

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

22 Date de dépôt : 09.06.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 16.12.22 Bulletin 22/50.

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) : SCINTIL PHOTONICS Société par
actions simplifiée — FR.

72 Inventeur(s) : MENEZO Sylvie et MAZUR Frédéric.

73 Titulaire(s) : SCINTIL PHOTONICS Société par
actions simplifiée.

74 Mandataire(s) : IP TRUST.

54 Assemblage photonique comprenant un composant photonique couplé optiquement avec un élément
photonique.

57 L'invention concerne un assemblage photonique
(100) qui comprend :

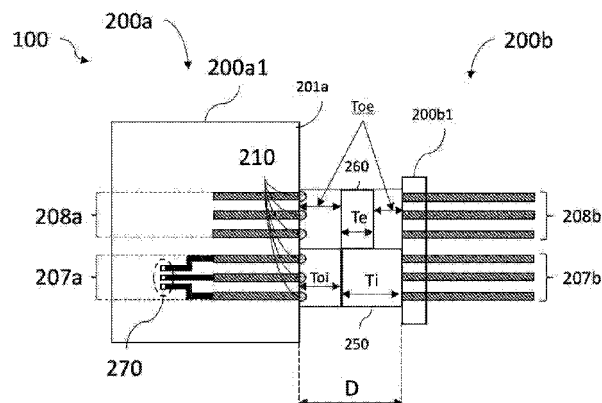
- un dispositif photonique (200a) comprenant un guide
de sortie (207a) et un guide d'entrée (208a) coopérant avec,
respectivement, une première sortie (202a) et une première
entrée (203a) ;

- un élément photonique (200b) pourvu d'une deuxième
sortie (203b) et d'une deuxième entrée (202b) optiquement
couplées avec la première entrée (203a) et la première sor-
tie (202a) ;

- un isolateur optique (250) s'interposant sur le trajet
entre la première sortie (202a) et la deuxième entrée (202b),
et imposant à un rayonnement, se propageant selon le pre-
mier trajet, une première taille ;

- des moyens d'ajustement (260) s'interposant sur le tra-
jet entre la première entrée (203a) et la deuxième sortie
(203b), les moyens d'ajustement (260) étant configurés
pour imposer à un rayonnement, se propageant selon le
deuxième trajet, une deuxième taille égale à la première
taille.

Figure 6



Description

Titre de l'invention : Assemblage photonique comprenant un composant photonique couplé optiquement avec un élément photonique

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de la photonique, et concerne plus particulièrement un assemblage d'un dispositif photonique et d'un élément photonique externe. Notamment, la présente invention est relative à l'optimisation du couplage optique entre le dispositif photonique et l'élément photonique.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

[0002] L'émergence des composants photoniques dans les domaines des communications optiques guidées s'est accompagnée du développement de moyens et de méthodes de couplage optique entre différents composants ou circuits photoniques (dispositifs photoniques) et d'autres éléments photoniques tels que des fibres optiques. Notamment, il est connu un assemblage entre un dispositif photonique pourvu d'une source laser avec un élément photonique externe tel qu'une fibre optique.

[0003] A titre d'exemple, la [Fig.1] et la [Fig.2] illustrent chacune un couplage, dit couplage par la surface, entre un dispositif photonique et un élément photonique externe. Notamment, la [Fig.1] représente un dispositif photonique 1a pourvu d'un guide d'onde 2a, enterré dans un substrat 3a. Une cavité 4a est par ailleurs formée à partir d'une face avant 5a du dispositif photonique 1a. Ladite cavité comprend notamment deux faces 6a et 7a. En particulier, la cavité 4a est formée de sorte que le guide d'onde 2a débouche selon une de ses extrémités par la face 6a. Le dispositif photonique 1a comprend également un miroir 8a, reposant sur la face 7a. Un tel agencement permet d'extraire du dispositif photonique 1a un rayonnement, par exemple émis par un laser (non représenté) et guidé par le guide d'onde 2a. Notamment, un rayonnement débouchant par la face 6a est réfléchi par l'élément réflecteur 8a selon une direction hors d'un plan formé par la face avant 5a. La mise en œuvre d'une lentille 10a et d'un prisme 8a permet de rediriger le rayonnement extrait vers une entrée d'un élément photonique 9a qui comprend par exemple un guide d'onde ou une fibre optique.

[0004] La [Fig.2] représente un autre dispositif photonique 1b pourvu d'un guide d'onde 2b, enterré dans un substrat 3b. Le guide d'onde 2b est par ailleurs terminé selon une de ses extrémités par un réseau de diffraction 4b. En particulier, le réseau de diffraction 4b est configuré pour projeter un rayonnement lumineux, par exemple émis par un laser (non représenté) et guidé par le guide d'onde 2b, en direction d'une sortie 5b disposée sur une face avant 6b du dispositif photonique 1b. Un tel agencement permet

ainsi d'extraire un rayonnement lumineux par la face avant 6b du dispositif photonique 1b. La mise en œuvre d'une lentille 7b et d'un prisme 8b permet de rediriger le rayonnement extrait vers une entrée d'un élément photonique 9b qui comprend par exemple un guide d'onde ou une fibre optique.

[0005] Toujours à titre d'exemple, la [Fig.3] illustre un mode de couplage dit couplage par la tranche entre un dispositif photonique 1c et un élément photonique 6c. Le dispositif photonique 1c est pourvu d'un guide d'onde 2c, enterré dans un substrat 3c. Le guide d'onde 2c débouche, par une de ses extrémités, sur une face latérale 4c (ou tranche) du dispositif photonique 1c. En d'autres termes, un rayonnement, émis par exemple par un laser (non représenté) et guidé par le guide d'onde 2c, est extrait du dispositif photonique 1c directement par la face latérale 4c de ce dernier. Une lentille 5c peut alors être mise en œuvre pour coupler le rayonnement extrait à un élément photonique 6c qui comprend par exemple un guide d'onde.

[0006] Il est toutefois des situations pour lesquelles il est souhaitable d'assurer une unidirectionnalité de la propagation du rayonnement lumineux lors de son extraction du dispositif photonique. En effet, le rayonnement extrait d'un dispositif photonique est susceptible de subir des réflexions, et ainsi être pour partie réinjecté dans le dispositif photonique et in fine dans le laser qui l'a produit. Ce phénomène a pour effet de dégrader le spectre d'émission du laser et, par voie de conséquence, les performances du dispositif photonique.

[0007] Afin de pallier ce problème, il est généralement proposé de mettre en œuvre un isolateur optique disposé sur le trajet du rayonnement extrait entre le dispositif photonique et l'élément photonique à coupler optiquement. La [Fig.4] reprend, à titre d'exemple, le dispositif de la [Fig.3] et dans lequel un isolateur optique 7c est interposé entre la lentille 5c et l'entrée de la fibre optique 6c. L'isolateur optique impose une propagation lumineuse dans un sens unique et permet d'éviter les réflexions parasites susceptible d'affecter les performances du dispositif photonique.

[0008] Néanmoins, cette solution présente des limites dès lors que le dispositif photonique comprend, en plus d'une extraction lumineuse, des zones, dites zones d'entrée, par lesquelles un rayonnement est susceptible d'être injecté dans le dispositif photonique. A cet égard, la [Fig.5] est une illustration d'un couplage optique par la tranche, selon une vue de dessus, d'un dispositif photonique 10a avec un élément photonique 10b. Le dispositif photonique 10a peut comprendre un réseau de lasers (non représentés, intégrés ou non) dont les rayonnements sont guidés par des guides d'onde, dits premiers guides d'onde d'extraction 11a. Le dispositif photonique 10a comprend également des guides d'onde, dits premiers guides d'onde d'entrée 12a, et destinés à recevoir un rayonnement lumineux externe. L'élément photonique 10b comprend des deuxièmes guides d'onde d'extraction 12b et des deuxièmes guides d'onde d'entrée

11b optiquement couplés, respectivement, avec les premiers guides d'onde d'entrée 12a et les premiers guide d'onde d'extraction 11a. Le composant photonique 10b peut être un composant passif, et comprendre par exemple un réseau de fibres optiques.

- [0009] Selon cet agencement, des rayonnements lumineux sont susceptibles de se propager selon deux sens opposés. Notamment, une première série de rayonnements est susceptible de se propager des premiers guides d'onde d'extraction 11a vers les deuxièmes guides d'onde d'entrée 11b. De manière équivalente, une deuxième série de rayonnements est susceptible de se propager des deuxièmes guides d'onde d'extraction 12b vers les premiers guides d'onde d'entrée 12a.
- [0010] Aussi afin d'optimiser les performances du couplage, les rayonnements de la première et de la deuxième série doivent présenter une taille de mode sensiblement équivalentes. Toutefois, la mise en œuvre d'un isolateur optique afin d'assurer une unidirectionnalité sur le trajet de propagation de la première série de rayonnements n'est pas sans conséquences. En effet, l'isolateur optique modifie la taille de mode des rayonnements de la première série de sorte ces derniers ne présentent plus une taille de mode sensiblement équivalente à celle des rayonnements de la deuxième série. En d'autres termes, la mise en œuvre d'un isolateur optique, sans autres précautions, ne permet d'optimiser les couplages à la fois entre les premiers guides d'onde d'extraction 11a et deuxièmes guides d'onde d'entrée 11b d'une part et entre les deuxièmes guides d'onde d'extraction 12b et les premiers guides d'onde d'entrée 12a d'autre part.
- [0011] Un but de la présente invention est donc de proposer un couplage optique entre un dispositif photonique et un élément photonique et permettant de palier les inconvénients susmentionnés.

BREVE DESCRIPTION DE L'INVENTION

- [0012] Le but de l'invention est atteint par un assemblage photonique qui comprend :
- [0013] - un dispositif photonique comprenant un premier bloc pourvu d'au moins un guide de sortie et d'au moins un guide d'entrée coopérant avec, respectivement, au moins une première sortie et au moins une première entrée disposées sur une première face du premier bloc ;
- [0014] - un élément photonique pourvu d'au moins une deuxième sortie et d'au moins une deuxième entrée , disposées sur une deuxième face de l'élément photonique, et optiquement couplées avec, respectivement, l'au moins une première entrée et l'au moins une première sortie ;
- [0015] - un isolateur optique s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit premier trajet, entre l'au moins une première sortie et l'au moins une deuxième entrée , et imposant à un rayonnement, se propageant selon le premier trajet, une première taille de mode ;
- [0016] - des moyens d'ajustement s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit

deuxième trajet, entre l'au moins une première entrée et l'au moins une deuxième sortie, les moyens d'ajustement étant configurés pour imposer à un rayonnement, se propageant selon le deuxième trajet, une deuxième taille de mode égale à la première taille de mode.

[0017] Selon un mode de mise en œuvre, les moyens d'ajustement comprennent une lame d'une épaisseur T_e , et ladite lame étant faite d'un matériau d'indice optique N_e , l'épaisseur T_e et l'indice optique N_e étant ajustés pour que la deuxième taille de mode soit égale à la première taille de mode.

