

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 13.12.11.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.06.13 Bulletin 13/24.

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

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : SOITEC — FR.

⑦② Inventeur(s) : LANDRU DIDIER, DAVID CAROLE et
RADU IONUT.

⑦③ Titulaire(s) : SOITEC.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET REGIMBEAU.

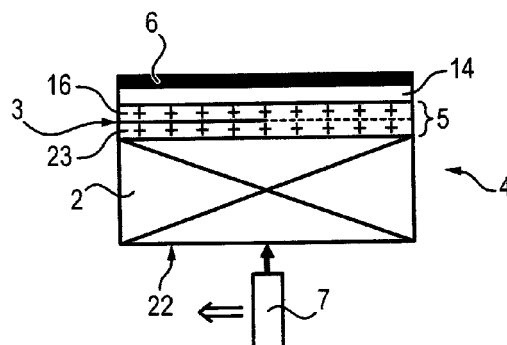
⑤④ PROCÉDE DE STABILISATION D'UNE INTERFACE DE COLLAGE SITUÉE AU SEIN D'UNE STRUCTURE
COMPRENANT UNE COUCHE D'OXYDE ENTERRÉE ET STRUCTURE OBTENUE.

⑤⑦ L'invention concerne un procédé de stabilisation d'une
interface de collage (3) par adhésion moléculaire située au
sein d'une structure (4), qui comprend une couche d'oxyde
(5, 16, 23) inférieure ou égale à 100 nm, enterrée entre une
couche active (14) et un substrat receveur (2).

Ce procédé est remarquable en ce qu'il comprend les
étapes consistant à :

- former sur et/ou dans ladite couche active (14), une
couche (6) de conversion d'énergie,
- irradier cette structure (4) avec un laser (7) fournissant
un flux d'énergie lumineuse absorbé par la couche de
conversion d'énergie (6) et transformé en chaleur qui diffuse
vers l'interface de collage (3), de manière à stabiliser ladite
interface de collage,

ladite couche active (14) étant transparent aux lon-
gueurs d'ondes dudit flux, conduisant la chaleur et ayant
une épaisseur inférieure à 1 µm.



DOMAINE DE L'INVENTION

L'invention se situe dans le domaine de la fabrication de structures pour des applications dans le domaine de l'électronique, l'optique et/ou
5 l'optronique.

La présente invention concerne plus précisément un procédé de stabilisation d'une interface de collage, située au sein d'une telle structure, qui comprend une couche d'oxyde enterrée entre une couche active et un substrat receveur, cette couche d'oxyde enterrée ayant une épaisseur inférieure ou égale
10 à 100 nm, ladite interface de collage ayant été obtenue par adhésion moléculaire.

L'invention concerne également ces structures.

ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

15

La réalisation des structures multicouches précitées nécessite généralement la mise en œuvre de procédés de collage et de transfert de couche(s) entre différentes plaques ou substrats.

Parmi les différents procédés de collage, l'un d'entre eux, dit de
20 "collage moléculaire", consiste à mettre directement en contact intime les surfaces à coller, sans qu'aucune matière additionnelle ne soit placée entre ces surfaces. Dans un tel cas, on dit que le collage se fait par "adhésion moléculaire" entre les deux surfaces.

Ce procédé permet notamment de réaliser, de manière
25 avantageuse, des structures connues sous l'acronyme anglo-saxon de "SeOI" (qui signifie "*Semiconductor On Insulator*" pour "semi-conducteur sur isolant"), dans lesquelles une couche isolante, généralement un oxyde, est intercalée entre une couche mince de matériau semi-conducteur et un substrat receveur ou des structures similaires, connues sous l'acronyme "SOI", dans lesquelles la couche
30 mince est en silicium.

Il permet également de réaliser des structures connues sous l'acronyme de "SOI UTBOX" (qui signifie "*Silicon On Insulator Ultra Thin Buried Oxide*" pour "silicium sur isolant avec un oxyde enterré ultramince"), dans

lesquelles une couche d'oxyde d'une épaisseur inférieure ou égale à 50 nm (50 nanomètres), voire même inférieure ou égale à 20 nm et supérieure à 1 nm est enterrée entre une couche de silicium et un substrat receveur.

De telles structures SeOI, SOI ou SOI UTBOX peuvent par exemple
5 être fabriquées en collant une couche de matériau semi-conducteur (par exemple du silicium) d'un substrat donneur, sur un substrat receveur recouvert d'une couche d'oxyde et en la transférant sur cette couche d'oxyde par détachement depuis ledit substrat donneur. La structure obtenue présente une interface de collage entre une couche d'oxyde et une couche de matériau semi-
10 conducteur.

Toutefois, afin de prévenir l'apparition de cloques d'hydrogène lors du recuit de détachement, notamment dans le cas des SOI UTBOX, ces structures sont avantageusement fabriquées par collage d'un substrat donneur recouvert d'une couche d'oxyde sur un substrat receveur également recouvert d'une couche
15 d'oxyde. Une fois collées, les deux couches d'oxyde n'en forment plus qu'une.

