

(19)



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11)

CH 685 522 A5

(51)

Int. Cl.⁶:G 02 B
G 02 B6/30
6/42**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12)

FASCICULE DU BREVET A5

(21) Numéro de la demande: 2656/91

(22) Date de dépôt: 10.09.1991

(24) Brevet délivré le: 31.07.1995

(45) Fascicule du brevet
publié le: 31.07.1995

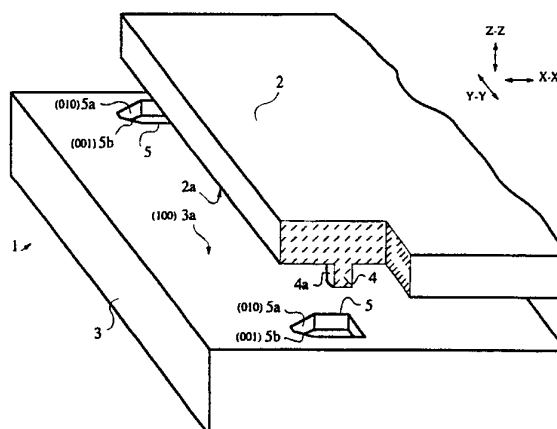
(73) Titulaire(s):

Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique
S.A., Neuchâtel 7

(72) Inventeur(s):

Parriaux, Olivier, Lausanne
Bergqvist, Johan Wilhelm, Neuchâtel**(54) Procédé pour positionner un premier substrat sur un second substrat et dispositif micromécanique de positionnement obtenu.**

(57) La présente invention se rapporte aux méthodes et aux dispositifs permettant de positionner deux substrats quelconques l'un par rapport à l'autre et concerne, plus particulièrement, un procédé de fabrication d'un dispositif micromécanique de positionnement d'un premier substrat (2) sur un second substrat (3) et le dispositif micromécanique de positionnement (1) obtenu.



Description

La présente invention se rapporte aux méthodes et aux dispositifs permettant d'orienter deux substrats quelconques l'un sur l'autre et concerne, plus particulièrement, un procédé pour positionner un premier substrat sur un second substrat et le dispositif micromécanique de positionnement obtenu.

Dans le domaine des dispositifs passifs de positionnement d'éléments pour la micromécanique, outre les performances mécaniques requises, ces dispositifs doivent répondre à des exigences de tailles, de précisions, de simplicité, de coûts et d'entretien.

On connaît déjà un grand nombre de dispositifs utilisés en micromécanique et permettant de résoudre les problèmes de positionnement entre éléments. On peut citer, par exemple, les connecteurs optiques et les commutateurs optiques de plus en plus utilisés dans le domaine des capteurs et des télécommunications, respectivement, et pour lesquels se pose le problème de l'alignement entre éléments optiques.

Edmond J. Murphy fait une revue, dans la publication «Fiber Attachment For Guided Wave Devices», Journal of Lightwave Technology, Vol. 6, No. 6, June 1988, pages 862 à 871, de l'état de la technique dans le domaine des méthodes et des dispositifs d'alignement de fibres optiques avec des guides d'ondes optiques intégrés. Ce document décrit, à la page 867 et à la fig. 9, une méthode et un dispositif micromécanique de positionnement d'un composant optique intégré plan sur un substrat plan. Le composant optique intégré est en verre ou en LiNbO_3 et comprend au moins un guide d'onde optique intégré et des premiers moyens de positionnement de type mâle. Ces premiers moyens de positionnement comportent au moins une face perpendiculaire au plan du composant optique intégré. Le substrat est en silicium et comprend des seconds moyens de positionnement de type femelle. Les premiers et les seconds moyens de positionnement sont tels qu'ils s'emboîtent les uns dans les autres.

Les six degrés de liberté dont est doté tout corps se déplaçant dans l'espace sont en général définis comme constitués de trois mouvements linéaires le long de trois axes orthogonaux X-X, Y-Y et Z-Z appelés communément mouvements longitudinal (axe X-X), latéral (axe Y-Y) et vertical (axe Z-Z), et de trois mouvements de rotation respectivement autour de ces axes appelés communément mouvements de roulis (axe X-X), de tangage (axe Y-Y) et de lacet (axe Z-Z).

Le procédé de l'art antérieur permet un positionnement automatique et un alignement supprimant quatre degrés de liberté auxdits substrats sur un total de six.

Conformément au procédé de l'art antérieur, le positionnement automatique du composant optique intégré plan sur un substrat plan est obtenu en disposant les moyens de positionnement de type mâle, de section longitudinale rectangulaire, à l'intérieur des moyens de positionnement de type femelle en forme de «V» gravés dans le substrat de sili-

cium. Puis, les deux substrats sont pressés l'un contre l'autre et glissés dans le plan de contact jusqu'à ce que les arêtes des moyens de positionnement de type mâle viennent en butée contre les flancs des moyens de positionnement de type femelle en forme de «V».

La publication de E.-J. Murphy, citée ci-dessus, montre comment positionner un composant optique selon une direction transverse et par rapport à un deuxième substrat. Le positionnement longitudinal du premier substrat est obtenu grâce à un troisième substrat fixé au deuxième substrat et venant en butée contre la face latérale de ce premier substrat.

Les inconvénients de ce procédé pour positionner deux substrats l'un sur l'autre et du dispositif obtenu sont cités ci-après.

