

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 13.12.05.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 15.06.07 Bulletin 07/24.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : SCHWARTZ SYLVAIN, FEUGNET
GILLES et POCHOLLE JEAN PAUL.

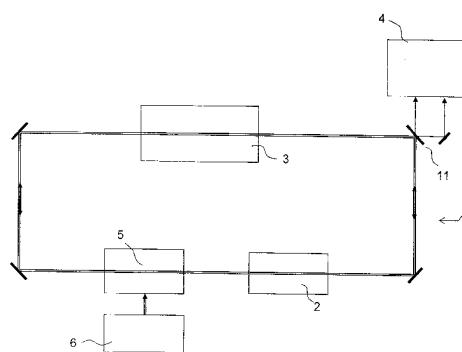
73 Titulaire(s) :

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54 GYROLASER A ETAT SOLIDE ACTIVE OPTIQUEMENT PAR BIAIS ALTERNATIF.

57 Le domaine de l'invention est celui des gyrolasers à état solide utilisés pour la mesure des vitesses de rotation ou des positions angulaires relatives. Ce type d'équipement est notamment utilisé pour les applications aéronautiques. L'objet de l'invention est de compléter les dispositifs optiques nécessaires au contrôle de l'instabilité des lasers par des dispositifs optiques spécifiques permettant d'éliminer la zone aveugle. On obtient ainsi un laser à état solide « tout optique » sans pièces mobiles, stable et sans zone aveugle. A cet effet, le gyrolaser selon l'invention comporte notamment:

- un ensemble optique (5) permettant d'introduire un déphasage optique non réciproque entre les modes contre-propageants;
- des moyens de commande (6) permettant de faire varier l'amplitude du déphasage de façon périodique autour d'une valeur moyenne très sensiblement nulle.



GYROLASER A ETAT SOLIDE ACTIVE OPTIQUEMENT PAR BIAIS ALTERNATIF.

Le domaine de l'invention est celui des gyrolasers à état solide utilisés pour la mesure des vitesses de rotation ou des positions angulaires relatives. Ce type d'équipement est notamment utilisé pour les applications aéronautiques.

5

Le gyrolaser, mis au point il y a une trentaine d'années, est largement commercialisé et utilisé de nos jours. Son principe de fonctionnement est fondé sur l'effet Sagnac, qui induit une différence de fréquence ΔF entre les deux modes optiques d'émission se propageant en
10 sens opposés, dits contre-propageants, d'une cavité laser en anneau bidirectionnelle lorsqu'elle est animée d'un mouvement de rotation. Classiquement, la différence de fréquence ΔF est égale à :

$$\Delta F = 4A\omega/\lambda L$$

où L et A sont respectivement la longueur optique et l'aire de la cavité ; λ est
15 la longueur d'onde d'émission laser hors effet Sagnac ; ω est la vitesse de rotation angulaire du gyrolaser.

La mesure de ΔF obtenue par analyse spectrale du battement des deux faisceaux émis permet de connaître la valeur de ω avec une très grande précision.

20 Le comptage électronique des franges du battement qui défilent pendant un changement de position angulaire permet de connaître la valeur relative de la position angulaire également avec une très grande précision.

La réalisation des gyrolasers présente certaines difficultés
25 techniques. Une première difficulté est liée à la qualité du battement entre les deux faisceaux, qui conditionne le bon fonctionnement du gyrolaser. En effet, une bonne stabilité et une relative égalité des intensités émises dans les deux directions est nécessaire pour obtenir un battement correct. Or, dans le cas des lasers à état solide, cette stabilité et cette égalité ne sont pas
30 assurées en raison du phénomène de compétition entre modes, qui fait que l'un des deux modes contre-propageants tend à monopoliser le gain

disponible, au détriment de l'autre mode. Le problème de l'instabilité de l'émission bidirectionnelle pour un laser en anneau à état solide peut être, par exemple, résolu par la mise en place d'une boucle de contre-réaction destinée à asservir autour d'une valeur fixée la différence entre les intensités

5 des deux modes contre-propageants. Cette boucle agit sur le laser soit en rendant ses pertes dépendantes du sens de propagation, par exemple au moyen d'un ensemble comprenant un élément à rotation réciproque, un élément à rotation non réciproque et un élément polarisant (demande de brevet N° 03 03645), soit en rendant son gain dépendant du sens de

10 propagation, par exemple au moyen d'un ensemble comprenant un élément à rotation réciproque, un élément à rotation non réciproque et un cristal à émission polarisée (demande de brevet N° 03 14598). Une fois asservi, le laser émet deux faisceaux contre-propageants dont les intensités sont stables et peut être utilisé en tant que gyrolaser.

15 Une seconde difficulté technique est liée au domaine des faibles vitesses de rotation, le gyrolaser ne fonctionnant correctement qu'au-delà d'une certaine vitesse de rotation. Aux basses vitesses de rotation, le signal de battement Sagnac disparaît en raison d'un couplage entre les deux modes contre-propageants dû à la rétrodiffusion de la lumière induite par les

20 miroirs et les divers éléments optiques éventuellement présents dans la cavité. Le domaine des basses vitesses de rotation pour lequel se produit ce phénomène est communément appelé zone aveugle. Ce problème n'est pas intrinsèque à l'état solide. Il se rencontre également dans le domaine des gyrolasers à gaz. La solution la plus couramment adoptée pour ce dernier

25 type de gyrolaser consiste à activer mécaniquement le dispositif en lui imprimant un mouvement périodique forcé qui le place artificiellement le plus souvent possible en dehors de la zone aveugle. Une autre solution consiste à introduire un déphasage constant entre les deux chemins optiques, qui se traduit par un biais en fréquence entre les deux modes contre-propageants.

