

Description

Titre de l'invention : PROCEDE DE TRANSFERT D'UNE COUCHE MINCE SUR UN SUBSTRAT SUPPORT

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention vise le domaine de la microélectronique et des semi-conducteurs. En particulier, l'invention concerne un procédé de transfert d'une couche mince sur un substrat support, basé sur la technologie Smart Cut™, la couche mince présentant une rugosité améliorée après séparation. Le procédé de transfert peut notamment être mis en œuvre pour la fabrication d'une structure SOI.

ARRIÈRE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

[0002] La technologie Smart Cut™ est bien connue pour la fabrication de structures SOI (silicium sur isolant) et plus généralement, pour le transfert de couches minces. Cette technologie est basée sur la formation d'un plan fragile enterré dans un substrat donneur, par implantation d'espèces dites légères dans ledit substrat ; le plan fragile enterré délimite, avec une face avant du substrat donneur, la couche mince à transférer. Un assemblage intervient ensuite entre le substrat donneur et un substrat support, au niveau de leurs faces avant respectives, pour former un ensemble collé. L'assemblage est avantageusement réalisé par collage direct, par adhésion moléculaire, c'est-à-dire sans implication de matière adhésive : une interface de collage est ainsi établie entre les deux substrats assemblés. La croissance de microfissures dans le plan fragile enterré, par activation thermique, peut conduire à une séparation spontanée, le long dudit plan, donnant lieu au transfert de la couche mince sur le substrat support (formant la structure empilée). Le reste du substrat donneur peut être réutilisé pour un transfert de couche ultérieur. Après séparation, il est habituel d'appliquer des traitements de finition à la structure empilée, pour restaurer la qualité cristalline et la rugosité de surface de la couche mince transférée. Ces étapes de finition peuvent notamment impliquer des traitements thermiques d'oxydation ou de lissage (en atmosphère neutre ou réductrice), des nettoyages et/ou gravures chimiques et/ou des étapes de polissage mécano-chimiques, comme cela est connu de l'homme du métier. Enfin, différents outils d'inspection de la structure finale permettent de contrôler l'intégralité de la surface de la couche mince.

[0003] Lorsque la séparation dans le plan fragile enterré est spontanée, on observe des variabilités importantes en termes de rugosité de surface de la couche mince transférée, tant dans les hautes fréquences (microrugosité) que dans les basses fréquences (ondulations, zones locales de forte rugosité, marbrures, etc). Ces variabilités sont visibles et mesurables en particulier via les outils d'inspection précités, lors du contrôle

de la couche mince dans la structure finale.

- [0004] Rappelons que la rugosité de surface de la couche mince après finition peut être imagée par une cartographie obtenue à l'aide d'un outil d'inspection Surfscan™ de la société KLA-Tencor ([Fig.1]). Le niveau de rugosité ainsi que de potentiels motifs (marbrures (M), zones denses (ZD)...) sont mesurés ou rendus apparents par la mesure de bruit de fond diffus (« haze » selon la terminologie anglo-saxonne communément employée) correspondant à l'intensité de la lumière diffusée par la surface de la couche mince. Le signal de « haze » varie linéairement avec le carré de la rugosité de surface RMS (rugosité moyenne quadratique) dans la gamme de fréquences spatiales de $0,1\mu\text{m}^{-1}$ à $10\mu\text{m}^{-1}$. On pourra se référer à l'article « Seeing through the haze », de F. Holsteyns (Yield Management Solution, Spring 2004, pp50-54) pour une information plus complète sur cette technique d'inspection et d'évaluation de la rugosité sur une grande surface.
- [0005] Les cartographies de la [Fig.1] montrent la rugosité de surface de deux couches minces transférées à partir de deux ensembles collés et traités à l'identique jusqu'à la finition. Sur la cartographie (A), on observe une zone périphérique de rugosité résiduelle, dite « zone dense (ZD) » (en particulier, en haut de la cartographie) ; la cartographie (B) en est totalement dépourvue. Des marbrures (M) plus marquées sont également apparentes sur la cartographie (A). Les rugosités moyennes et maximales (exprimées en ppm de « haze ») sont en outre significativement différentes entre les deux cartographies (A) et (B). La [Fig.1] illustre les variabilités de qualité et rugosité finales des couches minces, qui trouvent principalement leur origine dans les variabilités de rugosité de surface (hautes et basses fréquences) après séparation.
- [0006] Pour améliorer la qualité des couches minces dans la structure empilée finale, il demeure donc toujours important de réduire la rugosité de surface (quelle que soit la fréquence spatiale) de ces couches, après transfert.
- [0007] Il est connu du document US2010/330779 de former une zone locale non collée, à l'interface de collage, bordée par une région collée, pour constituer un déclencheur de la séparation et ainsi limiter la rugosité d'une couche mince de silicium transférée sur un substrat support en verre. La zone locale non collée est obtenue par la réalisation d'une topologie correspondant à une cavité et/ou à un dôme (ou pic), sur la face à assembler du substrat donneur (silicium) ou du substrat support (verre). Des cavités et/ou des pics de l'ordre de 2 à 3 micromètres sont réalisés sur le substrat de verre, pour induire une zone non collée de plusieurs dizaines de mm^2 .

OBJET DE L'INVENTION

- [0008] La présente invention propose un procédé de transfert mettant en œuvre un point initiateur de fracture particulier, permettant l'obtention d'une rugosité de surface de la couche mince améliorée après séparation, pour atteindre une excellente qualité de

surface après les étapes de finition de la structure empilée. Le procédé est en particulier avantageux pour la fabrication de structures SOI.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

