

(19)



(11)

EP 3 572 885 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
20.04.2022 Bulletin 2022/16

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 17/04 ^(2006.01) **G04B 31/00** ^(2006.01)
G04B 17/28 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **18174332.9**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 17/045; G04B 17/28; G04B 31/00

(22) Date de dépôt: **25.05.2018**

(54) **OSCILLATEUR MÉCANIQUE D'HORLOGERIE ISOCHRONE EN TOUTE POSITION**
MECHANISCHER OSZILLATOR EINES ISOCHRONEN UHRWERKS IN JEDER POSITION
TIMEPIECE MECHANICAL OSCILLATOR THAT IS ISOCHRONOUS IN ANY POSITION

(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**

- **KLINGER, Laurent**
2503 Bienne (CH)
- **HELPER, Jean-Luc**
2525 Le Landeron (CH)

(43) Date de publication de la demande:
27.11.2019 Bulletin 2019/48

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

(73) Titulaire: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse**
2540 Grenchen (CH)

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 911 012 EP-A1- 3 276 431
EP-A2- 2 273 323 US-A- 3 277 394
US-A- 3 318 087

(72) Inventeurs:
• **WINKLER, Pascal**
2072 St-Blaise (CH)

EP 3 572 885 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un oscillateur mécanique d'horlogerie, comportant au moins une embase agencée pour être fixée à une platine ou un pont d'un mouvement d'horlogerie, et au moins un élément inertiel agencé pour osciller autour d'un axe de pivotement virtuel de position fixe par rapport à ladite au moins une embase ou de position fixe par rapport auxdites embases quand ledit oscillateur en comporte plusieurs, dans un plan de pivotement perpendiculaire audit axe de pivotement virtuel, chaque dit élément inertiel étant suspendu à au moins une dite embase par plusieurs liaisons flexibles comportant chacune au moins une lame élastique, et lesdites liaisons flexibles définissant ensemble ledit axe de pivotement virtuel.

[0002] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie, comportant au moins un tel oscillateur mécanique, et comportant une platine ou un pont pour la fixation de chaque dite embase, que comporte chaque dit oscillateur.

[0003] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie, et/ou comportant au moins un tel oscillateur mécanique.

[0004] L'invention concerne le domaine des pièces d'horlogerie de haute précision, très peu sensibles aux paramètres physiques externes, comportant des oscillateurs à lames élastiques, à facteur de qualité élevé, et conservant de hautes qualités d'isochronisme dans toutes les positions du porté.

Arrière-plan de l'invention

[0005] Les travaux les plus récents sur les oscillateurs d'horlogerie ont présenté différents types de liaisons flexibles, pour le pivotement et le rappel des balanciers.

[0006] Sans rentrer dans le détail, on notera que deux conditions doivent absolument être remplies pour permettre l'utilisation de ces oscillateurs dans des montres :

- la marche doit dépendre le moins possible de l'amplitude d'oscillation, même si on peut éventuellement effectuer une compensation du retard à l'échappement ;
- la marche doit être indépendante de l'orientation de la montre dans le champ de gravité.

[0007] Différentes divulgations considèrent assurer ces deux caractéristiques indispensables, mais les simulations et les essais pratiques démontrent, en fait, des carences, en particulier dans certaines positions du porté, où les résultats attendus ne peuvent être assurés.

[0008] Les divulgations actuelles présentent en général un défaut qui limite leur mise en application industrielle, et qui consiste en la faible valeur d'amplitude d'oscillation possible, typiquement jusqu'à 10° ou 15° seule-

ment. Cette limite s'explique, soit parce qu'il est impossible d'aller plus haut en raison des contraintes dans les lames constitutives des liaisons flexibles, soit parce qu'au moins une des deux conditions exposées ci-dessus, (marche indépendante de l'amplitude, et marche indépendante de l'orientation de la montre dans le champ de gravité) n'est plus satisfaite.

[0009] La demande de brevet EP3299905 au nom de CSEM propose une solution qui permet d'aller à des amplitudes plus élevées, typiquement 30°, ce qui est un réel progrès. Toutefois, la marche n'est pas encore indépendante de l'orientation de la montre dans le champ de gravité, en particulier dans les positions X+, X-, Y+, Y-, dans lesquelles les caractéristiques de marche en fonction de l'amplitude sont similaires entre elles, mais très éloignées de la caractéristique de marche en fonction de l'amplitude, qui correspond à la position horizontale, perpendiculaire au champ de gravité, laquelle caractéristique est excellente.

[0010] Le document EP3276431A1 au nom de CARTIER INT décrit un oscillateur mécanique comprenant un balancier sans pivot comprenant une serge située dans un premier plan et un organe d'ancrage apte à être fixé sur une partie non oscillante du mouvement d'horlogerie ainsi qu'au moins deux ressorts reliant chacun le balancier à l'organe d'ancrage. L'organe d'ancrage est coaxial au balancier. Au moins une partie principale de chaque ressort s'étend, en position non déformée élastiquement, hors du premier plan ou d'un plan parallèle à ce premier plan. Chaque ressort est fixé par une première extrémité à l'organe d'ancrage et par une seconde extrémité au balancier. Les points de fixation des premières extrémités des ressorts sur l'organe d'ancrage sont situés hors du premier plan.

[0011] Le document US3277394A au nom de HOLT décrit un résonateur électromécanique compensé en température, qui comporte deux anneaux parallèles coaxiaux suspendus par rapport à une structure commune par des éléments flexibles dans un matériau compensant les écarts de température, et comportant des moyens pour faire résonner les deux anneaux simultanément et en sens contraire. Les points d'attache entre les éléments flexibles et les anneaux, et entre les éléments flexibles et la structure, sont à la même distance radiale de l'axe d'oscillation des anneaux.

[0012] Le document US3318087A au nom de ROBERT FAVRE (MOVADO) décrit, de façon similaire, un oscillateur en torsion avec deux masses inertielles coaxiales et parallèles, suspendues à une pluralité d'éléments chacun comportant des lames flexibles en zig-zag dans un plan passant par l'axe d'oscillation des masses inertielles.

[0013] Le document EP2911012A1 au nom de CSEM décrit un oscillateur rotatif pour pièce d'horlogerie comprenant un élément de support destiné à permettre l'assemblage de l'oscillateur sur une pièce d'horlogerie, un balancier, une pluralité de lames flexibles reliant l'élément de support au balancier et aptes à exercer un cou-

ple de rappel sur le balancier, et une serge montée solidaire du balancier. La pluralité de lames flexibles comporte au moins deux lames flexibles dont une première lame disposée dans un premier plan perpendiculaire au plan de l'oscillateur, et une deuxième lame disposée dans un deuxième plan perpendiculaire au plan de l'oscillateur et sécant avec le premier plan. L'axe géométrique d'oscillation de l'oscillateur est défini par l'intersection du premier plan et du deuxième plan, cet axe géométrique d'oscillation croisant la première lame et la deuxième lame aux sept huitièmes de leur longueur respective.

[0014] Le document EP2273323A2 au nom de ULYSSE NARDIN décrit un oscillateur mécanique oscillant autour d'un axe d'oscillation sans pivot, ledit oscillateur comportant une serge centrée sur l'axe d'oscillation et montée sur une première portion d'attache située sur l'axe d'oscillation, une portion de fixation destinée à être fixée à un bâti d'un mouvement d'horlogerie, et une pluralité de systèmes élastiques reliant la serge et la portion de fixation. Au moins certains des systèmes élastiques sont suspendus et sont libres en référence au bâti.

Résumé de l'invention

[0015] L'invention se propose de développer un oscillateur mécanique à liaisons flexibles apte à une forte amplitude, et typiquement jusqu'à 25° au moins, et qui possède dans les positions verticales du porté des caractéristiques de marche en fonction de l'amplitude équivalentes à celles mesurées en position horizontale.

[0016] A cet effet, l'invention concerne un oscillateur mécanique d'horlogerie selon la revendication 1.

[0017] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie selon la revendication 28.

[0018] L'invention concerne encore une montre selon la revendication 29.

