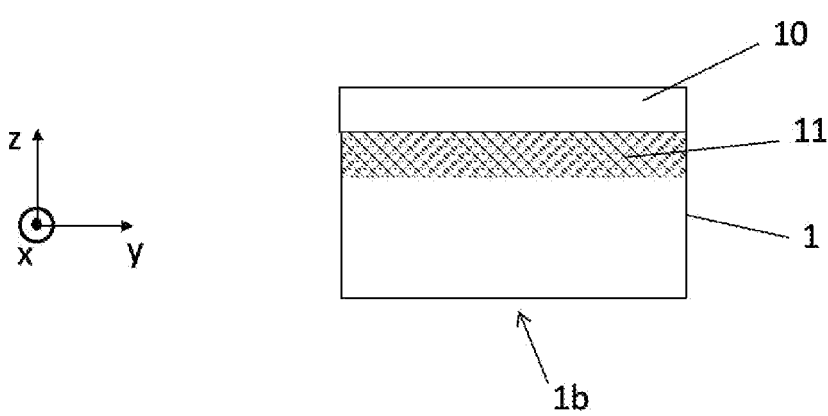
[Fig. 2a]



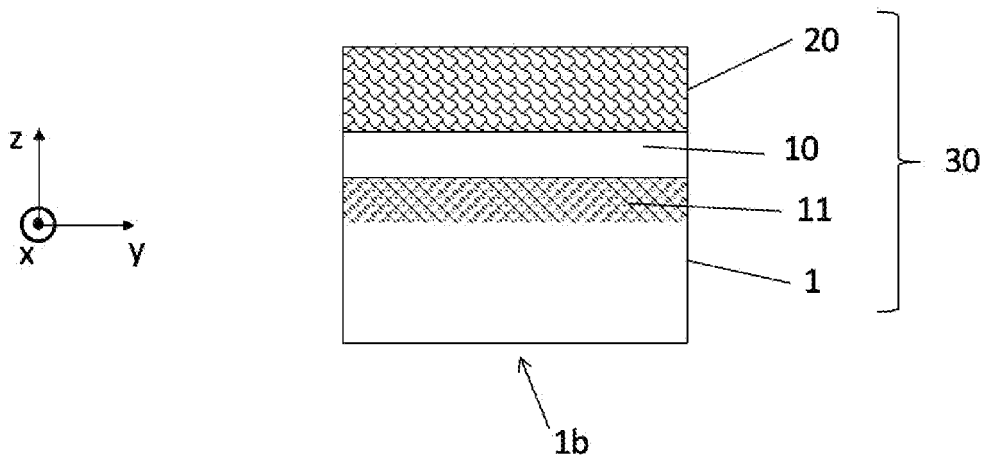
[Fig. 2b]



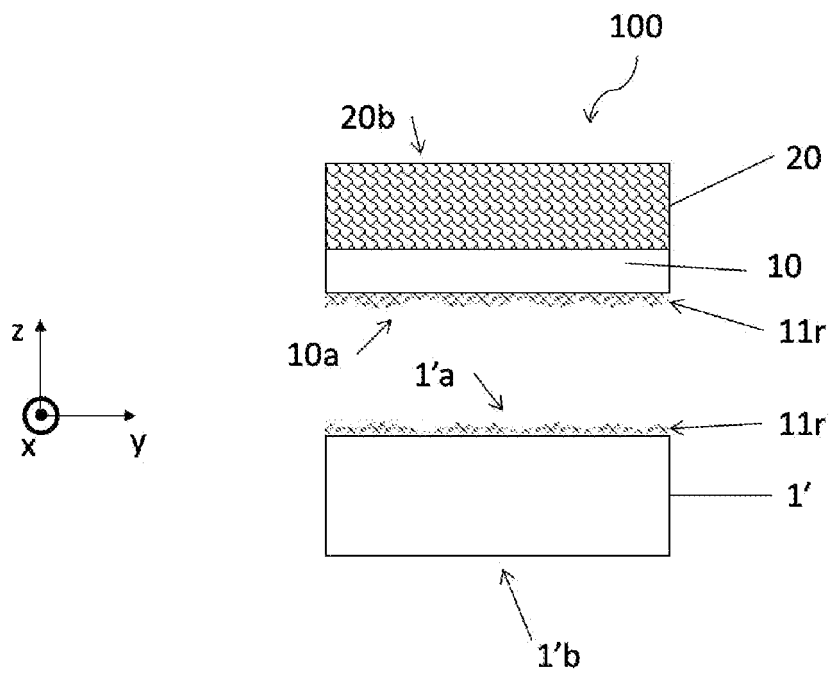
[Fig. 2c]