Les moyens de positionnement de type mâle ont une très faible épaisseur, de l'ordre de 2 microns, car réalisés par attaque sèche d'une couche mince déposée sur le substrat du composant optique intégrée. Afin qu'ils puissent jouer leur rôle de butée mécanique, il est nécessaire de presser fortement les deux surfaces en contact, ce qui augmente la force nécessaire au glissement des deux substrats pour arriver en butée.

De plus, la faible largeur des moyens de positionnement de type mâle fait que le contact avec les flancs du «V» se fera à la base de celui-ci, c'est-à-dire là où il est mécaniquement le moins bien défini.

Les surfaces d'appui conjuguées des moyens de positionnement selon l'art antérieur sont données par l'intersection entre les arêtes des moyens de positionnement de type mâle et les flancs respectifs des moyens de positionnement de type femelle. Une telle structure d'une butée mécanique n'est pas judicieuse d'un point de vue mécanique car les arêtes peuvent se briser ou se déformer dans le cas d'un métal. De plus, la précision du positionnement relatif dépendra de l'épaisseur des moyens de positionnement de type mâle et de leur forme, caractéristiques pouvant ne pas être facilement reproductibles.

Le dispositif de l'art antérieur nécessite l'utilisation d'un troisième substrat dont la face latérale en butée avec la face latérale du premier substrat (le composant optique) définit la position longitudinale de ce premier substrat ainsi que sa position angulaire. Ces deux positions sont donc tributaires de la position longitudinale et angulaire du troisième substrat sur le deuxième substrat.

Aussi un but de la présente invention est-il un procédé pour positionner un premier substrat sur un second substrat et un dispositif micromécanique de positionnement ne présentant pas les inconvénients des procédés et des dispositifs de l'art antérieur.

Un autre but de l'invention est d'imposer à l'un des substrats, l'autre substrat étant pris comme référence, une position latérale et verticale unique, et de supprimer tout mouvement de roulis, de tangage et de lacet de ce même substrat vis-à-vis de l'autre.

Les caractéristiques de l'invention sont définies dans les revendications.

Un avantage du procédé pour positionner un premier substrat sur un second substrat et du dispositif micromécanique de positionnement obtenu par le procédé de l'invention est que les moyens de positionnement de type mâle peuvent avoir une épaisseur importante, de l'ordre de 30 à 100 μm . Par conséquent, il n'est pas nécessaire de presser très fortement les deux substrats pour que le rôle de butée mécanique soit joué par les moyens de positionnement de type mâle et femelle. Le glissement entre plans de contact peut ainsi être exécuté sans frottement important.

D'autres avantages de l'invention, du fait que les moyens de positionnement de type femelle ont des faces perpendiculaires au substrat, sont que:

- les surfaces d'appui conjuguées de la butée mécanique sont du type plan sur plan, les conditions d'appui mécanique sont alors meilleures, et
- la précision du positionnement relatif ne dépend pas de l'épaisseur des moyens de positionnement de type mâle, ni de la qualité de leurs arêtes.

D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante, description faite à titre purement illustratif et en relation avec les dessins joints dans lesquels:

La fig. 1 montre un dispositif micromécanique de positionnement d'un composant optique intégré plan sur un substrat plan de l'art antérieur cité ci-dessus.

La fig. 2 montre le dispositif micromécanique de positionnement obtenu par le procédé de l'invention.

Les fig. 3.a à 3.c montrent différents modes de réalisation de l'élément essentiel de l'invention que constitue la structure du type «tenon-mortaise».

La présente invention concerne en particulier un procédé pour positionner un premier substrat 2 sur un second substrat 3 consistant à réaliser des premiers moyens de positionnement 4 sur le premier substrat 2 et à réaliser des seconds moyens de positionnement 5 sur le second substrat 3.

Le premier substrat est en verre ou en LiNbO_3 , ou en tout autre matériau, et comprend des premiers moyens de positionnement 4 de type mâle. Ces premiers moyens de positionnement comportent au moins une face, ci-après appelée surface d'appui 4a, perpendiculaire au plan dudit premier substrat. Le second substrat est découpé dans un monocristal de silicium et comprend des seconds moyens de positionnement 5 de type femelle.

Selon le procédé de l'invention, le second substrat 3 est découpé dans un monocristal de silicium de telle manière que les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface 3a, ci-après appelée plan de contact, de ce second substrat sont (100). De plus, chaque second moyen de positionnement 5 de type femelle consiste en au moins une mortaise dont au moins une face, ci-après appelée surface d'appui 5a, est perpendiculaire au plan du second substrat et fait, de préférence, un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'axe longitudinal X-X' de ce second substrat. De plus, les indices de Miller du plan cris-

tallin défini par la surface d'appui 5a des seconds moyens de positionnement sont (010).

Dans le cas où les seconds moyens de positionnement 5 de type femelle comporteraient une seconde surface d'appui 5b également perpendiculaire au plan du second substrat, les indices de Miller du plan cristallin défini par cette seconde surface d'appui des seconds moyens de positionnement sont (001), de manière que ces deux surfaces d'appui soient orthogonales entre elles.

De façon moins spécifique que ce qui vient d'être défini ci-dessus, les indices de Miller de la famille de plans cristallins des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement sont {100}.

