

(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
19 avril 2001 (19.04.2001)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 01/27672 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷: G02B 6/30

(21) Numéro de la demande internationale:
PCT/FR00/02825

(22) Date de dépôt international:
11 octobre 2000 (11.10.2000)

(25) Langue de dépôt: français

(26) Langue de publication: français

(30) Données relatives à la priorité:
99/13154 12 octobre 1999 (12.10.1999) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US): HIGH-
WAVE OPTICAL TECHNOLOGIES [FR/FR]; Espace
Pegase, 11, rue de Broglie, F-22300 Lannion (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement): PORTE,

Henri [FR/FR]; 11, rue des Véroniques, F-25770
Serre-les-Sapins (FR). DE LABACHELERIE, Michel
[FR/FR]; 5, rue du Château, F-25410 Ferrières les Bois
(FR). JEANNOT, Jean-Claude [FR/FR]; 61, avenue
Georges Clémenceau, F-25000 Besançon (FR). ARM-
BRUSTER, Vincent [FR/FR]; 29E, rue Brulard, F-25000
Besançon (FR). KAOU, Neila [FR/FR]; 19, boulevard
Léon Blum, F-25000 Besançon (FR). MOLLIER, Pascal
[FR/FR]; 7d, rue des Granges, F-25000 Besançon (FR).
DEVOLDERE, Nicole [FR/FR]; 45, route de Leur Min,
F-22710 Penvenan (FR).

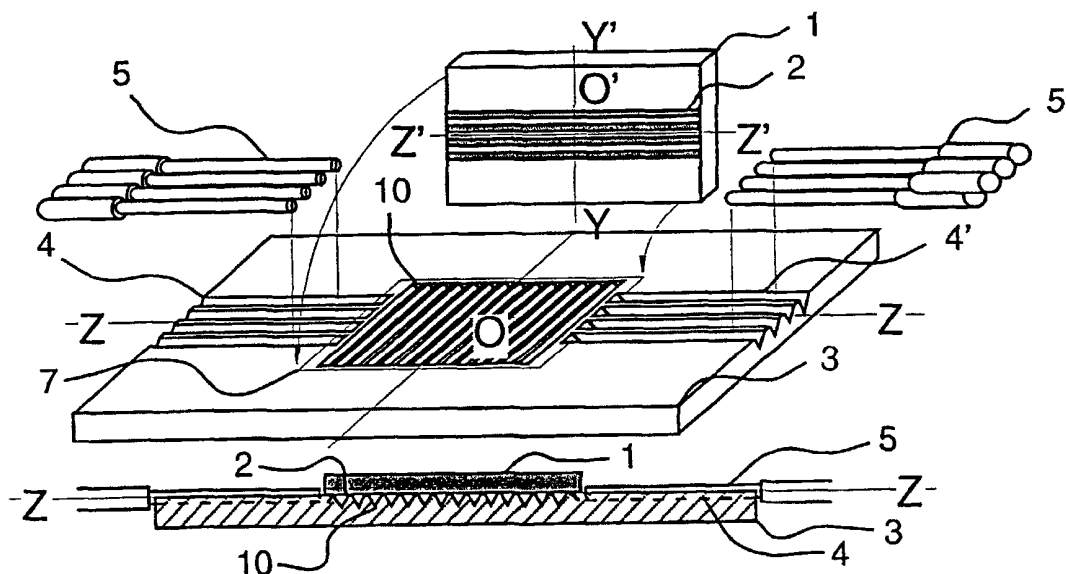
(74) Mandataires: MARTIN, Jean-Jacques etc.; Cabinet
Regimbeau, 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17
(FR).

(81) États désignés (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE,
DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,
ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ADJUSTING ASSEMBLY OF A MINIATURE OPTICAL COMPONENT FORMED BY TRANSFERRING AN OPTICAL INTEGRATED CIRCUIT CHIP ONTO AN OPTICAL FIBRE CONNECTION PLATFORM

(54) Titre: AJUSTEMENT DE L'ASSEMBLAGE D'UN COMPOSANT OPTIQUE MINIATURE FORME PAR REPORT D'UNE PUCE DE CIRCUIT INTEGRE OPTIQUE SUR UNE PLATE-FORME DE CONNEXION DE FIBRES OPTIQUES



(57) Abstract: The invention concerns a miniature optical component formed by transferring a chip (1) comprising axial (ZZ) optical waveguides (2), onto a platform (3) recessed with axial grooves (4, 4') for positioning optical fibres (5, 5'). The invention is characterised in that a portion of the platform surface corresponding to the site (7) for transferring the chip, is recessed with at least a series of parallel grooves alternating with interposed ridges having a reduced planar summit surface. The recessed grooves (10) at the site (7) for the chip are preferably transverse.

[Suite sur la page suivante]



WO 01/27672 A1



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

- (84) États désignés (*régional*): brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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.

(57) **Abrégé:** L'invention est réalisée avec un composant optique miniature formé par report d'une puce (1) comportant des guides (2) d'ondes optiques axiaux (ZZ), sur une plate-forme (3) creusée de sillons (4, 4') axiaux de positionnement de fibres optiques (5, 5'). Selon l'invention, une portion de surface de la plate-forme correspondant à l'emplacement (7) de report de la puce, est creusée par au moins une série (10) de sillons parallèles alternant avec des crêtes intercalaires ayant une surface sommitale plane réduite. Les sillons (10) creusés à l'emplacement (7) de la puce, sont de préférence transversaux.

**AJUSTEMENT DE L'ASSEMBLAGE D'UN COMPOSANT OPTIQUE MINIATURE
FORME PAR REPORT D'UNE PUCE DE CIRCUIT INTEGRE OPTIQUE
SUR UNE PLATE-FORME DE CONNEXION DE FIBRES OPTIQUES**

La présente invention concerne le domaine des circuits intégrés optiques et plus particulièrement les composants optiques miniatures formés par report d'une puce de substrat comportant des guides d'ondes optiques sur une plate-forme creusée de sillons de positionnement et de couplage de fibres optiques.

On sait de longue date réaliser des circuits intégrés optiques (en anglais "Integrated Optic Circuits", abrégé I.O.C.) en implantant un circuit de guides d'ondes microscopiques et d'éléments optiques fonctionnels sur une plaque miniature de substrat appelée "puce" (en anglais "chip").

Les développements récents des circuits intégrés optiques permettent d'incorporer de multiples éléments optiques (réseaux, miroirs, etc.) et d'associer diverses fonctions photoniques (émetteurs, détecteurs, diodes, lasers, etc.) ou électro-optiques (modulateurs, coupleurs, etc.) dans une puce miniature qui constitue alors quasiment un mini-banc optique.

L'utilisation de circuits intégrés optiques intéresse considérablement les réseaux de télécommunications par fibres optiques. Il est notamment envisagé d'incorporer, à l'aide de circuits intégrés optiques, des fonctions de traitement de signaux au niveau des lignes de communication elles-mêmes. Les circuits intégrés optiques sont ainsi appelés à remplir des fonctions de traitement en ligne, telles que des fonctions de routage, de multiplexage, de dé-multiplexage, de modulation, de commutation ou d'amplification de signaux optiques.

L'obstacle principal au développement des circuits intégrés optiques dans les réseaux de communication par fibres optiques est le problème technique du couplage entre les fibres de verre optiques et les guides d'ondes de circuit intégré optique.

5 Les guides d'ondes et les fibres optiques ont en effet un coeur, c'est-à-dire une partie axiale active optiquement, dont les dimensions sont microscopiques, et plus précisément, d'ordre micrométrique, voire submicrométrique, selon les technologies d'implantation.

10 Il existe des méthodes manuelles de fixation individuelle d'une fibre dans l'axe d'un guide après positionnement, réglage et ajustement sur banc de mesure optique avec un dispositif de déplacement micrométrique mécanique ou piézo-électrique. Mais ces méthodes de précision mises en oeuvre en laboratoire sont
15 dispendieuses en temps et en coût d'ajustement, si bien qu'elles ne sont pas applicables industriellement. En outre, ces méthodes ne permettent guère d'envisager la connexion d'une pluralité de fibres optiques à un circuit intégré optique.

On connaît des techniques d'alignement automatique d'une
20 série de fibres optiques et de guides d'ondes de circuit intégré optique qui permettent une fabrication de série, tout en offrant une bonne qualité de couplage entre les fibres et les guides. Ces techniques d'auto-alignement font appel à un principe de report d'une puce active optiquement sur une autre puce inactive de
25 support de fibres optiques, connu sous la terminologie anglaise de "flip-chip".

Les techniques éprouvées de "flip-chip" prévoient ainsi :

- d'une part, d'implanter un circuit intégré optique, en traçant des guides d'ondes optiques sur une première puce en substrat,
30 les guides d'ondes se prolongeant directionnellement jusqu'au deux bords opposés de la puce,
- d'autre part, de réaliser une plate-forme de support en creusant à la surface d'une seconde puce en substrat, une série de sillons directionnels profilés en forme de lettre V. Ceci
35 permet de disposer la série de fibres optiques en nappe plane,

chaque fibre reposant au creux du V d'un sillon respectif, le coeur, c'est-à-dire l'axe de la fibre, affleurant au dessus de la surface de la plate-forme,

5 - ensuite la première puce de circuit intégré optique est reportée sur la seconde puce de plate-forme support, la face de la première puce comportant les guides d'ondes venant s'appliquer contre la surface de plate-forme de la seconde puce, en faisant correspondre axialement les fibres avec les guides.

10 Le substrat de la puce de support des fibres optiques est généralement du silicium, matériau dont la structure cristalline a l'intérêt de permettre un usinage ou clivage suivant des plans orthogonaux ou bien obliques, ce qui permet notamment de graver des sillons à profil en V.

15 Par contre, le substrat de la puce de circuit intégré optique n'est pas nécessairement du silicium, ni même un semi-conducteur les techniques de "flip-chip" ayant l'intérêt de permettre l'hybridation de deux puces de substrats différents. Le substrat d'une puce optique peut être notamment, selon l'état de la technique, du silicium (Si), du germanium (Ge), de l'arséniure de gallium (AsGa), du phosphore d'indium (InP), du niobate de lithium (LiNbO₃) ou du verre, voire des polymères. Le substrat de la puce optique peut ainsi être un corps semi-conducteur ou isolant, les propriétés électriques n'étant pas primordiales
20 comme dans les circuits électroniques.

Les techniques de "flip-chip" permettent d'automatiser la connexion d'une série de fibres à un circuit intégré optique en fournissant un excellent couplage entre les fibres et les guides d'ondes du circuit, car tous les degrés de liberté axiaux et
30 angulaires pour l'alignement sont contrôlés, à l'exception du positionnement transversal de la puce par rapport à la plate-forme.

