

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

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

2 901 067

21) N° d'enregistrement national : 06 51650

51) Int Cl<sup>8</sup> : H 01 S 3/20 (2006.01)

12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 09.05.06.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 16.11.07 Bulletin 07/46.

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) : *CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE Etablissement public à caractère scientifique et technologique — FR et UNIVERSITE PARIS SUD — FR.*

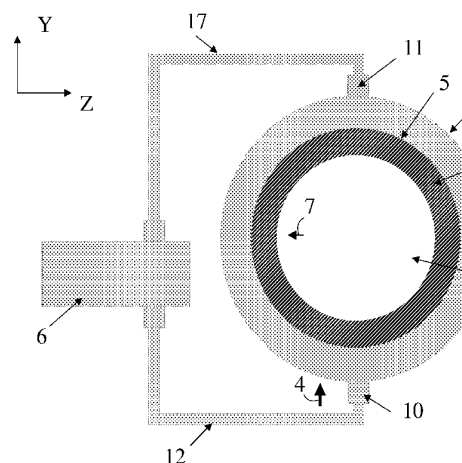
72) Inventeur(s) : PITMAN MOANA et PLE FABIEN.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : BREESE DERAMBURE MAJE-ROWICZ.

54) DISPOSITIF ANTI-LASAGE TRANSVERSE POUR UN CRISTAL LASER.

57) L'invention concerne un dispositif (1) pour supprimer le lasage transverse d'un cristal laser (2), ledit cristal laser étant apte à émettre des photons à une longueur d'onde laser dans au moins une direction d'amplification désirée ( $D_L$ ), ainsi que dans au moins une direction transverse non désirée ( $D_T$ ), ledit cristal laser ayant une surface transverse (5) apte à réfléchir des photons émis dans ladite direction transverse non désirée ( $D_T$ ), ledit cristal ayant un indice de réfraction de cristal laser, ledit dispositif (1) comprenant un milieu absorbant (8) desdits photons à ladite longueur d'onde, ledit milieu absorbant (8) étant positionné autour de ladite surface transverse (5), ledit milieu absorbant ayant un indice de réfraction de milieu proche dudit indice de réfraction de cristal laser à ladite longueur d'onde, caractérisé en ce que ledit milieu absorbant (8) est un liquide (8) dans lequel est immergé ladite surface transverse dudit cristal laser.



FR 2 901 067 - A1



## DISPOSITIF ANTI-LASAGE TRANSVERSE POUR UN CRISTAL LASER

La présente invention se rapporte aux dispositifs permettant de  
5 supprimer le lasage transverse dans les cristaux d'amplification  
laser dits cristaux laser.

Il est connu qu'il est important de supprimer le lasage transverse  
des cristaux laser. Lorsque l'on excite un cristal d'amplification  
10 laser par un faisceau laser, dit de pompe, l'énergie absorbée par le  
cristal doit être transférée au faisceau laser à amplifier, dit  
faisceau injecté, qui traverse longitudinalement le cristal par son  
centre. Par exemple, pour un cristal laser ayant une forme  
cylindrique l'énergie déposée doit être confinée dans la partie  
15 centrale du cristal qui sera traversée par le faisceau laser à  
amplifier. Cependant, tout rayonnement de longueur d'onde  
identique à celui du faisceau à amplifier provenant de la périphérie  
du cristal peut aussi être amplifié, au détriment du faisceau laser  
injecté.

20

Le lasage transverse est un phénomène parasite qui empêche  
l'amplification de forte puissance dans les cristaux laser.

Le lasage transverse est provoqué par une réinjection partielle des  
25 photons émis par fluorescence, après excitation du cristal par  
pompage, vers la zone à gain depuis les interfaces du cristal laser.  
Cette réinjection est due aux réflexions de Fresnel provoquées par  
la rupture d'indice de réfraction à l'interface cristal-environnement.

30 Le lasage transverse se manifeste par le vidage brutal de l'énergie  
stockée dans le matériau laser par des émissions stimulées  
transverses non contrôlées.

Ce phénomène apparaît comme un phénomène à seuil comparable au lasage d'une cavité d'oscillateur laser lorsque le gain transverse compense les pertes intrinsèques à la cavité.

5

Ce problème est fondamental dans l'utilisation de milieux amplificateurs solides à forts gains et de grandes dimensions.

10 Observé dans de nombreux cristaux Ti: Saphir et mis en évidence dans le milieu des années 1960 sur les premiers lasers à rubis, ce phénomène parasite n'est pas maîtrisé de façon satisfaisante pour les cristaux de grandes dimensions pompés à de fortes énergies et à des taux de récurrence élevés.

15 Cet effet empêche donc de générer des impulsions laser de puissance très importante, typiquement dans le domaine petawatt, avec des énergies laser de pompe de l'ordre de 100J.

20 Si le contour transverse du cristal est laissé à l'air libre, l'air ayant un indice de réfraction environ égal à 1 et celui d'un cristal de Ti:Sa étant d'environ 1,76, des réflexions transverses se produisent aux interfaces avec une efficacité de l'ordre de 8%, et l'effet de lasage transverse induit vide le cristal quasiment instantanément suite au pompage, à partir d'un certain seuil  
25 d'énergie de pompe.

La Demanderesse a notamment démontré qu'à cause de ce lasage transverse, l'amplification dans un cristal très dopé, pour des fortes absorptions, ne peut être effectué avec plus de 12 Joules  
30 d'énergie de pompe.

Cet effet limite donc fortement les performances en amplification des cristaux laser actuels, notamment en terme de puissance émise.

- 5 On connaît des dispositifs pour supprimer le lasage transverse d'un cristal laser, ledit cristal laser étant apte à émettre des photons à une longueur d'onde laser dans au moins une direction d'amplification désirée, ainsi que dans au moins une direction transverse non désirée, ledit cristal laser ayant une surface
- 10 transverse apte à réfléchir des photons émis dans ladite direction transverse non désirée, ledit cristal ayant un indice de réfraction de cristal laser, ledit dispositif comprenant un milieu absorbant desdits photons à ladite longueur d'onde, ledit milieu absorbant étant positionné autour de ladite surface transverse, ledit milieu
- 15 absorbant ayant un indice de réfraction de milieu proche dudit indice de réfraction de cristal laser.

De tels dispositifs sont par exemple connus des publications de F. G. Patterson, J. Bonlie, et al. (1999). "Suppression of parasitic

20 lasing in large-aperture Ti:sapphire laser amplifiers." Optics Letters 24(14): 963-965 et de M. Aoyama, K. Yamakawa, et al. (2003). "0.85-PW, 33-fs Ti:sapphire laser." Optics Letters 28(17): 1594-1596.

- 25 Dans ces documents, afin de supprimer le lasage transverse d'un cristal laser de saphir dopé au titane Ti :Sa, on enduit le contour transverse du laser d'un polymère dont l'indice de réfraction est proche de celui du cristal Ti :Sa à la longueur d'onde d'émission du cristal. Ce polymère est mélangé à une poudre de carbone afin de
- 30 rendre le polymère absorbant aux émissions laser du cristal. Le polymère utilisé est du type Cargille MELTMOUNT 5870, et la poudre de carbone est du toner noir d'imprimante.

Dans ce dispositif, comme le polymère a un indice de réfraction proche de celui du cristal à la longueur d'onde d'émission du cristal, les photons émis par émission spontanée dans le cristal  
5 passent dans le polymère et ne sont pas réfléchis dans le cristal. Les propriétés d'absorption de la poudre de carbone permettent alors d'absorber les photons dans le polymère pour les empêcher d'atteindre l'interface polymère-air, ce qui pourrait conduire à une réflexion réintroduisant les photons dans le cristal.

10

Ce dispositif anti-lasage transverse à base d'un mélange de polymère se révèle relativement efficace sur quelques tirs laser, mais progressivement, le carbone brûle sous l'effet des photons qui se réfléchissent sur le contour transverse du laser sur lequel  
15 est positionné le polymère. Au bout d'un certain nombre de tirs, le polymère est donc entièrement brûlé à certains endroits, et le contour du cristal redevient en contact direct avec l'air. L'effet de lasage transverse précédemment décrit se produit donc de nouveau après quelques tirs lasers.

