

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 538 545

②1 N° d'enregistrement national : **82 21799**

⑤1 Int Cl³ : G 01 F 23/22.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 27 décembre 1982.

③0 Priorité

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDES GEORGES CLAUDE. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Pierre Pelloux-Gervais.

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 26 du 29 juin 1984.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦3 Titulaire(s) :

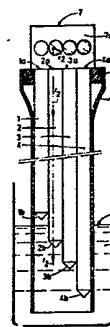
⑦4 Mandataire(s) :

⑤4 Dispositif de mesure du niveau d'un liquide dans un réservoir.

⑤7 L'invention concerne la mesure du niveau d'un liquide dans un réservoir.

Le dispositif comporte plusieurs fibres optiques 1, 2, 3, 4 ayant un indice de réfraction voisin de la valeur moyenne entre $n_2\sqrt{2}$ et $n_3\sqrt{2}$, n_2 et n_3 étant respectivement les indices du milieu gazeux et du liquide dans le réservoir et ayant une extrémité polie plane 1a, 2a, 3a, 4a par laquelle pénètrent les rayons lumineux et une extrémité 1b, 2b, 3b, 4b taillée de façon que lesdits rayons lumineux subissent une réflexion totale, lesdites fibres ayant l'extrémité polie à l'extérieur et l'autre extrémité à l'intérieur du récipient.

L'invention est applicable à la mesure du niveau des liquides cryogéniques.



FR 2 538 545 - A1

D

L'invention concerne essentiellement un dispositif de mesure du niveau d'un liquide contenu dans un réservoir et surmonté d'une atmosphère gazeuse, ce dispositif utilisant la propagation de rayons lumineux dans une fibre optique et la réflexion totale desdits
5 rayons sur une extrémité taillée dans ladite fibre. Le réservoir peut être à la pression atmosphérique, le liquide qu'il contient étant alors normalement sous cet état physique à ladite pression, ou être au contraire sous pression et contenir un gaz liquéfié.

On connaît des moyens pour la mesure du niveau du liquide
10 dans un réservoir basse ou moyenne pression qui utilisent soit la pression différentielle entre le haut et le bas du réservoir, soit, lorsque le réservoir est suffisamment petit, un barreau généralement compensé par un ressort qui plonge dans le liquide et qui est plus ou moins soulevé par la poussée d'Archimède. Ces deux techniques
15 sont coûteuses et la mesure du niveau, bien que continue, manque de précision.

On sait par ailleurs que l'on peut tailler l'extrémité d'une fibre optique de façon que les rayons lumineux qui la parcourent puissent subir une réflexion totale à ladite extrémité. Cette ré-
20 flexion a lieu si les indices de réfraction du matériau de la fibre et du milieu dans lequel elle est plongée sont suffisamment différents l'un de l'autre, dans le cas contraire les rayons se propagent directement de la fibre dans le milieu ambiant, c'est-à-dire sans réflexion. La mesure du niveau d'un liquide au moyen d'une fibre op-
25 tique choisie de façon que son indice soit voisin de celui du liquide, comme il serait logique de le penser, se heurte cependant à des difficultés sérieuses dues au manque de contraste lumineux observé selon que la réflexion totale s'est produite ou non.

L'expérience et le calcul ont montré que pour obtenir un
30 contraste suffisant, il convient d'une part que l'indice de réfraction de la fibre soit choisi de façon à se trouver à l'intérieur d'une gamme de valeurs déterminées dont les limites sont fonction de l'indice de l'atmosphère gazeuse qui surmonte le liquide dans le réservoir et de l'indice du liquide lui-même et, d'autre part, que l'ouverture
35 de la fibre se trouve également dans une gamme de valeurs qui est fonction des indices précités. L'expérience et le calcul ont permis

également de préciser qu'il existe des valeurs optimales pour l'indice de la fibre et pour son ouverture numérique.

