

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①① N° de publication :

3 087 005

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

②① N° d'enregistrement national :

19 10888

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 B 9/02** (2019.12), G 01 J 3/26, G 02 B 26/00, 5/
08, B 81 C 1/00

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 01.10.19.

③③ Priorité : 05.10.18 DE 10 2018 217 054.1.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 10.04.20 Bulletin 20/15.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥③ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : ROBERT BOSCH GMBH GMBH —
DE.

⑦② Inventeur(s) : Schelling Christoph, Kraemmer Chris-
toph Daniel, Schmid Marc, Roedel Reinhold, Buck Tho-
mas et Stein Benedikt.

⑦③ Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GMBH GMBH.

⑦④ Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

⑤④ Installation d'interféromètre et son procédé de fabrication.

⑤⑦ TITRE: Installation d'interféromètre et son procédé de
fabrication

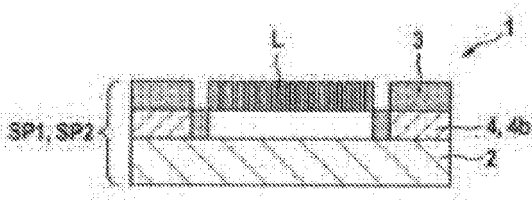
Installation de miroir (1) pour une installation d'interféro-
mètre comprenant

une couche de miroir (3) avec un ancrage (B), qui en-
tourne la couche de miroir (3) au moins en partie latérale-
ment, et

un substrat (2) portant l'ancrage (B),
- la couche de miroir (3) étant encastrée mécaniquement
par l'ancrage (B), et

l'ancrage (B) en vue de dessus sur le substrat (2) décrit
une courbe (K) dont le rayon varie de manière azimutale.

Figure 2d



FR 3 087 005 - A1



Description

Titre de l'invention : Installation d'interféromètre et son procédé de fabrication

Domaine technique

- [0001] La présente invention se rapporte à une installation de miroir pour une installation d'interféromètre ainsi qu'une installation d'interféromètre équipée d'une telle installation de miroir.
- [0002] L'invention se rapporte également à un procédé de fabrication d'une installation de miroir pour une installation d'interféromètre ainsi qu'un procédé de réalisation d'une telle installation d'interféromètre.

Technique antérieure

- [0003] Pour miniaturiser les filtres spectraux accordés, on réalise avantageusement les interféromètres Fabry-Pérot en technique MEMS. Ainsi on utilise le fait qu'une cavité composée de deux miroirs plans parallèles fortement réfléchissants avec un écartement (longueur de la cavité) dans le domaine de la longueur d'onde optique, présente une forte transmission seulement pour les longueurs d'onde dont la longueur de la cavité est un multiple entier de la demi-longueur d'onde. La longueur de la cavité se modifie par exemple par un actionnement électrostatique ou piézoélectrique ce qui permet d'accorder spectralement l'élément de filtre accordable.
- [0004] Une grande partie des interféromètres Fabry-Pérot accordables utilise un actionnement électrostatique des miroirs (contrairement à l'actionnement piézoélectrique évoqué ci-dessus) et les miroirs sont souvent des membranes. On applique pour cela une tension entre deux électrodes qui se trouvent sur le plan des deux miroirs de façon que l'attraction électrostatique des deux miroirs les déplace l'un par rapport à l'autre. Les miroirs à membrane, habituels ont au moins une matière semi-conductrice partiellement conductrice. Du fait des rapports d'aspects en général extrêmes (dimensions latérales des miroirs principalement également l'ouverture optique, comparées aux épaisseurs de couche) les forces de rappel produites par les contraintes de flexion sont en général négligeables par comparaison aux forces de rappel exercées par les tensions de la membrane et qui repose sur la précontrainte en tension qui domine.
- [0005] Généralement on dégage les structures d'interféromètre Fabry-Pérot en technique de microstructures par un procédé de gravure de couche sacrificielle et on dégage le miroir-membrane ; on utilise des orifices ou trous perforés et on commande le procédé de gravure. Toutefois cela est soumis en général à des variations très importantes du procédé, du point de vue de la vitesse de gravure. Les contraintes de tension nécessaires des membranes de miroir de spectromètres de Fabry-Pérot sont en général

obtenues avec des éléments résiduels de la couche sacrificielle qui est par exemple une résine photosensible ou une couche d'oxyde. Les variations d'importantes du procédé dans l'opération de gravure, entraînent généralement des variations du dégagement des miroirs et ainsi aussi des différentes tailles de membranes. En outre la forme de l'arête de gravure est principalement une mise à l'échelle résiduelle de la disposition des orifices de gravure ce qui limite les degrés de liberté de conception. C'est pourquoi il est souhaitable d'avoir un blocage de gravure latéral pour le procédé de gravure de la couche sacrificielle, pour réduire les tolérances à respecter et augmenter la liberté de conception technologique.

- [0006] Le document US 2012/050751 décrit un interféromètre Fabry-Pérot, commandé, réalisé en technique MEMS. L'interféromètre comprend des couches de miroir chaque fois sous la forme d'une membrane. Les couches de miroir peuvent être installées sur une puce.
- [0007] EXPOSE ET AVANTAGES DE L'INVENTION
- [0008] L'invention a pour objet une installation de miroir pour une installation d'interféromètre comprenant
- [0009] une couche de miroir avec un ancrage, qui entoure la couche de miroir au moins en partie latéralement, et
- [0010] un substrat portant l'ancrage,
- [0011] - la couche de miroir étant encastrée mécaniquement par l'ancrage qui,
- [0012] en vue de dessus sur le substrat, décrit une courbe dont le rayon varie de manière azimutale.
- [0013] L'invention a également pour objet une installation d'interféromètre dont la couche de miroir présente une précontrainte en tension.
- [0014] Enfin l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'installation d'interféromètre telle que définie ci-dessus
- [0015] selon laquelle
- [0016] la seconde installation de miroir a une extension latérale inférieure ou égale à celle de la première installation de miroir et la seconde installation de miroir est montée avec son ancrage directement sur la première installation de miroir qui est elle-même le substrat de la seconde installation de miroir.
- [0017] Enfin l'invention a pour objet un procédé de fabrication d'une installation d'interféromètre selon lequel on fournit une première installation de miroir et une seconde installation de miroir, la première installation de miroir étant réalisée selon un procédé correspond tel que défini ci-dessus et ensuite on applique une seconde couche sacrificielle sur la première installation de miroir,
- [0018] on imprime une seconde structure de sillon dans la seconde couche sacrificielle qui traverse complètement la seconde couche sacrificielle jusqu'à la première installation