- [0009] La présente invention concerne un procédé de transfert d'une couche mince sur un substrat support, comprenant :
- [0010] - l'assemblage d'un substrat donneur et du substrat support, par collage direct au niveau de leurs faces avant respectives et suivant une interface de collage, pour former un ensemble collé présentant une zone locale non collée au sein de cette interface de collage, le substrat donneur comprenant en outre un plan fragile enterré,
- la séparation le long du plan fragile enterré, initiée au niveau de la zone locale non collée après une croissance de microfissures dans ledit plan par activation thermique, la séparation menant au transfert d'une couche mince issue du substrat donneur sur le substrat support.
- [0011] Selon l'invention la zone locale non collée est générée par au moins une zone rugueuse réalisée par un balayage d'un faisceau laser sur l'une au moins des faces avant des substrats donneur et support avant leur assemblage, le balayage s'étendant sur une surface d'au moins 100 micromètres sur 100 micromètres et d'au plus 500 micromètres sur 500 micromètres.
- [0012] Selon des caractéristiques avantageuses de l'invention, prises seules ou selon toute combinaison réalisable :
- la zone rugueuse est réalisée par fusion superficielle d'un matériau composant le substrat donneur et/ou le substrat support, du côté de leur face avant respective ;
 - le balayage du faisceau laser présente une durée comprise entre 20 microsecondes et 100 microsecondes pendant laquelle le faisceau présente une densité d'énergie comprise entre 5 mJ/m² et 7 mJ/m² ;
 - le faisceau laser présente une longueur d'onde de 355 nm.
 - le faisceau laser présente une taille inscrite dans un cercle de 80 micromètres de diamètre ;
 - la zone locale non collée est générée par une pluralité de zones rugueuses élémentaires séparées les unes des autres, chacune étant réalisée par un balayage du faisceau laser sur une surface d'au moins 100 micromètres sur 100 micromètres et d'au plus 200 micromètres sur 200 micromètre ;
 - la zone rugueuse est réalisée sur la face avant du substrat donneur, avant la formation du plan fragile enterré dans ledit substrat donneur ;
 - le substrat donneur est formé d'un premier matériau au niveau de sa face avant, et une zone rugueuse préliminaire est réalisée en surface dudit matériau, et une oxydation thermique du premier matériau du substrat

donneur est effectuée après la réalisation de la zone rugueuse préliminaire et avant la formation du plan fragile enterré, pour former une couche isolante qui sera assemblée sur le substrat support dans l'ensemble collé, ladite couche isolante comportant, sur sa face libre, la zone rugueuse à l'aplomb de la zone rugueuse préliminaire ;

- le substrat support est formé d'un premier matériau au niveau de sa face avant, et une zone rugueuse préliminaire est réalisée en surface dudit matériau, et une oxydation thermique du premier matériau du substrat support est effectuée après la réalisation de la zone rugueuse préliminaire, pour former une couche isolante qui sera assemblée sur le substrat donneur dans l'ensemble collé, ladite couche isolante comportant, sur sa face libre, la zone rugueuse à l'aplomb de la zone rugueuse préliminaire ;
- la zone locale non collée présente au moins une dimension latérale, dans le plan de l'interface de collage, inférieure à 500 micromètres ;
- le substrat donneur et le substrat support présentent une forme de disque de 300 mm de diamètre ;
- la zone locale non collée est localisée à plus de 3 mm du bord de l'ensemble collé, dans le plan de l'interface de collage ;
- la zone locale non collée est localisée à moins de 10 mm du bord de l'ensemble collé, dans le plan de l'interface de collage ;
- le procédé de transfert comprend en outre une étape de recuit de l'ensemble collé pour provoquer la séparation le long du plan fragile enterré, cette étape étant conduite dans un four en y maintenant l'ensemble collé verticalement et orienté angulairement de sorte à placer la zone rugueuse dans une portion haute du four ;
- la couche mince, issue du substrat donneur, est en silicium monocristallin et le substrat support comprend du silicium monocristallin, pour former une structure empilée de type SOI.

Brève description des dessins

- [0013] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre en référence aux figures annexées sur lesquelles :
- [0014] [Fig.1] La [Fig.1] présente deux cartographies représentatives de la rugosité de surface de deux couches minces transférées, issues de deux ensembles collés et traités à l'identique jusqu'à la finition, selon un procédé classique ; les deux cartographies ont été obtenues via un outil d'inspection Surfscan™ ;
- [0015] [Fig.2] La [Fig.2] présente un graphe indiquant la rugosité de surface des couches minces, en fonction du temps de fracture, pour une pluralité d'ensembles collés

(différents des ensembles collés énoncés en référence à la [Fig.1]) et traités de manière identique jusqu'à la finition, selon un procédé classique ;

- [0016] [Fig.3a] La [Fig.3a] présente un ensemble collé intervenant à une étape intermédiaire du procédé de transfert conforme à l'invention ;
- [0017] [Fig.3b] La [Fig.3b] présente un exemple de substrat donneur ou support comprenant une zone rugueuse formée à dessein sur sa face avant, conformément au procédé de transfert de l'invention, laquelle zone rugueuse présente une rugosité prédéterminée ;
- [0018] [Fig.4] La [Fig.4] présente une structure empilée et le reste d'un substrat donneur, obtenus par un procédé de transfert conforme à l'invention ;
- [0019] [Fig.5] La [Fig.5] présente des images de la zone rugueuse obtenue selon un premier exemple de mise en œuvre ;
- [0020] [Fig.6] La [Fig.6] présente des images de la zone rugueuse obtenue selon un deuxième exemple de mise en œuvre ;
- [0021] [Fig.7] La [Fig.7] présente des images de zones rugueuses préliminaires obtenues selon un troisième exemple de mise en œuvre.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0022] Certaines 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.
- [0023] Les mêmes références sur les figures et dans la description pourront être utilisées pour des éléments de même nature.
- [0024] L'invention concerne un procédé de transfert d'une couche mince sur un substrat support, pour former une structure empilée. Comme évoqué en introduction, une telle structure empilée peut notamment être de type SOI, et comprendre une couche mince superficielle en silicium, une couche isolante intermédiaire en oxyde de silicium et un substrat support en silicium. Le substrat support peut optionnellement comporter d'autres couches fonctionnelles, telle qu'une couche de piégeage de charges (par exemple une couche superficielle de silicium polycristallin), par exemple pour des structures SOI destinées à des applications radiofréquences (RF). Le procédé de transfert selon l'invention n'est néanmoins pas limité à la fabrication de SOI et peut être appliqué à nombre d'autres structures empilées dans le domaine de la microélectronique, des microsystèmes et des semi-conducteurs.
- [0025] Le procédé de transfert selon l'invention est basé sur la technologie Smart Cut™. Lorsque la séparation dans le plan fragile enterré est spontanée, le temps de fracture (c'est-à-dire le temps au bout duquel la séparation intervient, lors du recuit thermique de fracture) peut différer entre une pluralité d'ensembles collés traités à l'identique, subissant le même recuit, dans le même four. Le temps de fracture (TF) dépend d'une