Cependant, après les traitements de finition effectués sur la structure SOI UTBOX ainsi obtenue, on a observé une stabilisation (ou renforcement) de l'interface de collage oxyde/oxyde incomplète, probablement due au piégeage d'eau au niveau de cette interface.

20 Cette stabilisation incomplète est susceptible de perturber les performances des dispositifs ou des composants électroniques qui seront fabriqués à partir de ces structures et qui incluront ladite couche d'oxyde enterrée ultramince.

Or, pour certaines applications, la couche d'oxyde enterrée (BOX)
25 joue un rôle électrique important (par exemple dans des architectures du type "plan de masse" ou "grille arrière", connues respectivement sous la terminologie anglaise de "*ground plane*" ou "*back gate*").

Tout défaut susceptible d'altérer les propriétés électriques du BOX, et notamment la densité de charge à l'interface, connue de l'homme du
30 métier sous l'abréviation de "Dit" et la charge de l'oxyde, connue sous l'abréviation de "Qbox", ou de compromettre son homogénéité peut alors s'avérer très pénalisant.

Afin d'assurer des performances électriques satisfaisantes et reproductibles, il est nécessaire de parfaire la stabilisation de l'interface de
35 collage, que celle-ci soit formée entre deux couches d'oxyde ou entre une couche d'oxyde et une couche de silicium.

La stabilisation est un phénomène microscopique qui reflète l'établissement de liaisons atomiques (liaisons covalentes) entre les deux couches collées, et cela de manière homogène sur l'ensemble de l'interface de collage.

Les traitements connus de l'art antérieur pour les substrats SOI
5 consistent à appliquer un recuit de stabilisation réalisé à une température supérieure à 1100°C, pendant plusieurs heures.

Un tel recuit vient rallonger et compliquer le procédé de fabrication et augmente son coût. En outre, un tel recuit est susceptible de dégrader la qualité de la couche mince du substrat. En effet, au-delà de 1000°C,
10 des défauts connus sous la terminologie anglaise de "*slip lines*" (qui signifie lignes de glissement) peuvent être engendrés du fait de l'apparition de zones de contrainte localisées au niveau des points de contact entre le substrat et le dispositif destiné à le soutenir dans le four.

L'invention a donc pour but de fournir un procédé de stabilisation
15 d'une interface de collage par adhésion moléculaire, qui ne présente pas les inconvénients précités de l'état de la technique.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de stabilisation d'une interface de collage, située au sein d'une structure pour des applications dans les domaines de l'électronique, l'optique et/ou l'optronique et qui comprend une
20 couche d'oxyde enterrée entre une couche active et un substrat receveur, cette couche d'oxyde enterrée ayant une épaisseur inférieure ou égale à 100 nm, ladite interface de collage ayant été obtenue par adhésion moléculaire.

Conformément à l'invention, ce procédé comprend les étapes consistant à :

- 25
- former sur et/ou dans ladite couche active, une couche dite "de conversion d'énergie",
 - irradier cette structure avec un flux d'énergie lumineuse fourni par un laser, de manière à ce que ce flux dirigé vers la structure soit absorbé par ladite couche de conversion d'énergie et transformé en chaleur au niveau de
30 cette couche, et à ce que cette chaleur diffuse dans ladite structure vers l'interface de collage, de manière à stabiliser ainsi ladite interface de collage, le matériau constituant ladite couche active étant transparent dans la gamme de longueurs d'ondes dudit flux d'énergie lumineuse, conduisant la chaleur et ayant une épaisseur inférieure à 1 µm.

35 Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, prises seules ou en combinaison :

- la fluence du laser et le matériau constituant ladite couche de conversion d'énergie sont choisis de manière à amener ladite couche d'oxyde enterrée à une température supérieure à 1200°C ;

- le matériau constituant ladite couche de conversion d'énergie a une conductivité thermique inférieure à 20 W/m.K ;

- ladite interface de collage s'étend soit entre deux couches d'oxyde qui, prises ensemble, constituent ladite couche d'oxyde enterrée, soit entre ladite couche d'oxyde enterrée et la couche active ;

- l'irradiation de la structure est réalisée en exposant la surface libre du substrat receveur, dite "face arrière", audit flux d'énergie lumineuse, le matériau constituant ce substrat receveur étant transparent dans la gamme de longueurs d'ondes dudit flux d'énergie lumineuse ;

- le substrat receveur est en silicium ;

- le substrat receveur est réalisé en un matériau choisi parmi le saphir, l'oxyde d'aluminium (Al₂O₃), le nitrure d'aluminium (AlN), le carbure de silicium (SiC) et le quartz ;

- le laser est un laser infrarouge dont la longueur d'onde est supérieure à 9 μm, ;

- le laser est un laser CO₂ à impulsions ;

- ladite couche d'oxyde enterrée a une épaisseur inférieure à 50 nm, de préférence comprise entre 1 nm et 50 nm ;

