

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 79 20835**

(54) Capteur optique.

(51) Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). G 01 D 5/26.

(22) Date de dépôt ..... 17 août 1979.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande ..... B.O.P.I. — « Listes » n° 9 du 27-2-1981.

(71) Déposant : Etablissement public dit : AGENCE NATIONALE DE VALORISATION DE LA  
RECHERCHE, ANVAR, résidant en France.

(72) Invention de : Patrick Meyrueis, Michel Grosmann et Joël Fontaine.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Michel Bruder,  
10, rue de la Pépinière, 75008 Paris.

La présente invention concerne un capteur optique pour la mesure de grandeurs physiques telles que forces, pressions, température, etc.

On connaît déjà des appareils de mesure optique, tels que des capteurs de rotation, dans lesquels on utilise des réseaux de fibres optiques et un laser émettant un faisceau de lumière cohérente. On détecte les flux lumineux apparaissant à la sortie des réseaux de fibres pour en déduire la valeur de la grandeur physique mesurée. Tel est notamment le cas des interféromètres appliquant l'effet SAGNAC dans lesquels on utilise deux enroulements de fibres entraînés en rotation sur eux-mêmes, ces deux enroulements étant respectivement parcourus en sens inverses par des ondes lumineuses séparées à partir du faisceau émis par le laser et qui sont recombinaées à leur sortie pour tomber sur un détecteur commun.

Les développements de la technologie actuelle font clairement apparaître les besoins de capteurs de forces, pressions, températures, etc. offrant une grande précision et insensibles aux perturbations électromagnétiques et thermiques.

La présente invention a pour but de fournir un capteur répondant à ces besoins en tirant parti des propriétés caractéristiques des guides d'onde lumineuse.

A cet effet ce capteur optique pour la mesure de grandeurs physiques telles que forces, pressions, température, est caractérisé en ce qu'il comprend un laser émettant un faisceau de lumière cohérente, des moyens pour séparer ce faisceau en deux faisceaux élémentaires et pour les appliquer aux entrées de deux guides d'onde lumineuse de même longueur, l'un au moins de ces guides d'onde lumineuse étant susceptible de subir une variation de longueur sous l'influence de la grandeur physique à mesurer, un interféromètre combinant les deux faisceaux élémentaires apparaissant aux sorties des deux guides d'onde lumineuse et produisant un réseau de franges fonction du déphasage entre les deux faisceaux de sortie, et des moyens pour compter les franges formées par suite de la combinaison des deux faisceaux élémentaires de sortie et pour donner, à partir du résultat du calcul, une valeur de la grandeur mesurée.

Suivant une première forme d'exécution de l'invention un seul des guides d'onde lumineux constituant un guide d'onde de mesure est soumis à l'influence de la grandeur physique à mesurer, l'autre guide d'onde ou guide d'onde de référence n'étant pas soumis à cette influence et ayant donc une longueur invariable.

Suivant une variante d'exécution de l'invention les deux guides d'onde sont disposés de telle façon que sous l'influence de la grandeur physique à mesurer ils se déforment de façon opposée.

Les guides d'onde lumineux du capteur suivant l'invention peuvent être constitués par des réseaux de fibres optiques monomode. Les réseaux de fibres sont disposés de façon que l'allongement dans une direction du réseau se caractérise par le maximum d'allongement des fibres elles-mêmes. Le réseau de fibres peut être constitué par un enroulement hélicoïdal, un nappage en lacet ou encore par une fibre simple.

Suivant une variante d'exécution les guides d'onde lumineux peuvent être constitués par des couches conductrices de lumière formées sur ou dans un substrat, en utilisant les techniques de l'optique intégrée.

On décrira ci-après, à titre d'exemple non limitatif, une forme d'exécution de la présente invention en référence au dessin annexé qui est un schéma synoptique d'un capteur optique à guides d'onde lumineux suivant l'invention.