[0018] Selon un mode de mise en œuvre, l'isolateur optique présente un indice optique N_i et une épaisseur T_i , et est combiné avec un premier matériau d'indice optique N_{oi} et d'épaisseur cumulée T_{oi} s'interposant sur le premier trajet, la lame est combinée avec un deuxième matériau d'indice optique N_{oe} et d'épaisseur cumulée T_{oe} s'interposant sur le deuxième trajet, l'indice optique N_i , l'épaisseur T_i , l'indice optique N_{oi} , l'épaisseur cumulée T_{oi} , l'indice optique N_{oe} , l'épaisseur cumulée T_{oe} , l'indice optique N_e et l'épaisseur T_e respectant la relation suivante :

$$[0019] \quad \frac{T_e}{N_e} + \frac{T_{oe}}{N_{oe}} = \frac{T_i}{N_i} + \frac{T_{oi}}{N_{oi}}$$

[0020] Selon un mode de mise en œuvre, l'assemblage photonique est pourvu de moyens d'alignement actif qui comprennent une première entrée d'alignement, une première sortie d'alignement, une deuxième entrée d'alignement et une deuxième sortie d'alignement choisies parmi, respectivement, l'au moins une première entrée, l'au moins une première sortie, l'au moins une deuxième entrée et l'au moins une deuxième sortie, la première sortie d'alignement et la deuxième entrée d'alignement sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un premier trajet d'alignement, la deuxième sortie d'alignement et la première entrée d'alignement sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un deuxième trajet d'alignement.

[0021] Selon un mode de mise en œuvre, les moyens d'alignement actif sont agencés de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans le composant photonique par la première entrée d'alignement en ressorte par la première sortie d'alignement ou de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans l'élément photonique par la deuxième entrée d'alignement en ressorte par la deuxième sortie d'alignement.

[0022] Selon un mode de mise en œuvre, les moyens d'alignement actif comprennent un laser d'alignement et un photo détecteur agencés selon un premier agencement ou un deuxième agencement, le premier agencement permet à un rayonnement émis par le laser d'alignement, avant d'atteindre le photo détecteur, d'emprunter dans l'ordre le premier trajet d'alignement et le deuxième trajet d'alignement, tandis que le deuxième agencement permet à un rayonnement émis par le laser d'alignement, avant d'atteindre le photo détecteur, d'emprunter dans l'ordre le deuxième trajet d'alignement et le

premier trajet d'alignement.

- [0023] Selon un mode de mise en œuvre, la première face et la deuxième face sont en regard l'une de l'autre, l'isolateur optique et les moyens d'ajustement de faisceau s'intercalant, respectivement, entre l'au moins une première sortie et l'au moins une deuxième entrée d'une part, et entre l'au moins une première entrée et l'au moins une deuxième sortie d'autre part.
- [0024] Selon un mode de mise en œuvre, l'au moins un guide de sortie se termine selon une de ces extrémités par l'au moins une première sortie et l'au moins un guide d'entrée se termine selon une de ces extrémités par l'au moins une première entrée.
- [0025] Selon un mode de mise en œuvre, l'au moins un guide de sortie et au moins un guide d'entrée s'étendent dans un plan parallèle à la première face.
- [0026] Selon un mode de mise en œuvre, l'au moins un guide de sortie se termine selon une de ses extrémités par un réseau de diffraction en correspondance avec l'au moins une première sortie, et l'au moins un guide d'entrée se termine selon une de ses extrémités par un autre réseau de diffraction en correspondance avec l'au moins une première entrée.
- [0027] Selon un mode de mise en œuvre, ledit assemblage photonique comprend un prisme disposé sur le premier trajet et le deuxième trajet.
- [0028] Selon un mode de mise en œuvre, le dispositif photonique comprend au moins un laser coopérant avec l'au moins un guide de sortie.
- [0029] Selon un mode de mise en œuvre, l'élément photonique comprend un réseau de fibres optiques reposant dans des gorges d'un deuxième bloc portant la deuxième face, avantageusement, les fibres optiques comprennent une extrémité en affleurement avec la deuxième face.
- [0030] Selon un mode de mise en œuvre, le dispositif photonique comprend des lentilles reposant sur la première face et coopérant avec l'au moins une première entrée et l'au moins une première sortie.
- [0031] L'invention concerne également un procédé de formation d'un assemblage photonique qui comprend les étapes suivantes :
- [0032] - une étape de fourniture d'un dispositif photonique comprenant un premier bloc pourvu d'au moins un guide de sortie et d'au moins un guide d'entrée coopérant avec, respectivement, au moins une première sortie et au moins une première entrée disposées sur une première face du premier bloc ;
- [0033] - une étape de fourniture d'un élément photonique pourvu d'au moins une deuxième sortie et d'au moins une deuxième entrée, disposées sur une deuxième face de l'élément photonique ;
- [0034] - une étape consistant à disposer un isolateur optique s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit premier trajet, entre l'au moins une première sortie et l'au

moins une deuxième entrée, et imposant à un rayonnement, se propageant selon le premier trajet, une première taille de mode ;

- [0035] - une étape consistant à disposer des moyens d'ajustement s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit deuxième trajet, entre l'au moins une première entrée et l'au moins une deuxième sortie, les moyens d'ajustement étant configurés pour imposer à un rayonnement, se propageant selon le deuxième trajet, une deuxième taille de mode égale à la première taille de mode ;
- [0036] le procédé comprenant en outre une étape de couplage optique destinée à coupler optiquement l'au moins une deuxième sortie et l'au moins une deuxième entrée avec, respectivement, l'au moins une première entrée et l'au moins une première sortie.
- [0037] Selon un mode de mise en œuvre, les moyens d'ajustement comprennent une lame d'une épaisseur T_e , et ladite lame étant faite d'un matériau d'indice optique N_e , l'épaisseur T_e et l'indice optique N_e étant ajustés pour que la deuxième taille de mode soit égale à la première taille de mode.
- [0038] Selon un mode de mise en œuvre, l'isolateur optique présente un indice optique N_i et une épaisseur T_i , et est combiné avec un premier matériau d'indice optique N_{oi} et d'épaisseur cumulée T_{oi} s'interposant sur le premier trajet, la lame est combinée avec un deuxième matériau d'indice optique N_{oe} et d'épaisseur cumulée T_{oe} s'interposant sur le deuxième trajet, l'indice optique N_i , l'épaisseur T_i , l'indice optique N_{oi} , l'épaisseur cumulée T_{oi} , l'indice optique N_{oe} , l'épaisseur cumulée T_{oe} , l'indice optique N_e et l'épaisseur T_e respectant la relation suivante :
- [0039]
$$\frac{T_e}{N_e} + \frac{T_{oe}}{N_{oe}} = \frac{T_i}{N_i} + \frac{T_{oi}}{N_{oi}}$$
- [0040] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape de couplage optique met en œuvre des moyens d'alignement actif, les moyens d'alignement actif comprennent une première entrée d'alignement, une première sortie d'alignement, une deuxième entrée d'alignement et une deuxième sortie d'alignement choisies parmi, respectivement, l'au moins une première entrée, l'au moins une première sortie, l'au moins une deuxième entrée et l'au moins une deuxième sortie, la première sortie d'alignement et la deuxième entrée d'alignement sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un premier trajet d'alignement, la deuxième sortie d'alignement et la première entrée d'alignement sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un deuxième trajet d'alignement, l'étape de couplage optique comprenant l'émission d'un rayonnement lumineux qui lorsqu'il emprunte l'un du premier ou du deuxième trajet d'alignement emprunte ensuite l'autre du premier ou du deuxième trajet d'alignement.
- [0041] Selon un mode de mise en œuvre, les moyens d'alignement actif sont agencés de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans le dispositif photonique par la

première entrée d'alignement en ressorte par la première sortie d'alignement ou de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans l'élément photonique par la deuxième entrée d'alignement en ressorte par la deuxième sortie d'alignement.

- [0042] Selon un mode de mise en œuvre, l'étape de couplage optique comprend l'émission d'un rayonnement lumineux par un laser d'alignement et la détection dudit rayonnement par un photo détecteur, le laser d'alignement et le photo détecteur étant agencés selon un premier agencement ou un deuxième agencement, le premier agencement permet à un rayonnement émis par le laser d'alignement, avant d'atteindre le photo détecteur, d'emprunter dans l'ordre le premier trajet d'alignement et le deuxième trajet d'alignement, tandis que le deuxième agencement permet à un rayonnement émis par le laser d'alignement, avant d'atteindre le photo détecteur, d'emprunter dans l'ordre le deuxième trajet d'alignement et le premier trajet d'alignement.

Brève description des dessins

- [0043] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description détaillée qui va suivre en référence aux figures annexées sur lesquelles :
- [0044] [Fig.1] La [Fig.1] est une représentation schématique d'un dispositif photonique, selon un plan de coupe dudit dispositif, connu de l'état de la technique, et illustrant un mode de couplage optique par la surface avec un élément photonique non représenté;
- [0045] [Fig.2] La [Fig.2] est une représentation schématique d'un autre dispositif photonique, selon un plan de coupe dudit dispositif, connu de l'état de la technique, et illustrant un mode de couplage optique par la surface avec un autre élément photonique;
- [0046] [Fig.3] La [Fig.3] est une représentation schématique d'un autre dispositif photonique, selon un plan de coupe dudit dispositif, connu de l'état de la technique, et illustrant un mode de couplage par la tranche ;
- [0047] [Fig.4] La [Fig.4] est illustre la mise en œuvre d'un isolateur optique pour le couplage entre le dispositif photonique et l'élément photonique représentés à la [Fig.3] ;
- [0048] [Fig.5] La [Fig.5] est une représentation schématique d'un assemblage d'un premier composant photonique et d'un deuxième composant photonique optiquement couplés entre eux ;
- [0049] [Fig.6] La [Fig.6] est une représentation schématique d'un assemblage photonique selon un premier mode de réalisation de la présente invention, notamment l'assemblage photonique est représenté selon un plan de coupe perpendiculaire à la première et à la deuxième face, et qui comprend l'ensemble des guides du dispositif photonique et de l'élément photonique ;

- [0050] [Fig.7] La [Fig.7] est une représentation schématique du dispositif photonique de la [Fig.6] et représenté selon les mêmes modalités de la [Fig.6] ;
- [0051] [Fig.8] La [Fig.8] est une représentation schématique de l'élément photonique de la [Fig.6] et représenté selon les mêmes modalités de la [Fig.6] ;
- [0052] [Fig.9] La [Fig.9] est une représentation schématique d'un assemblage photonique de la [Fig.6] et auquel sont adjoints des moyens d'alignement actif selon une première variante du premier mode de réalisation de la présente invention ;
- [0053] [Fig.10] La [Fig.10] est une représentation schématique du dispositif photonique de la [Fig.9] et représenté selon les mêmes modalités de la [Fig.9] ;
- [0054] [Fig.11] La [Fig.11] est une représentation schématique de l'élément photonique de la [Fig.9] et représenté selon les mêmes modalités de la [Fig.9] ;
- [0055] [Fig.12] La [Fig.12] est une représentation schématique d'un assemblage photonique de la [Fig.6] et auquel sont adjoints des moyens d'alignement actif selon une deuxième variante du premier mode de réalisation de la présente invention ;
- [0056] [Fig.13] La [Fig.13] est une représentation schématique du dispositif photonique de la [Fig.12] et représenté selon les mêmes modalités de la [Fig.12] ;
- [0057] [Fig.14] La [Fig.14] est une représentation schématique de l'élément photonique de la [Fig.12] et représenté selon les mêmes modalités de la [Fig.12] ;
- [0058] [Fig.15] La [Fig.15] une représentation schématique d'un dispositif photonique susceptible d'être mis en œuvre dans un deuxième mode de réalisation de la présente invention, notamment le dispositif photonique est représenté selon un plan de coupe parallèle à la première face et qui comprend les guides d'ondes dudit dispositif photonique ;
- [0059] [Fig.16] La [Fig.16] est une représentation d'un assemblage photonique selon le deuxième mode de réalisation de la présente invention, notamment l'assemblage photonique est représenté selon un plan de coupe perpendiculaire à la première face et qui comprend un guide de sortie ;
- [0060] [Fig.17] La [Fig.17] est une représentation d'un assemblage photonique selon le deuxième mode de réalisation de la présente invention, notamment l'assemblage photonique est représenté selon un plan de coupe perpendiculaire à la première face et qui comprend un guide d'entrée.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

- [0061] L'invention concerne un assemblage photonique pourvu d'un dispositif photonique et d'un élément photonique optiquement couplés entre eux.
- [0062] En particulier, le dispositif photonique comprend un premier bloc pourvu d'au moins un guide de sortie et d'au moins un guide d'entrée coopérant avec, respectivement, au moins une première sortie et au moins une première entrée disposées sur une première

face du bloc.

