

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 105 749**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **19 15604**
⑤1 Int Cl⁸ : **B 23 K 26/40 (2019.12), B 23 K 26/18**

①2

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 Dispositif pour traitement par laser et procédé de traitement au laser.

②2 Date de dépôt : 26.12.19.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public
de la demande : 02.07.21 Bulletin 21/26.

④5 Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 16.12.22 Bulletin 22/50.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *ALEDIA Société par actions
simplifiée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : DUPONT Tiphaine.

⑦3 Titulaire(s) : ALEDIA Société par actions simplifiée.

⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

FR 3 105 749 - B1



Description

Titre de l'invention : *Dispositif pour traitement par laser et procédé de traitement au laser*

Domaine technique

[0001] La présente description concerne de façon générale les dispositifs pour traitement au laser et les procédés de traitement au laser de tels dispositifs.

Technique antérieure

[0002] Pour certaines applications, il est souhaitable de pouvoir transférer des objets, par exemple des circuits optoélectroniques, présents sur un support initial vers un support final. Il est connu de prévoir une couche absorbante entre chaque objet et le support initial et de focaliser un faisceau laser sur chaque couche absorbante au travers du support initial, l'ablation de la couche absorbante entraînant le détachement de l'objet par rapport au support initial.

[0003] La [fig.1] est une vue en coupe, partielle et schématique, qui illustre un exemple de traitement au laser d'un dispositif 20 par un système de traitement 10.

[0004] Le système de traitement 10 comprend une source laser 12 et un dispositif optique de focalisation 14 ayant un axe optique D. La source 12 est configurée pour fournir un faisceau laser incident 16 au dispositif de focalisation 14 qui fournit un faisceau laser 18 convergent. De préférence, le faisceau laser incident 16 est sensiblement collimaté selon l'axe optique D du dispositif optique 14.

[0005] Le dispositif 20 comprend un support 22 sensiblement transparent au laser et comprenant deux faces 24 et 26 opposées, généralement parallèles et planes. Le faisceau laser 18 pénètre dans le support 22 par la face 24. Le dispositif 20 comprend des régions absorbantes 28 sur la face 26 et des objets 30 à détacher, fixés aux régions absorbantes 28 du côté des régions absorbantes 28 opposé au support 22, trois objets 30 et trois régions absorbantes 28 étant représentés à titre d'exemple en [fig.1].

[0006] Le procédé de traitement peut comprendre le déplacement relatif entre le système de traitement 10 et le support 22 de façon que le faisceau laser 18 balaye la totalité de chaque région absorbante 28, entraînant l'ablation des régions absorbantes 28 et le détachement des objets 30 par rapport au support 22. Lors du traitement, l'axe optique D est de préférence perpendiculaire à la face 24.

[0007] Un inconvénient du procédé de traitement au laser décrit précédemment est que, pour chaque objet 30 à détacher, un positionnement convenable du faisceau laser 18 par rapport au support 22 est nécessaire pour obtenir la focalisation du faisceau laser 18 sur la région absorbante 28 associée à l'objet 30. Un autre inconvénient est que les détachements des objets 30 étant successifs, la durée totale pour détacher tous les objets 30

peut être importante. Un autre inconvénient est que chaque objet 30 à détacher est situé dans la ligne de visée D du faisceau laser 18. Il existe donc un risque, dans le cas où la région absorbante 28 laisse néanmoins passer une partie du faisceau laser, de détérioration de l'objet 30.

Résumé de l'invention

- [0008] Ainsi, un objet d'un mode de réalisation est de pallier au moins en partie les inconvénients des dispositifs décrits précédemment pour traitement au laser et les procédés décrits précédemment de traitement au laser utilisant de tels dispositifs.
- [0009] Un objet d'un mode de réalisation est que plusieurs objets puissent être détachés simultanément.
- [0010] Un autre objet d'un mode de réalisation est que les zones voisines de la région détruites par le faisceau laser ne soient pas abimées par le traitement.
- [0011] Un mode de réalisation prévoit un dispositif configuré pour un traitement par un laser, comprenant un support et des objets fixés chacun au support par l'intermédiaire d'une région absorbante pour le laser, le support comprenant un système de guidage optique du laser vers au moins une pluralité desdites régions absorbantes.
- [0012] Selon un mode de réalisation, le système de guidage optique comprend un coupleur optique de surface, adapté à capter le laser.
- [0013] Selon un mode de réalisation, le système de guidage optique comprend un premier guide d'ondes pour le laser et des deuxièmes guides d'ondes pour le laser, chaque deuxième guide d'ondes s'étendant en vis-à-vis de l'une des régions absorbantes et étant relié au premier guide d'ondes par un coupleur optique de guides d'ondes.
- [0014] Selon un mode de réalisation, le coupleur optique de surface est relié à une extrémité du premier guide d'ondes.
- [0015] Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique de guides d'ondes est un coupleur d'interférence multimode ou un coupleur optique par ondes évanescentes.
- [0016] Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique de guides d'ondes comprend un micro-résonateur en anneau.
- [0017] Selon un mode de réalisation, les coupleurs optiques de guides d'ondes comprennent au moins des premiers coupleurs optiques configurés pour réaliser un couplage d'un rayonnement laser à une première longueur d'onde et pour ne pas réaliser de couplage d'un rayonnement laser à une deuxième longueur d'onde différente de la première longueur d'onde et des deuxièmes coupleurs optiques configurés pour réaliser un couplage du rayonnement laser à la deuxième longueur d'onde et pour ne pas réaliser de couplage d'un rayonnement laser à la première longueur d'onde.
- [0018] Selon un mode de réalisation, plusieurs des coupleurs optiques de guides d'ondes ont chacun un coefficient de couplage avec le premier guide d'ondes qui dépend de la tem-

pérature.

- [0019] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre des systèmes de chauffage desdits plusieurs coupleurs optiques de guides d'ondes.
- [0020] Selon un mode de réalisation, le dispositif comprend en outre un cristal photonique entre chaque objet et l'un des deuxièmes guides d'ondes.
- [0021] Selon un mode de réalisation, le cristal photonique est un cristal photonique à deux dimensions.
- [0022] Selon un mode de réalisation, le cristal photonique comprend une couche de base d'un premier matériau et un réseau de piliers d'un deuxième matériau différent du premier matériau, chaque pilier s'étendant dans la couche de base sur au moins une partie de l'épaisseur de la couche de base.
- [0023] Selon un mode de réalisation, chaque objet comprend un circuit électronique.
- [0024] Un mode de réalisation prévoit également un procédé de traitement au laser d'un dispositif comprenant un support et des objets fixés chacun au support par l'intermédiaire d'une région absorbante pour le laser, le support comprenant un système de guidage optique du laser vers au moins une pluralité desdites régions absorbantes, le procédé comprenant l'exposition au faisceau laser d'une partie du système de guidage optique.
- [0025] Selon un mode de réalisation, l'exposition au faisceau laser d'une partie du système de guidage optique est réalisée du côté du support recouvert des objets.
- [0026] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend la fixation d'une pluralité des objets à un substrat, les objets étant encore reliés au support et la destruction simultanée des régions absorbantes fixées aux objets de ladite pluralité par le laser guidé par le système de guidage optique.
- [0027] Selon un mode de réalisation, le système de guidage optique comprend un premier guide d'ondes pour le laser et des deuxièmes guides d'ondes pour le laser, chaque deuxième guide d'ondes s'étendant en vis-à-vis de l'une des régions absorbantes et étant relié au premier guide d'ondes par un coupleur optique de guides d'ondes ayant un coefficient de couplage avec le premier guide d'ondes.
- [0028] Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique de guides d'ondes a un coefficient de couplage avec le premier guide d'ondes, le procédé comprenant une étape de modification des coefficients de couplage de plusieurs desdits coupleurs optiques de guides d'ondes pour sélectionner les objets de ladite pluralité pour lesquels est réalisée la destruction simultanée des régions absorbantes fixées aux objets de ladite pluralité par le laser guidé par le système de guidage optique.
- [0029] Selon un mode de réalisation, le procédé comprend une étape de chauffage desdits plusieurs coupleurs optiques de guides d'ondes.
- [0030] Selon un mode de réalisation, les objets se répartissent en premiers objets et

deuxièmes objets, le procédé comprenant, à une première étape, la destruction simultanée des régions absorbantes fixées aux premiers objets par le laser guidé par le système de guidage optique et, à une deuxième étape, la destruction simultanée des régions absorbantes fixées aux deuxièmes objets par ledit laser, guidé par le système de guidage optique.

[0031] Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique de guides d'ondes associé à l'un des premiers objets permet le couplage optique entre le premier guide d'ondes et le deuxième guide d'ondes relié audit coupleur optique de guides d'ondes lorsque le laser est à une première longueur d'onde et ne permet pas le couplage optique entre le premier guide d'ondes et le deuxième guide d'ondes relié audit coupleur optique de guides d'ondes lorsque le laser est à une deuxième longueur d'onde différente de la première longueur d'onde, et chaque coupleur optique de guides d'ondes associé à l'un des deuxièmes objets permet le couplage optique entre le premier guide d'ondes et le deuxième guide d'ondes relié audit coupleur optique de guides d'ondes lorsque le laser est à la deuxième longueur d'onde et ne permet pas le couplage optique entre le premier guide d'ondes et le deuxième guide d'ondes relié audit coupleur optique de guides d'ondes lorsque le laser est à la première longueur d'onde.

Brève description des dessins

[0032] Ces caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres, seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

[0033] [fig.1] la [fig.1], décrite précédemment, illustre un exemple de procédé de traitement au laser d'un dispositif ;

[0034] [fig.2] la [fig.2] est une vue en coupe, partielle et schématique, d'un mode de réalisation d'un dispositif destiné à un traitement au laser ;

[0035] [fig.3] la [fig.3] est une vue de dessus, partielle et schématique, du dispositif représenté en [fig.2] ;

[0036] [fig.4] la [fig.4] est une vue de détail d'un mode de réalisation d'un coupleur du dispositif représenté sur les figures 2 et 3 ;

[0037] [fig.5] la [fig.5] représente des courbes d'évolution de puissances optiques de rayonnements entrant et sortant du coupleur de la [fig.4] en fonction d'une dimension du coupleur ;

[0038] [fig.6] la [fig.6] est une vue analogue à la [fig.3] d'un autre mode de réalisation du dispositif ;

[0039] [fig.7] la [fig.7] est une vue analogue à la [fig.3] d'un autre mode de réalisation du dispositif ;

[0040] [fig.8] la [fig.8] est une vue de détail d'un mode de réalisation d'un coupleur du

- dispositif représenté sur la [fig.7] ;
- [0041] [fig.9] la [fig.9] représente des courbes d'évolution de puissances optiques de rayonnements entrant et sortant du coupleur de la [fig.8] en fonction de la longueur d'onde du signal incident ;
- [0042] [fig.10] la [fig.10] est une vue analogue à la [fig.3] d'un autre mode de réalisation du dispositif ;
- [0043] [fig.11] la [fig.11] est une vue de détail d'un mode de réalisation d'un coupleur du dispositif représenté sur la [fig.10] ;
- [0044] [fig.12] la [fig.12] représente des courbes d'évolution de puissances optiques de rayonnements entrant et sortant du coupleur de la [fig.11] en fonction de la longueur d'onde du signal incident ;
- [0045] [fig.13] la [fig.13] est une vue analogue à la [fig.3] d'un autre mode de réalisation du dispositif ;
- [0046] [fig.14A] la [fig.14A] illustre une étape d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif représenté sur les figures 2 et 3 ;
- [0047] [fig.14B] la [fig.14B] illustre une autre étape du procédé ;
- [0048] [fig.14C] la [fig.14C] illustre une autre étape du procédé ;
- [0049] [fig.14D] la [fig.14D] illustre une autre étape du procédé ;
- [0050] [fig.14E] la [fig.14E] illustre une autre étape du procédé ;
- [0051] [fig.15A] la [fig.15A] illustre une étape d'un autre mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif représenté sur les figures 2 et 3 ;
- [0052] [fig.15B] la [fig.15B] illustre une autre étape du procédé ;
- [0053] [fig.16] la [fig.16] est une vue agrandie d'un mode de réalisation de la région absorbante du dispositif des figures 2 et 3 ;
- [0054] [fig.17] la [fig.17] est une vue agrandie d'un autre mode de réalisation de la région absorbante du dispositif des figures 2 et 3 ;
- [0055] [fig.18] la [fig.18] est une vue agrandie d'un autre mode de réalisation de la région absorbante du dispositif des figures 2 et 3 ;
- [0056] [fig.19] la [fig.19] représente un agencement des piliers de la couche de cristal photonique de la région absorbante du dispositif des figures 2 et 3 ; et
- [0057] [fig.20] la [fig.20] représente un autre agencement des piliers de la couche de cristal photonique de la région absorbante du dispositif des figures 2 et 3.

