

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 020 188

②1 N° d'enregistrement national : 14 53541

⑤1 Int Cl⁸ : H 01 S 5/10 (2013.01)

①2 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 18.04.14.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.10.15 Bulletin 15/43.

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 :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES — FR.

⑦2 Inventeur(s) : DUAN GUANG-HUA.

⑦3 Titulaire(s) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE ET AUX ENERGIES ALTERNATIVES.

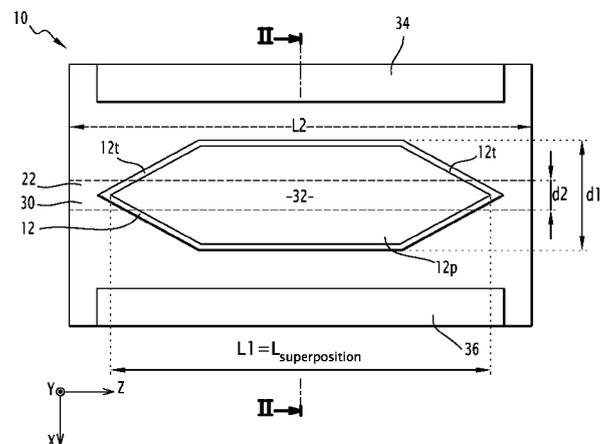
⑦4 Mandataire(s) : CABINET LAVOIX Société par actions simplifiée.

⑤4 SOURCE LASER.

⑤7 L'invention concerne une source laser (10) comprenant :

- un premier guide d'ondes (12) présentant une première étendue, dite première longueur (L_1), le long de la direction longitudinale (Z),

- un deuxième guide d'ondes (22) distinct du premier guide d'ondes (12) et s'étendant parallèlement au premier guide d'ondes (12), le deuxième guide d'ondes (22) présentant une portion (30) superposée avec le premier guide d'ondes (12) le long d'une direction d'empilement (Y) perpendiculaire à la direction longitudinale (Z), la portion (30) présentant une deuxième étendue le long de la direction longitudinale (Z) dite longueur de superposition ($L_{\text{superposition}}$), la longueur de superposition ($L_{\text{superposition}}$) étant supérieure à 90% de la première longueur (L_1).



FR 3 020 188 - A1



Source laser

La présente invention concerne une source laser.

5 L'invention se situe dans le domaine de l'intégration hétérogène de sources lasers sur une structure optique intégrée. De telles intégrations trouvent des applications dans les télécommunications optiques utilisant les composants de la photonique intégrée. La photonique intégrée s'est développée sur des substrats comme le verre, le silicium ou les matériaux III-V. On rappelle qu'un semi-conducteur de type « III - V » est un semi-conducteur composite fabriqué à partir d'un ou plusieurs éléments de la colonne III du tableau périodique des éléments (bore, aluminium, gallium, indium, ...) et d'un ou plusieurs éléments de la colonne V ou pnictogènes (azote, phosphore, arsenic, antimoine ...). L'intégration photonique sur silicium présente des nombreux avantages tels que la possibilité d'intégrer un grand nombre d'éléments sur la même puce, et la possibilité d'intégrer à la fois des composants optiques et des composants électroniques.

15 Toutefois, il n'existe pas encore de source laser monolithique efficace sur silicium. Pour pallier ce problème, des intégrations hétérogènes de source laser utilisant des matériaux III-V sur un substrat silicium ont été développées.

Pour cela, il est connu de l'article de Hyundai Park et al. intitulé « Device and Integration Technology for Silicon Photonics Transmitters » issu de la revue IEEE journal of selected topics for quantum electronics, volume 17, numéro 3 paru en mai/juin 2011 et de l'article de M. Lamponi et al. intitulé « Low-threshold heterogeneously integrated InP/SOI laser with a double adiabatic taper coupler » issu de la revue IEEE Photonics Technology Letters, volume 24, pages 76 à 78 paru en 2012 des sources laser de ce type.

25 Toutefois, les rendements énergétiques, définis comme le rapport entre la puissance optique émise produite et la puissance électrique consommée, de ces structures sont insuffisants.

Il existe donc un besoin pour une source laser présentant un meilleur rendement.

30 A cet effet, l'invention a pour objet une source laser comprenant un premier guide d'ondes s'étendant selon une direction longitudinale, le premier guide d'ondes formant un guide d'ondes laser présentant une première étendue, dite première longueur, le long de la direction longitudinale, et un deuxième guide d'ondes distinct du premier guide d'ondes et s'étendant parallèlement au premier guide d'ondes, le deuxième guide d'ondes présentant une portion superposée avec le premier guide d'ondes le long d'une direction d'empilement perpendiculaire à la direction longitudinale, la portion présentant une 35 deuxième étendue le long de la direction longitudinale dite longueur de superposition, la

longueur de superposition étant supérieure à 90% de la première longueur, de préférence supérieure à 95% de la première longueur et préférentiellement égale à la première longueur.

5 Suivant des modes de réalisation particuliers, la source laser comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prise(s) isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

10 - le premier guide d'ondes présente une première étendue, dite première largeur, le long d'une direction transversale et la portion du deuxième guide d'ondes présente une deuxième étendue, dite deuxième largeur, le long de la direction transversale, la direction transversale étant perpendiculaire à la direction d'empilement et à la direction longitudinale.

- la deuxième largeur est sensiblement constante le long de la direction longitudinale.

15 - le premier guide d'ondes comporte une couche réalisée en semi-conducteur dopé p, la deuxième largeur étant telle que le facteur de confinement de l'onde lumineuse dans la couche réalisée en semi-conducteur dopé p est inférieur à 5%, de préférence inférieur à 2% et/ou le facteur de confinement de l'onde lumineuse dans la couche comprenant des multipuits quantiques est supérieur à 1%, de préférence supérieur à 2%.

20 - la deuxième largeur est inférieure à la première largeur.

- la deuxième largeur est supérieure ou égale à 25% de la première largeur et/ou inférieure ou égale à 40% de la première largeur.

- le premier guide d'ondes est réalisé à partir d'au moins un matériau appartenant à la colonne III du tableau périodique composé avec un matériau selon la colonne V du tableau périodique.

25 - le deuxième guide d'ondes est réalisé à partir de silicium.

- le deuxième guide d'ondes comporte un réseau.

- la source laser comprend, en outre, un modulateur à électro-absorption.

30 - la source laser comprend un élément sélectif en longueur d'onde et réfléchissant la lumière choisi parmi le groupe constitué de deux résonateurs en anneau, un ensemble formée par un résonateur en anneau et un interféromètre de Mach-Zehnder et un réseau échantillonné.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui suit de modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemple uniquement et en référence aux dessins qui sont :

35 - figure 1, une vue schématique de dessus d'un exemple de source laser ;

- figure 2, une vue schématique d'une coupe de la source laser selon la ligne II-II représentée sur la figure 1 ;
- figure 3, une vue schématique de dessus d'un autre exemple de source laser ;
- figure 4, une vue schématique de dessus d'un autre exemple de source laser ;
- 5 - figure 5, une vue schématique de dessus d'un autre exemple de source laser, et
- figure 6 à 8, des représentations du résultat de simulations d'exemples de source laser selon la figure 1 en fonctionnement.

