



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
18.09.2024 Bulletin 2024/38

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 17/04 (2006.01) **G04B 18/02** (2006.01)
G04D 7/12 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **23162547.6**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 17/045; G04B 18/02; G04D 7/1271

(22) Date de dépôt: **17.03.2023**

(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 ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA
Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **DI DOMENICO, Gianni**
2000 Neuchâtel (CH)
• **KAHROBAIYAN, Mohammad Hussein**
2043 Boudevilliers (CH)
• **LECHOT, Dominique**
2722 Les Reussilles (CH)

(71) Demandeur: **The Swatch Group Research and Development Ltd**
2074 Marin (CH)

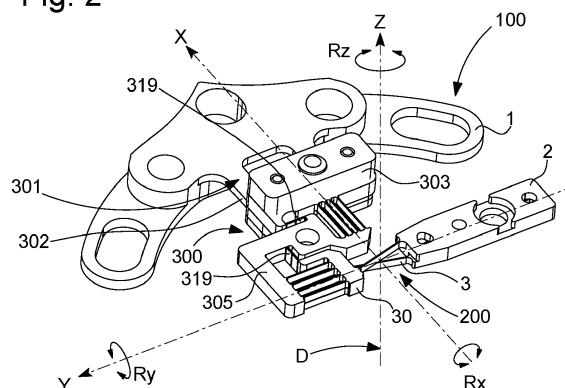
(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **PROCEDE DE MISE AU POINT D'UN MECANISME RESONATEUR A GUIDAGE FLEXIBLE ROTATIF POUR DIMINUER LES OSCILLATIONS HORS PLAN**

(57) L'invention se rapporte à un procédé de mise au point d'un mécanisme résonateur (100) d'horlogerie, comportant une structure (1) et un bloc d'ancrage (30) auquel est suspendu au moins un élément inertiel (2) soumis à des efforts de rappel exercés par un pivot flexible (200) comportant une pluralité de lames élastiques (3) déformables essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à ladite première direction Z, ledit bloc d'ancrage (30) étant suspendu à ladite structure (1) par une suspension flexible (300), le procédé comprenant une première étape de mesure d'une fréquence d'oscillation de référence de l'élément inertiel (2) autour de la direction Z dans le plan XY, une deuxième étape (42) de mesure d'au moins une fréquence d'oscillation secondaire de l'élément inertiel (2) autour de la direction X dans le plan

YZ ou autour de la direction Y dans le plan XZ, une troisième étape de comparaison de la fréquence d'oscillation secondaire à la fréquence d'oscillation de référence, pour vérifier que la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence, et dans le cas où la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur proche ou sensiblement égale à un multiple de la fréquence d'oscillation de référence, une quatrième étape d'adaptation de la suspension flexible (300) ou de substitution de la suspension flexible (300) par une autre suspension flexible, de manière à avoir une configuration de suspension flexible (300) modifiée pour que la fréquence d'oscillation secondaire soit sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence.

Fig. 2



Description

Domaine technique de l'invention

[0001] L'invention concerne un procédé de mise au point d'un mécanisme résonateur d'horlogerie, comportant une structure et un bloc d'ancrage auquel est suspendu au moins un élément inertiel, un pivot virtuel comportant une pluralité de lames élastiques sensiblement longitudinales, chacune fixée, à une première extrémité audit bloc d'ancrage, et à une deuxième extrémité audit élément inertiel.

[0002] L'invention concerne le domaine des résonateurs d'horlogerie, et tout particulièrement ceux qui comportent des lames élastiques faisant fonction de moyens de rappel pour la marche de l'oscillateur.

Arrière-plan technologique

[0003] La raideur en torsion de la suspension est un point délicat pour la plupart des oscillateurs d'horlogerie comportant au moins un ressort spiral ou des lames élastiques constituant un guidage flexible, et notamment pour les résonateurs à lames croisées. Et la tenue aux chocs dépend aussi de cette raideur en torsion ; en effet, lors de chocs, la contrainte subie par les lames atteint rapidement des valeurs très importantes, ce qui réduit d'autant la course que peut parcourir la pièce avant de céder. Les amortisseurs de chocs pour les pièces d'horlogerie se déclinent dans de nombreuses variantes. Cependant, ils ont essentiellement pour but de protéger les pivots fragiles de l'axe du résonateur, et non pas les éléments élastiques, tel que classiquement le ressort spiral.

[0004] De nouvelles architectures de mécanismes permettent de maximiser le facteur de qualité d'un résonateur, par l'utilisation d'un guidage flexible avec l'utilisation d'un échappement à ancre avec un très petit angle de levée, selon la demande CH15442016 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse et ses dérivées, dont les enseignements sont directement utilisables dans la présente invention, et dont le résonateur peut encore être amélioré en ce qui concerne sa sensibilité aux chocs, selon certaines directions particulières. Il s'agit donc de protéger les lames de la rupture en cas de chocs. On se rend compte que les systèmes antichocs proposés à ce jour pour les résonateurs à guidages flexibles, protègent les lames de chocs dans certaines directions seulement, mais pas dans toutes les directions, ou alors qu'ils présentent le défaut de laisser bouger légèrement l'encastrement du pivot virtuel selon sa rotation d'oscillation, ce qui est à éviter autant que possible.

[0005] La demande CH5182018 ou la demande EP18168765 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse décrit un mécanisme résonateur d'horlogerie, comportant une structure portant, par une suspension flexible, un bloc d'ancrage auquel est suspendu un élément inertiel oscillant selon un premier degré de liberté en rotation RZ, sous l'action d'efforts de rappel exercés

par un pivot virtuel comportant des premières lames élastiques chacune fixée audit élément inertiel et audit bloc d'ancrage, la suspension flexible étant agencée pour autoriser une certaine mobilité du bloc d'ancrage selon tous les degrés de liberté autres que le premier degré de liberté en rotation RZ selon lequel seul est mobile l'élément inertiel pour éviter toute perturbation de son oscillation, et la raideur de la suspension selon le premier degré de liberté en rotation RZ est très fortement supérieure à la raideur du pivot virtuel selon ce même premier degré de liberté en rotation RZ.

[0006] La demande CH715526 ou la demande EP3561607 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse décrit un mécanisme résonateur d'horlogerie, comportant une structure et un bloc d'ancrage auquel est suspendu au moins un élément inertiel agencé pour osciller selon un premier degré de liberté en rotation RZ autour d'un axe de pivotement s'étendant selon une première direction Z, ledit élément inertiel étant soumis à des efforts de rappel exercés par un pivot virtuel comportant une pluralité de lames élastiques sensiblement longitudinales, chacune fixée, à une première extrémité audit bloc d'ancrage, et à une deuxième extrémité audit élément inertiel, chaque dite lame élastique étant déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à ladite première direction Z.

