

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②①

N° 81 18186

⑤④ Procédé de réalisation d'un coupleur directionnel de fibres optiques et jonction-étoile obtenue par ce procédé.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.³). G 02 B 5/14; H 04 B 9/00.

②② Date de dépôt..... 24 septembre 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : Suisse, 15 octobre 1980, n° 7694/80-0.

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 15 du 16-4-1982.

⑦① Déposant : CABLOPTIC SA, résidant en Suisse.

⑦② Invention de : Olivier Parriaux et Serges Gidon.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Roland Nithardt, ingénieur conseil en propriété industrielle,
12, rue du 17-Novembre, 68100 Mulhouse.

PROCEDE DE REALISATION D'UN COUPLEUR DIRECTIONNEL DE FIBRES OPTIQUES
ET JONCTION ETOILE OBTENUE PAR CE PROCEDE

La présente invention concerne un procédé de réalisation d'un coupleur directionnel de fibres optiques, comprenant les phases suivantes : fixer par collage un tronçon d'une première fibre optique sur une surface convexe d'un premier bloc support, polir la crête bombée de la fibre de façon à enlever la gaine entourant le coeur de cette fibre jusqu'au voisinage de ce coeur, effectuer les mêmes opérations sur une seconde fibre optique, et coupler les deux fibres en assemblant leur support respectif de telle manière que leurs zones polies soient juxtaposées, de façon que les axes longitudinaux des fibres soient parallèles.

10

Les récents développements dans les techniques de télécommunication longues distances, par fibres optiques, tendent à faire appel de façon accrue, quoique non exclusive, à des fibres optiques du type monomode. On connaît déjà un grand nombre de connecteurs dans lesquels les fibres à coupler sont disposées bout à bout, le problème à résoudre par ces dispositifs mécaniques étant d'aligner les coeurs des fibres, de telle manière que la perte au niveau de la jonction soit minimale, c'est-à-dire pour arriver à un coefficient de couplage maximal des deux fibres.

15

Si le problème du couplage de fibres multimodes est encore relativement simple à résoudre, l'alignement des coeurs de fibres monomodes, dont le diamètre est de quelques microns par rapport à un diamètre de gaine ou cladding de l'ordre de cent microns, est bien plus problématique.

20

Pour résoudre ces difficultés, certains chercheurs se sont orientés vers des procédés de couplage tels que susmentionnés, dans lesquels deux fibres, dont le coeur a été pratiquement mis à nu sur un tronçon donné, sont placées côte à côte selon leur direction longitudinale, de telle manière que toute ou partie de l'énergie transmise par l'une des fibres puisse être transposée dans l'autre.

25

Pour réaliser ce type de couplage, on a tenté de préparer les fibres par différentes techniques, telles que les tirages destinés à réduire leur diamètre, de telle manière qu'une partie importante du champ de l'une des fibres recouvre celui de la fibre voisine. Ce procédé nécessite des mesures de

30

contrôle très dures en ce qui concerne les conditions expérimentales. En outre, la fibre de diamètre très réduit devient fragile et difficile à manipuler.

- 5 On a également essayé de dégager les coeurs de fibres par une attaque chimique. Comme le cladding doit pratiquement être entièrement retiré, la fibre devient très fragile en l'absence de toute protection.

- Les techniques d'échanges d'ions, bien connues en optique intégrée, peuvent
10 être appliquées dans le but de réduire ou de supprimer localement la barrière d'indice entre le coeur et le cladding par diffusion d'ions. Toutefois, une telle diffusion se heurte à des problèmes de profondeur de pénétration dans la silice.

- 15 On a également fait appel à des procédés consistant à assembler deux ou plusieurs fibres par fusion. Ces procédés manquent de précision et ne permettent pas d'obtenir un coefficient de couplage déterminé.

- Enfin, des essais ont été faits pour supprimer le cladding sur un tronçon
20 de la fibre par des moyens mécaniques. Dans ce but, on a collé la fibre sur une surface bombée entre deux blocs de verre, dont les faces supérieures sont légèrement plus hautes que le bord supérieur de la fibre collée sur un troisième bloc pris en sandwich entre les deux blocs de verre, et ayant une surface supérieure convexe. Cet ensemble compact a ensuite été meulé,
25 jusqu'à ce que l'opérateur ait estimé avoir atteint le degré d'usure adéquat. Ce procédé présente l'inconvénient de n'autoriser aucun contrôle en cours de polissage.