Pour la suite de la description, il est défini une direction longitudinale correspondant à une direction générale de propagation de la lumière. Il est également
10 défini une direction d'empilement perpendiculaire à la direction longitudinale et contenue dans le plan de la figure 1 et une direction transversale perpendiculaire à la direction longitudinale et à la direction d'empilement. La direction longitudinale, la direction d'empilement et la direction transversale sont respectivement symbolisées par des axes Z, Y et X sur la figure 1.

15 Dans le cadre de l'invention, il est proposé une source laser 10. Une source laser 10 (acronyme de l'anglais « light amplification by stimulated emission of radiation » ce qui se traduit en français par « amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement ») est un appareil qui produit une lumière spatialement et temporellement cohérente basée sur l'effet laser.

20 Chaque source laser 10 est un empilement de différentes couches aussi appelé « stratifié » dans le domaine de la microélectronique.

La source laser 10 comprend un premier guide d'ondes 12 s'étendant selon la direction longitudinale Z.

Le premier guide d'ondes 12 forme un guide d'ondes laser.

25 Selon l'exemple illustré par la figure 1, le premier guide d'ondes 12 est monomode. Par définition, un guide d'ondes laser monomode est un guide d'ondes propre à faire propager un unique mode laser, ce mode laser résultant d'un effet laser produit dans le guide d'ondes.

En variante, le premier guide d'ondes 12 est multimode.

30 De préférence, le premier guide d'ondes 12 est réalisé à partir d'au moins un matériau appartenant à la colonne III du tableau périodique composé avec un matériau selon la colonne V du tableau périodique. De tels matériaux sont, en effet, efficaces pour produire l'effet laser.

35 A titre d'exemple, le premier guide d'ondes 12 représenté à la figure 1 comporte successivement quatre couches : une première couche 14 en InGaAs dopé p, une

deuxième couche 16 en InP dopé p, une troisième couche 18 de multipuits quantiques et une quatrième couche 20 en InP dopé n.

La première couche 14 en InGaAs est dopée p pour le contact électrique. De même, la quatrième couche 20 en InP est dopée n pour le contact électrique.

5 La troisième couche 18 de multipuits quantiques est dédiée à l'émission laser. La troisième couche 18 comporte également plusieurs sous-couches dites « puits » et « barrières ».

10 D'autres structures pour le premier guide d'ondes 12 sont envisageables. Notamment une structure à trois couches avec une couche en semi-conducteur dopé p, une couche de multipuits quantiques et une couche en semi-conducteur dopé n peut être envisagée.

Le premier guide d'ondes 12 présente une première étendue, dite première longueur L1, le long de la direction longitudinale Z.

15 Dans le cas particulier de la figure 1, le premier guide d'ondes 12 présente deux parties d'extrémités 12t et une partie centrale 12p située entre les deux parties d'extrémités 12t. Dans ce cas, la première longueur L1 correspond à l'étendue du premier guide d'ondes 12 le long de la direction longitudinale Z située entre les deux parties d'extrémités 12t.

20 La source laser 10 comprend également un deuxième guide d'ondes 22 distinct du premier guide d'ondes 12.

Le deuxième guide d'ondes 22 s'étend parallèlement au premier guide d'ondes 12.

De préférence, le deuxième guide d'ondes 22 est réalisé à partir de silicium.

25 Par exemple, le deuxième guide d'ondes 22 comporte trois couches : une cinquième couche 24 assurant la liaison entre le deuxième guide d'ondes 22 et le premier guide d'ondes 12, une sixième couche 26 en silicium, une septième couche 28 et une huitième couche 29 formant substrat.

De préférence, la septième couche 28 est réalisée en silice.

Avantageusement, la huitième couche 29 est réalisée en silicium.

30 Le deuxième guide d'ondes 22 présente une portion 30 superposée avec le premier guide d'ondes 12 le long de la direction d'empilement Y. Cette portion 30 fait partie, selon le cas particulier de la figure 1, de la sixième couche 26.

Le deuxième guide d'ondes 22 présente une étendue le long de la direction longitudinale Z dite deuxième longueur L2. La deuxième longueur L2 est strictement supérieure à la première longueur L1. Cela s'écrit mathématiquement comme :

35
$$L2 > L1$$

5

La portion 30 présente une deuxième étendue le long de la direction longitudinale Z dite longueur de superposition $L_{\text{superposition}}$. Par définition de la portion 30, la longueur de superposition $L_{\text{superposition}}$ est inférieure ou égale à la première longueur. Cela s'écrit mathématiquement comme :

$$L_{\text{superposition}} \leq L1$$

La longueur de superposition $L_{\text{superposition}}$ est supérieure ou égale à 90% de la première longueur L1. Cela s'écrit mathématiquement comme :

$$L_{\text{superposition}} \geq \frac{90}{100} \cdot L1$$

Cela permet un meilleur couplage entre le deuxième guide d'ondes 22 et le premier guide d'ondes 12.

De préférence, pour augmenter cet effet, la longueur de superposition $L_{\text{superposition}}$ est supérieure ou égale à 95% de la première longueur L1. Cela s'écrit mathématiquement comme :

$$L_{\text{superposition}} \geq \frac{95}{100} \cdot L1$$

Préférentiellement, pour augmenter encore plus cet effet, la longueur de superposition $L_{\text{superposition}}$ est égale à la première longueur L1.

La figure 1 correspond au cas où la longueur de superposition $L_{\text{superposition}}$ est égale à la première longueur L1.

La portion 30 du deuxième guide d'ondes 22 présente une deuxième étendue, dite deuxième largeur d2, le long de la direction transversale X.

De préférence, la portion 30 du deuxième guide d'ondes 22 présente une deuxième largeur d2 sensiblement constante le long de la direction longitudinale Z. On entend par l'expression « sensiblement constante » que l'écart entre la valeur la plus faible et la valeur la plus importante pour la deuxième largeur est inférieur à 1% de la deuxième largeur d2.

Avantageusement, la portion 30 du deuxième guide d'ondes 22 présente une deuxième largeur d2 sensiblement constante le long de la direction longitudinale Z uniquement dans la partie de la portion 30 superposée avec la partie centrale 12p du premier guide d'ondes 12.

Selon un mode de réalisation préféré, la portion 30 du deuxième guide d'ondes 22 présente une deuxième largeur d2 constante le long de la direction longitudinale Z.

Lorsque le premier guide d'ondes 12 présente une couche réalisée en semi-conducteur dopé p, la deuxième largeur d2 est telle que le facteur de confinement de

6

l'onde lumineuse dans la couche p 16, dopé p est inférieur ou égal à 5%, de préférence inférieur ou égal à 2%.

