

(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  
10 avril 2003 (10.04.2003)

PCT

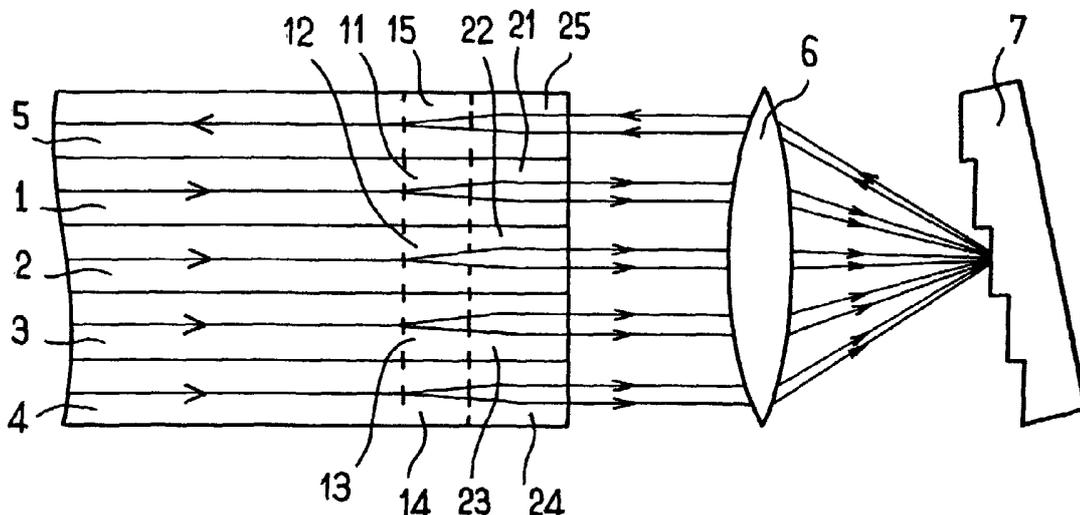
(10) Numéro de publication internationale  
**WO 03/029862 A2**

- (51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **G02B 6/34** ANONYME [FR/FR]; Espace Pégase, 11, rue de Broglie, F-22300 Lannion (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR02/03339 (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (pour US seulement) : **FOUCHE, Jean-Baptiste** [FR/FR]; 25, résidence les Gros Chênes, F-91370 Verrieres le Buisson (FR).
- (22) Date de dépôt international : 1 octobre 2002 (01.10.2002)
- (25) Langue de dépôt : français (74) Mandataires : **MARTIN, Jean-Jacques** etc.; Cabinet Regimbeau, 20, rue Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).
- (26) Langue de publication : français (81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
- (30) Données relatives à la priorité : 01/12620 1 octobre 2001 (01.10.2001) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **HIGHWAVE OPTICAL TECHNOLOGIES SOCIETE**

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: OPTICAL COMPONENT WITH SPECTRAL SEPARATION

(54) Titre : COMPOSANT OPTIQUE A FONCTION DE SEPARATION SPECTRALE



(57) Abstract: The invention relates to an optical component comprising at least one input guide element (1-4), at least one output guide element (5) and a spectral separation element (7) which is disposed between the input guide element(s) (1-4) and the output guide element(s) (5). The inventive component is characterised in that at least one of the input or output guide elements (1-5) comprises a fibre (1-5) containing a portion (21-25) which is designed to increase the mode range of a beam that it guides. According to the invention, the portion which is designed to increase the beam mode range can comprise a portion with a graded index, a portion having a core or gain size which varies radially and/or longitudinally, or a portion having a core or gain index which varies transversely and/or longitudinally.

(57) Abrégé : L'invention concerne un composant à fonction optique comprenant au moins un élément de guidage d'entrée (1-4), au moins un élément de guidage de sortie (5) et un élément de séparation spectral (7) intercalé entre le ou les élément(s) de guidage d'entrée (1-4) et le ou les élément(s) de guidage de sortie (5), caractérisé en ce que l'un au moins des éléments de guidage (1-5) d'entrée ou de sortie comporte une fibre (1-5) comprenant une portion (21-25) conçue pour élargir le rayon de mode d'un faisceau qu'il

[Suite sur la page suivante]

WO 03/029862 A2



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

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

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)) pour US seulement*

**Publiée :**

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

*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.*

---

guide. Dans le cadre de la présente invention, la portion conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau peut être formée d'une portion à gradient d'indice, d'une portion dont la taille de coeur ou de gaine varie radialement et/ou longitudinalement, ou encore d'une portion dont l'indice de coeur ou de gaine varie transversalement et/ou longitudinalement.

