



(51) Classification internationale des brevets :
G02B 6/30 (2006.01) **G02B 6/34** (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2010/050255

(22) Date de dépôt international :
12 janvier 2010 (12.01.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
09 50155 13 janvier 2009 (13.01.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET
AUX ENERGIES ALTERNATIVES** [FR/FR]; 25 rue
Leblanc, Bâtiment "Le Ponant D", F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
TCHELNOKOV, Alexei [FR/FR]; 28 rue Blanche
Monier, F-38000 Grenoble (FR). **BEN BAKIR, Badhise**
[FR/FR]; 78 rue d'Alembert, Résidence Le Florineige,
F-38000 Grenoble (FR).

(74) Mandataire : **ILGART, Jean-Christophe**; Brevalex, 3,
rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).

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

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : OPTICAL TRANSMISSION DEVICE WITH OPTICAL FIBRE COUPLED BY EVANESCENT WAVES TO A PLANAR WAVEGUIDE

(54) Titre : DISPOSITIF DE TRANSMISSION OPTIQUE A FIBRE OPTIQUE COUPLEE PAR ONDES EVANESCENTES A UN GUIDE D'ONDE PLANAIRE

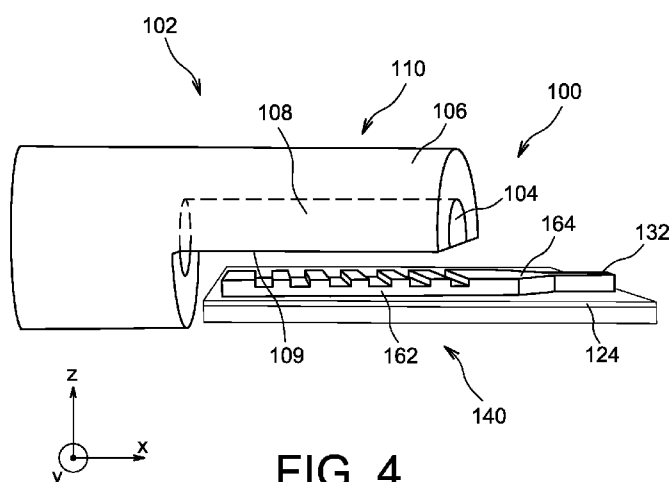


FIG. 4

(57) Abstract : Optical transmission device (100) comprising: - an optical fibre (102) comprising a core (104) and a sheath (106) surrounding the core, and comprising, at the level of at least a part (110) of the optical fibre, a portion (108) of the core, at least one surface (109) of which is not covered by the sheath, - a planar waveguide (120, 140) comprising means of coupling (162) by evanescent waves, disposed in the vicinity of said surface of the core of the optical fibre, said coupling means comprising a diffraction grating, and in which the refractive index of the material of the core of the optical fibre lies between around 1 and 2.5, and the refractive index of a material from which the coupling means are made lies between around 3 and 4.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Dispositif de transmission optique (100) comportant : - une fibre optique (102) comprenant un cœur (104) et une gaine (106) entourant le cœur, et comportant, au niveau d'au moins une partie (110) de la fibre optique, une portion (108) du cœur dont au moins une surface (109) n'est pas recouverte par la gaine, - un guide d'ondes planaire (120, 140) comprenant des moyens de couplage (162) par ondes évanescentes disposés au voisinage de ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique, lesdits moyens de couplage comprenant un réseau de diffraction, et dans lequel l'indice de réfraction du matériau du cœur de la fibre optique est compris entre environ 1 et 2,5, et l'indice de réfraction d'un matériau à partir duquel sont réalisés les moyens de couplage est compris entre environ 3 et 4.

**DISPOSITIF DE TRANSMISSION OPTIQUE A FIBRE OPTIQUE
COUPLEE PAR ONDES EVANESCENTES A UN GUIDE D'ONDE
PLANAIRE**

5

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

L'invention concerne le domaine de l'optoélectronique, et plus particulièrement la réalisation d'un couplage et d'une transmission optique
10 entre un guide d'ondes planaire et une fibre optique.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Les technologies des guides d'ondes planaires permettent d'intégrer de façon compacte, sur une même puce, des fonctions complexes de gestion de
15 faisceaux optiques comme le multiplexage, le démultiplexage, la modulation, ou encore le routage spectral. Toutes ces fonctions sont nécessaires aussi bien pour des liaisons optiques très courtes distances, de l'ordre du millimètre (par exemple pour des
20 communications intra-puce), ou très longues distances, de l'ordre de plusieurs kilomètres (par exemple pour des réseaux métropolitains), et permettent de réaliser une augmentation du débit des bus d'interconnexion.

Afin d'obtenir une forte densité
25 d'intégration de ces fonctions optiques, il est nécessaire de réaliser une miniaturisation poussée des circuits, conduisant également à une miniaturisation de la section des guides d'ondes planaires, par exemple à des dimensions comprises entre quelques dixièmes de

micromètre et quelques micromètres. Or, pour les applications moyennes et longues distances (c'est-à-dire de quelques mètres à plusieurs kilomètres), le médium de transport optique privilégié est la fibre
5 optique dont les dimensions de la section transverse sont élevées (par exemple de 10 à quelques dizaines de micromètres). Par conséquent, les systèmes de couplage optique entre les guides d'ondes planaires et les fibres optiques doivent compenser cette désadaptation
10 dimensionnelle entre ces deux éléments.

En effet, afin de garantir la caractéristique monomodale des guides d'ondes planaires, les dimensions des sections des portions de semi-conducteur réalisant la transmission dans ces
15 guides d'ondes sont fortement réduites, et sont par exemple choisies inférieures à la longueur d'onde transmise. A l'opposé, le faible rapport d'indices de réfraction entre le matériau formant le cœur d'une fibre optique et celui de sa gaine relaxe la contrainte
20 des dimensions en ce qui concerne la caractéristique monomodale de ces fibres. La taille du mode sortant d'une fibre optique est généralement proche d'une dizaine de micromètres. Ainsi, l'efficacité de couplage entre un guide d'ondes planaire monomode et une fibre
25 optique monomode est proportionnelle, au premier ordre, au rapport des surfaces des modes, et est généralement inférieure à 5 %, ce qui limite la transmission entre ces deux éléments. Réaliser un bon couplage optique entre un guide d'ondes planaire et une fibre optique,
30 notamment lorsque ces éléments sont monomodes, est donc problématique.

Il est connu de coupler une fibre optique à un guide d'ondes en disposant la fibre optique perpendiculairement au guide d'ondes. Toutefois, un tel couplage n'est pas compatible avec certains packaging de circuits optiques imposant, pour des raisons d'encombrement, que la fibre optique soit disposée de manière coplanaire au guide d'ondes, le guide d'ondes devant dans ce cas être aligné, c'est-à-dire parallèle, à l'axe de révolution de la fibre optique.

Pour réaliser un couplage optique tout en conservant la fibre optique alignée de manière coplanaire au guide d'ondes, il est possible d'augmenter la taille du mode du guide d'ondes planaire. Pour cela, on réalise une adaptation, ou variation, graduelle de la section du guide d'ondes planaire au niveau de l'interface avec la fibre optique afin de dé-confiner graduellement le mode du guide d'ondes planaire, c'est-à-dire augmenter la taille du mode du guide d'ondes planaire. Lorsque le cœur du guide d'ondes planaire est à base de semi-conducteur, il est possible de dé-confiner le mode jusqu'à 3 μm environ, ce qui reste toutefois bien inférieur à la taille du mode des fibres optiques.

Parallèlement à cette augmentation de la taille du mode du guide d'ondes, il est également possible de réduire la taille du mode de la fibre optique. Pour cela, on réalise une réduction de la section de la fibre optique au niveau de l'interface avec le guide d'ondes planaire, ce qui permet de réduire la taille du mode de la fibre optique. Une telle fibre optique est appelée « fibre optique

étirée » (ou « tapered optical fiber » en anglais). On obtient typiquement des modes réduits dont les dimensions sont comprises entre environ 2,5 μm et 3 μm . Toutefois, cette solution est difficile à mettre en œuvre à l'échelle industrielle. De plus, étant donné que la taille du mode est réduite, cette configuration demande un alignement mécanique de la fibre avec le guide d'ondes bien plus précis dans l'espace, c'est-à-dire selon trois dimensions, qu'avec une fibre à l'extrémité non réduite.