- [0063] L'élément photonique est pourvu d'au moins une deuxième sortie et d'au moins une deuxième entrée, disposées sur une deuxième face de l'élément photonique. à cet égard, l'au moins une deuxième sortie et l'au moins une deuxième entrée sont optiquement couplées avec, respectivement, l'au moins une première entrée et l'au moins une première sortie.
- [0064] L'assemblage photonique comprend également un isolateur optique s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit premier trajet, entre l'au moins une première sortie et l'au moins une deuxième entrée. Par ailleurs, l'isolateur optique impose à un rayonnement, se propageant selon le premier trajet, une première taille de mode (« Waist » selon la terminologie anglo-Saxonne).
- [0065] L'assemblage photonique comprend enfin des moyens d'ajustement s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit deuxième trajet, entre l'au moins une première entrée et l'au moins une deuxième sortie. à cet égard, les moyens d'ajustement sont configurés pour imposer à un rayonnement, se propageant selon le deuxième trajet, une deuxième taille de mode égale à la première taille de mode.
- [0066] Par « optiquement couplé », on entend une entrée et une sortie agencées de sorte qu'un rayonnement lumineux issue de la sortie est injecté dans l'entrée. Il est entendu, selon les termes de la présente invention qu'une entrée est une entrée optique, et une sortie est une sortie optique. En d'autres termes, un rayonnement lumineux incident sur une entrée optique sera injecté dans le composant (dispositif ou élément) considéré. De manière équivalente, un rayonnement lumineux pourra être extrait par une sortie optique du composant (dispositif ou élément) considéré.
- [0067] Selon la présente invention, un guide est un guide d'onde. Par ailleurs, dès lors qu'un guide coopère avec une sortie au sein d'un dispositif photonique, un rayonnement guidé par ledit guide est susceptible d'être extrait du dispositif photonique par la sortie. De manière équivalente, dès lors qu'un guide coopère avec une entrée, au sein d'un dispositif photonique, un rayonnement injecté dans le dispositif photonique par l'entrée sera guidé par ledit guide.
- [0068] Tel que décrit dans la suite de l'énoncé, la coopération entre un guide et une sortie ou une entrée peut être réduite à la simple identification d'une extrémité du guide à l'entrée ou la sortie. De manière alternative, cette coopération entre un guide et une entrée ou une sortie peut faire intervenir un réseau de diffraction.
- [0069] Ainsi, la [Fig.6] représente un assemblage photonique 100 selon un premier mode de réalisation de la présente invention et associé à un couplage par la tranche. Notamment, l'assemblage photonique 100 comprend un dispositif photonique 200a et un élément photonique 200b.
- [0070] Le dispositif photonique 200a comprend à cet égard un premier bloc 200a1. Tel

qu'illustré à la [Fig.7], le premier bloc 200a1 comprend une face dite première face 201a sur laquelle sont formées ou disposées au moins une première sortie 202a et au moins une première entrée 203a.

[0071] Le dispositif photonique peut également comprendre des lentilles 210 reposant sur la première face 201a et coopérant avec l'au moins une première entrée 203a et l'au moins une première sortie 202a. Plus particulièrement, chaque première sortie 202a est associée à une lentille qui lui est propre, de sorte qu'un rayonnement lumineux extrait par ladite première sortie traverse la lentille considérée. De manière équivalente, chaque première entrée 203a est associée à une lentille qui lui est propre, de sorte qu'un rayonnement lumineux, avant d'être injecté par ladite première entrée, traverse la lentille considérée.

[0072] Le premier bloc 200a1 comprend également des guides d'onde, et plus particulièrement au moins un guide de sortie 207a et au moins un guide d'entrée 208a. Notamment, l'au moins un guide de sortie 207a coopère avec l'au moins une première sortie 202a, tandis que l'au moins un guide d'entrée 208a coopère avec l'au moins une première entrée 208a.

[0073] Ainsi, un rayonnement lumineux guidé par l'au moins un guide de sortie 207a peut être extrait, du premier bloc 200a1, par l'au moins une première sortie 202a avec laquelle il coopère. De manière équivalente, un rayonnement lumineux injecté dans le premier bloc 200a1 par l'au moins une première entrée 208a sera guidé par l'au moins un guide d'entrée 208a.

[0074] Le rayonnement lumineux susceptible d'être guidé par l'au moins un guide de sortie 207a provient d'une ou plusieurs sources lumineuses par exemple un ou plusieurs lasers, voire une matrice de lasers.

[0075] L'une ou plusieurs sources lumineuses peuvent être intégrées au dispositif photonique 200a, voire au premier bloc 200a1, ou tout simplement être externe audit dispositif photonique 200a.

[0076] A titre d'exemple, le dispositif photonique 200a de la [Fig.6] comprend trois guides de sortie 202a, et une matrice de lasers 270 intégrée au premier bloc 200a1. Notamment chaque laser 270 est associé spécifiquement à un guide de sortie 202a de sorte qu'un rayonnement lumineux émis par le laser considéré soit guidé par le guide de sortie avec lequel il est associé. L'invention n'est toutefois pas limitée à ce seul agencement, et l'homme du métier pourra envisager tout autre configuration en termes d'intégration et de nombre de lasers.

[0077] Il est notable qu'un rayonnement émis par une source laser est polarisée selon une direction privilégiée. Ainsi, et sans qu'il soit nécessaire de le préciser, le dispositif photonique 200a est configuré pour permettre la propagation et/ou le guidage d'un rayonnement lumineux (Laser) polarisé selon une direction prédéterminée.

- [0078] Selon ce premier mode de réalisation, l'au moins un guide de sortie 207a se termine selon une de ces extrémités par l'au moins une première sortie 202a, tandis que l'au moins un guide d'entrée 208a se termine selon une de ces extrémités par l'au moins une première entrée 203a. En d'autres termes, l'extrémité de l'au moins un guide de sortie 207a formant l'au moins une première sortie 202a est en affleurement de la première face 201a. De manière équivalente, l'extrémité de l'au moins un guide d'entrée 208a formant l'au moins une première entrée 203a est en affleurement de la première face 201a.
- [0079] Selon la présente invention, les guides d'onde du premier bloc 200a1 peuvent comprendre du nitrure de silicium ou du silicium noyé dans une matrice d'oxyde de silicium.
- [0080] L'assemblage photonique 100 comprend également un élément photonique 200b ([Fig.6] et [Fig.8]). L'élément photonique 200b, à l'instar du premier bloc 200a1, comprend une deuxième face 201b sur laquelle sont formées au moins une deuxième sortie 203b et au moins une deuxième entrée 202b. Selon la présente invention, l'élément photonique 200b et le dispositif photonique 200a sont agencés de sorte que l'au moins une deuxième sortie 203b et l'au moins une deuxième entrée 202b sont optiquement couplées avec, respectivement, l'au moins une première entrée 203a et l'au moins une première sortie 202a.
- [0081] Ainsi, un rayonnement lumineux extrait du dispositif photonique 200a par l'au moins une première sortie 202a sera injecté dans l'élément photonique 200b par l'au moins une deuxième entrée 202b. De manière équivalente, un rayonnement lumineux extrait de l'élément photonique 200b par l'au moins une deuxième sortie 203b sera injecté dans le dispositif photonique 200a par l'au moins une première entrée 203a.
- [0082] A cette fin, et selon le premier mode de réalisation, la première face 201a et la deuxième face 201b sont en regard l'une de l'autre. Plus particulièrement, la première face 201a et la deuxième face 201b sont espacées d'une distance D.
- [0083] L'élément photonique 200b selon la présente invention peut comprendre un réseau de fibres optiques, et plus particulièrement au moins une fibre d'entrée 207b et au moins une fibre de sortie 208b. Notamment, l'au moins une fibre d'entrée 207b coopère avec l'au moins une deuxième entrée 202b ([Fig.8]). De manière équivalente, l'au moins une fibre de sortie 208b coopère avec l'au moins une deuxième sortie 203b.
- [0084] Par exemple, l'au moins une fibre d'entrée 207b se termine selon une de ses extrémités par l'au moins une deuxième entrée 202b, tandis que l'au moins une fibre de sortie 208b se termine selon une de ses extrémités par l'au moins une deuxième sortie 203b. En d'autres termes, l'extrémité de l'au moins une fibre d'entrée 207b formant l'au moins une deuxième entrée 202b et l'extrémité de l'au moins une fibre de sortie 208b formant l'au moins une deuxième sortie 203b sont en affleurement de la

deuxième face 201b. Selon cette configuration, la deuxième face peut être portée par un deuxième bloc 200b1 pourvu de gorges (« V-groove » selon la terminologie Anglo-Saxonne), et dans lesquelles sont montées les fibres optiques.

- [0085] L'assemblage photonique 100 comprend également un isolateur optique 250 s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit premier trajet, entre l'au moins une première sortie 202a et l'au moins une deuxième entrée 202b. Il est toutefois clair, sans qu'il soit nécessaire de le préciser, que l'isolateur optique 250 ne s'interpose pas entre l'au moins une deuxième sortie 203b et l'au moins une première entrée 203a. L'isolateur optique 250 présente notamment un indice optique N_i , et une épaisseur T_i mesurée selon la direction définie par le premier trajet.
- [0086] L'isolateur optique peut par exemple être collé sur l'une ou l'autre de la première et de la deuxième face. Selon ce premier mode de réalisation, l'isolateur optique est collé sur la deuxième face.
- [0087] L'isolateur optique 250 peut être combiné avec un premier matériau d'indice N_{oi} et d'épaisseur cumulée T_{oi} s'interposant sur le premier trajet. En d'autres termes, un rayonnement empruntant le premier trajet traversera l'isolateur optique 250 et une épaisseur T_{oi} du premier matériau. Par exemple, le premier matériau peut combler l'espace laissé vacant entre l'isolateur optique 250 et la première et/ou la deuxième face. Le premier matériau peut comprendre de l'air, ou un matériau diélectrique.
- [0088] Le « premier trajet » définit un sens de propagation du rayonnement lumineux de l'au moins une première sortie 202a vers l'au moins une deuxième entrée 202b.
- [0089] Un isolateur optique 250 selon les termes de la présente invention est un composant optique permettant la propagation de la lumière en sens unique. Un tel composant peut notamment comprendre un rotateur de Faraday intercalé entre un premier polariseur et un deuxième polariseur dont l'axe optique est décalé de 45° par rapport à celui du polariseur.
- [0090] Ainsi, seule une composante, dite composante utile d'un rayonnement, orientée selon l'axe optique du premier polariseur est transmise par ce dernier au rotateur de Faraday. Lorsqu'elle traverse le rotateur de Faraday, la polarisation de la composante utile se voit imposer une rotation de 45° avant d'atteindre le deuxième polariseur. La composante utile, présentant une polarisation parallèle à l'axe optique du polariseur, est alors transmise par ce dernier pour former le rayonnement de sortie. Il est donc entendu qu'un rayonnement d'entrée présentant une polarisation perpendiculaire à l'axe optique du polariseur ne sera pas transmise par l'isolateur optique. Il est aussi entendu qu'un rayonnement incident sur le deuxième polariseur, quelle que soit sa polarisation, ne sera pas transmis par l'isolateur optique. Ce dernier aspect, bien connu de l'homme du métier, trouve son origine dans le caractère non réciproque du rotateur de Faraday.

