

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
15 février 2001 (15.02.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/11667 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷: H01L 21/20,
21/762

(21) Numéro de la demande internationale:
PCT/FR00/02239

(22) Date de dépôt international: 3 août 2000 (03.08.2000)

(25) Langue de dépôt: français

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:
99/10121 4 août 1999 (04.08.1999) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US): COM-
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE [FR/FR];
31-33, rue de la Fédération, F-75752 Paris 15ème (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): LAGAHE,
Chrystelle [FR/FR]; 49, rue de l'Isle, F-38340 Voreppe
(FR). SOUBIE, Alain [FR/FR]; 3, rue Casimir Brenier,
F-38120 Saint-Egreve (FR). BRUEL, Michel [FR/FR];
Presvert N° 9, F-38113 Veurey (FR). ASPAR, Bernard
[FR/FR]; 110, Lot. le Hameau des Ayes, F-38140 Rives
(FR).

(74) Mandataire: WEBER, Etienne; Brevatome, 3, rue du
Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

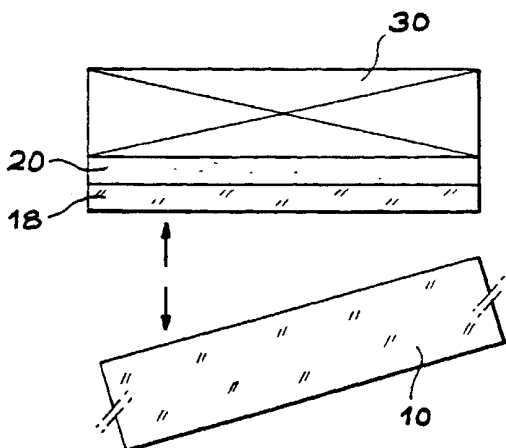
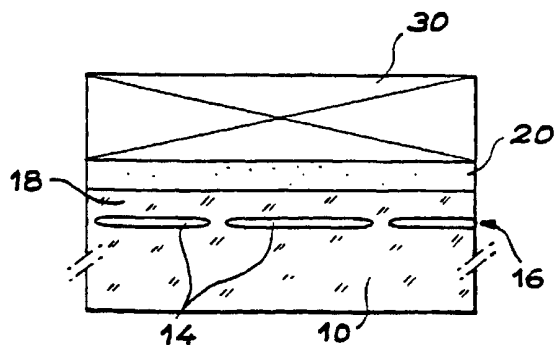
(81) États désignés (national): JP, KR, SG, US.

(84) États désignés (régional): brevet européen (AT, BE, CH,
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR TRANSFERRING A THIN LAYER COMPRISING A STEP OF EXCESS FRAGILIZATION

(54) Titre: PROCEDE DE TRANSFERT D'UNE COUCHE MINCE COMPORTANT UNE ETAPE DE SURFRAGILISATION



(57) Abstract: The invention concerns a method for transferring a thin layer (18) from a source substrate (10) to a target support (30) comprising the following steps: a) implanting ions or gaseous species into the source substrate so as to form therein a zone (16) called cleavage zone, delimiting said thin layer (18) in the source substrate; b) transferring the substrate source onto the target support and making the thin layer integral with the target source; c) separating the thin layer (18) from the source substrate (10) along the cleavage zone. The invention is characterised in that the method comprises, prior to step b): a process for excess fragilization of the cleavage zone (16) produced by a heat treatment and/or by exerting mechanical stresses on the source substrate.

(57) Abrégé: Procédé de transfert d'une couche mince (18) d'un substrat source (10) vers un support cible (30) comportant les étapes suivantes: a) une implantation d'ions ou d'espèces gazeuses dans le substrat source de façon à y former une zone (16), dite de clivage, qui délimite ladite couche mince (18) dans le substrat source, b) le report du substrat source sur le support cible et la solidarisation de la couche mince avec le support cible, c) la séparation de la couche mince (18) d'avec le substrat source (10) selon la zone de clivage, conformément à l'invention le procédé comporte préalablement à l'étape b): une surfragilisation de la zone de clivage (16) provoquée par un traitement thermique et/ou par l'exercice d'efforts mécaniques sur le substrat source.

WO 01/11667 A1



Publiée:

— Avec rapport de recherche internationale.

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

**PROCEDE DE TRANSFERT D'UNE COUCHE MINCE COMPORTANT UNE
ETAPE DE SURFRAGILISATION**

Domaine technique

La présente invention concerne un procédé de
5 transfert d'une couche mince d'un substrat, dit
substrat source, vers un support appelé support cible.

L'invention trouve des applications en
particulier dans les domaines de la micro-électronique,
de la micro-mécanique, de l'optique intégrée et de
10 l'électronique intégrée.

Elle permet, par exemple de réaliser des
structures dans lesquelles la couche mince, qui est en
un matériau sélectionné pour ses propriétés physiques,
est reportée sur un support afin de former un
15 empilement à plusieurs couches. Ainsi, on peut combiner
les avantages des matériaux de la couche mince et du
support. Le report d'une couche permet notamment
d'associer dans une même structure des parties qui
présentent a priori des incompatibilités telles qu'une
20 différence importante de coefficients de dilatation
thermique.

