

PROCEDE DE REALISATION D'UN SUBSTRAT MULTI-MATERIAUX

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5 Le domaine de l'invention est celui de la réalisation de substrats multi-matériaux, et en particulier la réalisation d'un substrat comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche support d'un troisième matériau. L'invention s'applique en particulier aux substrats destinés à être utilisés pour la réalisation de circuits optoélectroniques et/ou
10 photoniques, mais également pour la réalisation de circuits microélectroniques ou de dispositifs photovoltaïques.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

Certains matériaux coûteux, tels que les matériaux III-V à base de GaAs et/ou d'InP, qui sont utilisés dans les domaines de la microélectronique, de la photonique ou encore
15 du photovoltaïque en raison leurs propriétés électriques et/ou optiques particulières, ne sont disponibles que sous la forme de substrats de faibles dimensions, par exemple de diamètre égale à 100 mm ou 150 mm. Cette limite de dimensions de ces substrats est due notamment aux difficultés rencontrées lors de la croissance de ces matériaux cristallins. En outre, la réalisation de substrats comprenant de tels matériaux est très onéreuse.

20 Nonobstant le coût important lié à l'utilisation de ces matériaux, les technologies faisant appel à ces matériaux particuliers et qui sont compatibles avec des substrats de faibles dimensions peuvent réaliser des intégrations de composants ou de circuits directement sur ces substrats. En revanche, pour des intégrations nécessitant des substrats de plus grands diamètres, comme c'est par exemple le cas pour une co-intégration de puces à base d'InP avec
25 des composants en silicium pour lesquels des substrats de 200 mm ou 300 mm de diamètre sont utilisés, les substrats commerciaux d'InP de faibles dimensions ne sont pas adaptés.

Pour réaliser une co-intégration de puces d'InP sur silicium, une première solution consiste à découper un substrat d'InP, de faible diamètre et intégrant une couche d'arrêt de matériau cristallin enterrée sous une couche d'InP épitaxiée à l'épaisseur souhaitée pour les
30 puces, en de multiples portions, puis de reporter les portions d'InP sur un substrat de silicium de plus grand diamètre aux emplacements souhaités sur le substrat de silicium. Les portions

d'InP reportées sont ensuite amincies à l'épaisseur souhaitée (par meulage (« grinding » en anglais), gravure (chimique ou plasma), CMP (planarisation, ou amincissement, mécano-chimique), etc.), c'est-à-dire jusqu'à la couche d'arrêt. Cette couche d'arrêt permet le
5 film d'InP épitaxié.

Un inconvénient majeur de cette première solution est que l'InP retiré par amincissement, dont l'épaisseur est de plusieurs centaines de microns, est perdu. Le problème de coût se pose donc toujours avec cette première solution compte tenu de la grande quantité d'InP perdu lors de l'amincissement. En outre, cette première solution nécessite, pour la
10 réalisation de l'amincissement des portions d'InP, la présence d'une couche d'arrêt nécessairement cristalline.

Une deuxième solution permettant de réaliser une co-intégration de puces d'InP sur silicium consiste à découper un substrat d'InP de faible diamètre en de multiples portions, puis de reporter les portions d'InP sur un premier substrat de silicium. Les portions d'InP
15 solidarisées au premier substrat de silicium sont ensuite utilisées en tant que donneurs pour reporter sur un deuxième substrat de silicium, par un procédé de type Smart-cut™, un film mince d'InP sous forme de portions disjointes, ou non contiguës, disposées les unes à côté des autres. Cette deuxième solution permet par exemple de fabriquer un substrat de type InPOSi (de l'oxyde étant présent entre les portions d'InP et le deuxième substrat de silicium) de
20 diamètre égal à 200 mm ou 300 mm. Les portions d'InP solidarisées au premier substrat de silicium peuvent être réutilisées plusieurs fois pour reporter des films minces d'InP sous forme de portions disjointes sur plusieurs autres deuxièmes substrats de silicium.

Cette deuxième solution pose toutefois de nombreux problèmes d'intégration, en particulier :

- 25 - la densité avec laquelle les portions d'InP sont solidarisées sur le premier substrat de silicium et la position de ces portions sur le premier substrat ne sont pas modifiables et doivent correspondre à celles souhaitées pour tous les substrats réalisés ;
- transfert partiel de l'InP en bord de plaque, du fait que les portions d'InP solidarisées sur le premier substrat sont disjointes, ou non contiguës, les unes des autres ;
- 30 - difficultés de mise en œuvre des CMP, à la fois sur le film mince d'InP reporté sur le deuxième substrat et sur les parties restantes des portions d'InP solidarisées au premier

substrat, du fait que ces CMP sont réalisées sur des portions d'InP disjointes les unes des autres.

Par ailleurs, la dimension du substrat final, correspondant à celle du deuxième substrat de silicium, et son taux de couverture en InP doivent être pris en compte lors de la solidarisation des portions d'InP sur le premier substrat et en impose le diamètre. Cela peut conduire à une faible densité des portions d'InP sur les premier et deuxième substrats de silicium, accentuant dans ce cas les problèmes exposés ci-dessus.

Les différents problèmes exposés ci-dessus se rencontrent également pour des matériaux autres que l'InP, notamment pour tous les matériaux pour lesquels la réalisation de substrat est coûteuse et/ou dont les dimensions des substrats de ces matériaux sont limitées.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention vise à remédier à tout ou partie des inconvénients de l'état de la technique cités ci-dessus, et en particulier à proposer une solution pour réaliser un substrat pouvant avoir de grandes dimensions et comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche support d'un troisième matériau, minimisant l'utilisation du premier matériau et ne nécessitant pas l'utilisation d'une couche d'arrêt de matériau cristallin.