Cette solution permet donc d'obtenir une compatibilité des modes de la fibre optique et du guide d'ondes en combinant une augmentation de la taille du mode du guide d'ondes planaire et une réduction de la taille du mode de la fibre optique. Toutefois, cette solution rend le dispositif final, comportant la fibre optique couplée au guide d'ondes, complexe à fabriquer et coûteux, notamment en raison de l'alignement très précis à réaliser entre l'extrémité de section réduite de la fibre optique et le guide d'ondes.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

Un but de la présente invention est de proposer un dispositif de transmission dans lequel une fibre optique est couplée optiquement à un guide d'ondes planaire de manière coplanaire, le guide d'ondes étant donc aligné avec l'axe de révolution de la fibre optique, qui soit peu coûteux à réaliser et dont l'alignement entre la fibre optique et le guide d'ondes planaire soit moins complexe à réaliser par rapport aux solutions existantes.

Un autre but de la présente invention est également de proposer un dispositif de transmission optique dans lequel une fibre optique est couplée optiquement à un guide d'ondes planaire de manière coplanaire sur une faible distance de couplage, par exemple inférieure à environ 100 μm .

Pour cela, la présente invention propose un dispositif de transmission optique comportant au moins :

10 - une fibre optique comprenant au moins un cœur et une gaine entourant le cœur, et comportant, au niveau d'au moins une partie de la fibre optique, une portion du cœur dont au moins une surface n'est pas recouverte par la gaine,

15 - un guide d'ondes planaire comprenant des moyens de couplage par ondes évanescentes disposés au voisinage de ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique, lesdits moyens de couplage comprenant au moins un réseau de diffraction,

20 et dans lequel l'indice de réfraction du matériau du cœur de la fibre optique est compris entre environ 1 et 2,5, et l'indice de réfraction d'un matériau à partir duquel sont réalisés les moyens de couplage est compris entre environ 3 et 4.

25 Par rapport aux dispositifs de l'art antérieur réalisant un couplage hors plan d'une fibre optique et d'un guide d'ondes (fibre optique disposée perpendiculairement au guide d'ondes), le dispositif de transmission selon l'invention permet de réduire
30 l'encombrement grâce au couplage par ondes évanescentes réalisé par le guide d'ondes planaire qui peut donc

être disposé parallèlement à l'axe de la fibre optique. Dans ce dispositif de transmission, la fibre optique est donc alignée de manière coplanaire au guide d'ondes, et plus particulièrement de manière coplanaire
5 au réseau de diffraction du guide d'ondes.

De plus, par rapport aux solutions de l'art antérieur dans lesquelles l'extrémité de la fibre optique est réduite et couplée au guide d'ondes en étant mise bout à bout avec le guide d'ondes, ce
10 dispositif de transmission facilite l'alignement entre la fibre optique et le guide d'ondes grâce au couplage par ondes évanescentes réalisé avec la surface du cœur de la fibre mise à nue et qui n'impose des contraintes d'alignement que sur une seule dimension
15 perpendiculaire à l'axe de révolution de la fibre.

La réalisation d'un tel dispositif de transmission ne fait pas appel à des étapes coûteuses telles que celles utilisées pour les dispositifs comprenant un guide optique aligné à une extrémité
20 réduite d'une fibre optique.

Selon l'invention, l'indice de réfraction du cœur de la fibre est faible, c'est-à-dire compris entre environ 1 et 2,5. De telles valeurs d'indice sont par exemple obtenues en utilisant, pour réaliser le
25 cœur de la fibre, au moins un matériau diélectrique tel qu'un oxyde de semi-conducteur, par exemple du SiO_2 (indice égal à environ 1,5) ou du TiO_2 , ou un nitrure de semi-conducteur, ou encore une résine optique. De plus, l'indice de réfraction du matériau des moyens de
30 couplage est fort, c'est-à-dire compris entre environ 3 et 4 (valeurs d'indice obtenues en réalisant les moyens

de couplage du guide d'ondes par exemple à partir d'un matériau semi-conducteur tel que du InP, du GaAs, du Si, etc.).

De plus, étant donné que la différence
5 entre l'indice de réfraction du matériau du cœur de la fibre optique et l'indice de réfraction du matériau des moyens de couplage est importante, et que le transfert d'énergie entre le cœur de la fibre optique et les
moyens de couplage est inversement proportionnel à
10 cette différence d'indices, l'invention permet de réduire fortement la distance de couplage nécessaire entre la fibre optique et le réseau de diffraction. Cette distance de couplage est par exemple comprise entre environ 1 μm et 100 μm .

15 Ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique et le réseau de diffraction peuvent être coplanaires.

Il est également proposé un dispositif de transmission optique pouvant comporter au moins :

20 - une fibre optique comprenant au moins un cœur et une gaine entourant le cœur, et comportant, au niveau d'au moins une partie de la fibre optique, une portion du cœur dont au moins une surface n'est pas recouverte par la gaine,

25 - un guide d'ondes planaire comprenant des moyens de couplage par ondes évanescentes disposés au voisinage de ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique.

Une droite normale à ladite surface de la
30 portion du cœur de la fibre optique peut former, avec

un axe de révolution de la fibre optique, un angle compris entre θ_c et 90° , tel que :

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_{\text{coeur}}}{n_{\text{couplage}}}\right), \quad \text{avec } n_{\text{coeur}} : \text{indice de}$$

réfraction du matériau du cœur de la fibre optique, et
5 n_{couplage} : indice de réfraction d'un matériau à partir duquel sont réalisés les moyens de couplage.

θ_c peut donc former un angle critique minimal qui peut être supérieur ou égal à environ 27° lorsque l'indice de réfraction du matériau du cœur de
10 la fibre optique est égale à environ 1,55 et que l'indice de réfraction du matériau à partir duquel sont réalisés les moyens de couplage, par exemple du silicium, est égale à environ 3,5.

Il est également proposé un dispositif de
15 transmission optique pouvant comporter au moins :

- une fibre optique comprenant au moins un cœur et une gaine entourant le cœur, et comportant, au niveau d'au moins une partie de la fibre optique, un méplat mettant à nue une surface du cœur de la fibre
20 optique,

- un guide d'ondes planaire comprenant des moyens de couplage par ondes évanescentes disposés au voisinage de ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique.

25 θ_c peut être tel que : $27^\circ \leq \theta_c < 90^\circ$.

Ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique peut être incluse dans un plan sensiblement parallèle à l'axe de révolution de la fibre optique. Dans ce cas, la droite normale à ladite
30 surface de la portion du cœur de la fibre optique

forme, avec un axe de révolution de la fibre optique, un angle égal à environ 90°.

Il est également proposé un dispositif de transmission optique pouvant comporter au moins :

5 - une fibre optique comprenant au moins un cœur et une gaine entourant le cœur, et comportant, au niveau d'au moins une partie de la fibre optique, une portion du cœur dont au moins une surface se trouvant dans un plan sensiblement parallèle à l'axe de
10 révolution de la fibre optique n'est pas recouverte par la gaine,

 - un guide d'ondes planaire comprenant des moyens de couplage par ondes évanescentes disposés au voisinage de ladite surface de la portion du cœur de la
15 fibre optique.

Ladite partie de la fibre optique peut être une partie d'extrémité de la fibre optique.

Ladite partie de la fibre optique peut comporter, dans un plan perpendiculaire à l'axe de
20 révolution de la fibre optique, une section en forme de disque tronqué.

Ladite portion du cœur peut comporter, dans un plan perpendiculaire à l'axe de révolution de la fibre optique, une section en forme de disque tronqué
25 circulaire ou elliptique, la surface tronquée pouvant être inférieure ou égale à la surface non tronquée du disque.

Le guide d'ondes peut être du type arête ou ruban, et formé dans un substrat SOI, c'est-à-dire de
30 type semi-conducteur sur isolant.

Lorsque le guide d'ondes est formé dans un substrat SOI, le réseau de diffraction peut comporter une portion gravée d'une couche active du substrat SOI. Dans ce cas, le réseau de diffraction peut être collé,
5 par exemple par un collage moléculaire ou par l'intermédiaire d'une interface de collage optiquement transparente, contre la surface de la portion du cœur non recouverte par la gaine, ou contre le méplat formé au niveau de ladite partie de la fibre optique.

10 La dimension du réseau de diffraction sensiblement perpendiculaire à l'axe de révolution de la fibre optique et comprise dans un plan sensiblement parallèle à ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique non recouverte par la gaine peut être
15 sensiblement égale au mode destiné à être transmis dans la fibre optique.

Le guide d'ondes peut comporter une portion de matériau guidant couplée au réseau de diffraction et dont la section diminue graduellement.

20 La fibre optique et/ou le guide d'ondes peuvent être monomodes.

Dans une autre variante, la fibre optique peut être multimodes. Dans ce cas, le dispositif de transmission peut comporter plusieurs guides d'ondes
25 comprenant chacun des moyens de couplage par ondes évanescentes, par exemple des réseaux de diffraction, et disposés les uns à côté des autres au voisinage de ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique.

