

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

⑫

**N° 80 13620**

---

⑤4 Ampèremètre à effet Faraday.

⑤1 Classification internationale (Int. Cl. <sup>3</sup>). G 01 R 15/02, 19/00, 33/032; G 02 F 1/09.

⑫ Date de dépôt..... 19 juin 1980.

③③ ③② ③① Priorité revendiquée :

④1 Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 52 du 24-12-1981.

---

⑦1 Déposant : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE, résidant en France.

⑦2 Invention de : Jacques Lizet.

⑦3 Titulaire : *Idem* ⑦1

⑦4 Mandataire : Brevatome,  
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

La présente invention concerne un ampèremètre à effet Faraday.

5 Un tel dispositif connu met en oeuvre l'effet Faraday selon lequel le plan de polarisation d'un faisceau lumineux polarisé linéairement tourne d'un angle  $\omega$  sous l'effet d'un champ magnétique H créé par le courant à mesurer et proportionnel à l'intensité I de ce dernier.

10 L'angle  $\omega$  est lui-même proportionnel en première approximation au champ H et donc à l'intensité I.

Ce type d'ampèremètre peut, par exemple, être utilisé pour mesurer des courants forts ou apériodiques.

15 Des ampèremètres bâtis sur ce principe sont notamment décrits dans les articles suivants :

- (1) "Mesure d'un courant par un ampèremètre à effet Faraday" par P. HEROIN, Ch. BENOIST et Y. DE LA MARRE, publié dans la Revue Générale de l'Electricité, juillet-août 1967, p. 1045 ;
- 20 (2) "Optical Fibres for Current Measurement Applications" par A.M. SMITH, publié dans la Revue Optics and Laser Technology, février 1980, p. 25.

25 Dans l'ampèremètre décrit dans ce dernier article, un faisceau lumineux monochromatique et polarisé est injecté dans une fibre optique monomode enroulée autour du conducteur dans lequel circule le courant à mesurer. A la sortie de la fibre optique, la lumière parvient à un prisme de Wollaston, donnant deux fais-  
30 ceaux lumineux, d'intensités respectives  $I_1$  et  $I_2$ , polarisés linéairement et orthogonalement, reçus par des moyens de détection de lumière connectés à un circuit électronique analogique calculant l'expression  $P = (I_1 - I_2) / (I_1 + I_2)$ . Il est connu que cette expression

P est égale à  $\sin 2\omega$ , valeur voisine de  $2\omega$  lorsque  $\omega$  est faible, ce qui est généralement le cas pour les champs magnétiques engendrés par les courants que l'on veut mesurer (par exemple, les courants circulant dans les réseaux de distribution électrique). Le circuit électronique fournit donc un signal proportionnel à l'intensité I à mesurer.

Mais de nombreux phénomènes causent des biréfringences parasites dans une fibre optique classique monomode (processus de fabrication, courbure de la fibre, variations de température), ce qui diminue fortement la sensibilité de l'ampèremètre utilisant une telle fibre. Des fibres optiques monomodes donnant lieu à une très faible biréfringence ont été réalisées, mais ont, bien entendu, un prix de revient plus élevé.

La présente invention a pour objet un ampèremètre à effet Faraday qui résout ces problèmes de phénomènes parasites. Cet ampèremètre du genre de ceux comprenant principalement, de façon connue, une source de lumière monochromatique et polarisée, une fibre optique monomode recevant à l'une de ses extrémités la lumière émise par la source et enroulée autour d'un conducteur dans lequel circule le courant à mesurer, un système de photodétection engendrant un signal fonction de l'intensité du courant à mesurer, se caractérise en ce qu'il comporte en outre un moyen de réflexion de lumière, placé à l'autre extrémité de la fibre optique et réfléchissant la lumière ayant pénétré dans cette dernière, et un dispositif séparant le faisceau de lumière réfléchi par le moyen de réflexion, à sa sortie de la fibre optique, et l'envoyant ainsi vers le système de photodétection.

La lumière injectée à une extrémité de la fibre et réfléchi à l'autre extrémité, ressort fina-

lement par la première extrémité après avoir parcouru un aller et retour dans la fibre optique, le dispositif séparateur prévu permettant d'orienter la lumière sortant de la fibre optique vers le système de photo-détection et jouant ainsi un rôle important dans l'ampèremètre objet de l'invention.

L'effet de la biréfringence parasite induite dans la fibre optique est ainsi pratiquement totalement supprimé, ce qui donne une plus grande sensibilité à l'ampèremètre et améliore le rapport signal sur bruit.

Par ailleurs, la fibre optique devient pratiquement insensible aux variations de température ; on peut en conséquence utiliser une fibre classique monomode.

