

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 889 876**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **05 52520**

⑤1 Int Cl⁸ : G 02 B 6/16 (2006.01), H 01 S 3/063

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 17.08.05.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.02.07 Bulletin 07/08.

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 :

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

⑦2 Inventeur(s) : BLANCHANDIN STEPHANIE, COLLET CHRISTINE, PASTOURET ALAIN, DE MONREDON SOPHIE, JOLIVET JEAN PIERRE et CHANEAC CORINNE.

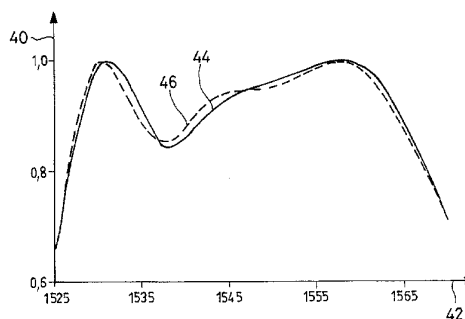
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL.

⑤4 GUIDE OPTIQUE COMPRENANT DES NANOPARTICULES ET PROCEDE DE FABRICATION D'UNE PREFORME DESTINEE A FORMER UN TEL GUIDE OPTIQUE.

⑤7 La présente invention concerne un guide optique comprenant un milieu amplificateur muni d'un coeur, formé d'un matériau transparent et de nanoparticules comprenant un élément dopant et au moins un élément améliorant l'utilisation de ce dopant, et d'une gaine externe entourant le coeur.

Conformément à l'invention, un tel guide est caractérisé en ce que l'élément dopant et/ou l'élément d'amélioration est une terre rare et/ou un métal et en ce que la taille des nanoparticules est variable et comprise entre 1 et 500 nanomètres.



FR 2 889 876 - A1



Guide optique comprenant des nanoparticules et procédé de fabrication d'une préforme destinée à former un tel guide optique.

5

Domaine de l'Invention

La présente invention concerne un guide optique amplifiant des signaux de télécommunications et un procédé de fabrication d'une préforme destinée à former un tel guide optique.

10

Art Antérieur :

15 Il est connu d'utiliser un guide optique, tel qu'une fibre optique, comprenant un milieu amplificateur pour régénérer le signal optique reçu par cette fibre et retransmettre le signal optique régénéré avec une intensité accrue. Pour cela, une telle fibre amplificatrice comprend :

- un cœur formé d'un matériau transparent incorporant au moins un élément dopant tel que des ions de terres rares comme l'erbium (Er) qui réalisent l'amplification du signal optique, et
- une gaine entourant le cœur qui vise à maintenir le signal optique majoritairement dans le cœur.

20 Une telle fibre est décrite, par exemple, dans la demande de brevet US 20030175003 déposée par la société Alcatel qui décrit également l'utilisation de nanoparticules, d'une taille inférieure à 20 nm, contenant des éléments chimiques au voisinage de l'élément dopant pour améliorer l'amplification du signal, ces éléments étant dénommés par la suite éléments d'amélioration.

30 Ce document divulgue aussi la synthèse organométallique de ces nanoparticules et leur implantation dans le cœur de la fibre via un procédé dénommé MCVD pour Modified Chemical Vapor Deposition.

Classiquement, l'incorporation des éléments dopants et des éléments d'amélioration s'effectue par imprégnation de verre poreux avec des solutions comprenant ces différents dopants sous la forme de sels dissous. Cette voie présente l'inconvénient de ne pas permettre une incorporation satisfaisante de ces éléments

35

dans la préforme préalable à la fabrication d'une fibre lorsque cette fabrication met en œuvre un procédé MCVD.

En effet, le procédé MCVD met en jeu des hautes températures qui sont incompatibles avec la grande volatilité de nombreux éléments et/ou avec la faible stabilité des complexes formées à l'aide de ces éléments.

Un second procédé de fabrication, dénommé 'Verre d'Oxyde Multi composant' ou MOG pour 'Multicomponent Oxide Glass' en anglais, est également utilisé pour incorporer dans une fibre de nouveaux éléments.

Mais le procédé MOG utilise une synthèse classique verrière par mélange en creuset et un traitement thermique à haute température qui présentent notamment l'inconvénient de requérir des techniques de fibrages complexes et coûteuses.