Toujours selon le procédé de l'invention, chaque premier moyen de positionnement 4 de type mâle consiste en au moins un tenon dont au moins une surface d'appui 4a perpendiculaire au plan du premier substrat est parallèle à l'une des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement, laquelle surface est perpendiculaire au plan dudit second substrat.

Le premier substrat 2 et le second substrat 3 sont disposés l'un sur l'autre, de manière que leurs plans de contact 2a, 3a respectifs soient en contact l'un avec l'autre.

Les premiers et seconds moyens de positionnement sont destinés à être engagés les uns dans les autres. Les moyens de positionnement de type femelle ont, avantageusement, des surfaces d'appui dont la profondeur est supérieure à l'épaisseur des moyens de positionnement de type mâle.

Selon l'invention, les premiers moyens de positionnement 4 de type mâle, à savoir: un ou, de préférence, deux tenons, sont réalisés à l'aide d'une technique de croissance d'une couche métallique sur le premier substrat 2.

Le ou les tenons réalisés dans le premier substrat sont obtenus à l'aide, par exemple, d'un procédé de croissance galvanique d'un matériau. Ces procédés de l'art antérieur sont utilisés pour la réalisation de microstructures tels, par exemple, des roues dentées de faible dimension, des enroulements métalliques ou des rainures à faces verticales dans lesquelles vient se loger l'extrémité de fibres optiques.

Un premier procédé de fabrication (cf. I. Milosevic et al. «Polyimide Enables High Lead Count TAB», Semiconductor International, October 1988, Cahners Publishing Company) du ou des tenons comporte principalement les étapes suivantes:

- dépôt sur le plan de contact 2a du premier substrat d'un film de résine polyimide photosensible négative d'environ 20 μm d'épaisseur ou plus;
- illumination du film de résine photosensible par projection à travers un masque approprié et à l'aide d'un «stepper»;
- développement de la résine;
- dissolution de la résine située à l'emplacement du ou des tenons;
- évaporation d'un film métallique sur ledit emplacement;
- croissance galvanique d'une couche métallique sur ledit film métallique; et
- dissolution de la résine restante.

Conformément au procédé de l'invention, ces étapes s'effectuent sur le plan de contact 2a du premier substrat.

Ladite croissance s'effectue sur ledit premier substrat de telle manière que le ou les tenons ainsi réalisés à la surface du premier substrat s'emboîtent dans la ou l'une des mortaises. La croissance de la couche métallique pour former le tenon est réalisée sur une épaisseur de l'ordre de 20 μm ou plus.

Un autre procédé de fabrication du ou des tenons est décrit, par exemple, dans la publication «Accuracy limits and potential applications of the LIGA technique in integrated optics», D. Münchmeyer et al., SPIE Volume 803, 2-3 April 1987, The Hague.

Les seconds moyens de positionnement 5 de type femelle, à savoir: une ou, de préférence, deux mortaises sont réalisées à l'aide d'une technique d'attaque planaire sur le second substrat 3, lequel est, par exemple, découpé dans un monocristal de silicium.

La ou les mortaises réalisées sur le second substrat sont obtenues à partir, par exemple, de l'un des procédés décrits dans la demande de brevet français No 82 02971.

Les procédés d'attaque cristallographique décrits dans ce brevet français No 82 02971 consiste de façon générale en une attaque chimique qui est préférentielle dans une certaine direction liée au plan cristallin. Les procédés d'attaque chimique de l'art antérieur sont utilisés pour la réalisation de sillons en forme de «V» dans lesquels viennent se loger l'extrémité de fibres optiques.

Selon l'un de ces procédés, un masque d'attaque chimique est réalisé sur le second substrat, à l'aide des étapes suivantes:

- on dépose une couche de résine photosensible sur la surface devant recevoir un masque d'attaque chimique;
- on réalise sur la couche de résine photosensible un photomasque ayant un schéma prédéterminé avec une partie transparente à la lumière et une partie opaque à la lumière;
- on expose le photomasque à la lumière et on développe le schéma;
- on enlève la partie transparente du photomasque et la couche de résine photosensible correspondante.

La mortaise est obtenue par attaque chimique du substrat découvert.

Conformément au procédé de l'invention, le masque d'attaque chimique est réalisé sur le plan de contact 3a du second substrat de manière que la ou les mortaises ainsi réalisées s'imbriquent dans le ou les tenons respectifs. De plus, la ou les surfaces d'appui 5a de la ou des mortaises font, de préférence, un angle de $\pm 45^\circ$ par rapport à l'axe longitudinal X-X du second substrat. L'attaque chimique pour former la ou les mortaises est effectuée sur une épaisseur de l'ordre de 20 μm ou plus.

Selon un deuxième procédé de fabrication décrit dans la demande de brevet français cité ci-dessus:

- on polit le plan de contact 3a du second substrat;
- on forme une couche de silice SiO_2 sur la surface polie;

– on réalise une couche de résine photosensible sur la couche de silice SiO_2 ou Si_3N_4 ;

– on réalise un masque d'attaque chimique ayant un schéma prédéterminé sur la couche de résine photosensible;

– on expose le masque d'attaque chimique à la lumière et on enlève la partie exposée

– on enlève la partie de la couche de silice correspondant à la partie exposée du masque d'attaque chimique;

– on soumet le substrat avec le schéma à une attaque chimique pour former une ou deux mortaises.

