(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 076 356**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **17 63382**

(51) Int Cl[8] : ***G 02 B 17/00*** *(2018.01), G 02 B 27/09*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 29.12.17.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 05.07.19 Bulletin 19/27.

(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) :** *CAILABS Société par actions simplifiée* — FR.

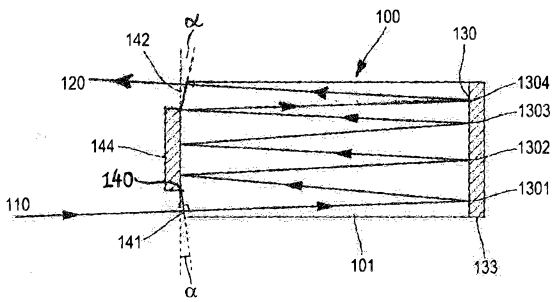
(72) **Inventeur(s) :** LABROILLE GUILLAUME, DENOLLE BERTRAND et PINEL OLIVIER.

(73) **Titulaire(s) :** CAILABS Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) :** IP TRUST.

(54) Cavité monolithique pour la manipulation de la lumière.

(57) L'invention concerne un dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux par réflexion dudit rayonnement lumineux de multiples fois sur au moins deux surfaces réfléchissantes d'un bloc monolithique constitué d'un matériau transparent homogène. Le dispositif comprend une première et une seconde zone sur des surfaces du bloc permettant d'injecter ledit rayonnement lumineux devant être manipulé, et d'extraire ledit rayonnement lumineux après la manipulation. Au moins l'une des surfaces réfléchissantes est configurée de manière à être une surface de manipulation de phase qui confère une transformation de phase spatiale déterminée au dit rayonnement lumineux.



FR 3 076 356 - A1

CAVITE MONOLITHIQUE POUR LA MANIPULATION DE LA LUMIERE

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention concerne un dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux grâce à une succession de modifications de phase spatiale, chacune suivie d'une libre propagation du rayonnement lumineux.

[0002] Le domaine technique de l'invention concerne un dispositif optique compact intégré permettant de manipuler un rayonnement lumineux.

Etat de la technique

[0003] Dans le document de G. **Labroille, P. Jian,** N. **Barré, B. Denolle, et J. Morizur, "Mode Selective 10-Mode Multiplexer based on Multi-Plane Light Conversion," paru dans *Optical Fiber Communication Conference*, OSA Technical Digest (online) (Optical Society of America, 2016), paper Th3E.5,** un mode de réalisation d'un dispositif optique de manipulation d'un rayonnement lumineux est réalisé sous la forme d'une cavité multi-passage. La cavité est constituée d'un miroir et d'une lame de phase réfléchissante unique. Les profils de phase successifs de manipulation du rayonnement lumineux sont tous imprimés sur la lame de phase réfléchissante unique. Le rayonnement lumineux est injecté à partir d'un faisceau de fibres monomodes, qui forme un étage d'entrée du dispositif, puis est réfléchi plusieurs fois entre la lame de phase et le miroir, puis est finalement extrait d'une fibre de sortie multi-mode formant un étage de sortie du dispositif.

[0004] Pour obtenir un dispositif optique fonctionnel, tous les composants sont disposés sur un support commun avec

une grande précision pour ce qui touche à leur position et à leur orientation. Un procédé classique d'assemblage d'un tel dispositif utilise en premier lieu des supports de miroir ou des porte-plaques réglables pour atteindre une position optimale et fixe ensuite cette position optimale grâce à un procédé de liaison, par exemple à l'aide d'adhésifs UV. Plus précisément, le miroir et la lame de phase sont assemblés dans des positions parallèles sur le support, afin de former une cavité. Un rayon lumineux incident est injecté à partir de la fibre de l'étage d'entrée dans la cavité ainsi formée, et l'intensité du rayon lumineux est détectée à la sortie de la cavité. La position et l'orientation relatives entre les différents composants bénéficient d'un réglage fin, pour tous les degrés de liberté disponibles afin de maximiser l'intensité de sortie de la lumière détectée. Ces position et orientation relatives optimales sont temporairement figées par les supports du miroir et les montants de la lame de phase. Enfin, une couche d'adhésif est appliquée pour fixer les positions optimales des composants par rapport au support.

[0005] Un tel procédé présente une certaine efficacité, cependant il souffre de nombreux inconvénients. Les composants qui interagissent plusieurs fois avec le champ lumineux, tel que le miroir et la lame de phase, requièrent une position, une orientation et une stabilité d'une grande précision. Un écart minimum par rapport à la position ou à l'orientation requises peut avoir une grande influence sur la précision de l'alignement et impacter fortement le fonctionnement correct du dispositif.

[0006] L'adhésif possède certaines limites du fait de son coefficient de dilatation thermique. Etant donné que la dilatation thermique de l'adhésif est différente de celle des composants optiques, on constate une variation de l'alignement en fonction de la température. Ainsi, un

dispositif assemblé à l'aide d'adhésifs est sensible aux variations de température. De plus, il est possible d'observer un détachement lorsque l'adhésif n'est pas correctement appliqué ou lorsqu'il est utilisé dans des conditions difficiles.

