



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 685 023 A5

⑤① Int. Cl.®: G 02 B 6/16

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑫① Numéro de la demande: 1881/91

⑫② Date de dépôt: 26.06.1991

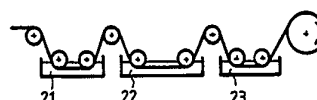
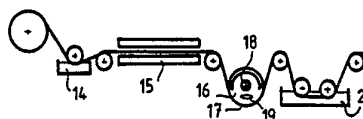
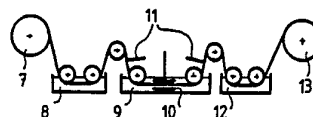
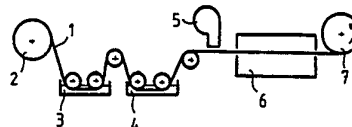
⑫④ Brevet délivré le: 28.02.1995

⑫⑤ Fascicule du brevet
publié le: 28.02.1995⑫⑦ Titulaire(s):
Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique
S.A., Neuchâtel 7⑫⑦ Inventeur(s):
Falco, Lucien, Cressier NE⑫④ **Procédé d'ajustement du point de fonctionnement d'un capteur à fibre optique à microcourbures et dispositif pour sa mise en oeuvre.**

⑫⑦ La présente invention concerne un procédé d'ajustement du point de fonctionnement d'un capteur à fibre optique (1) à microcourbures comprenant:

- une première phase consistant en un prétraitement de la fibre optique devant être métallisée (2 à 7),
- une deuxième phase consistant à revêtir ladite fibre optique d'une couche métallique, lors de laquelle ladite fibre optique subit une traction constante permettant de fixer le point de fonctionnement d'atténuation maximale à une valeur spécifiée (7 à 13), et
- une troisième phase consistant à réaliser le long de ladite fibre lesdites discontinuités surfaciques périodiques (14 à 23).

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en œuvre du procédé.



Description

La présente invention se rapporte à un procédé de métallisation superficielle d'une fibre optique, en général, et concerne, plus particulièrement, un procédé d'ajustement du point de fonctionnement d'atténuation minimale d'un capteur à fibre optique à microcourbures et un dispositif pour sa mise en œuvre.

On connaît déjà par le brevet US 4 846 547, une fibre optique à microcourbures enrobée dans une gaine réalisée dans un premier matériau, ladite gaine étant revêtue d'une couche d'un second matériau. Une telle fibre optique se caractérise par le fait que ladite couche présente deux séries de discontinuités surfaciques périodiques, lesdites séries étant symétriques, par rapport à l'axe de révolution de la fibre, mais décalées de part et d'autre dudit axe de révolution de la fibre; de manière qu'une variation d'un paramètre d'environnement produise des microcourbures de même périodicité que celle desdites discontinuités.

La production de microcourbures le long d'une fibre optique, microcourbures utilisées comme mécanisme de transduction dans les systèmes d'alarme, peut se faire, de façon non limitative, sous l'effet d'une élévation de température ou de pression ou sous l'effet d'une variation des coefficients d'absorption ou de rigidité des matériaux.

Pour obtenir ces fibres optiques à revêtement sensible à un paramètre physique ou chimique déterminé, plusieurs méthodes ou procédés sont connus.

Un procédé connu d'attaque sélective de la gaine métallique d'une fibre optique comporte les étapes suivantes:

- . dépôt d'une résine photosensible le long de la fibre optique,
- . exposition à travers un masque,
- . développement,
- . premier rinçage,
- . attaque chimique et
- . second rinçage.

Le document «Bimorphous distributed transducer temperature threshold sensor,» de L. Falco et al., SPIE/Europtica Hambourg, 19-23 Septembre 1988, montre un tel procédé.

Ce même document montre que du fait de la métallisation de la fibre optique et de l'attaque chimique, pour l'obtention desdites discontinuités périodiques, le point de fonctionnement correspondant aux conditions d'atténuation minimale de l'énergie transmise, dans le cas d'une mesure de température, ne se situe pas à la température ambiante normale du milieu dans lequel se trouve ladite fibre.

En d'autres termes, l'amplitude des microcourbures n'est pas nulle lorsque la fibre optique à microcourbures est à la température ambiante du milieu dans lequel elle se trouve.

Un inconvénient important est qu'en fonctionnement normal, c'est-à-dire lorsque la fibre optique à revêtement est à température ambiante, les pertes dans ladite fibre ne sont pas minimales.