multitude de paramètres, liés à la formation du plan fragile enterré, au recuit de fracture, à la nature de l'ensemble collé, etc. La demanderesse a remarqué que, pour des ensembles collés préparés de façon similaire et subissant un même recuit de fracture, les séparations qui interviennent en des temps de fracture courts (TFc) donnent lieu à des rugosités de surface hautes fréquences (microrugosité) de couches minces dans les structures empilées finales (c'est-à-dire après transfert et finition) plus faibles que les séparations intervenant en des temps de fracture plus longs (TFI), comme cela est visible sur la [Fig.2]. En outre, les temps de fracture longs induisent une zone locale de rugosité très élevée (appelée zone dense ZD) en bord de couche mince après fracture, ce qui est peu ou pas le cas lorsque le temps de fracture est court. Cette zone dense dégrade la qualité et la rugosité de la couche mince, même après finition, comme cela est visible sur la cartographie (A) de la [Fig.1].

- [0026] Le procédé de transfert selon l'invention vise donc à amorcer, de façon anticipée (temps de fracture court) et répétable (faible dispersion du temps de fracture entre une pluralité d'ensembles collés similaires), la séparation spontanée dans le plan fragile enterré, de manière à améliorer substantiellement la rugosité de surface de la couche mince transférée.
- [0027] Pour cela, le procédé de transfert comprend, en premier lieu, l'assemblage d'un substrat donneur 1 et du substrat support 2, par collage direct au niveau de leurs faces avant 1a, 2a respectives et suivant une interface de collage 3, pour former un ensemble collé 100 ([Fig.3a]).
- [0028] Le substrat donneur 1 se présente préférentiellement sous la forme d'une plaquette de diamètre 100mm, 150mm, 200mm, 300mm voire 450mm et d'épaisseur comprise typiquement entre 250µm et 1mm. Il comporte une face avant 1a et une face arrière 1b. La rugosité de surface de la face avant 1a est choisie inférieure à 1,0nm RMS, voire préférentiellement inférieure à 0,5nm RMS (mesurée par microscopie à force atomique (AFM), par exemple sur un scan de 20µm x 20µm). Le substrat donneur 1 peut être en silicium ou en tout autre matériau semi-conducteur ou isolant, pour lequel un transfert de couche mince peut présenter un intérêt (par exemple, SiC, GaN, composés III-V, matériaux piézoélectriques, etc). Notons également que le substrat donneur 1 pourra comporter une ou plusieurs couches supplémentaires 12, au moins du côté de sa face avant 1a, par exemple une couche isolante. Comme illustré sur la [Fig.3a], cette couche supplémentaire 12 devient une couche intermédiaire enterrée dans l'ensemble collé 100, après assemblage du substrat donneur 1 et du substrat support 2.
- [0029] Le substrat donneur 1 comprend un plan fragile enterré 11, qui délimite une couche mince 10 à transférer. Comme cela est bien connu en référence à la technologie Smart Cut™, un tel plan fragile enterré 11 peut être formé par implantation d'espèces dites légères, telles que l'hydrogène, l'hélium ou une combinaison de ces deux espèces. Les

espèces légères sont implantées à une profondeur déterminée dans le substrat donneur 1, cohérente avec l'épaisseur de la couche mince 10 visée. Ces espèces légères vont former, autour de la profondeur déterminée, des microcavités distribuées dans une fine couche sensiblement parallèle à la face avant 1a du substrat donneur 1, soit parallèle au plan (x,y) sur les figures. On appelle cette fine couche le plan fragile enterré 11, par souci de simplification.

- [0030] L'énergie d'implantation des espèces légères est choisie de manière à atteindre la profondeur déterminée. Par exemple, des ions hydrogène seront implantés à une énergie comprise entre 10 keV et 210 keV, et à une dose comprise entre $5E16/cm^2$ et $1E17/cm^2$, pour délimiter une couche mince 10 présentant une épaisseur de l'ordre de 100nm à 1500nm. Rappelons qu'une couche supplémentaire pourra être formée sur la face avant 1a du substrat donneur 1, préalablement à l'étape d'implantation ionique. Cette couche supplémentaire peut être composée par un matériau tel que l'oxyde de silicium ou le nitrure de silicium par exemple. Elle peut être conservée pour l'étape suivante d'assemblage (et former tout ou partie de la couche intermédiaire de l'ensemble collé 100), ou elle peut être retirée.
- [0031] Le substrat support 2 se présente également préférentiellement sous la forme d'une plaquette de diamètre 100mm, 150mm, 200mm, 300mm voire 450mm et d'épaisseur comprise typiquement entre 250 μ m et 1mm. Il comporte une face avant 2a et une face arrière 2b. La rugosité de surface de la face avant 2a est choisie inférieure à 1,0nm RMS, voire préférentiellement inférieure à 0,5nm RMS (mesurée par AFM, par exemple sur un scan de 20 μ m x 20 μ m). Le substrat support 2 peut être en silicium ou en tout autre matériau semi-conducteur ou isolant, sur lequel un transfert de couche mince peut présenter un intérêt (par exemple, SiC, GaN, composés III-V, matériaux piézoélectriques, matériaux isolants, etc). On note également que le substrat support 2 peut comporter une ou plusieurs couches supplémentaires, au moins du côté de sa face avant 2a, par exemple une couche isolante et/ou une couche de piégeage de charges. Cette (ou ces) couche(s) supplémentaire(s) se retrouvent enterrées dans l'ensemble collé 100, après assemblage du substrat donneur 1 et du substrat support 2.
- [0032] L'assemblage entre les substrats donneur 1 et support 2 est basé sur un collage direct par adhésion moléculaire. Comme cela est bien connu en soi, un tel collage ne nécessite pas une matière adhésive, car des liaisons s'établissent à l'échelle atomique entre les surfaces assemblées, formant l'interface de collage 3. Plusieurs types de collage par adhésion moléculaire existent, qui diffèrent notamment par leurs conditions de température, de pression, d'atmosphère ou de traitements, préalables à la mise en contact des surfaces. On peut citer le collage à température ambiante avec ou sans activation préalable par plasma des surfaces à assembler, le collage par diffusion atomique (« Atomic diffusion bonding » ou ADB selon la terminologie anglo-

saxonne), le collage avec activation de surface (« Surface-activated bonding » ou SAB), etc.

