

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

②

N° 81 07572

⑤④ Dispositif et procédé de modulation d'énergie rayonnante.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. ³). G 02 F 1/00; G 02 B 5/172.

②② Date de dépôt..... 15 avril 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④① Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 42 du 22-10-1982.

⑦① Déposant : Société dite : CHEVRON RESEARCH COMPANY, résidant aux EUA.

⑦② Invention de : Donald Schmadel, William H. Culver et Gordon Gould.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Rinuy, Santarelli,
14, av. de la Grande-Armée, 75017 Paris.

L'invention concerne le domaine de la modulation d'énergie rayonnante dans des fibres optiques à mode unique.

Les techniques antérieures de modulation de phase ou de modulation de fréquence de, par exemple, la lumière dans une fibre optique utilisent l'effet acousto-optique selon lequel le signal à appliquer à la lumière se déplaçant dans la fibre est utilisé pour exciter mécaniquement ou acoustiquement la fibre. Cette excitation mécanique ou acoustique entraîne une variation de l'indice optique du noyau de la fibre. Il en résulte une variation de la longueur du trajet optique de la lumière se déplaçant dans la fibre. La lumière est donc modulée en phase et en fréquence par le signal. Dans le cas de fibres de verre, la variation de l'indice optique est très petite pour une énergie donnée d'excitation mécanique ou acoustique. Pour obtenir une modulation suffisante, il est nécessaire d'utiliser une énergie de signal élevée ou de grande longueur d'interaction, la longueur d'interaction étant la longueur de fibre qui doit être excitée acoustiquement pour qu'une modulation se produise. La sensibilité des fibres optiques à la modulation acoustique directe est décrite par J. A. Bucaro dans "Applied Optics", volume 18, n° 6, 15 mars 1979.

L'invention utilise un nouveau type de perturbations spatialement périodiques mobiles, engendrées dans la paroi d'un guide d'ondes à fibre optique à mode unique pour produire une modulation. L'effet d'une perturbation fixe, périodique dans l'espace, sur un guide d'onde rectangulaire est décrit par Dietrich Marcuse dans "Bell System Technical Journal", volume 48, pages 3233-3242, décembre 1969. L'effet d'un autre type de perturbations fixes périodiques dans l'espace, est décrit par B.S. Kawasaki et collaborateurs dans "Optic Letters" volume 3, n° 2, août 1978.

Dans chaque cas, les perturbations périodiques du point de vue spatial sont maintenues à l'état stationnaire de par la façon même dont elles sont produites.

L'invention réalise une modulation dans une fibre optique à mode unique au moyen d'une perturbation ou

interférence mobile, spatialement périodique. Cette
interférence spatialement périodique est utilisée pour
réfléchir une bande étroite de longueurs d'ondes d'énergie
rayonnante qui, grâce au mouvement de l'interférence
5 spatialement périodique, est modulée en phase et/ou en
fréquence. L'invention provoque l'interférence spatialement
périodique au moyen d'une grille optique placée à proximité
du noyau d'une fibre à mode unique. Cette interférence
périodique est déplacée par un mouvement de la grille optique
10 par rapport à la fibre.

L'invention prévoit de nombreux moyens de
couplage du mouvement de la grille optique de la fibre sur
divers types de signaux ou d'états. Ces moyens comprennent le
couplage sur des signaux à haute fréquence et à basse
15 fréquence, y compris des signaux statiques ou des états. Ces
moyens permettent le couplage pour des signaux électriques,
électromagnétiques, magnétiques et acoustiques et pour des
niveaux de chaleur, des états et des conditions d'humidité.

L'invention réalise un multiplexage en fréquence
20 de nombreux signaux dans la même fibre au moyen d'une énergie
rayonnante à longueurs d'ondes multiples, passant dans la
fibre, et en réglant la période spatiale de chaque
perturbation ou interférence spatialement périodique afin
qu'elle ne réagisse qu'avec une longueur d'onde différente et
25 particulière de l'énergie à longueurs d'ondes multiples.

L'invention réalise le multiplexage à division
dans le temps de nombreux signaux dans la même fibre à mode
unique par l'utilisation, par exemple, d'une lumière pulsée
dans la fibre et par la localisation de diverses
30 interférences spatialement périodiques à des distances
connues le long de la fibre. Bien que diverses interférences
spatialement périodiques puissent réagir avec la même
longueur d'onde, la réflexion de l'énergie rayonnante pulsée
arrive à la source à des instants différents. Les signaux
35 provenant de chaque interférence spatialement périodique
peuvent donc être classés.

L'invention concerne un dispositif de
démodulation optique réalisé totalement dans la fibre à mode

unique et obtenu par la mise en place d'une seconde grille
optique le long de la fibre. Le dispositif de démodulation
optique fonctionne sensiblement à la manière d'un
interféromètre de Fabry-Pérot et il permet d'effectuer la
5 première étape de démodulation de fréquence ou de phase
optique en un point aussi proche que souhaité de l'entrée du
signal, ce qui minimise les bruits thermiques et mécaniques
et évite l'utilisation d'un dispositif interférométrique
séparé et coûteux.

10 L'invention concerne un dispositif de détection
qui localise de façon spectrale les pointes de réflexion des
perturbations spatialement périodiques.

L'invention concerne également un dispositif de
détection destiné à être utilisé avec le dispositif de
15 démodulation optique indiqué ci-dessus, dispositif de
détection dont le signal de sortie donne la position
spectrale des résonances optiques de l'interféromètre, ce qui
minimise l'effet des variations d'amplitude de la source de
lumière, par exemple.

20 L'invention peut être définie comme ayant trait à
un dispositif destiné à moduler de l'énergie rayonnante dans
une fibre optique revêtue à mode unique qui présente une zone
de commande de modulation dans laquelle le revêtement est
partiellement enlevé ou réalisé à une épaisseur inférieure à
25 celle de la partie restante de ce revêtement, une grille
optique, des moyens de montage de la grille optique dans la
zone de commande afin que les crêtes de la grille optique
soient à peu près perpendiculaires à la fibre optique, et
des moyens destinés à déplacer longitudinalement la grille
30 optique par rapport à la fibre optique afin de moduler en
phase et/ou en fréquence une bande étroite de l'énergie
rayonnante dans la fibre optique.