Description des modes de réalisation

- [0058] De mêmes éléments ont été désignés par de mêmes références dans les différentes figures. En particulier, les éléments structurels et/ou fonctionnels communs aux différents modes de réalisation peuvent présenter les mêmes références et peuvent disposer de propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques. Par

souci de clarté, seuls les étapes et éléments utiles à la compréhension des modes de réalisation décrits ont été représentés et sont détaillés. En particulier, les sources laser sont bien connues de l'homme du métier et ne sont pas détaillées par la suite.

- [0059] Dans la description qui suit, lorsque l'on fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes "avant", "arrière", "haut", "bas", "gauche", "droite", etc., ou relative, tels que les termes "dessus", "dessous", "supérieur", "inférieur", etc., il est fait référence sauf précision contraire à l'orientation des figures. Sauf précision contraire, les expressions "environ", "approximativement", "sensiblement", et "de l'ordre de" signifient à 10 % près, de préférence à 5 % près. En outre, on considère ici que les termes "isolant" et "conducteur" signifient respectivement "isolant électriquement" et "conducteur électriquement".
- [0060] Dans la suite de la description, la transmittance interne d'une couche correspond au rapport entre l'intensité du rayonnement sortant de la couche et l'intensité du rayonnement entrant dans la couche. L'absorption de la couche est égale à la différence entre 1 et la transmittance interne. Dans la suite de la description, une couche ou un film est dit transparent à un rayonnement lorsque l'absorption du rayonnement au travers de la couche ou du film est inférieure à 60 %. Dans la suite de la description, une couche ou un film est dit absorbant à un rayonnement lorsque l'absorption du rayonnement au travers de la couche ou du film est supérieure à 60 %. Dans la suite de la description, on considère qu'un laser correspond à un rayonnement monochromatique. En pratique, le laser peut présenter une plage étroite de longueurs d'onde centrée sur une longueur d'onde centrale, appelée longueur d'onde du laser. Dans la suite de la description, l'indice de réfraction d'un matériau correspond à l'indice de réfraction du matériau à la longueur d'onde du laser utilisé pour le traitement au laser.
- [0061] Les figures 2 et 3 sont respectivement une vue en coupe et une vue de dessus, partielles et schématiques, d'un mode de réalisation d'un dispositif 40 destiné à un traitement au laser. La [fig.2] est une vue en coupe de la [fig.3] selon le plan de coupe II-II.
- [0062] Le dispositif 40 comprend l'ensemble des éléments du dispositif 20 décrit précédemment. La vue de la [fig.3] est du côté de la face 26. En [fig.3], les contours des régions absorbantes 28 sont représentés par des traits en pointillés. On a représenté à titre d'exemple un seul objet 30 en [fig.2] et une colonne d'objets 30 en [fig.3]. Toutefois, la disposition des objets 30 sur le support 22 peut être différente. A titre d'exemple, les objets 30 peuvent être répartis en rangées et en colonnes. Chaque objet 30 peut comprendre un circuit électronique, par exemple un circuit à diodes électroluminescentes et/ou un circuit à transistors, notamment à transistors MOS.
- [0063] Selon un mode de réalisation, l'épaisseur du support 22 est comprise entre 50 μm et 3 mm. Le support 22 peut avoir une structure monocouche ou une structure mul-

ticouche. Selon un mode de réalisation, le support 22 est en un matériau semi-conducteur. Le matériau semiconducteur peut être du silicium, du germanium ou un mélange d'au moins deux de ces composés. Selon un autre mode de réalisation, le support 22 est, au moins en partie, en un matériau non semiconducteur, par exemple un matériau isolant, notamment du saphir. Selon un autre mode de réalisation, le support 22 a une structure multicouche du type silicium sur isolant (SOI, sigle anglais pour Silicon On Insulator) et comprend une couche de silicium recouvrant une couche isolante, par exemple de l'oxyde de silicium.

[0064] Selon un mode de réalisation, la région absorbante 28 est en un métal, un alliage métallique, un nitrure métallique, un matériau semiconducteur ou un mélange d'au moins deux de ces composés. La région absorbante 28 est par exemple en un métal réfractaire, notamment du titane (Ti), du tungstène (W), du molybdène (Mo), du tantale (Ta) ou un mélange ou alliage d'au moins deux de ces composés.

[0065] Selon un mode de réalisation, le support 22 comprend, du côté de la face 26, un coupleur optique de surface 42 relié à un guide d'ondes 44, appelé guide d'ondes principal par la suite. Le coupleur optique de surface 42 comprend un réseau de diffraction 46 et, éventuellement, un guide en biseau 48 reliant le réseau de diffraction 46 au guide d'ondes 44.

[0066] Le dispositif 40 comprend, pour une pluralité d'objets 30 parmi l'ensemble des objets 30, de préférence pour chaque objet 30, un coupleur optique 50 entre guides d'ondes reliant le guide d'ondes principal 44 à un guide d'ondes 52, appelé guide d'ondes secondaire par la suite, qui s'étend au moins en partie sous la région absorbante 28. Selon un mode de réalisation, chaque coupleur optique 50 est un coupleur d'interférence multimode ou un coupleur optique par ondes évanescentes. Chaque guide d'ondes 50, 52 peut avoir une section carrée ou rectangulaire, la largeur de la section de chaque guide d'ondes 50, 52, mesurée de façon parallèle à la face 26, peut être comprise entre 100 nm et 1000 nm, par exemple environ 500 nm. L'épaisseur de chaque élément optique du dispositif 40, mesurée de façon perpendiculaire à la face 26, peut être comprise entre 100 nm et 1000 nm.

[0067] Les éléments optiques du dispositif 40, en particulier le coupleur optique de surface 42, le guide d'ondes principal 44, les coupleurs 50, et les guides d'ondes secondaires 52, sont formés en un premier matériau ayant un premier indice de réfraction entouré par un deuxième matériau ayant un deuxième indice de réfraction ou des deuxièmes matériaux ayant des deuxièmes indices de réfraction, le premier indice de réfraction étant supérieur au deuxième indice de réfraction ou aux deuxièmes indices de réfraction. Les premier et deuxième matériaux sont transparents pour le laser 18. Selon un mode de réalisation, la longueur d'onde du laser 18 est comprise entre 400 nm et 10 μm , le premier matériau est un oxyde, un nitrure, un polymère ou un matériau semi-

conducteur par exemple de la famille des composés III-V ou des composés II-V et le deuxième matériau est de l'air, de l'oxyde de silicium et/ou du nitrure de silicium. Selon un mode de réalisation, la longueur d'onde du laser 18 est comprise entre 600 nm et 10 μm , le premier matériau est du silicium et le deuxième matériau est de l'air, de l'oxyde de silicium et/ou du nitrure de silicium.

- [0068] Un mode de réalisation d'un procédé de traitement au laser du dispositif 40 est le suivant. Le faisceau laser 18, représenté par une flèche en [fig.2] et par un cercle en traits pointillés en [fig.3], est focalisé sur le réseau de diffraction 46 du coupleur optique de surface 42. Le rayonnement laser 18 est capté par le coupleur optique de surface 42 et guidé jusqu'à l'entrée du guide d'ondes principal 44 (ce qui est illustré par la flèche 54). Le rayonnement est alors guidé dans le guide d'ondes principal 44. A chaque coupleur 50, une partie du rayonnement guidé dans le guide d'ondes principal 44 est capté par le coupleur 50 vers le guide d'ondes secondaire 52 relié au coupleur 50 (ce qui est illustré par les flèches 56). Une partie du rayonnement guidé dans chaque guide d'ondes secondaire 52 est alors absorbé dans la région absorbante 28 recouvrant le guide d'ondes secondaire 52 (ce qui est illustré par les flèches 58 en [fig.2]). Ceci entraîne l'ablation de la région absorbante 28 et le détachement de l'objet 30 fixé à la région absorbante 28 par rapport au support 22. Pour améliorer la captation du rayonnement laser par la région absorbante 28, l'extrémité du guide d'ondes secondaire 52 qui s'étend sous la région absorbante 28 peut avoir une forme adaptée, par exemple une forme évasée.
- [0069] De façon avantageuse, le faisceau laser 18 atteint le dispositif 40 du côté de la face 26, de sorte que le faisceau laser 18 ne traverse pas la totalité de l'épaisseur du support 22. Toutefois, à titre de variante, le faisceau laser 18 peut atteindre le dispositif 40 du côté de la face 24, traverser le support 22 sur son épaisseur et être capté par le réseau de diffraction 46.
- [0070] Selon un mode de réalisation, le support 22 correspond au support sur lequel sont formés par épitaxie au moins certains des éléments composant les objets 30. Selon un autre mode de réalisation, les objets 30 sont formés au moins en partie sur un support différent du support 22 et sont reportés sur le support 22.
- [0071] La [fig.4] est une vue de dessus, partielle et schématique, de l'un des coupleurs 50 représentés sur la [fig.3]. Dans la suite de la description, de façon générale pour n'importe quel type de coupleur 50, on appelle SInput le rayonnement laser incident arrivant à une entrée Input du coupleur 50 par le guide d'ondes principal 44, SThrough le rayonnement laser qui s'échappe à une sortie Through du coupleur 50 par le guide d'ondes principal 44 et SDrop le rayonnement laser qui sort à une sortie Drop du coupleur 50 par le guide d'ondes secondaire 52. Selon le présent mode de réalisation, le coupleur 50 est un coupleur par ondes évanescentes de type monodirectionnel. Le

coupleur 50 est formé par une partie 60 du guide d'ondes secondaire 52 qui s'étend sensiblement parallèlement au guide d'ondes principal 44 sur une longueur de couplage L_c et qui est séparée du guide d'ondes principal 44 d'une distance D sur la totalité de la longueur de couplage L_c . La longueur de couplage L_c dépend notamment de la longueur d'onde du laser.

