

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :

2 952 192

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

21 N° d'enregistrement national :

10 58986

51 Int Cl⁸ : G 02 B 26/08 (2006.01), B 81 B 7/02, 3/00, G 01 J 3/
18

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 02.11.10.

30 Priorité : 04.11.09 DE 102009046388.7.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 06.05.11 Bulletin 11/18.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

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

72 Inventeur(s) : HATTASS MIRKO.

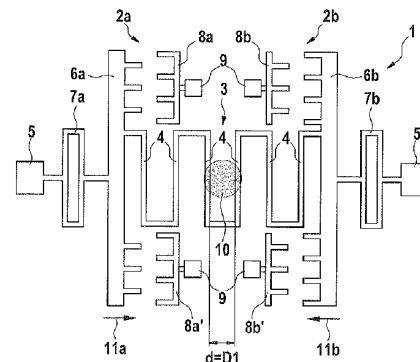
73 Titulaire(s) : ROBERT BOSCH GMBH.

74 Mandataire(s) : CABINET HERRBURGER.

54 COMPOSANT MICROMECHANIQUE DE DIFFRACTION DE LUMIERE MONOCHROMATIQUE ET DISPOSITIF
EQUIPE D'UN TEL COMPOSANT NOTAMMENT UN SPECTROMETRE.

57 Composant micromécanique (1) muni d'une structure
de réseau optique (3) micromécanique a une dimension
pour diffracter un faisceau de lumière incidente (10, 40, 50)
ainsi qu'un entraînement linéaire (2) relié à la structure de
réseau (3) pour élargir et /ou comprimer la structure de
réseau (3) dans son plan.

La structure de réseau (3) est réalisée élastiquement
pour faire varier sa forme par compression et/ou expansion.



FR 2 952 192 - A1



Domaine de l'invention

La présente invention concerne un composant micromécanique équipé d'une structure de réseau optique micromécanique monodimensionnel pour diffracter un faisceau de lumière incidente. L'invention concerne également un dispositif pour la diffraction de lumière monochromatique et un spectromètre ainsi équipé.

Etat de la technique

Du fait de la miniaturisation croissante des systèmes électriques et notamment ceux utilisant des composants semi-conducteurs, on a développé des composants micromécaniques en des matières semi-conductrices qui fait actuellement l'objet d'un très large développement.

Le document DE 10 2007 050 002 A1 décrit un capteur ou détecteur micromécanique ou un composant formant un actionneur ayant une fonction optique et qui comporte un substrat ainsi qu'un élément optique qui peut être dévié vers le substrat. La surface du substrat et de l'élément de déflexion sont fermés par un couvercle transparent. L'axe optique principal du couvercle n'est pas perpendiculaire à la surface du substrat.

De tels composants micromécaniques ayant une fonction optique s'utilisent par exemple comme des micro-miroirs pour dévier des faisceaux lumineux dans les réseaux optiques. Pour cela par le basculement de la surface réfléchissante, on dirige le faisceau de lumière incidente dans la direction souhaitée.

Exposé et avantages de l'invention

La présente invention concerne un composant micromécanique muni d'une structure de réseau optique micromécanique à une dimension pour diffracter un faisceau de lumière incidente ainsi qu'un entraînement linéaire relié à la structure de réseau pour expander et /ou comprimer la structure de réseau dans son plan, la structure de réseau étant réalisée élastiquement pour permettre sa variation de forme par compression et/ou expansion.

L'invention concerne également un dispositif de déflexion de faisceaux de lumière monochromatique ayant un composant

micromécanique selon l'invention et un spectromètre avec un composant micromécanique selon l'invention.

Pour dévier un faisceau de lumière incidente, l'invention n'utilise pas de micro-miroirs mais une structure de réseau optique monodimensionnel, micromécanique qui diffracte le faisceau de lumière incidente. Un entraînement linéaire relié à la structure de réseau optique permet d'expanser et/ou de comprimer la structure de réseau optique dans son plan. La structure de réseau s'accorde ainsi c'est-à-dire que sa longueur d'onde de réflexion varie. L'entraînement linéaire peut utiliser des systèmes d'entraînement, par comparaison à ceux équipant les micro-miroirs, dans lesquels souvent plusieurs axes fonctionnent même partiellement en résonance et sont réalisés d'une façon relativement simple.