[0007] Lorsque le mécanisme résonateur est en fonctionnement, l'élément inertiel effectue un mouvement oscillatoire autour de la direction Z dans le plan XY avec une fréquence d'oscillation de référence. En outre, l'élément inertiel effectue des oscillations secondaires rotatives autour de la direction X d'une part, et autour de la direction Y d'autre part. Ces oscillations secondaires sont des modes oscillatoires appelés « hors plan », c'est-à-dire hors du plan XY.

[0008] Ces oscillations secondaires « hors plan » ont un effet plus ou moins limité sur la marche de l'organe réglant.

[0009] Cependant, si la fréquence de ces oscillations secondaires est un multiple de la fréquence de référence de l'élément inertiel dans le plan XY, les oscillations secondaires sont plus importantes, et perturbent la marche de l'oscillateur. Ainsi, il faut veiller à ce que la fréquence des oscillations secondaires diffère d'une fréquence multiple de la fréquence de référence.

Résumé de l'invention

[0010] L'invention se propose d'améliorer le mécanisme résonateur de la demande CH715526 ou la demande EP3561607 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse pour améliorer la suspension flexible et éviter les inconvénients cités précédemment.

[0011] À cette fin, l'invention se rapporte à un procédé de mise au point d'un mécanisme résonateur d'horlogerie, comportant une structure et un bloc d'ancrage auquel est suspendu au moins un élément inertiel agencé pour osciller selon un premier degré de liberté en rotation RZ

autour d'un axe de pivotement s'étendant selon une première direction Z, ledit élément inertiel étant soumis à des efforts de rappel exercés par un pivot virtuel comportant une pluralité de lames élastiques sensiblement longitudinales, chacune fixée, à une première extrémité audit bloc d'ancrage, et à une deuxième extrémité audit élément inertiel, chaque dite lame élastique étant déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à ladite première direction Z, ledit bloc d'ancrage étant suspendu à ladite structure par une suspension flexible agencée pour autoriser la mobilité dudit bloc d'ancrage.

[0012] L'invention est remarquable en ce que le procédé comprend :

- une première étape de mesure d'une fréquence d'oscillation de référence de l'élément inertiel autour de la direction Z dans le plan XY ;
- une deuxième étape de mesure d'au moins une fréquence d'oscillation secondaire de l'élément inertiel autour de la direction X dans le plan YZ, ou autour de la direction Y dans le plan XZ ;
- une troisième étape de comparaison de la fréquence d'oscillation secondaire à la fréquence d'oscillation de référence, pour vérifier que la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence ; et
- dans le cas où la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur proche ou sensiblement égale à un multiple de la fréquence d'oscillation de référence, une quatrième étape d'adaptation de la suspension flexible ou de substitution de la suspension flexible par une autre suspension flexible, de manière à avoir une configuration de suspension flexible modifiée pour que la fréquence d'oscillation secondaire soit sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence.

[0013] Grâce à ce procédé, on met au point un mécanisme résonateur, qui contrôle et évite des oscillations secondaires importantes autour des directions X et Y dans les plans perpendiculaires au plan d'oscillations XY, tels que les plans XZ ou YZ. Ainsi, le mécanisme résonateur est plus précis.

[0014] En outre, la modification ou la substitution de la suspension flexible décrite dans ce procédé n'a pas d'effet notable sur les oscillations de référence autour de la direction Z.

[0015] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, ladite suspension flexible comportant, entre ledit bloc d'ancrage et une première masse intermédiaire, laquelle est fixée à ladite structure directement ou par l'intermédiaire d'une plaque flexible selon ladite première direction Z, une table de translation transversale à guidage flexible et comportant au moins deux lames ou tiges

flexibles transversales, de préférence rectilignes, et s'étendant selon ladite deuxième direction X et en symétrie autour d'un axe transversal croisant ledit axe de pivotement, la première fréquence d'oscillation secondaire mesurée dans la deuxième étape est autour de la direction Y dans le plan XZ.

[0016] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la quatrième étape consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible en modifiant le nombre de lames ou de tiges flexibles transversales de la table de translation transversale.

[0017] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la quatrième étape consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible, en modifiant la raideur des lames ou tiges flexibles transversales de la table de translation transversale soit différente.

[0018] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la raideur est modifiée en changeant l'épaisseur ou la longueur des lames ou tiges flexibles transversales de la table de translation transversale.

[0019] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la quatrième étape consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible en augmentant la distance entre au moins deux lames ou tiges flexibles transversales de la table de translation transversale, voire entre toutes les lames ou tiges flexibles transversales de la table de translation transversales.

[0020] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, ladite suspension flexible comportant, entre ledit bloc d'ancrage et une deuxième masse intermédiaire, une table de translation longitudinale à guidage flexible, et comportant au moins deux lames ou tiges flexibles longitudinales, de préférence rectilignes, et s'étendant selon ladite troisième direction Y et en symétrie autour d'un axe longitudinal croisant ledit axe de pivotement, la fréquence d'oscillation secondaire mesurée dans la deuxième étape est autour de la direction X dans le plan YZ.

[0021] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la quatrième étape consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible en modifiant le nombre de lames ou de tiges flexibles longitudinales de la table de translation longitudinale.

[0022] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la quatrième étape consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible en modifiant la raideur des lames ou tiges flexibles longitudinales de la table de translation longitudinale.

[0023] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la raideur est modifiée en changeant l'épaisseur ou la longueur des lames ou tiges flexibles longitudinales de la table de translation longitudinale.

[0024] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la quatrième étape consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible en augmentant la distance entre au moins deux lames ou tiges flexibles longitudinales, voire entre toutes les lames ou tiges flexibles longitudinales de la table de translation longitudinale.

dinale.

[0025] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, on conserve la même fréquence d'oscillation de référence dans la quatrième étape, que celle mesurée dans la première étape.

Brève description des figures

[0026] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 représente, de façon schématisée, et en perspective, un mécanisme résonateur à lames élastiques, comportant une masse inertielle suspendue à un bloc d'ancrage par un pivot virtuel ;
- la figure 2 représente, de façon schématisée, et en perspective, un mécanisme avec les différents degrés de liberté de la masse inertielle que comporte le mécanisme résonateur de la figure 1 ; le balancier est déposé pour rendre visible le guidage flexible avec les deux lames élastiques croisées en projections, ainsi que les deux tables de translation ;
- la figure 3 représente une partie du mécanisme résonateur à lames élastiques de la figure 2, en particulier la suspension flexible et le pivot flexible ;
- la figure 4 représente, de façon schématisée, un diagramme des étapes du procédé de mise au point du mécanisme résonateur selon l'invention ;
- la figure 5 représente un premier mode de réalisation d'une suspension flexible potentiellement utilisée dans le procédé selon l'invention ;
- la figure 6 représente un deuxième mode de réalisation d'une suspension flexible potentiellement utilisée dans le procédé selon l'invention ; et
- la figure 7 représente un troisième mode de réalisation d'une suspension flexible potentiellement utilisée dans le procédé selon l'invention.