[0007] La présente invention vise à remédier aux inconvénients mentionnés ci-dessus par une amélioration de la stabilité et de la résistance grâce à une structure compacte. De plus, un autre but de la présente invention est de simplifier l'alignement des composants optiques qui constituent le dispositif. Enfin, la présente invention permet une fabrication du dispositif optique en grandes quantités.

Description de l'invention

[0008] Pour atteindre l'un de ces objectifs, l'invention propose un dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux par réflexion dudit rayonnement lumineux de multiples fois sur au moins deux surfaces réfléchissantes d'un bloc monolithique constitué d'un matériau transparent homogène, ledit dispositif comprenant :

- une première zone sur une surface dudit bloc permettant d'injecter ledit rayonnement lumineux devant être manipulé,
- une seconde zone sur une surface dudit bloc permettant d'extraire ledit rayonnement lumineux après la manipulation,
- au moins l'une des surfaces réfléchissantes étant configurée de manière à être une surface de manipulation de phase qui confère une transformation de phase spatiale déterminée au dit rayonnement lumineux, par l'intermédiaire de plusieurs réflexions.

[0009] Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'invention, pouvant être prises en compte seules ou selon n'importe quelle combinaison techniquement réalisable :

- la première et la seconde zone sont séparées et interchangeables ;
- la première et la seconde zone sont fusionnées en une zone unique ;
- la première et la seconde zone sont disposées sur la même surface dudit bloc ;
- la première et la seconde zone sont disposées sur des surfaces différentes dudit bloc ;
- la première zone et la seconde zone sont, chacune, configurées pour être dans des positions inclinées suivant un angle alpha par rapport à la surface réfléchissante afin d'avoir un angle incident nul pour injecter le rayonnement lumineux et un angle de sortie nul pour extraire le rayonnement lumineux du bloc monolithique ;
- la première zone et/ou la seconde zone est/sont, configurée(s) pour être alignée(s) sur la surface réfléchissante afin d'avoir un angle incident non nul pour injecter le rayonnement lumineux à l'intérieur du bloc monolithique, de telle sorte que les rayonnements lumineux ayant des longueurs d'onde différentes soient séparés grâce à l'effet de dispersion chromatique ;
- comprend au moins une fibre optique ou un faisceau de fibres assemblées en une première zone et/ou une seconde zone ;
- comprend au moins un composant optique permettant de manipuler la taille et la divergence du rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique ;
- comprend au moins un composant optique permettant de manipuler la taille et la divergence du rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique ;

- comprend au moins une micro-lentille permettant de collimater le rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique ;
- la au moins une fibre optique est liée à la première zone et/ou la seconde zone du bloc monolithique et une mise en forme du rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique est effectuée par la surface de manipulation de phase ;
- la au moins une fibre optique est liée à la première zone et/ou à la seconde zone du bloc monolithique via un support intermédiaire ;
- la au moins une fibre optique est liée à la première zone et/ou la seconde zone du bloc monolithique par un liquide qui a le même indice de réfraction que le matériau composant le bloc monolithique ;
- le matériau du bloc monolithique présente une biréfringence.

Figures

[0010] D'autres avantages et caractéristiques apparaitront à la lecture de la description détaillée des modes de réalisation qui ne sont en aucun cas limitatifs, ainsi que les figures jointes, sur lesquelles :

[0011] La figure 1 est une représentation schématique d'un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

[0012] La figure 2 est une représentation schématique d'un deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

[0013] La figure 3 est une représentation schématique d'un troisième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

[0014] La figure 4 est une représentation schématique d'un quatrième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

[0015] Pour simplifier la description, les mêmes références seront utilisées pour les éléments identiques ou les éléments assurant la même fonction dans les différents modes de réalisation de l'invention qui vont être décrits.

[0016] Pour des raisons de clarté, la présente application définit un rayonnement lumineux comme étant un rayonnement formé grâce à au moins un mode du champ électromagnétique, chaque mode comprenant une distribution spatio-fréquentielle de l'amplitude, de la phase, de la polarisation du champ électromagnétique.

[0017] Par conséquent, la modification ou la manipulation du rayonnement lumineux désigne la transformation spatio-fréquentielle d'au moins un mode du rayonnement lumineux.

[0018] La figure 1 est une représentation schématique d'un premier mode de réalisation non restrictif d'un dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux. Le dispositif (100) représenté sur la Figure 1 comprend un bloc monolithique (101) constitué d'un matériau transparent homogène.

[0019] Le bloc monolithique (101) a la forme d'un parallélépipède ayant deux surfaces planes parallèles (130) et (140) recouvertes respectivement par deux couches de revêtement à fort pouvoir réfléchissant (133 et 144) afin de former une cavité. Habituellement, le terme "cavité" dans le domaine optique signifie un résonateur optique muni d'un agencement de surfaces réfléchissantes, entre lesquelles la lumière est réfléchie de multiples fois en produisant des ondes stationnaires pour certaines fréquences de résonance. Cependant, dans la présente description, la signification du mot cavité est plus générale, au sens où la lumière est

réfléchie plusieurs fois, puis sort sans nécessairement produire des ondes stationnaires à l'intérieur de la cavité.

