

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 23.08.99.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 18.02.00 Bulletin 00/07.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés : Division demandée le 23/08/99 bénéficiant de la date de dépôt du 13/08/98 de la demande initiale n° 98 10382.

71 Demandeur(s) : ALCATEL Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : ROUSSEAU JEAN CLAUDE et
PAILLOT MARIANNE.

73 Titulaire(s) :

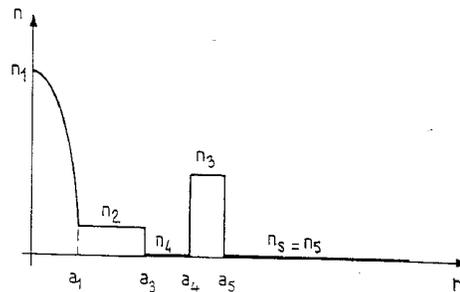
74 Mandataire(s) : COMPAGNIE FINANCIERE ALCA-
TEL.

54 FIBRE OPTIQUE MONOMODE A DISPERSION DECALEE COMPRENANT UN ANNEAU EXTERIEUR.

57 L'invention concerne une fibre optique monomode à dispersion décalée, présentant

- une gaine avec un indice (n_s) donné,
 - un cœur de fibre présentant un profil d'indice en gaussienne avec piédestal,
- caractérisée en ce que le profil d'indice du cœur de fibre présente un anneau externe d'indice (n_3) supérieur à celui de la gaine (n_s).

L'invention permet de mieux contrôler la valeur de la longueur d'onde pour laquelle la dispersion chromatique est nulle, en conservant les autres caractéristiques de transmission des fibres connues, comme le diamètre de mode et l'atténuation.



**FIBRE OPTIQUE MONOMODE À DISPERSION DÉCALÉE COMPRENANT UN ANNEAU
EXTERIEUR**

La présente invention a pour objet une fibre optique monomode à dispersion décalée.

5 Les fibres optiques monomodes dites à dispersion décalée (DSF ou "dispersion shifted fibers") sont telles qu'à la longueur d'onde de transmission à laquelle elles sont utilisées, qui est en général différente de la longueur d'onde de 1,3 μm pour laquelle la dispersion de la silice est sensiblement nulle, la dispersion chromatique de l'onde transmise est sensiblement nulle; c'est à dire que la dispersion chromatique de la silice, non nulle, est compensée - d'où l'emploi du terme décalé - par une
10 augmentation de l'écart d'indice Δn entre le coeur de la fibre et la gaine optique. Cet écart d'indice permet de décaler la longueur d'onde pour laquelle la dispersion chromatique est nulle; il est obtenu par l'introduction de dopants dans la fibre, lors de la fabrication de celle-ci, par exemple par un processus de MCVD connu en soi, et qui n'est pas décrit plus en détail ici. Une valeur typique pour la différence d'indice entre la gaine et le coeur de la fibre est $24 \cdot 10^{-3}$; l'augmentation de l'indice dans la
15 silice peut être obtenu en utilisant comme dopant du germanium. Les termes de gaine et de coeur sont connus de l'homme du métier; classiquement on appelle gaine la partie qui s'étend jusqu'à un diamètre de 125 μm . Le coeur correspond à la partie où environ 70% de l'énergie lumineuse se propage.

Ces fibres monomodes doivent en outre présenter de préférence des caractéristiques qui correspondent aux exigences des câblers et des systémiers: d'une part des diamètres de mode faibles,
20 et une bonne "câblabilité", se traduisant par une capacité de courbure de la fibre, et une faible atténuation; d'autre part, un diamètre de mode aussi grand que possible, une aire effective importante, une valeur appropriée de la longueur d'onde λ_0 de dispersion nulle. L'utilisation de ces fibres pour des systèmes de transmission à multiplexage de longueurs d'onde rend les contraintes encore plus sévères.

25 Il serait préférable d'utiliser de la fibre ayant une valeur de λ_0 supérieure à 1565 nm ou 1585 nm; on peut ainsi éviter l'emploi de fibre à compensation de dispersion (DCF ou "dispersion compensating fiber"), qui présente l'inconvénient de favoriser les effets non linéaires, d'être fortement atténuante et difficilement câblable. Toutefois, les fibres existantes présentant de telles valeurs de λ_0 ont une surface effective faible, ou encore une atténuation forte autour de 1550 nm.