De plus, pour une même longueur de fibre, l'amplitude du signal est doublée (l'angle de rotation  $\omega$  étant proportionnel à l'intégrale curviligne du champ magnétique sur la trajectoire du faisceau lumineux).

Enfin, en cas de travail sous haute tension, l'isolement électrique est plus facile ; on n'isole qu'un seul brin de la fibre optique (la lumière effectuant les trajets aller et retour dans un même brin de la fibre) au lieu de deux.

Dans un mode de réalisation particulier de l'ampèremètre objet de l'invention, le moyen de réflexion est un miroir à couches multidiélectriques, de réalisation classique, formé d'un empilement de couches alternées de deux matériaux diélectriques d'indices optiques différents, l'épaisseur de chaque couche étant égale à un même multiple du quart de la longueur d'onde de la lumière utilisée. Le facteur de réflexion d'un tel miroir peut dépasser 95%.

Dans un autre mode de réalisation particulier, l'extrémité de la fibre optique destinée à rece-

voir le moyen de réflexion est clivée de façon à être optiquement parfaite. Pour ce faire, on place, par exemple, la fibre sous tension sur un support courbe dont le rayon de courbure dépend de la fibre utilisée ; on induit alors une légère contrainte avec un outil diamanté pour provoquer le clivage.

Dans une variante de réalisation de l'invention, la source de lumière comprend un laser. Ce laser peut être du type diode laser, ce qui est surtout intéressant dans le cas où l'on réalise un ampèremètre à effet Faraday optiquement intégré.

Dans une autre variante, le système de photodétection comprend un prisme de Wollaston, placé sur le trajet retour de la lumière, après le dispositif de séparation, donnant deux faisceaux lumineux d'intensités respectives  $I_1$  et  $I_2$ , polarisés linéairement et orthogonalement, reçus par deux détecteurs de lumière connectés à un circuit électronique engendrant un signal fonction des intensités  $I_1$  et  $I_2$  et proportionnel à l'intensité du courant à mesurer.

Comme indiqué plus haut, on utilise un circuit électronique analogique calculant l'expression  $P = (I_1 - I_2) / (I_1 + I_2)$ . Ce circuit peut, par exemple, être formé d'un circuit soustracteur calculant l'expression  $I_1 - I_2$ , d'un circuit additionneur calculant l'expression  $I_1 + I_2$  et d'un circuit diviseur calculant le rapport des deux expressions précédentes.

Dans un mode de réalisation particulier de l'ampèremètre objet de l'invention, celui-ci comprend en outre deux lentilles de Fresnel, l'une sur le trajet aller du faisceau de lumière, avant le dispositif de séparation, l'autre sur le trajet retour, entre le dispositif de séparation et le système de photodétection, la source comprenant une diode laser à arséniure de gallium et d'aluminium, les détecteurs de lumière

étant deux photodiodes au silicium intégrées avec la diode laser, le prisme de Wollaston, les lentilles de Fresnel et le dispositif de séparation sur un même support de silicium.

5 D'autres caractéristiques et avantages de l'ampèremètre à effet Faraday selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un mode de réalisation particulier donné à titre indicatif et non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels :

10 - la figure 1 représente schématiquement un ampèremètre à effet Faraday de type connu et conforme à celui qui est décrit dans l'article (2) cité plus haut,

15 - la figure 2 représente schématiquement un ampèremètre à effet Faraday conforme à l'invention.

L'ampèremètre à effet Faraday d'un type en soi connu, représenté schématiquement sur la figure 1 et décrit pour mieux faire ressortir les caractéristiques nouvelles de l'invention, comprend un laser 1 à hélium-néon émettant un faisceau de lumière monochromatique polarisé linéairement par passage dans le polariseur 2, puis injecté dans la fibre optique monomode 4 par l'intermédiaire d'un objectif de microscope 3. La fibre optique 4 est enroulée sur le support isolant 5 à l'intérieur duquel passe le conducteur 6 dans lequel circule le courant dont on veut mesurer l'intensité. La lumière émergeant de l'extrémité de la fibre 4 est collimatée en utilisant un second objectif de microscope 7 et passe ensuite dans un prisme de Wollaston 8 qui produit deux faisceaux lumineux d'intensités respectives  $J_1$  et  $J_2$ , polarisés linéairement et orthogonalement. Ces deux faisceaux sont captés respectivement par les détecteurs 9 et 10 connectés à un circuit électronique 11 engendrant un signal fonc-

20  
25  
30  
35

tion des intensités  $J_1$  et  $J_2$  et proportionnel à l'intensité du courant à mesurer, comme cela a été expliqué plus haut. L'inconvénient principal d'un tel ampèremètre est la biréfringence de la fibre optique 4, surtout lorsque cette dernière est d'un type classique, cette biréfringence dégradant la sensibilité de l'ampèremètre.