D'autres inconvénients des procédés de métallisation décrits dans l'art antérieur sont:

- une diminution de la dynamique du système incorporant une fibre optique à microcourbures et
- une limitation de la longueur de la fibre pouvant être utilisée.

Aussi un des objets de la présente invention est-il un procédé de métallisation d'une fibre optique permettant l'ajustement du point de fonctionnement d'atténuation minimale d'un capteur à fibre optique à microcourbures.

Un avantage du procédé est d'ajuster le point de fonctionnement d'un capteur à fibre optique à microcourbures dans un large domaine de température.

Un autre avantage du procédé d'ajustement du point de fonctionnement d'un capteur à fibre optique à microcourbures est de permettre d'obtenir la même sensibilité moyenne de détection le long de la fibre.

Un autre avantage du procédé d'ajustement du point de fonctionnement d'un capteur à fibre optique à microcourbures est de permettre l'ajustement du seuil d'alarme en fonction de la précision désirée.

Un autre objet est un dispositif pour la mise en œuvre du procédé.

Un avantage du dispositif pour la mise en œuvre du procédé est de permettre d'obtenir la même sensibilité moyenne de détection le long de la fibre.

Les caractéristiques de l'invention sont définies dans les revendications.

Un avantage du procédé d'ajustement du point de fonctionnement d'une fibre optique à revêtement selon l'invention est de permettre de définir ledit point de fonctionnement d'atténuation minimale, dans un large domaine de température, en ne contrôlant qu'un seul paramètre de fabrication.

D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description du procédé de l'invention, description faite à titre purement illustratif, en relation avec la fig. 1, laquelle montre un exemple de dispositif pour la mise en œuvre du procédé de l'invention.

Le procédé selon l'invention sera décrit ci-après dans le cadre d'un procédé de métallisation connu de l'homme du métier. Ce dernier procédé s'applique, par exemple, à une fibre optique à gaine en polyimide mince d'un diamètre proche de 145 μm . Cette fibre est utilisée du fait de l'excellente tenue en température de sa gaine, laquelle peut supporter des températures pouvant varier de -190°C à $+350^{\circ}\text{C}$, de son absence de fluage et de sa facilité de métallisation.

La première phase connue du procédé consiste en un prétraitement visant à préparer la fibre optique devant être métallisée. Cette première phase a pour but de générer une couche métallique, appelée couche d'accrochage, devant permettre une métallisation galvanique de ladite fibre.

Deux étapes principales sont nécessaires. Un exemple de la composition des bains et des principaux paramètres est donné ci-après.

- a) Nettoyage par un alcool, par exemple iso-

propanol, amino-2-éthanol ou tétrahydrofurfurool, ou un bain alcalin, par exemple NaOH environ 5 moles/litres, suivi d'un rinçage. Le but de ce prétraitement est de créer de bonnes conditions d'adhérence pour la métallisation.

b) Dépôt d'une couche métallique d'accrochage. Le métal déposé est de préférence du cuivre (Cu) lequel, du fait de ses propriétés, permet un dépôt galvanique métallique ultérieur aisé. Le dépôt de métal est de préférence réalisé par pulvérisation cathodique, qui convient mieux à une métallisation en continu que les procédés chimiques. Un tel dépôt est, par exemple, décrit dans Handbook of thin film technology, L. Missel, R. Glang, aux éditions Mc Graw-Hill Book Co, New York, Chapitres 3 et 4.

La deuxième phase connue du procédé consiste à métalliser la fibre préalablement revêtue de ladite couche d'accrochage.

Un procédé galvanotechnique connu de l'homme du métier et pouvant être utilisé est décrit au chapitre 5 de la référence citée précédemment.

Le dépôt de la couche métallique peut également s'effectuer par évaporation ou par procédé chimique.

Lors de cette deuxième phase et conformément à l'invention, la fibre est allongée ou étirée sous l'effet d'une force de traction d'une centaine de grammes. A titre d'exemple: pour une force de traction de 60 g, le point de fonctionnement d'atténuation minimale défini par la température T_0 , se déplace de -40°C , pour une fibre à gaine en quartz, d'un diamètre de 125 μm et revêtue d'une couche métallique de cuivre.

La fibre optique obtenue est alors rincée dans un bain de rinçage d'eau déionisée.

La troisième phase connue du procédé consiste à réaliser le long de la fibre à revêtement lesdites discontinuités surfaciques périodiques.

