

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 07.11.91.

⑫③ Priorité :

⑫④ Date de la mise à disposition du public de la
demande : 14.05.93 Bulletin 93/19.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE
ATOMIQUE Etablissement de Caractère Scientifique,
Technique et Industriel — FR et LE VERRE FLUORE
Société Anonyme — FR.

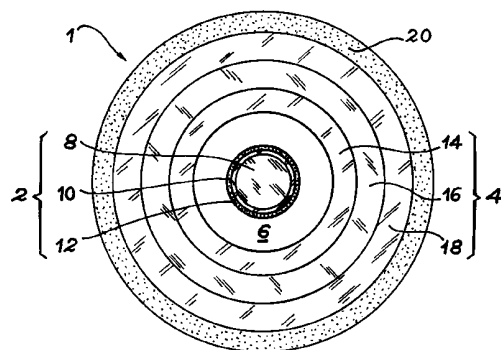
⑦② Inventeur(s) : Boisde Gilbert, Cardin Vincent, Maze
Gwenael et Poulain Marcel.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire : Brevatome.

⑤④ Conduit optique coaxial et procédé de fabrication de ce conduit.

⑤⑦ Ce conduit comprend une fibre optique axiale (2) et au
moins une fibre optique annulaire (4) comportant une cou-
che périphérique extérieure (18), une ou plusieurs couches
internes (16) et, éventuellement, une couche périphérique
intérieure (14). Les coefficients de dilatation des couches
ont une variation croissante de la couche périphérique ex-
térieure et, le cas échéant, de la couche périphérique in-
térieure vers la ou les couches internes. Pour fabriquer ce
conduit, on réalise une réforme annulaire apte à engendrer
la fibre annulaire et on réalise l'étirage et le rétreint de la
préforme autour de la fibre axiale que l'on peut ensuite en-
lever pour former une fibre tubulaire. Application en spec-
trométrie déportée.



CONDUIT OPTIQUE COAXIAL ET PROCEDE DE FABRICATION
DE CE CONDUIT

5

DESCRIPTION

La présente invention concerne un conduit optique coaxial pour capteur, notamment d'analyse chimique, ainsi qu'un procédé de fabrication de ce conduit.

10

Elle s'applique notamment aux mesures déportées de réflectance, de diffusion, de fluorescence et de spectrométrie Raman.

15

On connaît déjà des capteurs optiques qui sont appelés "optodes" (ou "optrodes" dans certains articles en langue anglaise).

Ces optodes comportent des guides de lumière du genre des fibres optiques et sont destinés à des mesures chimiques ou physico-chimiques.

20

En ce qui concerne les optodes, on pourra consulter le document (1) qui, comme les autres documents cités par la suite, est mentionné à la fin de la présente description.

25

Ce document (1) montre l'importance des techniques nouvelles de télé-analyse spectrométrique à fibres optiques.

30

En particulier, pour la mesure d'espèces chimiques par réflectance, fluorescence ou spectrométrie Raman, de nombreuses architectures d'optodes ont déjà été décrites.

35

Toutes les optodes actuellement réalisées sont de type "multifibres" et comprennent ainsi, autour d'une fibre optique centrale, une ou plusieurs couches périphériques de fibres optiques.

Ceci permet de distinguer le ou les faisceaux de lumière d'excitation du ou des faisceaux de lumière

diffusée ou de lumière de fluorescence.

On évite ainsi la diaphotie (interaction entre la lumière d'excitation et la lumière diffusée ou la lumière de fluorescence) ou l'influence de la lumière parasite de la fibre excitatrice.

Ces optodes connues de type " multifibres" présentent l'inconvénient d'avoir une structure compliquée conduisant, pour obtenir des rendements lumineux élevés, à une fabrication artisanale des optodes.

La présente invention a pour but de remédier à cet inconvénient en proposant tout d'abord un conduit optique coaxial composite pour capteur, notamment d'analyse chimique, dont la structure est plus simple que celle des optodes multifibres connues et qui, de plus a l'avantage de permettre des configurations géométriques nouvelles et variées pour réaliser des capteurs à fibres optiques.

La présente invention a tout d'abord pour objet un conduit optique coaxial composite pour capteur, ce conduit comprenant une fibre optique axiale et au moins une fibre optique annulaire, cette fibre optique annulaire comportant une couche périphérique extérieure, une ou plusieurs couches internes, sans contact avec l'extérieur et, le cas échéant, une couche périphérique intérieure, ce conduit étant caractérisé en ce que les coefficients de dilatation des couches ont une variation croissante de la ou des couches périphériques vers la ou les couches internes, mettant ainsi en compression la surface extérieure et, le cas échéant, la paroi intérieure de la fibre annulaire.

Le conduit optique objet de la présente invention peut donc comporter une seule fibre optique annulaire ou une pluralité de fibres optiques annulaires, entourant la fibre optique axiale.

Cette fibre optique axiale, ou fibre optique centrale, peut être une fibre optique du commerce.

5 Certes, on connaît déjà, par le document (2), des fibres optiques monomodes de type W ou à gaine quadrupole mais il ne s'agit pas de conduits optiques coaxiaux, comportant au moins deux fibres optiques et donc au moins deux coeurs : il s'agit de fibres optiques à un seul coeur, qui ne sont d'ailleurs pas utilisables en instrumentation pour des applications multi-modales nécessitant de forts rendements énergétiques.

10 Cependant, de telles fibres de type W ou à gaine quadrupole peuvent servir de fibres optiques axiales dans la présente invention.

15 On connaît aussi, par le document (3) ainsi que par le document (4), un guide optique utilisé pour l'endoscopie médicale.

20 Ce guide optique connu comprend plusieurs éléments, à savoir un faisceau de fibres optiques, disposées centralement ou non, par exemple en quartz, une gaine optique interne, une couche de polymère et une gaine optique externe.

25 Il s'agit d'une fibre annulaire autour de multifibres, l'ensemble ne constituant pas un conduit optique à deux coeurs coaxiaux.