de miroir et décrit en vue de dessus sur le côté supérieur de la seconde couche sacrificielle, une courbe dont le rayon varie de façon azimutale,

[0019] on introduit une matière de blocage de gravure ou une matière de miroir dans la seconde structure de sillon, et

[0020] on applique une matière de miroir sur la face supérieure plane de la seconde couche sacrificielle de façon que la matière de miroir s'étende sur le côté supérieur plan de la seconde couche sacrificielle, latéralement entre la seconde structure de sillon et au moins en partie sur la seconde structure de sillon.

[0021] AVANTAGES DE L'INVENTION

[0022] L'idée de base de la présente invention est de développer une installation de miroir pour une installation d'interféromètre avec un ancrage pour enserrer la couche de miroir ou la membrane de miroir. L'invention a également pour objet, comme décrit ci-dessus, un procédé de réalisation d'une installation de miroir et d'une installation d'interféromètre se caractérisant par le développement d'une contrainte dans la couche de miroir ou au moins une membrane de miroir partiellement dégagée. La réalisation permet d'ancrer avantageusement la définition de la butée de blocage de gravure pour un procédé de dégagement de la couche de miroir. En modifiant la forme radiale de l'ancrage comme encastrement, on augmente avantageusement les efforts du serrage possible de la couche de miroir selon l'ancrage, par rapport à une réalisation circulaire sans que cela ne se traduise par une réduction significative de planéité des miroirs. Un avantage de l'encastrement courbe est une augmentation de stabilité par rapport à un encastrement circulaire.

[0023] Selon l'invention, l'installation de miroir pour une installation d'interféromètre comporte une couche de miroir avec un ancrage qui entoure au moins partiellement latéralement la couche de miroir et un substrat portant l'ancrage ; la couche de miroir est enserrée mécaniquement par l'ancrage qui en vue de dessus du substrat, décrit une courbe dont le rayon varie dans le sens azimutal. En particulier l'ancrage de la couche de miroir est latéralement complètement périphérique et l'ancrage entoure au moins partiellement latéralement la couche de miroir.

[0024] Pour avoir une contrainte en tension prédéfinie ou souhaitable, ou pour la maintenir ou l'obtenir, il est nécessaire d'avoir un encastrement déterminé de la membrane de miroir notamment de la couche de miroir qui résiste aux efforts d'encastrement nécessaires sans avoir à céder de manière significative et ainsi sans réduction de la planimétrie de miroir ou du parallélisme.

[0025] Selon une forme de réalisation préférentielle de l'installation de miroir, l'ancrage de la couche de miroir, entoure latéralement complètement la couche de miroir et la courbe décrit une courbe fermée.

[0026] La courbe peut être une courbe pratiquement fermée.

- [0027] Selon une forme de réalisation préférentielle, l'installation de miroir décrit une courbe qui a une forme sinusoïdale, une forme de roue dentée, une forme de dents de scie ou une forme polygonale.
- [0028] Selon une forme de réalisation préférentielle de l'installation de miroir, l'ancrage est réalisé comme serrage de la couche de miroir sur le substrat.
- [0029] Le dépôt de matière approprié de couche de l'installation de miroir permet par exemple de développer de manière intrinsèque une tension en traction latérale dans cette installation et agissant sur l'installation mais aussi de sélectionner l'encastrement.
- [0030] La direction azimutale est avantageusement une direction dans le plan de la couche de miroir et qui, en vue de dessus, correspond à une extension plan parallèle.
- [0031] Selon une forme de réalisation préférentielle de l'installation de miroir, la couche de miroir est mise en précontrainte de tension.
- [0032] Selon l'invention, l'installation d'interféromètre comprend une première installation de miroir et une seconde installation de miroir pratiquement parallèle à la première, la première installation de miroir et/ou la seconde installation de miroir ayant une installation de miroir selon l'invention et au moins l'une des installations de miroir est dans une direction perpendiculaire à l'extension plane de la couche de miroir de façon mobile, par rapport à l'autre installation de miroir respective de sorte que la distance entre la première installation de miroir et la seconde installation de miroir est variable.
- [0033] Selon une forme de réalisation préférentielle, l'installation d'interféromètre comprend la première installation de miroir et la seconde installation de miroir ayant chacune son substrat propre ou encore l'une des installations constitue le substrat de l'autre installation de miroir.
- [0034] Selon une forme de réalisation préférentielle de l'installation d'interférométrie, la première installation de miroir et la seconde installation de miroir ont le même substrat.
- [0035] Selon une forme de réalisation préférentielle de l'installation d'interféromètre, la seconde installation de miroir dépasse latéralement la première installation de miroir, la première installation et la seconde installation de miroir étant sur un substrat commun avec leur ancrage respectif.
- [0036] Selon une forme de réalisation préférentielle, l'installation d'interféromètre comprend la seconde installation de miroir avec une extension latérale moindre ou égale à celle de la première installation de miroir et l'ancrage de la seconde installation de miroir est directement sur la première installation de miroir qui constitue elle-même le substrat de la seconde installation de miroir.
- [0037] Selon l'invention, dans le procédé de fabrication d'une installation de miroir pour une installation d'interféromètre, on fournit un substrat, on applique une couche sacrificielle sur le substrat, on imprime une structure de sillon dans la couche sacrificielle

qui traverse complètement la couche sacrificielle jusqu'au substrat et décrit, en vue de dessus sur la surface supérieure de la couche sacrificielle, une courbe dont le rayon varie de manière azimutale ; on introduit une matière de blocage de gravure ou une matière de miroir dans la structure de sillon et on applique une matière de miroir sur la face supérieure plane de la couche sacrificielle pour que la matière de miroir sur le côté supérieur plan s'étende latéralement entre la structure de sillon et au moins en partie au-delà de la structure globale.