- le matériau constituant la couche active est un matériau semi-conducteur ;

- ledit matériau semi-conducteur est du silicium ;

- l'oxyde constituant la couche d'oxyde enterrée est choisi parmi l'oxyde de silicium (SiO₂), l'oxyde d'aluminium (Al₂O₃) et l'oxyde de hafnium (HfO₂) ;

- la couche de conversion d'énergie est réalisée dans un matériau choisi parmi l'oxyde de silicium (SiO₂) et le nitrure de silicium (Si₃N₄) ;

- la couche de conversion d'énergie est réalisée en oxyde de silicium (SiO₂) et le traitement de stabilisation est suivi d'une étape de retrait de cette couche de conversion d'énergie.

L'invention concerne également une structure de matériau sur isolant pour des applications dans les domaines de l'électronique, l'optique et/ou l'optronique et qui comprend une couche d'oxyde d'une épaisseur inférieure ou

égale à 100 nm, enterrée entre une couche active et un substrat receveur, cette structure comprenant une interface de collage par adhésion moléculaire.

Conformément à l'invention, cette interface de collage est stabilisée et :

- 5 • présente par observation au microscope électronique à balayage (MEB), après gravure à l'aide d'une solution de type Wright pendant 10 s environ, sur trois champs chacun d'une largeur de 3 μm , un nombre de défauts inférieur ou égal à un sur chacun de ces champs,
- possède une résistance à la gravure par l'acide fluorhydrique (HF) à 10 une concentration de 10% en volume, de 0.3 $\mu\text{m}/\text{min}$,
- présente une valeur de Dit inférieure à 2.10¹¹ cm⁻².eV⁻¹, et ladite couche d'oxyde enterrée présente une valeur de QBD supérieure à 10C/cm².

Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, prises seules ou en combinaison :

- 15 - ladite couche active est en matériau semi-conducteur ;
- ladite interface de collage s'étend soit entre deux couches d'oxyde qui, prises ensemble, constituent ladite couche d'oxyde enterrée, soit entre ladite couche d'oxyde enterrée et ladite couche active.
- ladite couche active est en silicium ;
- 20 - le substrat receveur est en silicium ;
- la structure est du type structure de silicium sur isolant à couche d'oxyde enterrée ultramince (SOI UTBOX) et ladite couche d'oxyde enterrée présente une épaisseur inférieure ou égale à 50 nm.

25 BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront de la description qui va maintenant en être faite, en référence aux dessins annexés, qui en représentent, à titre indicatif mais non limitatif, un mode de 30 réalisation possible.

Sur ces dessins :

- les figures 1 et 2 représentent, de façon schématique, les différentes étapes successives d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication d'une structure multicouches,
- 35 - les figures 3 et 4 représentent, de façon également schématique, les différentes étapes du procédé de stabilisation d'une interface de collage

conforme à l'invention, appliqué à ladite structure multicouches, dans laquelle l'interface de collage s'étend entre deux couches d'oxyde, et

- la figure 5 est un schéma, à une échelle agrandie, représentant ladite structure pendant l'application du procédé de stabilisation conforme à l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE D'UN MODE DE REALISATION

Un mode de réalisation possible d'une structure multicouches, à laquelle peut être appliquée le procédé de stabilisation conforme à l'invention, va maintenant être décrit en faisant référence aux figures 1 et 2.

Sur la figure 1, on peut voir un substrat donneur 1, qui présente une face avant 11 et une face arrière opposée 12.

Ce substrat donneur est réalisé dans un matériau de préférence semi-conducteur, par exemple en silicium, en germanium, en silicium/germanium (SiGe), ou en nitrure de gallium (GaN).

Il présente à proximité de sa face avant 11, une zone de fragilisation 13 qui délimite, avec la face avant 11, une couche active 14. Le reste du substrat porte la référence 15.

Cette zone de fragilisation 13 est de préférence formée par implantation d'espèces atomiques au travers du substrat 1, par exemple selon la technique connue de l'homme du métier sous le nom de marque de Smart Cut®.

Le substrat 1 peut être monocouche ou multicouches.

En outre, sa face avant 11 est recouverte d'une couche d'oxyde 16, par exemple d'oxyde de silicium (SiO_2), d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) ou d'oxyde d'hafnium (HfO_2). La couche 16 pourrait également être constituée d'un empilement de plusieurs couches de ces oxydes, de préférence déposées les unes sur les autres.

Sur la figure 1, on peut également voir un substrat receveur 2 qui présente une face avant 21 et une face arrière opposée 22.

La face avant 21 est recouverte d'une couche d'oxyde 23, par exemple d'oxyde de silicium (SiO_2), d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) ou d'oxyde d'hafnium (HfO_2). La couche 23 pourrait également être constituée d'un empilement de plusieurs couches de ces oxydes

On notera que le substrat receveur 2 peut être mono ou multicouche.