Pour la source laser de la figure 1, comme les dimensions des couches considérées le long de la direction d'empilement Y sont très inférieures à la longueur d'onde optique des photons, il en résulte que les photons occupent une aire qui s'étend au-delà du premier guide d'ondes 12. Le facteur de confinement F permet de mesurer la proportion de photons effectivement dans la couche considérée. Il est défini par :

$$F = \frac{\iint |E(x, y)|^2 dx dy}{\int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} |E(x, y)|^2 dx dy}$$

En l'occurrence, la couche réalisée en semi-conducteur dopé p est la deuxième couche 16 en InP.

En effet, la deuxième couche 16 dopée p introduit des pertes optiques importantes. La diminution du facteur de confinement dans la deuxième couche 16 permet de réduire les pertes du mode optique lors de sa propagation dans le premier guide d'ondes 12.

Alternativement, la couche réalisée en semi-conducteur dopé p considérée est la première couche 14 en InGaAs.

Dans le cas particulier de la figure 1, la première couche 14 en InGaAs est relativement loin de la troisième couche 18 de sorte que le facteur de confinement F est nul.

Lorsque le premier guide d'ondes 12 présente une couche comprenant des multipuits quantiques, la deuxième largeur d2 est telle que le facteur de confinement de l'onde lumineuse dans la couche comprenant des multipuits quantiques est supérieure à 1%, de préférence supérieure à 2%. En l'occurrence, la couche comprenant des multipuits quantiques est la troisième couche 18.

De préférence, la deuxième largeur d2 n'est pas quelconque par rapport aux dimensions du premier guide d'ondes 12.

Notamment, le premier guide d'ondes 12 présente une première étendue, dite première largeur d1, le long de la direction transversale X.

Dans le cas particulier illustré par la figure 1, la première largeur d1 est définie par l'étendue de la partie centrale 12p du premier guide d'ondes 12 le long de la direction transversale X.

Plus précisément, les portions d'extrémités 12t ont une forme effilée, l'étendue le long de la direction transversale X allant en diminuant lorsque la portion d'extrémité 12t est parcourue en s'éloignant de la partie centrale 12p. Chaque portion d'extrémité 12t est ainsi une portion d'adaptation de forme effilée, souvent appelée sous la dénomination anglaise de « taper portion ».

En variante, les portions d'extrémités 12t ont une forme en trapèze.

Selon un mode de réalisation préférée, la deuxième largeur d2 de la portion 30 est modifiée le long de la direction longitudinale Z lorsque la portion 30 est superposée avec une portion d'extrémité 12t. Typiquement, la deuxième largeur d2 est diminuée pour correspondre à l'étendue de la portion d'extrémité 12t le long de la direction longitudinale Z. Cela permet de favoriser un bon transfert de la puissance guidée vers le deuxième guide d'ondes 22.

Avantageusement, après la portion 30 superposée avec la portion d'extrémité 12t, la largeur du deuxième guide d'ondes 22 augmente à nouveau, de manière à garantir un caractère monomode au deuxième guide d'ondes 22.

Dans l'exemple de la figure 1, la partie centrale 12p présente une première étendue, le long de la direction transversale X constante.

Dans les différents cas envisageables, de préférence, la première largeur est supérieure ou égale à la deuxième largeur d2. Cela s'écrit mathématiquement :

$$d2 \leq d1$$

De préférence, la deuxième largeur d2 est supérieure ou égale à 25% de la première largeur d1. Cela s'écrit mathématiquement :

$$\frac{25}{100}d1 \leq d2$$

Avantageusement, la deuxième largeur d2 est inférieure ou égale à 40% de la première largeur d1. Cela s'écrit mathématiquement :

$$d2 \leq \frac{40}{100}d1$$

Dans le cas particulier de la figure 1, la source laser 10 présente également une anode 32 et deux cathodes 34 et 36. L'anode 32 est en contact électrique avec la première couche 14. Les deux cathodes 34, 36 est en contact électrique avec la quatrième couche 20.

La source laser 10 proposée en référence aux figures 1 et 2 présente de nombreux avantages. La source laser 10 permet notamment d'envisager de multiples applications du fait de sa facilité de mise en œuvre. A titre d'illustration, trois applications

particulières en référence aux figures 3, 4 et 5 vont plus particulièrement être détaillées dans ce qui suit.

5 Selon l'exemple de la figure 3, le deuxième guide d'ondes 22 comporte un réseau 50 de sorte que la source laser 10 est un laser à rétroaction distribuée. Le réseau 50 est superposé à la partie centrale 12p et à une des deux parties d'extrémités 12t du premier guide d'ondes 22. Un laser à rétroaction distribuée est souvent dénommé laser DFB, DFB renvoyant à l'acronyme anglais de « distributed feedback ».

10 Dans ce cas, à titre illustratif, le réseau 50 comporte une structuration périodique. Un tel réseau 50 est un réseau diffractif. En l'occurrence pour le cas de la figure 3, la structuration est une alternance de zones le long de la direction longitudinale Z présentant des indices optiques différents.

Un tel réseau 50 est aisément gravé sur le deuxième guide d'ondes 22.

15 En outre, selon un mode de réalisation préféré, les dimensions du deuxième guide d'ondes 22 sont choisies pour que optimiser l'efficacité du réseau 50.

En outre, selon un autre mode de réalisation, le réseau 50 est superposé seulement avec la partie centrale 12p du premier guide d'ondes 12.

Selon l'exemple de la figure 4, la source laser 10 est similaire à celle de la figure 3. Seules les différences par rapport à la source laser 10 présentée à la figure 3 sont mises en évidence.

20 La source laser 10 présente en outre un modulateur à électro-absorption 60 formé à partir du deuxième guide d'ondes 22. Un modulateur à électro-absorption est souvent désigné par l'acronyme EAM qui renvoie à la terminologie anglaise « electro-absorption modulator ». Un tel modulateur est un dispositif semi-conducteur propre à moduler l'intensité d'un faisceau laser par l'intermédiaire d'une tension électrique. Cette modulation est relativement efficace. Son principe de fonctionnement est basé par exemple sur l'effet Starck Quantique Confiné (QCSE), soit un changement dans le spectre d'absorption du modulateur provoqué par un champ électrique appliqué. La présence du modulateur à électro-absorption 60 permet donc de disposer d'un émetteur laser 10 modulé.

25 Selon un mode de réalisation préféré, le modulateur à électro-absorption 60 et le deuxième guide d'ondes 22 sont réalisés à partir des mêmes couches obtenues par croissance épitaxiale. Cela permet de coller des vignettes ou des plaques réalisées dans un matériau de type « III-V » d'une seule et même structure épitaxiale pour le deuxième guide d'ondes 22 et le modulateur à électro-absorption 60.

30 De préférence, l'étendue du deuxième guide d'ondes 22 le long de la direction transversale X au niveau du modulateur à électro-absorption 60 est inférieure à la deuxième largeur d2 de la portion 30 sous la partie centrale du laser du deuxième guide

d'ondes 22. Cela permet d'augmenter l'efficacité de modulation du modulateur à électro-absorption 60 puisqu'une bonne efficacité de modulation par le modulateur à électro-absorption 60 suppose un fort facteur de confinement dans la troisième couche 18 de multipuits quantiques.

