

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
6 mars 2003 (06.03.2003)

PCT

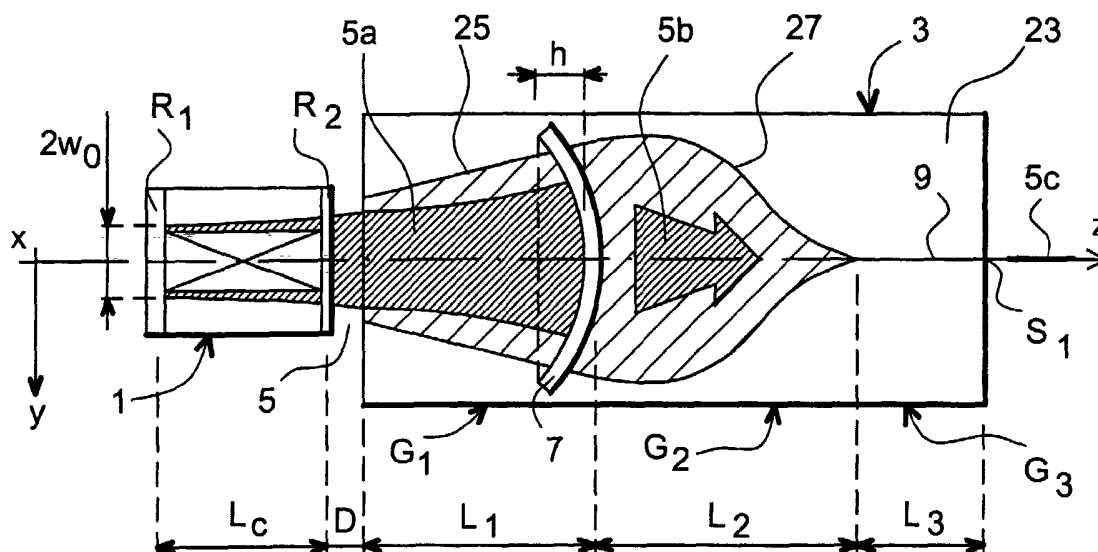
(10) Numéro de publication internationale
WO 03/019737 A2

- (51) Classification internationale des brevets⁷ : **H01S** (71) **Déposant** (pour tous les États désignés sauf US) : **TEEM PHOTONICS** [FR/FR]; 61 chemin du vieux Chêne, F-38240 Meylan (FR).
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/FR02/02915
- (22) Date de dépôt international : 21 août 2002 (21.08.2002) (72) **Inventeurs; et**
- (25) Langue de dépôt : français (75) **Inventeurs/Déposants** (pour US seulement) : **DELLEA, Olivier** [FR/FR]; 4, chemin de la Dhuy, F-38240 Meylan (FR). **MOLVA, Engin** [FR/FR]; 4, place Jean Moulin, F-38000 Grenoble (FR).
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : (74) **Mandataire** : **DU BOISBAUDRY, Dominique**; BREVALEX, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 Paris (FR).
- 01/11043 23 août 2001 (23.08.2001) FR

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: LASER SOURCE IN GUIDED OPTICS

(54) Titre : SOURCE LASER EN OPTIQUE GUIDÉE



(57) **Abstract:** The invention relates to a laser source consisting of a laser cavity (1) that can emit an optical beam (5) and a guided optic element (3). Said guided optic element comprises the following in one substrate: an input guide area (G₁) comprising a mirror which is concave in at least one guide plane of the input area in such a way as to create an extended laser cavity with the laser cavity; an output area (G₃) comprising at least one microguide (9) which is associated with at least one optical output (S₁) of the source; and a planar accommodation guide area (G₂) between the input area and the microguide. The input guide area can receive the optical beam emitted by the cavity and transmit the beam to the accommodation guide area which subsequently guides said beam towards the microguide. The invention is suitable for use in all fields requiring a laser source with only a few modes and, in particular, in the field of optical telecommunications.

(57) **Abrégé :** L'invention concerne une source laser comportant : une cavité laser (1) apte à émettre un faisceau optique (5), un élément d'optique guidée (3) présentant dans un substrat : une zone (G₁) de guidage d'entrée comportant un miroir concave au moins dans un plan de guidage

[Suite sur la page suivante]

WO 03/019737 A2



(81) **États désignés (national)** : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport

(84) **États désignés (régional)** : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

de la zone d'entrée, de façon à réaliser avec la cavité laser une cavité laser étendue; une zone (G3) de sortie comprenant au moins un microguide (9) associé à au moins une sortie (S1) optique de la source, et à une zone (G2) de guidage planaire d'adaptation entre la zone d'entrée et le microguide, la zone de guidage d'entrée étant apte à recevoir le faisceau optique émis par la cavité et à le transmettre à la zone de guidage d'adaptation qui le guide vers le microguide. L'invention trouve des applications dans tous les domaines nécessitant une source laser à peu de modes et notamment dans le domaine des télécommunications optiques.

SOURCE LASER EN OPTIQUE GUIDEE**Domaine technique**

5 La présente invention concerne une source laser en optique guidée, cette source laser étant apte à émettre une onde lumineuse présentant de un à quelques modes et pouvant présenter une forte puissance.

10 L'invention trouve des applications dans tous les domaines nécessitant une source laser à peu de modes et notamment dans le domaine des télécommunications optiques, par exemple comme source de pompe des amplificateurs optiques ou encore dans des
15 domaines tels que la médecine, la spectroscopie, ou la métrologie utilisant des sources lasers monomodes ou faiblement multimodes.

Etat de la technique antérieure

20 Aujourd'hui, pour régénérer un faisceau se propageant dans une fibre optique, les systèmes développés dans le cadre des télécommunications optiques mettent en œuvre des amplificateurs optiques.
25 Les guides d'ondes optiques utilisés actuellement dans les amplificateurs optiques sont généralement monomodes ou faiblement multimodes. De ce fait, les amplificateurs sont généralement pompés par des diodes lasers de pompe qui, pour être compatibles avec un
30 couplage à ces guides optiques, sont monomodes ou faiblement multimodes.

Dans l'état actuel de la technique, les diodes lasers à un ou peu de modes présentent des puissances faibles et sont de coût élevé alors que les diodes lasers, à forte puissance (notamment les diodes lasers de pompe à ruban large), sont multimodes et donc incompatibles avec un couplage à des guides optiques.