30 Ainsi, on déplace de façon artificielle le domaine de fonctionnement du gyrolaser en dehors de la zone aveugle. Cependant, cette dernière solution présente l'inconvénient important que la valeur du biais introduit doit être parfaitement stable dans le temps.

L'objet de l'invention est de proposer des dispositifs optiques spécifiques permettant d'éliminer ou de limiter les effets de la zone aveugle au moyen d'un biais variable périodique qui s'affranchisse des inconvénients précédents. On obtient ainsi un laser à état solide « tout optique » sans
5 pièces mobiles, stable et sans effets gênants dus à la zone aveugle.

Plus précisément, l'invention a pour objet un gyrolaser permettant la mesure de la vitesse angulaire ou de la position angulaire relative selon un axe de rotation déterminé, comportant au moins :

- 10 • une cavité optique en anneau dans laquelle circulent deux modes optiques contre-propageants;
 - un milieu amplificateur à l'état solide ;
 - un dispositif de stabilisation des intensités des modes contre-propageants ;
- 15 caractérisé en ce que ladite cavité comporte également :
 - un ensemble optique de déphasage permettant d'introduire un déphasage optique non réciproque entre lesdits modes contre-propageants ;
 - des moyens de commande permettant de faire varier l'amplitude du déphasage de façon périodique autour d'une valeur moyenne
- 20 très sensiblement nulle.

Avantageusement, l'amplitude maximale du déphasage induit est telle que la différence maximale de fréquences correspondante soit supérieure de plusieurs ordres de grandeur à la largeur fréquentielle de la zone aveugle du gyrolaser.

- 25 Avantageusement, la fréquence d'oscillation du déphasage est très inférieure à la fréquence de coupure du dispositif de stabilisation et l'amplitude du déphasage est formée d'une succession de créneaux temporels.

- Avantageusement, la fréquence d'oscillation du déphasage est
30 très éloignée des fréquences de relaxation du laser afin de ne pas induire de couplage résonnant qui aurait pour effet de déstabiliser l'émission bidirectionnelle.

Avantageusement, l'ensemble optique comprend au moins et successivement une première lame quart d'onde, un premier rotateur optique

à effet non réciproque et une seconde lame quart d'onde dont les axes principaux sont perpendiculaires à ceux de la première lame quart d'onde.

De plus, l'ensemble optique peut comprendre également un second rotateur optique à effet non réciproque et une lame demi-onde ; la première lame quart d'onde, le premier rotateur, la lame demi-onde, le second rotateur et la seconde lame quart d'onde étant disposés successivement et dans cet ordre, les rotateurs étant agencés de façon que les déphasages introduits par les rotateurs sous l'effet d'un champ magnétique extérieur se compensent alors que les déphasages introduits par les rotateurs sous l'effet de la commande du dispositif s'additionnent.

Avantageusement, le premier ou le second rotateur comprennent au moins un matériau à effet Faraday entouré d'une bobine d'induction électromagnétique alimentée en courant électrique ; les moyens de commande comportent un générateur de référence ultra-stable de tension qui commande un courant stabilisé pilotant le dispositif de commutation périodique du courant alimentant la bobine d'induction. Le rotateur peut également comporter un blindage magnétique et un capteur de champ magnétique.

Avantageusement, le dispositif de stabilisation des intensités comporte au moins un premier polariseur linéaire, un rotateur optique à effet non réciproque et un élément optique, ledit élément optique étant soit un rotateur optique à effet réciproque, éventuellement induit par l'utilisation d'une cavité non planaire soit un élément biréfringent, au moins l'un des angles de rotation introduits sur le plan de polarisation de la lumière ou la biréfringence étant réglable.

L'invention concerne également un système de mesure de vitesses angulaires ou de positions angulaires relatives selon trois axes différents, caractérisé en ce qu'il comporte trois gyrolasers comme décrits précédemment, orientés selon des directions différentes et montés sur une structure mécanique commune.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre donnée à titre non limitatif et grâce aux figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente le principe général de fonctionnement d'un gyrolaser selon l'invention ;
- les figures 2, 3 et 4 représentent des variations possibles de l'amplitude du déphasage introduit par l'ensemble optique de déphasage ;
- la figure 5 représente le principe de fonctionnement d'un rotateur optique à effet non réciproque ;
- la figure 6 représente le principe de fonctionnement d'un rotateur optique à effet réciproque ;
- la figure 7 représente le principe de fonctionnement d'un ensemble optique constitué successivement d'une première lame quart d'onde, d'un rotateur optique à effet non réciproque et d'une seconde lame quart d'onde ;
- les figures 8 et 9 représentent le principe de fonctionnement des rotateurs de Faraday mis en œuvre dans l'invention ;
- la figure 10 représente le principe de fonctionnement d'un dispositif de stabilisation comprenant un polariseur, un rotateur optique à effet réciproque et un rotateur optique à effet non réciproque.

Un gyrolaser selon l'invention est représenté en figure 1. Il comporte essentiellement :

- une cavité optique 1 formée de miroirs disposés en anneau de longueur L dans laquelle circulent deux modes optiques contre-propageants ;
- un milieu amplificateur 2 à l'état solide ;
- un dispositif de stabilisation 3 de l'intensité des modes contre-propageants ;
- un dispositif de mesure 4 ;
- un ensemble optique de déphasage 5 introduisant entre les deux chemins optiques des modes contre-propageants un déphasage d'un angle d variable et commandé par un dispositif électronique 6.

A l'extérieur de l'ensemble optique 5, les modes de propagation sont polarisés linéairement et ont des fréquences optiques différentes. Le déphasage d induit par l'ensemble optique est équivalent à une pseudo-rotation Ω valant :

$$\Omega = \frac{\lambda.c.d}{4\pi A} \text{ avec les mêmes notations que précédemment, } c \text{ étant}$$

la vitesse de la lumière dans le vide.