Selon un mode de réalisation de l'invention, le composant micromécanique comporte un substrat et parallèlement au substrat et à une certaine distance de celui-ci, une couche fonctionnelle porte la structure du réseau, l'entraînement linéaire et la structure de suspension.

L'entraînement linéaire peut se limiter à une unité d'entraînement reliant un côté de la structure de réseau à la structure de suspension. Dans ce cas, le côté opposé de la structure de réseau est relié solidairement à la structure de suspension. En variante, l'entraînement linéaire peut comporter deux unités d'entraînement reliant de chaque côté la structure de réseau à la structure de suspension.

Selon un mode de réalisation de l'invention, l'unité d'entraînement est un entraînement linéaire électrostatique, notamment un entraînement électrostatique en forme de peigne. Les entraînements linéaires électrostatiques permettent d'exercer des efforts relativement importants pour des contours relativement simples. A côté des entraînements électrostatiques on peut utiliser des entraînements piézoélectriques, thermiques ou magnétiques.

Selon une autre caractéristique de l'invention, au moins une électrode mobile de l'unité d'entraînement notamment une électrode mobile en forme de peigne est reliée à la structure de réseau et

au moins un élément élastiquement déformable la relie par exemple à un élément de ressort avec une structure de suspension et notamment une électrode rigide de l'unité d'entraînement, en particulier une électrode rigide ou fixe en forme de peigne, assurant la liaison avec la structure de suspension. Un tel montage donne une structure globale particulièrement simple au composant micromécanique.

Selon une autre caractéristique de l'invention, la structure de réseau se compose de parties de structure en forme de méandres notamment de parties de structure en forme de barres, essentiellement parallèles, reliées des deux côtés. Une telle réalisation de la structure de réseau permet facilement d'avoir la compression élastique et/ou l'expansion élastique. La compression et/ou l'expansion de la structure de réseau se traduisant par une variation de la distance des parties de structure en forme de réseau et ainsi une modification des paramètres du réseau ; il s'agit de ce qui est généralement appelé constante du réseau. Cela se traduit à son tour par une variation de la longueur d'onde de réflexion du dispositif optique de sorte que le réseau peut être accordé de cette manière.

De façon avantageuse, les paramètres du réseau ou de la constante du réseau pour cette structure se situent dans la plage des longueurs d'onde du faisceau lumineux à diffracter. Cela permet une diffraction aussi exacte que possible et ainsi une déviation de faisceau exactement garantie.

A côté de la construction simple de la structure du composant micromécanique selon l'invention, le travail de commande est très simple à la fois en mode statique et en mode résonant. Dans le cas de composants fonctionnant en mode résonant, les composants sont portés à une fréquence déterminée par l'application d'une tension appropriée, dépendant du temps, en recevant à intervalles périodiques de l'énergie pour entretenir l'oscillation du composant.

Comme pour de nombreuses applications on utilise que la lumière monochromatique, l'angle de sortie du faisceau lumineux incident peut être commandé directement par le composant micromécanique selon l'invention dont on modifie le paramètre de réseau. Le composant micromécanique selon l'invention convient ainsi

pour une utilisation dans un dispositif de déflexion de faisceau d'une lumière monochromatique. Les faisceaux lumineux réfléchis par cette diffraction et qui correspondent à un ordre supérieur peuvent être séparés par filtrage à l'aide d'une installation à diaphragme.

5 Le composant micromécanique selon l'invention peut également être utilisé dans un spectromètre d'analyse de lumière à bande large. La plage des longueurs d'onde peut se choisir par exemple à l'aide d'un diaphragme à fente. Les faisceaux de lumière diffractés, d'ordre supérieur peuvent également être séparés par filtrage dans les
10 applications à spectromètre, chaque fois à l'aide d'une installation à diaphragme.

Dessins

La présente invention sera décrite ci-après de manière plus détaillée à l'aide de modes de réalisation représentés dans les
15 dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue de dessus schématique d'un composant micromécanique selon l'invention avec une structure de réseau non déployée,
- la figure 2 est une vue de dessus schématique du composant micromécanique de la figure 1 avec une structure de réseau
20 déployée,
- la figure 3 est une vue de côté schématique d'un composant micromécanique selon l'invention,
- la figure 4 est une vue schématique du fonctionnement d'un
25 composant micromécanique selon l'invention appliqué à un dispositif de déviation de faisceau d'une lumière monochromatique,
- la figure 5 est une vue schématique du fonctionnement d'un composant micromécanique selon l'invention utilisé dans un spectromètre.