La présente invention a pour but de pallier les inconvénients des appareils actuellement connus et propose, à cet effet, en s'appuyant sur les enseignements qui précèdent, un dispositif qui comporte plusieurs fibres optiques de longueurs différentes, faites en un matériau ayant un indice de réfraction n_1 tel que :

$$\frac{n_2}{\sin 45^\circ} \leq n_1 \leq \frac{n_3}{\sin 45^\circ} \quad (1)$$

avec :

n_2 : indice de réfraction de l'atmosphère gazeuse,

n_3 : indice de réfraction du liquide,

et ayant une ouverture numérique $\sin \Theta$ égale à la demi-différence entre deux valeurs de l'intervalle défini par la relation (1), lesdites fibres ayant l'une de leurs extrémités polie et plane par laquelle pénètrent les rayons lumineux, lesquels rencontrent leur extrémité taillée pour être éventuellement renvoyés vers l'extrémité polie, lesdites fibres ayant ladite extrémité polie à l'extérieur du récipient et ladite extrémité taillée à l'intérieur dudit récipient. Il résulte de ce choix de l'indice et de l'ouverture que les extrémités polies planes des fibres, qui sont illuminées ou non selon qu'elles reçoivent ou non des rayons lumineux réfléchis, présentent un contraste suffisant pour permettre une mesure précise du niveau du liquide. L'emploi de plusieurs fibres de longueurs différentes est également un facteur de précision de la mesure, cette précision étant fonction du nombre des fibres ; cet emploi permet, de plus, de suivre éventuellement les variations de niveau du liquide.

Selon une autre caractéristique de l'invention, n_1 est voisin de la valeur moyenne entre les valeurs extrêmes de la relation (1), c'est-à-dire entre $n_2 \sqrt{2}$ et $n_3 \sqrt{2}$ tandis que l'ouverture numérique $\sin \Theta$ est voisine de la demi-différence entre les valeurs extrêmes de ladite relation (1), c'est-à-dire entre $n_2 \sqrt{2}$ et $n_3 \sqrt{2}$.

Ces valeurs de l'indice et de l'ouverture numérique des fibres assurent les meilleures conditions de contraste.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, le dispositif comporte un réflecteur des rayons lumineux disposé au-dessus de la ou des extrémités planes et polies précitées.

Un tel réflecteur facilite la lecture des extrémités
5 polies des fibres en renvoyant la lumière qu'elles reçoivent éventuellement par réflexion totale vers l'observateur.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description qui va suivre.

Dans les dessins annexés donnés uniquement à titre d'exem-
10 ple non limitatif :

- la figure 1 est une vue en élévation latérale et coupe partielle d'un dispositif selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue de face selon la flèche F du dispositif
15 de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en élévation et coupe partielle d'une première variante de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 est une vue partielle, avec arrachement, d'une seconde variante de réalisation de l'invention.

En se référant aux figures 1 et 2 des dessins, on voit
20 que le dispositif selon l'invention comporte quatre fibres optiques 1, 2, 3, 4, de longueurs différentes, comportant chacune une extrémité supérieure plane et polie 1a, 2a, 3a, 4a, et une extrémité inférieure 1b, 2b, 3b, 4b, également polie et qui présente la forme
25 d'un cône ayant un angle au sommet de 90°. Les quatre fibres sont juxtaposées, leurs extrémités planes polies 1a, 2a, 3a, 4a, se trouvant dans un même plan horizontal, de sorte que leurs extrémités inférieures 1b, 2b, 3b, 4b se trouvent à des niveaux différents, le niveau le plus haut étant celui de l'extrémité 1b de la fibre 1,
30 la plus courte, le niveau le plus bas étant celui de l'extrémité 4b de la fibre 4, la plus longue. Les quatre fibres 1 à 4 sont fixées, par exemple par collage, sur un même support 5, par exemple en caoutchouc, ce support étant lui-même engagé, de façon étanche, à l'extrémité supérieure d'un carter 6, par exemple en inox, destiné à assurer
35 la protection des fibres. Sur l'extrémité supérieure du carter 6, donc au-dessus des faces polies planes, 1a, 2a, 3a, 4a des fibres, est

placé un prisme 7. Ce prisme 7 comporte trois faces planes, $7a$, $7b$, $7c$, ces deux dernières formant entre elles un angle 90° . Le prisme 7 est disposé de façon que sa face $7b$ se trouve dans le plan des extrémités polies planes $1a$, $2a$, $3a$, $4a$ des fibres, sa face $7c$ se trouvant donc dans un plan vertical lorsque lesdites fibres sont disposées verticalement. Les fibres et le prisme sont faits en un matériau transparent quelconque, verre ou matière organique. Chaque fibre telle que 1 est composée d'un verre (ou d'une matière organique) de coeur $1'$ d'indice n_1 et d'un verre (ou matière organique) de gainage $1''$ d'indice n_4 , ces indices étant tels que $n_1 > n_4$ de sorte que la lumière se propage par réflexions successives dans la partie de coeur $1'$. La matière organique peut être un acrylate de méthyle.