- [0033] L'étape d'assemblage peut comprendre, avant la mise en contact des faces avant 1a,2a à assembler, des séquences classiques de nettoyages par voie chimique (par exemple, nettoyage RCA), d'activation de surface (par exemple, par plasma oxygène ou azote) ou autres préparations de surface (telles que le nettoyage par brossage (« scrubbing »)), susceptibles de favoriser la qualité de l'interface de collage 3 (faible défektivité, forte énergie d'adhésion).
- [0034] L'ensemble collé 100 selon l'invention présente la particularité de comprendre une zone locale non collée 31 au sein de l'interface de collage 3 ([Fig.3a]). En d'autres termes, cette zone locale non collée 31 est bordée par l'interface de collage 3, laquelle est fermée, traduisant les forces d'adhésion moléculaire qui unissent les faces avant 1a,2a des substrats 1,2 assemblés.
- [0035] La zone locale non collée 31 est uniquement générée par la présence d'une zone rugueuse 31a, réalisée à dessein sur l'une au moins des faces avant 1a,2a des substrats donneur 1 et support 2, avant leur assemblage ([Fig.3b]). La zone rugueuse 31a est exempte de toute topologie ou ondulation à basses fréquences, c'est-à-dire dont la longueur d'onde typique serait supérieure à 100nm. Elle présente une rugosité prédéterminée hautes fréquences, qui est supérieure à la rugosité des faces avant 1a,2a autour de cette zone rugueuse 31a. La rugosité des faces avant 1a,2a peut typiquement varier en fonction de la nature des matériaux desdites faces 1a,2a et en fonction du type de collage direct mis en œuvre, mais permet toujours d'obtenir une interface collée (fermée), alors que la rugosité prédéterminée dans la zone rugueuse 31a empêche le collage local entre les deux faces 1a,2a.
- [0036] L'amplitude de la rugosité prédéterminée est strictement supérieure à 0,5nm RMS et strictement inférieure à 60,0nm RMS, avec des longueurs d'onde typiques comprises entre 10nm à 100nm (correspondant à une microrugosité hautes fréquences). Comme cela est bien connu, la dénomination RMS (« root mean square ») correspond à une valeur moyenne quadratique de rugosité. La technique de mesure de cette microrugosité est la microscopie à force atomique (AFM), sur des scans de 10x10μm² à 30x30μm². Rappelons que la zone rugueuse 31a ne présente pas de topologie qui correspondrait à une ondulation à basses fréquences, mais uniquement une microrugosité dans la gamme de fréquences spatiales énoncée ci-dessus. L'amplitude maximale crête à creux ou PV (pour « peak to valley ») dans la zone rugueuse 31a est typiquement comprise entre 5,0nm et 300,0nm, préférentiellement entre 5,0nm et 100,0 nm. En particulier, sur l'exemple de la [Fig.3b], la zone rugueuse 31a présente une rugosité de 2,3nm RMS et 25nm PV, mesurée par AFM sur un scan de 10μm x 10μm (image à droite sur la [Fig.3b]).

- [0037] Selon un mode de réalisation particulier notamment mis en œuvre pour la fabrication de structures SOI, la face avant 1a,2a, sur laquelle la zone rugueuse 31a est réalisée, est en silicium monocristallin, et la rugosité prédéterminée a préférentiellement une amplitude comprise entre 5nm RMS et 15nm RMS, et plus préférentiellement encore, cette amplitude est comprise entre 9 nm RMS et 12 nm RMS.
- [0038] Mais l'invention n'est nullement limitée à la formation de la zone rugueuse 31a sur une face avant en silicium monocristallin et, dans une alternative, la face sur laquelle la zone rugueuse 31a est réalisée, est en silicium poly-cristallin.
- [0039] Notons que, lorsque c'est la face avant 1a du substrat donneur 1 qui porte la zone rugueuse 31a, cette dernière est préférentiellement réalisée avant la formation du plan fragile enterré 11 dans ledit substrat 1, pour limiter tout endommagement ou mu-rissement précoce des microcavités le composant.
- [0040] Il est également envisageable de réaliser une zone rugueuse préliminaire sur un premier matériau formant le substrat donneur 1, au niveau de sa face avant ; par exemple le premier matériau peut être du silicium. Une oxydation thermique du premier matériau du substrat donneur 1 est ensuite effectuée, pour former une couche isolante (par exemple en oxyde de silicium). L'épaisseur de la couche isolante pourra par exemple être inférieure ou égale à 200nm. Ladite couche isolante (correspondant à la couche supplémentaire 12 illustrée sur la [Fig.3a]) comporte sur sa face libre (la face avant 1a du substrat donneur 1), la zone rugueuse 31a à l'aplomb de la zone rugueuse préliminaire élaborée dans le premier matériau. En effet, l'oxydation conserve au moins en partie la rugosité hautes fréquences que présente le premier matériau dans la zone rugueuse préliminaire : on s'attachera à former une microrugosité dans la zone rugueuse préliminaire apte à donner lieu à une rugosité prédéterminée de la zone rugueuse 31a après oxydation, dans la gamme d'amplitudes précitées. Après la formation du plan fragile enterré 11 dans le substrat donneur 1, la couche isolante 12 est assemblée sur le substrat support 2 dans l'ensemble collé 100 et la zone rugueuse 31a génère la zone locale non collée 31 au sein de l'interface de collage 3. Dans ce cas de figure, la zone rugueuse 31a sur la face avant 1a du substrat donneur 1 n'a pas été directement réalisée par « rugosification » de la couche isolante 12, mais est issue d'une zone rugueuse préliminaire présente dans un matériau sous-jacent.
- [0041] Pour être complet, on note que même si la formation de cette zone rugueuse préliminaire a été décrite en référence au substrat donneur 1, elle pourrait bien sûr être appliquée au substrat support 2.
- [0042] L'ensemble collé 100 étant formé et comportant la zone locale non collée 31 au sein de son interface de collage 3, le procédé de transfert selon l'invention prévoit de lui appliquer un recuit thermique qui va donner lieu à une séparation spontanée le long du plan fragile enterré 11. La séparation mène au transfert de la couche mince 10 issue du

substrat donneur 1 sur le substrat support 2, pour former la structure empilée 110 ([Fig.4]). Une zone non transférée 31b, au niveau de laquelle la couche mince 10 n'a pas été reportée, est présente à l'aplomb de l'emplacement de la zone locale non collée 31. Cette zone non transférée 31b peut être de dimension égale ou supérieure à la dimension de la zone locale non collée 31. On obtient par ailleurs le reste du substrat donneur 1'.