- [0091] L'isolateur optique 250 est ainsi agencé pour permettre la propagation d'un rayonnement lumineux de l'au moins une première sortie 202a vers l'au moins une deuxième entrée 202b selon le premier trajet. La mise en œuvre de l'isolateur optique 250 permet d'éliminer les réflexions parasites qu'un rayonnement lumineux est susceptible de subir sur le premier trajet. L'élimination des réflexions parasites prévient tout retour du rayonnement lumineux au niveau du ou des lasers, et permet ainsi de limiter la dégradation de leurs performances.
- [0092] La mise en œuvre de l'isolateur optique 250 impose à un rayonnement lumineux, se propageant selon le premier trajet, une première taille de mode (« Waist » selon la terminologie Anglo-Saxonne). Aussi, à cette afin la distance D entre la première face 201a et la deuxième face 201b est généralement ajustée de manière à rendre compte de ce phénomène et ainsi d'optimiser le couplage optique entre l'au moins une première sortie 202a et l'au moins une deuxième entrée 202b.
- [0093] Cet ajustement n'est toutefois pas sans conséquences sur l'efficacité ou l'optimisation du couplage entre l'au moins une deuxième sortie 203b et l'au moins une première entrée 202a. Notamment, et sans autres précautions, un rayonnement lumineux se propageant, selon un deuxième trajet, de l'au moins une deuxième sortie 203b vers l'au moins une première entrée 203a ne se verra pas imposé la première taille de mode.
- [0094] Ainsi, afin de pallier ce problème, il est proposé de mettre en œuvre des moyens d'ajustement 260 s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, entre l'au moins une première entrée 203a et l'au moins une deuxième sortie 203b. Les moyens d'ajustement 260 sont notamment configurés pour imposer à un rayonnement, se propageant selon le deuxième trajet, une deuxième taille de mode sensiblement égale à la première taille de mode. Il est clair, sans qu'il soit nécessaire de le préciser, que les moyens d'ajustement 260 ne s'interposent pas entre l'au moins une première sortie 202a et l'au moins une deuxième entrée 202b.
- [0095] La mise en œuvre d'un deuxième isolateur optique en tant que moyens d'ajustement et orienté pour laisser passer un rayonnement lumineux de l'au moins une deuxième sortie vers l'au moins première entrée n'est pas souhaitable. En effet, la polarisation d'un rayonnement guidé par une fibre de l'élément photonique n'est pas connue de sorte que ledit rayonnement pourrait être partiellement transmis, voire bloqué, si un isolateur optique devait être mis en œuvre en tant que moyens d'ajustement. La simple mise en œuvre d'un deuxième isolateur optique viendrait bloquer tout ou partie du signal.
- [0096] à titre d'exemple, les moyens d'ajustement 260 peuvent comprendre une lame d'une épaisseur T_e , et ladite lame étant faite d'un matériau d'indice optique N_e . L'épaisseur T_e et l'indice optique N_e étant ajustés pour que la deuxième taille de mode soit sen-

siblement égale à la première taille de mode (Il est entendu que l'épaisseur T_e est mesurée selon une direction définie par les faces de la lame parallèles à la première et le deuxième face).

[0097] La lame peut par exemple être collée sur l'une ou l'autre de la première et de la deuxième face. Selon ce premier mode de réalisation, la lame est collée sur la deuxième face.

[0098] L'ajustement peut comprendre notamment la considération d'un indice optique N_e , avantageusement, supérieur à l'indice optique N_i . Cette configuration est particulièrement avantageuse dans la mesure où elle permet d'espacer (augmenter la distance « D ») la première face et la deuxième face, et par voie de conséquence facilite le procédé d'assemblage du dispositif photonique et de l'élément photonique.

[0099] De manière alternative ou complémentaire, la lame 260 peut être combinée avec un deuxième matériau d'indice N_{oe} et d'épaisseur cumulée T_{oe} s'interposant sur le deuxième trajet. En d'autres termes, un rayonnement empruntant le deuxième trajet traversera la lame 260 et une épaisseur T_{oe} du deuxième matériau. Par exemple, le deuxième matériau peut combler l'espace laissé vacant entre la lame 260 et la première et/ou la deuxième face. Le deuxième matériau peut comprendre de l'air ou un matériau diélectrique.

[0100] Selon cette alternative, l'ajustement peut être exécuté en imposant aux grandeurs T_e , N_e , T_{oe} , N_{oe} , T_i , N_i , T_{oi} et N_{oi} de respecter la relation suivante :

$$[0101] \quad \frac{T_e}{N_e} + \frac{T_{oe}}{N_{oe}} = \frac{T_i}{N_i} + \frac{T_{oi}}{N_{oi}}$$

[0102] Selon une première variante de ce premier mode de réalisation illustrée à la [Fig.9], à la [Fig.10] et à la [Fig.11], l'assemblage photonique 100 est pourvu de moyens d'alignement actif. Par « moyens d'alignement actif », on entend des moyens configurés pour optimiser le couplage optique entre l'au moyen une première sortie 202a et l'au moins une deuxième entrée 202b d'une part, et entre l'au moins une deuxième sortie 203b et l'au moins une première entrée 203a d'autre part.

[0103] En particulier, les moyens d'alignement actif comprennent une première entrée d'alignement 205a, une première sortie d'alignement 204a, une deuxième entrée d'alignement 204b et une deuxième sortie d'alignement 205b choisies parmi, respectivement, l'au moins une première entrée 203a, l'au moins une première sortie 202a, l'au moins une deuxième entrée 202b et l'au moins une deuxième sortie 203b. En particulier, la première sortie d'alignement 204a et la deuxième entrée d'alignement 204b sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un premier trajet d'alignement, la deuxième sortie d'alignement 205b et la première entrée d'alignement 205a sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un deuxième trajet

d'alignement.

- [0104] Selon cette première variante, les moyens d'alignement actif sont agencés de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans le dispositif photonique 200a par la première entrée d'alignement 205a en ressorte par la première sortie d'alignement 204a.
- [0105] A cette fin, les moyens d'alignement actif peuvent également comprendre un guide de sortie d'alignement 301a et un guide d'entrée d'alignement 302a choisis parmi, respectivement, l'au moins un guide de sortie 207a et l'au moins un guide d'entrée 208a. En particulier, le guide de sortie d'alignement 301a et le guide d'entrée d'alignement 302a comprennent chacun une extrémité en affleurement de la première face 201a et formant, respectivement, la première sortie d'alignement 204a et la première entrée d'alignement 205a. Par ailleurs, le guide de sortie d'alignement 301a et le guide d'entrée d'alignement 302a sont optiquement liés entre eux par l'autre de leurs extrémités, notamment au moyen d'un guide d'onde, dit guide d'onde de liaison 303.
- [0106] Les moyens d'alignement actif peuvent comprendre une fibre d'entrée d'alignement 301b et une fibre de sortie d'alignement 302b choisies parmi, respectivement, l'au moins une fibre d'entrée 207b et l'au moins une fibre de sortie 208b.
- [0107] Les moyens d'alignement actif peuvent également comprendre un laser d'alignement 300 et un photo détecteur 400. Notamment, le laser d'alignement 300 peut être agencé pour injecter un rayonnement lumineux à une extrémité de la fibre de sortie d'alignement 302b opposée à la deuxième sortie d'alignement 205b.
- [0108] De manière équivalente, le photo détecteur 400 peut être agencé pour détecter un rayonnement lumineux guidé par la fibre d'entrée d'alignement 302b à une extrémité, dite extrémité de détection, opposée la deuxième entrée d'alignement 204b.
- [0109] Ainsi, un rayonnement lumineux émis par le laser d'alignement 300 sera transmis, à partir de la deuxième sortie d'alignement 205b, au dispositif photonique 200a par sa première entrée d'alignement 205a pour en ressortir par la première sortie d'alignement 204a. Le rayonnement lumineux sera ensuite retransmis à l'élément photonique par la deuxième entrée d'alignement 204b pour être détecté à l'extrémité de détection par le photo détecteur 400.
- [0110] Cet agencement est particulièrement avantageux dès lors qu'il s'agit d'aligner optiquement avec précision le dispositif photonique et l'élément photonique. notamment, l'alignement optique peut comprendre une optimisation et plus particulièrement une maximisation de l'intensité du rayonnement lumineux détecté par le photo détecteur 400.
- [0111] La [Fig.12], la [Fig.13] et la [Fig.14] illustrent une deuxième variante de mise en œuvre des moyens d'alignement actif. Cette deuxième variante reprend pour l'essentiel les caractéristiques relatives à la première variante. Toutefois, la deuxième variante

diffère de la première variante en ce que les moyens d'alignement actif sont agencés de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans le composant photonique 200a par la deuxième entrée d'alignement 204b ressorte par la deuxième sortie d'alignement 205b, et est dépourvu du guide d'onde de liaison 303. Également, selon cette deuxième variante, le laser d'alignement 300 et le photo détecteur 400 sont agencés pour coopérer avec, respectivement, le guide de sortie d'alignement 301a et le guide d'entrée d'alignement 302a. Notamment, le laser d'alignement 300 peut être agencé pour injecter un rayonnement lumineux à une extrémité du guide de sortie d'alignement 301a opposée à la première sortie d'alignement 204a. Également, le photo détecteur 400 peut être agencé pour détecter un rayonnement lumineux guidé par le guide d'entrée d'alignement 302a à une extrémité, dite extrémité de détection, opposée la première entrée d'alignement 205a.

- [0112] Enfin, selon cette deuxième variante, la fibre d'entrée d'alignement 301b et la fibre de sortie d'alignement 302b sont optiquement liées entre elles par une de leur extrémité, opposées respectivement à la deuxième entrée d'alignement et la deuxième sortie d'alignement. A cette fin Ce lien optique met notamment en œuvre une fibre optique, dite fibre optique de liaison 304.
- [0113] L'invention concerne également un deuxième mode de réalisation qui reprend pour l'essentiel les éléments relatifs au premier mode de réalisation. Selon ce deuxième mode de réalisation le couplage optique entre le dispositif photonique et l'élément photonique est toutefois exécuté par la surface ([Fig.15], [Fig.16] et [Fig.17]).
- [0114] Ainsi, et contrairement à l'agencement proposé dans le cadre du premier mode de réalisation, l'au moins une première sortie 202a et l'au moins une première entrée 203a ne forment pas les extrémités, respectivement, de l'au moins un guide de sortie 207a et de l'au moins un guide d'entrée 208a.
- [0115] Selon le deuxième mode de réalisation, l'au moins un guide de sortie 207a et l'au moins un guide d'entrée 208a s'étendent selon un plan parallèle à la première face 201a. Le dispositif photonique 200a comprend également des réseaux de diffraction, et plus particulièrement au moins un réseau de sortie 211a et au moins un réseau d'entrée 212a dans le prolongement, respectivement, de l'au moins un guide de sortie 207a et de l'au moins un guide d'entrée 208a.
- [0116] Plus particulièrement, l'au moins un réseau de sortie 211a est en correspondance avec l'au moins une première sortie 202a. Ainsi, un rayonnement guidé par l'au moins un guide de sortie 207a sera projeté en direction de l'au moins une première sortie 202a en vue de son extraction par ladite au moins une première sortie 202a ([Fig.16]).
- [0117] De manière équivalente, l'au moins un réseau d'entrée 212a est en correspondance avec l'au moins une première entrée 203a. Ainsi, un rayonnement injecté par l'au moins une première entrée 203a sera projetée sur l'au moins un réseau d'entrée 212a

pour ensuite être guidé par l'au moins un guide d'entrée 208a ([Fig.17]).

