



(11)

EP 3 416 001 A1

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
19.12.2018 Bulletin 2018/51

(51) Int Cl.:
G04B 17/04 (2006.01) G04D 7/08 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17175750.3**

(22) Date de dépôt: **13.06.2017**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(72) Inventeurs:
• **MAIER, Frédéric**
2000 Neuchâtel (CH)
• **BUCAILLE, Jean-Luc**
746100 Présilly (FR)

(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**
Rue de Genève 122
Case Postale 61
1226 Genève-Thônex (CH)

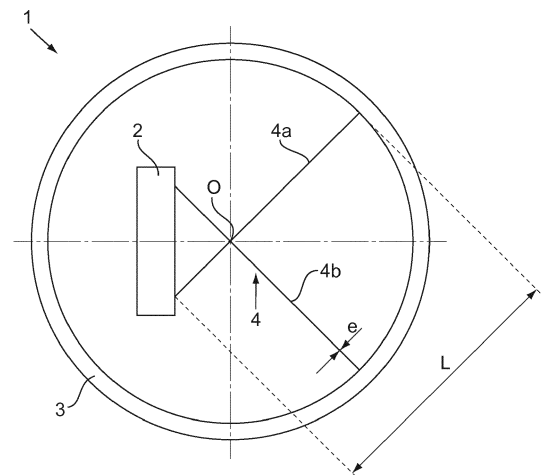
(71) Demandeur: **Patek Philippe SA Genève**
1204 Genève (CH)

(54) **PROCEDE DE FABRICATION D'UN OSCILLATEUR A PIVOT FLEXIBLE**

(57) Le procédé de fabrication concerne un oscillateur (1) à pivot flexible d'une fréquence prédéterminée. L'oscillateur (1) à pivot flexible comprend un support (2), un pivot flexible (4) et une serge (3) suspendue au support (2) par le pivot flexible (4). Le pivot flexible (4) est agencé pour guider la serge (3) en rotation par rapport au support (2) et rappeler élastiquement la serge (3) dans une position de repos. Le procédé comprend les étapes suivantes :

- a) former un oscillateur à pivot flexible comprenant le support (2), le pivot flexible (4) et la serge (3) mais ayant des dimensions différentes des dimensions nécessaires pour obtenir l'oscillateur à pivot flexible d'une fréquence prédéterminée ;
- b) mesurer la fréquence de l'oscillateur formé lors de l'étape a) ;
- c) à partir de la mesure effectuée à l'étape b), calculer au moins une épaisseur de matériau à ajouter, à retirer ou à modifier sur l'oscillateur formé lors de l'étape a) pour obtenir ledit oscillateur à pivot flexible d'une fréquence prédéterminée ;
- d) à partir du calcul effectué à l'étape c), modifier l'oscillateur formé lors de l'étape a) afin d'obtenir ledit oscillateur à pivot flexible d'une fréquence prédéterminée.

Fig.1



EP 3 416 001 A1

Description

[0001] La présente invention concerne la fabrication d'un oscillateur à pivot flexible, notamment d'un oscillateur destiné à servir de base de temps dans un mouvement horloger.

[0002] Des oscillateurs à pivot flexible pour l'horlogerie ont été décrits dans les documents EP 2911012, EP 2998800, WO 2016/096677 et WO 2017/055983. Ils comprennent un support, permettant de fixer l'oscillateur sur un bâti fixe ou mobile, un pivot flexible et une serge suspendue au support par le pivot flexible. Le pivot flexible est constitué de lames élastiques agencées pour guider la serge en rotation par rapport au support et rappeler élastiquement la serge dans une position de repos.

[0003] Les oscillateurs à pivot flexible, en particulier lorsqu'ils sont monobloc, sont généralement fabriqués par des techniques de microfabrication telles que la gravure d'une plaquette de silicium. On constate néanmoins une dispersion géométrique entre les oscillateurs de différentes plaquettes et même entre les oscillateurs d'une même plaquette. Cette dispersion se traduit en une variation de la fréquence d'oscillation d'un oscillateur à l'autre.

