

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle  
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2010/081999 A1**

(43) Date de la publication internationale  
22 juillet 2010 (22.07.2010)

PCT

(51) Classification internationale des brevets :  
G01J 4/04 (2006.01) G01N 21/21 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2010/050063

(22) Date de dépôt international :  
15 janvier 2010 (15.01.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0950236 15 janvier 2009 (15.01.2009) FR  
0953402 20 mai 2009 (20.05.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :  
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE - CNRS - [FR/FR]; 3, rue Michel Ange, F-75794 Paris Cédex 16 (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :  
PAGNOUX, Dominique [FR/FR]; 2, rue du Cavou, F-87100 Limoges (FR).  
LOURADOUR, Frédéric [FR/FR]; 23, avenue de Sainte Anne, F-87120

Eymoutiers (FR). DESROCHES, Jérôme [FR/FR]; 6, chemin d'Antony, F-87100 Limoges (FR).  
BARTHELEMY, Alain [FR/FR]; 41, rue de l'Argonne, F-87100 Limoges (FR).  
BREVIER, Julien [FR/FR]; Le Bouchet, F-87200 Saint-Junien (FR).

(74) Mandataires : KOENIG, Christine et al.; Cabinet Plasseraud, 52 rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : DEVICE AND METHOD FOR DETERMINING A PIECE OF POLARISATION INFORMATION AND POLARIMETRIC IMAGING DEVICE

(54) Titre : DISPOSITIF ET PROCÉDE DE DETERMINATION D'UNE INFORMATION DE POLARISATION ET IMAGEUR POLARIMETRIQUE.

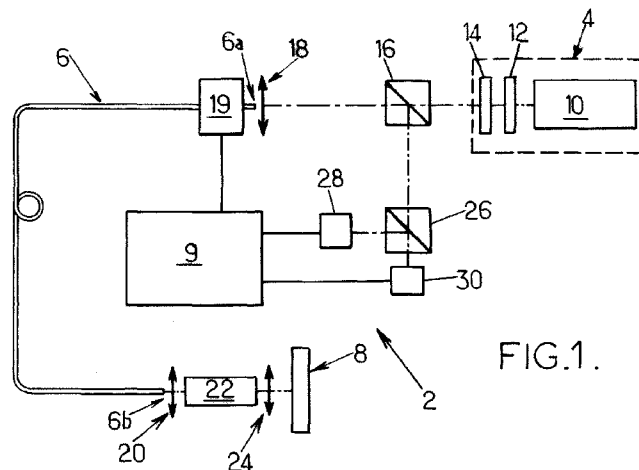


FIG.1.

(57) Abstract : The invention relates to a method and to a device (2) for determining at least one piece of polarisation information on a measurement point of a target sample (8), the device (2) comprising: - a light source (4) capable of emitting a rectilinearly polarised light beam, the light beam being intended to be reflected by the measurement point; - a means (9) for computing polarisation information on the measurement point using the beam reflected by the target sample (8); - at least one waveguide (6) for guiding the incident beam towards the target sample (8) and the reflected beam towards the computing means (9); and - a means (22) for rotating the polarisation, capable of rotating two orthogonal polarimetric components of the incident beam after passing through the waveguide and two orthogonal polarimetric components of the reflected beam before passing through the waveguide.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2010/081999 A1



ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

**Déclarations en vertu de la règle 4.17 :**

- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

---

L'invention concerne un procédé et un dispositif (2) de détermination d'au moins une information de polarisation d'un point de mesure d'un échantillon cible (8), le dispositif (2) comportant : - une source lumineuse (4) propre à émettre un faisceau lumineux polarisé rectilignement, le faisceau lumineux étant destiné à être réfléchi par le point de mesure; - des moyens (9) de calcul des informations de polarisation du point de mesure à partir du faisceau réfléchi par l'échantillon cible (8); - au moins un guide d'onde (6) apte à guider le faisceau incident vers l'échantillon cible (8), et le faisceau réfléchi vers les moyens de calcul (9); et - des moyens (22) de rotation de la polarisation propres à faire tourner deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau incident après passage dans le guide d'onde et deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau réfléchi avant passage dans le guide d'onde.

**DISPOSITIF ET PROCEDE DE DETERMINATION D'UNE INFORMATION DE POLARISATION  
ET IMAGEUR POLARIMETRIQUE.**

La présente invention concerne un dispositif et un procédé de détermination d'une information de polarisation en un point d'un échantillon cible, ainsi qu'un imageur polarimétrique.

En particulier, l'invention se rapporte à un dispositif de détermination du type comportant :

- une source lumineuse propre à émettre un faisceau lumineux polarisé rectilignement selon une direction prédéfinie, le faisceau lumineux étant destiné à être réfléchi par le point de mesure de l'échantillon cible ;

- des moyens de calcul de l'information de polarisation du point de mesure à partir du faisceau réfléchi par l'échantillon cible.

Le document US 7,289,211 décrit un exemple d'un tel dispositif de détermination.

Un dispositif de détermination d'informations de polarisation permet d'obtenir des informations sur la micro ou nanostructuration d'échantillons cibles, sur leur texture en surface ou à faible profondeur sous la surface. Ces informations de polarisation peuvent être, par exemple, le déphasage subi ou le degré de polarisation du faisceau renvoyé par l'échantillon cible. Ces informations sont principalement utilisées dans le domaine médical pour le diagnostic de maladies, et dans le domaine de la microélectronique pour caractériser des films minces monocouche, multicouches ou pour analyser des surfaces complexes.

Généralement, les informations de polarisation sont obtenues par réflexion d'un faisceau lumineux polarisé sur un échantillon cible. L'analyse de la polarisation du faisceau réfléchi permet de déterminer des informations de polarisation de l'échantillon cible.

Cette technique nécessite l'utilisation d'un faisceau lumineux en visée directe et en espace libre, de sorte qu'il n'est pas possible de réaliser des mesures d'informations de polarisation d'un objet situé dans une zone difficile d'accès, au sein de corps creux ou dans un environnement trouble.

L'invention a notamment pour but de pallier cet inconvénient et de proposer un dispositif de détermination d'une information de polarisation qui permette, entre autres,

d'analyser des échantillons cibles non accessibles par un faisceau lumineux en visée directe.