- [0043] La zone locale non collée 31 agit comme un point initiateur de la fracture, dans le plan fragile enterré 11 et à l'aplomb ou à proximité de ladite zone 31, après une croissance de microfissures dans le plan fragile enterré 11 par activation thermique. Cette initiation de fracture apparaît de manière anticipée par rapport à un ensemble collé 100 qui ne comporterait pas la zone locale non collée 31 : cela donne accès à des temps de fracture courts, qui procurent des rugosités de surface faibles, après transfert, au niveau de la face 10a de la couche mince 10. On note, de plus, une amélioration nette de la rugosité de surface après transfert, du fait de temps de fracture courts obtenus grâce à la zone locale non collée 31 qui agit comme un point initiateur de fracture.
- [0044] La zone locale non collée 31 selon l'invention se distingue de l'état de la technique en ce qu'elle est uniquement due à la présence d'une zone rugueuse 31a sur la face avant 1a,2a de l'un ou l'autre des substrats donneur 1 et support 2. Aucune topologie à basses fréquences n'est impliquée (bosses, trous, cavités, particules). Le volume interne de la zone locale non collée 31 ainsi créée est extrêmement faible ; de fait, l'accumulation, dans ce volume interne, de différents gaz issus notamment de la vaporisation des monocouches d'eau présentes sur les faces 1a,2a assemblées ou de l'exo-diffusion d'espèces légères par la face avant 1a du substrat donneur 1, autorise une mise sous pression rapide et favorable à l'initiation de la fracture dès que le niveau de murissement des microfissures dans le plan fragile enterré 11 le permet.
- [0045] La zone locale non collée 31 peut être localisée à différentes positions dans le plan de l'interface de collage 3 : notamment, dans une région centrale de l'ensemble collé 100 ou dans une région périphérique ou encore dans une région intermédiaire entre ces deux extrêmes. Dans la région périphérique, il est préférable que la zone locale non collée 31 se trouve à plus de 3 mm du bord de l'ensemble collé 100.
- [0046] De préférence, notamment lorsque l'ensemble collé 100 présente une couche 12 épaisse, de plus de 100 nm, il est préférable que la zone locale non collée 31 se trouve à moins de 10 mm du bord de l'ensemble collé 100., dans le plan de l'interface de collage 3.
- [0047] De manière avantageuse, une étape de recuit de l'ensemble collé 100 est appliquée pour provoquer la séparation le long du plan fragile enterré 11. Cette étape est conventionnellement conduite dans un four en y maintenant l'ensemble collé 100 verti-

calement. Avantageusement l'ensemble collé 100 est orienté angulairement dans la chambre du four de sorte à placer la zone rugueuse 31a dans une portion haute du four. Cette portion haute présente généralement une température plus élevée, ce qui favorise le déclenchement de la fracture au niveau de la zone rugueuse 31a.

- [0048] Pour éviter de pénaliser l'intégrité du transfert de la couche mince 10, la zone locale non collée 31 présente avantageusement au moins une dimension latérale, dans le plan (x,y), inférieure à 500 micromètres.
- [0049] Selon l'invention, la zone rugueuse 31a est réalisée par le balayage d'un faisceau laser sur l'une au moins des faces avant 1a,2a des substrats donneur 1 et support 2 avant leur assemblage. Ce balayage s'étendant sur une surface d'au moins 100 micromètres sur 100 micromètres et au plus sur une surface de 500 micromètres sur 500 micromètres. Dis autrement, la surface balayée circonscrit une surface de 100 micromètres sur 100 micromètres et est inscrite dans une surface de 500 micromètres sur 500 micromètres. Cette approche est avantageuse en ce qu'elle permet de former cette zone rugueuse en limitant au maximum le contact avec le reste de la face avant 1a,2a concernée, de manière à réduire les risques de contamination ou de dégradation (rayures...) de cette face, destinée à être assemblée. Le balayage du faisceau est réalisé par l'intermédiaire de pièces optiques mobiles (un scanner), par exemple un jeu de miroirs, ce qui permet de maintenir le substrat immobile tout en traitant une surface présentant une étendue relativement importante, c'est-à-dire plus importante que la taille du faisceau. Celle-ci peut donc être de taille réduite, par exemple inscrite dans un cercle de 80 micromètres de diamètre. Dans un mode de mise en œuvre, le faisceau laser présente une forme rectangulaire de 70 micromètres sur 40 micromètres.
- [0050] Les paramètres du faisceau laser sont choisis pour générer uniquement une fusion superficielle du matériau de la face avant 1a,2a, et ce uniquement dans la zone à rendre rugueuse. On se situe donc dans un régime en limite de fusion et pas du tout dans des régimes d'ablation qui retirent du matériau ou le creusent. Ce régime correspond à une fusion « discontinue » de la surface irradiée ; cela veut dire que l'on induit des zones fondues et des zones non fondues au niveau de cette surface, favorables à la formation de la rugosité hautes fréquences recherchée. Une trop faible densité d'énergie ne permet pas d'atteindre la fusion et il n'est pas généré de rugosité ou trop peu ; une trop forte densité d'énergie provoque une fusion « homogène » de toute la surface irradiée, qui recristallise uniformément avec une rugosité potentiellement trop restreinte. Il est donc important de se situer dans un régime en limite de fusion, pour générer une rugosité hautes fréquences d'amplitude attendue et ne créer aucune topologie, ni cavité, ni bosse, uniquement une rugosité hautes fréquences, dans les gammes RMS et PV précitées.
- [0051] Préférentiellement, le balayage du laser est donc effectué pendant une durée

comprise entre 20 microsecondes et 100 microsecondes pendant laquelle le faisceau présente une densité d'énergie comprise entre 5 mJ/m^2 et 7 mJ/m^2 . La longueur d'onde du laser utilisé pourra être choisie entre 100nm et 550nm, de préférence entre 250nm et 400nm, comme par exemple 355 nm.

