(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 658 366**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **91 01532**

(51) Int Cl[5] : H 01 S 3/083; G 01 C 19/66

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 11.02.91.

(30) **Priorité** : 12.02.90 US 478394.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 16.08.91 Bulletin 91/33.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche :** *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite: LITTON SYSTEMS, INCORPORATED* — US.

(72) **Inventeur(s) :** Martin Graham J.

(73) **Titulaire(s) :**

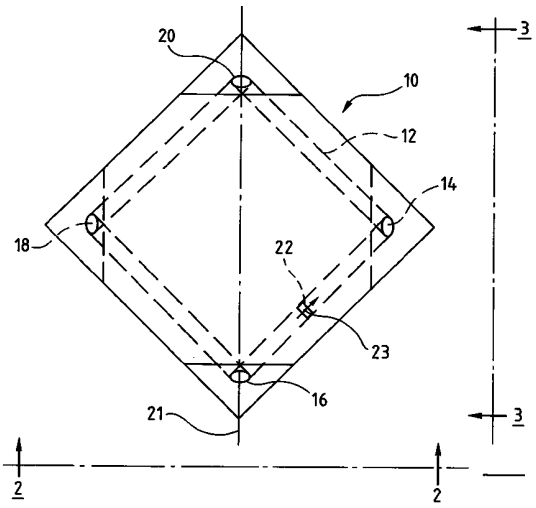
(74) **Mandataire :** Rinuy Santarelli.

(54) Gyrolaser à anneau à multioscillateur utilisant un coin optique compensé.

(57) L'invention concerne un gyrolaser à multioscillateur.

Il comporte une cellule de Faraday comprenant un coin optique (22) placé dans l'une de ses branches. Des variations affectant la perte dichroïque circulaire magnétique du coin optique avec la température sont réduites sensiblement à zéro. Les faisceaux subissant une rétrodiffusion et une réflexion spéculaire interne à partir du faisceau principal ont des longueurs de trajet telles que les faisceaux diffusés et réfléchis de façon interne, à double rebond, de chaque mode, suivent des trajets dont les longueurs sont telles que les différences entre les directions des modes sont ajustées d'une façon particulière pour réduire sensiblement à zéro les variations cycliques, avec la température, de la perte dichroïque circulaire magnétique.

Domaine d'application: gyrolasers, etc.



FR 2 658 366 - A1

L'invention concerne des gyrolasers à anneau à multioscillateur et en particulier un coin optique utilisé dans une cellule de Faraday dans un tel gyrolaser.

Le coin optique est utilisé dans des cellules de Faraday dans des multioscillateurs. Le trajet du multioscillateur est avantageusement un rectangle, habituellement sensiblement carré, qui est plié dans deux plans suivant une diagonale. Il convient cependant de noter que certains multioscillateurs sont autrement qu'à quatre branches de trajet et quatre miroirs et peuvent être plans, et l'invention utilisant le coin optique corrigé décrit ici envisage une utilisation dans de tels autres lasers à anneau.

Dans cette demande, un "mode" est défini comme étant un faisceau primaire d'un gyrolaser à anneau à multioscillateur, augmenté de deux faisceaux réfléchis à double rebond produits à l'intérieur d'un coin optique par un tel faisceau principal. Ainsi, chaque laser à anneau à multioscillateur possède quatre modes. Une excitation du laser à anneau engendre quatre faisceaux principaux, et ils résonnent à l'intérieur de la cavité laser. Les deux faisceaux à double rebond de chacun des modes sont des faisceaux réfléchis et diffusés à l'intérieur d'un coin optique d'une cellule de Faraday, et ils possèdent très peu d'énergie en comparaison avec l'énergie du faisceau principal, car la plus grande partie du faisceau est

transmise à l'interface coin-gaz. Les faisceaux à double rebond engendrent des erreurs notables lorsque le multioscillateur est utilisé pour capter une position angulaire, malgré leur faible teneur en énergie.

Les quatre faisceaux principaux d'un gyrolaser à anneau à multioscillateur peuvent être polarisés légèrement elliptiquement, mais, en sachant qu'il en est ainsi de leur nature exacte, on les décrira pour plus de commodité comme étant polarisés circulairement. On polarise deux des faisceaux principaux avec un sens de polarité et les deux autres faisceaux avec le sens de polarité opposé. A chaque miroir d'angle du laser à anneau, le sens de polarité de chaque faisceau principal s'inverse, mais étant donné que tous les faisceaux changent de polarité, il n'en résulte aucune confusion, ce qui permet d'ignorer les inversions de polarité.

Deux des faisceaux principaux parcourent le laser à anneau dans un sens, et les deux autres faisceaux principaux parcourent le laser à anneau dans l'autre sens. On désigne arbitrairement les sens comme étant le sens des aiguilles d'une montre et le sens contraire. Les combinaisons de faisceaux principaux sont agencées de façon que, pour chaque polarité de polarisation, il y ait à la fois un faisceau dans le sens des aiguilles d'une montre et un faisceau en sens contraire.

Par suite d'une géométrie et/ou de composants optiques non plans, tels qu'un coin de Faraday, les faisceaux subissent en outre un décalage de fréquence les uns par rapport aux autres. Le milieu de gain du laser à anneau est capable d'entretenir des oscillations sur une bande de fréquences, et les quatre fréquences sont comprises dans cette bande. Les oscillations sont produites par divers moyens (non représentés). Par exemple, les oscillations peuvent être produites par un gradient électrique continu entre une cathode et une anode sur une partie du trajet laser ; ou bien les oscillations peuvent

être produites par un champ électromagnétique radio-fréquence agissant sur un gaz tel qu'un mélange gazeux au néon dans une partie du trajet annulaire du laser. On désigne la zone d'excitation du trajet par l'expression "tunnel de gain".

Dans un multioscillateur fonctionnent deux gyroscopes. Deux des faisceaux se propageant en sens opposés produisent des signaux pour un gyroscope, et les deux autres faisceaux se propageant en sens opposés produisent des signaux pour l'autre gyroscope.

Etant donné que les deux fréquences de chaque gyroscope ne coïncident pas en présence d'une vitesse angulaire nulle autour de l'axe sensible du gyroscope, chaque gyroscope est polarisé en fréquence. Lorsque la vitesse angulaire mesurée augmente, les deux fréquences de l'un des gyroscopes divergent et les deux fréquences de l'autre gyroscope convergent. Les différences de sens de polarisation permettent aux signaux des deux gyroscopes d'être identifiés et convertis en signaux électriques qui sont des mesures de la vitesse angulaire captée.

Le signal de sortie d'un gyroscope à laser à anneau est un signal hétérodyne entre les fréquences optiques des deux faisceaux comprenant ce gyroscope. La fréquence de polarisation est soustraite et la différence est proportionnelle à la vitesse angulaire - mesurée. L'utilisation d'un multioscillateur évite certains problèmes tels qu'un verrouillage des deux fréquences des faisceaux principaux d'un gyroscope lorsque leur différence est faible.

On désigne ici les quatre faisceaux, de la fréquence la plus basse à la fréquence la plus haute, faisceau polarisé circulairement à gauche, de sens inverse des aiguilles d'une montre, "La", faisceau polarisé circulairement à gauche, de sens des aiguilles d'une montre, "Lc", faisceau polarisé circulairement à droite de sens des aiguilles d'une montre, "Rc", et faisceau polarisé

circulairement à droite de sens inverse des aiguilles d'une montre, "Ra".

Il existe des moyens pour extraire les faisceaux et les faire battre l'un contre l'autre afin de produire des signaux qui sont une mesure d'une vitesse angulaire. Par exemple, une partie des deux faisceaux peut être extraite et le faisceau ou les faisceaux extraits peuvent être pliés et superposés pour produire des franges qui peuvent être aisément comptées pendant qu'elles se déplacent dans un champ optique. Il est très commode d'utiliser les faisceaux Lc, Ra pour un gyroscope et les faisceaux La, Rc pour l'autre gyroscope.