30 De nombreux profils d'indice ont été proposés pour de telles fibres optiques monomodes à dispersion décalée. Le profil d'indice est généralement qualifié en fonction de l'allure de la courbe représentative de l'indice en fonction du rayon de la fibre. On parle ainsi de profil d'indice en "échelon", en "trapèze" ou en "triangle" pour des courbes représentatives de la variation de l'indice en fonction du rayon qui présentent des formes respectives d'échelon, de trapèze ou de triangle. Ces
35 courbes sont généralement représentatives du profil théorique ou de consigne de la fibre, les contraintes de fabrication de la fibre pouvant conduire à un profil sensiblement différent.

Les premières fibres optiques à dispersion décalée étaient du type à saut d'indice, triangle, gaussienne ou puissance α . Les caractéristiques de ces fibres ne sont plus considérées comme

suffisantes, notamment du fait d'un faible diamètre de mode et de leur sensibilité aux courbures, et ceci bien que ces fibres présentent des valeurs d'atténuation inférieures à 0,20 dB/km à 1550 nm. Une nouvelle famille de fibres a donc été développée: des fibres à profil d'indice en gaussienne avec piédestal, ou "dual shape core".

5 Ainsi, la demande de brevet EP-A-0 789 257 décrit une fibre avec un profil d'indice en gaussienne avec piédestal. Le profil de cette fibre est représenté à la figure 1. Cette fibre présente un diamètre de mode de 9 μm , et une longueur d'onde λ_0 de l'ordre de 1582 nm.

 Le brevet US-A-5 278 931 décrit une fibre optique présentant une sensibilité à la courbure améliorée, avec une région de coeur présentant un indice supérieur à celui du reste de la fibre, et une
10 queue de diffusion réduite à l'interface entre le coeur de la gaine. Ce document suggère la présence optionnelle d'un anneau autour de la partie du coeur présentant un indice supérieur à celui de la gaine. Le brevet US-A-4 641 917 contient un enseignement similaire, suggérant la présence d'un anneau d'indice plus élevé choisi de façon appropriée pour abaisser la longueur d'onde de coupure ou pour obtenir une fibre moins sensible aux courbures.

15 Ces différentes solutions connues ne permettent pas, tout en conservant les caractéristiques adaptées à une bonne câblabilité, d'obtenir une valeur de longueur d'onde λ_0 élevée, ou qui puisse être choisie librement.

 L'invention propose une solution qui permet de maintenir une surface effective A_{ef} importante, typiquement au delà de 70 μm^2 ; ceci limite les effets non-linéaires. La fibre selon
20 l'invention permet aussi d'obtenir une atténuation faible, de préférence inférieure à 0,2 dB/km. Elle permet en outre d'obtenir, pour tous ces paramètres, une longueur d'onde λ_0 de dispersion chromatique nulle avantageusement supérieure à 1585 nm; ce qui permet d'éviter ou de limiter, si la fibre est utilisée pour des transmissions en multiplexage de longueurs d'onde, le mélange quatre ondes et l'emploi de fibres à compensation de dispersion.

25 En d'autres termes, l'invention propose un procédé pour augmenter la valeur λ_0 de la longueur d'onde pour laquelle la dispersion chromatique s'annule dans une fibre optique monomode à dispersion décalée, présentant une gaine avec un indice (n_g) donné, un coeur de fibre avec un profil d'indice en gaussienne avec piédestal, et un diamètre de mode avantageusement supérieur à 8 μm , comprenant l'ajout dans le profil d'indice du coeur de fibre d'une partie annulaire externe d'indice
30 supérieur à celui de la gaine.

 L'invention concerne ainsi une fibre optique monomode à dispersion décalée, présentant
- une gaine avec un indice donné,
- un coeur de fibre présentant un profil d'indice en gaussienne avec piédestal,
caractérisée en ce que le profil d'indice du coeur de fibre présente un anneau externe d'indice
35 supérieur à celui de la gaine.

 Avantageusement, l'indice dudit anneau est supérieur ou égal à celui du piédestal.

 Dans un mode de réalisation, ledit anneau présente une épaisseur comprise entre 0,3 et 0,8 fois le rayon de la partie du coeur en gaussienne.

De préférence, l'indice dudit piédestal est supérieur à celui de la gaine.

Avantageusement, la partie de la fibre entre ledit piédestal et ledit anneau présente une épaisseur comprise entre 0,3 et 0,8 fois le rayon de la partie du coeur en gaussienne

La fibre peut aussi présenter entre ledit anneau externe et la gaine une partie annulaire d'indice
5 inférieur ou égal à l'indice dudit anneau externe et à l'indice de la gaine.