En outre, les fibres optiques obtenues selon ce procédé MOG présente un taux d'atténuation du signal optique supérieur au taux d'atténuation d'une fibre obtenue à l'aide du procédé MCVD, compte tenu des impuretés introduites lors de la synthèse par creuset, et des problèmes de soudure vis-à-vis des fibres de transmission qui sont fabriquées au moyen d'un procédé MCVD.

Résumé de l'invention

La présente invention comprend la constatation selon laquelle il existe un besoin pour un procédé de fabrication de fibres amplificatrices selon un procédé MCVD permettant d'introduire des éléments d'amélioration, notamment le bismuth (Bi) et l'antimoine (Sb), au voisinage de l'élément dopant, notamment l'erbium, afin de garder des propriétés physiques proches de celles d'une fibre silice standard et faciliter ainsi la soudure entre la fibre standard et la fibre amplificatrice ainsi fabriquée.

En effet, le procédé MOG a permis de fabriquer des verres comprenant du bismuth ou de l'antimoine dont les caractéristiques particulièrement intéressantes sont décrites ci-dessous à l'aide des figures 1a et 1b qui représentent les gains d'amplification de matériaux comprenant de l'erbium comme élément dopant et de l'antimoine (figure 1a) ou du bismuth (figure 1b) comme élément d'amélioration.

Plus précisément, ces figures 1a et 1b représentent le gain (axe 10 des ordonnées) amplificateur du matériau considéré en fonction de la longueur d'onde du signal amplifié (axe des abscisses 12) pour des fibres comprenant de l'antimoine (courbe 14, figure 1a) ou du bismuth (courbe 16, figure 1b), ces gains étant comparé à ceux d'une fibre connue comprenant de l'aluminium comme dopant (courbe 18).

Il apparaît alors clairement que l'antimoine (Sb) ou le bismuth (Bi) ont des propriétés respectives intéressantes pour le traitement d'un signal optique, à savoir l'élargissement la courbe (Sb) de gain du milieu amplificateur ou l'aplanissement de cette courbe (Bi).

5 Or l'utilisation d'un filtre visant à aplanir le gain d'une fibre est réduite lorsque la courbe de gain de cette fibre est aplanie. Cette réduction pouvant limiter l'énergie de pompage requise par cette fibre d'un pourcentage de l'ordre de 25%, il apparaît que le coût de fonctionnement de la fibre est significativement réduit.

10 Par ailleurs, des simulations montrent que l'élargissement de la bande de gain d'une fibre amplificatrice peut être de l'ordre de 15,5% de la largeur de cette bande qui peut alors dépasser 38nm de largeur, cette largeur étant requise pour certaines applications de télécommunications – 1530 à 1568 nm.

C'est pourquoi, la présente invention concerne un guide optique comprenant un milieu amplificateur muni d'un cœur, formé d'une matériau transparent et de
15 nanoparticules comprenant un élément dopant et au moins un élément améliorant l'utilisation de ce dopant, et d'une gaine externe entourant le cœur, caractérisé en ce que l'élément dopant et/ou l'élément d'amélioration est une terre rare et/ou un métal, tel que l'erbium (Er), l'ytterbium (Yb), le thulium (Tm), l'euporium (Eu), le cérium (Ce), le chrome (Cr), le manganèse (Mn), le bismuth (Bi), l'antimoine (Sb), le tellure (Te), le
20 tantale (Ta), le zirconium (Zr), le niobium (Nb), le vanadium (V), le plomb (Pb), le tungstène (W), l'indium (In), le gallium (Ga), l'étain (Sn), le molybdène (Mo), le bore (B), l'arsenic (As), le titane (Ti), l'aluminium (Al), et en ce que la taille des nanoparticules est variable et comprise entre 1 et 500 nanomètres

25 Un tel guide utilise de nouveaux types de nanoparticules, notamment comprenant de l'antimoine et/ou de bismuth, et peut donc profiter des nouvelles caractéristiques associées à ces nanoparticules.

Par ailleurs, la taille relativement importante de ces nanoparticules, pouvant être supérieure à 20 nm, permet l'incorporation et le maintien de ces dernières dans le guide même lorsque des hautes températures sont mises en œuvre pour fabriquer le
30 guide, par exemple lors d'un procédé MCVD.