Etat de la technique antérieure

Le texte qui suit se réfère à un certain nombre
25 de documents dont les références complètes sont
précisées à la fin de la description.

Parmi les procédés généralement mis en oeuvre
pour la formation de couches minces, on peut citer en
particulier un procédé de clivage, bien connu sous la
30 dénomination "Smart-cut", et illustré par le document
(1).

Le procédé "Smart-cut" est basé essentiellement sur l'implantation d'hydrogène ou d'un autre gaz sous forme neutre ou ionique dans un substrat de façon à y former une zone de clivage fragilisée.

5 Dans le cas d'un substrat plan, la zone de clivage s'étend, de façon sensiblement parallèle à sa surface et est située dans le substrat à une profondeur fixée par l'énergie d'implantation. La zone de clivage délimite ainsi dans le substrat une couche
10 superficielle mince qui s'étend en épaisseur depuis la zone de clivage jusqu'à la surface du substrat.

Une deuxième étape comprend la mise en adhérence du substrat source avec un support cible de telle façon que la couche mince soit solidaire du
15 support cible. La fixation de la couche mince sur le support cible peut avoir lieu au moyen d'une colle et/ou par l'intermédiaire d'une couche de liaison. Elle peut avoir lieu également par adhérence moléculaire directe entre la surface du substrat et la surface du
20 support cible.

Dans ce dernier cas, il est cependant nécessaire que les faces que l'on souhaite faire adhérer présentent certaines propriétés comme une bonne planéité et une faible rugosité.

25 Une dernière étape du procédé consiste à fracturer le substrat selon la zone de clivage pour en séparer la couche mince. Celle-ci reste alors solidaire du support cible.

Dans le cas du procédé décrit par le document
30 (1), la fracture (ou clivage) du substrat est provoquée

par apport d'énergie sous forme d'un traitement thermique.

Les conditions d'implantation définissent la zone de clivage et conditionnent la séparation de la
5 couche mince d'avec le substrat.

Or, on a observé qu'une trop grande fragilisation de la zone de clivage après l'implantation, bien que favorable pour la séparation, provoque des déformations de la surface de la couche
10 mince. Les déformations se présentent sous la forme de cloques et constituent un obstacle pour la fixation de la couche mince sur le support cible.

Cette trop grande fragilisation, peut être liée à une implantation ionique à forte dose ou à une
15 implantation ionique à plus faible dose associée à un recuit. La trop grande fragilisation peut donc induire l'apparition de cloques en surface d'autant plus facilement que la zone fragilisée est proche de la surface.

20 Dans certaines applications on souhaite obtenir des films minces autoportés, c'est-à-dire qui peuvent être séparée du substrat source sans être préalablement fixés sur un support.

Ces films minces peuvent alors être reportés
25 ultérieurement sur différents supports cibles et, en particulier, sur des supports avec lesquels le substrat source ne peut pas être mis en adhérence avant la séparation de la couche mince, par exemple, pour des raisons de compatibilité des coefficients de dilatation
30 thermique.

On peut à ce sujet se reporter au document (2) qui propose un procédé dérivé de celui du document (1).

Le document (2) propose un procédé permettant d'obtenir la séparation de son substrat d'origine, d'un
5 film mince qui est autoporté. Pour cela, il faut que les espèces gazeuses implantées se trouvent à une profondeur suffisante et/ou que l'on dépose, après l'étape d'implantation, une couche d'un matériau permettant de rigidifier la structure pour obtenir la
10 séparation au niveau de la zone implantée sans avoir de cloques.

L'illustration de la technique de formation d'une couche mince par clivage d'un substrat, peut être complétée par le document (3) qui suggère de compléter
15 le traitement thermique de fracture (clivage) du substrat par l'exercice de forces mécaniques de flexion, de traction et/ou de cisaillement.

Le document (4) qui décrit également un procédé basé sur le principe établi par le document (1), montre
20 que le budget thermique mis en oeuvre pour provoquer la fracture du substrat source dépend des budgets thermiques de tous les traitements thermiques imposés au substrat source depuis l'implantation jusqu'à la fracture.

25 On entend par budget thermique le couple durée de traitement thermique/température de traitement thermique.

Dans un certain nombre d'applications il est nécessaire d'assembler une couche mince d'un substrat
30 source avec un support cible qui présente un

coefficient de dilatation thermique différent de celui du substrat source.

Dans ces applications, il est généralement délicat de soumettre la structure obtenue après
5 assemblage du substrat source et du support cible, à un traitement thermique avec un budget thermique suffisant pour garantir la séparation de la couche mince d'avec le substrat source.

Une solution à ce problème consiste alors à
10 modifier les conditions d'implantation en effectuant un surdosage des espèces implantées. Un tel surdosage permet en effet de réduire le budget thermique de la fracture de séparation (clivage).

A titre d'exemple, lorsque le substrat source
15 est une plaque de silicium, une dose d'ions d'hydrogène implantés, de $1.10^{17}/\text{cm}^2$ au lieu de $6.10^{16}/\text{cm}^2$, permet pour une durée de traitement thermique de quelques heures d'en abaisser la température de 400°C à 280°C .