La figure 2 représente schématiquement un ampèremètre à effet Faraday, conforme à l'invention, dans lequel un faisceau de lumière monochromatique et polarisée de longueur d'onde  $\lambda$  est émis par une source S essentiellement constituée par un laser pouvant être un laser à gaz (ou une diode laser à arséniure de gallium et d'aluminium dans le cas d'un ampèremètre à effet Faraday optiquement intégré). Pour corriger une divergence éventuelle du faisceau lumineux, ce dernier est envoyé dans une première lentille de Fresnel 14. Après quoi, il est injecté dans la fibre optique monomode 18 à l'une des extrémités de celle-ci, par l'intermédiaire d'un guide de lumière 16 suivi d'une liaison fibre-guide 17. La fibre optique 18 est enroulée sur le support isolant 19 à l'intérieur duquel passe le conducteur 20 dans lequel circule le courant dont on veut mesurer l'intensité. A l'autre extrémité de la fibre 18, clivée de façon à être optiquement parfaite, est déposé un miroir à couches multidiélectriques 25, l'épaisseur de chacune de ces couches étant égale à un même multiple du quart de la longueur d'onde  $\lambda$ . Ce miroir 25 réfléchit plus de 95% de la lumière ayant pénétré dans la fibre optique 18. Le faisceau lumineux ressort donc par la première extrémité de la fibre optique 18, repasse par la liaison 17 et le guide 16 puis est réfléchi par le séparateur 26 pour traverser ensuite une seconde lentille de Fresnel 15. Le séparateur 26 est un moyen important de l'invention, car il

permet de faire une sélection de la lumière en orientant le faisceau lumineux sortant de la fibre optique 18 vers le système de photodétection D.

5 Le faisceau lumineux est donc ensuite détecté par ce système de photodétection D d'un type en soi connu : le faisceau est analysé par un prisme de Wollaston 21 (qui peut exister en version intégrée dans le cas d'un ampèremètre à effet Faraday optiquement intégré) donnant deux faisceaux lumineux, d'intensités respectives  $I_1$  et  $I_2$ , polarisés linéairement et orthogonalement, captés respectivement par les détecteurs de lumière 22 et 23 connectés à un circuit électronique 24 engendrant un signal fonction des intensités  $I_1$  et  $I_2$  et proportionnel à l'intensité du courant à mesurer, comme cela a été expliqué plus haut.

15 L'ampèremètre à effet Faraday, objet de l'invention, présente des avantages non négligeables par rapport aux ampèremètres réalisés antérieurement puisque, entre autres, il a une plus grande sensibilité que ces derniers et permet d'employer une fibre optique monomode classique.

REVENDICATIONS

1. Ampèremètre à effet Faraday, du genre de ceux comprenant principalement, de façon connue, une source (S) de lumière monochromatique et polarisée, une fibre optique (18) monomode, recevant à l'une de ses extrémités la lumière émise par la source (S) et enroulée autour d'un conducteur (20) dans lequel circule le courant à mesurer, un système de photodétection (D) engendrant un signal fonction de l'intensité du courant à mesurer, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un moyen de réflexion de lumière (25) placé à l'autre extrémité de la fibre optique (18) et réfléchissant la lumière ayant pénétré dans cette dernière, et un dispositif (26) séparant le faisceau de lumière réfléchi par le moyen de réflexion (25), à sa sortie de la fibre optique (18), et l'envoyant ainsi vers le système de photodétection (D).

2. Ampèremètre selon la revendication 1, caractérisé en ce que le moyen de réflexion (25) est un miroir à couches multidiélectriques.

3. Ampèremètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, caractérisé en ce que l'extrémité de la fibre optique (18) destinée à recevoir le moyen de réflexion (25) est clivée.

4. Ampèremètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la source (S) comprend un laser.

5. Ampèremètre selon la revendication 4, caractérisé en ce que le laser est du type diode laser.

6. Ampèremètre selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le système de photodétection (D) comprend un prisme de Wollaston (21) placé sur le trajet retour de la lumière, après

le dispositif (26) de séparation, donnant deux faisceaux lumineux d'intensités respectives  $I_1$  et  $I_2$ , polarisés linéairement et orthogonalement, reçus par deux détecteurs de lumière (22, 23) connectés à un circuit électronique (24) engendrant un signal fonction des intensités  $I_1$  et  $I_2$  et proportionnel à l'intensité du courant à mesurer.

