

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 144 324

②1 N° d'enregistrement national : **22 14235**

⑤1 Int Cl⁸ : **G 02 B 6/38 (2023.01)**

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 22.12.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 28.06.24 Bulletin 24/26.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *ORANGE Société anonyme* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : *CHANCLOU Philippe.*

⑦3 Titulaire(s) : *ORANGE Société anonyme.*

⑦4 ~~Matériau(s)~~ **Matériau(s) d'une fibre à cœur creux avec une
fibre monomode en silice standard.**

⑦5 ~~Interconnexion~~ **Interconnexion d'une fibre à cœur creux avec une fibre**

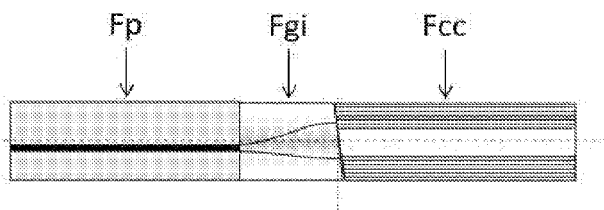
monomode en silice standard

L'invention concerne un dispositif de couplage entre une fibre optique monomode ou multicœurs, dite fibre pleine (Fp),

et une fibre optique à cœur creux (Fcc), comprenant une section de fibre à gradient d'indice (Fgi), où :

le dispositif de couplage est couplé à un cœur de la fibre pleine (Fp) avec un décalage radial par rapport à l'axe central de la section de fibre à gradient d'indice (Fgi), le dispositif de couplage est couplé à la fibre à cœur creux (Fcc) avec un angle par rapport à un plan orthogonal à l'axe central, dont l'angle est proportionnel au décalage radial et à des paramètres de la fibre à gradient d'indice (Fgi).

Figure pour l'abrégé: Figure 11



FR 3 144 324 - A1



Description

Titre de l'invention : Interconnexion d'une fibre à cœur creux avec une fibre monomode en silice standard

1. Domaine de l'invention

[0001] L'invention se situe dans le domaine de la transmission optique de données, et plus particulièrement dans celui de l'interconnexion entre une fibre optique monomode et une fibre à cœur creux.

2. Etat de la technique antérieure

[0002] La fibre optique monomode est constituée de silice avec une gaine optique et un cœur optique dans le lequel le faisceau optique se propage. L'indice optique du cœur est légèrement plus élevé que celui de la gaine. Dans une fibre multicœurs, une unique gaine optique entoure plusieurs cœurs optiques répartis spatialement. La fibre à cœur creux est constituée d'une microstructure en silice et d'air avec un cœur constitué principalement d'air dans lequel le faisceau optique se propage.

[0003] L'interconnexion d'une fibre monomode et d'une fibre à cœur creux nécessite une adaptation de la taille du faisceau optique entre ces deux types, le diamètre de faisceau optique étant autour de $9\mu\text{m}$ pour la fibre monomode et autour de $30\mu\text{m}$ pour la fibre à cœur creux.

[0004] L'article "Interconnecting hollow-core fibers", 2021 IEEE Photonics Society Summer Topicals Meeting Series (SUM), 2021, pp. 1-2, de M. Komanec et al., présente plusieurs dispositifs dont le but est de réaliser cette adaptation tout en minimisant les pertes optiques.

[0005] Cependant, ces solutions ont pour inconvénient de pas suffisamment minimiser la réflexion optique dans chacun des sens de transmission, ou de ne pas être suffisamment simples ou compactes pour être facilement réalisables et déployables.

[0006] Un des buts de l'invention est de remédier à ces inconvénients de l'état de la technique.

3. Exposé de l'invention

[0007] L'invention vient améliorer la situation à l'aide d'un dispositif de couplage entre une fibre optique monomode ou multicœurs, dite fibre pleine, et une fibre optique à cœur creux, comprenant une section de fibre à gradient d'indice, où :

- le dispositif de couplage est couplé à un cœur de la fibre pleine avec un décalage radial par rapport à l'axe central de la section de fibre à gradient d'indice,
- le dispositif de couplage est couplé à la fibre à cœur creux avec un angle par rapport à un plan orthogonal à l'axe central, dont l'angle est proportionnel au

décalage radial et à des paramètres de la fibre à gradient d'indice.