Description détaillée de l'invention

[0027] L'invention concerne un procédé 40 de mise au point d'un mécanisme résonateur d'horlogerie, par exemple tel que celui représenté sur les figures 1 à 3. Le procédé 40 de mise au point selon l'invention est décrit en détail plus bas dans la description.

[0028] Représenté sur les figures 1 à 3, ce mode de réalisation de mécanisme résonateur 100 d'horlogerie comporte une structure 1 et un bloc d'ancrage 30, auquel est suspendu au moins un élément inertiel 2 agencé pour osciller selon un premier degré de liberté en rotation RZ

autour d'un axe de pivotement D s'étendant selon une première direction Z. L'élément inertiel 2 comprend un balancier 20. Le balancier a une forme d'os, le balancier comprenant un segment droit muni d'un bulbe à chaque extrémité. Chaque bulbe peut comporter des petites masselottes 29 pour régler l'inertie de l'élément inertiel 2. Cet élément inertiel 2 est soumis à des efforts de rappel exercés par un pivot virtuel 200 comportant une pluralité de lames élastiques 3 sensiblement longitudinales, chacune fixée, à une première extrémité au bloc d'ancrage 30, et à une deuxième extrémité à l'élément inertiel 2. Chaque lame élastique 3 est déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à la première direction Z.

[0029] Le bloc d'ancrage 30 est suspendu à la structure 1 par une suspension flexible 300, qui est agencée pour autoriser la mobilité du bloc d'ancrage 30 selon cinq degrés de liberté flexibles de la suspension qui sont :

- un premier degré de liberté en translation selon la première direction Z ;
- un deuxième degré de liberté en translation selon une deuxième direction X orthogonale à la première direction Z ;
- un troisième degré de liberté en translation selon une troisième direction Y orthogonale à la deuxième direction X et à la première direction Z ;
- un deuxième degré de liberté en rotation RX autour d'un axe s'étendant selon la deuxième direction X ; et
- un troisième degré de liberté en rotation RY autour d'un axe s'étendant selon la troisième direction Y.

[0030] Le principe est d'utiliser la souplesse en torsion d'une table de translation pour mieux gérer les raideurs en torsion de la suspension. Pour ce faire, on oriente les lames des tables XY de manière à ce que la direction de plus grande flexibilité en torsion vise l'axe de rotation du résonateur. On gère leur souplesse en torsion en rapprochant les lames les unes des autres.

[0031] Ainsi, la suspension flexible 300 comporte, entre le bloc d'ancrage 30 et une première masse intermédiaire 303, laquelle est fixée à la structure 1 directement ou par l'intermédiaire d'une plaque 301 flexible selon la première direction Z, une table de translation transversale 32 à guidage flexible, et qui comporte des lames transversales 320 ou des tiges flexibles transversales, rectilignes et s'étendant selon la deuxième direction X.

[0032] Dans une réalisation particulière non limitative, et tel qu'illustré par les figures, la suspension flexible 300 comporte encore, entre le bloc d'ancrage 30 et une deuxième masse intermédiaire 305, une table de translation longitudinale 31 à guidage flexible, et qui comporte des lames longitudinales 310 ou des tiges flexibles lon-

gitudinales, rectilignes et s'étendant selon la troisième direction Y. Et, entre la deuxième masse intermédiaire 305 et la première masse intermédiaire 303, la table de translation transversale 32 à guidage flexible comporte des lames transversales 320 ou des tiges flexibles transversales, rectilignes et s'étendant selon la deuxième direction X.

[0033] Plus particulièrement, l'axe longitudinal D1 croise l'axe transversal D2, et en particulier l'axe longitudinal D1, l'axe transversal D2, et l'axe de pivotement D sont concourants.

[0034] De façon plus particulière, la table de translation longitudinale 31 et la table de translation transversale 32 comportent chacune au moins deux lames ou tiges flexibles, chaque lame ou tige étant caractérisée par son épaisseur selon la deuxième direction X quand la lame ou tige s'étend selon la troisième direction Y ou inversement, par sa hauteur selon la première direction Z, et par sa longueur selon la direction selon laquelle s'étend la lame ou tige, la longueur étant par exemple au moins cinq fois plus grande que la hauteur, la hauteur étant au moins aussi grande que l'épaisseur, et plus particulièrement au moins cinq fois plus grande que cette épaisseur, et plus particulièrement encore au moins sept fois plus grande que cette épaisseur.

[0035] Plus particulièrement, la table de translation transversale 32 comporte au moins deux lames ou tiges flexibles transversales, parallèles entre elles et de même longueur. Les figures 1 à 3 illustrent une variante non limitative avec quatre lames transversales parallèles, et, plus particulièrement, chacune constituée de deux demi-lames agencées sur deux niveaux superposées, et s'étendant dans le prolongement l'une de l'autre selon la première direction Z. Ces demi-lames peuvent être, ou bien entièrement libres l'une par rapport à l'autre, ou bien solidarisées par collage ou similaire, ou par croissance de SiO_2 dans le cas d'une exécution en silicium, ou similaire. Naturellement, la table de translation longitudinale 31, quand elle existe puisqu'elle est facultative, peut obéir au même principe de construction. Le nombre, la disposition, et la section de ces lames ou tiges, peuvent varier sans s'écarter de la présente invention.

[0036] Le principe est d'utiliser la souplesse en torsion d'une table de translation pour mieux gérer les raideurs en torsion de la suspension. Pour ce faire, on oriente les lames des tables XY de manière à ce que la direction de plus grande flexibilité en torsion vise l'axe de rotation du résonateur. On gère leur souplesse en torsion en éloignant ou rapprochant les lames les unes des autres.

[0037] Ainsi, la suspension flexible 300 comporte, entre le bloc d'ancrage 30 et une première masse intermédiaire 303, laquelle est fixée à la structure 1 directement ou par l'intermédiaire d'une plaque 301 flexible selon la première direction Z, une table de translation transversale 32 à guidage flexible, et qui comporte des lames transversales 320 ou des tiges flexibles transversales, rectilignes et s'étendant selon la deuxième direction X.

