(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) **N° de publication :** **2 876 461**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **04 52298**

(51) Int Cl[8] : **G 02 B 27/09** (2006.01), H 01 S 3/081

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 07.10.04.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 14.04.06 Bulletin 06/15.

(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) :** *COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE Etablissement public à caractère scientifique technique et industriel* — FR.

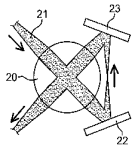
(72) **Inventeur(s) :** MARTINEZ CHRISTOPHE, KOPP CHRISTOPHE et PELENC DENIS.

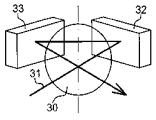
(73) **Titulaire(s) :**

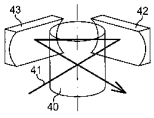
(74) **Mandataire(s) :** BREVATOME.

(54) SYSTEME OPTIQUE A EXTENSION DE PROPAGATION DE FAISCEAU.

(57) L'invention concerne un système optique à extension de propagation de faisceau optique (21) possédant une entrée et une sortie du faisceau optique. Le système comprend au moins deux éléments optiques de réflexion (22,23) du faisceau agencés pour étendre la propagation du faisceau par réflexion sur les éléments de réflexion, le système optique comprenant également au moins un élément optique de transmission (20) de faisceau disposé pour être traversé au moins deux fois par ledit faisceau optique suivant des directions différentes au cours de sa propagation dans le système optique, l'élément optique de transmission assurant une transformation optique du faisceau à chaque traversée de manière à corriger sa divergence.







FR 2 876 461 - A1

SYSTEME OPTIQUE A EXTENSION DE PROPAGATION DE FAISCEAU

DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention de rapporte à un système optique à extension de propagation de faisceau.

Un système optique consiste par définition en une suite d'éléments d'optiques par lesquels se propage un faisceau lumineux. Dans le cadre de la présente invention, on développe un système comportant un nombre minimum d'éléments d'optiques répartis sur une surface faible mais permettant une très grande longueur de propagation de faisceau.

Les applications de ce système sont multiples et répondent en général à deux besoins contradictoires d'intégration du composant et d'extension de la distance de propagation de son faisceau.

On cite cinq exemples à la suite pour lesquels existent ces deux besoins :

- La réalisation de lasers à cavité pour lesquels l'espacement spectral entre les modes émis est inversement proportionnel et la finesse des raies d'émission directement proportionnelle à la longueur de cavité.

- La stabilisation des diodes laser qui nécessite l'utilisation de cavités externes sur des distances de propagation bien supérieures à la taille du composant (> 50 cm).

- Certaines applications interférométriques, pour lesquelles il est parfois

nécessaire d'utiliser des lignes à retard pour compenser des différences de propagation entre faisceau interférant (application en métrologie notamment).

- Cas des lasers à blocage de mode pour lesquels le taux de répartition est inversement proportionnel à la longueur de cavité, application aux lasers à impulsions brèves.

- Cas des capteurs de gaz par mesure d'absorption nécessitant des longueurs de propagation importantes en espace libre.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

Une solution connue pour augmenter une distance de propagation de faisceau dans un espace réduit est d'utiliser une fibre optique. La figure 1 en donne le principe dans le cas d'une cavité étendue. Sur cette figure, le faisceau de sortie d'un laser 1 est couplé à une fibre optique 2 grâce à une optique de collimation 3. Un réseau de Bragg 4 assure la réflexion à l'extrémité de la cavité. La fibre optique est enroulée en bobine, ce qui permet une distance de propagation grande entre le laser et le réseau dans un espace relativement réduit. Cette solution, largement utilisée aujourd'hui, impose cependant le passage en optique guidée avec des pertes de couplage. Le rayon de courbure des fibres doit de plus être de l'ordre du centimètre au minimum, ce qui limite l'intégration.

Une autre solution, concernant la fabrication d'un laser avec trajet multiple, est divulguée dans le document US-A-6 577 666. Le système divulgué met en œuvre un miroir parabolique et une

série de prismes en toit afin de refocaliser, sur leur élément laser, de faisceau de pompe à plusieurs reprises. C'est l'élément de réflexion (le miroir parabolique) qui assure à la fois la fonction de réflexion et celle de refocalisation. Il en résulte des inconvénients, parmi lesquels la complexité du miroir et l'encombrement important du système.

L'utilisation de réflexions multiples d'un faisceau permet d'induire des repliements sur la direction de propagation. La principale difficulté, dans les cavités à multiples repliements usuelles est la gestion de la divergence du faisceau. Si celle-ci n'est pas gérée, l'élargissement du faisceau entraîne l'élargissement des optiques de renvoi et par conséquent l'augmentation du volume du système. Ainsi, la figure 2 montre une première réalisation de propagation de faisceau. Il s'agit simplement de placer des miroirs 10 en vis-à-vis, de façon à replier le faisceau 11. Pour comparaison, un faisceau identique 12 est représenté sans extension. Si l'utilisation de l'extension permet bien d'augmenter la distance parcourue par le faisceau par rapport à un trajet droit (cas du faisceau 12), on voit que la taille du faisceau est elle aussi fortement augmentée. Si la divergence du faisceau est gérée localement et de façon périodique par des systèmes successifs au cours de la propagation du faisceau, le nombre de ces systèmes et la taille des optiques en limitent la compacité. La figure 3 donne un exemple connu d'utilisation d'optiques 13 pour corriger la divergence d'un système équivalent à celui de la figure 2. Outre les problèmes d'encombrement liés à la

taille des optiques, l'augmentation du nombre de lentilles accroît considérablement les contraintes de réglage d'alignement.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention permet de remédier aux inconvénients de l'art antérieur.