La solution consistant à surdoser
20 l'implantation n'est cependant pas toujours satisfaisante en raison de la différence de coefficient de dilatation thermique pouvant exister entre le substrat et le support. En effet, le budget thermique nécessaire à la séparation peut être tel qu'il provoque
25 le décollement du substrat et du support et/ou la cassure du substrat et/ou du support dans leur volume.

Une solution alternative pour éviter un décollement entre la couche mince et le support cible sous l'effet d'une dilatation différentielle, consiste
30 à amincir le substrat source avant l'étape de fracture (clivage).

Cette solution, suggérée par le document (5), présente toutefois l'inconvénient d'une opération supplémentaire d'aminçissement et celui d'une consommation de matière importante.

5 La mise en oeuvre de forces mécaniques pour séparer le substrat source de la couche mince, telle qu'évoquée ci-dessus en référence au document (3), permet également de réduire le budget thermique de fracture, notamment dans le cas où les matériaux en
10 contact présentent des coefficients de dilatation différents. L'exercice d'efforts mécaniques sur le substrat source et/ou le support cible n'est toutefois pas toujours possible, notamment lorsque les matériaux
15 mis en oeuvre sont fragiles, ou lorsque la zone de clivage n'est pas assez fragilisée par l'implantation ionique.

 Finalement, les techniques de séparation et de transfert de couche mince, décrites ci-dessus, impliquent un certain nombre de contraintes et de
20 compromis. Ces contraintes sont imposées en particulier par le type de matériaux utilisés pour constituer le substrat source, la couche mince et le support cible.

Exposé de l'invention

25 La présente invention a pour but de proposer un procédé de transfert d'une couche mince, ne présentant pas les difficultés et limitations des procédés indiquées ci-dessus.

 Un but est en particulier de proposer un tel
30 procédé qui mette en oeuvre un budget thermique réduit

voir nul pour obtenir une fracture de séparation de la couche mince.

Un autre but est de proposer un procédé adapté au transfert d'une couche mince sur un support cible, dans lequel les matériaux de la couche mince et du support cible présentent des coefficients de dilatation thermique différents.

Encore un autre but est de proposer un procédé de transfert dans lequel un excellent état de surface du substrat source (sans cloques) peut être préservé de façon à autoriser une bonne adhérence avec le support cible, avec ou sans apport de liant (colle), et en permettant d'avoir une zone de clivage très fragilisée.

Enfin, un but de l'invention est de proposer un procédé de transfert permettant d'obtenir, après transfert, une couche mince sur le support cible, qui présente une surface libre avec une faible rugosité.

Pour atteindre ces buts, l'invention a plus précisément pour objet un procédé de transfert d'une couche mince d'un substrat source vers un support cible comportant, dans l'ordre, les étapes suivantes :

- a) une implantation d'ions ou d'espèces gazeuses dans le substrat source de façon à y former une zone, dite de clivage, qui délimite ladite couche mince dans le substrat source,
- b) le report du substrat source sur le support cible et la solidarisation de la couche mince avec le support cible,
- c) la séparation de la couche mince d'avec le substrat source selon la zone de clivage.

Conformément à l'invention, le procédé comporte préalablement à l'étape b),

- une formation d'une épaisseur de film de matériau entre la zone de clivage et la surface du substrat, telle que cette épaisseur soit supérieure,
5 égale ou voisine d'une épaisseur limite pour laquelle le film est autoporté, et

- une surfragilisation de la zone de clivage provoquée par un traitement thermique et/ou par
10 l'exercice d'efforts mécaniques sur le substrat source.

Selon un premier mode de réalisation de l'invention, l'étape de formation d'une épaisseur de film consiste à réaliser l'étape a) d'implantation de façon à obtenir la zone de clivage à ladite épaisseur,
15 le film étant alors constitué par la couche mince.

Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, l'étape de formation d'une épaisseur de film consiste à réaliser une étape de formation d'une couche dite d'épaississeur sur la couche mince, la
20 couche mince et la couche d'épaississeur formant alors le film.

L'épaisseur limite du film est l'épaisseur permettant de rigidifier la structure pour obtenir la séparation du film au niveau de la zone de clivage sans
25 apparition en surface de cloques. C'est cette épaisseur limite qui permet d'obtenir des films autoportés. Cette épaisseur dépend en particulier des propriétés mécaniques des matériaux, mais aussi des conditions de séparation de l'étape c) telle que par exemple la
30 montée en température du traitement thermique.

Selon un mode avantageux, l'invention comporte également la réalisation, avant l'étape b), de tout ou partie de composants micro-électriques et/ou micro-mécaniques et/ou optoélectroniques.

5 La séparation de la couche mince d'avec le substrat source, opérée à l'étape c), peut avoir lieu sous l'effet d'un traitement thermique, sous l'effet d'efforts mécaniques ou sous l'effet de ces actions combinées.

