



DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
07.06.2023 Bulletin 2023/23

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 17/04 (2006.01) **G04B 31/02** (2006.01)
G04B 43/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **21212441.6**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 17/045; G04B 31/02; G04B 43/002

(22) Date de dépôt: **06.12.2021**

(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:
KH MA MD TN

(72) Inventeurs:
• **DI DOMENICO, Gianni**
2000 Neuchâtel (CH)
• **KAHROBAIYAN, Mohammad Hussein**
2000 Neuchâtel (CH)
• **LECHOT, Dominique**
2722 Les Reussilles (CH)
• **WINKLER, Pascal**
2072 St-Blaise (CH)

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

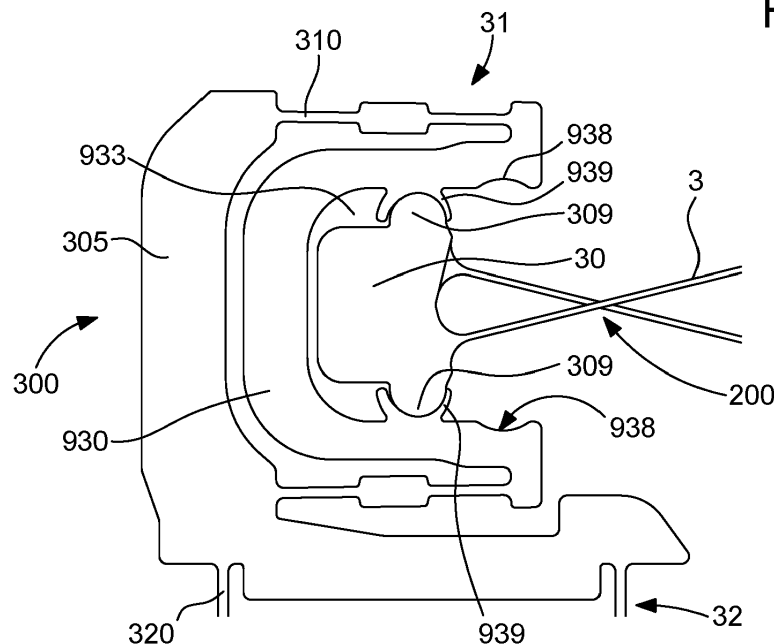
(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **PROTECTION ANTICHOC D'UN MÉCANISME RÉSONATEUR À GUIDAGE FLEXIBLE ROTATIF**

(57) Mécanisme résonateur (100) d'horlogerie, comportant une structure (1) portant, par une suspension flexible (300), un bloc d'ancrage (30) auquel est suspendu un élément inertiel (2) oscillant autour d'un axe de pivotement (D) s'étendant selon une première direction Z, selon un premier degré de liberté en rotation RZ, sous l'action des efforts de rappel d'un pivot flexible (200) comportant des lames longitudinales élastiques (3) chacune

fixée audit élément inertiel (2) et audit bloc d'ancrage (30), la suspension flexible (300) autorisant la mobilité du bloc d'ancrage (30) selon cinq degrés de liberté, ce résonateur (100) est un ensemble composite réalisé dans au moins deux matériaux distincts, d'une part pour le pivot flexible (200), d'autre part pour la suspension flexible (300).

Fig. 3



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne 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 flexible 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, la structure portant ce bloc d'ancrage par une suspension flexible qui autorise la mobilité du bloc d'ancrage selon cinq degrés de liberté.

[0002] L'invention concerne encore un oscillateur d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme résonateur.

[0003] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel oscillateur et/ou un tel mécanisme résonateur.

[0004] L'invention concerne encore une montre comportant un tel mouvement d'horlogerie, et/ou un tel oscillateur, et/ou un tel mécanisme résonateur.

[0005] 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, et la protection antichoc de tels mécanismes à guidages flexibles.

Arrière-plan de l'invention

[0006] On obtient de très bonnes performances avec des oscillateurs d'horlogerie comportant des lames élastiques constituant un guidage flexible, et notamment des résonateurs à lames croisées. L'utilisation d'un pivot à guidage flexible permet de remplacer le pivot d'un balancier ainsi que son ressort spiral. Ceci a l'avantage de supprimer les frottements de pivots et donc d'augmenter le facteur de qualité du résonateur. Comme la masse inertielle, notamment un balancier, est suspendue au guidage flexible, généralement mais non limitativement en silicium, il est nécessaire de prévoir un dispositif antichoc afin que les lames ne cassent pas lors d'une chute.

[0007] Une façon de réaliser cet antichoc a été présenté dans la demande CH 715526 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse, incorporée ici par référence. On insère entre le pivot flexible et la platine une structure flexible (appelée antichoc) qui autorise les mouvements du balancier selon tous les degrés de liberté (translations X, Y, Z et rotations X, Y) excepté la rotation Z du balancier qui est autorisée par le pivot flexible, et on ajoute des butées mécaniques afin de limiter la course du balancier.

Lors de chocs importants, cet antichoc permet au balancier de se déplacer jusqu'aux butées mécaniques, tout en préservant le pivot flexible silicium d'une casse. Lors de micro chocs, la rigidité de l'antichoc est suffisamment élevée pour que le balancier ne touche pas les butées mécaniques. Dans la demande CH 715526, l'antichoc et le pivot flexible sont réalisés en une seule pièce monolithique en silicium. Ceci présente des avantages en terme de simplicité de fabrication et d'assemblage. Néanmoins le silicium est un matériau fragile, si bien que, lors de chocs très violents, il peut arriver que la pièce se casse car la contrainte maximale est dépassée.

[0008] Il est ainsi nécessaire d'améliorer encore la protection antichoc de tels oscillateurs, tout en assurant la rigidité en torsion de leur suspension. La tenue au chocs dépend aussi de cette rigidité en torsion; en effet, lors de chocs hors plan, 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, et non pas les éléments élastiques, tel que classiquement le ressort spiral.