- [0072] La [fig.5] représente une courbe d'évolution T_{pass1} en fonction de la longueur de couplage L_c du rapport entre la puissance du rayonnement $S_{Through}$ et la puissance du rayonnement incident S_{Input} et une courbe d'évolution T_{drop1} en fonction de la longueur de couplage L_c du rapport entre la puissance du rayonnement S_{Drop} et la puissance du rayonnement S_{Input} . Il est ainsi possible de sélectionner la proportion du rayonnement incident S_{Input} qui est déviée vers le guide d'ondes secondaire 52.
- [0073] Selon un mode de réalisation, N objets 30 sont associés au guide d'ondes principal 44, N étant un nombre entier, par exemple compris entre 2 et 100. Les coupleurs 50 peuvent être sensiblement identiques et chaque coupleur 50 peut alors être configuré pour que le rapport entre la puissance du rayonnement S_{Drop} et la puissance du rayonnement incident S_{Input} soit sensiblement égale à $1/n$. Dans ce mode de réalisation, la puissance du laser incident est répartie de façon sensiblement égale pour l'ablation de chaque région absorbante 28.
- [0074] Selon un autre mode de réalisation, les coupleurs 50 sont répartis en au moins un premier groupe de coupleurs associés à une première longueur d'onde λ_1 de laser et un deuxième groupe de de coupleurs associés à une deuxième longueur d'onde λ_2 de laser. Chaque coupleur 50 du premier groupe dévie une partie du rayonnement incident à la première longueur d'onde λ_1 vers le guide d'ondes secondaire 52 associé mais ne dévie pas le rayonnement incident à la deuxième longueur d'onde λ_2 . Chaque coupleur 50 du deuxième groupe dévie une partie du rayonnement incident à la deuxième longueur d'onde λ_2 vers le guide d'ondes secondaire 52 associé mais ne dévie pas le rayonnement incident à la première longueur d'onde λ_1 . Les objets 30 reliés aux coupleurs 50 du premier groupe peuvent être détachés du support 22 par application d'un laser à la première longueur d'onde λ_1 tandis que les objets 30 reliés aux coupleurs 50 du deuxième groupe peuvent être détachés du support 22 par application d'un laser à la deuxième longueur d'onde λ_2 . De façon générale, les coupleurs 50 sont répartis en M groupes de coupleurs, chaque groupe étant associé à une première longueur d'onde λ_i , i variant de 1 à M . Chaque coupleur 50 du $i^{\text{ème}}$ groupe dévie une partie du rayonnement incident à la longueur d'onde λ_i vers le guide d'ondes secondaire 52 associé mais ne dévie pas les rayonnements incidents aux autres longueurs d'ondes λ_j avec j différent de i . Les objets 30 reliés aux coupleurs 50 du $i^{\text{ème}}$ groupe peuvent être détachés du support 22 par application d'un laser à la longueur d'onde λ_i .
- [0075] La [fig.6] est une vue analogue à la [fig.3] d'un autre mode de réalisation du

dispositif 70. Le dispositif 70 comprend l'ensemble des éléments du dispositif 40 représenté sur les figures 2 et 3 à la différence que chaque coupleur optique 50 est un coupleur d'interférence multimode (MMI, sigle anglais pour MultiMode interference). Les régions absorbantes 28 ne sont pas représentées en [fig.6] et le coupleur optique de surface 42 est représenté de façon schématique en [fig.6]. De façon générale, un coupleur d'interférence multimode comprend un guide monomode d'entrée, un bloc ayant une section adaptée à un guidage multimode et plusieurs guides monomodes de sortie. Dans le présent mode de réalisation, le guide d'ondes principal 44 correspond au guide monomode d'entrée du coupleur 50 et à un premier guide monomode de sortie du coupleur 50 et le guide d'ondes secondaire 52 correspond à un deuxième guide monomode de sortie du coupleur 50. A titre de variante, chaque coupleur 50 peut être un coupleur en Y.

[0076] La [fig.7] est une vue analogue à la [fig.3] d'un autre mode de réalisation du dispositif 80. Le dispositif 80 comprend l'ensemble des éléments du dispositif 70 représenté en [fig.6] à la différence que chaque coupleur optique 50 est un coupleur microrésonateur optique en anneau.

[0077] La [fig.8] représente un exemple de coupleur 50 correspondant à un microrésonateur en anneau comprenant les guides d'ondes 44 et 52 entre lesquels est disposé un troisième guide d'ondes 82 en forme d'anneau. Le rayonnement laser incident S_{Input} est fourni à l'extrémité Input du coupleur 50 par le guide d'ondes principal 44. Des phénomènes de couplage optique entre les guides d'ondes 44, 52, 82 peuvent se produire de sorte qu'une partie ou la totalité du rayonnement laser incident S_{Input} peut être déviée par l'anneau 82 vers le guide d'ondes secondaire 52. Le rayonnement laser incident S_{Input} se divise alors en le rayonnement laser $S_{Through}$ émis à l'extrémité Through du coupleur par le guide d'ondes principal 44, et le rayonnement laser S_{Drop} émis à l'extrémité Drop du coupleur par le guide d'ondes secondaire 52. Un éventuel signal lumineux S_{Add} reçu à l'autre extrémité, appelée Add, du guide d'ondes secondaire 52, peut également être dévié vers les extrémités Through et Drop du microrésonateur en anneau. Dans le présent mode de réalisation, le signal S_{Add} est nul.

[0078] La [fig.9] représente, en traits pleins, en fonction de la longueur d'ondes incidente du laser, une courbe d'évolution T_{pass2} du rapport entre la puissance du rayonnement $S_{Through}$ et la puissance du rayonnement S_{Input} et une courbe d'évolution T_{drop2} du rapport entre la puissance du rayonnement S_{Drop} et la puissance du rayonnement S_{Input} pour un coefficient de couplage entre le guide d'ondes principal 44 et l'anneau 82 égal à 0,9, pour un coefficient de couplage entre le guide d'ondes secondaire 52 et l'anneau 82 égal à 0,9 et pour un coefficient de transmission dans l'anneau 82 égal à 0,95. La [fig.9] représente en outre, en traits pointillés, en fonction de la longueur d'ondes incidente du laser, une courbe d'évolution T_{pass3} du rapport entre la puissance

du rayonnement $S_{Through}$ et la puissance du rayonnement S_{Input} et une courbe d'évolution T_{drop3} du rapport entre la puissance du rayonnement S_{Drop} et la puissance du rayonnement S_{Input} pour un coefficient de couplage entre le guide d'ondes principal 44 et l'anneau 82 égal à 0,9, pour un coefficient de couplage entre le guide d'ondes secondaire 52 et l'anneau 82 égal à 0,3 et pour un coefficient de transmission dans l'anneau 82 égal à 0,95. Les coefficients de couplage dépendent notamment des écarts entre l'anneau 82 et les guides d'ondes 44 et 52. Il est ainsi possible de sélectionner la proportion du rayonnement incident S_{Input} qui est déviée vers le guide d'ondes secondaire 52.

- [0079] La [fig.10] est une vue analogue à la [fig.7] d'un autre mode de réalisation du dispositif 90. Le dispositif 90 comprend l'ensemble des éléments du dispositif 80 représenté sur la [fig.7] à la différence que chaque coupleur optique 50 est un coupleur microrésonateur optique en anneau du type passe-tout.
- [0080] La [fig.11] représente un exemple de microrésonateur 50 en anneau du type passe-tout. Ce microrésonateur a la même structure que celle représenté en [fig.8] à la différence que le guide d'ondes secondaire 52 et l'anneau 82 sont confondus. Dans ce cas, l'anneau 52 est situé sous la région absorbante 28.
- [0081] La [fig.12] représente, en traits pleins, en fonction de la longueur d'ondes du laser, une courbe d'évolution T_{pass4} du rapport entre la puissance du rayonnement $S_{Through}$ et la puissance du rayonnement laser incident S_{Input} et une courbe d'évolution T_{drop5} en fonction de la longueur d'ondes incidente du rapport entre la puissance du rayonnement S_{Drop} passant dans l'anneau 52 et la puissance du rayonnement S_{Input} pour un coefficient de couplage entre le guide d'ondes principal 44 et l'anneau 52 égal à 0,9 et pour un coefficient de transmission dans l'anneau 52 égal à 0,85. Le coefficient de couplage dépend notamment de l'écart entre l'anneau 82 et le guide d'ondes principal 44. Il est ainsi possible de sélectionner la proportion du rayonnement incident S_{Input} qui est déviée vers le guide d'ondes secondaire 52.
- [0082] La [fig.13] est une vue analogue à la [fig.10] d'un autre mode de réalisation du dispositif 100. Le dispositif 110 comprend l'ensemble des éléments du dispositif 90 représenté sur la [fig.10] et comprend en outre, pour chaque coupleur 50 un dispositif 102 de chauffage de l'anneau 52. Le dispositif 102 peut comprendre une piste résistive en forme d'anneau placée en regard de l'anneau 52. La piste résistive 112 émet plus ou moins de chaleur par effet Joule en fonction de l'intensité du courant qui circule dans la piste résistive 112. Le coefficient de couplage entre l'anneau 82 et le guide d'ondes principal 44 dépend notamment de la température. Il est ainsi possible de sélectionner la proportion du rayonnement incident S_{Input} qui est déviée vers le guide d'ondes secondaire 52 en faisant varier la quantité de chaleur produite par le dispositif de chauffage 102. La commande des dispositifs de chauffage 102 peut être réalisée par un

système à pointes.

- [0083] Un avantage des dispositifs décrits précédemment est de pouvoir détacher simultanément plusieurs objets 30. Ceci permet de réduire la durée d'une opération de transfert des objets 30.
- [0084] Un avantage des dispositifs décrits précédemment est que le laser 18 pointe à un seul endroit sur le support 22 pour détacher plusieurs objets 30. La commande du déplacement du laser 18 est donc simplifiée.
- [0085] Un autre avantage des dispositifs décrits précédemment est que le laser 18 peut ne pas traverser le support 22, ce qui permet de ne pas utiliser de support 22 transparent au laser 18.
- [0086] Un autre avantage des dispositifs décrits précédemment est que l'objet 30 à détacher n'est pas placé dans la ligne de visée du laser 18. Ceci permet de réduire les risques de détérioration de l'objet 30 par le laser 18.
- [0087] Les figures 14A à 14E sont des vues en coupe, partielles et schématiques, des structures obtenues à des étapes successives d'un mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif 40 représenté sur les figures 2 et 3.
- [0088] La [fig.14A] représente le support 22 correspondant à un support de type SOI comprenant un empilement d'un substrat 110, d'une couche isolante 112 et d'une couche semiconductrice 114. La couche isolante 112 est par exemple en oxyde de silicium. La couche semiconductrice 114 est par exemple en silicium. L'épaisseur de la couche semiconductrice 114 est par exemple comprise entre 100 nm et 1000 nm.
- [0089] La [fig.14B] représente la structure obtenue après la gravure de portions de la couche semiconductrice 114 pour délimiter, dans la couche semiconductrice 114, les guides d'ondes 44 et 52 et les coupleurs 42 et 50. Ceci peut mettre en oeuvre des étapes de lithographie.
- [0090] La [fig.14C] représente la structure obtenue après la formation des régions absorbantes 28, une seule région absorbante 28 étant représentée en [fig.14C]. Ceci peut comprendre le dépôt d'une couche du matériau composant les régions absorbantes 28 sur la totalité de la structure représentée en [fig.14B] et la gravure de portions de la couche pour ne conserver que les régions absorbantes 28.
- [0091] La [fig.14D] représente la structure obtenue après la formation des objets 30 sur un support 116. Cette étape peut être réalisée indépendamment des étapes décrites précédemment en relation avec les figures 14A à 14C.
- [0092] La [fig.14E] représente la structure obtenue après le transfert d'au moins certains des objets 30 du support 116 vers le support 22. Un avantage du mode de réalisation décrit en relation avec les figures 14A à 14B est que le support 116 peut être adapté à la formation des objets 30, par exemple avec une forte densité d'objets 30 par support 116, tandis que le support 22 est adapté au transfert vers le support final, c'est-à-dire à

l'application envisagée.