Il existe trois types de pertes différentielles parmi les quatre modes laser d'un gyroscope à laser à anneau à multioscillateur. Lorsque les modes polarisés circulairement à gauche (La, Lc) sont affectés d'une perte ou d'un affaiblissement d'aller-retour dans la cavité, différent de celui des modes polarisés circulairement à droite (Ra, Rc), la perte différentielle est appelée "perte de polarisation différentielle" (DPL).

Lorsque les modes dans le sens des aiguilles d'une montre (Lc, Rc) sont affectés d'une perte d'aller-retour dans la cavité différente de celle des modes dans le sens inverse des aiguilles d'une montre (La, Ra) la perte différentielle est appelée "perte directionnelle différentielle" (DDL).

Lorsque les modes d'une hélicité (La, Rc) sont affectés d'une pèrte d'aller-retour en cavité différente de celle des modes de l'autre hélicité (Lc, Ra), la perte différentielle est appelée "perte dichroïque circulaire magnétique" (MCDL).

Parmi les trois types de perte, la polarisation en fréquence du multioscillateur est très sensible pour la perte MCDL, peut-être d'un facteur de 1000. L'invention pourrait être mise en oeuvre pour réduire les pertes DDL et DPL, mais elle est utilisée pour réduire

la perte MCDL afin que l'on obtienne la meilleure amélioration de fonctionnement dans le gyroscope à multioscillateur.

Une variation de la perte dichroïque circulaire magnétique MCDL avec la température provoque une variation indésirée des polarisations en fréquence du gyrolaser à anneau à multioscillateur. Certaines des variations de polarisation de fréquence sont telles que leurs amplitudes varient de façon monotone avec la température, mais d'autres varient de façon cyclique, variant d'abord vers le haut ou vers le bas avec une température qui change, puis changeant de direction lorsque la température change encore.

Une façon possible de supprimer tous les effets de perte différentielle (DPL, DDL et MCDL) provoqués par les faisceaux à double rebond dans le coin serait d'agencer les premier et second faisceaux à double rebond afin qu'ils soient toujours en opposition de phase pour que la somme de leurs vecteurs tournants soit égale à zéro. En pratique, ceci est improbable car les amplitudes de la diffusion et de la réflexion des deux faces du coin de Faraday ne sont pas égales et car une sélection de décalages de phase différentielle entre les deux faces du coin, pour la diffusion et la réflexion, peut difficilement être garantie. Les techniques de fabrication de coins de Faraday ne semblent pas utilisables pour obtenir la précision demandée.

L'appareil selon l'invention aurait pu être conçu pour faire disparaître les pertes DDL et DPL (les deux disparaissent ensemble), mais la réduction ou la disparition de la perte MCDL est beaucoup plus importante pour le fonctionnement du gyrolaser à anneau à multioscillateur.

On obtient la réduction en choisissant la combinaison d'un angle du coin optique, d'une orientation du coin, d'une épaisseur du coin et d'un angle

d'inclinaison du coin à l'intérieur de la cavité du laser à anneau. Etant donné que la polarisation de fréquence du multioscillateur est très sensible à la perte MCDL, mais beaucoup moins aux pertes DDL et DPL, une caractéristique et un objet de l'invention sont de configurer un coin, de le positionner et de l'orienter dans une cellule de Faraday dans un multioscillateur afin de réduire et de supprimer sensiblement la variation cyclique de la perte MCDL avec la température.

Des variations cycliques de la polarisation de fréquence d'un laser à anneau avec la température peuvent être provoquées par une diffusion optique dans les cavités résonnantes du laser entre les diverses surfaces internes de la cavité. Les miroirs et les faces du coin optique de la cellule de Faraday produisent ces effets de diffusion résonnantes qui introduisent des erreurs dans le gyroscope, amenant le signal de sortie du gyroscope à varier périodiquement avec les valeurs crête-à-crête qui dépendent inversement de l'amplitude de la rotation optique produite par la cellule de Faraday. Ces types d'effets ne sont pas abordés par l'invention.

Les variations cycliques ou périodiques de la polarisation de fréquence du gyrolaser à anneau à multioscillateur, avec la température, peuvent être provoquées par une variation cyclique, avec la température, de la perte MCDL dans la cavité par suite d'une interférence produite par le coin. Ces effets MCDL ne sont pas résonnants dans la cavité et leurs amplitudes sont directement proportionnelles à l'amplitude de la rotation angulaire optique produite par la cellule de Faraday.

L'invention configure les dimensions, l'orientation angulaire et la position du coin à l'intérieur du trajet laser de façon à minimiser l'amplitude crête-à-crête des fluctuations cycliques de polarisation de fréquence provoquées par la perte MCDL.

Pendant que les faisceaux se propagent le long

de la cavité du laser à anneau et traversent le coin, ils se diffusent et se réfléchissent aux surfaces de contact du coin avec le gaz. Ainsi, divers faisceaux faiblement diffusés et réfléchis ont des rebonds multiples à l'intérieur du coin et quittent ses surfaces. Pour chacun des quatre modes produits à l'intérieur d'un laser à anneau à multioscillateur, l'invention concerne seulement trois fractions de faisceaux quittant le coin dans la direction prévue de parcours.

Les trois faisceaux considérés sont décrits pour un seul mode. Le faisceau le plus fort est le faisceau principal qui quitte le coin après un seul passage, en étant légèrement décalé et re-dirigé par rapport à sa direction d'origine. Les deux autres faisceaux, désignés premier et second faisceaux à double rebond, contiennent beaucoup moins d'énergie de mode que le faisceau principal.

Le premier faisceau à double rebond est engendré à l'emplacement où le faisceau principal est soumis à une réflexion spéculaire à l'interface coin-gaz. Il traverse le coin une seconde fois dans un sens sensiblement inversé, est diffusé-réfléchi à l'interface coin-gaz sous un angle égal au double de l'angle du coin, traverse le coin une troisième fois et le quitte dans une direction sensiblement parallèle à celle du faisceau principal, mais en en étant décalé d'une petite fraction du diamètre du faisceau.

Le second faisceau à double rebond est engendré à l'emplacement où le faisceau principal est diffusé-réfléchi à l'interface coin-gaz sous un angle égal au double de l'angle du coin. Il traverse le coin une deuxième fois dans un sens sensiblement inversé, est soumis à une réflexion spéculaire à l'interface coin-gaz, traverse le coin une troisième fois et quitte le coin dans une direction sensiblement parallèle à celle du faisceau principal et du premier faisceau à double rebond, mais

décalée, de ces deux directions, d'une petite fraction du diamètre du faisceau. Ainsi, le premier faisceau à double rebond est d'abord réfléchi puis diffusé, et le second faisceau à double rebond est d'abord diffusé puis réfléchi.

Tous autres faisceaux à rebonds multiples sont d'une amplitude inférieure de plusieurs ordres de grandeur à celle des trois faisceaux mentionnés ci-dessus.

Lorsque les quatre modes du laser à anneau à multioscillateur traversent le coin, chacun d'eux engendre les deux faisceaux à double rebond. En quittant le coin, chaque mode comporte à présent une somme de vecteurs tournants de son faisceau principal et de ses premier et second faisceaux à double rebond. Alors que les amplitudes de chacun des trois faisceaux partiels d'un mode sont sensiblement égales aux amplitudes des faisceaux partiels correspondants des autres modes et ne sont soumises à aucune variation avec la température, il n'en est pas de même de leurs phases respectives. Les phases dépendent de la longueur du trajet optique parcouru, laquelle diffère pour chaque faisceau de chaque mode, de l'amplitude de la rotation de Faraday par unité de longueur communiquée par la matière du coin et le champ de l'élément de Faraday, qui dépend du type de polarisation de mode, et du déphasage produit au moment où chaque faisceau est diffusé et réfléchi, ce qui dépend de la position de l'interface coin-gaz à laquelle le faisceau est diffusé ou réfléchi. Le dernier déphasage cité varie sensiblement périodiquement sur la surface du coin. Ainsi, pour un jeu quelconque donné de paramètres caractérisant les dimensions, la position et l'orientation du coin, et les directions des faisceaux, chaque faisceau des modes d'effet laser subit une fraction transmise différente, et par conséquent, chaque mode subit une perte effective différente au coin. Une variation de la température fait varier à la fois les longueurs des trajets optiques dans le coin et l'indice de réfraction du coin. Les pertes des modes, entre elles,

changent cycliquement avec la température, car c'est la somme des vecteurs tournants des faisceaux de chaque mode qui est prise en considération dans le calcul de l'intensité totale des faisceaux. L'intensité totale d'unité est le carré de la somme des vecteurs tournants des amplitudes des trois faisceaux.