## COMPOSANT OPTIQUE A FONCTION DE SEPARATION SPECTRALE

L'invention concerne le domaine des composant optiques et plus particulièrement des multiplexeurs et démultiplexeurs optiques de longueur  
5 d'onde.

L'homme de l'art sait qu'il est possible d'augmenter considérablement le trafic des réseaux de fibres optiques par des techniques de multiplexage et de démultiplexage en longueur d'onde. Chaque série de données à transporter est émise sur une fréquence  
10 optique spécifique, multipliant la capacité de la fibre par le nombre de longueurs d'ondes utilisées.

La figure 1 représente un multiplexeur de l'art antérieur. Dans un tel multiplexeur, des fibres optiques élémentaires 1 à 4 dédiées chacune à une bande de fréquence ont leur extrémité dans un plan x constituant le plan  
15 d'entrée du multiplexeur. Ce multiplexeur comprend en outre un élément de collimation 6 et un élément diffractif 7. Le plan x d'entrée du multiplexeur est confondu avec le plan focal de l'élément de collimation 6 de manière à ce que les faisceaux d'entrée issus des extrémités des fibres élémentaires 1 à 4 traversent l'élément de collimation 6 et se retrouvent sensiblement  
20 parallèles les uns avec les autres. L'élément de diffraction 7 est disposé de sorte que les faisceaux sont renvoyés vers l'élément de collimation 6 qui les superpose pour les introduire à l'extrémité d'une fibre de sortie 5 unique.

Le débit des réseaux optiques étant de plus en plus élevé et la stabilité des sources optiques, en particulier des lasers, n'étant pas parfaite,  
25 il est nécessaire de réduire les fluctuations de transmission résultant de cette instabilité, en recherchant une bande passante de multiplexage aussi large que possible.

On souhaite donc augmenter le rapport  $\frac{FWHM}{\Delta\lambda}$ , où FWHM (Full Width at Half Maximum) désigne la largeur d'une bande élémentaire et  $\Delta\lambda$   
30 désigne la distance entre deux longueurs d'ondes centrales de deux bandes élémentaires consécutives. On sait que le rapport  $\frac{FWHM}{\Delta\lambda}$  est

proportionnel au rapport  $\omega/\Delta x$ , où  $\omega$  désigne le rayon de mode des fibres et  $\Delta x$  désigne l'espacement entre les fibres.

Une méthode connue pour augmenter le rapport  $FWHM/\Delta\lambda$  consiste donc à utiliser un concentrateur à base de guides d'onde planaires pour réduire  $\Delta x$ . Ce composant d'optique intégré permet en effet de réduire l'espace physique entre les voies. Un tel concentrateur est particulièrement bien adapté pour être utilisé dans les multiplexeurs/démultiplexeurs à réseau de guides planaire AWG (Array Wave Guide Grating). Cependant, il est relativement coûteux.

Une autre méthode consiste à augmenter  $\omega$ . Ainsi, le document EP 0 859 249 décrit un multiplexeur à fibres optiques comprenant des fibres élémentaires d'entrée transportant chacune une bande de fréquence, une barrette de micro-lentilles, chaque micro-lentille étant associée à une extrémité de fibre. Ces micro-lentilles permettent de faire converger les faisceaux issus des fibres élémentaires pour produire des faisceaux parallèles présentant un rayon de mode plus important que celui des faisceaux d'entrée. Les faisceaux traversent une lentille de collimation qui les dirige vers un réseau de dispersion permettant de générer un faisceau de sortie unique constitué des différents faisceaux superposés.

On comprendra qu'une telle technique requiert un positionnement précis des extrémités des fibres par rapport aux points focaux des micro-lentilles ainsi qu'un alignement précis des axes des fibres élémentaires par rapport aux axes focaux des micro-lentilles.

Un but de la présente invention est de fournir un multiplexeur/démultiplexeur à fibre optique plus économique, facile à monter et présentant un rapport  $FWHM/\Delta\lambda$  accru.