Dans une réalisation, l'élément dopant et/ou l'élément d'amélioration est présent sous la forme d'oxyde. De fait, en formant la nanoparticule avec un élément dopant et/ou un élément d'amélioration oxydé, on limite les risques d'altération de la nanoparticule par une oxydation de ses éléments.

Dans une réalisation, l'élément dopant est l'erbium et l'élément d'amélioration est le bismuth et/ou l'antimoine. On profite ainsi des propriétés d'amélioration du bismuth et/ou de l'antimoine, déjà cités à l'aide des figures 1a et 1b, lorsque ces éléments sont au voisinage de l'erbium.

5 Selon une réalisation, le guide comprend de l'aluminium dans le cœur, à proximité des nanoparticules, cette disposition améliorant les propriétés des nanoparticules.

Dans une réalisation le guide optique est une fibre optique, ce qui représente une application simple et peu coûteuse.

10 Dans ce dernier cas, selon une réalisation, le milieu amplificateur forme le cœur d'une fibre optique

L'invention concerne également un procédé de fabrication d'une préforme destinée à générer une fibre optique munie d'un cœur, formé d'une matrice transparente et de nanoparticules comprenant un élément dopant et au moins un élément améliorant l'utilisation de cet élément dopant, et d'une gaine externe
15 entourant le cœur, caractérisé en ce que :

- on effectue la synthèse des nanoparticules à l'aide d'une précipitation d'au moins un sel dans une solution contenant l'élément d'amélioration et/ou l'élément dopant, puis

20 - on effectue le dépôt de ces nanoparticules en solution dans le cœur d'une préforme à l'aide d'une imprégnation poreuse lors d'un procédé MCVD.

Grâce à un procédé conforme à l'invention, on peut fabriquer des nanoparticules de compositions diverses et plus résistantes quant à leur incorporation dans une matrice verrière, étant donné que les éléments dopants et les éléments d'amélioration forment des nanoparticules de structures et de tailles relativement importantes,
25 comprise entre 1 et 500 nm, et notamment supérieures à 20 nm, donc moins volatiles et moins sensibles à la température que si ces éléments étaient introduits selon d'autres procédés.

Par ailleurs, les éléments dopants et/ou d'amélioration se présentent sous forme d'oxydes de telle sorte qu'ils sont moins sensibles aux hautes températures résultant des étapes propres au procédé MCVD, mises en oeuvre par la suite pour fabriquer
30 une préforme et la transformer en fibre comprenant ces nanoparticules.

Dans une réalisation, la précipitation des nanoparticules est obtenue dans des conditions de chimie douce, et notamment à pression ambiante. En d'autres termes, les moyens expérimentaux requis par le procédé sont peu coûteux.

Selon une réalisation, on effectue la précipitation dans une solution à pH contrôlée, par exemple en fonction des seuils de saturations des différents éléments mis en jeu.

5 Finalement, l'invention concerne aussi une fibre optique munie d'un cœur, formé d'une matrice transparente et de nanoparticules comprenant un élément dopant et un élément améliorant l'utilisation de ce dopant, ainsi que d'une gaine externe entourant le cœur, caractérisé en ce qu'elle est obtenue selon un procédé conforme à l'une des réalisations précédentes.

10

Description des figures :

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront avec la description effectuée ci-dessous, à titre illustratif et non limitatif, de réalisations de l'invention faisant référence aux figures ci-jointes sur lesquelles :

15 Les figures 1a et 1b, déjà décrites, sont des diagrammes représentatifs du gain généré par des fibres comprenant de l'antimoine ou du bismuth,

La figure 2 représente une fibre amplificatrice conforme à l'invention,

Les figures 3a, 3b et 3c sont des schémas structurels de différents verres obtenus selon divers procédés, et

20 La figure 4 est un diagramme représentatif du gain généré par une fibre amplificatrice conforme à l'invention.

Description détaillée de l'invention :

25 La figure 2 représente une fibre optique amplificatrice 20 conforme à l'invention. Elle présente un cœur 22 comprenant des nanoparticules 24 muni d'un élément dopant, tel que de l'erbium, entouré d'un ou plusieurs éléments d'amélioration tels que du bismuth et/ou de l'antimoine.

30 Conformément à l'invention, la fibre 20 a été obtenue par fibrage d'une préforme fabriquée à l'aide d'un procédé MCVD - dépôt chimique en phase vapeur modifiée - et permettant l'incorporation de ces nanoparticules 24 par absorption poreuse dans le cœur 22.