Outre le très petit angle du coin optique, ce dernier est tourné légèrement, habituellement d'environ 10 à 12 degrés, autour d'un axe qui est perpendiculaire au plan des trajets lumineux locaux, afin d'éviter de renvoyer des réflexions des faisceaux incidents sur les surfaces le long de la cavité du laser à anneau.

Pour maintenir les faisceaux dirigés sensiblement suivant les axes des galeries du laser à anneau, une correction portant sur l'angle et la rotation du coin optique peut être réalisée par un réglage de la position et de l'angle d'au moins l'un des miroirs d'angle.

Pour éviter la variation cyclique de l'intensité lorsque la température change, une particularité et un objet de l'invention sont de modifier la géométrie du coin optique en fonction de l'indice de réfraction, de l'épaisseur, de l'angle et de l'angle d'inclinaison du coin optique afin de réduire les parties des pertes MCDL qui sont cycliques avec la température.

L'objet et une particularité de l'invention sont donc de produire un gyroscope à laser à anneau à multioscillateur dont le signal de sortie ne contient pas d'erreur thermique cyclique.

L'objet et une particularité de l'invention sont également de produire un coin optique dont la perte MCDL est sensiblement constante sur une plage étendue de températures.

L'invention sera décrite plus en détail en regard des dessins annexés à titre d'exemples nullement limitatifs et sur lesquels :

la figure 1 est une vue en plan d'un gyrolaser

à anneau à multioscillateur, montrant un coin optique pour une cellule de Faraday, disposé sans que son aimant soit montré ;

la figure 1A est une vue à échelle agrandie de la partie de la figure 1 dans la zone du prisme 22, montrant un coin pourvu d'aimants classiques et montrant un système de coordonnées du coin ;

la figure 2 est une vue suivant la ligne 2-2 de la figure 1, montrant la pente d'un plan de faisceau d'un multioscillateur non plan ;

la figure 3 est une vue suivant la ligne 3-3 de la figure 1, montrant comment le trajet du faisceau d'un laser à anneau à multioscillateur non plan est plié suivant une diagonale du trajet ;

la figure 4 montre des faisceaux laser traversant un coin optique, la déviation du faisceau étant exagérée ;

la figure 5 est un diagramme montrant la rétrodiffusion de la lumière incidente sur une surface ;

la figure 6 est un diagramme montrant la réflexion spéculaire de la lumière à partir d'une surface ;

la figure 7 est un diagramme schématique exagéré montrant comment un miroir d'angle est translaté et tourné pour compenser la déviation de la lumière à travers un coin optique ;

la figure 8A est un diagramme de faisceau à travers le coin optique, montrant l'entrée d'un faisceau à une première surface de contact gaz-coin, la réflexion spéculaire à une seconde surface de contact coin-gaz et la rétrodiffusion du faisceau réfléchi à la première surface de contact coin-gaz ;

la figure 8B est un diagramme de faisceau à travers le coin optique, montrant l'entrée d'un faisceau à une première surface de contact gaz-coin, la rétrodiffusion à une seconde surface de contact coin-gaz et la réflexion spéculaire de faisceaux rétrodiffusés choisis à la

première surface de contact coin-gaz ;

la figure 9 est un graphique illustrant la perte dans un coin optique typique, montrant les pertes DDL, DPL et MCDL en fonction de la température ; et

la figure 10 est un graphique de l'intensité de mode d'un multioscillateur en fonction de la température, montrant comment les effets de la perte MCDL s'annulent.

La figure 1 est une vue en plan d'un corps de laser à anneau, montrant une cavité ou galerie 12 du laser à anneau ayant quatre miroirs d'angle 14, 16, 18 et 20. Le coin optique 22 est placé dans l'une des branches de la galerie 12 du laser.

Deux aimants 22A, associés au coin optique 22 pour former une cellule de Faraday, sont représentés sur la figure 1A. Celle-ci montre aussi un jeu d'axes cartésiens w, y, z, destinés à définir l'orientation du prisme 22 dans la galerie 12.

La figure 2 est une vue suivant la ligne 2-2 et la figure 3 est une vue suivant la ligne 3-3 de la figure 1 pour montrer plus clairement un trajet de laser à anneau habituel pour un gyrolaser non plan à multioscillateur. Les figures 2 et 3 montrent les galeries 12 pliées suivant la ligne diagonale 21 par inclinaison des miroirs d'angle 14, 16, 18 et 20.

La figure 4 est un diagramme schématique du coin optique 22. Les angles sont exagérés pour montrer la déviation d'un faisceau laser à travers le coin optique. L'angle du coin optique montré entre les faces est exagéré et, en pratique, il est de l'ordre d'environ 10 minutes d'arc. Bien que l'ensemble du coin optique soit habituellement tourné de l'ordre de 10 degrés autour d'un axe 23, aucune rotation n'est représentée sur ces figures et cette rotation sera décrite ci-dessous.

Un laser à anneau utilisé en tant que capteur de vitesse angulaire ou gyrolaser comporte des faisceaux utiles ou principaux se propageant dans les deux sens le

long de l'anneau. Il y a deux faisceaux principaux se propageant dans chaque sens dans le multioscillateur pour un total de quatre modes. A chaque faisceau principal sont associés deux faisceaux supplémentaires à double rebond qui sont modifiés, conformément à l'invention, pour réduire ou éliminer leur interférence avec le fonctionnement du multioscillateur. Par conséquent, chacun des quatre modes du multioscillateur possède trois faisceaux : un faisceau principal et deux faisceaux à double rebond.

Un faisceau de gauche à droite ou de sens inverse des aiguilles d'une montre est représenté sur la figure 4, mais aucun faisceau dans le sens des aiguilles d'une montre n'est représenté. Etant donné que l'interaction entre un faisceau et le coin optique 22 est sensiblement la même pour les deux sens du faisceau, seule la figure 4 est expliquée.

Le faisceau principal arrivant 30 entre dans le coin optique 22 à un accès 32 gaz-vers-coin sur une première surface du coin optique. Le faisceau est re-dirigé à l'intérieur du coin optique 22 et est de nouveau re-dirigé à l'accès coin-vers-gaz 34 pour former le faisceau principal 36.

La figure 5 montre comment un faisceau est rétrodiffusé lorsqu'il atteint une surface réfléchissante. La configuration rétrodiffusée montrée est rencontrée lorsqu'un faisceau incident 62 atteint directement la surface réfléchissante 68. Pour le fonctionnement de l'appareil de l'invention, le faisceau incident ne forme qu'un petit angle avec une normale à la surface 68, et la différence peut être ignorée dans cet exemple. Lorsque le faisceau 62 est diffusé, seule une partie 64 des faisceaux diffusés est dirigée dans la direction affectant la perte MCDL et interférant avec le fonctionnement du gyroscope.

La figure 6 montre une réflexion spéculaire 70 d'un faisceau incident 62 à partir de la surface réfléchissante 68. L'angle d'incidence "i" est égal à

l'angle de réflexion "r".

Sur la figure 7, il est montré en 36 que le faisceau est dévié vers le bas. En l'absence d'une correction pour cette déflexion vers le bas, le faisceau parcourerait le laser en anneau, finissant par manquer totalement les miroirs d'angle 14, 16, 18 et 20.

Le coin optique dévie le faisceau de la trajectoire qu'il aurait dans une cavité vide. La déviation ou déflexion du faisceau est représentée de façon exagérée en 36. Pour compenser la déflexion du faisceau 36, le miroir d'angle est incliné et tourné. Le miroir translaté et incliné est représenté en traits tiretés en 16A.

