

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 06.01.00.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.07.01 Bulletin 01/28.

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) : COMPAGNIE INDUSTRIELLE DES LASERS CILAS Société anonyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : CABARET LOUIS et MONTAGNE JEAN EUCHER.

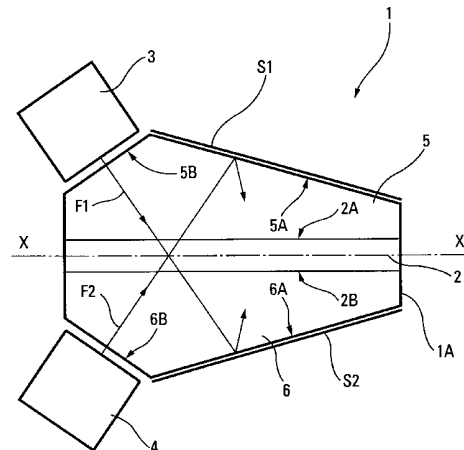
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BONNETAT.

⑤4 ELEMENT ACTIF POUR SOURCE LASER ET SOURCE LASER COMPORTANT UN TEL ELEMENT ACTIF.

⑤7 - Elément actif pour source laser et source laser comportant un tel élément actif.

- Selon l'invention, l'élément actif (1A) pour source laser (1) comporte un barreau (2) allongé, comprenant une matrice dopée susceptible d'absorber un faisceau de pompage (F1, F2) pour amplifier un rayonnement laser se propageant longitudinalement, au moins une face d'entrée (5B, 6B) du faisceau de pompage (F1, F2), une première face de réflexion (S1) du faisceau de pompage (F1, F2) qui est inclinée par rapport à l'axe longitudinal (X-X) du barreau (2) et au moins une seconde face de réflexion (S2) coopérante, au moins l'une des face d'entrée (5B, 6B) et seconde face de réflexion (S2) étant également inclinée.



La présente invention concerne un élément actif pour source laser, ainsi qu'une source laser comportant un tel élément actif.

De façon connue, une telle source laser comporte généralement :

- un élément actif comprenant un barreau allongé, de section transversale généralement circulaire, mais non exclusivement, comportant une matrice dopée susceptible d'absorber un faisceau de pompage pour amplifier un rayonnement laser se propageant longitudinalement avec ou sans rebond ; et
- au moins une source de pompage, par exemple une diode laser, susceptible d'émettre un faisceau de pompage pénétrant dans ledit barreau.

De façon connue, ledit faisceau de pompage peut être émis :

- soit longitudinalement par rapport à l'axe dudit barreau allongé. Dans ce cas, on utilise directement le barreau de forme cylindrique comme guide de lumière, soit en engendrant une réflexion totale sur les parois du cylindre, soit en agénçant un réflecteur à l'extérieur des parois pour limiter l'amplification de l'émission spontanée ;
- soit transversalement à l'axe dudit barreau, comme décrit par exemple dans les documents EP-O 377 207 et US-4 756 002.

On sait que l'une des contraintes principales, en ce qui concerne le pompage du milieu amplificateur (barreau) par une source de pompage, est liée à l'amplitude de la dérive en longueur d'onde, qui doit être acceptée, tout en conservant des paramètres constants sur le faisceau laser émis. Cette contrainte rend nécessaire de maintenir, quelle que soit la température :

- un taux d'absorption maximal (et/ou d'augmenter la distance du milieu actif traversé par le faisceau de pompage) ; et

– une homogénéité transversale du pompage optimale.

Pour satisfaire à ces contraintes, on sait qu'un barreau de section transversale rectangulaire est généralement mieux adapté qu'un barreau de section transversale circulaire, car il permet notamment de compenser les distorsions thermo-optiques. De plus, la distance de pompage peut être  
5 augmentée en disposant un réflecteur sur la face opposée à la face d'entrée du faisceau de pompage.

Toutefois, même dans ce cas, avec un double passage du faisceau de pompage, la distance du milieu amplificateur traversé par ce dernier est  
10 généralement encore bien trop courte pour accepter les dérives en longueur d'onde de la source de pompage, lorsqu'elle n'est pas régulée en température.

La présente invention a pour objet de remédier à ces inconvénients. Elle concerne un élément actif pour source laser, permettant à un  
15 faisceau de pompage de traverser le milieu amplificateur, de façon homogène, sur une distance accrue et contrôlable.

A cet effet, selon l'invention, ledit élément actif du type comportant un barreau allongé, comprenant une matrice dopée susceptible d'absorber un faisceau de pompage pour amplifier un rayonnement laser se  
20 propageant longitudinalement,

est remarquable en ce qu'il comporte un bloc optique qui comprend :

- ledit barreau, qui est intégré dans ledit bloc optique ;
- au moins une face d'entrée du faisceau de pompage ;
- une première face de réflexion du faisceau de pompage qui est inclinée  
25 par rapport à l'axe longitudinal dudit barreau ; et
- au moins une seconde face de réflexion qui coopère avec ladite première face de réflexion ; et

en ce qu'au moins l'une desdites face d'entrée et seconde face de réflexion est inclinée par rapport à l'axe longitudinal dudit barreau.

Ainsi, grâce aux réflexions multiples susceptibles d'être réalisées sur lesdites faces de réflexion coopérantes et à la transmission oblique du faisceau de pompage, obtenue par l'inclinaison desdites faces inclinées, ledit faisceau de pompage peut traverser le milieu amplificateur (à savoir ledit barreau) sur une distance accrue, ce qui permet de remédier aux inconvénients précités. Cette distance peut être contrôlée, notamment en choisissant des angles d'inclinaison appropriés, par rapport à l'axe longitudinal du barreau.

De plus, par un choix approprié desdits angles d'inclinaison, on peut également homogénéiser le pompage transversal.

Dans un mode de réalisation préféré, ledit barreau présente une section transversale rectangulaire, par exemple carrée, et ledit bloc optique comporte au moins un premier élément optique qui est réalisé dans un matériau présentant sensiblement le même indice optique que la matrice dudit barreau, qui est fixé sur une première face dudit barreau et qui présente au moins une face inclinée par rapport à l'axe longitudinal dudit barreau, et ladite première face de réflexion inclinée est formée sur ladite face inclinée dudit premier élément optique.

Dans ce cas, dans une première variante, ledit bloc optique comporte de plus un second élément optique qui est réalisé dans un matériau présentant sensiblement le même indice optique que la matrice dudit barreau, qui est fixé sur une seconde face dudit barreau et qui présente au moins une face inclinée par rapport à l'axe longitudinal dudit barreau, et la seconde face de réflexion est formée sur ladite face inclinée dudit second élément optique.

Dans ce cas, de préférence, lesdits premier et second éléments optiques sont identiques et sont fixés de façon symétrique sur ledit barreau, ce qui permet notamment de faciliter l'homogénéisation du pompage.

Par ailleurs, dans une seconde variante, ladite seconde face de réflexion est directement formée sur une face dudit barreau.

En outre, selon l'invention, lesdites faces de réflexion sont :

- soit planes ;
- 5 - soit arrondies.

Dans ce dernier cas, de préférence, chacune desdites faces de réflexion forme une section d'une surface conique d'un premier tronçon conique d'un élément optique.