30 Aucune condition sur les coefficients de dilatation des différents éléments de ce guide optique connu n'est donnée dans les documents (3) et (4) et ce guide optique connu n'est pas utilisable pour une application en spectroscopie déportée à fibres optiques.

35 On connaît également, par les documents (5), (6) et (7), des fibres optiques appelées "fibres couronnes".

Une fibre couronne est une fibre de type

multimode, à double coeur, comprenant successivement un premier coeur cylindrique, une première gaine optique, un deuxième coeur et une deuxième gaine optique.

5 Une telle fibre n'a jamais été réalisée en raison de difficultés technologiques inhérentes à sa structure, tout en silice.

De plus, elle présente des inconvénients pour son utilisation en ce qui concerne le découplage de l'entrée et du retour de lumière.

10 En outre, il faut que les deux coeurs de cette fibre connue aient les mêmes propriétés que la première gaine optique, ce qui oblige à des caractéristiques mécaniques et optiques identiques pour ces deux coeurs en silice, ce qui n'est pas le cas dans la présente invention (fibre composite).

15 Par ailleurs, la structure de cette fibre couronne ne permet pas la réalisation d'une fibre optique tubulaire à gaines intérieure et extérieure, sans fibre optique centrale.

20 Enfin, dans les documents (5), (6) et (7), aucune condition n'est donnée sur les coefficients de dilatation des coeurs et des gaines optiques de la fibre couronne décrite.

25 On connaît aussi, par les documents (8) et (9), des optodes multifibres munies d'un miroir percé immergé dans une solution à mesurer.

30 En outre, dans le document (9), il est question d'un conduit optique coaxial comportant successivement un guide de lumière central, une première couche de colle, un tube formant un guide de lumière, une deuxième couche de colle et une gaine protectrice.

35 Cette fabrication ne peut être aussi qu'artisanale et ne conduit pas à une fibre composite.

En outre, dans ce conduit optique coaxial

connu, l'épaisseur du tube formant un guide de lumière est obligatoirement en relation directe avec le diamètre du guide de lumière central, ce qui limite son utilisation.

5 Ceci n'est pas le cas dans la présente invention.

De plus, dans le document (9), il n'est pas question d'une condition sur les coefficients de dilatation des couches successives du conduit optique coaxial décrit dans ce document (9).

10 Selon un premier mode de réalisation particulier du conduit optique coaxial composite objet de la présente invention, les fibres optiques étant faites de couches successives, ces couches successives
15 sont constituées d'un même matériau de base et présentent des compositions et/ou des dopages différents, permettant ladite variation des coefficients de dilatation.

20 Ces couches successives peuvent être formées d'un matériau choisi dans le groupe comprenant les verres d'halogénures, les compositions courantes de verres, les verres de chalcogénures, les verres d'anions mixtes halogénures-chalcogénures, les polymères et les copolymères.

25 Selon un autre mode de réalisation particulier du conduit optique coaxial composite objet de la présente invention, les fibres optiques sont faites de matériaux de base différents.

30 Dans ce cas, une zone annulaire vide de matière peut être ménagée entre la fibre axiale et la fibre optique annulaire, la surface intérieure de la fibre annulaire, qui est en contact avec cette zone vide de matière, étant, comme la surface extérieure de la fibre annulaire, mise en compression du fait de
35 ladite variation des coefficients de dilatation.

Dans une réalisation particulière de l'invention, le conduit optique coaxial comprend des fibres optiques annulaires successives et éventuellement, lorsqu'il y a des matériaux de base différents, des zones annulaires vides de matière sont aménagées entre les fibres successives du conduit, les surfaces des fibres annulaires, qui sont en contact avec ces zones vides de matière, étant mises en compression du fait de ladite variation des coefficients de dilatation.

L'existence de la zone ou des zones vides de matière est particulièrement utile dans le cas où la ou les fibres optiques annulaires ne sont pas faites du même matériau de base que la fibre axiale.

En effet, les coefficients de dilatation des différents matériaux de base sont également différents et l'écart entre ces coefficients de dilatation est susceptible d'induire une grande fragilité de la ou des fibres optiques annulaires et, par conséquent, de provoquer des ruptures mécaniques lors du refroidissement du conduit optique coaxial.

L'utilisation de la zone ou des zones vides de matière permet de remédier à ce type d'inconvénient.

Dans le cas où les fibres optiques sont faites de matériaux de base différents, la fibre optique axiale peut être en silice et chaque fibre optique annulaire peut être en un matériau choisi dans le groupe comprenant les verres d'halogénures, les compositions courantes de verres, les verres de chalcogénures, les verres d'anions mixtes halogénures-chalcogénures et les matières plastiques (polymères et copolymères).

On peut alors utiliser, en tant que fibre optique axiale, une fibre optique en silice commercialement disponible.

Dans le conduit optique coaxial objet de la présente invention, la fibre optique axiale peut comporter une gaine de protection, par exemple en matière plastique.

5 La présente invention concerne également un conduit optique coaxial, caractérisé en ce qu'il est constitué par une fibre optique tubulaire comportant au moins une couche annulaire formant un coeur annulaire et, de part et d'autre de cette couche, une couche
10 annulaire formant une gaine optique intérieure et une couche annulaire formant une gaine optique extérieure, et les coefficients de dilatation des couches ont une variation croissante des couches périphériques d'indice de réfraction faible vers la couche interne d'indice de
15 réfraction élevé, mettant ainsi en compression les surfaces périphériques intérieure et extérieure de la fibre optique tubulaire.

La présente invention concerne aussi un procédé de fabrication du conduit optique coaxial composite objet de l'invention, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

- réalisation d'une préforme annulaire, comprenant au moins un coeur annulaire, cette préforme étant apte à former, par étirage et rétreint, la fibre
25 optique annulaire, et

- étirage et rétreint de cette préforme autour de la fibre optique axiale.

La préforme peut être réalisée en assemblant, de manière coaxiale, des tubes aptes à former
30 respectivement, par étirage et rétreint, les couches de la fibre optique annulaire.