Description de modes de réalisation de l'invention

Dans les figures on utilisera les mêmes références pour désigner les composants identiques ou de mêmes fonctions.

La figure 1 montre un composant micromécanique 1 selon l'invention dans un état de fonctionnement dans lequel un
35 entraînement linéaire 2 par exemple sous la forme d'un entraînement

en peigne électrostatique n'est pas activé, et ne déploie pas la structure de réseau 3. Cela signifie que la structure de réseau n'est ni expansée ni comprimée. La structure de réseau 3 est représentée à titre d'exemple sous la forme de méandres et elle est constituée par des parties de structures (4) sous la forme de partie 3 avec des barres parallèles, reliées alternativement. La structure de réseau 3 peut également avoir une forme quelconque différente de la forme de réalisation représentée dans la mesure où elle fonctionne comme un réseau optique et qu'elle puisse être comprimée et/ou expansée par un entraînement linéaire. En outre la structure de réseau 3 doit être élastique pour changer de forme selon l'expansion et/ou la compression, pour revenir à sa forme initiale après avoir été déformée ou déployée.

Dans le cas de l'exemple de réalisation représentée, l'entraînement linéaire 2 comporte deux unités d'entraînement 2a, 2b reliant la structure de réseau 3 des deux côtés à une structure de suspension 5. Les unités d'entraînement sont constituées par exemple par des entraînements en forme de peigne, électrostatiques. A côté d'entraînements en forme de peignes électrostatiques on peut également utiliser n'importe quel autre principe d'entraînement permettant d'expanser et/ou de comprimer la structure de réseau 3 ou encore des systèmes d'entraînement piézoélectriques, thermiques ou magnétiques. Les unités d'entraînement 2a, 2b ont chacune une électrode mobile en forme de peigne 6a, 6b reliée à la structure de réseau 3 et à la structure de suspension 5 par des éléments 7a, 7b déformables élastiquement. A titre d'exemple, l'élément mécanique déformable élastiquement est un élément de ressort sous la forme d'un ressort en double U mais on peut également avoir une forme quelconque. En outre les unités d'entraînement 2a, 2b comportent chacune deux électrodes de peigne 8a, 8a' ou 8b, 8b', rigides, installées en regard des électrodes de peigne 6a, 6b mobiles. Les électrodes de peigne rigides 8a, 8a', 8b, 8b' sont reliées solidairement par des premiers éléments de suspension 9 à un substrat (voir figure 3) situé sous la couche fonctionnelle représentée à la figure 1.

La distance $d = D1$ des parties de structures 4 en forme de barres représente le paramètre du réseau ou la constante du réseau

de la structure 3. La distance d et ainsi le paramètre du réseau de la structure 3 se situe avantageusement dans le domaine des longueurs d'ondes du faisceau lumineux 10 à diffracter. En activant l'entraînement électrostatique en forme de peigne c'est-à-dire en appliquant une tension électrique appropriée aux électrodes en forme de peigne, on attire les électrodes mobiles en forme de peigne 6a, 6b par les électrodes rigides ou fixes 8a, 8a' ou 8b, 8b' pour que les électrodes mobiles 6a, 6b se déplacent par rapport électrodes rigides 8a, 8a' ou 8b, 8b'. Ce mouvement est schématisé à la figure 1 par des flèches orientées 11a, 11b. Le mouvement des électrodes en forme de peigne 6a, 6b se traduit en même temps par une compression de la structure de réseau 3 dans son plan.

La figure 2 montre le composant micromécanique 1 de la figure 1 lorsque l'entraînement linéaire est activé et que la structure de réseau 3 est comprimée. La force exercée par l'entraînement linéaire 2 sur la structure de réseau 3 comprime la structure 3 si bien que les parties de structure 4 en forme de barre ne sont plus parallèles mais ont entre elles un certain décalage angulaire. Ce décalage angulaire fait que la distance d entre les parties de structure 4 en forme de barres diffère d'une valeur $D1$ à l'état initial (voir figure 1) et passe à une valeur $D2$ telle que $D2 < D1$. Comme la distance des parties de structure en forme de barres représente en même temps le paramètre du réseau de la structure 3, la compression de la structure en forme de réseau 3 modifie la caractéristique de diffraction de la structure 3. Pour compenser la compression de la structure en forme de réseau 3, les éléments mécaniques déformables élastiquement 7a, 7b sont expansés de manière correspondante.