Il serait bien entendu possible, en utilisant un biais constant et
 5 important, de maintenir le système en dehors de la zone aveugle, et ceci sur
 toute la plage d'utilisation du gyrolaser. L'inconvénient majeur de cette
 solution est qu'il serait alors nécessaire de parfaitement connaître la valeur
 de ce déphasage et de la maintenir constante. Or, comme le montre la figure
 2, sous l'influence de divers paramètres comme, par exemple, la
 10 température, l'amplitude A_D du déphasage risque de dériver en fonction du
 temps. Aussi, il est préférable d'utiliser un déphasage variable.

Des moyens de commande permettent de faire varier l'amplitude
 du déphasage de façon périodique autour d'une valeur moyenne très
 sensiblement nulle. Le déphasage varie alors entre $-d_{MAX}$ et $+d_{MAX}$ comme
 15 indique sur la courbe de la figure 3. Par conséquent, la pseudo-rotation Ω
 varie entre deux valeurs extrêmes $-\Omega_{MAX}$ et $+\Omega_{MAX}$.

Si la zone aveugle correspond à des rotations comprises entre
 θ_{MIN} et θ_{MAX} , tant que la pseudo-rotation Ω reste en dehors de cette zone, le
 gyrolaser fonctionne correctement. Par conséquent, il est donc
 20 important que:

- la valeur Ω_{MAX} soit très nettement supérieure en valeur
 absolue aux valeurs θ_{MIN} et θ_{MAX}
- lorsque le déphasage varie, la durée pendant laquelle le
 déphasage est suffisamment faible pour placer le système dans la zone
 25 aveugle, soit la plus réduite possible.

Pour remplir au mieux ces deux conditions :

- la différence maximale de fréquences induite par le
 déphasage doit être choisie supérieure de plusieurs ordres de grandeur à la
 30 largeur fréquentielle de la zone aveugle du gyrolaser.
- l'amplitude du déphasage doit être formée d'une
 succession de créneaux temporels comme indiqué sur la figure 4.

Pour minimiser les erreurs de mesure et simplifier les moyens de
 détection, Il faut également que le biais soit le plus symétrique possible. Par
 35 ce moyen, les dérives lentes de l'amplitude maximale du biais se

compensent. De plus, si la valeur moyenne du biais alternatif est suffisamment proche de zéro, typiquement de l'ordre de grandeur du biais induit par la rotation terrestre, l'électronique de traitement du signal de sortie peut être identique à celles usuellement utilisées, par exemple, dans les
5 gyrolasers activés mécaniquement.

Il existe différents moyens pour réaliser l'ensemble optique de déphasage. Un des moyens les plus simples est d'utiliser des rotateurs à effet Faraday non réciproque.

10 Une rotation optique de la polarisation d'une onde est dite non réciproque lorsque les effets de rotation de la polarisation se cumulent après un aller-retour de ladite onde dans un composant optique présentant cet effet. Le composant optique est appelé rotateur optique à effet non réciproque. Par exemple, les matériaux à effet Faraday sont des matériaux
15 qui, lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique, font tourner le plan de polarisation des faisceaux qui les traversent. Cet effet n'est pas réciproque. Ainsi, le même faisceau venant en sens inverse subira une rotation de son plan de polarisation dans le même sens. Ce principe est illustré en figure 5. Les sens de propagation sont indiqués par des flèches horizontales sur cette
20 figure. La direction de polarisation du faisceau polarisé linéairement 101 subit une rotation d'un angle β lorsqu'elle traverse le composant 52 à effet Faraday dans le sens direct (schéma supérieur de la figure 5). Si l'on réinjecte dans le composant à effet Faraday un faisceau identique 102 se propageant dans le sens opposé et dont la direction de polarisation est
25 initialement tournée de β , sa direction de polarisation tourne à nouveau de l'angle β en traversant le composant, l'angle de rotation total faisant alors 2β après un aller-retour (schéma inférieur de la figure 5).

Dans un rotateur classique 31 à effet réciproque, la direction de polarisation du faisceau 101 tourne de $+\alpha$ dans le sens direct et la direction
30 de polarisation du faisceau 102 tourne de $-\alpha$ dans le sens inverse de propagation, de façon à retrouver la direction initiale de polarisation comme illustré sur les schémas de la figure 6.

Le fonctionnement de l'ensemble optique de déphasage est
35 représenté en figure 7. Lorsqu'un mode optique polarisé linéairement 101

(flèche droite sur la figure 7) traverse la première lame quart d'onde 51, si l'axe principal de cette lame, représenté par une flèche double, est incliné de 45 degrés sur la direction de polarisation, alors la polarisation du mode sort avec une polarisation circulaire droite (flèche semi-circulaire pleine sur la figure 7). Cette onde polarisée circulairement subit un déphasage non réciproque d lorsqu'elle traverse le rotateur optique non réciproque 52. Elle est ensuite de nouveau transformée en onde polarisée linéairement par la seconde lame quart d'onde 51 dont l'axe principal est perpendiculaire à l'axe principal de la première lame quart d'onde. On a ainsi introduit un déphasage non réciproque sur le mode traversant cet ensemble optique tout en conservant la polarisation linéaire de l'onde.

Dans ces différentes réalisations, le rotateur non réciproque peut être un rotateur Faraday constitué d'un barreau 520 d'un matériau qui peut être par exemple de TGG (acronyme de Terbium Gadolinium Grenat) ou de YAG (acronyme de Yttrium Aluminium Grenat). Le barreau est alors placé dans le champ magnétique d'un solénoïde 521 traversé par une intensité électrique alternative I_{AC} comme illustré en figure 8.