D'une façon plus générale, les sources laser connues qui présentent une puissance élevée sont le plus souvent multimodes, ce qui pose des problèmes d'adaptation de modes et donc de couplage avec les guides optiques destinés à la propagation et/ou à la transformation de l'onde lumineuse issue de ces sources ; et les sources lasers qui présentent un ou peu de modes sont de faible puissance.

On entend par guide optique, aussi bien un guide planaire, un microguide ou encore une fibre optique.

Un microguide est un guide à confinement latéral, par opposition à guide planaire dans lequel la lumière peut se propager dans un plan : le plan du guide.

Exposé de l'invention

La présente invention a pour but de proposer une source laser en optique guidée ne présentant pas les limitations et difficultés des sources mentionnées ci-dessus.

Un but de l'invention est en particulier de proposer une source laser présentant une très bonne qualité optique de faisceau. On entend par une bonne

qualité optique de faisceau, un faisceau comportant un ou peu de modes, c'est-à-dire un faisceau proche de la limite de diffraction.

Un autre but est encore de proposer une
5 source laser pouvant présenter sans que cela soit limitatif, une forte puissance.

Un but de l'invention est encore de proposer une source laser à faible coût et de réalisation aisée.

10 Pour atteindre ces buts, l'invention propose une source laser en optique guidée comportant :

- une cavité laser apte à émettre un faisceau optique,

- un élément d'optique guidée présentant :
15 • une zone de guidage d'entrée comportant un miroir concave au moins dans un plan de guidage de la zone d'entrée, de façon à réaliser avec la cavité laser une cavité laser étendue,

- 20 • une zone de sortie comprenant au moins un microguide et

- une zone de guidage planaire d'adaptation entre la zone d'entrée et le microguide, la zone de guidage d'entrée étant
25 apte à recevoir le faisceau optique émis par la cavité et à le transmettre à la zone de guidage d'adaptation, cette dernière étant apte à le guider vers le microguide qui est associé à au moins une sortie optique de la
30 source.

La source laser de l'invention permet d'avoir un faisceau en sortie du microguide qui présente seulement un à quelques modes, même si la cavité laser émet un faisceau multimodes ; de plus les
5 pertes de puissance du faisceau dans l'élément d'optique guidée, sont faibles ce qui permet, si la cavité laser émet un faisceau optique de forte puissance, d'avoir une source laser de forte puissance.

Ainsi, l'élément d'optique guidée de la
10 source de l'invention est apte à réduire le nombre de modes d'une onde lumineuse pour qu'il soit compatible notamment avec des composants d'optique guidée monomode ou faiblement multimodes ; de ce fait la cavité laser de l'invention peut être choisie pour ses
15 caractéristiques de puissances, sans contraintes sur le nombre de modes de l'onde émise.

Selon l'invention, on entend par guidage planaire, un guidage optique selon un plan de guidage ; le plan de guidage peut prendre des orientations
20 différentes selon la position du guide dans l'élément et le type de guide. En particulier, le guide planaire peut être à des profondeurs variables dans l'élément. Il en est de même des microguides qui peuvent être plus ou moins enterrés.

25 Selon un mode préféré, la cavité laser est une diode laser comportant au moins un miroir plan.

Tous les types de diodes lasers peuvent être utilisées et par exemple les diodes lasers à ruban large, les diodes lasers multi-rubans, les diodes
30 lasers à réseau de Bragg, les diodes lasers à émission

verticale (connues sous le nom de VCSEL pour Vertical Cavity Surface Emitting Laser), etc...

La cavité laser peut être disposée directement sur l'élément d'optique guidée, au niveau
5 de la zone de guidage d'entrée de cet élément, par toutes les techniques d'assemblage classiques et par exemple par l'utilisation d'un support apte à maintenir la cavité et l'élément optique.

La cavité laser peut également être
10 disposée en regard de la zone de guidage d'entrée de sorte qu'il existe une zone d'espace libre entre la cavité et la zone de guidage d'entrée.

L'élément d'optique guidée est réalisé avantageusement en optique intégrée à partir d'un
15 substrat monocouche ou multicouche dans lequel sont formées la zone d'entrée, la zone d'adaptation et la zone de sortie. Selon un mode préféré, le substrat est un substrat en verre et les guides et microguides de cet élément sont réalisés par les techniques d'échanges
20 d'ions dans le verre ou par dépôt de couches.

La zone de guidage d'entrée comporte un guide planaire relié à la zone de guidage d'adaptation par le miroir concave qui est réalisé avantageusement par une variation locale d'indice effectif dudit guide
25 planaire. La longueur L_1 de cette zone, suivant la direction de propagation du faisceau, dépend de la longueur optique L de la source. Cette longueur optique dépend du milieu traversé par le faisceau optique jusqu'au miroir et est composé du milieu de la cavité
30 qui correspond pour l'essentiel à celui du matériau laser, éventuellement d'un milieu en espace libre et du

milieu formé par le guide de la zone d'entrée. Ainsi, dans certains cas, le miroir concave peut être disposé directement en entrée de l'élément optique, ce qui réduit la longueur de la zone d'entrée à la flèche h du
5 miroir concave.

Le miroir de l'élément optique est concave au moins dans un plan de guidage. Il est réalisé avantageusement par une variation locale d'indice effectif du guide de la zone d'entrée. Cette variation
10 d'indice peut être obtenue notamment par une cavité localisée dans le substrat au-dessus du guide planaire, par un dépôt local d'au moins une couche sur le substrat au-dessus du guide planaire, par un enterrage local du guide planaire, par un échange d'ions localisé
15 dans le substrat au-dessus du guide planaire ou encore par un réseau de Bragg dans le substrat au-dessus du guide planaire. Bien entendu, cette liste n'est pas exhaustive et d'autres modes de réalisation du miroir concave peuvent être utilisés pour réaliser l'élément
20 optique de l'invention.

Selon un mode de réalisation particulier, le miroir concave de l'invention est en outre apte à filtrer une ou plusieurs longueurs d'onde du faisceau émis par la cavité laser en réfléchissant de façon
25 sélective lesdites longueurs d'onde. On utilisera avantageusement pour ce cas particulier un miroir formé par un réseau de Bragg.