[0038] Dans une réalisation particulière non limitative,

et tel qu'illustré par les figures, la suspension flexible 300 comporte encore, entre le bloc d'ancrage 30 et une deuxième masse intermédiaire 305, une table de translation longitudinale 31 à guidage flexible, et qui comporte des lames longitudinales 310 ou des tiges flexibles longitudinales, rectilignes et s'étendant selon la troisième direction Y. Et, entre la deuxième masse intermédiaire 305 et la première masse intermédiaire 303, la table de translation transversale 32 à guidage flexible comporte des lames transversales 320 ou des tiges flexibles transversales, rectilignes et s'étendant selon la deuxième direction X.

[0039] Plus particulièrement, l'axe longitudinal D1 croise l'axe transversal D2, et en particulier l'axe longitudinal D1, l'axe transversal D2, et l'axe de pivotement D sont concourants.

[0040] De façon plus particulière, la table de translation longitudinale 31 et la table de translation transversale 32 comportent chacune au moins deux lames ou tiges flexibles, chaque lame ou tige étant caractérisée par son épaisseur selon la deuxième direction X quand la lame ou tige s'étend selon la troisième direction Y ou inversement, par sa hauteur selon la première direction Z, et par sa longueur selon la direction selon laquelle s'étend la lame ou tige, la longueur étant par exemple au moins cinq fois plus grande que la hauteur, la hauteur étant au moins aussi grande que l'épaisseur, et plus particulièrement au moins cinq fois plus grande que cette épaisseur, et plus particulièrement encore au moins sept fois plus grande que cette épaisseur.

[0041] Plus particulièrement, la table de translation transversale 32 comporte au moins deux lames ou tiges flexibles transversales, parallèles entre elles et de même longueur. Les figures 1 à 3 illustrent une variante non limitative avec quatre lames transversales parallèles, et, plus particulièrement, chacune constituée de deux demi-lames agencées sur deux niveaux superposées, et s'étendant dans le prolongement l'une de l'autre selon la première direction Z. Ces demi-lames peuvent être, ou bien entièrement libres l'une par rapport à l'autre, ou bien solidarisées par collage ou similaire, ou par croissance de SiO_2 dans le cas d'une exécution en silicium, ou similaire. Naturellement, la table de translation longitudinale 31, quand elle existe puisqu'elle est facultative, peut obéir au même principe de construction. Le nombre, la disposition, et la section de ces lames ou tiges, peuvent varier sans s'écarter de la présente invention.

[0042] Plus particulièrement, les lames ou tiges transversales de la table de translation transversale 32 ont un premier plan de symétrie, qui est parallèle à l'axe transversal D2, et qui passe par l'axe de pivotement D.

[0043] Plus particulièrement, les lames ou tiges transversales de la table de translation transversale 32 ont un deuxième plan de symétrie, qui est parallèle à l'axe transversal D2, et orthogonal à l'axe de pivotement D.

[0044] Dans une variante, non représentée sur les figures, les lames longitudinales ou tiges flexibles rectilignes 310 sont des tiges de section carrée ou circulaire

dont la hauteur est égale à l'épaisseur.

[0045] Dans une variante particulière, le mécanisme résonateur 100 comporte une plaque 301, comportant au moins une lame flexible 302 s'étendant dans un plan perpendiculaire à l'axe de pivotement D, et fixée à la structure 1 et à la première masse intermédiaire 303, et qui est agencée pour autoriser une mobilité de la première masse intermédiaire 303 selon la première direction Z. Plus particulièrement, la plaque 301 comporte au moins deux lames flexibles 302 coplanaires. Une telle plaque 301 est toutefois facultative si la hauteur des lames des tables de translation XY est faible par rapport à la hauteur des lames flexibles 3, en particulier inférieure au tiers de la hauteur des lames flexibles 3.

[0046] Dans une variante particulière, la suspension flexible 300 est monobloc, de préférence en silicium.

[0047] Dans une réalisation avantageuse, le mécanisme résonateur 100 comporte un ensemble monobloc, qui regroupe au moins le bloc d'ancrage 30, une embase de l'au moins un élément inertiel 2, le pivot flexible 200, la suspension flexible 300, la première masse intermédiaire 303, et la table de translation transversale 32, et comporte au moins un élément sécable 319 agencé pour solidariser les composants de l'ensemble monobloc pendant leur assemblage sur la structure 1, et dont la rupture libère l'ensemble des composants mobiles de l'ensemble monobloc.

[0048] Plus particulièrement, l'ensemble monobloc comporte encore au moins la deuxième masse intermédiaire 305 et la table de translation longitudinale 31.

[0049] Comme exposé ci-dessus, la technologie utilisée pour la fabrication permet d'obtenir deux lames distinctes dans la hauteur d'un wafer silicium, ce qui favorise la souplesse en torsion de la table sans l'assouplir pour la translation. Et le mécanisme résonateur 100 peut ainsi avantageusement comporter au moins deux ensembles monoblocs élémentaires superposés, qui regroupent chacun un niveau du bloc d'ancrage 30, et/ou d'une embase de l'au moins un élément inertiel 2, et/ou du pivot flexible 200, et/ou de la suspension flexible 300, et/ou de la première masse intermédiaire 303, et/ou de la table de translation transversale 32, et/ou d'un élément sécable 319 ; chaque ensemble monobloc élémentaire peut être assemblé à au moins un autre ensemble monobloc élémentaire par collage ou similaire, par assemblage mécanique, ou par croissance de SiO_2 dans le cas d'une exécution en silicium, ou similaire.

[0050] Plus particulièrement, un tel ensemble monobloc élémentaire comporte encore au moins un niveau de la deuxième masse intermédiaire 305 et/ou de la table de translation longitudinale 31.

[0051] Selon l'invention, on utilise un procédé de mise au point 40 du mécanisme résonateur d'horlogerie pour éviter les oscillations secondaires importantes dans les plans perpendiculaires au plan XY.

[0052] Représenté sur la figure 4, le procédé 40 comprend une première étape 41 de mesure d'une fréquence d'oscillation de référence de l'élément inertiel 2 autour

de la direction Z dans le plan XY. A cette fin, on mesure le nombre d'oscillations de l'élément inertiel 2 par secondes. On utilise par exemple un procédé de mesure à l'aide d'un système laser, qui est connu de l'homme du métier.

[0053] Dans une deuxième étape 42, on mesure une fréquence d'oscillation secondaire de l'élément inertiel 2 dans un plan sensiblement perpendiculaire au plan XY. Par exemple, on choisit de mesurer la fréquence d'oscillation de l'élément inertiel 2 autour de la direction X dans le plan YZ, ou bien autour de la direction Y dans le plan XZ. De préférence, on mesure la fréquence d'oscillation secondaire autour des directions X et Y dans les deux plans XZ et YZ.

[0054] Une troisième étape 43 consiste à comparer la ou les fréquences d'oscillation secondaires à la fréquence d'oscillation de référence. Plus précisément, on vérifie si la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence. Si la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence, la suspension flexible 300 ne nécessite pas de modification, ni d'être substituée.