Bien que la figure 2 ne montre que l'état du composant micromécanique correspondant au débatement maximum (expansion maximale) de l'entraînement linéaire 2 et ainsi de la structure de réseau 3, toutes les positions intermédiaires sont réalisables à l'aide de l'entraînement linéaire 2 ce qui génère une structure de réseau 3 totalement accordable.

Dans l'exemple de réalisation représenté, l'entraînement linéaire 2 comporte deux unités d'entraînement 2a, 2b installées

respectivement à gauche et à droite de la structure de réseau 3. En variante on peut également ne prévoir qu'une unité d'entraînement qui ne relie qu'un côté de la structure de réseau 3 à la structure de suspension 5. Le côté opposé de la structure de réseau 3 est dans ce cas reliée de manière fixe à la structure de suspension 5.

La figure 3 est une vue de côté schématique d'un composant micromécanique selon l'invention à l'état non déployé ou expansé selon la figure 1. A côté des composants déjà décrits on a un substrat 30 ainsi que les seconds éléments de suspension 31. Les seconds éléments de suspension 31 font que comme les premiers éléments de suspension, la couche fonctionnelle 32 munie de la structure de réseau 3, l'entraînement linéaire 2 et la structure de suspension 5 se trouvent écartés du substrat 30. Les éléments de suspension 10 et 31 servent avec la structure de suspension 5 naturellement également à la suspension des structures actives de la couche fonctionnelle 32 c'est-à-dire de la structure de réseau 3, des électrodes en forme de peigne 6a, 6b, 8a, 8a', 8b, 8b' ainsi que des éléments mécaniques déformables élastiquement 7a et 7b. Les éléments de suspension 10 /ou 31 peuvent en outre assurer le branchement électrique des électrodes d'entraînement respectives.

L'entraînement linéaire 2 représenté à titre d'exemple constitue un mode de réalisation préférentiel. En variant, on peut également utiliser n'importe quel autre système d'entraînement. En particulier on peut utiliser d'autres entraînements électrostatiques ou encore modifier la disposition et le nombre des électrodes selon l'application.

La structure du composant micromécanique selon l'invention permet un fonctionnement en mode statique ou en mode résonant.

Lorsque le faisceau lumineux monochromatique 40 arrive sur la structure de réseau 3, il se diffracte (figure 4). Pour la lumière incidente arrivant perpendiculairement on a la relation

$$n \times \lambda = d \times \sin(\alpha)$$

Dans cette formule, n représente l'ordre du maximum de diffraction, λ représente la longueur d'onde de la lumière incidente, d

représente la distance entre les parties de structure en forme de barres 4 et a représente l'angle de déflexion. Pour $d = 2 \mu\text{m}$ et $\lambda = 500 \text{ nm}$, on aura un angle de sortie d'environ $14,5^\circ$ pour le maximum de diffraction du premier ordre 41. En divisant par deux la constante de réseau passant de $2 \mu\text{m}$ à $1 \mu\text{m}$, on atteint sans difficulté un angle de déflexion de 30° . Ainsi sous l'effet d'un rayonnement par de la lumière monochromatique, en modifiant la distance des parties de structure en forme de barres 4 et ainsi le paramètre du réseau on peut influencer intentionnellement l'angle de déflexion. Le composant micromécanique selon l'invention convient pour appliquer le dispositif à la déflexion de faisceau de lumière monochromatique. Les maximums de déflexion d'ordre supérieur 42 peuvent ainsi être éliminés par filtrage à l'aide d'une installation de diaphragme 43 appropriée.

En variante, le composant micromécanique selon l'invention peut également être appliqué à un spectromètre analysant le faisceau lumineux à bande large incidence 50 (figure 5). Le faisceau lumineux sortant 51 (maximum de diffraction du premier ordre) peut par exemple traverser un diaphragme à fente 52 qui, selon le réglage du paramètre du réseau, sélectionne l'une des longueurs d'onde calculée à partir de l'équation donnée ci-dessus. Le faisceau sortant peut être détecté à l'aide d'un détecteur 53 approprié, par exemple sous la forme d'une photodiode. Le maximum de diffraction correspondant aux ordres supérieurs 54 peut être séparé par filtrage à l'aide d'une installation d'écran approprié, non représentée.

