

(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 mars 2007 (15.03.2007)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2007/028800 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01L 21/762 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2006/066046

(22) Date de dépôt international :
6 septembre 2006 (06.09.2006)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0509168 8 septembre 2005 (08.09.2005) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
S.O.I.TEC SILICON ON INSULATOR TECHNOLOGIES [FR/FR]; Parc Technologique des Fontaines,
Chemin des Franques, F-38190 Bernin (FR).

(72) Inventeur; et

(75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **HEBRAS, Xavier** [FR/FR]; 1 rue Charrel, F-38100 Grenoble (FR).

(74) Mandataire : **CABINET REGIMBEAU**; Espace Performance, Bâtiment K, F-35760 Saint-Gregoire (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

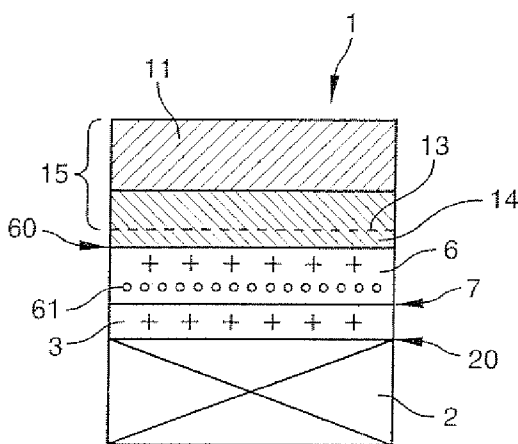
Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- relative à l'identité de l'inventeur (règle 4.17.i)
- relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii)
- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: METHOD FOR MAKING A SEMICONDUCTOR-ON-INSULATION HETEROSTRUCTURE

(54) Titre : PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UNE HÉTÉROSTRUCTURE DE TYPE SEMI-CONDUCTEUR SUR ISOLANT



(57) Abstract: The invention concerns a method for making a SOI heterostructure, comprising at least one insulating layer (3, 6) interposed between a receiver substrate (2) and an active layer (14), derived from a donor substrate (1), at least one of said insulating layers including a trapping layer (61) for retaining gaseous species present at the different interfaces of the heterostructure and for limiting the formation of defects at the surface of said active layer (14), said method including steps of layer bonding and transferring. The invention is characterized in that, prior to bonding, it consists in forming said trapping layer (61) by implanting at least one category of atomic species inside at least one of the insulating layers (3, 6), said atomic species being selected so as to be identical to one of those constituting said insulating layer (3, 6), or belonging to the same column of the periodic table as one of those.

(57) Abrégé : L'invention concerne un de fabrication d'une hétérostructure du type "semi-conducteur sur isolant", comprenant au moins une couche d'isolant (3, 6) intercalée entre un substrat

receveur (2) et une couche active (14), issue d'un substrat donneur (1), au moins l'une desdites couches d'isolant comprenant une couche de piégeage (61), apte à retenir les espèces gazeuses présentes au niveau des différentes interfaces de l'hétérostructure et à limiter la formation de défauts à la surface de ladite couche active (14), ce procédé comprenant des étapes de collage et de transfert de couche. Conformément à l'invention, avant le collage, on procède à la formation de ladite couche de piégeage (61) par une l'implantation d'au moins une catégorie d'espèces atomiques à l'intérieur d'au moins l'une des couches d'isolant (3, 6), ces espèces atomiques étant choisies de façon à être soit identiques à l'une de celles constituant ladite couche d'isolant (3, 6), soit à appartenir à la même colonne du tableau de la classification périodique que l'une de celles-ci.

WO 2007/028800 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.

Procédé de fabrication d'une hétérostructure de type semi-conducteur sur isolant.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un substrat de type "semi-conducteur sur isolant", connu sous l'acronyme "SeOI", d'après la terminologie anglaise de "*Semiconductor On Insulator*".

Un tel substrat ou hétérostructure est utilisé en particulier dans les
5 domaines de l'optique, l'électronique et l'optoélectronique.

Un substrat de type "SeOI" comprend généralement au moins une couche d'isolant, intercalée entre deux couches de matériau semi-conducteur.

Dans la suite de la description et des revendications, le terme "isolant" désigne un matériau électriquement isolant, présentant éventuellement une
10 permittivité électrique élevée.

Les substrats SeOI sont fabriqués selon un procédé comprenant, par exemple, les étapes suivantes :

- formation ou dépôt d'une couche d'isolant sur un premier substrat, dit "donneur", de sorte qu'il existe entre eux une interface dite de « liaison »,
15 - implantation d'espèces atomiques à l'intérieur dudit substrat donneur, par un procédé connu selon la nomination commerciale "Smart Cut™", de façon à y former une zone de fragilisation,
- collage par adhésion moléculaire d'un second substrat, dit "receveur", sur la surface libre de l'isolant, et
20 - détachement de la partie arrière dudit substrat donneur, le long de la zone de fragilisation.

On obtient ainsi une hétérostructure comprenant successivement un support, une couche d'isolant et une couche supérieure active issue du substrat donneur.

25 Dans le domaine de la microélectronique, la qualité de surface de la couche active de matériau semi-conducteur est d'une très grande importance. Plus précisément, la rugosité, ainsi que l'absence de défauts à la surface de cette couche active sont des paramètres qui doivent être optimisés, pour que les futurs composants qui seront réalisés à partir de ces hétérostructures soient d'une qualité
30 optimale.

Or, différents types de défauts de surface peuvent apparaître après le transfert de la couche active, sur le substrat receveur. Ces défauts sont notamment :

- les zones non transférées (connues sous l'abréviation ZNT),

- les cloques,
 - les vides, connus sous la terminologie anglaise de "voids",
 - les "cloques à bords orientés suivant un plan cristallin", connues de l'homme du métier sous l'acronyme "COV", d'après la terminologie anglaise de
- 5 "Crystal Orientated Voids".

Tous ces défauts sont dus à un mauvais transfert, à la présence de défauts sous-jacents dans les diverses couches de l'hétérostructure, à la qualité du collage au niveau de l'interface de collage ou tout simplement, aux procédés mis en œuvre pour fabriquer de telles hétérostructures, tels que l'implantation d'espèces

10 atomiques ou le traitement thermique, par exemple.

Les défauts présents au niveau des interfaces de collage ou des interfaces de liaison vont devenir des lieux de piégeage de gaz, lors des différentes étapes du procédé et vont ainsi gonfler et former des cloques de type COV ou des vides.

15 Ainsi, par exemple, dans le cas d'une hétérostructure comprenant successivement un substrat support en silicium, recouvert d'une couche d'oxyde thermique, puis d'une couche d'oxyde TEOS obtenue par dépôt LPCVD, et enfin d'une couche de germanium, les éléments gazeux peuvent avoir plusieurs origines. L'expression « LPCVD TEOS » désigne un oxyde de silicium (SiO_2) obtenu par un

20 dépôt chimique en phase vapeur à basse pression, à partir d'un précurseur de type tétraéthylorthosilicate (TEOS).

Ces éléments gazeux peuvent provenir notamment de :

- de l'hydrogène ou de l'hélium amené lors de l'étape d'implantation d'espèces atomiques visant à former la zone de fragilisation, la quantité de ces
- 25 éléments gazeux dépendant du type d'implanteur utilisé et des conditions d'implantation (dose et énergie),
- de la désorption des molécules d'eau (H_2O), présentes à l'interface de collage entre l'oxyde thermique et l'oxyde TEOS,
 - de l'oxyde TEOS, si la densification de ce dernier n'a pas été
- 30 suffisante, à cause de la diffusion de composés carbonés.