[0009] Le document EP3054357A1 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse SA décrit un oscillateur horloger comportant une structure et des résonateurs primaires distincts, déphasés temporellement et géométriquement, comportant chacun une masse rappelée vers la structure par un moyen de rappel élastique. Cet oscillateur comporte des moyens de couplage pour l'interaction des résonateurs primaires, comportant des moyens moteurs pour entraîner en mouvement un mobile lequel comporte des moyens d'entraînement et de guidage agencés pour entraîner et guider un moyen de commande articulé avec des moyens de transmission, chacun articulé, à distance du moyen de commande, avec une masse d'un résonateur primaire. Les résonateurs primaires et le mobile sont agencés de telle façon que les axes des articulations de deux quelconques des résonateurs primaires et l'axe d'articulation du moyen de commande ne sont jamais coplanaires.

[0010] Le document EP3035127A1 au nom de SWATCH GROUP RESEARCH & DEVELOPMENT Ltd décrit un oscillateur d'horlogerie comportant un résonateur constitué par un diapason lequel comporte au moins deux parties mobiles oscillantes, fixées à un élément de liaison par des éléments flexibles dont la géométrie détermine un axe de pivotement virtuel de position déterminée par rapport à une plaque, et autour duquel oscille la partie mobile respective, dont le centre de masse est confondu en position de repos avec l'axe de pivotement virtuel respectif.

[0011] Pour au moins une partie mobile, les éléments flexibles sont constitués de lames élastiques croisées à distance l'une de l'autre dans deux plans parallèles, dont les projections des directions sur un des plans parallèles se croisent au niveau de l'axe de pivotement virtuel de

la partie mobile.

[0012] 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 CH01544/16 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 flexible selon sa rotation d'oscillation, ce qui est à éviter autant que possible.

[0013] La demande CH00518/18 ou la demande EP18168765.8 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 flexible 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 rigidité de la suspension selon le premier degré de liberté en rotation RZ est très fortement supérieure à la rigidité du pivot flexible selon ce même premier degré de liberté en rotation RZ.

Résumé de l'invention

[0014] L'invention se propose d'optimiser la protection antichoc d'un tel oscillateur, tout en assurant les rigidités en torsion requises de la suspension, notamment pour un mécanisme résonateur selon CH00518/18 ou la demande EP18168765.8 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse, ou pour un résonateur similaire à guidages flexibles.

[0015] En améliorant la rigidité en torsion de la suspension, on améliore aussi la protection des lames contre une rupture en cas de chocs. Un bon résonateur rotatif à guidage flexible, qui constitue un pivot flexible et définit un axe de pivotement virtuel, doit être à la fois très flexible pour la rotation d'oscillation selon un premier degré de liberté en rotation RZ, et aussi très rigide selon les autres degrés de liberté (X, Y, Z, RX, RY) de façon à éviter des mouvements parasites du centre de masse du résonateur. En effet, de tels mouvements parasites peuvent provoquer des erreurs de marche, si l'orientation du réso-

nateur change dans le champ de gravité (on parle d'erreur aux positions). La suspension de l'encastrement du pivot doit être très rigide selon le degré de liberté de l'oscillation, pour ne pas perturber l'isochronisme du résonateur, et pour ne pas dissiper de l'énergie via des mouvements dus aux forces de réaction.

[0016] L'invention se propose de réaliser un antichoc amélioré pour un oscillateur à guidage flexible, de mieux gérer les rigidités en torsion de la suspension, et en conséquence de limiter la course de déplacement hors plan des lames d'un résonateur à lames, et donc d'assurer une meilleure tenue du système

[0017] A cet effet, l'invention concerne un mécanisme résonateur à lames selon la revendication 1.

[0018] L'invention concerne encore un oscillateur d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme résonateur.

[0019] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie comportant au moins un tel mécanisme résonateur.

[0020] L'invention concerne encore une montre comportant un tel mouvement d'horlogerie, et/ou un tel mécanisme résonateur.

Description sommaire des dessins

[0021] 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 vue en plan, un mécanisme résonateur à lames élastiques, comportant une masse inertielle suspendue à un bloc d'ancrage par un pivot flexible comportant deux niveaux parallèles de lames élastiques, les directions selon lesquelles s'étendent ces lames se croisant, en projection, au niveau d'un axe de pivotement virtuel de cet élément inertiel, selon la demande selon la demande CH00518/18 ou la demande EP18168765.8 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse, et dont les enseignements sont utilisables dans le cas de la présente invention; ce mécanisme résonateur est représenté dans une configuration particulière, non limitative, où il comporte deux tables de translation agencées pour autoriser une liberté restreinte à des masses intermédiaires que comporte le résonateur entre le bloc d'ancrage et la fixation à une platine; on remarque que chacune de ces tables de translation comporte des éléments élastiques longilignes dont la direction est sensiblement dirigée vers l'axe de pivotement au niveau du pivot virtuel défini par les lames élastiques; l'élément inertiel porte ici une masse inertielle sous la forme d'un balancier avec des visselottes d'ajustement, et porte encore un élément saillant, de type cheville ou similaire, agencé pour coopérer avec un mécanisme d'échappement non représenté, et notamment avec

une ancre, voire directement avec une roue d'échappement ; ce mécanisme comporte encore des butées supérieure et inférieure pour limiter la course de la masse inertielle et protéger les lames du guidage flexible ;