30 Le dispositif peut comporter un faisceaux de fibres optiques comprenant chacune une portion du

cœur dont au moins une surface se trouvant dans un plan sensiblement parallèle à un axe de révolution de la fibre optique n'est pas recouverte par la gaine, et une pluralité de guides d'ondes planaires comprenant chacun des moyens de couplage par ondes évanescentes disposés au voisinage d'une des surfaces des portions des cœurs des fibres optiques non recouvertes par les gaines. Un tel dispositif a notamment pour avantage que les fibres optiques peuvent être polies en un seul fois pour mettre à nue ladite surface du cœur, et couplées en un seul fois en les alignant selon un seul axe par rapport aux guides d'ondes (fabrication collective de plusieurs dispositifs de transmission).

L'invention concerne également un procédé de réalisation d'un dispositif de transmission optique, comportant au moins les étapes de :

- polissage mécano-chimique d'au moins une partie d'une fibre optique comprenant au moins un cœur et une gaine entourant le cœur, tel qu'au moins une surface d'une portion du cœur ne soit plus recouverte par la gaine,

- couplage d'au moins un guide d'ondes planaire comprenant des moyens de couplage par ondes évanescentes au voisinage de ladite surface de la portion du cœur de la fibre optique, lesdits moyens de couplage comprenant au moins un réseau de diffraction

et dans lequel l'indice de réfraction du matériau du cœur de la fibre optique est compris entre environ 1 et 2,5, et l'indice de réfraction d'un matériau à partir duquel sont réalisés les moyens de couplage est compris entre environ 3 et 4.

Il est également proposé un procédé de réalisation d'un dispositif de transmission optique, pouvant comporter au moins les étapes de :

- polissage mécano-chimique d'au moins une
5 partie d'une fibre optique comprenant au moins un cœur et une gaine entourant le cœur, tel qu'au moins une surface d'une portion du cœur se trouvant dans un plan sensiblement parallèle à un axe de révolution de la fibre optique ne soit plus recouverte par la gaine, ou
10 formant un méplat mettant à nue une surface du cœur de la fibre optique,

- couplage d'au moins un guide d'ondes planaire comprenant des moyens de couplage par ondes évanescentes au voisinage de ladite surface de la
15 portion du cœur de la fibre optique.

Lors de l'étape de polissage mécano-chimique, la fibre optique peut être disposée dans une rainure en V formée sur une face d'un substrat, cette face servant de surface d'arrêt lors du polissage
20 mécano-chimique.

Le procédé peut comporter en outre, avant la mise en œuvre de l'étape de couplage, une étape de réalisation des moyens de couplage par ondes évanescentes comprenant une gravure d'un réseau de
25 diffraction dans une couche à base de semi-conducteur.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés à titre purement indicatif et nullement

limitatif en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A, 1B et 1C représentent des vues selon différents angles d'un exemple de fibre optique faisant partie d'un dispositif de transmission optique, objet de la présente invention,
- les figures 2A et 2B représentent des vues partielles de deux exemples de guides d'ondes planaires faisant chacun partie d'un dispositif de transmission optique, objet de la présente invention,
- la figure 3 représente un exemple de guide d'ondes d'un dispositif de transmission optique, objet de la présente invention,
- la figure 4 représente un dispositif de transmission optique, objet de la présente invention, selon un mode de réalisation particulier,
- les figures 5A et 5B représentent les étapes de réalisation de fibres optiques faisant parties d'un dispositif de transmission optique, objet de la présente invention.

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

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

Les différentes possibilités (variantes et modes de réalisation) doivent être comprises comme

n'étant pas exclusives les unes des autres et peuvent se combiner entre elles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Les différents éléments formant ensemble un
5 dispositif de transmission optique 100, dont un exemple de réalisation est représenté sur la figure 4, vont tout d'abord être décrits individuellement.

On se réfère aux figures 1A, 1B et 1C qui
représentent respectivement une vue 3D, une vue en
10 coupe de profil et une vue de face d'un exemple de fibre optique 102 faisant partie du dispositif de transmission optique 100.

La fibre optique 102 est ici une fibre
monomode de forme sensiblement cylindrique s'étendant
15 le long d'un axe de révolution 103, ou axe de symétrie, parallèle à un axe X représenté sur les figures 1A, 1B et 1C. La fibre 102 est formée par un cœur 104, également de forme sensiblement cylindrique s'étendant le long de l'axe de révolution 103, et une gaine 106
20 recouvrant le cœur 104, la gaine 106 ayant une forme tubulaire s'étendant le long de l'axe de révolution 103 et dans laquelle est disposé le cœur 104.

Comme représenté sur les figures 1A, 1B et
1C, une extrémité 110 de la fibre 102 est usinée, ou
25 tronquée, en forme de « D » sur une longueur l (voir figure 1B) parallèle à l'axe de révolution 103. Cette longueur l est par exemple comprise entre environ 10 μm et 1 cm. Ainsi, au niveau de cette longueur l, l'extrémité 110 de la fibre optique 102 a une section
30 transverse, c'est-à-dire une section dans un plan

perpendiculaire à l'axe de révolution 103 (et donc parallèle au plan (Y,Z)), en forme de disque tronquée, mettant à nue une portion 108 du cœur 104 de cette extrémité 110. Cette portion 108 présente donc une
5 surface 109, se trouvant dans un plan parallèle à l'axe de révolution 103, qui n'est pas recouverte par la gaine 106. Cette surface 109 mise à nue forme un méplat réalisé au niveau de l'extrémité 110 de la fibre optique 102. La section transverse du reste de la fibre
10 102, c'est-à-dire en dehors de l'extrémité 110, a une forme de disque.

Au niveau de cette extrémité 110, la portion 108 du cœur 104 est usinée, ou tronquée, sur une hauteur h (voir figure 1C), parallèle à l'axe Z,
15 correspondant à la distance entre la surface extérieure de la paroi initiale du cœur 104 et la surface 109. Cette hauteur h est choisie de préférence inférieure ou égale au rayon de la section transverse initiale, c'est-à-dire non tronquée, du cœur 104. Ainsi, en
20 limitant la hauteur h à environ la moitié du diamètre de la section initiale non tronquée du cœur 104, correspondant à un tronquage ou un usinage maximum de la moitié de l'extrémité 110 de la fibre optique 102, on évite l'apparition d'importantes perturbations dans
25 le cœur 104 qui seraient dues à des réflexions parasites à la frontière entre l'extrémité 110 et le reste de la fibre 102.

Dans une variante, il est possible que seule la gaine 106, au niveau de l'extrémité 110, soit
30 tronquée, mettant ainsi à nue une partie de la paroi extérieure de la portion 108 du cœur 104. Cette

variante correspondrait à avoir une hauteur h d'usinage du cœur 104 sensiblement nulle.

Le dispositif de transmission optique 100 comporte en outre un guide d'ondes planaire. La figure 5 2A représente une partie d'un premier exemple de guide d'ondes planaire 120 de type arête faisant partie du dispositif de transmission optique 100. Ce guide d'ondes planaire 120 est réalisé à partir d'un substrat SOI comprenant une couche support 122 à base de silicium, sur laquelle est empilée une couche diélectrique 124 à base de SiO_2 et une couche active 126 à base de silicium. La couche active 126 est gravée partiellement afin de former une arête 128 au niveau de la face supérieure de la couche active 126 (la face supérieure étant la face opposée à celle en contact avec la couche diélectrique 124). La couche active 126 est recouverte par une couche de protection 130, ici à base de SiO_2 , optiquement transparente. La couche active 126 forme donc, grâce à la différence de valeurs entre l'indice de réfraction du matériau de la couche active 126, ici du silicium, et celui de la couche de protection 130, ici du SiO_2 , un medium monomode dans lequel les ondes sont guidées sur toute la longueur du guide d'ondes 120, parallèlement à l'axe X représenté sur la figure 2A. L'arête 128 a par exemple une largeur (dimension selon l'axe Y représenté sur la figure 2A) égale à environ $0,9 \mu\text{m}$ ou comprise entre environ $0,2 \mu\text{m}$ et $1 \mu\text{m}$, et une hauteur (dimension selon l'axe Z représenté sur la figure 2A) égale à environ $0,4 \mu\text{m}$ ou comprise entre environ $0,2 \mu\text{m}$ et $1 \mu\text{m}$.