- La présente invention se propose de pallier les inconvénients susmentionnés,
30 en proposant un procédé de réalisation d'un coupleur directionnel de fibres optiques, dans lequel l'opérateur peut contrôler de façon permanente l'opération de polissage des fibres.

- Dans ce but, le procédé selon l'invention est caractérisé en ce que le po-
35 lissage est effectué au moyen d'une surface plane de référence, mobile sensiblement parallèlement à elle-même et enduite de pâte à polir, en ce que pendant l'opération de polissage l'on injecte dans le coeur de la fibre, à
38 l'une de ses extrémités, un rayonnement dont la longueur d'onde correspond

à la gamme de longueur d'onde transmise par cette fibre optique, en ce que l'on couple l'autre extrémité de la fibre à un détecteur pour détecter le rayonnement transmis par la fibre, et en ce que l'on arrête le polissage lorsque la quantité de rayonnement détectée par le détecteur devient voisine de zéro, c'est-à-dire lorsque s'effectue un couplage entre la fibre et la pâte à polir, qui diffuse le rayonnement injecté à l'une des extrémités de la fibre optique.

La présente invention sera mieux comprise en référence à la description d'exemples de réalisation et du dessin annexé, dans lequel :

La figure 1 représente une vue schématique en coupe du montage prévu pour procéder au polissage des fibres optiques,

La figure 2 représente une vue de dessus d'une fibre polie selon le procédé de l'invention,

La figure 3 représente une vue en coupe longitudinale de deux fibres optiques monomodes couplées entre elles,

20

La figure 4 représente une vue en coupe transversale d'une jonction étoile de deux fibres optiques du même type, réalisée selon le procédé de l'invention,

La figure 5 représente un schéma de répartition des puissances transmises par les fibres au voisinage de leur zone de couplage, en fonction de la distance Δ entre les deux coeurs de fibres.

La figure 6 représente une vue en coupe longitudinale d'une jonction étoile entre une fibre multimode et une fibre monomode, réalisée selon le procédé de l'invention.

En référence à la fig. 1, le polissage d'une fibre optique 1 s'effectue de la façon suivante :

- 35 - La fibre optique 1 est collée, par exemple par une résine polymérisable telle qu'une résine époxy, sur un bloc support 2 ayant une surface convexe 3, le support 2 étant lui-même rendu solidaire d'une plaque de base 4. Le
- 38 bloc support 2 est de préférence une lentille plan convexe ou une partie

d'une telle lentille, dont le rayon de courbure est par exemple de l'ordre de 0,5 m et dont la face plane est rendue solidaire de la plaque de base 4. La plaque de base 4 comporte une arête 5 qui sert d'appui à la surface de polissage comme cela sera décrit ci-dessous.

5

- On enduit l'une des surfaces 6, dite surface de référence, d'une plaque plane 7, de préférence en verre, d'une pâte à polir telle qu'une pâte diamantée. La plaque 7, et plus particulièrement la surface de référence 6, est en appui d'une part sur l'arête 5 de la plaque de base 4 et sur la

10

- crête bombée 8 de la fibre optique 1.
- On effectue un polissage de la crête bombée 8 de la fibre, en frottant la surface de référence 6 enduite de pâte diamantée sur la surface de la fibre, en prenant soin de maintenir la plaque de verre 7 en appui sur l'arête 5 et la crête de la fibre. Ce polissage peut être effectué manuellement ou mécaniquement, par exemple par une technique faisant appel aux

15

- ultra-sons.
- Pendant l'opération de polissage, on injecte un rayonnement dans l'une des extrémités de la fibre, par exemple dans le sens de la flèche A, et on dispose un détecteur adéquat (non représenté) à l'autre extrémité de la fibre, comme le montre la flèche B. Le rayonnement peut être une lumière visible ou par exemple un rayonnement infra-rouge, choisis dans la