Description sommaire des dessins

[0019] 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 vue de dessus, un oscillateur selon l'invention, dans une réalisation particulière et non limitative où un élément inertiel unique est suspendu à des embases fixées à la structure d'un mouvement par trois liaisons flexibles de caractéristiques similaires, définissant ensemble l'axe de pivotement virtuel de l'élément inertiel, et superposées dans différents niveaux parallèles à un plan de pivotement de l'élément inertiel, perpendiculaire à l'axe de pivotement virtuel ;
- la figure 2 représente, de façon schématisée, et en vue de dessus, l'oscillateur de la figure 1 ;

- la figure 3 est une section selon un plan AA, passant par l'axe de pivotement, d'un tel oscillateur selon la figure 1 ou 2, le plan de section passant par deux lames élastiques qui constituent ensemble un compas déformable, que comporte un des liaisons flexibles de cet oscillateur, dans une variante particulière où les branches de compas constituées par ces deux lames élastiques qui sont dans deux niveaux superposés, parallèles au plan de pivotement, ont des longueurs utiles, entre leur encastrement et un sommet virtuel de compas au niveau d'une arête de rebroussement, qui sont égales. Dans cette variante, l'élément inertiel s'étend de part et d'autre de l'ensemble des lames élastiques ;
- la figure 4 illustre, de façon similaire à la figure 3, une autre variante, où les longueurs utiles sont différentes, les projections de lames sur le plan de pivotement ne sont identiques que sur une partie, qui comporte le sommet du compas, et s'étend de part et d'autre de l'axe de pivotement virtuel défini par les liaisons flexibles ;
- la figure 5 est un schéma-blocs qui représente une montre comportant un mouvement d'horlogerie, lequel comporte un tel oscillateur mécanique, et une platine ou un pont pour la fixation de chaque dite embase, que comporte cet oscillateur ;
- la figure 6 illustre, de façon similaire à la figure 3, une variante ne faisant pas partie de l'invention, où une même liaison flexible comporte une superposition de six lames élastiques, ici constituant trois compas déformables ;
- la figure 7 illustre, de façon similaire à la figure 2, un détail d'une autre variante, où les lames élastiques qui constituent les liaisons flexibles ne sont pas droites, mais seulement symétriques par rapport à un axe de compas passant par le sommet de compas et l'axe de pivotement virtuel, en projection sur le plan de pivotement ;
- la figure 8 est une coupe par le plan AA, passant par l'axe de pivotement, d'un tel oscillateur selon la figure 1 ou 2, montrant la superposition des trois niveaux de liaisons flexibles, s'étendant chacun sur deux niveaux parallèles ;
- la figure 9 est un diagramme de marche, avec la marche en secondes par jour en ordonnée, en fonction de l'amplitude en degrés en abscisse, la courbe supérieure correspond à la marche dans le plan horizontal, et la courbe inférieure, très proche de la précédente, qui résulte de la superposition des courbes de marche dans un plan vertical, pour quatre orientations différentes dans la gravité X+, X-, Y+, Y- ;
- la figure 10 est une section qui illustre, de façon similaire à la figure 3, et dans le plan de la liaison flexible supérieure, une autre variante, où l'élément inertiel ne s'étend pas de part et d'autre de l'ensemble des lames élastiques, mais uniquement de la la-

- me élastique supérieure ;
- la figure 11 est une coupe de la variante de la figure 10, par le même plan, et dans laquelle les trois liaisons flexibles sont visibles ;
- la figure 12 est une section de la variante de la figure 10, dans le plan de la liaison flexible intermédiaire.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0020] La difficulté de la problématique exposée plus haut est de déterminer une géométrie des liaisons flexibles de l'oscillateur, qui permette d'obtenir une solution qui satisfait les deux conditions de marche indépendante de l'amplitude, et de marche indépendante de l'orientation de la montre dans le champ de gravité, tout en ayant une amplitude permettant une exploitation industrielle, typiquement plus de 25°, et de préférence de 30° à 40° environ, ou plus encore.

[0021] L'invention concerne un oscillateur mécanique 100 d'horlogerie, qui comporte au moins une embase 2 agencée pour être fixée à une platine 3 ou un pont d'un mouvement d'horlogerie 200. Cet oscillateur 100 comporte au moins un élément inertiel 4, qui est agencé pour osciller autour d'un axe de pivotement virtuel D de position fixe par rapport à cette embase 2 si elle est unique, ou par rapport à ces embases 2 quand l'oscillateur 100 en comporte plusieurs, dans un plan de pivotement P perpendiculaire à l'axe de pivotement virtuel D.

[0022] Chaque élément inertiel 4 est suspendu à au moins une telle embase 2 par plusieurs liaisons flexibles 5 comportant chacune au moins une lame élastique 6. Et ces liaisons flexibles 5 définissent ensemble l'axe de pivotement virtuel D, dans leur agencement géométrique particulier, en projection sur le plan de pivotement P de l'élément inertiel 4.

[0023] Tout d'abord, la présente invention s'efforce d'éviter toute configuration où la masse inertielle de l'oscillateur, typiquement un balancier, comporte des bras rigides s'étendant de la serge jusqu'à un diamètre intérieur de support de lames élastiques 6 constitutives des liaisons flexibles 5. A cet effet, l'invention privilégie la configuration où des lames élastiques 6 sont fixées à la serge de l'élément inertiel 4 d'une part, et au bâti (platine ou pont du mouvement) d'autre part au niveau d'une embase fixe 2, par leur extrémité se situant sur le diamètre extérieur, c'est-à-dire le plus distant de l'axe de pivotement virtuel D défini par les liaisons flexibles 5.

[0024] Ensuite, l'invention privilégie un croisement des lames, bien sûr en projection sur le plan de pivotement P car ces lames élastiques 6 sont agencées dans des niveaux différents et parallèles, au niveau de l'axe de pivotement D. Naturellement cette configuration selon l'invention nécessite un empilement sur plus de niveaux que l'art antérieur, mais peut aussi s'accommoder de dimensions de lames réduites, ce qui altère peu l'encombrement global, qui est de préférence inscrit dans l'encombrement de l'élément inertiel 4 lui-même.

[0025] Selon l'invention, au moins une telle liaison

flexible 5 comporte au moins un compas déformable 7.

[0026] Ce terme de compas est choisi pour qualifier de façon simple un composant qui est de préférence monobloc, et qui comporte, de part et d'autre d'un sommet de compas, des branches déformables, qui sont fixées à différents composants de l'oscillateur ; un tel compas déformable n'est pas articulé, il est en fait analogue à une baguette de sourcier. Par souci de simplification, l'invention est illustrée avec une branche unique de chaque côté du sommet de compas, mais il est tout à fait envisageable d'équiper le compas déformable d'une pluralité de branches, au moins d'un côté de son sommet, le nombre de branches de chaque côté du sommet pouvant être différent.

[0027] Plus particulièrement, ce compas déformable 7 comporte une telle lame élastique 6 formant une première branche 8, qui est agencée pour être, à une première extrémité 82 externe, fixée à une telle embase 2, ou qui solidaire d'une dite embase 2, notamment dans une exécution monobloc. Cette première branche 8 est mobile angulairement, en projection sur le plan de pivotement P, par rapport à une autre lame élastique 6 qui forme une deuxième branche 9 du compas déformable 7. Cette deuxième branche 9 est, à une deuxième extrémité 94 externe, agencée pour être fixée à l'élément inertiel 4, ou bien est solidaire de l'élément inertiel 4. La première branche 8 et la deuxième branche 9 de chaque compas déformable 7 sont jointives au niveau d'une arête de rebroussement 11, laquelle définit un sommet virtuel 10 du compas déformable 7.

[0028] On comprend que les branches de ce compas sont déformées au cours de l'oscillation. Typiquement des branches particulières, qui sont droites dans la position de repos de l'oscillateur prennent une forme sensiblement en arc de cercle de rayon variable pendant l'oscillation, pendant laquelle le sommet 10 du compas déformable 7 est mobile par rapport à l'axe de pivotement virtuel D, dont il est le plus éloigné dans la position de repos de l'oscillateur 100.

[0029] Selon l'invention, la projection sur le plan de pivotement P du sommet virtuel 10 est d'un premier côté de l'axe de pivotement virtuel D, opposé à un deuxième côté où se projettent la première extrémité 82 et la deuxième extrémité 94. En somme, le champ géométrique balayé par les lames élastiques 6 lors de l'oscillation coupe l'axe de pivotement virtuel D.

[0030] Plus particulièrement, l'angle formé par la projection, sur le plan de pivotement P, du sommet virtuel 10, de l'axe de pivotement virtuel D, et de la première extrémité 82 et/ou de la deuxième extrémité 94, est compris entre 160° et 200°.

[0031] Plus particulièrement, tel que visible sur les exécutions des figures 1 à 3, les projections sur le plan de pivotement P de la première extrémité 82 et de la deuxième extrémité 94 sont confondues.

[0032] Plus particulièrement encore, dans un état de repos non contraint de l'oscillateur 100, la première branche 8 et la deuxième branche 9 sont symétriques, en

projection sur le plan de pivotement P, par rapport à une droite formant un axe de compas D7 joignant l'axe de pivotement virtuel D et la projection du sommet virtuel 10. Cette projection du sommet virtuel 10 est située d'un premier côté de l'axe de pivotement virtuel D, opposé à un deuxième côté où se projettent la première extrémité 82 et la deuxième extrémité 94. Chaque compas déformable 7 forme ainsi, lors du fonctionnement de l'oscillateur 100, un vé, dont les branches sont attachées extérieurement à l'embase et à l'élément inertiel, et dont la pointe (le sommet) est libre. De préférence, dans la position de repos de l'oscillateur, le vé est fermé, et la première branche 8 et la deuxième branche 9 sont superposées.

[0033] De préférence, le ratio R/L entre d'une part l'excentricité R du sommet 10 par rapport à l'axe de pivotement virtuel D, en projection sur le plan de pivotement P, et d'autre part la plus courte longueur L entre le sommet 10 et la première extrémité 82 ou la deuxième extrémité 94, en projection sur le plan de pivotement P, est compris entre 0.12 et 0.18, ou entre 0.47 et 0.53. Plus particulièrement, les longueurs L entre le sommet 10 et la première extrémité 82 d'une part, et la deuxième extrémité 94 d'autre part, en projection sur le plan de pivotement P, sont égales, tel que visible sur la figure 3.