20

Par ailleurs, ce polymère se comporte comme un isolant thermique qui empêche le refroidissement du cristal par son contour.

Ces inconvénients empêchent notamment la mise en oeuvre de ce  
25 dispositif pour les systèmes laser à forte récurrence, de l'ordre de plusieurs tirs par minutes.

En outre, lorsque le polymère brûle, ceci provoque des fumées polluantes pouvant se déposer sur les optiques et le cristal laser.

30

Enfin, le dépôt du polymère sur le contour du cristal est lent, pour respecter le temps de polymérisation, complexe pour assurer une

bonne homogénéité de dépôt et difficilement reproductible. Ceci possède l'inconvénient de fournir des amplificateurs lasers pouvant présenter des variations du seuil de lasage transverse d'un traitement à l' autre. Ceci est un inconvénient lors de l'exploitation  
5 des cristaux laser.

L'invention vise à pallier les inconvénients de l'art antérieur.

Un but de la présente invention est de fournir un dispositif  
10 permettant de supprimer le lasage transverse d'un cristal laser.

Un autre but de la présente invention est de supprimer le lasage transverse d'un cristal laser pour de fortes énergies de pompage du cristal.  
15

Un autre but de la présente invention est de supprimer le lasage transverse d'un cristal laser pour de fortes cadences de répétition.

Un autre but de la présente invention est de fournir un dispositif  
20 ayant une durée de vie importante permettant de supprimer le lasage transverse d'un cristal laser.

Un autre but de la présente invention est de fournir un dispositif permettant de supprimer le lasage transverse d'un cristal laser  
25 dont les propriétés de suppression de lasage soient reproductibles.

Un autre but de la présente invention est de fournir un dispositif permettant de supprimer le lasage transverse d'un cristal laser permettant de refroidir le cristal par son contour.  
30

Un autre but de la présente invention est de fournir une alternative aux dispositifs anti-lasage à base de polymère mélangé à de la poudre de carbone.

5 Au moins un de ces buts est atteint par la présente invention qui a pour objet un dispositif pour supprimer le lasage transverse d'un cristal laser, ledit cristal laser étant apte à émettre des photons à une longueur d'onde laser dans une direction d'amplification désirée, ainsi que dans une direction transverse non désirée, ledit  
10 cristal laser ayant une surface transverse apte à réfléchir des photons émis dans ladite direction transverse non désirée, ledit cristal ayant un indice de réfraction de cristal laser, ledit dispositif comprenant un milieu absorbant desdits photons à ladite longueur d'onde, ledit milieu absorbant étant positionné autour de ladite  
15 surface transverse, ledit milieu absorbant ayant un indice de réfraction de milieu proche dudit indice de réfraction de cristal laser à ladite longueur d'onde, ledit milieu absorbant étant un liquide dans lequel est immergé ladite surface transverse dudit cristal laser.

20

On note qu'aux fins de la présente demande, deux indices de réfraction  $n_e$  et  $n_c$  seront considérés comme proche si le coefficient de réflexion à l'interface entre ces deux milieux est inférieur à 0,1%.

25

L'utilisation d'un liquide comme milieu absorbant selon l'invention permet de supprimer le lasage transverse dans la direction transverse non désirée, tout en permettant le lasage dans la direction d'amplification désirée.

30

L'immersion du cristal dans le liquide permet également un bon refroidissement dudit cristal par son contour.

Par ailleurs, la régénération naturelle des molécules absorbantes due aux mouvements par agitation thermique au sein du liquide améliore la durée de vie du milieu absorbant. L'utilisation d'un  
5 liquide permet notamment d'éviter que le milieu absorbant ne soit brûlé par les émissions de photons, et ce, même pour des énergies de pompage importantes.

Dans un mode de réalisation de l'invention, ledit liquide peut être  
10 une solution comprenant un solvant d'indice de réfraction proche dudit indice de réfraction de cristal, et un soluté, ledit soluté étant un colorant laser absorbant à la longueur d'onde de fluorescence du cristal laser.

15 Le soluté colorant absorbant étant dissout dans le solvant, ce mode de réalisation permet d'éviter que l'absorbant ne quitte certaines parties du contour par effet de gravité comme ce serait le cas pour une suspension absorbante telle que de la poudre de carbone dans un liquide. Ce mode de réalisation est d'autant plus  
20 avantageux que le soluté est efficacement dissout dans le solvant.

Dans un mode de mise en œuvre de l'invention, le dispositif susmentionné peut comprendre des moyens de circulation aptes à mettre ledit liquide en circulation autour dudit contour.  
25

De la sorte, grâce aux moyens de circulation, le liquide peut être mis en mouvement au niveau du contour du cristal, ce qui améliore encore la régénération des particules du liquide. Enfin, les courants de convection créés par la circulation du liquide  
30 permettent un meilleur refroidissement du cristal au niveau de son contour.

Toujours dans ce mode de réalisation, ledit cristal comprend une partie inférieure et une partie supérieure, et dans le dispositif susmentionné, le flux de circulation dudit liquide peut être orienté de ladite partie inférieure vers ladite partie supérieure. Ceci évite  
5 la création éventuelle de bulles d'air entre le liquide et le contour du cristal. La présence de bulles d'air pourrait introduire des réflexions des photons au niveau des bulles, et la circulation du liquide permet donc d'éviter cet inconvénient.

10 L'agitation engendrée par la circulation du liquide maintient un bon degré d'homogénéité de la concentration de l'absorbant en solution ce qui permet de maintenir un comportement anti-lasage transverse stable dans le temps et reproductible.

15 Selon un mode de mise en œuvre de l'invention, ledit cristal laser est un cristal de saphir dopé au titane.

Dans ce cas, ledit indice de réfraction du cristal est de l'ordre de 1.76, et l'on peut choisir ledit indice de réfraction dudit liquide  
20 absorbant compris entre 1.7 et 1.8.

De la sorte, le coefficient de réflexion au niveau du contour du cristal entre le cristal et le milieu absorbant liquide est compris entre 0,01 % et 0,03%, ce qui est un coefficient de réflexion  
25 suffisamment faible pour permettre un fonctionnement efficace du dispositif anti-lasage.

Pour obtenir un liquide ayant un tel indice de réfraction, ledit liquide peut être un dérivé du diiodométhane de formule chimique  
30  $\text{CH}_2\text{I}_2$ .

Un tel liquide ayant un indice de réfraction d'environ 1,74, on obtient un très faible coefficient de réflexion au niveau du contour du cristal, inférieur à 0.004%. On note que ce choix de liquide est particulièrement bien adapté aux cristaux de Ti:Sa, les autres  
5 liquides usuels tels que l'eau ou les alcools ayant des indices de réfraction trop faibles, typiquement compris entre 1,3 et 1,5.

Selon un mode de réalisation de l'invention, ledit soluté peut être l'iodure d'hexaméthylindotricarbocyanine de formule chimique  
10  $C_{29}H_{33}IN_2$ , et noté HITCI. Ce produit est un colorant laser connu en soi, et utilisé classiquement comme absorbant saturable dans le domaine proche infrarouge, entre 0.7 et 0.8 micromètres. Dans le cadre de la présente invention, le choix de cet absorbant possède l'avantage supplémentaire d'une très grande solubilité dans le  
15 diiodométhane ce qui fournit une bonne homogénéité du liquide absorbant. Par ailleurs, l'iodure d'hexaméthylindotricarbocyanine a l'avantage de fluorescer, c'est-à-dire qu'il restitue une partie de l'énergie absorbée sous forme de lumière, à une longueur d'onde non amplifiée par le cristal Ti:Sa dans ce contexte de  
20 fonctionnement, ce qui limite l'échauffement de l'absorbant et augment ainsi sa durée de vie.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, ledit soluté est l'iodure de 2-[2-[2-chloro-3[(1,3-dihydro-3,3-diméthyl-1-propyl-2H-  
25 indol-2-ylidène)éthylidène]-1-cyclohexène-1-yl]éthényl]-3,3-  
diméthyl-1-propyl-indolium de formule chimique  $CH_{44}ClIN_2$  et noté IR780. Ce soluté, également très soluble dans le diiodométhane présente l'avantage supplémentaire d'avoir un spectre d'absorption bien centré autour de la longueur d'onde de lasage transverse ce  
30 qui permet de l'utiliser en plus faible concentration que HITCI.