Le capteur optique représenté schématiquement sur le dessin comprend un laser 1 émettant un faisceau de lumière cohérente. Ce laser peut être par exemple du type hélium-néon, la longueur d'onde du faisceau émis étant  $\lambda = 0,633$  micron. Le faisceau de lumière cohérente émis par le laser 1 est appliqué à un filtre 2 puis à un séparateur de faisceaux 3 qui divise le faisceau incident en deux faisceaux élémentaires  $f_1$  et  $f_2$ .

Les faisceaux élémentaires  $f_1$  et  $f_2$  sont respectivement introduits, par l'intermédiaire d'objectifs de microscopes 4 et 5, dans deux réseaux de fibres optiques 6 et 7 de même longueur L. Cette longueur peut être de 1,5 mètre avec une précision de l'ordre du centimètre. Les extrémités d'entrées respectives 6a et 7a des deux réseaux de fibres sont placées côte à côte en parallèle, en étant séparées d'une distance égale au diamètre D du réseau de fibres (ce diamètre peut aller de 2 à 5 microns).

Les deux faisceaux élémentaires issus des extrémités de sortie 6b, 7b des réseaux de fibres optiques 6, 7 sont appliqués à un dispositif interférométrique 8 de tout type connu, dans lequel ils sont superposés. Ce dispositif produit des franges d'interférence qui sont comptées par un dispositif de comptage 9 auquel est relié un dispositif de traitement de données 10. Un dispositif d'affichage 11 donne le résultat du comptage.

Dans une première forme d'exécution de l'invention un des réseaux de fibres 6 est soumis à l'influence d'une grandeur physique à mesurer telle qu'une force, une pression, une température etc. L'autre réseau de fibres optiques 7 n'est pas soumis à cette influence et constitue un réseau de références.

Sous l'effet de la variation de la grandeur physique à mesurer, la longueur L du réseau de fibres optiques de mesure 6 varie, alors que celle du réseau de référence 7 demeure invariable.

La phase de la lumière, après avoir parcouru la distance L, est  $\phi = \beta L$ ,  $\beta$  étant la constante de propagation de mode. Si le réseau de fibres subit, sous l'influence de la grandeur physique à mesurer, un étirement en direction axiale d'une valeur  $\epsilon$ , la phase de la lumière varie d'une valeur  $\Delta \phi = \beta \Delta L + L \Delta \beta$  (1)

Un changement de phase de  $2\pi$  entre les faisceaux élémentaires  $f_1$  et  $f_2$  traversant les deux réseaux de fibres 6 et 7 entraîne le défilement d'une frange qui est totalisée par le compteur 9.

Le premier terme de l'équation (1) représente un changement physique de longueur provoqué par la contrainte et peut s'écrire simplement :  $\beta \Delta L = \beta \epsilon L$

Le second terme représente le changement de phase provenant du changement de la constante de propagation. Ce changement peut avoir deux provenances à savoir le changement de l'indice n du composant de la fibre dû à la contrainte ou bien un changement de la dispersion de mode causé par un changement du diamètre D de la fibre produit par la contrainte. On a en effet :

$$L \Delta \beta = L \frac{d\beta}{dn} \Delta n + L \frac{d\beta}{dD} \Delta D$$

Le calcul montre que le changement de phase  $\phi$  par unité de contrainte  $\epsilon$  et par unité de longueur L de la fibre est donné par l'expression simplifiée  $\frac{\Delta \phi}{\epsilon L} = \beta - \frac{1}{2} \beta n^2 [(1-\nu) p_{12} - \nu p_{11}]$

dans laquelle  $\mu$  est la constante de Poisson pour le matériau de la fibre et  $p_{11}$  et  $p_{12}$  sont les valeurs numériques du tenseur "contrainte optique"  $p_{ij}$  dans le cas d'un milieu homogène et isotropique.

Pour les verres type n = 1,5,  $\mu=0,25$  et  $p_{11} \neq p_{12} \neq 0,3$ .