La figure 2B représente une partie d'un second exemple de réalisation d'un guide d'ondes planaire 140, également de type monomode, faisant partie du dispositif de transmission optique 100. De manière analogue au guide d'ondes 120 représenté sur la figure 2A, le guide d'ondes 140 est réalisé à partir du substrat SOI formé par les couches 122, 124 et 126 précédemment décrites. Par rapport au guide d'ondes 120 de la figure 2A, la couche active 126 est ici gravée sur toute son épaisseur (dimension selon l'axe Z de la figure 2B) afin de former un ruban 132, c'est-à-dire une portion de largeur (dimension selon l'axe Y) inférieure à la largeur initiale de la couche active 126, apte à réaliser le guidage des ondes sur toute la longueur du guide d'ondes 140, c'est-à-dire selon l'axe X. Le ruban 132 a par exemple une largeur (dimension selon l'axe Y) égale à environ 0,5 μm ou comprise entre environ 0,2 μm et 1 μm , et une hauteur (dimension selon l'axe Z) égale à environ 0,2 μm , ou comprise entre environ 0,2 μm et 1 μm . Enfin, de manière analogue à l'arête 128 du guide d'ondes 120, le ruban 132 est recouvert par une couche de protection 134 à base de SiO_2 . Le ruban 132 forme donc le medium de transmission des ondes du guide d'ondes 140.

Dans les deux exemples de guides d'ondes 120 et 140 décrits ci-dessus, la couche active 126 est à base de silicium, cristallin ou amorphe. Dans une variante, la couche active dans laquelle l'arête 128 ou le ruban 132 sont réalisés, ou de manière générale la portion de matériau apte à réaliser le guidage des ondes, peut être à base d'un matériau semi-conducteur

autre que du silicium, comme par exemple du germanium, ou encore à base de phosphure d'indium, ou de silice dopée au phosphore ou au bore, ou plus généralement de tout matériau de type III-V.

5 La figure 3 représente une vue d'ensemble du guide d'ondes 140 de type ruban (couche active 126 gravée sur toute son épaisseur). Le guide d'ondes 140 comporte à une première extrémité des moyens de couplage par ondes évanescentes permettant de réaliser
10 un couplage optique entre la fibre optique 102 et le guide d'ondes 140. Sur l'exemple de la figure 3, ces moyens de couplage comportent un réseau de diffraction 162 réalisé en technologie ruban comme l'ensemble du guide d'ondes 140. Ce réseau de diffraction 162 est
15 destiné à venir au voisinage et en contact, direct ou indirect, avec l'extrémité 110 de la fibre optique 102, contre la surface tronquée de l'extrémité 110 de la fibre optique 102, au niveau de la portion 108 mise à nue du cœur 104 de la fibre optique 102.

20 Le réseau de diffraction 162 est relié à une portion 164 de la couche active 126 du guide d'ondes 140 formant une interface de couplage entre le réseau de diffraction 162 et le reste du guide d'ondes 140. En effet, la largeur du réseau de diffraction 162
25 (dimension selon l'axe Y représenté sur la figure 3) correspond sensiblement à la largeur du mode transmis dans la fibre optique 102, par exemple égale à environ 10 μm . Par contre, la largeur du ruban 132, du côté opposé au réseau de diffraction 162, a une largeur
30 généralement inférieure à 1 μm . Cette portion 164 de la couche active 126, réalisé dans toute l'épaisseur de la

couche active 126, forme donc un « entonnoir », c'est-à-dire une portion de matériau guidant comportant, au niveau d'un premier côté, une largeur sensiblement égale à celle du réseau de diffraction 162, cette
5 largeur diminuant graduellement jusqu'à un second côté, opposé au premier côté, comportant une largeur sensiblement égale à celle du ruban 132 du reste du guide d'ondes 140, inférieure à environ 1 μm . La couche de protection 134 est présente sur l'ensemble du guide
10 d'ondes 140, c'est-à-dire sur le réseau de diffraction 162, sur la portion d'adaptation 164 ainsi que sur le ruban 132.

De manière analogue à l'exemple de la figure 3, le guide d'ondes planaire 120, réalisé en
15 technologie de type arête, comporte également des moyens de couplage par ondes évanescentes, par exemple un réseau de diffraction sensiblement similaire au réseau de diffraction 162, ainsi qu'une portion d'adaptation sensiblement similaire à la portion 164
20 afin d'adapter les dimensions du réseau de diffraction à celles de l'arête 128 du guide d'ondes 120. Dans ce guide d'ondes 120, le réseau de diffraction 162 ainsi que la portion 164 sont réalisés en technologie ruban, c'est-à-dire gravés sur une partie de l'épaisseur
25 totale de la couche active 126.

On se réfère maintenant à la figure 4 qui représente le dispositif de transmission optique 100 dans son ensemble selon un mode de réalisation particulier. Le dispositif 100 comporte ici la fibre
30 optique 102 et le guide d'ondes planaire 140, ces deux éléments étant couplés l'un à l'autre grâce au réseau

de diffraction 162 du guide d'ondes 140. Un tel dispositif de transmission 100 permet d'obtenir un alignement dans un même plan, c'est-à-dire coplanaire, de la fibre optique 102 et du guide d'ondes 140, permettant ainsi d'obtenir un dispositif de transmission 100 d'encombrement très faible.

Dans ce dispositif de transmission 100, le réseau de diffraction 162 est disposé sous et en contact avec la surface 109 de la portion 108 du cœur 104 qui est mise à nue au niveau de l'extrémité 110 de la fibre optique 102. Le réseau de diffraction 162 est collé à l'extrémité 110 de la fibre 102, au niveau de la partie tronquée de celle-ci. Le collage peut être de type moléculaire, ou bien réalisé par l'intermédiaire d'une interface de collage disposée entre le réseau de diffraction 162 (au-dessus de la couche protection 130 ou 134) et la surface tronquée de l'extrémité 110. Cette interface de collage est par exemple à base de Si_3N_4 , de silice éventuellement dopé par des nanocristaux de silicium ou d'erbium, d'ITO, ou plus généralement à base d'un oxyde ou d'un nitrure. L'épaisseur est par exemple comprise entre environ 10 nm et 1 μm . L'épaisseur de cette interface de collage est choisie en fonction du matériau de l'interface de collage pour que l'interface soit optiquement transparente aux ondes évanescentes devant être transmises entre la fibre optique 102 et le réseau de diffraction 162. De plus, le matériau et l'épaisseur de la couche de protection (désignée par les références 130 et 134 sur les figures 2A et 2B) du guide d'ondes du dispositif de transmission 100 sont choisis pour

qu'un contact des champs évanescents ait lieu entre la fibre optique 102 et le réseau de diffraction 162.

La fibre optique 102 et le réseau de diffraction 162 sont couplés l'un à l'autre sur une faible distance (dimension parallèle à l'axe x représenté sur la figure 4), par exemple comprise entre environ 1 μm et 100 μm , grâce au fait que la différence d'indices de réfraction des matériaux du cœur 104 de la fibre optique 102 et du réseau de diffraction 162 est importante, par exemple comprise entre environ 1,5 et 4 ou plus. De plus, la période du réseau de diffraction 162 est ici comprise entre environ 200 nm et 2 μm .

Ainsi, lorsque des ondes sont transmises depuis la fibre optique 102, le champ évanescent du mode optique se propageant dans la fibre 102 est capté par le réseau de diffraction 162, ce qui permet alors de transmettre l'onde dans le reste du guide d'ondes. Le côté du guide d'ondes opposé au côté comportant le réseau de diffraction 162 peut être relié, ou couplé, à un ou plusieurs circuits photoniques réalisant une émission et/ou une réception de signaux. En outre, le guide d'ondes peut également comporter, au niveau du côté opposé à celui comportant le réseau de diffraction 162, des éléments réalisant des fonctions de gestion de faisceaux optiques comme le multiplexage, le démultiplexage, la modulation, ou encore le routage spectral. Le couplage réalisé entre la fibre optique 102 et le guide d'ondes 140 ou 120 est donc bidirectionnel car les signaux peuvent également se propager depuis le guide d'ondes vers la fibre optique 102 grâce au couplage par ondes évanescentes réalisé.

Le choix du type de guide d'ondes (ruban ou arête) peut être réalisé en fonction de la technologie (ruban ou arête) du ou des circuits photoniques auxquels peut être relié le guide d'ondes du dispositif de transmission 100.