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif de détermination du type précité, caractérisé en ce qu'il comporte :

- 5           - au moins un guide d'onde apte à guider le faisceau incident vers l'échantillon cible, et le faisceau réfléchi vers les moyens de calcul ; et
- des moyens de rotation de la polarisation propres à faire tourner deux composantes polarimétriques orthogonales  $E_{\parallel}^I$  ;  $E_{\perp}^I$  du faisceau incident après passage dans le guide d'onde et deux composantes polarimétriques orthogonales  $E_{\parallel}^R$  ;  $E_{\perp}^R$  du
- 10 faisceau réfléchi avant passage dans le guide d'onde pour compenser l'effet de la biréfringence du guide d'onde.

Cette invention permet notamment d'analyser des structures de tissus biologiques telles que du collagène, *in vivo*, *in situ* et sans nécessité de biopsie.

- 15           L'invention a également pour objet un imageur polarimétrique propre à générer une image polarimétrique d'un échantillon cible, ledit imageur comportant :

- un dispositif de détermination d'une information de polarisation tel que décrit précédemment, ledit dispositif étant propre à déterminer plusieurs informations de polarisation ;
- 20           - une unité de construction d'une image polarimétrique représentative des informations de polarisation des points de mesure de l'échantillon cible, chaque caractéristique d'un pixel de l'image représentant l'information de polarisation d'un point de mesure de l'échantillon cible.

- Enfin, l'invention a également pour objet un procédé de détermination d'une
- 25 information de polarisation en un point de mesure d'un échantillon cible, ledit procédé comportant les étapes suivantes :

- a) une étape d'émission d'un faisceau lumineux incident polarisé rectilignement selon une direction prédéfinie ;
- b) une étape de guidage du faisceau incident vers le point de mesure de
- 30 l'échantillon cible à l'aide d'un guide d'onde ;
- c) une étape de rotation de deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau incident après passage dans le guide d'onde ;

d) une étape de réflexion du faisceau incident sur le point de mesure de l'échantillon cible ;

e) une étape de rotation de deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau réfléchi avant passage dans le guide d'onde ;

5 f) une étape de guidage du faisceau réfléchi vers une unité de calcul par le même guide d'onde ;

g) une étape de calcul de l'information de polarisation du point de mesure de l'échantillon cible à partir du faisceau réfléchi récupéré à la sortie du guide d'onde ; les étapes c) et e) compensent l'effet de la biréfringence du guide d'onde.

10

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue schématique du dispositif de détermination selon l'invention ;
- 15 - la figure 2 est un graphe représentant l'évolution temporelle de la composante polarimétrique perpendiculaire du champ électrique en fonction de la composante polarimétrique parallèle ;
- les figures 3 à 6 sont des vues schématiques d'un imageur polarimétrique selon quatre modes de réalisation de l'invention ; et
- 20 - la figure 7 est un diagramme des étapes du procédé selon l'invention.

Sur les différentes figures, les éléments désignés par la même référence désignent des éléments identiques ou similaires.

En référence à la figure 1, le dispositif de détermination 2 comporte une source lumineuse monochromatique 4 propre à émettre un faisceau lumineux incident, un guide  
25 d'onde 6 apte à être traversé par un faisceau incident et par un faisceau réfléchi par l'échantillon cible 8, et des moyens de calcul 9 de l'information de polarisation à partir du faisceau réfléchi récupéré à la sortie du guide d'onde 6.

Dans la suite de la description, le faisceau lumineux est appelé « faisceau incident » sur l'ensemble du trajet de la source 4 à l'échantillon cible 8, et « faisceau réfléchi » sur  
30 l'ensemble du trajet de l'échantillon cible 8 aux moyens de calcul 9.

Dans la suite de la description, les termes « amont » et « aval » sont définis en fonction du sens du faisceau lumineux.

La source lumineuse 4 est apte à émettre un faisceau lumineux incident polarisé rectilignement selon une direction prédéfinie x.

5 Cette source lumineuse 4 est, par exemple, constituée par une diode laser 10, un polariseur 12 et une lame demi-onde 14. Le polariseur 12 et la lame demi-onde 14 sont disposés en aval de la diode laser en considérant le sens du faisceau incident. Ils sont propres à être traversés par le faisceau émis par la diode laser 10. La source lumineuse 4 peut inclure un dispositif destiné à la protéger des réflexions externes.

10 Le dispositif de détermination 2 comporte entre la source lumineuse 4 et le guide d'onde 6, un cube 16 diviseur de faisceau ainsi qu'un système 18 de focalisation du faisceau incident dans le guide d'onde 6.

Le cube 16 est neutre à la polarisation. Il n'affecte que l'intensité du faisceau provenant de la source lumineuse 4 et se dirigeant vers le guide d'onde 6. Il est propre à  
15 modifier la direction du faisceau réfléchi pour le diriger vers les moyens de calcul 9.

Le système de focalisation 18 est constitué par exemple, par un objectif de microscope ou une lentille convergente dont le plan focal est situé à l'entrée du guide d'onde 6.

Le guide d'onde 6 est propre à guider le faisceau incident sur l'échantillon cible 8,  
20 en particulier lorsque ce dernier est positionné dans une cavité ou un renforcement, ou même dans le corps humain, de sorte qu'il ne peut pas être atteint par transmission d'un faisceau lumineux en visée directe. Il comporte une extrémité 6a dite extrémité proximale, située à proximité de la source lumineuse 4 et des moyens de calcul 9, et une extrémité 6b dite extrémité distale, destinée à être disposée à proximité de l'échantillon  
25 cible 8.

Le guide d'onde 6 est constitué par une fibre optique monomode à la longueur d'onde du faisceau émis par la source lumineuse 4.

Des moyens 19 de variation de la biréfringence du guide d'onde 6 sont montés sur le guide d'onde 6. Ces moyens 19 ont pour effet de faire varier la polarisation du faisceau  
30 traversant le guide d'onde. Ces moyens de variation 19 comportent par exemple des moyens propres à faire vibrer le guide d'onde 6, des moyens aptes à générer un champ

électrique ou des moyens aptes à faire varier la température ou la pression exercée sur celui-ci, afin de faire varier temporellement la polarisation du faisceau en sortie du guide d'onde 6.

Les moyens de variation 19 sont connectés aux moyens de calcul 9 et sont  
5 commandés par ceux-ci.

La traversée du guide d'onde 6 modifie le faisceau incident de sorte que, en sortie du guide d'onde 6, il présente deux composantes polarimétriques orthogonales  $E_{\parallel}^I$  et  $E_{\perp}^I$ .

Cette modification est due à la fois à l'effet de la biréfringence du guide d'onde 6 et à l'effet des moyens de variation de la polarisation 19.