- [0038] Le procédé présente les avantages déjà cités en combinaison avec l'installation de miroir et les installations d'interféromètres et réciproquement.
- [0039] Selon une forme de réalisation préférentielle du procédé, on imprime la structure de sillon de façon qu'en vue de dessus sur le côté supérieur de la couche sacrificielle, celle-ci décrit une courbe fermée de forme sinusoïdale, de forme de roue dentée, de forme de dents de scie ou de forme de polygone.
- [0040] Selon une réalisation préférentielle de l'invention, on réalise au moins un trou de gravure dans la couche de miroir et on enlève au moins en partie la couche sacrificielle entre le substrat et la couche de miroir par le procédé de gravure.
- [0041] L'invention a également pour objet un procédé de réalisation d'une installation d'interféromètre selon lequel on fournit une première installation de miroir et une seconde installation de miroir, la première installation de miroir étant réalisée selon un procédé décrit ci-dessus et ensuite on applique une seconde couche sacrificielle sur la première installation de miroir,
- [0042] on imprime une seconde structure de sillon dans la seconde couche sacrificielle qui traverse complètement la seconde couche sacrificielle jusqu'à la première installation de miroir et décrit, en vue de dessus sur le côté supérieur de la seconde couche sacrificielle, une courbe dont le rayon varie de façon azimutale,
- [0043] on introduit une matière de blocage de gravure ou une matière de miroir dans la seconde structure de sillon, et
- [0044] on applique une matière de miroir sur la face supérieure plane de la seconde couche sacrificielle de façon que la matière de miroir s'étende sur le côté supérieur plan de la seconde couche sacrificielle, latéralement entre la seconde structure de sillon et au moins en partie sur la seconde structure de sillon.
- [0045] La seconde structure de sillon traverse avantageusement la seconde couche sacrificielle pour arriver jusqu'au substrat commun des deux installations de miroir ou seulement jusqu'à la couche de miroir de la première installation de miroir.

Brève description des dessins

- [0046] Une installation de miroir ainsi qu'une installation d'interféromètre et leur procédé de fabrication seront décrit après à l'aide des dessins annexés dans lesquels :

- [0047] [fig.1a]
 [0048] [fig.1b]
 [0049] [fig.1c]
 [0050] [fig.1d] vues en coupe latérale schématique respectives d'une installation de miroir pendant sa fabrication selon un exemple de réalisation d'un procédé de l'invention,
 [0051] [fig.2a]
 [0052] [fig.2b]
 [0053] [fig.2c]
 [0054] [fig.2d] section latérale schématique respectives d'une installation de miroir pendant sa fabrication selon un autre exemple de réalisation du procédé de l'invention,
 [0055] [fig.3] vue de dessus schématique d'une courbe d'ancrage selon un exemple de réalisation de l'invention,
 [0056] [fig.4a]
 [0057] [fig.4b] section latérale schématique d'installation de miroir d'une installation d'interféromètre selon un exemple de réalisation de l'invention,
 [0058] [fig.5] vue en coupe latérale schématique d'installation de miroir d'une installation d'interféromètre selon un autre exemple de réalisation de l'invention, et
 [0059] [fig.6] schéma par blocs des étapes du procédé de l'invention.
 [0060] Dans les différentes figures on utilisera les mêmes références pour désigner les mêmes éléments ou des éléments de même fonction.
 [0061] DESCRIPTION D'UN MODE DE REALISATION
 [0062] Les figures 1a, 1b, 1c et 1d montrent respectivement une section latérale schématique d'une installation de miroir en cours de fabrication selon un procédé d'un exemple de réalisation de la présente invention.
 [0063] La succession des figures 1a-1d correspond à une première possibilité de réalisation et de définition d'une butée de blocage de gravure qui peut représenter avantageusement l'ancrage B.
 [0064] La figure 1a montre une couche sacrificielle 4, 4b appliqué sur un substrat 2. Le substrat 2 peut également comporter d'autres couches. La figure 1b montre une autre étape du procédé selon laquelle on donne une structure à la couche sacrificielle 4, 4b en imprimant une structure de sillon 5 dans la couche sacrificielle 4. Cette structure de sillon, décrit en vue de dessus une courbe dont le rayon varie dans la direction azimutale (figure 3). A la figure 1c qui correspond à une autre étape on applique une matière de blocage de gravure 6 dans la structure de sillon 5 et sur la couche sacrificielle 4, 4b. Après avoir enlevé partiellement la matière de blocage de gravure 6 de la couche sacrificielle 4 à la figure 1d, par exemple par meulage ou polissage, on réalise une face supérieure 4a pratiquement plane de la couche sacrificielle 4, 4b ; de la matière de blocage de gravure 6 peut rester dans la structure de sillon 5 de sorte que la

matière de blocage de gravure 6 développe une surface supérieure plane avec la face supérieure 4a de la couche sacrificielle 4.