- [0052] La zone rugueuse 31a générée, après un balayage du faisceau laser, est sensiblement plus petite que de la dimension de la surface irradiée. Cela est notamment dû au fait que la densité d'énergie n'est pas constante sur toute la surface de projection du faisceau, et que celle-ci tend à être plus faible sur son contour périphérique. Aussi, lorsque le faisceau balaye une surface étendue, jusque de 500 micromètres sur 500 micromètres, la zone rugueuse présente une dimension plus réduite et incluse dans cette surface balayée.
- [0053] Notons que dans le cas où le matériau de la face avant 1a,2a est un oxyde de silicium et que le matériau sous-jacent est du silicium, le balayage laser passe à travers la couche d'oxyde de silicium et va générer une fusion du silicium, laquelle va induire la formation de rides à la surface de l'oxyde. Ces rides forment la rugosité hautes fréquences attendue, dans la région irradiée, sur la face avant 1a,2a.
- [0054] On peut prévoir que la zone locale non collée 31 soit générée par une pluralité de zones rugueuses élémentaires 31a proches, mais séparées les unes des autres, par exemple entre 2 et 5 zones rugueuses élémentaires 31a. Chaque zone rugueuse élémentaire est réalisée par un balayage du faisceau laser sur une surface d'au moins 100 micromètres sur 100 micromètres et d'au plus 200 micromètres sur 200 micromètres, de sorte que la zone locale non collée 31 reste au globale de dimension réduite.
- [0055] Les formes de la zone rugueuse 31a et de zone locale non collée 31 ne sont pas forcément carrées. Elles peuvent par exemple être rectangulaire ou de toute autre forme dans la mesure où balayage du faisceau laser est réalisé sur une surface d'au moins 100 micromètres sur 100 micromètres et d'au plus 500 micromètres sur 500 micromètres.

Exemples de mise en œuvre :

- [0056] Selon un premier exemple, le procédé de transfert est mis en œuvre pour élaborer une structure FDSOI (SOI totalement déplété, ou « fully depeleted SOI » selon la terminologie anglo-saxonne), c'est-à-dire présentant une faible épaisseur de couche mince superficielle (par exemple dans la gamme 10nm à 50nm) et une faible épaisseur de couche isolante enterrée (par exemple dans la gamme 15nm à 25nm).
- [0057] Le substrat donneur 1 est une plaquette en silicium monocristallin de 300mm de diamètre, et comprend au niveau de sa face avant 1a, une couche isolante 12 en oxyde de silicium d'épaisseur 35nm. Le plan fragile enterré 11 est formé par co-implantation d'ions hélium et hydrogène à des énergies respectives de 40 keV et 25 keV, et à des doses respectives comprises entre $0,8 \text{ E16 /cm}^2$ et $1,8 \text{ E16 /cm}^2$.

- [0058] Le substrat support 2 est une plaquette en silicium monocristallin de diamètre 300mm.
- [0059] Le balayage du faisceau laser est effectué au centre du substrat support 2, du côté de sa face avant 2a, de manière à provoquer une fusion / recristallisation de la surface uniquement, dans un régime en limite de fusion. Les conditions laser sont les suivantes : longueur d'onde 355nm, le laser irradie la surface pendant 50µs et avec une densité d'énergie 6.3 mJ/cm², la dimension de la surface irradiée est de forme carrée de 100µm de côté. Ces conditions conduisent donc à la formation d'une zone rugueuse comprise dans la surface irradiée, avec une rugosité RMS de 11 nm +/-0,5nm, mesurée par AFM sur scan de 30 µm par 30 µm (voir par exemple l'image SEM à gauche de la [Fig.5] et l'image en mode optique à droite de la [Fig.5]).
- [0060] Une préparation de surface classique (nettoyages, activation plasma) des deux substrats 1,2 est ensuite effectuée en vue d'un collage par adhésion moléculaire.
- [0061] L'assemblage, basé sur la mise en contact direct entre les faces avant 1a,2a des substrats donneur 1 et support 2, permet d'obtenir un ensemble collé 100. L'ensemble collé 100 comprend une zone locale non collée 31 à l'aplomb de la zone rugueuse 31a (au centre de l'ensemble collé 100), au sein de l'interface de collage 3. La zone locale non collée 31 présente une dimension de 40µm par 60 µm.
- [0062] Un recuit de fracture, opéré dans un four horizontal (apte à traiter une pluralité d'ensembles collés 100 de manière collective), est appliqué entre 200°C et 400°C. La zone locale non collée 31 permet d'initier la fracture le long du plan fragile enterré 11 dans un temps court, c'est-à-dire environ 25% du temps de fracture moyen en l'absence de la zone locale non collée 31, dans le cas d'un recuit isotherme. En considérant une pluralité d'ensembles collés 100 traités collectivement, la zone locale non collée 31 permet en outre d'obtenir des temps de fracture moins dispersés.
- [0063] La structure SOI 110 obtenue après séparation présente une zone non transférée 31b en lieu et place de la zone locale non collée 31 de l'ensemble collé 100, et dont la taille est de l'ordre de 100 micromètres à 200 micromètres. La qualité de surface 10a de la couche mince 10 transférée est améliorée par rapport à une structure SOI 110' obtenue à partir d'un ensemble collé classique, sans zone locale non collée 31. Cela est particulièrement visible après l'application des étapes de finition (traitements thermiques d'oxydation et de lissage, principalement) pour guérir la couche mince 10 transférée et lisser sa surface : les structures SOI 110 obtenues par le procédé de l'invention ne montrent pas de zones denses de rugosité en périphérie de couche mince 10, au contraire de certaines structures SOI 110' obtenues par un procédé classique (sans zone locale non collée 31).
- [0064] Selon un deuxième exemple, le procédé de transfert est mis en œuvre pour élaborer une structure RFSOI (SOI pour applications radiofréquences), c'est-à-dire présentant

une couche mince superficielle, une couche isolante et une couche de piégeage de charge sur le substrat support 2.