10 Entre l'extrémité distale 6b et l'échantillon cible 8, le dispositif de détermination 2 comporte en considérant le sens du faisceau incident, un premier système optique 20 dont le plan focal est situé au niveau de l'ouverture de l'extrémité distale du guide d'onde 6, des moyens de rotation de la polarisation 22, et un second système optique 24 dont le plan focal est situé au niveau de l'échantillon cible 8.

15 Le premier système optique 20 est propre à collimater le faisceau incident. Le second système optique 24 est propre à focaliser le faisceau incident sur le point de mesure de l'échantillon cible.

Après réflexion sur l'échantillon cible 8, le faisceau réfléchi est collimaté par le second système optique 24, il traverse les moyens de rotation 22 et, est focalisé par le  
20 premier système optique 20 à l'entrée de la partie distale 6b du guide d'onde.

Les moyens de rotation 22 comprennent un rotateur de Faraday. Pour les applications médicales, ce rotateur est miniaturisé.

Il permet de compenser les effets de la biréfringence du guide d'onde 6. A cet effet, il est propre à faire tourner les deux composantes polarimétriques orthogonales  $E_{\parallel}^I$  et  $E_{\perp}^I$   
25 du faisceau incident sortant du guide d'onde 6, d'un angle de 45 degrés dans un sens de rotation donné pour obtenir deux composantes polarimétriques notées  $E_{\parallel}^{IR}$  et  $E_{\perp}^{IR}$ . Dans cette description, le sens de la rotation est défini par rapport à un repère fixe de laboratoire.

Après réflexion du faisceau incident sur l'échantillon cible 8, le rotateur de Faraday  
30 est propre à faire tourner deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau

réfléchi référencées  $E_{\parallel}^R$  et  $E_{\perp}^R$  d'un angle de 45 degrés dans le même sens de rotation pour obtenir deux composantes polarimétriques orthogonales référencées  $E_{\parallel}^{RR}$  et  $E_{\perp}^{RR}$ .

Comme l'échantillon cible 8 a modifié la polarisation du faisceau incident, les composantes polarimétriques  $E_{\parallel}^{IR}$  et  $E_{\perp}^{IR}$  du faisceau incident en aval des moyens de rotation 22 sont différents des composantes polarimétriques  $E_{\parallel}^R$  et  $E_{\perp}^R$  du faisceau réfléchi en amont des moyens de rotation 24. Le terme aval est défini en considérant le sens du faisceau incident. Le terme amont est défini en considérant le sens du faisceau réfléchi.

Le guide d'onde 6 est propre à guider le faisceau réfléchi vers le système de focalisation 18.

Au cours de la seconde traversée du guide d'onde 6, les composantes polarimétriques  $E_{\parallel}^{RR}$  et  $E_{\perp}^{RR}$  issues du rotateur 22 sont à nouveau modifiées par le guide d'onde 6 et par les moyens de variation 19 de façon identique ou du moins similaire aux modifications occasionnées au cours du trajet vers l'échantillon cible 8.

Le dispositif de détermination 2 comprend en outre un cube 26 séparateur de polarisation et deux photodétecteurs 28, 30 reliés aux moyens de calcul 9.

Le cube 26 est conformé pour séparer une composante polarimétrique  $E_{\parallel}^F$  orientée dans la direction prédéfinie x, c'est-à-dire dans la direction dans laquelle la source lumineuse 4 a polarisé le faisceau incident, et une composante polarimétrique  $E_{\perp}^F$  orthogonale à celle-ci.

La composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$  et la composante polarimétrique orthogonale  $E_{\perp}^F$  du faisceau réfléchi sont dirigées respectivement vers le photodétecteur 28, et vers le photodétecteur 30. Les photodétecteurs 28, 30 délivrent chacun un photocourant, ci-après appelé signal électrique, aux moyens de calcul 9.

Les composantes polarimétriques  $E_{\parallel}^F$  et  $E_{\perp}^F$  varient au cours du temps en raison des variations de polarisation générées par les moyens de variation 19. Un exemple de variation de la composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$  est représenté sur la figure 2 pour un échantillon cible présentant un déphasage de 90 degrés entre ses axes propres.

Selon l'invention, les moyens de calcul 9 sont propres à sélectionner la valeur maximale du signal électrique représentatif de la composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$

ainsi que la valeur correspondante du signal électrique représentatif de la composante polarimétrique perpendiculaire  $E_{\perp}^F$ , c'est-à-dire la valeur mesurée au même moment ou en d'autres termes la valeur minimale de celui-ci.

Les moyens de calcul 9 sont aussi propres à sélectionner la valeur minimale du signal électrique représentatif de la composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$  ainsi que la valeur correspondante du signal électrique représentatif de la composante polarimétrique perpendiculaire  $E_{\perp}^F$ , c'est-à-dire la valeur mesurée au même moment ou en d'autres termes la valeur maximale de celui-ci.

Dans l'exemple illustré sur la figure 2, la composante polarimétrique parallèle maximale est la composante polarimétrique  $E_{\parallel\beta}^F$ .

Les moyens de calcul 9 sont propres à calculer le degré de polarisation (DOP) du faisceau en provenance du point de mesure de l'échantillon cible à partir de la formule suivante :  $DOP = 1-2K$  où  $K = P_{\parallel\min} / (P_{\perp\max} + P_{\parallel\min})$

Dans laquelle :

- 15 -  $P_{\parallel\min}$  est la puissance minimale obtenue à partir de la valeur minimale du signal électrique sélectionné par les moyens de calcul 9. Elle est représentative de la composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$  du champ électrique.  $P_{\perp\max}$  est la puissance représentative de la composante polarimétrique perpendiculaire  $E_{\perp}^F$  du champ électrique mesurée au même moment.
- 20 -  $(P_{\perp\max} + P_{\parallel\min})$  est la puissance totale récupérée par les photodétecteurs 28 et 30. Cette puissance est invariante d'une mesure à l'autre.

Ainsi, si  $P_{\parallel\min} = 0$  alors  $DOP=1$  ce qui indique que l'échantillon cible est non dépolarisant ; si  $P_{\parallel\min} = P_{\perp\max}$  alors  $DOP=0$ , ce qui indique que l'échantillon cible est totalement dépolarisant.

