

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
PARIS  
—

①1 N° de publication : **2 585 138**  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **85 11288**

⑤1 Int Cl<sup>t</sup> : G 02 B 6/18; G 01 D 5/26; G 01K 11/00.

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

**A1**

②2 Date de dépôt : 22 juillet 1985.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 4 du 23 janvier 1987.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : *CORDONS ET EQUIPEMENTS, société  
anonyme.* — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Ayoub Chakari, Nasser Demagh, Patrick  
Meyrueis et Pierre Binet de Vauxclairs.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Metz Patni.

⑤4 Fibre optique multimode à gaine différentielle à usage de capteur ou de filtre modal.

⑤7 Fibre optique multimode à gaine différentielle.

Fibre optique caractérisée en ce qu'elle comporte sur une  
longueur donnée L, une substitution de sa gaine par un  
tronçon 4 d'une matière ou d'un matériau 5 d'indice de réfrac-  
tion différent de celui du cœur et de celui de la gaine, ledit  
tronçon 4 étant revêtu d'un manchon de protection 6.

Cette invention intéresse tous les utilisateurs de fibres opti-  
ques.



**FR 2 585 138 - A1**

- 1 -

La présente invention se rapporte à une fibre optique multimode à gaine différentielle destinée à servir de capteur ou de filtre modal.

On connaît deux types de fibres optiques, les 5 fibres monomodes qui ne transmettent que le mode fondamental et les fibres multimodes plus courantes car moins chères à fabriquer mais plus difficiles d'utilisation et limitées en applications dans le cas où l'on recherche une relative précision et stabilité, 10 ceci en raison de la complexité des moyens d'exploitation associés.

Les fibres optiques peuvent être utilisées en détecteurs car elles constituent d'excellents capteurs de grandeurs physiques : température, pression, champ 15 magnétique, contraintes mécaniques...

Pour ce type d'applications, on préfère employer des fibres monomodes en raison des nombreux avantages présentés et notamment pour la stabilité et la grande précision apportées ainsi que la sensibilité 20 et la simplicité des moyens de détection associés.

De plus, l'utilisation des fibres multimodes apparaît impossible dans certains types d'utilisations. Il s'agit de la détection des variations du plan de polarisation ou de la phase car, du fait de leurs propriétés, la polarisation varie dans ces fibres à chaque 25 mode. On assiste ainsi à une limitation importante en applications des fibres multimodes.

Dans d'autres applications, on perd en sensibilité et en précision en utilisant des moyens de 30 détection bon marché conduisant à des capteurs peu performants.

Par contre, les fibres monomodes peuvent être utilisées dans tous les cas et types d'applications, même les plus difficiles.

35 Malheureusement, leur prix de revient supérieur et le coût élevé des moyens associés de détection et de couplage restreignent leur emploi, si bien que

dans certaines applications on préfère choisir les fibres multimodes malgré la diminution de sensibilité et de précision.

La présente invention a pour but de remédier 5 à ces différents inconvénients en proposant une fibre optique multimode possédant certaines propriétés fondamentales pour les applications souhaitées dont certaines étaient propres, jusqu'à présent, aux fibres monomodes.

10 A cet effet, l'invention permet une utilisation élargie des fibres multimodes et se rapporte à une telle fibre caractérisée en ce qu'elle comporte, sur une longueur donnée, une substitution de sa gaine par un tronçon périphérique continu d'un matériau de 15 caractéristiques d'indice de réfraction différent de celui du coeur et de la gaine, s'étendant sur toute la surface latérale de la fibre, tronçon entouré par un manchon de protection.

Les avantages présentés par l'invention 20 peuvent s'énoncer comme suit :

- . nombreuses possibilités d'emploi ;
- . simplicité et faible coût des moyens d'exploitation associés ;
- . liberté sur le choix de la source ;
- 25 . généralisation d'emploi des fibres monomodes ;
- . filtre modal simple à réaliser et économique ;
- . possibilité d'utiliser les fibres multimodes comme 35 capteurs interférométriques.

Les caractéristiques techniques et d'autres 30 avantages de l'invention sont consignés dans la description qui suit effectuée à titre d'exemple non limitatif sur un mode d'exécution de l'invention en référence au dessin accompagnant dans lequel :

- . La figure 1 est une vue en coupe longitudinale 35 d'une fibre présentant sur une partie de sa longueur une gaine différenciée.