Par ailleurs, nous avons développé et fait état de systèmes d'assemblage d'une puce sur une plate-forme, dans lesquels il est
35 prévu de disposer des microstructures d'assemblage

complémentaires, mâles et femelles, à la surface de la puce et de la plate-forme, ce qui permet de maîtriser le positionnement transversal, dernier degré de liberté, et ce qui donne un auto-alignement passif complet des guides avec les fibres.

5 Il convient de se référer au document de brevet FR-A-99 05587, au nom de la demanderesse, pour de plus amples détails de description de ces techniques perfectionnées de "flip-chip" et des structures et procédés d'assemblage d'une puce sur une plate-forme de connexion de fibres optiques, pour former un
10 composant optique miniature.

Lors du report de la puce optique sur la plate-forme de support, le plan optique axial des guides d'ondes doit correspondre avec le plan axial des fibres optiques pour que la transmission optique puisse être parfaite.

15 Selon les technologies d'implantation mises en oeuvre, les puces optiques peuvent comporter des guides d'ondes en relief ou affleurant à la surface de la puce, voire des guides d'ondes internes "enterrés" dans l'épaisseur de la puce. De plus, le coeur axial, vecteur optique, des guides d'ondes est recouvert
20 d'une couche de matériau de réfraction, d'indice élevé pour confiner la lumière au coeur du guide.

Le plan optique axial des guides est donc décalé en hauteur par rapport à la surface de référence formée par la surface de la puce ou par la surface sommitale du relief des guides d'ondes,
25 surface de référence qui vient en contact contre la surface de la plate-forme lors du report. Dans les techniques de "flip-chip", il est donc prévu d'ajuster la profondeur des sillons pour décaler la hauteur du plan axial des fibres optiques afin de correspondre exactement au plan optique axial des guides d'ondes
30 en relief ou sous-jacents à la surface de la puce.

Dans les techniques de "flip-chip", il est nécessaire de procéder sous vide de poussière extrêmement poussé, lors du report de la puce sur la plate-forme, pour éviter qu'une poussière ne s'immisce entre la surface de référence de la puce
35 et la surface de la plate-forme, ce qui dénivellerait le plan des

guides d'ondes par rapport au plan de la nappe de fibres et nuirait au couplage optique.

Un inconvénient des techniques d'assemblage de composant optique, par report d'une puce de circuit intégré optique sur une plate-forme de connexion de fibres optiques, est la sensibilité
5 du couplage optique à l'immixtion de poussières.

L'inconvénient général des techniques connues de "flip-chip" est la nécessité de procéder au report des puces sous vide absolu de poussière.

10 En outre, les inventeurs ont détecté que certains problèmes de couplage optique provenaient de défauts systématiques de planéité des puces de circuits intégrés optiques. Les guides d'ondes d'une puce optique sont généralement formés de deux couches de matériaux différents (un matériau à faible indice tel
15 que du silicium ou du verre léger pour le coeur et un matériau à fort indice tel que de la silice ou du verre lourd pour le confinement), si bien que la puce est susceptible de présenter une certaine courbure ou des déformations, par effet de bilame.

Il s'ensuit que la face de la puce n'est pas parfaitement
20 plane et que tous les guides d'ondes implantés sur la face de la puce ne peuvent être parfaitement alignés avec les fibres optiques disposées en nappe plane sur la plate-forme.

Un autre inconvénient des techniques connues d'assemblage de composant optique par report d'une puce de circuit intégré
25 optique sur une plate-forme est donc l'impossibilité d'aligner parfaitement toute la série de guides avec les fibres à cause de la courbure ou de la déformation des puces.

L'objet de la présente invention est d'améliorer le report d'une puce de circuit intégré optique sur une plate-forme de
30 connexion de fibres optiques pour former un composant optique miniature en évitant les inconvénients précités.

L'objectif premier de l'invention est de fournir des structures permettant d'ajuster l'assemblage d'un composant
optique miniature formé par report d'une puce de circuit intégré
35 optique sur une plate-forme de connexion de fibres optiques,

l'ajustement devant être insensible aux poussières et aux défauts de planéité.

Un objectif particulier de l'invention est de mettre en oeuvre des structures ou procédés permettant de plaquer la face
5 d'une puce comportant des guides d'ondes contre la surface de la plate-forme où sont disposées les fibres optiques.

Un autre objectif de l'invention est d'immobiliser définitivement, une fois ajusté, l'assemblage de la puce avec la
plate-forme.

10 Enfin, l'invention a pour objectif de réaliser de telles structures sans surcoût et sans compliquer les étapes de fabrication et d'assemblage de composant optique. En particulier, l'objectif est d'intégrer la réalisation de telles structures lors de la réalisation de la plate-forme de support de la puce,
15 en une seule étape, sans surcoût supplémentaire.

Succinctement, ces objectifs sont atteints, d'après l'invention, en prévoyant de creuser une ou plusieurs séries de sillons alternant avec d'étroites crêtes dans la surface de la
20 plate-forme, à l'emplacement de la puce, pour réduire la surface de contact entre la puce et la plate-forme, la puce reposant seulement sur l'aire de sommet des crêtes ménagées dans la plate-forme. Les sillons et les crêtes creusés à l'emplacement de puce, sont tracés de préférence transversalement à l'axe optique des guides d'ondes et des sillons axiaux de positionnement des fibres
25 optiques, de sorte que le relief des crêtes croise le relief des guides d'ondes s'ils sont saillants.

L'invention est réalisée avec un composant optique miniature formé par report d'une puce comportant des guides d'ondes optiques axiaux, sur une plate-forme creusée de sillons
30 axiaux de positionnement de fibres optiques, dans lequel une portion de surface de la plate-forme correspondant à l'emplacement de report de la puce, est creusée par au moins une série de sillons parallèles alternant avec des crêtes intercalaires ayant une surface sommitale plane réduite.

De préférence, la ou les séries de sillons parallèles et de crêtes intercalaires, ménagés à l'emplacement de la puce, sont disposées transversalement à l'axe optique.

En particulier, le sommet des crêtes intercalaires est plus
5 étroit que l'ouverture des sillons creusés à l'emplacement de la puce. Par ailleurs, les sillons parallèles et les crêtes intercalaires, ménagés à l'emplacement de la puce, ont des dimensions transversales de l'ordre de la moitié au double de la dimension transversale de la puce.

10 Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, chaque portion d'extrémité axiale de l'emplacement de la puce à la surface de la plate-forme, est creusée par une série de sillons parallèles et de crêtes intercalaires réduisant la surface de contact entre l'extrémité respective de la puce et la plate-
15 forme.

Selon un mode de réalisation alternatif de l'invention, la ou les séries de sillons parallèles communiquent avec au moins une ouverture traversant la plate-forme.

20 Dans cette alternative, la dimension transversale des sillons communiquant avec l'ouverture, est sensiblement inférieure à la dimension transversale de la puce.

De préférence, l'ouverture communiquant avec les sillons parallèles est ménagée au fond d'une cavité en forme de pyramide tronquée creusée à l'opposé de la surface de la plate-forme.

25 Il est prévu que la cavité creusée pour ménager l'ouverture communiquant avec les sillons parallèles, a une profondeur égale à la profondeur d'une cavité creusée pour ménager une ouverture de structure d'assemblage.

Selon un autre mode de réalisation alternatif, au moins un
30 sillon, creusé à l'emplacement de la puce, est relié avec au moins un bassin de collage creusé dans la plate-forme.

Dans cette autre alternative, la dimension transversale du ou des sillons reliés avec le bassin de collage est sensiblement supérieure à la dimension transversale de la puce.

Selon une variante de réalisation, les sillons axiaux de positionnement des fibres optiques communiquent avec au moins un sillon transversal relié avec au moins un bassin de collage, creusés dans la plate-forme.

5 Selon une autre variante de réalisation, les sillons axiaux de positionnement des fibres optiques communiquent avec au moins une ouverture traversant l'épaisseur de la plate-forme.

Il est prévu que chaque sillon axial de positionnement d'une fibre optique communique avec une ouverture respective
10 traversant l'épaisseur de la plate-forme.

Il est prévu avantageusement que les ouvertures communiquant avec les sillons axiaux sont réparties sur plusieurs rangs espacés axialement.

De préférence chaque ouverture communiquant avec un sillon
15 axial est ménagée au fond d'une cavité formant un dièdre, creusée à l'opposé de la surface de la plate-forme.

L'invention est encore obtenue en mettant en oeuvre un procédé d'assemblage d'un composant optique miniature formé par report d'une puce en substrat, comportant des guides d'ondes
20 axiaux sur une plate-forme en matériau cristallin creusée de sillons axiaux de positionnement de fibres optiques, comportant des étapes consistant à :

- creuser, par gravure anisotrope, dans une portion de surface de la plate-forme correspondant, à l'emplacement de la puce, au
25 moins une série de sillons parallèles en ménageant des crêtes intercalaires réduisant la surface de contact de la plate-forme, et
- reporter la puce sur la plate-forme, la face de référence de la puce par rapport aux guides d'ondes, reposant contre la surface
30 sommitale des crêtes ménagées dans la surface de la plate-forme.

De préférence, les sillons parallèles sont creusés, à l'emplacement de la puce dans la surface de la plate-forme en matériau cristallin, par gravure anisotrope, transversalement à
35 l'axe optique.

Selon un mode de procédé alternatif, il est prévu d'autres étapes consistant à :

- ménager, à travers l'épaisseur de la plate-forme, au moins une ouverture communiquant avec une série de sillons parallèles creusés à l'emplacement de la puce, et
- plaquer la puce contre la surface de la plate-forme en effectuant une aspiration à travers l'ouverture.

De préférence, l'ouverture communiquant avec les sillons parallèles est ménagée en creusant une cavité à fond plat, par attaque chimique à l'opposé de la surface de la plate-forme à travers un masque à fenêtre de grandes dimensions et en stoppant l'attaque chimique, lorsque le fond de la cavité atteint une épaisseur inférieure à la profondeur des sillons creusés dans la surface de la plate-forme.

Suivant cette alternative, il est prévu d'autres étapes consistant à :

- déplacer la puce parallèlement à la plate-forme, en maintenant la face de la puce reportée ou plaquée contre la surface de la plate-forme, et
- optimiser la position de la puce par rapport à la plate-forme, en mesurant la transmission optique entre les guides d'ondes axiaux de la puce et les fibres optiques disposées dans les sillons axiaux de la plate-forme.