- [0065] La mise en structure peut se faire par exemple par un procédé de lithogravure (suivi par un procédé de gravure). La couche de blocage de gravure se caractérise avantageusement par une forte sélectivité de gravure vis-à-vis de la couche sacrificielle et lors d'une future gravure de la couche sacrificielle, la matière de blocage de gravure ne sera pas attaquée. Dans la suite on peut appliquer une couche de miroir (non représentée) sur la couche sacrificielle 4 et au moins en partie sur la couche de blocage de gravure ; la couche de blocage de gravure peut ainsi servir d'ancrage, par exemple d'encastrement de la couche de miroir. A la place du meulage on peut également utiliser une étape d'amincissement sélectif pour rendre plan, par exemple un polissage chimique-mécanique ou une étape de gravure.
- [0066] L'ancrage B sert avantageusement à mettre en tension la membrane d'une couche de miroir qui peut absorber des contraintes produites sans se déformer de manière significative. La forme plane de la surface supérieure de la couche sacrificielle et du procédé de blocage de gravure sur le côté supérieur définissent avantageusement l'encastrement.
- [0067] Les figures 2a, 2b, 2c, 2d montrent chacune respectivement une section latérale schématique d'une installation de miroir en cours de fabrication dans l'application dans un autre exemple de réalisation du procédé selon la présente invention.
- [0068] Selon la figure 2a, sur un substrat 2 on réalise une couche sacrificielle 4 (dans le cas où il s'agit du développement d'une première installation de miroir) ou une seconde couche sacrificielle 4b (s'il s'agit de développer une seconde installation de miroir). Le substrat 2 peut également comporter d'autres couches, par exemple d'autres couches sacrificielles ou une couche d'électrode. Dans la couche sacrificielle 4, 4b on peut réaliser une structure ; la structure de sillon 5 s'imprime dans la couche sacrificielle 4. Cette structure de sillon 5 décrit en vue de dessus une courbe dont le rayon ou les coordonnées radiales varient dans le sens azimutal (figure 3).
- [0069] Il est également possible que la courbe décrive une zone de bord avec une largeur de bord qui présente radialement un côté intérieur et un côté extérieur ayant en vue de dessus, des formes radiales de courbe, identiques ou différentes ou des variations de rayon.
- [0070] La réalisation de l'installation de miroir 1 dans la phase de fabrication de la figure 2a correspond avantageusement à celle de la figure 1b. La réalisation de l'installation de miroir 1 se distingue dans l'exemple de réalisation de la figure 2b de celle de la figure 1c en ce qu'à la place de la matière de blocage de gravure selon la figure 1c on introduit une ou plusieurs matières de miroir 7 dans la face supérieure plane 4a de la couche sacrificielle 4 et dans la structure de sillon 5. La couche de miroir 3 peut

également se composer de plusieurs couches partielles.

- [0071] Dans le cas d'une seconde installation de miroir, la matière de miroir 7 s'applique ou s'intègre dans ou sur une surface supérieure 4c essentiellement plane de la seconde couche sacrificielle 4b et dans des secondes structures de sillon 5b. La matière de miroir 7, appliquée peut ainsi développer une couche de miroir 3 sur la couche sacrificielle 4, 4b, dans la zone de structure de sillon 5 celle-ci comporte un gradin dans le côté supérieur opposé, au substrat 2 ce qui peut être réalisé par l'application. La matière de miroir 7 dans la structure de sillon 5 sur la surface plane 4a de la couche sacrificielle 4 peut couvrir avantageusement les bords de la structure de sillon 5 au moins partiellement ou totalement latéralement. Dans la structure de sillon 5 La matière de miroir 7 réalise avantageusement un ancrage B sous la forme d'un encastrement de la couche de miroir 3 dans le substrat 2 car l'ancrage B est avantageusement fixé verticalement au substrat 2.
- [0072] La figure 2c montre l'étape suivante du procédé selon laquelle on réalise un ou plusieurs orifices de gravure L dans la couche de miroir 3, avantageusement entre un ancrage qui forme une courbe fermée (figure 3) pour enlever la couche sacrificielle 4, 4b sous la couche de miroir 3 (figure 2d) avec un procédé de gravure. L'ancrage B avec la matière de miroir 7, présente avantageusement une résistance à la gravure plus élevée que la couche sacrificielle, avantageusement plus élevée qu'un oxyde tel que le dioxyde de silicium de sorte que l'ancrage B fonctionne avantageusement comme blocage latéral de gravure lorsqu'on dégage la couche de miroir 3 comme membrane de miroir. Les zones latérales à l'extérieur de l'ancrage B peuvent rester ou sont éliminées. La couche sacrificielle sous la couche de miroir peut être enlevée complètement de façon avantageuse. La butée de blocage de gravure peut avoir une résistance prolongée à la gravure. Ce procédé évite avantageusement un dépôt séparé d'une matière de blocage de gravure ainsi un nouvel amincissement par un polissage compliqué. La matière de miroir peut être déposée directement sur la couche sacrificielle et dans les sillons. Les trous de gravure peuvent être obtenus en réalisant la structure la couche de miroir.
- [0073] Le blocage de la gravure permet d'améliorer de manière significative la définition de la membrane notamment son diamètre car la zone de dégagement de la couche de miroir n'est plus définie par le motif des trous de gravure ni des variations du procédé mais par le tracé du blocage de gravure lui-même dans la mesure où l'on utilise un procédé de gravure suffisamment long.
- [0074] Pour exercer une précontrainte de tension, la couche de miroir 3 est avantageusement précontrainte. Pour cela l'ancrage B comme encastrement est conçu avantageusement pour absorber une force d'encastrement élevée. $F = A\sigma$. Dans cette formule, A représente la surface encastrée de la membrane de miroir, et σ la précontrainte. Cette force peut

agir radialement sur la tension d'encastrement (ancrage B) évitant une déformation significative de la structure d'encastrement (encastrement B et membrane de miroir) par une mise en forme appropriée. Un ancrage de rayon variable permet d'avoir une rigidité élevée vis-à-vis de la flexion ou d'une simple forme circulaire ce qui est avantageux même si l'épaisseur de la membrane de miroir (et ainsi également l'encastrement) est faible. Cela permet d'aboutir à une planéité élevée du milieu de la membrane de miroir.