[0055] En revanche, si la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur proche ou sensiblement égale à un multiple de la fréquence d'oscillation de référence, le procédé 40 comprend une quatrième étape 44. La quatrième étape 44 consiste soit en une adaptation de la suspension flexible 300, soit à une substitution de la suspension flexible 300 par une autre suspension flexible, de manière à avoir une configuration géométrique différente de la suspension flexible 300.

[0056] Grâce à cette nouvelle géométrie, la fréquence d'oscillation secondaire change, de sorte que l'on peut choisir une fréquence d'oscillation secondaire sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence.

[0057] De préférence, on conserve la même fréquence d'oscillation de référence dans la quatrième étape que celle mesurée dans la première étape. Autrement dit, on modifie seulement la ou les fréquences d'oscillation secondaires par la modification ou la substitution de la suspension flexible, mais la fréquence de référence reste inchangée.

[0058] De préférence, en cas de substitution, on substitue la suspension flexible 300 avec une autre suspension flexible dont on connaît déjà les propriétés oscillatoires, en particulier la ou les fréquences d'oscillations secondaires.

[0059] Ainsi, le procédé 40 peut comprendre une étape préalable 39 de mesure de la fréquence de référence et de la ou des fréquences d'oscillations secondaires d'une pluralité de suspensions flexibles ayant des configurations ou géométries différentes. Les suspensions flexibles sont par exemple classées en fonction de leurs propriétés oscillatoires, en particulier en fonction des fréquences d'oscillations secondaires.

[0060] Le procédé 40 peut en outre comprendre une cinquième étape 45 de vérification dans laquelle on mesure la fréquence d'oscillation secondaire après l'adaptation ou la substitution de la suspension flexible 300 pour vérifier que l'on obtient une valeur différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence. Ainsi, en cas de nécessité, la suspension flexible 300 peut à nouveau être modifiée ou substituée si la fréquence d'oscillation secondaire mesurée n'est pas satisfaisante.

[0061] Dans la variante d'adaptation de la suspension flexible 300, on modifie la géométrie de la suspension flexible 300. Par exemple en agissant sur les lames flexibles ou tiges flexibles.

[0062] Dans un premier mode de réalisation, la quatrième étape consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible 300 en modifiant le nombre de lames ou de tiges flexibles transversales 320 et/ou longitudinales 310. Dans chaque table de translation 31, 32, on peut avoir plus ou moins de lames ou tiges flexibles 310, 320 que la configuration d'origine de la suspension flexible 300.

[0063] Pour le cas où la fréquence d'oscillation secondaire est dans le plan XZ, on modifie le nombre de lames ou de tiges flexibles transversales 320 de la table de translation transversale 32. Pour le cas où la fréquence d'oscillation secondaire est dans le plan YZ, on modifie le nombre de lames ou de tiges flexibles longitudinales 310 de la table de translation longitudinale 31.

[0064] La figure 5 montre une suspension flexible 300 munie d'une table de translation longitudinale 31 comprenant six lames ou tiges flexibles longitudinales 310 entre le bloc d'ancrage 30 et la deuxième masse intermédiaire 305. La suspension flexible 300 est aussi munie d'une table de translation transversale 32 comprenant six lames ou tiges flexibles transversales 320 entre la première masse intermédiaire 303 et la deuxième masse intermédiaire 305. Ainsi, chaque table de translation 31, 32 comprend une ou deux lames ou tiges flexibles 310, 320 supplémentaires par rapport à la suspension flexible d'origine de la figure 3.

[0065] Un deuxième mode de réalisation de la quatrième étape 44 consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible 300 en modifiant la raideur des lames ou tiges flexibles longitudinales 310 ou transversales 320 de la suspension flexible 300.

[0066] On peut par exemple adapter l'épaisseur des lames ou tiges flexibles longitudinales 310 ou transversales 320, ou adapter la longueur des lames ou tiges flexibles longitudinales 310 ou transversales 320 pour modifier leur raideur. Sur la figure 6, les lames ou tiges flexibles 310, 320 de la suspension flexible 300 sont plus épaisses que les lames flexibles de la suspension flexible d'origine.

[0067] Dans un troisième mode de réalisation, la quatrième étape 44 consiste à augmenter la distance entre au moins deux lames ou tiges flexibles longitudinales 310 et/ou transversales 320 de la table de translation longitudinale 31 et/ou transversale 32 de la suspension

flexible 300. En écartant deux lames ou tiges flexibles 310, 320 l'une de l'autre, on modifie les fréquences d'oscillations secondaires.

[0068] Par exemple sur la figure 7, la suspension flexible 300 comprend, pour chaque table de translation longitudinale 31 ou transversale 32, deux groupes de lames ou tiges flexibles 310, 320, séparées l'un de l'autre. Les trois premières lames ou tiges ont un écart entre elles d'une première distance égale et les trois dernières lames ont un écart entre elles de la même première distance.

[0069] Pour séparer les deux groupes de lames, la troisième et la quatrième lame flexible sont écartées d'une deuxième distance, respectivement d_x et/ou d_y , qui est supérieure à la première distance. D'autres configurations de suspension flexible 300 sont bien-sûr possibles. Par exemple, les distances entre toutes les lames sont égales, mais avec une distance plus ou moins grande que la configuration d'origine.

[0070] Quel que soit le mode de réalisation, grâce à ces adaptations ou substitution, on modifie les fréquences d'oscillations secondaires, de manière à ce qu'elles soient éloignées de la valeur d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence de l'élément inertiel dans le plan XY.

[0071] Naturellement, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits en référence aux figures et des variantes pourraient être envisagées sans sortir du cadre de l'invention.

Revendications

1. Procédé de mise au point (40) d'un mécanisme résonateur (100) d'horlogerie, comportant une structure (1) et un bloc d'ancrage (30) auquel est suspendu au moins un élément inertiel (2) agencé pour osciller selon un premier degré de liberté en rotation RZ autour d'un axe de pivotement (D) s'étendant selon une première direction Z, ledit élément inertiel (2) étant soumis à des efforts de rappel exercés par un pivot flexible (200) comportant une pluralité de lames élastiques (3) sensiblement longitudinales, chacune fixée, à une première extrémité audit bloc d'ancrage (30), et à une deuxième extrémité audit élément inertiel (2), chaque dite lame élastique (3) étant déformable essentiellement dans un plan XY perpendiculaire à ladite première direction Z, ledit bloc d'ancrage (30) étant suspendu à ladite structure (1) par une suspension flexible (300) agencée pour autoriser la mobilité dudit bloc d'ancrage (30), **caractérisé en ce qu'il comprend :**

- une première étape (41) de mesure d'une fréquence d'oscillation de référence de l'élément inertiel (2) autour de la direction Z dans le plan XY ;
- une deuxième étape (42) de mesure d'au