Pour que la source laser de l'invention soit optiquement stable, c'est-à-dire qu'elle établisse
30 au moins un mode optique stable, le rayon de courbure R du miroir concave doit être supérieur ou égal à la

longueur optique L de la source définie par la relation
 $L = n_c.L_c + n_e.D + n_1.L_1$ où n_1 est l'indice effectif de la
 zone de guidage d'entrée et n_c , n_e , sont les indices de
 réfraction respectivement du matériau de la cavité
 5 laser et du milieu de la zone d'espace libre intercalé
 entre la cavité et l'élément d'optique guidé et L_c , D ,
 L_1 , sont respectivement les longueurs de la cavité, de
 la zone d'espace libre située entre la cavité et
 l'élément d'optique guidé, et de la zone d'entrée.

10 Lorsque la cavité est disposée directement
 sur l'élément d'optique guidé, alors $D=0$ et
 $L = n_c.L_c + n_1.L_1$.

Ainsi, le miroir concave présente comme on
 l'a vu un rayon de courbure R et est disposé à une
 15 distance de la cavité laser telle qu'il forme avec la
 zone d'entrée, le milieu intercalé entre ladite cavité
 et l'élément d'optique guidée et la cavité laser, une
 cavité laser étendue, le miroir concave permettant de
 transmettre une partie du faisceau laser établi dans la
 20 cavité étendue. La réflectivité du miroir concave est
 partielle (quelques % à quelques dizaines de %).

Les caractéristiques géométriques du miroir
 concave, doivent obéir aux égalités et inégalités
 suivantes :

- 25
- $W_0^2 = \frac{\lambda}{\pi} [L.(R-L)]^{\frac{1}{2}}$ et $2w_0 > l_r$
 - $w^2 = \frac{\lambda R}{\pi} [L / (R-L)]^{\frac{1}{2}}$
 - $R > L$
 - $L = n_c.L_c + n_e.D + n_1.L_1$
 - $H / R = 1 - (1 - d^2/4R^2)^{\frac{1}{2}}$

$$- d > 2w$$

où λ est la longueur d'onde considérée du faisceau lumineux, w_0 est le rayon dudit faisceau sur le miroir plan de la cavité, l_r est la largeur du ruban
5 de la cavité laser, R le rayon de courbure du miroir concave, L la longueur optique de la source, w le rayon du faisceau lumineux sur le miroir concave, h la flèche dudit miroir concave dans le plan de guidage et d le diamètre de ce miroir.

10 Selon un mode avantageux, des moyens de focalisation tels que par exemple des moyens de collimation sont intercalés entre la cavité laser et l'élément d'optique guidée pour optimiser le couplage entre la cavité laser et l'entrée de l'élément au moins
15 dans un plan perpendiculaire au plan de guidage de la zone d'entrée et perpendiculaire à la direction de propagation du faisceau lumineux.

La zone de guidage d'adaptation comprend avantageusement un guide planaire en forme d'entonnoir
20 appelé Taper en terminologie anglo-saxonne au moins dans le plan de guidage du guide. Cette zone d'adaptation permet de concentrer la puissance lumineuse du faisceau optique dans le microguide de la zone de sortie.

25 De préférence, la zone de guidage d'adaptation est adiabatique afin de permettre une transition lente entre le guide planaire et le microguide et de perdre ainsi le moins possible de la puissance lumineuse.

30 Selon un mode avantageux, la source laser de l'invention comporte en outre au moins un diviseur à

une entrée et à n sorties, dans la zone de sortie de l'élément, ledit diviseur étant relié en entrée, au microguide de sorte que les n sorties du diviseur forment n sorties de la source.

5 Selon une variante, la source laser selon l'invention comporte en outre x coupleurs (avec x entier supérieur ou égal à 1) dans la zone de sortie de l'élément, chaque coupleur étant associé au microguide, de sorte que respectivement le microguide et chacun des
10 coupleurs forment une sortie de la source.

L'invention permet ainsi de réaliser une source laser à plusieurs sorties émissives, le faisceau lumineux émis à chacune de ces sorties étant monomode ou peu multimode.

15 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description qui va suivre, en référence aux figures des dessins annexés. Cette description est donnée à titre purement illustratif et non limitatif.

20

Brève description des figures

- La figure 1 représente schématiquement en coupe un premier mode de réalisation de la source de l'invention,
- 25 - La figure 2 est une coupe d'une variante du premier mode de réalisation présentant des moyens de focalisation,
- La figure 3 représente schématiquement en coupe un deuxième mode de
30 réalisation de la source de l'invention,

- La figure 4 représente schématiquement en coupe une source laser selon l'invention à plusieurs sorties optiques,

5 - La figure 5 représente schématiquement en coupe une autre source laser selon l'invention à plusieurs sorties optiques, et

10 - Les figures 6a à 6e illustrent en coupe des exemples de miroirs concaves utilisables dans l'invention.

Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

15

La figure 1 illustre en coupe un premier mode de réalisation de la source de l'invention. Cette coupe est réalisée selon un plan yz de guidage.

20 Cette source comporte essentiellement une cavité laser 1, apte à émettre un faisceau optique 5, et un élément d'optique guidée 3.

25 La cavité laser est par exemple une diode laser monoruban permettant par exemple d'avoir un faisceau optique 5 de forte puissance. A titre d'exemple, on peut prendre une diode laser à ruban large de 100 μm multimodes transverses, émettant une puissance optique de 1 à 2 W. Cette cavité laser comprend deux miroirs R_1 et R_2 ; de préférence le miroir R_1 est très réfléchissant, par exemple de l'ordre de 30 80% et le miroir R_2 est non réfléchissant ou faiblement

réfléchissant, par exemple de l'ordre de quelques % voire même inférieur.

L'élément d'optique guidée 3 se compose pour l'essentiel de trois parties :

- 5 • une zone G_1 de guidage d'entrée comportant un miroir concave 7, la concavité du miroir est définie au moins dans le plan de guidage yz de la zone d'entrée,
- 10 • une zone de sortie G_3 comprenant au moins un microguide 9 et
- 15 • une zone G_2 de guidage planaire d'adaptation entre la zone d'entrée G_1 et le microguide 9, la zone de guidage d'entrée étant apte à recevoir le faisceau optique 5 émis par la cavité et à le transmettre, via le miroir concave, à la zone de guidage d'adaptation, cette dernière étant apte à le guider vers le microguide 9 qui est associé à au moins une sortie optique S_1 de la source.