La fibre selon l'invention est généralement et de préférence telle que la valeur de la longueur d'onde pour laquelle la dispersion chromatique s'annule est avantageusement supérieure à 1565 nm, de préférence supérieure à 1585 nm.

Avantageusement, ladite fibre présente une surface effective supérieure à $70 \mu\text{m}^2$.

10 De préférence, elle présente une atténuation inférieure à 0,2 dB/km pour une valeur de longueur d'onde de 1550 nm.

L'invention propose donc d'ajouter un anneau sur les profils de fibre existant, du type gaussienne avec piédestal. Elle permet de conserver une faible atténuation, une surface effective importante, tout en obtenant des valeurs de λ_0 élevées, typiquement supérieures à 1565 nm.

15 L'invention permet généralement d'obtenir pour la fibre une longueur d'onde λ_0 d'au moins 1565 nm et les caractéristiques suivantes:

- une surface efficace supérieure à $70 \mu\text{m}^2$; et
- une atténuation inférieure à 0,2 dB/km pour une valeur de longueur d'onde de 1550 nm.

20 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit de divers modes de réalisation de l'invention, donnée à titre d'exemple et en référence aux dessins annexés qui montrent:

- figure 1 une représentation schématique du profil d'indice de consigne d'une fibre monomode à dispersion décalée connue;
- figure 2 une représentation schématique du profil d'indice d'une fibre selon l'invention

25 La figure 1 a déjà été commentée.

Exemple

L'invention propose d'ajouter un anneau dans un profil d'indice en gaussienne avec piédestal. La figure 2 montre une représentation schématique d'une fibre selon l'invention. La fibre de la figure 2 présente un coeur de fibre avec une partie de gaussienne, pour des rayons inférieurs à a_1 , dans laquelle l'indice varie entre $n_1 = 1,1 \cdot 10^{-3}$ et $n_2 = 1,5 \cdot 10^{-3}$. a_1 est compris entre 2,5 et 4 μm . Autour de cette gaussienne, la fibre présente un piédestal, d'indice n_2 sensiblement constant, entre les valeurs de rayons a_1 et a_3 ; a_3 vaut deux à trois fois a_1 .

35 Autour de ce piédestal, l'invention présente un anneau; celui-ci est séparé du piédestal par une partie annulaire, entre les rayons a_3 et a_4 , d'indice n_4 inférieur à celui du piédestal, et par exemple d'indice inférieur à celui de la gaine n_5 ; une valeur de l'ordre de $0,5 \cdot a_1$ pour $a_4 - a_3$ fournit de bons résultats. Plus généralement, une valeur entre 0,3 et 0,8 fois a_1 est appropriée. On pourrait aussi choisir une partie annulaire d'indice n_4 supérieur ou égal à celui de la gaine n_5 .

On prévoit ensuite selon l'invention l'anneau, qui présente un indice n_3 supérieur à celui de la gaine n_5 et à celui de la partie annulaire n_4 . Cet anneau présente par exemple un indice n_3 de 4.10^{-3} , et s'étend sur les rayons compris entre a_4 et a_5 , avec $a_5 - a_4$ ayant une valeur de l'ordre de $0,5.a_1$. Plus généralement, une valeur de $a_5 - a_4$ entre 0,3 et 0,8 fois a_1 est appropriée.

5 Autour de cet anneau s'étend la gaine d'indice n_5 ; on peut aussi prévoir juste avant la gaine, notamment si ceci facilite la fabrication de la fibre, une deuxième partie annulaire d'indice n_5 inférieur à celui de la gaine n_5 , et d'indice n_5 inférieur à l'indice n_3 de l'anneau. Cet indice n_5 peut être supérieur ou inférieur à l'indice n_4 entre le piédestal et l'anneau.

L'invention améliore les caractéristiques de transmission des fibres de l'art antérieur; car elle
10 permet toutefois de faire augmenter la valeur λ_0 pour laquelle la dispersion chromatique est nulle: à titre de comparaison, on peut considérer une fibre optique présentant un profil d'indice classique en gaussienne avec piédestal, comme celle de la figure 7 de EP-A-0 789 257. Une telle fibre présente les caractéristiques suivantes :

$$\lambda_0 = 1582 \text{ nm};$$

15 diamètre de mode : $10,1 \mu\text{m}$;

longueur d'onde de coupure: 1690 nm .