La présente invention concerne enfin un procédé de traitement du conduit optique obtenu par le procédé ci-dessus, caractérisé en ce qu'on retire la
35 fibre optique axiale après l'étape d'étirage et de

rétreint, pour obtenir une fibre optique tubulaire.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés ci-après, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe transversale schématique d'un conduit optique coaxial composite conforme à la présente invention,

- la figure 2 est un graphique montrant les indices de réfraction des couches successives du conduit optique coaxial représenté sur la figure 1,

- la figure 3 illustre schématiquement une étape d'un procédé de fabrication du conduit optique coaxial représenté sur la figure 1,

- la figure 4 est une vue en coupe transversale schématique d'un autre conduit optique coaxial conforme à l'invention,

- la figure 5 illustre schématiquement un conduit optique coaxial conforme à l'invention, que l'on obtient en enlevant la fibre optique axiale du conduit optique coaxial représenté sur la figure 1, et

- la figure 6 est une vue en coupe transversale schématique d'un autre conduit optique coaxial composite conforme à l'invention.

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement, en coupe transversale, un conduit optique coaxial composite 1 conforme à la présente invention.

Le conduit optique coaxial représenté sur la figure 1 comprend une fibre optique centrale, ou fibre axiale, 2 et une fibre optique annulaire 4 qui entoure la fibre 2, ces fibres 2 et 4 étant coaxiales.

De plus, ces fibres 2 et 4 sont séparées l'une de l'autre par une zone cylindrique 6 vide de

matière, dont l'épaisseur est faible, par exemple de l'ordre de 10 micromètres.

5 La fibre optique 2 est une fibre optique en silice commercialement disponible et peut être multimode, à saut ou à gradient d'indice, voire monomode.

10 Dans l'exemple représenté, la fibre optique 2 est une fibre de type multimode à saut d'indice et comprend successivement un coeur 8, une gaine optique 10 qui entoure le coeur 8 et un revêtement protecteur 12, par exemple en matière plastique, qui entoure la gaine optique 10.

15 Ce revêtement protecteur 12 est avantageusement fait d'un polymère, par exemple un polyimide, qui a une bonne résistance à des températures de l'ordre de 400°C.

20 La fibre optique annulaire 4 est faite en verres fluorés, par exemple de type ZBLA ou ZBLAN, à base de ZrF₄.

25 Comme on le voit sur la figure 1, la fibre optique annulaire 4 comprend, en allant de l'intérieur du conduit optique coaxial vers l'extérieur de ce dernier, une gaine optique intérieure 14 en verres fluorés, un coeur annulaire 16 en verres fluorés et une gaine optique extérieure 18 en verres fluorés.

30 Le coeur annulaire constitue une couche interne et la gaine optique extérieure qui, en l'absence du revêtement 20 mentionné plus loin, aurait l'une de ses surfaces à l'air libre, constitue ce que l'on peut appeler une couche périphérique extérieure.

35 De même, la gaine optique intérieure qui, du fait de la présence de la zone 6, a l'une de ses surfaces à l'air libre constitue ce que l'on peut appeler une couche périphérique intérieure.

De plus, le conduit optique de la figure 1

comprend un revêtement protecteur externe 20, par exemple en matière plastique, qui entoure la gaine optique extérieure 18.

5 Le coefficient de dilatation de la gaine extérieure 18 est inférieur à celui du coeur annulaire 16, qui est lui-même supérieur à celui de la gaine optique intérieure 14, de sorte que les surfaces périphériques des gaines optiques extérieure et intérieure restent en compression.

10 On pourrait utiliser une fibre optique axiale 2 sans revêtement protecteur 12 ou utiliser une fibre optique du commerce et supprimer son revêtement protecteur en matière plastique, par exemple par brûlage, avant la réalisation du conduit optique coaxial représenté sur la figure 1.

15 Cependant, l'utilisation d'une fibre optique axiale 2 comportant ce revêtement protecteur 12 permet de réduire la diaphotie entre cette fibre axiale 2 et la fibre annulaire 4.

20 Les matériaux de base (silice et verres fluorés) du conduit optique coaxial composite représenté sur la figure 1 sont extrêmement différents et, par conséquent, leurs coefficients de dilatation le sont aussi (le coefficient d'expansion thermique de la silice est de l'ordre de $5 \times 10^{-7} \text{ K}^{-1}$ et le coefficient d'expansion thermique des verres fluorés est de l'ordre de $0,7 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ à $2,5 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$).

25 Cet écart entre les coefficients de dilatation est susceptible d'induire une grande fragilité de la fibre optique annulaire 4 et de provoquer des ruptures mécaniques lors du refroidissement du conduit optique coaxial.

30 La zone non liée 6, qui est vide de matière et remplie d'air, empêche de telles ruptures.

35 Au lieu d'être remplie d'air, cette zone 6

pourrait être remplie d'un ou de plusieurs gaz neutres.

En se reportant à la figure 2, on voit que :

5 - l'indice de réfraction n_c du coeur 8 est supérieur à l'indice de réfraction n_{c+1} de la gaine optique 10 qui est lui-même supérieur à l'indice de réfraction n_{c+3} de la zone 6 (dont l'indice de réfraction est de l'ordre de 1), et

10 - l'indice de réfraction n_{c+5} du coeur annulaire 16 est supérieur à l'indice de réfraction n_{c+4} de la gaine optique interne 14 ainsi qu'à l'indice de réfraction n_{c+6} de la gaine optique externe 18, ces indices de réfraction n_{c+4} et n_{c+6} pouvant être égaux mais ceci n'est pas obligatoire.

15 En outre, dans le conduit optique coaxial composite représenté sur la figure 1, il n'y a pas de relation entre les indices de réfraction n_c et n_{c+5} .

L'égalité entre ces indices de réfraction n_c et n_{c+5} serait un cas très particulier.

20 Enfin, l'indice de réfraction n_{c+2} du revêtement protecteur 12 et l'indice de réfraction n_{c+7} du revêtement protecteur 20 peuvent être quelconques puisque ces revêtements protecteurs n'ont aucun rôle optique et peuvent même être opaques.