Selon un autre mode de procédé alternatif, il est prévu d'autres étapes consistant à :

- creuser au moins un bassin de collage dans la surface de la plate-forme, le bassin étant relié avec au moins un sillon creusé à l'emplacement de la puce,
- disposer de la colle dans le bassin de collage, et
- diffuser la colle dans chaque sillon relié au bassin, pour fixer l'assemblage de la puce et de la plate-forme.

Suivant cette autre alternative, il est prévu des étapes consistant à :

- coller chaque extrémité de la puce à la plate-forme en creusant respectivement, dans chaque portion distale de l'emplacement de la puce à la surface de la plate-forme, une série de sillons
5 reliée à un bassin de collage, et
- diffuser la colle dans chaque série de sillons.

Selon une variante de procédé de l'invention, il est prévu d'autres étapes consistant à :

- 10 - creuser au moins un sillon transversal communiquant avec les sillons axiaux, et au moins un bassin de collage relié à chaque sillon transversal,
- positionner les fibres optiques dans les sillons axiaux,
- disposer de la colle dans le bassin de collage, et
- 15 - diffuser la colle dans chaque sillon transversal pour fixer le positionnement des fibres optiques dans les sillons axiaux.

Selon une autre variante de procédé selon l'invention, il est prévu d'autres étapes consistant à :

- ménager à travers l'épaisseur de la plate-forme, au moins une
20 ouverture communiquant avec les sillons axiaux, et
- positionner les fibres optiques au fond des sillons axiaux en effectuant une aspiration à travers l'ouverture.

De préférence, chaque sillon axial communique avec une ouverture respective.

- 25 Selon le mode de procédé préféré de l'invention, chaque ouverture communiquant avec un sillon axial est ménagée en creusant une cavité à fond pointu par attaque chimique anisotrope, à travers un masque à fenêtre de faible largeur, à l'opposé de la surface de la plate-forme.

- 30 Selon le mode de procédé préféré de l'invention, les ouvertures communiquant avec les sillons sont ménagées en creusant, lors d'une seule étape d'attaque chimique anisotrope, des cavités à fond pointu et des cavités à fond plat.

- 35 De façon avantageuse, les cavités à fond pointu ont une profondeur inférieure à la profondeur des cavités à fond plat.

D'autres objectifs, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple de réalisation non-limitatif, en regard des dessins annexés sur lesquels :

- 5 - la figure 1 représente une vue cavalière et une coupe axiale d'une structure pour ajuster l'assemblage d'un composant optique miniature, selon l'invention,
- la figure 2 représente une vue cavalière et une coupe axiale d'une deuxième structure pour ajuster l'assemblage d'un
10 composant optique miniature, selon l'invention.
- la figure 3 représente une vue cavalière et une coupe axiale d'une troisième structure pour ajuster l'assemblage d'un composant optique miniature, selon l'invention.
- les figures 4A, 4B et 4C représentent des coupes transversales
15 de la plate-forme de la figure 5 de composant optique miniature selon l'invention, vue en coupe le long des axes A-A, B-B, C-C au niveau d'ouvertures communiquant avec des sillons,
- la figure 5 représente une vue plane de la surface d'une plate-
forme de composant optique miniature, dans laquelle sont
20 ménagées plusieurs structures pour ajuster l'assemblage du composant, selon l'invention, et
- la figure 6 représente une coupe transversale de plate-forme de
composant optique miniature, le long d'un sillon de collage
prévu dans la troisième structure pour ajuster l'assemblage du
25 composant, selon l'invention.

La figure 1 montre une vue éclatée de composant optique miniature selon l'invention, avant le report de la puce 1 sur la plate-forme 3 de support de fibres optiques 5,5'.

La face de report de la puce 1 comporte un circuit intégré
30 optique, représenté ici sous la forme très simplifiée d'une série de guides d'ondes optiques 2 rectilignes parallèles à un axe Z'Z' qui constitue ainsi l'axe optique, c'est-à-dire l'axe de propagation des signaux optiques, en entrée et en sortie des guides d'ondes.

Bien entendu, le circuit intégré optique implanté sur la puce 1 peut comporter des guides d'ondes de tracé non rectiligne et incorporer toutes sortes d'éléments optiques fonctionnels qui ne seront pas énumérés dans la présente.

5 Toutefois, dans la présente il faut considérer que les guides d'ondes 2 sont dirigés axialement et il est fait état de "guide d'onde axial", ce qui signifie que les deux parties distales du guide sont parallèles à l'axe optique Z'Z', la partie médiane du guide pouvant suivre un tracé quelconque.

10 En effet, il est prévu que les deux extrémités de chaque guide 2 se prolongent jusqu'aux deux bords opposés de la puce, chaque partie distale du guide étant perpendiculaire au bord de la puce correspondant (les bords étant eux-mêmes perpendiculaires à l'axe (Z'Z')), chaque extrémité du guide s'achevant par un
15 clivage plan parallèle ou de préférence confondu avec le plan du bord de la puce.

 Ainsi, les ondes des signaux qui se propagent suivant l'axe optique Z'Z', sont transmises normalement à l'entrée et à la sortie du guide correspondant.

20 Corrélativement, des sillons axiaux sont creusés dans la surface de la plate-forme 3 en vis-à-vis de la face de la puce 1 comportant les guides d'ondes 2. Les sillons axiaux sont tracés dans le prolongement prévu des guides d'ondes, puisque les fibres optiques positionnées dans les sillons doivent être
25 rigoureusement alignés avec les guides correspondant pour optimiser la transmission optique.

 Les sillons axiaux sont donc creusés dans la surface de la plate-forme, parallèlement à l'axe ZZ qui correspond et se confond avec l'axe optique Z'Z' de la puce, une fois le composant
30 assemblé.

 Les sillons axiaux 4,4' sont tracés à la surface de la plate-forme, de préférence hors de l'emplacement 7 de la puce, la longueur ou dimension axiale de la plate-forme étant supérieure à celle de la puce.

Généralement, deux séries de sillons axiaux 4 et 4' sont creusées respectivement à chaque extrémité de la plate-forme, respectivement, entre l'extrémité de la plate-forme et l'extrémité axiale de l'emplacement 7 de la puce.

5 Il est prévu que la plate-forme est constituée de substrat cristallin apte à permettre une gravure anisotrope, c'est-à-dire un matériau permettant une attaque, généralement chimique, suivant des axes cristallographiques préférentiels.

10 La plate-forme est notamment composée de silicium, substrat qui s'usine ou se clive facilement suivant des plans orthogonaux ainsi que des plans obliques intéressants, en procédant simplement à une attaque chimique par voie humide.

15 La gravure chimique anisotrope du silicium s'effectue par exemple dans une solution de soude (de formule NaOH) ou dans un bain constitué d'un mélange en solution d'agents oxydants tels que l'hydrazine, l'hydroxyde de potassium (KOH) ou l'éthylène diamine, et d'agents solubilisants, tels que le pyro-catéchol ou l'iso-propyl-alcool (IPA).

20 Le silicium s'usine ou se clive en particulier suivant les plans notés conventionnellement $[1,0,0]$, $[1,1,1]$ et $[1,1,-1]$ qui correspondent, par exemple, à la surface de la plate-forme, au flanc d'un sillon axial et à l'autre flanc de sillon axial.

La gravure anisotrope de la plate-forme en matériau cristallin a plusieurs avantages essentiels.

25 Le premier avantage est de permettre de tracer des sillons strictement rectilignes et parfaitement parallèles, puisque la gravure suit un axe cristallographique malgré d'éventuels défauts localisés du masque de gravure.

30 Le deuxième avantage est de permettre de creuser des sillons en forme de dièdre parfait, c'est-à-dire avec des flancs strictement plans et à profil en V constant.

Le troisième avantage consécutif est que la profondeur du sillon en V est parfaitement déterminée par la largeur des ouvertures de gravure.

En effet, la largeur des fenêtres du masque de gravure fixe la largeur d'ouverture des sillons correspondants. Comme les flancs du sillon sont taillés ou clivés à partir du bord de l'ouverture et ont un angle déterminé par la structure cristalline, la profondeur du sillon correspond rigoureusement à la largeur de l'ouverture et à l'angle entre les plans de clivage cristallographique.

Il faut noter à ce sujet que la gravure chimique anisotrope par voie humide de substrat cristallin tel que le silicium a généralement pour propriété de progresser très rapidement, perpendiculairement à la surface jusqu'à la formation d'un dièdre suivant les plans cristallographiques, puis de progresser très lentement parallèlement à la surface, c'est-à-dire dans la direction d'élargissement du dièdre.

Ainsi, l'attaque d'une plaque de silicium recouverte d'un masque percé de fenêtres de gravure dans un bain de soude, commence par former une cuvette à flancs obliques et à fond plat qui se creuse très rapidement en profondeur, jusqu'à ce que le fond se réduise à l'axe d'un dièdre (pointe d'un V) ; à partir de ce point, la gravure ne progresse plus vers le fond, mais s'étend très lentement dans la direction d'élargissement du V, en rongant petit à petit les flancs qui restent parallèles aux plans obliques de la structure cristalline.

Pour creuser un sillon de profondeur précise, il suffit donc avantageusement de contrôler la largeur de l'ouverture de gravure du sillon et de calculer la durée de gravure de sorte que le creusement atteigne cette profondeur.

Si jamais par erreur, la durée de la gravure se prolonge après avoir atteint ce point de profondeur, la prolongation de la gravure n'affecte que très lentement les dimensions du sillon. L'erreur sur la durée de gravure n'a donc point de conséquence.

La dimension transversale en largeur et en profondeur des sillons est choisie en fonction de la dimension des fibres optiques, de sorte que le coeur de chaque fibre affleure à la surface de la plate-forme lorsque la fibre cylindrique est

disposée dans le sillon en s'appuyant le long des deux flancs. Ainsi comme le suggèrent les vues en coupe des figures 1, 2 et 3, tout faisceau optique issu du coeur axial d'une fibre rase le plan de la surface de la plate-forme et peut être intégralement transmis au guide d'onde correspondant si celui-ci est correctement plaqué contre la surface de la plate-forme.

Maintenant, pour atteindre cet objectif selon l'invention, il est prévu, comme illustré figure 1 de creuser en outre une succession de sillons parallèles 10 séparés par des crêtes intercalaires, à l'emplacement 7 de la puce dans la surface de la plate-forme 3.

Ainsi, lorsque la puce 1 est reportée à l'emplacement 7 prévu contre la surface de la plate-forme 3, la face de la puce comportant les guides d'ondes 2 vient prendre appui sur le sommet des crêtes ménagées dans la série 10 de sillons parallèles.