[0075] La figure 3 est une vue de dessus schématique d'une courbe d'ancrage selon un exemple de réalisation de l'invention.

[0076] On peut également envisager des formes de réalisation dans lesquelles les sillons formés (5, 5b de la figure 2) sont décrits sur le côté radial intérieur à la figure 3 sous la forme d'une courbe et sur le côté extérieur, par exemple par une simple forme circulaire.

[0077] En vue de dessus du substrat, l'ancrage ou la structure de sillon correspondent à une courbe K, K2 de la seconde installation de miroir dont le rayon varie selon l'azimut. La courbe K, K2 peut entourer complètement latéralement la couche de miroir et décrire une courbe fermée qui est une forme sinusoïdale, une forme de roue dentée, une forme en dents de scie ou une forme polygonale. L'écart par rapport à la forme circulaire donne avantageusement plusieurs contacts d'ancrage avec le substrat dans les positions radiales différentes, transmettant une force d'encastrement plus importante au substrat ; en d'autres termes on réalise un encastrement de membrane plus rigide ou un encastrement de miroir. En d'autres termes on augmente la rigidité vis-à-vis de la traction radiale. La forme de la courbe Ka correspond à différentes variantes, par exemple en coordonnées polaires elle se représente par $r(\varphi)$; les valeurs x et y de la ligne formant le bord s'obtiennent par la transformation habituelle des coordonnées

[0078] $x = r(\varphi)\cos\varphi$; $y = r(\varphi)\sin\varphi$.

[0079] La courbe peut également avoir en grande partie une structure périodique azimutale. L'interruption de la périodicité peut être possible par exemple pour le passage de lignes électriques de l'installation de miroir, il faut une autre mise en structure. Vis-à-vis d'une trajectoire circulaire ou d'un rayon non modulable, on améliore de façon significative la rigidité de l'encastrement.

[0080] La figure 4a est une section latérale schématique d'installation de miroir d'une installation d'interféromètre selon un exemple de réalisation de la présente invention.

[0081] Sur un substrat 2 on forme une première installation de miroir SP1 et une seconde installation de miroir SP2 ou encore plusieurs telles installations au moins partiellement l'une au-dessus de l'autre pour former une installation d'interféromètre Int. De façon avantageuse l'interféromètre Fabry-Pérot est un micro-spectromètre. Selon la figure 4a, les deux installations de miroir SP1 et SP2 peuvent être réalisées sur un

même substrat commun 2. Pour cela la première installation de miroir comporte un premier ancrage B1 sur le substrat commun 2 et la seconde installation de miroir SP2 comporte un second ancrage B2 sur le substrat commun 2 ; les ancres B1 et B2 sont disposés décalés latéralement l'un par rapport à l'autre. Les installations de miroir SP1 et SP2 peuvent être écartées d'une distance (d) entre leur couche de miroir (membrane). Il est ainsi possible qu'au moins l'une des membranes de miroir puisse être actionnée par rapport à l'autre, c'est-à-dire de façon à pouvoir modifier la distance (d) par exemple à l'aide d'électrodes d'actionnement prévues dans ou sur la membrane de miroir et latéralement à l'intérieur de l'ancrage B1, B2 (cette solution n'est pas représentée) comme cela est le cas à la figure 4b. L'actionnement de l'installation de miroir peut se faire par exemple de manière électrostatique. A la fois la figure 4a et aussi la figure 4b montrent des segments latéraux des installations de miroir autour de leur ancrage ; les membranes de miroir peuvent s'étendre plus loin dans la direction x. Ainsi chacune des membranes de miroir, dégagées, ou l'une des installations de miroir ou une couche de miroir peuvent avoir un reste de couche sacrificielle (non représenté).

[0082] Le mode de réalisation présenté à la figure 4b comporte une seconde installation de miroir SP2 située complètement avec son second ancrage B2 sur la première installation de miroir SP1. Les deux peuvent avoir la même extension latérale (non représenté) ou encore la seconde installation de miroir SP2 peut avoir une extension moindre et/ou décaler latéralement. Ainsi la première installation de miroir elle-même, avec sa couche de miroir peut servir de substrat pour la seconde installation de miroir à laquelle on applique alors le procédé de fabrication selon l'invention pour réaliser cette seconde installation de miroir SP2 (1). Cela permet que chacune des installations de miroir ou l'une des installations de miroir comporte une membrane de miroir dégagée ou une couche de miroir sur laquelle subsiste une couche sacrificielle (non représentée). Les installations de miroir SP1 et SP2 peuvent comporter des systèmes de miroir complets ; en d'autres termes, elles peuvent elles-mêmes comporter des systèmes de couches formées de couches séparées telles qu'un miroir de Bragg, avec des piles de couches Si/SiN ou Si/SiCN ou un miroir métallique. On peut également envisager des miroirs de Bragg avec du gaz ou du vide comme matière à faible indice de réfraction, par exemple la combinaison Si/air-miroir dans laquelle les deux couches de silicium d'un miroir sont écartées l'une de l'autre. Dans le domaine de l'encastrement, les deux couches partielles de silicium d'une installation de miroir peuvent être appliquées l'une sur l'autre en enlevant de façon appropriée la couche sacrificielle dans cette zone.

[0083] La figure 5 montre une section latérale schématique d'installation de miroir d'une installation d'interféromètre selon un autre exemple de réalisation de l'invention.