Le substrat donneur 1 et le substrat receveur 2 sont ensuite collés l'un contre l'autre, par adhésion moléculaire, de façon que leurs couches d'oxyde respectives 16 et 23 viennent au contact l'une de l'autre.

Les couches d'oxyde 16 et 23 peuvent être de même nature chimique (même oxyde) ou de nature différente et peuvent être de mêmes épaisseurs ou d'épaisseurs différentes.

L'interface de collage entre les deux substrats porte la référence 3.

On procède ensuite au détachement du reste 15 du substrat donneur 1, le long de la zone de fragilisation 13, de façon connue de l'homme du métier, par application de contraintes mécaniques et/ou chimiques et/ou thermiques.

On obtient alors une structure de matériau sur isolant, référencée 4, qui comprend successivement le substrat receveur 2, deux couches d'oxyde 23 et 16 et enfin la couche active 14, (voir figure 2) et même une structure 4 de semi-conducteur sur isolant (SeOI) lorsque la couche active 4 est en matériau semi-conducteur.

La couche active 14 est ainsi dénommée car c'est dans celle-ci ou sur celle-ci que seront fabriqués ultérieurement les composants électroniques, optiques ou optroniques.

Les deux couches d'oxyde superposées 16 et 23 forment ensemble une couche d'oxyde dite "enterrée" et qui porte la référence générale 5.

Cette structure 4 est ensuite soumise au procédé de stabilisation de l'interface de collage 3 conforme à l'invention, et dont la première étape est représentée sur la figure 3.

Celle-ci consiste à former sur et/ou dans la couche active 14 une couche 6, dite "de conversion d'énergie".

L'étape suivante du procédé, représentée sur la figure 4, consiste à irradier ladite structure 4, avec un flux d'énergie lumineuse, fourni par un laser 7, de façon à stabiliser l'interface de collage 3.

Le phénomène de stabilisation de l'interface de collage 3 va maintenant être expliqué en liaison avec la figure 5.

De préférence, le laser 7 est déplacé de façon à balayer la totalité de la surface libre du substrat receveur 2, c'est-à-dire sa face arrière 22. L'énergie lumineuse fournie par le laser traverse le substrat receveur 2, la couche d'oxyde enterrée 5, la couche active 14, et est absorbée par la couche de

conversion d'énergie 6 (le trajet est matérialisé par la flèche i). Le laser traverse la couche d'oxyde enterré 5 sans être absorbé car celle-ci est trop fine, comme cela sera expliqué ultérieurement.

Le laser 7 permet ainsi d'obtenir un chauffage fort et rapide de la
5 couche 6.

D'une manière générale, le choix du laser est dicté par la puissance à fournir et la nature des matériaux constituant le substrat receveur 2, la couche active 14 et la couche de conversion d'énergie 6, comme cela est expliqué ci-après.

10 Le laser 7 est de préférence un laser infrarouge dont la longueur d'onde est supérieure à 9 μm .

Dans le cas où le substrat receveur 2 est en silicium, il s'agit de préférence d'un laser à CO_2 , à impulsions.

Les impulsions utilisées sont de préférence courtes. A titre
15 d'exemple illustratif, pour des impulsions inférieures à 1 μs , la densité de puissance requise est de l'ordre de 10^4 à 10^5 W/cm^2 . Pour des impulsions inférieures à 1 ns, la densité de puissance est de l'ordre de 10^8 W/cm^2 .

Le matériau constituant le substrat receveur 2 est donc choisi de façon à être transparent dans la gamme des longueurs d'onde du laser 7. Il peut
20 s'agir, par exemple, soit du silicium comme mentionné précédemment, soit du saphir, du quartz, du nitrure d'aluminium l' AlN , de l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3), ou du SiC.

Le matériau constituant la couche de conversion d'énergie 6 est choisi de façon à absorber l'énergie dans la gamme de longueurs d'onde fournie
25 par le laser 7 et à ne pas ou peu conduire la chaleur. En d'autres termes, sa conductivité thermique est de préférence inférieure à 20 W/m.K .

En illuminant la structure 4 par sa face arrière 22, c'est la partie enterrée de la couche de conversion d'énergie 6 qui va chauffer au maximum.

De ce fait, la chaleur diffuse en retour dans la structure 4 en
30 direction de la couche d'oxyde enterrée 5 et de l'interface de collage 3 (trajet matérialisé par les flèches ii).

La couche de conversion d'énergie 6 est réalisée de préférence dans un matériau choisi parmi l'oxyde de silicium (SiO_2) et le nitrure de silicium (Si_3N_4).

35 Dans le cas où la couche active 14 est en silicium, la couche de conversion d'énergie 6 peut être formée, par exemple, par oxydation thermique

de cette couche active, par recuit dans une atmosphère riche en oxygène par exemple, à une température de l'ordre de 600°C ou plus, de façon à obtenir du SiO₂.

5 Dans le cas où la couche active 14 est dans un matériau autre que le silicium, la couche 6 peut être formée par une technique de dépôt chimique en phase vapeur CVD (dépôt de nitrure ou d'oxyde de silicium).