Pour cela, l'invention propose un procédé de réalisation d'un substrat comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche support d'un troisième matériau, comportant au moins les étapes suivantes :

- implantation ionique dans un premier substrat comprenant le premier matériau, formant une interface, ou un plan, de clivage entre une première partie du premier substrat correspondant à une couche superficielle et une deuxième partie du premier substrat ;

- solidarisation du premier substrat sur un substrat temporaire telle que la couche superficielle du premier substrat soit disposée entre le substrat temporaire et la deuxième partie du premier substrat ;

- désolidarisation, au niveau de l'interface de clivage, de la deuxième partie du premier substrat vis-à-vis d'un ensemble comprenant au moins la couche superficielle du premier substrat et le substrat temporaire ;

- découpe dudit ensemble en plusieurs portions telles que chacune des portions comporte au moins une partie de la couche superficielle du premier substrat et/ou une partie d'une couche du deuxième matériau préalablement formée à partir de la couche superficielle du premier substrat, et une partie du substrat temporaire ;

5 - solidarisation de chacune des portions sur la couche support telle que, pour chacune des portions, la partie de la couche superficielle du premier substrat et/ou de la couche du deuxième matériau soit disposée entre la couche support et la partie du substrat temporaire ;

10 - élimination de la partie du substrat temporaire de chacune des portions, les parties de la couche superficielle du premier substrat et/ou de la couche du deuxième matériau restantes sur la couche support formant la couche superficielle du premier matériau et/ou du deuxième matériau.

15 Les portions sont ainsi individualisées les unes des autres, i.e. disjointes. Lors de l'étape de découpe, le substrat temporaire est intégralement traversé de sorte que chacune des portions obtenues comporte une fraction du substrat temporaire.

Un premier avantage de ce procédé est qu'il n'y a pas d'épaisseur importante du premier matériau et/ou du deuxième matériau devant être supprimée, du fait que seule une couche superficielle du premier substrat est reportée sur le substrat temporaire.

20 Un autre avantage de ce procédé est que la découpe des portions, avant le report sur le deuxième substrat, n'est pas réalisée directement dans le premier substrat mais après le report de la couche superficielle du premier substrat sur le substrat temporaire. Ainsi, le premier substrat peut être réutilisé pour réaliser plusieurs substrats avec des densités des parties du premier matériau et/ou du deuxième matériau sur les deuxièmes substrats et/ou des positions de ces parties sur les deuxièmes substrats pouvant être différentes d'un substrat à l'autre. De plus, cela permet d'éviter un transfert partiel du premier matériau et/ou du deuxième matériau en bord des portions.

30 Un tel procédé permet de lever plusieurs verrous technologiques inhérents à l'utilisation de pseudo-donneur, de rendre la fabrication du substrat final plus versatile (géométrie, dimension, répartition, densité des puces, nature du substrat final,...) et offre dans le même temps de nouvelles possibilités (par exemple intégration III-V sur substrats intermédiaire, ...).

De manière avantageuse, le premier matériau peut correspondre à au moins l'un des matériaux suivants :InP, GaAs, GaN, LTO, LNO, SiC, diamant.

De plus, dans une configuration avantageuse, le diamètre du premier substrat (ou plus généralement les dimensions du premier substrat dans le plan principal du premier substrat) peut être égal à celui du substrat temporaire et inférieur ou égal à celui du substrat final (qui correspond à celui de la couche support).

Dans un exemple de mise en œuvre, le procédé peut être tel que :

- le premier substrat comporte un diamètre inférieur ou égal à 150 mm, et
- la couche support comporte un diamètre supérieur ou égal à 200 mm, et
- le substrat temporaire comporte un diamètre inférieur ou égal à 150 mm.

Le procédé peut comporter en outre, entre l'étape de désolidarisation et l'étape de découpe, une planarisation mécano-chimique de faces de la deuxième partie du premier substrat et de la couche superficielle du premier substrat issues de l'interface de clivage. Dans ce cas, la planarisation est réalisée sur des surfaces pleines, non fractionnées en plusieurs portions, ce qui facilite sa mise en œuvre.

Le procédé peut comporter en outre :

- avant la solidarisation du premier substrat sur le substrat temporaire, une réalisation d'une première couche de collage sur la couche superficielle du premier substrat, la solidarisation du premier substrat sur le substrat temporaire comportant un collage (par exemple un collage direct) de la première couche de collage contre une deuxième couche de collage réalisée sur le substrat temporaire, et/ou

- avant la solidarisation de chacune des portions sur la couche support, une réalisation d'une troisième couche de collage sur la couche superficielle du premier substrat ou la couche du deuxième matériau, la solidarisation de chacune des portions sur la couche support comportant un collage (par exemple un collage direct) de la troisième couche de collage contre une quatrième couche de collage réalisée sur la couche support.

De manière avantageuse, les couches de collage peuvent comporter un matériau amorphe, par exemple de l'oxyde tel que de l'oxyde de silicium, ou par exemple du silicium amorphe. Dans ce cas, les collages réalisés peuvent correspondre à des collages directs entre ces couches de collage.

Dans un mode de réalisation particulier, le procédé peut comporter en outre, entre les étapes de désolidarisation et de découpe, une réalisation de la couche du deuxième

matériau sur la couche superficielle du premier substrat, et dans lequel la solidarisation de chacune des portions sur la couche support est mise en œuvre telle que, pour chacune des portions, la partie de la couche du deuxième matériau est disposée entre la couche support et la partie de la couche superficielle du premier substrat.