[0020] La première surface (140) est partiellement recouverte de la couche de revêtement à fort pouvoir réfléchissant (144) pour assurer la fonction de réflexion. Les autres régions non recouvertes de la couche de revêtement à fort pouvoir réfléchissant (144), sont recouvertes d'un revêtement anti-réfléchissant pour former respectivement une première zone (141) d'injection du rayonnement lumineux (110), et une seconde zone (142) d'extraction du rayonnement lumineux (120). Le revêtement anti-réfléchissant améliore l'efficacité de la transmission de la lumière et évite toute perte de puissance lumineuse. Entre la première et la seconde zone, le rayonnement lumineux est réfléchi plusieurs fois entre les deux couches réfléchissantes (133 et 144). Il est également possible d'avoir la première et la seconde zone sur deux surfaces différentes, par exemple, la première zone (141) sur la première surface (140) et la seconde zone (142) sur la seconde surface (130). De plus, du fait de la réversibilité du chemin optique, les première et seconde zones sont interchangeables, par exemple, la seconde zone (142) peut être utilisée pour l'injection du rayonnement lumineux, alors que la première zone (141) peut être utilisée pour l'extraction du rayonnement lumineux.

[0021] La surface (130) est configurée pour être une surface de manipulation de phase qui confère une transformation de phase spatiale déterminée au rayonnement lumineux à chaque interaction, c'est à dire réflexion. Une telle surface de manipulation de phase peut être réalisée par une lame de phase ou un miroir déformable, tel que décrit dans le document "Programmable unitary spatial mode manipulation", Morizur et Al, J.Opt.Soc.Am. A/Vol 27, No. 11/Novembre 2010. Le document US20170010463 donne un autre

exemple de réalisation d'une telle manipulation de phase. Par exemple, la surface (130) peut être microstructurée à l'échelle de la longueur d'onde, de telle sorte qu'elle puisse appliquer une modification à la phase spatiale du rayonnement optique. Pour ce faire, la surface (130) présente une surface microstructurée au niveau de chaque position de réflexion (1301, 1302, 1303 et 1304), de telle sorte que chaque position de réflexion a un profil de phase spatiale qui modifie la phase spatiale du rayonnement.

[0022] "Surface microstructurée" signifie, par exemple, que la surface peut être constituée de "pixels" dont les dimensions sont comprises entre quelques microns et quelques centaines de microns. Chaque pixel présente une élévation, par rapport à un plan moyen définissant la surface, typiquement comprise entre quelques micromètres et quelques centaines de micromètres.

[0023] Dans ce mode de réalisation, la première zone (141) est configurée de manière à être dans une position inclinée suivant un angle alpha par rapport à la surface (140). La position inclinée peut être réalisée, par exemple, en découpant un bord sur la surface (140) du bloc monolithique (101). La valeur de l'angle alpha est choisie de telle manière que l'angle incident d'injection du rayonnement lumineux est égal à zéro par rapport à la surface inclinée de la première zone (141). Le rayonnement lumineux, après la manipulation, est extrait de la seconde zone (142) qui est également configurée de manière à être dans une position inclinée suivant un angle alpha par rapport à la surface (140). L'angle incident égal à zéro permet d'éviter la séparation des rayonnements lumineux ayant des longueurs d'onde différentes au niveau de l'interface du fait de la dispersion chromatique. Il en résulte que les rayonnements ayant des longueurs d'onde différentes suivent le même chemin optique géométrique à l'intérieur de la cavité.

[0024] Dans ce mode de réalisation, les première et seconde zones (141 et 142) sont interchangeables pour les fonctions d'injection et d'extraction du rayonnement lumineux. De plus, la forme parallélépipédique n'est en aucun cas limitative. Il est possible d'envisager des variantes avec n'importe quelle autre forme, définie par une pluralité de surfaces, avec au moins deux surfaces réfléchissantes pour former la cavité.

[0025] La figure 2 est une représentation schématique d'un deuxième mode de réalisation non restrictif d'un dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux. Ce mode de réalisation n'est décrit que pour ce qui constitue des différences par rapport au premier mode de réalisation. Le bloc monolithique (200) comprend une surface plane (130) et une surface concave ou incurvée (240). Ces deux surfaces sont parallèles et sont recouvertes respectivement de deux couches de revêtement à fort pouvoir réfléchissant (133) et (244) pour former une cavité.