- [0118] A l'instar du premier mode de réalisation, l'assemblage photonique 100 selon le deuxième mode de réalisation peut comprendre des lentilles 210. Les lentilles reposent sur la première face 201a et coopèrent avec l'au moins une première entrée 203a ([Fig.17]) et l'au moins une première sortie 202a ([Fig.16]). Par particulièrement, chaque première sortie 202a est associée à une lentille qui lui est propre, de sorte qu'un rayonnement lumineux extrait par ladite première sortie traverse la lentille considérée. De manière équivalente, chaque première entrée 203a est associée à une lentille qui lui est propre, de sorte qu'un rayonnement lumineux, avant d'être injecté par ladite première entrée, traverse la lentille considérée.
- [0119] L'assemblage photonique 100 peut également comprendre un prisme 213 disposé sur le premier trajet et le deuxième trajet destiné à permettre le couplage optique entre l'au moins première sortie avec l'au moins une deuxième entrée d'une part, et entre l'au moins une deuxième sortie avec l'au moins une première entrée d'autre part.
- [0120] La mise en œuvre de la lame au sein de l'assemblage photonique selon les termes de la présente invention permet ainsi d'optimiser le couplage entre l'au moins une deuxième sortie et l'au moins une première entrée lorsqu'un isolateur optique s'interpose sur le premier trajet.
- [0121] Bien sûr, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits et on peut y apporter des variantes de réalisation sans sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications.

Revendications

[Revendication 1]

Assemblage photonique (100) qui comprend :

- un dispositif photonique (200a) comprenant un premier bloc (200a1) pourvu d'au moins un guide de sortie (207a) et d'au moins un guide d'entrée (208a) coopérant avec, respectivement, au moins une première sortie (202a) et au moins une première entrée (203a) disposées sur une première face (201a) du premier bloc (200a1) ;
- un élément photonique (200b) pourvu d'au moins une deuxième sortie (203b) et d'au moins une deuxième entrée (202b), disposées sur une deuxième face (201b) de l'élément photonique, et optiquement couplées avec, respectivement, l'au moins une première entrée (203a) et l'au moins une première sortie (202a) ;
- un isolateur optique (250) s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit premier trajet, entre l'au moins une première sortie (202a) et l'au moins une deuxième entrée (202b), et imposant à un rayonnement, se propageant selon le premier trajet, une première taille de mode ;
- des moyens d'ajustement (260) s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit deuxième trajet, entre l'au moins une première entrée (203a) et l'au moins une deuxième sortie (203b), les moyens d'ajustement (260) étant configurés pour imposer à un rayonnement, se propageant selon le deuxième trajet, une deuxième taille de mode égale à la première taille de mode.

[Revendication 2]

Assemblage photonique (100) selon la revendication 1, dans lequel les moyens d'ajustement (260) comprennent une lame d'une épaisseur T_e , et ladite lame étant faite d'un matériau d'indice optique N_e , l'épaisseur T_e et l'indice optique N_e étant ajustés pour que la deuxième taille de mode soit égale à la première taille de mode.

[Revendication 3]

Assemblage photonique (100) selon la revendication 2, dans lequel l'isolateur optique (250) présente un indice optique N_i et une épaisseur T_i , et est combiné avec un premier matériau d'indice optique N_{oi} et d'épaisseur cumulée T_{oi} s'interposant sur le premier trajet, la lame est combinée avec un deuxième matériau d'indice optique N_{oe} et d'épaisseur cumulée T_{oe} s'interposant sur le deuxième trajet, l'indice optique N_i , l'épaisseur T_i , l'indice optique N_{oi} , l'épaisseur cumulée T_{oi} , l'indice optique N_{oe} , l'épaisseur cumulée T_{oe} , l'indice optique N_e et l'épaisseur T_e respectant la relation suivante :

$$\frac{Te}{Ne} + \frac{Toe}{Noe} = \frac{Ti}{Ni} + \frac{Toi}{Noi}$$

- [Revendication 4] Assemblage photonique (100) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel l'assemblage photonique (100) est pourvu de moyens d'alignement actif qui comprennent une première entrée d'alignement (205a), une première sortie d'alignement (204a), une deuxième entrée d'alignement (204b) et une deuxième sortie d'alignement (205b) choisies parmi, respectivement, l'au moins une première entrée (203a), l'au moins une première sortie (202a), l'au moins une deuxième entrée (202b) et l'au moins une deuxième sortie (203b), la première sortie d'alignement (204a) et la deuxième entrée d'alignement (204b) sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un premier trajet d'alignement, la deuxième sortie d'alignement (205b) et la première entrée d'alignement (205a) sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un deuxième trajet d'alignement.
- [Revendication 5] Assemblage photonique (100) selon la revendication 4, dans lequel les moyens d'alignement actif sont agencés de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans le dispositif photonique (200a) par la première entrée d'alignement (205a) en ressorte par la première sortie d'alignement (204a) ou de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans l'élément photonique (200b) par la deuxième entrée d'alignement (204b) en ressorte par la deuxième sortie d'alignement (205b).
- [Revendication 6] Assemblage photonique (100) selon la revendication 5, dans lequel les moyens d'alignement actif comprennent un laser d'alignement (300) et un photo détecteur (400) agencés selon un premier agencement ou un deuxième agencement, le premier agencement permet à un rayonnement émis par le laser d'alignement (300), avant d'atteindre le photo détecteur (400), d'emprunter dans l'ordre le premier trajet d'alignement et le deuxième trajet d'alignement, tandis que le deuxième agencement permet à un rayonnement émis par le laser d'alignement (300), avant d'atteindre le photo détecteur (400), d'empreinter dans l'ordre le deuxième trajet d'alignement et le premier trajet d'alignement.
- [Revendication 7] Assemblage photonique (100) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la première face (201a) et la deuxième face (201b) sont en regard l'une de l'autre, l'isolateur optique (250) et les moyens d'ajustement (260) de faisceau s'intercalant, respectivement, entre l'au moins une première sortie (202a) et l'au moins une deuxième entrée (202b) d'une

- part, et entre l'au moins une première entrée (203a) et l'au moins une deuxième sortie (203b) d'autre part.
- [Revendication 8] Assemblage photonique (100) selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel l'au moins un guide de sortie (207a) se termine selon une de ces extrémités par l'au moins une première sortie (202a) et l'au moins un guide d'entrée (208a) se termine selon une de ces extrémités par l'au moins une première entrée (203a).
- [Revendication 9] Assemblage photonique (100) selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel l'au moins un guide de sortie (207a) et au moins un guide d'entrée (208a) s'étendent dans un plan parallèle à la première face (201a).
- [Revendication 10] Assemblage photonique (100) selon la revendication 9, dans lequel l'au moins un guide de sortie (207a) se termine selon une de ses extrémités par un réseau de diffraction en correspondance avec l'au moins une première sortie (202a), et l'au moins un guide d'entrée (208a) se termine selon une de ses extrémités par un autre réseau de diffraction en correspondance avec l'au moins une première entrée (203a).
- [Revendication 11] Assemblage photonique (100) selon la revendication 9 ou 10, dans lequel ledit assemblage photonique (100) comprend un prisme disposé sur le premier trajet et le deuxième trajet.
- [Revendication 12] Assemblage photonique (100) selon l'une des revendications 6 à 11, dans lequel le dispositif photonique (200a) comprend au moins un laser coopérant avec l'au moins un guide de sortie (207a).
- [Revendication 13] Assemblage photonique (100) selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel l'élément photonique (200b) comprend un réseau de fibres optiques montées dans des gorges d'un deuxième bloc portant la deuxième face (201b), avantageusement, les fibres optiques comprennent une extrémité en affleurement avec la deuxième face.
- [Revendication 14] Assemblage photonique (100) selon l'une des revendications 1 à 13, dans lequel le dispositif photonique comprend des lentilles reposant sur la première face et coopérant avec l'au moins une première entrée (203a) et l'au moins une première sortie (202a).
- [Revendication 15] Procédé de formation d'un assemblage photonique (100) qui comprend les étapes suivantes :
- une étape de fourniture d'un dispositif photonique (200a) comprenant un premier bloc (200a1) pourvu d'au moins un guide de sortie (207a) et d'au moins un guide d'entrée (208a) coopérant avec, respectivement, au moins une première sortie (202a) et au moins une première entrée

(203a) disposées sur une première face (201a) du premier bloc (200a) ;
 - une étape de fourniture d'un élément photonique (200b) pourvu d'au moins une deuxième sortie (203b) et d'au moins une deuxième entrée (202b), disposées sur une deuxième face (201b) de l'élément photonique ;

- une étape consistant à disposer un isolateur optique (250) s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit premier trajet, entre l'au moins une première sortie (202a) et l'au moins une deuxième entrée (202b), et imposant à un rayonnement, se propageant selon le premier trajet, une première taille de mode ;

- une étape consistant à disposer des moyens d'ajustement (260) s'interposant sur le trajet de propagation lumineuse, dit deuxième trajet, entre l'au moins une première entrée (203a) et l'au moins une deuxième sortie (203b), les moyens d'ajustement (260) étant configurés pour imposer à un rayonnement, se propageant selon le deuxième trajet, une deuxième taille de mode égale à la première taille de mode ;

le procédé comprenant en outre une étape de couplage optique destinée à coupler optiquement l'au moins une deuxième sortie (203b) et l'au moins une deuxième entrée (202b) avec, respectivement, l'au moins une première entrée (203a) et l'au moins une première sortie (202a).

[Revendication 16] Procédé selon la revendication 15, dans lequel les moyens d'ajustement (260) comprennent une lame d'une épaisseur T_e , et ladite lame étant faite d'un matériau d'indice optique N_e , l'épaisseur T_e et l'indice optique N_e étant ajustés pour que la deuxième taille de mode soit égale à la première taille de mode.