Pour se prémunir de l'influence des champs magnétiques extérieurs, un blindage magnétique peut être disposé autour de l'élément déphaseur. De la même façon, un capteur de champ magnétique peut être intégré à proximité de l'élément déphaseur permettant de mesurer le champ magnétique parasite. Dans ce cas, on compense ce champ magnétique parasite en ajoutant à l'intensité alternative traversant le solénoïde une intensité proportionnelle au signal délivré par le capteur de champ magnétique.

Il est également possible comme indiqué sur la figure 9 de séparer le rotateur unique en deux rotateurs identiques séparées par une lame demi-onde 525. Les rotateurs sont agencés de façon que, pour une onde polarisée circulairement dans un sens de rotation donnée, le déphasage introduit par le premier rotateur sous l'action du dispositif de commande s'ajoute à celui introduit par le second rotateur. Il suffit pour cela que les intensités traversant les bobines d'induction 521 et 523 entourant les barreaux 520 et 522 des deux rotateurs soient de sens opposé. La lame demi-onde 525 séparant les deux rotateurs renverse le sens de rotation de la polarisation de l'onde

incidente de façon que les déphasages induits par les bobines d'induction des deux rotateurs s'ajoutent. Bien entendu, un champ magnétique parasite de même importance et de même sens appliqué sur les deux rotateurs provoque deux déphasages qui s'annulent lorsque l'onde polarisée
 5 circulairement traverse le premier rotateur avec un premier sens de rotation puis le second rotateur avec un sens inversé. On élimine ou on réduit ainsi considérablement l'influence des champs magnétiques parasites.

L'ensemble optique de déphasage est pilotée par des moyens de commande électroniques 6. Les moyens de commande peuvent comporter
 10 un générateur de référence ultra-stable de tension qui commande un courant stabilisé alimentant un dispositif de commutation périodique du courant I_{AC} alimentant la bobine d'induction.

Il existe plusieurs modes de réalisation du dispositif de
 15 stabilisation des intensités.

A titre d'exemple non limitatif, le dispositif de stabilisation des intensités 3 comprend un rotateur optique à effet réciproque 31 et un rotateur optique à effet non réciproque 32. Le fonctionnement du dispositif de stabilisation est représenté en figure 10.

20 Dans le type de cavité selon l'invention, les états propres des modes contre-propageants sont polarisés linéairement selon un axe parallèle à l'axe du polariseur 33. Dans le sens direct, le premier mode optique 101 traverse d'abord le rotateur à effet réciproque 31 puis le rotateur à effet non réciproque 32 et enfin le polariseur 33. Par conséquent, sa direction de polarisation tourne d'un angle α après la traversée du premier élément, et
 25 d'un angle égal à $\alpha + \beta$ après la traversée du second élément. En traversant le polariseur 33, le mode est donc atténué d'un facteur $\cos^2(\alpha + \beta)$. Dans le sens inverse, le second mode optique sera également atténué par le polariseur 33 après avoir fait un tour complet. On démontre aisément que ce second
 30 facteur vaut $\cos^2(\alpha - \beta)$. Par conséquent, l'atténuation des modes est différente selon leur sens de propagation et dépend directement de l'importance des effets subis par la polarisation des deux modes. Il est ainsi possible de faire varier de façon différente les pertes subies par les modes contre-propageants en faisant varier au moins l'une des deux valeurs α ou β .
 35 La valeur des pertes différentielles est asservie sur la différence d'intensité

entre les deux modes de telle sorte que le mode le plus intense subisse les pertes les plus élevées, ce qui provoque la stabilisation du laser.

Les lames quart d'onde sont des composants optiques présentant un effet réciproque. Par conséquent, il est également possible de réaliser une cavité comportant un dispositif d'asservissement comprenant au moins :

- un premier ensemble optique constitué d'un premier polariseur 33 linéaire et d'un rotateur optique 32 à effet non réciproque réglable, le rotateur réciproque n'étant plus nécessaire dans cette configuration ;
- un deuxième ensemble optique constitué successivement d'une première lame quart d'onde 51, d'un rotateur optique 52 à effet non réciproque et d'une seconde lame quart d'onde 51, l'axe de la première lame 51 étant incliné d'un angle ϕ par rapport à la direction de polarisation du polariseur linéaire avec :

$$\phi = \pi/4 + \theta, \theta \text{ étant différent de } 0,$$

l'axe de la seconde lame 51 étant incliné à environ 45 degrés par rapport à la direction de polarisation du polariseur linéaire 33 et à environ 90 degrés par rapport à l'axe de la première lame 51.

Avec cet agencement optique, on peut générer des pertes différentielles et induire un déphasage non réciproque (même effet que celui obtenu avec le premier mode de réalisation avec un composant optique en moins).

Le rotateur réciproque peut être un élément optiquement actif. Il peut également être remplacé par une lame d'onde ou un deuxième élément optique polarisant tourné par rapport au premier. Il peut également être obtenu au moyen d'une cavité non planaire par un agencement particulier des miroirs de la cavité de façon que la propagation des faisceaux optiques ne s'effectue pas dans un plan. L'effet du rotateur peut être soit constant soit variable, commandé alors par le système d'asservissement.

Il est à noter que le dispositif d'asservissement pouvant fonctionner jusqu'à une certaine fréquence de coupure, il est préférable que la fréquence d'oscillation du déphasage soit largement inférieure à cette fréquence. Il est également important que la fréquence d'oscillation du

déphasage soit choisie significativement différente des fréquences propres du laser de manière à ne pas induire de couplage résonnant.