A cet effet, l'invention propose un composant à fonction optique comprenant au moins un élément de guidage d'entrée, au moins un élément de guidage de sortie et un élément de séparation spectrale intercalé entre le ou les élément(s) de guidage d'entrée et le ou les élément(s) de guidage de sortie, caractérisé en ce que l'un au moins des

éléments de guidage d'entrée ou de sortie comporte une fibre comprenant une portion conçue pour élargir le rayon de mode d'un faisceau qu'il guide.

Dans le cadre de la présente invention, la portion conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau peut être formée d'une portion à  
5 gradient d'indice, d'une portion dont la taille de cœur ou de gaine varie transversalement et/ou longitudinalement, ou encore d'une portion dont l'indice de cœur ou de gaine varie transversalement et/ou longitudinalement.

Un tel composant optique permet avantageusement d'obtenir un  
10 faisceau dont le rayon de mode est élargi par rapport au rayon de mode du faisceau transporté par l'élément de guidage associé.

Dans ce composant, la fonction d'élargissement du rayon de mode de chaque faisceau est avantageusement intégrée à la fibre d'entrée et/ou de sortie de ce faisceau.

15 D'autres caractéristiques et avantages ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente schématiquement un multiplexeur/démultiplexeur à élément diffractif de l'art antérieur,
- 20 - la figure 2 représente schématiquement un multiplexeur/démultiplexeur conforme à un mode de réalisation de l'invention,
- la figure 3 représente un exemple de fibre comportant une portion à gradient d'indice,
- 25 - la figure 4 représente schématiquement un multiplexeur/démultiplexeur conforme à un deuxième mode de réalisation de l'invention,
- la figure 5 représente schématiquement une variante de réalisation de la figure 4,
- 30 - la figure 6 représente schématiquement un multiplexeur/démultiplexeur conforme à un troisième mode de réalisation de l'invention.

Bien entendu la présente invention n'est pas limitée au nombre de fibres particulier illustré sur les figures annexées, notamment à un multiplexeur 4 vers 1, mais s'étend à tout composant comprenant n fibres.

Le composant représenté sur la figure 2, fonctionne comme un  
5 multiplexeur (un tel composant pourrait bien-entendu être également utilisé en démultiplexeur). Ce composant comprend des fibres optiques 1 à 5 coplanaires, parallèles entre elles et juxtaposées. Les fibres 1 à 4 sont des fibres d'entrée dédiées chacune à une bande de fréquence donnée. La fibre  
10 5 est une fibre de sortie assurant la transmission du faisceau optique multiplexé obtenu par superposition des faisceaux issus des fibres d'entrée 1 à 4. Le composant comprend en outre un élément de focalisation 6 de type lentille placé en regard des extrémités des fibres 1 à 5 et un élément diffractif 7, par exemple un réseau de diffraction, qui reçoit les signaux issus des fibres d'entrée 1 à 4 via l'élément de focalisation 6.

15 De manière connue, l'élément de diffraction 7 a la propriété de renvoyer, séparées angulairement les différentes longueurs d'onde contenues dans un même faisceau incident. En vertu du principe du retour inverse de la lumière, le réseau peut recombinaison, dans la direction de la fibre de sortie 5 via l'élément de focalisation 6, les faisceaux incidents  
20 séparés angulairement et issus des fibres d'entrée 1 à 4.

Les fibres d'entrée 1 à 4 et la fibre de sortie 5 présentent respectivement à leur extrémité une portion de silice 11 à 14 et 15 ainsi qu'une portion de fibre optique à gradient d'indice 21 à 24 et 25. Les portions de fibre à gradient d'indice présentent un cœur dont l'indice de  
25 réfraction varie en fonction de la distance radiale. L'indice de réfraction, plus élevé au centre du cœur, diminue à mesure que l'on approche de la gaine optique, forçant ainsi les rayons lumineux à suivre une trajectoire courbe qui se refocalise périodiquement sur l'axe central du cœur. Dans une fibre optique à gradient d'indice, l'indice de réfraction de la fibre se modifie selon  
30 une loi déterminée de variation continue d'indice, par exemple parabolique. Ainsi, le rayon incliné s'éloignant de l'axe rencontre un milieu d'indice décroissant progressivement, ce qui a pour effet de le couler et de le ramener vers l'axe.