Ainsi toute poussière qui s'immiscerait entre la puce et la plate-forme, lors du report, se dépose au fond d'un sillon et ne gêne pas l'assemblage de la puce sur la plate-forme.

De façon avantageuse, l'invention permet ainsi un ajustement de la face de la puce contre la surface de la plate-forme et un alignement optique parfaits.

Pour éviter l'immixtion de poussière, il est prévu selon l'invention, d'évider le maximum de surface de la plate-forme 3 à l'emplacement 7 de la puce.

De préférence, les sillons 10 sont creusés profondément pour maximiser la surface évidée.

Cependant, la profondeur des sillons doit rester nettement inférieure à l'épaisseur de la plate-forme pour des questions de tenue mécanique.

Par conséquent, la largeur des sillons 10 creusés à l'emplacement 7 de la puce est limitée.

Par ailleurs, les flancs des sillons 10 ne doivent pas se rejoindre, c'est-à-dire se couper en formant des arêtes dont le niveau risquerait de ne pas correspondre au niveau de la surface de la plate-forme.

Selon l'invention, comme illustré figure 5, les sillons parallèles voisins 11, 12 etc. ne sont pas connexes, mais sont séparés par des crêtes 11', etc. présentant une surface sommitale plane, dont le niveau reste au niveau du plan de la surface de la
5 plate-forme.

Le plan de la surface sommitale des crêtes 11' doit rester confondu avec le plan de surface de la plate-forme 3 de façon à reporter exactement la face de la puce 1 contre cette surface et d'obtenir un parfait alignement optique des guides d'ondes 2 avec
10 les fibres optiques 5 positionnées sur la plate-forme.

Il est toutefois prévu avantageusement de minimiser la largeur du sommet plan des crêtes intercalées entre les sillons 11, 12 etc., pour réduire la surface de contact entre la puce 1 et la surface de la plate-forme 3.

15 En particulier, le sommet des crêtes intercalaires 12' est nettement plus étroit que l'ouverture des sillons.

En outre, comme la largeur d'ouverture des sillons 11, 12 etc. est limitée, il est prévu avantageusement de tracer un nombre maximal de sillons parallèles à l'emplacement 7 de la puce
20 sur la plate-forme, pour minimiser la surface de contact entre la puce 1 et la plate-forme 3.

Ainsi, dans le mode de réalisation préféré de l'invention, comme illustré figure 5, la quasi-totalité de l'aire d'emplacement 7 de la puce à la surface de la plate-forme 3 est
25 creusée d'une succession de sillons parallèles 10,20,30,30' en ménageant des crêtes 12' à sommet tabulaire de surface la plus réduite possible.

Géométriquement, les sillons doivent être strictement parallèles pour former des crêtes intercalaires à surface
30 sommitale plane minimale.

De façon particulièrement avantageuse, l'invention prévoit de procéder par gravure chimique anisotrope pour creuser les sillons parallèles 10,20,30,30' dans l'emplacement 7 de la puce à la surface de la plate-forme.

Une gravure chimique anisotrope par voie humide permet avantageusement de creuser des sillons 11,12 etc. rigoureusement parallèles et de contrôler strictement la largeur des sillons si bien que les sommets plans étroits des crêtes 11' etc. sont
5 parfaitement définis.

Un avantage de l'attaque anisotrope est d'éviter que la gravure d'un sillon 11 ou 12 ne morde sur la largeur de la crête voisine 11', en cas de prolongation de la durée de gravure comme exposé précédemment.

10 Un autre avantage de la gravure anisotrope est qu'en creusant des sillons 10,20,30 à profil en forme de V, les crêtes intercalaires prennent un profil trapézoïdal ou triangulaire qui leur confère une solide assise mécanique.

D'après un premier mode de réalisation non illustré, les
15 sillons parallèles creusés dans l'emplacement 7 de la puce, peuvent être tracés dans la direction axiale Z-Z, donc dans la direction des sillons axiaux, des fibres optiques et des guides d'ondes.

Dans un mode de réalisation alternatif non illustré, il est
20 prévu de creuser deux séries entrecroisées de sillons parallèles à l'emplacement de la puce, c'est-à-dire une série de sillons axiaux et une série de sillons transversaux, en ménageant des crêtes intercalaires réduites à des pyramides tronquées. Cette alternative offre l'avantage de minimiser complètement la surface
25 de contact entre la puce et la plate-forme.

Ces réalisations dans lesquelles l'emplacement de la puce est creusé d'une série de sillons axiaux, conviennent dans la mesure où la face de la puce ne comporte pas de guides d'ondes axiaux en relief.

30 Il est cependant généralement préférable que les sillons et les crêtes intercalaires 10 ménagées à l'emplacement 7 de la puce ne soient pas disposées dans la direction axiale ZZ pour éviter un enchevêtrement du relief des guides d'ondes 2 dans le relief des sillons et des crêtes 10, et des défaut d'alignement optique
35 lors du report de la puce 1 sur la plate-forme.

Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, comme illustré sur toutes les figures, la succession 10,20,30,30' de sillons et de crêtes ménagées à l'emplacement 7 de la puce sont tracés dans la direction transversale Y-Y aux guides d'ondes 2, donc transversalement à l'axe optique Z-Z et aux sillons axiaux 4,4' de positionnement des fibres optiques 5,5'.

Il est particulièrement avantageux de réaliser la plate-forme en silicium et de creuser les sillons 4,4' de positionnement des fibres et les sillons 10 à l'emplacement 7 de la puce par gravure chimique anisotrope, car la structure cristalline du silicium permet justement de combiner le tracé d'une série de sillons 4 à profil en V strictement parallèles dans la direction axiale et, le tracé d'une autre série de sillons 10 à profil en V strictement parallèles dans la direction transversale.

A titre d'exemple, la surface de la plate-forme qui forme le plan cristallographique $[1,0,0]$ est creusée suivant les plans cristallographiques $[1,1,1]$ et $[1,-1,-1]$ pour former les deux flancs opposés des sillons axiaux 4, puis creusée suivant les plans cristallographiques $[1,-1,1]$ et $[1,1,-1]$ pour former les deux flancs opposés des sillons transversaux 10.

A partir de ces indications et de ses connaissances cristallographiques, l'homme de l'art peut, sans sortir du cadre de la présente invention, déterminer d'autres plans de clivage et d'autres directions de creusement des sillons de positionnement des fibres optiques et des sillons d'évidement à l'emplacement de la puce, dans un substrat de silicium ainsi que dans d'autres substrats cristallins.

Ainsi, selon une variante de réalisation, la série de sillons et de crêtes intercalaires ménagés dans l'emplacement de la puce à la surface d'une plate-forme en silicium peut être tracée dans une direction oblique intermédiaire entre la direction transversale Y-Y et la direction axiale Z-Z des sillons 4,4' de positionnement des fibres optiques. En effet, le plan $[1,0,0]$ de la surface en silicium peut encore être taillé ou

clivé selon des plans cristallographiques notés $[2,1,1]$, $[2,-1,1], \dots$ pour tailler les flancs opposés d'une série de sillons obliques par rapport aux sillons axiaux.

L'avantage primordial de l'invention est donc d'intégrer la
5 réalisation d'une structure de sillons transversaux permettant d'ajuster l'assemblage du composant optique, lors de l'étape, unique, de réalisation de la plate-forme qui consiste à graver la structure de sillons axiaux permettant de positionner précisément les fibres optiques. La structure de sillons transversaux est
10 obtenue avantageusement en modifiant simplement le masque de gravure de la plate-forme. Une seule et même étape de procédé permet donc de réaliser les diverses structures fonctionnelles prévues, sans surcoût, ni complication et avec une précision optimale (un seul masque).

15 Maintenant, selon une autre structure de réalisation de l'invention illustrée figure 2, il est prévu de percer une ou plusieurs ouvertures 29 au milieu d'une série de sillons parallèles 20, creusés à l'emplacement 7 de la puce, dans la surface de la plate-forme 3.

20 L'ouverture 29 traverse l'épaisseur de la plate-forme 3 et débouche dans la série de sillons 20.

L'ouverture 29 a pour fonction de permettre l'aspiration de la puce 1 contre la surface de la plate-forme 3, en effectuant le vide à l'opposé de la surface de la plate-forme.

25 L'invention prévoit ainsi un procédé consistant à :

- ménager, à travers l'épaisseur de la plate-forme 3, au moins une ouverture 29 communiquant avec une série de sillons parallèles 20 creusés à l'emplacement 7 de la puce, et

- plaquer la puce 1 contre la surface de la plate-forme 3 en
30 effectuant une aspiration à travers l'ouverture 29.

pour permettre d'ajuster parfaitement l'assemblage de la puce 1 de circuit intégré optique sur la plate-forme 3 de connexion de fibres optiques 4,4' formant le composant optique miniature.

Les dimensions de l'ouverture d'aspiration 29 sont donc
35 inférieures à la largeur de la puce 1, la section de l'ouverture

29 étant de préférence nettement inférieure à la surface de la puce pour éviter d'affaiblir mécaniquement la plate-forme 3.

Pour réaliser l'ouverture 29, il est prévu de préférence de procéder à une gravure chimique par voie humide à l'opposé de la surface de la plate-forme 3.

De façon avantageuse, il est prévu de creuser les sillons à la surface de la plate-forme et de percer les ouvertures dans la face opposée, lors d'une seule étape de gravure chimique consistant à plonger la plate-forme dans un bain d'attaque chimique en protégeant chacune de ces faces par un masque de gravure.

L'avantage du procédé selon l'invention est d'intégrer la réalisation des diverses structures d'ajustement du composant optique et de positionnement des fibres dans une unique étape de fabrication, sans aucun surcoût.

Selon le mode de procédé préféré, on creuse une large cavité 29 à fond plat dans la face opposée de la plate-forme 3 qui est recouverte d'un masque à fenêtres larges et plongée dans un bain d'attaque chimique.

La durée de gravure chimique est calculée pour s'arrêter lorsque l'épaisseur du fond de la cavité 29 devient inférieure à la profondeur des sillons 20, c'est-à-dire lorsque le fond plat de la cavité 29 atteint la pointe en V des sillons 20, comme illustré figure 4C.

Il n'est pas nécessaire que la gravure se prolonge au-delà puisque la cavité 29 communique dès lors avec les sillons 20 correspondants et forme une ouverture.

Il est prévu, en effet que l'ouverture 29 communique avec une série 20 de sillons étendus.

Les sillons 20 communiquant avec l'ouverture ont cependant des dimensions transversales inférieures à la puce 1 pour éviter une fuite lors de l'aspiration.

