(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 596 530**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **86 04434**

(51) Int Cl⁴ : G 02 B 6/32, 23/26 // A 61 B 1/00, 5/14.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 27 mars 1986.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande** : BOPI « Brevets » n° 40 du 2 octobre 1987.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s)** : *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, Etablissement de Caractère Scientifique, Technique et Industriel.* — FR.

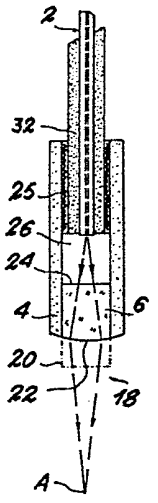
(72) **Inventeur(s)** : Gilbert Boisde et Jean-Jacques Perez.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s)** : Brevatome.

(54) Capteur optique à fibre optique et procédé de fabrication dudit capteur.

(57) Le capteur comprend au moins une fibre optique 2 dont une extrémité est logée dans une extrémité d'un manchon 4 et une optique 6 au moins en partie logée dans l'autre extrémité du manchon et destinée à l'injection d'une lumière incidente dans cette fibre. Ce capteur est utilisable pour des mesures de fluorescence et de pouvoir réflecteur ou absorbant aussi bien en lumière ultraviolette ou visible qu'en lumière infrarouge.



FR 2 596 530 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

CAPTEUR OPTIQUE A FIBRE OPTIQUE ET PROCEDE DE FABRICATION DUDIT CAPTEUR

La présente invention concerne un capteur optique a fibre optique et un procédé de fabrication dudit capteur. Elle s'applique notamment à l'étude du pouvoir absorbant aussi bien en lumière ultraviolette ou visible qu'en lumière infrarouge, de la fluorescence, de la phosphorescence, de la luminescence d'un milieu fluide (c'est-à-dire liquide ou gazeux) ou de l'effet RAMAN induit dans ce milieu, à la détection d'objets ou à la mesure de déplacements de tels objets.

Des capteurs optiques appelés "optrodes" ont déjà été mentionnés dans la revue Analytical Chemistry vol.53 n°14, p.1616A à 1618A (1981) et vol.56 n°1 p.16A à 34A (1984).

On connaît également un capteur optique par la demande de brevet français n°84-07215 du 10 mai 1984.

Les capteurs optiques connus sont encombrants et compliqués. Ceci est particulièrement vrai pour les capteurs optiques comportant un hublot monté dans un support ainsi qu'un joint destiné à rendre étanche la liaison entre le hublot et le support, ces capteurs nécessitant de ce fait des moyens compliqués et encombrants de fixation du hublot au support.

Les capteurs utilisant des joints d'étanchéité ont des dimensions transverses importantes, en général supérieures à 10mm. De plus, leurs joints risquent d'être attaqués lorsque ces capteurs sont plongés dans des liquides corrosifs ou exposés à des rayonnements ionisants, ce qui pose des problèmes de conservation d'étanchéité.

La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précédents en proposant un capteur optique qui, contrairement aux capteurs précédents, ne comporte pas de joint d'étanchéité et qui est réalisable avec des éléments très simples et sous une forme peu encombrante (avec des dimensions transverses très inférieures à 10mm), ce qui permet d'utiliser le capteur de l'invention dans le domaine médical, par exemple pour

réaliser des endoscopies ou mesurer, sur un patient, la pression partielle en oxygène du sang de celui-ci.

De façon précise, la présente invention a tout d'abord pour objet un capteur optique, caractérisé en ce qu'il comprend :

- au moins une fibre optique,
- un manchon, une extrémité de chaque fibre optique étant logée dans ce manchon, à partir d'une extrémité de celui-ci, et
- une optique qui est au moins en partie logée dans l'autre extrémité du manchon et a ainsi une extrémité en regard de chaque fibre optique, et qui est destinée à l'injection d'une lumière incidente dans cette fibre.

