



(43) Date de la publication internationale
2 juin 2016 (02.06.2016)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2016/083706 A1

(51) Classification internationale des brevets :
G01B 11/06 (2006.01) G01N 21/63 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2015/053112

(22) Date de dépôt international :
18 novembre 2015 (18.11.2015)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
14 61563 27 novembre 2014 (27.11.2014) FR

(71) Déposants : MENAPIC [FR/FR]; 41 Boulevard Vauban, 59000 Lille (FR). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) [FR/FR]; 3 rue Michel Ange, 75794 Paris Cedex 16 (FR). GROUPE HEI ISA ISEN [FR/FR]; 2 rue Norbert Segard, 59800 Lille (FR).

(72) Inventeurs : DEVOS, Arnaud; 12 rue du Bourg, 59320 Ennetières en Weppes (FR). SADTLER, Sabrina; 221 rue Nationale, 59000 Lille (FR).

(74) Mandataire : BALESTA, Pierre; Cabinet Beau de Lomenie, Immeuble Eurocentre, 179 Boulevard de Turin, 59777 Lille (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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

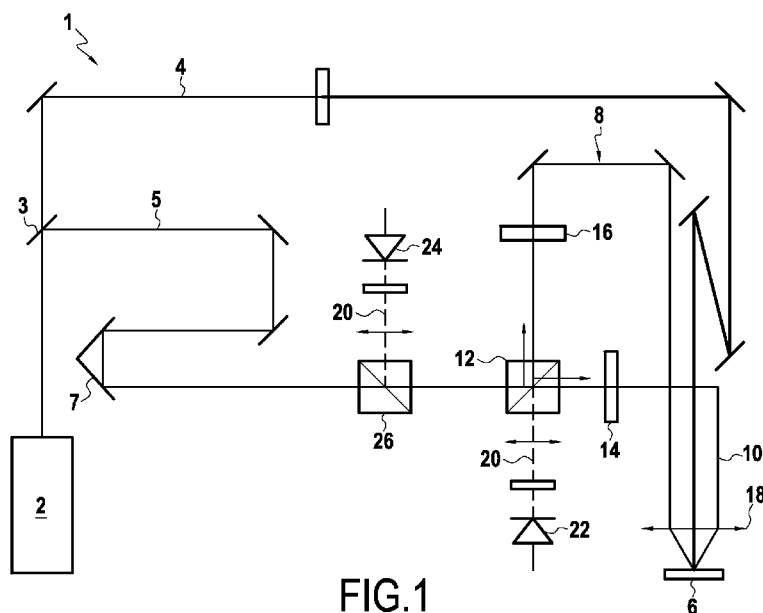
(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : INTERFEROMETRIC CHARACTERISATION DEVICE, AND CORRESPONDING METHOD

(54) Titre : DISPOSITIF DE CARACTÉRISATION PAR INTERFÉROMÉTRIE, ET PROCÉDÉ CORRESPONDANT



(57) Abstract : The present invention concerns a device (1) for characterising a sample, comprising: an optical source (2), an optical sensor (22), and an optical interferometer (8). The optical interferometer comprises: - a looped part (10) in which two electromagnetic waves propagate in a counter-rotating manner, comprising a separation means (12) configured to form said two counter-rotating electromagnetic waves, and - a phase shifting means configured to create a phase shift of $\pi/2$ between the two counter-rotating waves, the sample (6) being intended to be placed in the optical interferometer in such a way that the optical path between the separation means and the sample is different between the two counter-rotating waves. The phase shifting means is a phase shifting means (14, 16) that can be adjusted to obtain counter-rotating waves in phase quadrature. The invention also relates to a method for characterising a sample by an optical interferometer.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



La présente invention concerne un dispositif de caractérisation (1) d'un échantillon, comportant : une source optique (2), un capteur optique (22), et un interféromètre optique (8). L'interféromètre optique comporte : - une partie bouclée (10) dans laquelle deux ondes électromagnétiques se propagent de manière contrarotative, comprenant un moyen séparateur (12) configuré pour former lesdites deux ondes électromagnétiques contrarotatives, et - un moyen de déphasage configuré pour créer un déphasage de $\pi/2$ entre les deux ondes contrarotatives, l'échantillon (6) étant destiné à être placé dans l'interféromètre optique de manière à ce que le chemin optique entre le moyen séparateur et l'échantillon est différent entre les deux ondes contrarotatives. Le moyen de déphasage est un moyen de déphasage ajustable (14, 16) pour obtenir des ondes contrarotatives en quadrature de phase. L'invention concerne également un procédé de caractérisation d'un échantillon par un interféromètre optique.

DISPOSITIF DE CARACTERISATION PAR INTERFEROMETRIE, ET PROCEDURE CORRESPONDANT

Arrière-plan de l'invention

La présente invention concerne un dispositif de caractérisation non-
5 destructive d'une structure. Plus précisément, la présente invention se rapporte à la caractérisation d'une structure par onde acoustique générée et détectée par impulsion lumineuse.

Il est connu d'utiliser un laser à impulsions courtes (par exemple femtoseconde) émettant une onde de longueur d'onde fixée, comme
10 source lumineuse pour produire un premier faisceau, que l'on sépare par une séparatrice en un faisceau dit « pompe » et un faisceau dit « sonde ». On fait ensuite varier le chemin optique du faisceau sonde par un miroir asservi en position. Il est alors connu que les propriétés de la structure sous l'effet des faisceaux émis provoquent une modification dans les
15 propriétés de réflexion (ou de transmission) de l'onde sonde. En particulier, et de façon connue en soi, en observant la modification de réflexion en fonction du temps, il est possible de déterminer des échos caractéristiques des interfaces d'une structure. L'analyse du signal à écho permet alors de déduire par exemple l'épaisseur du matériau, si l'on
20 connaît la vitesse de propagation de l'onde sonore dans le milieu.

Un dispositif alternatif pour étudier les variations du faisceau sonde est d'utiliser un interféromètre. Le document US 6 549 285 B1 décrit un dispositif de caractérisation comportant notamment un interféromètre de Sagnac. Un tel interféromètre permet notamment de caractériser un
25 échantillon à l'aide de deux rayons sonde successifs, le premier rayon atteignant l'échantillon avant le faisceau pompe et le deuxième après le faisceau pompe, les deux rayons interférant ensemble dans un deuxième temps pour déterminer les différences de phase et/ou d'amplitude intervenues entre les deux rayons sonde. Afin de s'assurer que les
30 différences de phase et/ou d'amplitude existantes entre les deux rayons

sonde sont bien dues aux interactions avec l'échantillon, et non à des causes extérieures, un interféromètre de Sagnac est utilisé pour faire parcourir aux deux rayons sonde exactement le même trajet optique. En particulier, les deux faisceaux sonde parcourent un trajet optique en forme de boucle, mais dans des sens contraires : on parle ainsi de faisceaux contrarotatifs. De cette façon, toute modification apparaissant dans le dispositif impacte de manière égale chacun des deux rayons, et ne modifie donc pas les interférences obtenues en sortie de dispositif qui ne résultent que des interactions avec l'échantillon à caractériser.