25 Les moyens de calcul 9 sont aussi propres à calculer le déphasage  $\theta$  introduit entre les axes propres de l'échantillon cible à partir de la formule suivante :

$$\sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{(1-K).P_{\parallel\max} - K.P_{\perp\min}}{(1-2K)(P_{\parallel\max} + P_{\perp\min})}$$

Dans laquelle :

- $P_{\parallel \max}$  est la puissance maximale obtenue à partir de la valeur maximale du signal électrique sélectionné par les moyens de calcul 9. Elle est représentative de la composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$  du champ électrique.
- $P_{\perp \min}$  est la puissance représentative de la composante polarimétrique perpendiculaire  $E_{\perp}^F$  du champ électrique mesurée au même moment.

En variante, les moyens de calcul 9 sont propres à sélectionner la valeur moyenne du signal électrique représentatif de la composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$  ainsi que la valeur correspondante du signal électrique représentatif de la composante polarimétrique perpendiculaire  $E_{\perp}^F$  mesurée au même moment. Dans ce cas, les moyens de calcul 9 sont propres à calculer le déphasage associé au point de mesure de l'échantillon cible lorsque celui-ci n'est pas dépolarisant, à partir de la formule suivante :

$$\theta = f(x) \text{ avec } x = P_{\parallel \text{moyen}} / (P_{\perp \text{moyen}} + P_{\parallel \text{moyen}})$$

Dans laquelle :

- $f$  est une fonction continûment croissante entre 0 et 180° lorsque  $x$  varie de 0 à 1.
- $P_{\parallel \text{moyen}}$  est la puissance moyenne obtenue à partir de la moyenne de plusieurs mesures du signal électrique représentatif de la composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$  associées à un point donné de la cible.
- $(P_{\perp \text{moyen}} + P_{\parallel \text{moyen}})$  est la puissance moyenne récupérée par les photodétecteurs 28 et 30 pendant une plage de temps prédéfinie.

En variante, le guide d'onde 6 est une fibre optique multimode.

La figure 3 représente un imageur polarimétrique 32 selon un premier mode de réalisation de l'invention. L'imageur 32 est formé à partir d'un dispositif 2 de détermination d'une information de polarisation, tel que décrit ci dessus, équipé d'une unité 34 de construction d'une image polarimétrique et d'un système de balayage 36.

L'unité de construction 34 est propre à recevoir les valeurs du degré de polarisation du faisceau et les valeurs du déphasage provenant de plusieurs points de mesure de l'échantillon cible 8 et à construire deux images polarimétriques à partir de celles-ci. Chaque niveau de gris ou chaque chrominance d'un pixel de la première image

représente le degré de polarisation associé à un point de mesure de l'échantillon cible. Chaque niveau de gris ou chaque chrominance d'un pixel de la deuxième image représente le déphasage à un point de mesure de l'échantillon cible.

5 A cet effet, l'unité de construction d'image 34 est synchronisée au système de balayage 36.

Le système de balayage 36 est propre à diriger le faisceau incident vers plusieurs points de mesure de l'échantillon cible 8.

10 Il est disposé en aval du guide d'onde 6 en considérant le sens de parcours du faisceau incident. En particulier, il est disposé entre l'extrémité distale 6b du guide d'onde et le premier système optique 20.

Il est par exemple constitué par deux miroirs oscillants, l'un selon un axe vertical, et l'autre selon un axe horizontal, à une fréquence correspondant à la fréquence de construction d'une image par l'unité 34. Il est connecté à l'unité de construction 34 par un fil électrique 38.

15 La figure 4 représente un imageur polarimétrique 32 selon un second mode de réalisation de l'invention. Il est similaire à l'imageur représenté sur la figure 3.

20 Toutefois, le guide d'onde 6 est remplacé par plusieurs guides d'onde 40, ou par une fibre optique multicœur, et le système de balayage 36 est disposé en amont des guides d'onde en considérant le sens du faisceau incident. Le système de balayage 36 est propre à diriger le faisceau incident tour à tour vers chaque guide d'onde de sorte que le faisceau éclaire successivement plusieurs points de mesure de l'échantillon cible 8. A la réception, le système de balayage traite séquentiellement le faisceau réfléchi. L'unité de construction 34 est synchronisée avec le système de balayage 36 de manière à pouvoir attribuer à chaque information de polarisation calculée par l'unité de calcul 9 une position correspondante sur l'échantillon cible 8.

25 La figure 5 représente un imageur polarimétrique 32 selon un troisième mode de réalisation de l'invention. Il est similaire à l'imageur représenté sur la figure 4. Toutefois, les moyens 19 de variation de la biréfringence sont remplacés par des moyens 42 de variation de la polarisation montés entre le cube 16 et le système de balayage 36.

30 Les moyens 42 de variation de la polarisation sont constitués, par exemple, par un brouilleur de polarisation ou un agencement de lames de phase commandées par l'unité de calcul 9.

Les moyens 42 de variation de la polarisation peuvent également être utilisés (à la place des moyens 19 de variation de la biréfringence) dans le dispositif de détermination illustré sur la figure 1, ainsi que dans les imageurs illustrés sur les figures 2 à 4.

La figure 6 représente un imageur polarimétrique 32 selon un quatrième mode de réalisation de l'invention. Il est similaire à l'imageur représenté sur la figure 5. Toutefois, la source lumineuse monochromatique a été remplacée par une source polychromatique 44 et les moyens de variation de la polarisation 42 ont été supprimés. La source polychromatique est, par exemple, constituée par une diode superluminescente. Comme la biréfringence des guides d'onde varie en fonction de la longueur d'onde du faisceau traversant, la variation de polarisation réalisée précédemment par les moyens de variation 19 ou 42, est ici induite par le passage dans les guides d'onde d'un faisceau à spectre élargi.

Dans ce cas, les moyens de calcul 9 sont propres à sélectionner la valeur maximale et la valeur minimale du signal électrique représentatif de la composante polarimétrique parallèle  $E_{\parallel}^F$  parmi les composantes du champ électrique ayant des longueurs d'onde différentes. La valeur de la composante polarimétrique perpendiculaire  $E_{\perp}^F$  ayant la même longueur d'onde est sélectionnée pour calculer le degré de polarisation et le déphasage.

L'invention concerne également un procédé de détermination d'une information de polarisation illustré sur la figure 7. Le procédé débute par une étape 46 d'émission d'un faisceau lumineux incident polarisé rectilignement.

A cours d'une étape 48, le faisceau incident est guidé vers le point de mesure de l'échantillon cible à l'aide du guide d'onde 6.

Au cours d'une étape 50, deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau incident sont tournées d'un angle de 45 degrés par le rotateur de Faraday 22.