Par ailleurs, afin d'immerger le contour du cristal laser dans un liquide sans gêner l'amplification laser longitudinale, dans le dispositif susmentionné, ledit cristal laser est un disque épais comprenant deux faces de sections rondes ayant deux périmètres, lesdites deux faces définissant un cylindre ayant un axe, ladite direction d'amplification désirée étant selon ledit axe, ladite surface transverse étant une surface comprise entre lesdits périmètres, ledit dispositif comprenant une monture étanche comprenant un réservoir positionné autour de ladite surface transverse, ledit réservoir étant apte à contenir ledit liquide, ledit réservoir comprenant une entrée inférieure apte à recevoir un flux d'entrée dudit liquide, et une sortie supérieure apte à émettre un flux de sortie dudit liquide, et deux rabats d'étanchéité positionnés au niveau de chacune desdites faces, chacun desdits rabats d'étanchéités comprenant au moins un joint étanche au contact de chacune desdites faces, ledit joint étanche étant chimiquement résistant audit liquide.

D'autres buts et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière de la description détaillée ci-dessous de certains modes de réalisation de l'invention en référence aux figures annexées dans lesquelles:

- FIG. 1 représente, dans un repère X, Y, Z un exemple de cristal laser cylindrique auquel peut être appliqué la présente invention pour supprimer le lasage transverse dans ce cristal laser ;
- FIG. 2 représente le cristal de la FIG. 1 en coupe dans le plan YZ ;
- FIG. 3 est un exemple de réalisation d'un dispositif anti-lasage transverse selon l'invention, positionné autour d'un cristal laser, en coupe dans le plan YZ ;

- FIG. 4 représente un spectre d'absorption de HITCI dans le diiodométhane ;
- FIG. 5 représente un spectre d'absorption de IR 780 dans le diiodométhane
- 5 - FIG. 6 représente un exemple de monture pour contenir un liquide selon la présente invention, en coupe dans le plan XY;
- FIG. 7 représente un autre exemple de monture pour contenir un liquide selon la présente invention, en coupe dans le plan
- 10 XY;
- FIG. 8 représente la monture de la FIG. 6 en coupe dans le plan YZ.

Sur les figures, des références identiques se rapportent à des caractéristiques techniques similaires.

15

Illustré FIG. 1, on décrit d'abord les directions d'émission laser dans un cristal laser 2 représenté par rapport à un repère X, Y, Z. Le repère X, Y, Z est utilisé ci-dessous pour définir les différents plans de coupe dans les FIG. 2 à FIG. 5.

20

Le cristal laser 2 a une forme de disque épais ayant deux faces rondes 3, et une surface transverse 5 définie par la surface entre les périmètres des faces 3. Les deux faces définissent un cylindre ayant un axe  $D_L$  dans une direction longitudinale. Cette direction longitudinale est la direction d'amplification du cristal laser 2. Ainsi, le cristal laser est pompé par le laser de pompe par une première face 3 et amplifie le faisceau injecté pour dans la direction d'amplification  $D_L$ . Dans l'exemple de la FIG. 1, la direction d'amplification  $D_L$  est selon l'axe X du repère X, Y, Z.

25

30

Toutefois, dans le cadre de la présente invention, on considère également d'autres directions de lasage, par exemple illustrée FIG. 2. Sur cette FIG. 2, on a représenté un cristal laser 2 en forme de disque épais, selon une coupe dans le plan YZ, c'est-à-dire un plan  
5 parallèle à une des faces 3 du cristal 2. La surface transverse 5 est donc représentée par un périmètre circulaire. Selon le mécanisme de lasage transverse tel que défini précédemment, il se produit dans le cristal 2, des émissions de photons dans un plan normal à la direction longitudinale  $D_L$ , de sorte que les photons  
10 émis par lasage transverse, sont émis vers la surface transverse 5 du cristal 2. Ces directions d'émission transverse sont notées  $D_T$ . Dans le cadre de la présente invention, on distingue donc au moins une direction d'amplification désirée, correspondant dans l'exemple ci-dessus, à la direction longitudinale  $D_L$ , et au moins une direction  
15 transverse non désirée, correspondant dans l'exemple sensiblement aux directions  $D_T$  dans un plan normal à la direction longitudinale.

Aux fins de la présente demande, le terme transverse est utilisé  
20 pour décrire une émission de photons dans une direction non-colinéaire à la propagation du faisceau laser injecté dans le cristal pour être amplifié, qui a par définition une direction de propagation longitudinale qui définit l'axe optique du système laser. En particulier, bien que l'émission normale soit prédominante dans le  
25 mécanisme de lasage transverse, c'est-à-dire dans la direction  $D_T$ , toutes les émissions de photons en direction du contour du cristal participent au processus de lasage transverse.

30 Illustré maintenant FIG. 3, l'invention concerne un dispositif 1 pour supprimer le lasage transverse dans un cristal laser 2 ayant une forme de disque épais. Sur la FIG. 3, le dispositif 1 est représenté

en coupe selon le plan YZ. Le cristal laser 2 amplifie un faisceau laser dans une zone d'amplification longitudinale délimitée transversalement selon une section circulaire 3. Sur la FIG. 3, une émission transverse d'un ou plusieurs photons est représentée par une flèche 7. La direction de la flèche 7 est donc une direction transverse  $D_T$  vers une surface transverse 5 du cristal laser 2.

Le cristal laser 2 est par exemple un cristal de saphir dopé au titane noté Ti :Sa.

10

Le cristal laser 2 est entouré par une monture formant un réservoir 9 de sorte qu'un liquide 8 est au contact de la surface transverse 5 du cristal laser 2. Un exemple de monture sera décrit plus en détail ci-après.

15

Le liquide 8 est mis en circulation dans le réservoir 9 par une pompe 6 générant un flux d'entrée de liquide entrant dans le réservoir par une voie d'entrée 10, et recevant un flux de sortie sortant du réservoir par une voie de sortie 11. Des tuyaux 12 et 17 relie respectivement les voies d'entrée 10 et de sortie 11, à la pompe 6. L'ensemble constitué de la pompe 6, du tuyau d'entrée 12, de la voie d'entrée 10, du réservoir 9, de la voie de sortie 11 et du tuyau de sortie 17 constituent des exemples de moyens aptes à mettre en circulation le liquide 8 autour de la surface transverse 5.

25

La voie d'entrée 10 et la voie de sortie 11 sont positionnées de sorte que la voie d'entrée 10 soit située à une altitude inférieure à celle de la voie de sortie 11. Le liquide 8 mis en circulation autour de la surface 5 circule donc d'une altitude inférieure à une altitude supérieure, comme indiqué par la flèche 4.

30

Le liquide 8 est une solution comprenant un solvant et un soluté.

Le solvant est un dérivé du diiodométhane de formule chimique  $\text{CH}_2\text{I}_2$ . Ce solvant a un indice de réfraction  $n_e$  égal à 1,74. L'indice de réfraction du cristal laser de type Ti :Sa est  $n_c = 1,76$ .

5

Le coefficient de réflexion au niveau de la surface transverse 5 du cristal laser 2 formant interface entre le cristal 2 et le liquide 8 est donc  $R = (n_c - n_e)^2 / (n_c + n_e)^2 \approx 0,003 \%$ .

10 On décrit maintenant deux types de soluté solubles dans le diiodométhane.

Selon un premier mode de réalisation, le soluté du liquide en solution 8 est un colorant laser absorbant de la famille des tricarboncyanines, par exemple l'iodure  
15 d'hexaméthylindotricarbocyanine de formule chimique  $\text{C}_{29}\text{H}_{33}\text{IN}_2$  et noté HITCI.