10 Cependant, on constate que la sensibilité d'un tel dispositif n'est pas toujours satisfaisante, notamment en fonction du type (par exemple du matériau) de l'échantillon à analyser. Ainsi, il sera possible d'obtenir une sensibilité élevée avec certains échantillons, et, au contraire, une sensibilité très faible avec d'autres échantillons, sans qu'on sache l'origine de cette différence. Or, une diminution de la sensibilité des mesures entraîne une diminution de la qualité de celles-ci et de leur précision. Par ailleurs, l'interféromètre de Sagnac étant conçu de manière à obtenir les mêmes modifications sur chacun des deux rayons contrarotatifs, les améliorations recherchées portent essentiellement sur le traitement du signal, en aval de l'interféromètre de Sagnac, sans que cela ne permette d'obtenir des résultats totalement satisfaisants.

Objet et résumé de l'invention

La présente invention vise à résoudre les différents problèmes techniques énoncés précédemment. En particulier, la présente invention vise à proposer un dispositif de caractérisation, et le procédé correspondant, permettant d'améliorer, voire d'optimiser, les mesures effectuées sur un échantillon, quelle que soit la nature de l'échantillon, avec un dispositif de caractérisation comportant un interféromètre de Sagnac.

Ainsi, selon un aspect, il est proposé un dispositif de caractérisation d'un échantillon, comportant : une source configurée pour former des ondes électromagnétiques, un capteur optique configuré pour détecter des ondes électromagnétiques interférentes, et un interféromètre optique.

5 L'interféromètre optique comporte, lors de la caractérisation d'un échantillon :

- une partie bouclée dans laquelle deux ondes électromagnétiques se propagent de manière contrarotative, comprenant un moyen séparateur configuré pour former, d'une part, lesdites deux ondes
10 électromagnétiques contrarotatives à partir des ondes électromagnétiques issues de la source, et, d'autre part, les ondes électromagnétiques interférentes détectées par le capteur à partir desdites deux ondes électromagnétiques contrarotatives, et

- un moyen de déphasage entre les deux ondes contrarotatives
15 configuré pour créer un déphasage de $\pi/2$ entre les deux ondes contrarotatives,

l'échantillon étant destiné à être placé dans l'interféromètre optique de manière à ce que le chemin optique entre le moyen séparateur et l'échantillon est différent entre les deux ondes contrarotatives.

20 Le moyen de déphasage est un moyen de déphasage ajustable pour obtenir, après placement de l'échantillon dans l'interféromètre optique, des ondes contrarotatives en quadrature de phase.

Ainsi, grâce au moyen de déphasage ajustable, il devient possible d'introduire un déphasage entre les deux ondes contrarotatives, au sein
25 même de l'interféromètre de Sagnac. On entend par interféromètre de Sagnac, un interféromètre optique comportant une partie fermée en anneau (ou partie bouclée) dans laquelle se propagent deux ondes électro-magnétiques en sens opposés (ou de manière contrarotative). L'échantillon est placé dans l'interféromètre de Sagnac de manière non-
30 symétrique par rapport à l'entrée de l'interféromètre, de manière à ce que

les deux ondes contrarotatives ne parviennent pas à l'échantillon en même temps : ainsi, il existe un trajet optique entre l'entrée de l'interféromètre et l'échantillon plus court que l'autre : on désignera ainsi par « bras court » le plus petit des trajets optiques entre l'entrée et l'échantillon, et
5 par « bras long » le plus grand des trajets optiques entre l'entrée et l'échantillon.

Grâce au dispositif selon l'invention, le déphasage et les différences d'amplitude entre les deux ondes contrarotatives ne sont plus seulement dus à l'échantillon, mais également au moyen de déphasage ajustable : il
10 est alors possible de faire varier librement le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à ce que les ondes interférentes soient en quadrature de phase.

En effet, le demandeur a constaté de manière surprenante que, en plus du déphasage dû à l'onde acoustique dans l'échantillon, celui-ci
15 pouvait également créer un déphasage entre les deux ondes contrarotatives. Or, un tel déphasage, indépendant du déphasage dû à l'onde acoustique, entraîne un décalage de la figure d'interférences mesurée par les capteurs. En particulier, un échantillon peut être amené à créer un déphasage entre les deux ondes contrarotatives qui conduit à
20 avoir un extremum d'intensité, ce qui ne permet pas de mesurer de manière précise et sensible les variations autour de cet extremum. Au contraire, grâce au dispositif de l'invention, il est possible de modifier le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à compenser ce déphasage supplémentaire dû à l'échantillon, et de manière à se
25 retrouver dans des conditions de variations linéaires de l'intensité des interférences, ce qui optimise la sensibilité et donc la précision des mesures.

Le moyen de déphasage ajustable est ainsi un moyen de modulation (ou de changement ou d'ajustement) du déphasage entre les
30 deux ondes contrarotatives. En particulier, contrairement à une lame quart

d'onde qui peut introduire un déphasage fixe et déterminé entre deux ondes contrarotatives, le moyen de déphasage ajustable permet d'ajuster ce déphasage pour compenser celui introduit par l'échantillon. Le moyen de déphasage ajustable peut ainsi être un modulateur adapté, commandé
5 ou non, ou bien peut comprendre un compensateur de Babinet.

Ainsi, grâce au dispositif selon l'invention, il est possible de s'adapter à tout type de matériau, de manière à le caractériser précisément et dans des conditions optimales.

Préférentiellement, l'échantillon est destiné à réfléchir les deux
10 ondes contrarotatives. Dans ce cas, l'échantillon est destiné à former un des miroirs de l'interféromètre de Sagnac : il peut former un des miroirs de la partie bouclée, ou au contraire être en-dehors de la partie bouclée. C'est lors de la réflexion sur l'échantillon que se crée alors le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de l'interféromètre de Sagnac.

15 Préférentiellement, le moyen de déphasage ajustable comprend un compensateur de Babinet. Le compensateur de Babinet est un dispositif permettant de modifier le déphasage entre deux ondes électromagnétiques présentant des polarisations différentes. Plus précisément, le compensateur de Babinet comprend deux prismes en
20 matériaux biréfringents qui coulissent l'un sur l'autre, de manière à former une lame de retard. Le compensateur de Babinet permet notamment, par coulissement des deux prismes l'un par rapport à l'autre, d'ajuster le déphasage entre un axe lent et un axe rapide du compensateur.

Préférentiellement, les ondes contrarotatives sont polarisées
25 rectilignement, et le moyen de déphasage ajustable comprend un moyen de rotation de 90° de la polarisation rectiligne des ondes contrarotatives, par exemple une lame demi-onde dont les axes sont disposés à 45° de la polarisation rectiligne des ondes contrarotatives.

Selon ce mode de réalisation, les ondes contrarotatives sont des
30 ondes polarisées rectilignement, et le moyen de déphasage ajustable

comprend d'une part une lame demi-onde spécifique permettant de faire tourner de 90° la polarisation des ondes contrarotatives, et d'autre part un compensateur de Babinet qui permet d'introduire un déphasage différent selon l'orientation de la polarisation de l'onde qui le traverse. Le moyen de rotation et le compensateur de Babinet sont notamment montés de manière à ce que les deux ondes contrarotatives présentent des polarisations rectilignes perpendiculaires entre elles lorsqu'elles traversent le compensateur de Babinet. Un tel mode de réalisation, qui permet d'introduire un déphasage entre les deux ondes contrarotatives en fonction de leur polarisation, permet une mise en œuvre aisée, grâce notamment à tous les éléments optiques destinés à modifier la polarisation ou à filtrer différemment la lumière selon sa polarité.

Préférentiellement, le moyen de déphasage ajustable est monté dans la partie bouclée de l'interféromètre optique.

Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend également un deuxième moyen séparateur monté en-dehors de l'interféromètre optique et recevant des ondes interférentes, et un deuxième capteur optique configuré pour détecter des ondes électromagnétiques interférentes reçues par le deuxième moyen séparateur.

Selon ce mode de réalisation, les ondes interférentes ne sont pas mesurées qu'une seule fois, mais deux fois, à l'aide de deux capteurs optiques, le deuxième capteur optique étant monté dans le dispositif avec un deuxième moyen séparateur, ce qui permet de créer également un déphasage entre les deux figures d'interférence mesurées par les deux capteurs. Il devient ainsi aisé d'ajuster le déphasage créé par le moyen de déphasage ajustable, de manière à obtenir les figures d'interférences voulues sur les deux capteurs optiques. En particulier, il devient possible d'ajuster le déphasage de manière à obtenir une figure d'interférences identique (une même intensité) sur les deux capteurs optiques, en absence d'ondes acoustiques dans l'échantillon. Un tel dispositif permet

donc de compenser facilement et rapidement le déphasage créé par la présence de l'échantillon dans l'interféromètre de Sagnac, en absence même d'ondes acoustique dans l'échantillon. Par ailleurs, en présence d'ondes acoustiques dans l'échantillon, il devient particulièrement aisé
5 d'interpréter les variations du signal reçu, en soustrayant le signal d'un des capteurs à celui de l'autre capteur : on obtient notamment un signal représentatif du déplacement de la surface de l'échantillon sous l'effet de l'onde acoustique.

Préférentiellement, le moyen de déphasage ajustable est configuré
10 pour obtenir, après placement de l'échantillon dans l'interféromètre optique, des ondes interférentes de même intensité sur les deux capteurs.

Préférentiellement, le moyen de déphasage ajustable est commandable électriquement, notamment en fonction du signal du ou des capteurs optiques. Selon une alternative, le dispositif peut comprendre un
15 moyen de déphasage ajustable automatisé configuré pour modifier le déphasage entre les deux ondes contrarotatives afin d'obtenir, en absence d'ondes acoustiques dans l'échantillon, la même intensité sur les deux capteurs.

Préférentiellement, le dispositif comprend également un faisceau
20 pompe, configuré pour créer une onde acoustique dans l'échantillon, de préférence après le passage de la première onde contrarotative sur l'échantillon et avant le passage de la deuxième onde contrarotative sur l'échantillon.

Le faisceau pompe permet de former les ondes acoustiques dans
25 l'échantillon : ce sont ces ondes acoustiques qui vont modifier le déphasage et l'intensité de la deuxième onde contrarotative par rapport à la première, ce qui pourra être mesuré par les capteurs du dispositif. Il s'agit ici d'un exemple d'application du dispositif de caractérisation selon l'invention.

Cependant, le dispositif de caractérisation selon l'invention peut également être utilisé dans d'autres domaines d'application, tels que la caractérisation par relaxations électroniques ou thermiques.

Préférentiellement, le dispositif comprend également un moyen de
5 modification de la longueur du chemin optique de la deuxième onde contrarotative sur l'échantillon, de manière à faire varier la durée entre la formation de l'onde acoustique dans l'échantillon et le passage de la deuxième onde contrarotative sur l'échantillon.

Un tel moyen permet en particulier d'ajuster l'intervalle de temps
10 entre la création de l'onde acoustique et l'analyse de l'échantillon. On peut ainsi étudier le comportement de l'échantillon en réponse à la propagation de l'onde acoustique, en différents instants.

Selon un autre aspect, l'invention concerne également un procédé de caractérisation d'un échantillon par un interféromètre optique.
15 L'interféromètre optique comprend : une partie bouclée dans laquelle deux ondes électromagnétiques se propagent de manière contrarotative, comprenant un moyen séparateur configuré pour former, d'une part, lesdites deux ondes électromagnétiques contrarotatives à partir d'ondes électromagnétiques issues d'une source, et, d'autre part, des ondes
20 électromagnétiques interférentes à partir desdites deux ondes électromagnétiques contrarotatives.

Selon le procédé de caractérisation :

- on place un échantillon dans ladite partie bouclée, de manière à ce que le chemin optique entre le moyen séparateur et l'échantillon est différent
25 entre les deux ondes contrarotatives,
- on sépare les ondes électromagnétiques de source, en deux ondes électromagnétiques se déplaçant de manière contrarotative dans ladite partie bouclée comportant l'échantillon,
- on forme des ondes interférentes à partir des ondes contrarotatives en
30 sortie de la partie bouclée, et

- on mesure l'intensité des ondes interférentes.

En particulier, on ajuste, dans la partie bouclée, le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à ce qu'elles soient en quadrature de phase.

- 5 Préférentiellement, on ajuste le déphasage entre les deux ondes contrarotatives en fonction de l'intensité des ondes interférentes.

Préférentiellement, on fait varier le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à mesurer au moins deux extrema de l'intensité des ondes interférentes, puis on ajuste le déphasage de
10 manière à obtenir une intensité égale à la moyenne des deux extrema.

Préférentiellement, un deuxième moyen séparateur est monté en-dehors de l'interféromètre optique, le deuxième moyen séparateur recevant des ondes interférentes, et :

- on mesure l'intensité des ondes interférentes reçues par le deuxième
15 moyen séparateur, et
- on ajuste le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à ce que les deux intensités mesurées soient égales.

Préférentiellement, on forme, dans l'échantillon, une onde mécanique avec une onde électromagnétique pompe, l'onde
20 électromagnétique pompe atteignant l'échantillon après la première onde contrarotative et avant la deuxième onde contrarotative.

Préférentiellement, on fait varier la durée entre le moment pendant lequel on forme, dans l'échantillon, l'onde mécanique avec une onde électromagnétique pompe, et le moment où la deuxième onde
25 contrarotative atteint l'échantillon.

Brève description des dessins

L'invention et ses avantages seront mieux compris à la lecture de la description détaillée d'un mode de réalisation particulier, pris à titre

d'exemple nullement limitatif et illustré par les dessins annexés sur lesquels :

- la figure **1** est une représentation schématique d'un dispositif de caractérisation selon l'invention,
- 5 - la figure **2** est un exemple de figure de réglage du dispositif selon l'invention,
- la figure **3** est un exemple de résultat pouvant être obtenu avec un dispositif selon l'invention, avec ou sans ajustement du déphasage
- la figure **4** est un exemple d'organigramme d'un mode de mise en œuvre
- 10 d'un procédé selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

La figure **1** illustre de manière schématique un exemple de mode de réalisation d'un dispositif de caractérisation **1** selon l'invention.

- 15 Le dispositif **1** ainsi comprend une source laser **2** à impulsions courtes. Les impulsions courtes de la source doivent être adaptées à la résolution temporelle désirée. Des impulsions de l'ordre de 1 ps ou de 0, 1 ps sont envisageables.

- 20 Cette source peut être accordable en longueur d'onde par l'intermédiaire d'un oscillateur accordable de type titane:saphir, pouvant produire des impulsions de 120 fs à un taux de répétition de 76 MHz centré sur une longueur d'onde accordable entre 700 nm et 990 nm.