Au cours d'une étape 52, le faisceau incident est rétro-réfléchi sur le point de mesure de l'échantillon cible.

Au cours d'une étape 54, deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau réfléchi sont tournées d'un angle de 45 degrés. Puis, le faisceau réfléchi est injecté dans le guide d'onde 6 par le système optique 20.

Au cours d'une étape 56, le faisceau réfléchi est guidé vers l'unité de calcul 9 par le même guide d'onde 6.

Enfin, au cours d'une étape 58, l'information de polarisation du point de mesure de l'échantillon cible est calculé à partir du faisceau réfléchi récupéré à la sortie du guide  
5 d'onde 6.

Le déphasage permet d'obtenir, par exemple, des informations sur la biréfringence de l'échantillon cible tandis que le degré de polarisation permet d'obtenir des informations sur sa capacité à dépolariser la lumière.

En variante, le dispositif de détermination 2 où l'imageur polarimétrique 32  
10 comprend un premier rotateur disposé uniquement sur le trajet du faisceau incident entre la partie distale 6b et l'échantillon cible 8, et un second rotateur disposé uniquement sur le trajet du faisceau réfléchi entre la partie distale 6b et l'échantillon cible 8. Le premier rotateur est propre à faire tourner les composantes polarimétriques du faisceau d'un angle  $\alpha$ . Le second rotateur est propre à faire tourner les composantes polarimétriques d'un  
15 angle  $90 - \alpha$  degrés ;  $\alpha$  étant compris entre 0 et 90 degrés.

Dans ce cas, le faisceau incident n'est pas perpendiculaire à la surface de l'échantillon cible.

**REVENDEICATIONS**

- 1.- Dispositif (2) de détermination d'au moins une information de polarisation d'un point de mesure d'un échantillon cible (8), le dispositif (2) comportant :
- 5           - une source lumineuse (4 ; 44) propre à émettre un faisceau lumineux polarisé rectilignement selon une direction prédéfinie, le faisceau lumineux étant destiné à être réfléchi par le point de mesure de l'échantillon cible (8) ;
- des moyens (9) de calcul de l'information de polarisation du point de mesure à partir du faisceau réfléchi par l'échantillon cible (8) ;
- 10           caractérisé en ce qu'il comporte en outre :
- au moins un guide d'onde (6 ; 40) apte à guider le faisceau incident vers l'échantillon cible (8), et le faisceau réfléchi vers les moyens (9) de calcul ; et
- des moyens (22) de rotation de la polarisation propres à faire tourner deux composantes polarimétriques orthogonales ( $E_{\parallel}^I$  ;  $E_{\perp}^I$ ) du faisceau incident après passage
- 15           dans le guide d'onde (6 ; 40) et deux composantes polarimétriques orthogonales ( $E_{\parallel}^R$  ;  $E_{\perp}^R$ ) du faisceau réfléchi avant passage dans le guide d'onde (6 ; 40) pour compenser l'effet de la biréfringence du guide d'onde (6 ; 40).
- 2.- Dispositif (2) selon la revendication 1, dans lequel les moyens de rotation (22)
- 20           sont propres à faire tourner lesdites composantes polarimétriques ( $E_{\parallel}^I$  ;  $E_{\perp}^I$ ) du faisceau incident et lesdites composantes polarimétriques ( $E_{\parallel}^R$  ;  $E_{\perp}^R$ ) du faisceau réfléchi, dans un même sens de rotation.
- 3.- Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel les
- 25           moyens de rotation (22) comprennent un unique rotateur de Faraday propre à faire tourner lesdites composantes polarimétriques ( $E_{\parallel}^I$  ;  $E_{\perp}^I$ ) du faisceau incident et lesdites composantes polarimétriques ( $E_{\parallel}^R$  ;  $E_{\perp}^R$ ) du faisceau réfléchi d'un angle de 45 degrés.
4. Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel les
- 30           moyens de rotation (22) comprennent au moins deux rotateurs de Faraday propres à faire tourner lesdites composantes polarimétriques ( $E_{\parallel}^I$  ;  $E_{\perp}^I$ ) du faisceau incident et lesdites composantes polarimétriques ( $E_{\parallel}^R$  ;  $E_{\perp}^R$ ) du faisceau réfléchi, l'un d'un angle de  $\alpha$

degrés, l'autre d'un angle de  $90 - \alpha$  degrés ;  $\alpha$  étant un nombre compris entre 0 et 90 degrés.

5 5.- Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le guide d'onde (6 ; 40) comporte une extrémité proximale (6a ; 40a) destinée à être disposée du côté de la source lumineuse (4 ; 44), et une extrémité distale (6b ; 40b) destinée à être disposée du côté de l'échantillon cible (8), les moyens de rotation (22) étant disposés entre l'échantillon cible (8) et l'extrémité distale (6b ; 40b) du guide d'onde (6 ; 40).

10

6.- Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la source lumineuse (4) est monochromatique, et dans lequel le dispositif de détermination (2) comporte des moyens (19 ; 42) de variation de la polarisation du faisceau incident et du faisceau réfléchi.

15

7.- Dispositif (2) selon la revendication 6, dans lequel les moyens (19 ; 42) de variation de la polarisation comportent des moyens (19) de variation de la biréfringence du guide d'onde (6 ; 40).

20

8.- Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la source lumineuse (44) est polychromatique, la dépendance chromatique de la biréfringence du guide d'onde (6 ; 40) formant des moyens de variation de la polarisation du faisceau incident et du faisceau réfléchi.

25

9.- Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le guide d'onde (6 ; 40) est une fibre optique monomode à la ou à chaque longueur d'onde du faisceau émis par la source lumineuse (4 ; 44), ou une fibre optique multimode.

10.- Dispositif (2) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, qui comporte :

30 - des moyens (26, 28, 30) de mesure du faisceau réfléchi aptes à délivrer un signal électrique représentatif de la composante polarimétrique du faisceau réfléchi ( $E_{\parallel}^{RR}$ ) orientée selon la direction prédéfinie, appelé signal parallèle, et un signal électrique

représentatif de la composante polarimétrique perpendiculaire ( $E_{\perp}^{RR}$ ) à celle-ci, appelé signal orthogonal ; et dans lequel les moyens de calcul (9) comportent :

- des moyens de sélection d'une valeur du signal parallèle, le signal parallèle variant au cours du temps ou en fonction de la longueur d'onde ; et
- 5       - des moyens de mesure de l'information de polarisation du point de mesure de l'échantillon cible (8) à partir du signal parallèle sélectionné et du signal orthogonal mesuré au même moment ou du signal orthogonal présentant la même longueur d'onde.