Les figures 8A et 8B montrent les divers faisceaux compensés de l'invention. Les faisceaux importants dans l'explication sont le faisceau incident 30, le faisceau transmis 72, le faisceau sortant principal 36P, le faisceau 74 réfléchi de façon spéculaire, les faisceaux diffusés 78, un faisceau diffusé particulier 77, le premier faisceau sortant 36S à double rebond, les faisceaux diffusés 82, un faisceau diffusé particulier 83, le faisceau 85 réfléchi de façon spéculaire et le second faisceau sortant 36T à double rebond.

Pour expliquer l'invention, les deux faces incidentes 33, 35 du coin optique représenté forment un angle d'environ 5 degrés. En pratique, l'angle du coin optique est plutôt d'un ordre de grandeur de 4 à 10 minutes d'arc.

En outre, dans une forme préférée de réalisation, pour réduire les réflexions parasites des faisceaux incidents 30 à partir des faces 33, 35, ces faces sont habituellement tournées d'environ 5 à 12 degrés autour d'un axe contenu dans le plan w-y (figure 1A).

Le faisceau arrivant 30 est réfléchi et diffusé à partir de la surface gaz-vers-coin 33, mais ces réflexions ne sont pas dirigées le long de la galerie du laser, et elles n'interfèrent pas avec le fonctionnement du

gyrolaser.

Le faisceau 30 pénètre également dans la surface 33 et, du fait de l'indice de réfraction modifié, est dévié angulairement. Ce faisceau est transmis à travers le coin optique 22 jusqu'à la surface coin-vers-gaz 35. Le faisceau principal 36P est dévié et quitte le coin optique 22.

Une partie du faisceau 72 (habituellement moins de 0,01 %) subit une réflexion spéculaire à la limite du coin optique, à la surface coin-vers-gaz 35.

Le faisceau réfléchi 74 (figure 8A) est en outre réfléchi à la limite coin-vers-gaz 33. Les faisceaux diffusés 78 ont quelques rayons qui forment un faisceau 77 vers la surface 35. Le dernier faisceau cité pénètre dans la surface 35 pour former un premier faisceau 36S à double rebond parallèle au faisceau principal 36P. Etant donné que l'épaisseur du coin optique n'est que d'environ 1 à 2 mm, le faisceau principal et le premier faisceau à double rebond se chevauchent en grande partie.

Le faisceau 72 est également diffusé à la surface coin-vers-gaz 35 pour produire la configuration de faisceaux montrée en 82 (figure 8B). Quelques-uns de ces rayons forment un faisceau 83 qui est à l'angle spécifique pour affecter le gyrolaser à anneau. Le faisceau 83 intercepte la surface coin-vers-gaz 33 où une partie est soumise à une réflexion spéculaire et revient en se propageant vers la surface 35 dans laquelle elle pénètre pour former un second faisceau 36T à double rebond qui est légèrement décalé du faisceau principal 36P et sensiblement parallèle à celui-ci. En raison de la faible épaisseur du coin optique, le faisceau 36T se superpose sensiblement aux faisceaux 36P et 36S. Les faisceaux 36P, 36S et 36T sont des faisceaux importants du mode 36.

La figure 9 montre d'une façon générique comment les pertes MCDL, DDL et DPL changent avec la température du coin de Faraday pour une sélection

particulière, choisie parmi un échantillon aléatoire limité, des paramètres de configuration pour le coin. Il convient de noter comment les trois pertes varient toutes cycliquement avec la température. Elles sont sensiblement sinusoïdales avec sensiblement la même période, mais non en phase.

La figure 9 a été obtenue à partir d'un calculateur qui a calculé les trajectoires des douze faisceaux des quatre modes qui circuleraient à travers le coin. La somme des vecteurs tournants des trois faisceaux pour chacun des quatre modes a été calculée et tracée. Les pertes différentielles de mode ont ensuite été calculées et tracées. Les paramètres de coin suivants ont été utilisés pour le calcul.

Indice de réfraction du coin	1,83957
Epaisseur du coin	1,016 mm
Angle formé par le coin entre ses faces opposées	4,5 minutes d'arc
Orientation du coin	-16,229 degrés
Angle d'inclinaison, par rapport à la direction des axes w et y, autour de l'axe z	-185,637 degrés
Angle d'inclinaison autour d'un axe dans le plan w-y	-6 degrés
Phase de diffusion différentielle entre $\phi 1$ et $\phi 2$ égale à 0 degré, $\phi 1$ et $\phi 2$ étant les déphasages de diffusion aux deux faces du coin pour les faisceaux de sens des aiguilles d'une montre.	-

Le graphique et les paramètres ne sont donnés qu'à titre d'exemple et ne sont pas limitatifs de l'invention.

La figure 10 est un graphique des intensités de modes individuelles en fonction de la température, après que le coin a été corrigé, conformément à l'invention, pour

rendre la perte MCDL sensiblement constante. La figure 10 montre comment la configuration de l'invention agence les phases des faisceaux à double rebond, en rendant la perte MCDL sensiblement constante, afin que les variations d'intensité des modes La et Rc soient déphasées de 180 degrés comme le sont les intensités des variations d'intensité des modes Lc et Ra. Etant donné que les variations des intensités des modes sont maintenues en opposition de phase, la somme des modes La, Rc et la somme des modes Lc, Ra sont toujours constantes durant des variations de température, de sorte qu'un déphasage quelconque, apparaissant normalement dans le comportement cyclique avec la température entre la paire La, Rc et la paire Lc, La, n'a pas d'effet.

Les fluctuations d'intensité montrées sur la figure 10 pour les modes individuels ont les formes suivantes :

$$Lc \longrightarrow R2S1\cos(x+\phi 1-\delta) + S2R1\cos(x+\phi 2-\delta)$$

$$Rc \longrightarrow R2S1\cos(x+\phi 1+\delta) + S2R1\cos(x+\phi 2+\delta)$$

$$La \longrightarrow R1S2\cos(x+\Delta x+\phi 2+\Delta\phi+\delta) + S1R2\cos(x+\Delta x+\phi 1+\Delta\phi+\delta)$$

$$Ra \longrightarrow R1S2\cos(x+\Delta x+\phi 2+\Delta\phi-\delta) + S1R2\cos(x+\Delta x+\phi 1+\Delta\phi-\delta)$$

où

R1, R2 = amplitudes de réflexion aux deux faces du coin

S1, S2 = amplitudes des diffusions aux deux faces du coin

x = facteur de phase de la trajectoire pour la paire de faisceaux de sens des aiguilles d'une montre (ces facteurs étant approximativement égaux entre eux)

$x+\Delta x$ = facteur de phase de trajectoire pour la paire de faisceaux de sens inverse des aiguilles d'une montre (ces facteurs étant approximativement égaux entre eux)

$\phi 1$ et $\phi 2$ = déphasages de diffusion aux deux

faces du coin pour les faisceaux dans le sens des aiguilles d'une montre

$\phi 1 + \Delta\phi$ et

$\phi 2 + \Delta\phi$ sont les déphasages de diffusion aux deux faces du coin pour les faisceaux de sens inverse des aiguilles d'une montre

δ = déphasage dû à l'effet Faraday dans le coin.

Dans un multioscillateur, la variation cyclique de la perte MCDL est proportionnelle à :

$[Lc-Rc)+(Ra-La)]/2$

Alors que les paramètres R1, R2, S1, S2, $\phi 1$ et $\phi 2$ ne peuvent pas être maîtrisés de façon fiable, les autres paramètres, comprenant Δx et $\Delta\phi$ sont des fonctions de la géométrie du trajet de la lumière.

Les équations ci-dessus pour les intensités de modes individuels montrent que pour des valeurs de $(\Delta x + \Delta\phi)$ égales à un multiple impair de π (π, 3π, 5π, etc.), les intensités des modes ressemblent aux courbes de la figure 10, et les variations cycliques affectant la perte MCDL disparaissent. Il convient de noter que (Δx) est la différence de phase de trajectoire entre les deux faisceaux à double rebond, de sens des aiguilles d'une montre (qui ont sensiblement les mêmes longueurs de trajectoire) et les deux faisceaux à double rebond, de sens inverse des aiguilles d'une montre (qui ont également sensiblement les mêmes longueurs de trajectoire). $(\Delta\phi)$ est la différence de déphasage rencontrée à la diffusion par le premier faisceau à double rebond dans une direction et le second faisceau à double rebond dans l'autre direction.