- la figure 2 représente, de façon schématisée, et en perspective, l'amélioration selon l'invention d'un mécanisme résonateur selon la figure 1 ; le mécanisme résonateur, représenté après dépose des éléments de liaison à une structure fixe de la montre, est un ensemble composite réalisé dans au moins deux matériaux distincts, et qui comporte, d'une part le pivot flexible, qui est réalisé dans un premier matériau, et d'autre part la suspension flexible, qui est réalisée dans un deuxième matériau, le pivot flexible étant maintenu dans une pince élastique intégrée à la suspension flexible ;
- la figure 3 représente, de façon schématisée et en vue en plan, un détail du mécanisme selon l'invention de la figure 2, montrant l'interaction entre la pince élastique de la suspension flexible et du bloc d'ancrage du pivot flexible ;
- la figure 4 représente, de façon similaire à la figure 2, un mécanisme similaire à celui de la figure 1, comportant deux tables de translation avec des lames élastiques rectilignes, sur deux niveaux superposés et parallèles ;
- la figure 5 représente, de façon schématisée, et en perspective, un détail de la variante de la figure 4, montrant une telle table de translation avec des lames élastiques rectilignes, sur deux niveaux superposés et parallèles ;
- la figure 6 représente, de façon similaire à la figure 5, une autre variante d'un mécanisme similaire, mais dont les tables de translation comportent des tiges flexibles rectilignes à section sensiblement carrée ;
- la figure 7 est un schéma-blocs représentant une montre comportant un mouvement comportant, d'une part un tel mécanisme résonateur, et d'autre part un mécanisme oscillateur comportant un tel mécanisme résonateur.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0022] L'invention concerne un mécanisme résonateur d'horlogerie, qui constitue une variante des résonateurs décrits dans la demande CH00518/18, ou la demande EP18168765.8 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse, ou la demande CH 715526 ou de la demande EP 3561607 au nom de ETA Manufacture Horlogère Suisse incorporées ici par référence, et dont l'homme du métier saura combiner les caractéristiques

avec celles propres à la présente invention.

[0023] L'invention part du constat selon lequel le silicium (ou le silicium et/ou un oxyde de silicium) est le matériau le plus adapté pour le pivot flexible, mais pas pour l'antichoc. En effet, afin de remplir son rôle d'antichoc, la structure doit être capable de grandes déformations avec accumulation élevée d'énergie élastique. Certains matériaux métalliques sont plus adaptés que le silicium pour cette fonction. Par exemple, le matériau NiP est plus adapté que le silicium. En effet, le module d'Young vaut 90GPa pour le NiP contre 150GPa pour le Si, et la contrainte maximale 1700MPa pour le NiP contre 1000MPa pour le Si. Cela signifie que la déformation maximale autorisée est trois fois plus grande pour le NiP que pour le Si.

[0024] L'invention consiste donc réaliser le pivot dans un premier matériau, notamment en silicium ou équivalent, et de réaliser l'antichoc dans un deuxième matériau, notamment du nickel phosphore NiP ou équivalent, ce deuxième matériau ayant des propriétés physiques très différentes du premier matériau.

[0025] La difficulté consiste à assembler les deux pièces sans pour autant ajouter une masse trop importante à l'endroit de l'assemblage. Afin d'y parvenir nous proposons d'utiliser un assemblage élastique, avec ou sans colle. Un exemple de réalisation pratique est présenté dans les figures 2 et 3.

[0026] Ce mécanisme résonateur 100 d'horlogerie comporte, tel que visible sur la figure 1, une structure 1 et un bloc d'ancrage 30, auquel est suspendu au moins un élément inertiel 2 qui est 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. Cet élément inertiel 2 est 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 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.

[0027] 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.

[0028] Selon l'invention, le mécanisme résonateur 100 est un ensemble composite réalisé dans au moins deux matériaux distincts, et qui comporte, d'une part le pivot flexible 200, qui est réalisé dans un premier matériau caractérisé par un premier module de Young E1 et par une première limite élastique Sigma 1 et par une première ténacité G1, et d'autre part la suspension flexible 300, qui est réalisée dans un deuxième matériau caractérisé par un deuxième module de Young E2 et par une deuxième limite élastique Sigma 2 et par une deuxième ténacité G2.

[0029] Par ténacité on entend ici la ténacité $G = K1c^2/E$, où K1c est la ténacité à la rupture et E le module d'Young. Une ténacité G élevée signifie que la pièce est capable d'emmagasiner plus d'énergie élastique avant de rompre.

[0030] Plus particulièrement, la valeur de la deuxième ténacité G2 est supérieure à dix fois la valeur de la première ténacité G1. Plus particulièrement encore, la valeur de la deuxième ténacité G2 est supérieure à quatre-vingt fois la valeur de la première ténacité G1. C'est le cas lorsque le premier matériau est du silicium et/ou un oxyde de silicium, et lorsque le deuxième matériau est du NiP, le rapport G2/G1 est voisin de 100 ;

[0031] Plus particulièrement, le rapport Sigma 2/E2 est au moins double du rapport Sigma 1/E1.

[0032] Plus particulièrement, la valeur du premier module de Young E1 est supérieure ou égale à 1,5 fois la valeur du deuxième module de Young E2.

[0033] Plus particulièrement, la valeur de la deuxième limite élastique Sigma 2 est supérieure ou égale à 1,5 fois la valeur de la première limite élastique Sigma 1.

[0034] Plus particulièrement, au moins un élément inertiel 2 est solidaire du pivot flexible 200.

[0035] Plus particulièrement, la suspension flexible 300 est solidaire de la structure 1.

[0036] Plus particulièrement, le pivot flexible 200 est amovible par rapport à la suspension flexible 300.

[0037] Plus particulièrement, la suspension flexible 300 comporte des éléments faisant pince, notamment des mâchoires 939, pour immobiliser le pivot flexible 200. Avantagusement ces mâchoires 939 constituent les éléments de préhension d'une pince élastique 930. La figure 3 montre sous le repère 938 la position de repos de cette pince.

[0038] Plus particulièrement, la suspension flexible 300 comporte au moins une poche 933 qui est apte à recevoir de la colle pour immobiliser le pivot flexible 200.

[0039] Plus particulièrement, la jonction entre la suspension flexible 300 et le pivot flexible 200 est réalisée sur le bloc d'ancrage 30, qui comporte de préférence des reliefs 309 de forme complémentaire au profil des éléments 939.