11.- Dispositif (2) selon la revendication 10, dans lequel la valeur du signal  
10 parallèle sélectionnée est la valeur minimale de celui-ci, ou la valeur maximale de celui-ci ou la valeur moyenne de celui-ci.

12. Imageur polarimétrique (32) propre à générer une image polarimétrique d'un échantillon cible (8), l'imageur comportant :

- 15       - un dispositif (2) de détermination d'une information de polarisation selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, ledit dispositif (2) étant propre à déterminer plusieurs informations de polarisation ;
- une unité (34) de construction d'une image polarimétrique représentative des informations de polarisation des points de mesure de l'échantillon cible (8), chaque  
20 caractéristique d'un pixel de l'image représentant l'information de polarisation d'un point de mesure de l'échantillon cible (8).

13.- Imageur polarimétrique (32) selon la revendication 12, qui comporte plusieurs guides d'onde (40) et un système de balayage (36) disposé en amont desdits guides  
25 d'onde (40) en considérant le sens du faisceau incident, le système de balayage (36) étant propre à diriger le faisceau incident vers plusieurs points de mesure de l'échantillon cible (8), le système de balayage (36) étant commandé par l'unité de construction d'image (34) et étant synchronisé à celle-ci.

30       14.- Imageur polarimétrique selon la revendication 12, qui comporte un unique guide d'onde (6) et un système de balayage (36) disposé en aval du guide d'onde (6) en considérant le sens du faisceau incident, le système de balayage (36) étant propre à diriger le faisceau incident vers plusieurs points de mesure de l'échantillon cible (8), le

système de balayage (36) étant commandé par l'unité de construction d'image (34) et étant synchronisé à celle-ci.

- 15.- Procédé de détermination d'au moins une information sur la polarisation en un point de mesure d'un échantillon cible (8), le procédé comportant les étapes suivantes :
- a) émission (46) d'un faisceau lumineux incident polarisé rectilignement selon une direction prédéfinie ;
  - b) guidage (48) du faisceau incident vers le point de mesure de l'échantillon cible (8) à l'aide d'un guide d'onde (6 ; 40) ;
  - 10 c) rotation (50) de deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau incident après passage dans le guide d'onde (6 ; 40) ;
  - d) réflexion (52) du faisceau incident sur le point de mesure de l'échantillon cible (8) ;
  - e) rotation (54) de deux composantes polarimétriques orthogonales du faisceau réfléchi avant passage dans le guide d'onde (6 ; 40) ;
  - 15 - guidage (56) du faisceau réfléchi vers une unité de calcul (9) par le même guide d'onde (6 ; 40) ;
  - calcul (58) de l'information de polarisation du point de mesure de l'échantillon cible (8) à partir du faisceau réfléchi récupéré à la sortie du guide d'onde (6 ; 40) ; les
  - 20 étapes c) et e) compensent l'effet de la biréfringence du guide d'onde (6 ; 40).



2 / 4

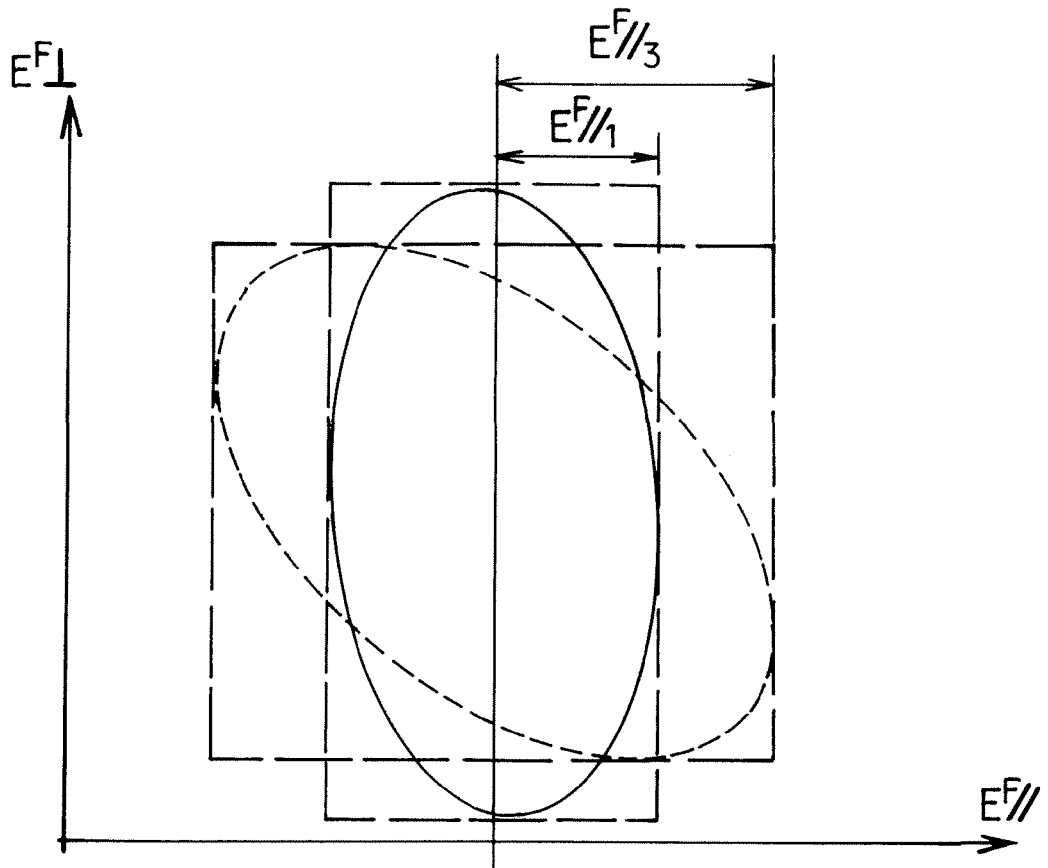


FIG. 2.