35 A ce stade, il convient de signaler que les nanoparticules 24 résistent à leur incorporation dans un verre, étant donné leur taille relativement importante, généralement comprise entre 1 et 500 nm. De plus, certains éléments dopant/ou

d'amélioration se présentent dans ces nanoparticules sous la forme d'oxydes de telle sorte qu'ils sont moins susceptibles d'être détruits au cours des étapes visant à la fabrication de la préforme et sa transformation en fibre optique.

5 Ces nanoparticules 24 peuvent être générées selon un procédé conforme à l'invention, c'est-à-dire mettant en œuvre une précipitation de sels comprenant le(s) élément(s) dopant(s) et/ou le(s) d'amélioration devant être inclus dans les nanoparticules.

10 Selon un premier exemple relatif à la synthèse de nanoparticules comprenant de l'erbium comme élément dopant et de l'aluminium comme élément d'amélioration, une telle précipitation peut être obtenue avec un mélange de nitrate d'aluminium $Al(NO_3)_3$ et d'acétylacétonate d'erbium hydraté $(Acac)_3Er$ dissous dans de l'eau distillée.

15 Pour cela, cette solution est introduite dans de l'eau maintenue à un pH basique afin d'obtenir la précipitation de nanoparticules comprenant de l'erbium et de l'aluminium. La suspension subit ensuite une phase de mûrissement à $95^\circ C$ afin d'obtenir l'alumine sous une forme Boehmite. Après centrifugation et lavage, les nanoparticules sont ensuite dispersées dans un milieu aqueux à pH contrôlé et introduites dans le cœur d'une préforme réalisée à l'aide d'un dépôt chimique en phase vapeur modifiée, ou MCVD, par imprégnation d'une couche de verre poreux.
20 Cette préforme fait ensuite l'objet d'un fibrage à l'aide d'un traitement thermique classique.

A titre d'exemple, un second mode opératoire est décrit ci-dessous à l'égard d'une précipitation permettant d'obtenir des nanoparticules d'antimoine, l'élément dopant erbium étant incorporé par la suite.

25 Ce mode opératoire utilise une solution aqueuse d'hexahydro-xyantimonate de potassium $(KSb(OH)_6)$ qui est introduite dans de l'eau maintenue à pH acide, afin d'obtenir la précipitation de nanoparticules comprenant de l'antimoine

30 La solution est par la suite placée sous agitation à température ambiante ou à $95^\circ C$ pendant plusieurs jours. Des nanoparticules comprenant de l'antimoine sont finalement obtenues après centrifugation de la solution, lavage et séchage à l'étuve à $95^\circ C$.

35 Par la suite, ces nanoparticules peuvent incorporer l'erbium par un échange ionique obtenu grâce à une solution comprenant du chlorure d'erbium $ErCl_3$ en milieu aqueux ou avec l'acétylacétonate d'erbium $Er(Acac)_3$ comprenant de l'eau et un solvant organique.

Il convient de noter que le procédé de précipitation mis en œuvre par l'invention ne permet pas de connaître avec précision l'environnement de l'élément dopant (erbium dans cet exemple) vis-à-vis des éléments d'amélioration contrairement aux synthèses plus fines de nanoparticules, telle que la synthèse organométallique décrite dans la demande de brevet déjà cité .

Une explication relative à la structure des nanoparticules générées avec un procédé conforme à l'invention, est effectué à l'aide des figures 3a, 3b et 3c dans le cas d'un dopage erbium/antimoine.

Sur la figure 3a est représentée, de façon schématique, la structure type d'un verre de silice SiO_2 dopée obtenue selon un procédé MCVD classique, c'est-à-dire dans lequel les dopants sont introduits sans organisation particulière sous la forme de sels de chlorure dissous. Dans cette structure, l'élément dopant (Er) se retrouve entouré d'une matrice hétérogène et désordonnée de silicium pouvant comprendre l'élément d'amélioration (Sb). Toutefois, la majeure partie de cet élément d'amélioration s'est volatilisé à la suite des hautes températures et/ou se trouve trop éloigné de l'élément dopant pour interagir avec ce dernier.

Sur la figure 3b est représenté, de façon schématique, un verre 105 obtenu selon le procédé MOG déjà décrit, ce verre se présentant comme une présence statistique de l'élément d'amélioration (Sb) au voisinage de l'élément dopant (erbium) en raison de la possibilité de l'incorporer en proportion importante par rapport à l'élément dopant.