[0004] Le but de la présente invention est de remédier ou au moins atténuer cet inconvénient en proposant un procédé de fabrication d'un oscillateur à pivot flexible dont les dimensions sont suffisamment précises pour ne pas nécessiter de retouche.

[0005] A cette fin, il est prévu un procédé selon la revendication 1.

[0006] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins schématiques annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue plane de dessus d'un oscillateur à pivot flexible auquel se rapporte l'invention ;
- la figure 2 montre les différentes étapes du procédé selon l'invention ;
- les figures 3 à 5 montrent une section droite d'une lame élastique de l'oscillateur à pivot flexible à différents moments lors de la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

[0007] Comme illustré à la figure 1, l'invention se rapporte à un oscillateur 1 à pivot flexible. L'oscillateur 1 comprend un support ou partie de fixation 2, permettant de fixer l'oscillateur 1 à un bâti fixe ou mobile d'un mouvement horloger. Le support 2 peut être en une partie, comme représenté, ou en deux parties séparées comme décrit dans la demande de brevet WO 2017/055983. L'oscillateur 1 comprend aussi une serge 3 suspendue au support 2 par un pivot flexible 4.

[0008] Le pivot flexible 4 est constitué de lames élastiques 4a, 4b, au nombre de deux dans l'exemple représenté. Chaque lame élastique 4a, 4b relie le support 2 à la serge 3. Dans l'exemple représenté, les lames élasti-

ques 4a, 4b se croisent en un point O. Elles peuvent se croiser sans contact, les deux lames 4a, 4b s'étendant alors dans deux plans parallèles différents, ou se croiser avec contact, les deux lames 4a, 4b s'étendant alors dans le même plan. Le premier cas, correspondant à un pivot flexible de type « à lames croisées séparées », est préféré au second (« lames croisées non séparées ») car il permet une plus grande course angulaire de la serge 3 par rapport au support 2. Dans une autre variante, non représentée, le pivot flexible 4 pourrait être du type à centre de rotation déporté dit « RCC » (Remote Center Compliance).

[0009] Dans tous les cas, le pivot flexible 4 définit un axe de rotation virtuel passant typiquement par le centre de la serge 3 et autour duquel la serge 3 pivote par rapport au support 2. Le pivot flexible 4 guide ainsi les oscillations de la serge 3 par rapport au support 2. Il produit en outre un couple de rappel élastique dès que la serge 3 s'écarte d'une position de repos.

[0010] La serge 3 est typiquement sous la forme d'un anneau continu, comme représenté, mais elle peut en variante être interrompue.

[0011] La fréquence f de l'oscillateur 1 est donnée par la formule suivante :

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{I}}$$

où K est la raideur du pivot flexible 4 et I est le moment d'inertie de la serge 3.

[0012] La raideur K dépend du type du pivot flexible 4. Pour un pivot flexible de type à lames croisées séparées, elle répond à la formule :

$$K = \frac{1}{6} \cdot E \cdot \frac{he^3}{L}$$

où E est le module d'élasticité du matériau utilisé, h est la hauteur de chaque lame (dimension dans la direction de l'axe de rotation), e est l'épaisseur de chaque lame et L est la longueur de chaque lame. Pour un pivot flexible de type à lames croisées non séparées, la raideur K répond à la formule :

$$K = \frac{2}{3} \cdot E \cdot \frac{he^3}{L}$$

où les paramètres E , h , e et L sont les mêmes que ci-dessus. Enfin, pour un pivot flexible de type RCC, la raideur K répond à la formule :

$$K = \frac{2}{3} \cdot E \cdot \frac{he^3}{L} \left(1 + \frac{3p}{L} + \frac{3p^2}{L^2} \right)$$

où les paramètres E, h, e et L sont les mêmes que ci-dessus et p est la distance entre le point de croisement fictif des lames et l'extrémité de chaque lame la plus proche de ce point de croisement.

[0013] Les formules ci-dessus peuvent en outre être adaptées à des pivots flexibles dont les lames ont une section variable. Ainsi, par exemple, dans le cas d'un pivot flexible à lames croisées séparées la raideur K peut s'exprimer de la manière suivante :

$$K = \frac{E}{6} \cdot \frac{1}{\int_0^L \frac{1}{h(l).e^3(l)} dl}$$

Le moment d'inertie I de la serge 3 est, lui, donné par la formule :

$$I = m.r^2$$

où m est la masse de la serge et r est le rayon de giration de la serge.