- 5 Dans ce cas, le procédé peut comporter en outre, après l'élimination de la partie du substrat temporaire de chacune des portions, une élimination des parties de la couche superficielle du premier substrat restantes sur la couche support.

- 10 Dans un autre mode de réalisation, le procédé peut comporter en outre, avant la solidarisation du premier substrat sur le substrat temporaire, une réalisation de la couche du deuxième matériau sur la couche superficielle du premier substrat, et dans lequel la solidarisation du premier substrat sur le substrat temporaire est mise en œuvre telle que la couche du deuxième matériau soit disposée entre la couche superficielle du premier substrat et le substrat temporaire.

- 15 Le procédé peut comporter en outre, avant la solidarisation du premier substrat sur le substrat temporaire, une réalisation de la couche du deuxième matériau sur la couche superficielle du premier substrat, et peut comporter en outre, entre les étapes de désolidarisation et de découpe, une élimination de la couche superficielle du premier substrat.

- 20 Le procédé est avantageusement mis en œuvre pour réaliser des substrats de grandes dimensions sur lesquels sont disposés des pavés d'InP ou tout autre matériau pour lequel la mise en œuvre de ce procédé est intéressante, par exemple tout matériau ne pouvant être obtenu directement sous la forme d'un substrat de grandes dimensions.

- 25 Le procédé peut être mis en œuvre pour réaliser des substrats de type InPOX, c'est-à-dire comportant des portions d'InP disposées sur une couche support, par exemple à base de silicium, avec une couche de collage disposée entre la couche support et les portions d'InP. La couche de collage peut comporter un matériau amorphe, par exemple de l'oxyde tel que de l'oxyde de silicium, ou par exemple du silicium amorphe.

- 30 Dans l'ensemble du document, le terme « sur » est utilisé sans distinction de l'orientation dans l'espace de l'élément auquel se rapporte ce terme. Par exemple, dans la caractéristique « sur une face du premier substrat », cette face du premier substrat n'est pas nécessairement orientée vers le haut mais peut correspondre à une face orientée selon n'importe quelle direction. En outre, la disposition d'un premier élément sur un deuxième élément doit être comprise comme pouvant correspondre à la disposition du premier élément

directement contre le deuxième élément, sans aucun élément intermédiaire entre les premier et deuxième éléments, ou bien comme pouvant correspondre à la disposition du premier élément sur le deuxième élément avec un ou plusieurs éléments intermédiaires disposés entre les premier et deuxième éléments.

5 BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres avantages, buts et caractéristiques particulières de la présente invention ressortiront de la description non limitative qui suit d'au moins un mode de réalisation particulier des dispositifs et procédés objets de la présente invention, en regard des dessins annexés, dans lesquels :

10 - les figures 1 à 7 représentent les étapes d'un procédé de réalisation d'un substrat comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche support d'un troisième matériau, objet de la présente invention, selon un premier mode de réalisation ;

15 - les figures 8 à 16 représentent les étapes d'un procédé de réalisation d'un substrat comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche support d'un troisième matériau, objet de la présente invention, selon un deuxième mode de réalisation ;

20 - les figures 17 à 23 représentent les étapes d'un procédé de réalisation d'un substrat comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche support d'un troisième matériau, objet de la présente invention, selon un troisième mode de réalisation ;

25 - les figures 24 à 31 représentent les étapes d'un procédé de réalisation d'un substrat comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche support d'un troisième matériau, objet de la présente invention, selon un quatrième mode de réalisation.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

30 Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

5 Un premier mode de réalisation d'un procédé de réalisation d'un substrat 100 comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche, ou substrat, support 104 d'un troisième matériau est décrit ci-dessous en lien avec les figures 1 à 7.

10 Ce procédé est mis en œuvre à partir d'un premier substrat 106 comprenant le premier matériau qui correspond par exemple à un matériau coûteux et/ou disponible uniquement sous la forme d'un substrat de faible diamètre, tel qu'un matériau III-V à base de GaAs, InP, GaN,... ou d'autres types de matériaux tels du LTO (oxyde de tantalate de lithium) et/ou du LNO (LaNiO_3) ou encore du SiC (carbure de silicium). Dans l'exemple de réalisation décrit, le premier matériau du premier substrat 106 (visible sur la figure 1) correspond à de
15 l'InP.

Le premier substrat 106 comporte par exemple un diamètre inférieur ou égal à 150 mm. Dans l'exemple de réalisation décrit, le premier substrat 106 a un diamètre égal à 100 mm.

20 Le premier substrat 106 est destiné à être solidarisé à un substrat temporaire 108 de même diamètre que celui du premier substrat 106. Dans l'exemple de réalisation décrit, cette solidarisation est obtenue par un collage direct entre des couches de collage formées au préalable sur le premier substrat 106 et le substrat temporaire 108. Ainsi, une première couche de collage 110, comprenant par exemple un matériau amorphe tel que de l'oxyde, notamment du SiO_2 , ou du silicium amorphe, est donc déposée sur le premier substrat 106,
25 du côté de la face du premier substrat 106 destinée à faire partie de la couche superficielle du substrat 100 qui sera obtenu à la fin du procédé.

Une implantation ionique est réalisée dans le premier substrat 106, à travers la première couche de collage 110. Les ions implantés dans le premier substrat 106 correspondent par exemple à des ions H^+ . Cette implantation ionique forme, au sein du
30 premier substrat 106, une interface, ou plan, de clivage 112 entre une première partie 114 du premier substrat 106 et une deuxième partie 116 du premier substrat 106 (voir figure 2). La

première partie 114 du premier substrat 106 forme une couche superficielle du premier substrat 106 sur laquelle est disposée la première couche de collage 110.