Un jeu de paramètres qui satisfait les conditions ci-dessus et qui est soumis à titre d'exemple est le suivant :

Indice de réfraction du coin	1,83957
Epaisseur du coin	1,016 mm

Angle entre les faces du coin	5,15 minutes d'arc
Orientation du coin	-16,229 degrés
Angle d'inclinaison par rapport à la direction des axes w et y autour de l'axe z	-185,637 degrés
Angle d'inclinaison autour d'un axe dans le plan w-y, de l'axe Y	-6 degrés

L'annulation des effets de la perte MCDL en utilisant les paramètres ci-dessus est indépendante des valeurs de la phase de diffusion différentielle $\phi 1 - \phi 2$ et des valeurs de R_1, R_2, S_1, S_2.

Si (x + ϕ) était égal à un multiple pair de π (0, 2π, 4π, etc.), les deux pertes DPL et DDL disparaîtraient, mais la perte MCDL serait maximale.

La fabrication d'un coin de Faraday pour un gyroscope de précision exige une tolérance, sur l'épaisseur, d'environ 63,5 μm et sur l'angle du coin d'environ 6 secondes d'arc. Le meilleur mode de fabrication consiste à fabriquer d'abord les coins de Faraday à une plage approximative de valeurs pour l'épaisseur et l'angle du coin. On mesure ensuite les valeurs aux tolérances ci-dessus. L'angle d'inclinaison et l'orientation de l'axe d'inclinaison sont calculés pour rendre (x + ϕ) égal à un multiple impair de π. Il apparaît que les tolérances sur le coin et les angles d'inclinaison pour des gyroscopes de précision sont de préférence d'environ 0,1 degré, et une tolérance préférée d'environ 5,0 degrés est appropriée pour l'orientation de l'axe d'inclinaison. Les tolérances sont relativement aisées à obtenir.

Ainsi, le coin optique est compensé en ce qui concerne les diffusions et les réflexions internes, ce qui augmente la précision des gyroscopes à laser à anneau à multioscillateur.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent être apportées au gyroscope décrit et représenté sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Gyrolaser à anneau à multioscillateur, caractérisé en ce qu'il comporte un bloc (10) de laser à anneau présentant une trajectoire de laser à anneau à multioscillateur avec quatre modes d'effet laser, ces modes étant sensiblement polarisés circulairement, l'une de chaque polarité de polarisation desdits modes (désignés Rc, Lc) se propageant dans un premier sens le long dudit laser à anneau, et l'une de chaque polarité de polarisation desdits modes (désignés Ra, La) se propageant dans un second sens, contraire au précédent, le long dudit laser à anneau, le gyroscope comportant en outre une cellule de Faraday (22, 22A) contenant un coin optique (22) dans une branche dudit trajet afin d'intercepter les modes du laser à anneau se propageant en sens contraire, l'indice de réfraction, l'épaisseur, l'angle du coin, l'orientation du coin, l'orientation de l'axe d'inclinaison et l'angle d'inclinaison du coin optique étant choisis de façon à amener la perte dichroïque circulaire magnétique MCDL à rester sensiblement constante avec les variations de la température.

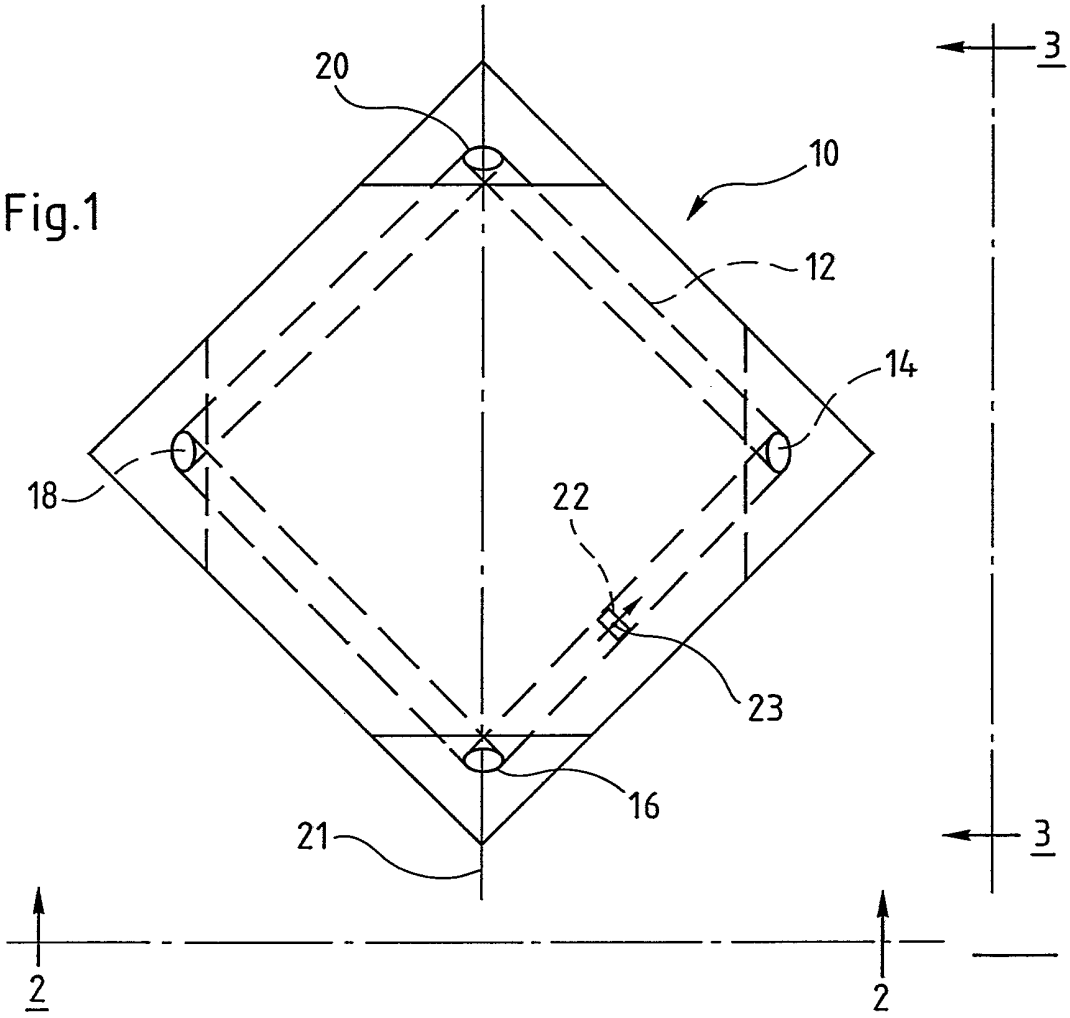
2. Gyrolaser à multioscillateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on maintient la perte MCDL sensiblement constante en rendant [(Lc - Rc) + (Ra - La)]/2 sensiblement constant avec les variations de la température.

3. Gyrolaser à multioscillateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on maintient la perte MCDL sensiblement constante en rendant [(Lc - Rc) + (Ra - La)]/2 sensiblement non cyclique avec les variations de la température.

4. Gyrolaser à multioscillateur selon la revendication 2, caractérisé en ce que la longueur du trajet des premier et second faisceaux à double rebond de chaque mode est ajustée de façon à rendre la somme, d'une part, de la différence entre les facteurs de phase des

trajets pour les deux sens de propagation à travers le coin optique et, d'autre part, de la différence entre les déphasages de diffusion aux deux faces du coin pour les deux sens de propagation à travers le coin optique, égale à des multiples sensiblement impairs de π.