[0014] Le procédé selon l'invention va maintenant être décrit en référence à la figure 2.

[0015] A une première étape E1, l'oscillateur 1 est formé mais dans des dimensions qui sont différentes des dimensions nécessaires pour obtenir une fréquence d'oscillation prédéterminée de la serge 3 par rapport au support 2.

[0016] A l'étape E1, soit toutes les dimensions (notamment hauteur h, épaisseur e et longueur L des lames 4a, 4b, hauteur et épaisseur de la serge 3) sont différentes des dimensions permettant d'obtenir la fréquence d'oscillation prédéterminée, soit une partie seulement de ces dimensions sont différentes des dimensions permettant d'obtenir la fréquence d'oscillation prédéterminée.

[0017] L'étape E1 est réalisée de préférence par gravure d'une plaquette de matériau. Plusieurs oscillateurs peuvent être réalisés simultanément sur une même plaquette. La gravure peut être une gravure ionique réactive profonde (DRIE), une gravure chimique, une gravure par faisceaux d'ions focalisés (FIB) ou une gravure par laser, par exemple. Le matériau peut être homogène ou composite. Il est par exemple à base de silicium, de verre ou de céramique. Préférentiellement, le matériau à base de silicium est du silicium monocristallin quelle que soit son orientation cristalline, du silicium monocristallin dopé quelle que soit son orientation cristalline, du silicium amorphe, du silicium poreux, du silicium polycristallin, du nitrure de silicium, du carbure de silicium, du quartz quelle que soit son orientation cristalline ou de l'oxyde de silicium.

[0018] Toutefois, on peut utiliser d'autres matériaux, comme des matériaux à base de métal ou d'alliage, et d'autres techniques de fabrication, comme la croissance galvanique ou la croissance par dépôt chimique en phase

gazeuse.

[0019] L'oscillateur 1 formé à l'étape E1 est typiquement monobloc. Il peut néanmoins être en plusieurs parties superposées et assemblées, comme décrit dans la demande de brevet EP 2998800.

[0020] Parmi les techniques mentionnées ci-dessus, la plus précise est la gravure ionique réactive profonde. Des phénomènes qui interviennent pendant la gravure ou entre deux gravures successives peuvent néanmoins induire des variations géométriques.

[0021] A une deuxième étape E2, la fréquence de l'oscillateur formé à l'étape E1 est mesurée par des moyens de mesure classiquement utilisés dans l'horlogerie. La mesure peut être effectuée alors que l'oscillateur est encore attaché à sa plaquette de gravure ou sur l'oscillateur préalablement détaché de la plaquette, sur l'ensemble ou sur un échantillon des oscillateurs encore attachés à la plaquette ou préalablement détachés de la plaquette. L'étape E2 peut consister à déterminer une fréquence moyenne d'un échantillon représentatif ou de l'ensemble des oscillateurs formés sur une même plaquette.

[0022] A une troisième étape E3 est calculée, à l'aide des formules précitées, une épaisseur de matériau à ajouter sur tout ou partie de l'oscillateur formé à l'étape E1 ou à retirer de tout ou partie de l'oscillateur formé à l'étape E1, pour obtenir la fréquence d'oscillation prédéterminée.

[0023] On déduit en effet des formules précitées que l'on peut augmenter la fréquence f en augmentant la raideur K du pivot flexible 4 et/ou en diminuant le moment d'inertie I de la serge 3, et inversement que l'on peut diminuer la fréquence f en diminuant la raideur K du pivot flexible 4 et/ou en augmentant le moment d'inertie I de la serge 3. La raideur K du pivot flexible 4 peut être augmentée en augmentant la section (hauteur h et/ou épaisseur e) des lames 4a, 4b et/ou en diminuant la longueur L des lames 4a, 4b, et peut être diminuée en diminuant la section (hauteur h et/ou épaisseur e) des lames 4a, 4b et/ou en augmentant la longueur L des lames 4a, 4b. Le moment d'inertie I de la serge 3 peut être augmenté en augmentant la masse m et/ou le rayon de giration r de la serge 3, et peut être diminué en diminuant ladite masse m et/ou ledit rayon de giration r.