20 Cet élément d'optique guidée est réalisé avantageusement en optique intégrée à partir d'un substrat 23 monocouche ou multicouche dans lequel sont formées la zone d'entrée, la zone d'adaptation et la zone de sortie. A titre d'exemple préféré, le substrat
25 est un substrat en verre et les guides et microguides de cet élément sont réalisés par les techniques d'échanges d'ions dans le verre.

30 Sur cette figure ainsi que sur les suivantes le plan de guidage est le même pour les différentes parties de la source, étant bien entendu que lorsque les guides sont plus ou moins enterrés, le

plan de guidage des différentes parties, voire même le plan de guidage dans chaque partie, peut être dans des plans distincts.

Dans un souci de simplification sur ces figures, on n'a représenté que le cœur des guides.

Dans ce mode de réalisation, la zone d'entrée G_1 comprend un guide planaire, référencé 25. Ce guide s'étend sur l'ensemble de la longueur L_1 de la zone G_1 , et s'élargit suivant l'axe y avantageusement de l'entrée du guide à son extrémité qui est associé au miroir concave 7.

La forme divergente du guide planaire permet au faisceau lumineux 5a issu de la cavité laser, de se propager librement dans la zone G_1 et d'obtenir une cavité laser étendue stable.

Bien entendu, le guide planaire peut avoir une toute autre forme du moment que ses dimensions suivant l'axe y sont supérieures aux dimensions suivant le même axe du faisceau optique guidé 5a, dans G_1 .

Dans la zone G_1 , le faisceau optique présente un ou quelques modes élargis dans le plan yz .

La concavité du miroir est définie dans le plan yz . L'axe de symétrie du miroir, dans ce plan correspond à l'axe z qui est la direction de propagation du faisceau lumineux.

Ce miroir concave permet de réaliser une cavité laser étendue. Il transmet le faisceau lumineux 5a issu de la cavité laser 1 et guidé par le guide planaire 25 de la zone d'entrée. Ce miroir est partiellement réfléchissant. Sa réflectivité est par exemple de quelques % à quelques dizaines de %.

Le miroir peut être utilisé également comme un filtre, par exemple de longueurs d'onde, de façon que le miroir 7 ne transmette à la zone G_2 qu'un faisceau lumineux 5b avec une ou plusieurs longueurs d'onde sélectionnées.

Ce miroir est réalisé avantageusement par une variation locale d'indice effectif du guide planaire 25.

La zone de guidage d'adaptation G_2 qui est relié optiquement au guide planaire 25 par le miroir concave, a pour but de focaliser le faisceau optique spatialement élargi dans le microguide 9.

Cette zone G_2 d'adaptation est réalisée par un guide planaire 27 dont la largeur selon l'axe y diminue de la zone G_1 à la zone G_3 , jusqu'à avoir la même largeur que celle du microguide 9 auquel il est relié optiquement.

De préférence la convergence du guide planaire 27, de G_1 au microguide 9 est réalisée de façon adiabatique pour minimiser les pertes optiques dans le guide.

Cette convergence en forme d'entonnoir du guide planaire 27 (appelé Taper en terminologie anglo-saxonne) est au moins dans le plan de guidage yz du guide. La longueur de cette zone G_2 est L_2 . Elle est déterminée de façon à permettre de concentrer la puissance lumineuse du faisceau lumineux transmis par le miroir, dans le microguide 9.

Enfin, la dernière zone G_3 présente une longueur L_3 et comporte au moins un microguide 9 qui permet d'amener le faisceau lumineux issu de la zone

d'adaptation, à une sortie S_1 de l'élément d'optique guidée.

La sortie S_1 peut-être, comme représenté sur cette figure, sur une face du substrat 23, 5 perpendiculaire à l'axe z , mais elle pourrait être également sur une autre face de ce substrat.

Entre la cavité 1 et l'élément 3, dans l'exemple de la figure 1, le faisceau lumineux 5 se propage sur une distance D dans une zone d'espace 10 libre. Le milieu traversé par le faisceau optique est donc composé du milieu de la cavité 1 qui correspond pour l'essentiel à celui du matériau laser, du milieu de la zone en espace libre (généralement de l'air) et du milieu formé par le guide planaire 25 de la zone 15 d'entrée.

Comme on l'a vu précédemment, pour que la source laser de l'invention soit optiquement stable, c'est-à-dire qu'elle établisse au moins un mode optique stable, le rayon de courbure R du miroir concave doit 20 être supérieur à la longueur optique L de la source définie par la relation $L = n_c.L_c + n_e.D + n_1.L_1$ où n_c , n_e sont les indices de réfraction respectivement du matériau de la cavité laser et du milieu de la zone d'espace libre intercalé entre la cavité et l'élément 25 d'optique guidé et n_1 est l'indice effectif du guide planaire 25, et L_c , D , L_1 sont respectivement les longueurs de la cavité 1, de la zone d'espace libre située entre la cavité et l'élément d'optique guidé, et de la zone G_1 d'entrée.

30 La longueur L_c est donnée par le fabricant de la cavité laser 1 et se situe en général entre 100 à

1000 μm . A titre d'exemple, on peut prendre une diode laser de longueur d'onde d'émission $\lambda = 980 \text{ nm}$, de largeur de ruban 100 μm , de longueur $L_c = 1000 \text{ }\mu\text{m}$ et d'indice de réfraction $n_c = 3,3$.

5 La longueur L_1 peut-être plus ou moins importante. Dans certains cas, le miroir concave peut même être disposé directement en entrée de l'élément optique, ce qui réduit la longueur de la zone d'entrée à la flèche h du miroir concave. Cette longueur L_1 doit
10 être telle que $L_1 + L_2$ permettent un bon couplage dans le microguide. $L_1 + L_2$ sera en général supérieur à 10 000 μm .

Si on prend $L = 20\,000 \text{ }\mu\text{m}$, on prendra L_1 par exemple égal à 10 000 μm pour un substrat de verre dont l'indice effectif du guide est $n_1 = 1,51$ et une distance D
15 égal à par exemple à 10 μm , lorsque la zone en espace libre est de l'air d'indice de réfraction 1.

Les dimensions du miroir concave 7, sont déterminées de façon que le diamètre $2.w_0$ du faisceau optique 5 sur le miroir plan R_1 (w_0 étant le rayon dudit
20 faisceau) soit supérieur à la largeur du ruban de la cavité 1. A titre d'exemple pour un ruban de 100 μm , on a $w_0 > 50 \text{ }\mu\text{m}$: on choisira par exemple $w_0 = 60 \text{ }\mu\text{m}$.