10 Or, grâce à l'étape de surfragilisation, le budget thermique et/ou les efforts mécaniques mis en oeuvre lors de l'étape c) pour la fracture de séparation peuvent être particulièrement réduits. Ceci a pour avantage de ne pas provoquer de rupture
15 d'adhérence entre le film mince et le support cible, même en cas d'une différence des coefficients de dilatation thermique des matériaux mis en contact.

Un autre avantage de l'invention est de supprimer ou réduire les efforts mécaniques exercés sur
20 les parties en contact et éviter ainsi de les détériorer. On facilite ainsi la séparation.

Il convient de noter que l'étape de surfragilisation n'est pas limitée par des effets de contraintes de dilatation différentielle dans la mesure
25 où cette étape est effectuée avant le report du substrat source sur le support cible (étape b).

Selon un aspect avantageux, la surfragilisation comporte un traitement thermique mis en oeuvre avec un budget thermique supérieur ou égal à 50%, et de
30 préférence supérieur à 60%, d'un budget thermique global permettant la séparation.

Le budget thermique global considéré ici prend en compte non seulement les traitements thermiques opérés dans le strict cadre du procédé de l'invention, mais comprend également d'éventuels traitements
5 thermiques mis en oeuvre, par exemple, pour la réalisation de composants ou pour le dépôt de matériaux sur la couche mince entre les étapes a) et b).

Comme évoqué précédemment, les étapes c) et l'étape de surfragilisation peuvent comporter un
10 exercice d'efforts mécaniques.

Ces efforts mécaniques comprennent, par exemple, l'application de forces sous la forme d'une pression mécanique et/ou d'une tension mécanique et/ou des forces sous la forme d'une pression de gaz.

15 Le traitement thermique de séparation peut aussi être choisi suffisant pour provoquer lors de l'étape c) une séparation de la couche mince, par simple écartement du substrat source et du support cible ou une séparation totale uniquement par ce
20 traitement thermique.

L'étape d'implantation a) permet de former dans le substrat source des cavités situées dans la zone de clivage.

Les cavités (ou micro-cavités ou platelets ou
25 microbulles) peuvent se présenter sous différentes formes. Elles peuvent être sphériques et/ou aplaties avec une épaisseur de seulement quelques distances inter-atomiques. Par ailleurs, les cavités peuvent contenir une phase gazeuse libre et/ou des atomes de
30 gaz issus des ions implantés, fixés sur les atomes du

matériau formant les parois des cavités ou ne contenir que peu de gaz ou même pas de gaz.

Les traitements thermiques subis par le support source, et en particulier un traitement thermique de
5 surfragilisation du procédé, conduisent à la coalescence de tout ou partie des cavités. La coalescence provoque ainsi la surfragilisation du substrat dans la zone de clivage.

Ce phénomène permet en outre d'obtenir, après
10 le report et la fracture de séparation, une surface libre de la couche mince avec une faible rugosité.

La couche d'épaisseur, par exemple en Si, SiO₂, Si₃N₄ ou encore SiC, recouvre la couche mince en tout ou partie. L'épaisseur de la couche d'épaisseur
15 pour obtenir une épaisseur de film est choisie par exemple dans une gamme allant de 3 à 10 µm pour un épaisseur SiO₂.

Il convient de préciser qu'une couche utilisée comme couche d'épaisseur peut être une couche qui
20 sert également en tout ou partie à la réalisation de composants électroniques, optoélectroniques, ou mécaniques à la surface de la couche mince.

L'invention concerne également un procédé de transfert d'une couche mince d'un substrat source
25 comportant les étapes suivantes :

- a) une implantation d'ions ou d'espèces gazeuses dans le substrat source de façon à y former une zone, dite de clivage, qui délimite ladite couche mince dans le substrat source,
- 30 b) la séparation de la couche mince d'avec le substrat source selon la zone de clivage,

conformément à l'invention, le procédé comporte en outre, préalablement à l'étape b) :

- une formation d'une épaisseur de film de matériau entre la zone de clivage et la surface du substrat telle que cette épaisseur soit supérieure, 5 égale ou voisine d'une épaisseur limite pour que le film soit autoporté, et
- une surfragilisation de la zone de clivage provoquée par un traitement thermique et/ou par l'exercice d'efforts mécaniques sur le substrat source. 10

L'invention permet d'obtenir des surfragilisations très importantes, pouvant aller jusqu'à 80 à 90% de la séparation complète grâce à la présence d'un épaisseur. Cet épaisseur est déposé 15 en surface avec pour objectif d'augmenter la surfragilisation.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins annexés. 20 Cette description est donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

Brève description des figures

- La figure 1 est une coupe schématique d'un 25 substrat source et illustre une opération d'implantation d'ions.

- La figure 2 est une coupe schématique du substrat source de la figure 1 et illustre la formation d'une couche d'épaisseur.

- La figure 3 est une coupe schématique du substrat source de la figure 2 et illustre une étape de fragilisation.

5 - La figure 4 est une coupe schématique d'une structure formée du substrat source de la figure 3, reporté sur un support cible.

- La figure 5 est une coupe schématique de la structure de la figure 4 après fracture de séparation du substrat source.