De plus, avantageusement, ledit élément optique comprend un second tronçon conique, lesdits premier et second tronçons coniques entourent de façon coaxiale ledit barreau et sont réalisés dans un matériau présentant sensiblement le même indice optique que la matrice dudit barreau, et la surface conique dudit second tronçon conique comprend ladite face d'entrée dudit bloc optique.

En outre, de façon avantageuse, ladite face d'entrée est munie d'un revêtement antireflet.

Par ailleurs, avantageusement, au moins l'un desdits éléments optiques :

- est dopé, de préférence différemment que le barreau, en particulier pour maîtriser d'éventuels phénomènes parasites ; et/ou
- 20 - est réalisé dans au moins l'un des matériaux suivants : du grenat d'yttrium-aluminium, du vanadate, du verre et du saphir ; et/ou
- est fixé par un soudage par diffusion ("diffusion bonding") sur ledit barreau. La réalisation séparée du barreau et des éléments optiques permet
- 25 de mettre en œuvre un usinage simple et facilite donc la réalisation dudit élément actif pour source laser.

En outre, chacun desdits éléments optiques peut être fixé sur une face de barreau, de préférence de la manière précitée :

- soit directement ;

- soit indirectement, par exemple dans un mode de réalisation particulier où l'élément actif comporte une circulation de fluide de refroidissement entre une face du barreau et la face opposée d'un élément optique.

La présente invention concerne également une source laser du type comportant :

- un élément actif pour source laser ; et
- au moins une source de pompage susceptible d'émettre un faisceau de pompage pénétrant dans ledit élément actif.

Selon l'invention, ladite source laser est remarquable en ce que ledit élément actif est tel que celui précité.

En outre, avantageusement, la source de pompage présente une surface d'émission du faisceau de pompage, dont la largeur est plus petite d'une marge prédéfinie que la largeur de ladite face d'entrée de l'élément actif.

Les figures du dessin annexé feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 illustre schématiquement une source laser conforme à un premier mode de réalisation de l'invention.

La figure 2 montre schématiquement le trajet d'un rayon de pompage moyen avec un retour symétrique dans la source laser illustrée sur la figure 1.

La figure 3 montre schématiquement le trajet d'un rayon de pompage qui est décalé latéralement par rapport à un rayon de pompage moyen dans la source laser illustrée sur la figure 1.

La figure 4 montre schématiquement le trajet d'un rayon de pompage moyen qui est décalé angulairement par rapport à un rayon de pompage moyen dans la source laser illustrée sur la figure 1.

La figure 5 est un graphique permettant de définir les faces d'entrée de la source laser illustrée sur la figure 1.

La figure 6 est un graphique illustrant les cotes externes de la source laser représentée sur la figure 1.

5 Les figures 7, 8 et 9 illustrent schématiquement une source laser conforme respectivement à des deuxième, troisième et quatrième modes de réalisation de l'invention.

La source laser 1 conforme à l'invention et représentée schématiquement dans un premier mode de réalisation préféré sur la figure 1, comporte de façon connue :

- 10 – un élément actif 1A pour source laser, qui comprend un barreau 2 allongé, d'axe longitudinal X-X et de section transversale rectangulaire, par exemple carrée. Ledit barreau 2 de type usuel comporte une matrice dopée susceptible d'absorber un faisceau de pompage pour amplifier un rayonnement laser se propageant longitudinalement ; et
- 15 – des sources de pompage 3, 4, de préférence des diodes laser, qui sont susceptibles d'émettre des faisceaux de pompage F1, F2 destinés à pénétrer dans ledit barreau 2 et à traverser le milieu amplificateur formé par ce dernier.

20 Selon l'invention, ledit élément actif 1A, qui est réalisé sous forme d'un bloc optique, comporte de plus :

- 25 – des éléments optiques 5 et 6 qui sont réalisés dans le même matériau précisé ci-dessous que la matrice du barreau 2 ou tout au moins dans un matériau présentant sensiblement le même indice optique que ladite matrice, qui sont fixés respectivement sur des faces 2A et 2B dudit barreau 2 et qui présentent chacun au moins une face d'entrée 5B, 6B du faisceau de pompage F1, F2, qui est inclinée par rapport à l'axe longitudinal X-X du barreau 2 ; et

- au moins deux faces de réflexion S1 et S2, dont au moins l'une est inclinée par rapport à l'axe X-X, avec une inclinaison opposée à celle des faces d'entrée 5B, 6B.

Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 1, lesdites faces de réflexion S1 et S2 sont formées respectivement sur des faces 5A et 6A inclinées des éléments optiques 5 et 6 de sorte que ces deux faces de réflexion S1 et S2 sont inclinées par rapport à l'axe X-X.

De plus, les éléments optiques 5 et 6 sont identiques et sont agencés de façon symétrique par rapport audit axe X-X de sorte que les faces de réflexion S1 et S2 présentent la même inclinaison par rapport à l'axe X-X.

Il est toutefois également envisageable dans le cadre de la présente invention :

- de prévoir des faces de réflexion présentant des inclinaisons différentes par rapport à l'axe X-X ; et
- de former l'une des faces de réflexion sur l'une des faces 2A et 2B du barreau 2, qui sont parallèles à l'axe X-X de sorte que seule l'une desdites faces de réflexion est alors inclinée.

Ainsi, grâce à l'invention, les faisceaux de pompage F1 et F2 subissent une pluralité de réflexions, à savoir des réflexions totales, successivement et alternativement sur les faces S1 et S2 et traversent après chaque réflexion le barreau 2. De plus, comme chaque traversée du barreau 2 est oblique, elle est plus longue qu'une traversée transversale.

Par conséquent, la présente invention permet d'accroître la distance de traversée du milieu amplificateur.

De plus, par un choix approprié des angles d'inclinaison des faces d'entrée 5B, 6B (et donc des faisceaux de pompage F1 et F2 émis orthogonalement à ces faces d'entrée 5B, 6B) et des faces de réflexion S1 et S2, on peut, comme précisé ci-après :

- contrôler la distance de traversée du milieu amplificateur ; et
  - homogénéiser transversalement le pompage,
- ceci quelle que soit la température.

Les faces d'entrée 5B et 6B dudit bloc optique 1A sont de préférence pourvues de revêtements antireflets.

Dans le cadre de la présente invention, l'élément actif ou bloc optique 1A peut être réalisé en une seule pièce. Toutefois, de préférence, chaque élément optique 5, 6 dudit bloc optique est poli afin de réaliser un soudage par diffusion de type usuel dit "diffusion bonding" sur la face correspondante 2A, 2B du barreau 2, avant de procéder aux autres usinages du bloc optique.

De plus, selon l'invention :

- le matériau des éléments optiques 5, 6 et de la matrice du barreau 2 est un grenat d'yttrium-aluminium, du vanadate, du verre ou du saphir ; et
- le dopage de chaque barreau 2 est réalisé avec l'un des types d'ions suivants : du néodyme, de l'erbium, de l'holmium ou du chrome.

Généralement, les éléments optiques 5, 6, qui sont réalisés dans le même matériau ou dans un matériau présentant sensiblement le même indice optique que la matrice du barreau pour éviter des perturbations optiques, ne sont pas dopés.