Elle a pour objet un système optique à extension de propagation de faisceau optique possédant une entrée et une sortie du faisceau optique, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux éléments optiques de réflexion du faisceau agencés pour étendre la propagation du faisceau par réflexion sur les éléments de réflexion, le système optique comprenant également au moins un élément optique de transmission de faisceau disposé pour être traversé au moins deux fois par ledit faisceau optique suivant des directions différentes au cours de sa propagation dans le système optique, l'élément optique de transmission assurant une transformation optique du faisceau à chaque traversée de manière à corriger sa divergence.

Selon un mode de réalisation, l'élément optique de transmission est une lentille boule et les éléments optiques de réflexion sont des miroirs plans.

Selon un autre mode de réalisation, l'élément optique de transmission est une lentille cylindrique possédant un axe de symétrie, les éléments optiques de réflexion étant des miroirs cylindriques d'axe de symétrie perpendiculaire à l'axe de symétrie de la lentille cylindrique.

Eventuellement, l'élément optique de transmission est au moins partiellement réalisé dans un matériau optiquement actif.

Eventuellement aussi, au moins l'un des éléments optiques de réflexion comprend un matériau optiquement actif.

Les éléments optiques de réflexion peuvent être agencés pour propager le faisceau optique d'abord dans un sens de réflexion, puis dans le sens inverse, l'entrée et la sortie du faisceau optique étant confondues.

Le système optique peut être constitué d'au moins deux systèmes optiques élémentaires mis en cascade.

Selon un mode de réalisation particulier, l'un des éléments optiques de réflexion est semi-réfléchissant pour servir de sortie au faisceau optique.

L'invention concerne aussi un capteur de gaz du type à mesure d'absorption, comprenant un système optique à extension de propagation de faisceau tel que décrit ci-dessus.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages et particularités apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée à titre d'exemple non limitatif, accompagnée des dessins annexés parmi lesquels :

- la figure 1 représente un premier système optique à extension de propagation de faisceau selon l'art connu,

- la figure 2 représente un deuxième système optique à extension de propagation de faisceau selon l'art connu,

- la figure 3 représente un système optique du type de la figure 2 pourvu d'éléments correcteurs de la divergence du faisceau,

- la figure 4 illustre une première variante de système optique selon l'invention,

- la figure 5 illustre une deuxième variante de système optique selon l'invention,

- la figure 6 illustre une troisième variante de système optique selon l'invention,

- la figure 7 illustre une quatrième variante de système optique selon l'invention,

- la figure 8 illustre une cinquième variante de système optique selon l'invention,

- la figure 9 illustre une sixième variante de système optique selon l'invention,

- la figure 10 illustre une septième variante de système optique selon l'invention,

- la figure 11 illustre le principe géométrique de propagation du faisceau dans un système selon l'invention,

- la figure 12 est un schéma équivalent de propagation du système déplié de l'invention,

- la figure 13 est un diagramme explicatif,

- la figure 14 illustre un mode de fabrication de l'invention,

- la figure 15 illustre une application particulière d'un système optique selon l'invention.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

Le principe du système d'extension de propagation de faisceau selon l'invention repose sur l'utilisation d'optiques de transmission possédant des symétries afin de corriger la divergence du faisceau, et des miroirs de repliement afin d'étendre les distances de propagation. Les symétries de l'optique permettent à un faisceau de la traverser à plusieurs reprises suivant différentes directions et de garantir ainsi la compacité du système.

La figure 4 est illustrative du principe utilisé par la présente invention. L'optique 20 utilisée présente une symétrie circulaire par rapport à son centre. Un faisceau 21 traverse tout d'abord la lentille 20, puis est réfléchi une première fois par un premier miroir 22. Le miroir 22 oriente le faisceau vers un second miroir 23 qui oriente le faisceau vers le centre de la lentille 20. Celle-ci étant symétrique, la seconde traversée est équivalente à la première. En choisissant bien la distance entre les miroirs et la lentille, on peut ainsi corriger la divergence tout en augmentant la distance de faisceau parcourue sans accroître l'encombrement.

La figure 5 représente une vue tridimensionnelle d'une autre variante du système selon l'invention. Cette variante utilise deux miroirs plans 32 et 33 et une lentille sphérique 30. Dans ce cas, la

lentille 30 seule permet la correction de divergence du faisceau 31.

La figure 6 représente une vue tridimensionnelle d'encore une autre variante du système selon l'invention. Cette variante utilise deux miroirs cylindriques 42 et 43 et une lentille cylindrique 40. Dans ce cas, la lentille 40 corrige la divergence selon une première direction et les miroirs 42 et 43 corrigent la divergence suivant l'autre direction perpendiculaire tout en réfléchissant le faisceau 41.