[Revendication 17] Procédé selon la revendications 16, dans lequel l'isolateur optique (250) présente un indice optique N_i et une épaisseur T_i , et est combiné avec un premier matériau d'indice optique N_{oi} et d'épaisseur cumulée T_{oi} s'interposant sur le premier trajet, la lame est combinée avec un deuxième matériau d'indice optique N_{oe} et d'épaisseur cumulée T_{oe} s'interposant sur le deuxième trajet, l'indice optique N_i , l'épaisseur T_i , l'indice optique N_{oi} , l'épaisseur cumulée T_{oi} , l'indice optique N_{oe} , l'épaisseur cumulée T_{oe} , l'indice optique N_e et l'épaisseur T_e respectant la relation suivante :

$$\frac{T_e}{N_e} + \frac{T_{oe}}{N_{oe}} = \frac{T_i}{N_i} + \frac{T_{oi}}{N_{oi}}$$

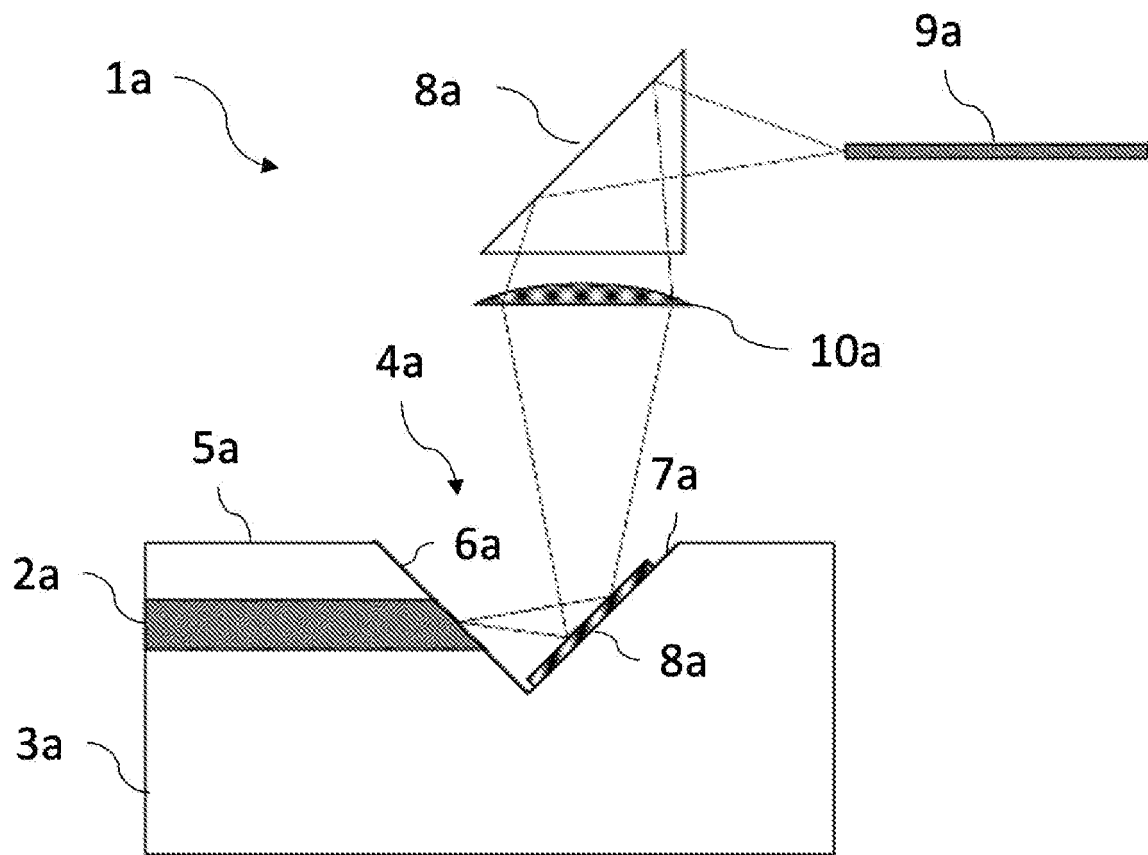
[Revendication 18] Procédé selon l'une des revendications 15 à 17, dans lequel l'étape de couplage optique met en œuvre des moyens d'alignement actif, les

moyens d'alignement actif comprennent une première entrée d'alignement (205a), une première sortie d'alignement (204a), une deuxième entrée d'alignement (204b) et une deuxième sortie d'alignement (205b) choisies parmi, respectivement, l'au moins une première entrée (203a), l'au moins une première sortie (202a), l'au moins une deuxième entrée (202b) et l'au moins une deuxième sortie (203b), la première sortie d'alignement (204a) et la deuxième entrée d'alignement (204b) sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un premier trajet d'alignement, la deuxième sortie d'alignement (205b) et la première entrée d'alignement (205a) sont optiquement couplées et définissent selon cet ordre un deuxième trajet d'alignement, l'étape de couplage optique comprenant l'émission d'un rayonnement lumineux qui lorsqu'il emprunte l'un du premier ou du deuxième trajet d'alignement emprunte ensuite l'autre du premier ou du deuxième trajet d'alignement.

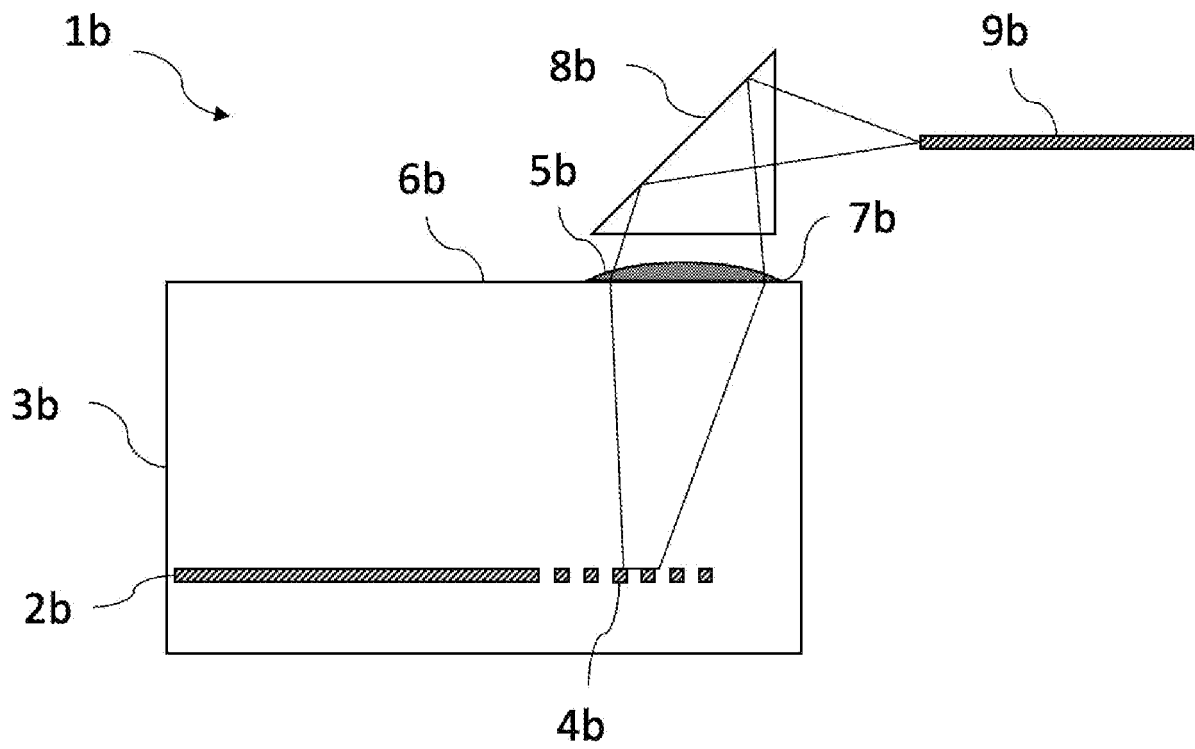
[Revendication 19] Procédé selon la revendication 18, dans lequel les moyens d'alignement actif sont agencés de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans le dispositif photonique (200a) par la première entrée d'alignement (205a) en ressorte par la première sortie d'alignement (204a) ou de sorte qu'un rayonnement lumineux entrant dans l'élément photonique (200b) par la deuxième entrée d'alignement (204b) en ressorte par la deuxième sortie d'alignement (205b).

[Revendication 20] Procédé selon la revendication 19, dans lequel l'étape de couplage optique comprend l'émission d'un rayonnement lumineux par un laser d'alignement (300) et la détection dudit rayonnement par un photo détecteur (400), le laser d'alignement (300) et le photo détecteur étant agencés selon un premier agencement ou un deuxième agencement, le premier agencement permet à un rayonnement émis par le laser d'alignement (300), avant d'atteindre le photo détecteur (400), d'emprunter dans l'ordre le premier trajet d'alignement et le deuxième trajet d'alignement, tandis que le deuxième agencement permet à un rayonnement émis par le laser d'alignement (300), avant d'atteindre le photo détecteur (400), d'emprunter dans l'ordre le deuxième trajet d'alignement et le premier trajet d'alignement.

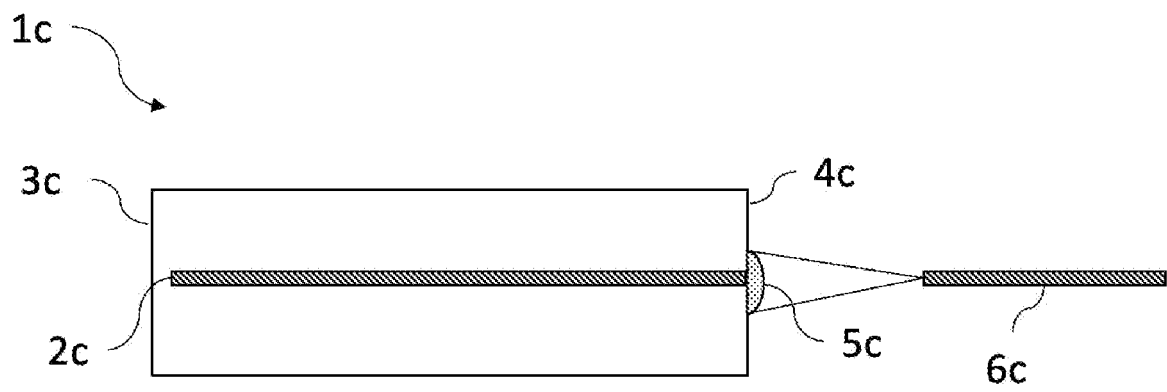
[Fig. 1]



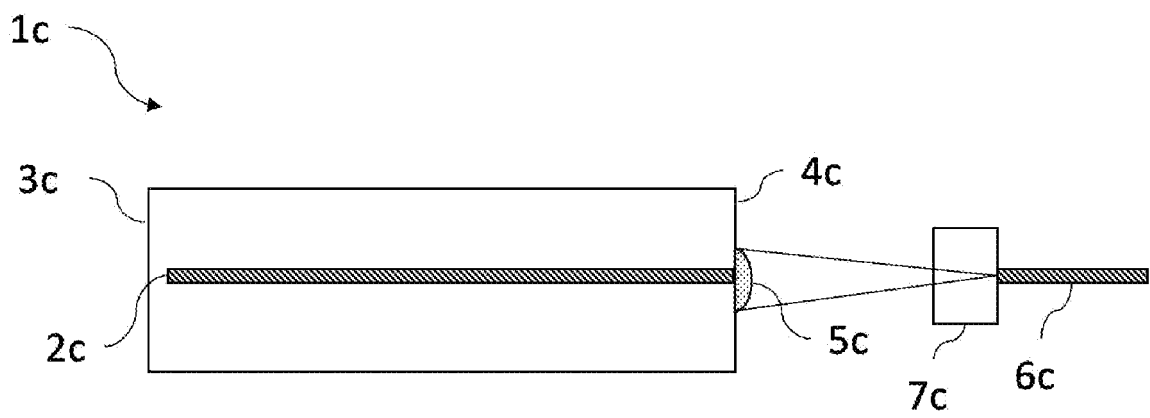
[Fig. 2]



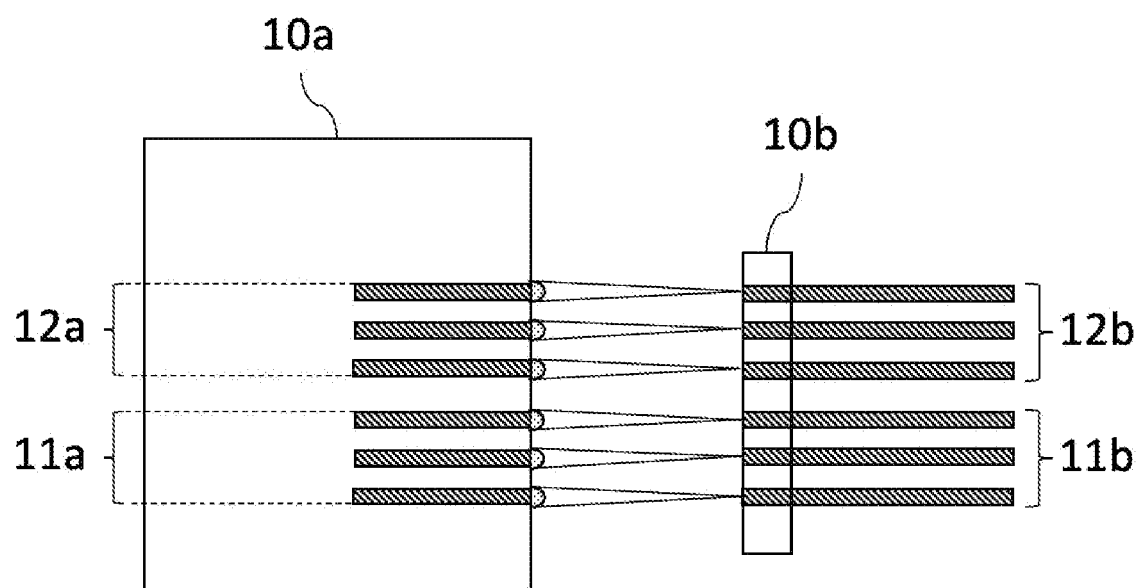
[Fig. 3]



