

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

②

**N° 81 18196**

---

⑤④ Appareil optique de mesure de pression numériquement compatible.

⑤① Classification internationale (Int. Cl. 3). G 01 L 1/24; G 01 B 11/18.

②② Date de dépôt..... 28 septembre 1981.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée : *EUA, 26 septembre 1980, n° 191,194.*

④① Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 13 du 2-4-1982.

---

⑦① Déposant : UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION, résidant aux EUA.

⑦② Invention de : Richard Giles Tomlinson et William Henry Glenn.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : R. Baudin,  
10, rue de la Pépinière, 75008 Paris.

La présente invention concerne la mesure d'une pression au moyen d'une tête de capteur optique et électriquement passive raccordée à une unité électronique éloignée par un câble à fibres optiques.

5 Dans une demande de brevet connexe de la Demanderesse, on décrit l'utilisation de la subordination, à la pression, de l'effet photo-élastique dans un dispositif analogique qui mesure l'intensité de deux composantes à polarisation linéaire d'un faisceau optique afin  
10 de fournir une mesure de la différence d'indice de réfraction entre les deux composantes, cette valeur étant directement en relation avec la pression. Toutefois, ce dispositif donne lieu à une difficulté commune aux mesures analogiques, à savoir l'obligation de procéder à  
15 plusieurs reprises à des mesures analogiques de haute précision au cours d'un certain laps de temps. On connaît, dans la technique de l'optique, des filtres de Lyot destinés à l'utilisation de plaques biréfringentes dans le but d'obtenir un filtre à bande étroite.

20 L'invention concerne un dispositif pour la mesure d'une pression en utilisant une source lumineuse et un détecteur optiques, ce dispositif étant raccordé à une tête de capteur éloignée et électriquement passive à  
25 l'aide d'un câble à fibres optiques, la subordination, à la longueur d'onde, de l'effet photo-élastique étant utilisé comme caractéristique de subordination à la pression afin de fournir une mesure qui ne dépend pas de mesures d'amplitudes précises et qui est compatible avec une sortie numérique.

30 Dans les dessins annexés:

la figure 1 est une illustration partiellement schématique d'une forme de réalisation de l'invention;

la figure 2 illustre la composante de mesure de fréquence de la forme de réalisation de la figure 1; et

35 la figure 3 illustre un procédé de montage de l'élément sensible à la pression suivant l'invention.

Dans un dispositif dans lequel un faisceau de lumière à polarisation linéaire se déplace le long d'un premier axe appelé "axe Z", en passant par un groupe d'éléments optiques comprenant un bloc de matière sensible à la pression et ayant un coefficient optique de tension photo-élastique approprié, auquel une pression doit être appliquée le long d'un axe de pression prédéterminé, délimité par deux éléments polarisants dont les axes sont orientés sous le même angle, par exemple, 45°, par rapport à l'axe prédéterminé (tous les axes précités étant perpendiculaires à l'axe Z pour des raisons de commodité), l'intensité de la composante de lumière transmise polarisée le long de l'axe de pression est définie par l'équation:

$$I = I_0 \cos^2 \theta, \text{ où} \quad (1)$$

$$\theta = \frac{\pi \ell C}{\lambda} (P_x - P_y), \text{ où}$$

$n_x$  = indice de réfraction pour la lumière polarisée le long de l'axe de pression (axe X)

$n_y$  = indice de réfraction pour la lumière polarisée le long de l'axe Y (perpendiculaire aux axes X et Z)

$\ell$  = longueur du parcours suivi par la lumière transmise à travers le bloc capteur

$\lambda$  = longueur d'onde de la lumière

$C$  = coefficient optique de tension photo-élastique de la matière

$P_x$  = pression appliquée le long de l'axe X

$P_y$  = pression appliquée le long de l'axe Y (pouvant être la pression atmosphérique).