Sur cette figure, les faisceaux issus des portions à gradient d'indice se propagent dans le vide jusqu'à l'élément de focalisation 6 qui les focalise sur l'élément 7. Chaque faisceau correspond à une bande de fréquence donnée et le réseau est adapté pour superposer l'ensemble des faisceaux incidents en un seul faisceau dirigé vers l'élément de focalisation 6 et la fibre de sortie 5.

Sur la figure 3, on a représenté plus précisément un exemple de fibre 1 comprenant une portion à gradient d'indice. Une telle fibre est formée d'une fibre monomode 31 classique à l'extrémité de laquelle a été soudé un tronçon de silice 11 de longueur  $L_s$  suivi d'un tronçon de fibre à gradient d'indice 21 de longueur  $L_g$  constituant la portion à gradient d'indice. Les faisceaux issus du cœur de la fibre monomode 31 traversent successivement le tronçon 11 de silice pure et le tronçon 21 à gradient d'indice. Dans le tronçon 11 de silice pure, les faisceaux ont tendance à diverger tandis que dans le tronçon 21 de silice à gradient d'indice, ils ont tendance à se reconcentrer. La distance de travail  $z_\omega$  et le rayon de mode  $\omega$  du faisceau en sortie de fibre dépendent des longueurs  $L_s$  et  $L_g$  des tronçons 11 et 21 soudés à la fibre monomode 31.

Il est également possible d'utiliser des fibres similaires ne comprenant pas le tronçon 11 de silice pure. Dans ce cas, la fibre monomode 31 est directement soudée au tronçon 21 de fibre à gradient d'indice.

En outre, les portions de fibres conçues pour élargir le rayon de mode des faisceaux ne sont pas nécessairement constituées par des tronçons rapportés et fixés, par exemple soudés. On peut également réaliser directement dans la fibre monomode une portion de fibre générant un élargissement de mode par modification locale de la structure et/ou des propriétés de la fibre, par un traitement adéquat. On peut par exemple à cet effet utiliser des techniques d'élargissement de cœur (TEC) par diffusion thermique pour réaliser un élargissement du cœur de la fibre monomode sur une portion de longueur déterminée.

Dans une mise en œuvre du multiplexeur de la figure 2, les fibres 1 à 4 d'entrée et la fibre 5 de sortie sont constituées de fibres monomode 31 à 35 présentant une constitution similaire à celle de la figure 3.

Dans une variante du multiplexeur de la figure 2 (non représentée),  
5 les fibres 1 à 4 d'entrée sont constituées de fibres monomode standard 31 à 34 similaires à celle de la figure 3. En revanche, la fibre 5 de sortie est constituée d'une fibre multimode. Dans cette variante, le rayon de mode du faisceau guidé par la fibre multimode 5 est plus large que le rayon du faisceau guidé par fibres monomode 1 à 4. L'élargissement de mode  
10 généré par les portions à gradient d'indice des fibres 1 à 4 permet d'obtenir des rayons de mode en sortie de ces fibres adaptés au rayon de mode de la fibre multimode 5 de sortie.

On considère qu'un rayon de mode « adapté » désigne un rayon de mode plus proche du rayon de mode de la fibre multimode 5 que le rayon  
15 de mode de l'une des fibres monomode 1 à 4.

Les fibres élémentaires 1 à 5 de la figure 2 peuvent être positionnées dans un porte-fibre comprenant des rainures en V de positionnement des fibres. Les extrémités des fibres 1 à 5 sont ensuite polies pour être alignées les unes avec les autres. L'opération de polissage  
20 modifie légèrement la longueur des portions 21 à 25 de fibre à gradient d'indice. On peut montrer que cette modification de longueur présente peu de conséquences sur le rayon de mode  $\omega$  du faisceau en sortie de fibre.

Néanmoins, pour contrôler précisément le comportement du faisceau, il est possible d'ajouter au bout de chaque fibre 1 à 5 un tronçon  
25 de silice supplémentaire sans effet sur la trajectoire des faisceaux. Les fibres sont ensuite positionnées dans le porte-fibre avec ce tronçon supplémentaire avant d'être polies ensemble. De cette manière, la longueur des portions 21 à 25 à gradient d'indice ne se trouve pas altérée par l'opération de polissage.