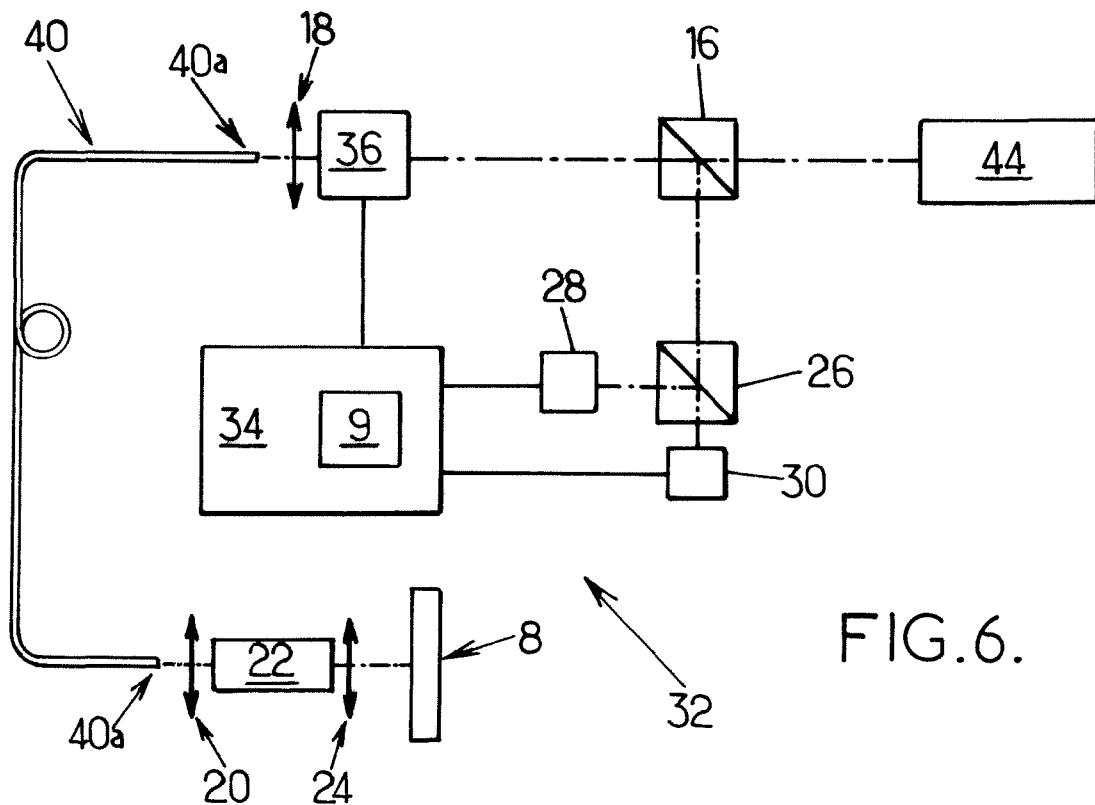


FIG. 6.

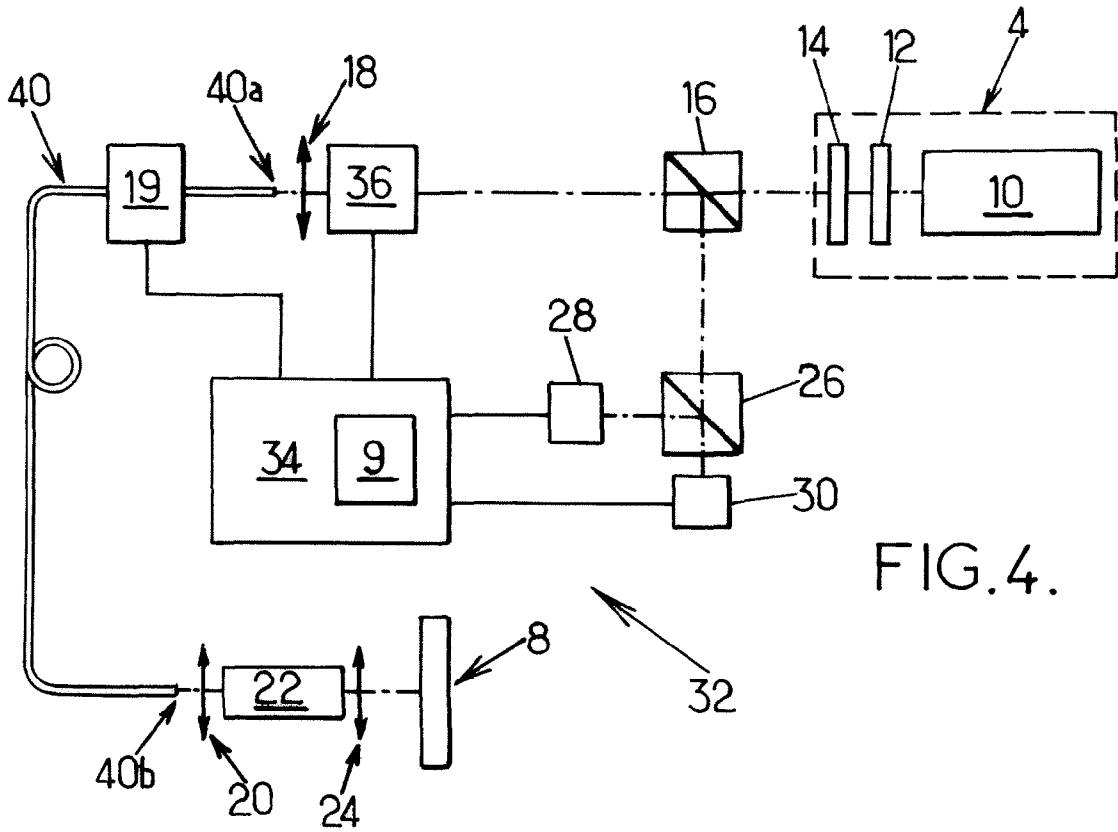


FIG. 4.