Cette troisième phase comporte les étapes suivantes, étapes dans lesquelles un exemple de la composition des bains et des principaux paramètres est donné:

a) Dépôt d'une résine photosensible, par exemple la résine S 1400-17 commercialisée par la société «Shipley Microposit».

b) Séchage au four:

Température: 85°C ,

Durée: 4 mn.

c) Exposition au moyen d'une lampe au Xénon (Xe) à travers un masque cylindrique strié entraîné par la fibre. Les stries ont la même périodicité que les discontinuités désirées. La période des discontinuités est liée à la constante de propagation des modes guidés par la fibre de manière que, pour ces modes, l'atténuation (ou le couplage entre modes) provoquée par les microcourbures soit maximum.

d) Développement, des parties de résine photosensible exposées, à l'aide, par exemple, du révélateur AZ 351 commercialisé par la société «Hoechst».

e) Rinçage.

f) Attaque chimique des parties métallisées dé-

pourvues de résine photosensible à l'aide, par exemple, de perchlorure de fer. Température du bain: 50 à 60°C .

g) Rinçage.

La vitesse de défilement de la fibre, principalement limitée par la durée de séchage de la résine photosensible, est fixée à environ 60 cm/mn. Dans le cas d'une couche métallique d'épaisseur supérieure à 20 μm cette vitesse est réduite à 10 cm/mn.

L'ajustement du point de fonctionnement selon le procédé de l'invention est possible dans un domaine de température allant de $+40^\circ\text{C}$ à -40°C . Un tel domaine nécessite d'appliquer à la fibre optique une force de traction de 0 à 120 g, pour une fibre à gaine en polyimide d'un diamètre de 125 μm .

La sensibilité de détection est définie par l'épaisseur de la couche de métal, épaisseur parfaitement contrôlée lors du dépôt métallique.

La fig. 1 montre un exemple de dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Les modules utilisés dans chaque étape du procédé de l'invention sont décrits ci-après.

La première phase du procédé nécessite l'emploi d'un module de prétraitement 3, d'un module de rinçage 4, d'un module de séchage 5 par courant d'air et d'un module de pulvérisation cathodique 6.

Ledit module de prétraitement permet l'immersion d'une fibre 1, préalablement bobinée sur une première bobine débitrice 2, dans un bain adéquat. La fibre rincée puis séchée passe dans le module de pulvérisation cathodique et est enroulée sur une première bobine réceptrice 7.

La deuxième phase du procédé nécessite l'emploi d'un module d'activation 8, d'un module de dépôt galvanique 9 et d'un module de rinçage 12.

Ledit module d'activation est identique au module de prétraitement défini précédemment et permet le nettoyage et l'activation de la surface de la fibre. Par activation il faut entendre la création de conditions physico-chimiques de surface permettant un bon accrochage de la couche métallique.

Ledit module de dépôt galvanique se compose, par exemple, d'une cuve à électrolyte comprenant une anode tubulaire 10 en cuivre, coaxiale à la fibre et une cathode 11 reliée à la fibre par des brosses également en cuivre. La fibre optique se propage donc selon l'axe de symétrie de ladite anode tubulaire.

Ledit module de rinçage est destiné à débarrasser la fibre du produit de traitement. La fibre optique est enroulée sur une seconde bobine réceptrice 13.

Tout au long de cette deuxième phase et conformément à l'invention, ladite fibre est soumise à une force de traction constante. Pour ce faire, ladite seconde bobine réceptrice est, par exemple, disposée sur un support fixe et mue à l'aide d'un moteur (non représenté). La première bobine réceptrice est ici utilisée comme bobine débitrice et est reliée, par exemple, à un frein réglable (non représenté), lequel permet un ajustement de la force de traction appliquée à la fibre.

La troisième phase du procédé nécessite l'emploi

d'un module de dépôt 14 de résine photosensible, d'un four 15, d'un module d'exposition 16, d'un module de développement 20, de deux modules de rinçage 21, 23 et d'un module d'attaque chimique 22.

Lesdits modules de dépôt de résine photosensible, de développement et d'attaque chimique sont identiques au module de prétraitement décrit précédemment.

La couche de résine photosensible déposée sur la fibre à l'aide du module de dépôt, est préalablement séchée à l'aide du four.

Ledit module d'exposition comporte un masque cylindrique 17 à l'intérieur duquel est disposé une lampe au xénon 18. La structure périodique représentant les discontinuités surfaciques devant être obtenues le long de la fibre est reproduite par l'intermédiaire dudit masque. Un condenseur 19 peut être couplé à la lampe afin de focaliser le flux lumineux sur la fibre et sur une surface faible d'environ 5 mm × 5 mm. Le masque cylindrique est entraîné par la fibre elle-même.