5 Les différentes opérations permettant de déterminer la différence de fréquence $\Delta\nu_S$ existant entre les deux modes contre-propageants sont effectuées par le dispositif de mesure qui comporte :

- des moyens optiques permettant de faire interférer le premier mode de propagation avec le second mode de propagation ;
- des moyens opto-électroniques permettant de déterminer la
10 différence de fréquence optique $\Delta\nu_S$ entre le premier mode de propagation et le second mode de propagation ;
- des moyens électroniques permettant de calculer la fréquence de battement ou de compter les franges du signal de battement.

15 Il est, bien entendu possible d'assembler plusieurs gyrolasers selon l'invention pour réaliser un système de mesure de vitesses angulaires ou de positions angulaires relatives selon trois axes différents, comportant, par exemple, trois gyrolasers montés sur une structure mécanique commune.

REVENDICATIONS

1. Gyrolaser permettant la mesure de la vitesse angulaire ou de la position angulaire relative selon un axe de rotation déterminé, comportant au moins :

- une cavité optique (1) en anneau dans laquelle circulent deux modes optiques contre-propageants;
 - un milieu amplificateur (2) à l'état solide ;
 - un dispositif de stabilisation (3) de l'intensité des modes contre-propageants ;
- caractérisé en ce que ladite cavité (1) comporte également :
- un ensemble optique (5) permettant d'introduire un déphasage optique non réciproque entre lesdits modes contre-propageants ;
 - des moyens de commande (6) permettant de faire varier l'amplitude du déphasage de façon périodique autour d'une valeur moyenne très sensiblement nulle.

15

2. Gyrolaser selon la revendication 1, caractérisé en ce que, l'amplitude maximale du déphasage correspondant à une différence maximale de fréquences entre les deux modes contre-propageants, cette différence maximale de fréquences est supérieure de plusieurs ordres de grandeur à la largeur fréquentielle de la zone aveugle du gyrolaser.

20

3. Gyrolaser selon la revendication 1, caractérisé en ce que, la fréquence d'oscillation du déphasage est très inférieure à la fréquence de coupure du dispositif de stabilisation.

25

4. Gyrolaser selon la revendication 1, caractérisé en ce que, la fréquence d'oscillation du déphasage est éloignée des fréquences de relaxation du laser.

5. Gyrolaser selon la revendication 1, caractérisé en ce que, l'amplitude du déphasage est formée d'une succession de créneaux temporels.

5 6. Gyrolaser selon la revendication 1, caractérisé en ce que, l'ensemble optique (5) comprend au moins et successivement une première lame quart d'onde (51), un premier rotateur optique à effet non réciproque (52) et une seconde lame quart d'onde (51) dont les axes principaux sont perpendiculaires à ceux de la première lame quart d'onde.

10

 7. Gyrolaser selon la revendication 6, caractérisé en ce que, l'ensemble optique comprend, de plus, un second rotateur optique à effet non réciproque et une lame demi-onde (525); la première lame quart d'onde (51), le premier rotateur (52), la lame demi-onde (525), le second rotateur
15 (52) et la seconde lame quart d'onde (51) étant disposés successivement, les rotateurs étant agencés de façon que le déphasage global induit par un champ magnétique extérieur soit nul.

 8. Gyrolaser selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisé en
20 ce que le premier ou le second rotateur comprenne au moins un matériau à effet Faraday (520) entouré d'une bobine d'induction (521) électromagnétique alimentée en courant électrique.

 9. Gyrolaser selon la revendication 8, caractérisé en ce que le
25 rotateur comporte un blindage magnétique.

 10. Gyrolaser selon la revendication 8, caractérisé en ce que le rotateur comporte un capteur de champ magnétique.

30 11. Gyrolaser selon l'une des revendication 8 à 10, caractérisé en ce que les moyens de commande (6) comporte un générateur de référence ultra-stable de tension qui commande un courant stabilisé alimentant un dispositif de commutation périodique du courant alimentant la bobine d'induction.

35

12. Gyrolaser selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le dispositif d'asservissement comporte au moins un premier polariseur linéaire (33), un rotateur optique (32) à effet non réciproque et un élément optique, ledit élément optique étant soit un rotateur
5 optique à effet réciproque (31), soit un élément biréfringent, au moins l'un des effets ou la biréfringence étant réglable.

13. Système de mesure de vitesses angulaires ou de positions angulaires relatives selon trois axes différents, caractérisé en ce qu'il
10 comporte trois gyrolasers selon l'une des revendications précédentes, orientés selon des directions différentes et montés sur une structure mécanique commune.