25 On notera que l'une des particularités du mode de réalisation décrit en faisant référence à la figure 1 provient de ce que les coefficients de dilatation des gaines optiques 14 et 18 sont plus faibles que le coefficient de dilatation du coeur annulaire 16 et sont en croissance des couches
30 périphériques extérieure et intérieure vers le coeur annulaire tout en ayant les propriétés d'indice de réfraction déjà mentionnées, à savoir que n_{c+5} est supérieur à n_{c+4} et à n_{c+6} , avec, comme cas
35 particulier, l'égalité entre les indices de réfraction n_{c+4} et n_{c+6} .

Ceci est rendu possible par les variations assez larges de composition vitreuse des verres fluorés.

5 Ceci est également possible dans le cas d'une structure composite silice (pour la fibre axiale) - copolymères de compositions variées et appropriées (pour la fibre optique annulaire).

10 On décrit ci-après un procédé de fabrication du conduit optique coaxial composite schématiquement représenté sur la figure 1.

On commence par fabriquer une préforme tubulaire 22 (figure 3) destinée à former ensuite, par étirage et rétreint, la fibre optique annulaire 4.

15 Pour fabriquer la préforme tubulaire 22 (encore appelée préforme annulaire), on réalise d'abord trois tubes 24, 26 et 28 en verres fluorés, qui sont destinés à former respectivement, lors de l'opération d'étirage et de rétreint, la gaine intérieure 14, le coeur annulaire 16 et la gaine extérieure 18, et qui
20 ont donc les propriétés mentionnées plus haut pour leurs indices de réfraction et leurs coefficients de dilatation thermique respectifs (ceci étant obtenu en choisissant convenablement les compositions et/ou dopages respectifs des verres des tubes).

25 A titre purement indicatif et nullement limitatif, le tube 24, en verres fluorés, a un indice de réfraction égal à 1,501 et un coefficient de dilatation égal à $16 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, le tube 26, en verres fluorés, a un indice de réfraction égal à 1,515 et un
30 coefficient de dilatation égal à $17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ et le tube 28, en verres fluorés, a un indice de réfraction égal à 1,501 et un coefficient de dilatation égal à $16,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$.

35 Ensuite, on assemble les tubes 24, 26 et 28 dans un montage en gigogne pour former la préforme

annulaire 22.

En variante, on peut réaliser cette préforme annulaire 22 par trempe centrifuge des verres successifs dans un moule cylindrique.

5 Dans ce cas, le verre destiné à constituer la gaine optique extérieure est d'abord coulé puis centrifugé puis on procède de même pour le verre destiné à constituer le coeur annulaire et pour le verre destiné à constituer la gaine optique intérieure.

10 On peut ainsi réaliser une préforme annulaire et monolithique, ce qui est très commode pour l'étirage (la préforme se comportant comme un tube).

Cependant, le contrôle des dimensions de la préforme annulaire est bien plus simple si on assemble
15 des tubes déjà formés.

En effet, on sait ajuster par décapage les diamètres interne et externe de tels tubes avec une précision de l'ordre de 0,1 millimètre.

20 Lorsque la préforme tubulaire 22 en verres fluorés est réalisée, par exemple à l'aide des trois tubes-gigognes 24, 26 et 28 mentionnés plus haut, cette préforme annulaire est étirée et rétreinte autour de la fibre optique axiale en silice 2, dans une même opération.

25 La fibre optique axiale 2 en silice étant engagée dans la préforme de verres fluorés 22, on porte progressivement la température de l'enceinte de fibrage (non représentée) à 400°C.

30 Dès que cette température est atteinte, la préforme commence à se rétreindre autour de la fibre de silice 2.

L'étirage commence alors avec la chute de l'amorce de verres fluorés et l'on augmente progressivement la vitesse d'étirage.

35 Le conduit optique coaxial composite 1 ainsi

obtenu est enrobé dans une résine polyacrylate qui est polymérisée par un rayonnement ultraviolet et qui constitue le revêtement protecteur 20, et le conduit optique coaxial 1 est embobiné sur un tambour.

5 On précise que le rétreint de la préforme 22 est un rétreint partiel de façon à former la zone 6 vide de matière et à laisser ainsi la fibre optique axiale en silice libre de coulisser à l'intérieur de la fibre optique annulaire 4.

10 Par ailleurs, en faisant dégazer la résine polyimide, dont est constitué le revêtement protecteur 12 de la fibre axiale 2, avant l'entrée de cette fibre dans le four de fibrage, on limite la dégradation de la surface interne de la fibre optique tubulaire 4.

15 Par un procédé analogue à celui qui vient d'être décrit, on peut former un conduit optique coaxial composite conforme à l'invention comportant, comme on le voit sur la figure 4, une fibre optique axiale 2a en silice et une pluralité de fibres optiques annulaires 4b à 4n, de gaines extérieures 18b à 18n et de gaines intérieures 14b à 14n, en verres fluorés, chacune de ces fibres optiques annulaires étant du genre de la fibre optique annulaire 4 de la figure 1.

20 Dans l'exemple représenté sur la figure 4, une zone annulaire 6a vide de matière sépare encore la fibre axiale 2a de la fibre annulaire adjacente 4b et des zones annulaires vides de matière 6b à 6(n-1) sont également prévues entre les différentes fibres optiques annulaires 4b ... 4n.

25 Cette structure avec vides est avantageuse lorsque les couches 18b et 14c par exemple sont de matériaux de bases différents. Le vide n'est pas nécessaire pour des matériaux de base identiques ; dans ce cas, on peut supprimer le vide 6b.

30 Pour chacune de ces fibres annulaires 4b ...

4n, le coefficient de dilatation de la gaine optique extérieure est inférieur au coefficient de dilatation du coeur, qui est lui-même supérieur à celui de la gaine optique intérieure.

5 On peut encore dire que le coeur constitue une couche interne, que la gaine intérieure constitue ce que l'on peut appeler une couche périphérique intérieure et que la gaine extérieure constitue ce que l'on peut appeler une couche périphérique extérieure.