De façon avantageuse, une telle structure permet lors de l'aspiration, que l'effet de succion s'étende sur toute la surface d'ouverture des sillons 20 communiquant avec l'ouverture

d'aspiration 29, tout en évitant une déformation de la puce 1 de circuit intégré optique dans la mesure où les crêtes intercalaires soutiennent la puce.

5 Une telle structure, analogue à la disposition d'une grille sur une bouche d'aspiration, permet avantageusement de plaquer parfaitement la puce contre les crêtes ménagées à la surface de la plate-forme sans risque de déformation des guides d'ondes, ni d'aberration optique.

10 Un autre avantage de l'aspiration est d'éliminer toute poussière qui pourrait s'immiscer entre la puce et la plate-forme lors de l'assemblage.

Un avantage particulier d'un tel système d'aspiration est de permettre de redresser une puce non plane en la plaquant contre le plan des crêtes ménagées à la surface de la plate-forme
15 lors de l'assemblage.

Par conséquent, dans le mode de réalisation préféré de l'invention, il est prévu de percer plusieurs ouvertures d'aspiration à l'emplacement 7 de la puce dans la plate-forme 3, chaque partie distale de l'emplacement 7 de la puce comportant de préférence
20 une ouverture d'aspiration respective.

Les ouvertures d'aspirations percées aux extrémités axiales de l'emplacement 7 de la puce permettent avantageusement de plaquer chaque extrémité de la puce 1 contre la surface de la plate-forme 3, ce qui supprime la courbure et tout défaut de
25 planéité de la puce. Les extrémités des guides d'ondes 2 sont ainsi amenés exactement dans le plan de référence optique formé par la surface de la plate-forme 3 qui correspond au plan rasant le cœur des fibres optiques 5,5' disposés dans les sillons axiaux 4,4'.

30 Selon une autre disposition de l'invention, indiquée figure 2, il est prévu aussi de percer des ouvertures d'aspiration 50,59 communiquant avec les sillons axiaux 4,4' de positionnement des fibres optiques 5,5'.

Dans un exemple de réalisation non illustré, une seule
35 ouverture d'aspiration peut déboucher sur l'ensemble des sillons

axiaux creusés à une extrémité de la plate-forme. Dans ce cas, il suffit de creuser une large cavité à fond plat couvrant l'étendue de toute la nappe de sillons axiaux et communiquant avec chacun d'eux.

5 Pour que la fibre ne s'engage pas dans l'ouverture du fond du sillon, il faut que le pourtour tubulaire de la fibre ne soit pas en contact avec les bords de l'ouverture, mais vienne seulement en contact avec les flancs obliques du sillon, ce qui donne la relation suivante :

10
$$l < D \cdot \sin(\alpha)$$

dans laquelle :

- l est la largeur de l'ouverture,
- D est le diamètre de la fibre, typiquement $125\mu\text{m}$,
- α est l'angle cristallographique entre la normale à la surface
- 15 et la normale au flancs du sillon, c'est-à-dire, suivant l'exemple précédent, l'angle cristallographique entre le plan $[1,0,0]$ de la surface de la plate-forme et le plan $[1,1,1]$ ou symétriquement $[1,-1,-1]$ d'un flanc de sillon, qui est d'environ 55° pour le silicium.

20 Autrement dit, comme la largeur l de l'ouverture est limitée, la profondeur de la cavité débouchant dans un sillon axial doit être limitée de sorte que l'épaisseur du fond de la cavité respecte la formule suivante :

$$2(e + \Delta) > D \cdot \cos(\alpha)$$

25 dans laquelle :

- e est l'épaisseur du fond de la cavité, c'est-à-dire l'épaisseur de la membrane de matériau cristallin comprise entre le plan de la surface de la plate-forme et le plan du fond de la cavité,
- 30 - Δ est la hauteur de l'axe du coeur de la fibre par rapport à la surface de la plate-forme,
- D est le diamètre du coeur de la fibre,
- α est l'angle entre la normale à la surface et la normale au flanc du sillon.

Cependant, il est difficile de maîtriser précisément la profondeur du fond plat, de cette large cavité, donc la taille de l'ouverture débouchant dans le sillon.

Or, il est préférable que l'ouverture communiquant avec un sillon soit étroite pour éviter que la fibre ne s'engage dans l'ouverture et ne subisse des déformations et des contraintes optiquement nuisibles.

Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, il est prévu que chaque sillon axial communique avec une ouverture d'aspiration ayant un profil transversal en forme de lettre V renversée ou de lettre grecque Λ dont la profondeur de gravure est parfaitement maîtrisée, comme exposé précédemment.

En fait, la profondeur de gravure est calculée de sorte que la pointe du sommet du Λ de la cavité atteigne juste la pointe du V du fond du sillon correspondant, à l'instar de la jonction des lettres V et W dans le sigle bien connu de la marque Volkswagen® et comme illustré sur les vues en coupe 4A et 4B.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, il est donc prévu que chaque sillon axial 4 en V, communique avec une ouverture d'aspiration respective ménagée en creusant une cavité 51,52,53,54,55 à profil en V renversé ou en Λ .

Selon l'invention, il est prévu avantageusement de procéder à une attaque chimique anisotrope à travers un masque percé d'étroites fenêtres de gravure, disposé sur la face arrière de la plate-forme, pour creuser les cavités communiquant respectivement avec les sillons 4.

Comme exposé précédemment, la largeur des étroites fenêtres 50,51,52,53,54 du masque de gravure est calculée précisément, puisqu'elle détermine la profondeur de la cavité à fond pointu en Λ creusée par gravure anisotrope.

De façon avantageuse, la durée de gravure est calculée de sorte que la pointe du Λ de la cavité atteigne la pointe du V des sillons, en prévoyant de prolonger légèrement la durée de gravure en contrôlant la prolongation de la gravure pour ajuster la largeur de l'ouverture reliant la cavité et le sillon.

De façon avantageuse, il est prévu de creuser les cavités à fond pointu en Λ ménageant les ouvertures communiquant avec les sillons axiaux, en même temps que d'autres cavités à fond plat de profondeur différente creusées à l'emplacement de la puce et servant à d'autres fonctions (notamment pour percer des ouvertures de microstructure d'assemblage ou des ouvertures communiquant avec les sillons transversaux).

Pour que chaque sillon axial 4 communique avec une ouverture respective ménagée en creusant une cavité indépendante à profil transversal en Λ , il convient que les fenêtres 50,51,52,53,54 du masque de gravure soient séparées les unes des autres.

Cependant la profondeur des sillons axiaux 4 et 4' est généralement bien inférieure à la profondeur des cavités 50-59 débouchant sur les sillons axiaux, puisque le rayon des fibres optiques 5 et 5', typiquement de l'ordre de plusieurs dizaines de micromètres, est nettement inférieur à l'épaisseur normalisée des plates-formes de substrat, typiquement de plusieurs centaines de micromètres. Par conséquent, la largeur des cavités 50-59 est nettement supérieure à la largeur des sillons axiaux 4 et 4' correspondants.

Aussi, comme illustré figure 5, selon un mode de procédé préféré, les cavités 50 à 55 communiquant avec les sillons axiaux 4 sont réparties axialement en quinconce sur plusieurs rangs transversaux, par exemple, A-A et B-B, de sorte que les fenêtres de gravure ne se chevauchent pas et que les cavités à profil en Λ , soient creusées indépendamment les unes des autres.

De telles ouvertures communiquant avec les sillons axiaux permettent d'aspirer et de plaquer une à une les fibres dans les sillons correspondants.

L'avantage essentiel du procédé selon l'invention, est de permettre un excellent ajustement de la position de chaque fibre et de transférer la précision de gravure des sillons axiaux 4 et 4' à la précision de positionnement des fibres 5 et 5'.

Dans la pratique, on a mesuré par exemple, que le couplage entre des fibres optiques maintenues dans leur sillon axial par aspiration, fournit une transmission supérieure à 95%, l'atténuation étant quasiment négligeable optiquement.

5 L'attaque chimique anisotrope permet de creuser à travers un masque de gravure d'étroites cavités 50-55 à fond pointu et de larges cavités 29 à fond plat dont les profondeurs sont du même ordre. Cette propriété est intéressante dans la mesure où les sillons axiaux 4 et les sillons transversaux 20 correspondants
10 ont généralement la même profondeur.

Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, il est prévu pourtant que la profondeur des cavités à fond pointu et la profondeur des cavités à fond plat sont sensiblement différentes, bien qu'elles restent du même ordre.

15 En effet, la disposition de sillons et de crêtes ménagées dans l'emplacement 7 de la puce à la surface de la plate-forme selon l'invention s'associe particulièrement avantageusement avec la disposition de microstructures d'assemblage mâles et femelles prévue selon l'autre invention décrite dans le document de brevet
20 FR-99-05587 précité, auquel on se référera pour de plus amples détails de description.

Comme illustré sur les figures 4C et 5, lesdites microstructures femelles 8 et 8' sont constituées par des ouvertures en forme de boutonnières axiales ménagées dans la
25 surface de la plate-forme 3, à l'emplacement 7 de la puce, également.

Il est également prévu selon ledit document que les ouvertures 8 et 8' sont percées à travers de fines membranes ménagées en creusant de larges cavités 9 et 9' à l'opposé des
30 emplacements 8 et 8' desdites microstructures femelles.

Les membranes ménagées pour percer les ouvertures d'assemblage 8 et 8' ont une épaisseur de l'ordre d'une à quelques dizaines de micromètres, tandis que les sillons axiaux 4
35 communiquant avec les ouvertures d'aspiration 51 et 52, ont une profondeur de l'ordre de plusieurs dizaines à une centaine de

micromètres et sont creusés dans une épaisseur de plate-forme de l'ordre de la centaine de micromètres.

De façon avantageuse, le mode de procédé selon l'invention, permet de creuser des cavités de profondeurs légèrement différentes, lors d'une seule et même étape de gravure chimique anisotrope, en prévoyant de creuser de larges cavités 9,9' et 29, à fond plat à l'emplacement 7 de la puce et d'étroites cavités 50-55 à fond pointu à l'emplacement des sillons axiaux 4.

En effet, la profondeur des larges cavités 9,9' et 29 à fond large est déterminée par la durée de gravure, tandis que la profondeur des étroites cavités 50-54 à fond pointu est déterminée par la largeur de gravure de la cavité, une prolongation de la durée de gravure n'affectant guère la profondeur d'une cavité à fond pointu, comme exposé précédemment.

Pendant l'étape de gravure chimique par voie humide, la profondeur des larges cavités 9,9',29 et des étroites cavités 50 à 54 augmente d'abord à la même vitesse jusqu'à ce que la gravure des étroites cavités 50-54 s'arrête en atteignant la pointe du Λ , tandis que la gravure des larges cavités continue de progresser, en profondeur.