10

Description détaillée d'un mode de mise en oeuvre de l'invention

La description qui suit se rapporte à un transfert d'une couche mince de silicium sur un support
15 cible de silice fondue (appelée abusivement quartz).

L'invention peut cependant être mise en oeuvre pour d'autres matériaux solides, qu'ils soient cristallins ou non. Ces matériaux peuvent être diélectriques, conducteurs, semi-isolants ou semi-
20 conducteurs.

De même, le support cible peut être un support final ou intermédiaire, tel qu'une poignée, un substrat massif ou un substrat multicouche.

Le procédé peut en particulier être mis à
25 profit pour le report de couches de matériaux non semi-conducteurs, ferroélectriques, piézo-électriques comme par exemple LiNbO_3 ou de semi-conducteurs III-V tel que AsGa, InP sur du silicium ou du SiC.

La figure 1 montre un substrat initial 10 en
30 silicium. Celui-ci subit une implantation d'ions

hydrogène indiquée avec des flèches 12. Cette implantation correspond à l'étape a₁) du procédé.

L'implantation, effectuée par exemple avec une dose de $6.10^{16}/\text{cm}^2$ et une énergie de 70 keV, permet de
5 former des microcavités 14 dans le substrat 10 à une profondeur de l'ordre de 7000 Å.

Cette profondeur correspond également à l'épaisseur d'une couche mince 18. Celle-ci est délimitée à la surface du substrat par une zone 16,
10 dite de clivage, comprenant les microcavités 14.

Antérieurement ou de préférence postérieurement à cette implantation, la couche mince superficielle 18 peut être soumise à d'autres traitements, connus en soi, pour la formation dans cette couche de composants
15 électroniques, optiques, ou mécaniques. Ces composants ne sont pas représentés sur la figure pour des raisons de clarté. Dans ce cas, on tient compte de ces étapes pour la surfragilisation.

De même, pour une meilleure lisibilité des
20 figures, les différentes couches ou caractéristiques représentées, ne le sont pas selon une échelle uniforme. En particulier, les couches très minces sont représentées avec une épaisseur exagérée.

La figure 2 qui correspond à l'étape
25 d'utilisation d'un épaisseur du procédé, montre le dépôt d'une couche d'oxyde de silicium 20 d'une épaisseur de l'ordre de, ou supérieure à 5 μm , sur la couche mince 18. La couche d'oxyde de silicium est par exemple déposée par un procédé de dépôt chimique en
30 phase gazeuse assisté par plasma à une température de 300°C. Les budgets thermiques sont choisis de telle

façon qu'ils évitent l'apparition de cloques pendant l'étape de réalisation de l'épaisseur.

La couche d'oxyde de silicium 20 a un rôle d'épaississeur de la couche mince 18. En d'autres
5 termes, elle a pour fonction de prévenir une déformation de la couche mince sous l'effet de traitements thermiques ultérieurs.

La figure 3 correspond à l'étape de surfragilisation du procédé. Lors de cette étape, le
10 substrat subit des traitements visant à fragiliser davantage encore la zone de clivage 16.

Dans l'exemple illustré, on procède à un traitement thermique effectué à une température de l'ordre de 450°C pendant une durée de l'ordre de 12
15 minutes.

Ce budget thermique est de préférence supérieur à 60% du budget thermique nécessaire pour obtenir une séparation uniquement par recuit. Une telle surfragilisation est possible avec une épaisseur
20 suffisante de film.

On observe que le traitement thermique provoque une coalescence partielle des microcavités 14 de la zone de clivage 16.

Lors de cette opération, la couche de
25 d'épaisseur 20 qui recouvre la couche mince 18, prévient sa déformation et en particulier prévient la formation de cloques.

En l'absence de cette couche, des cloques seraient susceptibles d'apparaître avec un traitement
30 thermique à 450°C après une durée de l'ordre de 2 minutes ce qui correspond uniquement à un traitement

thermique de 10% du traitement thermique nécessaire à la séparation.

Le traitement thermique peut être suivi par une étape de polissage de la face libre de la couche d'épaisseur 20 juste pour améliorer la rugosité de surface de façon à la préparer pour un collage moléculaire.

La figure 4 montre le report du substrat source 10 sur un support cible 30 qui, en l'occurrence, est une plaque de quartz.

Le report est effectué de façon à mettre en contact une face plane du support cible avec la face plane libre de la couche d'épaisseur 20.

Des forces d'adhérence moléculaire s'exerçant au niveau des faces mises en contact assurent la solidarisation (fixation) entre le substrat source et le support cible.

Lorsqu'une telle adhérence moléculaire n'est pas possible pour des raisons de nature des matériaux ou de qualité des surfaces, le report peut avoir lieu par l'intermédiaire d'un liant ou d'une colle.

Les forces d'adhérence moléculaire peuvent être renforcées par exemple par un traitement thermique et/ou par des préparations de surface. Dans l'exemple illustré, et en raison des fortes différences de coefficients de dilatation thermique entre le silicium et le quartz, le traitement thermique est effectué à une température relativement basse, de l'ordre de 200°C pendant une durée de 20 heures.