Selon un mode de réalisation particulier du capteur objet de l'invention, ladite extrémité de l'optique est plane et perpendiculaire à l'axe du manchon et l'autre extrémité de l'optique présente une convexité tournée vers l'extérieur du manchon.

Il est possible de choisir la position relative de la fibre et de l'optique, ainsi que la courbure de l'autre extrémité de cette optique, de façon à pouvoir focaliser une lumière se propageant dans la fibre optique à une distance déterminée de l'optique ou former à partir de cette lumière un faisceau parallèle.

Selon un autre mode de réalisation particulier du capteur objet de l'invention, ce capteur comporte en outre un moyen optiquement réflecteur placé en regard de l'autre extrémité de l'optique et prévu pour réfléchir une lumière provenant de l'optique en direction de celle-ci.

Le faisceau lumineux parallèle mentionné plus haut peut ainsi être réfléchi et réinjecté dans la fibre optique par l'intermédiaire de l'optique.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le manchon est fermé sur son pourtour et la partie de l'optique et l'extrémité de la fibre optique qui sont logées dans le manchon sont fixées de façon étanche à celui-ci.

Selon un autre mode de réalisation particulier, le capteur étant destiné à être plongé dans un fluide (liquide ou gaz), un espace est prévu entre la fibre et l'optique, et le pourtour du manchon est percé de telle manière que le fluide puisse pénétrer dans cet espace lorsque le capteur est plongé dans ce fluide.

Le capteur objet de l'invention peut alors comprendre en outre un réactif placé dans le manchon et prévu pour interagir avec le fluide lorsque le capteur est plongé dans ce fluide.

Le réactif peut être placé entre la fibre et le manchon. En outre, le manchon peut être percé de trous fermés chacun par une membrane perméable au fluide.

Dans le cas de l'utilisation d'un manchon percé, l'autre extrémité de l'optique peut être avantageusement rendue optiquement réflectrice, ce qui simplifie encore la réalisation du capteur optique.

Selon un mode de réalisation avantageux du capteur objet de l'invention le manchon et l'optique sont en silice et sont soudés l'un à l'autre. On obtient ainsi un capteur résistant à bien des milieux corrosifs et utilisable dans un grand nombre de domaines.

La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'un capteur optique, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- on donne à un solide transparent la forme d'un cylindre dont une face d'extrémité est perpendiculaire à l'axe du cylindre,
- on introduit au moins en partie le solide par cette face dans un manchon dont le diamètre intérieur est prévu à cet effet,
- on fixe l'un à l'autre le manchon et le solide suivant leurs pourtours,
- on donne à l'autre face d'extrémité du solide une forme convexe vue de l'extérieur du manchon, et
- l'on fixe dans le manchon, à partir de l'autre

extrémité de celui-ci une extrémité d'au moins une fibre optique, de telle manière qu'une lumière incidente sur l'autre face d'extrémité du solide puisse être injectée dans la fibre.

On obtient ainsi un capteur optique de façon assez simple et sans utiliser un grand nombre d'éléments pour la fabrication de ce capteur.

Dans un mode de mise en oeuvre préférée du procédé objet de l'invention le manchon et le solide sont en silice et sont fixés l'un à l'autre par soudage.

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

- la figure 1 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier du capteur optique objet de l'invention,
- les figures 2 et 3 sont des vues de détail de la figure 1,
- les figures 4 et 5 sont des vues schématiques de dispositifs de détection optique utilisant le capteur représenté sur la figure 1, et
- la figure 6 est une vue schématique d'un autre mode de réalisation particulier du capteur optique objet de l'invention.

Sur la figure 1, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier du capteur optique objet de l'invention. Ce capteur comprend une fibre optique 2, un manchon ou un tube 4 dont le diamètre intérieur est légèrement supérieur au diamètre de la fibre optique, une optique 6, une armature tubulaire 8 destinée à recevoir le tube 4, un miroir 10 et un support ou raccord 12 prévu pour rendre solidaires l'un de l'autre l'armature 8 et le miroir 10.