L'invention concerne également un procédé de
modulation de phase et/ou de fréquence d'une énergie
35 rayonnante dans une fibre optique à mode unique, consistant à
enlever une partie du revêtement d'une fibre optique à mode
unique entourée d'un revêtement, à monter une grille optique
sur la fibre, dans la zone où la partie du revêtement a été

retirée, afin que les crêtes de la grille soient orientées à peu près perpendiculairement à l'axe longitudinal de la fibre optique, et à provoquer un déplacement longitudinal de la grille par rapport à l'axe longitudinal de la fibre.

5 L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs et sur lesquels :

10 - la figure 1 est une coupe longitudinale partielle, à échelle agrandie, d'une fibre à mode unique associée à une grille optique selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue de dessous, avec coupe partielle, des éléments montrés sur la figure 1 ;

15 - la figure 3 est un graphique montrant l'intensité de la lumière réfléchie en fonction de la longueur d'onde pour une perturbation spatialement périodique ;

- la figure 4 représente à échelle très agrandie la surface d'une grille ;

20 - la figure 5 est une vue analogue à celle de la figure 1, montrant une variante de l'invention ;

- la figure 6 est une vue en bout des éléments représentés sur la figure 5 ;

- la figure 7 est une vue analogue à celle de la figure 5, montrant une variante de l'invention ;

25 - la figure 8 est une vue analogue à celle de la figure 1, montrant une autre variante de l'invention ;

- la figure 9 est une vue de dessous des éléments représentés sur la figure 8 ;

30 - la figure 10 est une vue analogue à celle de la figure 1, montrant une autre forme de réalisation de l'invention ;

- la figure 11 est une vue analogue à celle de la figure 1, montrant une autre forme de réalisation de l'invention ;

35 - la figure 12 est une coupe schématique du dispositif selon l'invention couplé à un microphone ;

- la figure 13 est une élévation schématique partielle d'un dispositif destiné à empêcher une grille à couche mince de se déplacer radialement ;

- la figure 14 est une vue partielle en bout des éléments représentés sur la figure 13 ;

5 - la figure 15 est une coupe schématique partielle du dispositif selon l'invention couplé à un hydrophone ;

- la figure 16 est une vue schématique à échelle agrandie d'une partie des éléments représentés sur la figure 15 ;

10 - la figure 17 est une élévation partielle montrant une application de l'invention dans le cas où les perturbations spatialement optiques sont déplacées par des mouvements de dilatation ou de contraction thermique ;

15 - la figure 18 est une coupe longitudinale partielle montrant l'application du dispositif selon l'invention dans le cas où la grille est déplacée par une bobine ;

- la figure 19 est une vue analogue à celle de la figure 18, montrant une forme de réalisation dans laquelle la bobine est remplacée par l'élément immobile d'un solénoïde ;

20 - la figure 20 est une élévation d'une forme de réalisation de l'invention dans laquelle la grille est soumise à un déplacement angulaire ;

- la figure 21a est une élévation d'une autre forme de réalisation du dispositif selon l'invention ;

25 - la figure 21b est une vue schématique en plan de dessous du dispositif montré sur la figure 21a ;

- la figure 22a est une vue analogue à celle de la figure 21a, montrant une autre forme de réalisation du dispositif de modulation selon l'invention ; et

30 - la figure 22b est une vue schématique en plan de dessous du dispositif montré sur la figure 22a.

L'invention sera à présent décrite en détail dans son application à une fibre optique à mode unique, utilisée comme conduit de lumière. Il est cependant évident que
35 d'autres formes d'énergie rayonnante électromagnétique peuvent être utilisées avec la fibre à mode unique, par exemple un rayonnement infrarouge.

Une fibre optique à mode unique est une fibre réalisée de manière à ne permettre qu'au mode d'ordre le plus bas de se propager. Ce mode d'ordre le plus bas pour certaines fibres à mode unique est subdivisé en deux parties.

5 Dans ces cas, le mode d'ordre le plus bas contient deux états de propagation qui se distinguent par le fait que leurs polarisations sont perpendiculaires entre elles.

Comme décrit précédemment, l'invention engendre une perturbation mobile, spatialement périodique, dans la

10 paroi d'une fibre optique à mode unique, au moyen d'une grille optique. Cette dernière est suffisamment rapprochée du noyau de la fibre pour réagir avec les champs évanescents ou non rayonnants de la lumière parcourant la fibre. Dans les cas où la fibre optique à mode unique porte un revêtement

15 trop épais pour permettre à la grille d'être suffisamment proche du noyau, le revêtement peut être partiellement enlevé par meulage ou de toute autre manière.

Les figures 1 et 2 représentent une fibre optique

10 à mode unique comportant un noyau ou une âme 12 qui transmet la lumière, par exemple en matière plastique, en verre ou en quartz, et un revêtement 14 d'indice de

20 réfraction inférieur, par exemple en verre ou en matière plastique. Le revêtement 14 est représenté comme étant partiellement éliminé, par exemple par meulage en 16. La zone

25 meulée 16 est montée dans une grille optique indiquée globalement en 18. La grille optique 18 comprend des dents et des rainures 14 qui alternent périodiquement.

Dans un tel dispositif, la paroi 20, située dans la zone meulée 16 entourant le noyau 12 de la fibre à mode

30 unique, à proximité de la grille optique 18, est constituée d'une mince couche de verre ou de matière plastique 20 et de dents et rainures 24 qui alternent périodiquement afin de constituer une perturbation spatialement périodique de l'indice optique de la paroi entourant le noyau de la fibre.

35 Le champ évanescent de la lumière parcourant la fibre est renvoyé vers la source par cette perturbation spatialement périodique lorsque la période est proche d'un multiple entier de $1/2\lambda$. Ce phénomène, appelé réflexion de Bragg, est montré graphiquement sur la figure 3.