Préalablement à la solidarisation du premier substrat 106 au substrat temporaire 108, une deuxième couche de collage 118, comprenant par exemple un matériau amorphe tel que de l'oxyde, notamment du SiO_2 , ou du silicium amorphe, est déposée sur le substrat temporaire 108.

Le premier substrat 106 est ensuite solidarisé au substrat temporaire 108 tel que la couche superficielle du premier substrat 106, c'est-à-dire la première partie 114 du premier substrat 106, soit disposée entre le substrat temporaire 108 et la deuxième partie 116 du premier substrat 106 (voir figure 3). Dans l'exemple de réalisation décrit, cette solidarisation correspond à un collage direct oxyde – oxyde réalisé entre les première et deuxième couches de collage 110, 118.

Le substrat temporaire 108 comporte par exemple des dimensions similaires ou proches de celles du premier substrat 106. Dans le mode de réalisation décrit, le substrat temporaire 108 comporte un diamètre inférieur ou égal à 150 mm, et ici égal à 100 mm.

Dans l'exemple de réalisation décrit, le substrat temporaire 108 comporte du silicium. En variante, le substrat temporaire 108 peut comporter tout autre matériau présentant par exemple un CTE proche de celui matériau du premier substrat 106 et/ou peu coûteux, par exemple du verre.

En variante de l'exemple de réalisation décrit ici, il est possible que la solidarisation entre le premier substrat 106 et le substrat temporaire 108 soit obtenue en mettant en œuvre une technique de collage différente d'un collage direct oxyde/oxyde. Dans ce cas, les première et deuxième couches de collage 110, 118 peuvent ne pas être réalisées sur le premier substrat 106 et le substrat temporaire 108.

Une désolidarisation, au niveau de l'interface de clivage 112, de la deuxième partie 116 du premier substrat 106 vis-à-vis de l'ensemble comprenant au moins la première partie 114 du premier substrat 106 et le substrat temporaire 108, est ensuite mise en œuvre. Un traitement thermique peut être mis en œuvre au cours de cette désolidarisation. L'ensemble obtenu est représenté sur la figure 4 et comporte en outre, dans l'exemple de réalisation décrit, l'interface de collage formée par les première et deuxième couches de collage 110, 118. Le substrat obtenu est par exemple de type InPOSi (ou InP sur silicium).

La deuxième partie 116 du premier substrat 106 est ensuite recyclée pour être réutilisée ultérieurement lors de la réalisation d'un nouvel ensemble tel que représenté sur la figure 4. Par exemple, la face de la deuxième partie 116 du premier substrat 106 qui a été détachée de la première partie 114 peut être soumise à des étapes de polissage et nettoyage
5 afin que la deuxième partie 116 du premier substrat 106 puisse être utilisable pour la réalisation d'un nouvel ensemble tel que représenté sur la figure 4. De telles étapes de polissage et de nettoyage sont également mises en œuvre sur la première partie 114 du premier substrat 106.

A ce stade du procédé, dans une configuration particulière, il est possible de
10 mettre en œuvre, à partir de la couche superficielle formée par la première partie 114 du premier substrat 106 reportée sur le substrat temporaire 108, des étapes d'intégration classiquement réalisée dans le domaine des matériaux III-V (traitement thermique, épitaxie, nettoyage, CMP, etc...).

L'ensemble obtenu comportant au moins la première partie 114 du premier
15 substrat 106 et le substrat temporaire 108 est ensuite découpé en plusieurs portions, ou puces, 120 telles que chacune des portions 120 comporte au moins une partie de la couche superficielle du premier substrat 106, c'est-à-dire de la première partie 114 du premier substrat 106, et une partie du substrat temporaire 108. Dans l'exemple de réalisation décrit, chacune des portions 120 comporte également une partie de l'interface de collage formée par
20 les première et deuxième couches de collage 110, 118. Sur la figure 5, quatre portions 120 sont représentées. Chacune des portions 120 correspond par exemple à un pavé dont la section, dans un plan parallèle à la face de la première partie 114 du premier substrat 106 contre laquelle se trouve la première couche de collage 110, de forme rectangulaire. D'autres formes de portions 120 sont envisageables. En outre, les dimensions de chacune des portions
25 120 dépendent des applications envisagées pour le substrat 100, et sont notamment telles que les portions 120 puissent être ultérieurement manipulées lors d'étapes de type « pick and place » (par exemple comprises entre quelques millimètres et plusieurs centimètres).

La figure 5 montre également que le substrat temporaire 108 est découpé en
plusieurs parties, c'est-à-dire qu'il est intégralement traversé selon son épaisseur lors de la
30 découpe.

Les portions 120 sont ensuite solidarisées sur la couche support 104 telles que, pour chacune des portions 120, la partie de la première partie 114 du premier substrat 106

soit disposée entre la couche support 104 et la partie du substrat temporaire 108. Dans l'exemple de réalisation décrit, cette solidarisation est obtenue entre des couches de collage, correspondant par exemple à des couches d'oxyde permettant la mise en œuvre d'un collage direct, formées au préalable sur la première partie 114 du premier substrat 106 et la couche support 104. Ainsi, préalablement à cette solidarisation, une troisième couche de collage 122, correspondant par exemple à une couche de matériau amorphe tel que de l'oxyde, par exemple du SiO_2 , est donc déposée sur la première partie 114 du premier substrat 106, et une quatrième couche de collage 124, correspondant par exemple à une couche de matériau amorphe tel que de l'oxyde, par exemple du SiO_2 , est déposée sur la couche support 104. Les positions des portions 120 sur la couche support 104 ainsi que la densité avec laquelle les portions 120 sont reportées sur la couche support 104 dépendent des applications visées pour le substrat 100 obtenu à la fin du procédé.