[0024] Dès lors, si à l'étape E1 on a choisi des dimensions qui rendent la fréquence f supérieure à la fréquence prédéterminée, on calcule à l'étape E3 une épaisseur de matériau à ajouter ou retirer qui permette de diminuer la fréquence f pour qu'elle atteigne la fréquence prédéterminée. Par analogie, si à l'étape E1 on a choisi des dimensions qui rendent la fréquence f inférieure à la fréquence prédéterminée, on calcule à l'étape E3 une épaisseur de matériau à ajouter ou retirer qui permette d'augmenter la fréquence f pour qu'elle atteigne la fréquence prédéterminée.

[0025] L'épaisseur de matériau calculée peut être une épaisseur à ajouter ou retirer de manière homogène sur toute la surface externe de l'oscillateur, une épaisseur à ajouter ou retirer de manière non homogène sur toute la

surface externe de l'oscillateur, une épaisseur à ajouter ou retirer de manière homogène seulement sur une partie de la surface externe de l'oscillateur ou une épaisseur à ajouter ou retirer de manière non homogène seulement sur une partie de la surface externe de l'oscillateur.

[0026] Par exemple, l'ajout ou le retrait de matériau peut être prévu pour faire varier uniquement la hauteur h des lames 4a, 4b du pivot flexible 4, uniquement l'épaisseur e des lames 4a, 4b ou à la fois la hauteur h et l'épaisseur e . Il en va de même pour la serge 3. On peut aussi ajouter ou retirer du matériau sur le support 2 et/ou sur la serge 3 pour faire varier la longueur L des lames 4a, 4b.

[0027] On notera en particulier qu'un ajout de matériau sur le pivot flexible 4 augmentera sa raideur donc la fréquence, alors qu'un enlèvement de matériau sur le pivot flexible 4 diminuera sa raideur donc la fréquence. Un ajout homogène de matériau sur toute la surface externe de la serge 3 augmentera le moment d'inertie donc diminuera la fréquence, alors qu'un enlèvement homogène de matériau sur toute la surface externe de la serge 3 diminuera le moment d'inertie donc augmentera la fréquence. Les effets d'un ajout ou d'un retrait de matériau sur le pivot flexible 4 et sur la serge 3 sont donc opposés mais d'ampleurs différentes, si bien qu'on peut obtenir la fréquence prédéterminée même avec l'ajout ou le retrait d'une épaisseur de matériau homogène sur toute la surface externe de l'oscillateur.

[0028] A l'étape suivante E4, l'épaisseur de matériau calculée à l'étape E3 est, selon le cas, ajoutée ou retirée de l'oscillateur formé à l'étape E1.

[0029] Dans une variante de l'invention, à l'étape E3 une épaisseur de matériau à ajouter sur le pivot flexible 4 et une épaisseur de matériau à retirer de la serge 3 pour obtenir la fréquence prédéterminée sont calculées, ou inversement une épaisseur de matériau à retirer du pivot flexible 4 et une épaisseur de matériau à ajouter sur la serge 3 sont calculées, et ces épaisseurs sont, selon le cas, ajoutées ou retirées dans les zones de l'oscillateur concernées à l'étape E4.

[0030] Lorsque l'oscillateur 1 est à base de silicium et que du matériau doit être retiré à l'étape E4, l'étape E4 comprend de préférence une première étape consistant à oxyder l'oscillateur 1 afin de transformer l'épaisseur de matériau à base de silicium à retirer en dioxyde de silicium, et une deuxième étape consistant à retirer la couche d'oxyde de silicium ainsi formée. Comme montré aux figures 3 à 5, qui illustrent une section droite de l'une des lames 4a, 4b, l'oscillateur présente après oxydation (figure 4) une âme 5 en matériau à base de silicium dont les dimensions sont inférieures aux dimensions correspondantes h , e de l'oscillateur avant oxydation (figure 3), cette âme 5 étant recouverte d'une couche 6 d'oxyde de silicium. Après enlèvement de la couche 6 (figure 5), on obtient donc un oscillateur de dimensions réduites.