Dans le dispositif de transmission 100 décrit en liaison avec la figure 4, la largeur du réseau de diffraction 162 est sensiblement égale à celle de la surface 109 de la portion 108 mise à nue du cœur 104 de la fibre 102. De plus, le réseau de diffraction 162 est ici sensiblement centré, selon l'axe Y, avec cette surface 109. Toutefois, il est possible que le réseau de diffraction 162 ait une largeur différente (supérieure ou inférieure) à la largeur de la surface 109 de la portion 108 mise à nue. De manière générale, la largeur du réseau de diffraction 162 et/ou la largeur de la surface 109 de la portion 108 mise à nue de la fibre 102 peuvent être comprises entre environ 5 μm et 10 μm , par exemple dans le cas d'une transmission monomode, ou comprise entre environ 10 μm et 100 μm dans le cas d'une transmission de signaux multimodes. Le réseau de diffraction 162 peut également ne pas être centré par rapport à la surface 109 de la portion 108. Un tel décalage est possible à partir du moment où un couplage par ondes évanescentes est bien réalisé entre la fibre optique 102 et le réseau de diffraction 162. On voit donc que la solution décrite ici, comportant la fibre optique 102 comprenant une partie tronquée au niveau de laquelle un guide d'ondes est couplé par des moyens de couplage par ondes évanescentes, par exemple un réseau

de diffraction, permet de réduire fortement les contraintes d'alignement qui existaient avec les dispositifs de l'art antérieur car ici, seul un alignement selon l'axe Y, dimension correspondant aux largeurs de la fibre optique et du guide d'ondes, doit être réalisé afin d'obtenir un couplage par ondes évanescentes entre la fibre optique et le guide d'ondes (pas d'alignement nécessaire selon l'axe de révolution 103 de la fibre, ni selon l'axe Z car pour cet axe, c'est l'épaisseur des matériaux se trouvant au-dessus du réseau de diffraction 162 qui détermine automatiquement le positionnement du réseau de diffraction 162 par rapport à la surface 109 mise à nue de la fibre optique 102).

L'exemple de réalisation décrit ci-dessus réalise une transmission monomode des ondes, c'est-à-dire que la fibre optique 102 et le guide d'ondes 120 ou 140 sont monomodes. Dans un autre mode de réalisation, la fibre optique peut être multimodes. Dans ce cas, le guide d'ondes peut également être multimodes. Dans un autre mode de réalisation, la fibre optique 102 peut être multimodes, et le dispositif de transmission 100 peut comporter plusieurs guides d'ondes, disposés les uns à côtés des autres et comportant chacun un réseau de diffraction collé contre la surface 109 de la fibre 102. On peut ainsi réaliser un couplage de la fibre multimodes avec plusieurs guides d'ondes monomodes. Un tel mode de réalisation permet notamment de séparer les bandes spectrales et polarisations transmises à travers une fibre optique multimodes.

Dans une variante, le dispositif de transmission 100 peut également comporter plusieurs fibres optiques 102, monomodes ou multimodes, chacune étant couplée à un ou plusieurs guides d'ondes
5 comprenant des moyens de couplage par ondes évanescentes, par exemple un réseau de diffraction.

La ou les fibres optiques 102 du dispositif de transmission 100 peuvent être fabriquées de manière individuelle ou collective en disposant les extrémités
10 110 des fibres 102 destinées à être usinées, ou tronquées, dans des tranchées 202 de section en forme de V (« V-grooves ») réalisées dans un substrat semi-conducteur 200 (voir figure 5A). La profondeur et la largeur des tranchées 202 sont choisies de manière à ce
15 que seules les parties des extrémités 110 des fibres 102 destinées à être conservées (non tronquées) soient disposées à l'intérieur des tranchées 202. On réalise alors l'usinage des extrémités 110 des fibres 102 par exemple par polissage mécano-chimique en s'arrêtant au
20 niveau de la face supérieure du substrat 200 (figure 5B). On met ainsi à nues les portions 108 des cœurs 104 des fibres 102, révélant les surfaces 109 des fibres 102. Ensuite, ces fibres 102 peuvent être assemblées simultanément à plusieurs dispositifs de couplage
25 similaires au dispositif de couplage 160 précédemment décrit.

Les éléments semi-conducteurs du dispositif de transmission 100, c'est-à-dire le ou les guides d'ondes, peuvent être réalisés à partir d'un ou
30 plusieurs substrats SOI par des étapes de

photolithographie et gravure, ainsi que des étapes de dépôt, par exemple de type CVD.

Dans la fibre optique 102 précédemment décrite, la portion 108 du cœur 104 est polie, ou tronquée, au niveau d'une extrémité 110 de la fibre optique 102. Toutefois, il est également envisageable que la portion 110 ne soit pas une extrémité de la fibre optique 102 mais une partie quelconque de la fibre optique, formant ainsi une encoche au niveau de laquelle une surface du cœur est mise à nue. Dans ce cas, le réseau de diffraction du guide d'ondes peut être collé contre cette surface, dans l'encoche, afin de réaliser un couplage par ondes évanescentes avec la fibre optique. Dans ce cas, en considérant les axes X, Y et Z représentés sur les figures 1A à 1C, la fibre optique comporterait un axe de révolution 103 parallèle à l'axe X, et le guide d'ondes s'étendrait le long d'un axe parallèle à l'axe Y.

Dans l'exemple du dispositif 100 décrit ci-dessus, la surface 109 de la portion 108 du cœur 104 de la fibre optique 102 appartient à un plan parallèle à l'axe de révolution 103 de la fibre 102, c'est-à-dire qu'une droite normale à cette surface 109 forme avec l'axe de révolution 103 un angle égal à 90°. Dans une variante, il est également possible que cet angle soit inférieur à 90°, et supérieur à un angle critique θ_c tel que :

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_{\text{cœur}}}{n_{\text{couplage}}}\right),$$

avec $n_{\text{cœur}}$: indice de réfraction du matériau du cœur de la fibre optique, et

n_{couplage} : indice de réfraction d'un matériau à partir duquel sont réalisés les moyens de couplage.

Il est ainsi possible d'avoir une fibre optique 102 dont l'angle d'attaque, par rapport au
5 réseau de diffraction 162, soit compris entre θ_c et 90° .

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de transmission optique (100) comportant au moins :

5 - une fibre optique (102) comprenant au moins un cœur (104) et une gaine (106) entourant le cœur (104), et comportant, au niveau d'au moins une partie (110) de la fibre optique (102), une portion (108) du cœur (104) dont au moins une surface (109) n'est pas recouverte par la gaine (106),

10 - un guide d'ondes planaire (120, 140) comprenant des moyens de couplage (162) par ondes évanescentes disposés au voisinage de ladite surface (109) de la portion (108) du cœur (104) de la fibre optique (102), lesdits moyens de couplage (162) comprenant au moins un réseau de diffraction,

 et dans lequel l'indice de réfraction du matériau du cœur (104) de la fibre optique (102) est compris entre environ 1 et 2,5, et l'indice de réfraction d'un matériau à partir duquel sont réalisés les moyens de couplage (162) est compris entre environ 3 et 4.

2. Dispositif (100) selon la revendication 1, dans lequel une droite normale à ladite surface (109) de la portion (108) du cœur (104) forme, avec un axe de révolution (103) de la fibre optique (102), un angle compris entre θ_c et 90° , tel que :

$$\theta_c = \arcsin\left(\frac{n_{\text{cœur}}}{n_{\text{couplage}}}\right), \quad \text{avec } n_{\text{cœur}} : \text{ indice de}$$

30 réfraction du matériau du cœur (104) de la fibre

optique (102), et n_{couplage} : indice de réfraction du matériau à partir duquel sont réalisés les moyens de couplage (162).

5 3. Dispositif (100) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ladite surface (109) de la portion (108) du cœur (104) de la fibre optique (102) et le réseau de diffraction sont coplanaires.

10 4. Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite surface (109) de la portion (108) du cœur (104) de la fibre optique (102) est incluse dans un plan sensiblement parallèle à l'axe de révolution (103) de la fibre
15 optique (102).

 5. Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite partie (110) de la fibre optique (102) est une partie
20 d'extrémité de la fibre optique (102).

 6. Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite partie (110) de la fibre optique (102) comporte, dans un plan
25 perpendiculaire à l'axe de révolution (103) de la fibre optique (102), une section en forme de disque tronqué circulaire ou elliptique.

 7. Dispositif (100) selon la revendication
30 6, dans lequel ladite portion (108) du cœur (104) comporte, dans le plan perpendiculaire à l'axe de

révolution (103) de la fibre optique (102), une section en forme de disque tronqué, la surface tronquée étant inférieure ou égale à la surface non tronquée du disque.

5

8. Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le guide d'ondes (120, 140) est du type arête (128) ou ruban (132), et formé dans un substrat SOI (122, 124, 126).

10

9. Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le réseau de diffraction est collé contre la surface (109) de la portion (108) du cœur (104) non recouverte par la gaine (106).