Le graphique de la figure 3 montre l'intensité de la lumière réfléchiée en fonction de la longueur d'onde pour une perturbation spatialement périodique particulière. Le centre λ_c de la bande de longueurs d'ondes réfléchiée est :

5

$$\lambda_c = \frac{ND}{2}$$

où D est la longueur de la période spatiale ;

10 N est l'indice optique effectif pour la fibre à mode unique.

La largeur de cette bande de longueurs d'ondes est donnée par :

$$\Delta\lambda = 2N\ell$$

15 où ℓ est la longueur sur laquelle la fibre est en contact avec la grille.

Le facteur de réflexion de la perturbation spatialement périodique dans cette bande de longueurs d'ondes peut être augmenté ou diminué d'un facteur commun en rapprochant ou éloignant la grille du noyau et en utilisant, pour cette grille, des matières ayant des indices optiques de réfraction supérieurs ou inférieurs. En outre, étant donné que la perturbation spatialement périodique est provoquée par une perturbation périodique de l'indice optique de la paroi d'une fibre à mode unique, la grille peut être constituée de toute matière ayant une surface présentant une variation périodique de son indice optique. Une grille à pellicule holographique constitue une telle matière.

25 L'invention permet également d'utiliser une perturbation spatialement périodique de la conductivité. Dans ce cas, on place à proximité du noyau de la fibre une surface dont la conductivité varie périodiquement, comme montré sur les figures 21a et 21b. La plaque 200 est en matière non conductrice, par exemple en verre ou en matière plastique, sur laquelle des bandes conductrices 201 sont déposées par évaporation et peuvent être, par exemple, en métal. La plaque est orientée à proximité du noyau de la fibre afin que les bandes métalliques soient à peu près

perpendiculaires à l'axe optique de la fibre. Un autre moyen pour produire la perturbation périodique spatiale de la conductivité consiste à utiliser une plaque 202 (figures 22a et 22b) qui est conductrice et sur laquelle des bandes 203 de matière non conductrice, par exemple de SiO, sont déposées par évaporation. Les plaques telles que celles montrées sur les figures 21a et 21b, 22a et 22b sont appelées "grilles optiques" ou "grilles". L'invention concerne les moyens suivants pour obtenir une période spatiale particulière à partir d'une grille ayant une période spatiale plus courte.

La figure 4 représente à échelle très agrandie la surface 24' d'une grille. Les lignes "P" sont des lignes à conductivité ou indice de réfraction constant, formées le long de la surface de la grille. La variation spatiale est perpendiculaire à ces lignes qui sont espacées les unes des autres d'une période. Diverses orientations d'une fibre à mode unique par rapport à la surface 24' sont indiquées par une représentation en traits mixtes de l'axe optique de la fibre à mode unique. Dans l'orientation A, indiquée par la ligne "A" en traits mixtes, perpendiculaire aux lignes P, la période spatiale apparaît, sur la figure, comme étant égale à l . La période spatiale correspondant à l'orientation "B" est $l/\cos\theta$, c'est-à-dire supérieure à l , qui est la période spatiale "normale" de la grille, θ étant l'angle formé entre l'axe optique de la fibre à mode unique dans l'orientation A, qui est perpendiculaire aux lignes d'indice optique égal de la surface, et l'orientation B.

Une perturbation périodique spatiale ainsi obtenue peut être déplacée par rapport à la fibre par simple mouvement de la grille par rapport à cette fibre. L'invention associe le mouvement ou la position de la grille, tel que mesuré le long de l'axe optique de la fibre à mode unique, à un signal ou paramètre d'entrée. Le résultat est une réflexion d'une bande de longueurs d'ondes particulière de la lumière qui se déplace dans la fibre, par une perturbation périodique spatiale qui est déplacée ou positionnée en réponse à un signal ou paramètre d'entrée.

La perturbation périodique spatiale mobile module la fréquence de la lumière réfléchie conformément au décalage relativiste de Doppler, tel que spécifié dans l'ouvrage portant sur le principe physique de la relativité spéciale.

Dans les cas où la position de la grille telle que mesurée le long de l'axe optique de la fibre à mode unique est couplée à un paramètre d'entrée, la réflexion de la bande de longueurs d'ondes se produit en divers points le long de la fibre à mode unique, ces points dépendant de ce paramètre d'entrée. Ces variations de la position de la perturbation périodique spatiale, dues à des variations de la position de la grille, provoquent des variations de la longueur du trajet optique parcouru par la lumière se déplaçant sur la fibre à mode unique jusqu'à la perturbation périodique spatiale, cette lumière étant réfléchie et revenant vers la source. La variation de la longueur du trajet optique module la phase de la lumière réfléchie par rapport à celle de la source de lumière. Les calculs montrent qu'un tel système, c'est-à-dire un déplacement de la grille pour produire une modulation, demande un signal ayant une énergie très inférieure à celle utilisée jusqu'à présent dans le domaine des dispositifs de modulation à fibre.

L'invention concerne plusieurs moyens destinés à associer ou coupler le mouvement ou la position de la grille à un signal ou paramètre d'entrée. Les figures 5 et 6 représentent un dispositif qui accouple acoustiquement un transducteur 26 à onde de cisaillement à la grille 18. Un signal électrique d'entrée, appliqué par des électrodes 28 et 30, excite le transducteur 26 à mode de cisaillement, afin qu'il engendre une onde acoustique de cisaillement dans le plan contenant les dents 24 de la grille 18. Une onde acoustique de cisaillement est caractérisée par un mouvement de la matière comme indiqué par les flèches 32, perpendiculairement à la direction de propagation de cette onde, indiquée par les flèches 34. Selon l'invention, le transducteur 26 à mode de cisaillement est disposé de manière à polariser le mouvement de la matière parallèlement à l'axe

optique de la fibre à mode unique qui est également parallèle à la direction de la périodicité spatiale de la perturbation périodique spatiale. Cette dernière se déplace donc parallèlement à l'axe optique de la fibre à mode unique sous l'effet
5 du mouvement des dents de la grille qui, lui-même, est dû au signal électrique d'entrée appliqué au transducteur à mode de cisaillement. Un absorbeur 36, constitué d'un bloc de matière accordé du point de vue acoustique, est fixé sur le dessus de l'élément portant la grille 18 afin de réduire la réflexion
10 indésirable de l'onde de cisaillement se propageant.