La figure 2 est une vue suivant F de la figure 1, sur laquelle on voit les positions relatives de la fibre 2, du tube 4, de l'optique 6, de l'armature 8 et du support 12.

Une extrémité de la fibre 2 est logée dans le tube 4, à

partir d'une extrémité de celui-ci et l'optique 6 est logée dans l'autre extrémité du tube 4. L'ensemble comprenant la fibre 2, le tube 4 et l'optique 6 étant réalisé d'une manière qui sera indiquée par la suite, cet ensemble est logé dans l'armature 8, d'un côté de celle-ci, de telle manière que l'extrémité du tube portant l'optique 6 dépasse dudit côté, la fibre optique 2 sortant de l'autre côté de l'armature.

Le support 12 de forme tubulaire, est aligné avec l'armature 8, le côté de cette armature duquel est placée l'optique 6 étant inséré dans un côté du support 12 prévu à cet effet, tandis que l'autre côté du support 12 porte le miroir 10 de telle manière que la face réflectrice de celui-ci, qui peut être concave, soit en regard de l'optique 6. Le support 12 est en outre pourvu d'ouvertures permettant à un fluide dans lequel le capteur est plongé, de se trouver entre l'optique 6 et le miroir 10.

Une pièce extrémité 14 vient fermer le côté de l'armature 8 par lequel sort la fibre 2 tout en enserrant celle-ci. En outre, une gaine protectrice 15, faite par exemple d'un matériau thermo-rétractable, peut entourer la fibre 2 du côté où celle-ci sort de l'armature, tout en recouvrant la pièce d'extrémité 14.

La figure 3 illustre la fabrication de l'ensemble comprenant la fibre 2, le tube 4 et l'optique 6.

Une pièce 18 faite d'un verre tel que la silice est usinée de façon à présenter la forme d'un cylindre de révolution à faces parallèles entre elles et perpendiculaires à l'axe dudit cylindre. Le cylindre ainsi obtenu est introduit en partie dans le tube 4, par une extrémité de celui-ci, de sorte qu'il subsiste une partie 20 du cylindre à l'extérieur de ce tube.

Ce dernier est fait, de préférence, d'un matériau résistant à la plupart des agressions chimiques. Il est fait, par exemple, du même verre (tel que la silice), que l'optique 6, pour éviter tout problème de dilatation thermique. De plus, le tube 4 (non percé sur son pourtour) a un diamètre intérieur très

légèrement supérieur au diamètre du cylindre.

Au moyen d'un chalumeau par exemple, on soude au tube 4 supposé en silice, le pourtour de la partie du cylindre 18 se trouvant dans ce tube. Ensuite, au moyen d'une machine classique de polissage, la partie 20 extérieure au tube 4 est usinée de façon que le cylindre 18 ait, vu de l'extérieur du tube 4, une face convexe 22. On obtient ainsi, à partir du cylindre 18, l'optique 6, cette optique constituant une lentille de champ dont une face 22 est convexe et dont l'autre face 24 est plane et perpendiculaire à l'axe du tube 4.

Une extrémité de la fibre 2 est ensuite fixée de façon étanche dans le tube 4, au moyen d'une couche 25 de colle appropriée par exemple époxy, de telle manière qu'elle se trouve placée en regard de la face plane 24 de l'optique 6, un espace 26 existant alors entre la fibre et l'optique. Cet espace n'est pas indispensable (c'est-à-dire que l'extrémité de la fibre peut être placée contre la face plane 24) sauf dans le cas de la réalisation représentée sur la figure 6 décrite plus loin, où l'espace 26 est nécessaire.

Un centrage optimal de la fibre dans le tube peut être obtenu en collant contre ladite extrémité de la fibre une très fine aiguille par exemple une aiguille hypodermique (en acier inoxydable), avant de coller la fibre munie de cette aiguille dans le tube 4.