Dans l'exemple de réalisation décrit, la couche support 104 correspond à un substrat dont le diamètre est supérieur à celui du premier substrat 106, par exemple supérieur ou égal à 200 mm. La couche support 104 comporte par exemple du silicium. En variante, la couche support 104 peut comporter un ou plusieurs matériaux différents du silicium, en fonction des applications visées pour le substrat 100 obtenu à la fin du procédé.

Un recuit de consolidation du collage réalisé entre les portions 120 et la couche support 104 peut être mis en œuvre.

Le substrat 100 est achevé en éliminant la partie du substrat temporaire 108 de chacune des portions 120. Dans l'exemple de réalisation décrit, les parties de l'interface de collage formées par les première et deuxième couches de collage 110, 118 et présentent dans chacune des portions 120 sont également supprimées. Cette élimination de matériau est par exemple réalisée en mettant en œuvre une étape de meulage (« grinding » en anglais) et/ou de CMP et/ou par gravure chimique en phase liquide ou plasma. Le substrat 100 obtenu est représenté sur la figure 7. Dans le substrat 100, les parties de la couche superficielle du premier substrat 106 (formée par la première partie 114 du premier substrat 106) présentes sur la couche support 104 (et également sur l'interface de collage formée par les troisième et quatrième couches de collage 122, 124) forment une couche superficielle du premier matériau du substrat 100.

Un deuxième mode de réalisation d'un procédé de réalisation d'un substrat 100 comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau

obtenu à partir du premier matériau, disposée sur la couche support 104 d'un troisième matériau est décrit ci-dessous en lien avec les figures 8 à 16.

Les étapes précédemment décrites en lien avec les figures 1 à 4 sont tout d'abord mises en œuvre, ces étapes étant représentées sur les figures 8 à 11. Le premier substrat 106, les couches de collage 110, 118 et le substrat temporaire 108 utilisés dans ce deuxième mode de réalisation sont par exemple similaires à ceux utilisés dans le premier mode de réalisation. A l'issue de ces étapes, l'ensemble obtenu comporte la première partie 114 du premier substrat 106 formant une couche superficielle disposée sur un substrat temporaire 108 et solidarisé à celui-ci par une interface de collage formée par les première et deuxième couches de collage 110, 118.

Une couche 126 d'au moins un deuxième matériau est réalisée ensuite sur la première partie 114 du premier substrat 106 (voir figure 12). Cette couche 126 est par exemple réalisée par épitaxie en utilisant la première partie 114 du premier substrat 106 comme substrat de croissance. Le deuxième matériau correspond à un matériau dont la structure cristallographique est en accord de maille avec celle du premier matériau de la première partie 114 du premier substrat 106. Lorsque le premier matériau correspond à de l'InP, le deuxième matériau correspond par exemple à un matériau III-V tel que de l'InGaP ou de l'InGaAs. La couche 126 peut également correspondre à un empilement de plusieurs matériaux différents, formant par exemple des dispositifs tels que des diodes, des capteurs, etc.

L'ensemble obtenu est ensuite découpé en plusieurs portions 120 telles que chacune des portions 120 comporte au moins une partie de la couche superficielle du premier substrat 106, c'est-à-dire de la première partie 114 du premier substrat 106, et une partie du substrat temporaire 108. Dans l'exemple de réalisation décrit, chacune des portions 120 comporte également une partie de l'interface de collage formée par les première et deuxième couches de collage 110, 118 et une partie de la couche 126 du deuxième matériau. Sur la figure 13, quatre portions 120 sont représentées. Chacune des portions 120 comporte une géométrie (forme, dimensions) par exemple similaire à celle précédemment décrite pour le premier mode de réalisation.

Les portions 120 sont ensuite solidarisées sur la couche support 104 telles que, pour chacune des portions 120, la partie de la couche 126 du deuxième matériau soit disposée entre la couche support 104 et la partie du substrat temporaire 108 (voir figure 14). Dans

l'exemple de réalisation décrit, cette solidarisation est obtenue entre des couches de collage, correspondant par exemple à des couches d'oxyde permettant la mise en œuvre d'un collage direct, formées au préalable sur la couche 126 du deuxième matériau et la couche support 104. Préalablement à cette solidarisation, une troisième couche de collage 122, 5 correspondant par exemple à une couche de matériau amorphe tel que de l'oxyde, par exemple du SiO_2 , est donc déposée sur la couche 126 du deuxième matériau, et une quatrième couche de collage 124, correspondant par exemple à une couche de matériau amorphe tel que de l'oxyde, par exemple du SiO_2 , est déposée sur la couche support 104. Les positions des portions 120 sur la couche support 104 ainsi que la densité avec laquelle les portions 120 sont 10 reportées sur la couche support 104 dépendent des applications visées pour le substrat 100.

La couche support 104 utilisée dans ce deuxième mode de réalisation est par exemple similaire à celle précédemment décrite en lien avec le premier mode de réalisation.

Un recuit de consolidation du collage réalisé entre les portions 120 et la couche support 104 peut être ensuite mis en œuvre.