La valeur w_0 est liée à R et L par la relation : $w_0^2 = \lambda / \pi [L.(R-L)]^{1/2}$ où λ est la longueur
25 d'onde considérée du faisceau lumineux.

De cette relation et de l'inégalité $R > L$, on en déduit R supérieur ou égal à 50 000 μm .

A titre d'exemple, on prendra R compris entre 50 000 à 60 000 μm et $L = 20\,000 \text{ }\mu\text{m}$.

Par ailleurs, pour déterminer le diamètre d du miroir 7, on détermine la dimension 2w du faisceau lumineux sur ledit miroir à partir de la relation :

$$w^2 = \frac{\lambda R}{\pi} [L / (R-L)]^{1/2}$$

5 où λ est la longueur d'onde considérée du faisceau lumineux.

Avec les valeurs de R et L données ci-dessus, on obtient w supérieur environ à 80 μm (voire 100 μm)

10 Le diamètre d du miroir doit être supérieur à 2w. On prendra donc par exemple d supérieur ou égal à 200 μm .

Enfin, pour que la flèche h du miroir soit réalisable, on choisira par exemple, $h > 1 \mu\text{m}$. La
15 flèche du miroir est liée au diamètre d et au rayon de courbure R de ce dernier par la relation suivante : $h / R = 1 - (1 - d^2/4R^2)^{1/2}$. A partir de l'approximation $h / R = d^2/8R$, on prendra par exemple $d = 600$ à $800 \mu\text{m}$ pour R supérieur ou égal à $50\,000 \mu\text{m}$ et h environ 1 μm .

20 La figure 2 est une variante dans le plan xz du premier mode de réalisation présentant, dans l'espace libre situé entre la cavité laser 1 et l'élément d'optique guidé 3, des moyens de focalisation
15.

25 Ces moyens de focalisation sont réalisés par exemple par des moyens de collimation, ils permettent d'optimiser le couplage entre la cavité laser et l'entrée de l'élément 3, au moins dans le plan xz perpendiculaire au plan de guidage.

En effet, le faisceau 5 issu de la cavité laser est en général fortement divergent suivant l'axe x et plus faiblement divergent suivant l'axe y. Il est donc particulièrement avantageux de focaliser le
5 faisceau dans le plan xz.

Ces moyens de focalisation sont réalisés par exemple par une lentille de type cylindrique, sphérique, par une micro-lentille ou encore par une fibre à gradient d'indice. Un traitement anti-reflet
10 des moyens de focalisation peut-être réalisé pour éviter de former des cavités optiques parasites avec la cavité laser.

La figure 3 représente schématiquement en coupe un deuxième mode de réalisation de la source de
15 l'invention.

Dans ce mode, la cavité laser est disposée directement sur une des parois parallèles au plan xy de l'élément d'optique guidée au niveau de la zone G₁ de guidage d'entrée. Un tel assemblage peut être obtenu
20 par toutes les techniques d'assemblage classiques.

Dans ce mode de réalisation, il n'existe pas d'espace libre entre la cavité et la zone de guidage d'entrée. La longueur L correspond alors à $n_c.L_c + n_1.L_1$ et est égal par exemple également à
25 20 000 μm .

La figure 4 représente schématiquement en coupe une source laser selon l'invention à plusieurs sorties optiques.

Pour cela, la zone G₃ comporte deux
30 coupleurs 31, 33 disposés respectivement de part et d'autre du microguide 9 de sorte que la source comporte

trois sorties : la sortie S_1 du microguide 9, la sortie S_2 du coupleur 31 et la sortie S_3 du coupleur 33. Les coupleurs 31, 33 sont réalisés par des microguides dans le substrat 23.

5 Sur la figure 4, à titre d'exemple, la sortie S_1 est située sur une paroi de l'élément 3, parallèle au plan xy tandis que les sorties S_2 et S_3 se situent sur des parois distinctes entre elles et parallèles au plan xz. Bien entendu les sorties S_1 , S_2 ,
10 S_3 peuvent être disposées différemment et en particulier être toutes sur une des parois du substrat.

La figure 5 représente schématiquement une variante de la figure 4 dans laquelle pour avoir trois sorties S_1 , S_2 et S_3 , la zone G_3 comporte un diviseur 35
15 de 1 vers 3 relié au microguide 9. A titre d'exemple, sur cette figure les trois sorties S_1 , S_2 , S_3 se situent sur une même paroi parallèle au plan yx de l'élément. Bien entendu, d'autres configurations peuvent être réalisées.

20 Il existe de nombreuses façons d'obtenir le miroir concave de l'invention par une variation de l'indice effectif du guide 25. Les figures 6a à 6e illustrent en coupe selon un plan xz, cinq exemples de miroirs concaves utilisables dans l'invention.

25 Dans la figure 6a, cette variation d'indice est obtenue par une gravure 61 localisée du substrat 23 au-dessus du guide planaire 25 de la zone d'entrée. Cette gravure permet d'obtenir une cavité concave remplie par le milieu ambiant en général de
30 l'air. Cette cavité présente dans le plan yz non représenté sur cette figure un rayon de courbure R et

un diamètre d tels que définis précédemment. A titre d'exemple, cette cavité présente une profondeur de quelques 100 nm et une largeur dans le plan xz de quelques μm .

5 Le miroir 7 est donc formé par cette cavité 61 et la partie du guide 25 dans laquelle la cavité induit cette variation d'indice.

 Dans la figure 6b, cette variation d'indice est obtenue par un dépôt local d'au moins une couche 63
10 sur le substrat au-dessus du guide planaire 25. Ce dépôt présente dans le plan yz (non représenté) un rayon de courbure R et un diamètre d tels que définis précédemment.

 Pour un substrat en verre, le dépôt 63 est
15 par exemple de la silice, un métal ou encore un polymère de quelques 100 nm à quelques 10 μm d'épaisseur et une largeur dans le plan xz de quelques μm .

 Le miroir 7 est donc formé par cette couche
20 63 et la partie du guide 25 dans laquelle la couche induit cette variation d'indice.

 Dans la figure 6c, cette variation d'indice est obtenue par un enterrage 65 local du guide planaire 25 dans le substrat. Cet enterrage 65 présente dans le
25 plan yz (non représenté) un rayon de courbure R et un diamètre d tels que définis précédemment.