L'armature 8, par exemple en acier inoxydable, peut être fixée de façon étanche au tube 4 en silice également au moyen d'une colle époxy. De même, la fixation du support 12 à l'armature 8 peut être effectuée au moyen d'une telle colle.

La fibre optique 2, comportant bien entendu un coeur ainsi qu'une gaine optique, est munie d'un revêtement protecteur classique généralement en matière plastique 32, mais ceci n'est pas indispensable : au moins pour la partie de la fibre située dans le tube 4, ce revêtement protecteur peut être enlevé.

En fonction des valeurs des paramètres que constituent la courbure de la face 22 de l'optique 6 et la distance entre

cette optique et la fibre, un faisceau lumineux transmis par cette fibre peut être focalisé en un point A, dont la position dépend desdits paramètres, pour des détections d'objets par exemple ou des mesures de réflectivité, ou être transformé par l'optique en un faisceau parallèle. Dans ce cas, l'utilisation d'un miroir de position et de forme appropriées permet de renvoyer ce faisceau dans la fibre par l'intermédiaire de l'optique, ce qui permet d'utiliser ce capteur pour la mesure du pouvoir absorbant de solutions liquides par exemple.

Bien entendu, lorsqu'une surface réfléchissante est prévue pour passer par le point A, le faisceau focalisé en ce point A retourne dans la fibre.

De plus, afin de faciliter le positionnement de la fibre par rapport à l'optique 6, l'extrémité de la fibre peut être mise en contact avec la face 24 de l'optique mais dans ce cas, l'épaisseur de l'optique est ajustée lors de son usinage, afin d'avoir une focalisation au point A.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, le tube 4 est calibré et a un diamètre intérieur de moins d'un millimètre (par exemple un diamètre intérieur de l'ordre de 0,5 à 0,8mm pour une fibre de diamètre extérieur de 300 à 500 microns avec sa gaine optique) et un diamètre extérieur de l'ordre de 3mm, l'armature 8 a un diamètre extérieur maximum de l'ordre de 6 millimètres, et l'optique 6 a une épaisseur de l'ordre de 3mm et se trouve à environ 20mm du miroir 10, la longueur totale du capteur (du miroir 10 à la pièce 14) étant de 100mm environ.

Il est possible de remplacer la fibre 2 par deux fibres optiques, ou plus, dont des extrémités respectives sont placées dans le tube 4 de diamètre intérieur approprié, en regard de l'optique 6, et sont, dans le tube, collées de façon étanche les unes aux autres ainsi qu'au pourtour interne dudit tube.

Sur la figure 4, on a représenté schématiquement un dispositif de détection optique utilisant le capteur schématiquement représenté sur la figure 1. Outre la fibre optique 2, terminée par ledit capteur 34 qui est par exemple

destiné à être plongé dans un liquide 36 pour mesurer une propriété de celui-ci (par exemple son pouvoir absorbant), le dispositif représenté sur la figure 4 comprend une source lumineuse 38 telle qu'une diode laser ou une diode électroluminescente alimentée par des moyens non représentés, une autre fibre optique 40 prévue pour transmettre la lumière produite par la source 38, une optique 42 prévue pour transformer la lumière transmise par la fibre 40 en un faisceau parallèle, un moyen séparateur 44, tel qu'un cube séparateur, prévu pour transmettre une partie de la lumière issue de l'optique 42 à un moyen de détection de lumière 46, par l'intermédiaire d'une optique 48, ce moyen 46 correspondant à une voie de référence, et pour transmettre une autre partie de la lumière issue de l'optique 42 à la fibre optique 2, par l'intermédiaire d'une optique 50.

La lumière issue de cette optique 50 est ainsi injectée dans la fibre 2, passe dans le liquide 36, par l'intermédiaire de l'optique 6, puis se réfléchit sur le miroir 10 et repasse dans la fibre 2 par l'intermédiaire de l'optique 6.