[0026] La surface (240) est partiellement recouverte de la couche de revêtement à fort pouvoir réfléchissant (244). La région (241) est recouverte d'un revêtement anti-réfléchissant pour former une première zone d'injection du rayonnement lumineux (110), qui est réfléchi vers l'avant par la surface plane (130) au niveau des positions (2301 et 2303) et est réfléchi vers l'arrière par la surface plane (130) au niveau de la position (2302). Chaque position de réflexion dispose d'un profil de phase spatiale pour modifier la phase spatiale du rayonnement lumineux. Enfin, la région recouverte d'un revêtement anti-réfléchissant (241) sert également de seconde zone d'extraction du rayonnement lumineux (120) après la manipulation. La surface concave ou incurvée (244) permet à la lumière d'injection (110) et à la lumière d'extraction (120) de traverser la même région recouverte d'un revêtement anti-réfléchissant

(241), de telle sorte que les première et seconde zones fusionnent en une zone unique.

[0027] De plus, dans ce mode de réalisation, l'angle incident d'injection du rayonnement lumineux (110) est égal à zéro par rapport à la surface incurvée de la zone (241) afin d'éviter la séparation des rayonnements ayant des longueurs d'onde différentes du fait de la dispersion chromatique. Il en résulte que les rayonnements ayant des longueurs d'onde différentes suivent la même direction à l'intérieur de la cavité du bloc monolithique.

[0028] La figure 3 est une représentation schématique d'un troisième mode de réalisation non restrictif d'un dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux. Le dispositif (300) représenté sur la Figure 3 comprend tous les composants du dispositif (100) de la Figure 1. La seule différence est que la première zone (141) et la seconde zone (142) sont parallèles à la surface (140). Etant donné que la première zone (141) ne se trouve pas dans une position inclinée, l'injection du rayonnement lumineux (110) doit avoir un angle incident non nul afin de permettre l'extraction du rayonnement lumineux de sortie (120) de la seconde zone (142) après plusieurs réflexions.

[0029] Le dispositif (300) comprend un bloc monolithique (301) constitué d'un support dispersif, à l'intérieur duquel l'indice de réfraction est fonction de la longueur d'onde optique. Puisque l'angle incident du rayonnement lumineux (110) n'est pas nul, les angles de réfraction des rayonnements lumineux ayant des longueurs d'onde différentes sont différents à cause de l'effet de dispersion chromatique au niveau de l'interface. Au fur et à mesure que les rayonnements se propagent à l'intérieur du bloc monolithique (301), la différence d'angle mène à une séparation spatiale des chemins optiques pour les rayonnements lumineux ayant des longueurs d'onde différentes.

[0030] Pour simplifier l'illustration, seulement deux rayonnements lumineux avec des longueurs d'onde différentes avec des chemins optiques séparés sont présentés sur la Figure 3. Pendant l'utilisation réelle des rayonnements multi-fréquences, la séparation angulaire/spatiale dépend des différences de longueur d'onde entre les rayonnements. Les lignes pleines représentent le faisceau lumineux avec la première longueur d'onde qui est réfléchi au niveau des positions (1301, 1302, 1303 et 1304) sur la couche réfléchissante (133). Les lignes en pointillés représentent le rayonnement lumineux avec la seconde longueur d'onde, différente de la première, qui est réfléchi au niveau des positions (1305, 1306 et 1307) sur la couche réfléchissante (133). Comme expliqué dans le premier mode de réalisation, étant donné que la surface (130) présente une surface microstructurée au niveau de chaque position de réflexion (1301-1307), chaque position de réflexion séparée (1301-1307) peut avoir un profil de phase spatiale indépendant et différent pour modifier la phase spatiale du rayonnement au niveau de chaque position de réflexion. De plus, la phase spatiale impartie dépend de l'indice de réfraction qui dépend également de la longueur d'onde. Ainsi, les rayonnements lumineux avec des longueurs d'ondes différentes peuvent être manipulés séparément et indépendamment les uns des autres. Après plusieurs réflexions, les rayonnements ayant des longueurs d'ondes différentes sont extraits au niveau de la seconde zone (142).

[0031] La séparation des rayonnements lumineux ayant des longueurs d'ondes différentes peut également être réalisée avec la configuration de cavité représentée sur la Figure 2, avec une surface plane et une surface inclinée formant la cavité. L'injection de rayonnements lumineux (110) nécessite d'avoir un angle incident non nul par rapport à la zone (241) pour permettre l'extraction des rayonnements lumineux

(120) après la manipulation 120 à partir de la même zone (241).

[0032] La figure 4 est une représentation schématique d'un quatrième mode de réalisation non restrictif d'un dispositif (400) de manipulation d'un rayonnement lumineux. La configuration de la cavité peut être n'importe laquelle de celles représentées sur les Figures 1 à 3. Différemment des modes de réalisation des Figures 1 à 3, dans lesquels le rayonnement lumineux est fourni au bloc par libre propagation, la Figure 4 représente un mode de réalisation dans lequel le rayonnement lumineux est fourni par une fibre optique (450). La première zone (441) et/ou la seconde zone (442) sert(vent) d'interface(s) entre la fibre optique et la cavité. La fibre optique peut être fixée soit directement sur l'interface soit via un certain type de support intermédiaire. L'avantage du procédé de fixation directe est l'amélioration de la stabilité et de la compacité.