[0040] De façon particulière la pince 930 est suspendue à une masse intermédiaire 305, qui est elle-même suspendue à la structure 1 ou à une autre masse intermédiaire 303.

5 **[0041]** Cet assemblage élastique a l'avantage de minimiser la masse ajoutée.

[0042] Plus particulièrement, le rapport Sigma 2/E2 est au moins triple du rapport Sigma 1/E1.

10 **[0043]** Plus particulièrement, le premier matériau est du silicium et/ou un oxyde de silicium.

[0044] Plus particulièrement, le deuxième matériau est du nickel-phosphore NiP.

15 **[0045]** Notamment, la ténacité du silicium est presque 100 fois plus faible que celle de tous les alliages de nickel. Un couple avec le premier matériau qui est du silicium et/ou un oxyde de silicium, et le deuxième matériau qui est du nickel-phosphore NiP, est particulièrement avantageux pour l'application d'antichoc recherchée Et la dissipation (pertes) du NiP est plus grande que celle du silicium, ce qui constitue un avantage supplémentaire.

20 **[0046]** Naturellement d'autres alliages que le nickel phosphore NiP peuvent présenter un rapport limite élastique sigma / module d'Young E qui est suffisamment élevé pour remplir les conditions de l'invention. Dans le cas d'espèce le nickel phosphore NiP présente l'avantage majeur de pouvoir être mis en forme de façon précise avec la méthode « LIGA » (Lithographie Galvano-Abformung), avec une géométrie parfaite et des tolérances serrées parfaitement compatibles avec les exigences horlogères. Pour l'application particulière illustrée par les figures, la suspension flexible 300 est avantagusement, mais non limitativement, réalisée dans une planche en nickel-phosphore NiP d'une épaisseur comprise entre 180 et 420 micromètres.

25 **[0047]** La figure 3 décrit l'assemblage du pivot flexible 200 avec la suspension flexible 300, et montre la zone d'assemblage de façon détaillée, et décrit aussi la procédure d'assemblage. L'assemblage se fait en trois temps : tout d'abord la pince élastique 930 (notamment en NiP) est écartée afin de pouvoir insérer le bloc d'ancrage 30 (notamment en silicium) dans les mâchoires 939; ensuite la pince 930 est relâchée de sorte que ses mâchoires 939 saisissent et bloquent les reliefs 309 du bloc d'ancrage 30; enfin, seulement si nécessaire, de la colle est insérée dans au moins une poche 933 entre la pince 930 et le bloc d'ancrage 30.

30 **[0048]** La pince élastique 930 est conçue afin que la force de serrage soit importante. Il est donc important de veiller à ce que la pression hertzienne ne dépasse pas la contrainte maximale au contact entre la mâchoire 939 et le relief 309 du bloc d'ancrage 30 en silicium. Pour cette raison, la forme de la mâchoire 939 épouse celle du relief 309, afin que la différence de rayon de courbure soit aussi faible que possible. Le fait de donner une certaine souplesse à la mâchoire 939 lui permet de se déformer légèrement pour s'accommoder des erreurs de géométries éventuelles entre la pince 930 et le bloc d'ancrage 30.

[0049] La poche 933 prévue pour la colle est constituée, d'une part d'au moins une zone large où il est facile d'insérer la colle, ainsi que d'autre part au moins une zone plus étroite qui aide à la répartition de la colle par capillarité.

[0050] L'utilisation de la souplesse en torsion d'une table de translation permet de mieux gérer les rigidités 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.

[0051] Ainsi, la suspension flexible 300 comporte, avantageusement, 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 1320, rectilignes et s'étendant selon la deuxième direction X et en symétrie autour d'un axe transversal D2 croisant l'axe de pivotement D.

[0052] 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 en symétrie autour d'un axe longitudinal D1 croisant l'axe de pivotement D. 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 et en symétrie autour de l'axe transversal D2 croisant l'axe de pivotement D.

[0053] 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.

[0054] 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 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.

[0055] 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 et 4 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. La figure 6 illustre une variante avec des tiges flexibles, groupées en deux niveaux de deux tiges, de section sensiblement carrée ; une autre variante comporte des tiges flexibles circulaires. Le nombre, la disposition, et la section de ces lames ou tiges, peuvent varier sans s'écarter de la présente invention.

[0056] 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.

[0057] 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.

[0058] Plus particulièrement, les lames ou tiges transversales de la table de translation transversale 32 ont un troisième plan de symétrie, qui est perpendiculaire à l'axe transversal D2, et parallèle à l'axe de pivotement D.

[0059] Plus particulièrement, les lames ou tiges transversales de la table de translation transversale 32 s'étendent sur au moins deux niveaux parallèles entre eux, chaque niveau étant perpendiculaire à l'axe de pivotement D.

[0060] Plus particulièrement, l'agencement des lames ou tiges transversales de la table de translation transversale 32 est identique sur chacun des niveaux.

[0061] Plus particulièrement, les lames transversales ou tiges flexibles rectilignes 320 sont des lames plates dont la hauteur est au moins cinq fois plus grande que leur épaisseur.

[0062] Plus particulièrement, les lames transversales ou tiges flexibles rectilignes 320 sont des tiges de section carrée ou circulaire dont la hauteur est égale à l'épaisseur.

[0063] Plus particulièrement, la table de translation longitudinale 31 comporte au moins deux lames ou tiges flexibles longitudinales, parallèles entre elles et de même longueur.

[0064] Plus particulièrement, les lames ou tiges longitudinales de la table de translation longitudinale 31 ont un premier plan de symétrie, qui est parallèle à l'axe longitudinal D1, et qui passe par l'axe de pivotement D.

[0065] Plus particulièrement, les lames ou tiges longitudinales de la table de translation longitudinale 31 ont un deuxième plan de symétrie, qui est parallèle à l'axe longitudinal D1, et orthogonal à l'axe de pivotement D.