HITCI a un spectre d'absorption maximum autour de 742 nm dans l'éthanol, et ce maximum est décalé vers 782nm dans le  
20 diiodométhane. Par ailleurs, l'HITCI étant très soluble dans le diiodométhane, une concentration élevée en HITCI dans le diiodométhane peut être utilisée.

25 Ainsi, pour un cristal laser du type Saphir dopé Titane Ti :Sa ayant une longueur d'onde de fluorescence de 800 nm, le coefficient d'absorption de l'HITCI en solution dans le diiodométhane est de l'ordre de 90% par millimètre ce qui donne lieu à une absorption totale de plus de 99,99% sur la traversée du milieu absorbant. Ce  
30 résultat a été obtenu par la Demanderesse avec une concentration de HITCI dans le diiodométhane de  $7,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ , soit environ  $40 \text{ mg.L}^{-1}$ . La FIG. 4 montre le spectre d'absorption de HITCI dans le

diiodométhane mesuré dans une cuve de 1mm pour une concentration de  $7,4 \cdot 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>, soit environ 40 mg.L<sup>-1</sup>.

5 Selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, le soluté utilisé est l'iodure de 2-[2-[2-chloro-3[(1,3-dihydro-3,3-diméthyl-1-propyl-2H-indol-2-ylidène)éthylidène]-1-cyclohexène-1-yl]éthényl]-3,3-diméthyl-1-propyl-indolium (CH<sub>44</sub>ClIN<sub>2</sub>) noté IR 780. Ce soluté a un spectre d'absorption maximum bien centré autour de 784 nm dans l'éthanol, et de 817 nm en solution dans le diiodométhane. Ce soluté possède également la propriété d'être très soluble dans le diiodométhane. La concentration adaptée donnant le même niveau d'absorption à 800nm dans le diiodométhane que HITCl est de l'ordre de  $5,3 \cdot 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>, soit environ 35mg.L<sup>-1</sup>. La FIG. 5 montre le spectre d'absorption de l'IR 780 mesuré dans une cuve de 1mm pour une concentration dans le diiodométhane de  $5,3 \cdot 10^{-5}$  mol.L<sup>-1</sup>, soit environ 35mg.L<sup>-1</sup>.

On décrit maintenant une monture permettant de fournir un réservoir 9 d'utilisation simple pour contenir le liquide 8.

Les FIG. 6 et FIG. 8 illustrent un exemple d'une telle monture. La FIG. 6 est une coupe selon le plan YX d'une monture selon l'invention, et la FIG. 8 est une coupe selon le plan YZ d'une monture selon l'invention.

En référence à ces deux figures, un dispositif 1 selon l'invention comprend une monture torique formant un réservoir 9 entourant la surface transverse 5 du cristal laser 2. La monture 9 prend appui sur les faces rondes 3 du cristal laser 2 par des rabats circulaires 13 sur une première face et 14 sur une deuxième face du cristal. Les appuis de ces rabats sur les faces du cristal sont situés dans

une zone hors du faisceau d'amplification longitudinal afin de ne pas gêner l'amplification laser longitudinale désirée. La monture comprenant le réservoir 9 assure également la tenue mécanique du cristal laser.

5

Le réservoir torique 9 comprenant le liquide 8 est limité au niveau des faces 3 du cristal par des joints d'étanchéité 15 et 16 sur chaque face du cristal laser. Ces joints d'étanchéité sont également chimiquement résistants au liquide 8 utilisé, par exemple au diiodométhane.

10

Le réservoir 9 est également muni d'une voie d'entrée 10 et d'une voie de sortie 11, dont l'agencement relatif a été précédemment décrit.

15

Afin d'être résistant chimiquement aux liquides utilisés, dans le dispositif 1, les structures rigides en contact avec le liquide 8 sont par exemple en téflon, et les structures souples, notamment les joints toriques 15 et 16, sont en fluorocarbone. De la même façon, illustré FIG. 1, des tuyaux souples 12 et 17 transmettant le liquide 8 du réservoir 9 à la pompe 6 peuvent être en fluorocarbone, la pompe 6 elle-même étant en téflon.

20

Afin de pouvoir manipuler le cristal laser 2 indépendamment de la monture telle que précédemment décrite, la monture peut être séparable selon l'axe A-A'. Dans ce cas, la monture comprend deux parties pouvant être fixées l'une à l'autre en fonctionnement selon l'axe A-A'. Illustré FIG. 7, les deux parties de la monture peuvent être rassemblées par une vis de serrage 20 associée à des spires 19. Sur cette figure, un joint étanche supplémentaire 18 réalise l'étanchéité lors de l'assemblage des deux parties de la monture. Le serrage de la vis 20 permet alors d'assurer

25

30

l'étanchéité au niveau des joints 15 et 16, c'est-à-dire entre les rabats 13 et 14 et les faces 3 du cristal. De la sorte, la monture est détachable du cristal laser 2, et peut par exemple être utilisée avec différents cristaux.

5

On note que la Demanderesse a pu, en utilisant un liquide 8 sous la forme d'un solvant dérivé du diodométhane et un soluté d'HITCl avec une concentration de  $4,7 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$  correspondant à une absorption à 800nm de 90% par millimètre, remonter le seuil de lasage transverse jusqu'à 72 Joules d'énergie du laser pompe du cristal laser pour un cristal laser Ti :Sa en disque épais de 100 mm de diamètre et 20 mm d'épaisseur. Ce seuil est de 12 joules sans le dispositif anti-lasage selon l'invention.

15 On a décrit un dispositif 1 pour supprimer le lasage transverse d'un cristal laser 2 dans une configuration de cristal en disque épais dans laquelle la surface transverse est définie par la surface entre les périmètres des faces circulaires du cristal. Il est toutefois entendu que pour toute forme de cristal laser ayant une direction d'amplification désirée longitudinale et une direction d'amplification transverse non désirée vers une surface transverse, le dispositif 1 de l'invention peut être adapté, en positionnant un liquide tel que défini précédemment au niveau de la surface transverse, et ce, quelle que soit la géométrie de la surface transverse.

25

Par ailleurs, on a décrit des modes de réalisation de l'invention adaptés pour un cristal de saphir dopé titane. Il est toutefois entendu que le liquide 8 tel que défini précédemment peut être adapté à tout type de cristal laser. Pour cela, on choisit un liquide ayant un indice de réfraction proche de l'indice de réfraction du matériau du cristal qui soit absorbant pour les longueurs d'onde émises par le cristal, par exemple sous la forme d'un solvant

30

d'indice, et d'un soluté colorant absorbant comme précédemment décrit.

## REVENDEICATIONS

1. Dispositif (1) pour supprimer le lasage transverse d'un cristal laser (2), ledit cristal laser étant apte à émettre des photons à une longueur d'onde laser dans au moins une direction d'amplification désirée ( $D_L$ ), ainsi que dans au moins une direction transverse non désirée ( $D_T$ ), ledit cristal laser ayant une surface transverse (5) apte à réfléchir des photons émis dans ladite direction transverse non désirée ( $D_T$ ), ledit cristal ayant un indice de réfraction de cristal laser, ledit dispositif (1) comprenant un milieu absorbant (8) desdits photons à ladite longueur d'onde, ledit milieu absorbant (8) étant positionné autour de ladite surface transverse (5), ledit milieu absorbant ayant un indice de réfraction de milieu proche dudit indice de réfraction de cristal laser à ladite longueur d'onde, **caractérisé en ce que** ledit milieu absorbant (8) est un liquide (8) dans lequel est immergé ladite surface transverse dudit cristal laser.
2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel ledit liquide est une solution comprenant un solvant ayant un indice de réfraction proche dudit indice de réfraction de cristal laser à la longueur d'onde, et un soluté, ledit soluté étant un colorant laser absorbant.
3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2 comprenant des moyens (6, 10, 11, 9, 12, 17) aptes à mettre ledit liquide en circulation autour de ladite surface transverse.
4. Dispositif selon la revendication 3 dans lequel ledit cristal comprend une partie inférieure et une partie supérieure, et dans lequel le flux de circulation dudit liquide est orienté de ladite partie inférieure vers ladite partie supérieure.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel ledit cristal laser est un cristal de saphir dopé au titane.