7. Ampèremètre selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre deux lentilles de Fresnel (14, 15), l'une sur le trajet aller du faisceau de lumière, avant le dispositif (26) de séparation, l'autre sur le trajet retour, entre le dispositif (26) de séparation et le système de photodétection (D), la source (S) comprenant une diode laser à arséniure de gallium et d'aluminium, les détecteurs de lumière (22, 23) étant deux photodiodes au silicium intégrées avec la diode laser, le prisme de Wollaston (21), les lentilles de Fresnel (14, 15) et le dispositif (26) de séparation sur un même support de silicium.

1 / 1

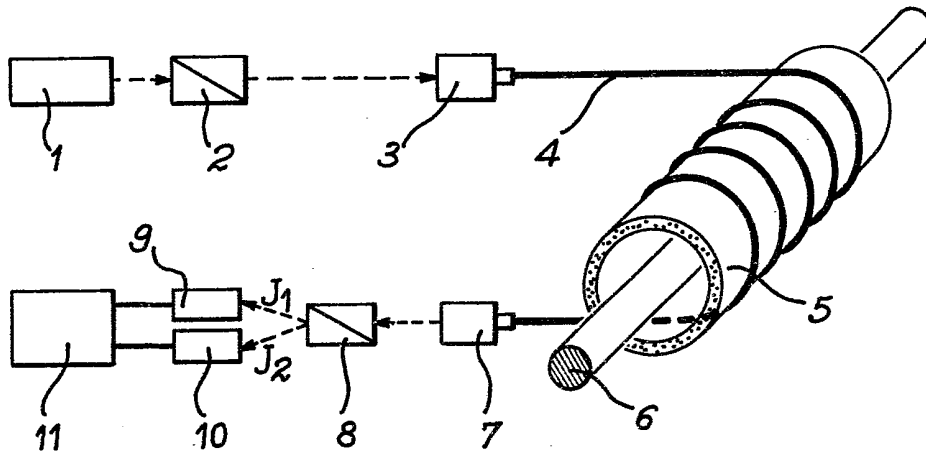


FIG. 1

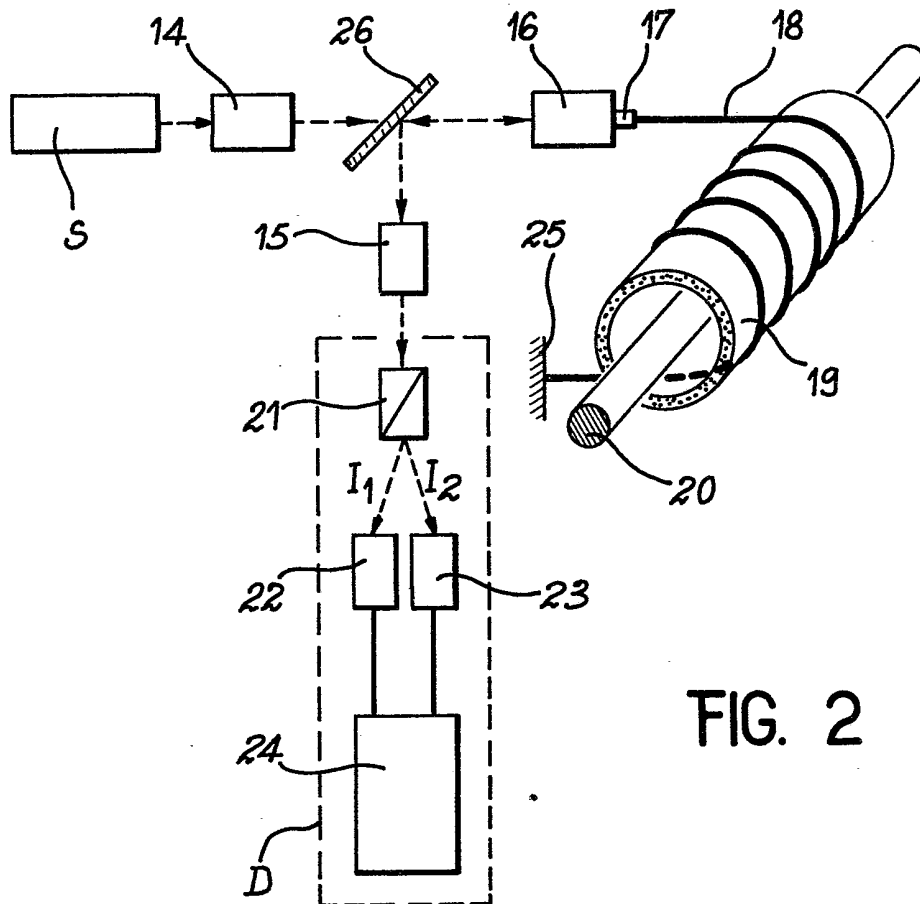


FIG. 2