- Cette source produit un rayonnement qui est séparé par une séparatrice **3** en un rayonnement de pompe **4** et un rayonnement de sonde **5**, tous deux destinés à interagir avec l'échantillon **6** à analyser.
- 25

- Le rayonnement de sonde **5** est soumis à une variation de chemin optique par rapport au rayonnement de pompe **4**, par exemple par l'intermédiaire d'un miroir mobile **7** asservi en position, afin de le faire parvenir sur l'échantillon **6** avec un décalage temporel par rapport au rayonnement de pompe.
- 30

Le rayonnement de sonde **5** est ensuite introduit dans un interféromètre optique **8**, par exemple un interféromètre de Sagnac, comportant une partie bouclée **10**, par exemple en forme de « **8** ». Plus précisément, l'interféromètre optique **8** comprend un moyen séparateur **12** permettant de créer, à partir du rayonnement (ou faisceau) de sonde **5** deux ondes contrarotatives dans la partie bouclée **10** de l'interféromètre optique **8** : la première onde contrarotative est une onde qui va traverser le moyen séparateur **12**, tandis que la deuxième onde contrarotative est une onde qui va être réfléchiée par le moyen séparateur **12**. La partie bouclée **10** de l'interféromètre optique **8** étant fermée, les deux ondes créées par le moyen séparateur **12** vont s'y propager selon le même parcours, mais en sens opposé : elles sont ainsi désignées par « ondes contrarotatives ». Le moyen séparateur **12** peut être par exemple un cube séparateur ou une lame séparatrice.

La partie bouclée **10** comprend notamment un emplacement pour l'échantillon **6** à analyser. Dans le mode de réalisation décrit ici, l'échantillon est réfléchissant, et est ainsi utilisé comme un des miroirs de la partie bouclée **10** de l'interféromètre optique **8**. Par ailleurs, l'emplacement pour l'échantillon **6** est disposé de manière asymétrique dans la partie bouclée **10** : ainsi, comme représenté sur la figure **1**, l'onde électromagnétique traversant le moyen séparateur **12** atteint l'échantillon **6** plus rapidement que l'onde réfléchiée par le moyen séparateur **12**. On obtient ainsi, dans l'interféromètre optique **8**, deux chemins optiques différents pour atteindre l'échantillon **6** : un chemin rapide désigné dans la suite par « bras court » et un chemin long désigné dans la suite par « bras long ».

La partie bouclée **10** comprend également un moyen de déphasage ajustable permettant d'ajuster le déphasage entre les deux ondes contrarotatives.

A des fins de simplification, on considèrera dans la suite de la description, que le rayonnement de sonde **5** est polarisé rectilignement.

Ainsi, la partie bouclée **8** comprend une lame demi-onde **14** et un compensateur de Babinet **16**. La lame demi-onde et le compensateur de Babinet forment un moyen de déphasage ajustable. Plus précisément, la lame demi-onde **14** est positionnée avec ses axes orientés de 45° par rapport à la polarisation des ondes contrarotatives, de manière à faire tourner de 90° la polarisation de l'onde contrarotative le traversant. Quant au compensateur de Babinet, celui-ci est orienté de manière à ce que l'un de ses axes (axe lent ou axe rapide) soit orienté selon la polarisation de l'onde de sonde **5**.

La partie bouclée **10** comprend enfin une optique **18** permettant de focaliser les ondes contrarotatives sur l'échantillon **6**.

Après réflexion sur l'échantillon **6**, les ondes contrarotatives se dirigent vers le moyen séparateur **12** qui va permettre de former, à partir des deux ondes contrarotatives, des ondes interférentes **20**, qui vont être mesurées par un premier capteur optique **22**.

Le premier capteur optique **22** est monté perpendiculaire à l'axe d'entrée du faisceau sonde **5** dans le moyen séparateur **12**. Ainsi, le premier capteur optique **22** reçoit d'une part l'onde contrarotative qui a traversé deux fois le moyen séparateur **12**, et d'autre part l'onde contrarotative qui a été réfléchiée deux fois par le moyen séparateur **12**.

Afin de compenser le déphasage créé par le moyen séparateur **12** sur les deux ondes contrarotatives mesurées par le premier capteur **22**, un deuxième capteur optique **24** est monté dans le dispositif de caractérisation **1**. Le deuxième capteur **24** est monté dans l'axe d'entrée du faisceau sonde **5** dans le moyen séparateur **12**. En particulier, le deuxième capteur est monté en aval d'un deuxième moyen séparateur **26**, par exemple un cube séparateur ou une lame séparatrice, disposé sur la direction d'entrée (et également de sortie) du faisceau sonde **5** dans le

moyen séparateur **12**. Ainsi, le deuxième capteur optique **24** reçoit d'une part les ondes contrarotatives qui, chacune, ont traversé une fois le moyen séparateur **12** et ont été réfléchies une fois par le moyen séparateur **12**, puis les deux ondes interférentes sont réfléchies par le
5 deuxième séparateur **26** pour être mesurées par le deuxième capteur **24**.

De manière avantageuse, et afin d'éviter des pertes énergétiques sur le faisceau sonde **5**, le moyen séparateur **26** peut être un cube polarisant. En effet, le faisceau sonde **5** et les ondes interférentes **20** étant polarisés de manière différente au niveau du moyen séparateur **26**,
10 le cube polarisant peut être choisi de manière à laisser passer intégralement une polarisation (celle du faisceau sonde **5**) et à réfléchir intégralement la polarisation perpendiculaire (celle des ondes interférentes **20**). On obtient ainsi, en sortie de chaque capteur optique **22**, **24**, un signal représentatif des interférences entre les deux ondes contrarotatives,
15 et donc représentatif des variations de l'échantillon sous l'effet de l'onde acoustique générée par le faisceau pompe **4**.

De plus, lorsque les ondes interférentes **20** sont en quadrature de phase (c'est-à-dire lorsque le moyen de déphasage ajustable est réglé), l'utilisation d'un deuxième capteur **24** dans le dispositif de caractérisation
20 **1** permet également, en soustrayant le signal du deuxième capteur **24** du signal du premier capteur **22**, d'obtenir directement un signal représentatif du déplacement de la surface de l'échantillon sous l'effet de l'onde acoustique. On obtient donc les données de caractérisation facilement, et qui sont aisées à interpréter, en évitant des étapes de
25 traitement de signal supplémentaires en aval du dispositif de caractérisation **1**.

En utilisation, le laser émet d'une part un faisceau pompe **4** et un faisceau sonde **5**. Le faisceau sonde **5** présente une polarisation rectiligne dans le plan de la figure **1**, atteint le moyen séparateur **12** et entre dans

l'interféromètre optique **8** sous forme d'une première onde contrarotative et d'une deuxième onde contrarotative.

La première onde contrarotative entre dans l'interféromètre optique **8** en traversant le moyen séparateur **12** : cette première onde contrarotative parcourt le « bras court ». La première onde contrarotative traverse la lame demi-onde **14** pour obtenir une polarisation rectiligne perpendiculaire au plan de la figure **1**, puis atteint l'échantillon **6** qui la réfléchit. La première onde contrarotative est la première onde à être réfléchie par l'échantillon **6**, avant le faisceau pompe et l'autre onde contrarotative. La première onde contrarotative correspond donc à l'état de l'échantillon « au repos », en absence d'onde acoustique. La première onde contrarotative parcourt ensuite le « bras long » en traversant le compensateur de Babinet **16** qui est réglé, par défaut de manière à introduire un déphasage de $\pi/2$ entre son axe lent et son axe rapide, ceux-ci étant orientés respectivement dans le plan de la figure **1** et perpendiculairement au plan de la figure **1**. La première onde contrarotative traverse donc le compensateur Babinet **16** selon son axe rapide, puis revient au moyen séparateur **12**.