Dans le cas où la couche 6 est du nitrure de silicium et la couche active 14 du silicium, la couche 6 peut être obtenue par nitruration du silicium (recuit à 600°C dans une atmosphère contenant de l'azote) ou bien par un dépôt
10 CVD.

Le matériau constituant la couche active 14 doit être transparent dans la gamme des longueurs d'onde fournies par le laser 7, de façon à autoriser le transfert de lumière vers la couche 6, (flèche i), doit être un bon conducteur thermique, de façon à permettre le transfert de chaleur en retour vers la couche
15 d'oxyde enterrée 5 (flèches ii) et doit présenter une épaisseur inférieure à 1 µm, de préférence encore comprise entre quelques nanomètres et 1 µm, pour les deux raisons précitées.

En outre, la fluence du laser 7 et le matériau constituant la couche de conversion de l'énergie 6 sont choisis, de manière à amener la couche d'oxyde enterrée 5 de préférence à une température supérieure à 1200°C et à stabiliser
20 ainsi l'interface de collage 3. De préférence, on veillera à ne pas dépasser la température de fusion de l'oxyde, par exemple 1600°C pour du SiO₂, 2000° C pour HfO₂ et Al₂O₃, ni la température de fusion de la couche active 14. De préférence, la fluence est comprise entre 0.1 J/m² et 10 J/m².

25 On notera que la durée d'illumination de la structure n'est pas un critère fondamental dès lors de l'on atteint la température de stabilisation. En conséquence, bien qu'il soit possible d'utiliser d'autres lasers qu'un laser CO₂, il n'est pas indispensable d'utiliser des lasers beaucoup plus coûteux, par exemple des lasers à impulsions brèves. Ceci est un avantage de l'invention.

30 Le procédé conforme à l'invention s'applique plus particulièrement à des structures dont la couche d'oxyde enterrée 5 présente une épaisseur inférieure ou égale à 100 nm. En effet, en dessous de cette épaisseur, l'oxyde enterré est trop fin pour absorber une puissance significative du laser et n'est quasiment pas chauffé par le flux d'énergie lumineuse fourni par le laser 7 et qui
35 le traverse pour atteindre la couche de conversion d'énergie 6, (sens de la flèche i).

En revanche une fois l'énergie lumineuse convertie en chaleur par la couche 6, cette chaleur peut être absorbée même par une couche d'oxyde 5 inférieure ou égale à 100 nm.

L'invention peut même s'appliquer à des structures dont la couche d'oxyde enterrée 5 présente une épaisseur voisine de 50 nm, voire même inférieure à cette valeur, par exemple voisine de 20 nm. De préférence, cette couche d'oxyde enterrée est supérieure à 1 nm.

La stabilisation est un phénomène microscopique qui reflète l'établissement de liaisons atomiques (liaisons covalentes) entre les deux faces en contact, et cela de manière homogène sur l'ensemble de l'interface de collage 3. Le non-établissement de ces liaisons, même très localement, peut être révélé chimiquement par une gravure à l'aide d'une solution de Wright (telle que décrite dans la publication Margaret Wright Jenkins, Journal of the Electrochemical Society 124, 757- 759, (1977)), appliquée pendant 10 s environ.

Ainsi, une interface de collage stabilisée présente nécessairement une forte énergie de collage, mais l'inverse n'est pas vrai.

Dans la suite de la description et des revendications, on considère qu'une interface de collage est correctement stabilisée, dès lors que, par observation au microscope électronique à balayage (MEB) de l'interface de collage, après gravure à l'aide d'une solution de Wright, sur trois champs dont chacun s'étend sur tout le diamètre du substrat et sur une largeur de 3 μm , on observe sur chaque champ un nombre de défauts inférieur ou égal à un.

Une interface de collage ne présentant aucun défaut sur les trois champs sera alors considérée comme parfaitement stabilisé.

Une interface présentant un défaut par champ de 3 μm de large sera considérée comme faiblement stabilisée. Mais elle sera toutefois considérée comme suffisamment satisfaisante pour l'invention.

Enfin, une interface de collage présentant plus d'un défaut par champ de 3 μm de large sera considérée comme non stabilisée.

En outre, l'interface de collage oxyde/oxyde 3 sera considérée comme correctement stabilisée si, elle possède une résistance à la gravure par l'acide fluorhydrique (HF) à une concentration de 10% en volume, de 0.3 $\mu\text{m}/\text{min}$, et si elle présente une valeur de Dit inférieure à $2 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{eV}^{-1}$, et si la couche d'oxyde enterrée 5 présente une valeur de Qbd supérieure à 10C/cm².

Pour mémoire, on rappellera que "Dit" désigne la densité de pièges au niveau de l'interface de collage, ces pièges limitant la mobilité des porteurs

électriques dans les différentes couches, en particulier dans la couche active 14. Une valeur de D_{it} faible (inférieure à $2 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{eV}^{-1}$) est associée avec une mobilité plus élevée des porteurs et donc à de meilleures propriétés électriques de la structure finale.