Le système selon l'invention devient particulièrement intéressant quand le nombre de miroirs augmente. La lentille utilisée étant symétrique, on peut en effet la traverser suivant une multitude de directions. La figure 7 représente un système à 15 miroirs et à lentille unique. Le système comprend une pièce 50 possédant une cavité équipée de quinze miroirs référencés 51 à 65. La cavité permet également le logement, en partie centrale, d'une lentille (sphérique ou cylindrique) 66. On privilégiera les lentilles sphériques parce qu'elles permettent de corriger la divergence complète du faisceau (selon les deux axes). Une lentille cylindrique, qui ne corrige que la divergence selon un axe (celui perpendiculaire à l'axe de la lentille), peut être utilisée pour des systèmes qui ne sont pas contraints en dimension selon l'axe de ce cylindre. Un faisceau lumineux 67 entre dans la cavité en étant dirigé vers le miroir 51 après avoir traversé la lentille 66. Il est renvoyé successivement vers les autres miroirs dans l'ordre croissant de leurs

références en traversant la lentille 66 après deux réflexions. Lorsque le faisceau parvient au dernier miroir, le miroir 65, il est réfléchi sur lui-même et refait en sens inverse le trajet qu'il a fait précédemment. Le faisceau ressort alors de la cavité par l'endroit où il était entré. On conçoit facilement que la distance de propagation entre l'entrée et la sortie du faisceau peut devenir importante malgré une surface de composant réduite et l'utilisation d'une seule optique. Cet exemple correspond typiquement à la réalisation d'une cavité étendue.

La figure 8 représente un système comprenant deux sous-systèmes 71 et 72 du type de la figure 7 mis en cascade dans une pièce 70. Un faisceau 73 entrant dans le sous-système 71 ressort de ce sous-système pour être dirigé dans le sous-système 72 et pour sortir du sous-système 72. Le système de la figure 8 peut être utilisé dans le cas d'une ligne à retard en transmission.

La figure 9 représente une autre application de la présente invention. Dans cette application, l'élément d'optique de transmission et de correction de divergence 80 (une lentille sphérique) est construit dans un matériau actif. On entend par matériau actif, un matériau capable d'émettre une onde optique en émission stimulée ou spontanée sous l'effet d'un pompage. Le système représenté comprend quatre miroirs référencés 81 à 84. Ce système d'extension de propagation est fermé de façon à réaliser une cavité stable. L'un des éléments de réflexion, le miroir 83, présente un coefficient de réflexion plus faible que

les autres afin de permettre la sortie du faisceau laser 85. Une source optique 86 sert de pompe afin d'exciter le matériau actif. Un miroir supplémentaire 87 permet éventuellement d'augmenter le confinement du faisceau pompe 88 dans la lentille sphérique 80. A chaque passage dans la lentille boule, le faisceau est amplifié du fait de l'interaction du faisceau pompe avec le matériau actif. Cette solution offre l'avantage d'une grande longueur de cavité avec une grande longueur de traversée de faisceau actif tout en garantissant un encombrement minimum.

Dans le même ordre d'idée, on peut également considérer un système ayant des miroirs comportant une zone réalisée en matériau actif. Un tel système est représenté à la figure 10. Ce système est conçu de façon que l'onde optique traverse le matériau actif avant de se réfléchir. Un pompage adéquat permet alors de stimuler l'émission dans ce matériau. La figure 10 montre un système à quatre miroirs comprenant trois miroirs réfléchissants 91, 92 et 93 et un miroir semi-réfléchissant 94 permettant d'extraire l'onde optique. Les miroirs 91 à 94 sont recouverts, d'une couche de matériau actif respectivement 101 à 104. Le pompage des couches de matériau actif 101 à 104 est obtenu par des diodes de pompage, respectivement 111 à 114. Les miroirs 91 à 94 transmettent le faisceau de pompe. Le faisceau traverse deux fois la lentille boule 90.

La figure 11 décrit le principe géométrique de propagation du faisceau dans un système selon l'invention. Le faisceau F est divisé en segments

principaux $M_nM'_n$ et secondaires M'_nM_{n+1}. Des miroirs sont positionnés aux extrémités de ces segments sur le cercle C de rayon R. Le centre O du cercle C est le point d'orignine du repère orthonormé x, O, y. Le rayon R peut correspondre à un faisceau incident à un miroir, d'angle α. De sorte que, si t_o est l'angle à l'origine et si t_n indique l'angle du segment $M_nM'_n$ avec l'axe x, on peut écrire :

$$t_n = t_o + 2\ n\ \alpha \qquad (1)$$

Si βn et $\beta' n$ sont les angles de miroirs aux points M_n et M'_n, on a :

$$\beta_n = t_n - (\pi + \alpha)/2 \qquad (2a)$$

$$\beta'_n = t_n - (\pi - \alpha)/2 \qquad (2b)$$

La distance cumulée des segments principaux et secondaires est:

$$L_{seg} = 2\ R\ \left(1+\left|\cos(\alpha)\right|\right) \qquad (3)$$

Du point M_0 au point $M'_{N'}$, la distance parcourue est donc :

$$L_{tot} = 2\ NR\ \left(1+\left|\cos(\alpha)\right|\right) + 2R \qquad (4)$$

avec R rayon du cercle supportant les miroirs.

On cherche généralement à travailler avec des miroirs équidistants. Cela sous-entend que pour un N donné, le segment $M_NM'_N$ se superpose avec le segment $M_0M'_0$. On a alors :

$$\alpha = (k/N)\ \pi/2 \quad \text{avec } k \in Z \qquad (5)$$

Le segment secondaire ne doit pas croiser la lentille sphérique LS. On peut donc définir une condition géométrique :

$$R \sin(\alpha) > R_1 \qquad (6)$$

Avec R_1 rayon de la lentille LS.

Le système optique selon l'invention repose principalement sur l'utilisation de faisceaux gaussiens souvent rencontrés en optique intégrée. Un cas simple consiste à considérer les conditions suivantes :

- première condition : les distances de propagation restent égales entre chaque traversée de la lentille,
- deuxième condition : le « waist » (c'est-à-dire le rayon minimum du faisceau) est positionné au milieu de chaque segment secondaire.