- [0065] Le substrat donneur 1 est une plaquette en silicium monocristallin de 300mm de diamètre, et comprend au niveau de sa face avant 1a, une couche isolante 12 en oxyde de silicium d'épaisseur 200nm. Le plan fragile enterré 11 est formé par co-implantation d'ions hydrogène et hélium à des énergies respectives de 35 keV et 50 keV, et à des doses respectives comprises entre 0,8 E16 /cm² et 1,8 E16/cm². Le substrat support 2 est une plaquette en silicium monocristallin de diamètre 300mm. Une couche de piégeage de charges en silicium poly-cristallin d'environ 1µm d'épaisseur est disposée sur le substrat support 2, du côté de sa face avant 2a.
- [0066] Le balayage laser est effectué dans une région périphérique du substrat donneur 1, entre 3 et 10 mm du bord du substrat donneur 1, du côté de sa face avant 1a, de manière à provoquer une fusion / recristallisation de la surface uniquement. Ce traitement est effectué avant la formation du plan fragile enterré 11.
- [0067] Les conditions du balayage laser sont les suivantes : longueur d'onde 355nm, durée du balayage 30µs, densité d'énergie 6.3 mJ/cm², surface irradiée de forme carrée de côté de 200 micromètres. Le balayage laser conduit donc à la formation d'une zone rugueuse, comprise dans la surface irradiée, avec une rugosité RMS de 9 nm +/-0,5nm, mesurée par AFM sur scan de 30 µm par 30 µm. La zone rugueuse est représentée sur la [Fig.6] (à gauche en image SEM et en mode optique à droite).
- [0068] Une préparation de surface classique (nettoyages, activation plasma) des deux substrats 1,2 est ensuite effectuée en vue d'un collage par adhésion moléculaire. L'assemblage, basé sur la mise en contact direct entre les faces avant 1a,2a des substrats donneur 1 et support 2, permet d'obtenir un ensemble collé 100. L'ensemble collé 100 comprend une zone locale non collée 31, à l'aplomb de la zone rugueuse 31a (en bord de l'ensemble collé 100), au sein de l'interface de collage 3. La zone locale non collée 31 présente une dimension comprise entre 140 µm et 170µm .
- [0069] Un recuit de fracture, opéré dans un four horizontal (apte à traiter une pluralité d'ensembles collés 100 de manière collective disposée verticalement dans la chambre du four) est appliqué entre 200°C et 550°C. Les ensembles collés sont angulairement orientés dans la chambre du four pour que la zone rugueuse 31a soit disposée dans une position haute de la chambre du four.
- [0070] La zone locale non collée 31 permet d'initier la fracture le long du plan fragile enterré 11 dans un temps court (environ 30% du temps de fracture moyen sans zone locale non collée 31). En considérant une pluralité d'ensembles collés 100 traités collectivement, la zone locale non collée 31 permet en outre d'obtenir des temps de fracture moins dispersés. La structure SOI 110 obtenue après séparation présente une zone non transférée en lieu et place de la zone locale non collée 31 de l'ensemble collé

100, et dont la taille est comprise entre 250 et 350 μ m.

- [0071] La qualité de surface 10a de la couche mince 10 transférée est améliorée par rapport à une structure SOI 110' obtenue à partir d'un ensemble collé classique, sans zone locale non collée 31. Cela est particulièrement visible après l'application des étapes de finition (traitements thermiques d'oxydation et de lissage, principalement) pour guérir la couche mince 10 transférée et lisser sa surface : la cartographie en [Fig.6] de la structure SOI 110 obtenue par le procédé de l'invention montre une absence de zone dense de rugosité en périphérie de couche mince 10, au contraire de la structure SOI 110' obtenu un procédé classique (sans zone locale non collée 31) ; elle montre aussi un niveau global de rugosité plus faible sur l'ensemble de la surface de la couche mince 10 de la structure SOI 110.
- [0072] Selon un troisième exemple, le procédé de transfert est mis en œuvre pour élaborer une structure SOI, c'est-à-dire présentant une couche mince superficielle, une couche isolante et un substrat support 2. Le substrat donneur 1 est une plaquette en silicium monocristallin de 300mm de diamètre.
- [0073] Trois balayages successifs du faisceau laser sont réalisés dans une région centrale ou périphérique du substrat donneur 1, du côté de sa face avant 1a (donc sur le silicium), de manière à provoquer une fusion / recristallisation de la surface uniquement. On forme ainsi trois zones rugueuses, séparées d'une distance de 80 micromètres. Les conditions laser sont les suivantes : longueur d'onde 355 nm, durée de chaque balayage du faisceau 30 μ s, densité d'énergie 6.3 mJ/cm², chaque surface irradiée est carrée de 100 μ m de côté. Ces balayages conduisent à la formation de zones rugueuses préliminaires au niveau de la surface irradiée, avec une rugosité RMS supérieure à 11 nm +/-0,5nm, mesurée par AFM sur scan de 30 μ m par 30 μ m. Ces zones rugueuses préliminaires sont représentées sur la [Fig.7] (image à gauche en mode optique des 3 zones balayées et, à droite, un zoom en mode SEM sur l'un des balayages).
- [0074] Après l'application d'un nettoyage standard au substrat donneur 1, une oxydation thermique est effectuée, typiquement dans la gamme de températures 900°C – 1050°C. A l'issue de cette oxydation, le substrat donneur 1 comprend au niveau de sa face avant 1a, une couche isolante 12 en oxyde de silicium d'épaisseur 200nm. A l'aplomb des 3 zones rugueuses préliminaires, 3 zones rugueuses 31a sont présentes sur la face libre 1a de la couche isolante 12. Ces zones rugueuses 31a présentent une rugosité RMS sensiblement identique à celle des zones rugueuses préliminaires.
- [0075] Le plan fragile enterré 11 est formé par co-implantation d'ions hydrogène et hélium à des énergies respectives de 35 keV et 50 keV, et à des doses respectives comprises entre 0,8 E16 /cm² et 1,8 E16/cm², à travers la couche isolante 12, dans le substrat donneur 1. Le substrat support 2 est une plaquette en silicium monocristallin de diamètre 300mm.