 Cet enterrage est obtenu par exemple dans le cas d'un substrat de verre avec un guide réalisé par la technique d'échanges d'ions par une diffusion
30 localisée à travers un masque, par exemple d'aluminium.

Le miroir 7 est donc formé par la partie du guide 25 dans laquelle l'enterrage local induit cette variation d'indice.

Dans la figure 6d, cette variation d'indice
5 est obtenue par un réseau de Bragg 67 dans le substrat au-dessus du guide planaire 25. Ce réseau peut comporter quelques périodes à quelques centaines de périodes. Sur cette figure, le réseau 67 comporte trois périodes comportant des gravures 69 formés dans le
10 substrat. Ce réseau comme décrit ci-dessus présente dans le plan yz (non représenté) un rayon de courbure R et un diamètre d tels que définis précédemment. Ce réseau est gravé dans le substrat, soit par des techniques classiques de photolithographie et de
15 gravure, soit par une photo-inscription directe lorsque le substrat est photosensible.

A titre d'exemple, la période du réseau $p = \lambda / 2.n_1$, aussi pour un guide d'indice $n_1 = 1,5$ et $\lambda = 980$ nm, on obtient $p = 325$ nm. La profondeur des
20 gravures est par exemple de quelques 10 à quelques 100 nm et la largeur dans le plan xz de ces gravures est par exemple de $p/2$.

Le miroir 7 est donc formé par ce réseau 67 et la partie du guide 25 dans laquelle le réseau induit
25 cette variation d'indice.

Enfin, la figure 6e représente un miroir 7 obtenu par un échange d'ions localisé dans le substrat. Ainsi, après réalisation du guide 25 dans le substrat, par exemple par une étape préalable d'échange d'ions,
30 l'échange d'ions localisé est obtenu par l'utilisation d'un bain contenant par exemple des ions Ag^+ pour un

substrat en verre contenant des ions Na^+ et d'un masque approprié de façon que l'échange d'ions soit réalisé dans une zone 70 du substrat sur une largeur dans le plan de la figure de quelques μm et avec les paramètres
5 R et d tels que définis précédemment.

Le miroir 7 est donc formé par cette zone 70 et la partie du guide 25 dans laquelle ladite zone induit cette variation d'indice.

Comme on l'a vu précédemment, la source
10 laser de l'invention permet de fournir sur une ou plusieurs sorties des faisceaux lumineux monomodes ou peu multimodes et peut présenter une forte puissance. De ce fait, la source de l'invention s'applique dans de nombreux domaines et notamment comme pompe pour des
15 amplificateurs optiques ou pour des lasers à fibres ou solides ou encore comme source laser d'usinage et/ou marquage de matériaux.

REVENDICATIONS

1. Source laser comportant :

5 - une cavité laser (1) apte à émettre un faisceau optique (5),

 - un élément d'optique guidée (3) présentant dans un substrat:

10 • une zone (G_1) de guidage d'entrée comportant un miroir concave au moins dans un plan de guidage de la zone d'entrée, de façon à réaliser avec la cavité laser une cavité laser étendue,

15 • une zone (G_3) de sortie comprenant au moins un microguide (9) associé à au moins une sortie (S_1) optique de la source, et

20 • une zone (G_2) de guidage planaire d'adaptation entre la zone d'entrée et le microguide, la zone de guidage d'entrée étant apte à recevoir le faisceau optique émis par la cavité et à le transmettre à la zone de guidage d'adaptation qui est apte à le guider vers le microguide.

25 2. Source laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que la cavité laser est une diode laser comportant au moins un miroir plan (R_1).

30 3. Source laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que la cavité laser (1) est disposée directement sur l'élément (3) d'optique guidée au

niveau de la zone (G_1) de guidage d'entrée de cet élément.

4. Source laser selon la revendication 1,
5 caractérisée en ce que la cavité laser (1) est séparée de la zone d'entrée de l'élément (3) d'optique guidée par une zone d'espace libre.

5. Source laser selon la revendication 4,
10 caractérisée en ce que la source comporte en outre des moyens de focalisation situés entre la cavité (1) et la zone d'entrée de l'élément (3) d'optique guidée, ces moyens étant aptes à focaliser le faisceau optique émis par la cavité laser dans la zone de guidage d'entrée,
15 au moins, dans un plan perpendiculaire au plan de guidage de ladite zone.

6. Source laser selon la revendication 1,
caractérisée en ce que l'élément d'optique guidée (3)
20 est réalisé à partir d'un substrat en verre.

7. Source laser selon la revendication 1,
caractérisée en ce que la zone de guidage d'entrée comporte un guide planaire (25) reliée à la zone de
25 guidage d'adaptation (G_2) par le miroir concave (7).

8. Source laser selon la revendication 7,
caractérisée en ce que le miroir concave (7) est
réalisé par une variation locale d'indice effectif du
30 guide planaire de la zone de guidage d'entrée.

9. Source laser selon la revendication 8, caractérisée en ce que ladite variation d'indice effectif est réalisée par une cavité dans le substrat, au-dessus du guide planaire, ou par un dépôt local d'au
5 moins une couche sur le substrat, au-dessus du guide planaire, ou par un enterrage local du guide planaire, ou par un échange d'ions localisé dans le substrat au-dessus du guide planaire, ou encore par un réseau de Bragg dans le substrat au-dessus du guide planaire

10

10. Source laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que le miroir concave est apte à filtrer en longueurs d'onde le faisceau optique.

15

11. Source laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que la zone de guidage d'adaptation comprend un guide planaire (27) en forme d'entonnoir.

20

12. Source laser selon la revendication 11, caractérisée en ce que le guide planaire en forme d'entonnoir de la zone de guidage d'adaptation est adiabatique.

25

13. Source laser selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre au moins un diviseur (35) à une entrée et à n sorties, dans la zone (G_3) de sortie de l'élément, ledit diviseur étant relié en entrée au microguide (9) de sorte que les n sorties du diviseur forment n sorties de la source.

30

14. Source laser selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comporte en outre x

coupleurs dans la zone (G_3) de sortie de l'élément, chaque coupleur (31, 33) étant associé au microguide de sorte que respectivement le microguide et chacun des coupleurs forment une sortie (S_1, S_2, S_3) de la source.