[0034] De façon particulière, tous les axes de compas D7 de tous compas déformables 7, que comporte une même liaison flexible 5, sont confondus en projection sur le plan de pivotement P.

[0035] De façon particulière, tous les axes de compas D7 de tous les compas déformables 7 que comportent les liaisons flexibles 5 se croisent, en projection sur le plan de pivotement P, sur l'axe de pivotement virtuel D.

[0036] Plus particulièrement encore, toutes les liaisons flexibles 5 sont identiques.

[0037] De façon particulière, tous les axes de compas D7 de tous les compas déformables 7, que comportent les liaisons flexibles 5, sont uniformément répartis angulairement autour de l'axe de pivotement virtuel D.

[0038] Dans une réalisation particulière, au moins un compas déformable 7 comporte des lames élastiques 6 droites. Plus particulièrement, toutes les lames élastiques 6 sont droites.

[0039] De préférence, mais non limitativement, au moins un compas déformable 7 comporte la première branche 8 dans un premier niveau P1 parallèle au plan de pivotement P, et la deuxième branche 9 dans un deuxième niveau P2 parallèle au plan de pivotement P et distinct du premier niveau P1. Il est possible d'agencer cet oscillateur avec des lames gauches, toutefois la complexité et l'encombrement sont augmentés, sans qu'un avantage soit clairement visible. Plus particulièrement, chaque compas déformable 7 comporte la première branche 8 dans un premier niveau P1 parallèle au plan de pivotement P, et ladite deuxième branche 9 dans un deuxième niveau P2 parallèle au plan de pivotement P et distinct du premier niveau P1.

[0040] De façon avantageuse, au moins un compas

déformable 7 comporte une première branche 8 et une deuxième branche 9 dont les projections sur le plan de pivotement P, dans l'état de repos non contraint de l'oscillateur 100, sont superposées l'une à l'autre. Plus particulièrement, les projections de la première branche 8 et de la deuxième branche 9, sur le plan de pivotement P, dans l'état de repos non contraint de l'oscillateur 100, sont identiques l'une à l'autre.

[0041] De façon particulière, et tel que visible sur les figures 3 et 8, au moins un élément inertiel 4 s'étend, selon la direction de l'axe de pivotement virtuel D, de part et d'autre de l'ensemble des liaisons flexibles 5 par lesquelles il est suspendu à l'embase 2 ou aux embases 2, entre un plan supérieur PS et un plan inférieur PI. Plus particulièrement, chaque élément inertiel 4 s'étend, selon la direction de l'axe de pivotement virtuel D, de part et d'autre de l'ensemble des liaisons flexibles 5 par lesquelles il est suspendu à l'embase 2 ou aux embases 2.

[0042] Avantageusement au moins un élément inertiel 4 est dépourvu de palier axial, et est dépourvu de bras radial, par rapport à l'axe de pivotement virtuel D, autre que les liaisons flexibles 5 par lesquelles il est suspendu à l'embase 2 ou aux embases 2. Plus particulièrement, chaque élément inertiel 4 est dépourvu de palier axial, et est dépourvu de bras radial, par rapport à l'axe de pivotement virtuel D, autre que les liaisons flexibles 5 par lesquelles il est suspendu à l'embase 2 ou aux embases 2.

[0043] Dans une réalisation particulière, au moins un compas déformable 7 comporte au moins une masselotte intermédiaire, plus rigide que la première branche 8 et la deuxième branche 9, sur la première branche 8 et/ou sur la deuxième branche 9 et/ou sur l'arête de rebroussement 11. Toutefois un masselotage au niveau de l'arête de rebroussement 11 semble superflu, la variante illustrée par les figures se borne à assurer la jonction mécanique entre la première branche 8 et la deuxième branche 9.

[0044] Dans la réalisation avantageuse des figures 1, 2, et 9, l'oscillateur 100 comporte, sur un même niveau selon la direction de l'axe de pivotement virtuel D, trois liaisons flexibles 5 identiques et à 120° l'une de l'autre. Dans cette configuration le ratio R/L entre d'une part l'excentricité R du sommet 10 par rapport à l'axe de pivotement virtuel D, en projection sur le plan de pivotement P, et d'autre part la plus courte longueur L entre le sommet 10 et la première extrémité 82 ou la deuxième extrémité 94, en projection sur le plan de pivotement P, est compris entre 0.12 et 0.18, ou entre 0.47 et 0.53. Les lames élastiques 6 sont en silicium et/ou dioxyde de silicium, et ont chacune une longueur de 1.00 mm, une hauteur de 0.15 mm, une épaisseur de 25.8 micromètres et une valeur $\lambda=R/L$ de -0.496.

[0045] Les figures illustrent différentes variantes comportant trois liaisons flexibles ainsi superposées, disposées à 120° en projection sur le plan P : compas supérieur 7A avec première branche supérieure 8A et deuxième branche supérieure 9A, compas intermédiaire 7B

avec première branche intermédiaire 8B et deuxième branche intermédiaire 9B, compas inférieur 7C avec première branche inférieure 8C et deuxième branche inférieure 9C.

[0046] De façon particulière, l'oscillateur 100 comporte, sur un même niveau selon la direction de l'axe de pivotement virtuel D, un nombre impair de liaisons flexibles 5, de préférence identiques, pour faciliter l'auto-démarrage de l'oscillateur.

[0047] De façon générale, les dimensions convenables pour de telles lames élastiques 6 pour des oscillateurs de montres sont : longueur de 0.50 à 4.00 mm, une hauteur de 0.10 à 0.50 mm, une épaisseur de 10 à 40 micromètres, et R/L compris entre 0.10 et 0.20 ou entre 0.45 et 0.55, et plus particulièrement entre 0.12 et 0.18, ou entre 0.47 et 0.53.

[0048] La figure 4 illustre un cas particulier où les longueurs utiles des lames élastiques 6 sont différentes, les projections de lames sur le plan de pivotement P ne sont identiques que sur une partie, qui comporte le sommet 10 du compas, et s'étend de part et d'autre de l'axe de pivotement virtuel D défini par les liaisons flexibles 5. On peut encore imaginer des branches non symétriques, par exemple d'épaisseurs différentes, de formes différentes, ou autre.

[0049] La figure 7 illustre une autre variante où les lames élastiques qui constituent les liaisons flexibles ne sont pas droites, mais seulement symétriques par rapport à un axe de compas passant par le sommet de compas et l'axe de pivotement virtuel, en projection sur le plan de pivotement. Il n'y a pas de limitation de forme, les lames pourraient être en clé de sol, ou autre forme permettant de développer leur longueur, telle qu'un spiral, ou autre.

[0050] Chaque dite liaison flexible 5 est réalisable en silicium et/ou dioxyde de silicium, ou en matériau au moins partiellement amorphe, ou en DLC, ou en quartz, ou en matériaux similaires.

[0051] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 200, comportant au moins un tel oscillateur mécanique 100, et comportant une platine 3 ou un pont pour la fixation de chaque embase 2, que comporte chaque oscillateur 100.

[0052] L'invention concerne encore une montre 300 comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie 200, et/ou comportant au moins un tel oscillateur mécanique 100.

[0053] On peut bien sûr varier:

- le nombre de liaisons flexibles ;
- le nombre de paires de lames élastiques par liaison flexible ;
- l'angle entre les lames élastiques des liaisons flexibles,
- le rapport R/L ;
- le masselotage par ajout d'au moins une partie rigide sur les lames élastiques.

Revendications

1. Oscillateur mécanique (100) d'horlogerie, comportant au moins une embase (2) agencée pour être fixée à une platine (3) ou un pont d'un mouvement d'horlogerie (200), et au moins un élément inertiel (4) agencé pour osciller autour d'un axe de pivotement virtuel (D) de position fixe par rapport à ladite au moins une embase (2) ou de position fixe par rapport auxdites embases (2) quand ledit oscillateur (100) en comporte plusieurs, dans un plan de pivotement (P) perpendiculaire audit axe de pivotement virtuel (D), chaque dit élément inertiel (4) étant suspendu à au moins une dite embase (2) par plusieurs liaisons flexibles (5) comportant chacune au moins une lame élastique (6) et lesdites liaisons flexibles (5) définissant ensemble ledit axe de pivotement virtuel (D), où au moins une dite liaison flexible (5) comporte au moins un compas déformable (7) comportant une dite lame élastique (6) formant une première branche (8) agencée pour être, à une première extrémité (82), fixée à une dite embase (2) ou solidaire d'une dite embase (2), mobile angulairement, en projection sur ledit plan de pivotement (P), par rapport à une autre dite lame élastique (6) formant une deuxième branche (9) dudit compas déformable (7) qui est, à une deuxième extrémité (94), agencée pour être fixée audit élément inertiel (4), ou solidaire dudit élément inertiel (4), ladite première branche (8) et ladite deuxième branche (9) étant jointives au niveau d'une arête de rebroussement (11) définissant un sommet virtuel (10) dudit compas déformable (7), une droite (D7) formant un axe de compas et joignant ledit axe de pivotement virtuel (D) et la projection dudit sommet virtuel (10) dudit compas déformable (7) sur ledit plan de pivotement (P), **caractérisé en ce que**, dans un état de repos non contraint dudit oscillateur (100), la projection dudit sommet virtuel (10) sur un plan défini par ledit axe de pivotement virtuel (D) et ledit axe de compas (D7) est d'un premier côté dudit axe de pivotement virtuel (D), opposé à un deuxième côté où se projettent ladite première extrémité (82) et ladite deuxième extrémité (94).
2. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**, dans ledit état de repos non contraint dudit oscillateur (100), l'angle formé par la projection, sur ledit plan de pivotement (P), dudit sommet virtuel (10), dudit axe de pivotement virtuel (D), et de ladite première extrémité (82) et/ou de ladite deuxième extrémité (94), est compris entre 160° et 200°.
3. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que**, dans ledit état de repos non contraint dudit oscillateur (100), les projections sur ledit plan de pivotement (P) de ladite première extrémité (82) et de ladite deuxième extré-

mité (94) sont confondues.

4. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** ladite première branche (8) et ladite deuxième branche (9) sont symétriques, en projection sur ledit plan de pivotement (P), par rapport audit axe de compas (D7). 5
5. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le ratio R/L entre d'une part l'excentricité R dudit sommet (10) par rapport audit axe de pivotement virtuel (D), en projection sur ledit plan de pivotement (P), et d'autre part la plus courte longueur L entre ledit sommet (10) et ladite première extrémité (82) ou ladite deuxième extrémité (94), en projection sur ledit plan de pivotement (P), est compris entre 0.12 et 0.18, ou entre 0.47 et 0.53. 10 15
6. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 4 et selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** tous les dits axes de compas (D7) de tous lesdits compas déformables (7), que comporte une même liaison flexible (5), sont confondus en projection sur ledit plan de pivotement (P). 20 25
7. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 4 et selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** tous lesdits axes de compas (D7) de tous lesdits compas déformables (7) que comportent lesdites liaisons flexibles (5) se croisent, en projection sur ledit plan de pivotement (P), sur ledit axe de pivotement virtuel (D). 30 35
8. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** toutes lesdites liaisons flexibles (5) sont identiques. 40
9. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 4 et selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** tous lesdits axes de compas (D7) de tous lesdits compas déformables (7) que comportent lesdites liaisons flexibles (5) sont uniformément répartis angulairement autour dudit axe de pivotement virtuel (D). 45 50
10. Oscillateur mécanique (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit compas déformable (7) comporte des dites lames élastiques (6) qui sont droites dans ledit état de repos non contraint dudit oscillateur (100). 55
11. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** toutes lesdites lames élastiques (6) sont droites.
12. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des reven-

dications 1 à 11, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit compas déformable (7) comporte ladite première branche (8) dans un premier niveau (P1) parallèle audit plan de pivotement (P), et ladite deuxième branche (9) dans un deuxième niveau (P2) parallèle audit plan de pivotement (P) et distinct dudit premier niveau (P1).

13. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** chaque dit compas déformable (7) comporte ladite première branche (8) dans un premier niveau (P1) parallèle audit plan de pivotement (P), et ladite deuxième branche (9) dans un deuxième niveau (P2) parallèle audit plan de pivotement (P) et distinct dudit premier niveau (P1).
14. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit compas déformable (7) comporte ladite première branche (8) et ladite deuxième branche (9) dont les projections sur ledit plan de pivotement (P), dans ledit état de repos non contraint dudit oscillateur (100), sont superposées l'une à l'autre.
15. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** lesdites projections de ladite première branche (8) et de ladite deuxième branche (9) de chaque compas déformable (7), sur ledit plan de pivotement (P), dans ledit état de repos non contraint dudit oscillateur (100), sont identiques l'une à l'autre.
16. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 14 ou 15, **caractérisé en ce que** chaque dit compas déformable (7) comporte ladite première branche (8) et ladite deuxième branche (9) dont les projections sur ledit plan de pivotement (P), dans ledit état de repos non contraint dudit oscillateur (100), sont superposées ou identiques l'une à l'autre.
17. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit compas déformable (7) comporte ladite première branche (8) qui est plus rigide que ladite deuxième branche (9), et moins rigide que ledit élément inertiel (4) fixé à sa deuxième extrémité (74).
18. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 17, **caractérisé en ce que** chaque dit compas déformable (7) comporte ladite première branche (8) qui est plus rigide que ladite deuxième branche (9), et moins rigide que ledit élément inertiel (4) fixé à sa deuxième extrémité (74).
19. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 16, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit compas déformable (7) comporte ladite première branche (8) qui est aussi rigide que ladite deuxième

branche (9) et présente les mêmes caractéristiques élastiques, et qui est moins rigide que ledit élément inertiel (4) fixé à sa deuxième extrémité (74).

20. Oscillateur mécanique (100) selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** chaque dit compas déformable (7) comporte ladite première branche (8) qui est aussi rigide que ladite deuxième branche (9) et présente les mêmes caractéristiques élastiques, et qui est moins rigide que ledit élément inertiel (4) fixé à sa deuxième extrémité (74). 5 10
21. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 20, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit élément inertiel (4) s'étend, selon la direction dudit axe de pivotement virtuel (D), de part et d'autre de l'ensemble desdites liaisons flexibles (5) par lesquelles il est suspendu à ladite embase (2) ou auxdites embases (2). 15 20
22. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 21, **caractérisé en ce que** chaque dit élément inertiel (4) s'étend, selon la direction dudit axe de pivotement virtuel (D), de part et d'autre de l'ensemble desdites liaisons flexibles (5) par lesquelles il est suspendu à ladite embase (2) ou auxdites embases (2). 25 30
23. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 22, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit élément inertiel (4) est dépourvu de palier axial, et est dépourvu de bras radial, par rapport audit axe de pivotement virtuel (D), autre que lesdites liaisons flexibles (5) par lesquelles il est suspendu à ladite embase (2) ou auxdites embases (2). 35 40
24. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 23, **caractérisé en ce que** chaque dit élément inertiel (4) est dépourvu de palier axial, et est dépourvu de bras radial, par rapport audit axe de pivotement virtuel (D), autre que lesdites liaisons flexibles (5) par lesquelles il est suspendu à ladite embase (2) ou auxdites embases (2). 45 50
25. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 24, **caractérisé en ce qu'**au moins un dit compas déformable (7) comporte au moins une masselotte intermédiaire, plus rigide que ladite première branche (8) et ladite deuxième branche (9), sur ladite première branche (8) et/ou sur ladite deuxième branche (9) et/ou sur ladite arête de rebroussement (11). 55
26. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 25, **caractérisé en ce que** ledit oscillateur (100) comporte, sur trois niveaux parallèles selon la direction dudit axe de pivotement virtuel (D), trois dites liaisons flexibles (5) identiques et à 120°

l'une de l'autre en projection sur ledit plan de pivotement (P), lesdites trois liaisons flexibles (5) ainsi superposées comportant successivement un compas supérieur (7A) avec une première branche supérieure (8A) et une deuxième branche supérieure (9A), un compas intermédiaire (7B) avec une première branche intermédiaire (8B) et une deuxième branche intermédiaire (9B), et un compas inférieur (7C) avec une première branche inférieure (8C) et une deuxième branche inférieure (9C).

27. Oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 26, **caractérisé en ce que** chaque dite liaison flexible (5) est en silicium et/ou dioxyde de silicium, ou en matériau au moins partiellement amorphe, ou en DLC, ou en quartz.
28. Mouvement d'horlogerie (200), comportant au moins un oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 26, et comportant une platine (3) ou un pont pour la fixation de chaque dite embase (2), que comporte chaque dit oscillateur (100).
29. Montre (300) comportant au moins un mouvement d'horlogerie (200) selon la revendication 27, et/ou comportant au moins un oscillateur mécanique (100) selon l'une des revendications 1 à 26.