[0031] L'oxydation peut être réalisée thermiquement, par exemple entre 800 et 1200°C sous atmosphère oxydante à l'aide de vapeur d'eau ou de gaz de dioxygène. Elle peut être réalisée de manière localisée sur l'oscilla-

teur, par exemple uniquement sur le pivot flexible 4 ou sur la serge 3, au moyen de masques tels que des masques en nitrure. L'oxyde formé sur le matériau à base de silicium peut être retiré par un bain chimique comportant par exemple de l'acide fluorhydrique.

[0032] D'autres méthodes peuvent être mises en oeuvre pour retirer, de manière localisée ou non, du matériau à l'étape E4, comme la gravure chimique ou la gravure laser. Dans le cas d'un oscillateur fabriqué en verre, le retrait de matériau peut aussi être obtenu par le procédé FEMTOPRINT® consistant à changer les propriétés du verre au moyen d'un laser femtoseconde et à ensuite soumettre le verre à une opération de gravure chimique humide.

[0033] Pour ajouter du matériau à l'étape E4, de manière localisée ou non, différentes méthodes sont possibles telles que l'oxydation thermique, la croissance galvanique, le dépôt physique en phase vapeur, le dépôt chimique en phase vapeur, le dépôt en couche atomique ou toute autre méthode additive. On peut par exemple réaliser un dépôt chimique en phase vapeur permettant de former du polysilicium sur l'oscillateur 1 en silicium monocristallin.

[0034] En alternative à l'ajout ou au retrait de matériau, on peut à l'étape E4 modifier une épaisseur de matériau calculée à l'étape E3 sans que cela modifie nécessairement les dimensions de l'oscillateur. On peut notamment modifier la structure selon une profondeur prédéterminée de tout ou partie de la surface externe de l'oscillateur. A titre d'exemple, si du silicium amorphe est utilisé pour former l'oscillateur, il peut être prévu de le cristalliser selon une profondeur prédéterminée pour former une âme en silicium amorphe recouverte d'une couche de silicium polycristallin afin d'obtenir la fréquence d'oscillation prédéterminée.

[0035] Dans une autre variante, on peut à l'étape E4 modifier la composition selon une profondeur prédéterminée de tout ou partie de la surface externe de l'oscillateur. A titre d'exemple, si un silicium monocristallin ou polycristallin est utilisé pour former l'oscillateur, il peut être prévu de le doper ou d'y diffuser des atomes interstitiels ou de substitution selon une profondeur prédéterminée pour former une âme en silicium monocristallin ou polycristallin recouverte d'une couche dopée ou diffusée à l'aide d'atomes différents du silicium afin d'obtenir la fréquence d'oscillation prédéterminée.

[0036] On comprend que ces deux dernières variantes permettent notamment de modifier le module d'élasticité du matériau constituant le pivot flexible 4 et donc la fréquence de l'oscillateur. Ces deux variantes peuvent être combinées aux variantes précédentes, c'est-à-dire notamment que l'on peut retirer ou ajouter une épaisseur de matériau sur une partie de l'oscillateur, par exemple sur le pivot flexible 4 ou la serge 3, et modifier une épaisseur de matériau sur une autre partie de l'oscillateur, par exemple sur la serge 3 ou le pivot flexible 4 respectivement.

[0037] L'étape E4 peut finir le procédé selon l'inven-

tion. Toutefois, après l'étape E4, les étapes E2, E3 et E4 peuvent être répétées une ou plusieurs fois pour affiner la qualité dimensionnelle de l'oscillateur.

[0038] Quelle que soit la variante choisie, la présente invention permet d'obtenir une très haute précision dimensionnelle pour l'oscillateur et donc de garantir une fréquence d'oscillation plus précise.