Il convient en outre de noter que la grille peut faire partie du transducteur, c'est-à-dire que la grille peut elle-même être réalisée en matière piézoélectrique comme montré, par exemple, sur les figures 7, 8 et 9.

15 Sur la figure 7, un bloc piézoélectrique 40 présente, à sa surface inférieure, une grille 18-7 qui est métallisée en 42 afin de constituer l'une des électrodes, et qui comporte un conducteur électrique 44. L'autre électrode 46 située à la surface supérieure du cristal piézoélectrique
20 40 est reliée à un conducteur 48. Une flèche 50 indique la direction du mouvement de la grille 18-7 par rapport à l'axe du noyau 12 de la fibre optique 10 à mode unique.

Les figures 8 et 9 représentent une grille 18-8 constituée d'une plaquette transductrice piézoélectrique
25 40-8 et illustrant une forme de l'invention dans laquelle les dents et les rainures ou crêtes et creux de la grille sont formés par une onde acoustique de surface indiquée par les lignes 59. Dans ce cas, une variation de la fréquence du signal d'entrée, appliqué par des conducteurs 54-56 au réseau
30 d'électrodes 60-62, provoque une variation de l'écartement des crêtes et des creux de la grille formée par l'onde acoustique de surface. Les électrodes 60-62 peuvent être formées par métallisation de certaines parties de la surface inférieure de la plaquette transductrice 40-8. La bande de
35 longueurs d'ondes qu'une telle grille réfléchit se décale directement en réponse à une variation de la fréquence du signal d'entrée. La fréquence d'entrée appliquée aux électrodes 60-62 peut être associée à un signal ou paramètre

d'entrée afin de moduler la fréquence centrale de la bande de longueurs d'ondes réfléchies (figure 3). Dans ces cas, l'expression "fibre optique à mode unique" s'étend également à des fibres optiques à modes multiples qui ne permettent la propagation que de modes dont les constantes de propagation sont presque égales afin de maintenir la cohérence optique sur la longueur de la grille. L'invention détecte la fréquence du signal d'entrée en suivant la position spectrale de la bande de longueurs d'ondes réfléchies au moyen d'un spectromètre optique. Dans les cas où on peut régler la fréquence du signal d'entrée, un dispositif tel que celui montré sur la figure 9 peut être utilisé comme filtre accordable pour sélectionner diverses bandes de longueurs d'ondes de lumière.

La figure 10 représente un second moyen selon l'invention pour coupler un signal électrique d'entrée au mouvement ou à la position de la grille. Ce moyen utilise un transducteur piézoélectrique 64 à mode longitudinal dont un côté est lié à la grille 18-10 et dont le côté opposé est lié fixement à la fibre à mode unique, un bras 66 étant collé en 68 au revêtement 14 de la fibre optique 10 à mode unique. Les côtés opposés du transducteur 64 à mode longitudinal sont métallisés comme indiqué en 70 et en 72, des conducteurs électriques 74 et 76 étant fixés à ces métallisations. Lorsque des signaux électriques de basse fréquence sont appliqués au transducteur 64, ce dernier se dilate et se contracte dans la direction du champ électrique. Etant donné que le côté opposé à la grille 18-10 est maintenu par rapport à la fibre à mode unique, les dents et les rainures de la grille se déplacent avec une composante du vecteur vitesse orientée parallèlement à l'axe optique de la fibre à mode unique, en réponse au signal d'entrée.

L'invention comprend également une variante du dispositif de la figure 10, dans laquelle la grille fait partie du transducteur, cette forme particulière de réalisation étant représentée à titre d'exemple sur la figure 11.

La figure 11 représente en 64' un transducteur piézoélectrique à mode longitudinal, comportant des électrodes extrêmes 80 et 82. La face inférieure du transducteur 64' comporte une grille 24-11 et l'extrémité du transducteur adjacent à l'électrode 82 est collée au revêtement 14-11 de la fibre optique à mode unique 10, comme indiqué en 84. Une flèche 86 indique le mouvement de la grille en réponse à un signal électrique oscillant d'entrée appliqué aux électrodes 80 et 82.

Dans tous les cas où des transducteurs piézo-électriques sont utilisés, il est possible, selon l'invention, de remplacer le transducteur piézo-électrique par un transducteur magnétostrictif et par une bobine à noyau mobile lorsqu'il s'agit de déplacer ou de positionner la grille. En outre, l'invention permet de coupler les signaux magnétiques directement en remplaçant le transducteur piézoélectrique par une matière magnétostrictive qui produit un mouvement ou modifie la position de la grille lorsqu'elle est exposée directement au signal ou à l'état magnétique. L'invention prévoit également la détection directe de champs électriques et de champs électromagnétiques à l'aide de transducteurs piézoélectriques. Dans ce cas, la matière piézoélectrique peut être exposée directement au champ. Le mouvement ou la modification de forme qui en résulte pour la matière provoque un déplacement ou un positionnement de la grille. Selon l'invention, il est également possible de mettre en place des électrodes d'antenne qui rassemblent une plus grande partie de l'énergie disponible lors de la détection de champs faibles. Les électrodes conduisent ensuite électriquement cette énergie au transducteur piézoélectrique. On obtient ainsi un système d'antennes qui est relié au récepteur ou à l'amplificateur au moyen d'une fibre optique, ce qui élimine les parasites électriques apparaissant dans la liaison entre l'antenne et le récepteur, ainsi que le risque de conduction de la foudre, frappant l'antenne, jusqu'au récepteur ou à l'amplificateur.

Un troisième moyen pour associer le mouvement ou la position de la grille à un signal utilise des signaux

acoustiques. Dans ce cas, l'invention applique le signal acoustique directement à la grille comme montré, par exemple, sur la figure 12. La figure 12 représente globalement en 90 un dispositif à microphone comprenant une fibre optique 10 à mode unique collée dans des parties avant et arrière 92 et 94 d'un microphone 90. La fibre passe également dans un trou d'un diaphragme 96 du microphone, ce diaphragme étant fixé à la paroi 98 du microphone. Une grille 100 est portée par le diaphragme 96, dans une position telle qu'elle oscille lorsque le diaphragme 96 se déplace sous l'effet d'ondes acoustiques, ce qui provoque un mouvement ayant une composante de vitesse parallèle à l'axe de la fibre à mode unique. Le diaphragme est relié mécaniquement à la grille, ce qui provoque un mouvement de cette dernière en réponse aux signaux acoustiques. Un absorbeur convenable 98', par exemple une mousse de matière plastique, est placé entre la paroi 98 et le diaphragme 96. Dans le cas de signaux acoustiques de faible énergie, l'invention prévoit l'utilisation de grilles de faible masse et de moyens de suspension de la grille à faible masse, par exemple un voile à croisillon ou des fibres de quartz, comme montré sur les figures 13 et 14.