Finalement sur la figure 3c sont représentées, de façon schématique, des nanoparticules 30 obtenues selon le procédé conforme à l'invention. Pour des raisons de clarté, l'élément dopant (Er) et l'élément d'amélioration (Sb) ont été représenté sous la forme de sphères mais il convient de noter que, selon les observations expérimentales, ces éléments se présentent dans les nanoparticules sous des formes d'oxydes.

Le procédé de fabrication des nanoparticules ne permet pas un contrôle précis de la structure et de la taille de ces particules. Nonobstant la diversité des structures et des tailles des nanoparticules, leur taille peut être relativement importante – généralement comprise entre 1 et 500 nm- les résultats expérimentaux montrent que le gain d'amplification d'une fibre générée selon un procédé conforme à l'invention est très satisfaisant comme montré ci-dessous à l'aide de la figure 4 qui représente la courbe de gain (axe des ordonnées 40) d'amplification d'un signal optique en fonction de la longueur d'onde (axe des abscisses 42) de ce signal.

Il apparaît qu'une fibre munie de nanoparticules générées selon un procédé conforme à l'invention (courbe 46) peut présenter un gain sur une gamme de longueur d'onde plus large que la fibre fabriquée selon un procédé classique et sans élément dopant.

5 La présente invention est susceptible de nombreuses variantes. De fait, la synthèse de nanoparticules par précipitation permet de générer de nombreux types de nanoparticules sur la base de divers éléments dopants, tel que l'erbium, et de différents éléments d'amélioration, tels que le bismuth ou l'antimoine.

10 Aussi, un procédé conforme à l'invention peut être mis en œuvre pour fabriquer des nanoparticules utilisant le même élément comme élément dopant et comme élément d'amélioration.

En outre, un procédé conforme à l'invention permet d'envisager la synthèse de nanoparticules comprenant différents éléments dopants et/ ou d'amélioration tels que : Te, Ta, Zr, V, Pb, Nb, W, In, Ga, Sn, Mo, B, As, Ti.

15 Par ailleurs, une fibre conforme à l'invention peut comprendre, outre les nanoparticules, des éléments tels que de l'aluminium qui améliorent le gain de la fibre.

20 Finalement, il faut souligner que les applications d'une fibre amplificatrice conforme à l'invention peuvent être nombreuses. A titre d'exemple, une telle fibre peut être mise en œuvre comme fibre à amplification Raman, comme fibre laser Raman, comme fibre fortement non linéaire, comme fibre à absorbant saturable et/ou comme fibre polarisable.

Revendications

- 5 1. Guide optique (20) comprenant un milieu amplificateur muni d'un cœur (22), formé d'une matériau transparent et de nanoparticules (24) comprenant un élément dopant et au moins un élément améliorant l'utilisation de ce dopant, et d'une gaine externe (26) entourant le cœur,
- 10 caractérisé en ce que l'élément dopant et/ou l'élément d'amélioration est une terre rare et/ou un métal, tel que l'erbium (Er), l'ytterbium (Yb), le thulium (Tm), l'euporium (Eu), le cérium (Ce), le chrome (Cr), le manganèse (Mn), le bismuth (Bi), l'antimoine (Sb), le tellure (Te), le tantale (Ta), le zirconium (Zr), le niobium (Nb), le vanadium (V), le plomb (Pb), le tungstène (W), l'indium (In), le gallium (Ga), l'étain (Sn), le molybdène (Mo), le bore (B), l'arsenic (As), le titane (Ti), l'aluminium (Al), et en ce que
- 15 la taille des nanoparticules est variable et comprise entre 1 et 500 nanomètres.
2. Guide optique (20) selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'élément dopant et/ou l'élément d'amélioration est présent sous la forme d'oxyde.
- 20 3. Guide optique (20) selon la revendication 1 ou 2 caractérisé en ce que l'élément dopant est l'erbium et en ce que l'élément d'amélioration est le bismuth et/ou l'antimoine.
4. Guide optique (20) selon la revendication 1, 2 ou 3 caractérisé en ce qu'il
- 25 comprend de l'aluminium dans le cœur, à proximité des nanoparticules.
5. Guide optique (20) selon l'une des revendications précédentes caractérisé en ce que le guide optique est une fibre optique.
- 30 6. Guide optique (20) selon la revendication 5 caractérisé en ce que le milieu amplificateur forme le cœur d'une fibre optique.
7. Procédé de fabrication d'une préforme destinée à générer une fibre optique (20) munie d'un cœur (22), formé d'une matrice transparente et de nanoparticules (24)

comprenant un élément dopant et au moins un élément améliorant l'utilisation de cet élément dopant, et d'une gaine externe (26) entourant le cœur,

caractérisé en ce que :