[0039] Après l'étape E4, l'oscillateur peut aussi être traité pour améliorer certaines de ses propriétés et caractéristiques. On peut par exemple le traiter pour le rendre moins sensible aux variations thermiques, c'est-à-dire pour que la raideur de son pivot flexible 4 voire sa fréquence ne varie pas ou peu en fonction de la température. Pour ce faire, dans le cas d'un oscillateur en silicium, une couche d'un matériau présentant un coefficient thermique du module d'élasticité de signe opposé à celui du silicium peut être formée sur tout l'oscillateur ou au moins sur son pivot flexible 4. Cette couche est typiquement en oxyde de silicium. Elle peut être formée par oxydation thermique.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un oscillateur (1) à pivot flexible d'une fréquence prédéterminée, l'oscillateur (1) à pivot flexible comprenant un support (2), un pivot flexible (4) et une serge (3) suspendue au support (2) par le pivot flexible (4), le pivot flexible (4) étant agencé pour guider la serge (3) en rotation par rapport au support (2) et rappeler élastiquement la serge (3) dans une position de repos, le procédé comprenant les étapes suivantes :
 - a) former un oscillateur à pivot flexible comprenant ledit support (2), ledit pivot flexible (4) et ladite serge (3) mais ayant des dimensions différentes des dimensions nécessaires pour obtenir ledit oscillateur à pivot flexible d'une fréquence prédéterminée,
 - b) mesurer la fréquence de l'oscillateur formé lors de l'étape a),
 - c) à partir de la mesure effectuée à l'étape b), calculer au moins une épaisseur de matériau à ajouter, à retirer ou à modifier sur l'oscillateur formé lors de l'étape a) pour obtenir ledit oscillateur à pivot flexible d'une fréquence prédéterminée,
 - d) à partir du calcul effectué à l'étape c), modifier l'oscillateur formé lors de l'étape a) afin d'obtenir ledit oscillateur à pivot flexible d'une fréquence prédéterminée.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'à l'étape d) seul le pivot flexible (4) est modifié.**
3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'à l'étape d) seule la serge (3) est modifiée.**
4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'à l'étape d) le pivot flexible (4) et la serge (3) sont modifiées.**
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'à l'étape c) l'épaisseur de matériau calculée est une épaisseur à ajouter ou à retirer et en ce que l'étape d) comprend une étape consistant à ajouter, respectivement à retirer, ladite épaisseur de matériau.**
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que l'oscillateur à pivot flexible formé lors de l'étape a) est en un matériau à base de silicium, en ce qu'à l'étape c) l'épaisseur de matériau calculée est une épaisseur à retirer de l'oscillateur et en ce que l'étape d) comprend les étapes suivantes :**
 - oxyder tout ou partie de la surface externe de l'oscillateur formé lors de l'étape a) afin de transformer ladite épaisseur de matériau à retirer en oxyde de silicium, et
 - retirer l'oxyde de silicium.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce qu'à l'étape c) l'épaisseur de matériau calculée est une épaisseur à ajouter sur l'oscillateur et en ce que l'étape d) comprend une étape consistant à former une couche sur l'oscillateur formé lors de l'étape a).**
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'à l'étape c) l'épaisseur de matériau calculée est une épaisseur à modifier et en ce que l'étape d) comprend une étape consistant à modifier la structure ou la composition selon une profondeur prédéterminée d'au moins une partie de la surface externe de l'oscillateur formé lors de l'étape a).**
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'à l'étape c) sont calculées une première épaisseur de matériau à ajouter, respectivement à retirer, sur une première partie de l'oscillateur et une deuxième épaisseur de matériau à retirer, respectivement à ajouter, sur une deuxième partie de l'oscillateur, et en ce que l'étape d) comprend une étape consistant à ajouter, respectivement à retirer, la première épaisseur de matériau sur la première partie de l'oscillateur et une étape consistant à retirer, respectivement à ajouter, la deuxième épaisseur de matériau sur la deuxième partie de l'oscillateur.**
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce qu'à l'étape c) sont calculées une première épaisseur de matériau à ajouter**

ou à retirer sur une première partie de l'oscillateur et une deuxième épaisseur de matériau à modifier sur une deuxième partie de l'oscillateur, et **en ce que** l'étape d) comprend une étape consistant à ajouter, respectivement à retirer, la première épaisseur de matériau sur la première partie de l'oscillateur et une étape consistant à modifier la deuxième épaisseur de matériau sur la deuxième partie de l'oscillateur.