Conformément au procédé de l'invention, la surface polie sur laquelle est réalisé le masque d'attaque chimique est le plan de contact 3a du second substrat de manière que la ou les mortaises ainsi réalisées soient susceptibles de s'imbriquer dans les tenons respectifs. De plus, la ou les surfaces d'appui 5a de la ou des mortaises font un angle de $\pm 45^\circ$ par rapport à l'axe longitudinal X-X du second substrat. L'attaque chimique pour former chaque mortaise est réalisée sur une épaisseur de l'ordre de 20 μm ou plus.

Il ressort du procédé de l'invention que l'axe de symétrie de chaque tenon, et par suite la position du substrat, est défini de façon unique dans le plan du premier substrat. En effet, bien que les procédés de réalisation des tenons ne permettent pas d'obtenir des tenons de dimensions strictement préétablies, la position des axes de symétrie des tenons reste quant à elle parfaitement définie.

Il ressort également du procédé de l'invention que la position du plan de symétrie vertical des mortaises est également définie de façon unique par rapport à l'axe latéral Y-Y.

Une imprécision de la position des surfaces d'appui des mortaises selon l'axe longitudinal X-X est due au fait que l'attaque chimique dans la direction longitudinale X-X n'est pas autolimitée puisque dépendante de paramètres telles la durée de l'attaque chimique et la concentration des bains chimiques. Toutefois, du fait que cette dépendance est parfaitement connue par l'homme du métier, les procédés de réalisation des mortaises permettent d'obtenir des surfaces d'appui 5a dont la position selon l'axe longitudinal X-X peut être strictement préétablie.

Il résulte de ce qui précède que l'axe de symétrie des premiers moyens de positionnement est, après positionnement du premier substrat sur le second, dans le plan de symétrie vertical des seconds moyens de positionnement.

La fig. 1 montre le dispositif micromécanique de positionnement d'un composant optique intégré plan sur un substrat plan de l'art antérieur décrit par E.-J. Murphy et cité dans le préambule de la description.

Le dispositif micromécanique de positionnement obtenu par le procédé de l'invention est représenté à la fig. 2.

L'ensemble des trois axes orthogonaux X-X, Y-Y, Z-Z est symbolisé par des flèches sur les fig. 2 et 3.

L'invention porte également sur un dispositif micromécanique de positionnement d'un premier

substrat 2 et d'un second substrat 3, le premier substrat comprenant des premiers moyens de positionnement 4 de type mâle, lesquels comportent au moins une surface d'appui 4a perpendiculaire au plan du premier substrat, et le second substrat comprenant des seconds moyens de positionnement 5 de type femelle, les premiers moyens de positionnement étant disposés face aux seconds moyens de positionnement.

Conformément à l'invention, le second substrat 3 est découpé dans un monocristal de silicium de telle manière que les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface 3a, ci-après appelée plan de contact, de ce second substrat sont (100). De plus, chacun des seconds moyens de positionnement 5 de type femelle consiste en au moins une mortaise dont au moins une surface d'appui 5a est perpendiculaire au plan de contact 3a du second substrat 3 et fait un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'axe longitudinal X-X du second substrat. De plus, les indices de Miller du plan cristallin défini par la surface d'appui 5a des seconds moyens de positionnement sont (010).

Dans le cas où les seconds moyens de positionnement 5 de type femelle comporteraient une seconde surface d'appui 5b également perpendiculaire au plan du second substrat, les indices de Miller du plan cristallin définis par cette seconde surface d'appui des seconds moyens de positionnement sont (001), de manière que ces deux surfaces d'appui soient orthogonales entre elles.

De façon moins spécifique que ce qui vient d'être défini ci-dessus, les indices de Miller de la famille de plans cristallins des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement sont {100}.

Toujours selon l'invention, chacun des premiers moyens de positionnement 4 de type mâle consiste en au moins un tenon dont au moins une surface d'appui 4a est perpendiculaire au plan de contact 2a du premier substrat 2 et est parallèle à au moins une des surfaces d'appui 5a des seconds moyens de positionnement, de manière à définir une position latérale unique de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence, par la formation, de préférence, d'un jeu 4a, 5a ou 4b, 5b ou de deux jeux 4a, 5a et 4b, 5b de surfaces d'appui conjuguées.

En d'autres termes, dans le dispositif micromécanique de positionnement obtenu, la position latérale (c'est-à-dire transversalement par rapport à l'axe longitudinal X-X) de l'un des substrats, l'autre substrat étant pris comme référence, est unique. Une telle position est définie par au moins un jeu de surfaces d'appui conjuguées 4a, 5a, 4b, 5b appartenant aux premiers et seconds moyens de positionnement.

De plus, l'un des plans de contact 2a est maintenu, par tout moyen approprié, sur le plan de contact restant 3a, de manière à définir une position verticale unique et à supprimer les mouvements de roulis, de tangage et de lacet de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence.

En d'autres termes, dans un tel dispositif, la position verticale (c'est-à-dire le long de l'axe vertical Z-Z) de ce même substrat, l'autre substrat étant

pris comme référence, est unique. Une telle position est définie par les surfaces d'appui conjuguées, constituées des plans de contact 2a, 3a des premier et second substrats.

Ces surfaces d'appui conjuguées 2a, 3a permettent donc de supprimer les mouvements de roulis, de tangage et de lacet de ce même substrat.