Patentansprüche

1. Mechanischer Oszillator (100) für die Uhrmacherei, umfassend wenigstens einen Sockel (2), der angeordnet ist, um an einer Platine (3) oder einer Brücke eines Werks für die Uhrmacherei (200) befestigt zu werden, und wenigstens ein Trägheitselement (4), das angeordnet ist, um rund um eine virtuelle Drehachse (D) mit fester Position in Bezug auf den wenigstens einen Sockel (2) oder fester Position in Bezug auf die Sockel (2) zu schwingen, wenn der Oszillator (100) mehrere davon umfasst, in einer Drehebene (P) senkrecht zu der virtuellen Drehachse (D), wobei jedes Trägheitselement (4) an wenigstens einem besagten Sockel (2) durch mehrere biegsame Verbindungen (5) aufgehängt ist, die jeweils wenigstens eine elastische Lamelle (6) umfassen und wobei die biegsamen Verbindungen (5) zusammen die virtuelle Drehachse (D) definieren, wobei wenigstens eine besagte biegsame Verbindung (5) wenigstens einen verformbaren Zirkel (7) umfasst, der eine besagte elastische Lamelle (6) umfasst, die einen ersten Arm (8) bildet, der angeordnet ist, um, an einem ersten Ende (82), an einem besagten Sockel (2) befestigt zu werden oder mit einem besagten Sockel (2) fest verbunden zu sein, winkelmäßig beweglich, in Projektion auf die Drehebene (P), in Bezug auf eine andere besagte elastische Lamelle (6), die einen zweiten Arm (9) des verformbaren Zirkels

- (7) bildet, der, an einem zweiten Ende (94), angeordnet ist, um an dem Trägheitselement (4) befestigt zu werden oder mit dem Trägheitselement (4) fest verbunden zu sein, wobei der erste Arm (8) und der zweite Arm (9) auf Höhe einer Umkehrkante (11) zusammenfügbar sind, die einen virtuellen Scheitelpunkt (10) des verformbaren Zirkels (7) definiert, wobei eine Gerade (D7) eine Zirkelachse bildet und die virtuelle Drehachse (D) und die Projektion des virtuellen Scheitelpunkts (10) des verformbaren Zirkels (7) auf die Drehebene (P) zusammenfügt, **dadurch gekennzeichnet, dass**, in einem nicht beanspruchten Ruhezustand des Oszillators (100), die Projektion des virtuellen Scheitelpunkts (10) auf eine Ebene, die von der virtuellen Drehachse (D) und der Zirkelachse (D7) definiert wird, auf einer ersten Seite der virtuellen Drehachse (D) liegt, gegenüber einer zweiten Seite, wo sich das erste Ende (82) und das zweite Ende (94) projizieren.
2. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**, in dem nicht beanspruchten Ruhezustand des Oszillators (100), der Winkel, der durch die Projektion, auf die Drehebene (P), des virtuellen Scheitelpunkts (10), der virtuellen Drehachse (D) und des ersten Endes (82) und/oder des zweiten Endes (94) gebildet wird, zwischen 160° und 200° beträgt.
 3. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**, in dem nicht beanspruchten Ruhezustand des Oszillators (100), die Projektionen auf die Drehebene (P) des ersten Endes (82) und des zweiten Endes (94) zusammenfallen.
 4. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Arm (8) und der zweite Arm (9), in Projektion auf die Drehebene (P), in Bezug auf die Zirkelachse (D7) symmetrisch sind.
 5. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verhältnis R/L zwischen einerseits der Exzentrizität R des Scheitelpunkts (10) in Bezug auf die virtuelle Drehachse (D), in Projektion auf die Drehebene (P), und andererseits der kürzesten Länge L zwischen dem Scheitelpunkt (10) und dem ersten Ende (82) oder dem zweiten Ende (94), in Projektion auf die Drehebene (P), zwischen 0,12 und 0,18 oder zwischen 0,47 und 0,53 beträgt.
 6. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 4 und nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Zirkelachsen (D7) von allen verformbaren Zirkeln (7), die eine gleiche biegsame Verbindung (5) umfasst, in Projektion auf die Drehebene (P) zusammenfallen.
 7. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 4 und nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich alle Zirkelachsen (D7) von allen verformbaren Zirkeln (7), welche die biegsamen Verbindungen (5) umfassen, in Projektion auf die Drehebene (P), auf der virtuellen Drehachse (D) kreuzen.
 8. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle biegsamen Verbindungen (5) identisch sind.
 9. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 4 und nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle Zirkelachsen (D7) von allen verformbaren Zirkeln (7), welche die biegsamen Verbindungen (5) umfassen, winkelmäßig gleichförmig um die virtuelle Drehachse (D) verteilt sind.
 10. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein besagter verformbarer Zirkel (7) besagte elastische Lamellen (6) umfasst, die im nicht beanspruchten Ruhezustand des Oszillators (100) gerade sind.
 11. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** alle elastischen Lamellen (6) gerade sind.
 12. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein besagter verformbarer Zirkel (7) den ersten Arm (8) in einer ersten Höhe (P1) parallel zur Drehebene (P) und den zweiten Arm (9) in einer zweiten Höhe (P2) umfasst, die parallel zur Drehebene (P) verläuft und sich von der ersten Höhe (P1) unterscheidet.
 13. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder besagte verformbare Zirkel (7) den ersten Arm (8) in einer ersten Höhe (P1) parallel zur Drehebene (P) und den zweiten Arm (9) in einer zweiten Höhe (P2) umfasst, die parallel zur Drehebene (P) verläuft und sich von der ersten Höhe (P1) unterscheidet.
 14. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein besagter verformbarer Zirkel (7) den ersten Arm (8) und den zweiten Arm (9) umfasst, deren Projektionen auf die Drehebene (P), im nicht beanspruchten Ruhezustand des Oszillators (100), einander überlagern.
 15. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 14,

- dadurch gekennzeichnet, dass** die Projektionen des ersten Arms (8) und des zweiten Arms (9) jedes verformbaren Zirkels (7), auf die Drehebene (P), im nicht beanspruchten Ruhezustand des Oszillators (100), zueinander identisch sind.
16. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 14 oder 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder besagte verformbare Zirkel (7) den ersten Arm (8) und den zweiten Arm (9) umfasst, deren Projektionen auf die Drehebene (P), im nicht beanspruchten Ruhezustand des Oszillators (100), einander überlagern oder zueinander identisch sind.
17. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein besagter verformbarer Zirkel (7) den ersten Arm (8) umfasst, der starrer ist als der zweite Arm (9) und weniger starr als das Trägheitselement (4), das an seinem zweiten Ende (74) befestigt ist.
18. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder besagte verformbare Zirkel (7) den ersten Arm (8) umfasst, der starrer ist als der zweite Arm (9) und weniger starr als das Trägheitselement (4), das an seinem zweiten Ende (74) befestigt ist.
19. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein besagter verformbarer Zirkel (7) den ersten Arm (8) umfasst, der so starr ist wie der zweite Arm (9) und die gleichen elastischen Merkmale aufweist und der weniger starr ist als das Trägheitselement (4), das an seinem zweiten Ende (74) befestigt ist.
20. Mechanischer Oszillator (100) nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeder besagte verformbare Zirkel (7) den ersten Arm (8) umfasst, der so starr ist wie der zweite Arm (9) und die gleichen elastischen Merkmale aufweist und der weniger starr ist als das Trägheitselement (4), das an seinem zweiten Ende (74) befestigt ist.
21. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich wenigstens ein besagtes Trägheitselement (4), gemäß der Richtung der virtuellen Drehachse (D), beidseits der Gesamtheit der biegsamen Verbindungen (5) erstreckt, durch welche es an dem Sockel (2) oder an den Sockeln (2) aufgehängt ist.
22. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich jedes besagte Trägheitselement (4), gemäß der Richtung der virtuellen Drehachse (D), beidseits der Gesamtheit der biegsamen Verbindungen (5) erstreckt, durch welche es an dem Sockel (2) oder an den Sockeln (2) aufgehängt ist.
23. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein besagtes Trägheitselement (4) ohne Axiallager und ohne einen radialen Arm ist, in Bezug auf die virtuelle Drehachse (D), anders als die biegsamen Verbindungen (5), durch welche es an dem Sockel (2) oder an den Sockeln (2) aufgehängt ist.
24. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet, dass** jedes besagte Trägheitselement (4) ohne Axiallager und ohne einen radialen Arm ist, in Bezug auf die virtuelle Drehachse (D), anders als die biegsamen Verbindungen (5), durch welche es an dem Sockel (2) oder an den Sockeln (2) aufgehängt ist.
25. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 24, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein besagter verformbarer Zirkel (7) wenigstens ein Zwischengewichtchen, das starrer ist als der erste Arm (8) und der zweite Arm (9), auf dem ersten Arm (8) und/oder dem zweiten Arm (9) und/oder auf der Umkehrkante (11) umfasst.
26. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 25, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Oszillator (100), auf drei parallelen Höhen gemäß der Richtung der virtuellen Drehachse (D), drei besagte biegsame Verbindungen (5) umfasst, die identisch und in Projektion auf die Drehebene (P) um 120° voneinander beabstandet sind, wobei die so übereinander gelagerten drei biegsamen Verbindungen (5) nacheinander einen oberen Zirkel (7A) mit einem ersten oberen Arm (8A) und einem zweiten oberen Arm (9A), einen Zwischenzirkel (7B) mit einem ersten Zwischenarm (8B) und einem zweiten Zwischenarm (9B) und einen unteren Zirkel (7C) mit einem ersten unteren Arm (8C) und einem zweiten unteren Arm (9C) umfassen.
27. Mechanischer Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 26, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede besagte biegsame Verbindung (5) aus Silizium und/oder Siliziumdioxid oder aus einem wenigstens teilweise amorphen Werkstoff oder aus DLC oder aus Quarz hergestellt ist.
28. Werk für die Uhrmacherei (200), umfassend wenigstens einen mechanischen Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 26 und umfassend eine Platine (3) oder eine Brücke für die Befestigung jedes besagten Sockels (2), den jeder besagte Oszillator (100) umfasst.
29. Uhr (300), umfassend wenigstens ein Werk für die

Uhrmacherei (200) nach Anspruch 27 und/oder umfassend wenigstens einen mechanischen Oszillator (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 26.