5 Avantageusement, l'étendue du deuxième guide d'ondes 22 le long de la direction transversale X au niveau du modulateur à électro-absorption 60 est comprise entre 5% de la deuxième largeur d2 et 60% de la deuxième largeur d2.

10 Préférentiellement, l'étendue du deuxième guide d'ondes 22 le long de la direction transversale X au niveau du modulateur à électro-absorption 60 est égale à la moitié de la deuxième largeur d2. Par exemple, l'étendue du deuxième guide d'ondes 22 le long de la deuxième direction transversale X au niveau du modulateur à électro-absorption 60 est égale 0,4 μm alors que la deuxième largeur d2 de la portion 30 du deuxième guide d'ondes 22 est égale à 0,8 μm .

15 Selon une autre variante illustrée par la figure 5, la source laser 10 est similaire à celle de la figure 4. Seules les différences par rapport à la source laser 10 présentée à la figure 4 sont mises en évidence.

 La source laser 10 comporte en outre un élément 70 sélectif en longueur d'onde et réfléchissant la lumière.

20 En l'occurrence, l'élément 70 sélectif en longueur d'onde et réfléchissant la lumière comprend deux résonateurs en anneau.

 En variante, l'élément 70 sélectif en longueur d'onde et réfléchissant la lumière est un ensemble formée par un résonateur en anneau et un interféromètre de Mach-Zehnder ou un réseau échantillonné.

25 Une telle source laser 10 présente une bonne accordabilité. L'accordabilité en longueur d'onde correspond à la capacité de modifier la longueur d'onde émise d'une source laser. Cette capacité est quantifiée par une plage d'accordabilité en longueurs d'ondes définie comme la plage en longueur d'ondes sur laquelle la source laser 10 est capable d'émettre une émission laser. La modification de la longueur d'onde est obtenue par exemple sous l'effet de l'injection d'un courant ou sous l'effet d'une élévation de

30 température. L'accordabilité permet notamment d'introduire de la souplesse dans la mise en œuvre d'un multiplexage en longueur d'onde ou de réaliser des récepteurs cohérents.

35 Pour permettre d'améliorer l'accordabilité, il est favorable que l'étendue du deuxième guide d'ondes 22 selon la direction transversale X augmente vers le modulateur à électro-absorption 60. En effet, plus l'étendue augmente, mieux le mode optique généré dans le premier guide d'ondes 12 est couplé dans le deuxième guide d'ondes 22. Il devient alors possible de réaliser un réflecteur présentant une large bande-passante par

la gravure d'un réseau de Bragg dans la zone de transition entre le deuxième guide d'ondes 22 et le modulateur à électro-absorption 60.

De plus, il est préférable que la portion 30 du deuxième guide d'ondes 22 présente une partie élargie le long de la deuxième direction transversale X . Une telle partie élargie représentée schématiquement sur la figure 5 présente une deuxième étendue le long de la deuxième direction transversale X supérieure à la deuxième largeur d_2 . Le réseau 50 est compris dans la partie élargie.

Dans ce cas la deuxième largeur d_2 est, par exemple, définie comme l'extension le long de la deuxième direction transversale X de la portion 30 du deuxième guide d'ondes 22 en dehors de la partie élargie.

En outre, la source laser 10 proposée en référence aux figures 1 et 2 présente un meilleur couplage entre le premier guide d'ondes 12 et le deuxième guide d'ondes 22. Cela est montré à l'aide des simulations illustrées par les figures 6 à 8.

Ces figures montrent un exemple de profil d'intensité calculée pour le mode laser se propageant dans la source laser 10 pour trois valeurs différentes de deuxième distance d_2 .

La figure 6 a été calculée pour une première distance d_1 de $2\ \mu\text{m}$ et une valeur de deuxième distance d_2 de $0,5\ \mu\text{m}$; la figure 7 pour une première distance d_1 de $2\ \mu\text{m}$ et une valeur de deuxième distance d_2 de $0,7\ \mu\text{m}$ et la figure 8 pour une première distance d_1 de $2\ \mu\text{m}$ et valeur de deuxième distance d_2 de $0,8\ \mu\text{m}$.

Dans le cas de la figure 6, le mode laser est confiné dans le premier guide d'ondes 12. Dans le cas de la figure 7, le mode laser se propage à la fois dans le premier guide d'ondes 12 et dans le deuxième guide d'ondes 22. Dans le cas de la figure 8, le mode laser est principalement guidé dans le deuxième guide d'ondes 22.

Ces simulations montrent que la source laser 10 simulée à la figure 8 avec le deuxième guide d'ondes 22 sous le premier guide d'ondes 12 permet un meilleur couplage entre les deux guides d'ondes 12, 22. En effet, le mode laser simulé sur la figure 7 se trouve entre les deux guides d'ondes 12, 22. Une zone de transition assez courte suffit pour coupler le mode laser simulé sur la figure 7 vers le mode confiné dans le deuxième guide d'ondes 22.

Similairement, ces simulations mettent aussi en évidence que dans le cas de la figure 7 (mode hybride avec un mode laser dans le premier guide d'ondes 12 et dans le deuxième guide d'ondes 22), une diminution des pertes grâce à une diminution du facteur de confinement dans la deuxième couche 16 est observée. Ainsi, un gain d'un facteur deux en puissance est obtenu.

Ainsi, les sources lasers 10 selon l'invention présentent un meilleur rendement tout en offrant des perspectives pour réaliser de nouveaux composants optoélectroniques.

REVENDEICATIONS

1.- Source laser (10) comprenant :

5 - un premier guide d'ondes (12) s'étendant selon une direction longitudinale (Z), le premier guide d'ondes (12) formant un guide d'ondes laser présentant une première étendue, dite première longueur (L1), le long de la direction longitudinale (Z), et

10 - un deuxième guide d'ondes (22) distinct du premier guide d'ondes (12) et s'étendant parallèlement au premier guide d'ondes (12), le deuxième guide d'ondes (22) présentant une portion (30) superposée avec le premier guide d'ondes (12) le long d'une direction d'empilement (Y) perpendiculaire à la direction longitudinale (Z), la portion (30) présentant une deuxième étendue le long de la direction longitudinale (Z) dite longueur de superposition ($L_{\text{superposition}}$), la longueur de superposition ($L_{\text{superposition}}$) étant supérieure à 90% de la première longueur (L1), de préférence supérieure à 95% de la première longueur (L1) et préférentiellement égale à la première longueur (L1).

15 2.- Source laser selon la revendication 1, dans laquelle le premier guide d'ondes (12) présente une première étendue, dite première largeur (d1), le long d'une direction transversale (X) et la portion (30) du deuxième guide d'ondes (22) présente une deuxième étendue, dite deuxième largeur (d2), le long de la direction transversale (X), la direction transversale (X) étant perpendiculaire à la direction d'empilement (Y) et à la direction longitudinale (Z).

20 3.- Source laser selon la revendication 2, dans laquelle la deuxième largeur (d2) est sensiblement constante le long de la direction longitudinale (Z).