On voit d'après l'expression qui précède que l'on peut déterminer la valeur  $\xi$  à partir du changement de phase

Le calcul montre également que le changement de phase  $\Delta\phi$  par unité de pression P et unité de longueur est donné sensiblement par l'équation

$$\frac{\Delta\phi}{PL} = -\frac{\beta(1-2\mu)}{E} + \frac{\beta n^2}{2E} (1-2\mu)(2p_{12} + p_{11})$$

dans laquelle E est le module de Young.

Une variation de pression isotropique P appliquée au réseau de fibres 6 se traduit par conséquent par un changement de phase  $\Delta\phi$  déterminé par l'équation ci-dessus.

Une variation  $\Delta T$  de température du réseau de fibres 6 entraîne également une modification de phase du faisceau lumineux  $f_1$  l'ayant traversé, d'une valeur  $\Delta\phi$ . Ce changement de phase est dû à deux effets à savoir d'une part un changement de longueur du réseau de fibres 6 dû à l'expansion thermique (positive ou négative) et d'autre part un changement d'indice induit par la température. On peut donc écrire, puisque

$$\phi = nL2\pi/\lambda, \quad \frac{\Delta\phi}{\Delta T \cdot L} = \frac{2\pi}{\lambda} \left( \frac{n}{L} \frac{dL}{dT} + \frac{dn}{dT} \right)$$

Dans le cas d'un laser du type hélium-néon et de fibres en silicate ( $\lambda=0,633$  micron et  $n=1,456$ ) on obtient  $\frac{\Delta\phi}{\Delta TL} = 10^7$  rad/°C. m. Autrement dit on obtient un déplacement de 17 franges par degré et par mètre de fibres.

La valeur du coefficient d'expansion thermique et de la relation entre l'indice et la température peut varier fortement pour des verres à plusieurs composants.

## REVENDEICATIONS

1. Capteur optique pour la mesure de grandeurs physiques telles que forces, pressions, température, caractérisé en ce qu'il comprend un laser (1) émettant un faisceau de lumière cohérente, des moyens (3)  
5 pour séparer ce faisceau en deux faisceaux élémentaires et pour les appliquer aux entrées de deux guides d'onde lumineuse(6, 7) de même longueur, l'un au moins(6)de ces guides d'onde lumineuse étant susceptible de subir une variation de longueur sous l'influence de la grandeur physique à mesurer, un interféromètre(8) combinant les deux faisceaux  
10 élémentaires apparaissant aux sorties des deux guides d'onde lumineuse et produisant un réseau de franges fonction du déphasage entre les deux faisceaux de sortie, et des moyens(9, 10) pour compter les franges formées par suite de la combinaison des deux faisceaux élémentaires de sortie et pour donner, à partir du résultat du calcul, une valeur de  
15 la grandeur mesurée.
2. Capteur optique suivant la revendication 1 caractérisé en ce qu'un seul des guides d'onde lumineuse(6), constituant un guide d'onde de mesure, est soumis à l'influence de la grandeur physique à mesurer, l'autre guide d'onde de référence(7) n'étant pas soumis à cette influence et ayant  
20 une longueur invariable.
3. Capteur optique suivant la revendication 1 caractérisé en ce que les deux guides d'onde(6, 7) sont disposés de telle façon que sous l'influence de la grandeur physique à mesurer, ils se déforment de façon opposée.
4. Capteur optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3  
25 caractérisé en ce que les guides d'onde lumineuse sont constitués par des réseaux de fibres optiques monomode, le ou les guides d'onde de mesure étant disposés de façon que l'allongement dans une direction du réseau se caractérise par le maximum d'allongement des fibres.
5. Capteur optique suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3  
30 caractérisé en ce que les guides d'onde lumineuse sont constitués par des couches conductrices de lumière formées sur ou dans un substrat, en utilisant les techniques de l'optique intégrée.

PL.UNIQUE