- [0093] Les figures 15A et 15B sont des vues en coupe, partielles et schématiques, des structures obtenues à des étapes successives d'un autre mode de réalisation d'un procédé de fabrication du dispositif 40 représenté sur les figures 2 et 3. Les étapes initiales du présent mode de réalisation sont celles décrites précédemment en relation avec les figures 14A à 14C.
- [0094] La [fig.15A] représente la structure obtenue après le dépôt d'une couche isolante 118 sur la structure obtenue représentée sur la [fig.14C] et après la gravure, pour chaque objet 30, d'une ouverture 120 exposant au moins en partie la région absorbante 28 à l'emplacement souhaité de l'objet 30.
- [0095] La [fig.15B] représente la structure obtenue après la formation de l'objet 30 sur la région absorbante 28. Selon un mode de réalisation, l'objet 30 comprend des composants optoélectroniques tridimensionnels, c'est-à-dire des composants optoélectroniques comprenant des éléments semiconducteurs tridimensionnels, en particulier de dimensions micrométriques ou nanométriques, et une zone active formée sur la surface de chaque élément tridimensionnel. On appelle zone active du composant optoélectronique la région depuis laquelle est émise la majorité du rayonnement électromagnétique fourni par le composant optoélectronique ou est captée la majorité du rayonnement électromagnétique reçu par le composant optoélectronique. Des exemples d'éléments tridimensionnels sont les microfils, les nanofils, les éléments coniques de taille micrométrique ou nanométrique, ou les éléments tronconiques de taille micrométrique ou nanométrique.
- [0096] La région absorbante 28 peut être en un matériau favorisant la croissance des éléments tridimensionnels. La région absorbante 28 peut comprendre une seule couche de germination favorisant la croissance des éléments tridimensionnels ou un empilement de couches, dont au moins la couche supérieure est une couche de germination favorisant la croissance des éléments tridimensionnels.
- [0097] Selon un mode de réalisation, les des éléments tridimensionnels sont, au moins en partie, formés à partir d'au moins un matériau semiconducteur. Le matériau semiconducteur est choisi parmi le groupe comprenant les composés III-V, les composés II-VI ou les semiconducteurs ou composés du groupe IV. Les des éléments tridimensionnels peuvent être, au moins en partie, formés à partir de matériaux semiconducteurs comportant majoritairement un composé III-V, par exemple un composé III-N. Des exemples d'éléments du groupe III comprennent le gallium (Ga), l'indium (In) ou l'aluminium (Al). Des exemples de composés III-N sont GaN, AlN, InN, InGaN, AlGaN ou AlInGaN. D'autres éléments du groupe V peuvent également être utilisés, par exemple, le phosphore ou l'arsenic.
- [0098] La région absorbante 28 peut comprendre une couche en un nitrure, un carbure ou un

borure d'un métal de transition de la colonne IV, V ou VI du tableau périodique des éléments ou une combinaison de ces composés. A titre d'exemple, la région absorbante 28 peut, en moins en partie, être en nitrure d'aluminium (AlN), en oxyde d'aluminium (Al_2O_3), en bore (B), en nitrure de bore (BN), en titane (Ti), en nitrure de titane (TiN), en tantale (Ta), en nitrure de tantale (TaN), en hafnium (Hf), en nitrure d'hafnium (HfN), en niobium (Nb), en nitrure de niobium (NbN), en zirconium (Zr), en borate de zirconium (ZrB_2), en nitrure de zirconium (ZrN), en carbure de silicium (SiC), en nitrure et carbure de tantale (TaCN), ou en nitrure de magnésium sous la forme Mg_xN_y , où x est environ égal à 3 et y est environ égal à 2, par exemple du nitrure de magnésium selon la forme Mg_3N_2 .

- [0099] Dans les modes de réalisation décrits précédemment, après le transfert des objets 30 du support 22 vers un support final, le support 22 peut être utilisé à nouveau pour réaliser un nouveau transfert.
- [0100] La [fig.16] est une vue agrandie d'un autre mode de réalisation de la région absorbante 28 du dispositif 40. Selon le présent mode de réalisation, la région absorbante 28 correspond à l'empilement d'une couche d'un cristal photonique 140 et d'une couche absorbante 142 pour le laser. Selon un mode de réalisation, la couche de cristal photonique 140 est interposée entre le guide d'onde secondaire 52 et la couche absorbante 142. Selon un mode de réalisation, un mode de propagation de la couche de cristal photonique 140 correspond à la longueur d'onde du laser. De préférence, la couche de cristal photonique 140 correspond à un cristal photonique à deux dimensions.
- [0101] Selon un mode de réalisation, l'épaisseur de la couche absorbante 142 est comprise entre 5 nm et 80 nm. L'absorption de la couche absorbante 142 pour le laser est supérieure à 80 %. Selon un mode de réalisation, la couche absorbante 142 est en un nitrure métallique, un matériau semiconducteur ou un mélange d'au moins deux de ces composés. Selon un mode de réalisation, le coefficient d'absorption k de la couche absorbante 42 dans le régime linéaire pour la longueur d'onde du laser est compris entre 1 et 10.
- [0102] La couche de cristal photonique 140 comprend une couche 144, appelée couche de base suite, d'un premier matériau ayant un premier indice de réfraction à la longueur d'onde du laser dans laquelle s'étendent des piliers 146 d'un deuxième matériau ayant un deuxième indice de réfraction à la longueur d'onde du laser. Selon un mode de réalisation, chaque pilier 146 s'étend sensiblement selon un axe central perpendiculaire à la face 26 sur une hauteur L, mesurée perpendiculairement à la face 26. On appelle pas "a" (en anglais pitch) la distance entre les axes centraux de deux piliers adjacents. Selon un mode de réalisation, chaque pilier 146 s'étend sensiblement sur la totalité de l'épaisseur de la couche de base 144. De préférence, le premier indice de réfraction est

inférieur au deuxième indice de réfraction. Le premier matériau peut être transparent pour le laser 18. Le premier matériau peut être un nitrure ou un oxyde d'un composé semiconducteur comme l'oxyde de silicium (SiO_2), le nitrure de silicium (SiN) ou l'oxyde d'aluminium (Al_2O_3). Le deuxième matériau peut être transparent pour le laser. Le deuxième matériau peut être un nitrure d'un composé semiconducteur, comme le GaN, ou un composé semiconducteur, comme le silicium (Si) ou le germanium (Ge). L'épaisseur de la couche de cristal photonique 140 peut être comprise entre 0,1 μm et 3 μm .

- [0103] La [fig.17] est une vue agrandie d'un autre mode de réalisation de la région absorbante 28 du dispositif 40. La région absorbante 28 comprend l'ensemble des éléments décrits précédemment pour le mode de réalisation illustré en [fig.16], à la différence que la couche absorbante 142 n'est pas présente. Les piliers 146 de la couche de cristal photonique 140 peuvent être dans l'un des matériaux décrits précédemment pour la couche absorbante 142. Dans ce cas, les piliers 146 jouent en outre le rôle de la couche absorbante 142 comme cela sera décrit plus en détail par la suite. A titre de variante, la couche de base 144 de la couche de cristal photonique 140 est dans l'un des matériaux décrits précédemment pour la couche absorbante 142. Dans ce cas, la couche de base 144 joue en outre le rôle de la couche absorbante 142 comme cela sera décrit plus en détail par la suite.
- [0104] La [fig.18] est une vue agrandie d'un autre mode de réalisation de la région absorbante 28 du dispositif 40. La région absorbante 28 comprend l'ensemble des éléments décrits précédemment pour le mode de réalisation illustré en [fig.16], à la différence qu'elle comprend en outre au moins une couche intermédiaire 148 interposée entre la couche de cristal photonique 140 et la couche absorbante 142. La couche intermédiaire 148 est transparente pour le laser. Selon un mode de réalisation, la couche intermédiaire 148 est en un matériau semiconducteur, par exemple en silicium (Si), en oxyde d'un semiconducteur, par exemple en oxyde de silicium (SiO_2) ou en nitrure d'un semiconducteur, par exemple en nitrure de silicium (SiN). Selon un mode de réalisation, l'épaisseur de la couche intermédiaire 148 est comprise entre 1 nm et 500 nm, de préférence entre 5 nm et 500 nm. A titre de variante, un empilement de deux couches ou de plus de deux couches peut être interposé entre la couche de cristal photonique 140 et la couche absorbante 142. Dans ce cas, chaque couche de l'empilement est transparente pour le laser. Selon un mode de réalisation, l'épaisseur totale de l'empilement est comprise entre 1 nm et 500 nm, de préférence entre 5 nm et 500 nm.
- [0105] Selon un autre mode de réalisation de la région absorbante 28, la couche absorbante 142 n'est pas présente et ni le matériau composant les piliers 146 de la couche de cristal photonique 140, ni le matériau composant la couche de base 144 de la couche de cristal

photonique 140 n'a un coefficient d'absorption k compris entre 1 et 10 à la longueur d'onde du laser en régime linéaire.

- [0106] Dans les modes de réalisation décrits précédemment de la région absorbante 28, la hauteur L de chaque pilier 146 peut être comprise entre $0,1 \mu\text{m}$ et $3 \mu\text{m}$. De préférence, les piliers 146 sont agencés en réseau. Selon un mode de réalisation, le pas a entre chaque pilier 146 et le pilier ou les piliers les plus proches est sensiblement constant.
- [0107] La [fig.19] est une vue agrandie de dessus, partielle et schématique, d'un mode de réalisation de la couche de cristal photonique 140 dans lequel les piliers 146 sont agencés selon un réseau hexagonal. Ceci signifie que les piliers 146 sont, dans la vue de dessus, agencés en rangées, les centres des piliers 146 se trouvant aux sommets de triangles équilatéraux, les centres de deux piliers 146 adjacents d'une même rangée étant séparés du pas a et les centres des piliers 146 de deux rangées adjacentes étant décalés de la distance $a/2$ selon la direction des rangées.
- [0108] La [fig.20] est une vue agrandie de dessus, partielle et schématique, d'un autre mode de réalisation de la couche de cristal photonique 140 dans lequel les piliers 146 sont agencés selon un réseau carré. Ceci signifie que les piliers 146 sont agencés en rangées et en colonnes, les centres des piliers 146 se trouvant aux sommets de carrés, deux piliers 46 adjacents d'une même rangée étant séparés du pas a et deux piliers 146 adjacents d'une même colonne étant séparés du pas a .
- [0109] Dans les modes de réalisation illustrés sur les figures 19 et 20, chaque pilier 146 a une section droite circulaire de diamètre D dans un plan parallèle à la face 26. Dans le cas d'un agencement en réseau hexagonal ou d'un agencement en réseau carré, le diamètre D peut être compris entre $0,05 \mu\text{m}$ et $2 \mu\text{m}$. Le pas a peut être compris entre $0,1 \mu\text{m}$ et $4 \mu\text{m}$.
- [0110] Dans les modes de réalisation illustrés sur les figures 19 et 20, la section droite de chaque pilier 146 dans un plan parallèle à la face 26 est circulaire. La section droite des piliers 146 peut toutefois avoir une forme différente, par exemple la forme d'un ovale, d'un polygone, notamment d'un carré, d'un rectangle, d'un hexagone, etc. Selon un mode de réalisation, tous les piliers 46 ont la même section droite.
- [0111] En fonctionnement, le faisceau laser 18 est de préférence amené par le guide d'ondes secondaire 52. La couche de cristal photonique 140 de la région absorbante 28 permet d'augmenter l'absorption du rayonnement laser par la région absorbante 28.
- [0112] Lorsque la région absorbante 28 comprend la couche absorbante 142, la couche de cristal photonique 140 permet en particulier d'augmenter l'absorption 1 du rayonnement laser 18 dans la couche absorbante 142. Ceci permet d'obtenir l'ablation de la couche absorbante 142. Lorsque les piliers 146 ou la couche de base 144 est en un matériau absorbant le laser 18, la couche de cristal photonique 140 permet en particulier d'augmenter l'absorption du rayonnement laser dans les piliers 146 ou dans la

couche de base 144. Ceci permet d'obtenir l'ablation de la couche de cristal photonique 140.