Après avoir traversé à nouveau l'optique 50, cette lumière est, au moins en partie, réfléchie par le cube séparateur et converge, grâce à une optique 52, vers un autre moyen de détection de lumière 54 que comporte le dispositif et qui correspond à une voie de mesure.

Sur la figure 5, on a représenté schématiquement un autre dispositif de détection optique utilisant le capteur schématiquement représenté sur la figure 1 et référencé 34 sur la figure 4. Cet autre dispositif diffère essentiellement de celui qui est représenté sur cette figure 4 par le fait qu'il comprend non pas un cube séparateur mais un coupleur optique en X à fibres monobrins.

Ce coupleur, qui comporte quatre branches A1, A2, A3 et A4, peut être obtenu par soudage-étirage de deux fibres optiques correspondant aux branches A1 et A2, la branche A3 formant finalement un tronc commun qui résulte du soudage-étirage au cours duquel les coeurs des deux fibres fusionnent en un seul

coeur.

La branche A4 peut ensuite être obtenue par soudage-étirage d'une autre fibre optique et de la branche A1, de telle manière que cette branche A4 soit dans le prolongement de la branche A2.

La branche A3 correspond à la fibre 2 des figures précédentes et son extrémité libre est terminée par le capteur 34.

Les extrémités libres des branches A1, A2 et A4 sont respectivement terminées par une source de lumière 39 telle qu'une diode laser commandée par des moyens non représentés, un moyen de détection de lumière 55 et un autre moyen de détection de lumière 47 (respectivement homologues de la source 38, du moyen 54 et du moyen 46 de la figure 4).

La lumière émise par la source 39 se propage dans la branche A1 puis, en partie, dans la branche A3, retourne dans cette dernière après avoir interagi avec le liquide 36, et passe dans la branche A2 à l'extrémité de laquelle elle est détectée par le moyen 55 (correspondant à une voie de mesure).

Une partie de la lumière émise par la source 39 se propage également dans la branche A4 à l'extrémité de laquelle elle est détectée par le moyen 47 (correspondant à une voie de référence).

Avantageusement, le coupleur est "asymétrique", en ce sens que les coeurs des fibres optiques dont il est fait n'ont pas tous le même diamètre mais ont des diamètres choisis de manière à optimiser les valeurs des puissances lumineuses relatives aux différentes branches.

A titre purement indicatif et nullement limitatif, les diamètres respectifs des coeurs des branches A1, A2, A3, et A4 sont respectivement égaux à 100 microns, 200 microns, 200 microns et 50 microns.

Dans le capteur décrit en référence aux figures 1 à 5, la fibre optique utilisée n'est jamais en contact avec le fluide dont on veut mesurer certaines propriétés.

Sur la figure 6, on a représenté schématiquement et partiellement un autre mode de réalisation particulier du capteur objet de l'invention, qui est utilisable lorsque la fibre et son éventuel revêtement doivent être en contact avec un fluide tel qu'un liquide 56 dont on souhaite mesurer certaines des propriétés.

A cet effet, la structure générale du capteur représenté sur la figure 6 est identique à la structure du capteur représenté sur la figure 1 mais le tube 4 est percé d'ouvertures 58 éventuellement fermées par des membranes 60 qui sont par exemple des membranes de cellulose, ou autre matériau perméable, collées par leurs pourtours aux bords des ouvertures 58 au moyen d'une colle époxy. De telles membranes sont utilisables lorsque la fibre 2 est munie d'un réactif 66 destiné à interagir avec le liquide, afin de limiter cette interaction à l'espace compris entre la fibre et l'optique 6.