15

10. Dispositif (100) selon la revendication 9, dans lequel le collage du réseau de diffraction contre la surface (109) de la portion (108) du cœur (104) non recouverte par la gaine (106) est de type moléculaire ou réalisé par l'intermédiaire d'une interface de collage optiquement transparente.

20

11. Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la dimension du réseau de diffraction (162) sensiblement perpendiculaire à l'axe de révolution (103) de la fibre optique (102) et comprise dans un plan sensiblement parallèle à ladite surface (109) de la portion (108) du cœur (104) de la fibre optique (102) non recouverte par la gaine (106) est sensiblement égale au mode destiné à être transmis dans la fibre optique (102).

30

12. Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le guide d'ondes (120, 140) comporte une portion (164) de matériau guidant couplée au réseau de diffraction (162) et dont la section diminue graduellement.

13. Dispositif (100) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la fibre optique (102) et/ou le guide d'ondes (120, 140) sont monomodes.

14. Dispositif (100) selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel la fibre optique (102) est multimodes, le dispositif (100) comportant en outre plusieurs guides d'ondes (120, 140) comprenant chacun des moyens de couplage par ondes évanescentes (162) et disposés les uns à côté des autres au voisinage de ladite surface (109) de la portion (108) du cœur (104) de la fibre optique (102).

15. Dispositif (100) selon l'une des revendications 1 à 13, comportant un faisceaux de fibres optiques (102) comprenant chacune une portion (108) du cœur (104) dont au moins une surface (109) se trouvant dans un plan sensiblement parallèle à un axe de révolution (103) de la fibre optique (102) n'est pas recouverte par la gaine (106), et une pluralité de guides d'ondes planaires (120, 140) comprenant chacun des moyens de couplage (162) par ondes évanescentes disposés au voisinage d'une des surfaces (109) des portions (108) des cœurs (104) des fibres optiques (102) non recouvertes par les gaines.

16. Procédé de réalisation d'un dispositif de transmission optique (100), comportant au moins les étapes de :

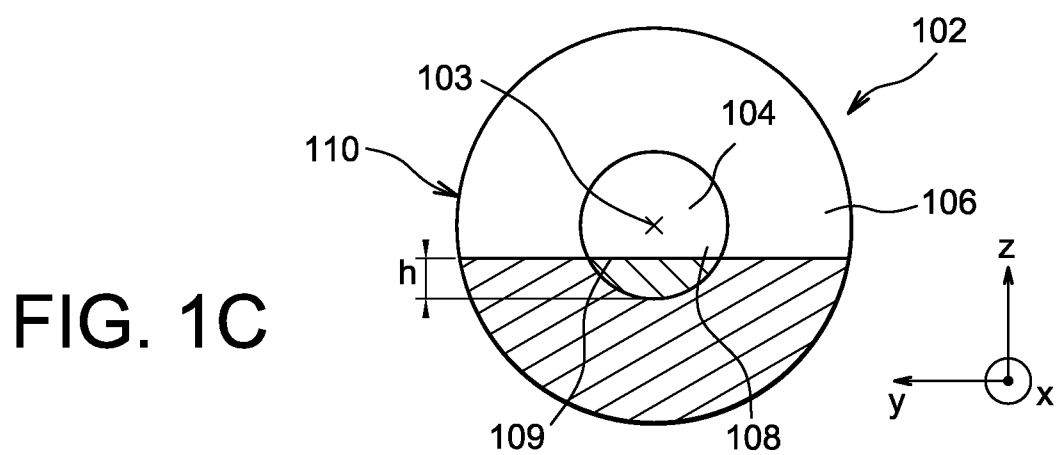
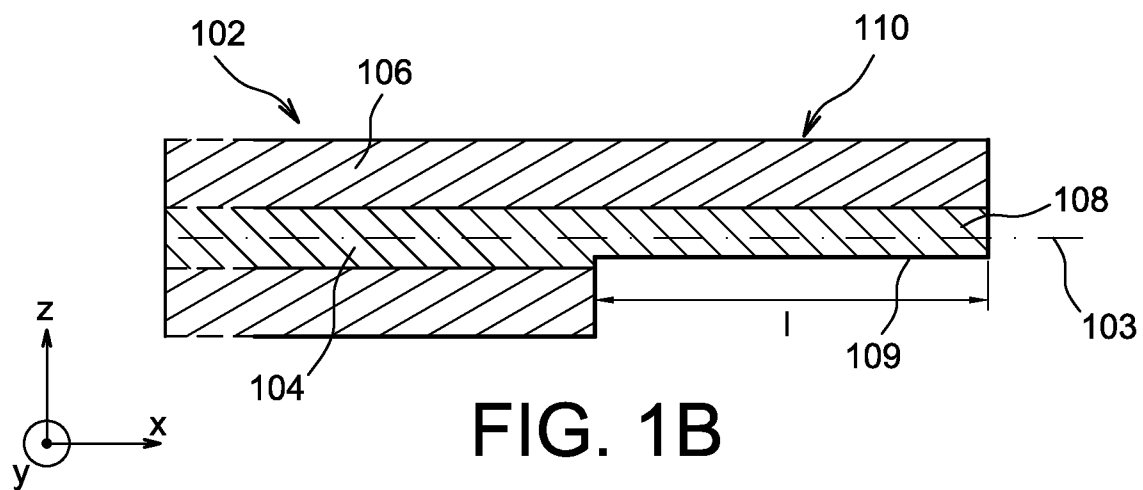
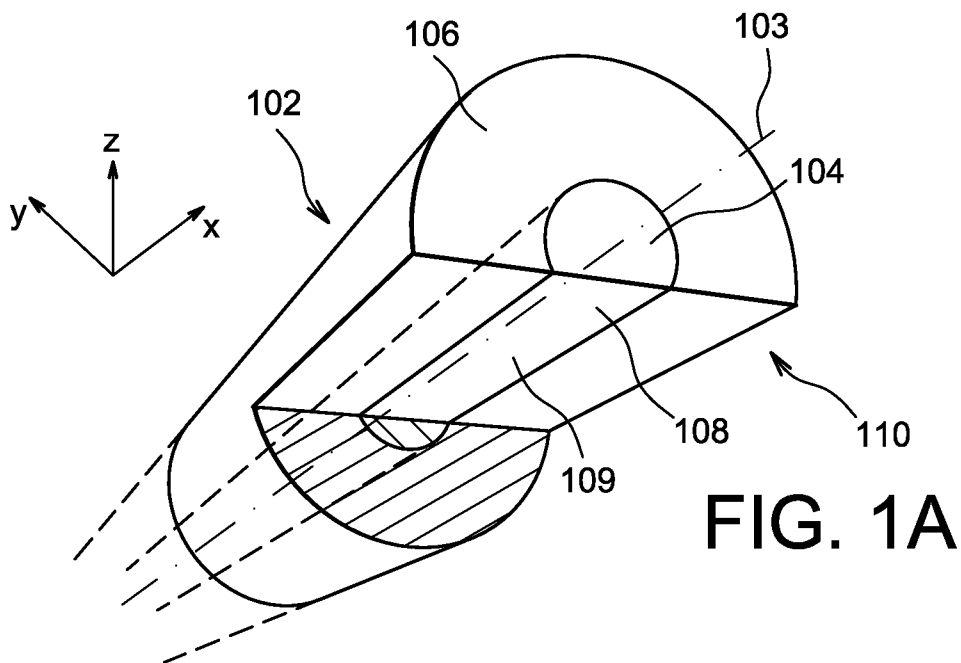
- 5 - polissage mécano-chimique d'au moins une partie (110) d'une fibre optique (102) comprenant au moins un cœur (104) et une gaine (106) entourant le cœur (104), tel qu'au moins une surface (109) d'une portion (108) du cœur (104) ne soit plus recouverte par la gaine (106),
- 10 - couplage d'au moins un guide d'ondes planaire (120, 140) comprenant des moyens de couplage par ondes évanescentes (162) au voisinage de ladite surface (109) de la portion (108) du cœur (104) de la fibre optique (102), lesdits moyens de couplage (162)
- 15 comprenant au moins un réseau de diffraction
- et dans lequel l'indice de réfraction du matériau du cœur (104) de la fibre optique (102) est compris entre environ 1 et 2,5, et l'indice de réfraction d'un matériau à partir duquel sont réalisés
- 20 les moyens de couplage (162) est compris entre environ 3 et 4.

17. Procédé selon la revendication 16, dans lequel, lors de l'étape de polissage mécano-chimique,

25 la fibre optique (102) est disposée dans une rainure en V (202) formée sur une face d'un substrat (200), cette face servant de surface d'arrêt lors du polissage mécano-chimique.