Ce traitement thermique peut contribuer à induire des contraintes telles que la fracture du substrat peut être obtenue selon cette zone.

La figure 5 illustre l'étape c) du procédé qui correspond à une fracture du substrat source. La fracture a lieu selon la zone de clivage et sépare la couche mince 18 de la partie restante du substrat 10. Cette dernière partie peut alors être réutilisée par exemple pour un nouveau transfert de couche mince.

La couche mince 18 reste solidaire du support 30 par l'intermédiaire de la couche d'épaisseur 20.

Dans un autre exemple, non représenté, où l'épaisseur de la couche mince est assez importante pour éviter des déformations, la couche d'épaisseur peut être omise. La couche mince est alors directement en contact avec le support cible.

A titre d'exemple, on peut citer l'utilisation d'un substrat en SiC, qui est implanté à environ 200 KeV de façon à obtenir un film sans épaisseur, d'environ 1,5 μm . Dans cet exemple, la surfragilisation peut être obtenue sans épaisseur.

La fracture du substrat source peut être provoquée par l'exercice d'une force mécanique et/ou par un traitement thermique.

Dans l'exemple illustré, une lame de rasoir (non représentée) peut être insérée à la main au niveau de la zone fragilisée.

L'invention s'applique particulièrement bien à la réalisation d'une couche mince de silicium sur de la silice fondue dont l'intérêt principal est d'avoir un

support transparent avec une couche de semi-conducteur pouvant comporter des composants.

DOCUMENTS CITES

5

(1) FR-A-2 681 472 (US-A-5 374 564)

(2) FR-A2 738 671 (US-A-5 714 395)

10 (3) FR-A-2 748 851

(4) FR-A-2 767 416

(5) FR-A-2 755 537

15

REVENDICATIONS

1. Procédé de transfert d'une couche mince (18) d'un substrat source (10) vers un support cible (30) comportant les étapes suivantes :

- 5 a) une implantation d'ions ou d'espèces gazeuses dans le substrat source de façon à y former une zone (16), dite de clivage, qui délimite ladite couche mince (18) dans le substrat source,
- b) le report du substrat source sur le support cible et
10 la solidarisation de la couche mince avec le support cible,
- c) la séparation de la couche mince (18) d'avec le substrat source (10) selon la zone de clivage, caractérisé en ce qu'il comporte préalablement à
15 l'étape b) :

- la formation d'une épaisseur de film de matériau entre la zone de clivage et la surface du substrat telle que cette épaisseur soit supérieure, égale ou voisine d'une épaisseur limite pour que le film soit
20 autoporté, et
- une surfragilisation de la zone de clivage (16) provoquée par un traitement thermique et/ou par l'exercice d'efforts mécaniques sur le substrat source.

25 2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel la séparation de la couche mince (18) d'avec le substrat source (10) est provoquée par un traitement thermique et/ou par l'exercice de forces mécaniques.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans
30 lequel la surfragilisation comporte un traitement

thermique mis en oeuvre avec un budget thermique permettant la séparation.

4. Procédé selon la revendication 2, dans lequel le traitement thermique de séparation est choisi
5 suffisant pour provoquer, lors de l'étape c), une séparation de la couche mince (18), par simple écartement du substrat source et du support cible ou une séparation totale uniquement par ce traitement thermique.

10 5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape c) et l'étape de surfragilisation comportent l'exercice de forces sous la forme d'une pression mécanique et/ou une tension mécanique et/ou des forces sous la forme d'une pression de gaz.

15 6. Procédé de transfert d'une couche mince (18) d'un substrat source (10) comportant les étapes suivantes :

a) une implantation d'ions ou d'espèces gazeuses dans le substrat source de façon à y former une zone
20 (16), dite de clivage, qui délimite ladite couche mince (18) dans le substrat source,

b) la séparation de la couche mince (18) d'avec le substrat source (10) selon la zone de clivage, caractérisé en ce qu'il comporte préalablement à
25 l'étape b) :

- une formation d'une épaisseur de film de matériau entre la zone de clivage et la surface du substrat telle que cette épaisseur soit supérieure, égale ou voisine d'une épaisseur limite pour que le film soit
30 autoporté, et

- une surfragilisation de la zone de clivage (16) provoquée par un traitement thermique et/ou par l'exercice d'efforts mécaniques sur le substrat source.

5 7. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étape de formation d'une épaisseur de film consiste à réaliser l'étape a) d'implantation de façon à obtenir la zone de clivage à ladite épaisseur, le film étant alors constitué par la
10 couche mince.

8. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape de formation d'une épaisseur de film comprend la réalisation d'une couche dite d'épaisseur (20) sur la couche mince, la couche
15 mince et la couche d'épaisseur formant alors le film.

9. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre la réalisation, avant l'étape b), de tout ou partie de composants micro-électroniques et/ou micro-
20 mécaniques et/ou opto-électroniques.