- [0008] Dans la suite, le terme "fibre pleine" désigne indifféremment une fibre optique monomode à un seul cœur, et une fibre optique multicœurs. Dans le sens allant de la fibre pleine vers la fibre à cœur creux, le décalage radial introduit un angle en sortie du dispositif optique composé d'une section à gradient d'indice et permet d'éviter qu'une réflexion optique reviennent dans le cœur de la fibre pleine. Le décalage dit "radial" peut être dans un plan perpendiculaire à l'axe central du dispositif, ou légèrement incliné par rapport à ce plan.
- [0009] Dans l'autre sens de transmission, le clivage permet de dévier toute réflexion optique en dehors de l'axe central du cœur creux.
- [0010] La combinaison élimine ou réduit fortement les réflexions optiques dans les deux sens de propagation, tout en permettant une adaptation aux diamètres des modes des fibres à chaque extrémité.
- [0011] De plus, en clivant la fibre à cœur creux selon le même angle que celui du dispositif, une soudure permet d'aligner dans un seul et même axe : la fibre pleine, le dispositif de couplage et la fibre à cœur creux, ce qui facilite l'assemblage mécanique des différentes sections. En effet durant l'assemblage, par soudure par exemple, il n'est pas nécessaire de maintenir mécaniquement la fibre à cœur creux selon un certain angle par rapport au dispositif, angle dont la précision serait difficile à assurer et à maintenir.
- [0012] Obtenir un décalage précis au moyen d'un désalignement mécanique de la fibre pleine par rapport au dispositif peut être difficile, mais cette opération n'est pas nécessaire si la fibre pleine est une fibre multicœurs. En effet, comme au moins un des cœurs de la fibre multicœurs est déjà excentré par rapport à l'axe central du dispositif, il n'est pas nécessaire d'introduire un désalignement latéral mécanique.
- [0013] Selon un aspect du dispositif de couplage, il comprend en outre au moins une section en silice pure adjacente d'un côté et/ou de l'autre de la section de fibre à gradient d'indice.
- [0014] La section de silice pure n'a pas de cœur, et le faisceau optique s'y disperse de façon homogène. Ceci permet de modifier les paramètres optiques du système de lentille que le dispositif compose ainsi, et de rendre ce dispositif indépendant du filtre d'indices de la section à gradient d'indice. Un grand choix de gradients d'indices est donc possible, pour un même couple fibre pleine / fibre à cœur creux.
- [0015] Selon un aspect du dispositif de couplage, la section en silice pure est située entre la fibre pleine et la section de fibre à gradient d'indice.
- [0016] Grâce à cet aspect, la distance "objet" (entre la fibre pleine et la section à gradient d'indice) du système optique composé de la lentille à gradient d'indice est paramétrable et permet de modifier les paramètres de grossissement et de focalisation du faisceau optique

- [0017] Selon un aspect du dispositif de couplage, la section en silice pure est située entre la section de fibre à gradient d'indice et la fibre à cœur creux.
- [0018] Grâce à cet aspect, la distance "image" (entre la section à gradient d'indice et la fibre à cœur creux) du système optique composé de la lentille à gradient d'indice est paramétrable et permet de modifier les paramètres de grossissement et de focalisation du faisceau optique.
- [0019] Selon un aspect du dispositif de couplage, il comprend une première section en silice pure située entre la fibre pleine et la section de fibre à gradient d'indice, et une seconde section en silice pure située entre la section de fibre à gradient d'indice et la fibre à cœur creux.
- [0020] Grâce à cet aspect, à la fois la distance objet et la distance image du système optique composé de la lentille à gradient d'indice sont paramétrables et permettent de modifier les paramètres de grossissement et de focalisation du faisceau optique.
- [0021] Selon un aspect du dispositif de couplage, la section de fibre à gradient d'indice est soudée à la fibre à cœur creux.
- [0022] Selon un aspect du dispositif de couplage, la section en silice pure est soudée à la fibre à cœur creux.
- [0023] L'invention concerne encore un procédé de fabrication d'un dispositif de couplage entre une fibre optique monomode ou multicœurs, dite fibre pleine, et une fibre à cœur creux, comprenant :
- souder la fibre pleine à une section de fibre à gradient d'indice, ou à une section de silice pure elle-même soudée à la section de fibre à gradient d'indice, avec un décalage radial d'un cœur de la fibre pleine par rapport à l'axe central de la section de fibre à gradient d'indice,
 - sectionner la section fibre à gradient d'indice afin de lui donner une longueur définie, avec un clivage par rapport à un plan orthogonal à l'axe central si la fibre à gradient d'indice est directement soudée à la fibre à cœur creux, dont l'angle est proportionnel au décalage et à des paramètres de la fibre à gradient d'indice,
 - souder la fibre à cœur creux à la section de fibre à gradient d'indice, ou à une section de silice pure elle-même soudée à la section de fibre à gradient d'indice avec le clivage,
- [0024] la fibre pleine, la section à gradient d'indice et la fibre à cœur creux étant parallèles entre elles.
- [0025] Ce procédé permet d'obtenir un couplage entre une fibre pleine et une fibre à cœur creux, avec une forte réduction des réflexions optiques, simplement à l'aide de soudures sous arc électrique. Il permet également d'obtenir un assemblage mécanique simple suivant l'alignement naturel des structures des fibres. La longueur de la section

de fibre à gradient d'indices est calculée pour permettre à cette section de fibre de fonctionner comme une lentille avec une distance focale. Les sections de silice pure permettent de régler, de part en part de la section à gradient d'indice, les distances objet et image des fibres pleine et creuse.