Les figures 13 et 14 représentent une fibre optique 10 à mode unique dont un tronçon du revêtement 14 est éliminé en 16. Dans l'évidement réalisé en 16, une grille 102, formée d'une mince couche, est placée et maintenue en relation optique étroite avec le noyau 12 de la fibre optique 10 au moyen d'une âme ou d'une fibre de quartz indiquée globalement en 104. Les extrémités prolongées 106 de la fibre 104 de verre sont assujetties à des organes fixes, comme représenté.

Dans le cas de la détection d'ondes acoustiques dans l'eau, l'invention prévoit l'utilisation d'une antenne hydroacoustique telle que celle montrée sur la figure 15 et en partie sur la figure 16.

Une membrane cylindrique 110 à faible impédance, d'une longueur $\frac{\Lambda}{6}$, Λ étant la plus faible longueur d'onde acoustique concernée, contient un gaz, par exemple de l'hélium ou de l'air, et se comporte comme un diaphragme

transmettant le signal acoustique de l'eau au gaz. Le signal appliqué au gaz passe dans un cylindre rigide 112 de diamètre A, puis dans un tube rigide 114 de diamètre B. La jonction de ces deux tubes constitue un "transformateur d'impédance" et elle ressemble à un entonnoir 116. La surface en forme d'entonnoir adapte l'impédance du tube rigide, rempli de gaz, de la membrane à celle de l'eau si :

10

$$\frac{\Omega g}{\Omega W} = \frac{\pi B^2}{\pi A [\lambda/6]}$$

15 dans laquelle

Ωg est l'impédance acoustique spécifique du gaz, et ΩW est l'impédance acoustique spécifique de l'eau, et A et B sont les diamètres des deux tubes, comme montré sur la figure 15. Une fois que l'onde acoustique a pénétré dans le petit tube rigide, elle frappe un diaphragme ou voile 118 de faible masse, par exemple une pellicule colloïdale qui est liée à une grille 120 de faible masse (figure 16). La grille se déplace en réponse au signal acoustique.

La fibre 10 à mode unique est reliée rigidement, à l'intérieur du tube 114, à une plaque extrême 122 qu'elle traverse en passant dans un trou. L'autre extrémité de la fibre 10 est reliée rigidement à un bloc 124 de fixation qui est assujéti dans la partie 116 constituant l'adaptateur d'impédance.

Une matière convenable 126 d'absorption acoustique remplit la zone extrême 128 du dispositif afin de réduire la réflexion des ondes acoustiques par l'extrémité 122 de l'hydrophone, cette réflexion risquant de provoquer un déplacement du voile 118 et, par conséquent, de faire osciller la grille 120.

Un quatrième dispositif selon l'invention, couplant la grille à des signaux d'entrée, concerne les mesures thermiques. Un tel dispositif associe mécaniquement

la position de la grille à une matière qui peut changer de forme ou de dimension sous l'effet des variations des températures.

La figure 17 représente un cas particulier dans lequel la matière sensible à la température se présente sous la forme d'un tube et entoure la fibre à mode unique et la grille. Dans la forme de réalisation de la figure 17, la fibre optique à mode unique est désignée en 10 et une partie de son revêtement 14 est enlevée dans une zone 16. Une grille 102-17 à couche mince, par exemple la grille 102 représentée sur la figure 13, est montée dans la zone 16.

Un tube 130, pouvant se dilater sous l'effet de la chaleur, entoure à retrait un tronçon longitudinal de la fibre 10, comprenant la zone 16. La dilatation et la contraction thermiques de cette longueur de tube provoquent la modulation d'une bande étroite de lumière à l'intérieur de la fibre 10. Dans ce cas, la grille se déplace sur une distance égale à la différence d'amplitude des mouvements de dilatation thermique de la fibre à mode unique et du tube.

L'invention prévoit en outre un moyen utilisant la grille elle-même comme matière changeant de forme ou de dimension sous l'effet des variations de température. Dans cette forme de réalisation, une variation de la dimension de la grille provoque une variation proportionnelle de la période spatiale de la perturbation périodique spatiale, ce qui entraîne un décalage du spectre de la bande de longueurs d'ondes réfléchies de la perturbation périodique spatiale. La détection, dans un tel dispositif, revient à l'obtention d'une analyse spectrale de la lumière réfléchie par la perturbation périodique spatiale et à une mesure de la variation $\Delta\lambda_c$ de la longueur d'onde centrale λ_c . De même que dans l'équation précédente pour λ_c , $\Delta\lambda_c$ est proportionnel à ΔD qui est la variation de la période spatiale de la perturbation périodique spatiale. En utilisant une matière de grille ayant un coefficient de dilatation thermique très supérieur à celui de la fibre à mode unique, les conditions thermiques contrôlées s'avèrent être une fonction mathématique directe de $\Delta\lambda_c$.

La figure 18 représente une fibre 10 à mode unique comprenant un noyau 12 et un revêtement 14 qui présentent la zone meulée classique 16. Une grille 24, montée dans cette zone 16, est déplacée dans la direction indiquée par une flèche 150 par une bobine électrique 152 comportant des conducteurs 154 et 156. La bobine engendre un champ magnétique autour du noyau 158 en matière magnétostrictive. Le noyau est collé en 160 à la grille et, par son extrémité opposée, en 162, au revêtement 14. Il est évident à l'homme de l'art que l'enroulement 152 n'est pas nécessaire lorsque le dispositif est utilisé pour la mesure de champs magnétiques.