De plus, on notera que plus l'épaisseur de la couche utile est faible, plus le nombre de défauts est important. En effet, lorsque la couche active est épaisse, les défauts du type cloques ou vides sont généralement retenus dans l'épaisseur de la couche active, et de ce fait, apparaissent moins à sa surface.

35 A titre d'exemple illustratif de ces problèmes de défauts, on peut se reporter à la figure 3 jointe.

Celle-ci est un graphique représentant la concentration C en ions H^+ /cm² dans un substrat composite, en fonction de la profondeur en nanomètres, les résultats ayant été obtenus par spectroscopie de masse d'ions secondaires (SIMS).

Plus précisément, ce substrat composite est le résultat d'un collage
5 entre un substrat support (Si) ayant subi une oxydation thermique, et un substrat donneur de Ge sur lequel a été déposé une couche de SiO₂. L'interface de collage se fait donc entre deux oxydes, l'un appartenant au substrat support et l'autre appartenant au substrat donneur. Sur le graphe 3, l'interface de collage entre les deux couches de SiO₂ est située à -200 nm. Le substrat support n'est pas représenté
10 sur la figure 3, seule son interface de liaison avec la couche de SiO₂ l'est et cette interface se situe à -400 nm.

La courbe **a** en trait plein représente les résultats obtenus dans le substrat donneur en germanium (Ge) recouvert de SiO₂, avant le collage des deux substrats et avant l'implantation d'espèces atomiques Smart Cut™ en vue de la
15 formation de la zone de fragilisation à l'intérieur de la couche de germanium. Les ions H^+ se trouvent principalement à l'interface de liaison entre la première couche de SiO₂ et la couche de germanium.

La courbe **c** en trait gras représente les résultats obtenus dans le même substrat après l'implantation permettant la formation de la zone de
20 fragilisation et avant le collage avec la seconde couche de SiO₂. On notera que le trait vertical à -200 nm correspond à un artéfact. Les valeurs ne commencent que vers -200 nm car ceci correspond à l'implantation réalisée avant de coller la seconde couche de SiO₂. Dans le cas particulier du germanium, le détachement ne se fait pas au niveau de l'implantation maximale, mais juste un peu après (env. 550
25 nm), ce qui explique l'allure de la courbe **b** ci-après.

La courbe **b** en traits pointillés représente les résultats obtenus après le collage des deux couches de SiO₂ et après le détachement et le transfert de la couche active de germanium. La répartition des espèces hydrogène montre une accumulation au niveau des interfaces de liaison SiO₂/Ge et SiO₂/substrat support.
30 Un tout petit pic au niveau de la couche de SiO₂ apparaît à -200 nm : il correspond à l'interface de collage des deux couches de SiO₂.

On constate une nette augmentation de la quantité de gaz dans la couche d'isolant (SiO₂) après l'étape de détachement et de report de la couche active de germanium. Cette augmentation est à l'origine des défauts visibles après transfert
35 sur la face supérieure de la couche de germanium reportée.

On connaît déjà d'après le document US-2002/0190269, un procédé de fabrication d'une hétérostructure comprenant une couche de germanium sur du silicium, ce procédé ayant pour but de réduire la formation de bulles au niveau de l'interface de collage. Plus précisément, cette hétérostructure est obtenue par
5 implantation d'hydrogène dans un substrat donneur en germanium pour y former une zone de fragilisation, puis collage sur un substrat receveur en silicium, et enfin traitement thermique pour détacher la partie arrière du substrat en germanium.

Dans un mode particulier de réalisation, l'auteur suggère de disposer une couche dénommée "anti-bulles" de silicium amorphe, sur le substrat en
10 germanium, avant le collage, afin de rendre l'interface de collage hydrophile et de réduire ainsi la formation de bulles d'hydrogène, lorsque le substrat en germanium est collé au substrat en silicium.

Selon une autre variante de réalisation, il est suggéré d'améliorer la rugosité de la couche de germanium transférée, en déposant sur celle-ci, une couche
15 tampon de germanium, formée par épitaxie.

Ces deux solutions ont pour but d'améliorer la qualité de l'interface de collage entre les deux substrats, toutefois, elles nécessitent l'ajout d'une couche supplémentaire, ce qui complique le procédé.

On connaît également d'après le document US 6 696 352 un procédé
20 de fabrication d'un substrat multicouches comportant une couche cristalline mince et une couche sacrificielle. Dans ce procédé, il est proposé de former une zone de fragilisation à l'intérieur d'un substrat source, afin de pouvoir reporter ultérieurement une partie de ce substrat, sur un substrat receveur.

Pour ce faire, une couche de piégeage d'ions H^+ est formée par
25 implantation d'espèces atomiques à l'intérieur du substrat donneur. Ce dernier est ensuite collé sur le substrat receveur, à l'aide d'un adhésif apte à libérer des ions H^+ par chauffage. Après traitement thermique de ce substrat, les ions H^+ contenus dans l'adhésif migrent vers la couche de piégeage et celle-ci se transforme après recuit en une zone de fragilisation.

30 Toutefois, ce document ne s'applique pas à la formation d'un substrat SeOI, et ne suggère pas de réaliser une couche de piégeage dans une couche d'isolant, cette couche de piégeage servant à retenir les diverses espèces gazeuses présentes au niveau des différents interfaces du substrat SeOI.

On connaît enfin d'après le document US-2004/0171916, un procédé
35 de fabrication d'un substrat de type SOI, qui, de façon similaire à ce qui a été décrit

ci-dessus, propose de former une couche de piégeage d'ions dans un substrat donneur, en vue de la transformer ultérieurement en zone de fragilisation.

La couche de piégeage conforme à l'invention s'en distingue de par sa position et son utilité. Elle n'est en effet pas destinée à devenir une zone de fragilisation utilisée lors d'un report de couche.

L'invention a pour but d'éviter la formation des défauts à la surface de la couche active transférée, plus précisément des défauts dus à l'agglomération d'éléments gazeux au niveau des différentes interfaces de collage et/ou de liaison.

L'invention a également pour but d'éviter le recours au dépôt de couches intermédiaires (couches amorphes ou couches tampons), déposées ou intercalées entre la couche d'isolant et la couche active, comme cela est le cas d'après les procédés connus de l'état de la technique. En effet, de telles couches sont susceptibles de modifier les propriétés électriques de la structure finale.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de fabrication d'une hétérostructure du type "semi-conducteur sur isolant", comprenant au moins une couche d'isolant, intercalée entre un substrat, dit "receveur", et une couche, dite "active", issue d'un substrat, dit "donneur", au moins l'une desdites couches d'isolant comprenant une couche, dite "de piégeage", apte à retenir les espèces gazeuses éventuellement présentes au niveau des différentes interfaces de l'hétérostructure et à limiter la formation de défauts à la surface de la couche active de ladite hétérostructure, ce procédé comprenant les étapes consistant à :

- former ou déposer au moins une couche d'isolant sur au moins l'un des deux substrats donneur et receveur, ces deux substrats étant réalisés en matériau semi-conducteur,

- coller ledit substrat donneur et ledit substrat receveur, par adhésion moléculaire, de façon que la ou les couche(s) d'isolant soi(ent) intercalée(s) entre eux et qu'il existe entre l'un des deux substrats et l'une des couches d'isolant ou entre les deux couches d'isolant, une interface de collage,

- retirer une partie, dite "reste", du substrat donneur, de façon à ne conserver que ladite couche active et à obtenir ladite hétérostructure.