Toutefois, dans un mode de réalisation particulier, on peut prévoir un dopage spécifique, en particulier pour maîtriser d'éventuels phénomènes parasites.

Par ailleurs, dans un mode de réalisation particulier non représenté, la source optique comporte plus de deux éléments optiques, de préférence quatre éléments optiques prévus respectivement sur les quatre faces du barreau 2 de section transversale rectangulaire. Ceci permet notamment d'augmenter le nombre de sources de pompage.

En plus des avantages précités, la source laser 1 conforme à la présente invention présente de nombreux autres avantages. En particulier :

- il n'existe pas de perte sur le faisceau de pompage ;
- 5 - aucune optique de couplage n'est nécessaire entre les sources de pompage 3, 4 et les éléments optiques 5, 6 ;
- on peut utiliser des sources de pompage usuelles (diodes commerciales standard) ;
- on obtient une source laser 1 robuste qui ne nécessite qu'un minimum
- 10 de réglage ; et
- l'invention peut être appliquée à la plupart des configurations laser existants : oscillateur, amplificateur, basse énergie et haute énergie, montage en série, passage direct ou passages multiples.

On précise à présent les différentes données géométriques rencontrées dans la mise en œuvre de la présente invention.

A cet effet, pour mettre en évidence les caractéristiques permettant notamment de déterminer les dimensions appropriées des éléments optiques 5 et 6, on se réfère à la figure 2 qui montre une représentation simplifiée du dièdre formé par les faces de réflexion S1 et S2 et servant

20 de guide au faisceau de pompage. Ces faces de réflexion S1, S2 forment entre elles un angle  $2\beta$ .

On prend comme référence le rayon moyen  $R_m$  issu du centre de la source de pompage 3 et se propageant dans un plan orthogonal à l'arête du dièdre. On suppose qu'après avoir effectué  $\underline{n}$  réflexions successives, ce rayon  $R_m$  revient en sens inverse en suivant un parcours retour

25 qui est symétrique au parcours aller. Sur la figure 2,  $\underline{n}$  est égal à 3. Ce rayon  $R_m$  de référence intercepte une face du dièdre à une hauteur  $h_0$  par rapport à l'axe de symétrie X-X et fait un angle  $\gamma_0$  avec ce même axe.

Les valeurs  $h_0$ ,  $\gamma_0$ ,  $n$  et  $\beta$  sont les paramètres d'entrée caractérisant la propagation du rayon moyen  $R_m$  dans le guide de faisceau de pompage.

Lors d'une réflexion, le rayon  $R_m$  subit une rotation d'un angle  $2(\gamma_{n-1} + \beta)$ ,  $\gamma_{n-1}$  étant l'angle entre le rayon  $R_m$  et l'axe X-X avant la  $n^{\text{ème}}$  réflexion. Ceci se traduit par un accroissement de  $2\beta$  de l'angle  $\gamma_{n-1}$  après réflexion. Donc :

$$\gamma_n = \gamma_{n-1} + 2\beta,$$

$\gamma_n$  étant l'angle entre le rayon  $R_m$  et l'axe X-X après la  $n^{\text{ème}}$  réflexion.

Soit encore par récurrence :

$$\gamma_n = \gamma_0 + 2n\beta \quad (1)$$

Lorsque le retour est symétrique, l'angle  $\gamma_{nr}$  après la dernière réflexion est un angle droit. On a alors :

$$\gamma_{nr} = \pi/2 = \gamma_0 + 2nr\beta,$$

$nr$  étant le nombre de réflexions avant retour.

On établit la relation simple suivante :

$$\gamma_0 = \pi/2 - 2nr\beta \quad (2)$$

Le nombre  $nr$  de réflexions avant retour est un paramètre imposé par la longueur totale de matériau du barreau 2 que le faisceau de pompage F1, F2 doit traverser pour être complètement absorbé. Une fois ce nombre  $nr$  fixé, on souhaite connaître les dimensions qu'il faut donner à la source laser 1 compte tenu de l'encombrement des sources de pompage 3, 4 et de la partie dopée.

A partir de la figure 2, quelques relations de récurrence sont faciles à établir. Soit  $l_n$  la distance sur l'axe X-X entre deux réflexions successives  $n$  et  $n+1$ , on a :

$$\text{tg } \gamma_n = (h_n + \delta)/l_n \quad \text{et} \quad \text{tg } \beta = (h_n - \delta)/l_n, \quad \text{avec } \delta = h_{n+1}$$

d'où on tire :

$$l_n = 2h_n / [\text{tg } (\gamma_0 + 2n\beta) + \text{tg } \beta]$$

$$h_{n+1} = \delta = h_n - \ln \operatorname{tg} \beta$$

ou de façon équivalente :

$$h_{n+1} = h_n \left\{ \frac{\operatorname{tg} (\gamma_0 + 2n\beta) - \operatorname{tg} \beta}{\operatorname{tg} (\gamma_0 + 2n\beta) + \operatorname{tg} \beta} \right\}$$

Par applications successives de ces formules, on peut connaître la  
5 longueur totale de pompage, ainsi que l'ouverture à l'extrémité du guide.

Par ailleurs, pour évaluer le parcours d'un rayon marginal décalé  
R1, il est nécessaire de réaliser un décalage latéral par rapport audit rayon  
moyen Rm, donc sans changement de l'angle  $\gamma_n$ .

On suppose un décalage positif  $a$  par rapport au rayon moyen Rm  
10 (c'est-à-dire dont la projection sur l'axe X-X est dans le sens de propaga-  
tion du rayon moyen Rm), comme représenté sur la figure 3.

On désigne par  $h_{n1}$  la hauteur, portée sur l'axe X-X, de l'intersec-  
tion du nouveau rayon R1 avec la face S1 du dièdre. La relation suivante  
est vérifiée :

$$15 \quad a / \sin (\gamma_n - \beta) = (h_n - h_{n1}) / \sin \beta$$

c'est-à-dire :

$$h_{n1} = h_n - a \sin \beta / \sin (\gamma_n - \beta)$$

En général, ce décalage est effectué au niveau du premier rayon  
incident et il concerne donc la hauteur  $h_0$ . Une fois faite la transformation  
20 de  $h_0$  en  $h_{01}$ , les relations de récurrence s'appliquent à  $h_{01}$ .

Le déplacement  $e_1$  suivant l'axe X-X, de l'intersection du rayon  
avec le dièdre est obtenu grâce à la relation :

$$e_1 / \cos \beta = a / \sin (\gamma_n - \beta)$$

ou encore :

$$25 \quad e_1 = a \cos \beta / \sin (\gamma_n - \beta)$$

Par ailleurs, au lieu de présenter un décalage latéral, comme repré-  
senté sur la figure 3, un rayon de pompage marginal R2 peut également  
présenter une déviation angulaire  $\alpha$ , par rapport audit rayon moyen Rm à  
une hauteur  $h_n$ , comme représenté sur la figure 4.

Dans ce cas, les formules de récurrence précitées restent applicables à condition de changer  $\gamma_n$  en  $(\gamma_n + \alpha)$ , si la rotation est réalisée dans le sens trigonométrique, et en  $(\gamma_n - \alpha)$  si elle est réalisée dans le sens inverse.

Lorsque la déviation angulaire est appliquée sur le premier rayon incident et si  $\alpha < \beta$ , le rayon R2 fera le même nombre de réflexions avant retour.