[0033] Un exemple de fixation directe est la liaison par adhésion. Dans ce procédé, la fibre optique est directement liée à la première et/ou à la seconde zone grâce à un adhésif. Selon les différents profils de la terminaison de la fibre, typiquement de formes PC, UPC ou APC, les interfaces doivent être traitées de manière à avoir différentes formes correspondantes permettant d'accepter les différents profils de terminaison de fibre. La Figure 4 montre la terminaison de fibre ayant une forme permettant un contact physique coudé (452). De manière correspondante, la première zone (441) est découpée suivant cet angle de réception. On préfère utiliser un adhésif dont l'indice de réfraction correspond à celui du matériau du bloc monolithique. De plus, il est possible de lier la terminaison de la fibre au bloc monolithique via un support intermédiaire, par exemple un morceau de matériau transparent formant un pont.

[0034] Le rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique diverge au fur et à mesure qu'il se propage. La surface de manipulation de phase (130) peut assurer une fonction de mise en forme du rayonnement lumineux en donnant une transformation de phase spatiale au rayonnement lumineux divergent.

[0035] De plus, il est également possible d'ajouter au moins un composant optique entre la fibre optique et le bloc monolithique pour donner une forme au rayonnement lumineux. Un exemple est une micro-lentille permettant de collimater le rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique. Cependant, toutes les autres tailles et divergences du rayonnement lumineux peuvent être réalisées par tous les types de composants optiques disposés dans différentes positions longitudinales et transversales.

[0036] Dans les paragraphes ci-dessus, des structures différentes du dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux sont présentées. La fabrication de chacun des composants du dispositif sera expliquée dans les paragraphes suivants.

[0037] Le bloc monolithique est composé d'un matériau de substrat homogène, qui présente des transmissions élevées pour les longueurs d'onde appliquées. Pour obtenir une stabilité thermique élevée, il doit également présenter un faible coefficient de dilatation thermique. Différentes sortes de matériau tel que les verres, ou les polymères, ou les céramiques, ou même les semiconducteurs, qui remplissent les critères mentionnés ci-dessus, peuvent être utilisés comme matériau de substrat pour la fabrication du bloc monolithique.

[0038] Dans le cas des premier et second modes de réalisation, dans lesquels le rayonnement lumineux suit le même chemin optique, le bloc monolithique est, de préférence, constitué d'un matériau ayant un faible

coefficient de dispersion chromatique afin d'éviter la séparation en fonction des différentes longueurs d'onde des rayonnements lumineux. Ceci est tout particulièrement utile pour les applications de télécommunication, dans la région de longueurs d'onde comprises entre 1500 - 1600 nm.

[0039] Dans le cas du troisième mode de réalisation, il est préférable d'utiliser les matériaux à coefficients de dispersion chromatique élevés pour séparer efficacement les chemins optiques pour les rayonnements lumineux ayant des modes différents, en particulier des longueurs d'onde différentes.

[0040] Les surfaces du matériau du substrat peuvent être microstructurées en utilisant différents procédés de fabrication, par exemple, un usinage, une gravure, un pressage ou un moulage, pour obtenir la forme souhaitée.

[0041] Une caractéristique spécifique du matériau du substrat est la biréfringence. Il existe un type de matériau pour lequel la biréfringence est une caractéristique intrinsèque ; tel que du quartz. Il existe également un autre type de matériau pour lequel la biréfringence est une caractéristique induite ; tel qu'un polymère exposé à un effort mécanique.

[0042] En fonction de l'angle incident sur la cavité monolithique, un rayonnement lumineux peut soit se propager sur le même chemin optique, soit être divisé sur différents chemins optiques par des polarisations différentes. Au fur et à mesure que les rayonnements se propagent le long des différents chemins optiques, il existe également des séparations spatiales de second ordre lorsqu'ils sont réfléchis par la surface de manipulation de phase de la cavité. Comme on l'a expliqué ci-dessus, chaque position de réflexion séparée peut avoir un profil de phase spatiale différent et indépendant pour modifier la phase spatiale du rayonnement lumineux en fonction de la polarisation de son

paramètre de mode, tel la longueur d'onde. Ainsi, les rayonnements lumineux avec des polarisations différentes peuvent être manipulés séparément et indépendamment les uns des autres.

[0043] Dans tous les modes de réalisation et tous les exemples évoqués ci-dessus, la cavité n'est constituée que d'une seule surface de manipulation de phase. Il est également possible que les deux surfaces réfléchissantes de la cavité soient constituées de surfaces microstructurées de manipulation de phase. Ainsi, les réflexions sur chaque surface confèrent une transformation de phase spatiale au rayonnement lumineux.

[0044] Dans les modes de réalisation mentionnés ci-dessus, la réflexion est réalisée par le revêtement à fort pouvoir réfléchissant sur les surfaces, tel qu'un revêtement diélectrique, ou un revêtement métallique.