- 5 - on effectue la synthèse des nanoparticules à l'aide d'une précipitation d'au moins un sel dans une solution contenant l'élément d'amélioration et/ou l'élément dopant, puis
- on effectue le dépôt des nanoparticules en solution dans le cœur de la préforme à l'aide d'une imprégnation poreuse lors d'un procédé MCVD.

10 8. Procédé selon la revendication 7 caractérisé en ce que la précipitation est obtenue dans des conditions de chimie douce, et notamment à pression ambiante.

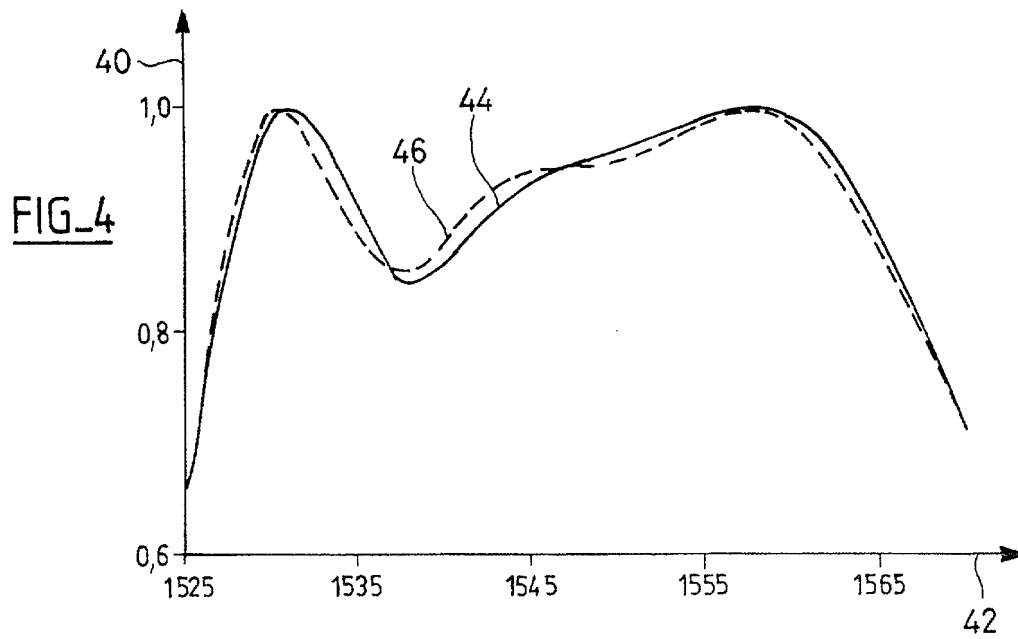
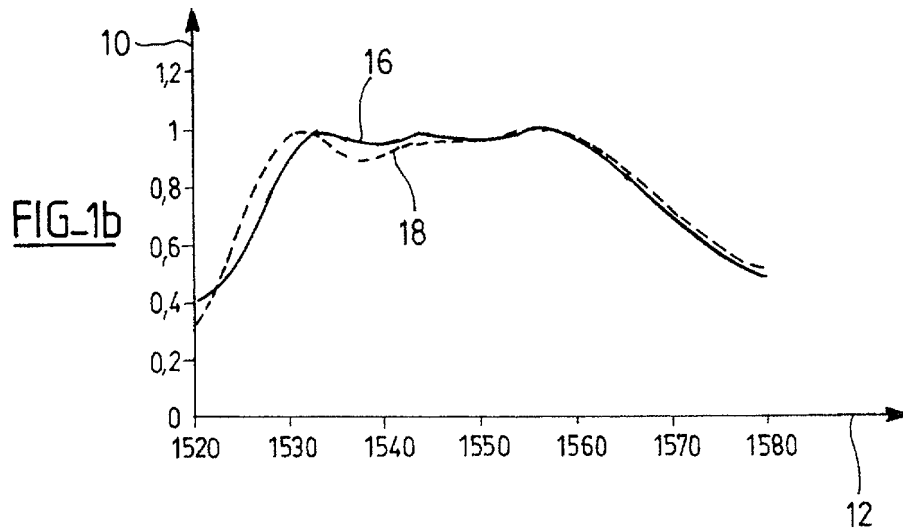
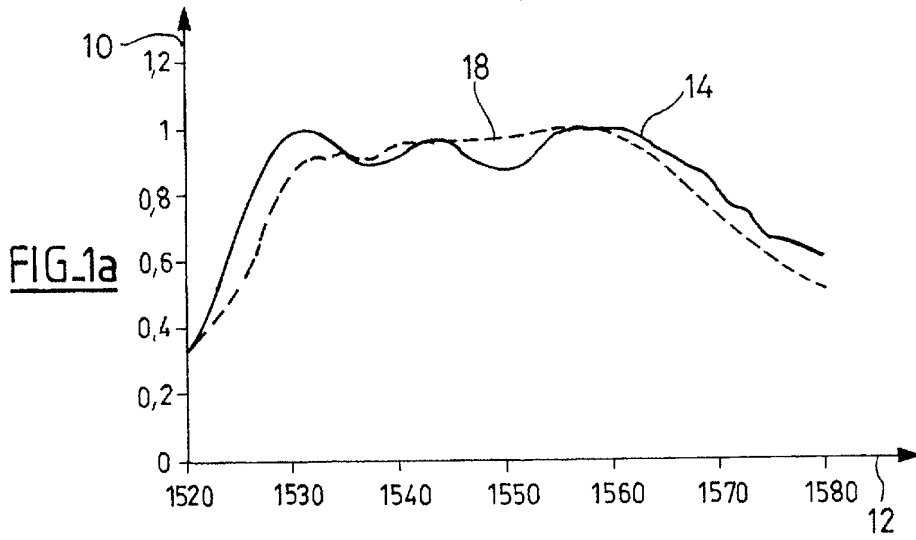
9. Procédé selon l'une des revendications 7 ou 8 caractérisé en ce qu'on effectue la précipitation dans une solution à pH contrôlée.