- [0113] Lorsque la couche absorbante 142 n'est pas présente, et que ni le matériau composant les piliers 146 de la couche de cristal photonique 140, ni le matériau composant la couche de base 144 de la couche de cristal photonique 140 n'a un coefficient d'absorption k compris entre 1 et 10 à la longueur d'onde du laser en régime linéaire, la couche de cristal photonique 140 permet d'augmenter localement la densité d'énergie dans la couche de cristal photonique 140 et au voisinage de la couche de cristal photonique 140. Ceci permet d'augmenter l'absorption du laser par des phénomènes d'absorption non-linéaires dans la couche de cristal photonique 140 et au voisinage de la couche de cristal photonique 140, ce qui entraîne l'ablation de la couche de cristal photonique 140. La présence de la couche de cristal photonique 140 permet alors de réduire l'intensité du laser pour laquelle les phénomènes d'absorption non-linéaires apparaissent dans la couche de cristal photonique 140 et/ou au voisinage de la couche de cristal photonique 140.
- [0114] Divers modes de réalisation et variantes ont été décrits. L'homme de l'art comprendra que certaines caractéristiques de ces divers modes de réalisation et variantes pourraient être combinées, et d'autres variantes apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, le mode de réalisation décrit précédemment en relation avec la [fig.13] dans lequel chaque coupleur 50 comprend un dispositif de chauffage 102 peut être mis en oeuvre avec le mode de réalisation décrit précédemment en relation avec la [fig.7] pour commander la portion du rayonnement incident qui est déviée par le coupleur 50. De plus, dans les modes de réalisation décrits précédemment, un seul guide d'ondes secondaire 52 s'étend sous une région absorbante 28. A titre de variante, deux guides d'ondes secondaires 52 ou plus de deux guides d'ondes secondaires 52 peuvent s'étendre sous une seule région absorbante 28, par exemple en débouchant sous la région absorbante 28 selon des côtés différents de la région absorbante 28. Ceci peut permettre d'augmenter l'homogénéité de l'absorption du laser 18 dans la région absorbante 28.
- [0115] Enfin, la mise en oeuvre pratique des modes de réalisation et variantes décrits est à la portée de l'homme du métier à partir des indications fonctionnelles données ci-dessus.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif (40 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100) configuré pour un traitement par un laser (18), comprenant un support (22) et des objets (30) fixés chacun au support par l'intermédiaire d'une région absorbante (28) pour le laser, l'absorption de la région absorbante pour le laser est supérieure à 60 %, le support (22) comprenant un système de guidage optique (42, 44, 50, 52) du laser vers au moins une pluralité desdites régions absorbantes.
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, dans lequel le système de guidage optique (42, 44, 50, 52) comprend un coupleur optique de surface (42), adapté à capter le laser (18).
- [Revendication 3] Dispositif selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le système de guidage optique (42, 44, 50, 52) comprend un premier guide d'ondes (44) pour le laser et des deuxièmes guides d'ondes (52) pour le laser, chaque deuxième guide d'ondes s'étendant en vis-à-vis de l'une des régions absorbantes (28) et étant relié au premier guide d'ondes par un coupleur optique de guides d'ondes (50).
- [Revendication 4] Dispositif selon la revendication 3 dans son rattachement à la revendication 2, dans lequel le coupleur optique de surface (42) est relié à une extrémité du premier guide d'ondes (44).
- [Revendication 5] Dispositif selon la revendication 3 ou 4, dans lequel chaque coupleur optique de guides d'ondes (50) est un coupleur d'interférence multimode ou un coupleur optique par ondes évanescentes.
- [Revendication 6] Dispositif selon la revendication 3 ou 4, dans lequel chaque coupleur optique de guides d'ondes (50) comprend un micro-résonateur en anneau.
- [Revendication 7] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel les coupleurs optiques de guides d'ondes (50) comprennent au moins des premiers coupleurs optiques configurés pour réaliser un couplage d'un rayonnement laser à une première longueur d'onde et pour ne pas réaliser de couplage d'un rayonnement laser à une deuxième longueur d'onde différente de la première longueur d'onde et des deuxièmes coupleurs optiques configurés pour réaliser un couplage du rayonnement laser à la deuxième longueur d'onde et pour ne pas réaliser de couplage d'un rayonnement laser à la première longueur d'onde.
- [Revendication 8] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, dans lequel plusieurs des coupleurs optiques de guides d'ondes (50) ont chacun un coefficient de couplage avec le premier guide d'ondes (44) qui dépend

- de la température.
- [Revendication 9] Dispositif selon la revendication 8, comprenant en outre des systèmes de chauffage (102) desdits plusieurs coupleurs optiques de guides d'ondes (50).
- [Revendication 10] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 3 à 9, comprenant en outre un cristal photonique (140) entre chaque objet (30) et l'un des deuxièmes guides d'ondes (52).
- [Revendication 11] Dispositif selon la revendication 10, dans lequel le cristal photonique (140) est un cristal photonique à deux dimensions.
- [Revendication 12] Dispositif selon la revendication 10 ou 11, dans lequel le cristal photonique (140) comprend une couche de base (144) d'un premier matériau et un réseau de piliers (146) d'un deuxième matériau différent du premier matériau, chaque pilier s'étendant dans la couche de base sur au moins une partie de l'épaisseur de la couche de base.
- [Revendication 13] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel chaque objet (30) comprend un circuit électronique.
- [Revendication 14] Procédé de traitement au laser (18) d'un dispositif (40 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100) comprenant un support (22) et des objets (30) fixés chacun au support par l'intermédiaire d'une région absorbante (28) pour le laser, l'absorption de la région absorbante pour le laser est supérieure à 60 %, le support comprenant un système de guidage optique (42, 44, 50, 52) du laser vers au moins une pluralité desdites régions absorbantes, le procédé comprenant l'exposition au faisceau laser (18) d'une partie du système de guidage optique.
- [Revendication 15] Procédé selon la revendication 14, dans lequel l'exposition au faisceau laser (18) d'une partie du système de guidage optique (42, 44, 50, 52) est réalisée du côté du support (22) recouvert des objets (30).
- [Revendication 16] Procédé selon la revendication 14 ou 15, comprenant la fixation d'une pluralité des objets (30) à un substrat, les objets (30) étant encore reliés au support (22) et la destruction simultanée des régions absorbantes (28) fixées aux objets de ladite pluralité par le laser (18) guidé par le système de guidage optique (42, 44, 50, 52).
- [Revendication 17] Procédé selon la revendication 16, dans lequel le système de guidage optique (42, 44, 50, 52) comprend un premier guide d'ondes (44) pour le laser et des deuxièmes guides d'ondes (52) pour le laser, chaque deuxième guide d'ondes s'étendant en vis-à-vis de l'une des régions absorbantes (28) et étant relié au premier guide d'ondes par un coupleur optique de guides d'ondes (50) ayant un coefficient de couplage avec le

- premier guide d'ondes (44).
- [Revendication 18] Procédé selon la revendication 17, dans lequel chaque coupleur optique de guides d'ondes (50) a un coefficient de couplage avec le premier guide d'ondes (44), le procédé comprenant une étape de modification des coefficients de couplage de plusieurs desdits coupleurs optiques de guides d'ondes (50) pour sélectionner les objets de ladite pluralité pour lesquels est réalisée la destruction simultanée des régions absorbantes (28) fixées aux objets de ladite pluralité par le laser (18) guidé par le système de guidage optique (42, 44, 50, 52).
- [Revendication 19] Procédé selon la revendication 18, comprenant une étape de chauffage desdits plusieurs coupleurs optiques de guides d'ondes (50).
- [Revendication 20] Procédé selon l'une quelconque des revendications 16 à 19, dans lequel les objets (30) se répartissent en premiers objets et deuxièmes objets, le procédé comprenant, à une première étape, la destruction simultanée des régions absorbantes (28) fixées aux premiers objets par le laser (18) guidé par le système de guidage optique (42, 44, 50, 52) et, à une deuxième étape, la destruction simultanée des régions absorbantes (28) fixées aux deuxièmes objets par ledit laser (18), guidé par le système de guidage optique (42, 44, 50, 52).
- [Revendication 21] Procédé selon la revendication 20, dans lequel chaque coupleur optique de guides d'ondes (50) associé à l'un des premiers objets (30) permet le couplage optique entre le premier guide d'ondes et le deuxième guide d'ondes relié audit coupleur optique de guides d'ondes lorsque le laser est à une première longueur d'onde et ne permet pas le couplage optique entre le premier guide d'ondes et le deuxième guide d'ondes relié audit coupleur optique de guides d'ondes lorsque le laser est à une deuxième longueur d'onde différente de la première longueur d'onde, et chaque coupleur optique de guides d'ondes (50) associé à l'un des deuxièmes objets (30) permet le couplage optique entre le premier guide d'ondes et le deuxième guide d'ondes relié audit coupleur optique de guides d'ondes lorsque le laser est à la deuxième longueur d'onde et ne permet pas le couplage optique entre le premier guide d'ondes et le deuxième guide d'ondes relié audit coupleur optique de guides d'ondes lorsque le laser est à la première longueur d'onde.

[Fig. 1]

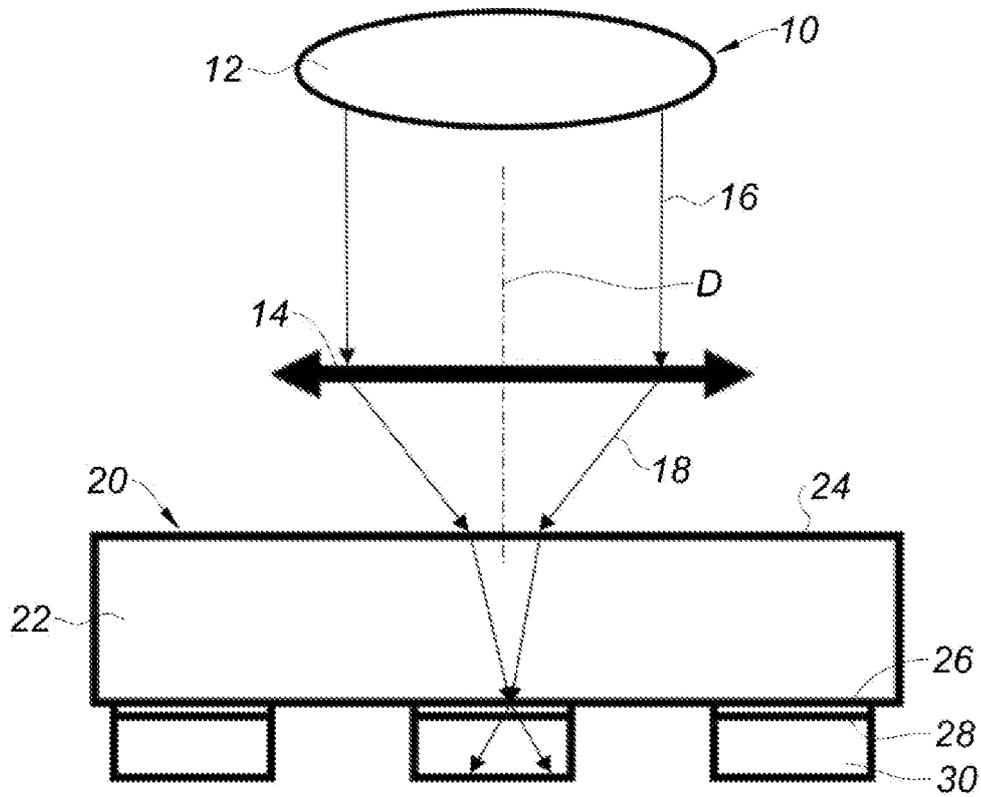


Fig. 1

[Fig. 2]

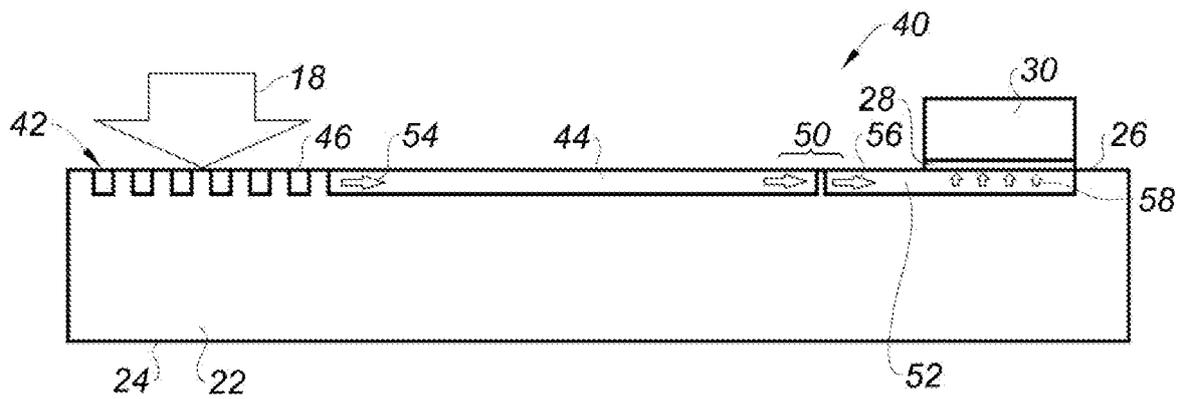


Fig. 2

[Fig. 4]