Claims

1. Mechanical timepiece oscillator (100) including at least one base (2) arranged to be fixed to a bottom plate (3) or a bridge of a timepiece movement (200), and at least one inertial element (4) arranged to oscillate about a virtual pivot axis (D) of fixed position with respect to said at least one base (2) or of fixed position with respect to said bases (2) when said oscillator (100) has several, in a plane of pivoting (P) perpendicular to said virtual pivot axis (D), each said inertial element (4) being suspended to at least one said base (2) by several flexible connections (5) each including at least one elastic strip (6), and said flexible connections (5) together defining said virtual pivot axis (D), wherein at least one said flexible connection (5) includes at least one deformable compass-like member (7) comprising a said elastic strip (6) forming a first arm (8) arranged, at a first end (82), to be fixed to a said base (2) or integral with a said base (2), angularly movable, in projection onto said plane of pivoting (P), with respect to another said elastic strip (6) forming a second arm (9) of said deformable compass-like member (7) which, at a second end (94), is arranged to be fixed to said inertial element (4), or integral with said inertial element (4), said first arm (8) and said second arm (9) being joined at a reversal edge (11) defining a virtual apex (10) of said deformable compass-like member (7), a straight line forming a compass axis (D7) joining said virtual pivot axis (D) and the projection of said virtual apex (10) of said deformable compass-like member (7) onto said plane of pivoting (P), **characterised in that**, in an unstressed rest state of said oscillator (100), the projection of said virtual apex (10) onto a plane defined by said virtual pivot axis (D) and said compass axis (D7) is on a first side of said virtual pivot axis (D), opposite to a second side where said first end (82) and said second end (94) are projected.
2. Mechanical oscillator (100) according to claim 1, **characterised in that**, in said unstressed rest state of said oscillator (100), the angle formed by the projection, onto said plane of pivoting (P), of said virtual apex (10), of said virtual pivot axis (D), and of said first end (82) and/or of said second end (94), is comprised between 160° and 200°.
3. Mechanical oscillator (100) according to claim 1 or 2, **characterised in that**, in said unstressed rest state of said oscillator (100), the projections onto said plane of pivoting (P) of said first end (82) and of said second end (94) are coincident.
4. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 3, **characterised in that** said first arm (8) and said second arm (9) are symmetrical, in projection onto said plane of pivoting (P), with respect to said compass axis (D7).
5. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 4, **characterised in that** the ratio R/L between, on the one hand, the eccentricity R of said apex (10) relative to said virtual pivot axis (D), in projection onto said plane of pivoting (P), and on the other hand, the shortest length L between said apex (10) and said first end (82) or said second end (94), in projection onto said plane of pivoting (P), is comprised between 0.12 and 0.18, or between 0.47 and 0.53.
6. Mechanical oscillator (100) according to claim 4 and according to any one of claims 1 to 5, **characterised in that** all of said compass axes (D7) of all of said deformable compass-like members (7) comprised in a same flexible connection (5) are coincident in projection onto said plane of pivoting (P).
7. Mechanical oscillator (100) according to claim 4 and according to any one of claims 1 to 6, **characterised in that** all of said compass axes (D7) of all of said deformable compass-like members (7) comprised in said flexible connections (5) intersect, in projection onto said plane of pivoting (P), on said virtual pivot axis (D).
8. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 7, **characterised in that** all of said flexible connections (5) are identical.
9. Mechanical oscillator (100) according to claim 4 and according to any one of claims 1 to 8, **characterised in that** all of said compass axes (D7) of all of said deformable compass-like members (7) comprised in said flexible connections (5) are uniformly angularly distributed about said virtual pivot axis (D).
10. Mechanical oscillator (100) according to anyone of claims 1 to 9, **characterised in that** at least one said deformable compass-like member (7) includes said elastic strips (6) which are straight in said unstressed rest state of said oscillator (100).
11. Mechanical oscillator (100) according to claim 10, **characterised in that** all of said elastic strips (6) are straight.
12. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 11, **characterised in that** at least one said deformable compass-like member (7) has said

first arm (8) in a first level (P1) parallel to said plane of pivoting (P), and said second arm (9) in a second level (P2) parallel to said plane of pivoting (P) and distinct from said first level (P1).

13. Mechanical oscillator (100) according to claim 12, **characterised in that** each said deformable compass-like member (7) has said first arm (8) in a first level (P1) parallel to said plane of pivoting (P), and said second arm (9) in a second level (P2) parallel to said plane of pivoting (P) and distinct from said first level (P1).
14. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 13, **characterised in that** at least one said deformable compass-like member (7) includes said first arm (8) and said second arm (9) whose projections onto said plane of pivoting (P), in said unstressed rest state of said oscillator (100), are superposed on each other.
15. Mechanical oscillator (100) according to claim 14, **characterised in that** said projections of said first arm (8) and of said second arm (9) of each deformable compass-like member (7), onto said plane of pivoting (P), in said unstressed rest state of said oscillator (100), are identical to each other.
16. Mechanical oscillator (100) according to claim 14 or 15, **characterised in that** each said deformable compass-like member (7) includes said first arm (8) and said second arm (9) whose projections onto said plane of pivoting (P), in said unstressed rest state of said oscillator (100), are superposed or identical to each other.
17. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 16, **characterised in that** at least one said deformable compass-like member (7) has said first arm (8) which is stiffer than said second arm (9) and less stiff than said inertial element (4) fixed to the second end (74) thereof.
18. Mechanical oscillator (100) according to claim 17, **characterised in that** each said deformable compass-like member (7) has said first arm (8) which is stiffer than said second arm (9) and less stiff than said inertial element (4) fixed to the second end (74) thereof.
19. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 16, **characterised in that** at least one said deformable compass-like member (7) has said first arm (8) which is as stiff as said second arm (9) and has the same elastic characteristics, and which is less stiff than said inertial element (4) fixed to the second end (74) thereof.

20. Mechanical oscillator (100) according to claim 19, **characterised in that** each said deformable compass-like member (7) has said first arm (8) which is as stiff as said second arm (9) and has the same elastic characteristics, and which is less stiff than said inertial element (4) fixed to the second end (74) thereof.
21. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 20, **characterised in that** at least one said inertial element (4) extends in the direction of said virtual pivot axis (D) on both sides of the set of said flexible connections (5) via which it is suspended to said base (2) or to said bases (2).
22. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 21, **characterised in that** each said inertial element (4) extends in the direction of said virtual pivot axis (D) on both sides of the set of said flexible connections (5) via which it is suspended to said base (2) or to said bases (2).
23. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 22, **characterised in that** at least one said inertial element (4) is devoid of an axial bearing and is devoid of a radial bearing, with respect to said virtual pivot axis (D), other than said flexible connections (5) via which it is suspended to said base (2) or to said bases (2).
24. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 23, **characterised in that** each said inertial element (4) is devoid of an axial bearing and is devoid of a radial bearing, with respect to said virtual pivot axis (D), other than said flexible connections (5) via which it is suspended to said base (2) or to said bases (2).
25. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 24, **characterised in that** at least one said deformable compass-like member (7) includes at least one intermediate inertial block, which is stiffer than said first arm (8) and said second arm (9), on said first arm (8) and/or on said second arm (9) and/or on said reversal edge (11).
26. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 25, **characterised in that** said oscillator (100) includes, on three parallel levels in the direction of said virtual pivot axis (D), three identical said flexible connections (5) and at 120° from each other in projection onto said plane of pivoting (P), said three flexible connections (5), thus superposed, comprising in succession an upper compass-like member (7A) with a first upper arm (8A) and a second upper arm (9A), an intermediate compass-like member (7B) with a first intermediate arm (8B) and a second intermediate arm (9B), and a lower compass-like

member (7C) with a first lower arm (8C) and a second lower arm (9C).

27. Mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 26, **characterised in that** each said flexible connection (5) is made of silicon and/or silicon dioxide, or of an at least partially amorphous material, or of DLC, or of quartz. 5
28. Timepiece movement (200) comprising at least one mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 26 and comprising a bottom plate (3) or a bridge for securing each said base (2) comprised in each said oscillator (100). 10
29. Watch (300) including at least one timepiece movement (200) according to claim 27 and/or including at least one mechanical oscillator (100) according to one of claims 1 to 26. 15
- 20
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