De plus, si l'on est en configuration symétrique pour le rayon de référence, le rayon retournant correspondant au rayon R2 dévié fera un angle  $\gamma_{nr} = \pi/2 + /-\alpha$  avec l'axe X-X. Le décalage angulaire  $\alpha$  par rapport au rayon moyen  $R_m$  se conserve tout au long de la propagation du rayon R2, en particulier lors du retour.

Par ailleurs, la largeur  $\underline{d}$  de la face d'entrée 5B, 6B de l'élément optique 5, 6, c'est-à-dire la largeur de la fenêtre d'entrée du faisceau de pompage F1, F2 est déterminée, à partir des dimensions de la source de pompage 3, 4, ladite largeur  $\underline{d}$  étant légèrement plus grande pour éviter audit faisceau de pompage tout risque de diaphragmer.

Comme cette largeur  $\underline{d}$  est répartie symétriquement de part et d'autre du rayon de référence moyen  $R_m$ , il est possible de déterminer la distance  $\underline{e}$  entre le plan de référence contenant  $h_0$  et l'extrémité d'entrée du guide prismatique, comme représenté sur la figure 5. Les longueurs  $c$  et  $c_1$  qui sont indiquées sur cette figure 5 vérifient les relations :

$$c = \underline{d} / [2 \operatorname{tg}(\gamma_0 - \beta)] \quad \text{et} \quad c_1 = [\underline{d} \operatorname{tg} \gamma_0] / 2$$

Par ailleurs, comme :

$$e = (c - c_1) \cos \gamma_0,$$

on aboutit à la relation :

$$e = (\underline{d} \cos \gamma_0) / 2 [\operatorname{tg}^{-1}(\gamma_0 - \beta) - \operatorname{tg} \gamma_0]$$

De plus, la hauteur  $\underline{h}$  entre l'extrémité de la face d'entrée 5B et l'axe X-X du dièdre (figure 5) peut être calculée à partir de la relation :

$$h = h_0 - c \sin \gamma_0 - (\underline{d} \cos \gamma_0) / 2$$

c'est-à-dire :

$$h = h_0 - (d \cos \gamma_0)/2 [\operatorname{tg} \gamma_0 \operatorname{tg}^{-1}(\gamma_0 - \beta) + 1]$$

On précise ci-après les dimensions de deux modes de réalisation différents de la source laser 1 conforme à l'invention, en référence à la figure 6, à savoir :

- en premier lieu, un oscillateur ; et
- en second lieu, un amplificateur.

Concernant l'oscillateur, on choisit les paramètres d'entrée suivants :

- dimension de la face d'entrée :  $d = 12$  mm,
- dimension du faisceau de pompage F1, F2 :  $2a = 10,2$  mm,
- hauteur du rayon moyen Rm de référence par rapport à l'axe X-X :  $h_0 = 18$  mm,
- angle d'incidence du rayon moyen par rapport à l'axe X-X :  $\gamma_0 = 38^\circ$ ,
- nombre de réflexions en situation symétrique sur le rayon moyen Rm :  $n = 2$ .

A partir de la relation (2) précitée, on obtient  $\beta = 13^\circ$ .

A partir de la relation (1) précitée, on obtient  $\gamma_1 = 64^\circ$  et  $\gamma_2 = 90^\circ$ .

Le rayon moyen Rm de référence issu d'une source de pompage 3 effectue donc cinq passages dans le milieu amplificateur avant de revenir sur la source de pompage 4 opposée. Si  $b$  est la dimension transversale du matériau dopé ou barreau 2, l'épaisseur totale  $b_{\text{tot}}$  du milieu actif traversé par le rayon moyen de référence Rm est :

$$b_{\text{tot}} = 2b/\sin \gamma_0 + 2b/\sin \gamma_1 + b$$

Dans l'exemple considéré ici :  $b_{\text{tot}} = 32,4$  mm.

Les autres paramètres pour le rayon moyen Rm sont les suivants :

- $l_0 = 35,57$  mm,
- $h_1 = 9,79$  mm,

- $l_1 = 8,58$  mm,
- $h_2 = 7,81$  mm,
- $e = 6,45$  mm,
- $h = 5,35$  mm.

5 Pour la détermination de la longueur totale  $L_{tot}$  de l'élément actif 1A, il faut prendre en compte la propagation du rayon marginal le plus éloigné de l'axe X-X, ainsi que les relations de récurrence précitées.

On obtient alors de façon usuelle :

$$L_{tot} = 54,8 \text{ mm.}$$

10 De plus, la dimension  $h_{bg}$  à l'extrémité opposée aux faces d'entrée de l'élément actif 1A mesure 7,72 mm.

En second lieu, concernant un exemple d'amplificateur, on prend comme paramètres d'entrée :

- $d = 28$  mm,
- 15 -  $2a = 23$  mm,
- $h_0 = 40$  mm,
- $\gamma_0 = 38^\circ$ ,
- $n = 2$ ,
- $b = 7$  mm,

20 à partir desquels on calcule :

- $\beta = 13^\circ$ ,
- $\gamma_1 = 64^\circ$ ,
- $\gamma_2 = 90^\circ$ ,
- $b_{tot} = 45,3$  mm.

25 De plus, on obtient :

$$\begin{cases} L_{tot} = 124 \text{ mm} \\ h_{bg} = 7,94 \text{ mm} \end{cases}$$

Dans un deuxième mode de réalisation représenté sur la figure 7, la source laser 7 comporte un élément actif 7A qui comprend :

- un barreau 8 allongé, de section transversale circulaire et d'axe Y-Y ; et
- un élément optique comprenant deux tronçons coniques 9 et 10 qui forment une seule pièce, qui sont coaxiaux à l'axe Y-Y et qui définissent respectivement des surfaces coniques S3 et 11. La surface conique 11 sert de face d'entrée à un faisceau de pompage non représenté.

On notera que, dans ce cas, chacune des au moins deux faces de réflexion coopérantes est arrondie et forme une section non représentée de la surface conique S3 dudit tronçon conique 9.

En outre, dans un troisième mode de réalisation représenté sur la figure 8, une source laser 12 comporte un élément actif 12A qui comprend :

- un barreau 2, tel que celui de l'élément actif 1A par exemple, d'axe X-X ; et
- deux éléments optiques 13 et 14, par exemple du même type que les éléments optiques 5 et 6 dudit élément actif 1A.

Toutefois, l'élément actif 12A se différencie dudit élément actif 1A en ce qu'il comporte :

- une face d'entrée 14B qui n'est pas inclinée, mais est parallèle à l'axe X-X ; et
- au moins deux faces de réflexion coopérantes 14A et 13B qui sont inclinées par rapport audit axe X-X.

Par conséquent, un faisceau de pompage F2 pénètre dans l'élément actif 12A orthogonalement audit axe X-X. Sa propagation le long dudit axe X-X est engendrée par sa réflexion sur lesdites faces de réflexion 14A et 13B inclinées.

On notera de plus qu'une autre face 13A dudit élément optique 13 est par exemple parallèle audit axe X-X.