- . La figure 2 est un graphique montrant les variations des indices en fonction de la température.
- . Les figures 3, 4 et 5 sont des vues schématiques illustrant la propagation des rayons dans les principaux cas de valeur relative d'indices de réfraction du coeur, de la gaine et du tronçon.
- . La figure 6 est un graphique illustrant la variation du facteur de transmission en fonction de la température pour deux longueurs de tronçons de gaine différenciée.
- . La figure 7 est le schéma de base d'une mesure par variation d'intensité.
- . La figure 8 est le schéma de principe d'un montage pour la mesure des variations d'une grandeur physique par décalage de phase.

On décrira ci-après l'invention avec deux types de matières et plusieurs applications. Celles-ci s'avèrent nombreuses, on ne peut les décrire toutes.

Selon l'invention, une fibre optique multimode 1 à coeur 2 et à gaine 3 est dénudée sur une longueur L. Sur cette longueur, la gaine est remplacée sur toute la surface latérale de la fibre par un tronçon 4 de même longueur d'une matière ou d'un matériau 5, de préférence transparent à la température d'utilisation, d'indice de réfraction variable  $n_t$  différent de celui du coeur  $n_c$  et de celui de la gaine  $n_g$  et variant selon une courbe différente en sens inverse de celui de la gaine.

Le tronçon 4 est revêtu d'un manchon de protection 6 réalisé pour certaines applications en métal, en raison de sa bonne conductibilité thermique.

Cette substitution sur une longueur L confère à la fibre optique multimode 1 utilisée, la majorité des propriétés des fibres monomodes pour lui permettre toutes les applications en capteur et en filtre modal.

On examinera rapidement ci-après le trajet

des rayons lumineux dans les trois cas d'indices de réfraction possibles du tronçon par rapport aux matériaux voisins, gaine et coeur.

Ces trajets sont illustrés par les figures 3, 4 et 5 dans le cas de rayons méridionaux c'est-à-dire ceux coupant l'axe de la fibre après chaque réflexion.

Lorsque l'indice du tronçon est compris entre l'indice du coeur  $n_c$  et l'indice de la gaine  $n_g$  (figure 3), la fibre se comporte comme une fibre normale avec une ouverture numérique décalée dans la région du tronçon. On observe une concentration des rayons dans le coeur avec un maximum d'intensité en sortie.

Lorsque l'indice du tronçon est égal à celui du coeur (figure 4), tous les rayons arrivant sur le tronçon le traversent, quel que soit leur incidence et sont ainsi éliminés du coeur. On observe un minimum d'intensité en sortie.

Lorsque l'indice du tronçon est supérieur à l'indice du coeur lui-même toujours supérieur à l'indice de la gaine (figure 5), les rayons canalisés dans le coeur se propagent par réflexion multiple avec atténuation. On observe une diminution d'intensité en sortie. On s'éloigne graduellement du premier cas.

Dans la pratique, dès que la longueur  $L$  du tronçon dépasse 10 cm, l'intensité sortant devient trop faible pour être exploitée.

Dans la modification d'indice décrite ci-dessus, la propagation se produit de façon continue lors de la variation de la température du milieu dans lequel est plongée la fibre pourvue du tronçon d'indice différent. Cette modification se produit également lorsque la variation de la grandeur physique à mesurer influe sur l'indice, c'est-à-dire dans la majorité des cas de mesure de grandeurs physiques. Or, dans la pratique, en capteur, l'ensemble de la fibre ou une

grande partie de sa longueur est plongée dans le milieu à mesurer.

On peut alors définir les deux zones de part et d'autre de la température critique  $T_c$  correspondant à la température à laquelle l'indice du tronçon est égal à l'indice du coeur (figure 6).

Ces zones se retrouvent sur le graphique qui traduit la variation de l'intensité en sortie en fonction de la température (figure 2).

10 La sensibilité ou précision est relativement constante avant la température  $T_c$ . Autour de  $T_c$ , on se trouve à peu près dans les mêmes conditions alors que la courbe change de concavité en délimitant un seuil. Au-delà, l'intensité augmente de façon importante. Sa  
15 variation affecte à peu près la même allure dans les deux cas de longueurs différentes, traduisant donc la même sensibilité, avec un seuil de détection plus bas.

Par contre, l'augmentation importante de la longueur conduit à une perte de sensibilité dans la  
20 zone considérée où la température est inférieure à la température critique.