Il suffit ainsi de prolonger la durée d'attaque chimique anisotrope par voie humide au-delà du temps de gravure correspondant à la profondeur des étroites cavités à fond pointu en Λ , pour creuser des cavités 9,9',29 à fond plat de profondeur sensiblement supérieure sans affecter la profondeur des étroites cavités 50 à 54.

Le procédé de gravure selon l'invention, permet donc avantageusement de moduler la profondeur des cavités et les dimensions correspondantes des ouvertures d'assemblage et d'aspiration, ménagées dans la surface de la plate-forme.

Par suite, l'assemblage et l'ajustement du composant optique miniature selon l'invention, consiste à :

- appliquer une pompe à vide à l'opposé de la surface de la plate-forme 3,
- 5 - disposer la puce 1 à l'emplacement 7 prévu à la surface de la plate-forme et,
- disposer les fibres optiques 5-5' dans leurs sillons 4-4' respectifs,

10 l'aspiration de la pompe à vide permettant à la fois de plaquer la puce 1 et les fibres 5-5' à leurs emplacements respectifs.

Selon un mode d'assemblage, il est prévu de déplacer transversalement la puce 1 pendant que l'aspiration maintient la puce 1 plaquée contre la surface de la plate-forme 3 en cherchant sur un banc de mesure optique la position transversale de
15 coïncidence des guides d'ondes 2 avec les fibres optiques 5 et 5'.

Selon une variante de mode d'assemblage, la plate-forme comporte expressément des microstructures femelles en forme de boutonnière axiale à extrémité pointue en V, permettant de
20 positionner exactement des microstructures mâles en forme de plot ou de champignon disposés sur la face de la puce.

L'assemblage consiste alors à emboîter la puce sur la plate-forme et à la faire coulisser axialement pour la positionner de façon précise transversalement (et axialement), la
25 disposition selon l'invention de sillons alternant avec des crêtes et l'aspiration à l'emplacement de la puce, assurant le placage et l'ajustement de la puce, suivant le dernier degré de liberté "vertical".

Maintenant, s'il est nécessaire d'immobiliser l'assemblage
30 du composant optique selon l'invention, il est prévu une troisième structure permettant finalement une fixation par collage.

Selon ce mode de réalisation alternatif, un sillon transversal ou une série de sillons transversaux 30,30' creusés à l'emplacement 7 de la puce, sont reliés à un bassin de collage 39,39' creusé également à la surface de la plate-forme 3.

5 Une telle disposition permet de procéder à la fixation définitive de l'assemblage de la puce 1 sur la plate-forme 3, comme illustré sur la figure 6, en disposant de la colle liquide dans le bassin de collage 39' et en la laissant s'écouler ou diffuser, notamment par gravité ou par capillarité, jointes
10 éventuellement à l'action de la chaleur, dans le ou les sillons 30' reliés au bassin 39'.

La colle enduit ainsi tous le creux du sillon 30' ainsi que la face de la puce 1 comportant les guides d'ondes 2.

15 La prise de la colle solidarise alors localement la puce avec la plate-forme 3.

Les sillons 30,30' reliés à un bassin de collage 39,39' ont de préférence une dimension transversale, c'est-à-dire une longueur de la puce supérieure à la dimension transversale, c'est-à-dire la largeur, de sorte que l'extrémité de chaque
20 sillon 30' de collage débouche librement hors de l'emplacement 7 de la puce 1, comme illustré figure 6.

La colle peut alors s'écouler librement sur toute la longueur du sillon 30'.

25 De préférence, un bassin de collage 39 est relié à une série 30 de sillons de collage 32 alternant avec des sillons aveugles 31 non reliés au bassin. De tels sillons aveugles servent à recueillir des poussières éventuelles.

30 Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, comme illustré sur les figures 3 et 5, deux séries de sillons de collage 30 et 30' reliés à un bassin de collage respectif 39,39' sont creusés respectivement dans les deux parties distales de l'emplacement 7 de la puce.

Les deux extrémités axiales de la puce 1 peuvent ainsi être fixées définitivement contre la surface de la plate-forme 3.

L'avantage d'une telle fixation des extrémités de la puce est de se situer au plus près de l'interface entre les guides d'ondes et les fibres optiques, ce qui gèle le positionnement de la zone critique pour la transmission optique.

5 La fixation des extrémités de la puce contre la surface de la plate-forme prévient avantageusement tout défaut de planéité ou de courbure de la puce.

Lors de l'assemblage du composant selon l'invention, il est particulièrement avantageux de procéder à une aspiration, pour
10 plaquer et maintenir chaque extrémité de la puce pendant que s'effectue le collage de chaque extrémité de la puce contre la plate-forme.

De façon analogue, il est prévu de coller les fibres optiques positionnées dans les sillons axiaux au moyen de sillons
15 de collage transversaux.

Les figures 3 et 5 montrent ainsi que les deux séries de sillons axiaux 4 et 4' de positionnement de fibres optiques croisent des sillons transversaux 40 et 40' reliés à des bassins de collage 49 et 49', respectivement.

20 De préférence, un seul sillon transversal 40 relie toute la série de sillons axiaux 4 respective, à un ou deux bassins de collage 48 et 49.

Le mode de procédé prévoit de fixer définitivement les fibres positionnées dans les sillons axiaux 4 en disposant de la
25 colle dans le bassin 48 ou 49 correspondant et en la faisant diffuser ou en la laissant s'écouler dans le sillon transversal 40.

Selon le mode de procédé préféré, il est prévu de plaquer les fibres 5 et 5' par aspiration pour les positionner
30 parfaitement aux creux des sillons 4 et 4', avant de les fixer en disposant de la colle dans chaque bassin 48,49,48',49' et chaque sillon de collage 40 et 40'.

En somme, l'invention prévoit de multiples dispositions de sillons transversaux et d'ouvertures d'aspiration contribuant à ajuster parfaitement l'assemblage d'un composant optique forme par report d'une puce de circuit intégré optique sur une plate-
5 forme de connexion de fibres optiques.

Enfin, comme illustré figure 5, dans la réalisation d'un composant optique, selon l'invention, il est prévu avantageusement de combiner les diverses dispositions de sillons et d'ouvertures d'aspiration, tels qu'exposé précédemment.

10 L'exemple synthétique de la figure 5, montre une moitié de plate-forme symétrique selon l'axe Y-Y, dont la surface comporte à l'emplacement 7, les structures suivantes :

- un bassin de collage médian 39', relié à une grande série de sillons transversaux 30' de collage, alternant avec des sillons
15 aveugles, les sillons étant séparés par des crêtes intercalaires,
- une succession 10 de sillons transversaux simples séparés par des crêtes intercalaires,
- une large ouverture d'aspiration 29 communiquant avec une série
20 de sillons transversaux 20, creusés au voisinage d'ouvertures d'assemblages 9,9', et
- un autre bassin de collage 39 relié à une série de sillons de collage 30 alternant avec des sillons aveugles 31, disposés à l'extrémité axiale de l'emplacement 7 de la puce.

25 Dans le prolongement axial de l'emplacement 7 de la puce, l'extrémité de la surface de la plate-forme 3 est creusée par une série de sillons axiaux 4 communiquant avec :

- un sillon transversal 40 de collage relié à des bassins de collage 48 et 49, et avec,
30 - des ouvertures 50 à 54 d'aspiration de fibres réparties sur deux rangs transversaux A et B séparés axialement.

Il apparaît clairement à la vue de cet exemple de réalisation préférentiel que l'invention permet avantageusement de combiner :

- le collage central massif de la puce,
- 5 - le placage et le collage des extrémités de la puce contre la plate-forme, et
- l'aspiration et le collage des fibres optiques en position dans les sillons axiaux de la plate-forme.

Le nombre maximal de sillons 10,20,30,30' creusés à
10 l'emplacement 7 de la puce permet de réduire au minimum la surface de contact entre la puce 1 et la plate-forme 3.

L'avantage essentiel de l'invention est de permettre un assemblage de composant optique insensible à la présence de poussière, ce qui permet la réalisation, la connexion et
15 l'assemblage de composants optiques, industriellement dans des locaux de classe de propreté commune, voire sur site.

D'autres avantages, variantes, modes de réalisations et améliorations apparaîtront à l'homme de métier sans sortir du cadre de la présente invention, l'objet de la protection étant
20 défini dans les revendications ci-après.

REVENDEICATIONS

1. Composant optique miniature formé par report d'une puce (1) comportant des guides (2) d'ondes optiques axiaux (OZ), sur une plate-forme (3) creusée de sillons (4,4') axiaux de positionnement de fibres optiques (5,5'), caractérisé en ce
5 qu'une portion de surface de la plate-forme correspondant à l'emplacement (7) de report de la puce, est creusée par au moins une série (10) de sillons parallèles (11,12) alternant avec des crêtes intercalaires (11') ayant une surface sommitale plane réduite.

10

2. Composant optique selon la revendication 1, dans lequel la ou les séries (10) de sillons parallèles et de crêtes intercalaires, ménagés à l'emplacement (7) de la puce, sont disposées transversalement (OY) à l'axe optique (OZ).

15

3. Composant optique selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le sommet des crêtes intercalaires (11') est plus étroit que l'ouverture des sillons (11,12) creusés à l'emplacement de la puce.

20

4. Composant optique selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel les sillons parallèles et les crêtes intercalaires, ménagés à l'emplacement de la puce, ont des dimensions transversales de l'ordre de la moitié au double de la dimension
25 transversale de la puce.

5. Composant optique selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel chaque portion d'extrémité axiale de l'emplacement (7) de la puce à la surface de la plate-forme (3), est creusée
30 par une série (30) de sillons parallèles et de crêtes intercalaires réduisant la surface de contact entre l'extrémité respective de la puce (1) et la plate-forme (3).

6. Composant optique selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la ou les séries de sillons parallèles (20), creusés à l'emplacement de la puce, communiquent avec au moins une ouverture (29) traversant la plate-forme (3).

5

7. Composant optique selon la revendication 6, dans lequel la dimension transversale des sillons (20) communiquant avec l'ouverture, est sensiblement inférieure à la dimension transversale de la puce (1).

10

8. Composant optique selon la revendication 6 ou 7, dans lequel l'ouverture (29) communiquant avec les sillons parallèles (20) est ménagée au fond d'une cavité (29) en forme de pyramide tronquée creusée à l'opposé de la surface de la plate-forme (3).

15

9. Composant optique selon la revendication 8, dans lequel la cavité (29) creusée pour ménager l'ouverture (25) communiquant avec les sillons parallèles (20), a une profondeur égale à la profondeur d'une cavité (9) creusée pour ménager une ouverture (8) de structure d'assemblage.