- [0084] La représentation de la figure 5 montre par exemple une disposition de la seconde installation de miroir SP2 sur la première installation de miroir SP1 qui peuvent être développées selon l'exemple de la figure 4a à la différence qu'entre les deux ancrages B1 et B2, il subsiste une partie de la couche sacrificielle 4, 4b. Lors de la réalisation, par une structuration complémentaire de la seconde couche sacrificielle 4b, on réalise un élément de liaison VS qui peut être introduit dans un autre sillon de la seconde couche sacrificielle (non représenté). Ce sillon peut lui-même être rempli avec de la matière du miroir pour la seconde installation de miroir, de façon analogue à l'ancrage, toutefois seulement jusqu'à la couche de miroir de la première installation de miroir (procédé de dépôt conforme). Entre les deux installations de miroir on peut avoir plusieurs tels éléments de liaison, avantageusement à l'extérieur de la zone d'actionnement ou de l'ouverture optique de la couche de miroir.
- [0085] Selon une autre forme de réalisation, la construction de la figure 5 peut s'appliquer à n'importe quelle installation de miroir qui comporte deux couches de miroir 3a, 3b avec un ancrage respectif constituant un ancrage commun B.
- [0086] La partie de la couche sacrificielle 4, 4b entre les ancrages permet de stabiliser l'ancrage et sa position.
- [0087] Entre les couches de miroir on peut avoir un intervalle d'air. En outre on peut également développer ce principe avec d'autres membranes partielles de miroir ce qui signifie qu'un miroir Si/air peut se composer d'autres paires de couches Si/air.
- [0088] Une telle disposition de la couche sacrificielle 4, 4b entre les zones d'ancrage B1, B2 protège la couche sacrificielle 4, 4b dans la zone de l'encastrement pour interdire la gravure. Un tel procédé peut également s'envisager pour d'autres types de miroir tels que Si/SiN (silicium, nitrure de silicium) et Si/SiCN (carbonitrure de silicium) constituant des piles de couches.
- [0089] La figure 6 est un schéma par blocs des étapes du procédé selon la présente invention. Dans le procédé de fabrication d'une installation de miroir pour une installation d'interféromètre, on fournit S1 un substrat ; on applique S2 une couche sacrificielle sur le substrat ; on imprime S3 une structure de sillon dont la couche sacrificielle s'étend à travers la couche sacrificielle jusqu'au substrat et décrit en vue de dessus de la face supérieure de la couche sacrificielle, une courbe dont le rayon varie dans le sens azimutal ; on introduit S4 une matière de blocage de gravure ou une matière de miroir dans la structure de sillon et on applique S5 une matière de miroir sur la face supérieure plane de la couche sacrificielle de façon que la matière de miroir sur la face supérieure plane arrive latéralement entre la structure de sillon et au moins partiellement par-dessus cette structure de sillon.
- [0090] Ensuite dans un procédé de fabrication d'une installation d'interféromètre, on fournit S6 une première installation de miroir et une seconde installation de miroir, la première

installation de miroir étant fabriquée selon le procédé de l'invention. Ensuite on applique S7 une seconde couche sacrificielle sur la première installation de miroir, on imprime S8 une seconde structure de sillon dans la seconde couche sacrificielle qui traverse complètement la couche sacrificielle pour arriver jusqu'à la première installation de miroir et qui, en vue de dessus sur la face supérieure de la seconde couche sacrificielle, décrit une courbe dont le rayon varie dans le sens azimutal ; on introduit S9 une matière de blocage de gravure ou une matière de miroir dans la seconde structure de sillon et on applique une matière de miroir sur la face supérieure plane de la seconde couche sacrificielle pour que la matière de miroir sur la face supérieure plane de la seconde couche sacrificielle arrive latéralement entre la seconde structure de sillon et s'étende au moins partiellement sur cette seconde structure de sillon.

[0091] NOMENCLATURE DES ELEMENTS PRINCIPAUX

- [0092] B, B1, B2 Ancrage
- [0093] 1 Installation de miroir
- [0094] 2 Substrat
- [0095] 3, 3a, 3b Couche de miroir
- [0096] 4, 4a, 4b Couche sacrificielle
- [0097] 5 Structure de sillon
- [0098] 6 Matière de blocage de gravure
- [0099] 7 Matière de miroir
- [0100] L Trou de gravure
- [0101] KA, K2 Courbe décrite par l'ancrage
- [0102] SP1, SP2 Installation de miroir
- [0103] Int Installation d'interféromètre
- [0104] S1/10 Etapes du procédé de fabrication

Revendications

- [Revendication 1] Installation de miroir (1) pour une installation d'interféromètre comprenant
une couche de miroir (3) avec un ancrage (B), qui entoure la couche de miroir (3) au moins partiellement latéralement, et
un substrat (2) portant l'ancrage (B),
- la couche de miroir (3) étant encastrée mécaniquement par l'ancrage (B), et
l'ancrage (B) en vue de dessus sur le substrat (2), décrit une courbe (K) dont le rayon varie de manière azimutal.
- [Revendication 2] Installation de miroir (1) selon la revendication 1, selon laquelle
l'ancrage (B) entoure latéralement, complètement, la couche de miroir (3) et la courbe (K) est une courbe fermée.
- [Revendication 3] Installation de miroir (1) selon la revendication 2, selon laquelle
la courbe (K) a une forme sinusoïdale, une forme de roue dentée, une forme en dents de scie ou une forme polygonale.
- [Revendication 4] Installation de miroir (1) selon l'une des revendications 1 à 3, selon laquelle
l'ancrage (B) est formé comme encastrement de la couche de miroir (3) sur le substrat (2).
- [Revendication 5] Installation de miroir (1) selon l'une des revendications 1 à 4, selon laquelle
la couche de miroir (3) est mise en précontrainte en tension.
- [Revendication 6] Installation d'interféromètre (Int) comprenant une première installation de miroir (SP1) et une seconde installation de miroir (SP2) pratiquement parallèle à la première,
la première installation de miroir (SP1) et/ou la seconde installation de miroir (SP2) comprenant une installation de miroir (1) selon l'une des revendications 1 à 5 et au moins l'une des installations de miroir (SP1, SP2) est mobile par rapport à l'autre installation de miroir (SP1, SP2) dans une direction perpendiculaire à l'extension plane de la couche de miroir (3) de façon à pouvoir faire varier la distance (D) entre la première installation de miroir (SP1) et la seconde installation de miroir (SP2).
- [Revendication 7] Installation d'interféromètre (Int) selon la revendication 6,