20

25

La fig. 2 représente une vue schématique de la fibre après l'opération de polissage décrite en référence à la fig. 1. A l'endroit du polissage, la fibre présente une zone aplatie 9 en forme de fuseau. Lorsque le rayonnement injecté à l'extrémité A de la fibre est un rayonnement visible, et lorsque

- la plaque 7 est une plaque de verre, l'opérateur arrêtera l'opération de polissage lorsqu'il verra apparaître, sensiblement au milieu de la zone polie 9, une trace lumineuse 10, et lorsqu'il constatera simultanément l'extinction au niveau de l'autre extrémité B de la fibre. En fait, lorsque le polissage a permis d'approcher suffisamment du coeur de la fibre 1, il se forme un couplage entre le coeur de la fibre et la pâte diamantée qui enduit la surface de référence 6, de telle manière qu'une partie ou la totalité de l'énergie transmise par la fibre 1 se diffuse à travers la pâte diamantée et la plaque de verre. Une pression plus ou moins importante, exercée sur la

35

38

plaque de verre au niveau de la zone 9, permet de faire varier l'efficacité du couplage, c'est-à-dire de modifier la quantité d'énergie transposée de la fibre dans la plaque. En fait, la variation de la pression permet de modifier plus ou moins la distance qui sépare la plaque du coeur de la fibre, 5 cette distance étant le paramètre critique de ce type de couplage de deux fibres optiques.

La fig. 3 représente une vue en coupe longitudinale d'une jonction étoile de deux fibres 11 et 12 du même type, par exemple de deux fibres monomodes. Cha- 10 cune des deux fibres 11 et 12 a été polie selon le procédé décrit ci-dessus, puis noyée dans un bloc de résine 13, 14, dont les surfaces de contact sont planes de telle façon qu'elles puissent être appliquées l'une sur l'autre pour faire coïncider les zones polies respectives des deux fibres 11 et 12. Pour faciliter l'assemblage des deux blocs 13 et 14, l'un de ces blocs, par 15 exemple le 14, peut comporter un élément en relief 15 tel qu'une arête de section triangulaire, et l'autre bloc 13 peut comporter une gorge 16 de forme complémentaire, dans laquelle la crête ou bourrelet 15 vient s'encastrier. Pour maintenir les deux blocs 13 et 14 l'un contre l'autre avec la pression appropriée pour permettre un couplage parfait des deux fibres 11 et 12, ils 20 peuvent être eux-mêmes noyés dans un bloc de résine, collés ensemble ou maintenus par un dispositif mécanique (non représenté).

La fig. 4 représente une vue en coupe transversale d'une jonction étoile réalisée selon le procédé de l'invention. Une première fibre 21, dont le 25 cladding 21a a été poli jusqu'au niveau du coeur 21b, est emprisonnée dans un bloc de résine 21c. Une seconde fibre du même type 22 a été usinée de façon similaire, c'est-à-dire que son cladding 22a a été poli jusqu'au niveau de son coeur 22b, l'ensemble étant finalement emprisonné dans un bloc de résine 22c.

30

Les deux blocs de résine 21c et 22c ont été réalisés par moulage et présentent des surfaces de contact respectives 21d et 22d complémentaires, pour faciliter l'assemblage des deux blocs et finalement faciliter la réalisation du coupleur. Comme mentionné précédemment, les deux blocs de résine 21c et 35 22c sont assemblés sous une pression déterminée, qui définit la distance entre les deux coeurs et finalement le degré de couplage entre les deux fibres. 37

La fig. 5 représente la courbe de répartition des puissances dans deux fibres du même type au niveau d'une jonction telle que représentée par les fig. 3 et 4. La courbe P_1 représente la puissance transmise par l'une des fibres et la courbe P_2 , tracée en traits pointillés, représente la puissance transférée dans l'autre fibre, en fonction de la distance entre les deux coeurs.

Cette mesure a été réalisée entre deux fibres monomodes de même type, assemblées par le procédé décrit ci-dessus. On mesure simultanément la puissance dans les deux fibres optiques en fonction de l'écart Z entre les coeurs. La distance entre les coeurs est mesurée en mm. Sur l'axe des ordonnées, on a porté le pourcentage de puissance transférée.