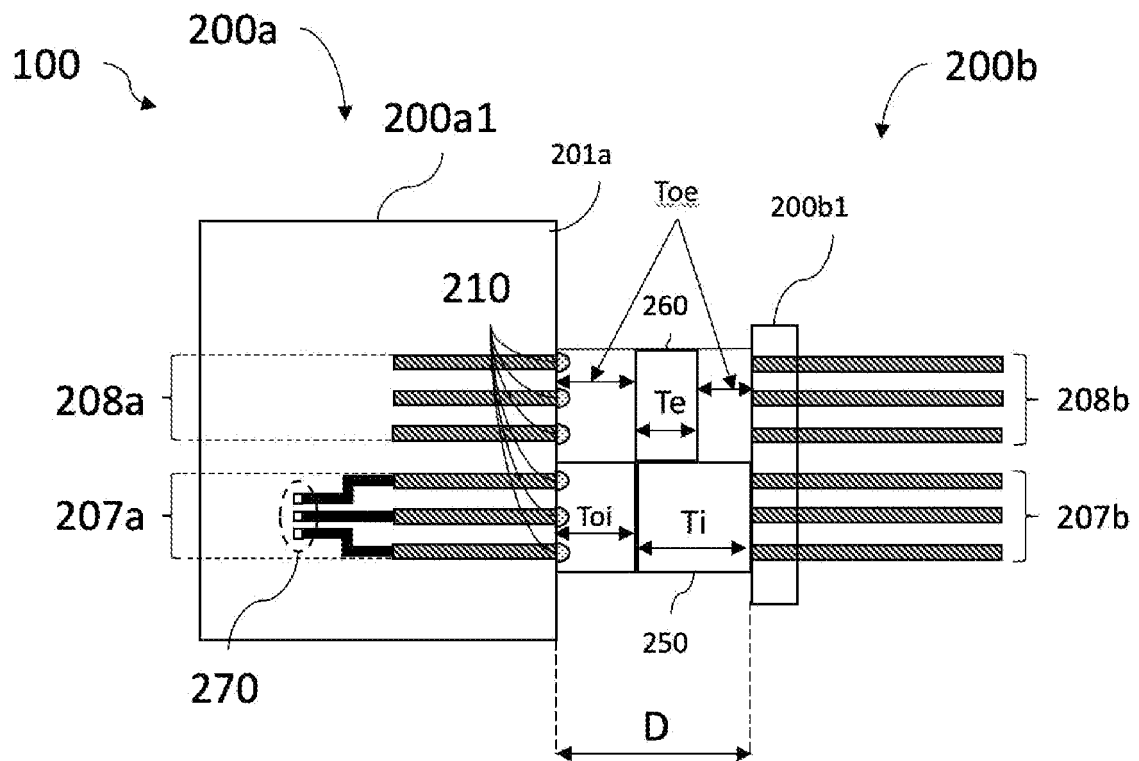
[Fig. 4]



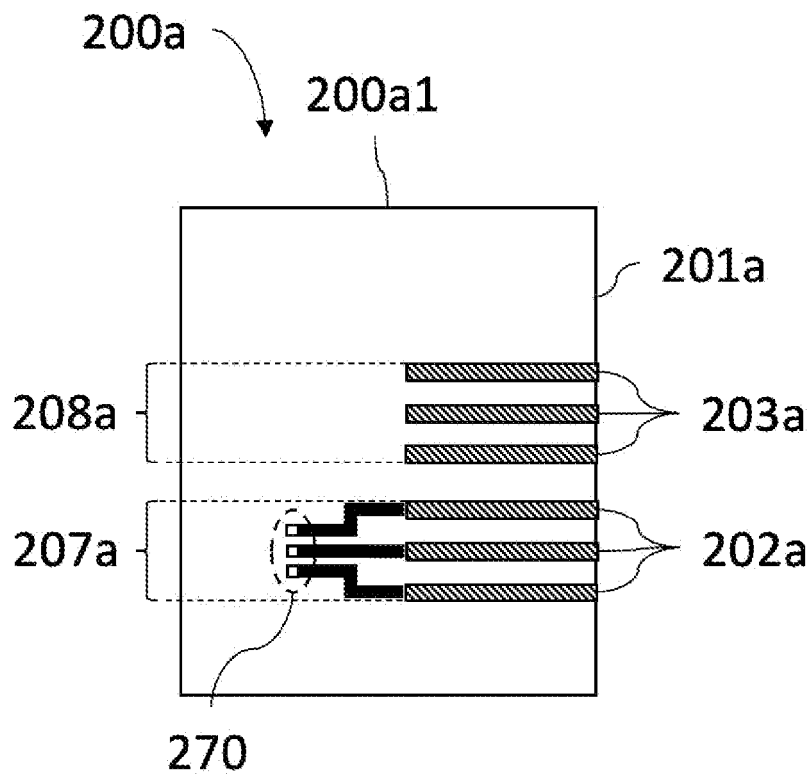
[Fig. 5]



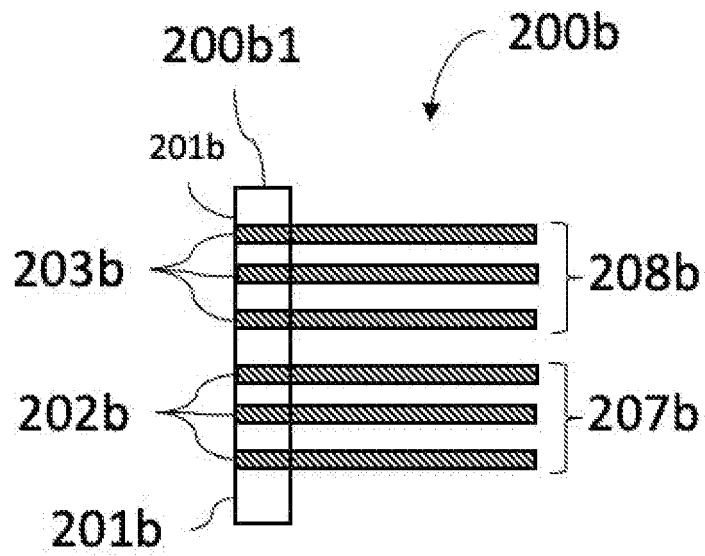
[Fig. 6]



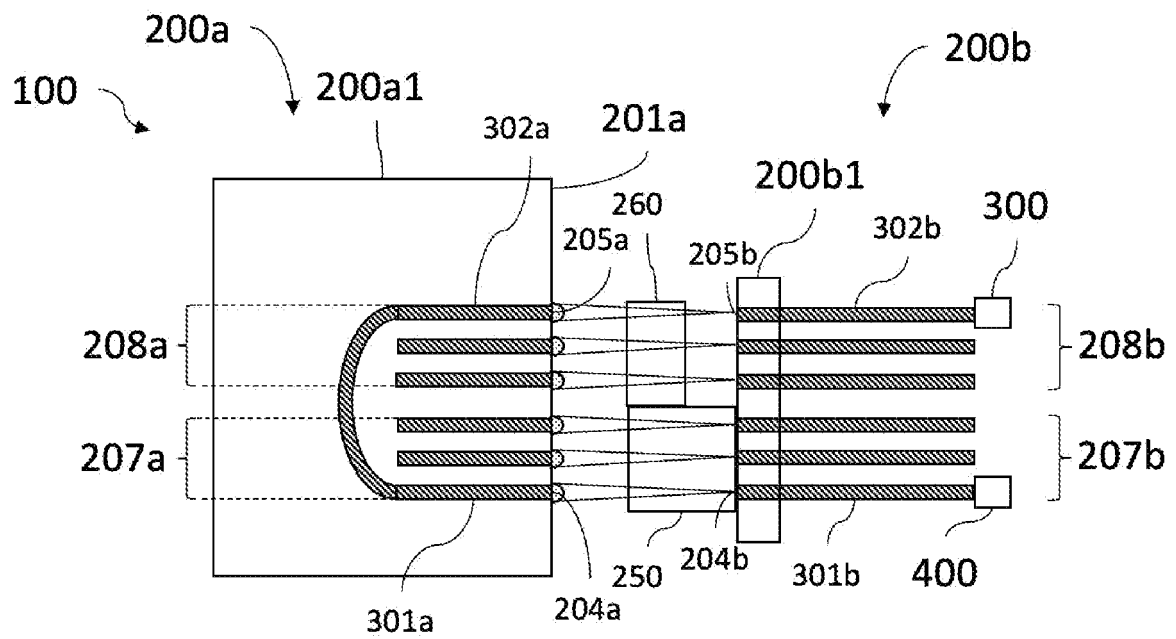
[Fig. 7]



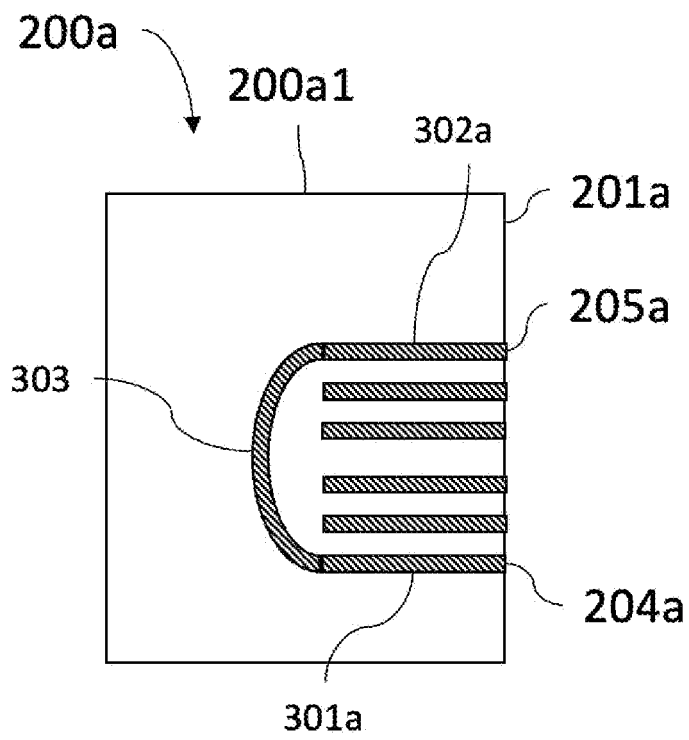
[Fig. 8]