La première onde contrarotative sort alors de l'interféromètre optique **8** : d'une part en traversant à nouveau le moyen séparateur **12** pour atteindre le premier capteur optique **22**, et d'autre part en étant réfléchie par le moyen séparateur **12** pour atteindre le deuxième moyen séparateur **26** puis le deuxième capteur optique **24**.

La deuxième onde contrarotative entre dans l'interféromètre optique **8** en étant réfléchie par le moyen séparateur **12** : cette deuxième onde contrarotative parcourt le « bras long » en traversant le compensateur de Babinet **16** selon son axe lent qui est orienté dans le plan de la figure **1**, puis atteint l'échantillon **6** qui la réfléchit. La deuxième onde contrarotative est la dernière onde à être réfléchie par l'échantillon **6**, après la première onde contrarotative et après le faisceau pompe. La

deuxième onde contrarotative permet donc de connaître l'état de l'échantillon en présence de l'onde acoustique.

Enfin la deuxième onde contrarotative traverse la lame demi-onde **14** pour obtenir une polarisation rectiligne perpendiculaire au plan de la figure **1**.

La deuxième onde contrarotative sort alors de l'interféromètre optique **8** : d'une part en étant à nouveau réfléchi par le moyen séparateur **12** pour atteindre le premier capteur optique **22**, et d'autre part en traversant le moyen séparateur **12** pour atteindre le deuxième moyen séparateur **26** puis le deuxième capteur optique **24**.

Le premier et le deuxième capteur mesurent ainsi, en fonction du temps, les variations d'intensité dues aux interférences entre les deux ondes contrarotatives, les interférences traduisant le déphasage créé par la propagation de l'onde acoustique dans l'échantillon **6**.

Cependant, l'échantillon **6** pouvant créer également un déphasage entre les deux ondes contrarotatives, même en l'absence d'onde acoustique, c'est-à-dire sans faisceau pompe, le dispositif de caractérisation **1** comprend également le compensateur de Babinet **16** qui permet d'introduire un déphasage supplémentaire entre son axe rapide et son axe lent, c'est-à-dire entre les deux ondes contrarotatives. Ce déphasage supplémentaire est destiné à annuler celui introduit par l'échantillon **6**, en absence d'onde acoustique. A cet effet, on mesure la figure d'interférence obtenue avec l'échantillon à caractériser, en absence d'onde acoustique, c'est-à-dire en absence de faisceau pompe, et en fonction du déphasage introduit par le compensateur de Babinet. On obtient ainsi une graphique correspondant à la figure **2** sur laquelle est représentée l'évolution du signal sur les deux capteurs **22**, **24**. On observe, comme toute figure d'interférences, une succession de minima et de maxima, sous forme de sinusoïde. Une telle procédure de réglage permet ainsi, d'une part, de vérifier que les valeurs mesurées par le

dispositif de caractérisation **1** correspondent bien à des interférences (la variation de la course du compensateur de Babinet est similaire à un déplacement d'une onde acoustique en surface d'un échantillon) et, d'autre part, de régler de manière adéquate le compensateur de Babinet

5 **16.**

Ainsi, afin d'optimiser la précision des mesures effectuées, le compensateur de Babinet **16** est réglé de manière à obtenir, en absence d'onde acoustique, une figure d'interférence égale à la moyenne du minimum et du maximum, c'est-à-dire au niveau de la partie linéaire des courbes de la figure **2**. Sur la figure **2**, un tel réglage est obtenu pour une course du compensateur de Babinet de 4735µm. Pour obtenir ce réglage, on peut : soit déterminer le déphasage correspondant à la moyenne des extrema mesurés par un seul capteur optique, soit déterminer le déphasage pour lequel l'intensité mesurée par les deux capteurs est la même.

Avec ce réglage, les petites variations de la figure d'interférences sont linéaires avec le déphasage, ce qui permet une mesure précise dudit déphasage, en limitant la distorsion. De plus, on améliore la sensibilité grâce à une réponse plus importante en sortie. Enfin, en soustrayant le signal du deuxième capteur **24** au signal du premier capteur **22**, on obtient directement, sans traitement supplémentaire, un signal représentatif du déplacement de la surface de l'échantillon, facilement interprétable.

La figure **3** représente ainsi la réponse obtenue avec un échantillon donné, selon que le compensateur de Babinet introduit un déphasage pour obtenir des ondes contrarotatives en quadrature de phase, ou bien selon que le compensateur de Babinet est remplacé par une lame quart d'onde (déphasage de $\pi/2$). On obtient ainsi deux courbes similaires, mais dont celle correspondant à l'utilisation du Babinet présente une amplitude du signal beaucoup plus importante que l'autre, ce qui prouve bien

l'amélioration des résultats pouvant être obtenue avec un moyen de déphasage ajustable dans un tel dispositif de caractérisation.

Alternativement, l'échantillon peut être caractérisé en transmission dans l'interféromètre optique **8** : dans ce cas, l'échantillon est disposé
5 directement dans l'interféromètre optique **8**, le long du trajet des rayons lumineux, et un miroir est prévu en lieu et place de l'échantillon **6** représenté sur la figure **1**.

La figure **4** représente un organigramme **30** d'un mode de mise en œuvre d'un procédé de caractérisation selon l'invention.

10 Dans une première étape **31**, on place un échantillon dans ladite partie bouclée, de manière à ce que le chemin optique entre le moyen séparateur et l'échantillon est différent entre les deux ondes contrarotatives, puis, dans une deuxième étape **32**, on sépare les ondes électromagnétiques de source, en deux ondes électromagnétiques se
15 déplaçant de manière contrarotative dans ladite partie bouclée comportant l'échantillon. On forme, dans une troisième étape **33**, des ondes interférentes à partir des ondes contrarotatives en sortie de la partie bouclée, et on mesure l'intensité des ondes interférentes dans une quatrième étape **34**. Enfin, dans une cinquième étape **35**, on ajuste, dans
20 la partie bouclée, le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à ce qu'elles soient en quadrature de phase, par exemple en fonction de l'intensité des ondes interférentes.

Selon un mode de mise en œuvre, l'étape **35** comprend la variation du déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à obtenir
25 des figures d'interférences.

Selon un mode de mise en œuvre, l'étape **35** comprend la variation du déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à mesurer au moins deux extrema de l'intensité des ondes interférentes, puis l'ajustement du déphasage de manière à obtenir une intensité égale à la
30 moyenne des deux extrema.

Selon un autre mode de mise en œuvre, un deuxième moyen séparateur est monté en-dehors de l'interféromètre optique, le deuxième moyen séparateur recevant des ondes interférentes, et l'étape **35** comprend l'ajustement du déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à ce que les deux intensités mesurées soient égales.

Le procédé peut comprendre également une étape durant laquelle on forme, dans l'échantillon, une onde mécanique avec une onde électromagnétique pompe, l'onde électromagnétique pompe atteignant l'échantillon après la première onde contrarotative et avant la deuxième onde contrarotative.

Selon ce mode de mise en œuvre, le procédé peut comprendre aussi une étape durant laquelle on fait varier la durée entre le moment pendant lequel on forme, dans l'échantillon, l'onde mécanique avec une onde électromagnétique pompe, et le moment où la deuxième onde contrarotative atteint l'échantillon.

Ainsi, l'objet selon l'invention permet d'améliorer la précision et la fiabilité des mesures effectuées par un dispositif de caractérisation pompe-sonde comportant un interféromètre de Sagnac. En particulier, en identifiant la possibilité d'introduction d'un déphasage entre les deux ondes contrarotatives par l'échantillon, et en le compensant, le demandeur a réussi à obtenir un dispositif de caractérisation capable de caractériser de manière précise tout type d'échantillon, de manière simple et automatisable.