La figure 19 représente une fibre 10 à mode unique dont le revêtement 14 présente une zone meulée 16 dans laquelle est montée la grille optique 24. Le montage comprend une fibre ou un étrier 104-19 de quartz, comme décrit en regard des figures 13 et 14. Une extrémité de la grille 24 est collée en 170 à un noyau 172 mobile dans une bobine 174 qui, elle-même, est collée en 176 au revêtement 14 de la fibre.

La figure 20 représente une fibre optique 10 dont le revêtement 14 présente une zone meulée 16 dans laquelle la grille optique 24 est montée. L'élément 180 de montage comprend une mince fibre 182 collée en 184 et 186 à la surface extérieure du revêtement 14. La grille 24 est placée entre les extrémités de la fibre 182 et elle est maintenue dans la position souhaitée par un point de colle 188. Un bras 190 est également collé sur la surface supérieure de la grille 24 et son extrémité libre 192 est reliée, par exemple, à l'élément mobile de la bobine montrée sur la figure 19, ou bien au voile mobile 118 représenté sur les figures 15 et 16. Le mouvement du bras 190 à proximité de son extrémité 192 est indiqué par une flèche 194. Ce mouvement indiqué par la flèche 194 est une rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan géométrique contenant la grille. Comme décrit précédemment, cette rotation module la fréquence centrale du réflecteur constitué par la grille. Dans ces cas et comme indiqué également précédemment, la fibre optique peut être

une fibre à modes multiples, pourvu que la cohérence optique soit maintenue sur toute la longueur de la grille.

5 Il convient finalement de noter que pour toutes conditions statiques ou à basse fréquence, la position de la grille peut être couplée à tout corps dont la longueur ou la dimension dépend des conditions particulières à mesurer, par exemple des membranes animales sensibles à des variations d'humidité.

10 Dans tous les cas de mesure, ce dispositif, qui déplace une perturbation périodique dans une fibre de verre, permet la mesure de signaux de faible niveau en présence de parasites et de champs électriques et magnétiques importants, comme c'est le cas de signaux d'électro-encéphalogramme et d'électrocardiogramme.

15 Dans les cas où la distance entre la grille de détection et le dispositif de collecte de données est grande, par exemple dans des réseaux d'éléments acoustiques remorqués, l'invention prévoit l'assemblage réel d'un étage de démodulation optique à l'intérieur de la fibre par la mise en place sur cette dernière de deux grilles ayant la même période spatiale et écartées d'une certaine distance, mesurée le long de la fibre. L'invention associe les positions relatives des deux grilles à la condition particulière à contrôler. Une analyse spectrale de la lumière réfléchie par
20 un tel dispositif montre une série de pointes de résonance très analogue à celle obtenue dans un interféromètre de Fabry-Pérot. La position ou le mouvement de ces pointes dans le spectre constitue une indication directe de la condition faisant l'objet du contrôle.

30 Dans les cas où de nombreuses conditions distinctes doivent être contrôlées, l'invention permet un multiplexage de fréquence et un multiplexage dans le temps. Selon l'invention, on injecte dans la fibre une lumière laser à lignes multiples, par exemple au moyen d'un laser à iode, comme indiqué par R. L. Byer et collaborateurs dans "Applied Physics Letters", volume 20, N° 11, juin 1972, ou bien au
35 moyen d'un laser coloré tournant. Chaque grille ou, dans le cas du système de démodulation optique, chaque paire de

grilles est réalisée pour réfléchir une ligne de longueur d'onde laser différente. Chaque grille ou paire de grilles ainsi formée peut être associée à un paramètre différent à mesurer. Une analyse spectrale de la lumière réfléchie montre
5 plusieurs zones de fréquence qui correspondent chacune à une grille ou à une paire de grilles différente. L'invention provoque en outre la mise sous une forme pulsée de la lumière laser appliquée. Etant donné que chaque grille ou paire de grilles est placée à une distance différente le long de la
10 fibre, cette distance étant mesurée au moyen du laser, la lumière réfléchie par chaque grille ou paire de grilles revient au dispositif d'analyse à un instant différent. La mise en corrélation du temps de retour et de la distance parcourue par l'impulsion laser permet d'identifier chaque
15 impulsion de retour à une grille ou une paire de grilles particulière et, par conséquent, chaque impulsion de retour indique donc une condition contrôlée distincte.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au dispositif décrit et représenté
20 sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de modulation de l'énergie rayonnante dans une fibre optique revêtue à mode unique, caractérisé en ce qu'il comporte une fibre optique (10) à mode unique présentant une zone (16) de commande de modulation dans laquelle le revêtement (14) est partiellement éliminé ou présente une épaisseur diminuée par rapport à celle de la partie restante du revêtement, une grille optique (18), des moyens de montage de la grille optique dans la zone de commande de manière que les crêtes (24) de la grille optique soient disposées à peu près perpendiculairement à l'axe optique de la fibre, et des moyens destinés à faire glisser la grille optique par rapport à la fibre optique afin de réaliser une modulation de phase et/ou de fréquence, sur une bande étroite, de l'énergie électromagnétique rayonnante dans la fibre optique.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens destinés à déplacer la grille optique longitudinalement par rapport à l'axe optique de la fibre comprennent un transducteur piézoélectrique (26) à mode de cisaillement, la grille (18-7) pouvant être avantageusement réalisée dans une surface de ce transducteur piézoélectrique (40) et la grille pouvant être obtenue, le cas échéant, par une métallisation (42) formant l'une des électrodes du transducteur.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la grille est mise en rotation autour d'une perpendiculaire au plan géométrique contenant cette grille, la rotation étant proportionnelle à un signal d'entrée, ou bien les crêtes et les creux de la grille (18-8) sont provoqués par les crêtes et les creux d'une onde acoustique (59) de surface.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens destinés à déplacer la grille optique (18-10) longitudinalement par rapport à l'axe optique de la fibre optique comprennent un transducteur piézoélectrique (64) à mode longitudinal dont une première extrémité (66) est avantageusement liée à la fibre optique,

ou bien la grille (24-11) pouvant faire partie du transducteur (64') à mode longitudinal.