[0045] La réflexion peut également être réalisée par la réflexion interne totale, qui dépend de l'indice de réfraction du matériau du bloc monolithique et de l'angle incident du faisceau lumineux.

[0046] La figure 5 est une représentation schématique d'un cinquième mode de réalisation non restrictif d'un dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux. Le dispositif (500) représenté sur la Figure 5 comprend un bloc monolithique (501) composé d'un matériau transparent homogène, qui possède un indice de réfraction élevé par rapport aux couches de support externe (533 et 544) au niveau de l'interface. Le bloc monolithique (501) a la forme d'un parallélépipède ayant deux surfaces planes parallèles (530 et 540). Les surfaces latérales (560 et 561) sont recouvertes de revêtements anti-réfléchissants pour former respectivement une première zone (541) d'injection du rayonnement lumineux (510), et une seconde zone (542) d'extraction du rayonnement lumineux (520). L'angle incident

au niveau de la première zone (541) est si grand que le rayonnement lumineux réfracté frappe la surface plane (530) suivant un angle qui est supérieur à l'angle critique pour la réflexion interne totale de telle sorte que le rayonnement lumineux est réfléchi plusieurs fois entre les surfaces planes parallèles (530 et 540) à l'intérieur de la cavité monolithique.

Revendications

1. Dispositif de manipulation d'un rayonnement lumineux par réflexion dudit rayonnement lumineux de multiples fois sur au moins deux surfaces réfléchissantes d'un bloc monolithique constitué d'un matériau transparent homogène, ledit dispositif comprenant :
- une première zone sur une surface dudit bloc permettant d'injecter ledit rayonnement lumineux devant être manipulé,
- une seconde zone sur une surface dudit bloc permettant d'extraire ledit rayonnement lumineux après la manipulation,
- au moins l'une des surfaces réfléchissantes étant configurée de manière à être une surface de manipulation de phase qui confère une transformation de phase spatiale déterminée au dit rayonnement lumineux, par l'intermédiaire de plusieurs réflexions.

2. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 1, dans lequel la première et la seconde zone sont séparées et interchangeables.

3. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 1, dans lequel la première et la seconde zone sont fusionnées en une zone unique.

4. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 1, dans lequel la première et la seconde zone sont disposées sur la même surface dudit bloc.

5. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 1, dans lequel la première et la seconde zone sont disposées sur des surfaces différentes dudit bloc.

6. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 1, dans lequel la première zone et la seconde zone sont, chacune, configurées pour être dans des positions inclinées suivant un angle alpha par rapport à la surface réfléchissante afin d'avoir un angle incident nul pour injecter le rayonnement lumineux et un angle de sortie nul pour extraire le rayonnement lumineux du bloc monolithique.

7. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 1, dans lequel la première zone et/ou la seconde zone est/sont, configurée(s) pour être alignée(s) avec la surface réfléchissante afin d'avoir un angle incident non nul pour injecter le rayonnement lumineux à l'intérieur du bloc monolithique, de telle sorte que les rayonnements lumineux ayant des longueurs d'onde différentes soient séparés grâce à l'effet de dispersion chromatique.

8. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 1, comprenant au moins une fibre optique ou un faisceau de fibres assemblées en une première zone et/ou une seconde zone.

9. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 8, comprenant au moins un composant optique permettant de manipuler la taille et la divergence du rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique.

10. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 8, comprenant au moins une micro-lentille permettant de collimater le rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique.

11. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 8, dans lequel la au moins une fibre optique ou le réseau de fibres est lié à la première zone et/ou la seconde zone du bloc monolithique et une mise en forme du rayonnement lumineux qui sort de la fibre optique est effectuée par la surface de manipulation de phase.

12. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 8, dans lequel une fibre optique est liée à la première zone et/ou à la seconde zone du bloc monolithique via un support intermédiaire.

13. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon la revendication 8, dans lequel la au moins une fibre optique est liée à la première zone et/ou la seconde zone du bloc monolithique par un liquide qui a le même indice de réfraction que le matériau composant le bloc monolithique.

14. Dispositif de manipulation d'un faisceau lumineux selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le matériau composant le bloc monolithique présente une biréfringence.