Dans la forme de réalisation de la figure 1, un élément supplémentaire est ajouté à la combinaison précitée, sous forme d'un élément normalement biréfringent (par exemple, une plaque en quart d'onde) intercalé entre le polariseur et l'élément sensible à la pression. La lumière transmise est alors définie par l'équation:

$$I_x = I_0 \cos^2 (\psi), \text{ où} \quad (2)$$

$$\psi = \theta + \phi, \\ \theta = \frac{\pi \ell_2 C}{\lambda} (P_x - P_y) \text{ et} \quad (3)$$

$$\phi = \frac{\pi \ell_1}{\lambda} (n_x - n_y), \text{ où} \quad (4)$$

5  $\ell_1$  = longueur du parcours de lumière  
à travers l'élément biréfringent,  $n_x$  et  $n_y$  étant  
les indices de réfraction dans l'élément biréfringent  
et  $\ell_2$  étant la longueur du parcours de lumière à tra-  
vers l'élément sensible à la pression.  $I_x$  sera 0 lors-  
10 que  $\psi = (2N-1)\pi/2$ . A une pression de zéro,  $\psi$  sera égal  
à  $\theta$  et variera d'une quantité  $\Delta\psi$ . Dans l'intervalle  
 $\pi/2 < \Delta\psi < \pi$ , il y aura une valeur de  $\lambda$  pour laquelle  $I_x$   
est 0, conformément à l'équation:

$$\lambda_0 = 2 \ell_1 C (P_x - P_y) + 2 \ell_2 (n_x - n_y).$$

15  
Dès lors, si un faisceau de lumière à large  
bande est dirigé à travers ce système, la lumière de  
sortie aura une intensité minimum pour une longueur  
d'onde  $\lambda_0$  pour laquelle  $\psi = \pi/2$  et la valeur de  $\lambda_0$  dé-  
20 pend de la différence de pression  $P_x - P_y$  (si  $P_y$  est  
la pression atmosphérique,  $P_x$  est alors la pression  
manométrique; si  $P_y$  est 0,  $P_x$  est alors la pression  
absolue). On peut faire varier la longueur  $\ell_1$  de  
l'élément biréfringent pour amener  $\psi$  dans un intervalle  
25 de pressions utile. La longueur  $\ell_2$  et la constan-  
te C de l'élément sensible à la pression peuvent égale-  
ment être sélectionnées pour influencer la sensibilité  
et l'intervalle.

30 Dans la forme de réalisation de l'invention  
illustrée en figure 1, une tête de capteur de pression  
200 est raccordée à une unité génératrice d'électricité  
et d'analyse 100 au moyen d'un câble à fibres optiques  
135. Dans cette unité 100, une source lumineuse à large  
bande 101 émet une lumière ayant des longueurs d'onde

se situant dans la gamme utile, cette lumière ne devant pas nécessairement être à fréquence continue pour certaines applications. La lumière est focalisée, par une lentille 102, dans une fibre optique 121 qui passe par un connecteur 131, le câble 135 et un connecteur 132, pour être ensuite collimatée par une lentille 201. Le faisceau collimaté est soumis à une polarisation linéaire par un polariseur 202 orienté à 45° par rapport à l'axe le long duquel une force doit être appliquée à l'élément sensible à la pression, il est modifié dans une plaque biréfringente 203 située en aval du polariseur 202, il passe à travers un élément sensible à la pression 204 situé en aval de la plaque 203, puis il est soumis à une analyse de polarisation dans un polariseur 205 situé en aval de l'élément 204 et à partir duquel il est ensuite focalisé dans une fibre 111 par une lentille 206, pour revenir finalement à une unité de dispersion de longueurs d'onde 112 de laquelle des signaux électriques représentant l'intensité de la lumière en fonction de la longueur d'onde du faisceau modifié sont dirigés vers des circuits électriques 119, par exemple, un micro-ordinateur.

A mesure que la lumière passe à travers l'élément 204, l'intensité transmise le long de l'axe de tension varie conformément à l'équation (2) en fonction de la longueur d'onde, avec un minimum ou un creux à une certaine longueur d'onde  $\lambda_0 = \lambda_0(P_x)$  suivant la pression appliquée le long de cet axe. Une caractéristique avantageuse de l'invention réside dans le fait que la forme du spectre d'entrée et la dispersion de fréquence des éléments optiques sont sans importance, puisqu'aussi bien l'on recherche l'emplacement d'un minimum ou d'un creux et non pas la valeur absolue de l'intensité. Une autre caractéristique avantageuse réside dans le fait que les changements d'intensité dus à un désaccouplement et à un réaccouplement des connecteurs

optiques 131 et 132 n'altèrent aucunement le rendement.