20

10. Composant optique selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel au moins un sillon (32) est relié avec au moins un bassin de collage (39) creusé dans la plate-forme (3).

25

11. Composant optique selon la revendication 10, dans lequel la dimension transversale du ou des sillons (30) reliés avec le bassin de collage (39) est sensiblement supérieure à la dimension transversale de la puce.

30

12. Composant optique selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel les sillons axiaux (4) de positionnement des fibres optiques (5,5') communiquent avec au moins un sillon transversal (40) relié avec au moins un bassin de collage (48,49), creusés dans la plate-forme (3).

35

13. Composant optique selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel les sillons axiaux (4,4') de positionnement des fibres optiques (5,5') communiquent avec au moins une ouverture (51) traversant l'épaisseur de la plate-forme (3).

5

14. Composant optique selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel chaque sillon axial (4) de positionnement d'une fibre optique communique avec une ouverture respective (51,52) traversant l'épaisseur de la plate-forme (3).

10

15. Composant optique selon la revendication 14, dans lequel les ouvertures (51,52,54,55) communiquant avec les sillons axiaux (4) sont réparties sur plusieurs rangs espacés axialement.

15

16. Composant optique selon l'une des revendications 13 à 15, dans lequel chaque ouverture (51) communiquant avec un sillon axial (4) est ménagée au fond d'une cavité (51) formant un dièdre, creusée à l'opposé de la surface de la plate-forme (3).

20

17. Procédé d'assemblage d'un composant optique miniature formé par report d'une puce en substrat (1) comportant des guides d'ondes (2) axiaux, sur une plate-forme (3) en matériau cristallin creusée de sillons axiaux (4,4') de positionnement de fibres optiques (5,5'), caractérisé en ce qu'il comporte des étapes consistant à :

25

- creuser, par gravure anisotrope, dans une portion de surface de la plate-forme correspondant à l'emplacement (7) de la puce, au moins une série (10) de sillons parallèles (11,12) en ménageant des crêtes intercalaires (11') ayant une surface sommitale plane réduite, et

30

- reporter la puce (1) sur la plate-forme (3), la face de la puce, référencée par rapport aux guides d'ondes (2), reposant contre la surface sommitale des crêtes (11') ménagées dans la surface de la plate-forme.

35

18. Procédé selon la revendication 17, dans lequel les sillons parallèles (10) sont creusés, à l'emplacement de la puce dans la surface de la plate-forme (3) en matériau cristallin, par gravure anisotrope, transversalement à l'axe optique (OZ).

5

19. Procédé selon la revendication 17 ou 18, comportant d'autres étapes consistant à :

- ménager, à travers l'épaisseur de la plate-forme (3), au moins une ouverture (29) communiquant avec une série (20) de sillons parallèles creusés à l'emplacement (7) de la puce, et
- plaquer la puce (1) contre la surface de la plate-forme (3) en effectuant une aspiration à travers l'ouverture (29).

20. Procédé selon la revendication 19, dans lequel l'ouverture (29) communiquant avec les sillons parallèles (20) est ménagée en creusant une cavité (29) à fond plat, par attaque chimique à l'opposé de la surface de la plate-forme à travers un masque à fenêtre de grandes dimensions et en stoppant l'attaque chimique, lorsque le fond de la cavité atteint une épaisseur inférieure à la profondeur des sillons creusés dans la surface de la plate-forme.

21. Procédé selon l'une des revendications 17 à 20, comportant d'autres étapes consistant à :

- déplacer la puce (1) parallèlement à la plate-forme (3), en maintenant la face de la puce reportée ou plaquée contre la surface de la plate-forme, et
- optimiser la position de la puce par rapport à la plate-forme, en mesurant la transmission optique entre les guides d'ondes (2) axiaux de la puce et les fibres optiques (4,4') disposées dans les sillons axiaux (5,5') de la plate-forme.

22. Procédé selon l'une des revendications 17 à 21, comportant d'autres étapes consistant à :

- creuser au moins un bassin de collage (39) dans la surface de la plate-forme, le bassin étant relié avec au moins un sillon (32) creusé à l'emplacement de la puce,
- disposer de la colle dans le bassin de collage (39'), et
- diffuser la colle dans chaque sillon (30') relié au bassin, pour fixer l'assemblage de la puce (1) et de la plate-forme.

23. Procédé selon la revendication 22, comportant des étapes consistant à :

- coller chaque extrémité de la puce (1) à la plate-forme (3) en creusant respectivement, dans chaque portion distale de l'emplacement (7) de la puce à la surface de la plate-forme, une série de sillons (30,30') reliée à un bassin de collage (39,39'), et
- diffuser la colle dans chaque série de sillons (30').

24. Procédé selon l'une des revendications 17 à 23, comportant d'autres étapes consistant à :

- creuser au moins un sillon transversal (40) communiquant avec les sillons axiaux (4), et au moins un bassin de collage (49) relié à chaque sillon transversal,
- positionner les fibres optiques (5) dans les sillons axiaux,
- disposer de la colle dans le bassin de collage, et
- diffuser la colle dans chaque sillon transversal (40) pour fixer le positionnement des fibres optiques (4) dans les sillons axiaux (5).

25. Procédé selon l'une des revendications 17 à 24, comportant d'autres étapes consistant à :

- ménager à travers l'épaisseur de la plate-forme (3), au moins une ouverture (51) communiquant avec les sillons axiaux (4), et
- positionner les fibres optiques au fond des sillons axiaux en effectuant une aspiration à travers l'ouverture (51).

26. Procédé selon la revendication 25, dans lequel chaque sillon axial communique avec une ouverture respective (51,52,54,55).

5 27. Procédé selon la revendication 25 ou 26, dans lequel chaque ouverture (51,52) communiquant avec un sillon axial est ménagée en creusant une cavité à fond pointu par attaque chimique anisotrope, à travers un masque à fenêtre de faible largeur, à l'opposé de la surface de la plate-forme.

10 28. Procédé selon la revendication 20 ou 27, dans lequel les ouvertures communiquant avec les sillons sont ménagées en creusant, lors d'une seule étape d'attaque chimique anisotrope, des cavités à fond pointu et des cavités à fond plat.

15 29. Procédé selon la revendication 28, dans lequel les cavités à fond pointu ont une profondeur inférieure à la profondeur des cavités à fond plat.