La présente description de l'invention a été faite avec un compensateur de Babinet comme moyen de déphasage ajustable. Toutefois, l'invention n'est pas limitée à cet exemple de moyen de déphasage ajustable, et tout autre moyen permettant d'introduire un déphasage variable (ajustable) entre les deux ondes contrarotatives de l'interféromètre de Sagnac pourra aussi être utilisé.

De même, la présente description de l'invention a été faite en association avec un dispositif de caractérisation acoustique d'un échantillon. Toutefois, l'invention n'est pas limitée à ce domaine de caractérisation, mais couvre tout domaine dans lequel un interféromètre

5 de Sagnac peut être utilisé pour caractériser un échantillon. En particulier, l'invention peut également être utilisée dans les domaines de caractérisation par relaxations électroniques ou thermiques.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de caractérisation (1) d'un échantillon, comportant :
- 5 - une source (2) configurée pour former des ondes électromagnétiques,
 - un capteur optique (22) configuré pour détecter des ondes électromagnétiques interférentes, et
 - un interféromètre optique (8) comportant, lors de la caractérisation d'un échantillon :
 - 10 - une partie bouclée (10) dans laquelle deux ondes électromagnétiques se propagent de manière contrarotative, comprenant un moyen séparateur (12) configuré pour former, d'une part, lesdites deux ondes électromagnétiques contrarotatives à partir des ondes électromagnétiques issues de la source, et, 15 d'autre part, les ondes électromagnétiques interférentes détectées par le capteur à partir desdites deux ondes électromagnétiques contrarotatives,
 - un moyen de déphasage entre les deux ondes contrarotatives configuré pour créer un déphasage de $\pi/2$ entre les deux ondes 20 contrarotatives, et
 - un faisceau pompe (4), configuré pour créer une onde acoustique dans l'échantillon,
- dispositif dans lequel l'échantillon (6) est destiné à être placé dans l'interféromètre optique (8) de manière à ce que le chemin optique 25 entre le moyen séparateur (12) et l'échantillon (6) est différent entre les deux ondes contrarotatives, l'échantillon introduisant un déphasage en absence d'onde acoustique,

5 caractérisé en ce que le moyen de déphasage est un moyen de déphasage ajustable (14, 16) pour obtenir, après placement de l'échantillon dans l'interféromètre optique (8), des ondes contrarotatives en quadrature de phase par compensation du déphasage introduit par l'échantillon en absence d'onde acoustique.

2. Dispositif (1) selon la revendication 1, dans lequel l'échantillon (6) est destiné à réfléchir les deux ondes contrarotatives.
- 10 3. Dispositif (1) selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le moyen de déphasage ajustable comprend un compensateur de Babinet (16).
- 15 4. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel les ondes contrarotatives sont polarisées rectilignement, et dans lequel le moyen de déphasage ajustable comprend un moyen (14) de rotation de 90° de la polarisation rectiligne des ondes contrarotatives, par exemple une lame demi-onde dont les axes sont disposés à 45° de la polarisation rectiligne des ondes contrarotatives.
- 20 5. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le moyen de déphasage ajustable est monté dans la partie bouclée (10) de l'interféromètre optique.
- 25 6. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, comprenant également un deuxième moyen séparateur (26) monté en-dehors de l'interféromètre optique (8) et recevant des ondes

interférentes, et un deuxième capteur optique (24) configuré pour détecter des ondes électromagnétiques interférentes reçues par le deuxième moyen séparateur (26).

- 5 7. Dispositif (1) selon la revendication 6, dans lequel le moyen de déphasage ajustable est configuré pour obtenir, après placement de l'échantillon dans l'interféromètre optique, des ondes interférentes de même intensité sur les deux capteurs (22, 24).
- 10 8. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le moyen de déphasage ajustable est commandable électriquement, notamment en fonction du signal du ou des capteurs optiques (22, 24).
- 15 9. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le faisceau pompe (4) est configuré pour créer une onde acoustique dans l'échantillon après le passage de la première onde contrarotative sur l'échantillon et avant le passage de la deuxième onde contrarotative sur l'échantillon.
- 20
- 25 10. Dispositif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comprenant également un moyen de modification de la longueur du chemin optique de la deuxième onde contrarotative sur l'échantillon, de manière à faire varier la durée entre la formation de l'onde acoustique dans l'échantillon et le passage de la deuxième onde contrarotative sur l'échantillon.

11. Procédé de caractérisation d'un échantillon (6) par un interféromètre optique (8) comprenant une partie bouclée (10) dans laquelle deux ondes électromagnétiques se propagent de manière contrarotative, comprenant un moyen séparateur (12) configuré pour former, d'une part, lesdites deux ondes électromagnétiques contrarotatives à partir d'ondes électromagnétiques issues d'une source, et, d'autre part, des ondes électromagnétiques interférentes à partir desdites deux ondes électromagnétiques contrarotatives,
- 5
- 10 dans lequel :
- on place un échantillon dans ladite partie bouclée, de manière à ce que le chemin optique entre le moyen séparateur et l'échantillon est différent entre les deux ondes contrarotatives, l'échantillon introduisant un déphasage en absence d'onde acoustique,
 - 15 - on sépare les ondes électromagnétiques de source, en deux ondes électromagnétiques se déplaçant de manière contrarotative dans ladite partie bouclée comportant l'échantillon,
 - on forme, dans l'échantillon, une onde mécanique avec une onde électromagnétique pompe,
 - 20 - on forme des ondes interférentes à partir des ondes contrarotatives en sortie de la partie bouclée, et
 - on mesure l'intensité des ondes interférentes,
- caractérisé en ce qu'on ajuste, dans la partie bouclée, le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à ce qu'elles soient
- 25 en quadrature de phase par compensation du déphasage introduit par l'échantillon en absence d'onde acoustique.

12. Procédé selon la revendication 11, dans lequel on ajuste le déphasage entre les deux ondes contrarotatives en fonction de l'intensité des ondes interférentes.
- 5 13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, dans lequel on fait varier le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à mesurer au moins deux extrema de l'intensité des ondes interférentes, puis on ajuste le déphasage de manière à obtenir une intensité égale à la moyenne des deux extrema.
- 10 14. Procédé selon la revendication 11 ou 12, dans lequel un deuxième moyen séparateur est monté en-dehors de l'interféromètre optique, le deuxième moyen séparateur recevant des ondes interférentes, et dans lequel :
- 15 - on mesure l'intensité des ondes interférentes reçues par le deuxième moyen séparateur, et
- on ajuste le déphasage entre les deux ondes contrarotatives de manière à ce que les deux intensités mesurées soient égales.
- 20 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, dans lequel l'onde électromagnétique pompe atteint l'échantillon après la première onde contrarotative et avant la deuxième onde contrarotative.
- 25 16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 15, dans lequel on fait varier la durée entre le moment pendant lequel on forme, dans l'échantillon, l'onde mécanique avec une onde

électromagnétique pompe, et le moment où la deuxième onde contrarotative atteint l'échantillon.