Le composant micromécanique selon l'invention peut servir à séparer (démultiplexer) des rayonnements combinés correspondant à des longueurs d'ondes discrètes. Pour cela, pour chaque longueur d'onde caractéristique, on prévoit un détecteur approprié, par exemple sous la forme d'une photodiode. La sélection des longueurs d'onde peut se faire par un diaphragme ayant un nombre correspondant de fentes.

NOMENCLATURE DES ELEMENTS PRINCIPAUX

	1	Composant
	2	Entraînement linéaire
5	2a	Unité d'entraînement
	2b	Unité d'entraînement
	3	Structure de réseau
	4	Partie de structure
	5	Structure de suspension
10	6a	Electrode mobile en forme de peigne
	6b	Electrode mobile en forme de peigne
	7a	Elément mécanique déformable élastiquement
	7b	Elément mécanique déformable élastiquement
	8a	Electrode en forme de peigne rigide
15	8a'	Electrode en forme de peigne rigide
	8b	Electrode en forme de peigne rigide
	8b'	Electrode en forme de peigne rigide
	9	Elément de suspension
	10	Faisceau lumineux diffracté
20	11a	Flèche orientée
	11b	Flèche orientée
	30	Substrat
	31	Seconds éléments de suspension
	32	Couche fonctionnelle
25	41	Maximum de diffraction du premier ordre
	42	Maximum de diffraction d'ordre supérieur
	43	Installation de diaphragme approprié
	50	Faisceau lumineux à bande large
	51	Faisceau lumineux émis
30	52	Fente du diaphragme
	53	Détecteur
	54	Maximum de diffraction d'ordre supérieur