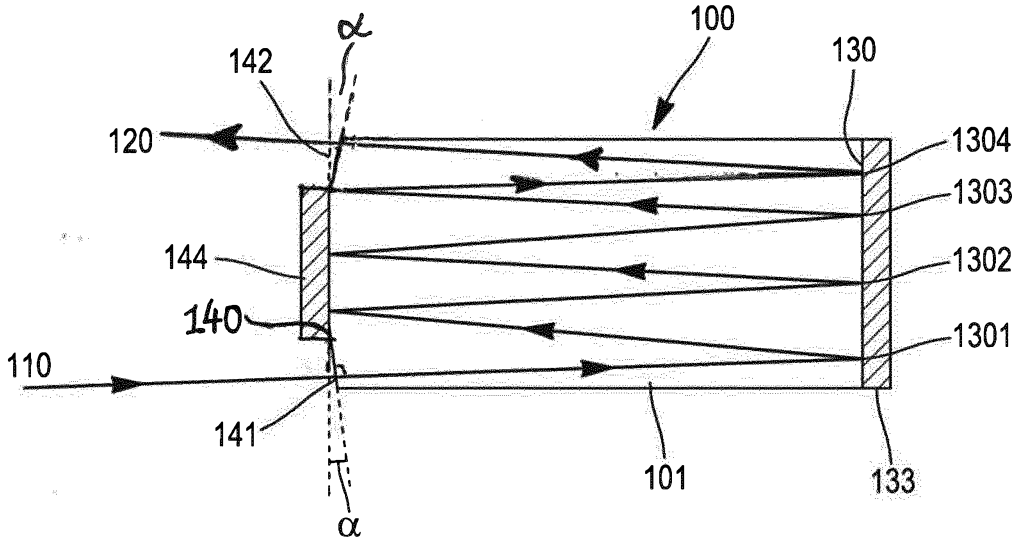

α
100
142
130
120
1304
1303
144
1302
140
1301
110
141
101
133
α

FIG. 1

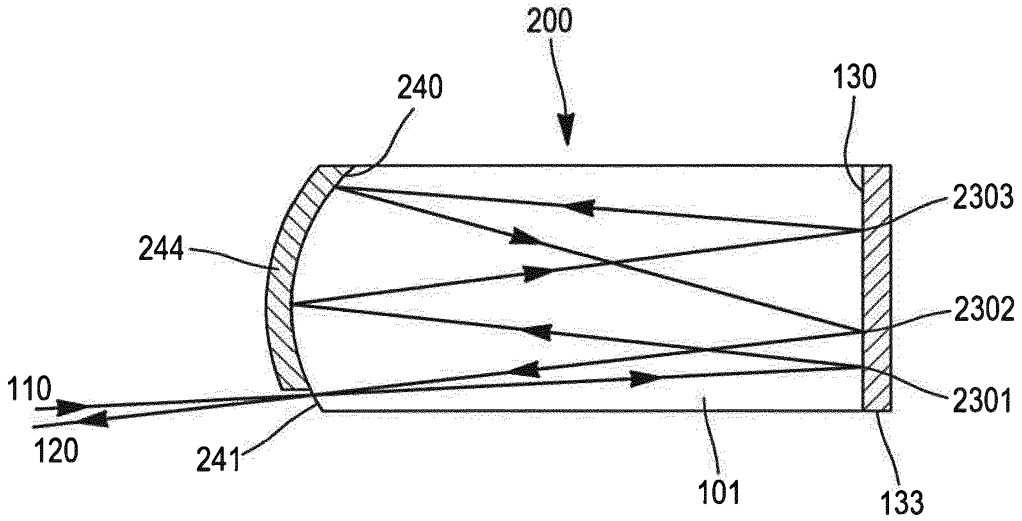

200
240
130
2303
244
2302
110
2301
120
241
101
133

FIG. 2

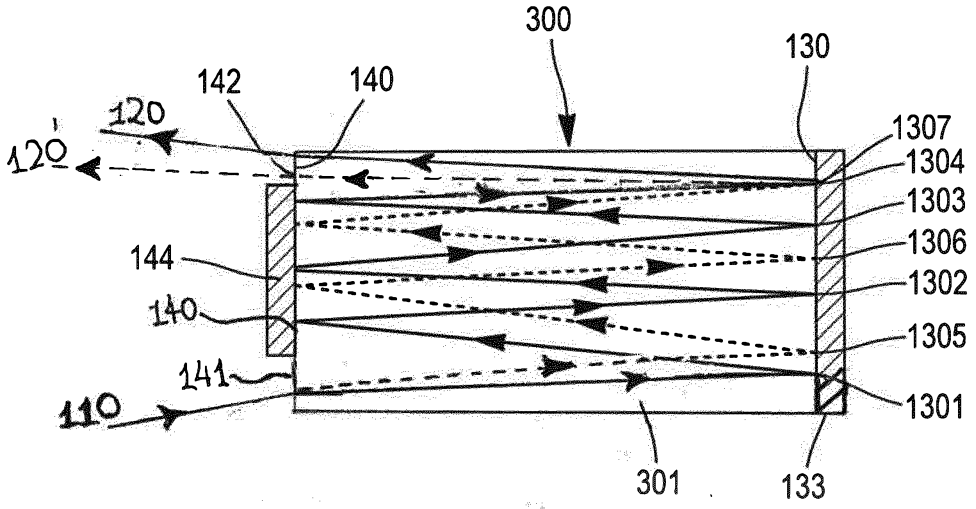

300
130
142
140
120
120
1307
1304
1303
144
1306
1302
140
1305
141
1301
110
301
133