Fig.1



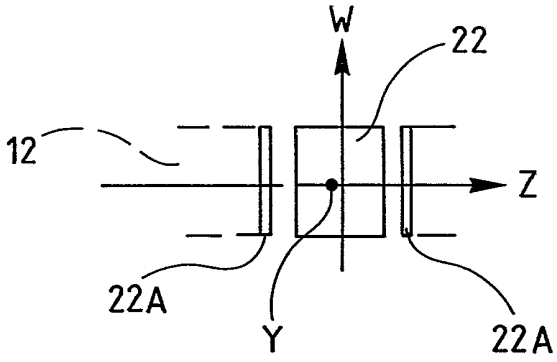


Fig.1A

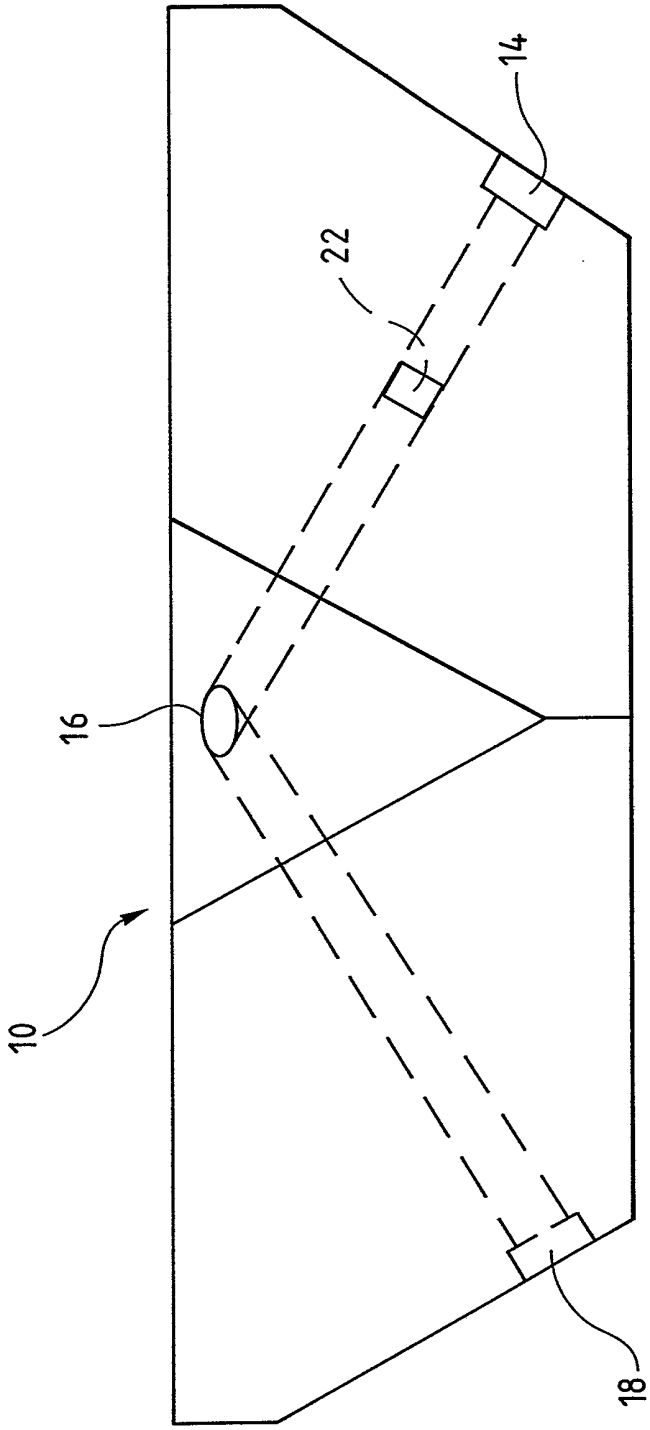


Fig.2

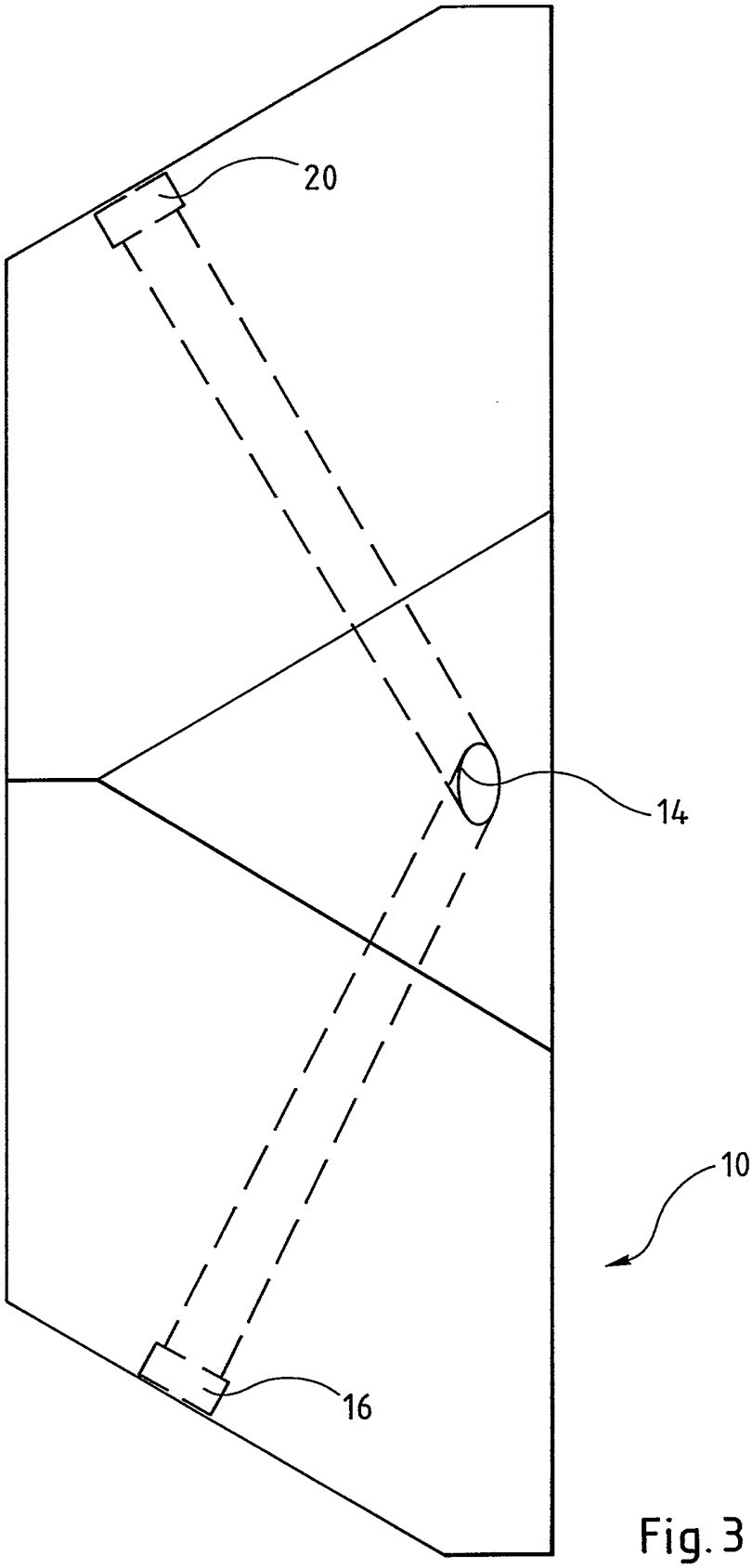


Fig. 3

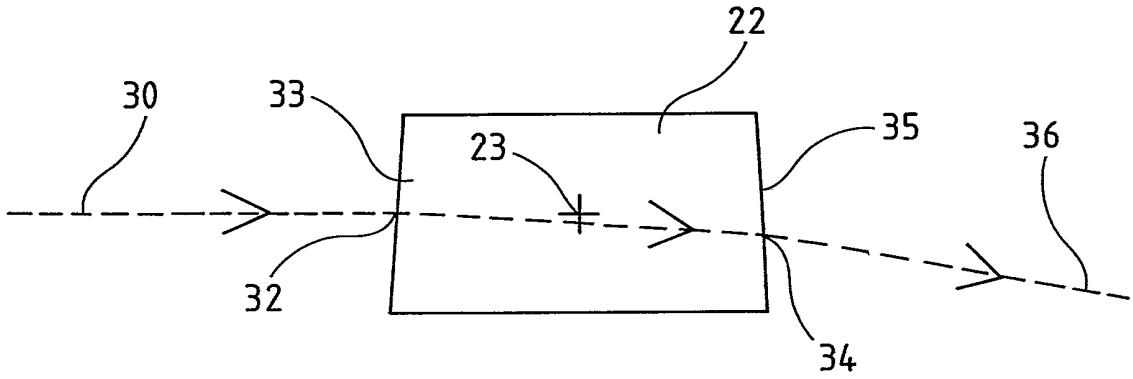


Fig.4

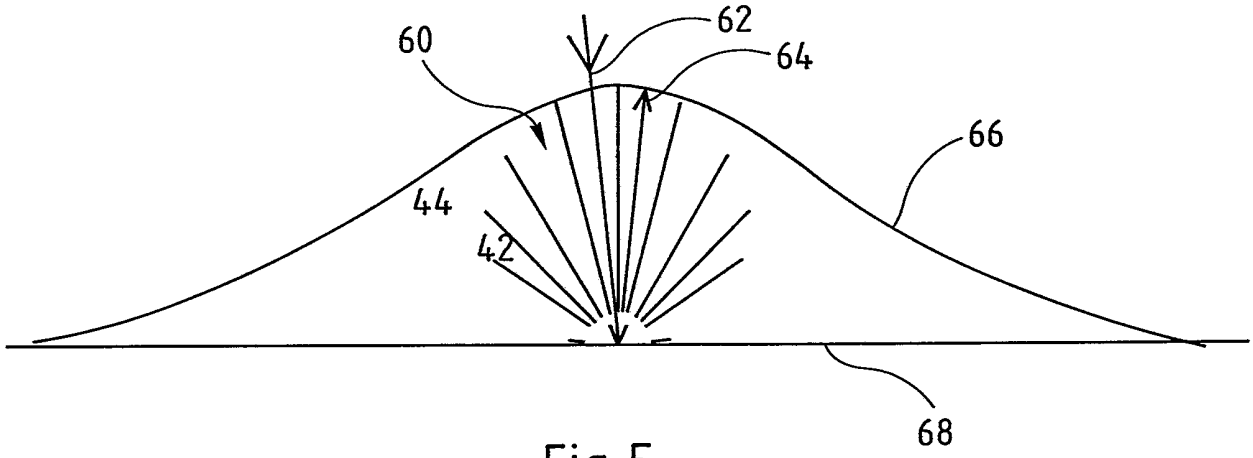