4. Présentation des figures

- [0026] D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description suivante d'un mode de réalisation particulier de l'invention, donné à titre de simple exemple illustratif et non limitatif, et des dessins annexés, parmi lesquels :
- [0027] [Fig.1] la [Fig.1] présente un premier aspect d'un premier mode de réalisation d'un dispositif de couplage entre une fibre optique monomode ou multicœurs, dite fibre pleine, et une fibre optique à cœur creux, comprenant une section de fibre à gradient d'indice,
- [0028] [Fig.2] la [Fig.2] présente un second aspect de ce premier mode de réalisation,
- [0029] [Fig.3] la [Fig.3] présente un troisième aspect de ce premier mode de réalisation,
- [0030] [Fig.4] la [Fig.4] présente un quatrième aspect de ce premier mode de réalisation,
- [0031] [Fig.5] la [Fig.5] présente un premier aspect d'un second mode de réalisation du dispositif de couplage,
- [0032] [Fig.6] la [Fig.6] présente un second aspect de ce second mode de réalisation,
- [0033] [Fig.7] la [Fig.7] présente un troisième aspect de ce second mode de réalisation,
- [0034] [Fig.8] la [Fig.8] présente un quatrième aspect de ce second mode de réalisation,
- [0035] [Fig.9] la [Fig.9] présente un cinquième aspect de ce second mode de réalisation,
- [0036] [Fig.10] la [Fig.10] présente un premier aspect d'un troisième mode de réalisation du dispositif de couplage,
- [0037] [Fig.11] la [Fig.11] présente un second aspect de ce troisième mode de réalisation,
- [0038] [Fig.12] la [Fig.12] présente un troisième aspect de ce troisième mode de réalisation,
- [0039] [Fig.13] la [Fig.13] présente un quatrième aspect de ce troisième mode de réalisation.

5. Description détaillée d'au moins un mode de réalisation de l'invention

- [0041] Une solution est d'utiliser un assemblage par soudure de tronçons ou sections de fibre de différentes natures pour réaliser l'adaptation de mode et une diminution des réflexions optiques. L'assemblage par soudure de tronçons de fibre de différentes natures produit aussi un dispositif de couplage compact. La soudure reste le mode d'assemblage privilégié mais il est envisageable de coller ou d'assembler mécaniquement en juxtaposant les sections. Si besoin il est possible d'inclure un liquide d'indice entre les sections pour limiter ou supprimer une interface fibre/air/fibre.

- [0042] Dans un mode de réalisation, le dispositif de couplage comprend une section de fibre à gradient d'indice F_{gi} juxtaposées par soudure (ou tout autre moyen) à une fibre monomode F_{ms} d'un côté et à une fibre à cœur creux F_{cc} de l'autre côté. La longueur

de la section de fibre à gradient d'indice Fgi est calculée pour adapter les faisceaux optiques.

[0043] Le principe est d'adapter le diamètre du faisceau optique par l'insertion d'une section de fibre à gradient d'indice Fgi de quelques microns à quelques millimètres. Une ou deux sections de fibre composée de silice pure Fsp1, Fsp2, peuvent être insérées pour modifier les paramètres optiques du système de lentille que compose ainsi le dispositif de couplage.

[0044] Les figures 1 à 4 illustrent 4 variantes de ce mode de réalisation d'un tel dispositif de couplage, respectivement :

- sans aucune section de fibre de silice pure ([Fig.1]) : le dispositif de couplage est alors composé d'une interface avec une fibre pleine, d'une section de fibre à gradient d'indice, et d'une interface avec une fibre à cœur creux,
- avec une seule section de silice pure Fsp1, disposée entre la fibre monomode Fms et la section de fibre à gradient d'indice Fgi ([Fig.2]) : le dispositif de couplage est alors composé d'une interface avec une fibre pleine, d'une section de silice pure (Fsp1), d'une section de fibre à gradient d'indice, et d'une interface avec une fibre à cœur creux,
- avec une seule section de silice pure Fsp2 disposée entre la section de fibre à gradient d'indice Fgi et la fibre à cœur creux Fcc ([Fig.3]) : le dispositif de couplage est alors composé d'une interface avec une fibre pleine, d'une section de fibre à gradient d'indice, d'une section de silice pure (Fsp2), et d'une interface avec une fibre à cœur creux,
- avec une section de silice pure Fsp1 et une section de silice pure Fsp2 disposées de part et d'autre de la section de fibre à gradient d'indice Fgi ([Fig.4]) : le dispositif de couplage est alors composé d'une interface avec une fibre pleine, d'une section de silice pure (Fsp1), d'une section de fibre à gradient d'indice, d'une section de silice pure (Fsp2), et d'une interface avec une fibre à cœur creux.