Les surfaces d'appui conjuguées et les plans de contact définis ci-dessus sont représentés soit à la fig. 2, soit aux fig. 3.a à 3.c.

Les fig. 3.a à 3.c montrent différents modes de réalisation de l'élément essentiel de l'invention que constitue la structure du type «tenon-mortaise» 4, 5.

Dans une première réalisation (fig. 3.a) les deux tenons 4 réalisés sur le premier substrat 2 sont triangulaires et comportent chacun deux surfaces d'appui planes 4a, 4b. Les deux mortaises 5 obtenues sur le second substrat 3 ont une base, par exemple rectangulaire ou carrée, prolongée par un triangle isocèle dont les deux côtés égaux constituent, pour chaque mortaise, deux surfaces d'appui planes 5a, 5b. Après positionnement du premier substrat sur le second substrat, ou encore lorsque les plans de contact 2a, 3a des substrats respectifs sont maintenus dans un même plan, les surfaces d'appui conjuguées 4a, 5a; 4b, 5b définissent deux jeux de surfaces d'appui conjuguées.

Dans une deuxième réalisation (fig. 3.b) les deux tenons 4 réalisés sur le premier substrat 2 sont cylindriques et comportent chacun deux surfaces d'appui bombées 4a, 4b. Les deux mortaises 5 obtenues sur le second substrat 3 sont identiques à celles décrites précédemment. Après positionnement du premier substrat sur le second substrat, les surfaces d'appui conjuguées sont en contact entre elles et définissent également deux jeux de lignes d'appui conjuguées 4a, 5a et 4b, 5b. Dans le cas présent, les lignes d'appui conjuguées sont des génératrices perpendiculaires au plan de contact des substrats.

Dans chacune des réalisations précédentes, le nombre de jeux de surfaces d'appui conjuguées 4a, 5a; 4b, 5b, est fonction, d'une part, du nombre d'éléments du type «tenon-mortaise» réalisés et, d'autre part, de la forme des tenons et des mortaises constituant ces éléments. Le positionnement entre substrats est optimal lorsqu'il n'existe qu'un seul jeu de surfaces d'appui conjuguées, lesdites surfaces étant séparées les unes des autres transversalement par rapport à l'axe longitudinal X-X des substrats. La fig. 3.c montre une troisième réalisation de l'élément «tenon-mortaise» comportant un seul jeu de surfaces d'appui conjuguées, séparées les unes des autres transversalement par rapport à l'axe longitudinal X-X.

Compte tenu de ce qui précède, il est clair que les réalisations de l'élément «tenon-mortaise» ne se limitent pas à celles présentées ci-dessus. De manière générale, les moyens de positionnement consistent en au moins un tenon, par exemple en forme de demi-cylindre, comportant au moins une surface ou ligne d'appui, combiné à une mortaise comportant au moins une surface ou ligne d'appui.

Les surfaces ou lignes d'appui des seconds

moyens de positionnement sont séparées les unes des autres transversalement et/ou longitudinalement par rapport à l'axe longitudinal X-X et/ou transversal Y-Y, respectivement.

Bien que la présente invention ait été décrite dans le cadre d'exemples de réalisation particuliers, il est clair, cependant qu'elle est susceptible de modifications ou de variantes sans sortir de son domaine.

En particulier, le second substrat peut encore être découpé dans un monocristal de silicium de telle manière que les indices de Miller du plan cristallin défini par le plan de contact de ce second substrat sont, par exemple, (110).

Les indices de Miller des plans cristallins définis par les surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement de type femelle, peuvent encore être {111}.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un dispositif micromécanique de positionnement d'un premier substrat (2) sur un second substrat (3), comprenant les étapes consistant à réaliser:

- sur le premier substrat (2), des premiers moyens de positionnement (4) de type mâle, lesquels comportent au moins une face perpendiculaire au plan de contact dudit premier substrat et
- sur le second substrat (3), des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle, de manière que lesdits premiers moyens de positionnement soient disposés face auxdits seconds moyens de positionnement, le procédé étant caractérisé en ce que:

- les premiers (4) moyens de positionnement sont réalisés par croissance galvanique d'un matériau,
- les seconds (5) moyens de positionnement sont réalisés par des procédés photolithographiques,
- chaque second moyen de positionnement (5) de type femelle consiste en au moins une mortaise dont au moins une surface d'appui (5a, 5b) est perpendiculaire au plan de contact (3a) dudit second substrat (3) et fait un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'axe longitudinal X-X dudit second substrat,

- chaque premier moyen de positionnement (4) de type mâle consiste en au moins un tenon dont au moins une ligne ou surface d'appui (4a, 4b) est perpendiculaire au plan de contact (2a) dudit premier substrat (2) et est parallèle à au moins une desdites surfaces d'appui (5a) desdits seconds moyens de positionnement, de manière à définir une position latérale unique de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence, par la formation d'au moins un jeu de surfaces/lignes d'appui conjuguées (4a, 5a ou 4b, 5b), et

- l'un des plans de contact (2a) est maintenu sur le plan de contact restant (3a), de manière à définir une position verticale unique et à supprimer les mouvements de roulis, de tangage et de lacet de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel: – le premier substrat (2) est en verre ou en LiNbO_3 et

– le second substrat (3) est en silicium dont les indices de Miller du plan cristallin défini par le plan de contact (3a) sont (100) ou (110).