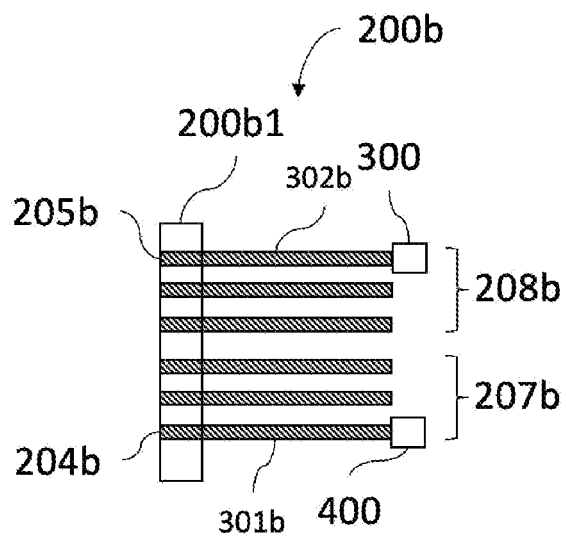
[Fig. 9]



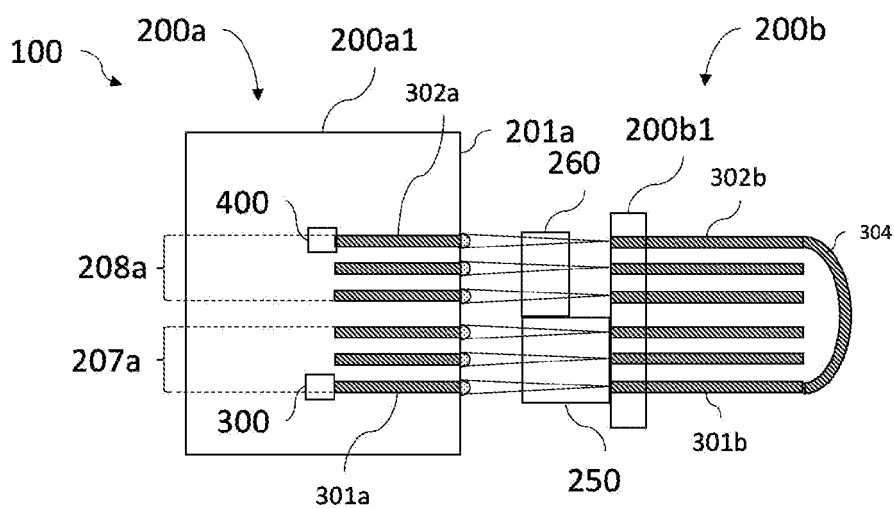
[Fig. 10]



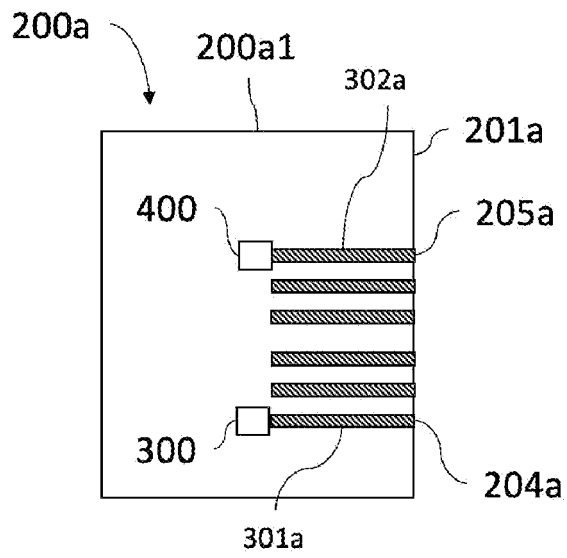
[Fig. 11]



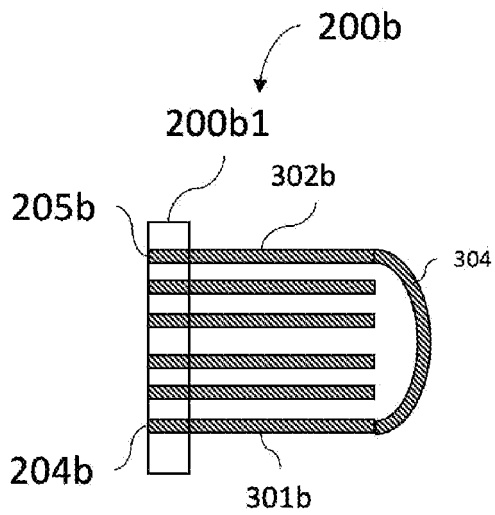
[Fig. 12]



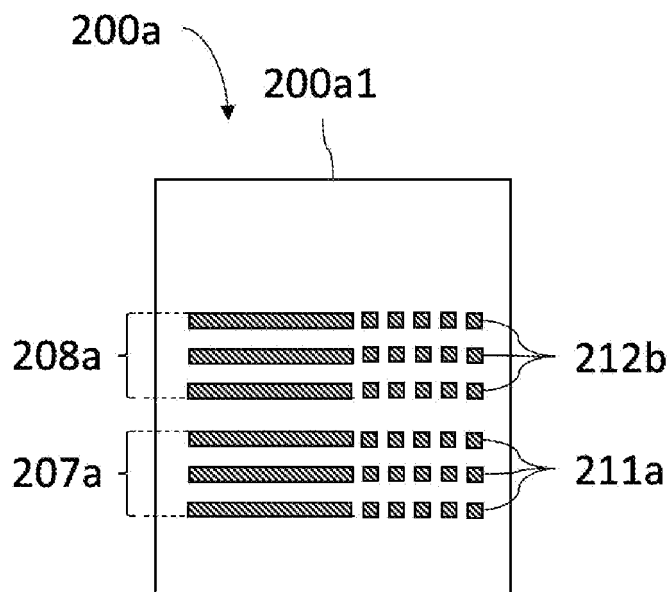
[Fig. 13]



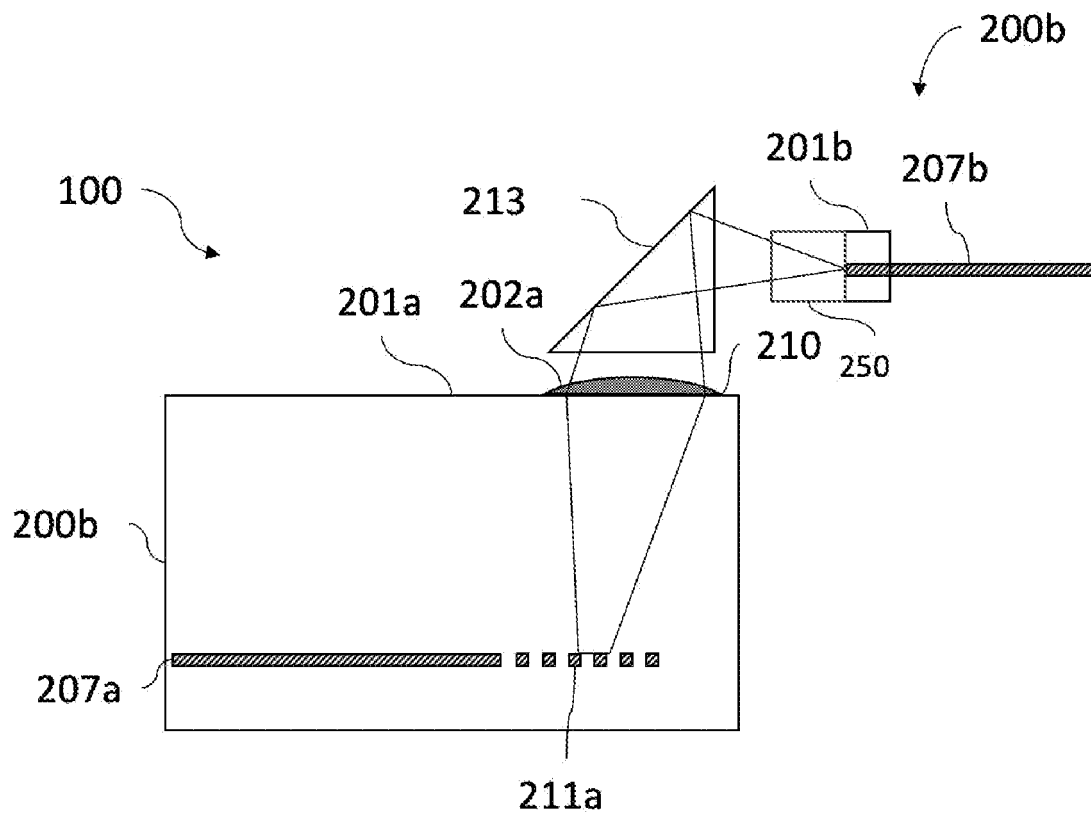
[Fig. 14]



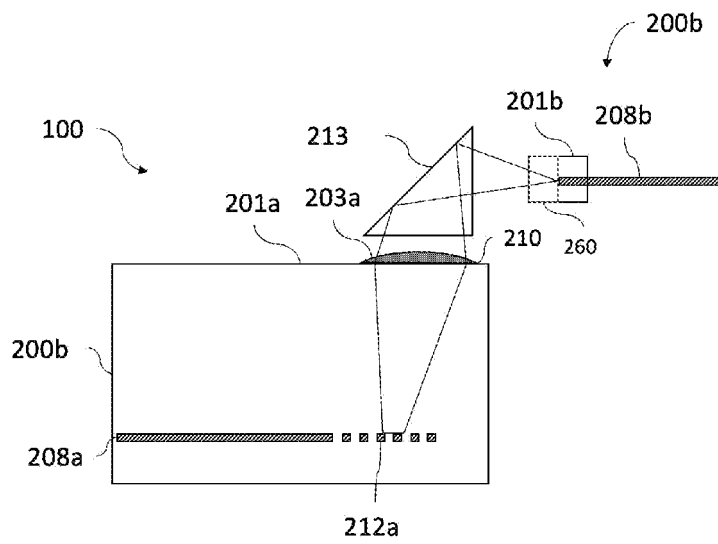
[Fig. 15]



[Fig. 16]



[Fig. 17]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 894087
FR 2106060

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 9 335 480 B1 (CELO DRITAN [CA]) 10 mai 2016 (2016-05-10) * abrégé; figures 1,3,4 * * colonne 5, lignes 47-61 * * colonne 6, lignes 15-44 * -----	1,4-6,8, 9,12,13, 15,18-20	G02F1/095 G02B6/10 G02B6/42
Y	US 2021/063779 A1 (JANTA-POLCZYNSKI BARNIM ALEXANDER [CA] ET AL) 4 mars 2021 (2021-03-04) * abrégé; figures 5,8,9a,9b * * alinéas [0048] - [0055] * -----	1,4-6,8, 9,12,13, 15,18-20	
A	US 7 263 247 B1 (HEHLEN MARKUS P [US] ET AL) 28 août 2007 (2007-08-28) * abrégé; figures 1,3-5 * * colonne 4, ligne 3 - colonne 5, ligne 9 * * colonne 7, ligne 49 - colonne 10, ligne 54 * -----	1-20	
A	US 2017/254959 A1 (MIAO RONGSHENG [US] ET AL) 7 septembre 2017 (2017-09-07) * abrégé; figures 1,2 * * alinéas [0032] - [0034] * -----	1-20	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G02B G02F
Date d'achèvement de la recherche 22 février 2022		Examineur Beugin, Anne	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS 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		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	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE **RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2106060 FA 894087**

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 **22-02-2022**
 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
US 9335480 B1	10-05-2016	US 9335480 B1	10-05-2016
		WO 2016145989 A1	22-09-2016
US 2021063779 A1	04-03-2021	AUCUN	
US 7263247 B1	28-08-2007	AUCUN	
US 2017254959 A1	07-09-2017	CN 108700719 A	23-10-2018
		CN 111239911 A	05-06-2020
		US 2017254959 A1	07-09-2017
		WO 2017148247 A1	08-09-2017