1/2

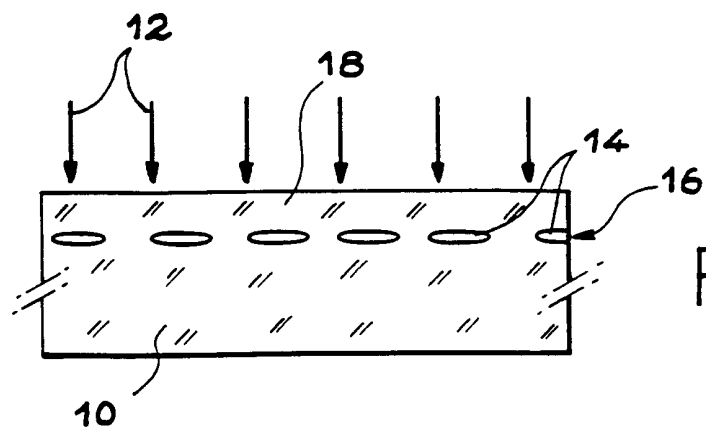


FIG. 1

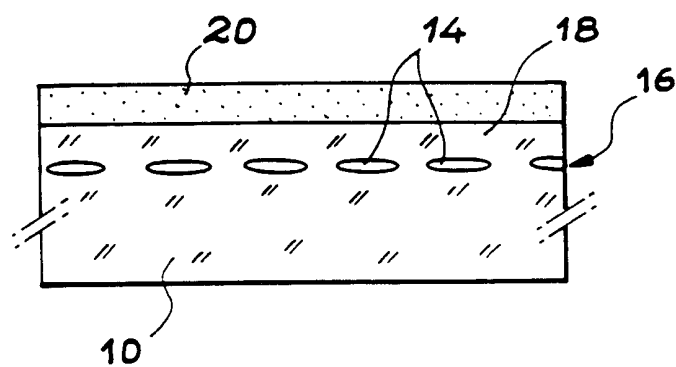


FIG. 2

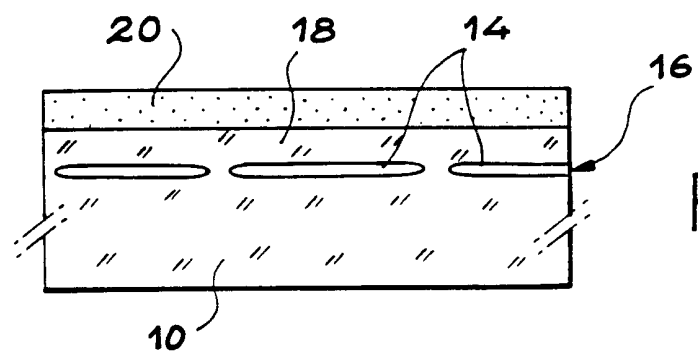


FIG. 3

2/2

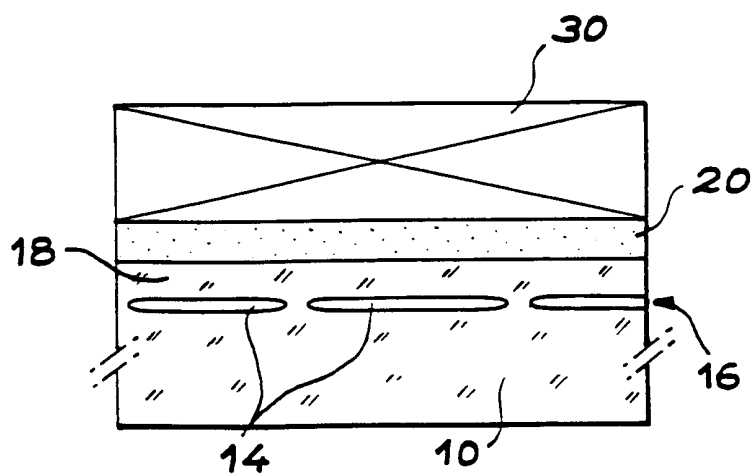


FIG. 4

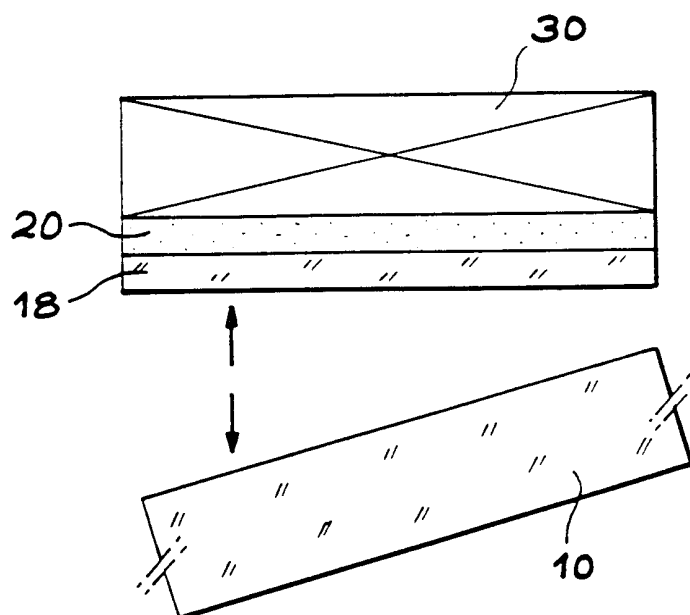


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/02239

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H01L21/20 H01L21/762

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 877 070 A (TONG Q-Y ET AL) 2 March 1999 (1999-03-02) abstract; claims ---	1-4, 6, 7
X	EP 0 807 970 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 November 1997 (1997-11-19) abstract; claims; figures column 6, line 17 -column 7, line 26 ---	1-4, 6, 7, 9
X	WO 98 52216 A (HENLEY FRANCOIS J ;CHEUNG NATHAN W (US); SILICON GENESIS CORP (US)) 19 November 1998 (1998-11-19) abstract; claims; figures ---	1, 2, 4-6, 8, 9
A	EP 0 763 849 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 March 1997 (1997-03-19) abstract; claims; figures --- -/-	1, 2, 4, 6-8

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 October 2000

Date of mailing of the international search report

02/11/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wirner, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR 00/02239

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 909 627 A (EGLOFF RICHARD) 1 June 1999 (1999-06-01) abstract; claims; figures -----	1,6
A	EN W G ET AL: "THE GENESIS PROCESSTM: A NEW SOI WAFER FABRICATION METHOD" ANNUAL IEEE INTERNATIONAL SILICON-ON-INSULATOR CONFERENCE,US,NEW YORK, NY: IEEE, vol. CONF. 24, 1998, pages 163-164, XP000830696 ISBN: 0-7803-4501-0 abstract; figure 1 -----	1,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/02239

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5877070	A	02-03-1999	NONE	
EP 0807970	A	19-11-1997	FR 2748851 A	21-11-1997
			JP 10050628 A	20-02-1998
			SG 52966 A	28-09-1998
			US 6020252 A	01-02-2000
WO 9852216	A	19-11-1998	US 5994207 A	30-11-1999
			AU 7685198 A	08-12-1998
			CN 1255237 T	31-05-2000
			EP 0995227 A	26-04-2000
			US 6013567 A	11-01-2000
			US 6033974 A	07-03-2000
			US 6048411 A	11-04-2000
			US 5985742 A	16-11-1999
			US 6013563 A	11-01-2000
			US 6010579 A	04-01-2000
EP 0763849	A	19-03-1997	FR 2738671 A	14-03-1997
			JP 9181011 A	11-07-1997
			US 5714395 A	03-02-1998