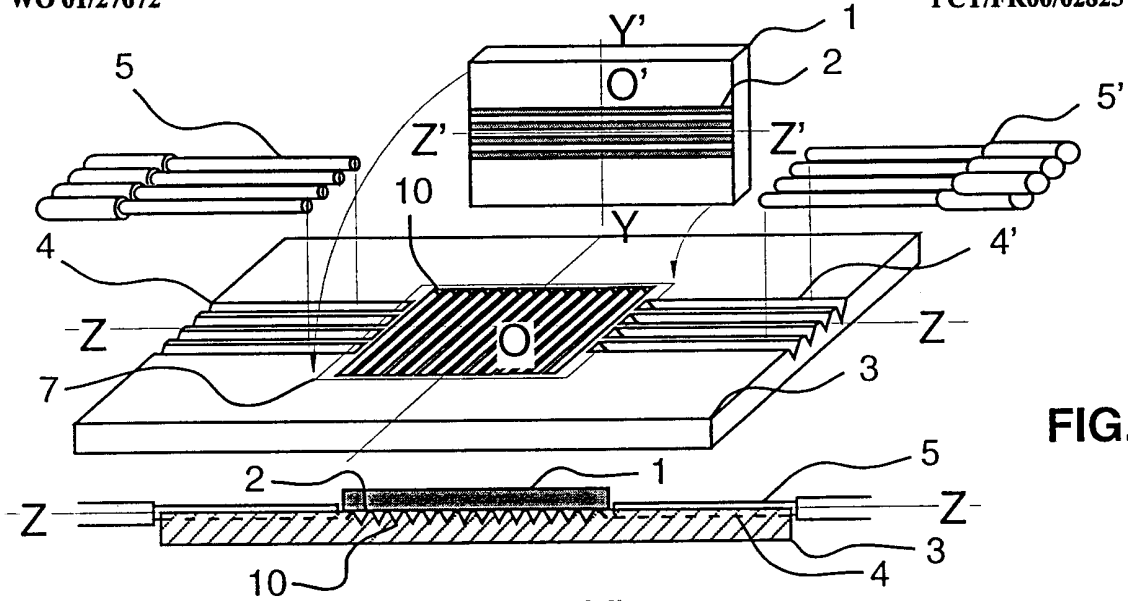


FIG.1

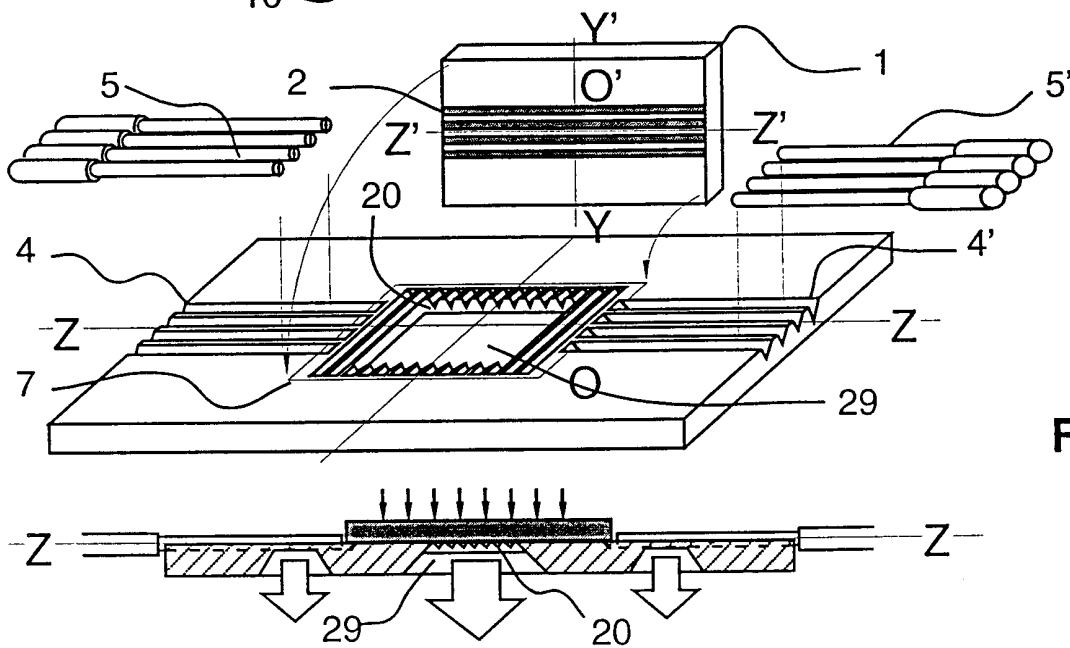


FIG.2

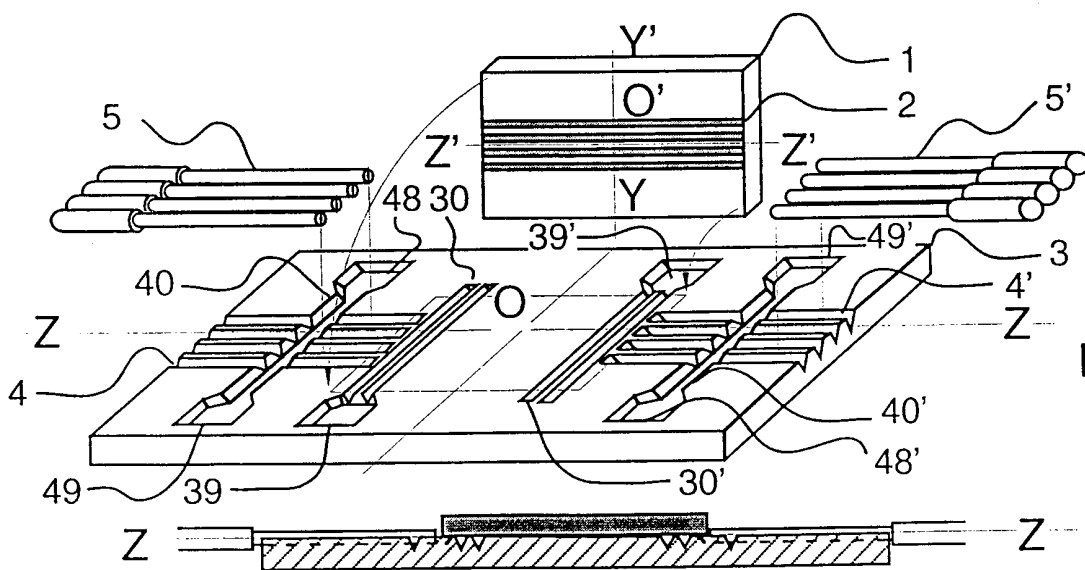
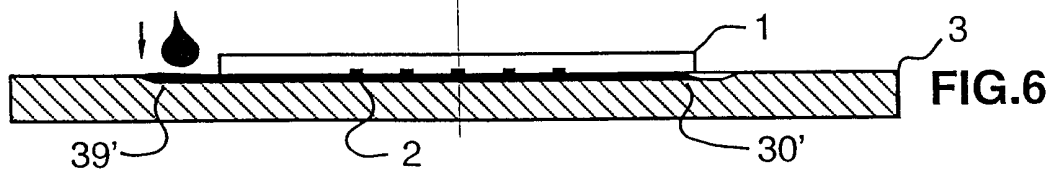
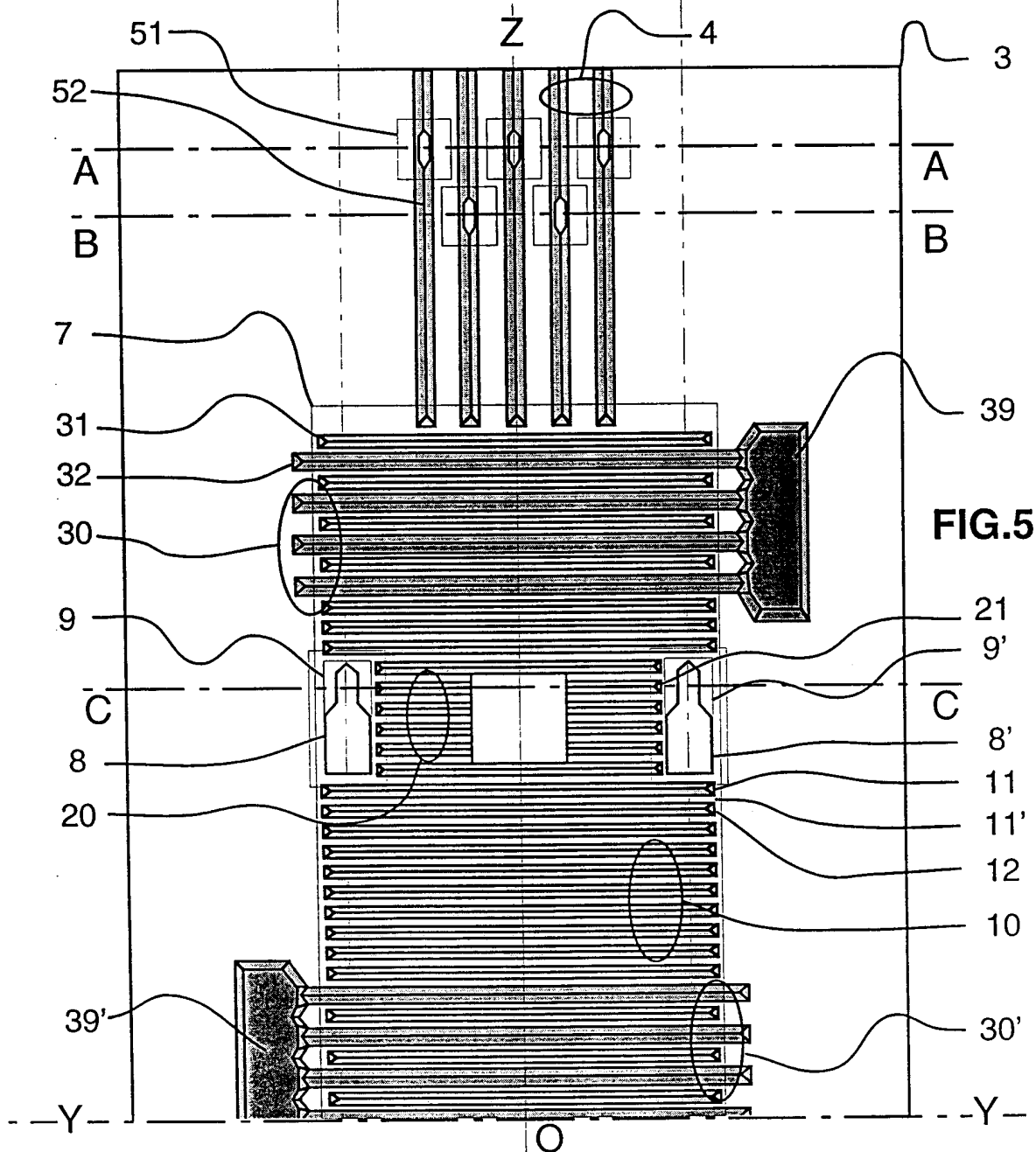
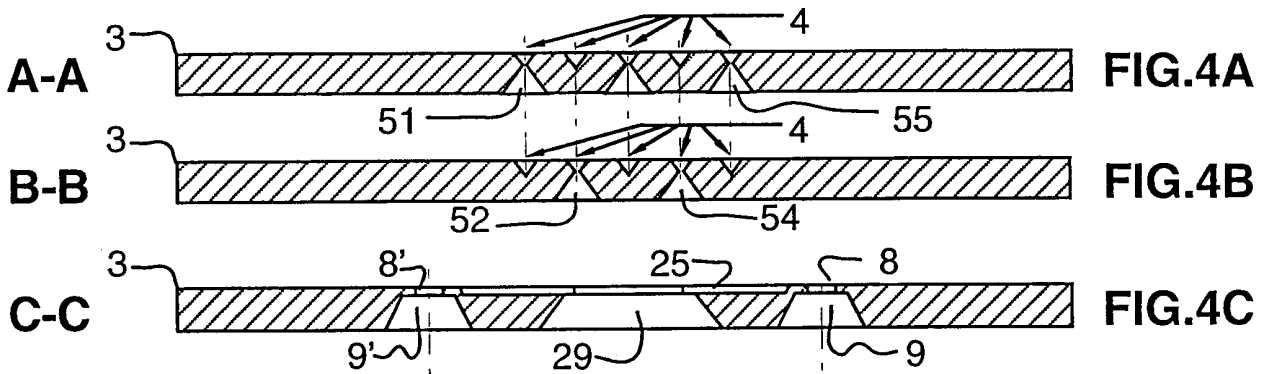


FIG.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/02825

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B6/30

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G02B

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 504 882 A (FUJITSU) 23 September 1992 (1992-09-23) abstract; figure 3 ----	1, 17
A	US 5 327 517 A (Y.YAMADA ET AL.) 5 July 1994 (1994-07-05) abstract; figures 1-31 ----	1, 17
A	HUNZIKER W ET AL: "SELF-ALIGNED OPTICAL FLIP-CHIP OEIC PACKAGING TECHNOLOGIES" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), CH, ZURICH, SEV, vol. CONF. 19, 1993, pages 84-91, XP000492156 abstract; figure 1 -----	1, 17

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 December 2000

Date of mailing of the international search report

08/12/2000

Name and mailing address of the ISA

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

Authorized officer

Malic, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/02825

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0504882	A	23-09-1992	JP 4291205 A	15-10-1992
			CA 2063310 A	20-09-1992
			US 5218663 A	08-06-1993
<hr/>				
US 5327517	A	05-07-1994	JP 6067041 A	11-03-1994
<hr/>				

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demar nternationale No
PCT/FR 00/02825

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G02B6/30

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 consultee (système de classification suivi des symboles de classement)
CIB 7 G02B

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 0 504 882 A (FUJITSU) 23 septembre 1992 (1992-09-23) abrégé; figure 3 ---	1, 17
A	US 5 327 517 A (Y.YAMADA ET AL.) 5 juillet 1994 (1994-07-05) abrégé; figures 1-31 ---	1, 17
A	HUNZIKER W ET AL: "SELF-ALIGNED OPTICAL FLIP-CHIP OEIC PACKAGING TECHNOLOGIES" PROCEEDINGS OF THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION (ECOC), CH, ZURICH, SEV, vol. CONF. 19, 1993, pages 84-91, XP000492156 abrégé; figure 1 -----	1, 17

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

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

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

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

1 décembre 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

08/12/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

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

Fonctionnaire autorisé

Malic, K

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dema: internationale No

PCT/FR 00/02825

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0504882 A	23-09-1992	JP 4291205 A CA 2063310 A US 5218663 A	15-10-1992 20-09-1992 08-06-1993
US 5327517 A	05-07-1994	JP 6067041 A	11-03-1994