Comme on le voit sur la figure 6, un tel réactif peut être disposé sur le pourtour de la fibre. Plus précisément, on utilise par exemple une fibre dont la gaine optique 62 est en silicone ou en matière plastique et l'on enlève cette gaine 62 sur une certaine longueur à partir de l'extrémité de la fibre destinée à être en regard de l'optique 6, le coeur 64 de la fibre étant ainsi dénudé sur cette longueur. Le réactif 66 qui consiste par exemple en un indicateur de pH, est mélangé à une résine thermo-durcissable ou à une colle très légèrement sensible, c'est-à-dire très légèrement perméable, au liquide 56 dans lequel doit être plongé le capteur. On utilise par exemple une colle cellulosique et le réactif est par exemple du méthyl orange ou du bleu de méthylène. On fait sécher le mélange de ce réactif et de la colle et la matière obtenue est collée sur le pourtour du coeur de la fibre, privé de gaine, en ménageant un espace annulaire 68 entre cette matière et la gaine restante.

Ainsi le réactif peut-il diffuser dans le liquide lorsque le capteur est plongé dans ce dernier. Il est alors

possible de détecter une coloration du liquide au moyen d'un dispositif du genre de celui qui est représenté sur la figure 4 ou sur la figure 5, la source 38 de ce dispositif étant prévue pour émettre une lumière de longueur d'onde différente de celle qui correspond à cette coloration (la longueur d'onde correspondant à cette coloration étant supposée connue) et le moyen de détection 54 étant muni d'un filtre optique ne laissant passer que la lumière correspondant à ladite coloration.

Comme on l'a expliqué en référence à la figure 3, la fibre 2 représentée sur la figure 6 est collée de façon étanche au tube 4, par exemple au moyen d'une colle époxy disposée dans l'espace anulaire 68. Afin de favoriser l'interaction du réactif avec le fluide 56, il est possible de prévoir des ouvertures 58 en regard de ladite matière, sur le pourtour du tube 4.

En outre, dans une réalisation avantageuse, le miroir 10, relié à l'armature 8 par le support 12, est remplacé par une couche optiquement réflectrice 70, par exemple une couche d'aluminium, déposée sur la face convexe de l'optique 6.

REVENDICATIONS

1. Capteur optique, caractérisé en ce qu'il comprend :

-au moins une fibre optique (2),

- un manchon (4), une extrémité de chaque fibre optique (2) étant logée dans ce manchon, à partir d'une extrémité de celui-ci, et

- une optique (6) qui est au moins en partie logée dans l'autre extrémité du manchon (4) et a ainsi une extrémité (24) en regard de chaque fibre optique (2), et qui est destinée à l'injection d'une lumière incidente dans cette fibre.

2. Capteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite extrémité (24) de l'optique (6) est plane et perpendiculaire à l'axe du manchon (4) et en ce que l'autre extrémité de l'optique présente une convexité tournée vers l'extérieur du manchon.

3. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un moyen optiquement réflecteur (10, 70) placé en regard de l'autre extrémité (22) de l'optique (6) et prévu pour réfléchir une lumière provenant de l'optique en direction de celle-ci.

4. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le manchon (4) est fermé sur son pourtour et en ce que la partie de l'optique (6) et l'extrémité de la fibre optique (2) qui sont logées dans le manchon, sont fixées de façon étanche à celui-ci.

5. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'il est destiné à être plongé dans un fluide (56), en ce qu'un espace (26) est prévu entre la fibre (2) et l'optique (6) et en ce que le pourtour du manchon (4) est percé de telle manière que le fluide puisse pénétrer dans cet espace lorsque le capteur est plongé dans ce fluide.

6. Capteur selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un réactif (66) placé dans le manchon (4) et prévu pour interagir avec le fluide (56) lorsque le capteur

est plongé dans ce fluide.

7. Capteur selon la revendication 6, caractérisé en ce que le réactif (66) est placé entre la fibre (2) et le manchon (4).

8. Capteur selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce que le manchon (4) est percé de trous (58) fermés chacun par une membrane (60) perméable au fluide (56).

9. Capteur selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, caractérisé en ce que l'autre extrémité (22) de l'optique (6) est rendue optiquement réflectrice.

10. Capteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que le manchon (4) et l'optique (6) sont en silice et sont soudés l'un à l'autre.

11. Procédé de fabrication d'un capteur optique, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- on donne à un solide transparent (18) la forme d'un cylindre dont une face d'extrémité (24) est perpendiculaire à l'axe du cylindre,
- on introduit au moins en partie le solide (18) par cette face (24) dans un manchon (4) dont le diamètre intérieur est prévu à cet effet,
- on fixe l'un à l'autre le manchon (4) et le solide (18) suivant leurs pourtours,
- on donne à l'autre face d'extrémité (22) du solide (18) une forme convexe vue de l'extérieur du manchon (4), et
- l'on fixe dans le manchon, à partir de l'autre extrémité de celui-ci, une extrémité d'au moins une fibre optique (2) de telle manière qu'une lumière incidente sur l'autre face d'extrémité du solide puisse être injectée dans la fibre.

12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le manchon (4) et le solide (18) sont en silice et sont fixés l'un à l'autre par soudage.

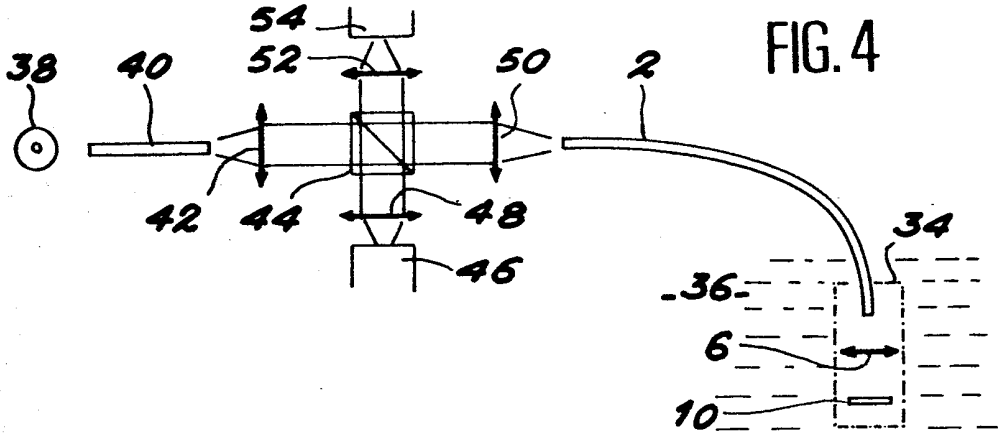
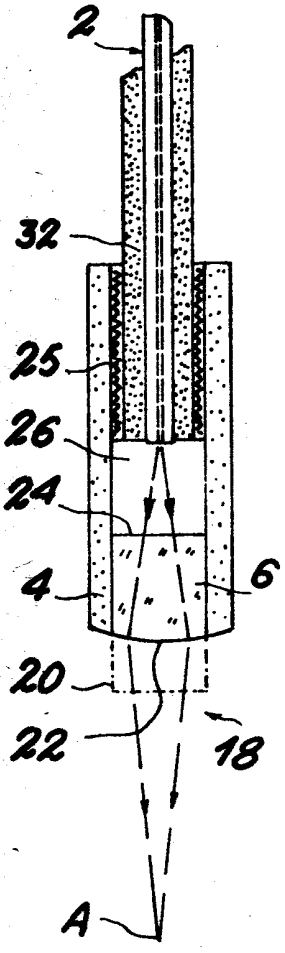