- moins une fréquence d'oscillation secondaire de l'élément inertiel (2) autour de la direction X dans le plan YZ ou autour de la direction Y dans le plan XZ ;
- une troisième étape (43) de comparaison de la fréquence d'oscillation secondaire à la fréquence d'oscillation de référence, pour vérifier que la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence ; et
 - dans le cas où la fréquence d'oscillation secondaire a une valeur proche ou sensiblement égale à un multiple de la fréquence d'oscillation de référence, une quatrième étape (44) d'adaptation de la suspension flexible (300) ou de substitution de la suspension flexible (300) par une autre suspension flexible, de manière à avoir une configuration de suspension flexible (300) modifiée pour que la fréquence d'oscillation secondaire soit sensiblement différente d'un multiple de la fréquence d'oscillation de référence.
2. Procédé de mise au point selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, ladite suspension flexible (300) comportant, entre ledit bloc d'ancrage (30) et une première masse intermédiaire (303), laquelle est fixée à ladite structure (1) directement ou par l'intermédiaire d'une plaque (301) flexible selon ladite première direction Z, une table de translation transversale (32) à guidage flexible et comportant au moins deux lames ou tiges flexibles transversales (320), de préférence rectilignes, et s'étendant selon ladite deuxième direction X et en symétrie autour d'un axe transversal (D2) croisant ledit axe de pivotement (D), la première fréquence d'oscillation secondaire mesurée dans la deuxième étape (42) est autour de la direction Y dans le plan XZ.
 3. Procédé de mise au point selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la quatrième étape (44) consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible (300) en modifiant le nombre de lames ou de tiges flexibles transversales (320) de la table de translation transversale (32).
 4. Procédé de mise au point selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la quatrième étape (44) consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible (300), en modifiant la raideur des lames ou tiges flexibles transversales (320) de la table de translation transversale (32).
 5. Procédé de mise au point selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** la raideur des lames ou tiges flexibles transversales (320) est modifiée en changeant l'épaisseur ou la longueur des lames ou tiges flexibles transversales (320) de la table de translation transversale (32).
 6. Procédé de mise au point selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la quatrième étape (44) consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible (300) en augmentant la distance (d_y) entre au moins deux lames ou tiges flexibles transversales (320) de la table de translation transversale (32), voire entre toutes les lames ou tiges flexibles transversales (320) de la table de translation transversales (32).
 7. Procédé de mise au point selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, ladite suspension flexible (300) comportant, entre ledit bloc d'ancrage (30) et une deuxième masse intermédiaire (305), une table de translation longitudinale (31) à guidage flexible et comportant au moins deux lames ou tiges flexibles longitudinales (310), de préférence rectilignes, et s'étendant selon ladite troisième direction Y et en symétrie autour d'un axe longitudinal (D1) croisant ledit axe de pivotement (D), la fréquence d'oscillation secondaire mesurée dans la deuxième étape (42) est autour de la direction X dans le plan YZ.
 8. Procédé de mise au point selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la quatrième étape (44) consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible (300) en modifiant le nombre de lames ou de tiges flexibles longitudinales (310) de la table de translation longitudinale (31).
 9. Procédé de mise au point selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la quatrième étape (44) consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible (300) en modifiant la raideur des lames ou tiges flexibles longitudinales (310) de la table de translation longitudinale (31).
 10. Procédé de mise au point selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la raideur des lames ou tiges flexibles longitudinales (310) est modifiée en changeant l'épaisseur ou la longueur des lames ou tiges flexibles longitudinales (310) de la table de translation longitudinale (31).
 11. Procédé de mise au point selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la quatrième étape (44) consiste à substituer ou à adapter ladite suspension flexible (300) en augmentant la distance (d_x) entre au moins deux lames ou tiges flexibles longitudinales (310), voire entre toutes les lames ou tiges flexibles longitudinales (310) de la table de translation longitudinale (31).
 12. Procédé de mise au point selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'on** conserve la même fréquence d'oscillation de référence dans la quatrième étape (44) que celle me-

surée dans la première étape (41).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