15

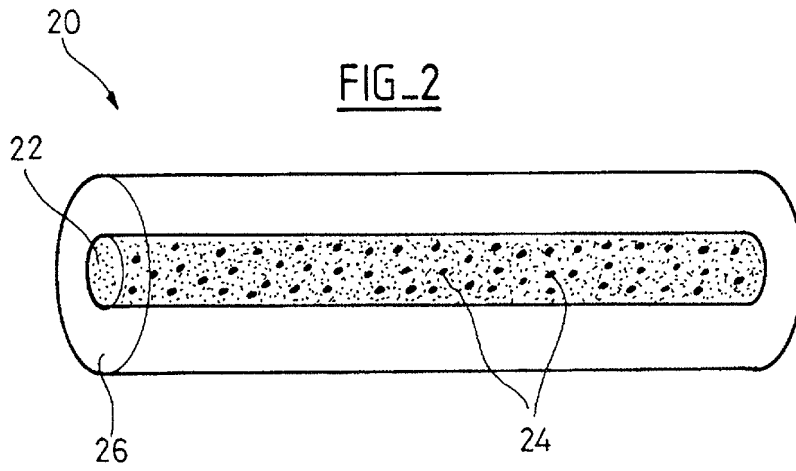
10. Fibre optique (20) munie d'un cœur (22), formé d'une matrice transparente et de nanoparticules (24) comprenant un élément dopant et un élément améliorant l'utilisation de ce dopant, ainsi que d'une gaine externe (26) entourant le cœur, caractérisée en ce qu'elle est obtenue par fibrage à partir d'une préforme fabriquée

20 selon un procédé conforme à l'une des revendications 7 à 9.