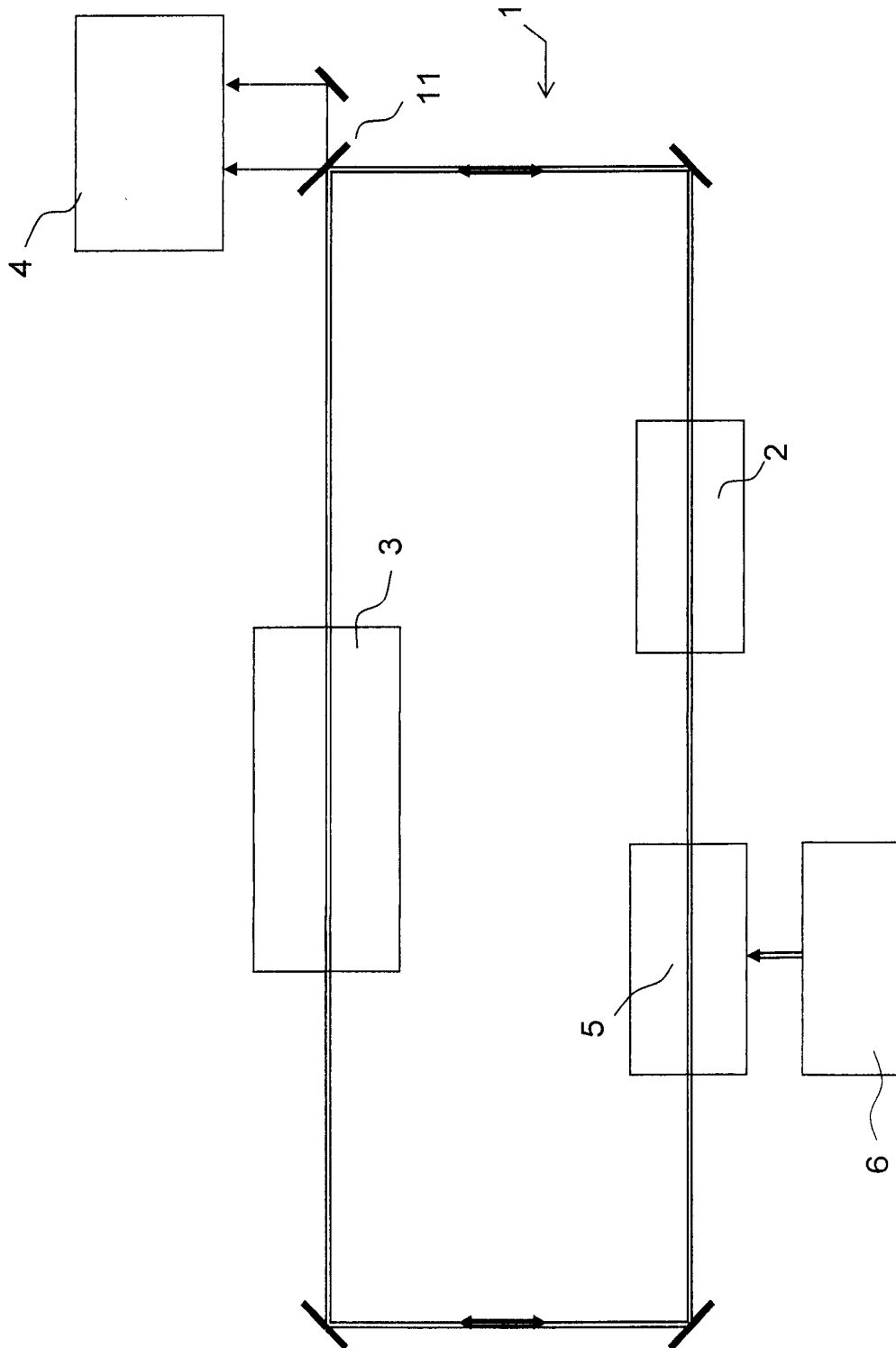


FIG.1

2/5

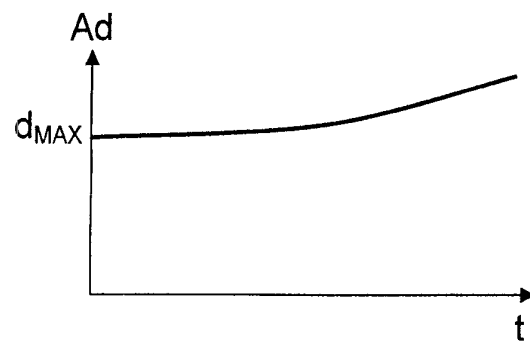


FIG.2

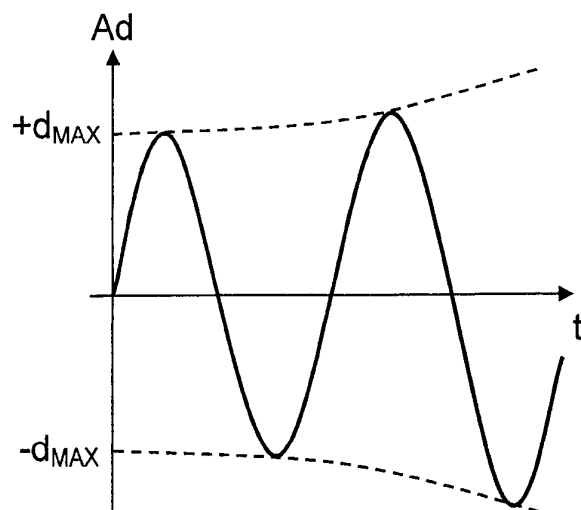


FIG.3

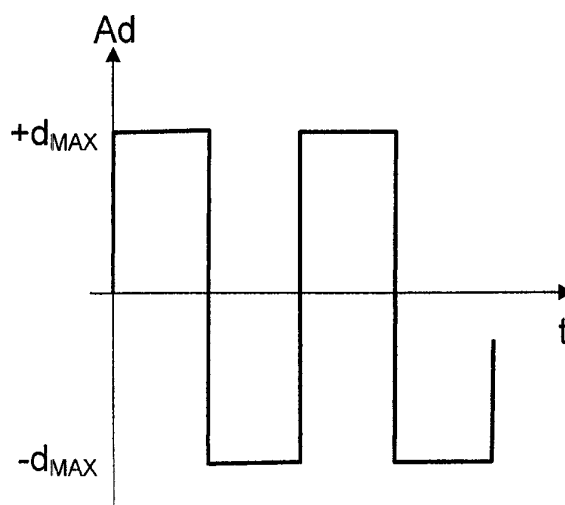


FIG.4

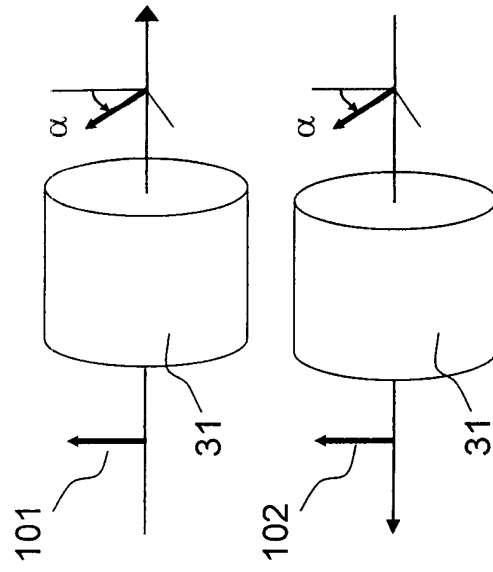


FIG.6

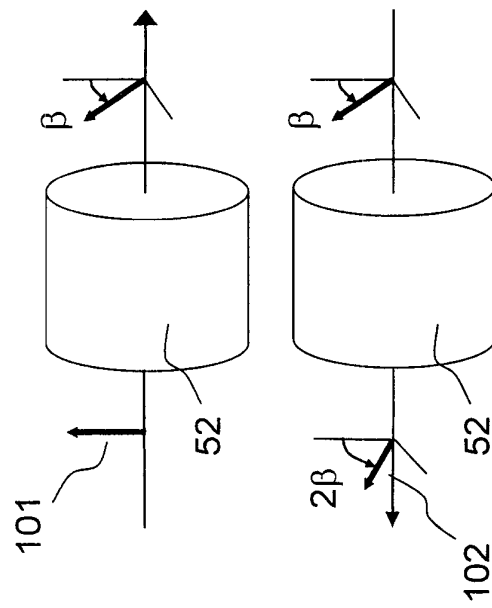


FIG.5

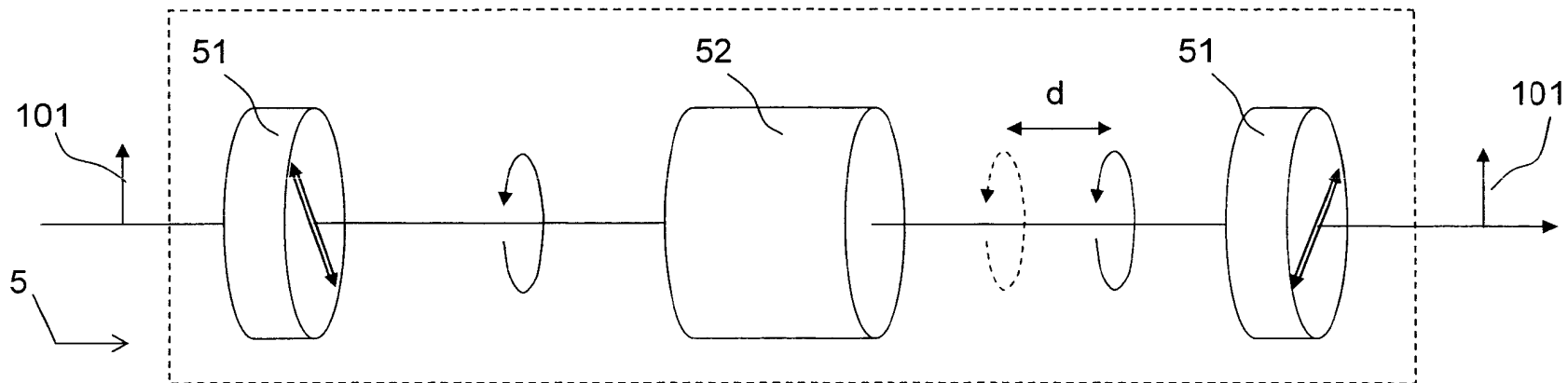


FIG.7

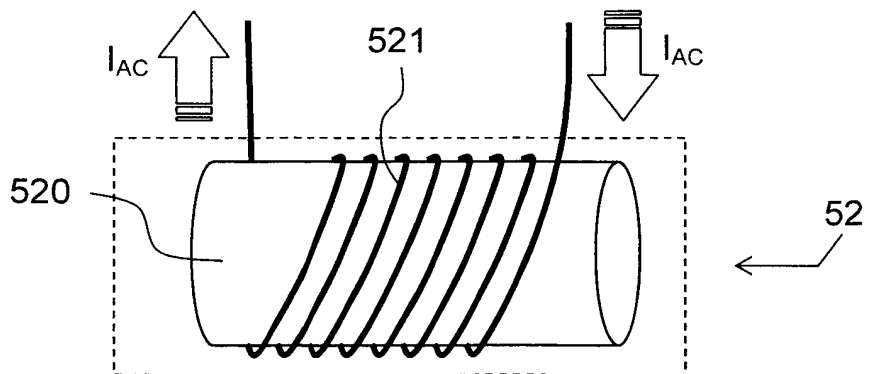


FIG.8

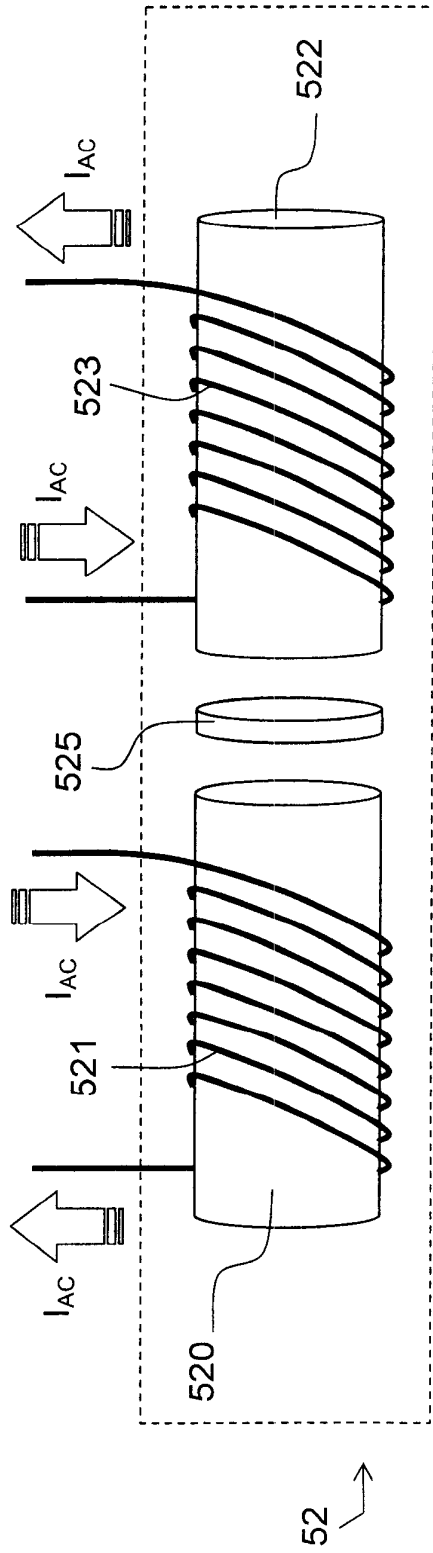


FIG. 9

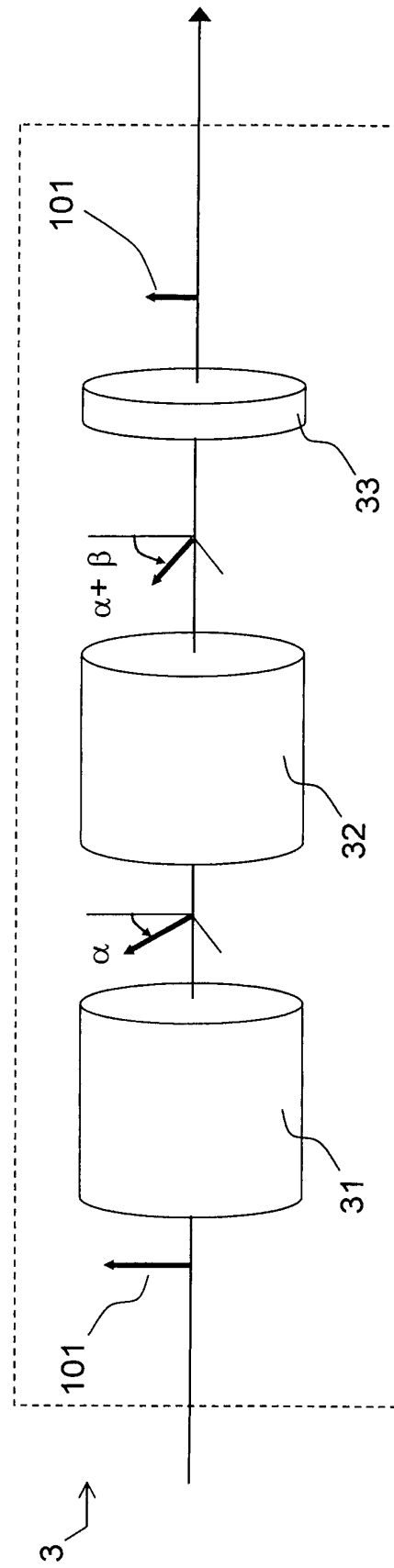


FIG. 10



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 677307
FR 0512608

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y,D	FR 2 853 061 A (THALES) 1 octobre 2004 (2004-10-01) * le document en entier * * page 9, ligne 16 - page 10, ligne 35 * * page 12, ligne 6 - ligne 31 * * figures 2,3 *	1-13	G01C19/66 H01S3/083