3. Procédé selon la revendication 2, dans lequel les indices de Miller de la famille de plans cristallins définis par les surfaces d'appui (5a, 5b) des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont {100} ou {111}.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel: – les indices de Miller de la famille de plans cristallins définis par les surfaces d'appui (5a, 5b) des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont {100} et

– les indices de Miller du plan cristallin défini par l'une (5a) des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont (010), les indices de Miller du plan cristallin défini par l'autre surface d'appui (5b), si elle existe, sont (001).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les surfaces/lignes d'appui (4a, 4b) des seconds moyens de positionnement (4) sont séparées les unes des autres transversalement et/ou longitudinalement par rapport à l'axe longitudinal X-X et/ou transversal Y-Y, respectivement.

6. Dispositif micromécanique de positionnement (1) d'un premier substrat (2) sur un second substrat (3), ledit premier substrat comprenant des premiers moyens de positionnement (4) de type mâle, lesquels comportent au moins une face perpendiculaire au plan de contact dudit premier substrat, et ledit second substrat comprenant des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle, lesdits premiers moyens de positionnement étant disposés face auxdits seconds moyens de positionnement, caractérisé en ce que:

- les premiers (4) moyens de positionnement sont réalisés par croissance galvanique d'un matériau,
- les seconds (5) moyens de positionnement sont réalisés par des procédés photolithographiques,
- chaque second moyen de positionnement (5) de type femelle consiste en au moins une mortaise dont au moins une surface d'appui (5a, 5b) est perpendiculaire au plan de contact (3a) dudit second substrat (3) et fait un angle de $\pm 45^\circ$ avec l'axe longitudinal X-X dudit second substrat,

- chaque premier moyen de positionnement (4) de type mâle consiste en au moins un tenon dont au moins une ligne ou surface d'appui (4a, 4b) est perpendiculaire au plan de contact (2a) dudit premier substrat (2) et est parallèle à au moins une desdites surfaces d'appui (5a) desdits seconds moyens de positionnement, de manière à définir une position latérale unique de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence, par la formation d'au moins un jeu de surfaces/lignes d'appui conjuguées (4a, 5a ou 4b, 5b), et

- l'un des plans de contact (2a) est maintenu sur le plan de contact restant (3a), de manière à définir une position verticale unique et à supprimer les mouvements de roulis, de tangage et de lacet de l'un des substrats, l'autre étant pris comme référence.

7. Dispositif selon la revendication 6, dans lequel:

– le premier substrat (2) est en verre ou en LiNbO_3 et

– le second substrat (3) est en silicium dont les indices de Miller du plan cristallin défini par le plan de contact (3a) sont (100) ou (110).

5

8. Dispositif selon la revendication 7, dans lequel les indices de Miller de la famille de plans cristallins définis par les surfaces d'appui (5a, 5b) des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont {100} ou {111}.

10

9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel:

– les indices de Miller de la famille de plans cristallins définis par les surfaces d'appui (5a, 5b) des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont {100} et

15

– les indices de Miller du plan cristallin défini par l'une (5a) des surfaces d'appui des seconds moyens de positionnement (5) de type femelle sont (010), les indices de Miller du plan cristallin défini par l'autre surface d'appui (5b), si elle existe, sont (001).

20

10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 6 à 9, dans lequel les surfaces/lignes d'appui (4a, 4b) des seconds moyens de positionnement (4) sont séparées les unes des autres transversalement et/ou longitudinalement par rapport à l'axe longitudinal X–X et/ou transversal Y–Y, respectivement.