5 "Qbd" désigne la mesure de la charge jusqu'à la panne connue en anglais sous le terme de « Charge-to-breakdown measurement » (voir la norme JESD35-A - Procedure for the Wafer-Level Testing of Thin Dielectrics, April 2001)

L'invention s'applique également à la stabilisation d'une interface de collage entre une couche d'oxyde "enterrée" et la couche active 14 ou d'autres
10 interfaces de collage.

Dans le premier cas, le substrat receveur 2 est recouvert d'une couche d'oxyde 23. La structure 4 traitée comprend donc une unique couche d'oxyde 23, enterrée entre la couche active 14 et le substrat receveur 2.

15 Les paramètres de mise en œuvre du procédé de stabilisation et les critères retenus pour une stabilisation satisfaisante sont les mêmes que ceux décrits précédemment pour le premier mode de réalisation.

Le procédé conforme à l'invention présente l'avantage de pouvoir être intégré facilement dans un procédé de fabrication d'une structure SeOI ou SOI, notamment lorsque le matériau constituant la couche de conversion
20 d'énergie 6 est de l'oxyde. En effet, ces procédés de fabrication intègrent souvent une étape d'oxydation sacrificielle parmi les traitements de finition de surface de ces structures, comme cela est décrit dans US-6 403 450.

Le procédé de stabilisation peut donc s'insérer entre l'oxydation qui permet de créer la couche de conversion 6 et son retrait. Tout dommage
25 éventuellement causé à la couche 6 lors de la stabilisation est sans conséquence puisque cette couche est enlevée ultérieurement.

Enfin, les deux surfaces de la couche active 14 étant protégées pendant l'illumination, son endommagement n'est pas à craindre.

REVENDICATIONS

1. Procédé de stabilisation d'une interface de collage (3), située au sein d'une structure (4) pour des applications dans les domaines de l'électronique, l'optique et/ou l'optronique et qui comprend une couche d'oxyde (5, 16, 23) enterrée entre une couche active (14) et un substrat receveur (2),
5 cette couche d'oxyde enterrée (5, 16, 23) ayant une épaisseur inférieure ou égale à 100 nm, ladite interface de collage (3) ayant été obtenue par adhésion moléculaire, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :
- former sur et/ou dans ladite couche active (14), une couche (6) dite "de conversion d'énergie",
10
 - irradier cette structure (4) avec un flux d'énergie lumineuse fourni par un laser (7), de manière à ce que ce flux dirigé vers la structure soit absorbé par ladite couche de conversion d'énergie (6) et transformé en chaleur au niveau de cette couche, et à ce que cette chaleur diffuse dans ladite structure (4) vers l'interface de collage (3), de manière à stabiliser ainsi ladite
15 interface de collage (3),
le matériau constituant ladite couche active (14) étant transparent dans la gamme de longueurs d'ondes dudit flux d'énergie lumineuse, conduisant la chaleur et ayant une épaisseur inférieure à 1 μm .
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la
20 fluence du laser (7) et le matériau constituant ladite couche de conversion d'énergie (6) sont choisis de manière à amener ladite couche d'oxyde enterrée (5, 16, 23) à une température supérieure à 1200°C.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le matériau constituant ladite couche de conversion d'énergie (6) a une
25 conductivité thermique inférieure à 20 W/m.K.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite interface de collage (3) s'étend soit entre deux couches (16, 23) d'oxyde qui, prises ensemble, constituent ladite couche d'oxyde enterrée (5), soit entre ladite couche d'oxyde enterrée (5, 16, 23) et la couche active (14).
- 30 5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'irradiation de la structure (4) est réalisée en exposant la surface libre (22) du substrat receveur (2), dite "face arrière", audit flux d'énergie lumineuse,

le matériau constituant ce substrat receveur étant transparent dans la gamme de longueurs d'ondes dudit flux d'énergie lumineuse.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le substrat receveur (2) est en silicium.

5 7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le substrat receveur (2) est réalisé en un matériau choisi parmi le saphir, l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3), le nitrure d'aluminium (AlN), le carbure de silicium (SiC) et le quartz.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le laser (7) est un laser infrarouge dont la longueur d'onde est supérieure à 9 μm .
10

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le laser est un laser CO_2 à impulsions.

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite couche d'oxyde enterrée (5, 16, 23) a une épaisseur inférieure à 50 nm, de préférence comprise entre 1 nm et 50 nm.
15

11. Procédé l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau constituant la couche active (14) est un matériau semi-conducteur.

20 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que ledit matériau semi-conducteur est du silicium.

13. Procédé l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'oxyde constituant la couche d'oxyde enterrée (5, 16, 23) est choisi parmi l'oxyde de silicium (SiO_2), l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) et l'oxyde de hafnium (HfO_2).
25

14. Procédé l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la couche de conversion d'énergie (6) est réalisée dans un matériau choisi parmi l'oxyde de silicium (SiO_2) et le nitrure de silicium (Si_3N_4).