10 Le conduit optique coaxial ainsi obtenu peut bien entendu être pourvu d'un revêtement protecteur externe 30.

15 En revenant à la figure 1, après avoir fabriqué le conduit optique coaxial composite 1 représenté sur cette figure, on peut retirer la fibre optique axiale 2, ce qui conduit à une fibre tubulaire en verres fluorés 32 qui est schématiquement représentée en coupe transversale sur la figure 5.

20 On pourrait bien entendu faire de même avec le conduit optique coaxial représenté sur la figure 4, ce qui conduirait à une fibre tubulaire à plusieurs coeurs tubulaires.

25 On précise que l'on peut donner une grande épaisseur au coeur tubulaire 16 (figure 1) pour des applications de spectrométrie.

30 Par ailleurs, dans certaines applications et en vue d'augmenter l'intensité lumineuse dans la fibre optique axiale 2, on peut donner au coeur de cette dernière un grand diamètre, qui peut atteindre 400 micromètres, tandis que le diamètre externe du conduit optique coaxial 1 peut être de l'ordre de 1 à 2 millimètres (le revêtement protecteur 20 n'étant pas compté).

35 En utilisant une fibre optique axiale 2 en silice dopée par des ions OH⁻, une telle fibre a un bon

coefficient de transmission dans le domaine ultraviolet et permet ainsi d'obtenir un bon rendement optique d'excitation pour des mesures de fluorescence.

5 Par ailleurs, la réalisation de la fibre optique annulaire 4 en verres fluorés confère à cette dernière une bonne transmission dans le domaine du proche infrarouge.

10 Un autre avantage du conduit optique coaxial représenté sur la figure 1 réside dans le fait que la fibre optique centrale 2 coulisse aisément dans le conduit optique de la fibre annulaire 4 du fait de l'existence de la zone vide de matière 6 et que, par conséquent, le couplage de ce conduit optique coaxial à un ensemble de spectrométrie est aisé et ne nécessite pas de soudure.

15 Il en est de même pour le conduit optique coaxial de la figure 4 où la fibre optique centrale 2a coulisse aisément dans le conduit optique de la fibre annulaire 4b du fait de l'existence de la zone 6a vide de matière.

20 Ainsi, un miroir percé peut être suffisant pour séparer la lumière, qui vient de la source excitatrice de cet ensemble, de la lumière allant vers le photodétecteur de cet ensemble.

25 Dans un autre mode de réalisation particulier de l'invention, le conduit optique coaxial objet de l'invention est réalisé entièrement en verres fluorés et ne comporte alors qu'un seul matériau de base (ZrF_4 par exemple).

30 Dans ce cas, par extension et comme cela a déjà été dit précédemment la ou les zones annulaires vides de matière 6 ou 6a à 6(n-1) ne sont pas nécessaires et un revêtement protecteur de la fibre axiale ne l'est pas non plus.

35 De même, il suffit d'une seule gaine optique

annulaire entre le coeur axial d'un tel conduit et le
coeur annulaire le plus proche et, plus généralement,
s'il y a une pluralité de coeurs annulaires, il suffit
d'une gaine optique annulaire entre deux coeurs
voisins.

Ceci est schématiquement illustré sur la
figure 6 où l'on voit un conduit optique coaxial à une
fibre axiale et deux fibres annulaires, comprenant, à
partir de son axe, un coeur central 34 (situé sur cet
axe), une première gaine optique annulaire 36, un
premier coeur optique annulaire 38, une deuxième gaine
optique annulaire 40, un deuxième coeur optique
annulaire 42 et une troisième gaine optique annulaire
44.

Tous ces coeurs et gaines sont en verres
fluorés.

Les coefficients de dilatation de ces coeurs
et gaines 34 à 44 vont en croissant de la gaine 44 la
plus externe jusqu'au coeur central 34, la composition
et/ou le dopage de ces divers coeurs et gaines étant
choisie de manière à respecter cette condition sur les
coefficients de dilatation et les conditions sur les
indices de réfraction respectifs.

Bien entendu, le conduit optique représenté
sur la figure 6 peut aussi comporter un revêtement
protecteur externe 46.

Le conduit optique coaxial composite objet de
la présente invention a d'autres applications que la
spectrométrie déportée.

Le fait que la ou les fibres annulaires
soient d'une autre nature (ou aient un autre dopage
et/ou une autre composition) que la fibre optique
axiale confère à l'ensemble des propriétés
particulières pour réaliser de nouveaux capteurs.

A titre d'exemple, on peut réaliser des

capteurs de température à référence intrinsèque en jouant sur les coefficients d'expansion thermique très différents (d'un facteur 10 à 100) des deux types de fibres.

5 Il en est de même des caractéristiques d'atténuation de la lumière, des propriétés de biréfringence, des sensibilités aux rayonnements notamment.

10 Le conduit optique coaxial composite peut ainsi servir de capteur à effets différentiels (entre le coeur axial et le ou les coeurs annulaires) ou de capteur à références intrinsèques de la ligne de transmission optique.

15 Il est aisé de doper de manière spécifique la ou les fibres optiques annulaires ou la fibre optique centrale (par adjonction de terres rares ou d'ions métalliques particuliers par exemple).

Ces dopants peuvent avoir des concentrations et des caractéristiques variées.

20 On réalise ainsi de nouvelles classes de capteurs à double dopage et donc à double comportement vis-à-vis d'une grandeur à mesurer.

25 On peut réaliser des capteurs multiples sur un même câble optique en utilisant la structure représentée sur la figure 4 qui comporte une pluralité de fibres optiques annulaires.

30 Enfin, on peut facilement réaliser, comme on l'a déjà indiqué, une fibre optique tubulaire, comportant un ou une pluralité de coeurs annulaires, après avoir éliminé la fibre optique axiale, cette dernière servant ainsi de structure de base pour l'extrusion de la ou les fibres optiques annulaires.

35 Une telle fibre tubulaire peut être avantageuse dans certaines catégories de capteurs, pour accroître la surface de contact entre cette fibre

tubulaire et le milieu ambiant.