La périodicité des discontinuités surfaciques le long de la fibre est définie par le choix du couplage intermodal. La meilleure sensibilité est obtenue en utilisant la première résonance du couplage intermodal.

Cependant, le pic de résonance étant étroit, un décalage constant du pas de la structure périodique provoquée par une erreur, par exemple, de mesure ou de réalisation induit une baisse constante non contrôlée de la sensibilité de la fibre. Aussi, conformément à l'invention, les discontinuités surfaciques le long de la fibre peuvent ne pas avoir un pas constant. Une réalisation consiste à obtenir une structure périodique dont les discontinuités surfaciques ont un pas linéairement croissant en fonction de la position le long de ladite fibre et en ce que cette croissance linéaire est périodique le long de ladite fibre. En d'autres termes, le masque cylindrique n'engendre pas, le long de la fibre, une structure à pas constants mais engendre une suite de rampes identiques. Lesdits pas ont des valeurs réparties autour de la valeur du pas fixé par la résonance choisie, soit autour d'une valeur de 1 à 1,5 µm pour une fibre de diamètre de cœur de 50 µm. Un avantage de cette réalisation est de régulariser la sensibilité le long de toute la fibre.

La sensibilité étant proportionnelle au carré de la température, le comportement du système d'alarme est très favorable puisque les pertes sont faibles à basse température. Cette propriété assure donc une grande dynamique optique.

Le module de développement permet le développement des parties de résine photosensible exposées.

Le module d'attaque chimique permet de supprimer les parties métalliques dépourvues de résine photosensible.

Lesdits modules de rinçage sont identiques à ceux décrits précédemment. La fibre optique est débarrassée du produit de traitement puis du produit d'attaque chimique par immersions successives dans des bains de rinçage.

Bien que le procédé de la présente invention ait

été décrit dans le cadre d'un procédé de métallisation particulier, il est clair cependant que ce dernier est susceptible de modifications ou de variantes et que le procédé de l'invention s'applique à tout procédé de métallisation, sans sortir de son domaine.

Revendications

1. Procédé d'ajustement du point de fonctionnement d'un capteur à fibre optique à microcourbures, caractérisé en ce qu'il comprend:
 - une première phase consistant en un prétraitement de la fibre optique devant être métallisée,
 - une deuxième phase consistant à revêtir ladite fibre optique d'une couche métallique, lors de laquelle ladite fibre optique subit une traction constante permettant de fixer le point de fonctionnement d'atténuation minimale à une valeur spécifiée, et
 - une troisième phase consistant à réaliser le long de ladite fibre lesdites microcourbures définissant des discontinuités surfaciques périodiques.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les discontinuités surfaciques périodiques réalisées le long de la fibre lors de la troisième phase ont un pas linéairement croissant en fonction de la position le long de ladite fibre et en ce que cette croissance linéaire est périodique le long de ladite fibre.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la fibre optique est une fibre à gaine mince en polyimide.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la deuxième phase est réalisée par voie galvanique.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la deuxième phase est réalisée par évaporation.
6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la deuxième phase est réalisée par voie chimique.
7. Dispositif pour la mise en œuvre du procédé, caractérisé en ce qu'il comprend, pour la mise en œuvre de la première phase du procédé consistant en un prétraitement:
 - un module de prétraitement (3),
 - un premier module de rinçage (4),
 - un premier module de séchage (5) et
 - un module de pulvérisation cathodique (6), pour la mise en œuvre de la seconde phase du procédé consistant à métalliser la fibre préalablement revêtue d'une couche d'accrochage:
 - un module d'activation (8),
 - un module de métallisation de la fibre optique (9),
 - un second module de rinçage permettant de débarrasser la fibre du produit de traitement (12) et
 - un module permettant de soumettre ladite fibre optique à une force de traction constante, et pour la mise en œuvre de la troisième phase du procédé consistant à générer le long de la fibre optique préalablement revêtue des discontinuités surfaciques périodiques:
 - un module de dépôt de résine photosensible (14) permettant de déposer une couche de résine photosensible le long de la fibre optique,