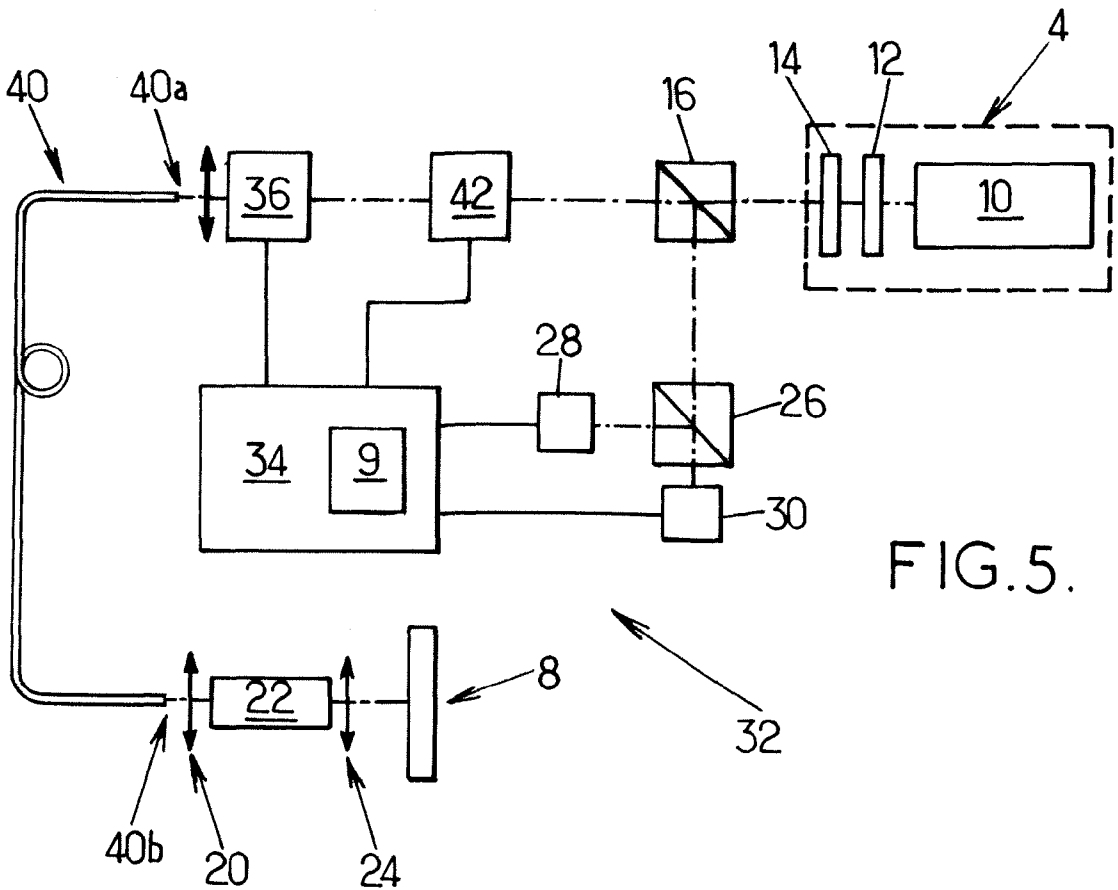


FIG. 5.

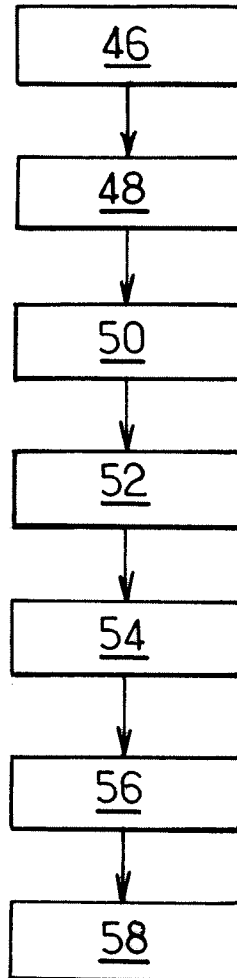


FIG.7.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2010/050063

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 INV. G01J4/04 G01N21/21  
 ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 G01N G02B G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	NIELSEN P M F ET AL: "POLARIZATION-SENSITIVE SCANNED FIBER CONFOCAL MICROSCOPE" OPTICAL ENGINEERING, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS, BELLINGHAM, vol. 35, no. 11, 1 November 1996 (1996-11-01), pages 3084-3091, XP000638602 ISSN: 0091-3286 page 3084 - page 3085 figure 1	1-15
X	US 6 292 287 B1 (FUJINOKI AKIKO [JP]) 18 September 2001 (2001-09-18) column 3, line 9 - column 4, line 25 column 6, line 11 - column 7, line 49 ----- -/--	1-15

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
 "E" earlier document but published on or after the international filing date  
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.  
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 May 2010

Date of mailing of the international search report

31/05/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jacquin, Jérôme

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/FR2010/050063

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 626 679 A (KUWAYAMA TETSURO [JP] ET AL) 2 December 1986 (1986-12-02) column 4, line 4 - line 62 column 10, line 29 - line 60 figures 3,12 -----	1,15
X	WO 98/53272 A (OPTICAL BIOPSY TECHNOLOGIES IN [US]) 26 November 1998 (1998-11-26) page 23, line 4 - page 26, line 3 figures 7A,7B -----	1,15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2010/050063

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 6292287	B1	18-09-2001	JP	2000329690 A		30-11-2000
US 4626679	A	02-12-1986	DE	3334120 A1		22-03-1984
WO 9853272	A	26-11-1998	US	5887009 A		23-03-1999

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/050063

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
 INV. G01J4/04 G01N21/21  
 ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
 G01N G02B G01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)  
 EPO-Internal, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>NIELSEN P M F ET AL:                      "POLARIZATION-SENSITIVE SCANNED FIBER                      CONFOCAL MICROSCOPE"                      OPTICAL ENGINEERING, SOC. OF PHOTO-OPTICAL                      INSTRUMENTATION ENGINEERS, BELLINGHAM,                      vol. 35, no. 11,                      1 novembre 1996 (1996-11-01), pages                      3084-3091, XP000638602                      ISSN: 0091-3286                      page 3084 - page 3085                      figure 1</p>	1-15
X	<p>US 6 292 287 B1 (FUJINOKI AKIKO [JP])                      18 septembre 2001 (2001-09-18)                      colonne 3, ligne 9 - colonne 4, ligne 25                      colonne 6, ligne 11 - colonne 7, ligne 49</p> <p style="text-align: center;">-----                      -/--</p>	1-15

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- "&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

21 mai 2010

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

31/05/2010

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040.  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Jacquin, Jérôme

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2010/050063

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	US 4 626 679 A (KUWAYAMA TETSURO [JP] ET AL) 2 décembre 1986 (1986-12-02) colonne 4, ligne 4 - ligne 62 colonne 10, ligne 29 - ligne 60 figures 3,12 -----	1,15
X	WO 98/53272 A (OPTICAL BIOPSY TECHNOLOGIES IN [US]) 26 novembre 1998 (1998-11-26) page 23, ligne 4 - page 26, ligne 3 figures 7A,7B -----	1,15

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2010/050063

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6292287	B1	18-09-2001 JP 2000329690 A	30-11-2000
US 4626679	A	02-12-1986 DE 3334120 A1	22-03-1984
WO 9853272	A	26-11-1998 US 5887009 A	23-03-1999