De plus, quand la longueur  $L$  de la fibre augmente, le seuil de détection descend. On arrive ainsi à détecter plus tôt. La longueur appropriée  
25 résultera soit d'un impératif résultant du type d'applications, soit d'un compromis entre la sensibilité et la détection du seuil.

La température critique  $T_c$  est parfaitement stable et peut servir de référence pour des mesures  
30 comparatives de température.

La précision s'avère intéressante :

- $10^{-2}$  d°c dans la zone de températures inférieures à  $T_c$
- $10^{-3}$  d°c dans la zone de températures supérieures à  $T_c$ .

35 On a choisi comme matière pour ces essais de

la paraffine.

L'intérêt de la paraffine réside non seulement dans son faible coût, mais aussi dans sa propriété de changer de phase et donc d'indice dans les plages habituelles de mesure, sa température de fusion se situant autour de 50°C. Cette température critique est située au voisinage de sa température de fusion, ce qui permet de disposer d'une gamme étendue de mesures de températures de grande précision.

Par ailleurs, il s'agit d'une matière insensible aux perturbations électromagnétiques.

Tous les rayons non méridionaux sont éliminés et on se trouve dans un cas de polarisation unique, ce qui permet de mesurer la rotation du plan de polarisation.

D'autres mesures plus classiques du type variation d'intensité s'avèrent possibles ainsi que toutes les mesures de variation de phase (interférométrie).

Deux montages types de mesure en variation d'intensité et en décalage de phase sont représentés.

Ainsi, la figure 7 se rapporte à une mesure simple de variation d'intensité à partir d'une source lumineuse 7 du type diode électroluminescente le long d'une fibre optique multimode 1 utilisée comme capteur plongé dans un milieu dont l'évolution de température est à surveiller. Les moyens d'exploitation des mesures utilisés sont un transducteur 8 couplé à un enregistreur 9, par exemple une photodiode reliée à une table traçante.

En cas de besoin, un contrôleur de température 10 fournit les indications sur l'évolution de la température.

Un autre exemple de mesure de type interférométrique est représenté en figure 8.

Dans cet exemple, on réalise un montage à

deux voies à partir d'une source laser 11. Le faisceau est divisé en 12 puis injecté d'une part dans la fibre de mesure 13 et d'autre part dans la fibre de référence 14. La fibre de mesure est soumise aux contraintes à mesurer en 15 tandis que la fibre de référence est libre. Le tronçon 4 est disposé en extrémité de fibre, de préférence au début.

Les deux fibres sont juxtaposées en extrémité et leurs plans sont scrutés par une caméra 16 couplée à un moniteur vidéo 17 piloté par un microordinateur 18 programmé pour le comptage des franges et l'indication d'une valeur de mesure.

La variation de la grandeur physique se traduit par le défilement de franges d'interférences.

15 Il suffit de les compter pour pouvoir mesurer la variation de la grandeur physique examinée.

Concernant le tronçon 4, on peut envisager d'employer différentes matières. Par exemple, une couche de cristaux liquides qui présente également de nombreux avantages, notamment en ce qui concerne le passage entre son caractère isotrope et anisotrope d'une part, et sa biréfringence d'autre part. A cette dernière correspondent deux températures critiques et par conséquent deux seuils possibles.

25 D'autres matières conviennent, par exemple les matières plastiques transparentes dont le polyméthacrylate est un exemple type.

Le filtrage modal résulte de l'élimination des rayons non méridionaux qui traversent le tronçon et s'échappent. Il subsiste les rayons méridionaux qui se propagent dans le centre et sont tous polarisés de la même façon.

On se retrouve ainsi dans le cas d'une polarisation unique, et on peut pratiquer toutes les mesures du type interférométrique ou de rotation du plan de polarisation.

L'invention a été décrite à propos de deux matières pour le tronçon de substitution et à propos de quelques exemples d'application. Il est bien entendu que diverses modifications d'ordre secondaire, variantes directes et autres changements sans apport inventif entrent parfaitement dans son cadre.