La présente invention n'est pas limitée à des conduits optiques coaxiaux composites du type silice-verres fluorés ou réalisés uniquement à partir de verres fluorés comportant alors des compositions et/ou des dopages différents.

D'autres réalisations sont envisageables :

- fibre axiale en silice (dopée ou non dopée) et fibre(s) annulaire(s) en polymère (PMMA, polystyrène ou copolymère par exemple),

- fibre axiale en verres fluorés et fibre(s) annulaire(s) en polymère ou en copolymère,

- fibre axiale et fibre(s) annulaire(s) en polymère ou en copolymère de composition appropriée, et

- fibre axiale en silice et fibre(s) annulaire(s) en verre autre que les verres fluorés.

Les documents cités dans la présente description sont les suivants :

(1) G. BOISDE, Les capteurs chimiques à fibres optiques. Réalités et perspectives, Entropie 155, p.28 à 42 (1990).

(2) Chai YEH, Handbook of fiber optics, Acad. Press Inc. Table 2.1, p.15 (1990)

(3) EP-A-0 228 495 (1986), Method for producing optical waveguide containing image fiber (Ueba) Yohinobu, Matsummiya Norifumi)

(4) JP-A-605 48 30 (1985)

(5) P. PLAZA, NGUYEN QUY DaO, M. JOUAN, H. FEVRIER, H. SAISSE, Simulation et optimisation de capteurs à fibres emboîtées pour spectrométrie Raman,

Analusis 15, p.504 à 507 (1987).

5 (6) P. PLAZA, NGUYEN QUY DaO, M. JOUAN, H.
FEVRIER, H. SAISSE, Simulation et optimisation des
capteurs à fibres optiques adjacentes, App. Optics 25,
p.3448 à 3454 (1986)

10 (7) FR-A-2 584 199 (1985), Fibre optique et
application de cette fibre à un dispositif optique pour
effectuer à distance l'analyse chimique d'un corps

15 (8) G. BOISDE, B. KIRSCH, P. MAUCHIEN, S.
ROUGEAULT, Nouvelle optode passive pour la
spectrofluorimétrie et la spectrométrie Raman, Proc.
Opto 88, ESI Public. Paris (Ed) p.294 à 299 (1988)

(9) EP-A-0 343 037 (Invention de G. BOISDE,
B. KIRSCH, P. MAUCHIEN, S. ROUGEAULT).

20

25

30

35

REVENDICATIONS

5 1. Conduit optique coaxial composite pour capteur, ce conduit comprenant une fibre optique axiale (2 ; 2a ; 34 - 36) et au moins une fibre optique annulaire (4 ; 4b ... 4n ; 36-38-40, 40-42-44), cette fibre optique annulaire comportant une couche périphérique extérieure (18; 44), une ou plusieurs couches internes (34, 36, 38, 40, 42) et, le cas échéant, une couche périphérique intérieure, ce conduit étant caractérisé en ce que les coefficients de dilatation des couches ont une variation croissante de la couche périphérique extérieure et, le cas échéant, de la couche périphérique intérieure, vers la ou les couches internes, mettant ainsi en compression la ou les couches périphériques de la fibre optique.

20 2. Conduit optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que, les fibres optiques étant faites de couches successives (34, 36, 38, 40, 42, 44), ces couches successives sont constituées d'un même matériau de base et présentent des compositions différentes permettant ladite variation des coefficients de dilatation.

25 3. Conduit optique selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que les fibres optiques étant faites de couches successives (34, 36, 38, 40, 42, 44), ces couches successives sont constituées d'un même matériau de base et présentent des dopages différents permettant ladite variation des coefficients de dilatation.

30 4. Conduit optique selon l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que ces couches successives (34, 36, 38, 40, 42, 44) sont formées d'un matériau choisi dans le groupe comprenant les verres d'halogénures, les compositions courantes de

verres, les verres de chalcogénures, les verres d'anions mixtes halogénures-chalcogénures, les polymères et copolymères.

5 5. Conduit optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fibres optiques (2, 4 ; 2a, 4a ... 4n) sont faites de matériaux de base différents.

10 6. Conduit optique selon la revendications 1, caractérisé en ce qu'une zone annulaire (6) vide de matière est ménagée entre la fibre optique axiale (2) et la fibre optique annulaire (4), la surface intérieure de la fibre annulaire, qui est en contact avec cette zone vide de matière, étant mise en compression du fait de ladite variation des coefficients de dilatation.

15 7. Conduit optique selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend des fibres optiques annulaires successives (4b ... 4n) et en ce que des zones annulaires (6a, 6b à 6(n-1)) vides de matière sont aménagées entre les fibres successives du conduit, les surfaces des fibres annulaires, qui sont en contact avec ces zones vides de matière, étant mises en compression du fait de ladite variation des coefficients de dilatation.

25 8. Conduit optique selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que la fibre optique axiale (2 ; 2a) est en silice et en ce que chaque fibre optique annulaire (4 ; 4b ... 4n) est en un matériau choisi dans le groupe comprenant les verres d'halogénures, les compositions courantes de verres, 30 les verres de chalcogénures, les verres d'anions mixtes halogénures-chalcogénures, les polymères et copolymères.

35 9. Conduit optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que la fibre optique axiale (2) comporte une gaine de protection

(12).

5 10. Conduit optique coaxial, caractérisé en ce qu'il est constitué par une fibre optique tubulaire (32) comportant au moins une couche annulaire (16) formant un coeur annulaire et, de part et d'autre de cette couche, une couche annulaire (14) formant une gaine optique intérieure et une couche annulaire (18) formant une gaine optique extérieure, et en ce que les coefficients de dilatation des couches ont une
10 variation croissante des couches périphériques extérieure et intérieure jusqu'à la couche formant le coeur, mettant ainsi en compression les surfaces périphériques de la fibre optique.

15 11. Procédé de fabrication du conduit optique coaxial composite selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

20 - réalisation d'une préforme annulaire (22), comprenant au moins un coeur annulaire (26), cette préforme étant apte à former, par étirage et rétreint, la fibre optique annulaire (4), et

 - étirage et rétreint de cette préforme (22) autour de la fibre optique axiale (2).