Par ailleurs, on a représenté sur la figure 9, une variante particulière du mode de réalisation 1A de la figure 1. Dans cette variante, les éléments optiques 5 et 6 ne sont pas prévus directement sur les faces 2A et 2B du barreau 2, mais ledit élément actif 1A comporte des passages 15 et 16 entre lesdites faces 2A et 2B et respectivement des faces 5C et 6C desdits éléments optiques 5 et 6, qui leur sont opposées. Ces passages 15 et 16 sont associés à des moyens connus et non représentés, qui engendrent une circulation de fluide de refroidissement, comme illustré par des flèches E, dans lesdits passages 15 et 16.

Bien que cela n'a pas été mentionné expressément, on notera que toutes les caractéristiques particulières (par exemple le type de matériau) dudit premier mode de réalisation 1A de la figure 1, qui sont applicables à au moins l'un desdits deuxième, troisième et quatrième modes de réalisation respectivement des figures 7 à 9, font partie de la présente invention en combinaison avec le ou les modes de réalisation particuliers appropriés.

## REVENDICATIONS

1. Élément actif pour source laser, ledit élément actif (1A, 7A) comportant un barreau (2, 8) allongé, comprenant une matrice dopée susceptible d'absorber un faisceau de pompage (F1, F2) pour amplifier un rayonnement laser se propageant longitudinalement, caractérisé en ce qu'il comporte un bloc optique (1A, 7A, 12A) qui comprend :
- ledit barreau (2, 8), qui est intégré dans ledit bloc optique (1A, 7A, 12A) ;
  - au moins une face d'entrée (5B, 6B, 11, 14B) du faisceau de pompage (F1, F2) ;
  - une première face de réflexion (S1, S3, 13B) du faisceau de pompage (F1, F2) qui est inclinée par rapport à l'axe longitudinal (X-X, Y-Y) dudit barreau (2, 8) ; et
  - au moins une seconde face de réflexion (S2, S3, 14A) qui coopère avec ladite première face de réflexion (S1, S3, 13B) ; et
- en ce qu'au moins l'une desdites faces d'entrée (5B, 6B, 11) et seconde face de réflexion (S2, S3, 14A) est inclinée par rapport à l'axe longitudinal (X-X, Y-Y) dudit barreau (2, 8).
2. Élément actif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit barreau (2) présente une section transversale rectangulaire, en ce que ledit bloc optique (1A) comporte au moins un premier élément optique (5) qui est réalisé dans un matériau présentant sensiblement le même indice optique que la matrice dudit barreau (2), qui est fixé sur une première face (2A) dudit barreau (2) et qui présente au moins une face (5A) inclinée par rapport à l'axe longitudinal (X-X) dudit barreau (2), et en ce que ladite première face de réflexion (S1) est formée sur ladite face inclinée (5A) dudit premier élément optique (5).

3. Élément actif selon la revendication 2,  
caractérisé en ce que ledit bloc optique (1A) comporte un second élément  
optique (6) qui est réalisé dans un matériau présentant sensiblement le  
même indice optique que la matrice dudit barreau (2), qui est fixé sur une  
5 seconde face (2B) dudit barreau (2) et qui présente au moins une face  
(6A) inclinée par rapport à l'axe longitudinal (X-X) dudit barreau (2), et en  
ce que la seconde face de réflexion (S2) est formée sur ladite face inclinée  
(6A) dudit second élément optique (6).

4. Élément actif selon la revendication 3,  
10 caractérisé en ce que lesdits premier et second éléments optiques (5, 6)  
sont identiques et sont fixés de façon symétrique sur ledit barreau (2).

5. Élément actif selon la revendication 2,  
caractérisé en ce que ladite seconde face de réflexion est directement  
formée sur une face dudit barreau.

15 6. Élément actif selon la revendication 1,  
caractérisé en ce que ledit barreau (8) présente une section transversale  
circulaire.

7. Élément actif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,  
caractérisé en ce que lesdites faces de réflexion (S1, S2, 13B, 14A) sont  
20 planes.

8. Élément actif selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,  
caractérisé en ce que lesdites faces de réflexion (S3) sont arrondies.

9. Élément actif selon la revendication 8,  
caractérisé en ce que chacune desdites faces de réflexion forme une sec-  
25 tion d'une surface conique (S3) d'un premier tronçon conique (9) d'un  
élément optique (7A).

10. Élément actif selon la revendication 9,  
caractérisé en ce que ledit élément optique (7A) comprend un second  
tronçon conique (10), en ce que lesdits premier et second tronçons coni-

ques (9, 10) entourent de façon coaxiale ledit barreau (8) et sont réalisés dans un matériau présentant sensiblement le même indice optique que la matrice dudit barreau (8), et en ce que la surface conique (11) dudit second tronçon conique (10) comprend ladite face d'entrée dudit bloc optique (7A).

5

11. Élément actif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, 9 et 10, caractérisé en ce qu'au moins un élément optique (5, 6) est dopé.

10

12. Élément actif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5 et 9 à 11, caractérisé en ce qu'au moins un élément optique (5, 6) est réalisé dans au moins l'un des matériaux suivants : du grenat d'yttrium-aluminium, du vanadate, du verre et du saphir.

15

13. Élément actif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5 et 9 à 12, caractérisé en ce qu'au moins un élément optique (5, 6) est fixé par un soudage par diffusion sur ledit barreau (2).

20

14. Élément actif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite face d'entrée (5B, 6B, 11, 14B) est munie d'un revêtement antireflet.

25

15. Élément actif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens engendrant une circulation de fluide de refroidissement directement sur au moins une face (2A, 2B) dudit barreau (2).

16. Source laser comportant :

– un élément actif (1A, 7A, 12A) pour source laser ; et

– au moins une source de pompage (3, 4) susceptible d'émettre un faisceau de pompage (F1, F2) pénétrant dans ledit élément actif (1A, 7A, 12A),

5 caractérisée en ce que ledit élément actif (1A, 7A, 12A) est un élément actif du type de celui spécifié sous l'une quelconque des revendications 1 à 15.

10 17. Source laser selon la revendication 16, caractérisée en ce que la source de pompage (3, 4) présente une surface d'émission du faisceau de pompage, dont la largeur (2a) est plus petite d'une marge prédéfinie que la largeur (d) de ladite face d'entrée (5B, 6B) de l'élément actif (1A).