5

15. Source laser selon la revendication 1, caractérisée en ce que le miroir concave présente un rayon de courbure R supérieur ou égal à une longueur optique de la source définie par $L = n_c.L_c + n_e.D + n_1.L_1$ où n_1 est l'indice effectif de la zone de guidage d'entrée et n_c, n_e sont les indices de réfraction respectivement du matériau de la cavité laser et du milieu de la zone d'espace libre intercalé entre la cavité et l'élément d'optique guidé et L_c, D, L_1 sont respectivement les longueurs de la cavité, de la zone d'espace libre située entre la cavité et l'élément d'optique guidé, et de la zone d'entrée.

16. Source laser selon la revendication 15, caractérisée en ce que les caractéristiques géométriques du miroir concave (7) sont définis dans le cas de l'utilisation d'une cavité laser à ruban, par les égalités et inégalités suivantes :

25

- $W_0^2 = \frac{\lambda}{\pi} [L.(R-L)]^{\frac{1}{2}}$ et $2W_0 > l_r$
- $w^2 = \frac{\lambda R}{\pi} [L / (R-L)]^{\frac{1}{2}}$
- $R > L$
- $L = n_c.L_c + n_e.D + n_1.L_1$
- $H / R = 1 - (1 - d^2/4R^2)^{\frac{1}{2}}$
- $d > 2w$

où λ est la longueur d'onde considérée du faisceau lumineux, w_0 est le rayon dudit faisceau sur un miroir plan de la cavité, l_r est la largeur du ruban de la cavité laser, R le rayon de courbure du miroir concave, L la longueur optique de la source, w le rayon du faisceau lumineux sur le miroir concave, h la flèche dudit miroir concave dans le plan de guidage, d le diamètre de ce miroir.