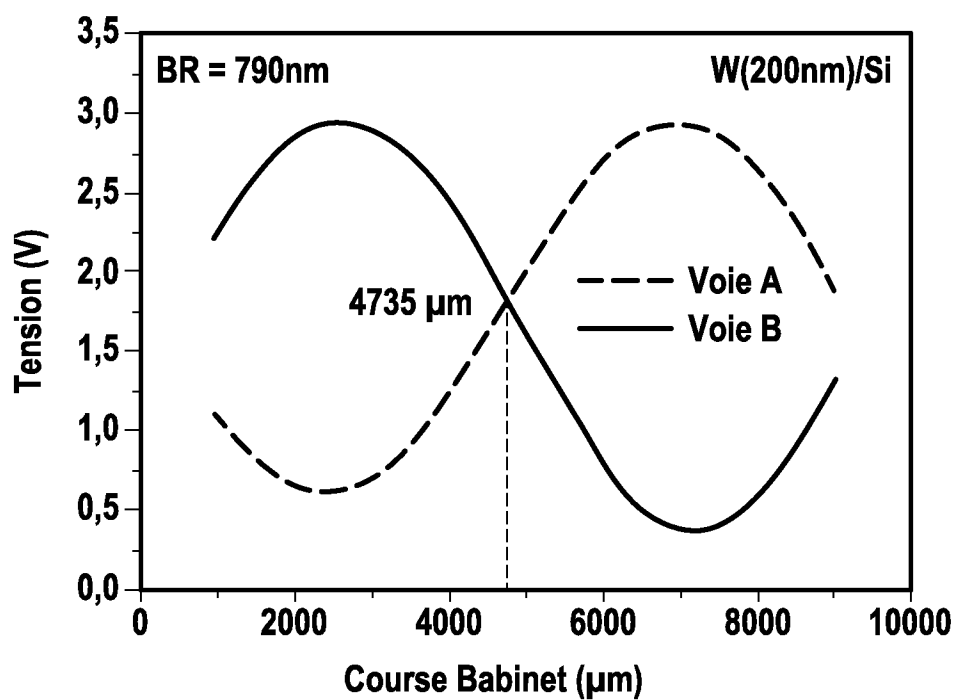
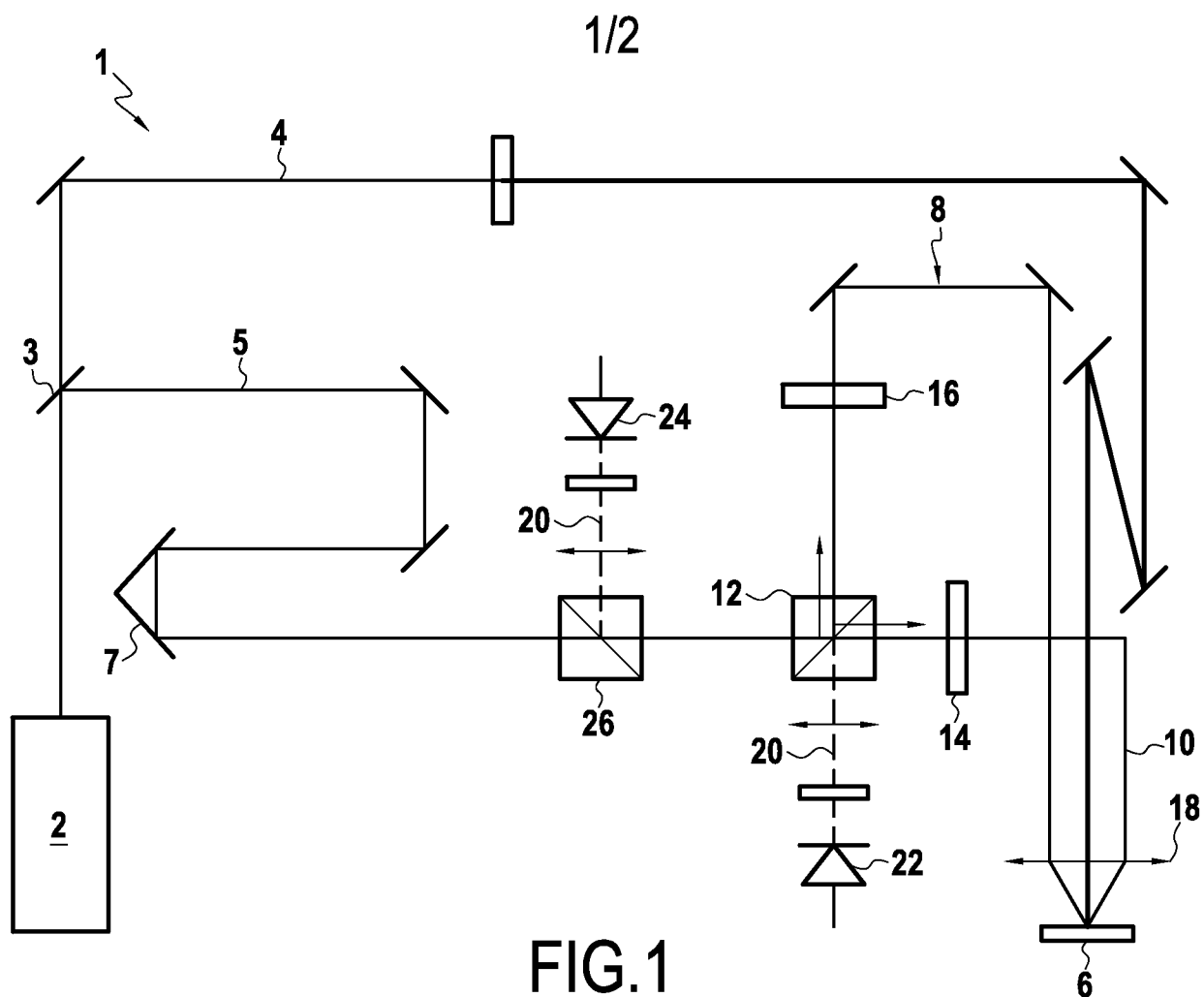