1/8

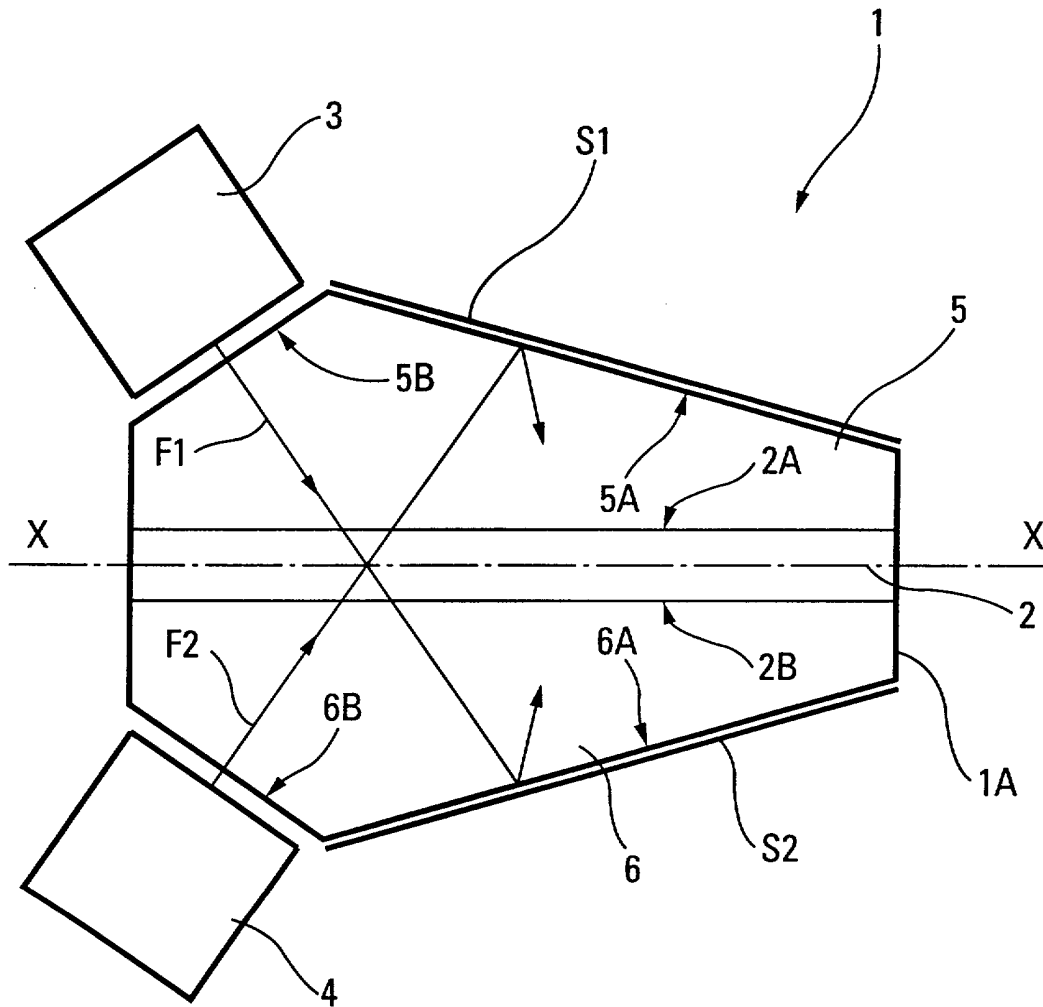


Fig. 1

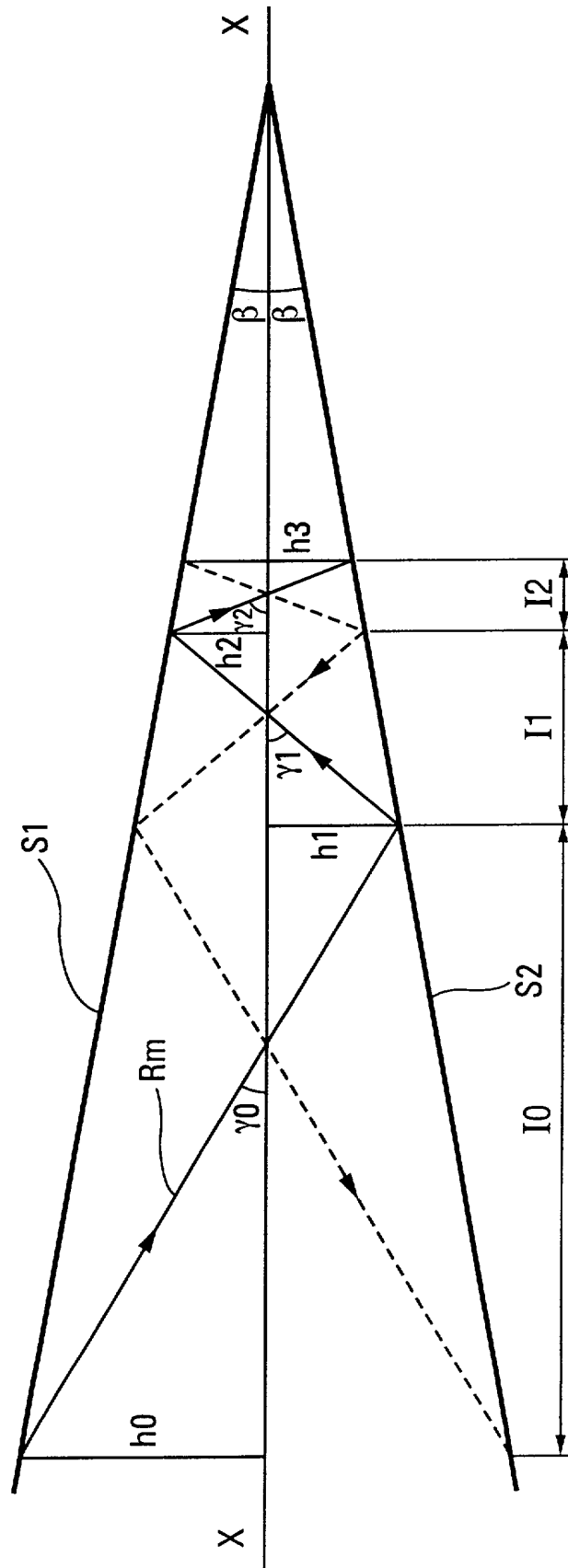


Fig. 2

3/8