25 4.- Source laser selon la revendication 2 ou 3, dans laquelle le premier guide d'ondes (12) comporte une couche (16) réalisée en semi-conducteur dopé p, la deuxième largeur (d2) étant telle que le facteur de confinement (F) de l'onde lumineuse dans la couche (16) réalisée en semi-conducteur dopé p est inférieur à 5%, de préférence inférieur à 2% et/ou le facteur de confinement (F) de l'onde lumineuse dans la couche (18) comprenant des multipuits quantiques est supérieur à 1%, de préférence supérieur à 2%.

30 5.- Source laser selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, dans laquelle la deuxième largeur (d2) est inférieure à la première largeur (d1).

35

6.- Source laser selon la revendication 5, dans laquelle la deuxième largeur (d2) est supérieure ou égale à 25% de la première largeur (d1) et/ou inférieure ou égale à 40% de la première largeur (d1).

5 7.- Source laser selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans laquelle le premier guide d'ondes (12) est réalisé à partir d'au moins un matériau appartenant à la colonne III du tableau périodique composé avec un matériau selon la colonne V du tableau périodique.

10 8.- Source laser selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans laquelle le deuxième guide d'ondes (22) est réalisé à partir de silicium.

9.- Source laser selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans laquelle le deuxième guide d'ondes (22) comporte un réseau (50).

15 10.- Source laser selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, comportant en outre un modulateur à électro-absorption (60).

20 11. Source laser selon les revendications 9 et 10, comprenant, en outre, un élément (70) sélectif en longueur d'onde et réfléchissant la lumière choisi parmi le groupe constitué de deux résonateurs en anneau, un ensemble formée par un résonateur en anneau et un interféromètre de Mach-Zehnder et un réseau échantillonné.