Supposant le dispositif monté sur un récipient R contenant un liquide L d'indice n_3 et une atmosphère d'indice n_2 ; n_1 , n_2 et n_3 satisfaisant à l'équation (1) et les fibres ayant une ouverture numérique satisfaisante énoncée ci-dessus, les extrémités supérieures $1a$, $2a$, $3a$, $4a$ des fibres étant à l'extérieur du récipient et les extrémités inférieures $1b$, $2b$, $3b$, $4b$ à l'intérieur et le niveau N du liquide se trouvant entre les extrémités $1b$ et $2b$, un rayon lumineux r_1 rencontrant perpendiculairement la face $7c$ du prisme 7 est réfléchi d'abord, par réflexion totale, par la face $7a$, subit ensuite une seconde réflexion totale à l'extrémité $1b$ de la fibre 1 qui se trouve au-dessus du niveau N du liquide, réflexion totale qui le renvoie vers la face $7a$ du prisme 7 et enfin une nouvelle réflexion totale sur la face $7a$, de sorte qu'un observateur dont l'oeil est indiqué en O voit l'extrémité $1a$ illuminée. Par contre, un rayon lumineux r_2 , ayant suivi un chemin identique à celui de r_1 , mais dans la fibre 2, et rencontrant l'extrémité $2b$ de cette fibre qui se trouve au-dessous du niveau N, ne subit aucune réflexion totale, il se propage dans le liquide et n'est pas renvoyé vers l'extrémité $2a$ qui apparaît comme sombre à l'observateur (pour la clarté des dessins, le rayon r_1

a été tracé uniquement sur la figure 1 et le rayon r_2 uniquement sur la figure 2, de plus ces rayons ont été supposés se propager de façon rectiligne dans les fibres 1 et 2). Il en est bien entendu de même pour les fibres 3 et 4 qui sont, a fortiori, immergées dans le liquide. La figure 2 montre l'image qui apparaît à l'observateur (l'image ^{de} 1a est seule illuminée), lequel peut conclure que le niveau du liquide dans le réservoir se situe entre l'extrémité 2b de la fibre 2 et l'extrémité 1b de la fibre 1.

Dans le mode de réalisation représenté à la figure 3, dans laquelle les mêmes chiffres de référence désignent les mêmes éléments que dans les figures 1 et 2, le prisme a été remplacé par un élément prismatique 8, comportant, comme le prisme 7, une face 8b plane en contact avec les extrémités supérieures des fibres et une face réfléchissante 8a, mais dont la face 8c, au lieu d'être plane, est bombée de façon à constituer un système grossissant qui permet d'augmenter la surface de vision de la fibre.

Selon la variante de réalisation représentée à la figure 4, un câble multifibre, désigné par la référence 9, est formé d'un faisceau de fibres élémentaires et souples 10 entourées d'une gaine 11 elle-même souple, ce faisceau de fibres aboutissant à un élément transparent et conique unique 12 qui assure la réflexion totale des rayons lumineux, lesquels peuvent parcourir l'une des fibres élémentaires avant la réflexion totale puis une autre fibre élémentaire après réflexion totale. Ce mode de réalisation a l'avantage de permettre de dévier ou de reporter à distance la partie supérieure du dispositif, là où se fait l'observation. Dans le cas où l'élément 12 est plus petit que le câble constitué par les fibres 10, le raccordement peut se faire par l'intermédiaire d'une lentille.