Ce procédé est remarquable en ce qu'avant le collage, on procède à la formation de ladite couche de piégeage en implantant au moins une catégorie d'espèces atomiques à l'intérieur d'au moins l'une des couches d'isolant, cette catégorie d'espèces atomiques étant choisie de façon à être soit identique à l'une des espèces atomiques constituant la couche d'isolant dans laquelle ces espèces sont implantées, soit à appartenir à la même colonne du tableau de la classification

périodique de Mendeleïev que l'une des espèces atomiques constituant la couche d'isolant dans laquelle elles sont implantées.

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

5 - après la formation de la couche de piégeage, on procède à une étape de recuit de la couche d'isolant contenant cette couche de piégeage, à une température d'au moins 350°C, pendant au moins 30 minutes ;

 - les paramètres de l'implantation sont choisis de façon à former ladite couche de piégeage, soit à proximité de ladite interface de collage, de
10 préférence à une distance comprise entre 2 et 10 nanomètres de l'interface de collage, soit à proximité d'une interface de liaison entre la couche d'isolant et l'un ou l'autre des deux substrats ;

 - la couche de piégeage est constituée d'une couche bidimensionnelle de nanocavités ou de nanoparticules ;

15 - l'isolant peut être un oxyde, par exemple du dioxyde de silicium (SiO_2) et les espèces implantées sont alors choisies parmi les atomes de silicium, de germanium ou d'oxygène ;

 - l'isolant peut être un nitrure, par exemple du nitrure de silicium (Si_3N_4) et les espèces implantées sont alors choisies parmi les atomes de silicium,
20 de germanium ou d'azote ;

 - le retrait de la partie arrière est effectué par polissage mécanico-chimique ;

 - avant le collage, on forme une zone de fragilisation à l'intérieur du substrat source, cette zone de fragilisation délimitant la couche active, du reste dudit
25 substrat destiné à être retiré ; cette zone de fragilisation pouvant être formée par implantation d'espèces atomiques ;

 L'invention concerne également une hétérostructure du type "semi-conducteur sur isolant", comprenant au moins une couche d'isolant, intercalée entre un substrat, dit "receveur", en matériau semi-conducteur, et une couche, dite
30 "active", en matériau semi-conducteur.

 Conformément à l'invention, au moins l'une desdites couches d'isolant comprend une couche de piégeage constituée d'une couche bidimensionnelle de nanocavités ou de nanoparticules, cette couche de piégeage étant apte à retenir les espèces gazeuses éventuellement présentes au niveau des
35 différentes interfaces de l'hétérostructure et à limiter la formation de défauts à la surface de la couche active de ladite hétérostructure.

D'autres caractéristiques de l'invention apparaîtront de la description qui va maintenant être faite, en référence aux dessins annexés, qui en représentent, à titre indicatif mais non limitatif, des modes de réalisations possibles.

Sur ces dessins :

- 5 - les figures 1A à 1E sont des schémas représentant les différentes étapes successives du procédé de fabrication conforme à un premier mode de réalisation de l'invention,
- les figures 2A à 2F sont des schémas représentant les différentes étapes successives du procédé de fabrication conforme à un second mode de
10 réalisation de l'invention,
- la figure 3 est un graphique représentant la concentration C en ions H^+ /cm², en fonction de la profondeur exprimée en nanomètres, dans un substrat composite résultant d'un collage entre un substrat support (Si) ayant subi une oxydation thermique, et un substrat donneur de Ge sur lequel a été déposé une
15 couche de SiO₂. Les résultats ont été obtenus par spectroscopie de masse d'ions secondaires (SIMS),
- la figure 4 est un dessin réalisé à partir d'une photographie d'une coupe d'une partie d'un substrat support oxydé avant collage SeOI, incluant une couche de piégeage formée dans la couche de SiO₂, cette photographie ayant été
20 obtenue par microscopie électronique à transmission (TEM).

Un premier mode de réalisation de l'invention va être maintenant être décrit en faisant référence aux figures 1A à 1E.

Comme cela apparaît mieux sur les figures 1A et 1B, on utilise un substrat 1, dit "donneur", car c'est de ce substrat qu'est issue la couche active dans le
25 futur substrat composite ou hétérostructure obtenu en fin de procédé.

Ce substrat donneur 1 peut être monocouche ou multicouche, par exemple à deux couches, comme représenté sur la figure 1B. Dans ce cas, il se compose d'une couche primaire 11, recouverte d'une couche secondaire 12. La couche secondaire est par exemple déposée par épitaxie sur la couche primaire.

30 Par ailleurs, on utilise un substrat support ou receveur 2, sur lequel on dépose ou dans lequel on forme une couche d'isolant 3, comme représenté sur la figure 1B, et comme cela sera décrit plus en détail ultérieurement.

Entre la couche d'isolant 3 et le substrat receveur 2 existe une interface de liaison référencée 20.

35 Comme représenté sur la figure 1C, on procède ensuite à une implantation d'espèces atomiques à l'intérieur du substrat donneur 1, par exemple à

l'intérieur de la couche secondaire 12, de façon à y former une zone de fragilisation 13. Cette zone 13 délimite une couche supérieure active 14, du reste 15 du substrat.

Dans la variante du substrat à deux couches, représentée sur la figure 1C, le reste 15 comprend une partie de la couche secondaire 12 et la couche
5 primaire 11.

Par ailleurs, conformément à l'invention, on procède à une implantation d'espèces atomiques à l'intérieur de la couche d'isolant 3, en vue d'y former une couche de piégeage 31.

Comme on peut le voir sur la figure 1D, on procède ensuite au
10 collage par adhésion moléculaire des deux substrats donneur 1 et receveur 2, par mise en contact intime de la couche active 14 avec la couche d'isolant 3. L'interface de collage porte la référence numérique 4.

Comme représenté sur la figure 1E, on procède ensuite au retrait de la partie arrière 15.

15 Dans le cas particulier, où il existe une zone de fragilisation 13, ce retrait correspond au détachement de la partie arrière ou reste 15 du substrat. Ce détachement est effectué par application de contraintes d'origine mécanique, chimique ou électrique, au niveau de la zone de fragilisation 13.

On obtient l'hétérostructure référencée 5.

20 Les figures 2A à 2F illustrent une variante de réalisation de procédé qui vient d'être décrit.

Les mêmes éléments portent les mêmes références numériques.

Cette variante diffère du procédé précédent, d'une part en ce que l'on dépose ou l'on forme une couche d'isolant 6 sur le substrat source 1, avant l'étape
25 d'implantation d'espèces atomiques permettant la formation de la zone de fragilisation 13 à l'intérieur de ce substrat, et d'autre part, en ce que la couche de piégeage, qui porte ici la référence numérique 61, est formée par implantation d'espèces atomiques à l'intérieur de la couche d'isolant 6, cette dernière reposant sur ledit substrat source.

30 Il est possible de réaliser successivement, la formation de la zone de fragilisation 13, puis celle de la couche de piégeage 61, comme cela est d'ailleurs illustré sur les figures 2C et 2D.

Toutefois, de préférence, on effectue d'abord l'implantation permettant la formation de la zone de piégeage 61, avant celle permettant la
35 formation de la zone de fragilisation 13. En précédant ainsi, les éléments contaminants lourds, qui sont éventuellement présents lors de l'implantation

destinée à former la zone de fragilisation 13, se trouvent retenus dans la couche de piégeage 61, tandis que les éléments plus légers, tels que les ions H^+ par exemple, traversent la couche d'isolant 6 sans y être retenus et vont former la zone de fragilisation 13.