15 La partie du substrat temporaire 108 de chacune des portions 120 est ensuite éliminée. Dans l'exemple de réalisation décrit, les parties de l'interface de collage formées par les première et deuxième couches de collage 110, 118 et présentent dans chacune des portions 120 sont également supprimées. Cette élimination de matériau est par exemple réalisée en mettant en œuvre une étape de meulage (« grinding » en anglais) et/ou de CMP 20 et/ou par gravure chimique en phase liquide ou plasma. La structure obtenue à ce stade est représentée sur la figure 15.

Le substrat 100 est achevé en supprimant les parties de la couche superficielle du premier substrat 106, c'est-à-dire de la première partie 114 du premier substrat 106, présentes sur les parties de la couche 126 du deuxième matériau. La couche 126 du deuxième 25 matériau peut être utilisée comme couche d'arrêt. Dans le substrat 100 obtenu visible sur la figure 16, les parties de la couche 126 du deuxième matériau présentes sur la couche support 104 (et également sur l'interface de collage formée par les troisième et quatrième couches de collage 122, 124) forment une couche superficielle du premier matériau du substrat 100.

En variante, il est possible de ne pas supprimer les parties de la couche 30 superficielle du premier substrat 106. Dans ce cas, le substrat 100 obtenu correspond à la structure visible sur la figure 15, et comprenant une couche superficielle formée par les parties

de la couche superficielle du premier substrat 106 et les parties de la couche 126 du deuxième matériau, c'est-à-dire comprenant les premier et deuxième matériaux.

Les différentes variantes de réalisation précédemment décrites pour le premier mode de réalisation peuvent s'appliquer également au deuxième mode de réalisation.

5 Un troisième mode de réalisation d'un procédé de réalisation d'un substrat 100 comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur la couche support 104 d'un troisième matériau est décrit ci-dessous en lien avec les figures 17 à 23.

10 Le procédé selon ce troisième mode de réalisation est mis en œuvre à partir du premier substrat 106 qui est par exemple similaire à celui précédemment décrit pour les premier et deuxième modes de réalisation (voir figure 17).

Contrairement aux premier et deuxième modes de réalisation précédemment décrits dans lesquels la première couche de collage 110 est réalisée directement sur le premier substrat 106 avant le report de ce dernier sur le substrat temporaire 108, la couche 126 du deuxième matériau est ici réalisée directement sur le premier substrat 106, par exemple par 15 épitaxie, du côté du premier substrat 106 destiné à former la première partie 114.

La couche 126 du deuxième matériau réalisée dans ce troisième mode de réalisation est par exemple similaire à celle précédemment décrite en lien avec le deuxième mode de réalisation. De même, le substrat temporaire 108 utilisé dans ce troisième mode de 20 réalisation est par exemple similaire à celui utilisé dans les premier et deuxième modes de réalisation précédemment décrits.

La première couche de collage 110 est ensuite réalisée sur la couche 126 du deuxième matériau, puis l'implantation ionique formant l'interface de clivage 112 séparant les première et deuxième parties 114, 116 du premier substrat 106 est mise en œuvre. 25 L'ensemble obtenu à ce stade du procédé est représenté sur la figure 18.

Préalablement à la solidarisation du premier substrat 106 au substrat temporaire 108, une deuxième couche de collage 118, correspondant par exemple à une couche de matériau amorphe tel que de l'oxyde, par exemple du SiO_2 , est déposée sur le substrat temporaire 108.

30 L'ensemble formé par le premier substrat 106, la couche 126 du deuxième matériau et la première couche de collage 110 est solidarisé au substrat temporaire 108 tel que la couche superficielle du premier substrat 106, c'est-à-dire la première partie 114 du

premier substrat 106, soit disposée entre le substrat temporaire 108 et la deuxième partie 116 du premier substrat 106, et que la couche 126 du deuxième matériau soit disposée entre la couche superficielle du premier substrat 106 et le substrat temporaire 108 (voir figure 19). Dans l'exemple de réalisation décrit, cette solidarisation correspond à un collage direct oxyde – oxyde réalisé entre les première et deuxième couches de collage 110, 118. Comme pour les premier et deuxième modes de réalisation, d'autres types de solidarisation sont possibles.

Une désolidarisation, au niveau de l'interface de clivage 112, de la deuxième partie 116 du premier substrat 106 vis-à-vis de l'ensemble comprenant la première partie 114 du premier substrat 106, la couche 126 du deuxième matériau et le substrat temporaire 108, est ensuite mise en œuvre. L'ensemble obtenu est représenté sur la figure 20 et comporte en outre, dans l'exemple de réalisation décrit, l'interface de collage formée par les première et deuxième couches de collage 110, 118.

L'ensemble obtenu est ensuite découpé en plusieurs portions 120 telles que chacune des portions 120 comporte au moins une partie de la couche superficielle du premier substrat 106, c'est-à-dire de la première partie 114 du premier substrat 106, et une partie du substrat temporaire 108. Dans l'exemple de réalisation décrit, chacune des portions 120 comporte également une partie de l'interface de collage formée par les première et deuxième couches de collage 110, 118 et une partie de la couche 126 du deuxième matériau. Sur la figure 21, quatre portions 120 sont représentées. Chacune des portions 120 comporte une géométrie (forme, dimensions) par exemple similaire à celle précédemment décrite pour le premier mode de réalisation.