Fig.5

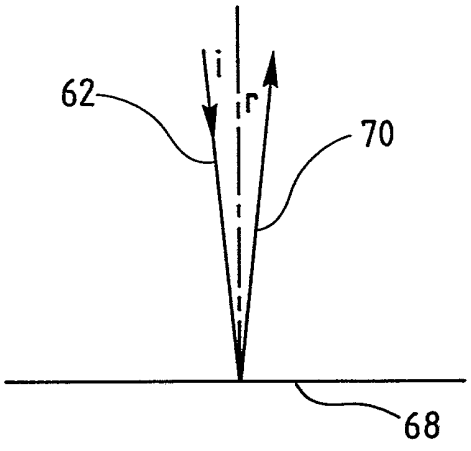


Fig.6

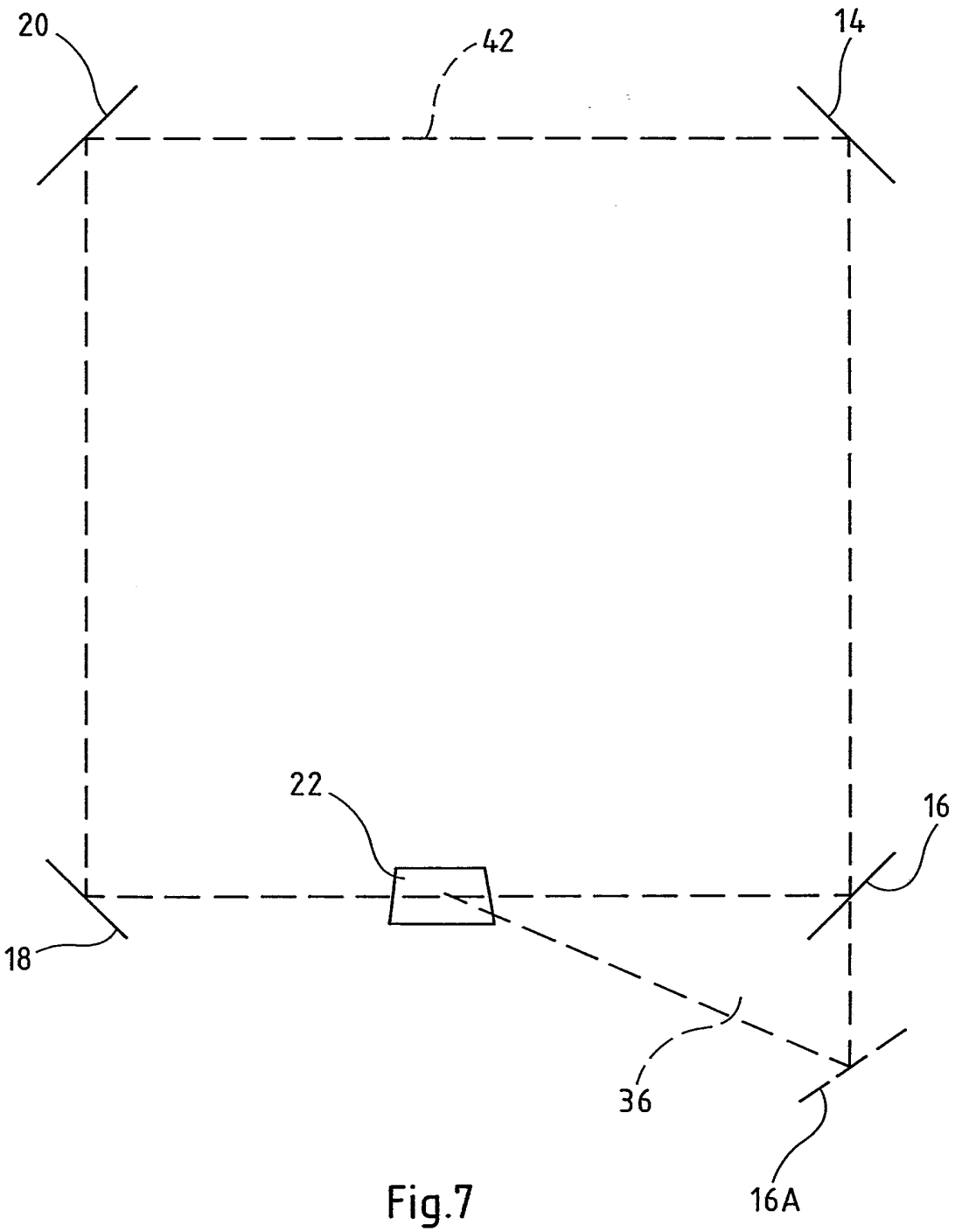


Fig.7

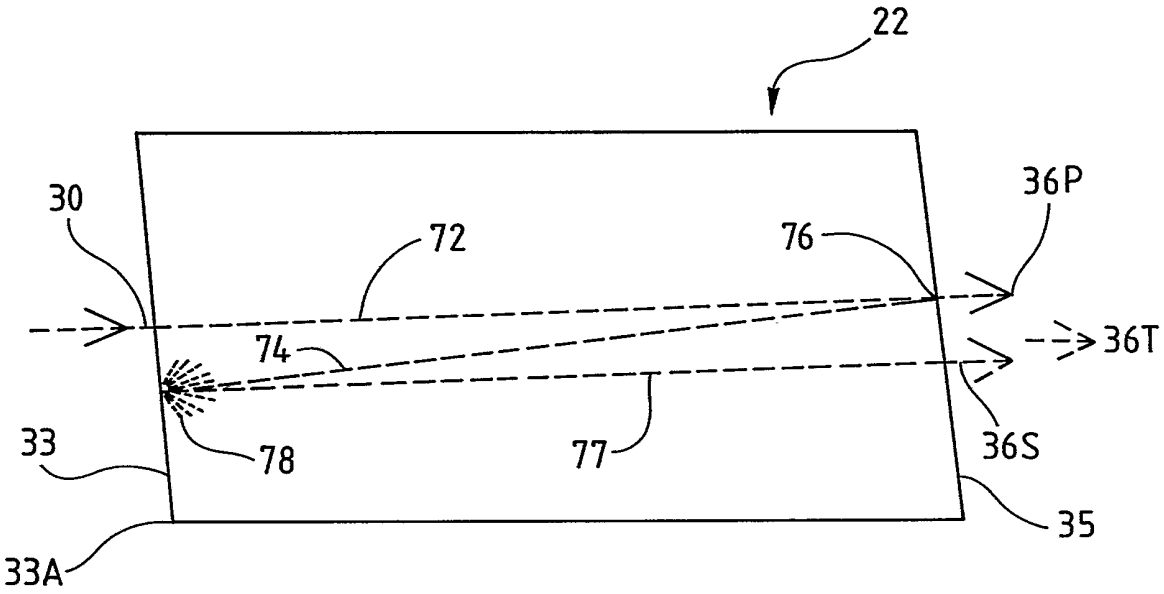

22
30
72
76
36P
74
36T
33
78
77
36S
35
33A

Fig.8A

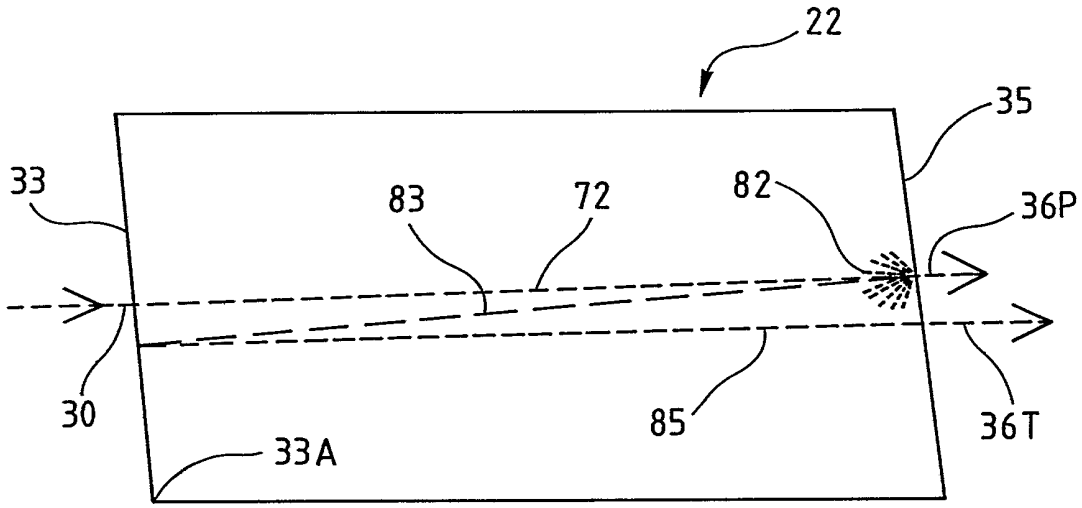