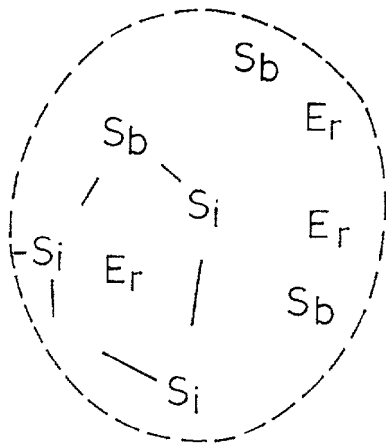
1/2



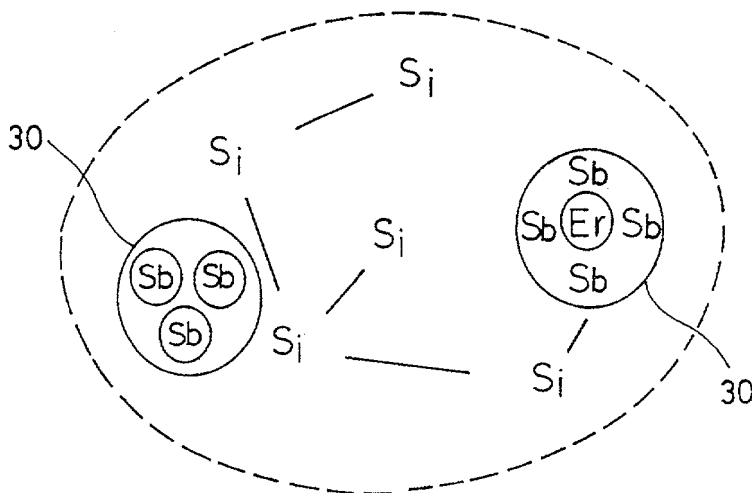
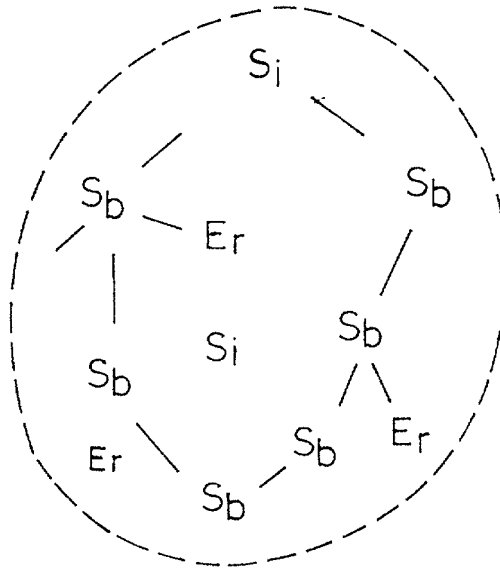
FIG_2



FIG_3a



FIG_3b



FIG_3c



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 668434
FR 0552520

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
D,X A	US 2003/175003 A1 (GASCA LAURENT ET AL) 18 septembre 2003 (2003-09-18) * le document en entier *	1-6,10 7	G02B6/16 H01S3/063
X A	US 2003/087742 A1 (TAYLOR ELIZABETH ET AL) 8 mai 2003 (2003-05-08) * alinéa [0007]; figure 6 * * alinéa [0069] *	1,2 7,10	
A	TIKHOMIROV V K ET AL: "Fabrication and characterization of nanoscale, Er3+-doped, ultratransparent oxy-fluoride glass ceramics" APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US, vol. 81, no. 11, 9 septembre 2002 (2002-09-09), pages 1937-1939, XP012031866 ISSN: 0003-6951 * page 1939 *	1,7,10	
A	WO 01/99241 A (CORNING INCORPORATED) 27 décembre 2001 (2001-12-27) * page 4, ligne 5 - ligne 10; figure 5 *	1,3,7,10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01S
X A	WO 03/058776 A (PHOTON-X, INC) 17 juillet 2003 (2003-07-17) * alinéa [0157] * * alinéa [0112] * * alinéa [0126] * * figures 2,3 * * alinéa [0085] *	1,10 7	
X A	WO 03/079070 A (PHOTON-X, INC) 25 septembre 2003 (2003-09-25) * alinéa [0026] * * alinéa [0042] * * figures 1,2 *	1,10 7	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
3 juillet 2006		Hervé, D	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0552520 FA 668434**

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 03-07-2006

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
US 2003175003 A1	18-09-2003	EP 1347545 A1 FR 2837287 A1	24-09-2003 19-09-2003
US 2003087742 A1	08-05-2003	US 2005213624 A1	29-09-2005
WO 0199241 A	27-12-2001	AU 6996301 A	02-01-2002
WO 03058776 A	17-07-2003	AU 2003202227 A1	24-07-2003
WO 03079070 A	25-09-2003	AU 2003214202 A1	29-09-2003