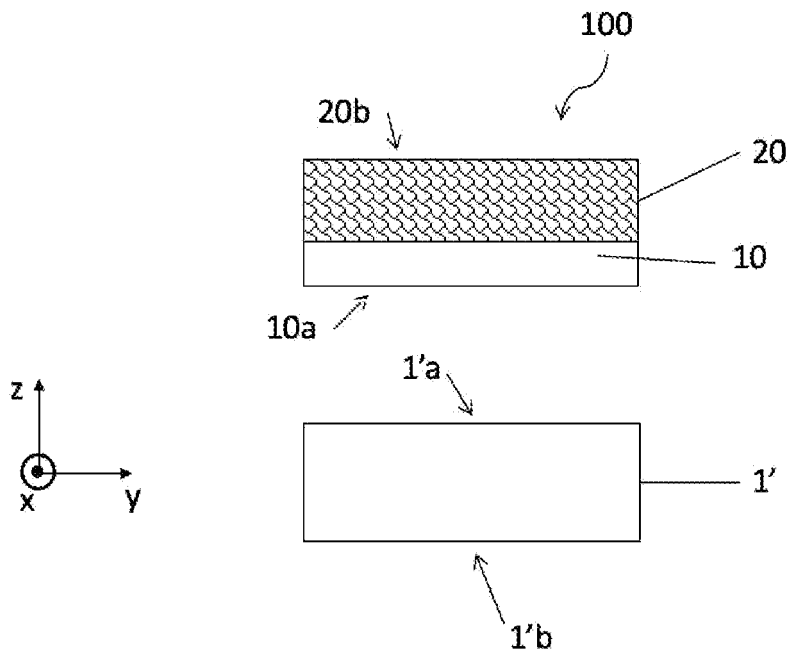
[Fig. 2d]



[Fig. 2e]



[Fig. 2f]





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 890509
FR 2102960

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	FR 2 835 096 B1 (SOITEC SILICON ON INSULATOR [FR]) 18 février 2005 (2005-02-18) * figures * -----	1-12	H01L21/20 H01L21/02 H01L29/161
X	US 6 468 923 B1 (YONEHARA TAKAO [JP] ET AL) 22 octobre 2002 (2002-10-22) * abrégé; figures * -----	1-12	
A	US 2010/022074 A1 (WANG DAVID XUAN-QI [US] 7 ET AL) 28 janvier 2010 (2010-01-28) * figures * -----		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01L
		Date d'achèvement de la recherche 3 décembre 2021	Examineur 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 2102960 FA 890509**

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 **03-12-2021**

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
FR 2835096	B1	18-02-2005	AT 534759 T	15-12-2011
			CN 1636087 A	06-07-2005
			EP 1468128 A2	20-10-2004
			FR 2835096 A1	25-07-2003
			JP 2005515150 A	26-05-2005
			KR 20040077773 A	06-09-2004
			TW I259221 B	01-08-2006
			US 2004023468 A1	05-02-2004
			WO 03062507 A2	31-07-2003

US 6468923	B1	22-10-2002	CN 1269599 A	11-10-2000
			EP 1039513 A2	27-09-2000
			JP 2000349266 A	15-12-2000
			KR 20000076966 A	26-12-2000
			TW 502305 B	11-09-2002
			US 6468923 B1	22-10-2002

US 2010022074	A1	28-01-2010	AUCUN	