30 On peut également obtenir de meilleures performances en diminuant le diamètre des fibres au niveau de leur extrémité. A cet effet, on peut avantageusement réaliser une attaque chimique de leurs surfaces

externes pour enlever une couche de la gaine optique. On diminue ainsi la valeur de l'espacement  $\Delta x$  entre les rayons de mode.

La figure 4 représente schématiquement un deuxième mode de réalisation de l'invention dans lequel l'élément de séparation spectral 7 est  
5 constitué de filtres multidiélectriques. De tels filtres sont constitués d'un empilement de couches minces de matériaux diélectriques qui réfléchissent certaines gammes de longueurs d'onde et transmettent les autres.

Les fibres d'entrées 1 à 4 et la fibre de sortie 5 sont similaires aux fibres du dispositif de la figure 2. L'élément de séparation 7 concentre les  
10 faisceaux issus des fibres d'entrée pour les envoyer vers la fibre de sortie 5.

Selon la figure 4, chaque couche de l'élément de séparation spectral 7 réfléchit une longueur d'onde et transmet les autres.

On a représenté schématiquement sur la figure 5 une variante selon laquelle au contraire chaque couche de l'élément de séparation spectral 7  
15 transmet une longueur d'onde et réfléchit les autres.

La figure 6 représente schématiquement un troisième mode de réalisation d'un multiplexeur/démultiplexeur conforme à l'invention dans lequel l'élément de séparation est du type à réseau de guides. Un tel réseau  
20 comporte deux coupleurs étoiles 10 et 12 séparés par un réseau 14 de guides. Les guides présentent des longueurs différentes de sorte qu'une différence de marche existe entre deux guides consécutifs et permette un déphasage et donc le multiplexage ou démultiplexage des faisceaux parcourant chacun des guides. Dans ce dispositif, les fibres 1 à 5 sont constituées par des fibres similaires à la fibre représentée à la figure 3.

25 Les fibres utilisées dans les trois modes de réalisation précédemment décrits permettent d'augmenter les rayons de mode  $\omega$  des faisceaux élémentaires de manière intégrée. Le dispositif conforme à la présente invention présente l'avantage que les faisceaux lumineux ne traversent pas l'air entre les extrémités de fibres monomodes et les portions  
30 assurant la fonction d'élargissement de rayon de mode.

Par ailleurs l'invention permet d'éliminer les problèmes d'alignement inhérents à la technique antérieure.

On a décrit précédemment des composants conformes à la présente invention dans lesquels, la portion conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau est formée d'une portion à gradient d'indice. Cependant l'invention n'est pas limitée à ce mode de réalisation particulier. Comme on

5 l'a évoqué précédemment la présente invention s'étend également au cas où la portion assurant l'élargissement de mode est formée d'une portion de fibre dont la taille de cœur ou de gaine varie longitudinalement et/ou transversalement, ou encore d'une portion dont l'indice de cœur ou de gaine varie longitudinalement et/ou transversalement.

10 En outre, on comprendra que l'invention ne se limite pas aux modes de réalisation précédemment décrits dans lesquels les éléments de séparation spectrale sont constitués par un réseau de diffraction, de filtres multidiélectriques ou un réseau de guides. Par exemple, l'élément diffractif

15 peut être constitué par un réseau « échelle », un réseau holographique de phase ou en volume, un prisme, ou encore l'association de plusieurs de ces éléments.