5

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel ledit indice de réfraction de cristal est de l'ordre de 1.76 à la longueur d'onde, et dans lequel ledit indice optique de milieu est compris entre 1.7 et 1.8.

10

7. Dispositif selon l'une quelconques des revendications précédentes dans lequel ledit liquide comprend un dérivé du diiodométhane.

15 8. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 7 dans lequel ledit solvant est un dérivé du diiodométhane et dans lequel ledit colorant laser absorbant est de la famille des tricarboncyanines.

20 9. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 8 dans lequel ledit soluté est l'iodure d'hexaméthylindrotricarboyanine.

25 10. Dispositif selon l'une des revendications 2 à 8 dans lequel ledit soluté est l'iodure de 2-[2-[2-chloro-3[(1,3-dihydro-3,3-diméthyl-1-propyl-2H-indol-2-ylidène)éthylidène]-1-cyclohexène-1-yl]éthényl]-3,3-diméthyl-1-propyl-indolium.

30 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel ledit cristal laser (2) est un disque épais comprenant deux faces (3) de sections rondes ayant deux périmètres, lesdites deux faces (3) définissant un cylindre ayant un axe ( $D_L$ ), ladite direction d'amplification désirée ( $D_L$ ) étant selon ledit axe, ladite surface transverse (5) étant une surface comprise

entre lesdits périmètres, ledit dispositif comprenant une monture étanche (9) comprenant un réservoir (9) positionné autour de ladite surface transverse (5), ledit réservoir (9) étant apte à contenir ledit liquide (8), ledit réservoir (9) comprenant une entrée inférieure (10)  
5 apte à recevoir un flux d'entrée dudit liquide, et une sortie supérieure (11) apte à émettre un flux de sortie dudit liquide, et deux rabats d'étanchéité (13, 14) positionnés au niveau de chacune desdites faces, chacun desdits rabats d'étanchéités comprenant au moins un joint étanche (15, 16) au contact de  
10 chacune desdites faces, ledit joint étanche étant chimiquement résistant audit liquide.

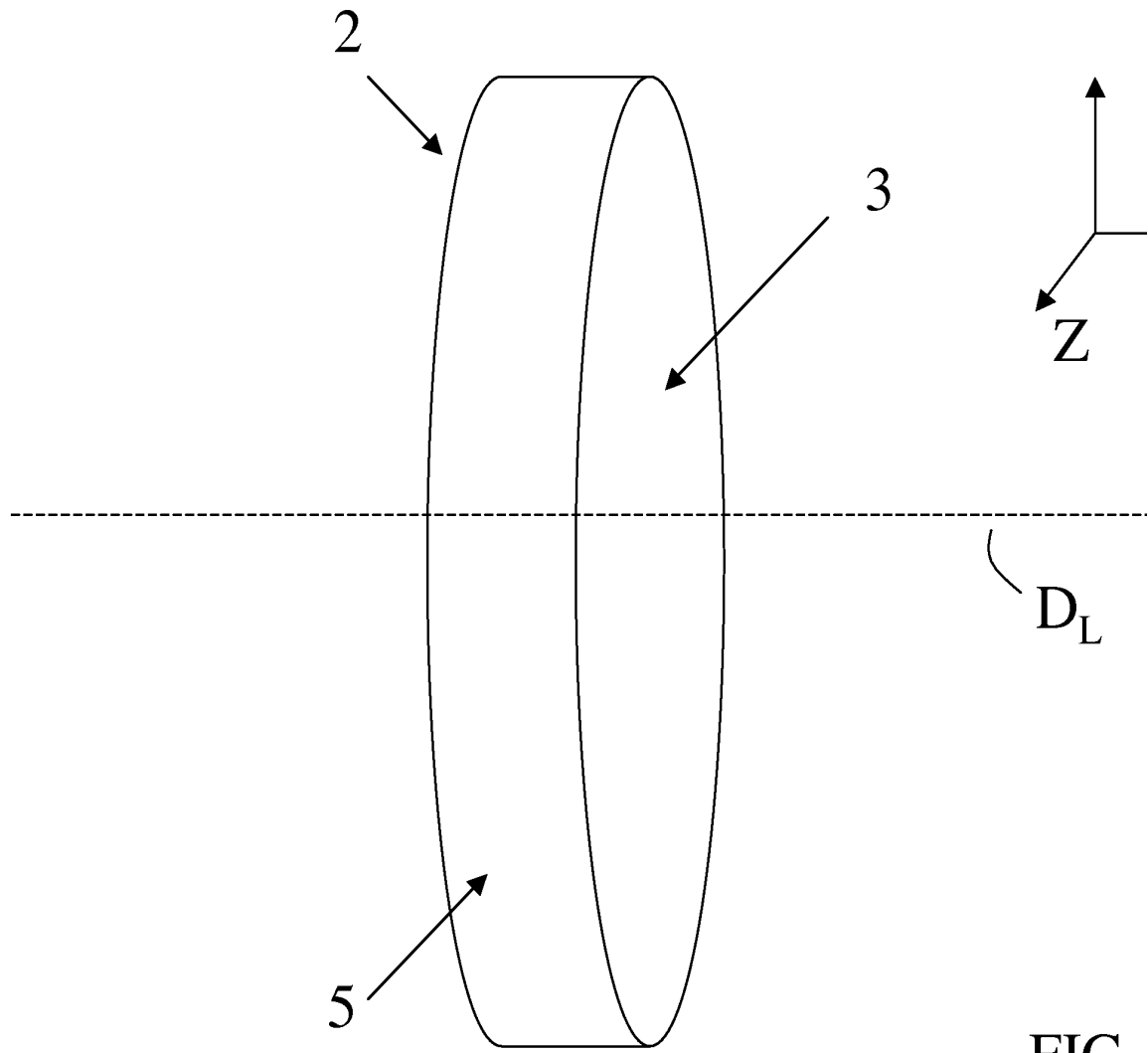
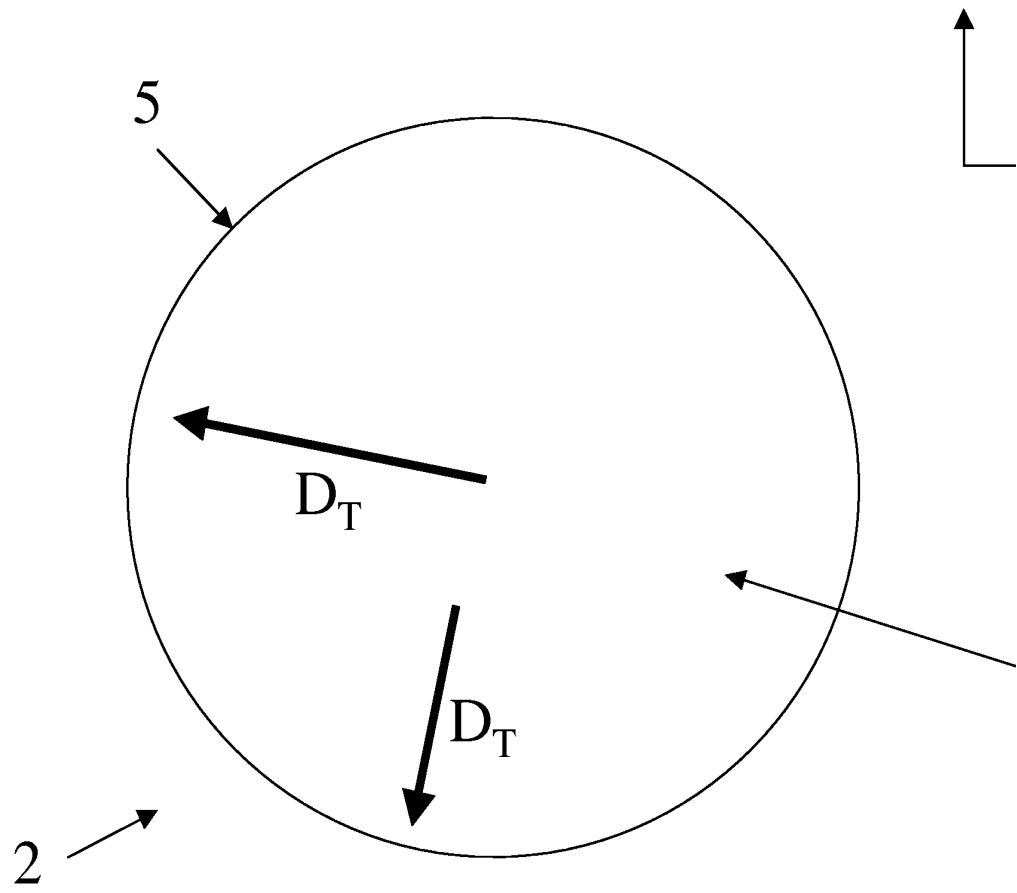


FIG.