15. Procédé selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que la couche de conversion d'énergie (6) est réalisée en oxyde de silicium (SiO_2) et en ce que le traitement de stabilisation est suivi d'une étape de retrait de cette couche de conversion d'énergie.
30

16. Structure de matériau sur isolant (4) pour des applications dans les domaines de l'électronique, l'optique et/ou l'optronique et qui comprend une couche d'oxyde (5, 16, 23) d'une épaisseur inférieure ou égale à 100 nm, enterrée entre une couche active (14) et un substrat receveur (2), cette
35

structure comprenant une interface de collage (3) par adhésion moléculaire, caractérisée en ce que cette interface de collage (3) est stabilisée et :

- présente par observation au microscope électronique à balayage (MEB), après gravure à l'aide d'une solution de Wright pendant 10 s environ, sur
5 trois champs chacun d'une largeur de 3 μm , un nombre de défauts inférieur ou égal à un sur chacun de ces champs,
- possède une résistance à la gravure par l'acide fluorhydrique (HF) à une concentration de 10% en volume, de 0.3 $\mu\text{m}/\text{min}$,
- présente une valeur de Dit inférieure à $2 \cdot 10^{11} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{eV}^{-1}$,
10 et en ce que ladite couche d'oxyde enterrée (5, 16, 23) présente une valeur de QBD supérieure à $10 \text{ C}/\text{cm}^2$.

17. Structure de semi-conducteur sur isolant (SeOI) (4) selon la revendication 16, caractérisé en ce que la couche active (14) est en matériau semi-conducteur.

- 15 18. Structure selon la revendication 16 ou 17, caractérisé en ce que ladite interface de collage (3) s'étend soit entre deux couches (16, 23) d'oxyde qui, prises ensemble, constituent ladite couche d'oxyde enterrée (5), soit entre ladite couche d'oxyde enterrée (5, 16, 23) et ladite couche active (14).

19. Structure de silicium sur isolant (SOI) selon l'une des
20 revendications 16 à 18, caractérisée en ce que ladite couche active (14) est en silicium.

20. Structure de silicium sur isolant (SOI) selon la revendication 19, caractérisée en ce que le substrat receveur (2) est en silicium.

21. Structure de silicium sur isolant à couche d'oxyde enterrée
25 ultramince (SOI UTBOX) selon la revendication 19 ou 20, caractérisée en ce que ladite couche d'oxyde enterrée (5, 16, 23) présente une épaisseur inférieure ou égale à 50 nm.