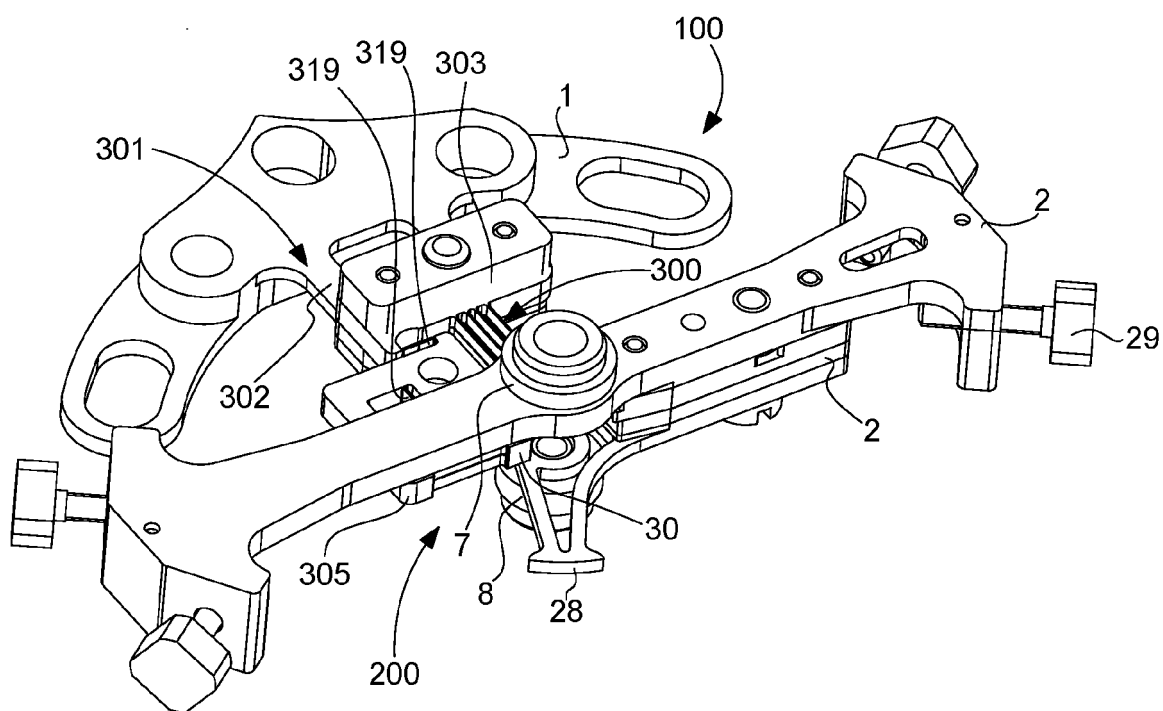


Fig. 2

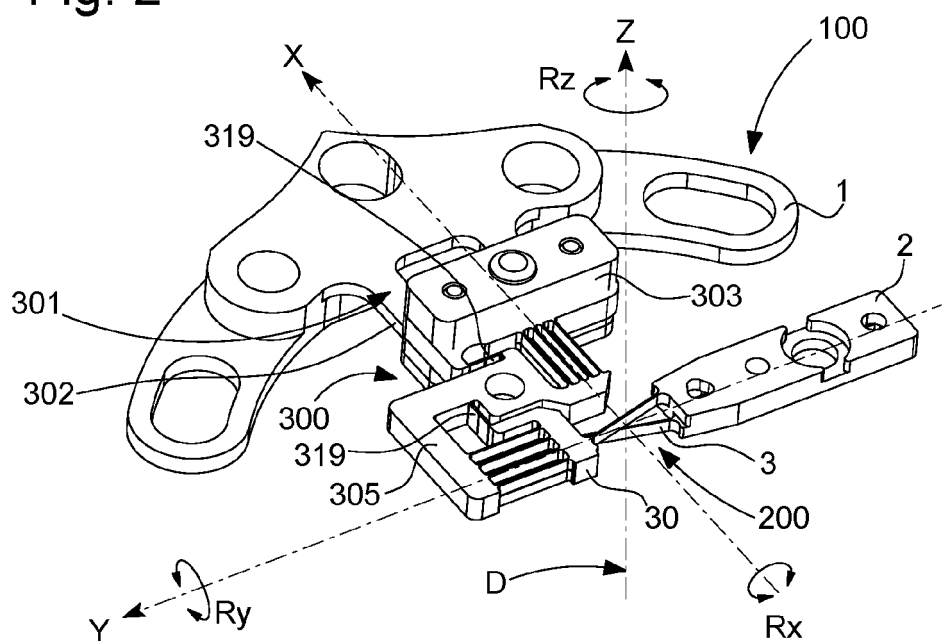


Fig. 3

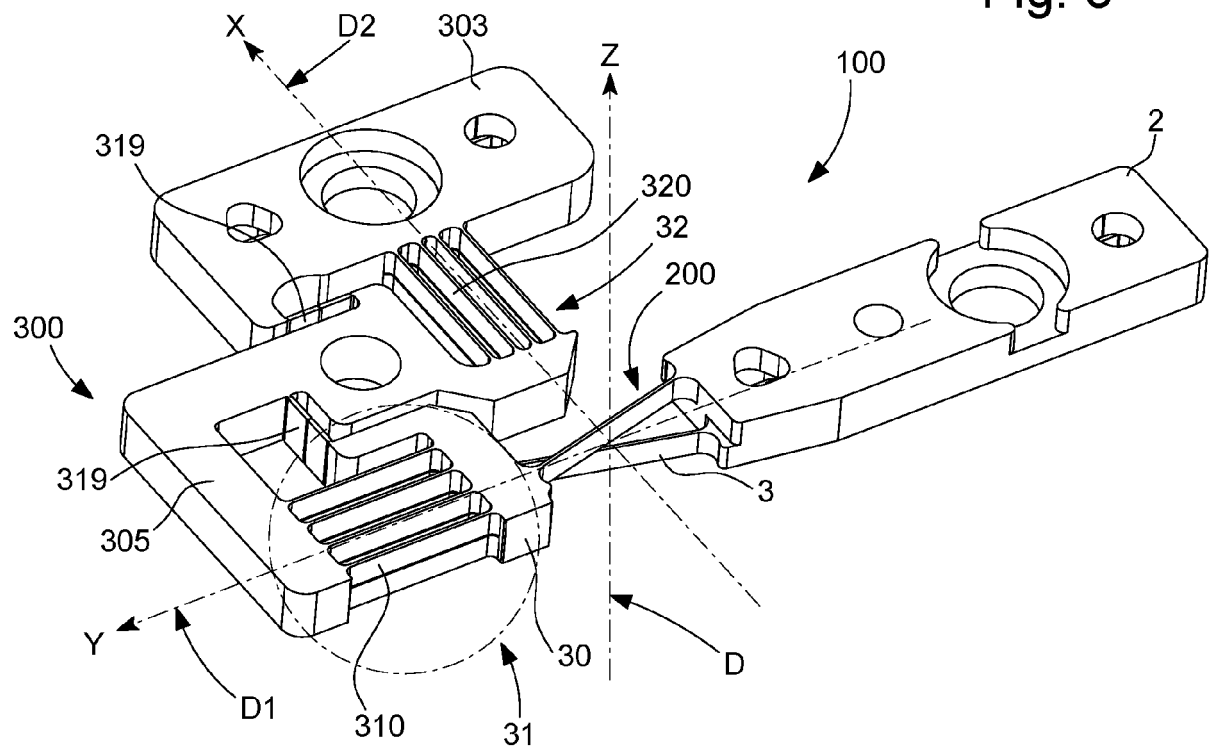


Fig. 4

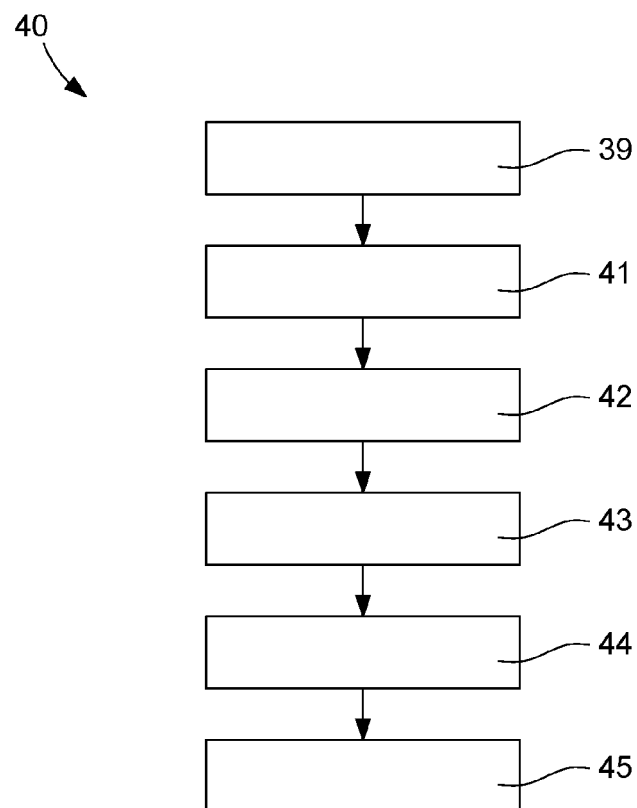


Fig. 5

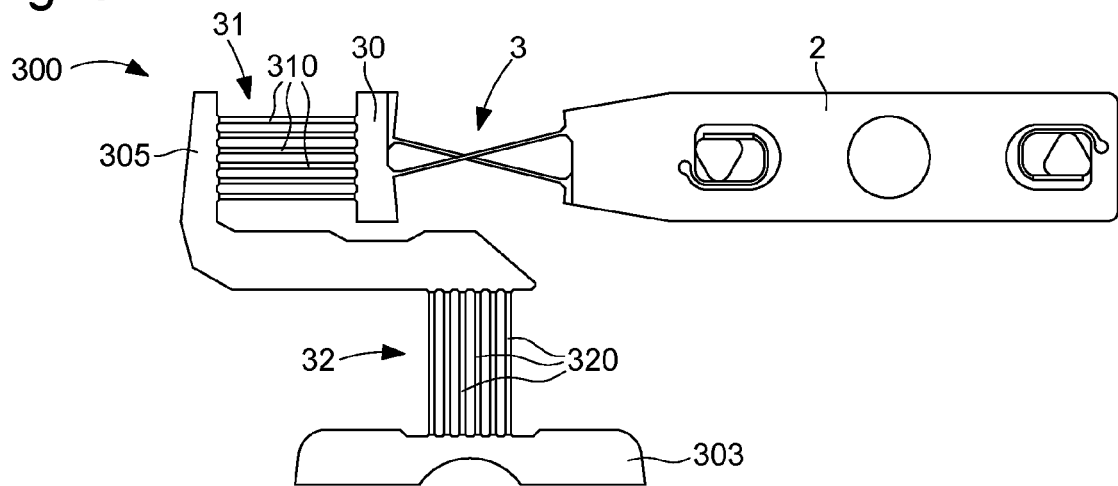


Fig. 6

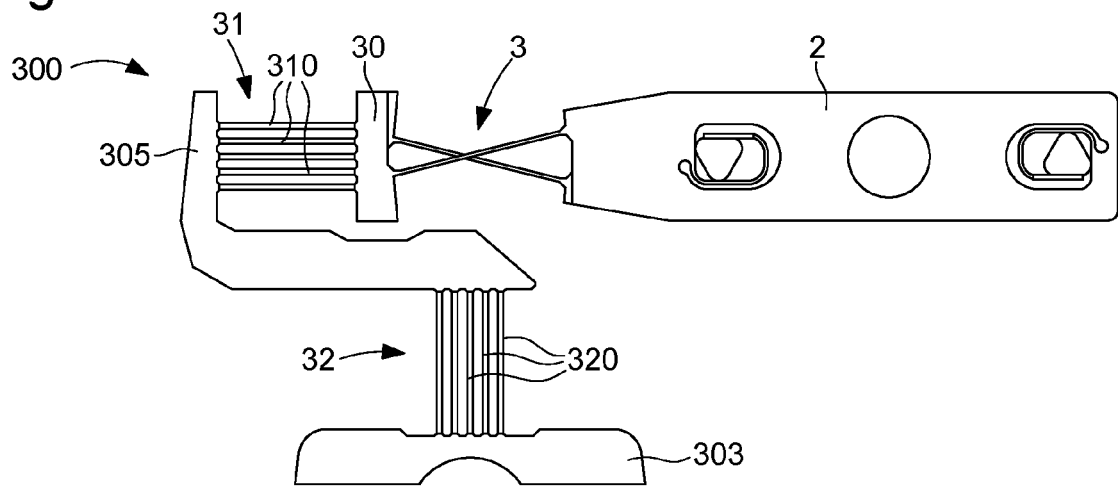
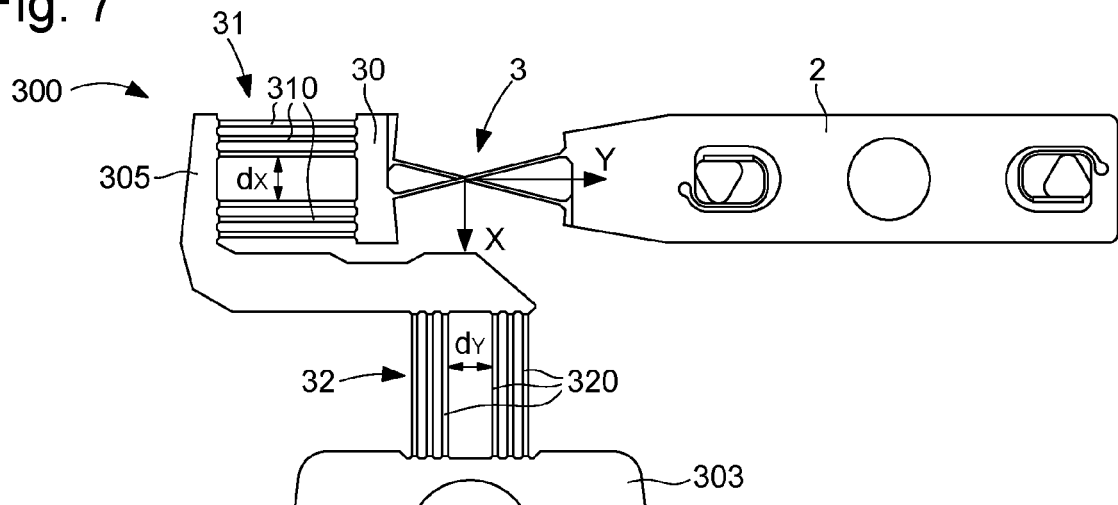


Fig. 7





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 23 16 2547

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A,D	EP 3 561 609 B1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 23 mars 2022 (2022-03-23) * alinéa [0043]; figures 1-9 * -----	1-12	INV. G04B17/04 G04B18/02 G04D7/12
A,D	CH 715 526 A2 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 15 mai 2020 (2020-05-15) * alinéas [0019] - [0061]; figures 1-9 * -----	1-12	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B G04D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		18 août 2023	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 23 16 2547

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.

18-08-2023

10	Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
15	EP 3561609	B1	23-03-2022	CH 714922 A2	31-10-2019
				CN 110389519 A	29-10-2019
				EP 3561609 A1	30-10-2019
				JP 6763991 B2	30-09-2020
				JP 6828117 B2	10-02-2021
				JP 2019191159 A	31-10-2019
				JP 2020076770 A	21-05-2020
				US 2019324401 A1	24-10-2019
20	-----				
CH 715526	A2	15-05-2020	AUCUN	-----	
25					
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0460

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

- CH 15442016 [0004]
- CH 5182018 [0005]
- EP 18168765 A [0005]
- CH 715526 [0006] [0010]
- EP 3561607 A [0006] [0010]