5

10

11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** ladite étape consistant à modifier la deuxième épaisseur de matériau comprend une étape consistant à modifier la structure ou la composition selon une profondeur prédéterminée d'au moins une partie de la surface externe de la deuxième partie de l'oscillateur formé lors de l'étape a).
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** l'une des première et deuxième parties de l'oscillateur comprend le pivot flexible (4) et l'autre des première et deuxième parties de l'oscillateur comprend la serge (3).
13. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'oscillateur formé lors de l'étape a) est à base de silicium, de verre, de céramique, de métal ou d'alliage.
14. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'étape a) comprend une étape de gravure, par exemple gravure ionique réactive profonde, gravure chimique, gravure par faisceaux d'ions focalisés ou gravure laser.
15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** l'étape a) comprend une étape de croissance galvanique ou croissance par dépôt chimique en phase gazeuse.
16. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les étapes b), c) et d) sont répétées une ou plusieurs fois pour affiner la qualité dimensionnelle de l'oscillateur obtenu à l'étape d).
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le pivot flexible (4) est du type à lames croisées séparées, à lames croisées non séparées ou à centre de rotation déporté.
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'oscillateur formé à l'étape a) est monobloc.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

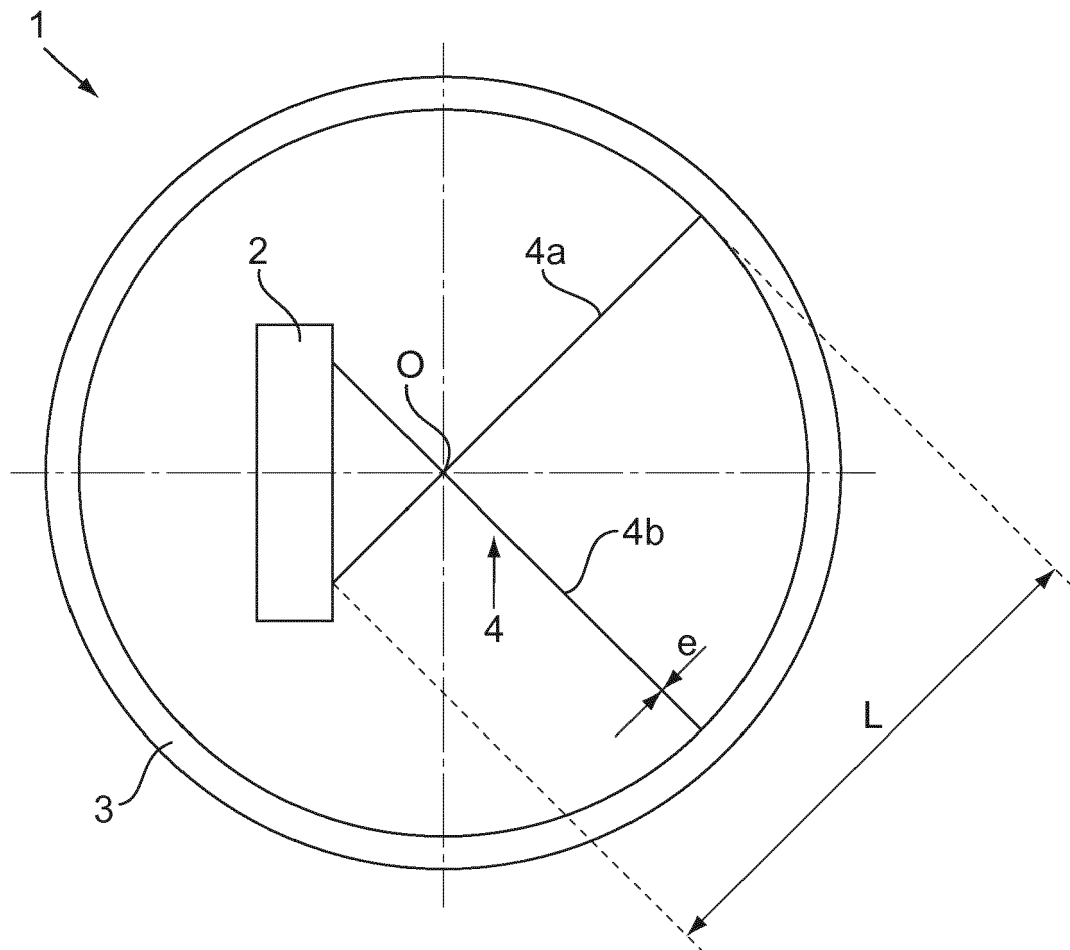


Fig.2

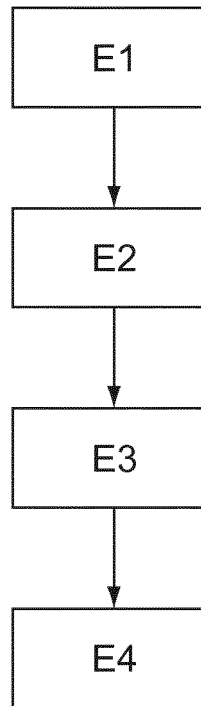


Fig.3

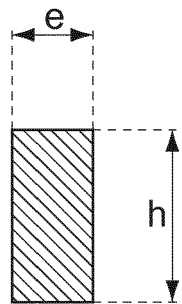


Fig.4

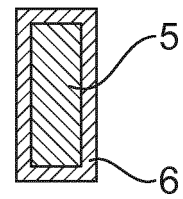
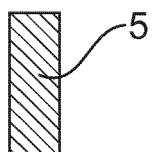


Fig.5





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 17 17 5750