5 On notera qu'il existe entre la couche d'isolant 6 et le substrat source 1, une interface de liaison 60.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 2D, la couche d'isolant 3 ne subit pas le même traitement. Toutefois, il serait également possible d'y former une couche de piégeage 31. Dans ce cas, le substrat composite final
10 obtenu en comporterait deux.

Il serait également possible de ne pas former de couche d'isolant 3 sur le substrat receveur 2, puisqu'il y a une couche d'isolant 6 sur le substrat donneur 1.

Enfin, comme on peut le voir sur la figure 2E, on procède au collage
15 par adhésion moléculaire des deux substrats 1 et 2, de sorte qu'il existe entre eux une interface de collage 7.

Après détachement du reste 15 du substrat source 1, on obtient l'hétérostructure 8 représentée sur la figure 2F.

Cette hétérostructure 8 comprend deux couches d'isolant 3, 6,
20 intercalées entre deux couches de matériau semi-conducteur respectivement 14 et 2.

Dans les deux modes de réalisation qui viennent d'être décrits, le détachement du reste 15 du substrat source 1 est effectué après formation d'une zone de fragilisation par implantation d'espèces atomiques.

Toutefois, cette étape d'implantation pourrait également être
25 supprimée, le reste 15 étant alors retiré par une étape de polissage mécanico-chimique, connu de l'homme du métier sous la terminologie de polissage "CMP".

La nature et les caractéristiques des matériaux constituant les substrats source et receveur, et la couche d'isolant vont être maintenant décrits plus en détails.

30 Les substrats donneur 1 et receveur 2 sont constitués au moins en partie par des matériaux semi-conducteurs, notamment ceux couramment utilisés dans le domaine de l'électronique. Il s'agit, par exemple, du silicium (Si), du germanium (Ge), du nitrure de Gallium (GaN), de l'arséniure de gallium (AsGa) et du silicium germanium (SiGe).

35 Les couches d'isolant 3, 6 sont choisies de préférence parmi les oxydes, tels que l'oxyde silicium (SiO_2). Il peut également s'agir de nitrure, par

exemple du nitrure de silicium (Si_3N_4) ou d'oxynitrure, par exemple l'oxynitrure de Germanium ($\text{Ge}_x\text{O}_y\text{N}_z$).

Il est également possible d'utiliser des matériaux diélectriques à forte permittivité ("*high k*" selon la terminologie anglaise), tels que par exemple du dioxyde de hafnium (HfO_2), de l'alumine (Al_2O_3), de l'oxyde de zirconium (ZrO_2), du pentoxyde de tantale (Ta_2O_5), du dioxyde de titane (TiO_2), leurs nitrures et leurs siliciures.

Lorsque les couches d'isolant 3 ou 6 sont constituées par un oxyde, elles peuvent être obtenues par oxydation thermique du substrat source 1 ou du support 2 sur lequel elles doivent être formées.

Ces couches d'isolant 3 ou 6 peuvent également être obtenues par dépôt, par exemple dépôt chimique en phase vapeur.

A titre d'exemple, pour du dioxyde de silicium (SiO_2), il est possible d'utiliser le dépôt chimique en phase vapeur à basse pression (LPCVD) ou un procédé de dépôt en couches atomiques, connu sous l'acronyme "ALD" ("*Atomic layer deposition*").

Dans le cas du dépôt d'une couche de SiO_2 , il est également possible de procéder au dépôt par LPCVD, à partir d'un précurseur de type tétraéthylorthosilicate (TEOS).

L'implantation d'espèces atomiques permettant la formation d'une zone de fragilisation à l'intérieur du substrat source peut être effectuée, par exemple, par le procédé connu sous la dénomination commerciale "Smart Cut™".

Pour de plus amples détails sur ce procédé, on pourra se reporter au document "*Silicium on insulator technology*" ; matériaux to VLSI, 2^{ème} édition, par JP Collinge, *Kluwer academic publishers*, pp 50-51.

Le terme "implantation d'espèces atomiques" désigne couramment tout type de traitement, susceptible d'introduire des espèces atomiques ou ioniques à l'intérieur du substrat donneur implanté, avec une concentration maximale des espèces situées à une profondeur prédéterminée depuis la surface traitée.

L'implantation d'espèces atomiques à l'intérieur de la couche d'isolant 3, 6 visant à y former une couche de piégeage 31, respectivement 61, va maintenant être décrite plus en détails.

La couche 31, 61 a pour but de piéger les espèces gazeuses diffusantes.

La formation de la couche de piégeage consiste à implanter au moins une catégorie d'espèces atomiques à l'intérieur de la couche d'isolant, ces espèces

atomiques étant choisies de façon à être soit identiques, soit "isoélectriques", à l'une des espèces atomiques constituant ledit isolant.

Plus précisément, il est possible d'implanter une seule catégorie d'espèces atomiques ou successivement plusieurs.

5 Cette étape permet soit de sursaturer l'isolant avec au moins une catégorie des atomes ou espèces atomiques contenus dans celui-ci, soit d'y introduire une espèce atomique "isoélectrique". Par « espèce atomique isoélectrique », on désigne toute espèce atomique appartenant à la même colonne du tableau de la classification périodique de Mendeleïev que l'une des espèces
10 atomiques constituant ledit isolant. Toutefois, le choix de l'espèce atomique dans cette colonne dépendra de sa réactivité chimique vis-à-vis des catégories d'espèces atomiques constituant l'isolant.

A titre d'exemple purement illustratif, dans une couche d'oxyde de silicium (SiO_2), on peut implanter de l'oxygène, du silicium et/ou du germanium (le
15 germanium appartenant à la colonne 4a du tableau périodique comme le silicium). Dans une couche de nitrure de silicium (Si_3N_4), on peut implanter de l'azote, du silicium et/ou du germanium.

La couche de piégeage obtenue peut être constituée de deux types de pièges suivant la nature de l'élément implanté, à savoir :

20 - des nano-cavités (en anglais "voids") dans le cas d'une implantation d'atomes tels que l'oxygène ou l'azote,
- des nanoparticules, pour une implantation de silicium ou de germanium.

Les paramètres d'implantation sur lesquels on peut agir sont d'une part, l'énergie d'implantation qui permet de faire varier la profondeur à laquelle sera
25 formée la couche de piégeage, et d'autre part, la dose d'implantation qui permet de modifier la taille des agglomérats d'atomes et la densité de nanoparticules ou de nano-cavités formées.

A titre d'exemple, en implantant du silicium dans du SiO_2 , avec une
30 énergie d'implantation comprise entre 0,65 keV et 3 keV et des doses d'implantation comprises entre $5 \cdot 10^{15}$ et $2 \cdot 10^{16} \text{ Si}^+/\text{cm}^2$, on obtient une couche de piégeage située à une profondeur comprise entre -4 nm et -6 nm, sous la surface libre du SiO_2 , cette couche de piégeage présentant une épaisseur comprise entre 2 et 3 nm et une densité surfacique de nanoparticules très forte, supérieure à $1 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$.

35 La couche de piégeage peut être toutefois formée à n'importe quelle profondeur de la couche isolante.

Selon une première variante, elle est formée le plus près possible de l'interface de collage qui est à l'origine de l'accumulation des gaz. Ainsi, elle agit comme une pompe chimique. Elle est de plus beaucoup plus efficace dans ce cas.