dans laquelle,

la première installation de miroir (SP1) et la seconde installation de miroir (SP2) ont chacune leur propre substrat (2) ou l'une des installations de miroir (SP1, SP2) constitue le substrat de l'autre installation de miroir (SP2, SP1).

[Revendication 8]

Installation d'interféromètre (Int) selon la revendication 6, selon laquelle

la première installation de miroir (SP1) et la seconde installation de miroir (SP2) ont en même temps un substrat commun (2).

[Revendication 9]

Installation d'interféromètre (Int) selon la revendication 8, selon laquelle

la seconde installation de miroir (SP2) s'étend latéralement au-dessus de la première installation de miroir (SP1) et la première installation de miroir (SP1) et la seconde installation de miroir (SP2) sont prévues avec leur ancrage respectif (B1, B2) sur le substrat commun (2).

[Revendication 10]

Installation d'interféromètre (Int) selon la revendication 8, selon laquelle

la seconde installation de miroir (SP2) a une extension latérale, inférieure ou égale à celle de la première installation de miroir (SP1) et la seconde installation de miroir (SP2) est montée avec son ancrage (B2) directement sur la première installation de miroir (SP1) qui est elle-même le substrat (2) de la seconde installation de miroir (SP2).

[Revendication 11]

Procédé de fabrication d'une installation de miroir (1) pour une installation d'interféromètre (Int) comprenant les étapes consistant à fournir (S1) un substrat (2),

appliquer (S2) une couche sacrificielle (4) sur le substrat (2),

imprimer (S3) une structure de sillon (5) dans la couche sacrificielle (4) qui s'étend complètement à travers la couche sacrificielle (4) jusqu'au substrat (2) et qui, en vue de dessus sur la surface supérieure de la couche sacrificielle (4), décrit une courbe (K) dont le rayon varie de manière azimutale,

introduire (S4) une matière de blocage de gravure (6) ou une matière de miroir (7) dans la structure de sillon (5), et

appliquer (S5) une matière de miroir (7) sur la face supérieure plane (4a) de la couche sacrificielle (4) pour que la matière de miroir (7) s'étende sur le côté supérieur plan (4a) latéralement entre la structure de sillon (5) et au moins en partie sur la structure de sillon (5).

[Revendication 12]

Procédé selon la revendication 11,

selon lequel

la structure de sillon (5) est imprimée pour qu'en vue de dessus sur le côté supérieur de la couche sacrificielle (4), elle décrit une courbe fermée (K) qui correspond à une forme sinusoïdale, une forme de roue dentée, une forme de dents de scie ou un polygone.

[Revendication 13]

Procédé selon la revendication 11 ou 12,

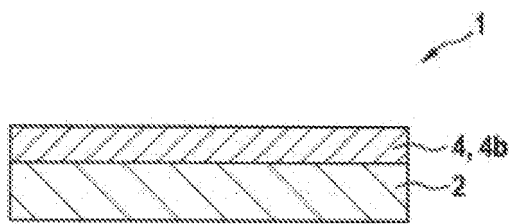
selon laquelle

au moins un orifice de gravure (L) est réalisé dans la couche de miroir (3) et la couche sacrificielle (4) est enlevée au moins partiellement par un procédé de gravure entre le substrat (2) et la couche de miroir (3).

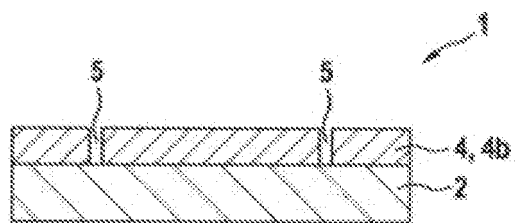
[Revendication 14]

Procédé de réalisation d'une installation d'interféromètre (Int) selon lequel on fournit (S6) une première installation de miroir (SP1) et une seconde installation de miroir (SP2), la première installation de miroir (SP1) étant réalisée selon un procédé correspondant à l'une des revendications 11 à 13 et ensuite on applique (S7) une seconde couche sacrificielle (4b) sur la première installation de miroir (SP1), on imprime (S8) une seconde structure de sillon (5b) dans la seconde couche sacrificielle (4b) qui traverse complètement la seconde couche sacrificielle (4b) jusqu'à la première installation de miroir (SP1) et décrit en vue de dessus sur le côté supérieur de la seconde couche sacrificielle une courbe (K) dont le rayon varie de façon azimutale, on introduit (S9) une matière de blocage de gravure (6) ou une matière de miroir (7) dans la seconde structure de sillon (5), et on applique (S10) une matière de miroir (7) sur la face supérieure plane (4c) de la seconde couche sacrificielle (4b) de façon que la matière de miroir (7) s'étende sur le côté supérieur plan (4c) de la seconde couche sacrificielle, latéralement entre la seconde structure de sillon (5b) et au moins en partie sur la seconde structure de sillon (5b).