18. Procédé selon l'une des revendications 16 ou 17, comportant en outre, avant la mise en œuvre de l'étape de couplage, une étape de réalisation des moyens de couplage par ondes évanescentes (162) 5 comprenant une gravure du réseau de diffraction dans une couche à base de semi-conducteur.

1 / 4



2 / 4

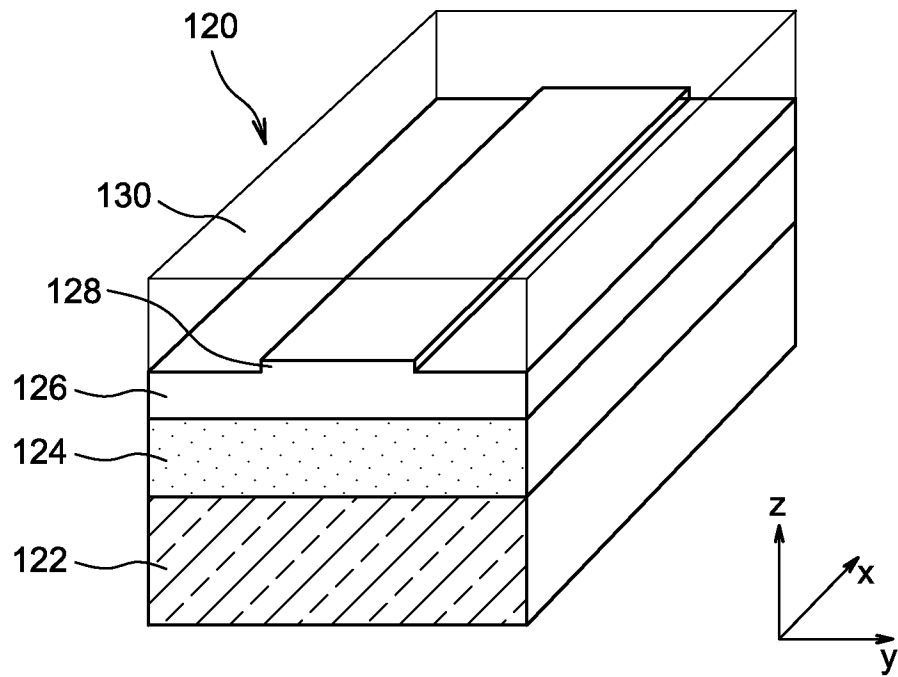


FIG. 2A

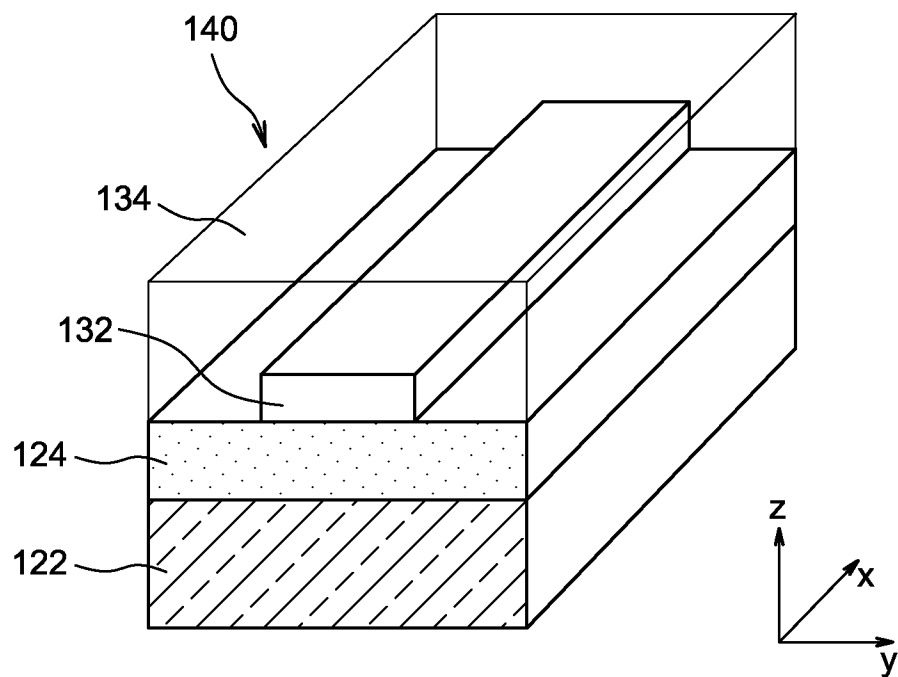


FIG. 2B

3 / 4

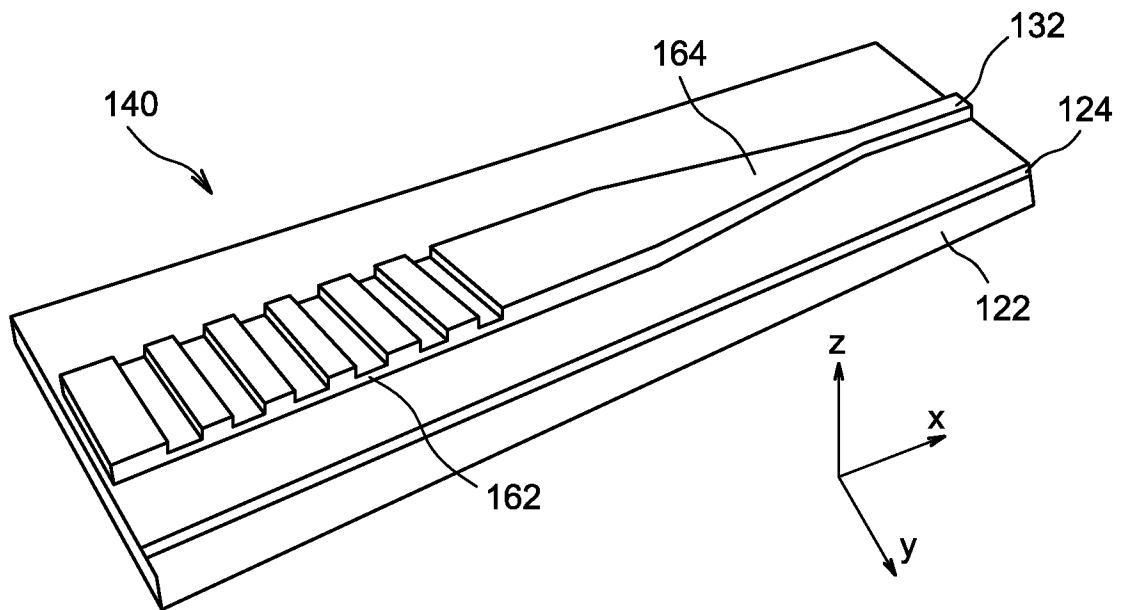


FIG. 3

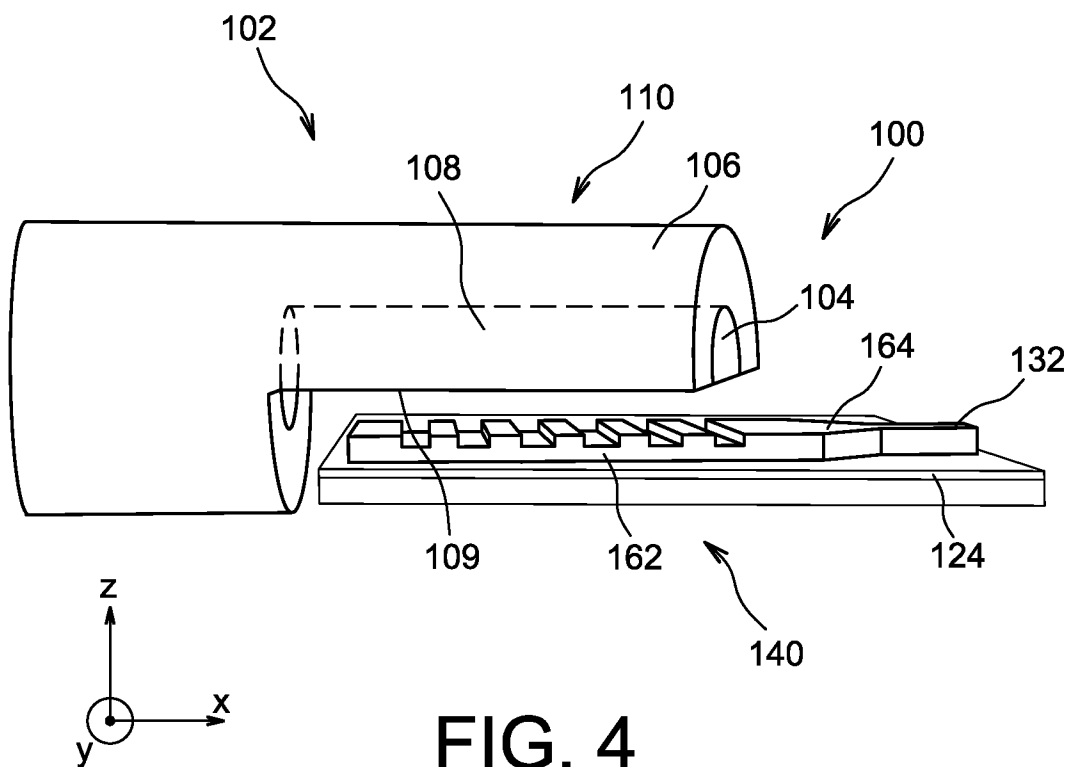


FIG. 4

4 / 4

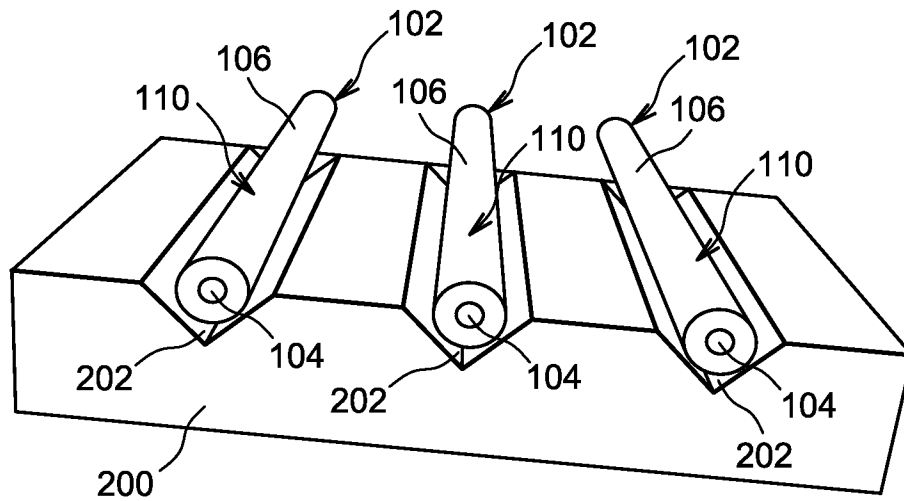


FIG. 5A

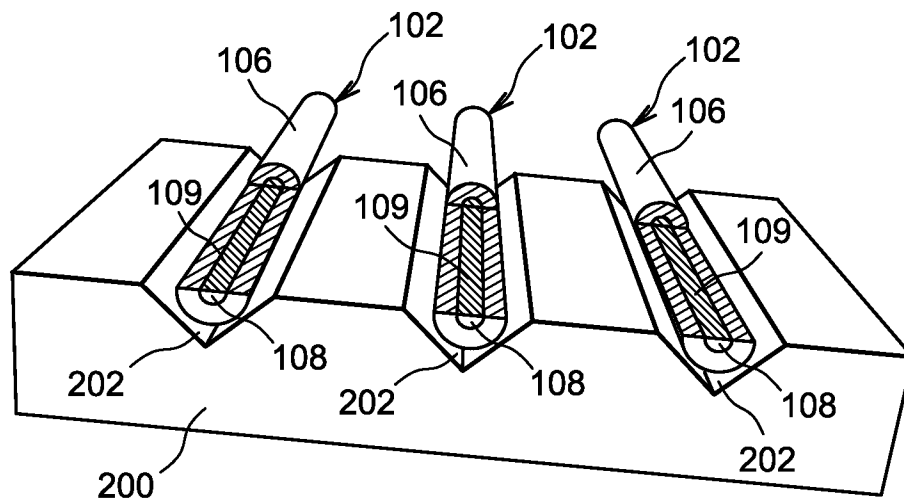


FIG. 5B

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2010/050255

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G02B6/30
ADD. G02B6/34

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)

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, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004/208453 A1 (JACOBOWITZ LAWRENCE [US] ET AL) 21 October 2004 (2004-10-21) paragraph [0044] - paragraph [0065]; figures 1-7	1-15
X	US 2004/156589 A1 (GUNN LAWRENCE C [US] ET AL GUNN III LAWRENCE C [US] ET AL) 12 August 2004 (2004-08-12) paragraph [0094] - paragraph [0116]; figures 10-11 paragraphs [0076], [0086], [0166], [0187]	1,5,8, 11-13

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

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 March 2010

Date of mailing of the international search report

07/04/2010

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

A. Jacobs

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/050255

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2002/076150 A1 (ZHAO SHULAI [US] ET AL) 20 June 2002 (2002-06-20) paragraph [0032] - paragraph [0050]; figures 1-6 paragraph [0072] - paragraph [0075]; figures 18A-C paragraph [0086] -----	1-4, 6-8, 16-18
A	US 2002/197037 A1 (BAILEY TIMOTHY J [US] ET AL) 26 December 2002 (2002-12-26) paragraph [0069]; figures 25-26 -----	1-7, 9-10, 13
A	GB 1 547 794 A (RCA CORP) 27 June 1979 (1979-06-27) page 2, line 93 - line 102 -----	1
A	US 6 621 951 B1 (ZHAO SHULAI [US] ET AL) 16 September 2003 (2003-09-16) column 7, line 23 - line 26 -----	16-17

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/050255

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004208453	A1	21-10-2004	CN 1497875 A 19-05-2004
			JP 3994077 B2 17-10-2007
			JP 2004139041 A 13-05-2004
			KR 20040034387 A 28-04-2004
			TW 233508 B 01-06-2005
US 2004156589	A1	12-08-2004	EP 1629306 A2 01-03-2006