US 5909627	A	01-06-1999	EP 1025580 A	09-08-2000
			WO 9960605 A	25-11-1999

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dema internationale No
PCT/FR 00/02239

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01L21/20 H01L21/762

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01L

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 5 877 070 A (TONG Q-Y ET AL) 2 mars 1999 (1999-03-02) abrégé; revendications ---	1-4, 6, 7
X	EP 0 807 970 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 novembre 1997 (1997-11-19) abrégé; revendications; figures colonne 6, ligne 17 -colonne 7, ligne 26 ---	1-4, 6, 7, 9
X	WO 98 52216 A (HENLEY FRANCOIS J ;CHEUNG NATHAN W (US); SILICON GENESIS CORP (US)) 19 novembre 1998 (1998-11-19) abrégé; revendications; figures ---	1, 2, 4-6, 8, 9
A	EP 0 763 849 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE) 19 mars 1997 (1997-03-19) abrégé; revendications; figures ---	1, 2, 4, 6-8
	-/---	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

23 octobre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

02/11/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Wirner, C

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 00/02239

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 5 909 627 A (EGLOFF RICHARD) 1 juin 1999 (1999-06-01) abrégé; revendications; figures -----	1,6
A	EN W G ET AL: "THE GENESIS PROCESSTM: A NEW SOI WAFER FABRICATION METHOD" ANNUAL IEEE INTERNATIONAL SILICON-ON-INSULATOR CONFERENCE, US, NEW YORK, NY: IEEE, vol. CONF. 24, 1998, pages 163-164, XP000830696 ISBN: 0-7803-4501-0 abrégé; figure 1 -----	1,6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 00/02239

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5877070	A	02-03-1999	AUCUN	
EP 0807970	A	19-11-1997	FR 2748851 A	21-11-1997
			JP 10050628 A	20-02-1998
			SG 52966 A	28-09-1998
			US 6020252 A	01-02-2000
WO 9852216	A	19-11-1998	US 5994207 A	30-11-1999
			AU 7685198 A	08-12-1998
			CN 1255237 T	31-05-2000
			EP 0995227 A	26-04-2000
			US 6013567 A	11-01-2000
			US 6033974 A	07-03-2000
			US 6048411 A	11-04-2000
			US 5985742 A	16-11-1999
			US 6013563 A	11-01-2000
			US 6010579 A	04-01-2000
EP 0763849	A	19-03-1997	FR 2738671 A	14-03-1997
			JP 9181011 A	11-07-1997
			US 5714395 A	03-02-1998
US 5909627	A	01-06-1999	EP 1025580 A	09-08-2000
			WO 9960605 A	25-11-1999