Les portions 120 sont ensuite solidarisées sur la couche support 104 telles que, pour chacune des portions 120, la partie de la couche 126 du deuxième matériau soit disposée entre la couche support 104 et la partie du substrat temporaire 108. Dans l'exemple de réalisation décrit, cette solidarisation est obtenue entre des couches de collage, correspondant par exemple à des couches de matériau amorphe tel que de l'oxyde permettant la mise en œuvre d'un collage direct, formées au préalable sur la première partie 114 du premier substrat 106 et la couche support 104. Préalablement à cette solidarisation, une troisième couche de collage 122, correspondant par exemple à une couche d'oxyde telle que du SiO_2 , est donc déposée sur la première partie 114 du premier substrat 106, et une quatrième couche de collage 124, correspondant par exemple à une couche d'oxyde telle que du SiO_2 , est déposée sur la couche support 104. Les positions des portions 120 sur la couche

support 104 ainsi que la densité avec laquelle les portions 120 sont reportées sur la couche support 104 dépendent des applications visées pour le substrat 100. La structure obtenue à l'issue de cette solidarisation est représentée sur la figure 22. Comme pour les premier et deuxièmes modes de réalisation, d'autres types de solidarisation sont possibles.

5 La couche support 104 utilisée dans ce troisième mode de réalisation est par exemple similaire à celle précédemment décrite en lien avec les premier et deuxième modes de réalisation.

Un recuit de consolidation du collage réalisé entre les portions 120 et la couche support 104 peut être mis en œuvre.

10 La partie du substrat temporaire 108 de chacune des portions 120 est ensuite éliminée. Dans l'exemple de réalisation décrit, les parties de l'interface de collage formées par les première et deuxième couches de collage 110, 118 et présentent dans chacune des portions 120 sont également supprimées. Cette élimination de matériau est par exemple réalisée en mettant en œuvre une étape de meulage et/ou de CMP et/ou par gravure chimique en phase liquide ou plasma. Dans le substrat 100 obtenu visible sur la figure 23, les parties de la couche 126 du deuxième matériau et de la première partie 114 du premier substrat 106 présentes sur la couche support 104 (plus précisément sur l'interface de collage formée par les troisième et quatrième couches de collage 122, 124) forment une couche superficielle du substrat 100 comprenant le premier matériau et le deuxième matériau.

20 Les différentes variantes de réalisation précédemment décrites pour les premier et deuxième modes de réalisation peuvent s'appliquer également au troisième mode de réalisation.

Un quatrième mode de réalisation d'un procédé de réalisation d'un substrat 100 comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur la couche support 104 d'un troisième matériau, est décrit ci-dessous en lien avec les figures 24 à 31.

Les étapes précédemment décrites en lien avec les figures 17 à 20 sont tout d'abord mises en œuvre, ces étapes étant représentées sur les figures 24 à 27. Le premier substrat 106, les couches de collage 110, 118 et le substrat temporaire 108 utilisés dans ce quatrième mode de réalisation sont par exemple similaires à ceux utilisés dans les autres mode de réalisation. A l'issue de ces étapes, l'ensemble obtenu comporte la première partie 114 du premier substrat 106 et la couche 126 du deuxième matériau qui forment une couche

superficielle disposée sur le substrat temporaire 108 et solidarisé à celui-ci par l'interface de collage formée par les première et deuxième couches de collage 110, 118.

La première partie 114 du premier substrat 106 est ensuite retirée. Ce retrait peut être mis en œuvre en utilisant la couche 126 du deuxième matériau comme couche d'arrêt
5 (voir figure 28).

L'ensemble obtenu est ensuite découpé en plusieurs portions 120 telles que chacune des portions 120 comporte au moins une partie de la couche 126 du deuxième matériau et une partie du substrat temporaire 108. Dans l'exemple de réalisation décrit, chacune des portions 120 comporte également une partie de l'interface de collage formée par
10 les première et deuxième couches de collage 110, 118. Sur la figure 29, quatre portions 120 sont représentées. La forme et les dimensions des portions 120 sont par exemple similaires ou proches de celles décrites pour les précédents modes de réalisation.

Les portions 120 sont ensuite solidarisées sur la couche support 104 telles que, pour chacune des portions 120, la partie de la couche 126 du deuxième matériau soit disposée
15 entre la couche support 104 et la partie du substrat temporaire 108. Dans l'exemple de réalisation décrit, cette solidarisation est obtenue entre des couches de collage, correspondant par exemple à des couches d'oxyde permettant la mise en œuvre d'un collage direct, formées au préalable sur la couche 126 du deuxième matériau et la couche support 104. Préalablement à cette solidarisation, une troisième couche de collage 122,
20 correspondant par exemple à une couche d'oxyde telle que du SiO_2 , est donc déposée sur la couche 126 du deuxième matériau, et une quatrième couche de collage 124, correspondant par exemple à une couche d'oxyde telle que du SiO_2 , est déposée sur la couche support 104. Les positions des portions 120 sur la couche support 104 ainsi que la densité avec laquelle les portions 120 sont reportées sur la couche support 104 dépendent des applications visées pour
25 le substrat 100. La structure obtenue à l'issue de cette solidarisation est représentée sur la figure 30.

La couche support 104 utilisée dans ce quatrième mode de réalisation est par exemple similaire à celle précédemment décrite en lien avec les précédents modes de réalisation.

30 Un recuit de consolidation du collage réalisé entre les portions 120 et la couche support 104 peut être mis en œuvre.

La partie du substrat temporaire 108 de chacune des portions 120 est ensuite éliminée. Dans l'exemple de réalisation décrit, les parties de l'interface de collage formées par les première et deuxième couches de collage 110, 118 et présentent dans chacune des portions 120 sont également supprimées. Cette élimination de matériau est par exemple
5 réalisée en mettant en œuvre une étape de meulage et/ou de CMP et/ou par gravure chimique en phase liquide ou plasma. Dans le substrat 100 obtenu visible sur la figure 31, les parties de la couche 126 du deuxième matériau présentes sur la couche support 104 (plus précisément sur l'interface de collage formée par les troisième et quatrième couches d'oxyde 122, 124) forment une couche superficielle du substrat 100 comprenant le deuxième
10 matériau.