En comparaison, selon l'invention, l'ajout d'un anneau comme sur le profil de la figure 2 permet de réduire l'atténuation de $0,01 \text{ dB/km}$ à 1550 nm , de réduire la longueur d'onde de coupure et d'augmenter l'aire efficace de $10 \mu\text{m}^2$.

20 Dans l'exemple présenté, les indices n_4 et n_5 sont égaux à l'indice n_5 de la silice et égaux entre eux. L'invention peut aussi être mise en oeuvre avec des valeurs des indices n_4 et n_5 différentes les unes des autres, et supérieures ou égales à l'indice de la gaine n_5 .

Bien entendu, la présente invention n'est pas limitée aux exemples et modes de réalisation décrits et représentés, mais elle est susceptible de nombreuses variantes accessibles à l'homme du
25 métier.

REVENDEICATIONS

- 1.- Fibre optique monomode à dispersion décalée, présentant
- une gaine avec un indice (n_5) donné,
5 - un coeur de fibre présentant un profil d'indice en gaussienne avec piédestal,
caractérisée en ce que le profil d'indice du coeur de fibre présente un anneau externe d'indice
(n_3) supérieur à celui de la gaine (n_5).
- 2.- Fibre selon la revendication 1 telle que l'indice (n_3) dudit anneau est supérieur ou égal à
10 celui (n_2) du piédestal.
- 3.- Fibre selon l'une des revendications 1 ou 2 telle que l'indice (n_2) dudit piédestal est
supérieur à celui (n_5) de la gaine.
- 15 4.- Fibre selon l'une des revendications 1 à 3 telle que ledit anneau présente une épaisseur ($a_5 - a_4$) comprise entre 0,3 et 0,8 fois le rayon (a_1) de la partie du coeur en gaussienne.
- 5.- Fibre selon l'une des revendications 1 à 4 telle que l'indice (n_4) entre ledit piédestal et ledit
anneau est inférieur ou égal à celui (n_5) de la gaine.
20
- 6.- Fibre selon l'une des revendications 1 à 5 telle que la partie de la fibre entre ledit piédestal
et ledit anneau présente une épaisseur ($a_4 - a_3$) comprise entre 0,3 et 0,8 fois le rayon (a_1) de la partie
du coeur en gaussienne.
- 25 7.- Fibre selon l'une des revendications 1 à 6 telle qu'elle présente entre ledit anneau externe et
la gaine une partie annulaire d'indice (n_c) inférieur ou égal à l'indice (n_3) dudit anneau externe et à
l'indice (n_5) de la gaine.
- 8.- Fibre selon l'une des revendications 1 à 7 telle que la valeur de la longueur d'onde pour
30 laquelle la dispersion chromatique s'annule est supérieure à 1565 nm.
- 9.- Fibre selon la revendication 8 telle que la valeur de la longueur d'onde pour laquelle la
dispersion chromatique s'annule est supérieure à 1585 nm.
- 35 10.- Fibre selon l'une des revendications 1 à 9 telle qu'elle présente une surface effective
supérieure à $70 \mu\text{m}^2$.

11.- Fibre selon l'une des revendications 1 à 10 telle qu'elle présente une atténuation inférieure à 0,2 dB/km pour une valeur de longueur d'onde de 1550 nm.

1/1

FIG. 1

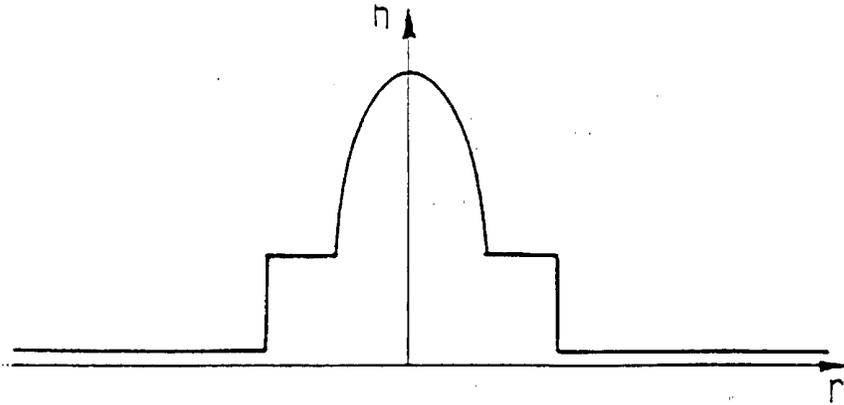


FIG. 2