La fig. 6 représente, à titre d'exemple, une jonction étoile agencée pour coupler une fibre multimode 31 avec une fibre monomode 32. Comme précédemment, les deux fibres sont respectivement noyées dans deux blocs de résine moulés 33 et 34, comportant des surfaces de référence complémentaires. Ce dispositif est particulièrement utile dans les systèmes de télécommunications pour permettre l'introduction, sur une ligne constituée par la fibre multimode 31, de la quasi totalité des informations transmises par la ligne monomode 32, et inversement le prélèvement, par la ligne constituée par la fibre monomode 32, d'une part très réduite des informations transportées par la ligne de la fibre multimode 31.

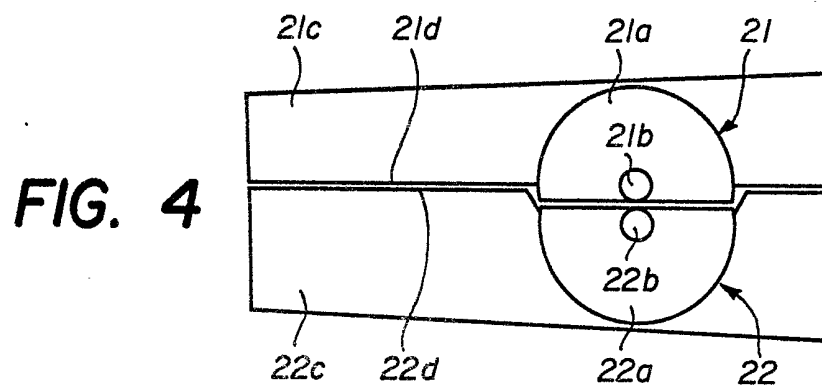
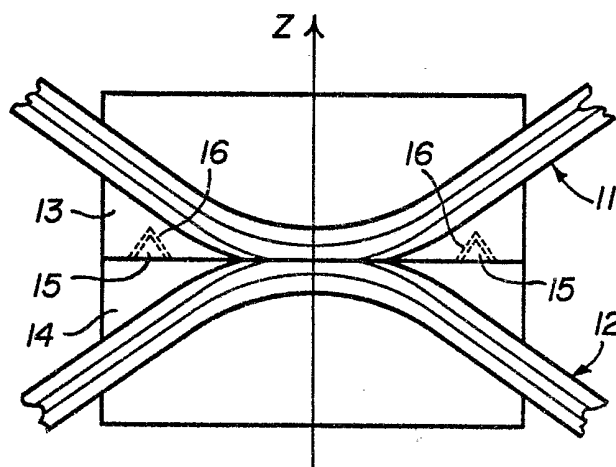
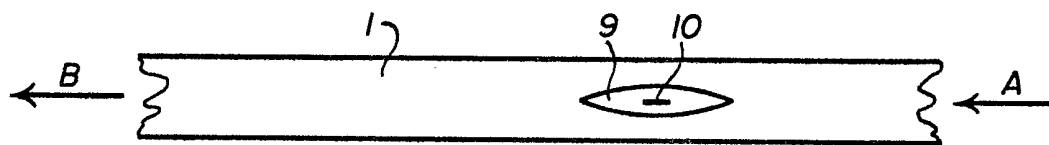
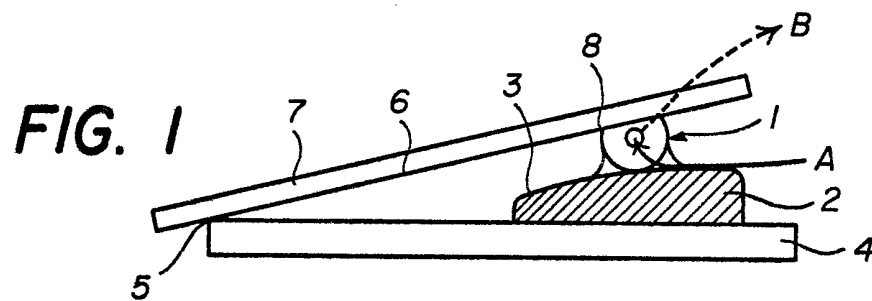
Le procédé selon l'invention a l'avantage de permettre la fabrication industrielle de coupleurs directionnels, grâce à un polissage contrôlé des fibres optiques. En outre, on constate que, pour ce type de coupleurs, ni l'alignement axial ni le décalage longitudinal ne sont critiques, seule la distance séparant les deux coeurs de fibres est déterminante pour la qualité du couplage obtenu. Cette distance est aisément contrôlable par des moyens mécaniques connus. En pratique, les deux zones polies sont enduites d'une pellicule de liquide adaptateur d'indice, dont l'indice correspond à celui du cladding des deux fibres, et l'on prévoit des organes mécaniques, permettant d'exercer une pression contrôlée sur les deux blocs, de façon à rapprocher ou à écarter les coeurs de fibres, de manière à les rapprocher suffisamment pour obtenir le degré de couplage voulu.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un coupleur directionnel de fibres optiques, comprenant les phases suivantes : fixer par collage un tronçon d'une première fibre optique sur une surface convexe d'un premier bloc support, polir la crête bombée de la fibre de façon à enlever la gaine entourant le coeur de
5 cette fibre jusqu'au voisinage de ce coeur, effectuer les mêmes opérations sur une seconde fibre optique, et coupler les deux fibres en assemblant leur support respectif, de telle manière que leurs zones polies soient juxtaposées, de façon que les axes longitudinaux des fibres soient parallèles, caractérisé en ce que le polissage est effectué au moyen d'une surface
10 plane de référence, mobile sensiblement parallèlement à elle-même, et enduite de pâte à polir , en ce que pendant l'opération de polissage l'on injecte dans le coeur de la fibre, à l'une de ses extrémités, un rayonnement dont la longueur d'onde correspond à la gamme de longueur d'onde transmise par cette fibre optique, en ce que l'on couple l'autre extrémité de la
15 fibre à un détecteur pour détecter le rayonnement transmis par la fibre, et en ce que l'on arrête le polissage lorsque la quantité de rayonnement détectée par le détecteur devient voisine de zéro, c'est-à-dire lorsque s'effectue un couplage entre la fibre et la pâte à polir, qui diffuse le rayonnement injecté à l'une des extrémités de la fibre optique.
20
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la surface de référence est une plaque plane de verre enduite de pâte diamantée.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le polissage se
25 fait en déplaçant la surface de référence parallèlement à elle-même.
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la surface de référence est tangente à la crête bombée de la fibre optique, et en appui sur une arête rectiligne, sensiblement perpendiculaire à la direction lon-
30 gitudinale du tronçon de fibre collé sur la surface convexe.
5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le bloc support est une partie de lentille plan-convexe.
- 35 6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'après l'opération de polissage, on réalise par moulage de résine, une surface de
37 référence plane disposée au moins partiellement dans le plan de la zone