Suivant la théorie de l'optique gaussienne, la deuxième condition implique que les distances séparant les positions de « waists » objet et image aux points focaux objet et image soient égales. De ce fait, les « waists » objet et image ont la même taille et les systèmes optiques fonctionnent en grandissement 1.

La figure 12 donne un schéma équivalent de propagation du système déplié, dans lequel le faisceau est rectiligne. Les miroirs sont représentés par des traits pointillés, les lentilles sphériques par des cercles.

Les lentilles sont séparées par la distance L. On démontre géométriquement que :

$$L = 2\ R\ \left(1+\left|\cos(\alpha)\right|\right) \qquad (7)$$

Par ailleurs, pour répondre aux conditions de conjugaison des faisceaux gaussiens, on doit avoir :

$$L = 2\ f\ [1\pm((\pi W_0^2)\ /\ (f\lambda))^2)^{0,5}] \qquad (8)$$

Avec Wo la taille du waist du faisceau, f la longueur focale de la lentille et λ la longueur

d'onde de propagation. La focale d'une lentille boule d'indice n_1 et de diamètre D_1 est :

$$F = D_1 n_1 / (4(n_1-1)) \quad (9)$$

A noter que les équations précédentes rapportées à la condition (6) imposent une valeur minimum de l'angle α de déviation donnée par la formule :

$$\alpha_{min} = \arccos((L^2-D_1^2)/(L^2 + D_1^2)) \quad (10)$$

La figure 13 donne les différentes valeurs d'angles minimum α_{min} en fonction du diamètre Di de la lentille pour différentes taille de « waists » (l'indice du verre est 1,5 et la longueur d'onde considérée est 1,55 µm).

Lors du paramétrage du système, il faut s'assurer que la lentille n'occulte pas le faisceau. En tenant compte de la taille du « waist », la condition (6) s'exprime plus exactement par l'inégalité :

$$R \sin(\alpha) > R_1 + W_0 \quad (11)$$

Il faut aussi que la taille du miroir soit supérieure à la taille 2 W_M du faisceau à son niveau. Cette taille est donnée par la relation :

$$W_M = W_0 [1 + ((2 R \cos(\alpha) \lambda) / (\pi W_0^2))^2]^{0,5} \quad (12)$$

La taille des miroirs est liée à l'angle de déviation et au diamètre du cercle supportant les miroirs. Le nombre de segments N défini à l'équation (5) doit donc vérifier :

$$N < \pi R / (2 W_M) \quad (13)$$

Cette dernière équation est à calculer avec la valeur α_{min} dans la définition de W_M. Il faut aussi veiller à ce que l'inclinaison des miroirs et leur

taille ne provoquent pas l'occultation des faisceaux réfléchis par les miroirs voisins. Pour cela, N doit rester assez faible.

On donne maintenant un exemple de configuration possible.

On considère une lentille boule de diamètre 4 mm et d'indice de réfraction 1,5. La propagation s'effectue à la longueur d'onde 1,55 µm.

On travaille avec un « waist » de taille w_0 = 30 µm. Les équations (8), (9) et (10) donnent un angle de déviation minimum de 40,8°.

Les équations (7), (8) et (12) donnent pour cette valeur d'angle minimum un rayon de support des miroirs :

R_{min} = 3,1 mm

et un rayon de faisceau sur les miroirs de :

W_M = 82 µm.

On limite la valeur N relative au nombre de miroirs à :

N = 30.

On choisit un angle de déviation :

$\alpha = (17/30)\ \pi/2 = 51°$.

Pour cette valeur d'angle, on a finalement :

R = 3,3 mm

L = 10,76 mm

W_M = 74,7 mm

L_{tot} = 32 cm.

Dans cet exemple, un composant de surface inférieure à 1 cm^2 permet une distance de propagation de 32 cm.

Le nombre de réflexions miroirs pouvant être élevé, il importe que chaque déviation angulaire soit réalisée avec la plus grande précision. Ainsi, sur la configuration précédente, une erreur de 0,01 degré sur l'angle des miroirs conduit à un décalage d'environ 5 µm sur la position du faisceau de sortie.

Les modes de réalisation du système doivent donc garantir une grande précision angulaire. Un mode de réalisation privilégié sera donc celui qui met en œuvre la réalisation des miroirs par lithographie.

Les miroirs peuvent alors être réalisés directement par gravure profonde d'un substrat suivant les plans des miroirs ou encore par des techniques de moulage. La figure 14 présente schématiquement un moule 121 et un substrat moulé 122. Le moule présente en négatif la cavité formée par la succession des plans de miroir.

Une autre solution revient à positionner les miroirs un par un sur un substrat par collage. Le positionnement doit alors être d'une très grande précision.

La description ci-dessus a porté sur un système optique permettant la propagation d'un faisceau sur une grande distance en utilisant généralement un seul élément optique de transmission. Pour ce faire, cet élément de transmission doit avoir des propriétés particulières de symétrie et le faisceau doit être

dirigé fréquemment par des miroirs disposés de façon appropriée.

La description précédente est particulièrement axée sur l'idée d'une cavité. On peut réaliser, selon l'invention, une cavité optique de grande longueur (environ 1 mètre) dans un espace très limité (de l'ordre du cm^2). Les applications de l'invention concernent donc principalement l'utilisation des cavités : applications lasers et capteurs interférométriques.

L'invention a pour caractéristique particulière de permettre, dans un espace réduit, une propagation importante d'une onde dans l'air (par opposition à une propagation dans une fibre optique où l'onde électromagnétique est confinée dans de la silice). Cette structure peut donc être utilisée pour des applications de capteur par absorption.