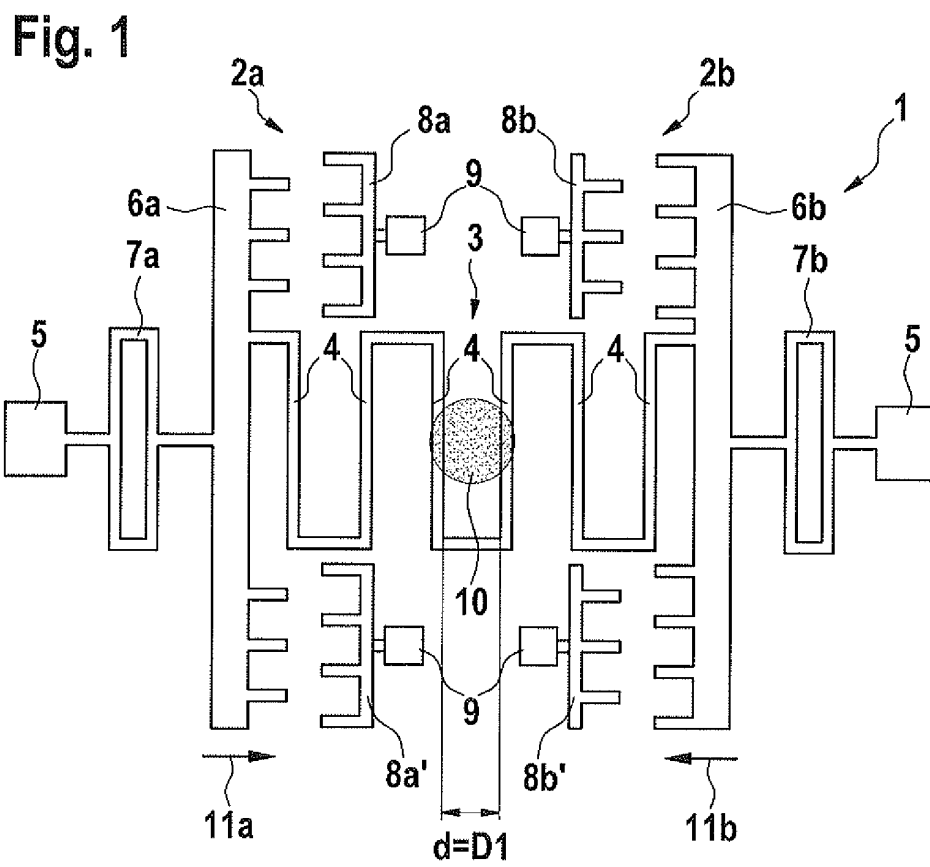
RE V E N D I C A T I O N S

- 1°) Composant micromécanique (1) muni d'une structure de réseau optique (3) micromécanique à une dimension pour diffracter un faisceau de lumière incidente (10, 40, 50) ainsi qu'un entraînement linéaire (2) 5
relié à la structure de réseau (3) pour expander et /ou comprimer la structure de réseau (3) dans son plan,
la structure de réseau (3) étant réalisée élastiquement pour permettre sa variation de forme par compression et/ou expansion.
- 10 2°) Composant micromécanique selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
il comprend un substrat (30) avec une couche fonctionnelle (32)
parallèle au substrat (30) et distante de celui-ci, cette couche
fonctionnelle réalisant la structure de réseau (3), l'entraînement linéaire 15
(2) et la structure de suspension (5).
- 3°) Composant micromécanique selon la revendication 2,
caractérisé en ce qu'
l'entraînement linéaire (2) comporte une unité d'entraînement (2a, 2b)
20 reliée sur un côté de la structure de réseau (3) à la structure de
suspension (5) et reliée sur le côté opposé à la structure de réseau (3)
solidairement avec la structure de suspension (5).
- 4°) Composant micromécanique selon la revendication 2,
25 caractérisé en ce qu'
l'entraînement linéaire (2) comporte deux unités d'entraînement (2a, 2b)
prévues chacune d'un côté de la structure de réseau (3) pour la relier à
la structure de suspension (5).
- 30 5°) Composant micromécanique selon la revendication 1,
caractérisé en ce qu'
l'unité d'entraînement (2a, 2b) est réalisée sous la forme d'un
entraînement linéaire électrostatique en particulier d'un entraînement
électrostatique à peigne.

- 6°) Composant micromécanique selon la revendication 5, caractérisé par au moins une électrode mobile (6a, 6b) de l'unité d'entraînement (2a, 2b) notamment une électrode mobile en forme de peigne reliée à la structure de réseau (3) et par au moins un élément mécanique déformable élastiquement (7a, 7b) à la structure de suspension (5) et au moins une électrode rigide (8a, 8a', 8b, 8b') de l'unité d'entraînement (2a, 2b) notamment une électrode rigide en forme de peigne ayant au moins un premier élément de suspension (10).
- 7°) Composant micromécanique selon la revendication 6, caractérisé en ce que l'élément mécanique déformable élastiquement (7a, 7b) est un élément à ressort.
- 8°) Composant micromécanique selon la revendication 1, caractérisé en ce que la structure de réseau (3) se compose de parties de structure en forme de méandres notamment de parties de structure (4) en forme de barres essentiellement parallèles reliées en alternance aux parties de structures en forme de méandres notamment par une alternante.
- 9°) Composant micromécanique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un paramètre de structure de réseau (3) se situe principalement dans le domaine des longueurs d'onde de la lumière (10, 40, 50) à diffracter.
- 10°) Composant micromécanique selon la revendication 1, caractérisé en ce que le composant fonctionne de manière statique ou en mode résonant.
- 11°) Dispositif de déflexion de faisceaux de lumière monochromatique avec un composant micromécanique selon l'une des revendications 1 à 10 et le faisceau de lumière diffractée d'ordre supérieure (42) est séparé par filtrage à l'aide d'une installation à diaphragme (43).