polie de la fibre.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'on utilise deux moules complémentaires pour effectuer une première surface de référence so-
5 lidaire du premier bloc support, disposée au moins partiellement dans le plan de la zone polie de la première fibre, et pour effectuer une seconde surface de référence, solidaire du second bloc support, disposée au moins partiel-
lement dans le plan de la zone polie de la seconde fibre, les deux surfaces de référence comportant l'une au moins un élément en relief, et l'autre au
10 moins un élément en creux, de formes complémentaires, pour permettre d'assembler les deux surfaces de référence l'une contre l'autre, l'élément en relief s'encastrant dans l'élément en creux, de telle manière qu'après assemblage des surfaces de référence, les deux fibres optiques soient couplées entre elles.
- 15 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on assemble les deux blocs supports au moyen d'un dispositif permettant de régler la pression d'appui des deux surfaces de référence l'une contre l'autre.
- 20 9. Jonction-étoile de fibres optiques réalisée par le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.
10. Jonction-étoile selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle est agencée pour coupler au moins deux fibres optiques multimodes.
- 25 11. Jonction-étoile selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle est agencée pour coupler au moins deux fibres optiques monomodes.
12. Jonction-étoile selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle
30 est agencée pour coupler une fibre multimode avec au moins une fibre mono-
31 mode.