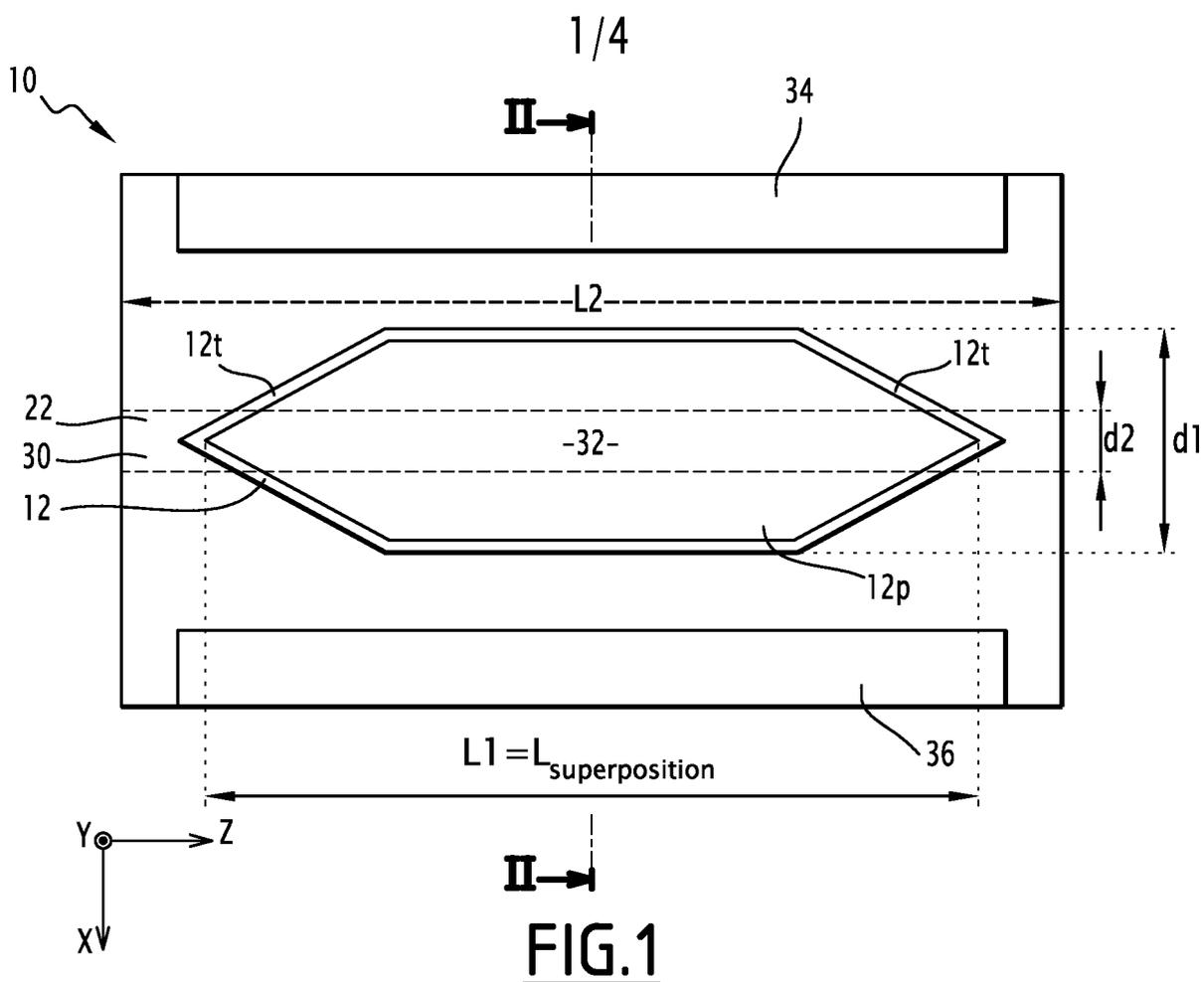


FIG. 1

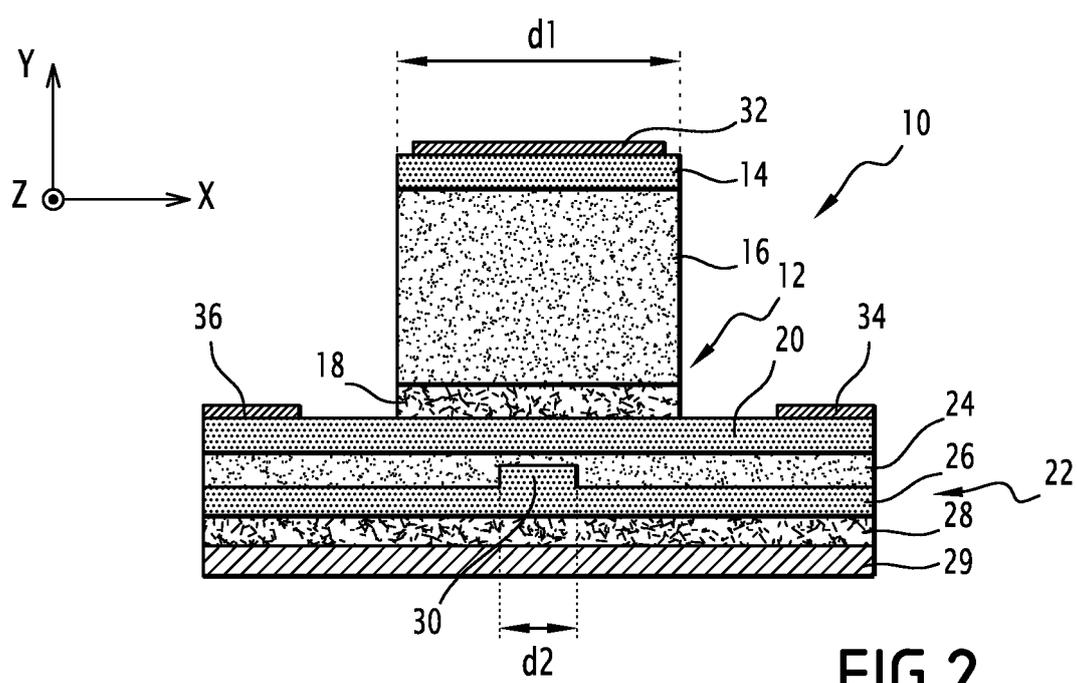
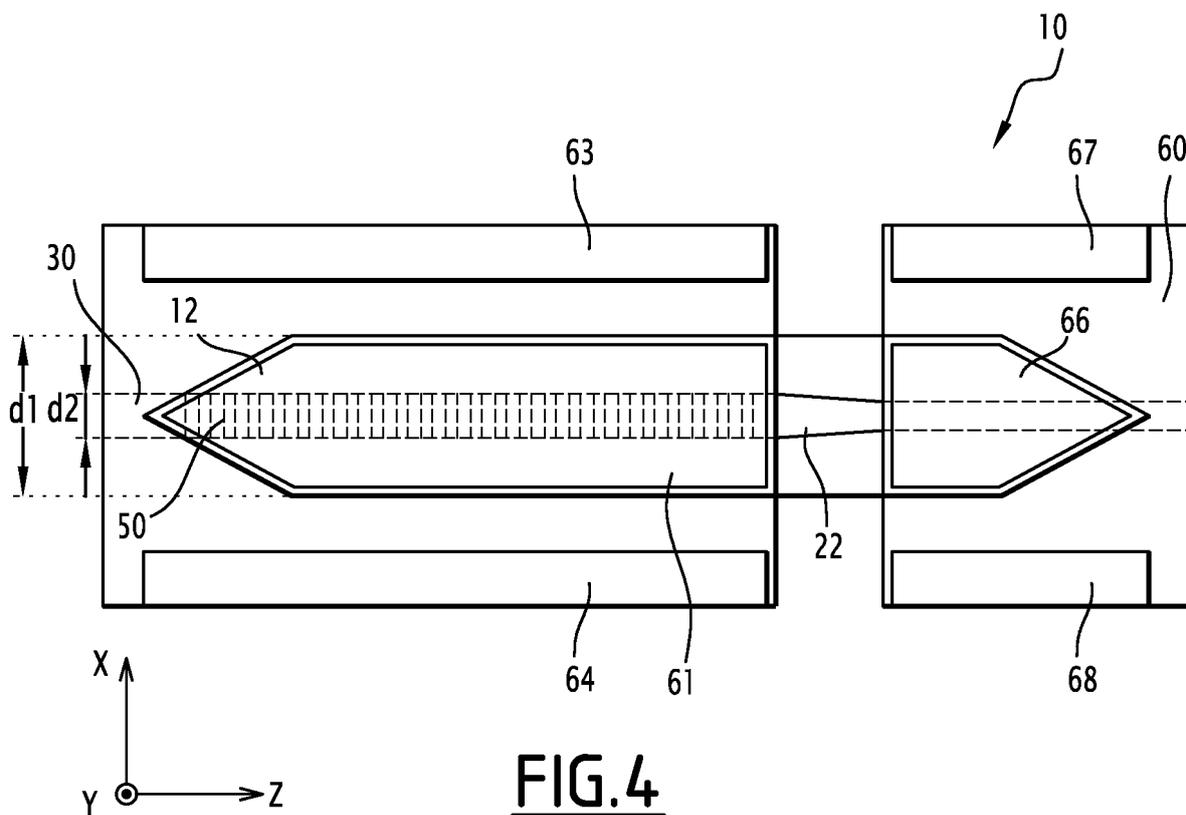
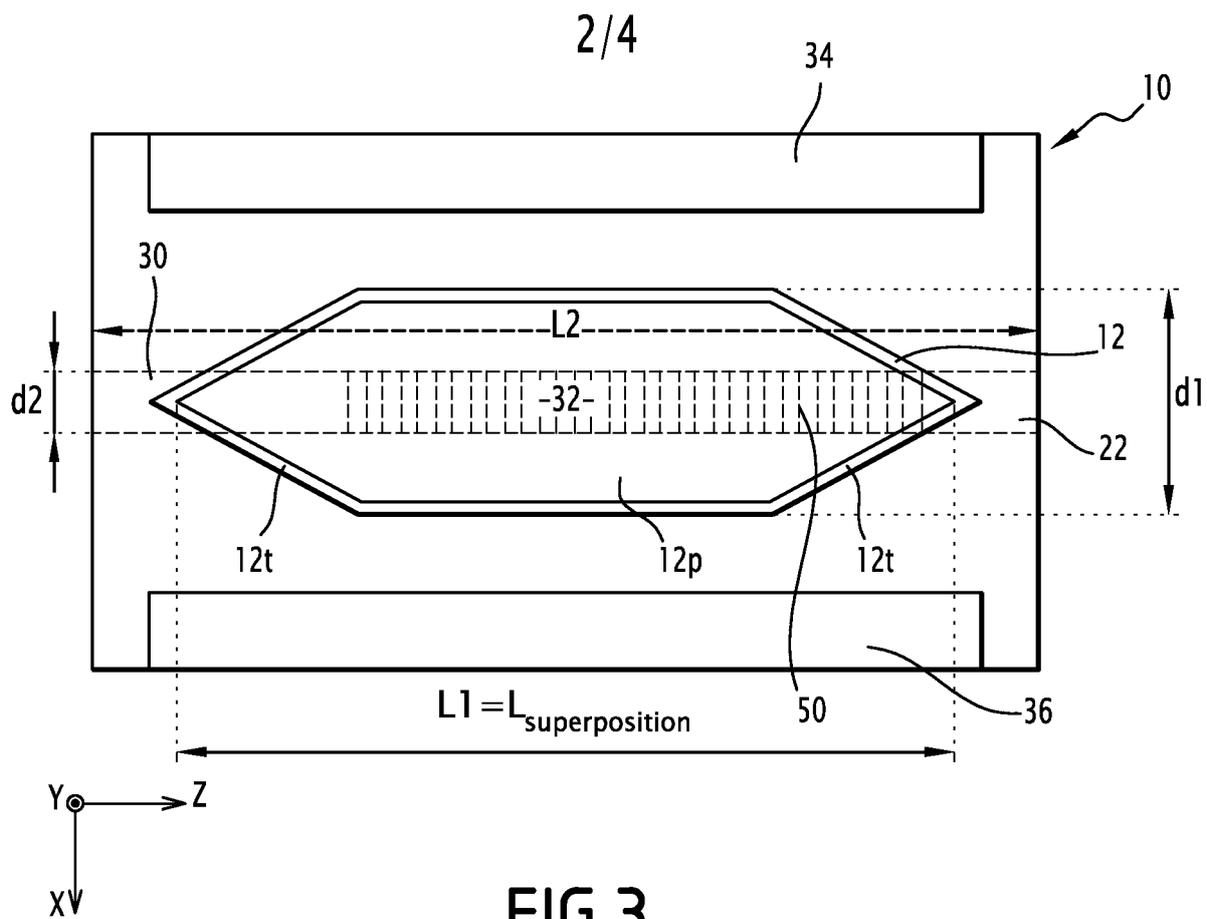