Il convient de remarquer que, pour le fonctionnement du dispositif soit aussi satisfaisant que possible, il importe, comme il a été indiqué plus haut, de choisir le matériau transparent utilisé pour le cœur des fibres (verre ou matière organique) de telle façon que son indice n_1 soit proche de la valeur moyenne entre les deux valeurs extrêmes de la relation (1), et que l'ouverture numérique desdites fibres soit voisine de la demi-différence

entre lesdites valeurs extrêmes. Il convient, de plus, de remarquer que l'atmosphère gazeuse régnante au-dessus de la plupart des liquides, en particulier de l'eau et de l'oxygène, a pratiquement un indice $n_2 = 1,00$.

5 A titre d'exemple :

a) pour mesurer un niveau d'eau dont l'indice est $n_3 = 1,33$ dans un réservoir, on utilisera, par exemple, des fibres de verre d'un diamètre de 0,2 mm dont le verre de coeur a un indice $n_1 = 1,64$ et une ouverture numérique $\sin \theta = 0,37$.

10 b) pour mesurer le niveau d'oxygène liquide dont l'indice est $n_3 = 1,22$ dans un réservoir, on utilisera des fibres de verre d'un diamètre 0,4 mm dont le verre de coeur a un indice $n_1 = 1,57$ et une ouverture numérique $\sin \theta = 0,16$.

15 Le dispositif selon l'invention offre, par rapport aux dispositifs antérieurement connus, de nombreux avantages :

- il donne une indication très fidèle du niveau du liquide en raison de la précision dont est susceptible une mesure optique ;

20 - les fibres optiques peuvent être coudées sans perte appréciable de luminosité, de sorte qu'une mesure est possible même à grande distance ;

- la faible conductibilité thermique des fibres permet leur emploi même pour les liquides cryogéniques ;

25 - l'indication de niveau ne dépend pas de la densité du liquide.

On pourrait apporter aux modes de réalisation décrits de nombreuses modifications sans pour autant sortir du cadre de l'invention, c'est ainsi, par exemple, que le prisme 7 pourrait être remplacé par un simple miroir, que l'élément conique 12 pourrait être remplacé par un prisme et que le système grossissant de la figure 3 pourrait être remplacé par une loupe associée à un prisme du type représenté à la figure 1. Les fibres optiques pourraient avoir, au lieu d'un verre de coeur à indice constant, un verre de coeur à indice variable. Enfin, les fibres optiques souples pourraient être coudées en U à leur extrémité inférieure de

35

façon que le cône 12 se présente avec la pointe en haut, ce qui évite qu'une goutte de liquide reste accrochée à cette pointe pour les fibres de faible épaisseur, c'est-à-dire ayant un diamètre inférieur à 1,5 mm.

REVENDECATIONS

1. - Dispositif de mesure du niveau d'un liquide contenu dans un réservoir et surmonté d'une atmosphère gazeuse, utilisant la propagation de rayons lumineux dans une fibre optique et la réflexion totale desdits rayons sur une extrémité taillée de ladite fibre, ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte plusieurs fibres optiques (1, 2, 3, 4) de longueurs différentes, faites en un matériau ayant un indice de réfraction n_1 tel que :

$$\frac{n_2}{\sin 45^\circ} \ll n_1 \ll \frac{n_3}{\sin 45^\circ} \quad (1)$$

10 avec :

n_2 : indice de réfraction de l'atmosphère gazeuse

n_3 : indice de réfraction du liquide.

et ayant une ouverture numérique $\sin \Theta$ égale à la demi-différence entre deux valeurs de l'intervalle défini par la relation (1),

15 lesdites fibres ayant l'une de leurs extrémités (1a, 2a, 3a, 4a) polie et plane par laquelle pénètrent les rayons lumineux, lesquels rencontrent leur extrémité taillée (1b, 2b, 3b, 4b) pour être éventuellement renvoyés vers l'extrémité polie, lesdites fibres ayant ladite extrémité polie à l'extérieur du récipient R et ladite extrémité taillée à l'intérieur dudit récipient.

2. - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que n_1 est voisin de la valeur moyenne entre les valeurs extrêmes de la relation (1), c'est-à-dire entre $n_2 \sqrt{2}$ et $n_3 \sqrt{2}$ et en ce que l'ouverture numérique $\sin \Theta$ est voisine de la demi-différence entre les valeurs extrêmes de ladite relation (1), c'est-à-dire entre $n_2 \sqrt{2}$ et $n_3 \sqrt{2}$.

3. - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un réflecteur (7) des rayons lumineux disposés au-dessus des extrémités polies (1a, 2a, 3a, 4a).

30 4. - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte un concentrateur de lumière (8) associé à chacune des fibres (1, 2, 3, 4) précitées.

5. - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'extrémité taillée précitée (1b, 2b, 3b, 4b) présente la forme d'un cône ayant un angle sommet de 90° .

6. - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'extrémité taillée précitée (1b, 2b, 3b, 4b) présente la forme d'un prisme ayant un angle au sommet de 90° .

5 7. - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque fibre optique telle que (1) est formée d'un coeur (1') entouré d'un gainage (1''), ce coeur et ce gainage étant faits en des matériaux transparents d'indices de réfraction n_1 et n_4 respectivement avec $n_1 > n_4$, les rayons lumineux se propageant par réflexions successives dans le coeur précité.

10 8. - Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que chaque fibre optique est constituée par un câble multifibre (9) formé d'un faisceau (10) de fibres élémentaires et souples entourées d'une gaine (11) et dont les extrémités logées dans le réservoir aboutissent à un élément conique unique (12).

1/2

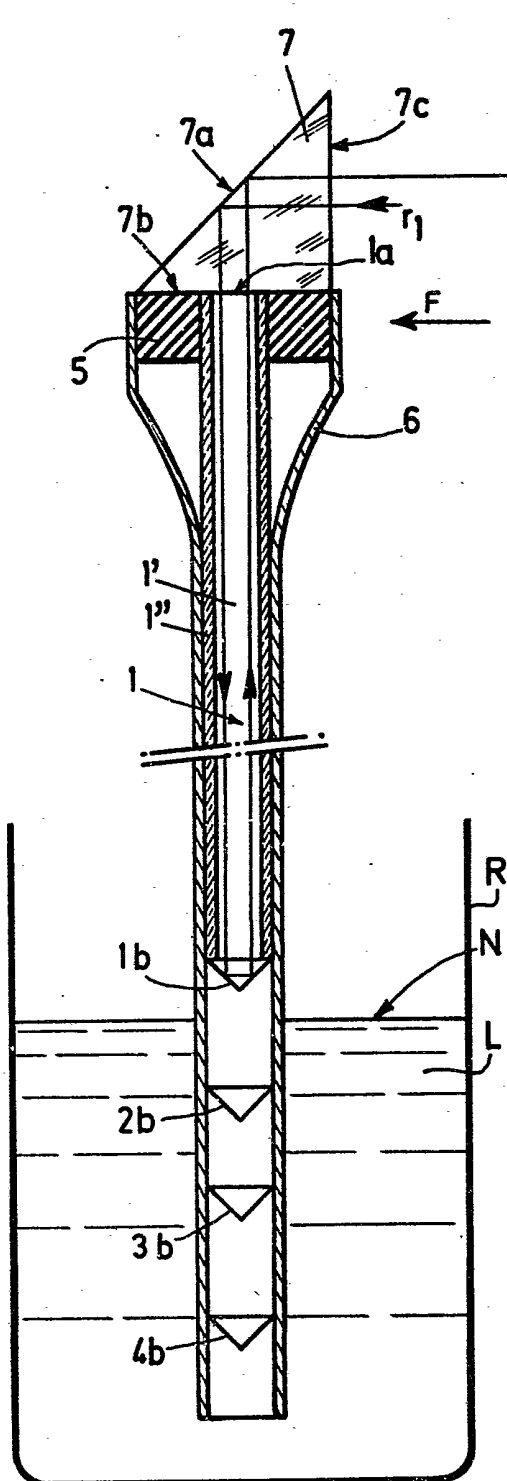


FIG.1

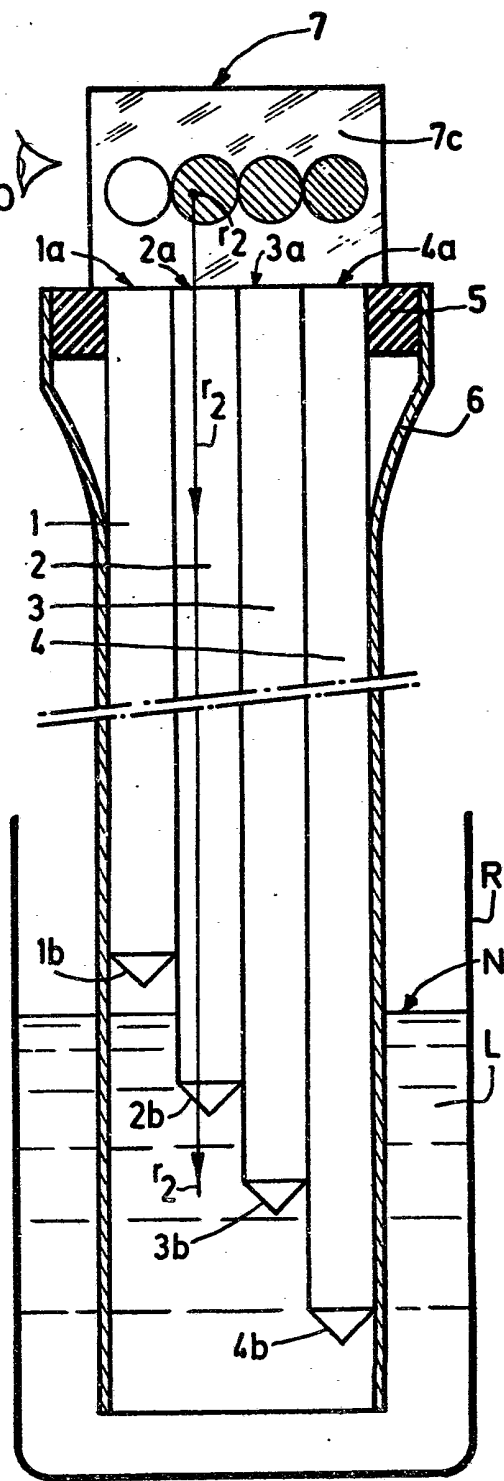


FIG.2

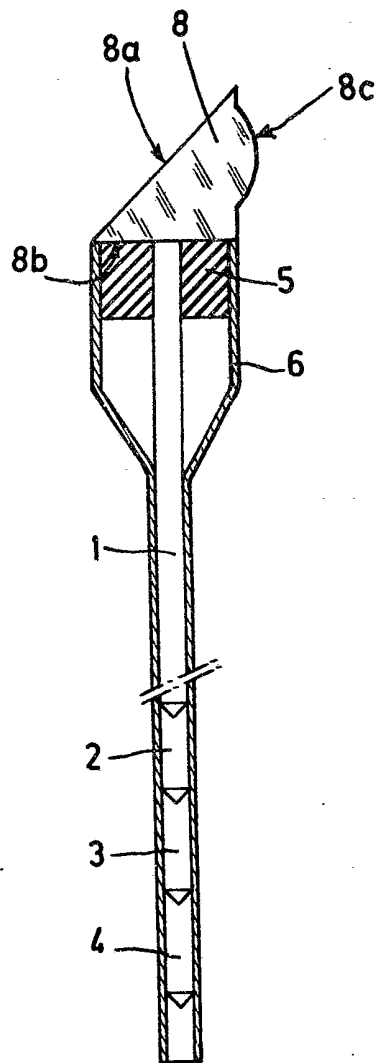


FIG. 3

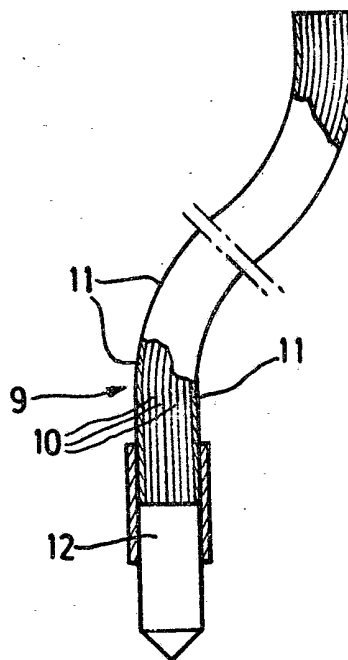


FIG. 4