[0045] Un tel dispositif de couplage permet d'adapter le faisceau optique d'environ 9µm de la fibre monomode silice Fms à celui de 30µm de la fibre à cœur creux Fcc. Cependant le dioptré silice/air introduit une réflexion d'environ -14.5 dB.

[0046] Dans un mode de réalisation ce principe est amélioré en introduisant un angle en sortie du dispositif de couplage. Pour cela il est nécessaire de décaler le cœur de la fibre monomode Fms par rapport à l'axe optique du dispositif, de préférence perpendiculairement. L'angle est proportionnel au décalage du cœur de la fibre monomode et des paramètres de la fibre à gradient d'indice. L'angle θ est défini par la formule :

[0047] $\theta = e \cdot n_0 \cdot g_0$

[0048] Avec e étant une mesure du décalage de l'axe du cœur de la fibre monomode Fms par

rapport à l'axe optique, n_0 étant l'indice au centre la fibre à gradient d'indice et g_0 étant le coefficient quadratique du gradient d'indice.

- [0049] Les **figures 5 et 6** illustrent l'effet d'un tel décalage respectivement nul, et non nul, sur le faisceau optique en sortie du dispositif de couplage.
- [0050] L'avantage de ce décalage est qu'il permet de limiter la réflexion optique du faisceau optique provenant de la fibre monomode F_{ms} . En effet, comme illustré dans la [Fig.7], le faisceau réfléchi va se propager de nouveau dans la section à gradient d'indice F_{gi} pour être focalisée dans une zone inversement décalée au cœur de la fibre monomode F_{ms} .
- [0051] Comme vu précédemment, le décalage du cœur nécessaire à l'angle en sortie du dispositif de couplage peut être obtenu en utilisant une fibre monomode standard qui est soudée avec un désalignement latéral (perpendiculaire à l'axe de la fibre) par rapport à la fibre à gradient d'indice.
- [0052] Dans un autre mode de réalisation, cet effet est obtenu avec une fibre multicœur, soudée sans aucun désalignement latéral. En effet, comme illustré par la [Fig.8], aucun des cœurs Co de la fibre multicœur F_{mc1} à 2 cœurs, ou de la fibre multicœur F_{mc2} à 4 cœurs, n'est dans l'axe central de la fibre, en d'autres termes ils sont tous déjà décalés par rapport à cet axe.
- [0053] Les différents modes de réalisation peuvent être appliqués à une fibre monomode ou à une fibre multicœur, et le terme "fibre pleine", désigné par F_p , est utilisé pour désigner indifféremment l'un ou l'autre type de fibre.
- [0054] Pour obtenir un bon couplage du dispositif avec la fibre à cœur creux F_{cc} , il est possible d'aligner cette fibre selon l'angle Th du dispositif, tel qu'illustré par la [Fig.9]. Ce dispositif a l'inconvénient de ne pas maintenir un parfait alignement entre la fibre F_p , la fibre F_{cc} et le dispositif de couplage, ce qui empêche un maintien mécanique par soudure par exemple.
- [0055] Selon un mode de réalisation illustré par la [Fig.10], le dispositif de couplage est amélioré en introduisant un angle de clivage Tc à son extrémité, proportionnel à l'angle Th du faisceau optique. Cela permet d'avoir un faisceau optique en sortie du dispositif de couplage qui est parallèle et centré sur l'axe du dispositif de couplage.
- [0056] Le lien entre la valeur de Tc et la valeur de Th est gouverné par les lois de Snell-Descartes :
- [0057] $n(f_{gi}) \sin(Tc) = n(f_{fc}) \sin(Th)$
- [0058] avec $n(f_{gi})$ étant l'indice du cœur de la section de gradient d'indice F_{gi} ,
- [0059] et $n(f_{fc})$ étant l'indice de la fibre à cœur creux F_{cc} (approximativement = 1).
- [0060] Dans ce mode de réalisation, il est avantageux de cliver la fibre à cœur creux F_{cc} selon le même angle Tc , comme illustré par la [Fig.11]. Ceci permet un assemblage par simple soudure des différents éléments que sont la fibre F_p , le dispositif de couplage et

la fibre Fcc, tout en facilitant leur alignement selon un même axe. Le dispositif de couplage est alors composé d'une interface sans clivage avec une fibre pleine, d'une section de fibre à gradient d'indice, et d'une interface avec clivage avec une fibre à cœur creux.