22
35
33
83
72
82
36P
30
85
36T
33A

Fig.8B

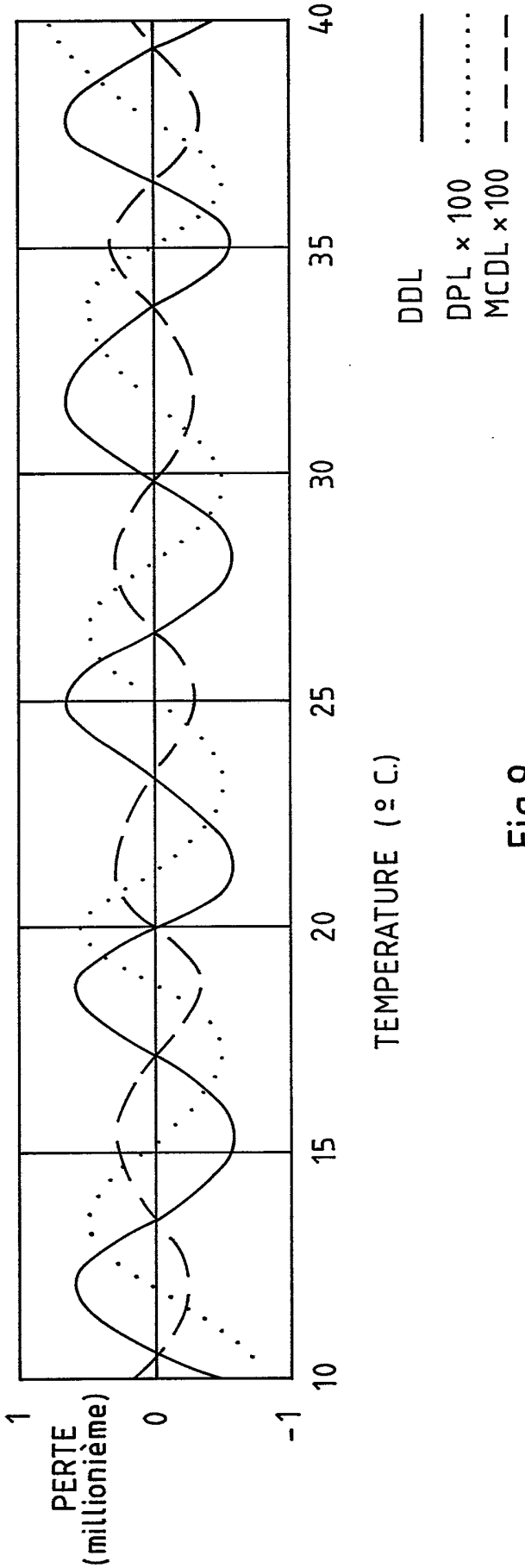

1
0
-1
PERTE
(millionième)
10
15
20
25
30
35
40
TEMPERATURE (° C.)
DDL
DPL × 100
MCDL × 100

Fig.9

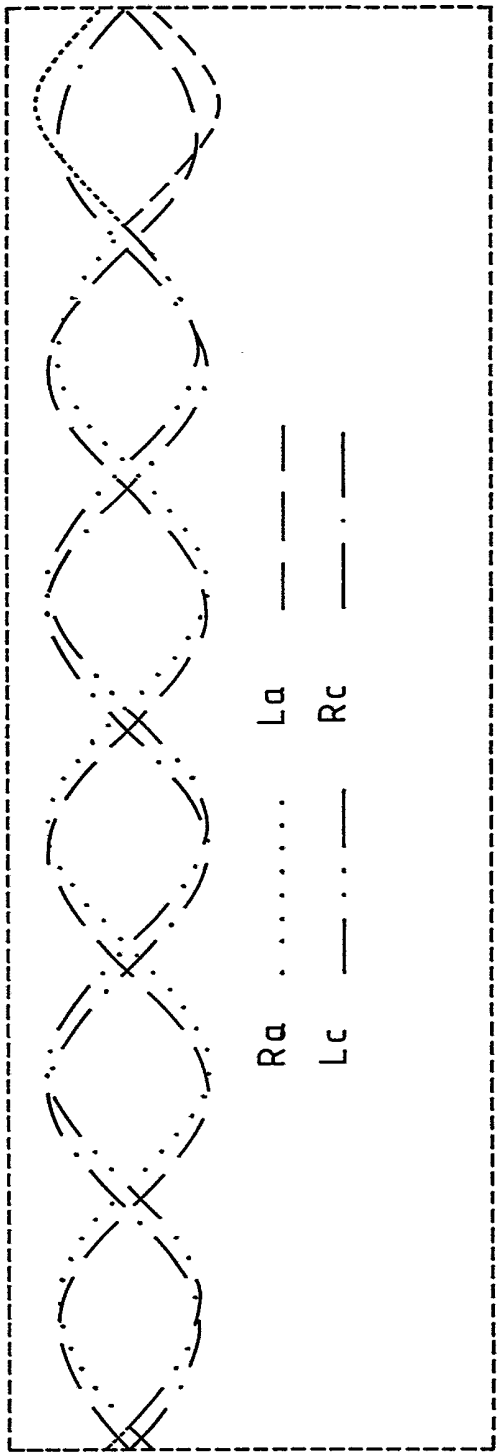


Fig.10