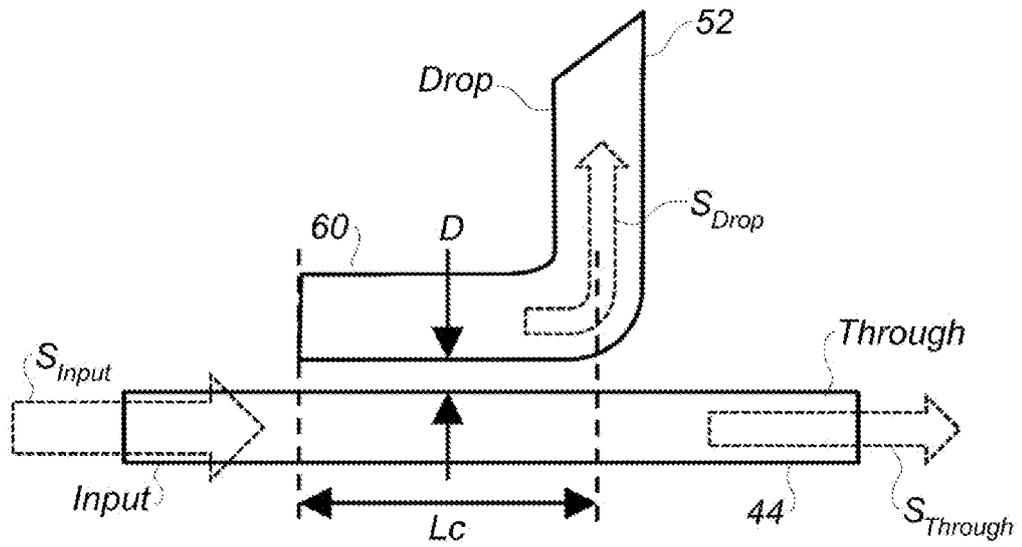


Fig. 4

[Fig. 5]

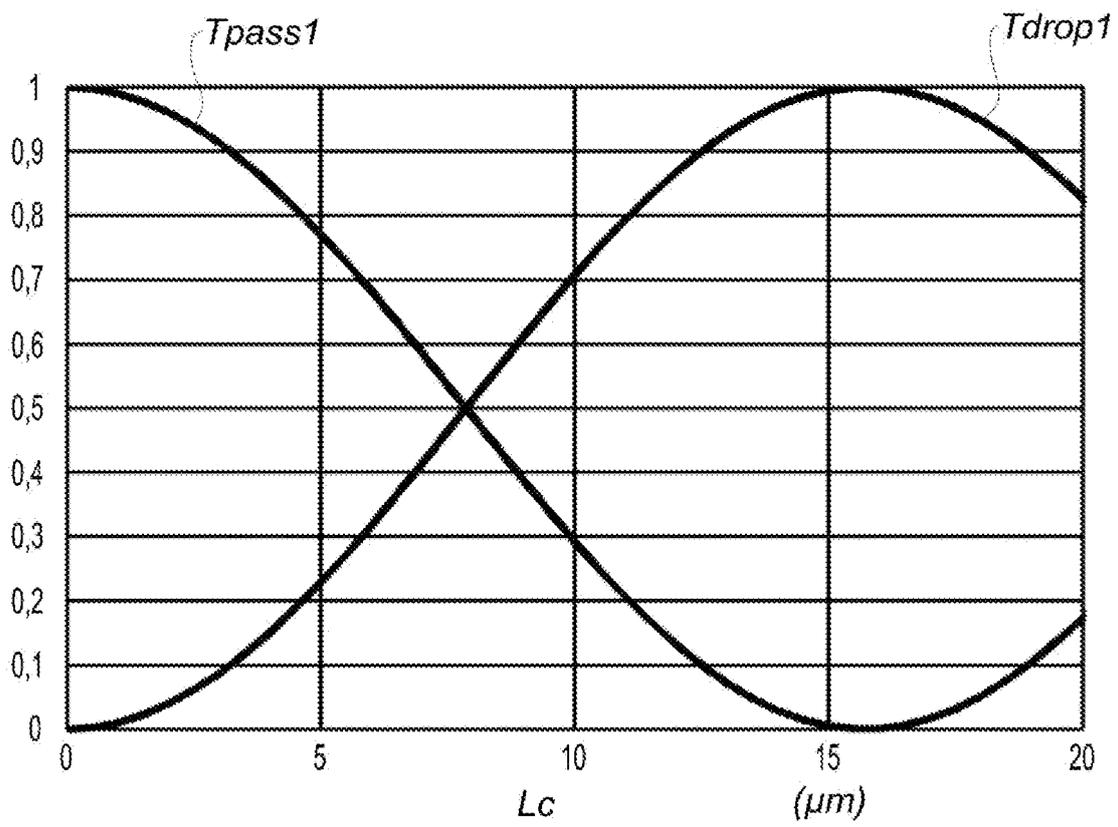


Fig. 5

[Fig. 6]

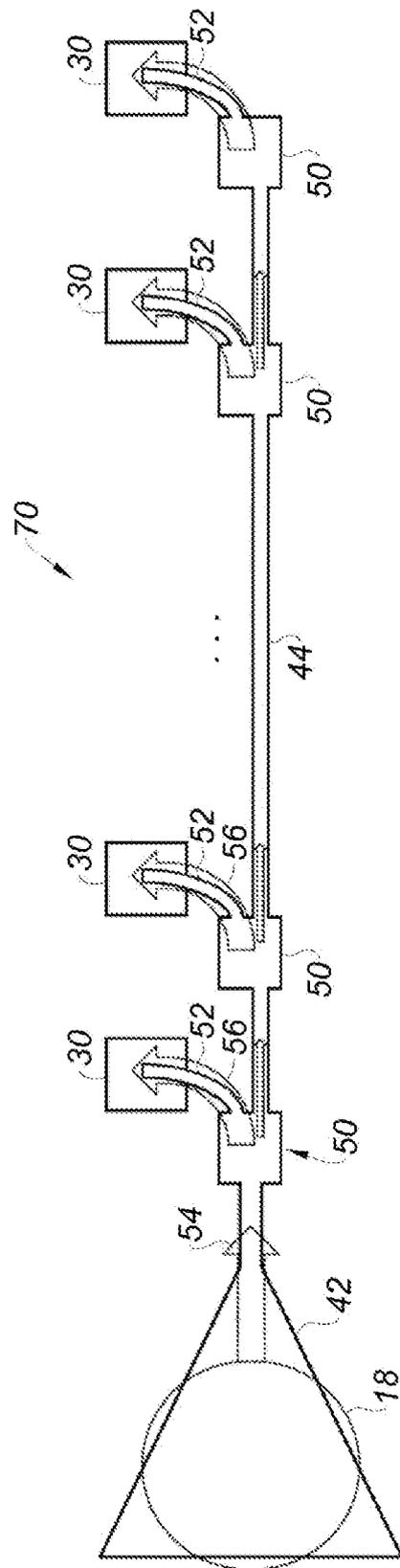


Fig. 6

[Fig. 7]

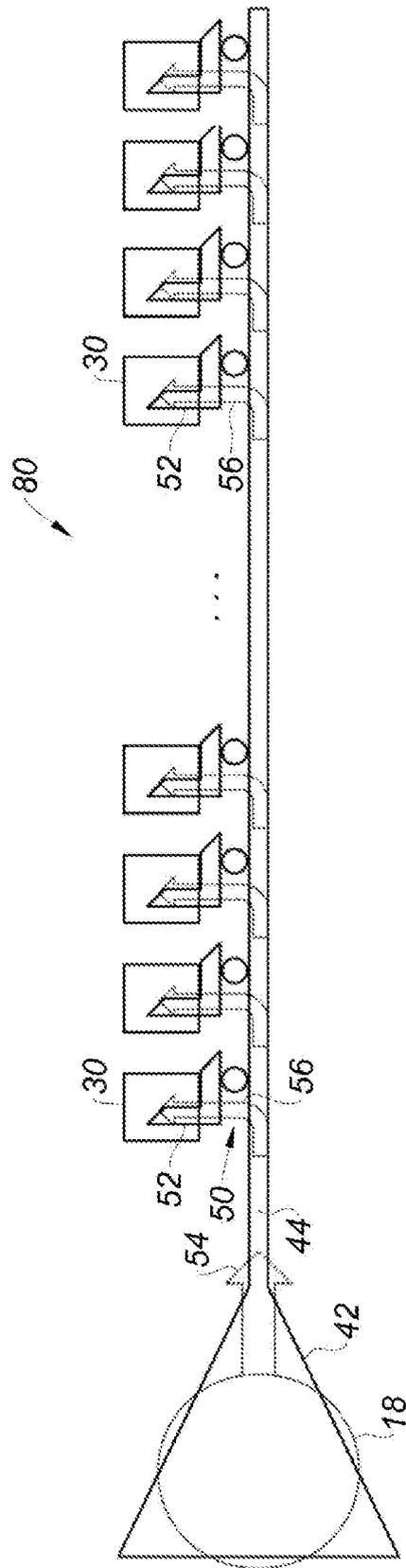


Fig. 7

[Fig. 8]

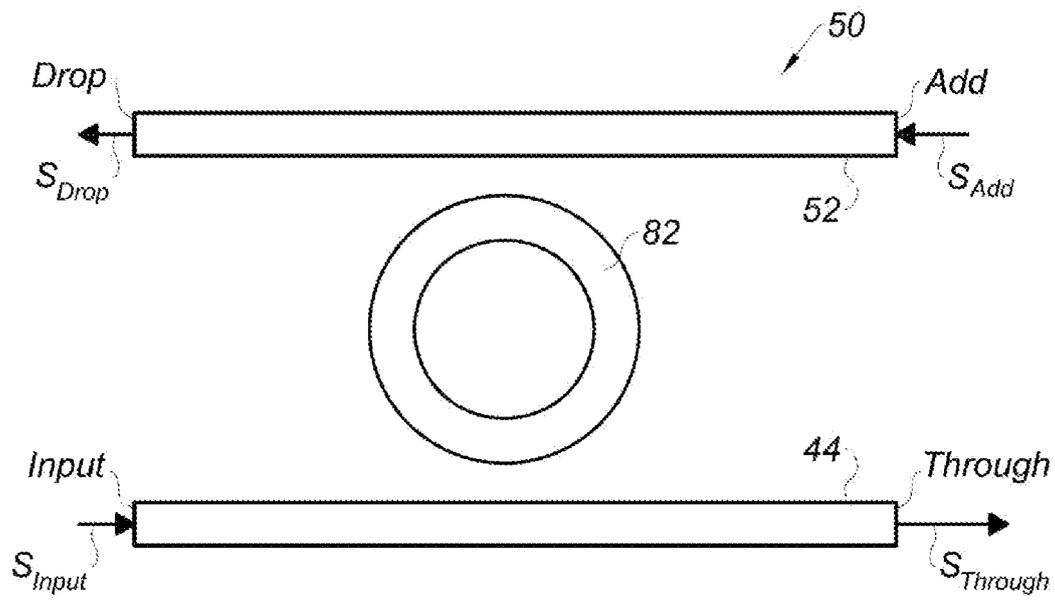


Fig. 8

[Fig. 9]