REVENDEICATIONS

1. Fibre optique à usage de détecteur et de filtre modal caractérisée en ce qu'elle comporte sur une longueur donnée L, une substitution de sa gaine, sur toute sa surface latérale, par un tronçon (4) d'une 5 matière ou d'un matériau (5) d'indice de réfraction variable, différent de celui du coeur et de celui de la gaine, le tronçon (4) étant revêtu d'un manchon de protection (6).
2. Fibre optique selon la revendication 1 ca- 10 ractérisée en ce que l'indice de la matière (5) du tronçon (4) varie différemment de celui de la gaine.
3. Fibre optique selon la revendication 2 ca- ractérisée en ce que la variation de l'indice de la matière du tronçon (4) est en sens inverse de celle de 15 la gaine.
4. Fibre optique selon la revendication 1 ca- ractérisée en ce que la matière (5) est de la paraffine.
5. Fibre optique selon la revendication 1 ca- 20 ractérisée en ce que la matière (5) est un cristal liquide.
6. Fibre optique selon la revendication 1 ca- ractérisée en ce que la matière (5) est une matière plastique transparente.
- 25 7. Fibre optique selon la revendication 1 ca- ractérisée en ce que le manchon de protection (6) est en métal.

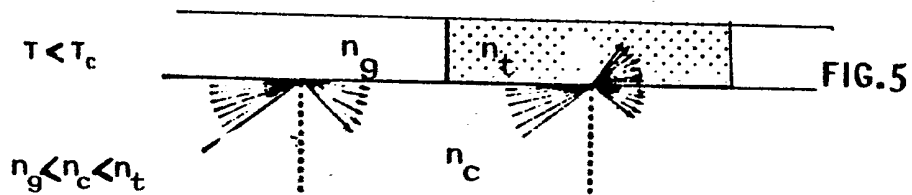
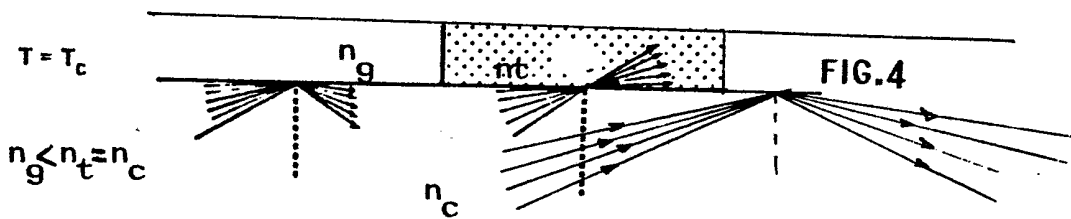
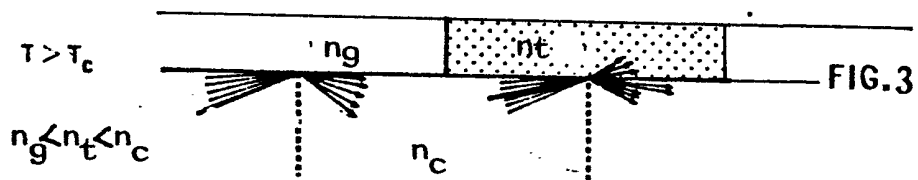
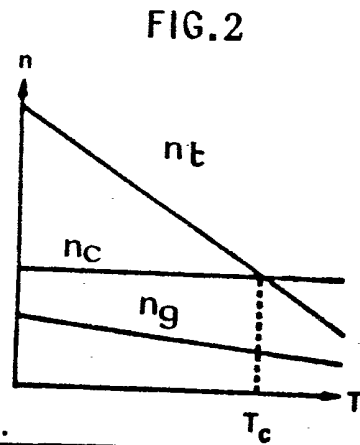
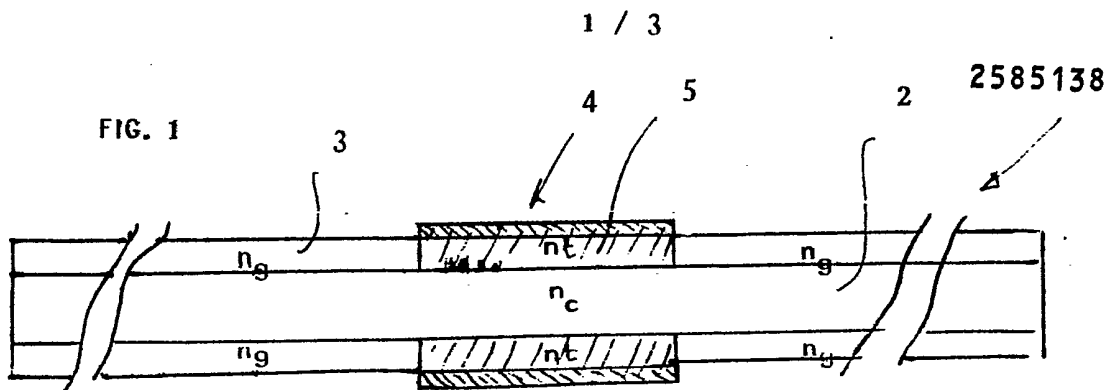