FIG. 4

FIG. 3



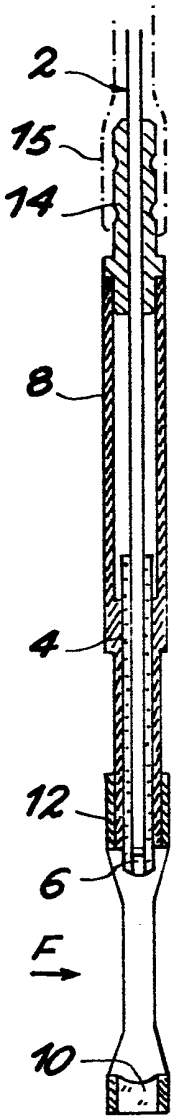
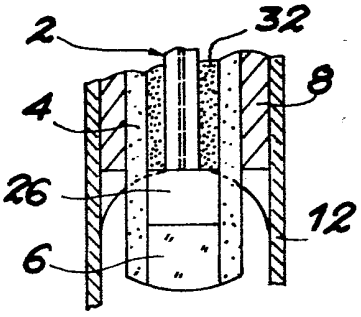


FIG. 1

FIG. 2



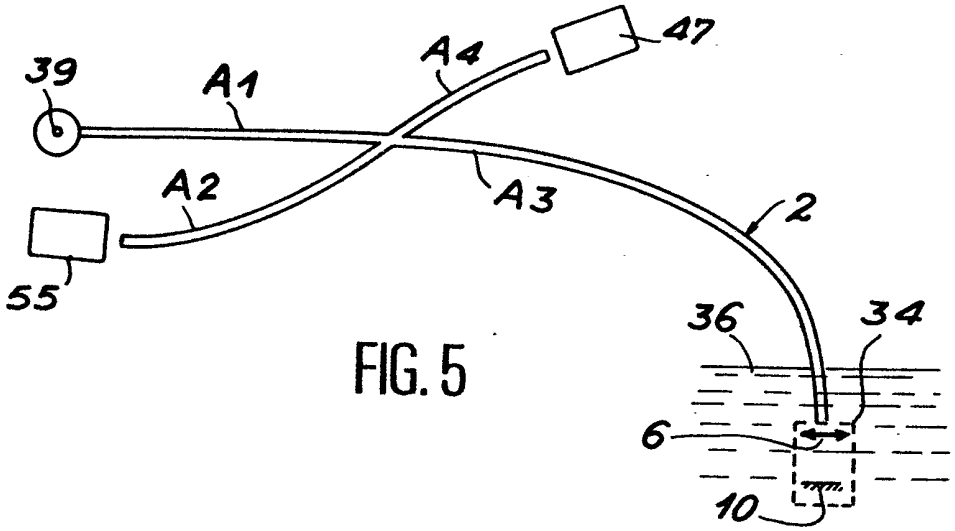


FIG. 5

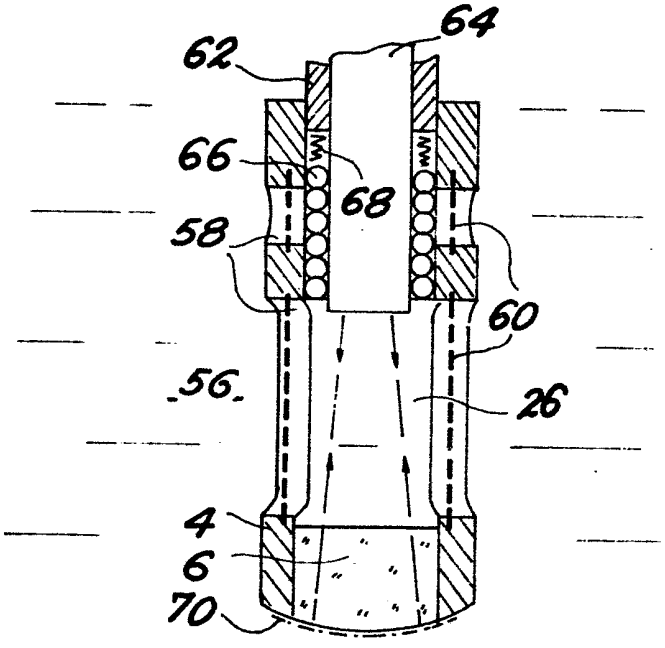


FIG. 6