5 5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens destinés à déplacer longitudinalement la grille (100) comprennent un diaphragme (96) de microphone (90) fixé à la grille, ou bien une antenne hydroacoustique (110) fixée à la grille (120) et à la fibre optique, ou encore une matière sensible à la température, cette matière pouvant se présenter avantageusement sous la
10 forme d'un tube (130) qui se dilate et se contracte longitudinalement lorsqu'il est chauffé ou refroidi.

 6. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'une fine fibre (182) est utilisée pour maintenir la grille (24) en contact étroit avec la fibre
15 optique.

 7. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que les moyens destinés à déplacer la grille utilisent une matière magnétostrictive, ou bien une bobine électrique (174) et un noyau mobile (172).
20

 8. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la grille est mise en rotation autour d'une perpendiculaire au plan géométrique contenant cette grille, afin que cette dernière réfléchisse une bande particulière de longueurs d'ondes ou une énergie rayonnante
25 électromagnétique particulière, un guide d'onde optique pouvant être, en variante, utilisé à la place de la fibre optique à mode unique.

 9. Procédé de modulation de phase et/ou de fréquence d'une énergie électromagnétique rayonnante dans une fibre optique à mode unique, caractérisé en ce qu'il
30 consiste à enlever une partie du revêtement (14) d'une fibre optique (10) à mode unique entourée d'un tel revêtement, à monter une grille optique (18) sur ladite fibre, dans la zone (16) où une partie du revêtement a été retirée de manière que
35 les crêtes (24) de la grille soient orientées à peu près normalement à l'axe optique de la fibre optique, et à faire glisser la grille par rapport à l'axe optique de la fibre.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le déplacement longitudinal de la grille par rapport à l'axe optique de la fibre s'effectue par l'application d'un signal électrique à un transducteur (26) à mode de cisaillement, ou bien par l'application d'un signal électrique à un transducteur piézoélectrique (64) à mode longitudinal, une matière magnétostrictive ou une bobine électrique (174) et un noyau mobile (172) pouvant être avantageusement utilisés à la place du transducteur piézoélectrique à mode longitudinal, ou encore par fixation de la grille au diaphragme (96) d'un microphone (90).

11. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que le déplacement longitudinal de la grille par rapport à l'axe longitudinal de la fibre s'effectue par l'application d'un signal électrique à un élément piézoélectrique (40), ou bien par la fixation de la grille à un élément mobile d'une antenne hydroacoustique ou à un élément (130) pouvant se dilater ou se contracter sous l'effet de la chaleur.

12. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que la grille est tournée proportionnellement à un signal ou à un paramètre d'entrée.

13. Procédé de modulation d'énergie rayonnante dans une fibre à mode unique, caractérisé en ce qu'il consiste à utiliser une grille formée par les crêtes (24) et les creux d'une onde acoustique de surface, cette grille étant réalisée dans une matière piézoélectrique ou ferroélectrique, placée à proximité du noyau (12) de la fibre à mode unique, la fréquence de l'onde acoustique de surface étant de préférence appliquée comme signal ou paramètre d'entrée.

FIG. 1.

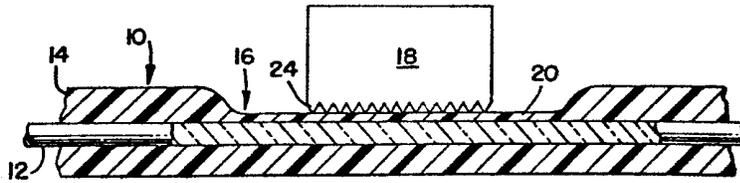


FIG. 2.

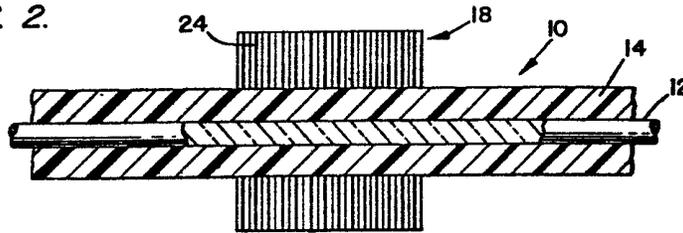


FIG. 3.

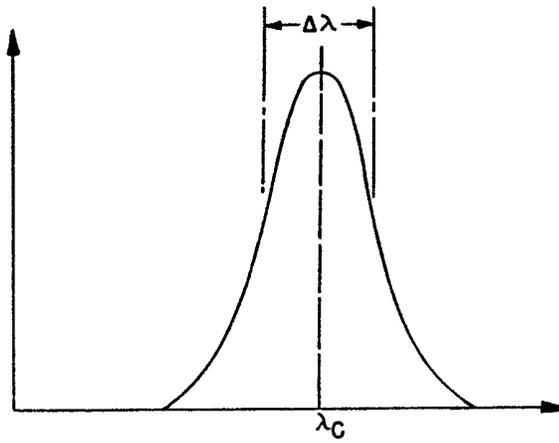


FIG. 4.

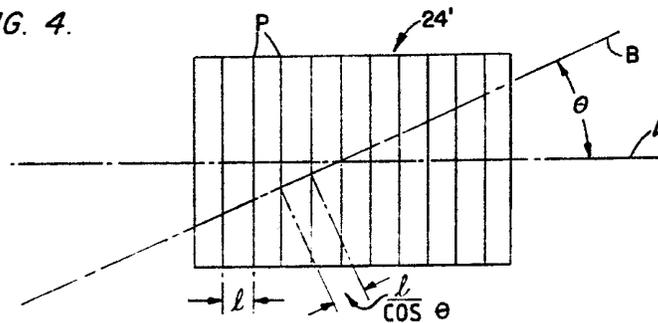


FIG. 5.

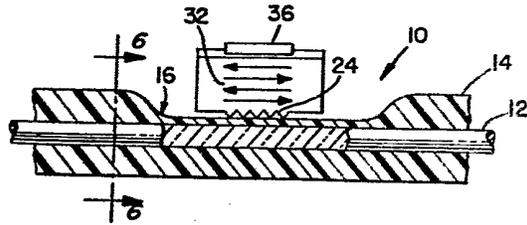


FIG. 6.