Dans une forme de réalisation donnée à titre d'exemple, l'élément 204 est constitué de lucite et il a un coefficient optique de tension photo-élastique C de  $3 \times 10^{-8} 1/0,07 \text{ kg/cm}^2$ , ainsi qu'une longueur de 5 cm, tandis que l'élément biréfringent est une plaque en demi-onde (déphasage de  $\pi/2$  dans  $I_x$ ) à  $\lambda = 4.000 \text{ \AA}$ , d'où  $\psi = \pi/2$  pour  $\lambda_0 = 3 \times 10^{-7} (P_x - P_y) + 4 \times 10^{-5} \text{ cm}$  et, si  $P_y$  est la pression atmosphérique,  $\lambda_0$  dépend de manière linéaire de la pression manométrique  $P_x$ . Le tableau ci-après donne certaines valeurs de l'intensité minimum ou du creux de longueur d'onde.

TABLEAU

P (manométrique)	$\lambda_0$
0	4.000 $\text{\AA}$
10	4.300 $\text{\AA}$
100	7.000 $\text{\AA}$
200	10.000 $\text{\AA}$

La figure 2 illustre une version simple d'une unité de mesure 112 dépendant de la longueur d'onde, unité dans laquelle la lumière émergeant d'une fibre 111 est collimatée par une lentille 113 et dispersée par un réticule 114 (on pourrait également utiliser un prisme) dans un groupe de détecteurs 115 dont les sorties sont analysées dans des circuits 119 afin de déterminer le zéro. Les circuits 119 peuvent simplement comparer les sorties des détecteurs et mémoriser l'emplacement ayant la valeur minimale, ou ils peuvent tracer une courbe régulière passant par l'ensemble des valeurs de sortie des détecteurs et calculer ensuite le minimum. De nombreux autres dispositifs de mesure dépendant de la longueur d'onde sont bien connus dans la technique et peuvent être substitués à cette forme de réalisation. La forme de réalisation de la figure 2

présente une caractéristique avantageuse du fait que la sortie est, par inhérence, numérique, c'est-à-dire qu'elle est un nombre discret associé à une bande de longueurs d'onde particulière. Cette sortie est parfaitement adaptée à une utilisation avec des systèmes de contrôle et des calculateurs numériques, tandis qu'elle évite les problèmes de calibrage et de déviation qui sont inhérents aux systèmes analogiques.

Outre la mesure d'une pression, l'invention se prête parfaitement à une utilisation dans un système de contrôle à réaction. Par exemple, les circuits 119 pourraient calculer la différence existant entre les détecteurs et qui est la plus proche de la position du minimum ou du creux, puis utiliser le signal différentiel en vue de régler la pression à contrôler.

L'homme de métier comprendra que la source lumineuse à large bande 101 peut être remplacée par une source accordable à bande étroite, ou par un groupe de sources lumineuses ayant des longueurs d'onde différentes, tandis que ces dispositifs de mesure dépendant de la longueur d'onde peuvent alors être remplacés par un simple détecteur, de telle sorte que le creux soit localisé à mesure de la variation de la fréquence de la source lumineuse.

La figure 3 illustre de manière plus détaillée un système de montage approprié lorsqu'il s'agit de mesurer une pression absolue. Dans une canalisation 251, est contenu un fluide 252 qui peut être un liquide ou un gaz et dont on doit mesurer la pression. Un soufflet 261 ayant un fond plat vient appuyer contre un bloc 204, permettant ainsi la contraction de ce dernier en réponse à la pression. Une chambre de montage 262 qui supporte le bloc 204 vis-à-vis de la pression et sur laquelle prennent également appui les autres éléments, est mise sous vide de telle sorte que la pression  $P_y$  soit zéro. Les fibres d'entrée et de sortie passent à travers des

connecteurs optiques de traversée (non représentés). La surface de la chambre de montage 262 sert de référence d'alignement. Pour la commodité de l'alignement, le soufflet 261 doit être conçu de telle sorte que la pression du fluide soit dirigée le long d'un axe perpendiculaire à la surface de la chambre de montage 262, définissant ainsi l'axe de tension principal du dispositif. Un prisme 205 est ensuite monté sur la même surface en orientant son axe à  $45^\circ$  par rapport à l'axe de tension. L'axe de tension est avantageusement perpendiculaire au sens de déplacement du faisceau lumineux, de telle sorte que l'on puisse utiliser des coordonnées orthogonales.