La couche de piégeage peut également être formée le plus près possible de l'interface de liaison entre la couche d'isolant et le substrat. Ceci est particulièrement intéressant dans le cas d'un oxyde déposé, où l'interface de liaison peut être une zone importante d'accumulation d'espèces atomiques gazeuses. La zone de piégeage va alors aider à diminuer la concentration de gaz accumulé à l'interface de liaison.

Lorsque l'on a deux couches d'isolant 3 et 6, comme dans le mode de réalisation représenté sur la figure 2, il peut également être intéressant de réaliser une couche piégeage dans chacune des deux couches d'isolant. De préférence, ces couches de piégeage seront alors formées à des profondeurs différentes, de façon que l'une soit proche d'une interface de liaison et que l'autre soit proche de l'interface de collage.

Enfin, il peut être avantageux, une fois l'hétérostructure 5 ou 8 formée, de procéder à un recuit thermique. Celui-ci a pour but d'une part de renforcer le collage et d'autre part, de faire évoluer la couche de pièges. Toutefois, ce procédé de recuit est limité par le bilan thermique maximal applicable, comme cela sera expliqué ultérieurement.

Plusieurs phénomènes physico-chimiques vont entraîner la formation des pièges, puis la capture des espèces gazeuses.

Dans le cas où les pièges sont des nanoparticules, celles-ci vont être formées dans l'isolant, au fur et à mesure de l'implantation, puis certaines vont coalescer partiellement jusqu'à former de petits agglomérats de particules.

Cette coalescence va aboutir à la formation d'une couche bidimensionnelle de nanoparticules et de petits agglomérats qui vont piéger les espèces gazeuses, notamment l'hydrogène, par effet mécanique et par effet chimique.

Le terme "coalescence" désigne dans ce cas, la répartition et la réorganisation des nanoparticules dans le même plan que l'implantation.

La couche de piégeage est bidimensionnelle parce qu'elle s'étend sur toute la surface de la structure, à une profondeur contrôlée par l'énergie d'implantation. Elle va piéger les espèces diffusantes en les empêchant ainsi d'atteindre les interfaces de collage ou de liaison proches.

L'effet chimique du piégeage correspond à la formation de liaisons entre les éléments présents. Ainsi, par exemple les atomes de silicium ou de germanium introduits dans une couche de SiO_2 formeront des liaisons Si-H ou Ge-H, lorsque de l'hydrogène sera libéré à proximité. La réaction chimique de piégeage de l'hydrogène est particulièrement favorisée dans le cas d'une implantation de germanium, car l'énergie de formation de la liaison Ge-H est beaucoup plus petite.

L'effet mécanique du piégeage correspond à l'établissement d'un gradient de concentration entre l'interface de collage ou de liaison et la zone de piégeage. La coalescence des nanoparticules permet d'augmenter la densité des pièges. La concentration d'atomes emprisonnés sur ces pièges s'accroît. Il s'installe alors un gradient d'atomes de gaz libres entre l'interface de collage ou de liaison et la couche de piégeage. On augmente alors le phénomène de diffusion des espèces gazeuses vers les pièges jusqu'à saturation de ces derniers.

Enfin, on notera que même lorsqu'un recuit est réalisé après la formation de la couche de piégeage, (voir figures 1C et 2D), les agglomérats de particules obtenus restent petits. En effet, ce recuit doit être effectué à une température inférieure à celle de l'étape ultérieure de détachement, réalisée après le collage, (voir respectivement les figures 1E et 2 F).

Il y aura donc une multitude de petits agglomérats de quelques angströms qui commencent à coalescer sous forme de nanoparticules. Le piégeage est principalement assuré par ces petits agglomérats, produits à faible bilan thermique.

Dans le cas, où les pièges sont des nano-cavités, les particules de gaz libres viennent s'y piéger. Les espèces vont s'accumuler dans ces nano-réservoirs enfouis dans l'isolant. Un gradient de concentration s'installe entre les espèces gazeuses libres et les espèces gazeuses retenues sur les défauts créés dans l'oxyde. Ce gradient de concentration sera la force motrice du piégeage jusqu'à saturation des nano-cavités.

Plusieurs exemples de réalisation vont maintenant être décrits plus en détails.

Exemple 1 :

On a préparé un substrat donneur en faisant croître par épitaxie une couche de germanium, sur du silicium. On a alors effectué à l'intérieur du germanium, une implantation d'hydrogène et/ou d'hélium, afin d'y créer une zone de fragilisation.

On a préparé par ailleurs un substrat récepteur en silicium en y déposant une couche isolante d'oxyde de silicium (SiO_2) de 250 à 300 nm.

On a ensuite procédé à l'implantation de silicium, dans la couche de SiO_2 , pour y créer une couche bidimensionnelle de piégeage. Cette implantation s'effectuait à une énergie de 0,5 à 5 keV, pour une dose de $5 \cdot 10^{15}$ à $5 \cdot 10^{16}$ d'ions Si^+/cm^2 .

Ceci a conduit à la formation d'une couche de nanoparticules située entre 1,5 nm et 4 nm (nanomètres), sous la surface de la couche de SiO_2 , et dont l'épaisseur est comprise entre 2 et 3 nm.

Le collage et le détachement sont effectués comme décrit précédemment en liaison avec les figures 1 et 2.

Exemple 2 :

La figure 4 est un dessin réalisé à partir d'une photo obtenue par microscopie électronique à transmission (TEM), qui représente une couche de piégeage formée dans une couche de SiO_2 , par implantation de silicium avec une énergie de 1 keV et une dose de $1 \cdot 10^{16}$ Si^+/cm^2 . Cette couche de piégeage apparaît comme une ligne plus sombre au milieu de l'oxyde 3.

Par ailleurs, des essais ont été effectués pour déterminer les gammes d'énergie et de dose d'implantation à utiliser pour réaliser la couche de piégeage, lorsque l'isolant est respectivement du dioxyde de silicium (SiO_2) ou du nitrure de silicium (Si_3N_4). Les valeurs sont données ci-après.

Lorsque l'isolant est du dioxyde de silicium (SiO_2), les espèces implantées sont choisies parmi les atomes de silicium, germanium et d'oxygène.

Dans ce cas, on peut implanter au choix, soit uniquement l'une des catégories d'espèces atomiques mentionnées ci-dessous, soit successivement plusieurs d'entre elles :

- des atomes de silicium avec une énergie d'implantation comprise entre 0,5 et 5 keV et une dose d'implantation comprise entre $5 \cdot 10^{15}$ et $5 \cdot 10^{16}$ Si^+/cm^2 . Dans ces conditions, la couche de nanoparticules sera située entre 15 nm et 40 nm sous l'interface de collage. L'augmentation de la dose d'implantation permet d'augmenter la densité surfacique des pièges et donc de moduler la quantité totale d'atomes de gaz emprisonnés sur ces pièges.

- des atomes de germanium avec une énergie d'implantation comprise entre 0,7 et 10 keV et une dose d'implantation comprise entre $5 \cdot 10^{15}$ et $1 \cdot 10^{17}$ Ge^+/cm^2 . Le germanium étant plus lourd, la gamme d'énergie d'implantation

est plus large pour positionner le plan de nano-particules dans la même gamme de profondeur.

- des atomes d'oxygène avec une énergie d'implantation comprise entre 0,5 et 3 keV et une dose d'implantation comprise entre $1 \cdot 10^{15}$ et $1 \cdot 10^{17} \text{ O}^+/\text{cm}^2$. Pour positionner la zone de piégeage à la même profondeur que précédemment, la fenêtre d'énergie d'implantation est ici réduite par rapport à l'implantation de silicium car l'oxygène est plus léger.