Les différentes variantes de réalisation précédemment décrites pour les premier, deuxième et troisième modes de réalisation peuvent s'appliquer également au quatrième mode de réalisation.

Dans les différents modes de réalisation précédemment décrits, la couche support
15 104 utilisée correspond à un substrat de matériau ne comportant pas d'éléments actifs, par exemple un substrat de silicium. En variante, il est possible que la couche support 104 corresponde à un substrat comprenant plusieurs matériaux, par exemple un substrat de type semi-conducteur sur isolant tel qu'un substrat SOI (silicium sur isolant), et/ou comportant des éléments ou composants actifs tels que des composants CMOS.

REVENDEICATIONS

- 5 1. Procédé de réalisation d'un substrat (100) comprenant une couche superficielle d'un premier matériau et/ou d'un deuxième matériau obtenu à partir du premier matériau, disposée sur une couche support (104) d'un troisième matériau, comportant au moins les étapes suivantes :
- implantation ionique dans un premier substrat (106) comprenant le premier
10 matériau, formant une interface de clivage (112) entre une première partie (114) du premier substrat (106) correspondant à une couche superficielle et une deuxième partie (116) du premier substrat (106) ;
 - solidarisation du premier substrat (106) sur un substrat temporaire (108) telle
15 que la couche superficielle du premier substrat (106) soit disposée entre le substrat temporaire (108) et la deuxième partie (116) du premier substrat (106) ;
 - désolidarisation, au niveau de l'interface de clivage (112), de la deuxième partie
(116) du premier substrat (106) vis-à-vis d'un ensemble comprenant au moins la couche superficielle du premier substrat (106) et le substrat temporaire (108) ;
 - découpe dudit ensemble en plusieurs portions (120) telles que chacune des
20 portions (120) comporte au moins une partie de la couche superficielle du premier substrat (106) et/ou une partie d'une couche du deuxième matériau (126) préalablement formée à partir de la couche superficielle du premier substrat (106), et une partie du substrat temporaire (108) ;
 - solidarisation de chacune des portions (120) sur la couche support (104) telle
25 que, pour chacune des portions (120), la partie de la couche superficielle du premier substrat (106) et/ou de la couche du deuxième matériau (126) soit disposée entre la couche support (104) et la partie du substrat temporaire (108) ;
 - élimination de la partie du substrat temporaire (108) de chacune des portions
(120), les parties de la couche superficielle du premier substrat (106) et/ou de la couche du
30 deuxième matériau (126) restantes sur la couche support (104) formant la couche superficielle du premier matériau et/ou du deuxième matériau.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le premier matériau correspond à au moins l'un des matériaux suivants : InP, GaAs, GaN, LTO, LNO, SiC, diamant.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le diamètre
5 du premier substrat (106) est égal à celui du substrat temporaire (108) et est inférieur ou égal à celui de la couche support (104).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre,
entre l'étape de désolidarisation et l'étape de découpe, une planarisation mécano-chimique
10 de faces de la deuxième partie (116) du premier substrat (106) et de la couche superficielle du premier substrat (106) issues de l'interface de clivage (112).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre :
- avant la solidarisation du premier substrat (106) sur le substrat temporaire (108),
15 une réalisation d'une première couche de collage (110) sur la couche superficielle du premier substrat (106), la solidarisation du premier substrat (106) sur le substrat temporaire (108) comportant un collage de la première couche de collage (110) contre une deuxième couche de collage (118) réalisée sur le substrat temporaire (108), et/ou

- avant la solidarisation de chacune des portions (120) sur la couche support (104),
20 une réalisation d'une troisième couche de collage (122) sur la couche superficielle du premier substrat (106) ou la couche du deuxième matériau (126), la solidarisation de chacune des portions (120) sur la couche support (104) comportant un collage de la troisième couche de collage (122) contre une quatrième couche de collage (124) réalisée sur la couche support (104).

25

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comportant en outre,
entre les étapes de désolidarisation et de découpe, une réalisation de la couche du deuxième
matériau (126) sur la couche superficielle du premier substrat (106), et dans lequel la
solidarisation de chacune des portions (120) sur la couche support (104) est mise en œuvre
30 telle que, pour chacune des portions (120), la partie de la couche du deuxième matériau (126) est disposée entre la couche support (104) et la partie de la couche superficielle du premier substrat (106).

7. Procédé selon la revendication 5, comportant en outre, après l'élimination de la partie du substrat temporaire (108) de chacune des portions (120), une élimination des parties de la couche superficielle du premier substrat (106) restantes sur la couche support
5 (104).

8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, comportant en outre, avant la solidarisation du premier substrat (106) sur le substrat temporaire (108), une réalisation de la couche du deuxième matériau (126) sur la couche superficielle du premier substrat (106), et
10 dans lequel la solidarisation du premier substrat (106) sur le substrat temporaire (108) est mise en œuvre telle que la couche du deuxième matériau (126) soit disposée entre la couche superficielle du premier substrat (106) et le substrat temporaire (108).

9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, comportant en outre, avant la solidarisation du premier substrat (106) sur le substrat temporaire (108), une réalisation de la couche du deuxième matériau (126) sur la couche superficielle du premier substrat (106), et
15 comportant en outre, entre les étapes de désolidarisation et de découpe, une élimination de la couche superficielle du premier substrat (106).