Y	US 3 867 034 A (ARONOWITZ ET AL) 18 février 1975 (1975-02-18) * colonne 1, ligne 5 - ligne 9 * * colonne 2, ligne 3 - ligne 46 * * colonne 3, ligne 14 - ligne 62 * * colonne 5, ligne 42 - colonne 6, ligne 63 * * colonne 7, ligne 48 - colonne 8, ligne 10 * * figures 1,2 *	1-13	
Y	US 4 222 668 A (HENRY ET AL) 16 septembre 1980 (1980-09-16) * colonne 5, ligne 4 - ligne 66 * * figure 1 *	1,5,6,8, 11,12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	US 2003/020918 A1 (MURAKOWSKI JANUSZ A ET AL) 30 janvier 2003 (2003-01-30) * page 3, alinéa 34 - page 4, alinéa 36 * * pages 4,5, alinéa 42 * * figures 1-3 *	1-13	G01C
A	FR 2 193 193 A (ROCKWELL INTERNA CORP,US; ROCKWELL INTERNA CORP) 15 février 1974 (1974-02-15) * page 1, ligne 1 - ligne 6 * * page 1, ligne 31 - page 2, ligne 13 * * page 5, ligne 32 - page 6, ligne 30 * * page 7, ligne 17 - ligne 37 * * figures 1-4 *	1,7	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
15 août 2006		Yosri, S	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0512608 FA 677307

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **15-08-2006**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2853061 A	01-10-2004	CN 1764825 A	26-04-2006
		EP 1606584 A1	21-12-2005
		WO 2004094952 A1	04-11-2004

US 3867034 A	18-02-1975	AUCUN	

US 4222668 A	16-09-1980	CA 1115396 A1	29-12-1981
		JP 1173232 C	28-10-1983
		JP 54123893 A	26-09-1979
		JP 58003396 B	21-01-1983

US 2003020918 A1	30-01-2003	WO 03010493 A1	06-02-2003

FR 2193193 A	15-02-1974	DE 2335597 A1	31-01-1974
		GB 1375959 A	04-12-1974