Fig. 1

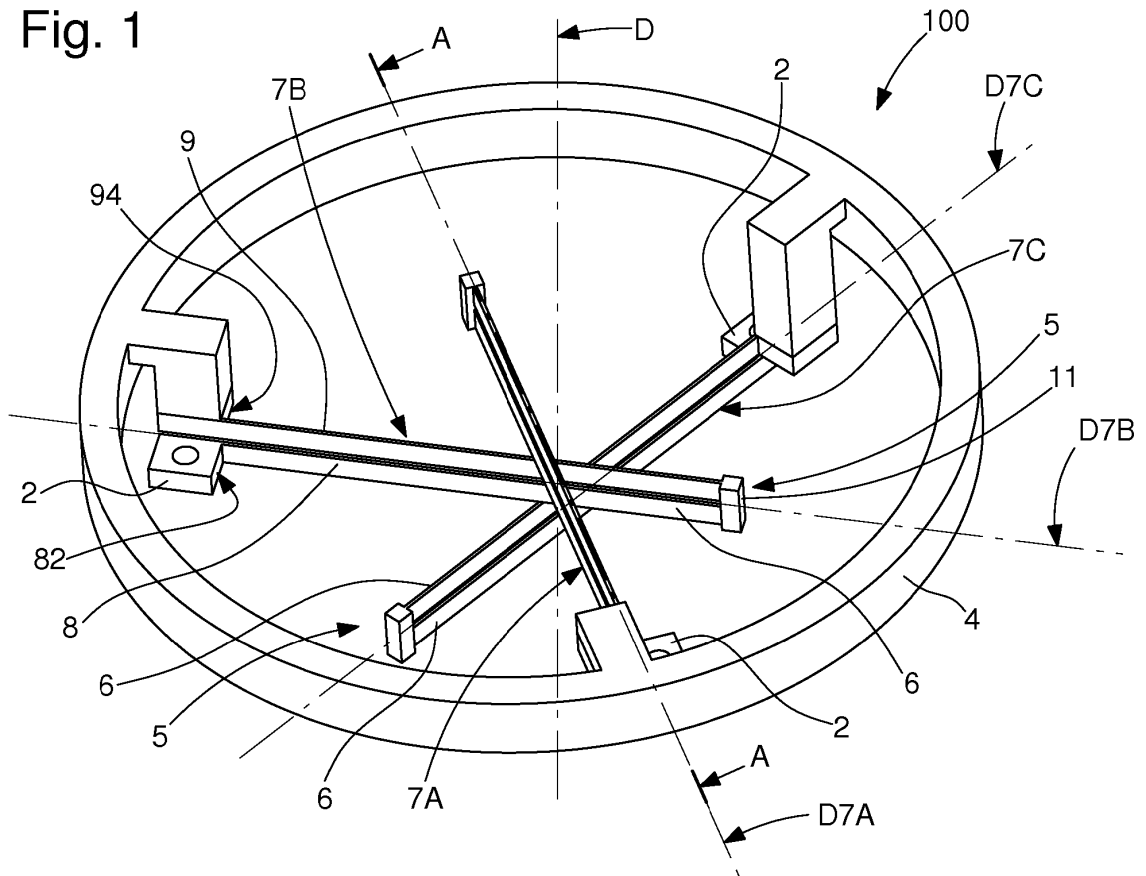


Fig. 2

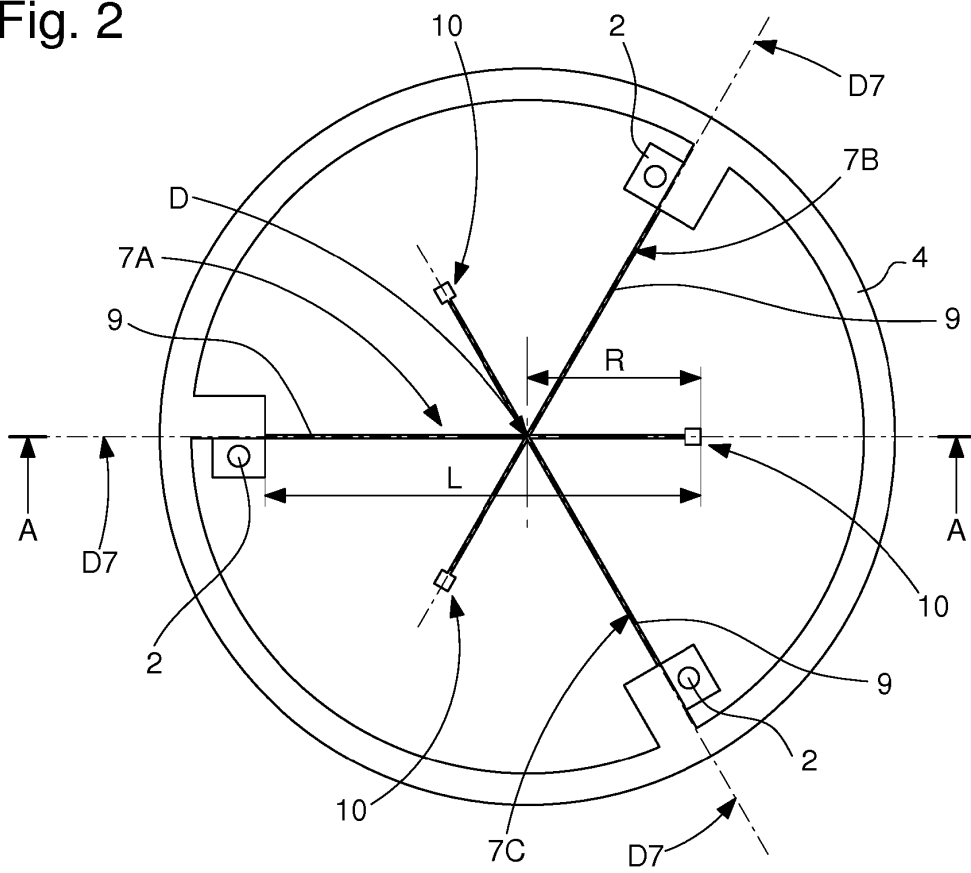


Fig. 3

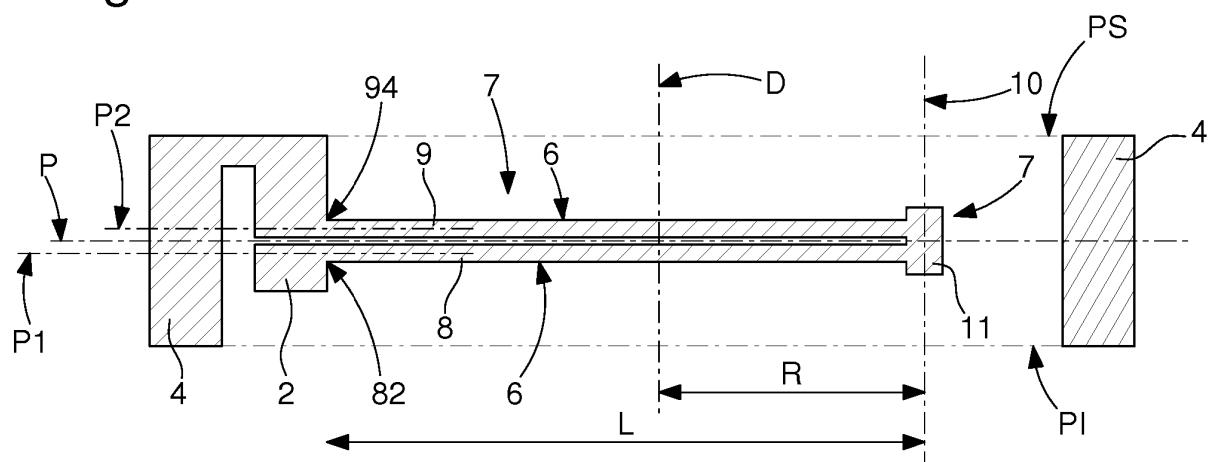


Fig. 4

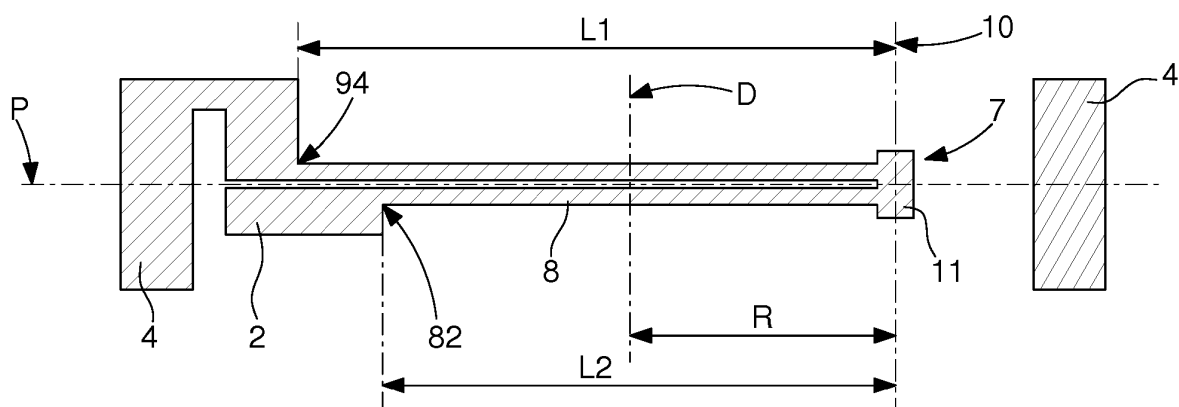


Fig. 5

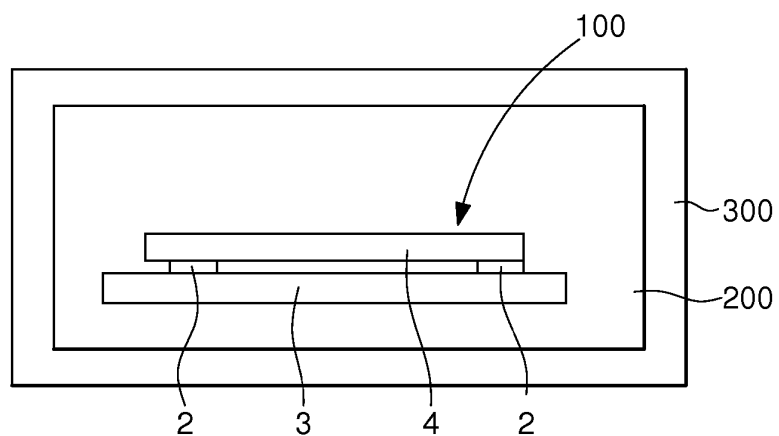