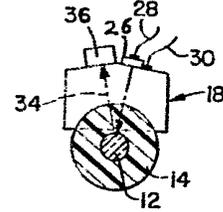


FIG. 7.

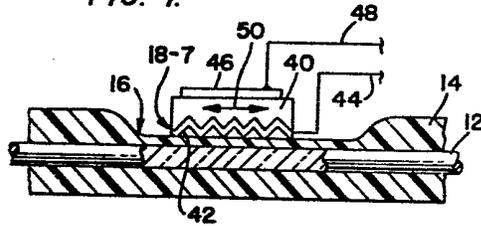


FIG. 8.

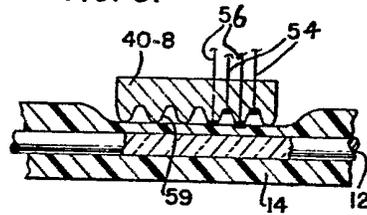


FIG. 9.

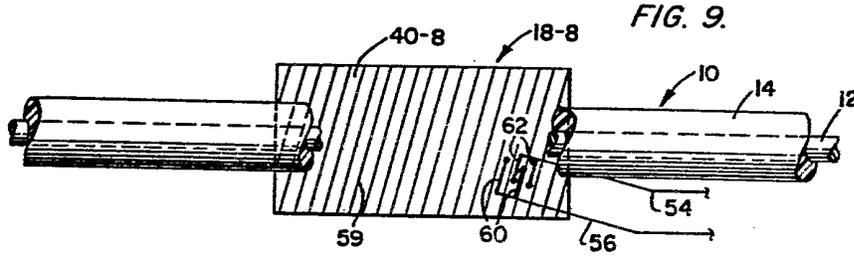


FIG. 10.

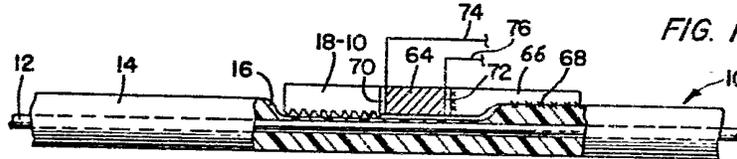


FIG. 11.

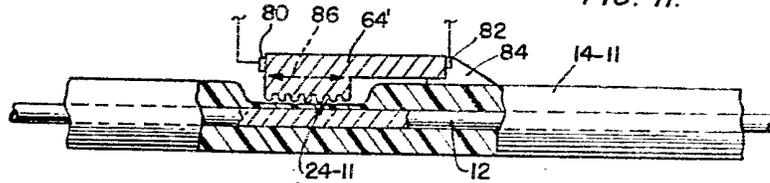


FIG. 18.

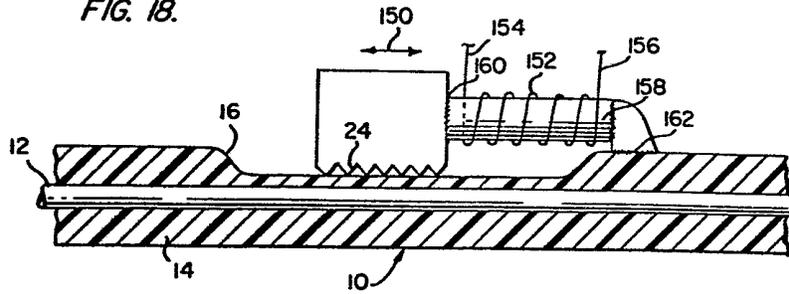


FIG. 19.

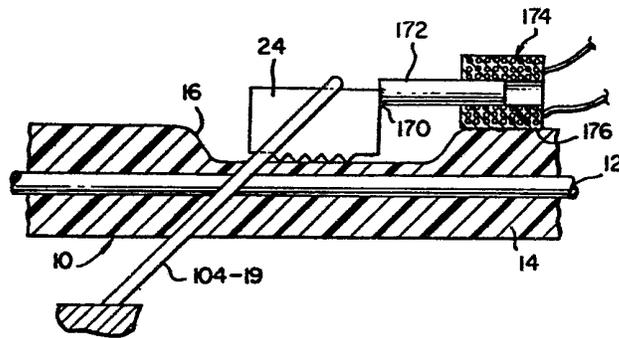


FIG. 20.

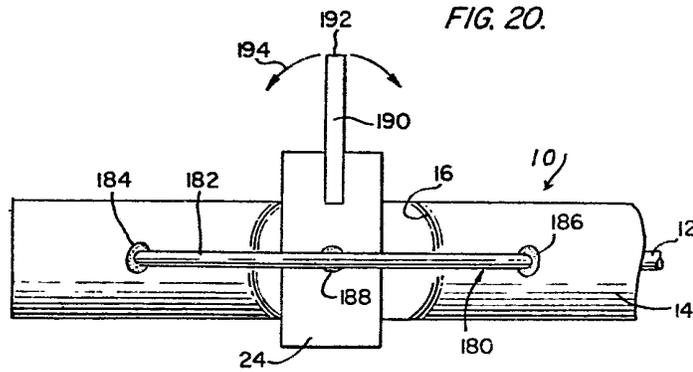


FIG. 21a.

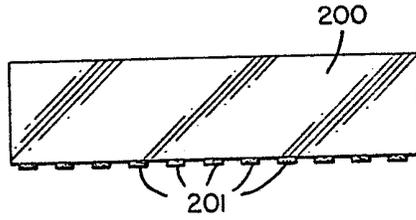


FIG. 21b.

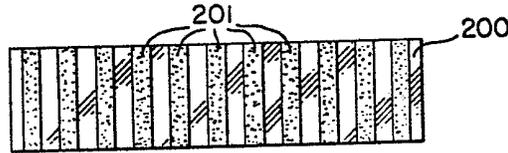


FIG. 22a.

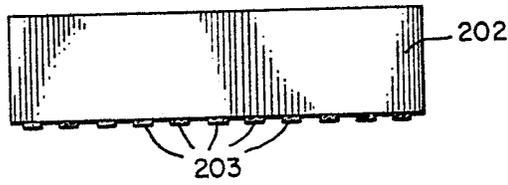


FIG. 22b.