- un second module de séchage (15) permettant de sécher la couche de résine photosensible,
 - un module d'exposition (16) permettant d'exposer la fibre optique à une onde lumineuse à travers un masque cylindrique, 5
 - un module de développement (20) permettant le développement des parties de résine photosensible exposées,
 - un troisième module de rinçage (21) permettant de débarrasser la fibre du produit de traitement, 10
 - un module d'attaque chimique (22) permettant de supprimer les parties métallisées dépourvues de résine photosensible et
 - un quatrième module de rinçage (23) permettant de débarrasser la fibre du produit d'attaque chimique. 15
8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit module d'exposition comporte le masque cylindrique (17), reproduisant les discontinuités surfaciques périodiques, à l'intérieur duquel est disposée une source lumineuse (18) produisant l'onde lumineuse. 20
9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit masque cylindrique est réalisé selon au moins une rampe de pas dont les valeurs sont réparties autour de la valeur du pas fixé par la résonance choisie du couplage intermodal. 25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

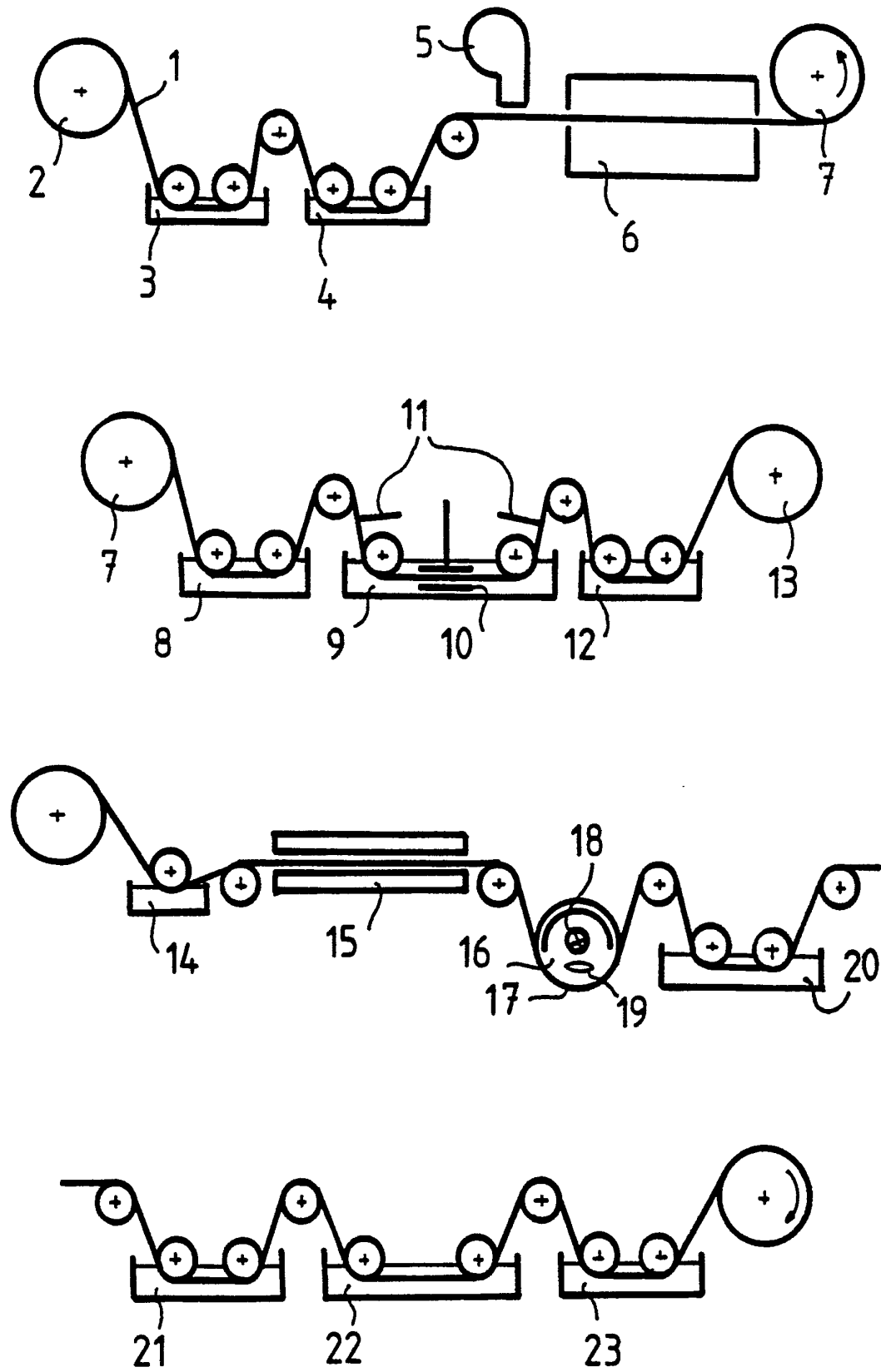


FIG. 1