- [0076] Une préparation de surface classique (nettoyages, activation plasma) des deux substrats 1,2 est ensuite effectuée en vue d'un collage par adhésion moléculaire. L'assemblage, basé sur la mise en contact direct entre les faces avant 1a,2a des substrats donneur 1 et support 2, permet d'obtenir un ensemble collé 100. L'ensemble collé 100 comprend une zone locale non collée 31, à l'aplomb de la zone rugueuse 31a, au sein de l'interface de collage 3. Un recuit de fracture, opéré dans un four horizontal (apte à traiter une pluralité d'ensembles collés 100 de manière collective) est appliqué entre 200°C et 550°C. La zone locale non collée 31 permet d'initier la fracture le long du plan fragile enterré 11 dans un temps court (environ 30% du temps de fracture moyen sans zone locale non collée 31). En considérant une pluralité d'ensembles collés 100 traités collectivement, la zone locale non collée 31 permet d'obtenir des temps de fracture moins dispersés.
- [0077] La structure SOI 110 obtenue après séparation présente une zone non transférée en lieu et place de la zone locale non collée 31 de l'ensemble collé 100, et dont la taille est typiquement inférieure à 500µm.
- [0078] La qualité de surface 10a de la couche mince 10 transférée est améliorée par rapport à une structure SOI 110' obtenue à partir d'un ensemble collé classique, sans zone locale non collée 31 : elle montre une absence de zone dense ZD de rugosité en périphérie de couche mince 10, ainsi qu'un niveau global de rugosité plus faible sur l'ensemble de la surface de la couche mince 10.
- [0079] Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation 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 transfert d'une couche mince (10) sur un substrat support (2), comprenant :
- l'assemblage d'un substrat donneur (1) et du substrat support (2), par collage direct au niveau de leurs faces avant (1a,2a) respectives et suivant une interface de collage (3), pour former un ensemble collé (100) présentant une zone locale non collée (31) au sein de cette interface de collage (3), le substrat donneur (1) comprenant en outre un plan fragile enterré (11),
 - la séparation le long du plan fragile enterré (11), initiée au niveau de la zone locale non collée (31) après une croissance de microfissures dans ledit plan (11) par activation thermique, la séparation menant au transfert d'une couche mince (10) issue du substrat donneur (1) sur le substrat support (2),
- le procédé étant **caractérisé en ce que** la zone locale non collée (31) est générée par au moins une zone rugueuse (31a) réalisée par un balayage d'un faisceau laser sur l'une au moins des faces avant (1a,2a) des substrats donneur (1) et support (2) avant leur assemblage, le balayage s'étendant sur une surface d'au moins 100 micromètres sur 100 micromètres et d'au plus 500 micromètres sur 500 micromètres.
- [Revendication 2] Procédé de transfert selon la revendication précédente, dans lequel la zone rugueuse est réalisée par fusion superficielle d'un matériau composant le substrat donneur (1) et/ou le substrat support (2), du côté de leur face avant respective (1a,2a).
- [Revendication 3] Procédé de transfert selon la revendication précédente, dans lequel le balayage du faisceau laser présente une durée comprise entre 20 microsecondes et 100 microsecondes pendant laquelle le faisceau présente une densité d'énergie comprise entre 5 mJ/m² et 7 mJ/m².
- [Revendication 4] Procédé de transfert selon la revendication précédente, dans lequel le faisceau laser présente une longueur d'onde de 355 nm.
- [Revendication 5] Procédé de transfert selon l'une des revendications précédentes dans lequel le faisceau laser présente une taille inscrite dans un cercle de 80 micromètres de diamètre.
- [Revendication 6] Procédé de transfert selon l'une des revendications précédentes, dans laquelle la zone locale non collée (31) est générée par une pluralité de zones rugueuses élémentaires (31a) séparées les unes des autres, chacune étant réalisée par un balayage du faisceau laser sur une surface

- d'au moins 100 micromètres sur 100 micromètres et d'au plus 200 micromètres sur 200 micromètres.
- [Revendication 7] Procédé de transfert selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la zone rugueuse (31a) est réalisée sur la face avant (1a) du substrat donneur (1), avant la formation du plan fragile enterré (11) dans ledit substrat donneur (1).
- [Revendication 8] Procédé de transfert selon la revendication précédente, dans lequel :
- le substrat donneur (1) est formé d'un premier matériau au niveau de sa face avant (1a), et une zone rugueuse préliminaire est réalisée en surface dudit matériau, et
 - une oxydation thermique du premier matériau du substrat donneur (1) est effectuée après la réalisation de la zone rugueuse préliminaire et avant la formation du plan fragile enterré (11), pour former une couche isolante qui sera assemblée sur le substrat support (2) dans l'ensemble collé (100), ladite couche isolante comportant, sur sa face libre, la zone rugueuse (31a) à l'aplomb de la zone rugueuse préliminaire.
- [Revendication 9] Procédé de transfert selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel :
- le substrat support (2) est formé d'un premier matériau au niveau de sa face avant (2a), et une zone rugueuse préliminaire est réalisée en surface dudit matériau, et
 - une oxydation thermique du premier matériau du substrat support (2) est effectuée après la réalisation de la zone rugueuse préliminaire, pour former une couche isolante qui sera assemblée sur le substrat donneur (1) dans l'ensemble collé (100), ladite couche isolante comportant, sur sa face libre, la zone rugueuse (31a) à l'aplomb de la zone rugueuse préliminaire.
- [Revendication 10] Procédé de transfert selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la zone locale non collée (31) présente au moins une dimension latérale, dans le plan de l'interface de collage (3), inférieure à 500 micromètres.
- [Revendication 11] Procédé de transfert selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le substrat donneur (1) et le substrat support (2) présentent une forme de disque de 300 mm de diamètre.
- [Revendication 12] Procédé de transfert selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la zone locale non collée (31) est localisée à plus de 3 mm du bord de l'ensemble collé (100), dans le plan de l'interface de collage (3).
- [Revendication 13] Procédé de transfert selon la revendication précédente, dans lequel la zone locale non collée (31) est localisée à moins de 10 mm du bord de

- l'ensemble collé (100), dans le plan de l'interface de collage (3).
- [Revendication 14] Procédé de transfert selon l'une des deux revendications précédentes comprenant en outre une étape de recuit de l'ensemble collé (100) pour provoquer la séparation le long du plan fragile enterré (11), cette étape étant conduite dans un four en y maintenant l'ensemble collé (100) verticalement et orienté angulairement de sorte à placer la zone rugueuse (31a) dans une portion haute du four.
- [Revendication 15] Procédé de transfert selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche mince (10), issue du substrat donneur (1), est en silicium monocristallin et le substrat support (2) comprend du silicium monocristallin, pour former une structure empilée (110) de type SOI.