Lorsque l'isolant est du nitrure de silicium (Si_3N_4), les espèces implantées sont choisies parmi les atomes de silicium, de germanium ou d'azote.

- Dans ce cas, on peut implanter au choix, soit uniquement l'une des catégories d'espèces atomiques mentionnées ci-dessous, soit successivement plusieurs d'entre elles :

- des atomes de silicium avec une énergie d'implantation comprise entre 0,5 et 5 keV et une dose d'implantation comprise entre $5 \cdot 10^{15}$ et $5 \cdot 10^{16} \text{ Si}^+/\text{cm}^2$;

- des atomes de germanium avec une énergie d'implantation comprise entre 0,7 et 10 keV et une dose d'implantation comprise entre $5 \cdot 10^{15}$ et $1 \cdot 10^{17} \text{ Ge}^+/\text{cm}^2$;

- des atomes d'azote avec une énergie d'implantation comprise entre 0,5 et 3 keV et une dose d'implantation comprise entre $1 \cdot 10^{15}$ et $1 \cdot 10^{17} \text{ N}^+/\text{cm}^2$.

Le procédé de fabrication de SeOI conforme à l'invention permet de s'affranchir de tous les défauts dus à l'accumulation de gaz aux interfaces de collage ou de liaison d'une hétérostructure.

- Le procédé conforme à l'invention est applicable à la fabrication de substrats semi-conducteurs sur isolant, avec tout type de matériau semi-conducteur, puisque la couche de piégeage est formée dans l'isolant. Les avantages seront bien entendu plus marqués dans le cas du GeOI, car d'après les profils SIMS, on observe une forte quantité d'hydrogène présent dans l'oxyde.

REVENDICATIONS

1. Procédé de fabrication d'une hétérostructure (5, 8) du type "semi-conducteur sur isolant", comprenant au moins une couche d'isolant (3, 6), intercalée entre un substrat (2), dit "receveur", et une couche (14), dite "active", issue d'un substrat (1), dit "donneur", au moins l'une desdites couches d'isolant (3, 6)
- 5 comprenant une couche (31, 61), dite "de piégeage", apte à retenir les espèces gazeuses éventuellement présentes au niveau des différentes interfaces de l'hétérostructure (5, 8) et à limiter la formation de défauts à la surface de la couche active (14) de ladite hétérostructure, ce procédé comprenant les étapes consistant à :
- former ou déposer au moins une couche d'isolant (3, 6) sur au
 - 10 moins l'un des deux substrats donneur (1) et receveur (2), ces deux substrats étant réalisés en matériau semi-conducteur,
 - coller ledit substrat donneur (1) et ledit substrat receveur (2), par adhésion moléculaire, de façon que la ou les couche(s) d'isolant (3, 6) soi(ent) intercalée(s) entre eux et qu'il existe entre l'un des deux substrats (1, 2) et l'une des
 - 15 couches d'isolant (3, 6) ou entre les deux couches d'isolant (3, 6), une interface de collage (4, 7),
 - retirer une partie (15), dite "reste", du substrat donneur (1), de façon à ne conserver que ladite couche active (14) et à obtenir ladite hétérostructure (5, 8),
 - caractérisé en ce qu'avant le collage, on procède à la formation de
 - 20 ladite couche de piégeage (31, 61) en implantant au moins une catégorie d'espèces atomiques à l'intérieur d'au moins l'une des couches d'isolant (3, 6), cette catégorie d'espèces atomiques étant choisie de façon à être soit identique à l'une des espèces atomiques constituant la couche d'isolant (3, 6) dans laquelle ces espèces sont implantées, soit à appartenir à la même colonne du tableau de la classification
 - 25 périodique de Mendeleïev que l'une des espèces atomiques constituant la couche d'isolant (3, 6) dans laquelle elles sont implantées.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'après la formation de la couche de piégeage (31, 61), on procède à une étape de recuit de la couche d'isolant (3, 6) contenant cette couche de piégeage, à une température d'au
- 30 moins 350°C, pendant au moins 30 minutes.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les paramètres de l'implantation sont choisis de façon à former ladite couche de piégeage (31, 61) à proximité de ladite interface de collage (4, 7).

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la couche de piégeage (31, 61) est formée à une distance comprise entre 2 et 10 nanomètres de l'interface de collage (4, 7).

5 5. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les paramètres de l'implantation sont choisis de façon à former ladite couche de piégeage (31, 61) à proximité d'une interface de liaison (20, 60) entre la couche d'isolant (3, 6) et l'un ou l'autre des deux substrats (1, 2).

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite couche de piégeage (31, 61) est constituée d'une couche
10 bidimensionnelle de nanocavités ou de nanoparticules.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'isolant (3, 6) est un oxyde.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que l'isolant (3, 6) est un nitrure.

15 9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'isolant (3, 6) est du dioxyde de silicium (SiO_2) et en ce que les espèces implantées sont choisies parmi les atomes de silicium, de germanium et d'oxygène.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'on implante des atomes de silicium avec une énergie d'implantation comprise entre 0,5 et 5 keV et une dose d'implantation comprise entre $5 \cdot 10^{15}$ et $5 \cdot 10^{16} \text{ Si}^+/\text{cm}^2$.

11. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'on implante des atomes de germanium avec une énergie d'implantation comprise entre 0,7 et 10 keV et une dose d'implantation comprise entre $5 \cdot 10^{15}$ et $1 \cdot 10^{17} \text{ Ge}^+/\text{cm}^2$.

25 12. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'on implante des atomes d'oxygène avec une énergie d'implantation comprise entre 0,5 et 3 keV et une dose d'implantation comprise entre $1 \cdot 10^{15}$ et $1 \cdot 10^{17} \text{ O}^+/\text{cm}^2$.

13. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'isolant (3, 6) est du nitrure de silicium (Si_3N_4) et en ce que les espèces implantées sont choisies parmi les atomes de silicium, de germanium et d'azote.

30 14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'on implante des atomes de silicium avec une énergie d'implantation comprise entre 0,5 et 5 keV et une dose d'implantation comprise entre $5 \cdot 10^{15}$ et $5 \cdot 10^{16} \text{ Si}^+/\text{cm}^2$.

35 15. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'on implante des atomes de germanium avec une énergie d'implantation comprise entre 0,7 et 10 keV et une dose d'implantation comprise entre $5 \cdot 10^{15}$ et $1 \cdot 10^{17} \text{ Ge}^+/\text{cm}^2$.

16. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que l'on implante des atomes d'azote avec une énergie d'implantation comprise entre 0,5 et 3 keV et une dose d'implantation comprise entre $1 \cdot 10^{15}$ et $1 \cdot 10^{17} \text{ N}^+/\text{cm}^2$.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le retrait de la partie arrière (15) est effectué par polissage mécanico-chimique.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce qu'avant le collage, on forme une zone de fragilisation (13) à l'intérieur du substrat source (1), cette zone de fragilisation (13) délimitant la couche active (14), du reste (15) dudit substrat (1) destiné à être retiré.

19. Procédé selon la revendication 18, caractérisé en ce que la zone de fragilisation (13) est formée par implantation d'espèces atomiques.