FIG

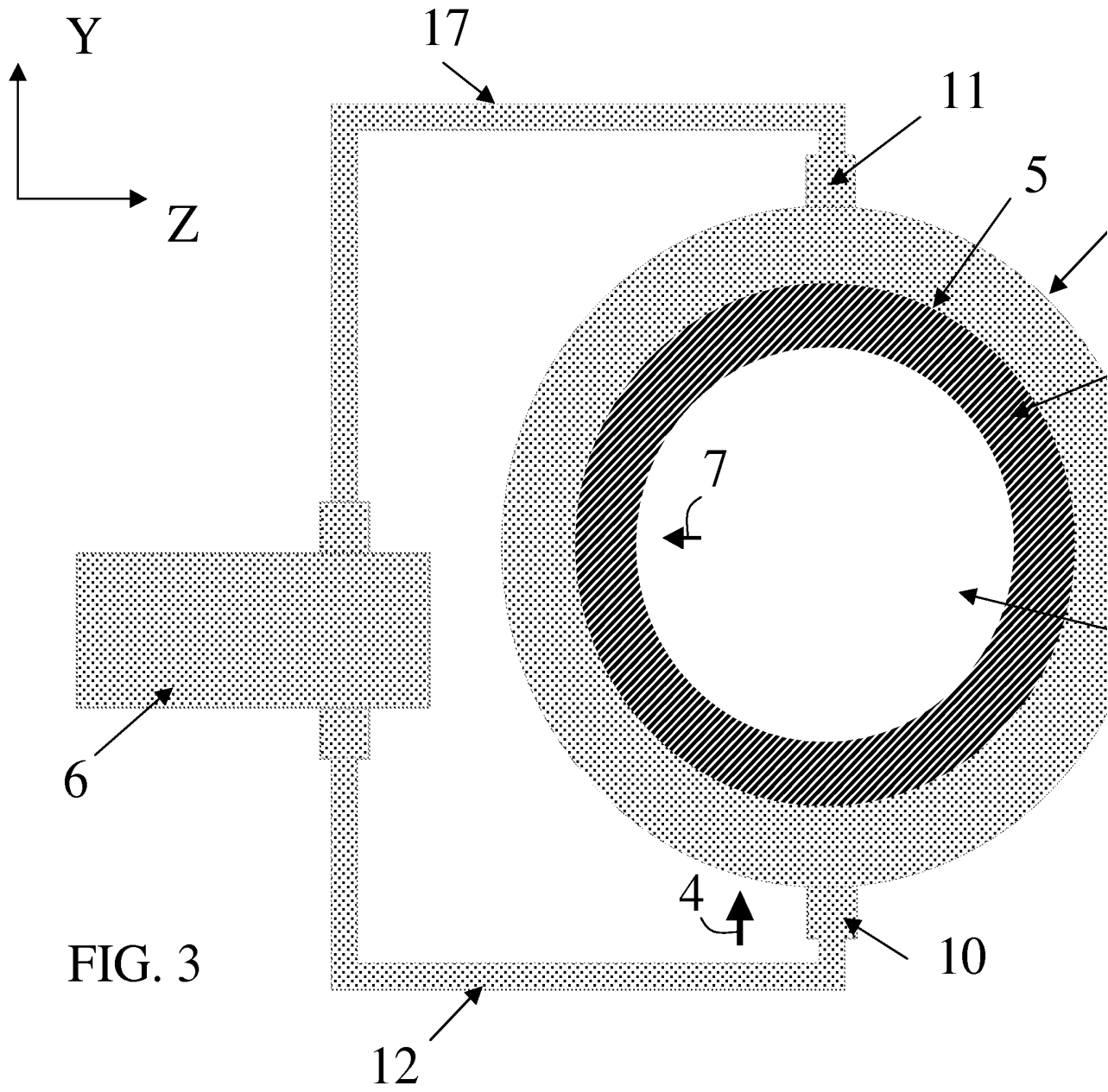


FIG. 3

FIG. 4

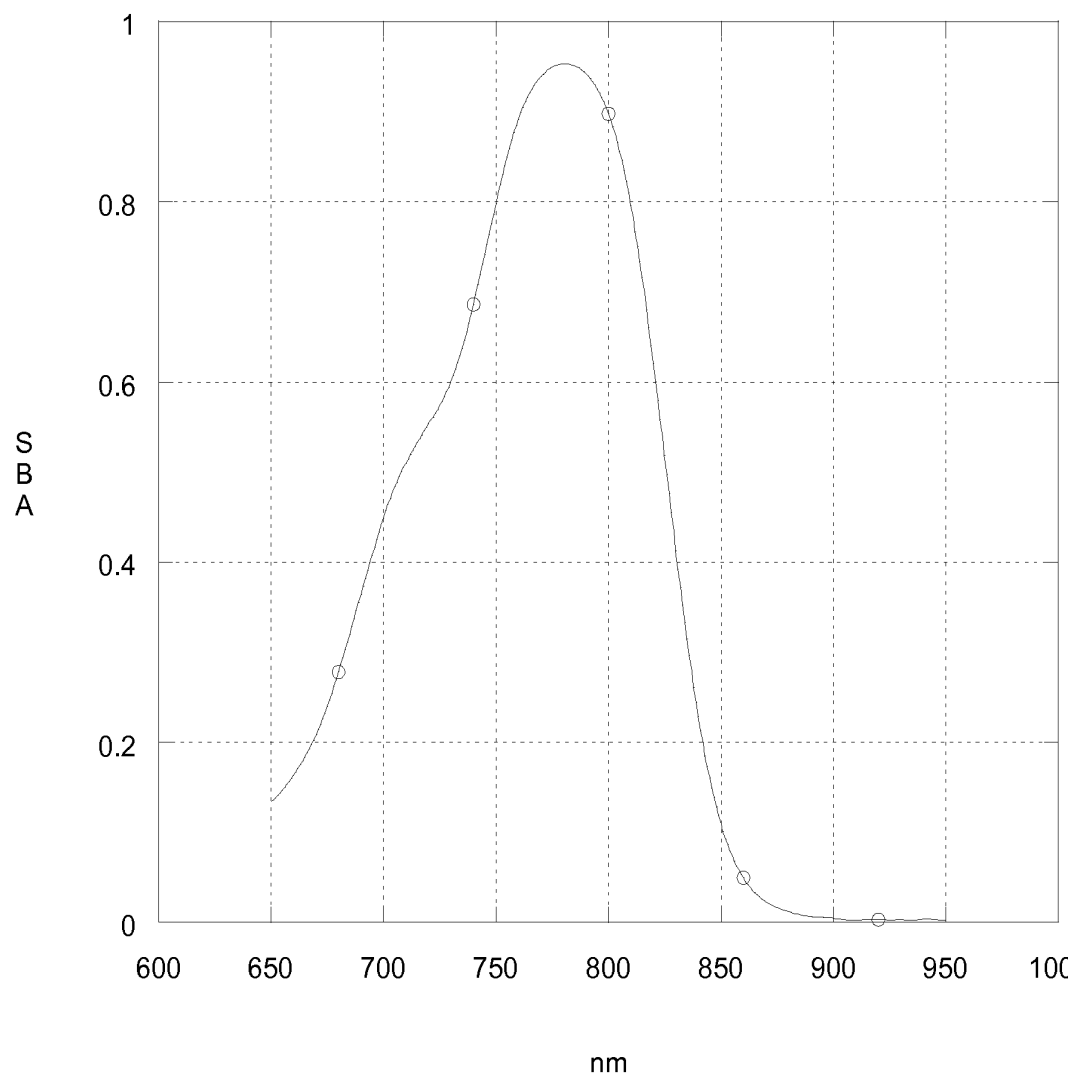
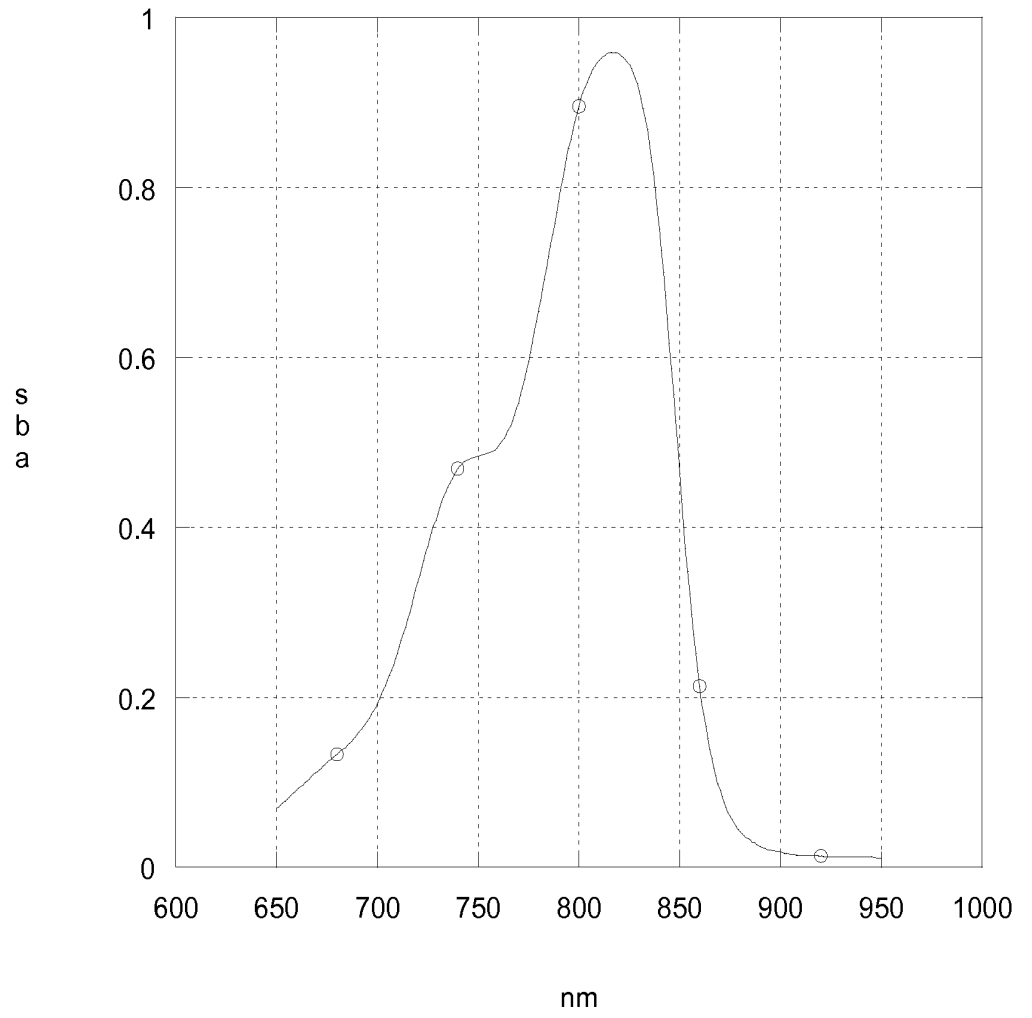