1 / 3

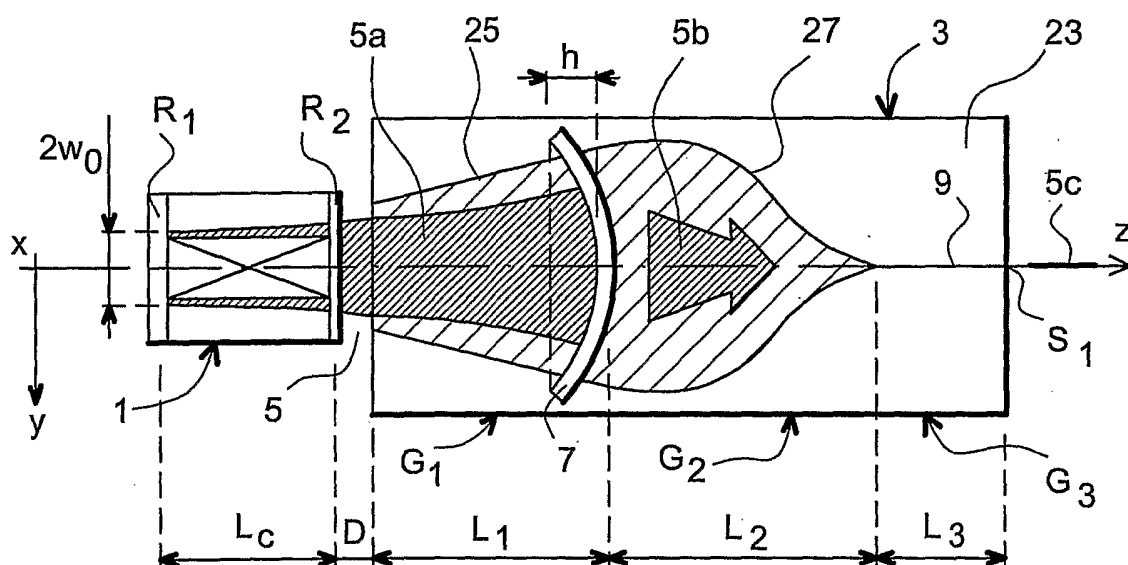


FIG. 1

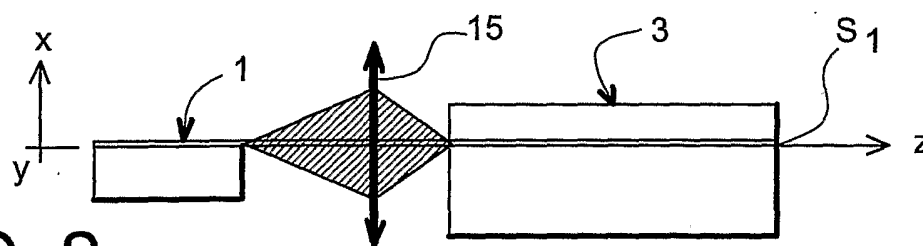


FIG. 2

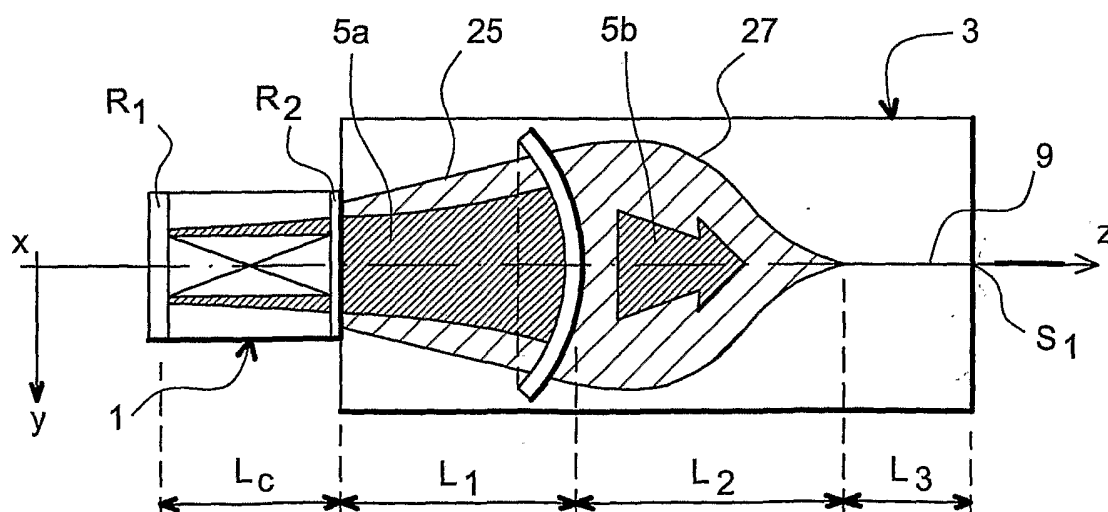


FIG. 3

2 / 3

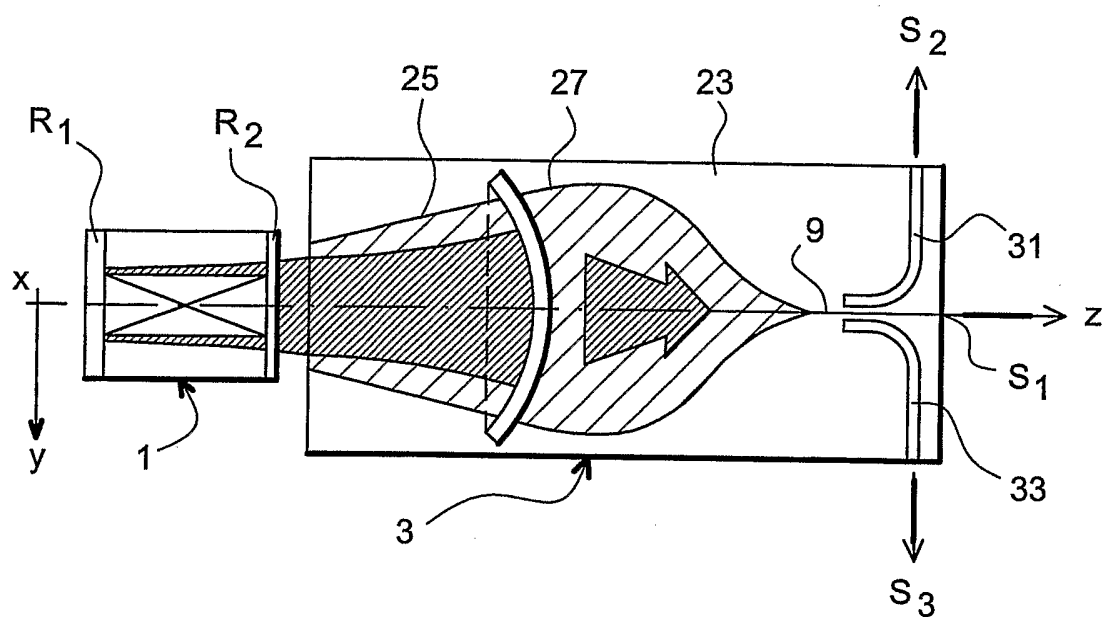


FIG. 4

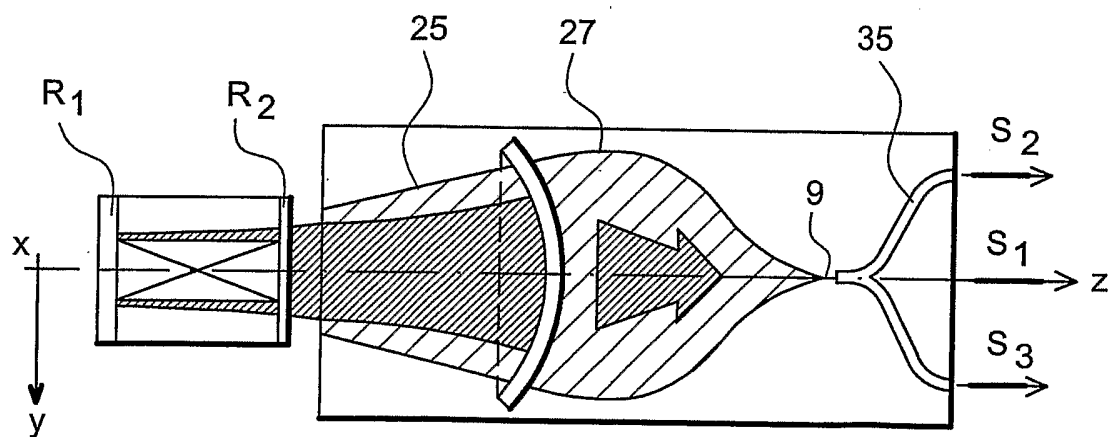


FIG. 5

3 / 3

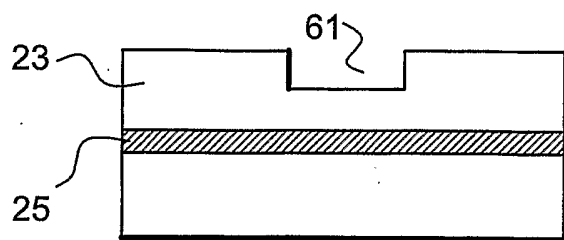


FIG. 6a

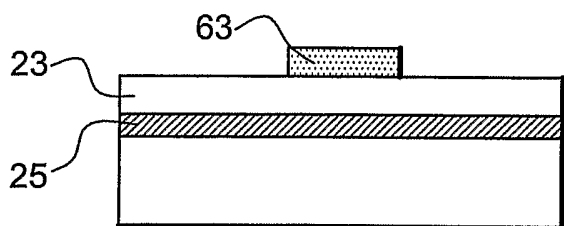


FIG. 6b

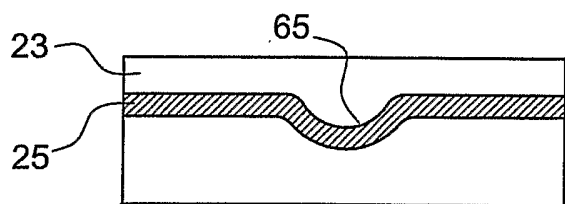


FIG. 6c

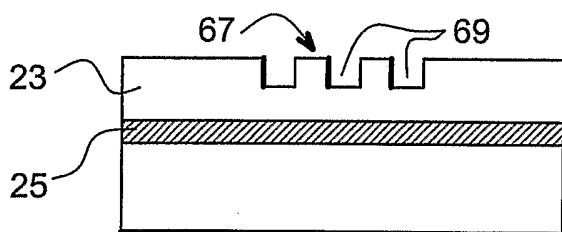


FIG. 6d

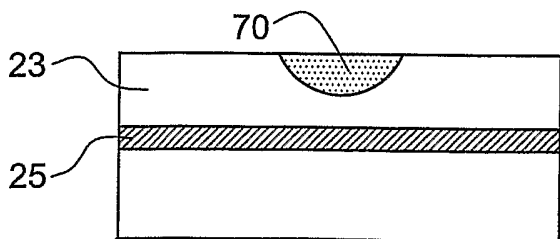


FIG. 6e