25 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que la préforme (22) est réalisée en assemblant, de manière coaxiale, des tubes (24, 26, 28) aptes à former respectivement, par étirage et rétreint, les couches de la fibre optique annulaire (4).

30 13. Procédé de traitement du conduit optique (1) obtenu par le procédé selon l'une quelconque des revendications 11 et 12, caractérisé en ce qu'on retire la fibre optique axiale (2) après l'étape d'étirage et de rétreint, pour obtenir une fibre optique tubulaire (32).

35

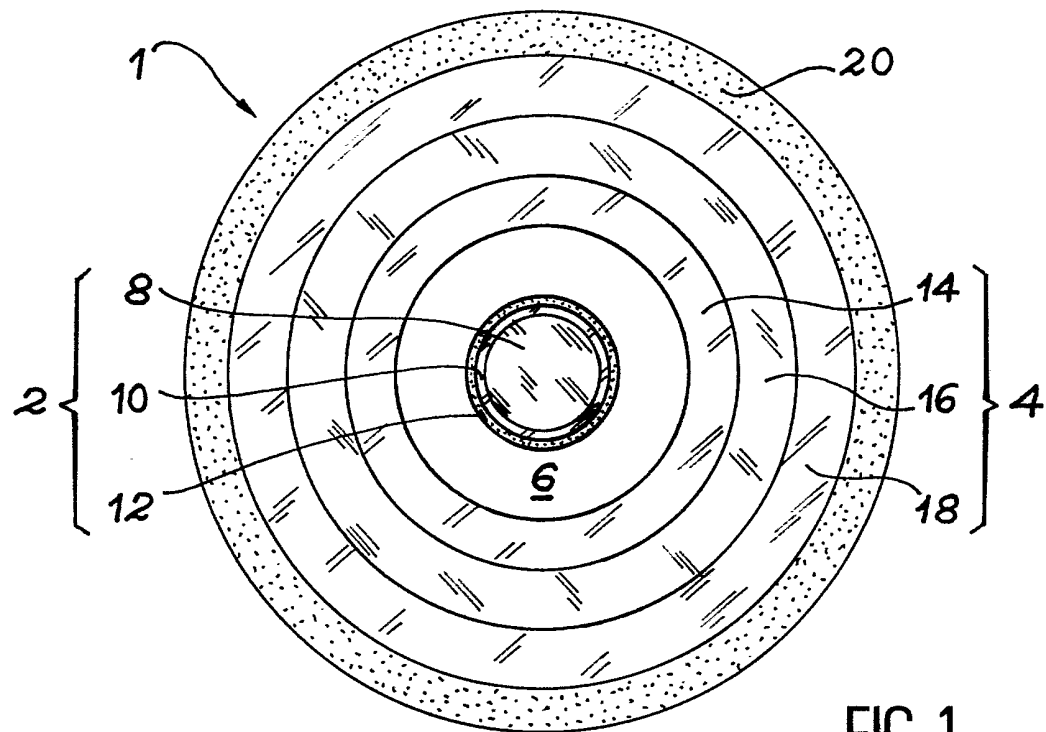


FIG. 1

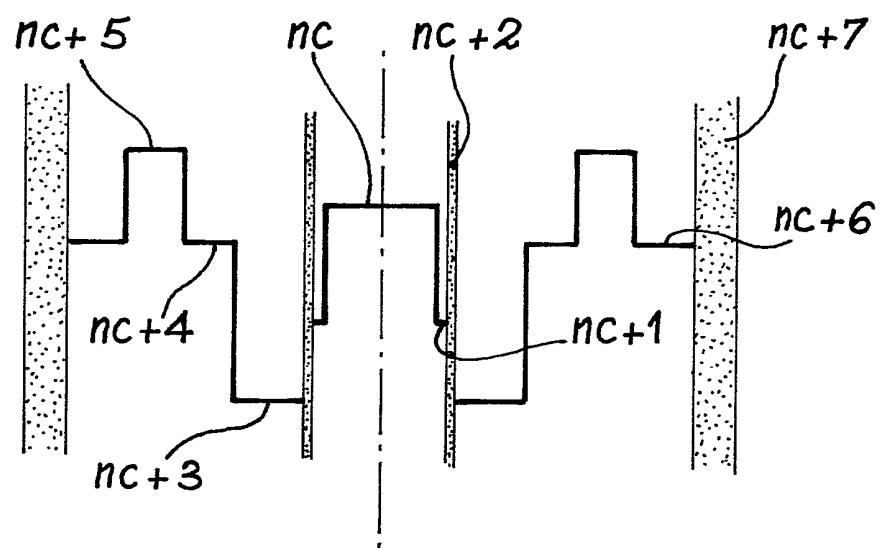


FIG. 2

2 / 3

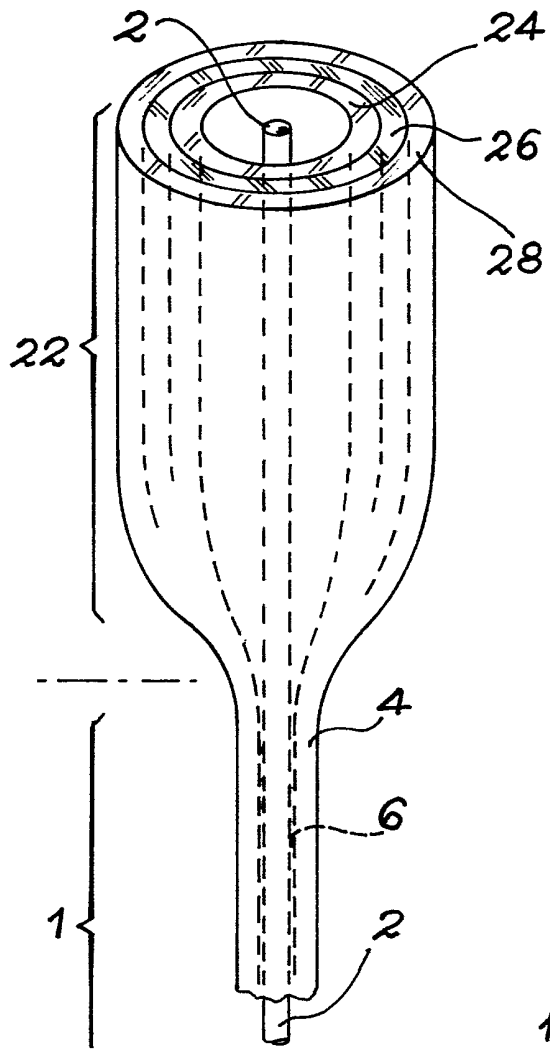


FIG. 3

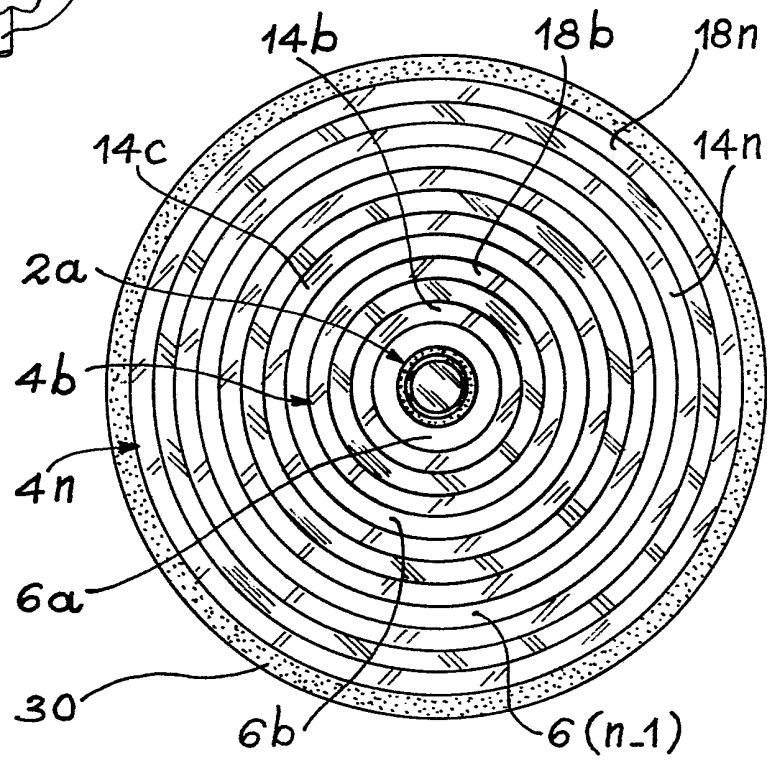


FIG. 4

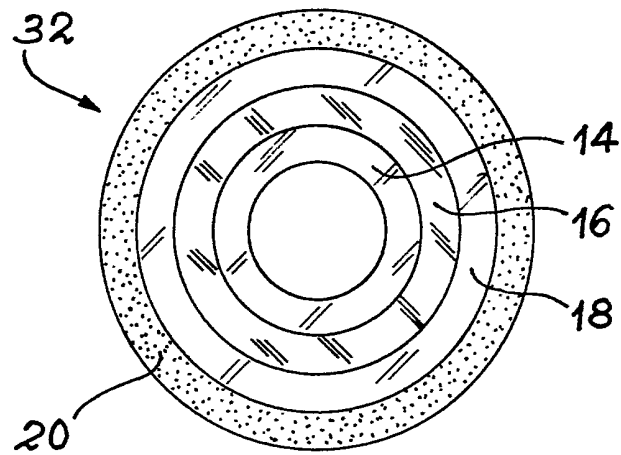


FIG. 5

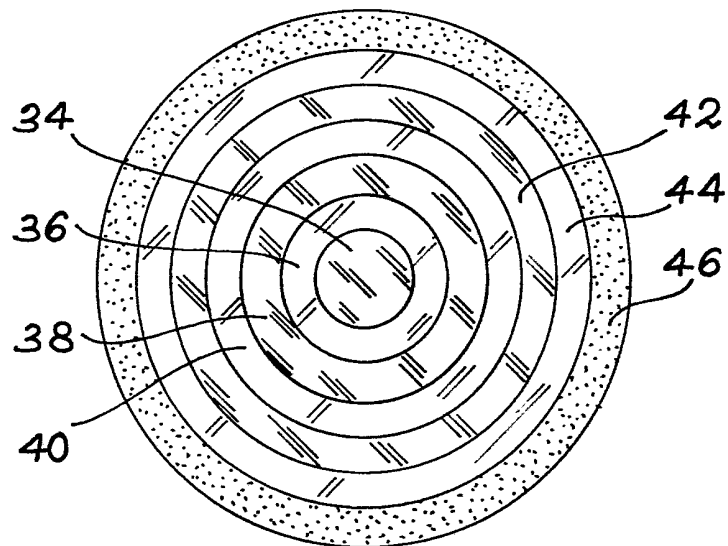


FIG. 6

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

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

N° d'enregistrement
national

FR 9113740
FA 467233

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-4 660 928 (JAEGER ET AL.) * colonne 1, ligne 54 - colonne 2, ligne 19; figure 4 * * colonne 4, ligne 14 - ligne 31; revendications 1,3,4 *	1
A	US-A-4 709 987 (BLACKBURN ET AL.) * abrégé; figures 3-5; exemple II *	1, 11
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 12, no. 436 (P-787) 17 Novembre 1988 & JP-A-63 167 306 (FUJIKURA LTD.) 11 Juillet 1988 * abrégé *	10
A	EP-A-0 103 835 (SIEMENS) * abrégé; revendications 1,12; figure 1 *	1
A	US-A-4 770 492 (LEVIN ET AL.) * abrégé; revendications 1,2,7; figures 1B,2AB * * colonne 2, ligne 5 - ligne 56 * * colonne 3, ligne 59 - colonne 4, ligne 39 * * colonne 6, ligne 18 - ligne 27 *	1
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		G02B C03B
Date d'achèvement de la recherche 26 JUIN 1992		Examineur HYLLA W.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire 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		