- [0061] Ce mode de réalisation permet en outre l'adaptation du faisceau optique au diamètre de mode des fibres en extrémités. Comme illustré par la [Fig.12], ce mode de réalisation permet de plus de réduire les réflexions optiques dans chacun des deux sens de propagation du faisceau optique.
- [0062] Dans un mode de réalisation illustré par la [Fig.13], des sections de fibre en silice pure Fsp1 et Fsp2 sont ajoutées pour modifier les paramètres de grossissement ou de focalisation du faisceau optique dans le dispositif de couplage. Le dispositif de couplage est alors composé d'une interface sans clivage avec une fibre pleine, d'une section de silice pure (Fsp1), d'une section de fibre à gradient d'indice, d'une section de silice pure (Fsp2), et d'une interface avec clivage avec une fibre à cœur creux.
- [0063] La [Fig.13] illustre le cas où une section de fibre en silice pure est ajoutée à la fois à droite et à gauche de la section de fibre à gradient d'indice Fgi, mais il est possible de n'en ajouter que d'un seul côté. Le dispositif de clivage peut être composé d'une seule ou de deux sections de fibre en silice pure (ou d'aucune, comme illustré par la [Fig.11]). Si une section de fibre en silice pure Fsp2 est intercalée entre la fibre Fgi et la fibre Fcc, le clivage de fibre selon l'angle Tc est disposé à cet endroit. Le calcul de Tc en fonction de Th est aussi gouverné par les lois de Snell-Descartes :
- [0064] $n(sp) \sin(Tc) = n(ffc) \sin(Th)$
- [0065] avec n(sp) étant l'indice du cœur de la section silice pure Fsp2,
- [0066] et n(ffc) étant l'indice de la fibre à cœur creux Fcc (approximativement = 1).
- [0067] Un tel dispositif de couplage entre une fibre optique monomode ou multicœurs, dite fibre pleine, et une fibre optique à cœur creux, est de fabrication simple.
- [0068] Un exemple de procédé de fabrication consiste à intercaler une section de fibre à gradient d'indice Fgi entre une fibre pleine Fp et une fibre à cœur creux Fcc.
- [0069] Au moins un cœur de la fibre pleine Fp doit être décalé par rapport à l'axe central de la fibre à gradient d'indice Fgi.
- [0070] La fibre pleine Fp doit être soudée ou collée, avec ce décalage du cœur, à la fibre à gradient d'indice Fgi, ou éventuellement à une section de fibre en silice pure Fsp1 s'intercalant entre les fibres Fp et Fgi.
- [0071] La fibre à gradient d'indice Fgi ou la section de fibre en silice pure Fsp1 doit être fracturée (sectionnée) à une longueur définie de la soudure. Cette longueur est calculée pour permettre à la section de gradient d'indice de fonctionner comme une lentille avec la distance focale désirée et les sections de silice pure comme les distances objet et image par rapport à cette lentille.

- [0072] Les surfaces de contact entre la fibre à gradient d'indice Fgi et la fibre à cœur creux Fcc doivent être clivée en biais, puis assemblées par soudure ou collage. Si une section de fibre en silice pure Fsp2 s'intercale entre les fibres Fgi et Fcc, le clivage en biais est entre les fibres Fsp2 et Fcc.
- [0073] Dans le cas d'une soudure, la soudure est réalisée sous arc électrique dans une soudeuse standard de fibre optique. Cet assemblage nécessite l'optimisation des programmes de soudures.
- [0074] Dans toutes les étapes du procédé de fabrication, les différentes fibres et sections de fibre sont maintenues bout à bout dans un même alignement rectiligne.

Revendications

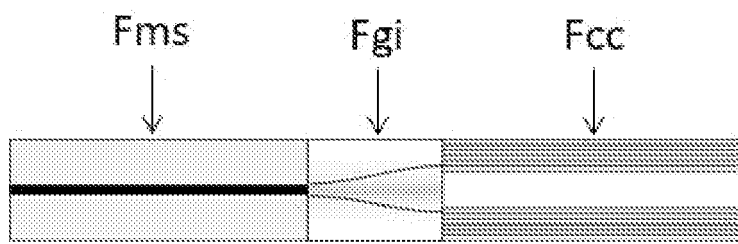
- [Revendication 1] **Dispositif** de couplage entre une fibre optique monomode ou multicœurs, dite fibre pleine (Fp), et une fibre optique à cœur creux (Fcc), comprenant une section de fibre à gradient d'indice (Fgi), où :
- le dispositif de couplage est couplé à un cœur de la fibre pleine (Fp) avec un décalage radial (e) par rapport à l'axe central de la section de fibre à gradient d'indice (Fgi),
 - le dispositif de couplage est couplé à la fibre à cœur creux (Fcc) avec un angle (Tc) par rapport à un plan orthogonal à l'axe central, dont l'angle est proportionnel au décalage radial (e) et à des paramètres de la fibre à gradient d'indice (Fgi).
- [Revendication 2] **Dispositif** de couplage selon la revendication 1, comprenant en outre au moins une section en silice pure (Fsp1, Fsp2) adjacente d'un côté et/ou de l'autre de la section de fibre à gradient d'indice (Fgi).
- [Revendication 3] **Dispositif** de couplage selon la revendication 2, où la section en silice pure (Fsp1) est entre la fibre pleine (Fp) et la section de fibre à gradient d'indice (Fgi).
- [Revendication 4] **Dispositif** de couplage selon la revendication 2, où la section en silice pure (Fsp2) est entre la section de fibre à gradient d'indice (Fgi) et la fibre à cœur creux (Fcc).
- [Revendication 5] **Dispositif** de couplage selon la revendication 2, comprenant une première section en silice pure (Fsp1) entre la fibre pleine (Fp) et la section de fibre à gradient d'indice (Fgi), et une seconde section en silice pure (Fsp2) entre la section de fibre à gradient d'indice (Fgi) et la fibre à cœur creux (Fcc).
- [Revendication 6] **Dispositif** de couplage selon l'une des revendications 1 à 3, où la section de fibre à gradient d'indice (Fgi) est soudée à la fibre à cœur creux (Fcc).
- [Revendication 7] **Dispositif** de couplage selon l'une des revendications 4 ou 5, où la section en silice pure (Fsp2) est soudée à la fibre à cœur creux (Fcc).
- [Revendication 8] **Procédé** de fabrication d'un dispositif de couplage entre une fibre optique monomode ou multicœurs, dite fibre pleine (Fp), et une fibre à cœur creux (Fcc), comprenant :
- souder la fibre pleine (Fp) à une section de fibre à gradient d'indice (Fgi), ou à une section de silice pure (Fsp1) elle-