20. Hétérostructure (5, 8) du type "semi-conducteur sur isolant", comprenant au moins une couche d'isolant (3, 6), intercalée entre un substrat (2), dit "receveur", en matériau semi-conducteur, et une couche (14), dite "active", en matériau semi-conducteur, caractérisée en ce qu'au moins l'une desdites couches d'isolant (3, 6) comprend une couche (31, 61) de piégeage constituée d'une couche bidimensionnelle de nanocavités ou de nanoparticules, cette couche de piégeage (31, 61) étant apte à retenir les espèces gazeuses éventuellement présentes au niveau des différentes interfaces de l'hétérostructure (5, 8) et à limiter la formation de défauts à la surface de la couche active (14) de ladite hétérostructure.

1/5

FIG. 1A

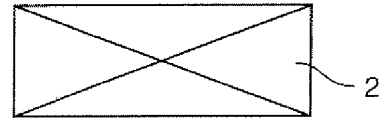
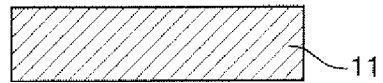


FIG. 1B

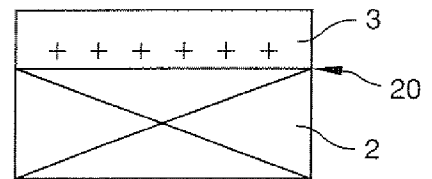
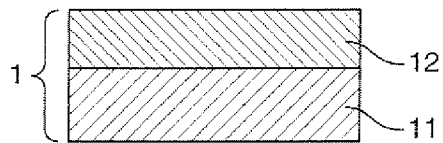
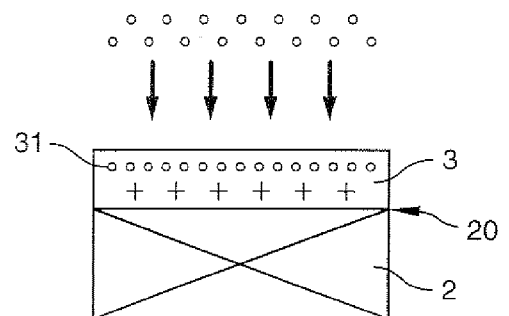
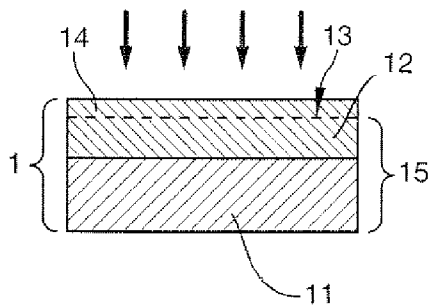


FIG. 1C



2/5

FIG. 1D

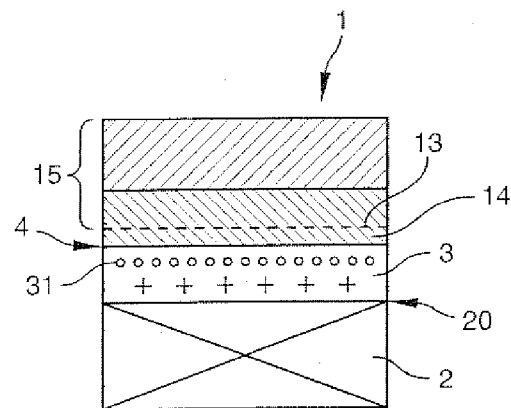
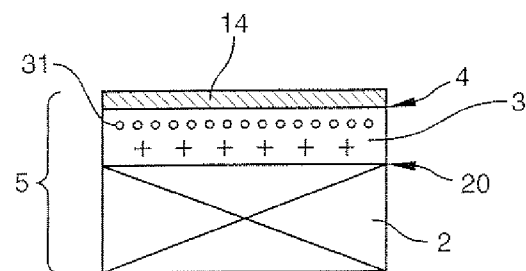


FIG. 1E



3/5

FIG. 2A

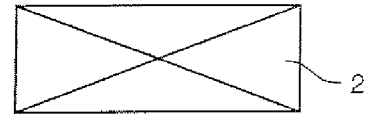
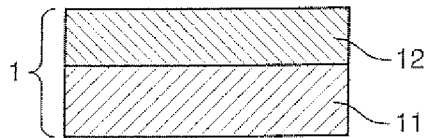


FIG. 2B

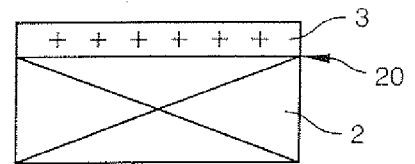
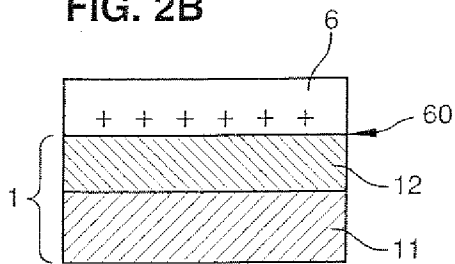


FIG. 2C

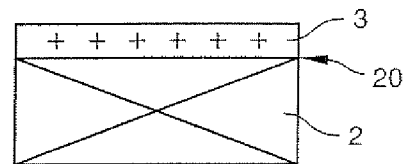
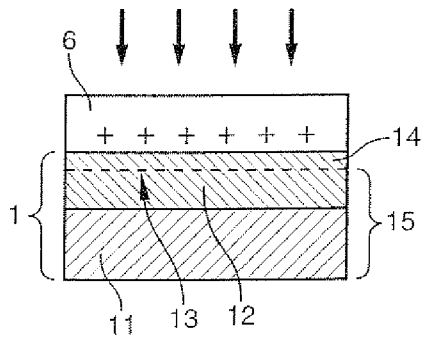
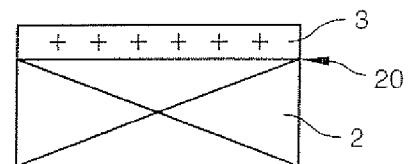
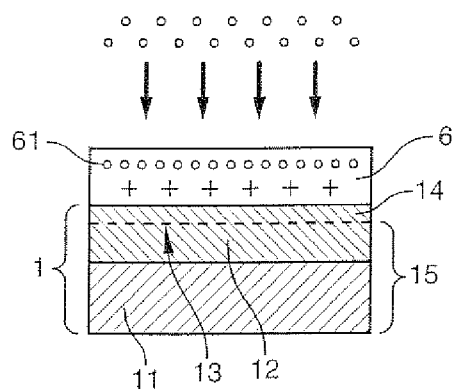


FIG. 2D



4/5

FIG. 2E

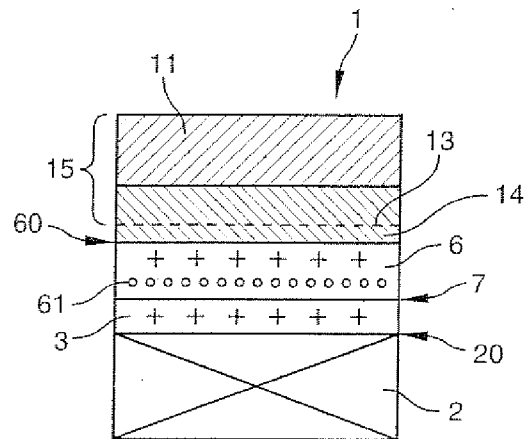
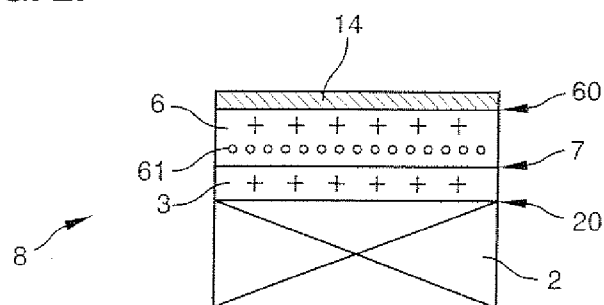