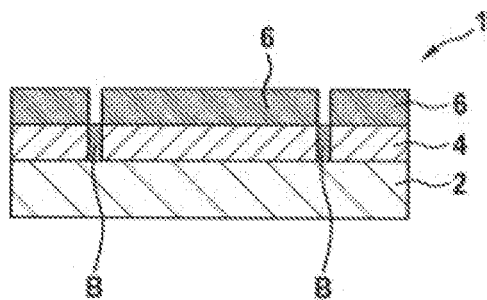
[Fig. 1a]



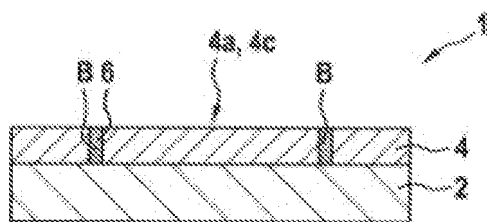
[Fig. 1b]



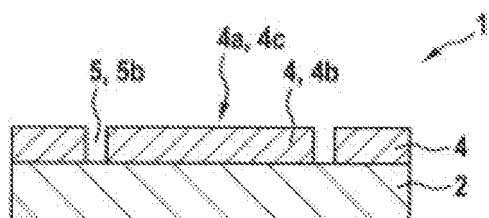
[Fig. 1c]



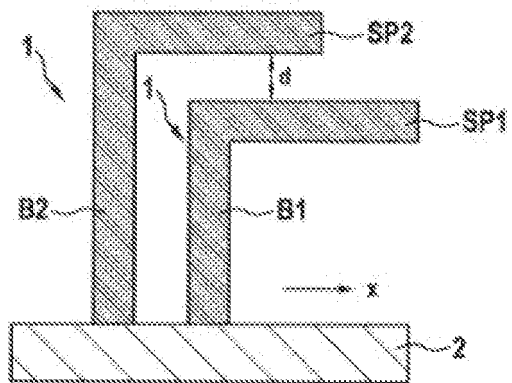
[Fig. 1d]



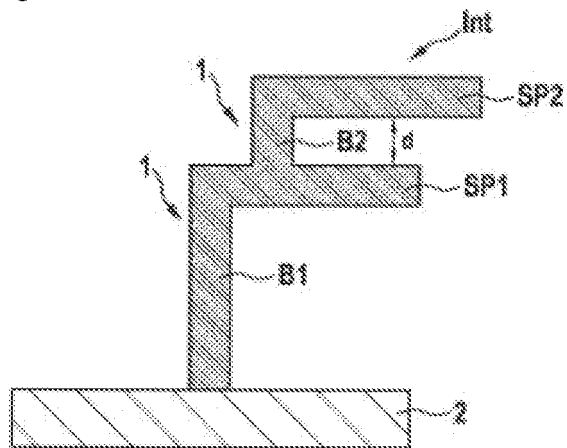
[Fig. 2a]



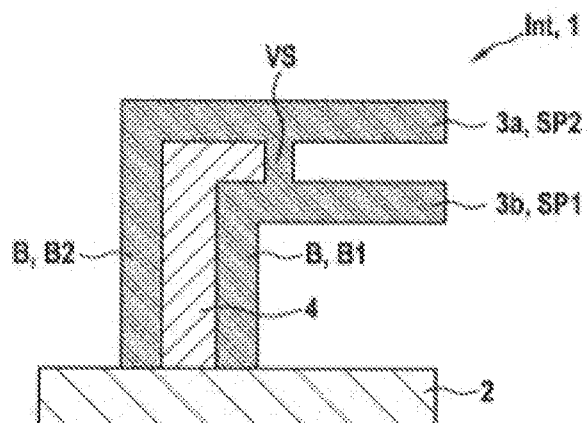
[Fig. 4a]



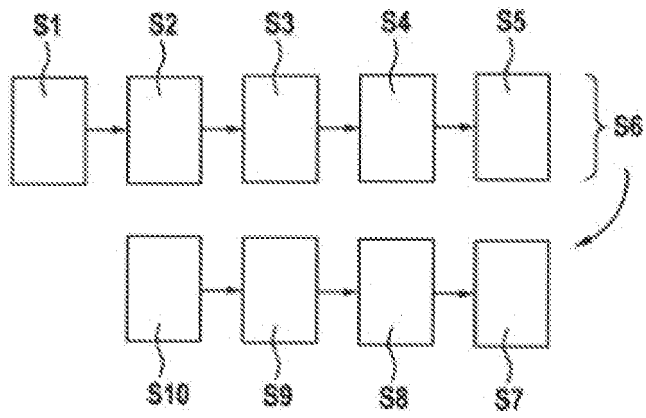
[Fig. 4b]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement
national

FA 873093
FR 1910888

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	MALLINSON S R ET AL: "MINIATURE MICROMACHINED FABRY-PEROT INTERFEROMETERS IN SILICON", ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 23, no. 20, 24 septembre 1987 (1987-09-24), pages 1041-1043, XP009014341, ISSN: 0013-5194	1-3,6-10	G01B9/02 G01J3/26 G02B26/00 G02B5/08 B81C1/00
A	* figure 1 * * page 1042 *	4,5, 11-14	
A,D	----- US 2012/050751 A1 (BLOMBERG MARTTI [FI]) 1 mars 2012 (2012-03-01) * alinéa [0041] - alinéa [0047] * -----	1-14	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B81B B81C G02B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 mars 2020		Meister, Martin	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1910888 FA 873093

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 **02-03-2020**

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 2012050751 A1	01-03-2012	CN 102449447 A	09-05-2012
		EP 2438411 A1	11-04-2012
		FI 20095602 A	30-11-2010
		JP 5714570 B2	07-05-2015
		JP 2012528345 A	12-11-2012
		US 2012050751 A1	01-03-2012
		WO 2010136654 A1	02-12-2010