25

30

35

40

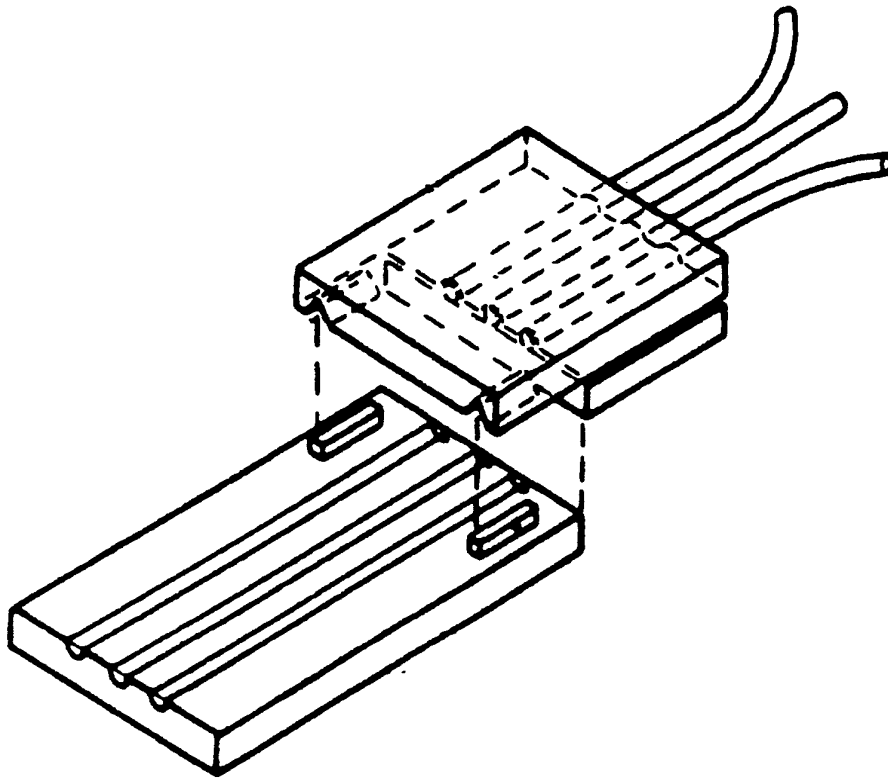
45

50

55

60

65



ART ANTERIEUR
FIG. 1

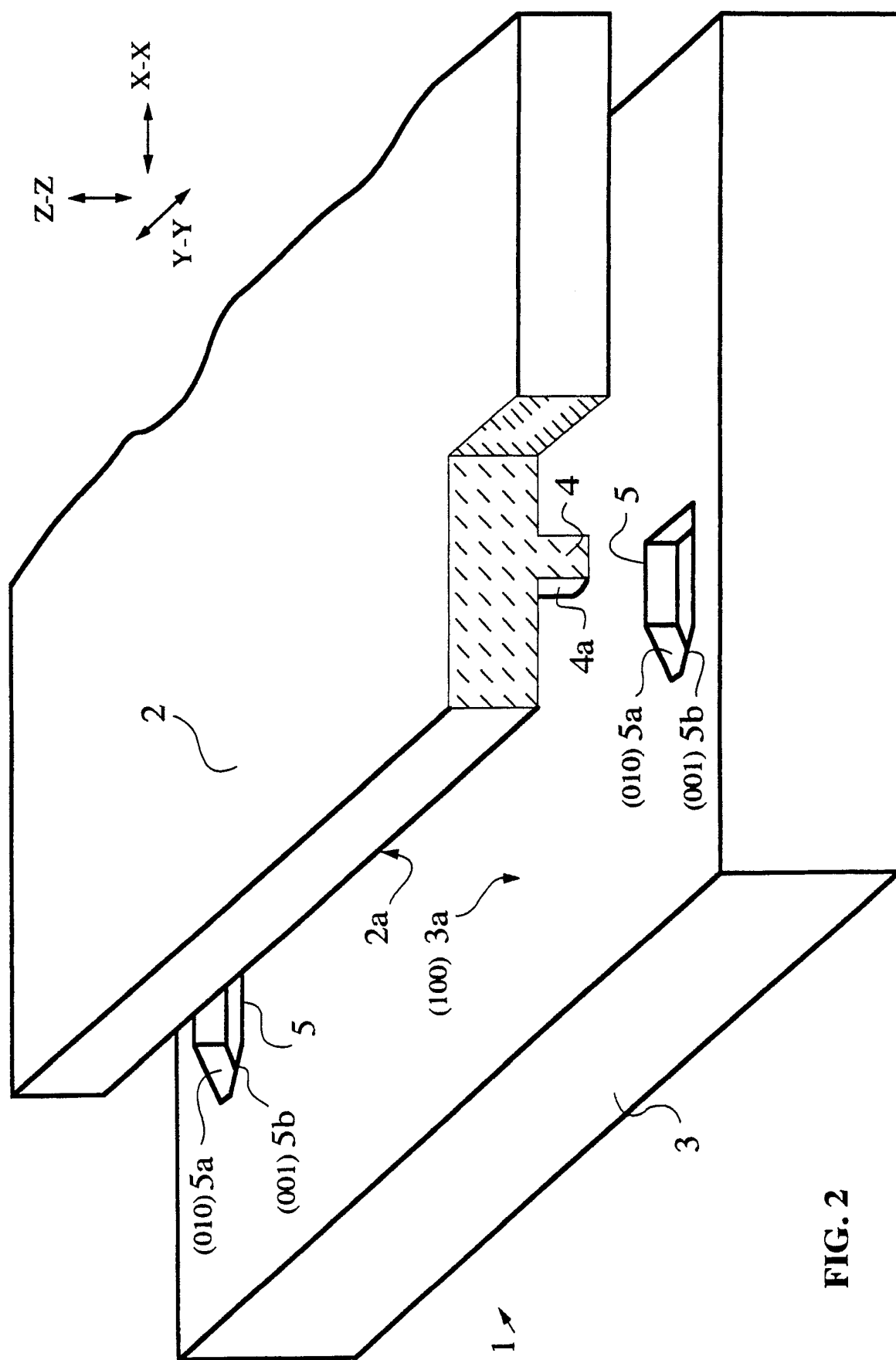


FIG. 2