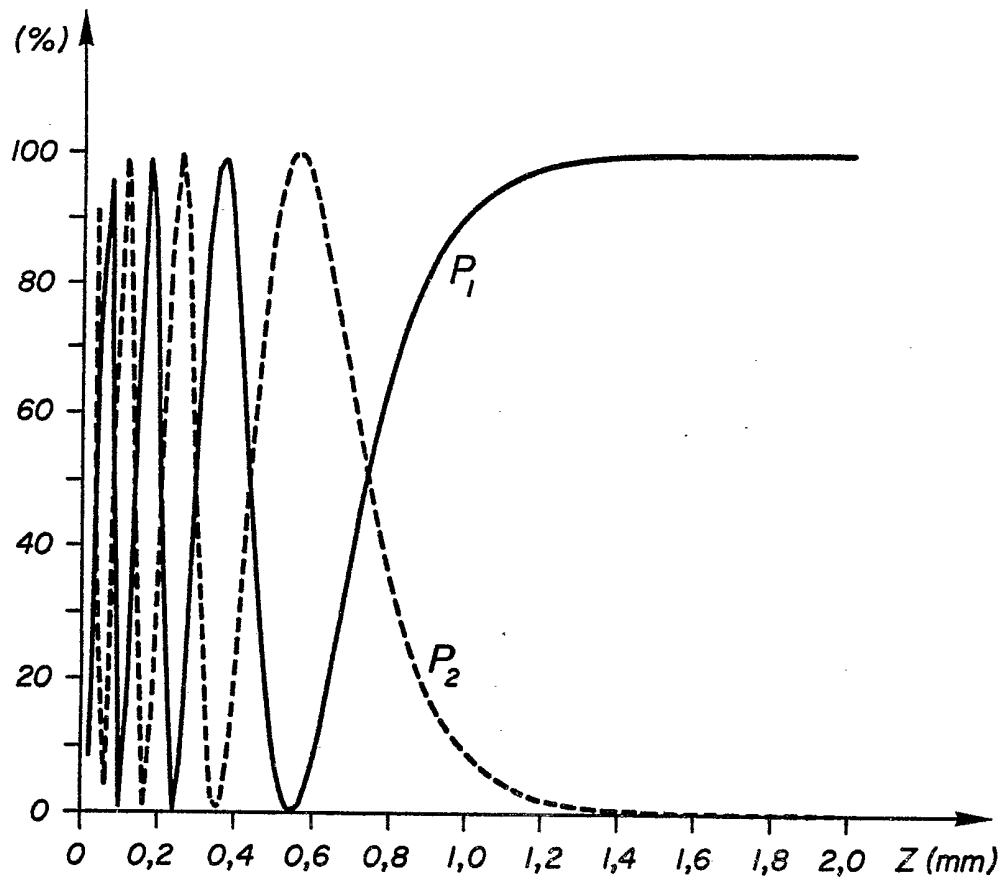


FIG. 5

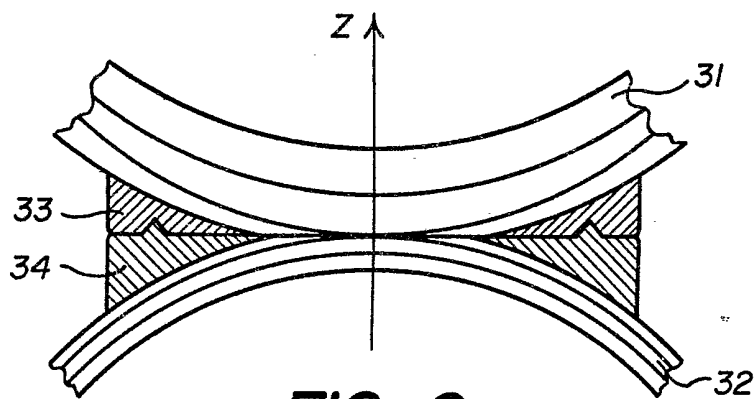


FIG. 6