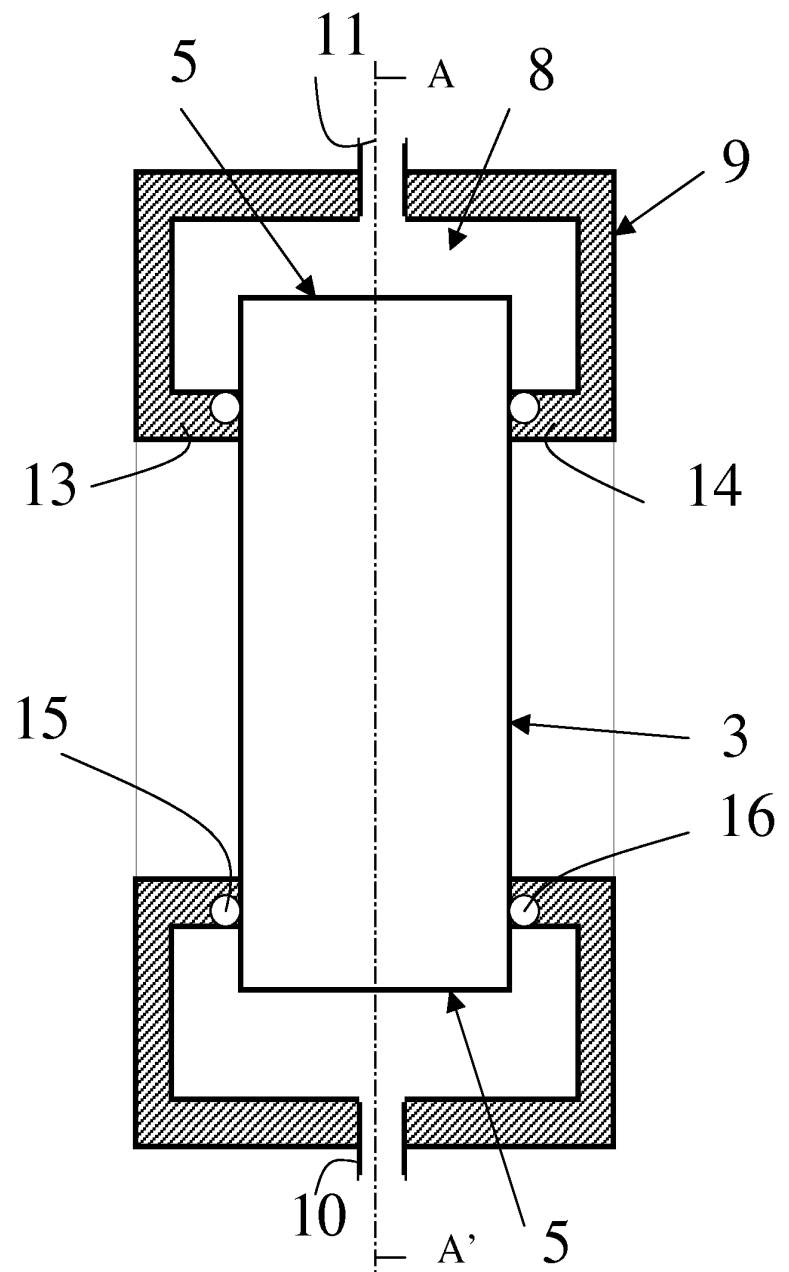
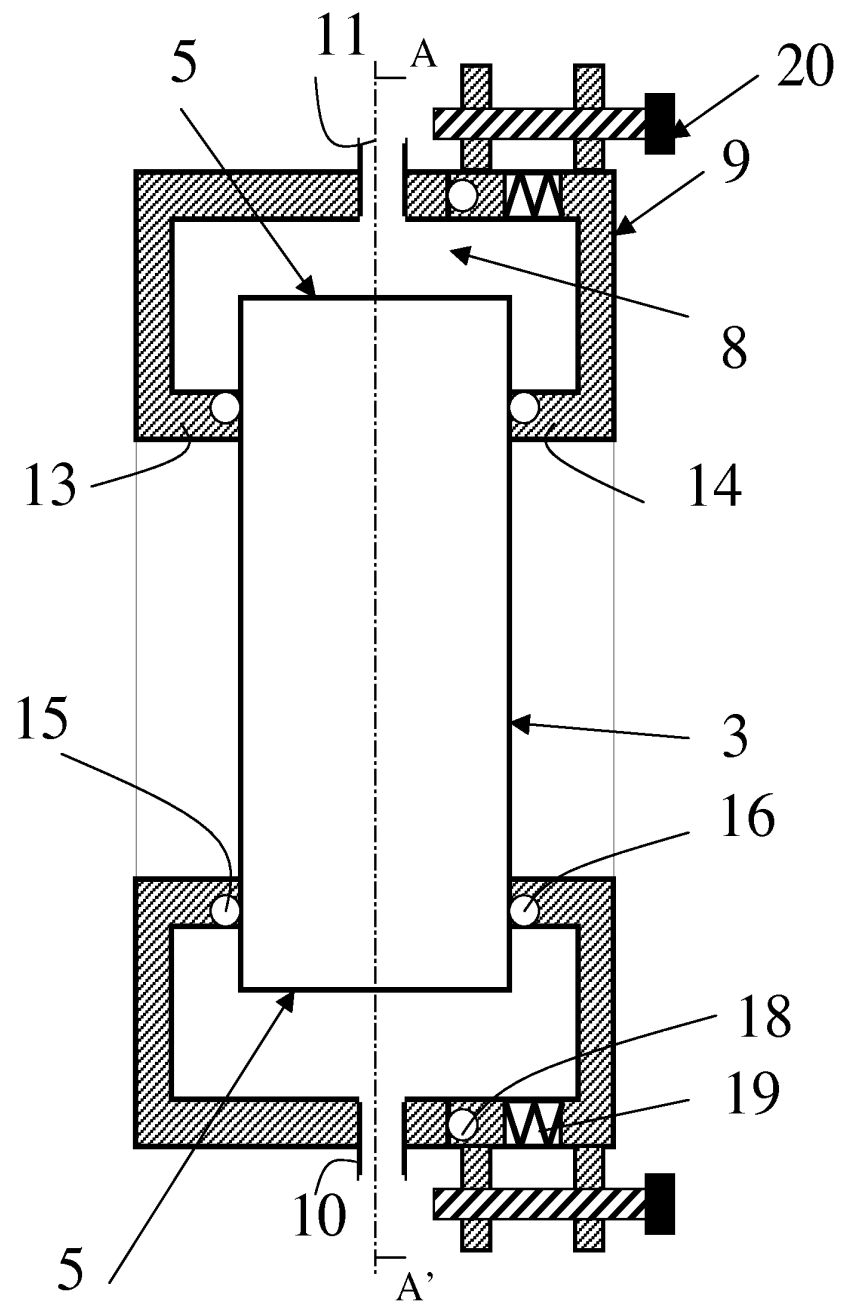
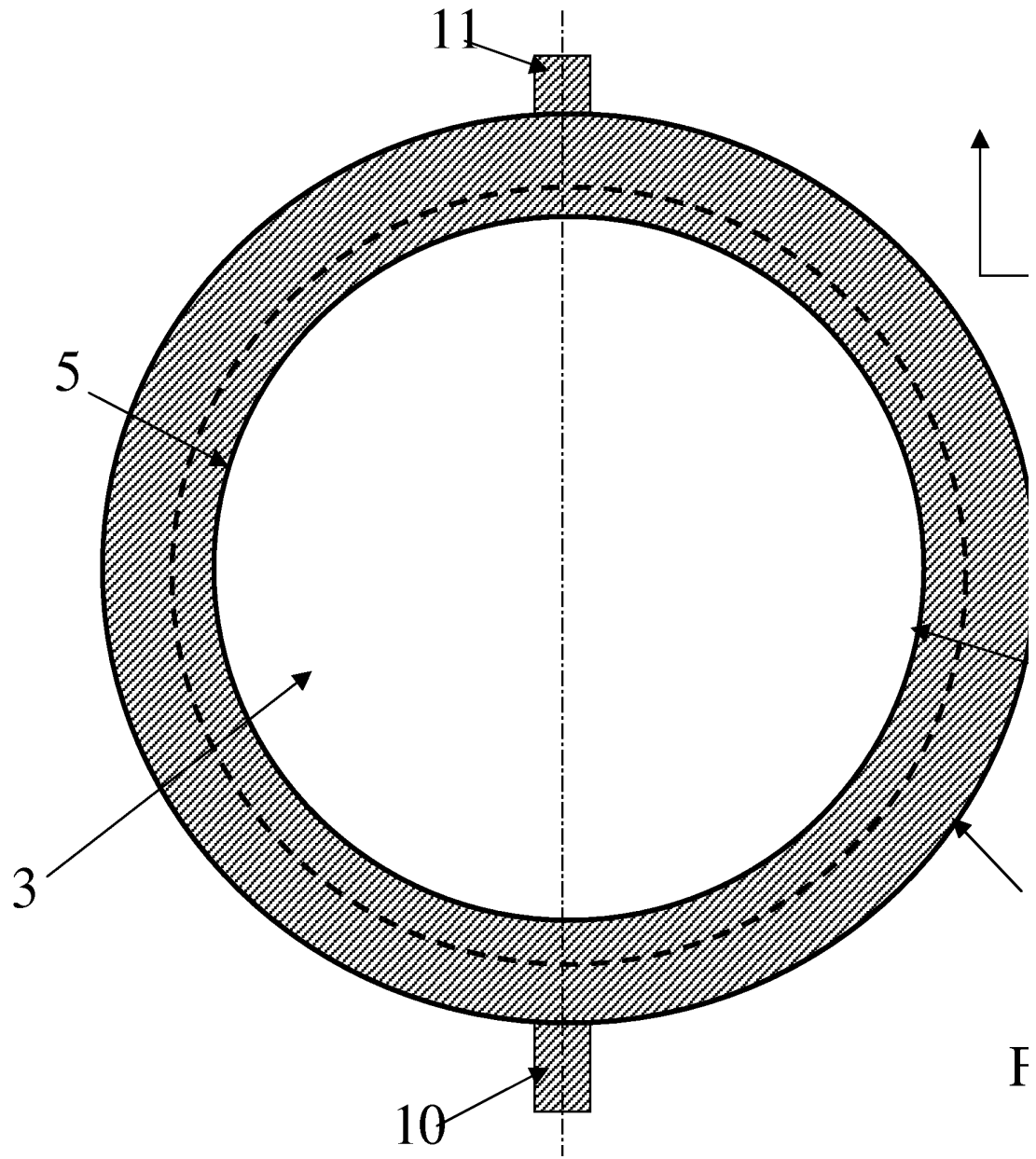