FIG. 2F



5/5

FIG. 3

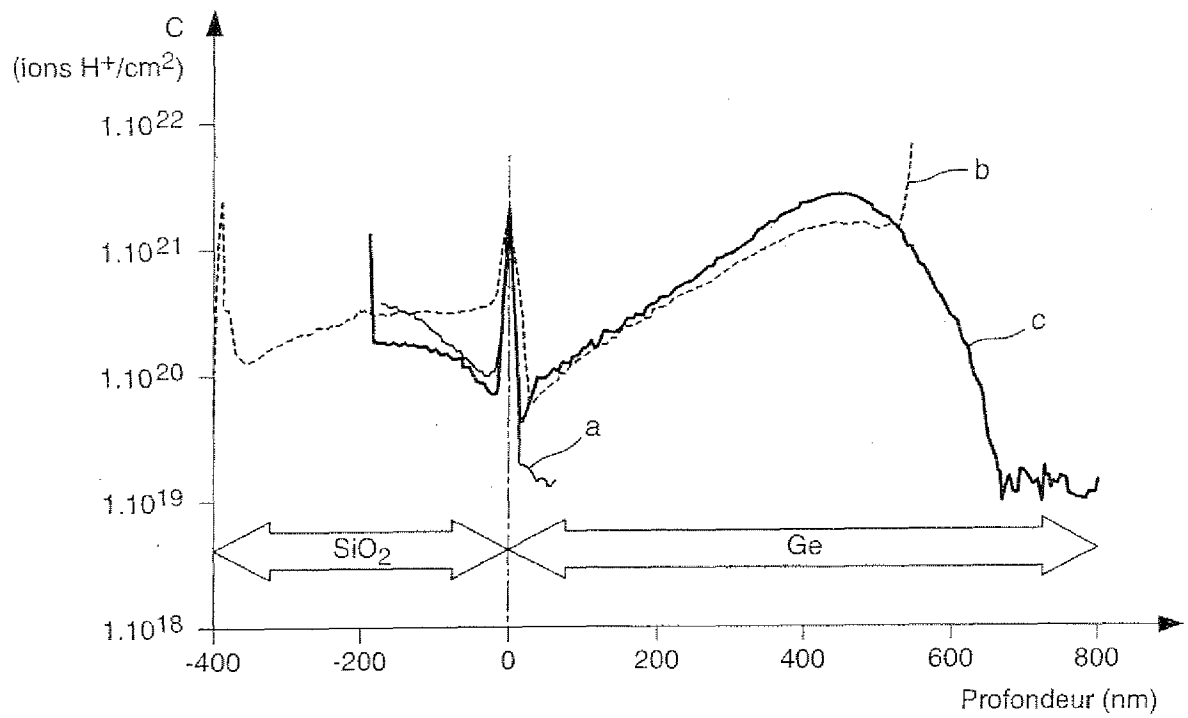
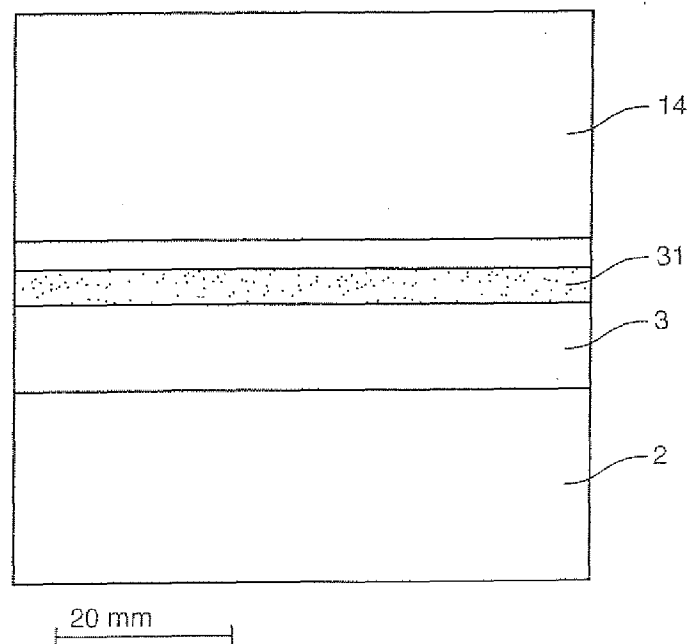


FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/066046

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. 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)
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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 174 926 A (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD) 23 January 2002 (2002-01-23) page 4, paragraph 27 - page 5, paragraph 34; figure 1	1-5, 7, 9, 12, 17-20
X	US 6 696 352 B1 (CARR WILLIAM ET AL) 24 February 2004 (2004-02-24) column 5, line 44 - column 8, line 56; figures 3,4	1-5, 7, 9, 10, 13, 14, 17-20
X A	US 2004/171196 A1 (WALITZKI HANS J) 2 September 2004 (2004-09-02) page 2, paragraph 24 - page 4, paragraph 46; figures 7-13	1-5, 17-20 7-12
	----- -/--	

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

☒ See patent family 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.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

20 December 2006

Date of mailing of the international search report

29/12/2006

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

Hedouin, Mathias

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

international application No

PCT/EP2006/066046

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 5 953 622 A (LEE ET AL) 14 September 1999 (1999-09-14) column 3, line 65 - column 5, line 19; figures 6-12	1-5,7,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/066046

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1174926	A	23-01-2002	WO 0156085 A1 JP 2001210810 A US 2002182827 A1	02-08-2001 03-08-2001 05-12-2002
US 6696352	B1	24-02-2004	NONE	
US 2004171196	A1	02-09-2004	NONE	
US 5953622	A	14-09-1999	JP 3080914 B2 JP 10172918 A TW 406426 B	28-08-2000 26-06-1998 21-09-2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2006/066046

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. 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)

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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 1 174 926 A (SHIN-ETSU HANDOTAI CO., LTD) 23 janvier 2002 (2002-01-23) page 4, alinéa 27 - page 5, alinéa 34; figure 1	1-5, 7, 9, 12, 17-20
X	US 6 696 352 B1 (CARR WILLIAM ET AL) 24 février 2004 (2004-02-24) colonne 5, ligne 44 - colonne 8, ligne 56; figures 3, 4	1-5, 7, 9, 10, 13, 14, 17-20
X	US 2004/171196 A1 (WALITZKI HANS J) 2 septembre 2004 (2004-09-02)	1-5, 17-20
A	page 2, alinéa 24 - page 4, alinéa 46; figures 7-13	7-12
	----- -/-	



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

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

20 décembre 2006

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

29/12/2006

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

Hedouin, Mathias

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2006/066046

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 5 953 622 A (LEE ET AL) 14 septembre 1999 (1999-09-14) colonne 3, ligne 65 - colonne 5, ligne 19; figures 6-12	1-5,7,9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2006/066046

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1174926	A	23-01-2002	WO 0156085 A1	02-08-2001
			JP 2001210810 A	03-08-2001
			US 2002182827 A1	05-12-2002
US 6696352	B1	24-02-2004	AUCUN	
US 2004171196	A1	02-09-2004	AUCUN	
US 5953622	A	14-09-1999	JP 3080914 B2	28-08-2000
			JP 10172918 A	26-06-1998
			TW 406426 B	21-09-2000