Un exemple typique est le capteur de gaz. La présence d'un gaz dans l'atmosphère se traduit par l'augmentation du coefficient d'absorption γ pour certaines longueurs d'ondes spécifiques, propres au gaz en question.

Une onde optique se propageant sur une distance L sera atténuée d'un facteur ρ :

$$\rho = e^{-\gamma L} \qquad (14)$$

La mesure de l'absorption, et donc de la concentration en gaz, se fait en mesurant le facteur ρ, racine du rapport de l'intensité du signal transmis I_t par l'intensité du signal d'origine I_0 à la longueur d'onde caractéristique :

$$\gamma = - \frac{1n\left(\frac{I_t}{I_0}\right)}{2L} \qquad (15)$$

L'équation (14) montre que si γ est très faible, il faut des longueurs importantes de propagation pour pouvoir mesurer un facteur ρ significatif.

Pour $\gamma \sim 0$ (soit $\rho \sim 1$) on montre que la précision de mesure est inversement proportionnelle à L :

$$d\gamma = \frac{1}{L} d\rho \qquad (16)$$

Suivant le type de gaz que l'on veut détecter il est donc important de pouvoir disposer de longueurs de propagation importantes. Ce besoin est souvent en contradiction avec les restrictions de compacité des capteurs. La présente invention fournit une solution qui répond à ces deux exigences à la fois.

Comme annoncé plus haut, la longueur de propagation du faisceau est donnée par la relation :

$$L_{tot} = 2\ NR\ \left(1+\left|\cos(\alpha)\right|\right) + 2\ R \qquad (4)$$

Cette valeur comprend également la propagation dans la lentille. Pour connaître la valeur de la longueur dans l'air on doit retrancher le nombre de traversées de la lentille de diamètre D_1 :

$$L_{air} = 2\ N\ R\ \left(1+\left|\cos(\alpha)\right|\right) + 2\ R - N\ D_1 \qquad (17)$$

Si on reprend l'exemple donné ci-dessus en configuration repliée (un miroir est disposé en fin de parcours pour renvoyer le faisceau vers l'entrée, cas de la figure 7) on a :

L_{tot} = 64 cm, soit avec D_1 = 4 mm et N = 30 : L_{air} = 40 cm.

On dispose donc d'une distance de propagation libre de 40 cm dans une structure de 1 cm^2.

La figure 15 illustre un exemple d'application en tant que capteur d'absorption du système optique selon l'invention. Une source optique 131 est d'abord filtrée par un filtre 132 pour sélectionner la ou les longueurs d'onde significatives et le faisceau lumineux émis est injecté dans un coupleur 50/50 133 à fibre optique. Une moitié du signal est reçue par le détecteur optique 134 et sert de référence. L'autre moitié du signal part vers le capteur 135 constitué par un système optique selon l'invention. Le capteur 135 est placé dans le gaz 136 dont on veut mesurer la valeur de l'absorption. Après propagation dans le système optique 135, le signal est réfléchi dans la fibre d'entrée et, après passage dans le coupleur 133, est reçu par le détecteur 137. Le rapport des signaux des détecteurs 134 et 137 permet la mesure de la valeur de l'absorption et donc de la concentration en gaz.

REVENDICATIONS

1. Système optique à extension de propagation de faisceau optique possédant une entrée et une sortie du faisceau optique, caractérisé en ce qu'il comprend au moins deux éléments optiques de réflexion du faisceau (22,23 ;32,33 ;42,43) agencés pour étendre la propagation du faisceau par réflexion sur les éléments de réflexion, le système optique comprenant également au moins un élément optique de transmission de faisceau (20 ;30 ;40)disposé pour être traversé au moins deux fois par ledit faisceau optique suivant des directions différentes au cours de sa propagation dans le système optique, l'élément optique de transmission assurant une transformation optique du faisceau à chaque traversée de manière à corriger sa divergence.

2. Système optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément optique de transmission est une lentille boule (20 ;30) et les éléments optiques de réflexion sont des miroirs plans (22,23 ;32,33).

3. Système optique selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'élément optique de transmission est une lentille cylindrique (40) possédant un axe de symétrie, les éléments optiques de réflexion étant des miroirs cylindriques (42,43) d'axe de symétrie perpendiculaire à l'axe de symétrie de la lentille cylindrique.

4. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'élément optique de transmission est au moins partiellement réalisé dans un matériau optiquement actif.

5. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'au moins l'un des éléments optiques de réflexion (91 à 94) comprend un matériau optiquement actif (101 à 104).

6. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les éléments optiques de réflexion (51 à 65) sont agencés pour propager le faisceau optique d'abord dans un sens de réflexion, puis dans le sens inverse, l'entrée et la sortie du faisceau optique étant confondues.

7. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le système optique est constitué d'au moins deux systèmes optiques élémentaires (71,72) mis en cascade.

8. Système optique selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'un (83) des éléments optiques de réflexion est semi-réfléchissant pour servir de sortie au faisceau optique.

9. Capteur de gaz du type à mesure d'absorption, comprenant un système optique à extension

de propagation de faisceau, caractérisé en ce que ledit système optique est un système optique selon l'une quelconque des revendications précédentes.