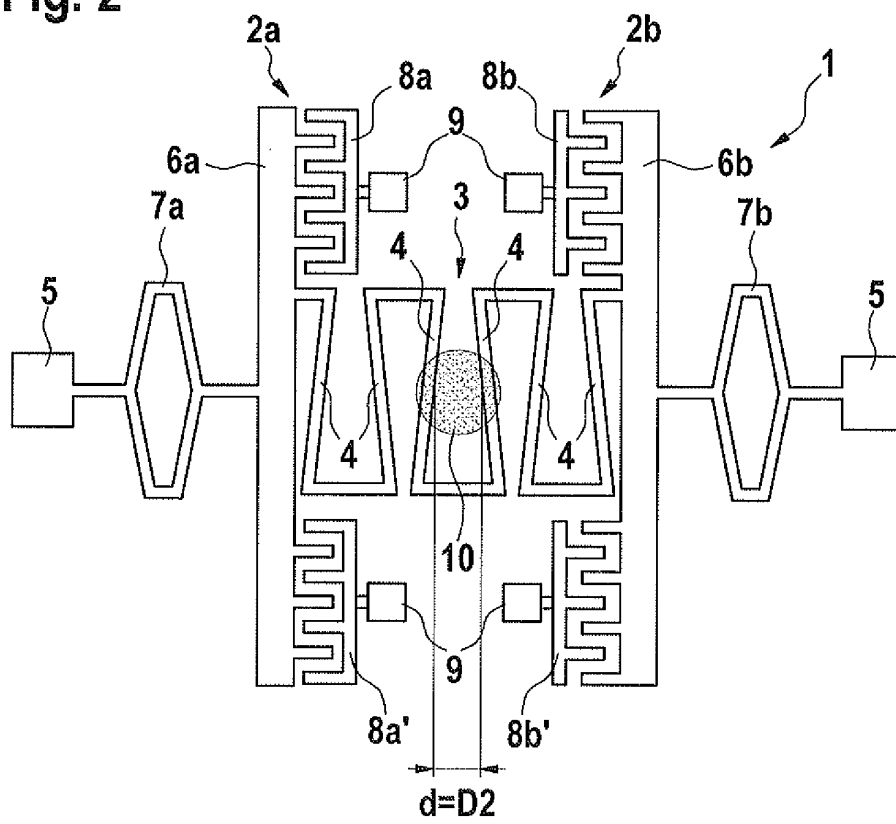
12°) Spectromètre comportant un composant micromécanique selon l'une des revendications 1 à 10, pour séparer par filtrage les faisceaux lumineux diffractés d'ordre supérieur (854) à l'aide d'une installation formant écran et/ou permettant de sélectionner les plages de longueurs d'onde à l'aide du diaphragme à fente (52).

1 / 3



2 / 3

Fig. 2



3 / 3

Fig. 3

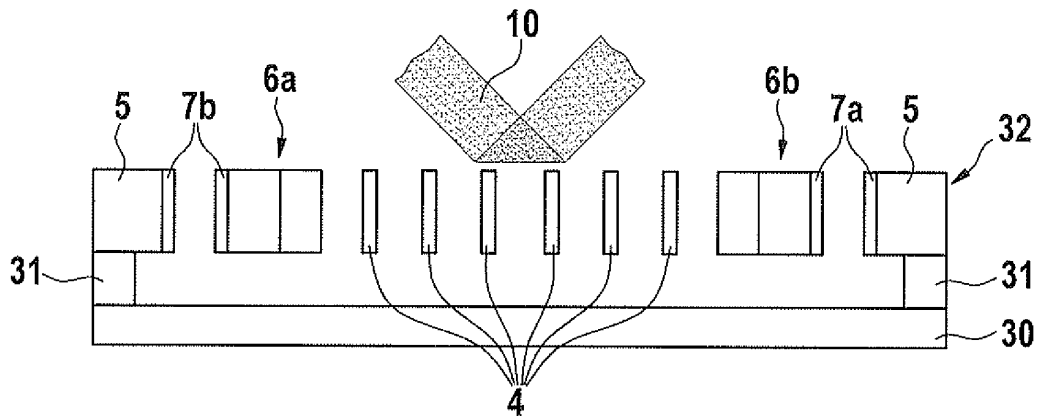


Fig. 4

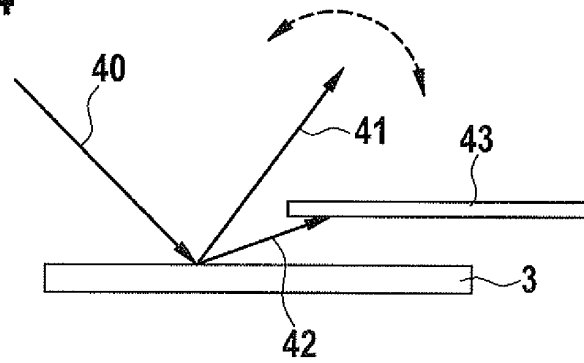


Fig. 5