[0066] Plus particulièrement, les lames ou tiges longitudinales de la table de translation longitudinale 31 ont un troisième plan de symétrie, qui est perpendiculaire à l'axe longitudinal D1, et parallèle à l'axe de pivotement D.

[0067] Plus particulièrement, les lames ou tiges transversales de la table de translation longitudinale 31 s'étendent sur au moins deux niveaux parallèles entre eux, chaque niveau étant perpendiculaire à l'axe de pivotement D.

[0068] Plus particulièrement, l'agencement des lames ou tiges transversales de la table de translation longitudinale 31 est identique sur chacun des niveaux.

[0069] Plus particulièrement, les lames longitudinales ou tiges flexibles rectilignes 310 sont des lames plates dont la hauteur est au moins cinq fois plus grande que leur épaisseur.

[0070] Plus particulièrement, les lames longitudinales ou tiges flexibles rectilignes 310 sont des tiges de section carrée ou circulaire dont la hauteur égale à l'épaisseur.

[0071] De façon particulière, le mécanisme résonateur 100 comporte des moyens de butée axiale comportant au moins une première butée axiale supérieure et une deuxième butée axiale inférieure pour limiter la course en translation de l'élément inertiel 2 au moins selon la première direction Z, les moyens de butée axiale étant agencés pour coopérer en appui de butée avec l'élément inertiel 2 pour la protection des lames longitudinales 3 au moins contre les chocs axiaux selon la première direction Z, et le deuxième plan de symétrie est sensiblement à égale distance de la première butée axiale 7 et de la deuxième butée axiale 8.

[0072] Dans une variante particulière, le mécanisme résonateur 100 comporte une plaque fixée sur la structure 1 ou monobloc avec elle, comportant au moins une lame flexible 302 s'étendant dans un plan perpendiculaire à l'axe de pivotement D et fixée 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 telles lames flexibles 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, et notamment si ces tables de translation comportent des tiges flexibles comme sur la figure 6.

[0073] 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 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 du pivot flexible 200 ou de la suspension flexible 300 lesquels forment toujours un ensemble composite, et/ou de la première masse intermédiaire 303, et/ou de la table de translation transver-

sale 32, et/ou d'un élément sécable utilisé seulement lors de l'assemblage et détruit avant la mise en service de l'oscillateur; chaque ensemble élémentaire peut être assemblé à au moins un autre ensemble élémentaire par collage ou similaire, par assemblage mécanique, ou par croissance de SiO₂ dans le cas d'une exécution en silicium, ou similaire.

[0074] Plus particulièrement, un tel ensemble élémentaire comporte encore au moins un niveau de la deuxième masse intermédiaire 305 et/ou de la table de translation longitudinale 31.

[0075] L'invention concerne encore un mécanisme oscillateur 500 d'horlogerie comportant un tel mécanisme résonateur 100 d'horlogerie, et un mécanisme d'échappement 400, agencés pour coopérer l'un avec l'autre.

[0076] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 1000 comportant au moins un tel mécanisme oscillateur 500 et/ou au moins un mécanisme résonateur 100.

[0077] L'invention concerne encore une montre 2000 comportant au moins un tel mouvement 1000 et/ou au moins un mécanisme oscillateur 500 et/ou au moins un tel mécanisme résonateur 100.

Revendications

1. 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, où ledit bloc d'ancrage (30) est suspendu à ladite structure (1) par une suspension flexible (300) agencée pour autoriser la mobilité dudit bloc d'ancrage (30) selon cinq degrés de liberté flexibles de la suspension qui sont un premier degré de liberté en translation selon ladite première direction Z, un deuxième degré de liberté en translation selon une deuxième direction X orthogonale à ladite première direction Z, un troisième degré de liberté en translation selon une troisième direction Y orthogonale à ladite deuxième direction X et à ladite première direction Z, un deuxième degré de liberté en rotation RX autour d'un axe s'étendant selon ladite deuxième direction X, et un troisième degré de liberté en rotation RY autour d'un axe s'étendant selon ladite troisième direction Y, et **caractérisé en ce que** ledit mécanisme résonateur (100) est un ensemble com-

- posite réalisé dans au moins deux matériaux distincts, et qui comporte, d'une part ledit pivot flexible (200) réalisé dans un premier matériau **caractérisé par** un premier module de Young E1 et par une première limite élastique Sigma 1 et par une première ténacité G1, et d'autre part ladite suspension flexible (300) réalisée dans un deuxième matériau **caractérisé par** un deuxième module de Young E2 et par une deuxième limite élastique Sigma 2 et par une deuxième ténacité G2.
2. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la valeur de ladite deuxième ténacité G2 est supérieure à dix fois la valeur de ladite première ténacité G1.
 3. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le rapport Sigma 2/E2 est au moins double du rapport Sigma 1/E1.
 4. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la valeur dudit premier module de Young E1 est supérieure ou égale à 1,5 fois la valeur dudit deuxième module de Young E2.
 5. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la valeur de ladite deuxième limite élastique Sigma 2 est supérieure ou égale à 1,5 fois la valeur de ladite première limite élastique Sigma 1.
 6. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** ledit au moins un élément inertiel (2) est solidaire dudit pivot flexible (200).
 7. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) est solidaire de ladite structure (1).
 8. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** ledit pivot flexible (200) est amovible par rapport à ladite suspension flexible (300).
 9. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) comporte des éléments faisant pince (939) pour immobiliser ledit pivot flexible (200).
 10. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) comporte au moins une poche (933) apte à recevoir de la colle pour immobiliser ledit pivot flexible (200).
 11. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la jonction entre ladite suspension flexible (300) et ledit pivot flexible (200) est réalisée sur ledit bloc d'ancrage (30).
 12. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** le rapport Sigma 2/E2 est au moins triple du rapport Sigma 1/E1.
 13. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** ledit premier matériau est du silicium et/ou un oxyde de silicium.
 14. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** ledit deuxième matériau est du nickel-phosphore NiP.
 15. Mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 14, **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) comporte, 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 flexible selon ladite première direction Z, une table de translation transversale (32) à guidage flexible et comportant des lames transversales ou des tiges flexibles transversales, rectilignes (320, 1320) et s'étendant selon ladite deuxième direction X et en symétrie autour d'un axe transversal (D2) croisant ledit axe de pivotement (D).
 16. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** ladite suspension flexible (300) comporte, entre ledit bloc d'ancrage (30) et une deuxième masse intermédiaire (305), une table de translation longitudinale (31) à guidage flexible et comportant des lames longitudinales ou des tiges flexibles longitudinales, rectilignes (310, 1310) et s'étendant selon ladite troisième direction Y et en symétrie autour d'un axe longitudinal (D1) croisant ledit axe de pivotement (D), et comporte ladite table de translation transversale (32) entre ladite deuxième masse intermédiaire (305) et ladite première masse intermédiaire (303).
 17. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 16, **caractérisé en ce que** ledit axe longitudinal (D1) croise ledit axe transversal (D2).
 18. Mécanisme résonateur (100) selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** ladite table de translation longitudinale (31) et ladite table de translation transversale (32) comportent chacune au moins deux dites lames ou tiges flexibles, chaque dite lame ou tige étant **caractérisée par** son épaisseur selon ladite deuxième direction X quand ladite