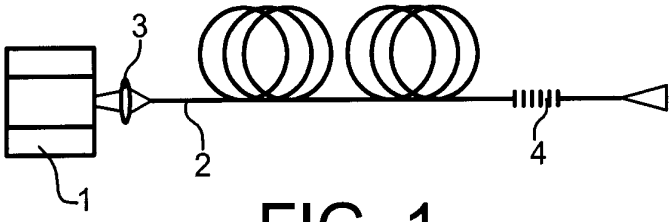


FIG. 1

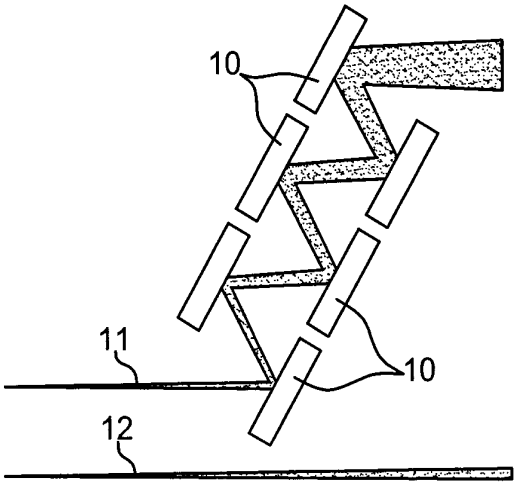


FIG. 2

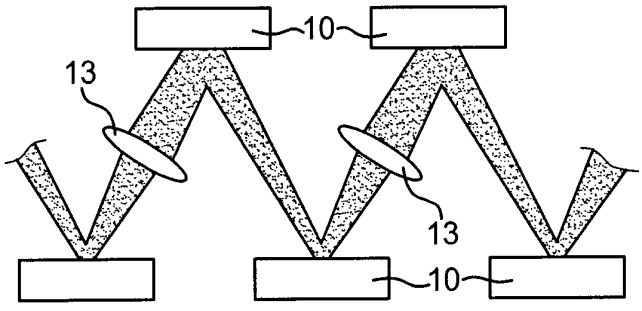


FIG. 3

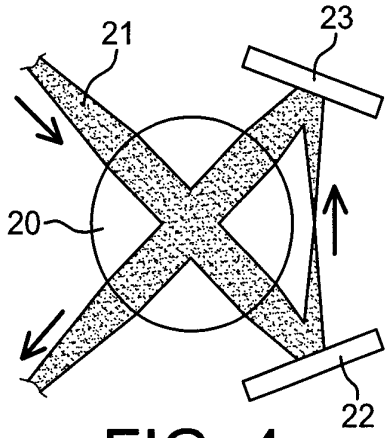


FIG. 4

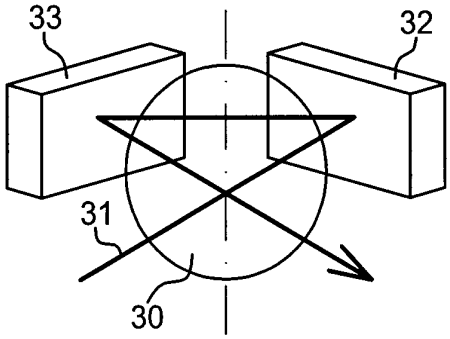


FIG. 5

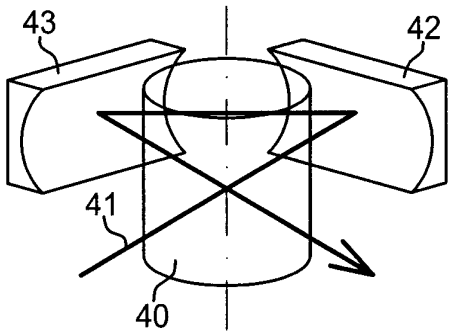


FIG. 6

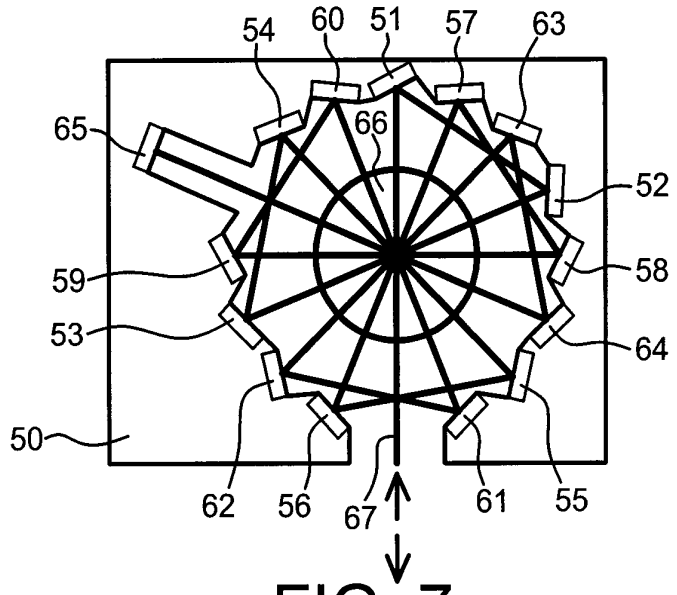


FIG. 7

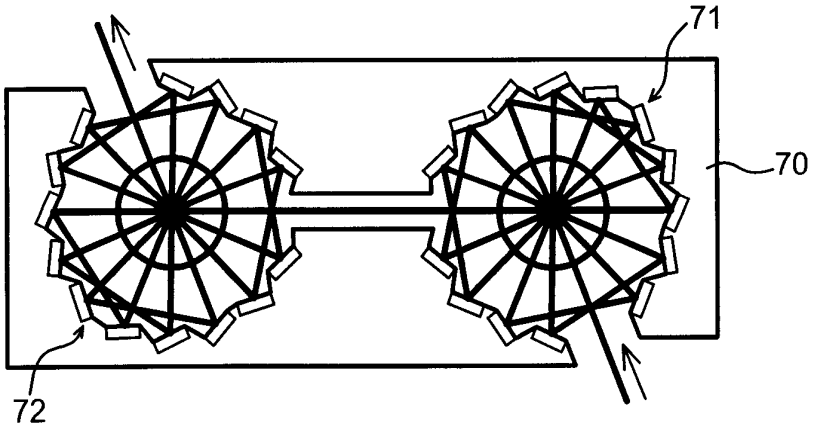


FIG. 8

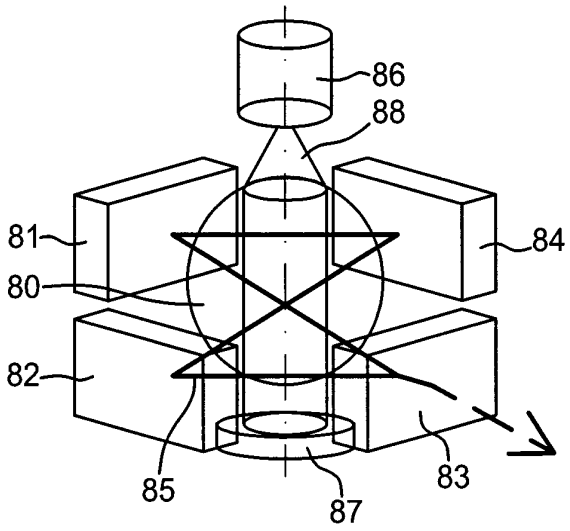

86
88
81
84
80
82
85
87
83

FIG. 9

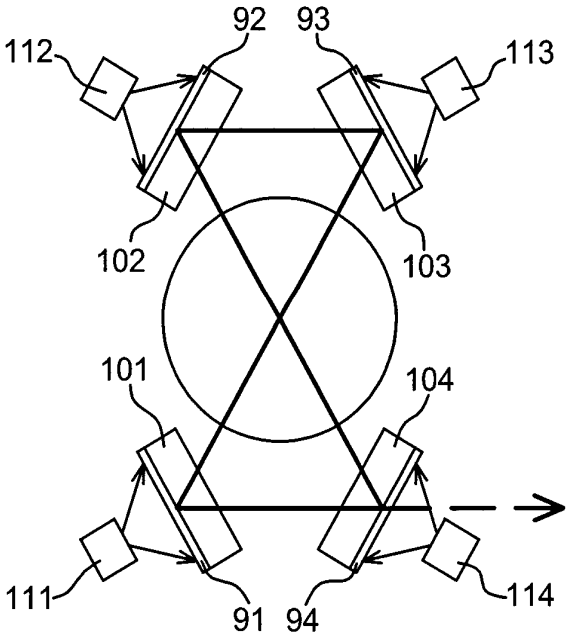

92
93
112
113
102
103
101
104
111
91
94
114

FIG. 10

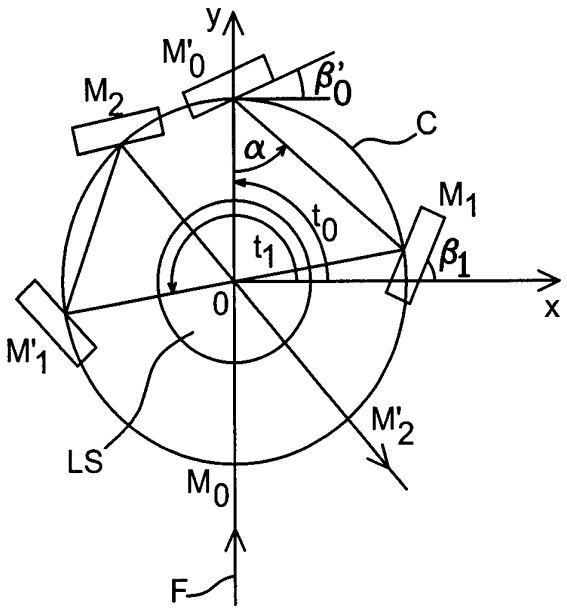


FIG. 11

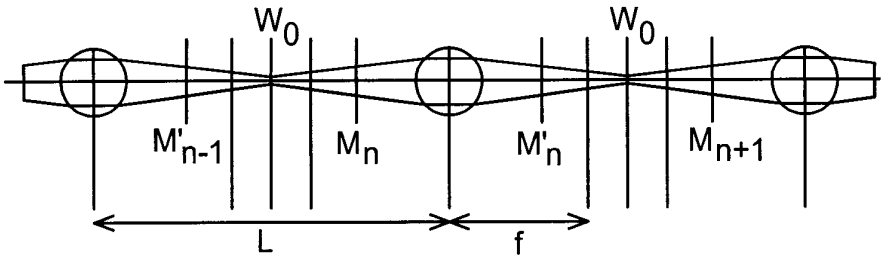


FIG. 12

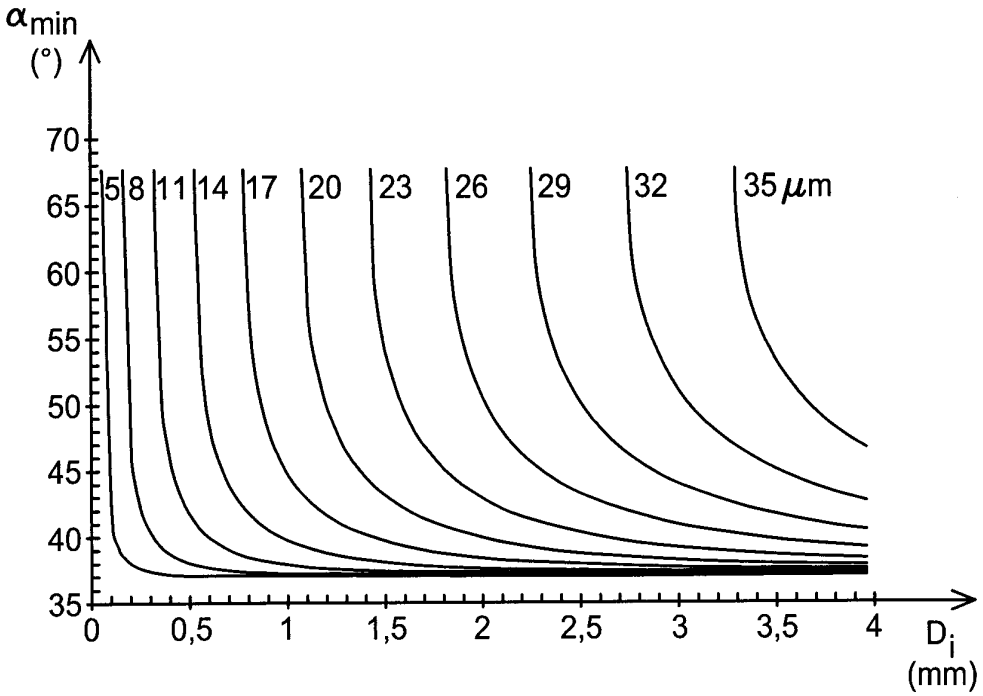

αmin
(°)
70
65
60
55
50
45
40
35
5
8
11
14
17
20
23
26
29
32
35 µm