FIG. 6

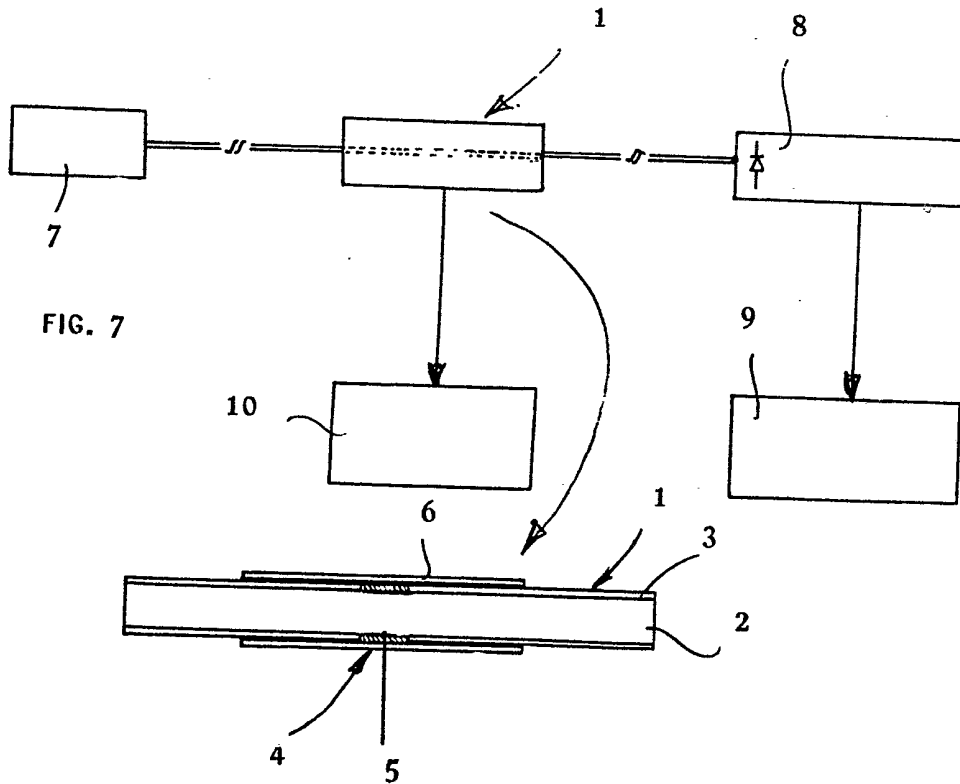
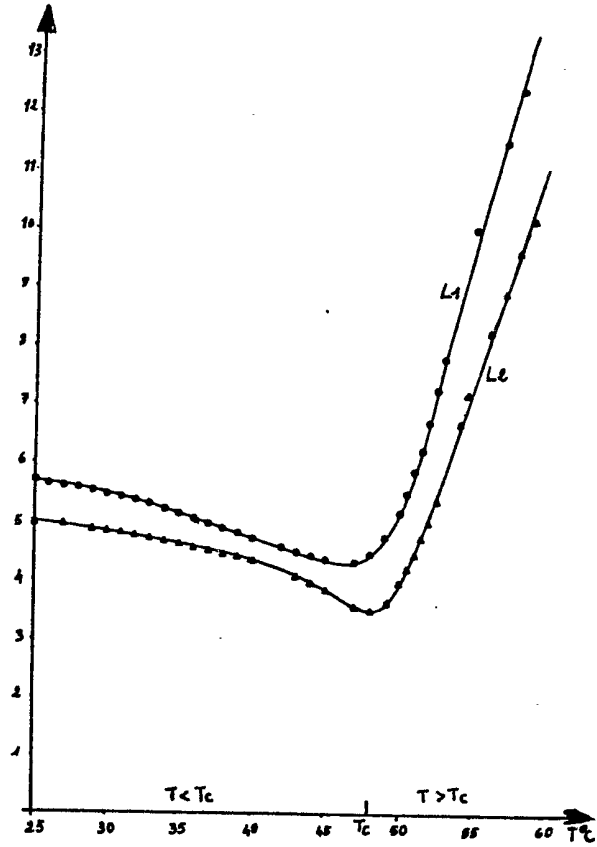


FIG. 7

FIG. 8