## REVENDICATIONS

1. Composant à fonction optique comprenant au moins un élément de guidage d'entrée (1-4), au moins un élément de guidage de sortie (5) et  
5 un élément de séparation spectrale (7 ; 10, 12, 14) intercalé entre le ou les élément(s) de guidage d'entrée (1-4) et le ou les élément(s) de guidage de sortie (5), caractérisé en ce que l'un au moins des éléments de guidage (1-5) d'entrée ou de sortie comporte une fibre (1-5) comprenant une portion (21-25) conçue pour élargir le rayon de mode d'un faisceau qu'il guide.
- 10 2. Composant selon la revendication 1, caractérisé en ce que la portion (21-25) conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau est formée d'une portion à gradient d'indice.
3. Composant selon la revendication 1, caractérisé en ce que la portion (21-25) conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau est  
15 formée d'une portion de fibre dont la taille de cœur ou de gaine varie transversalement et/ou longitudinalement
4. Composant selon la revendication 1, caractérisé en ce que la portion (21-25) conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau est  
20 formée d'une portion de fibre dont l'indice de cœur ou de gaine varie transversalement et/ou longitudinalement.
5. Composant selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la portion (21-25) conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau est formée d'un tronçon de fibre rapporté et fixé à l'extrémité de la fibre (1-5).
- 25 6. Composant selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la portion (21-25) conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau est formée par modification locale de la structure et/ou des propriétés de la fibre, par un traitement adéquat.
7. Composant selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en  
30 ce qu'il forme un multiplexeur/démultiplexeur de longueur d'ondes.
8. Composant selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'élément de séparation spectrale (7 ; 10, 12, 14) reçoit les faisceaux

lumineux d'une pluralité d'éléments de guidage d'entrée (1-4) et renvoie les faisceaux superposés vers au moins un élément de guidage de sortie (5).

9. Composant selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'élément de séparation spectrale reçoit les faisceaux lumineux superposés  
5 d'au moins un élément de guidage d'entrée (5) et renvoie les faisceaux séparément vers des éléments de guidage de sortie (1-4).

10. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la ou les fibre(s) (1-5) comprennent en outre une portion de silice pure positionnée entre l'extrémité de la fibre (31) et la  
10 portion de fibre assurant l'élargissement du rayon de mode (21-25).

11. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que chaque fibre élémentaire (1-5) comprenant une portion conçue pour élargir le rayon de mode du faisceau présente à son extrémité une portion de silice de protection raccordée à la portion de fibre  
15 assurant l'élargissement du rayon de mode (21-25), lesdites portions de silice de protection étant polies pour ajuster leur longueur.

12. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le diamètre de l'extrémité de la ou des fibre(s) (1-5) comportant au moins une portion de fibre assurant l'élargissement du rayon  
20 de mode (21-25) est réduit par attaque chimique des surfaces externes des fibres.

13. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'élément de séparation spectrale (7 ; 10, 12, 14) est choisi dans le groupe comprenant les réseaux de diffraction, les filtres  
25 multidiélectriques, les réseaux de guides, les réseaux échelle, les réseaux holographiques de phase ou en volume, les prismes, ou encore l'association de plusieurs de ces éléments.

14. Composant selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'une fibre d'au moins un élément de guidage d'entrée  
30 (1-4) est une fibre monomode et une fibre d'au moins un élément de guidage de sortie (5) est une fibre multimode.

15. Composant selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'une fibre d'au moins un élément de guidage d'entrée (1-4) est une

fibre multimode et une fibre d'au moins un élément de guidage de sortie (5) est une fibre monomode.

16. Composant selon l'une des revendications 14 ou 15, caractérisé en ce que la fibre monomode comprend une portion conçue pour élargir le
- 5 rayon de mode du faisceau, le faisceau présentant ainsi un rayon de mode adapté au rayon de mode de la fibre multimode.