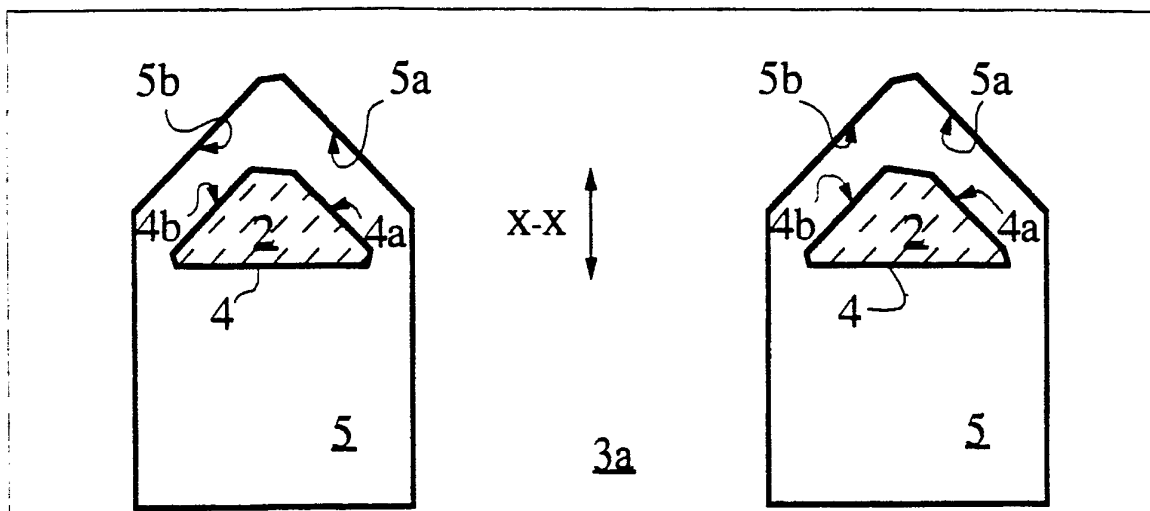


FIG. 3.a

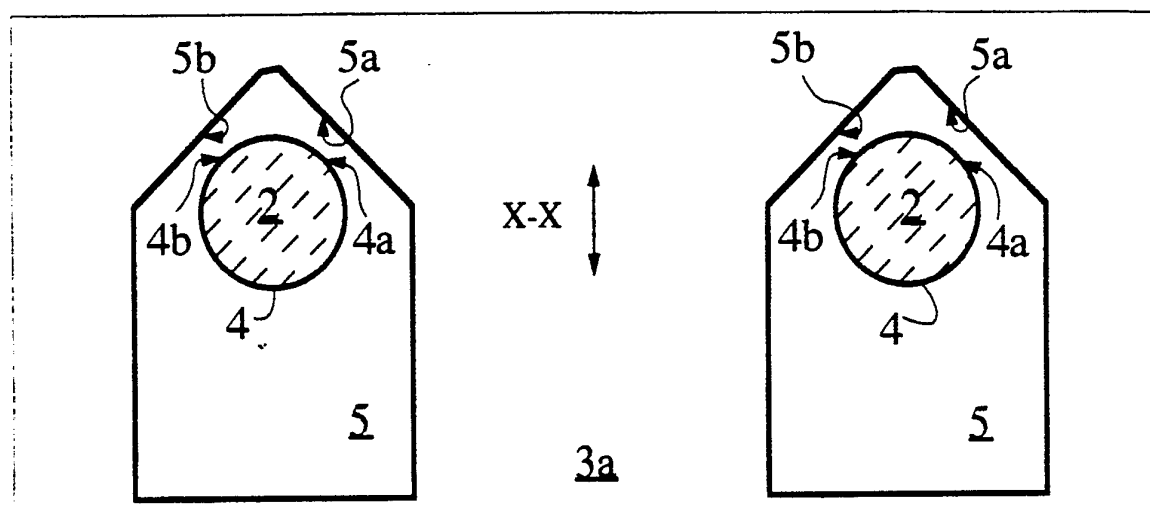


FIG. 3.b

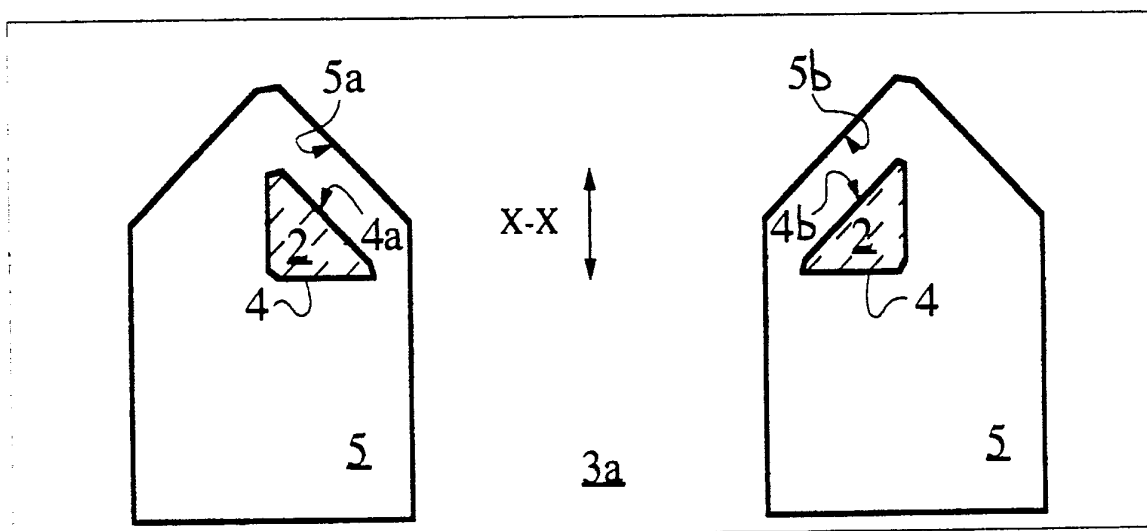


FIG. 3.c