même soudée à la section de fibre à gradient d'indice (Fgi), avec un décalage radial (e) d'un cœur de la fibre pleine (Fp) par rapport à l'axe central de la section de fibre à gradient d'indice (Fgi),

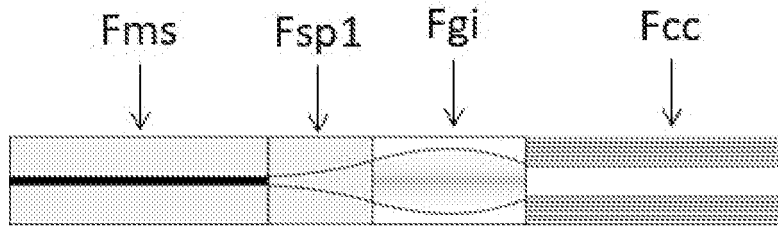
- sectionner la section fibre à gradient d'indice (Fgi) afin de lui donner une longueur définie, avec un clivage par rapport à un plan orthogonal à l'axe central si la fibre à gradient d'indice est directement soudée à la fibre à cœur creux (Fcc), dont l'angle (T_c) est proportionnel au décalage (e) et à des paramètres de la fibre à gradient d'indice (Fgi),
- souder la fibre à cœur creux (Fcc) à la section de fibre à gradient d'indice (Fgi), ou à une section de silice pure (Fsp2) elle-même soudée à la section de fibre à gradient d'indice (Fgi) avec le clivage (T_c),

la fibre pleine (Fp), la section à gradient d'indice (Fgi) et la fibre à cœur creux (Fcc) étant parallèles entre elles.

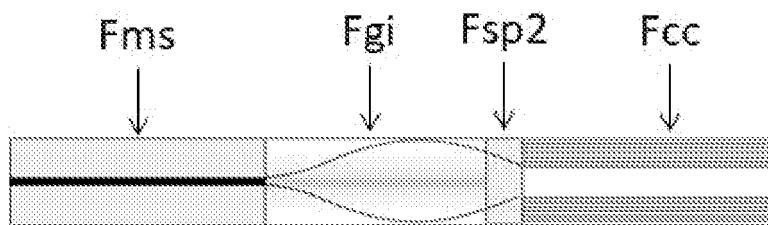
[Fig. 1]



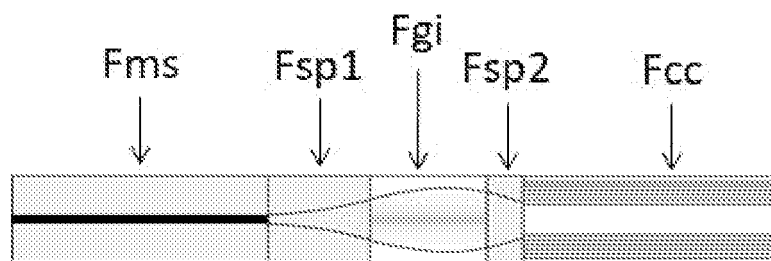
[Fig. 2]



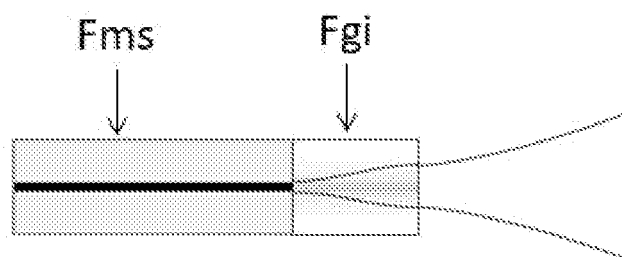
[Fig. 3]