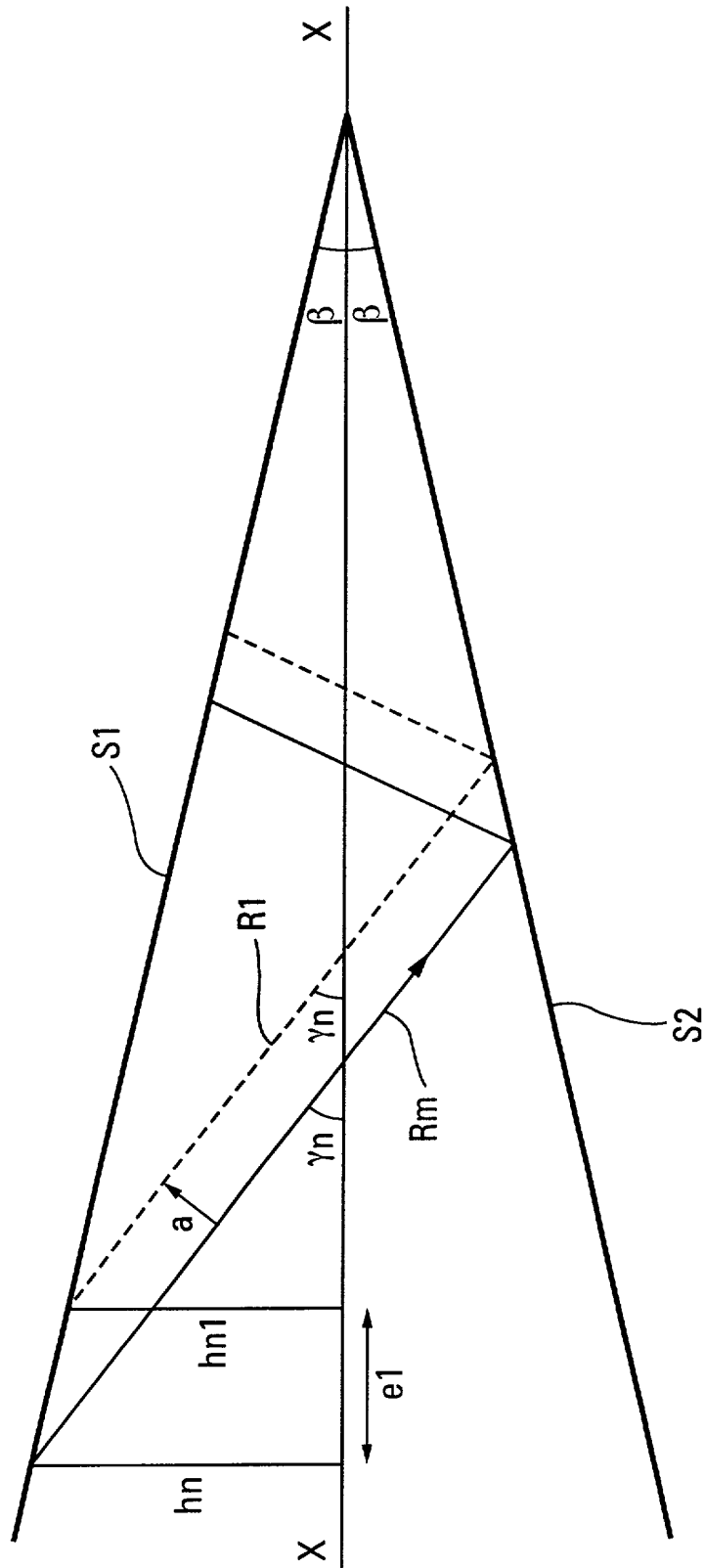


Fig. 3

4/8

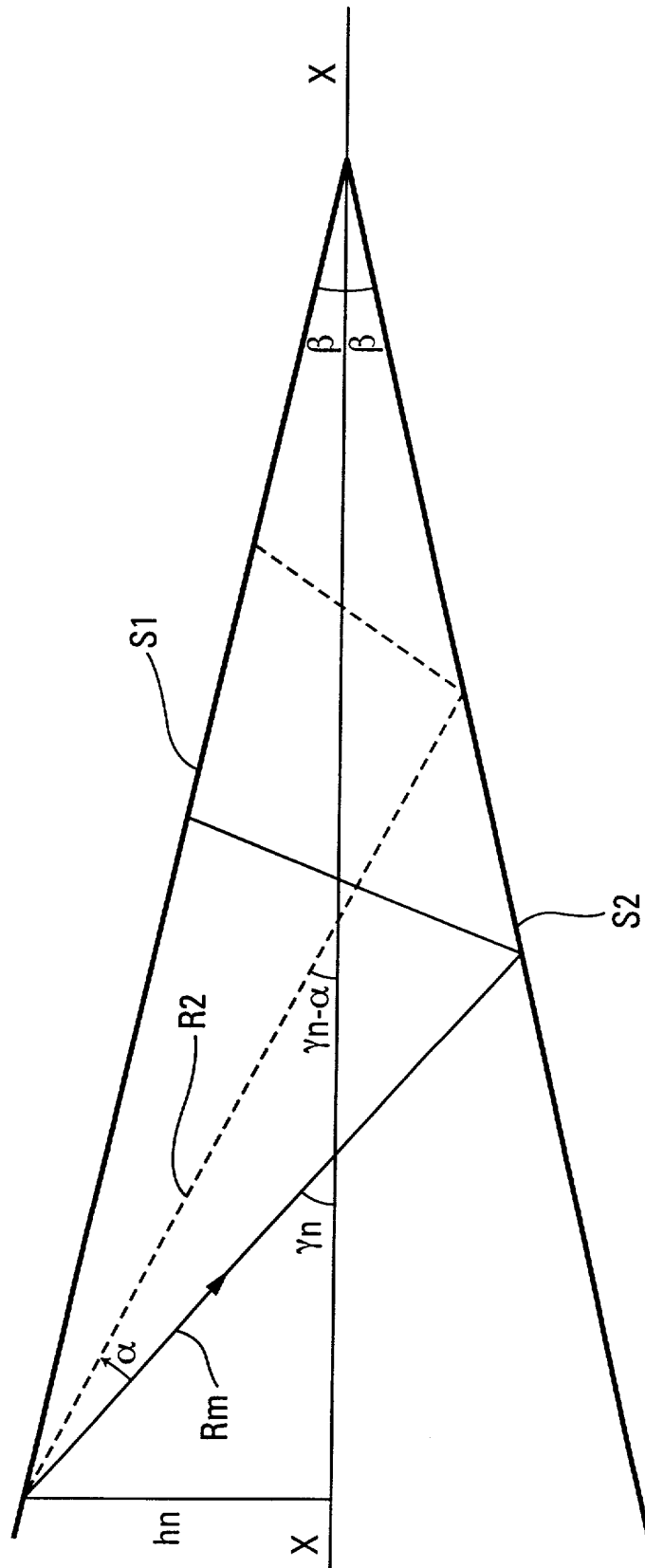


Fig. 4

5/8

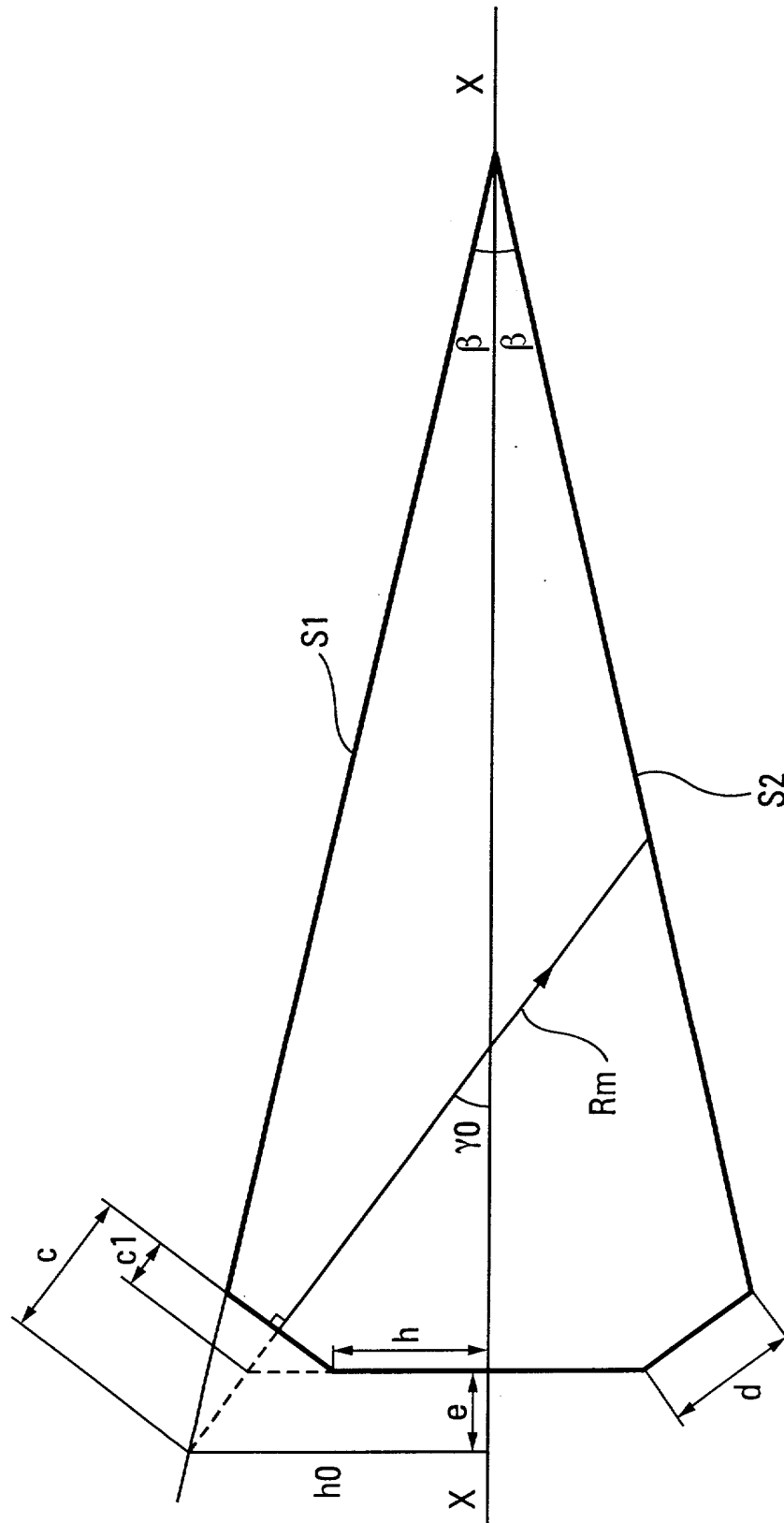