lame ou tige s'étend selon ladite troisième direction Y ou inversement, par sa hauteur selon ladite première direction Z, et par sa longueur selon la direction selon laquelle s'étend ladite lame ou tige, ladite longueur étant au moins cinq fois plus grande que ladite hauteur, ladite hauteur étant au moins aussi grande que ladite épaisseur. 5

19. Mouvement d'horlogerie (1000) comportant au moins un mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 18, et/ou au moins un mécanisme oscillateur (500) d'horlogerie comportant un mécanisme résonateur (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 18 et un mécanisme d'échappement (400), qui sont agencés pour coopérer l'un avec l'autre. 10 15
20. Montre (2000) comportant au moins un mouvement (1000) selon la revendication 19 et/ou au moins un mécanisme résonateur (100) selon l'une des revendications 1 à 18. 20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

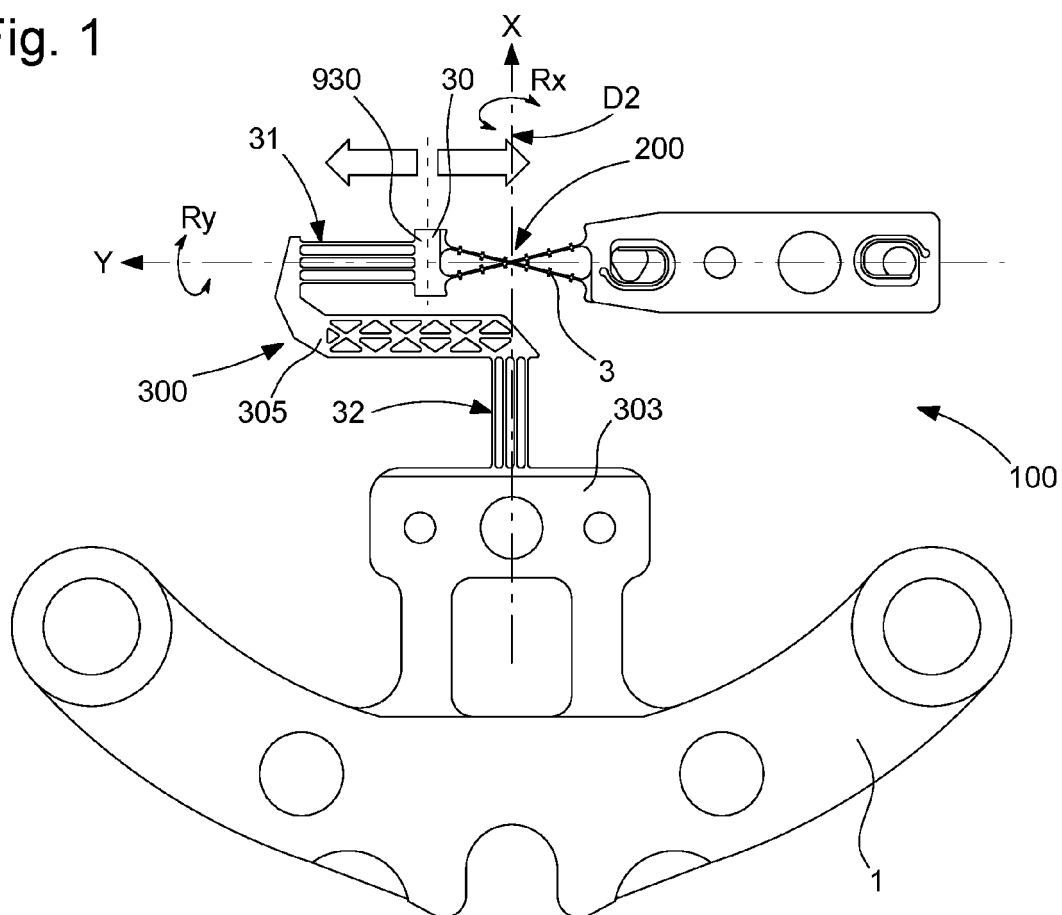


Fig. 2

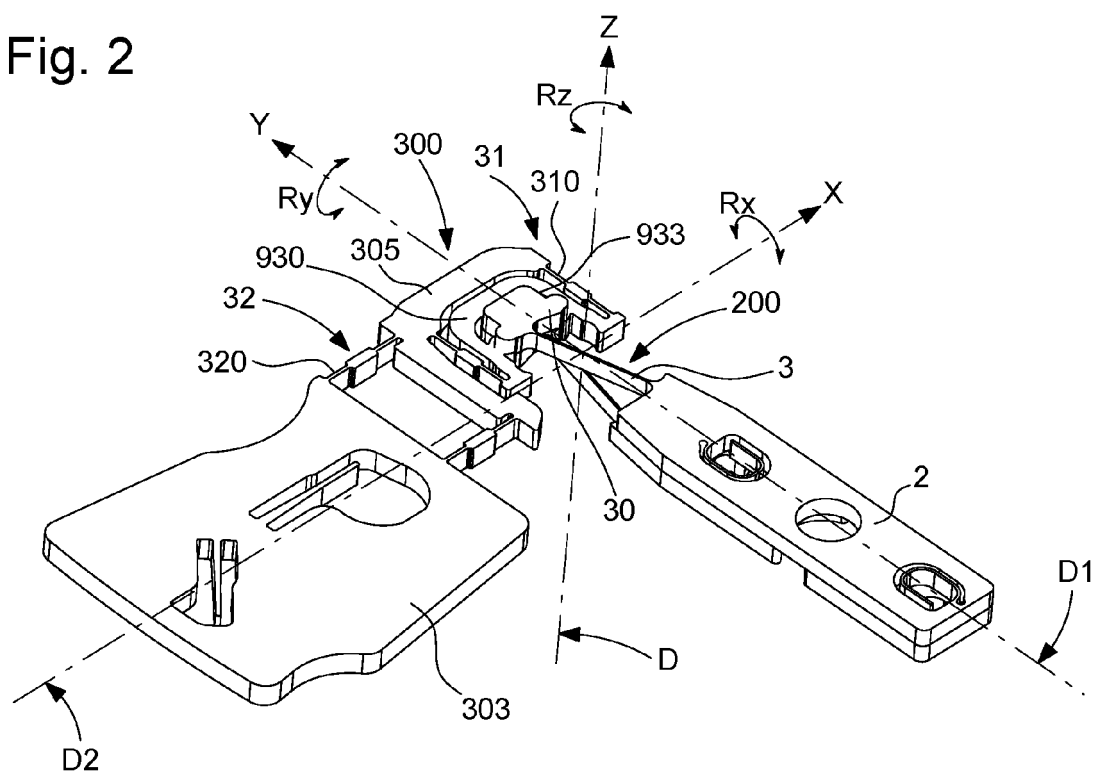


Fig. 3

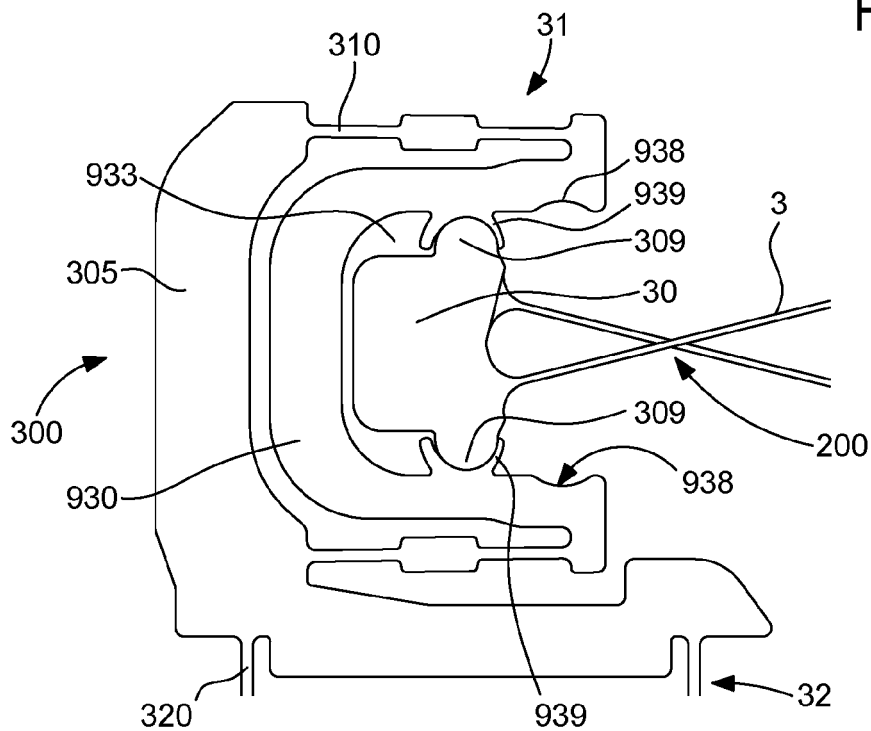


Fig. 4

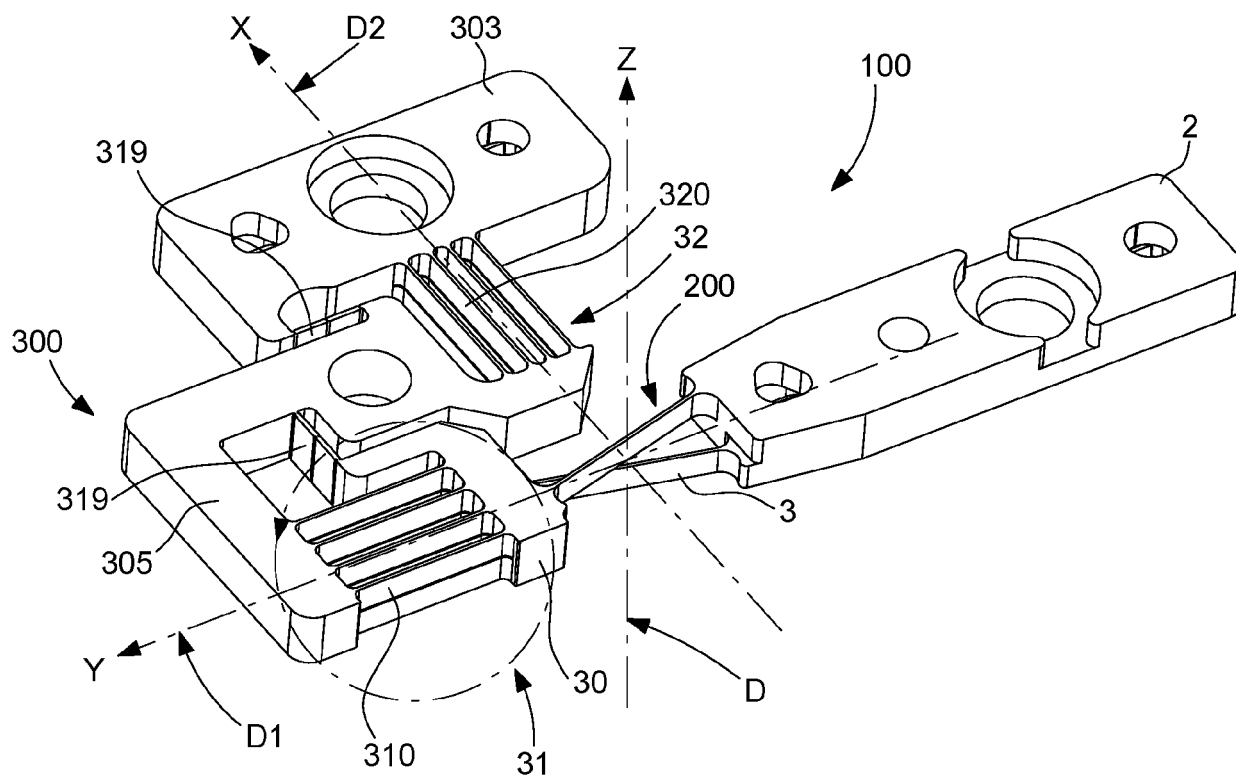


Fig. 5

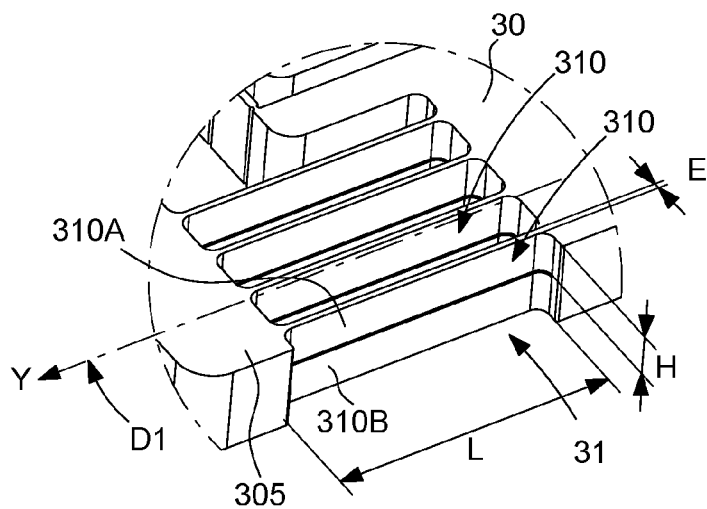


Fig. 6

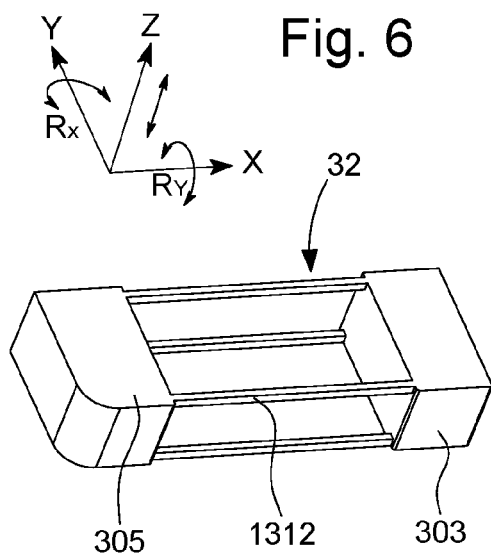
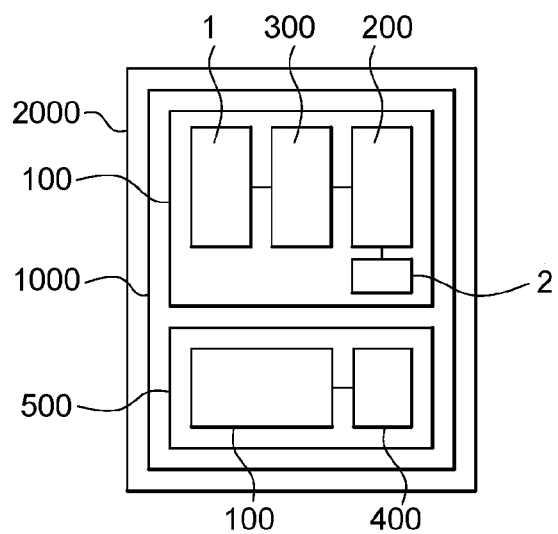


Fig. 7





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 21 21 2441

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 3 561 607 A1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 30 octobre 2019 (2019-10-30) * alinéas [0019] - [0051]; figures 1-8 * -----	1-20	INV. G04B17/04 G04B31/02 G04B43/00
A	EP 3 438 762 A2 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 6 février 2019 (2019-02-06) * alinéas [0095], [0096], [0101] - [0105]; figures 23, 24 * -----	1-20	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Lieu de la recherche La Haye			Date d'achèvement de la recherche 11 mai 2022
Examineur 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 21 21 2441

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.

11-05-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 3561607 A1	30-10-2019	CN 111158230 A	15-05-2020
		EP 3561607 A1	30-10-2019

EP 3438762 A2	06-02-2019	AUCUN	

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 715526 [0007] [0022]
- EP 3054357 A1 [0009]
- EP 3035127 A1 [0010]
- CH 0154416 [0012]
- CH 0051818 [0013] [0014] [0021] [0022]
- EP 18168765 [0013] [0014] [0021] [0022]
- EP 3561607 A [0022]