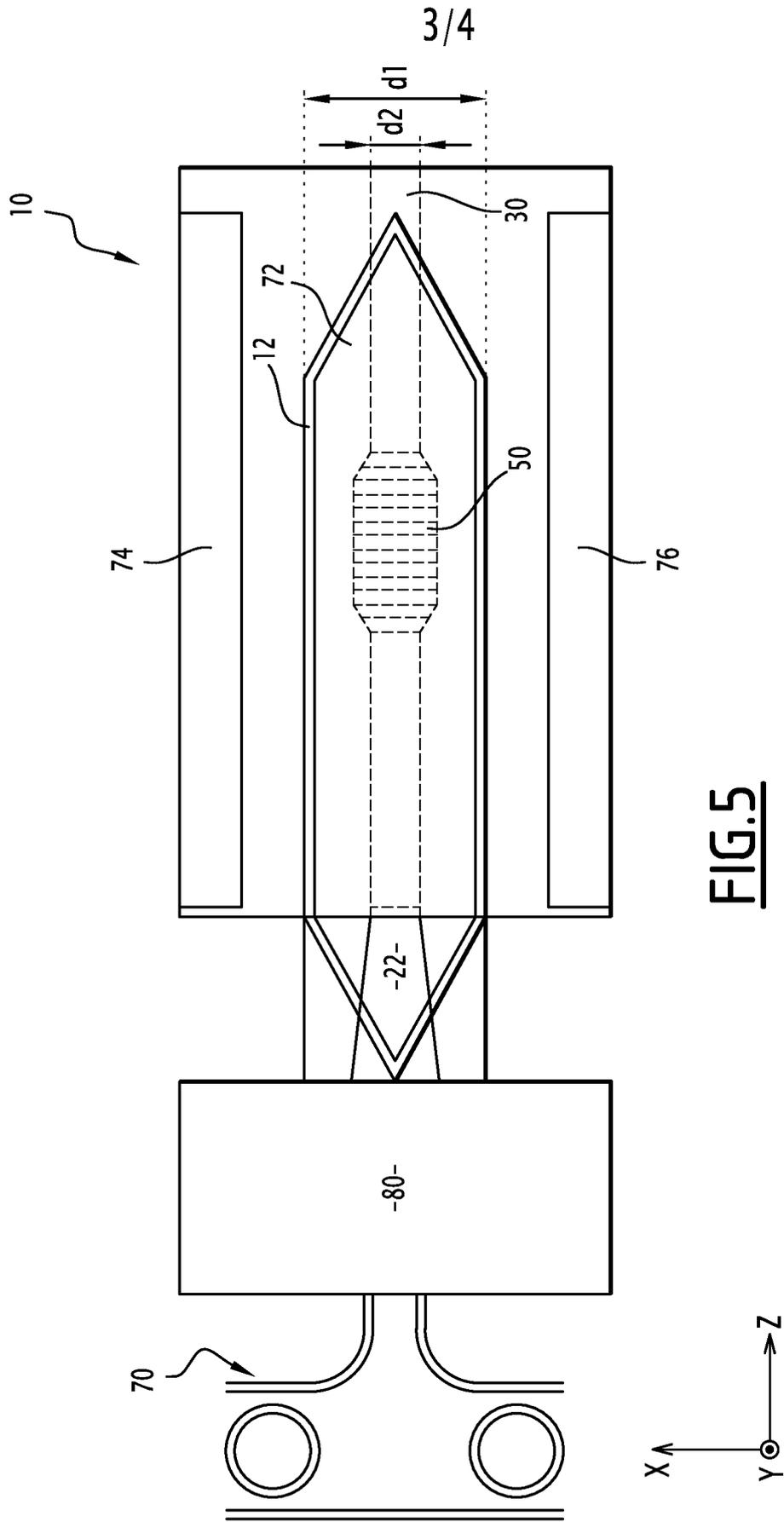
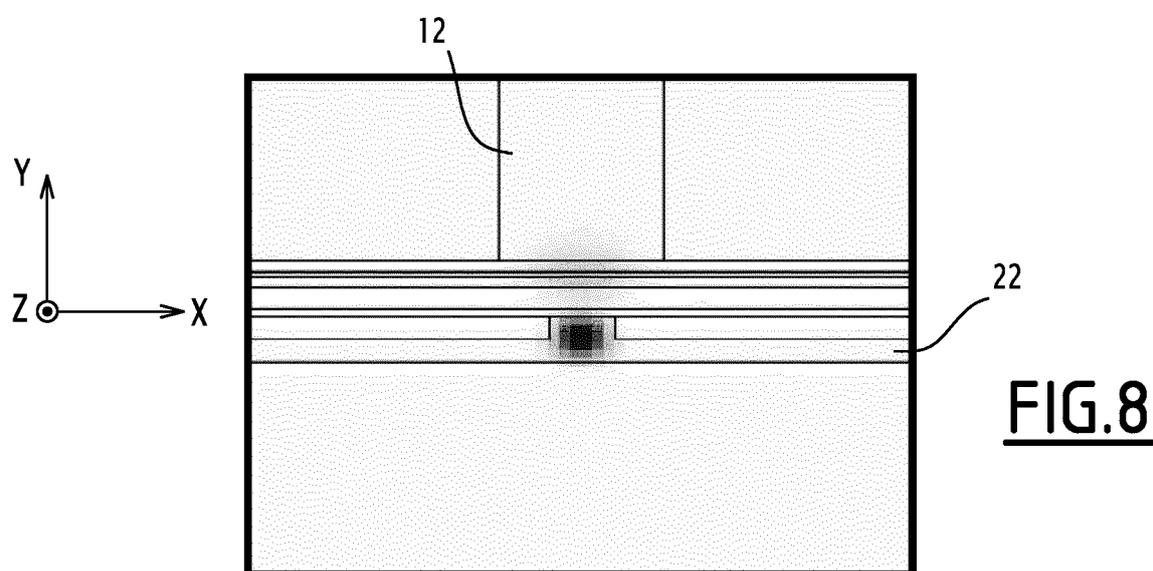
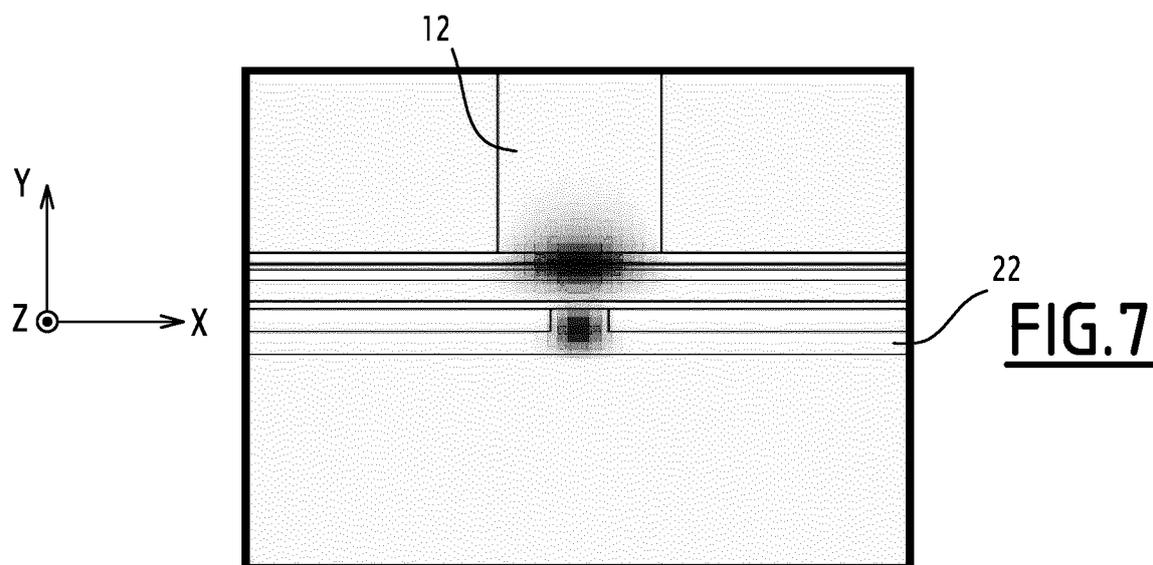
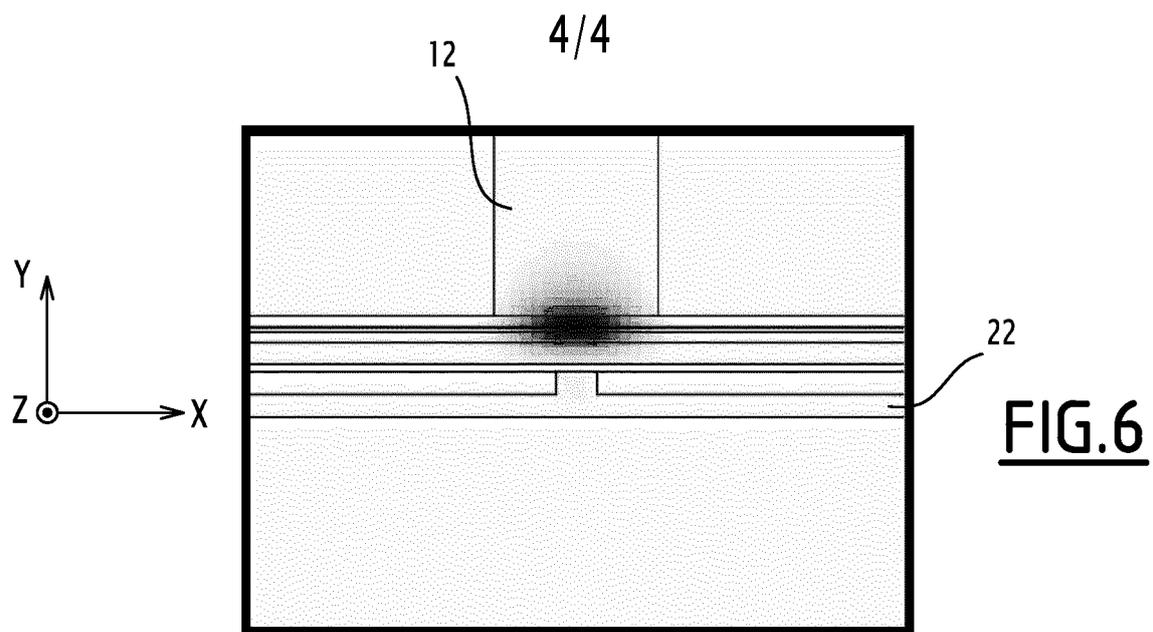