1/2

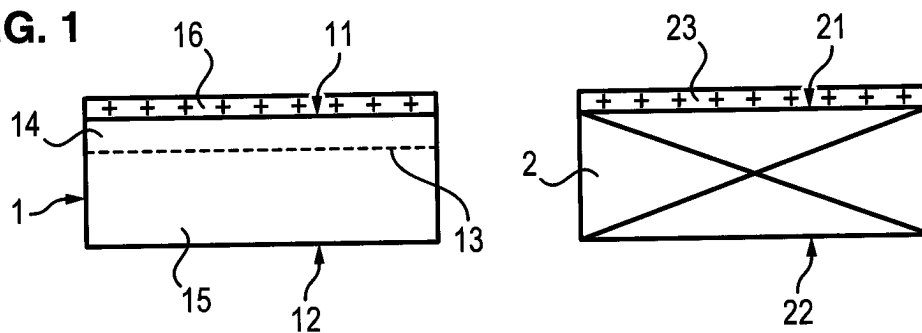
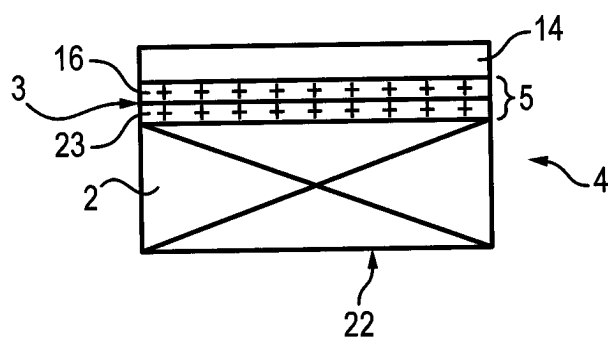
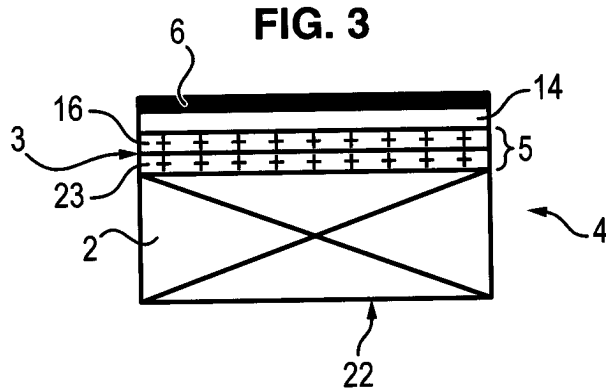
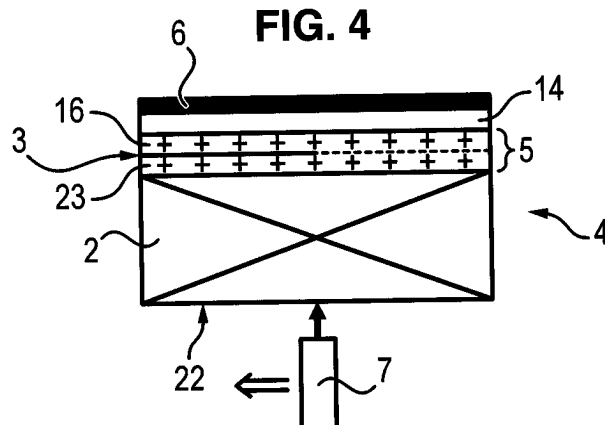
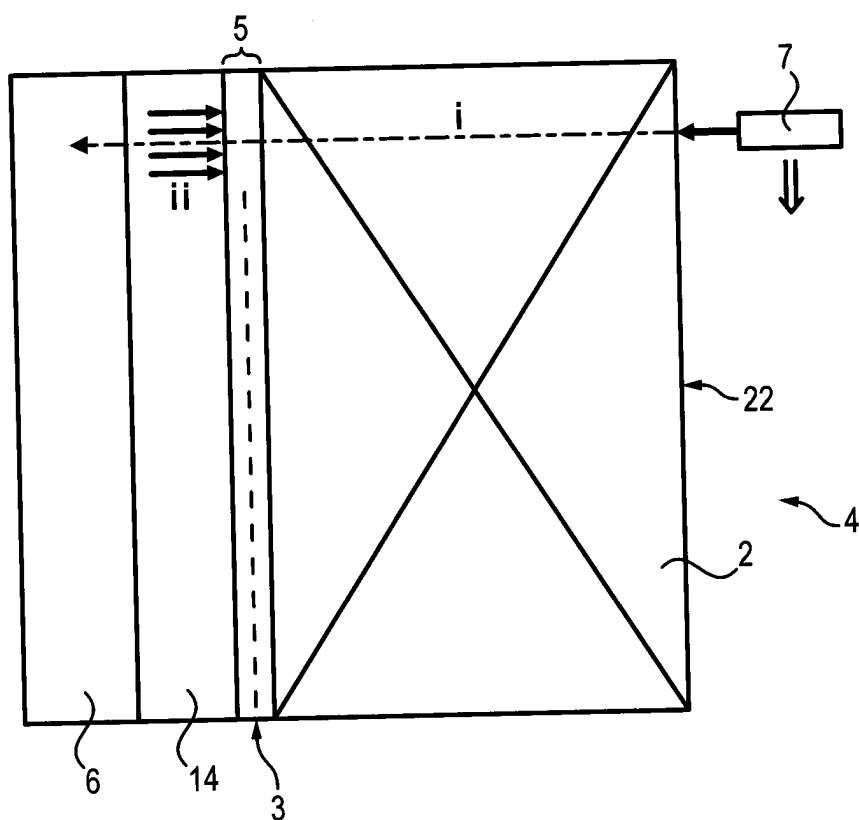
FIG. 1**FIG. 2****FIG. 3****FIG. 4**

FIG. 5





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 759369
FR 1161527

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 0 232 935 A1 (PHILIPS NV [NL]) 19 août 1987 (1987-08-19) * colonne 2, ligne 21 - colonne 4, ligne 26; figures 1,2 *	1-21	H01L21/268 H01L21/428
A	US 2010/304151 A1 (TUENNERMANN ANDREAS [DE] ET AL) 2 décembre 2010 (2010-12-02) * alinéa [0005] - alinéa [0035]; figures 1-5 *	1-21	
A	WITTE R ET AL: "Laser joining of glass with silicon", PROCEEDINGS OF SPIE, SPIE, US, vol. 4637, 21 janvier 2002 (2002-01-21), pages 487-495, XP001156588, ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.470657 ISBN: 0-8194-0811-5 * alinéa [00 3] - alinéa [00 4]; figure 5 *	1,16	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
14 mars 2012		Hedouin, Mathias	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1161527 FA 759369

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

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-03-2012**

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

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0232935	A1	19-08-1987	EP 0232935 A1	19-08-1987
			JP 62185339 A	13-08-1987
			NL 8600216 A	17-08-1987
			US 5009689 A	23-04-1991

US 2010304151	A1	02-12-2010	DE 102007008540 A1	28-08-2008
			EP 2130213 A2	09-12-2009
			JP 2010519746 A	03-06-2010
			KR 20090122211 A	26-11-2009
			US 2010304151 A1	02-12-2010
			WO 2008101699 A2	28-08-2008