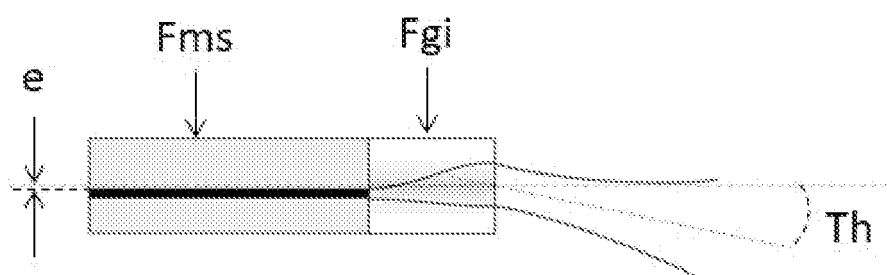
[Fig. 4]



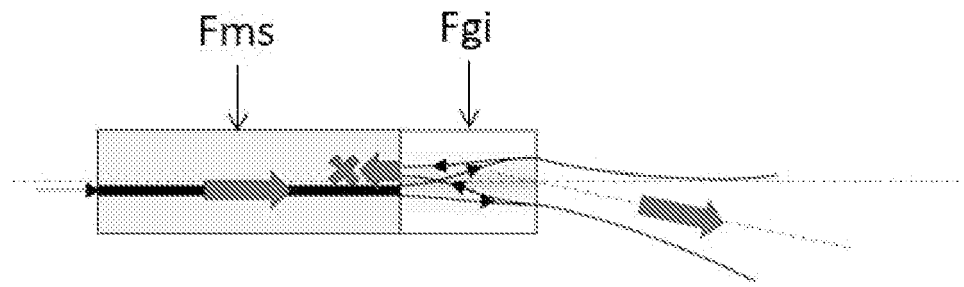
[Fig. 5]



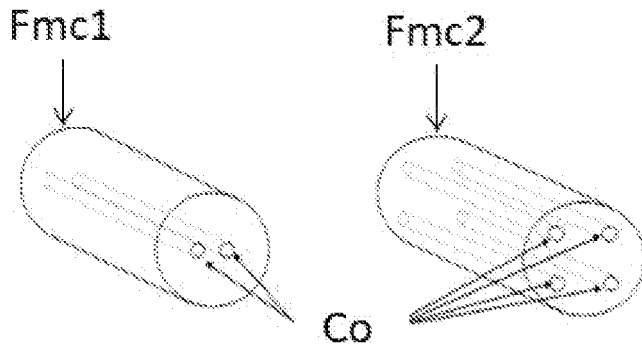
[Fig. 6]



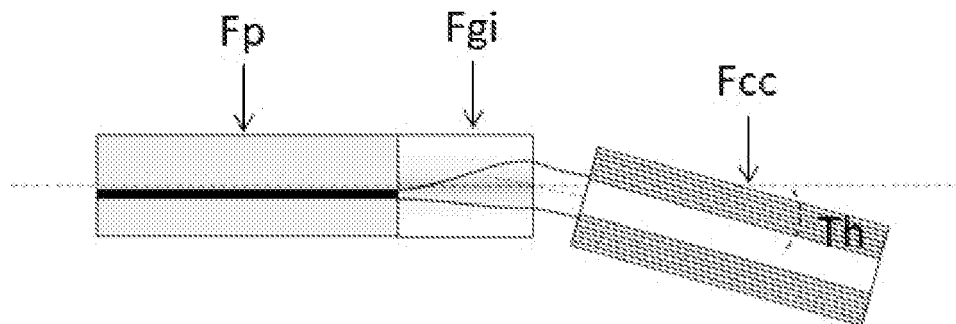
[Fig. 7]



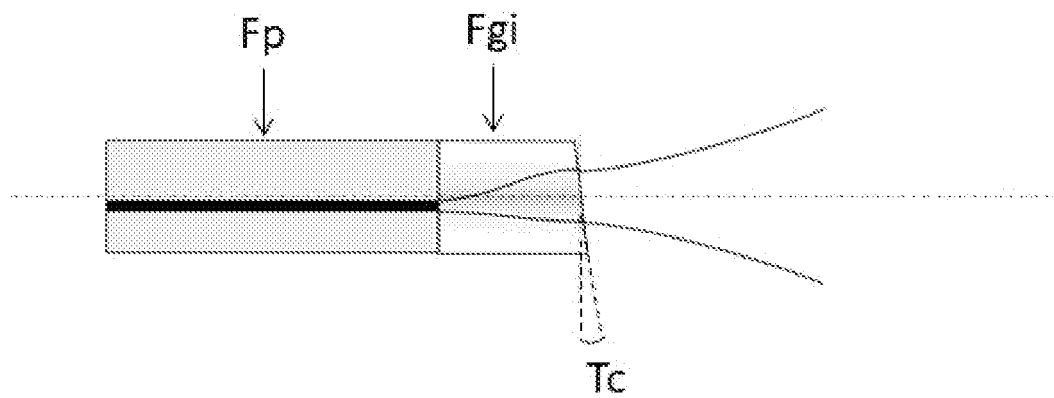
[Fig. 8]