FIG.2

2/2

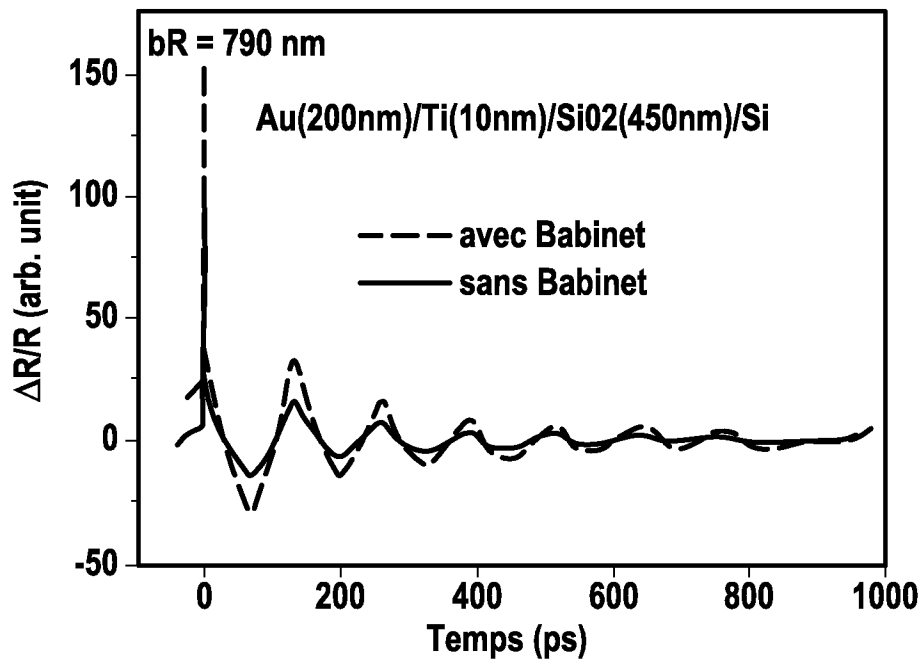


FIG.3

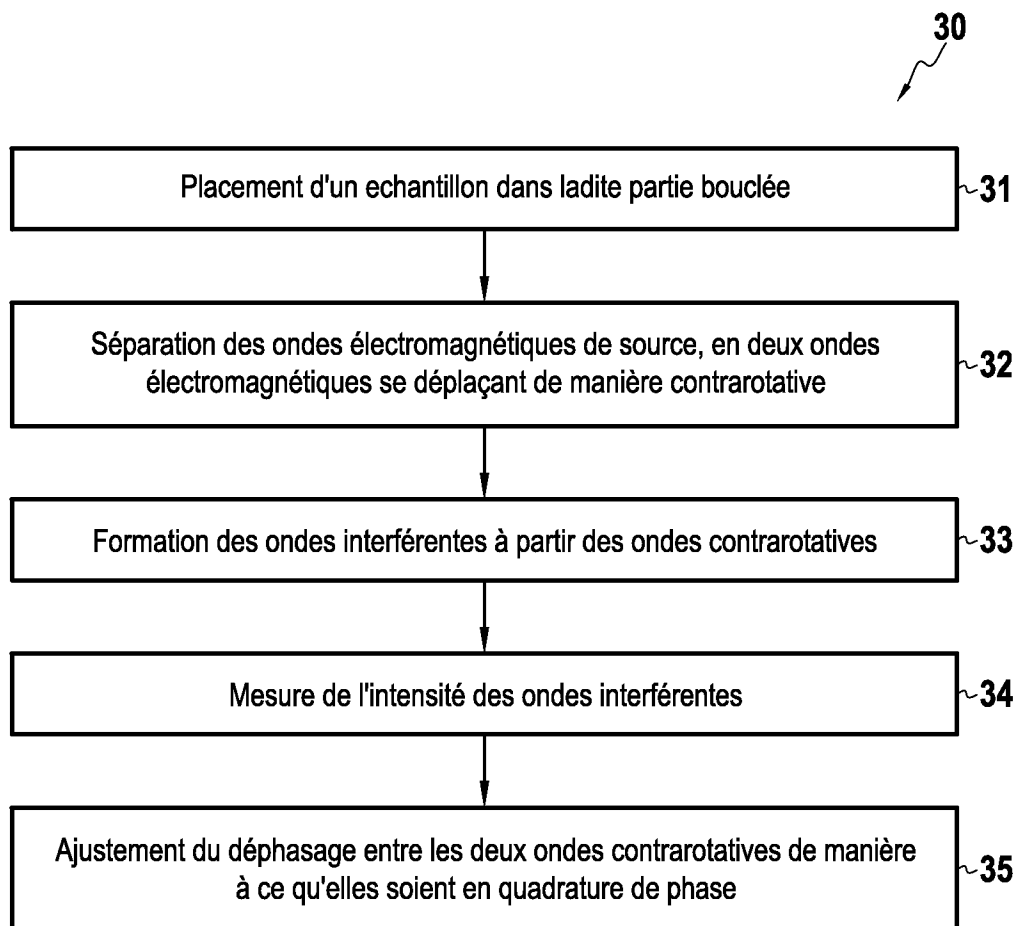


FIG.4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/053112

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01B11/06 G01N21/63
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)
G01B G01N

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 practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 00/59266 A1 (KARTA TECHNOLOGIES INC [US]) 5 October 2000 (2000-10-05)	1,2,4,6, 7,11-13
Y	abstract; figure 2 page 8 - page 14	1-16
Y	----- EP 1 172 643 A1 (JAPAN SCIENCE & TECH CORP [JP]) 16 January 2002 (2002-01-16) abstract; figure 1 paragraphs [0001], [0067] - paragraph [0087] ----- -/-	1-16



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 application or patent 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

29 February 2016

Date of mailing of the international search report

10/03/2016

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

Stanciu, C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2015/053112

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	GABRIEL M C ET AL: "MEASUREMENT OF ULTRAFAST OPTICAL NONLINEARITIES USING A MODIFIED SAGNAC INTERFEROMETER", OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, US, vol. 16, no. 17, 1 September 1991 (1991-09-01), pages 1334-1336, XP000226928, ISSN: 0146-9592 the whole document -----	1-16
Y	EP 0 091 826 A2 (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR [US]) 19 October 1983 (1983-10-19) the whole document -----	1-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2015/053112

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0059266	A1	05-10-2000	AU 3872900 A 16-10-2000
		US 6188050 B1 13-02-2001	
		WO 0059266 A1 05-10-2000	

EP 1172643	A1	16-01-2002	CA 2368320 A1 23-08-2001
		EP 1172643 A1 16-01-2002	
		JP 3288671 B2 04-06-2002	
		JP 2001228122 A 24-08-2001	
		US 6552800 B1 22-04-2003	
		WO 0161323 A1 23-08-2001	

EP 0091826	A2	19-10-1983	AU 569251 B2 28-01-1988
		CA 1229674 A 24-11-1987	
		DE 3380854 D1 21-12-1989	
		EP 0091826 A2 19-10-1983	
		IL 68399 A 20-12-1987	
		NO 834587 A 13-12-1983	
		WO 8303684 A1 27-10-1983	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053112

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. G01B11/06 G01N21/63
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)
G01B G01N

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

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	WO 00/59266 A1 (KARTA TECHNOLOGIES INC [US]) 5 octobre 2000 (2000-10-05)	1,2,4,6,
Y	abrégé; figure 2	7,11-13
	page 8 - page 14	1-16
Y	EP 1 172 643 A1 (JAPAN SCIENCE & TECH CORP [JP]) 16 janvier 2002 (2002-01-16)	1-16
	abrégé; figure 1	
	alinéas [0001], [0067] - alinéa [0087]	
	----- -/-	



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

29 février 2016

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

10/03/2016

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

Stanciu, C

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	GABRIEL M C ET AL: "MEASUREMENT OF ULTRAFAST OPTICAL NONLINEARITIES USING A MODIFIED SAGNAC INTERFEROMETER", OPTICS LETTERS, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, US, vol. 16, no. 17, 1 septembre 1991 (1991-09-01), pages 1334-1336, XP000226928, ISSN: 0146-9592 le document en entier -----	1-16
Y	EP 0 091 826 A2 (UNIV LELAND STANFORD JUNIOR [US]) 19 octobre 1983 (1983-10-19) le document en entier -----	1-16

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2015/053112

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 0059266	A1	05-10-2000	AU 3872900 A	16-10-2000
			US 6188050 B1	13-02-2001
			WO 0059266 A1	05-10-2000

EP 1172643	A1	16-01-2002	CA 2368320 A1	23-08-2001
			EP 1172643 A1	16-01-2002
			JP 3288671 B2	04-06-2002
			JP 2001228122 A	24-08-2001
			US 6552800 B1	22-04-2003
			WO 0161323 A1	23-08-2001

EP 0091826	A2	19-10-1983	AU 569251 B2	28-01-1988
			CA 1229674 A	24-11-1987
			DE 3380854 D1	21-12-1989
			EP 0091826 A2	19-10-1983
			IL 68399 A	20-12-1987
			NO 834587 A	13-12-1983
			WO 8303684 A1	27-10-1983