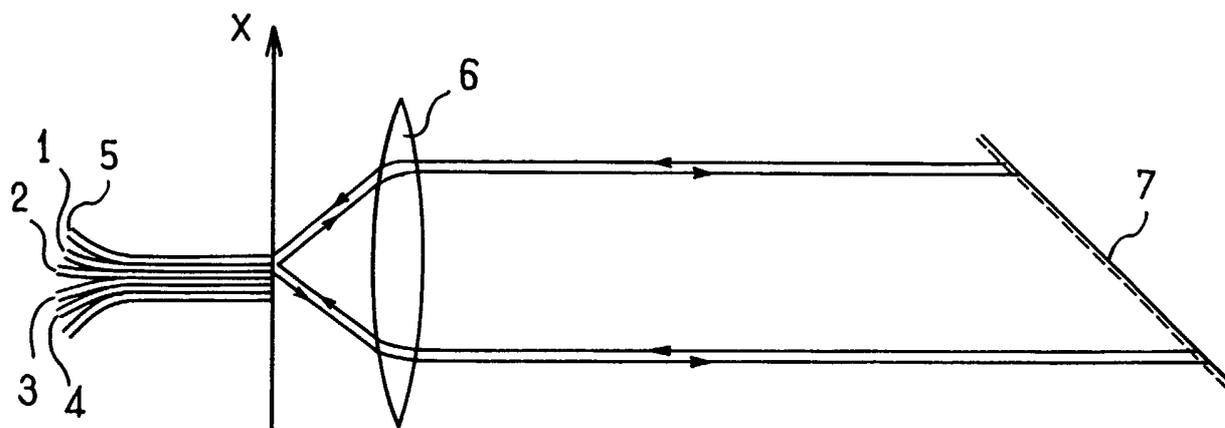


FIG. 1  
(Art antérieur)