FIG. 3

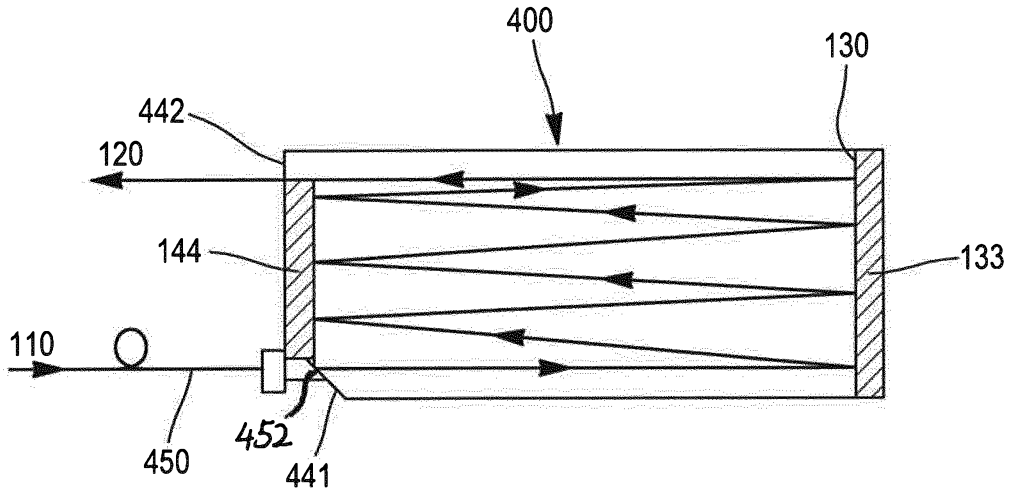

400
130
442
120
144
133
110
450
452
441

FIG. 4

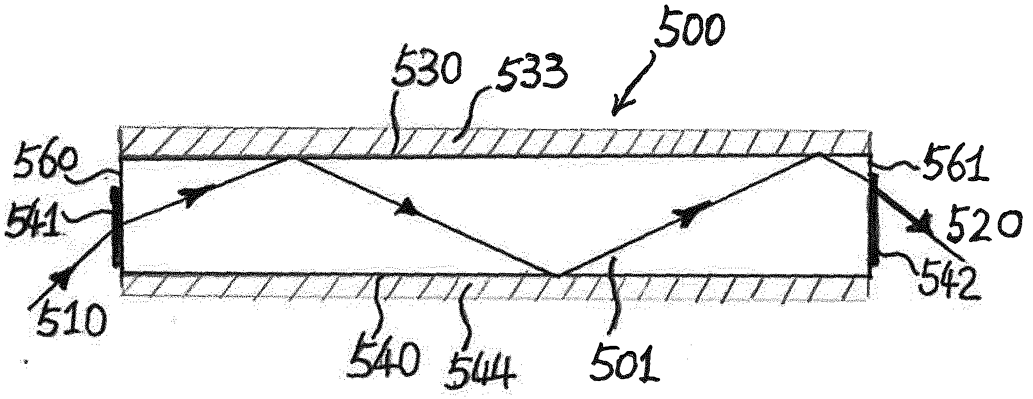


FIG. 5

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 850543
FR 1763382

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 A	WO 2017/158261 A1 (CAILABS [FR]) 21 septembre 2017 (2017-09-21) * figures 2,4 * * page 14, ligne 14 - page 16, ligne 25 * -----	1-6,8-13 7,14	G02B17/00 G02B27/09
Y	US 6 008 920 A (HENDRIX KAREN DENISE [US]) 28 décembre 1999 (1999-12-28) * colonne 3, ligne 37 - colonne 3, ligne 58 * * figure 1 * -----	1-6,8-13	
Y	US 2004/013361 A1 (CHEN YONG QIN [US] ET AL) 22 janvier 2004 (2004-01-22) * figures 7A-7F * -----	5,6	
Y	LABROILLE GUILLAUME ET AL: "Mode selective 10-mode multiplexer based on multi-plane light conversion", 2016 OPTICAL FIBER COMMUNICATIONS CONFERENCE AND EXHIBITION (OFC), OSA, 20 mars 2016 (2016-03-20), pages 1-3, XP032942487, [extrait le 2016-08-09] * le document en entier * -----	1,2,4,8, 11	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) G02B H04B H04J

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
13 septembre 2018	Beutter, Matthias

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1763382 FA 850543

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 13-09-2018
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
WO 2017158261 A1	21-09-2017	FR 3049135 A1	22-09-2017
		WO 2017158261 A1	21-09-2017
US 6008920 A	28-12-1999	EP 1066697 A1	10-01-2001
		US 6008920 A	28-12-1999
		WO 9946879 A1	16-09-1999
US 2004013361 A1	22-01-2004	AT 412194 T	15-11-2008
		AU 2003249216 A1	02-02-2004
		CA 2491739 A1	22-01-2004
		CN 1668954 A	14-09-2005
		EP 1554619 A2	20-07-2005
		HK 1081276 A1	08-08-2008
		JP 4449060 B2	14-04-2010
		JP 2005533282 A	04-11-2005
		TW 594082 B	21-06-2004
		US 2004013361 A1	22-01-2004
		WO 2004008187 A2	22-01-2004

EPO FORM P0465