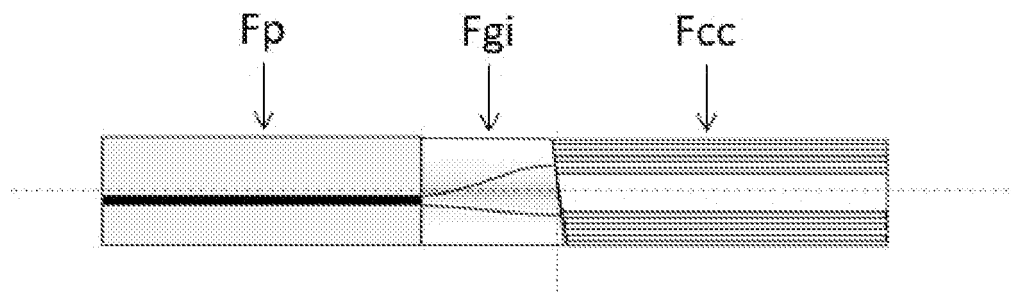
[Fig. 9]



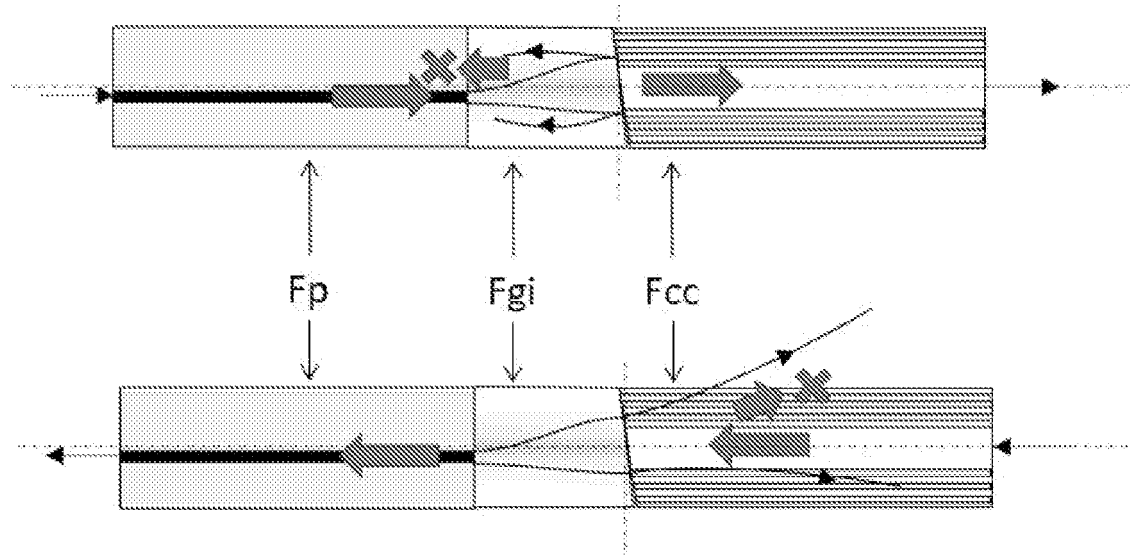
[Fig. 10]



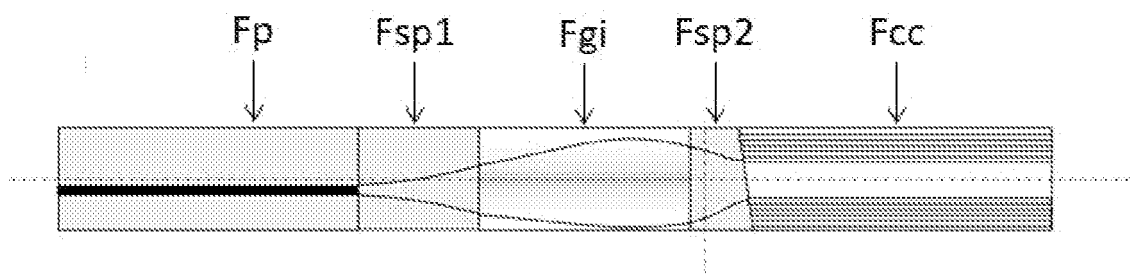
[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]



**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2214235 FA 914286**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **14-06-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
EP 2998770	A1	23-03-2016	CN 105425341 A	23-03-2016
			EP 2998770 A1	23-03-2016
			JP 6379898 B2	29-08-2018
			JP 2016057540 A	21-04-2016
			TW 201616160 A	01-05-2016
			US 2016077284 A1	17-03-2016

JP S5934507	A	24-02-1984	AUCUN	

FR 2860599	A1	08-04-2005	AUCUN	