FIG. 5













**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 679144  
FR 0651650

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	US 5 326 692 A (BRINKLEY JOHN M [US] ET AL) 5 juillet 1994 (1994-07-05) * colonne 12, ligne 35-37; tableau 1 * -----	10	
D,A	Optics Letters Opt. Soc. America USA, vol. 24, no. 14, 15 juillet 1999 (1999-07-15), pages 963-965, XP002419101 ISSN: 0146-9592 * le document en entier * -----	1	
A	US 4 225 826 A (LEWIS OWEN ET AL) 30 septembre 1980 (1980-09-30) * colonne 4, ligne 10 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		19 février 2007	Claessen, Michiel
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>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                      .....                      &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>			

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0651650 FA 679144**

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 19-02-2007

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
JP 8220312	A	30-08-1996	AUCUN
-----			
US 5265109	A	23-11-1993	AUCUN
-----			
US 5326692	A	05-07-1994	AT 167511 T 15-07-1998
		CA 2113106 A1	25-11-1993
		DE 69319205 D1	23-07-1998
		DE 69319205 T2	10-12-1998
		EP 0596098 A1	11-05-1994
		JP 7508309 T	14-09-1995
		JP 3442777 B2	02-09-2003
		JP 3689412 B2	31-08-2005
		JP 2004002851 A	08-01-2004
		WO 9323492 A1	25-11-1993
		US 5573909 A	12-11-1996
-----			
US 4225826	A	30-09-1980	AUCUN
-----			