Fig. 5

6/8

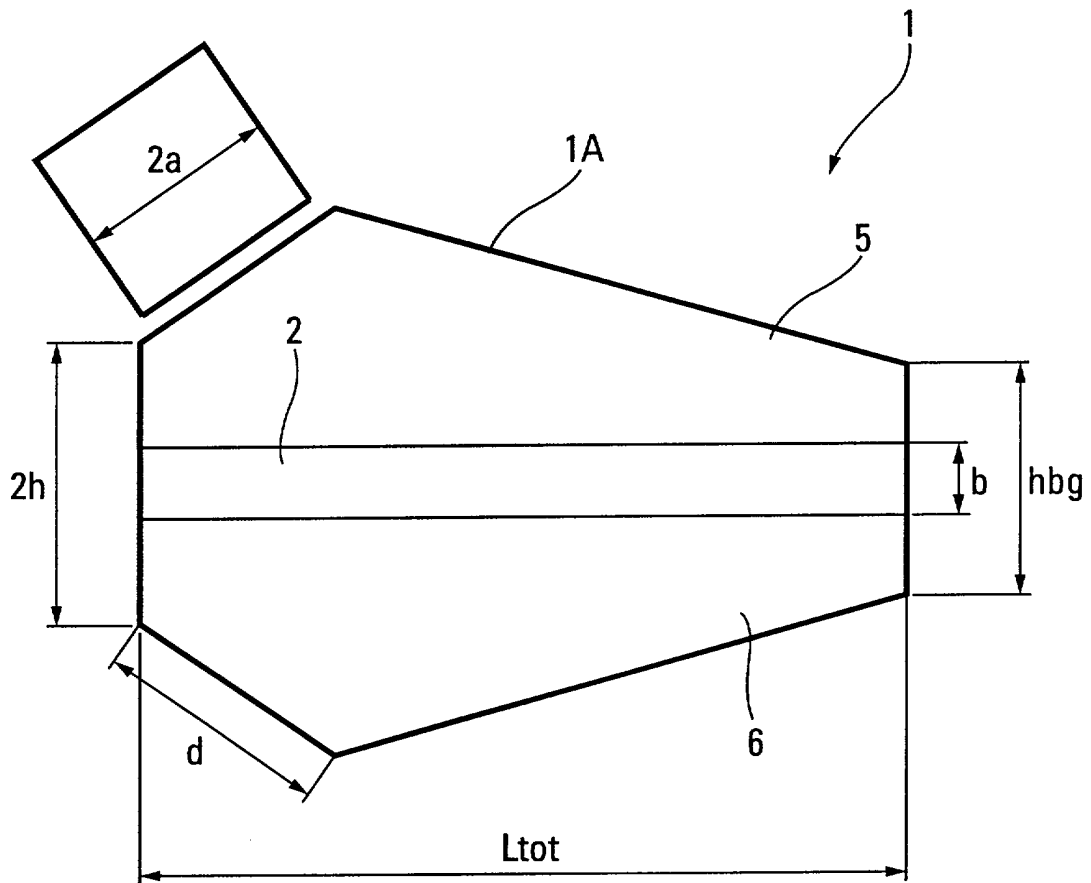


Fig. 6

7/8

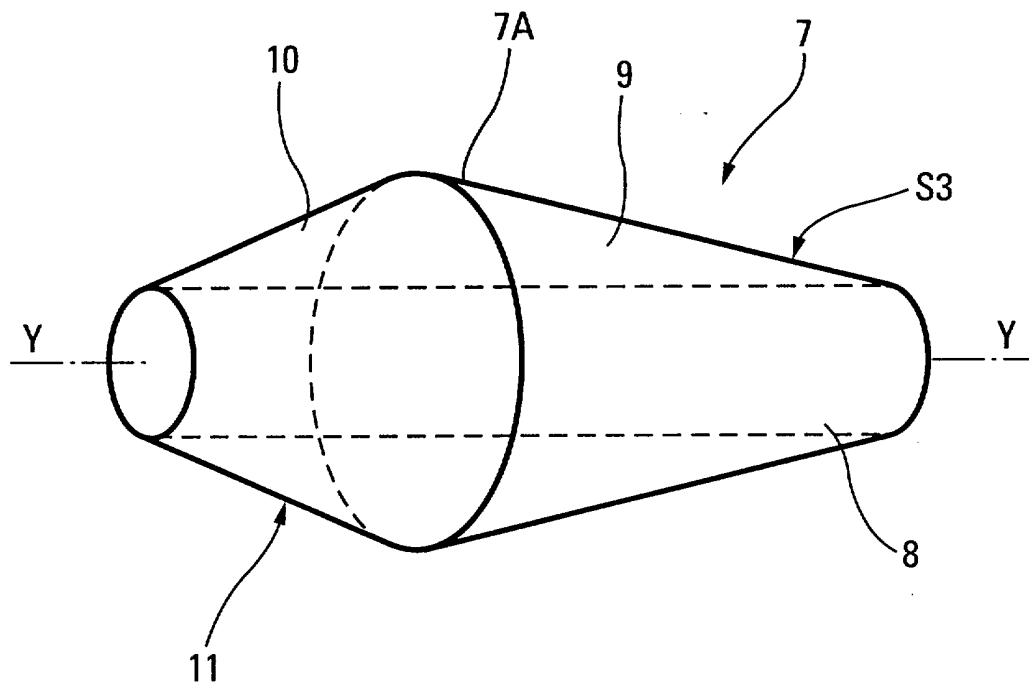


Fig. 7

8/8