			US 7184627 B1 27-02-2007
			WO 2004072694 A2 26-08-2004
US 2002076150	A1	20-06-2002	NONE
US 2002197037	A1	26-12-2002	NONE
GB 1547794	A	27-06-1979	DE 2633921 A1 05-05-1977
			FR 2330024 A1 27-05-1977
			JP 52056955 A 10-05-1977
			NL 7608438 A 03-05-1977
US 6621951	B1	16-09-2003	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/050255

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

INV. G02B6/30

ADD. G02B6/34

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

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 cela est réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX, IBM-TDB

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 2004/208453 A1 (JACOBOWITZ LAWRENCE [US] ET AL) 21 octobre 2004 (2004-10-21) alinéa [0044] - alinéa [0065]; figures 1-7 -----	1-15
X	US 2004/156589 A1 (GUNN LAWRENCE C [US] ET AL GUNN III LAWRENCE C [US] ET AL) 12 août 2004 (2004-08-12) alinéa [0094] - alinéa [0116]; figures 10-11 alinéas [0076], [0086], [0166], [0187] -----	1,5,8, 11-13
X	US 2002/076150 A1 (ZHAO SHULAI [US] ET AL) 20 juin 2002 (2002-06-20) alinéa [0032] - alinéa [0050]; figures 1-6 alinéa [0072] - alinéa [0075]; figures 18A-C alinéa [0086] ----- -/--	1-4,6-8, 16-18

☒ 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

25 mars 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

07/04/2010

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,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

A. Jacobs

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2010/050255

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2002/197037 A1 (BAILEY TIMOTHY J [US] ET AL) 26 décembre 2002 (2002-12-26) alinéa [0069]; figures 25-26 -----	1-7, 9-10,13
A	GB 1 547 794 A (RCA CORP) 27 juin 1979 (1979-06-27) page 2, ligne 93 - ligne 102 -----	1
A	US 6 621 951 B1 (ZHAO SHULAI [US] ET AL) 16 septembre 2003 (2003-09-16) colonne 7, ligne 23 - ligne 26 -----	16-17

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2010/050255

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2004208453	A1	21-10-2004	CN 1497875 A	19-05-2004
			JP 3994077 B2	17-10-2007
			JP 2004139041 A	13-05-2004
			KR 20040034387 A	28-04-2004
			TW 233508 B	01-06-2005
US 2004156589	A1	12-08-2004	EP 1629306 A2	01-03-2006
			US 7184627 B1	27-02-2007
			WO 2004072694 A2	26-08-2004
US 2002076150	A1	20-06-2002	AUCUN	
US 2002197037	A1	26-12-2002	AUCUN	
GB 1547794	A	27-06-1979	DE 2633921 A1	05-05-1977
			FR 2330024 A1	27-05-1977
			JP 52056955 A	10-05-1977
			NL 7608438 A	03-05-1977
US 6621951	B1	16-09-2003	AUCUN	