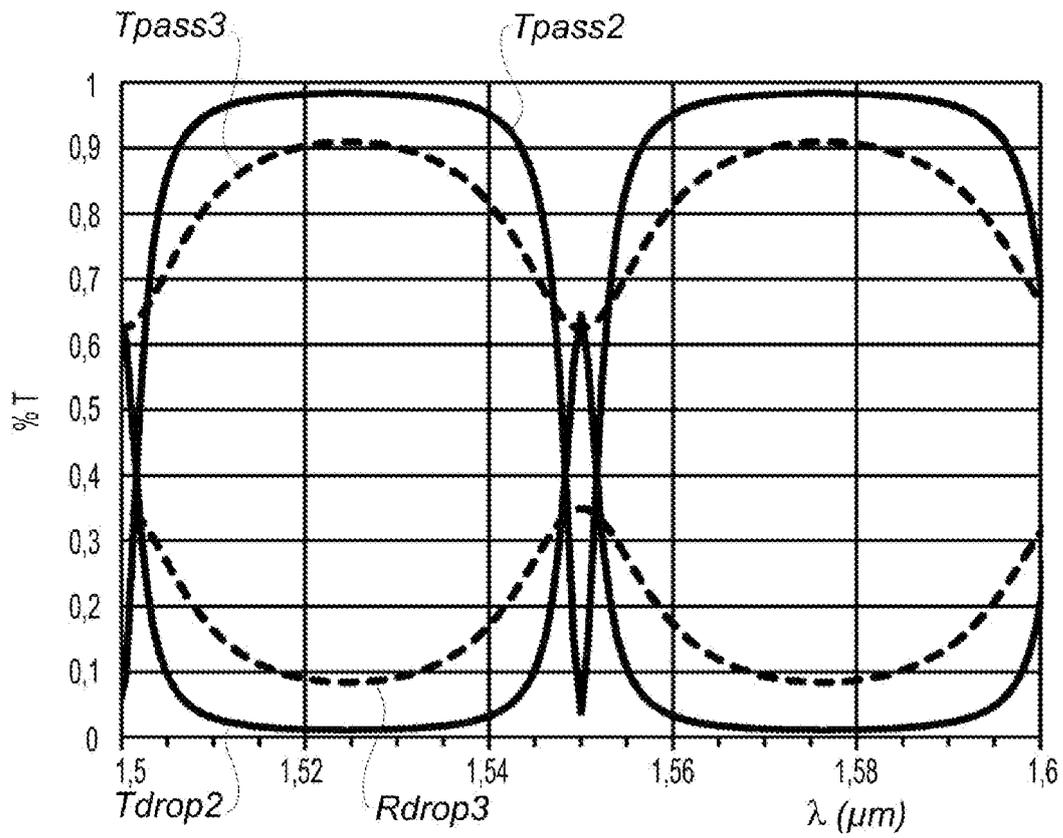


Fig. 9

[Fig. 10]

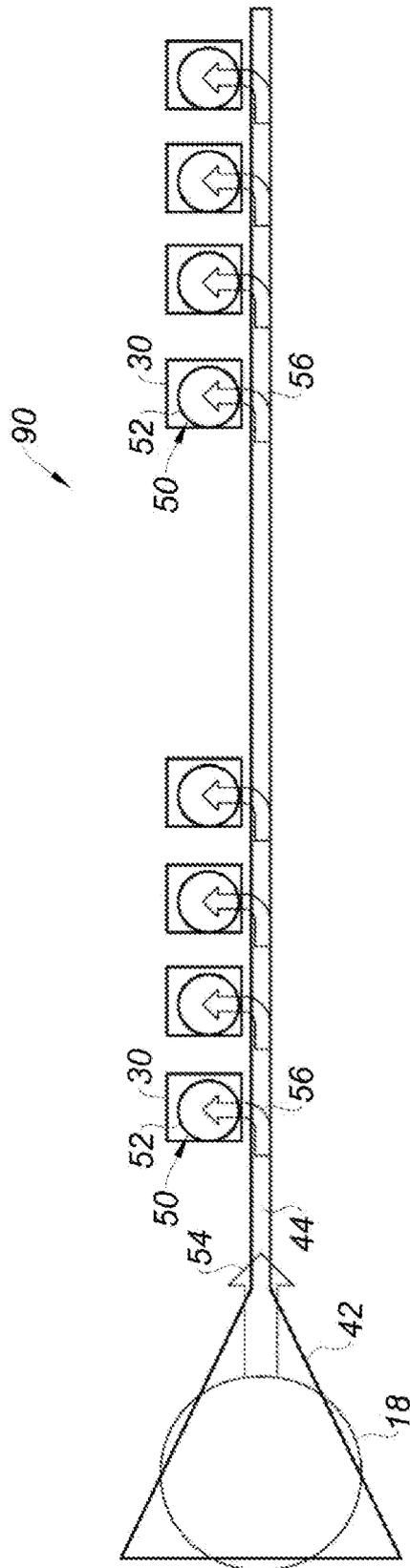


Fig. 10

[Fig. 11]

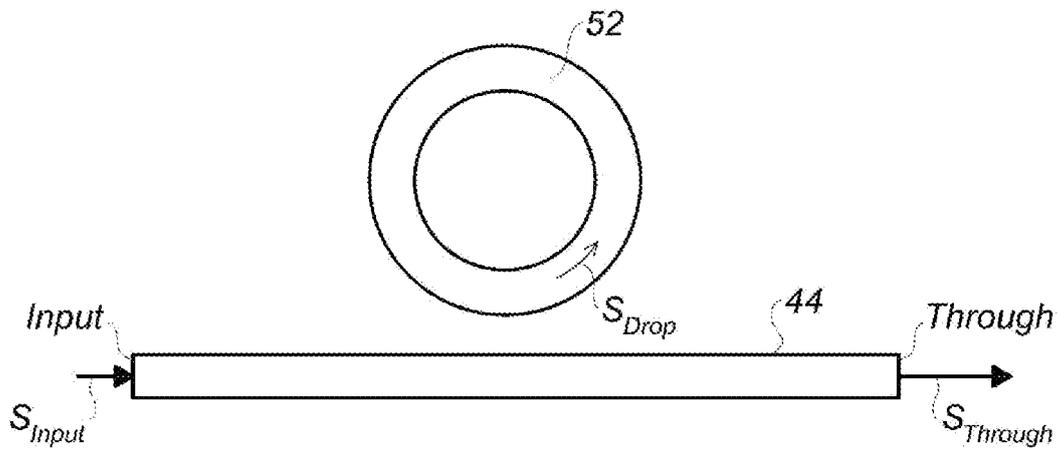


Fig. 11

[Fig. 12]

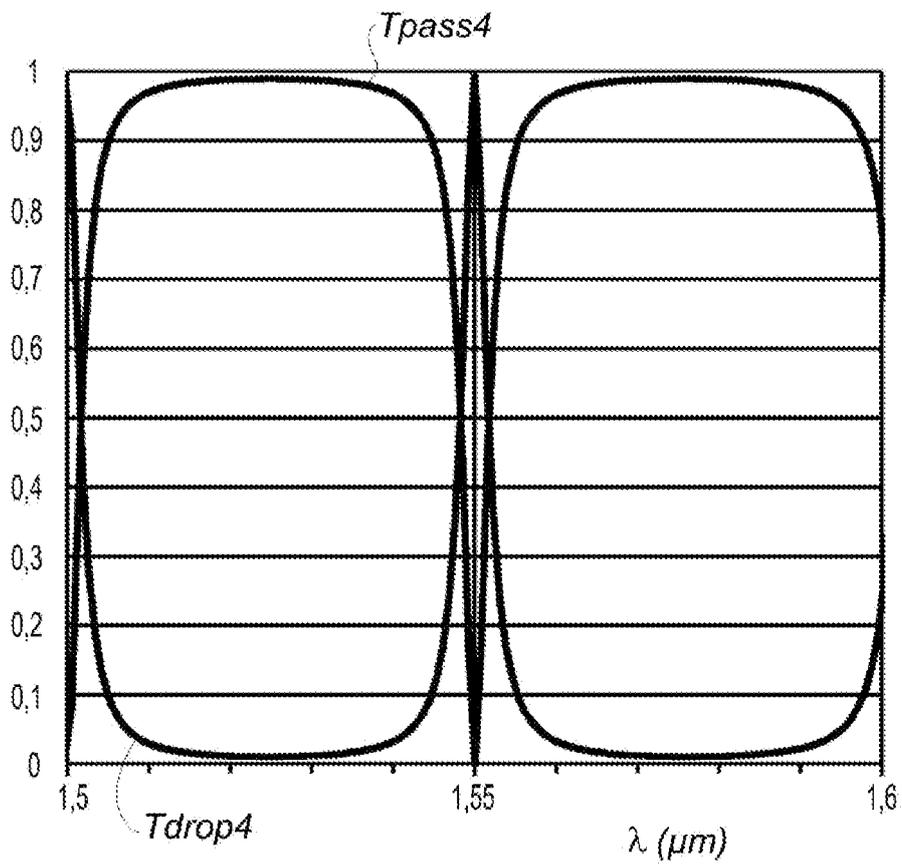


Fig. 12

[Fig. 13]

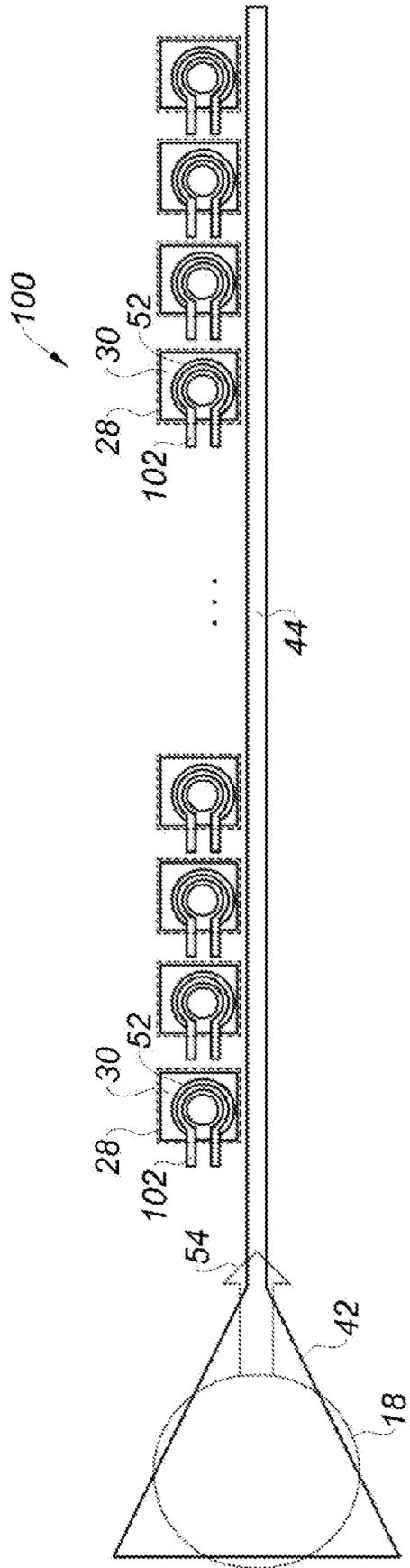
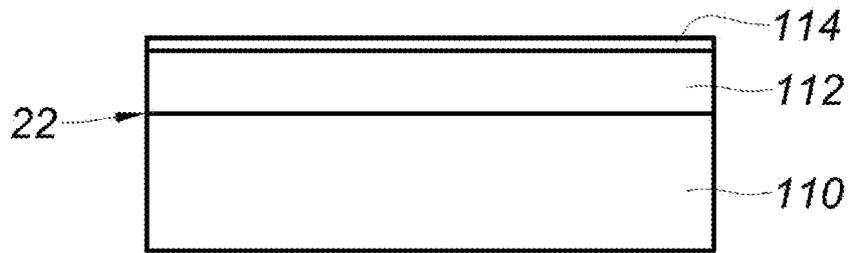
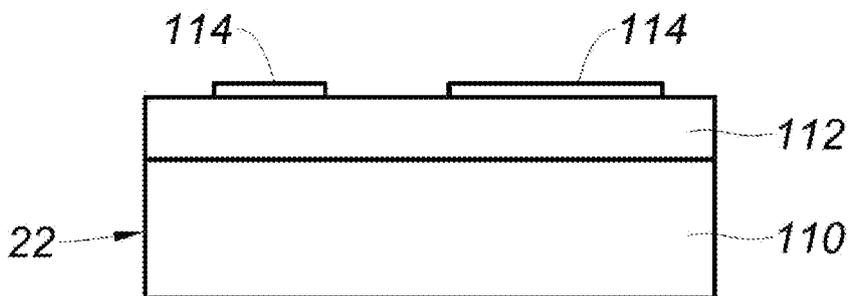