0
0,5
1
1,5
2
2,5
3
3,5
4
Di
(mm)

FIG. 13

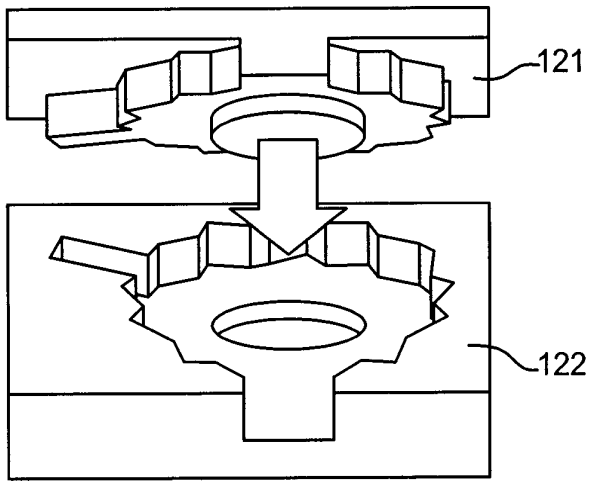

121
122

FIG. 14

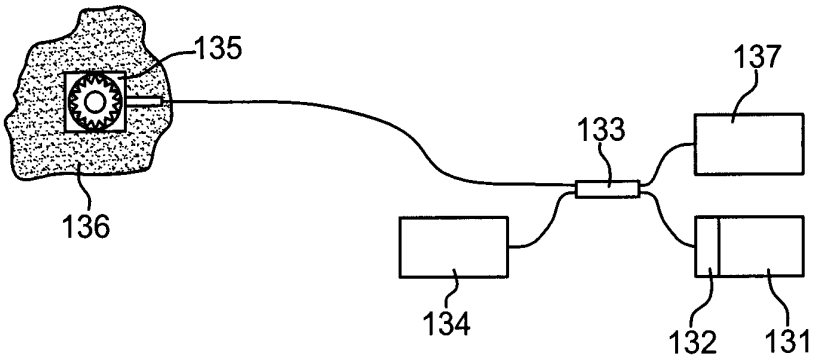


FIG. 15

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

2876461

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 654349
FR 0452298

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		
X	FR 2 390 725 A (COMMISSARIAT A ENERGIE ATOMIQUE) 8 décembre 1978 (1978-12-08) * figure 1 *	1,7,9	H01S3/081 G02B27/09
X	US 2002/141697 A1 (YOON DAEYOUL ET AL) 3 octobre 2002 (2002-10-03) * figure 1 *	1-3,6,7	
X	EP 0 514 758 A (SONY CORPORATION) 25 novembre 1992 (1992-11-25) * colonne 7, ligne 10 - ligne 13; figure 7 *	1,4-8	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)

G02B
G01N
H01S

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
8 juillet 2005	Quertemont, E

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0452298 FA 654349

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 08-07-2005
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 2390725 A	08-12-1978	FR 2390725 A1	08-12-1978
		BE 866943 A1	01-09-1978
		CH 623419 A5	29-05-1981
		DE 2820845 A1	23-11-1978
		GB 1593216 A	15-07-1981
		JP 54033774 A	12-03-1979
		NL 7805151 A	15-11-1978
		SE 440402 B	29-07-1985
		SE 7805404 A	14-11-1978
		US 4188126 A	12-02-1980
US 2002141697 A1	03-10-2002	JP 3536031 B2	07-06-2004
		JP 2002236261 A	23-08-2002
		CA 2369771 A1	09-08-2002
EP 0514758 A	25-11-1992	JP 4345078 A	01-12-1992
		DE 69232039 D1	11-10-2001
		DE 69232039 T2	27-06-2002
		EP 0514758 A2	25-11-1992
		US 5303250 A	12-04-1994

EPO FORM P0465