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X,D Y A Y	EP 2 911 012 A1 (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 26 août 2015 (2015-08-26) * alinéas [0027] - [0029]; figures 1,2 * ----- CH 704 149 A2 (NIVAROX SA [CH]) 31 mai 2012 (2012-05-31) * alinéas [0008], [0017], [0039], [0040], [0042] - [0044], [0049], [0052], [0053], [0057], [0058], [0060], [0062] * * alinéas [0051], [0055] * -----	1,2,8, 13-15,17 3-5,7, 9-12,16, 18 6 3-5,7, 9-12,16	INV. G04B17/04 G04D7/08
X	EP 3 037 893 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENÈVE [CH]) 29 juin 2016 (2016-06-29) * la présente invention [...] peut s'appliquer [...] à des oscillateurs servant de base de temps (c'est-à-dire remplissant la fonction d'un balancier-spiral); alinéas [0027], [0028], [0031] - [0033] *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04D G04B
Y	EP 3 035 127 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 22 juin 2016 (2016-06-22) * alinéas [0020], [0048], [0079]; figure 20 *	18	
A	EP 2 277 822 A1 (MONTRES BREGUET SA [CH]) 26 janvier 2011 (2011-01-26) * figures 1-3 *	6	
A	EP 2 937 311 A1 (ROLEX SA [CH]) 28 octobre 2015 (2015-10-28) * alinéa [0036] * -----	6	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		24 novembre 2017	Cavallin, Alberto
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 17 17 5750

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

24-11-2017

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 2911012 A1	26-08-2015	AUCUN	
CH 704149 A2	31-05-2012	AUCUN	
EP 3037893 A1	29-06-2016	EP 3037893 A1 HK 1220014 A1	29-06-2016 21-04-2017
EP 3035127 A1	22-06-2016	CH 710537 A2 CN 105717777 A EP 3035127 A1 JP 6225156 B2 JP 2016118548 A US 2016179058 A1	30-06-2016 29-06-2016 22-06-2016 01-11-2017 30-06-2016 23-06-2016
EP 2277822 A1	26-01-2011	CN 102471047 A EP 2277822 A1 EP 2456714 A1 JP 3183864 U JP 2012533441 A US 2013029157 A1 WO 2011009869 A1	23-05-2012 26-01-2011 30-05-2012 06-06-2013 27-12-2012 31-01-2013 27-01-2011
EP 2937311 A1	28-10-2015	CN 105000530 A EP 2937311 A1 JP 2015210270 A US 2015309474 A1	28-10-2015 28-10-2015 24-11-2015 29-10-2015

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 2911012 A [0002]
- EP 2998800 A [0002] [0019]
- WO 2016096677 A [0002]
- WO 2017055983 A [0002] [0007]