Fig. 13

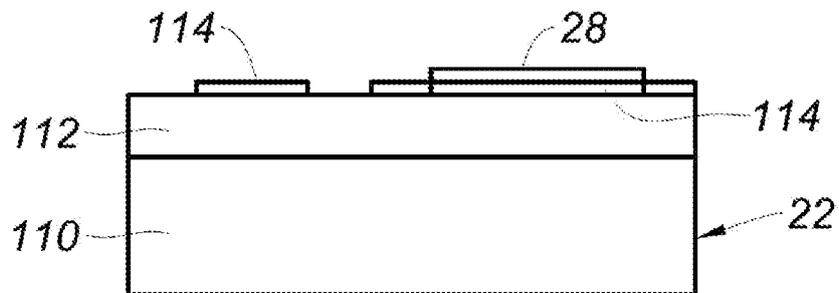
[Fig. 14A]

*Fig. 14A*

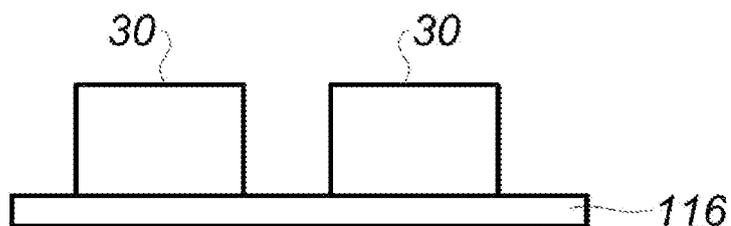
[Fig. 14B]

*Fig. 14B*

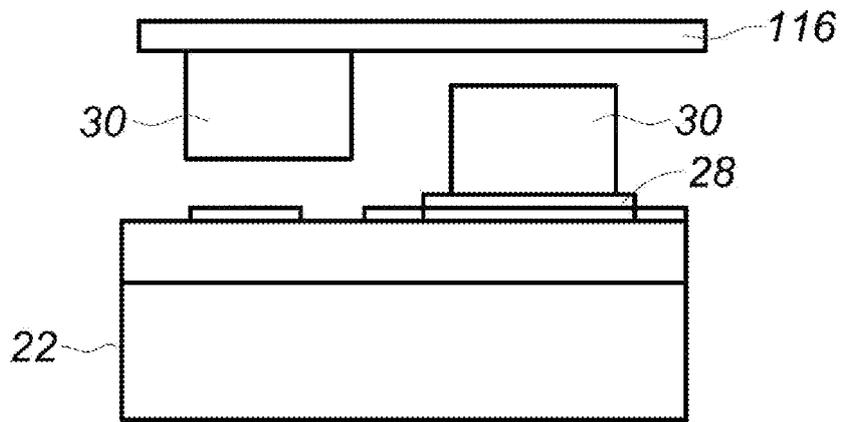
[Fig. 14C]

*Fig. 14C*

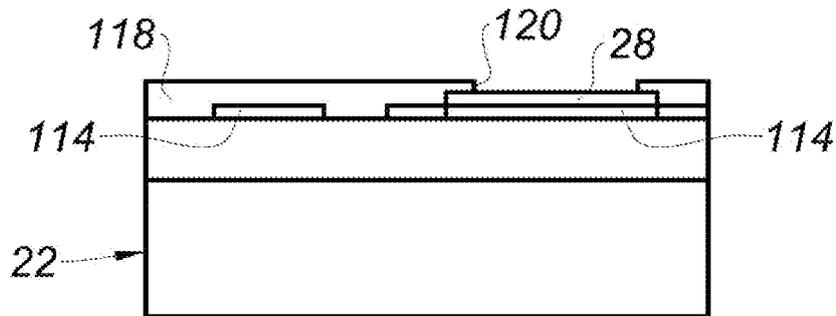
[Fig. 14D]

*Fig. 14D*

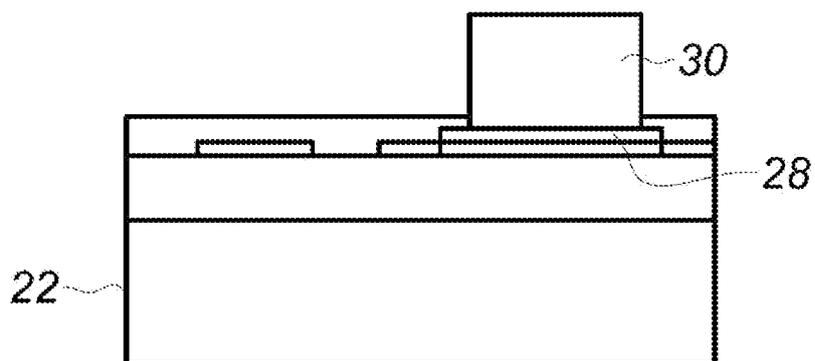
[Fig. 14E]

*Fig. 14E*

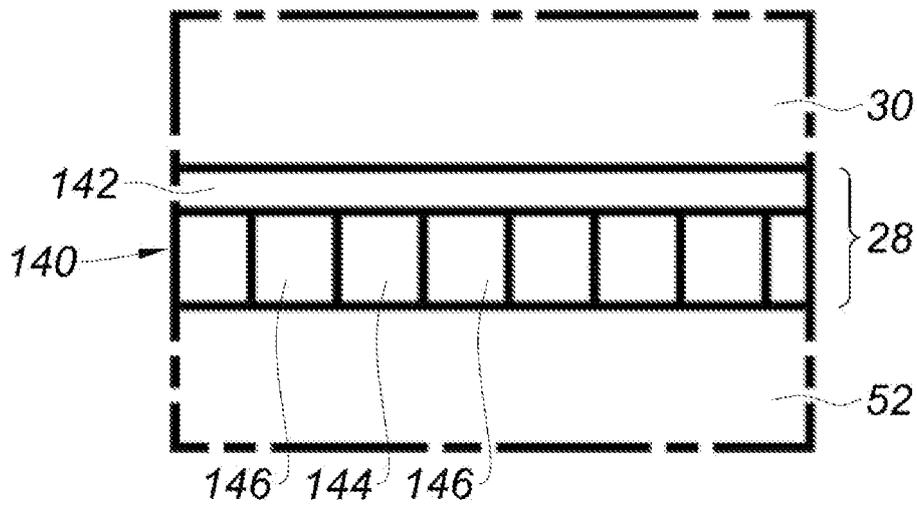
[Fig. 15A]

*Fig. 15A*

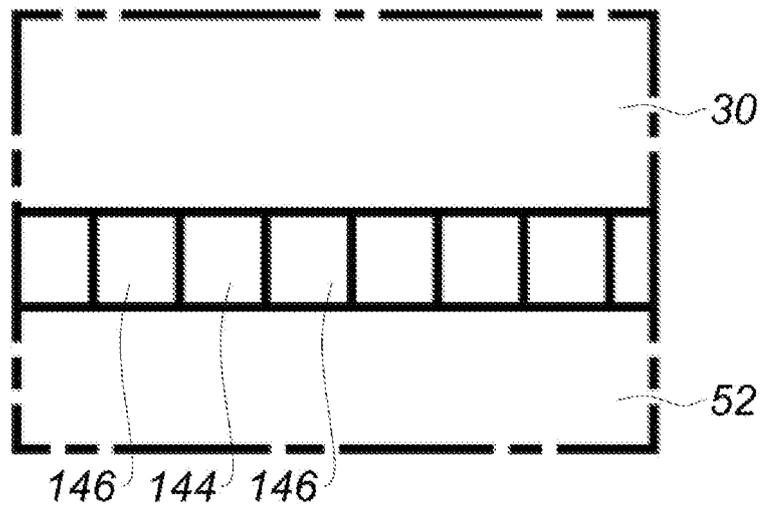
[Fig. 15B]

*Fig. 15B*

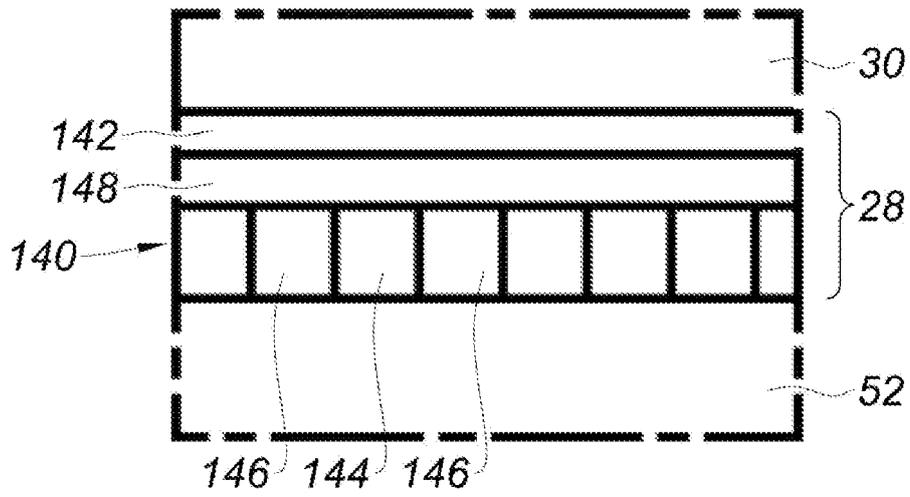
[Fig. 16]

*Fig. 16*

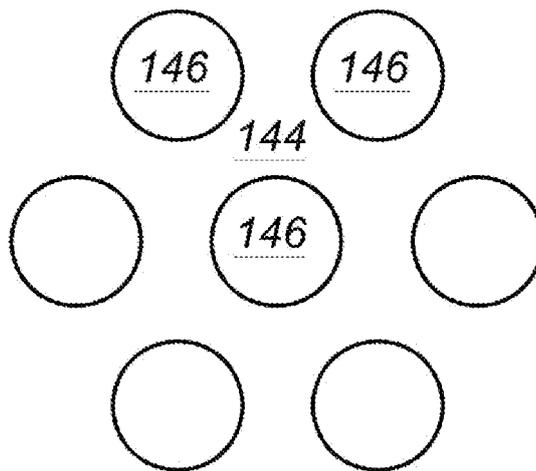
[Fig. 17]

*Fig. 17*

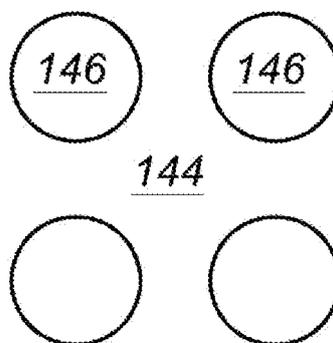
[Fig. 18]

*Fig. 18*

[Fig. 19]

*Fig. 19*

[Fig. 20]

*Fig. 20*

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

**1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN
CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION**

EP 2 775 330 A1 (AURRION INC [US])
10 septembre 2014 (2014-09-10)

US 9 362 444 B1 (LEOBANDUNG EFFENDI [US]
ET AL) 7 juin 2016 (2016-06-07)

US 2007/125995 A1 (WEISBUCH CLAUDE C [FR]
ET AL) 7 juin 2007 (2007-06-07)

CN 202 977 961 U (XI AN OPTICS PRECISION
MECH) 5 juin 2013 (2013-06-05)

**2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN
TECHNOLOGIQUE GENERAL**

NEANT

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

NEANT