FIG. 2









**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 794439
FR 1453541

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	Alexander W Fang ET AL: "A distributed feedback silicon evanescent laser", OPTICS EXPRESS, vol. 16, no. 7 17 mars 2008 (2008-03-17), pages 4413-4419, XP055157213, Extrait de l'Internet: URL:http://optoelectronics.ece.ucsb.edu/sites/default/files/publications/J426.pdf [extrait le 2014-12-08]	1-9	H01S5/10
Y	* le document en entier *	11	
X	EP 2 544 319 A1 (ALCATEL LUCENT [FR]; THALES S A [FR]; IMEC [BE]; UNIV GENT [BE]) 9 janvier 2013 (2013-01-09) * alinéas [0012] - [0015], [0020] - [0026], [0030]; revendications 8,11,12; figures 3,4,5 *	1,2,4,5, 7-11	
X	M. LAMPONI ET AL: "Heterogeneously integrated InP/SOI laser using double tapered single-mode waveguides through adhesive die to wafer bonding", 7TH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON GROUP IV PHOTONICS, 1 septembre 2010 (2010-09-01), pages 22-24, XP055012315, DOI: 10.1109/GROUP4.2010.5643441 ISBN: 978-1-42-446344-2 * le document en entier *	1-3,5-8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01S
Y	US 2002/085595 A1 (KSENDZOV ALEXANDER [US] ET AL) 4 juillet 2002 (2002-07-04) * page 11, ligne 16 - page 14, ligne 27; revendication 22; figure 7 *	11	
	----- -/--		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 décembre 2014		Moskowitz, Pamela	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date	
autre document de la même catégorie		de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		
		& : membre de la même famille, document correspondant	

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

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

N° d'enregistrement
national

FA 794439
FR 1453541

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 2004/032886 A1 (TAGHAVI-LARIGANI SHERVIN [US] ET AL) 19 février 2004 (2004-02-19) * alinéas [0093] - [0101]; figures 4B,4C *	11	
Y	EP 2 575 220 A2 (AURRION INC [US]) 3 avril 2013 (2013-04-03) * alinéas [0026] - [0028]; figure 5 *	11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
9 décembre 2014		Moskowitz, Pamela	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1453541 FA 794439**

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 **09-12-2014**

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
EP 2544319	A1	09-01-2013	AUCUN	

US 2002085595	A1	04-07-2002	AU 2002239673 A1	16-07-2002
			US 2002085595 A1	04-07-2002
			US 2002085609 A1	04-07-2002
			WO 02054544 A2	11-07-2002

US 2004032886	A1	19-02-2004	AUCUN	

EP 2575220	A2	03-04-2013	EP 2575220 A2	03-04-2013
			US 2013083815 A1	04-04-2013