Etant donné que le bloc 204 réagit à la différence existant entre les pressions appliquées aux deux axes, il convient évidemment pour mesurer une pression différentielle. Dans ce cas, des modifications de détail devraient être apportées à la figure 3; en l'occurrence, le bloc 204 devrait être entretroisé dans deux directions, le vide devrait être supprimé dans la chambre de montage 262 et une canalisation contenant le second fluide devrait supporter un second soufflet orienté à angle droit par rapport au soufflet 261. Si on le désire, on pourrait envisager un système équivalent, mais plus simple du point de vue mécanique consistant à éloigner davantage le prisme d'analyse de polarisation 205 du bloc 204 et à intercaler un second bloc 204' entre celui-ci et le prisme 205. Dans ce système, la lumière transmise pourrait être inchangée comparativement à la forme de réalisation précédente. Le second axe de tension pourrait toujours être orienté à angle droit par rapport à l'axe le long duquel le soufflet 261 applique une force. Dans certaines applications, il peut être souhaitable de mesurer la somme de deux pressions, auquel cas le support 262 devrait être modifié en ménageant une ouverture, de telle sorte qu'une force puisse être appliquée à la face du bloc 204 qui est oppo-



sée à celle sur laquelle vient appuyer le soufflet 261. D'autres formes de réalisation conçues pour mesurer une pression mécanique seront évidentes pour l'homme de métier.

5            Bien que l'invention ait été illustrée et décrite en se référant à certaines de ses formes de réalisation données à titre d'exemple, l'homme de métier comprendra que les modifications, omissions et additions précitées, ainsi que d'autres peuvent être envisagées  
10 sans se départir de l'esprit et du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Appareil en vue de mesurer la pression exercée le long d'un axe de tension prédéterminé, caractérisé en ce qu'il comprend:
- 5 a) des éléments (101, 102, 121, 201) destinés à diriger, le long d'un axe optique, un faisceau de lumière ayant au moins une longueur d'onde prédéterminée se situant dans une gamme prédéterminée;
- 10 b) plusieurs éléments optiques intersectant ce faisceau et disposés le long de cet axe optique, ces éléments comprenant:
- (i) un premier élément polarisant (202) ayant un premier axe de polarisation orienté sous un angle prédéterminé par rapport à l'axe de tension,
- 15 (ii) un second élément polarisant (205) orienté parallèlement au premier,
- (iii) un élément (204) de détection de pression en une matière photo-élastique, réagissant à la pression appliquée le long de l'axe de tension, cet élément étant monté entre les premier et second éléments polarisants (202, 205) afin de modifier le faisceau de lumière en réponse à la pression appliquée,
- 20 (iv) une plaque biréfringente (203) disposée entre le premier élément polarisant (202) et l'élément de détection de pression (204);
- 25 c) des éléments (112) réagissant à l'intensité de la lumière pour analyser la lumière émergeant du second élément polarisant (205) et identifier un creux de longueur d'onde se situant dans la gamme de longueurs d'onde précitée et pour lequel cette lumière a une intensité minimum, cette longueur d'onde fournissant une mesure de la pression appliquée.
- 30
2. Appareil suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments (101, 102, 121, 201) destinés à diriger un faisceau de lumière comprennent une source lumineuse (101) engendrant un spectre de sortie ayant plusieurs longueurs d'onde se situant dans la gamme précitée, tandis que les éléments (112) réagissant à l'intensité de la lumière comprennent des éléments dépen-
- 40

- 10 -

dant de la longueur d'onde afin d'identifier le creux de longueur d'onde précité.

3. Appareil suivant la revendication 1, caractérisé en ce que les éléments (101, 102, 121, 201) destinés à diriger un faisceau de lumière comprennent également un élément (101) destiné à engendrer plusieurs longueurs d'onde se situant dans la gamme précitée, tandis que les éléments (112) réagissant à l'intensité de la lumière sont pratiquement indépendants de la longueur d'onde.
4. Appareil suivant l'une quelconque des revendications 2 et 3, caractérisé en ce que la plaque biréfringente (203) est une plaque en demi-onde.
5. Appareil suivant la revendication 2, caractérisé en ce que les éléments (112) dépendant de la longueur d'onde comprennent un élément de dispersion (114) de longueurs d'onde destiné à diriger différentes longueurs d'onde de la lumière émise sur plusieurs détecteurs (115) optiques, ainsi qu'un élément (119) destiné à identifier lequel des détecteurs reçoit la lumière présentant le creux de longueur d'onde précité.