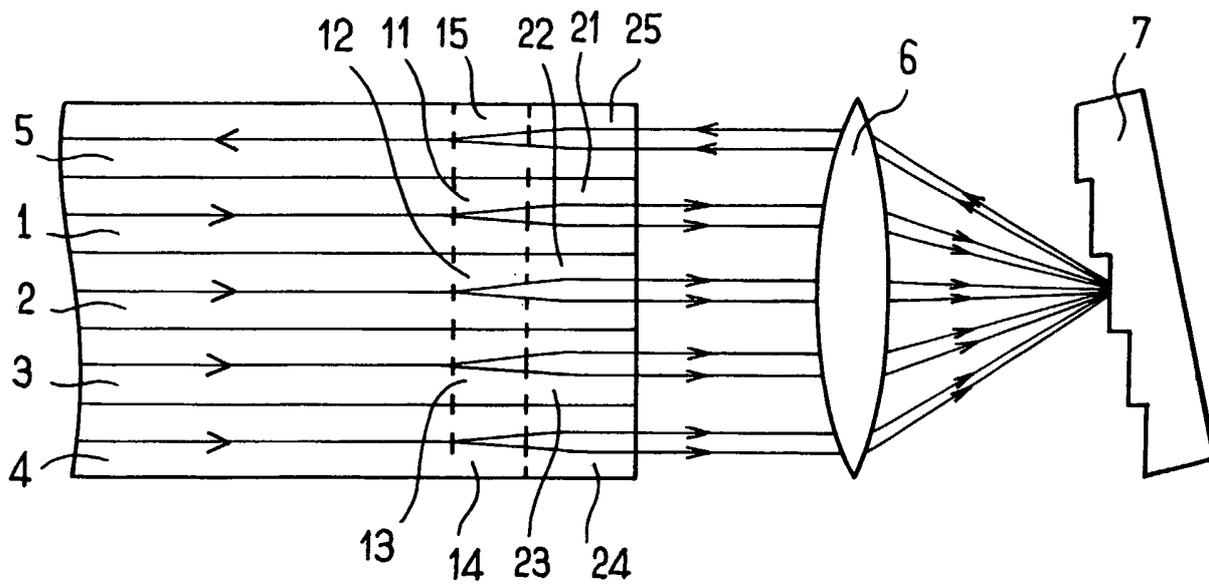


FIG. 2



3 / 3

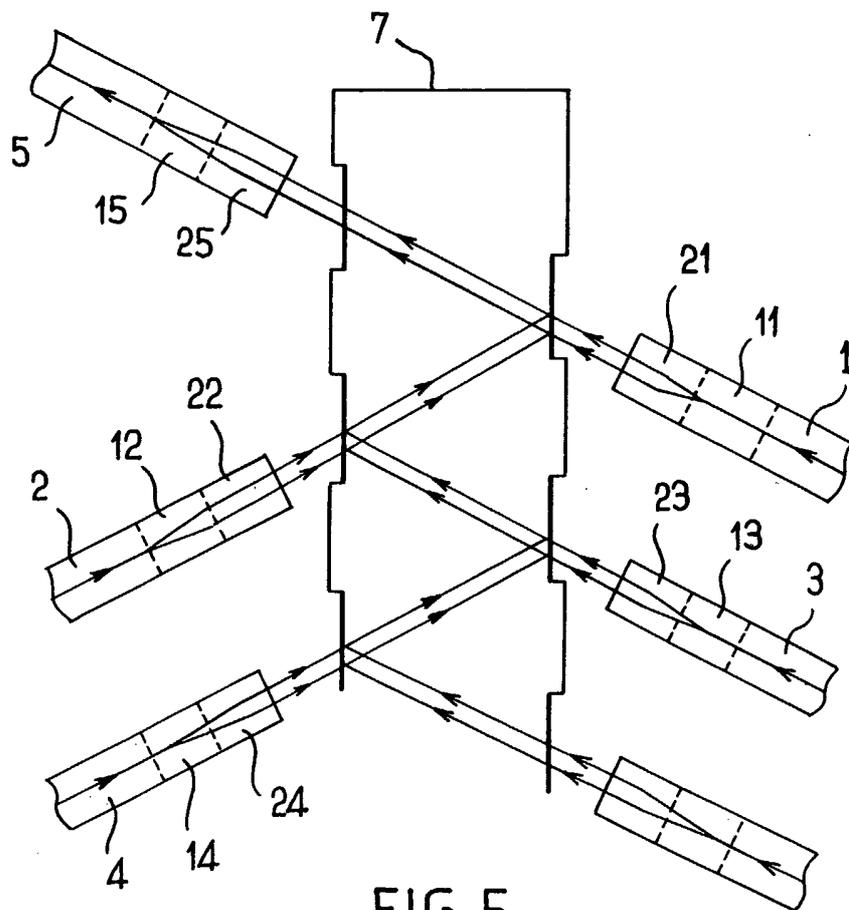


FIG. 5

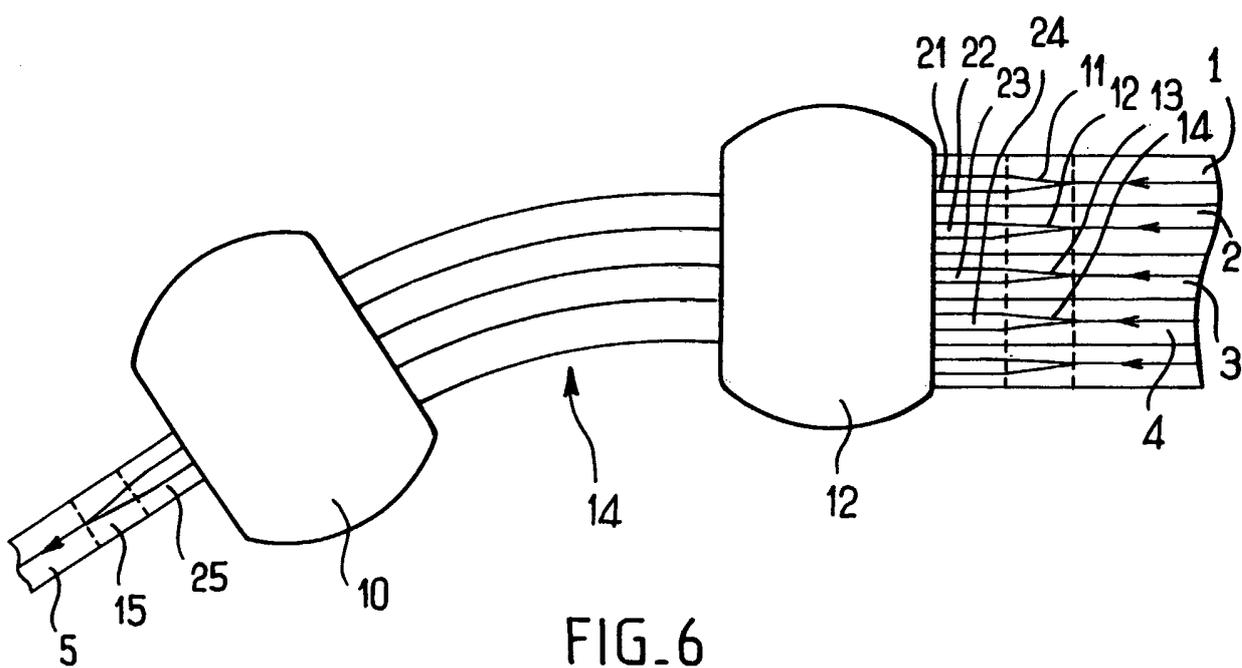


FIG. 6