Fig. 6

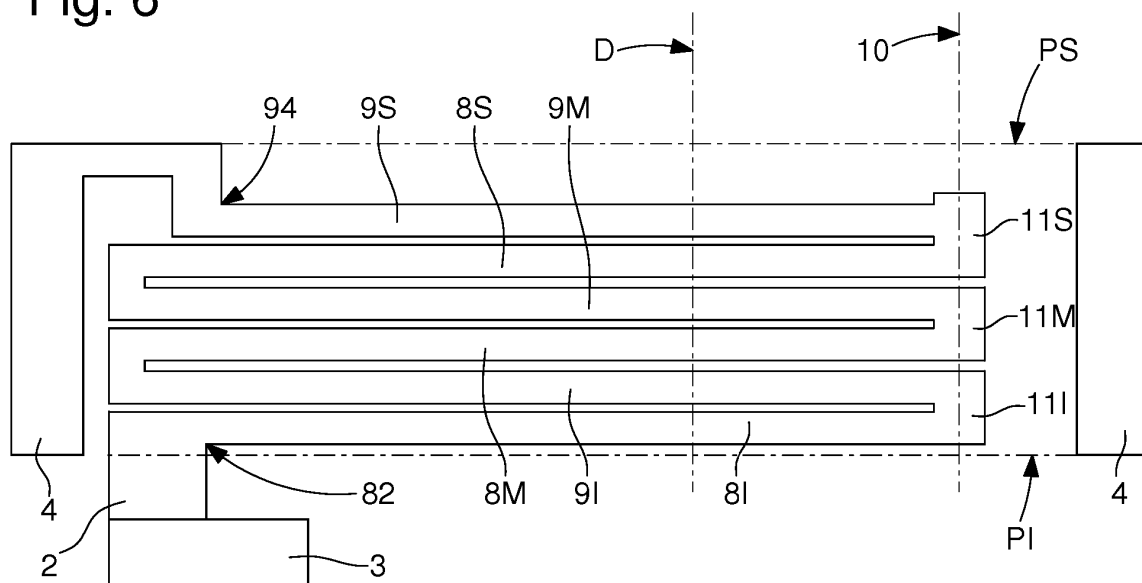


Fig. 7

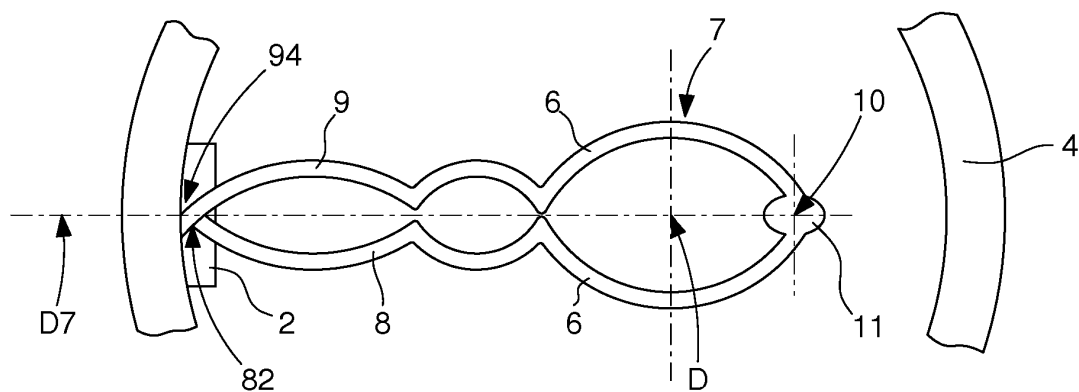


Fig. 8

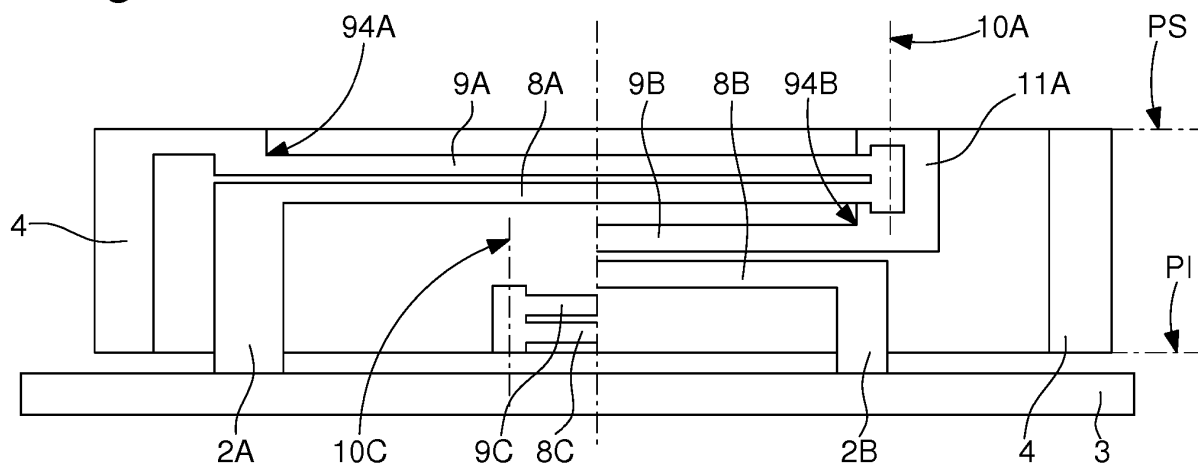


Fig. 9

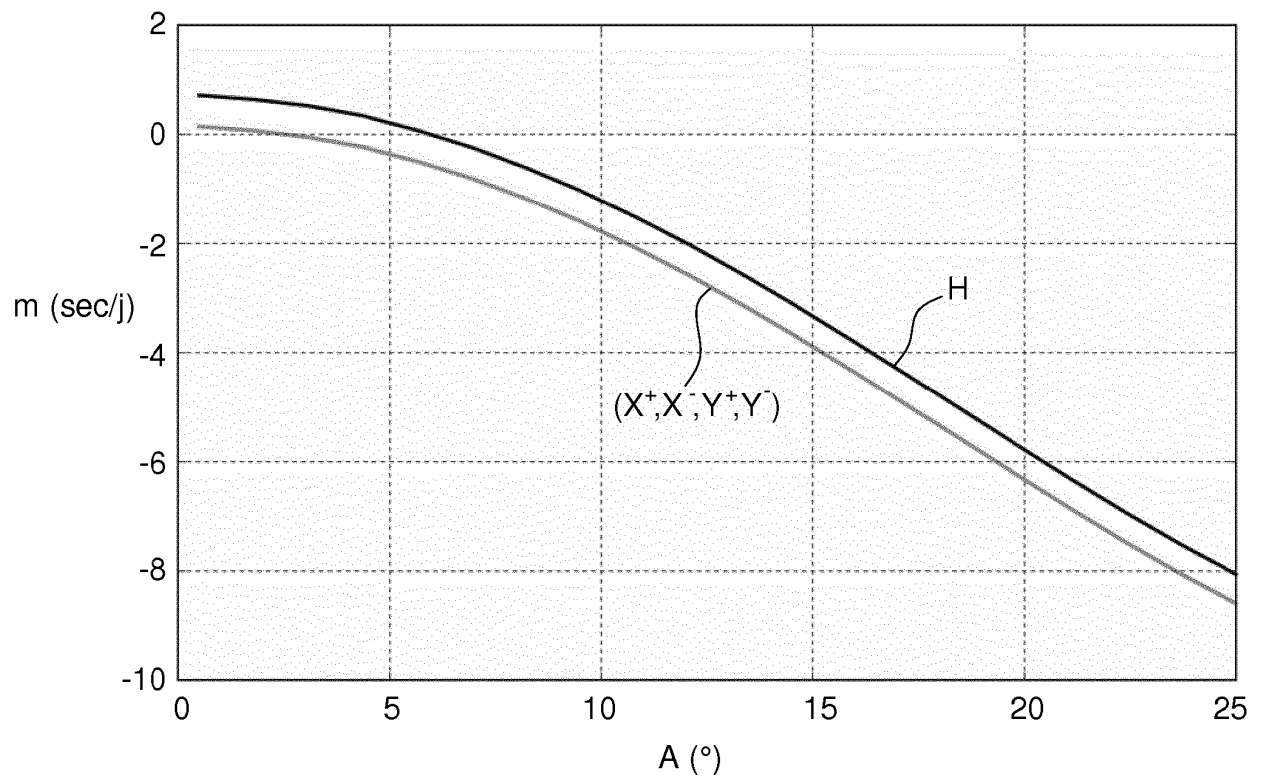


Fig. 10

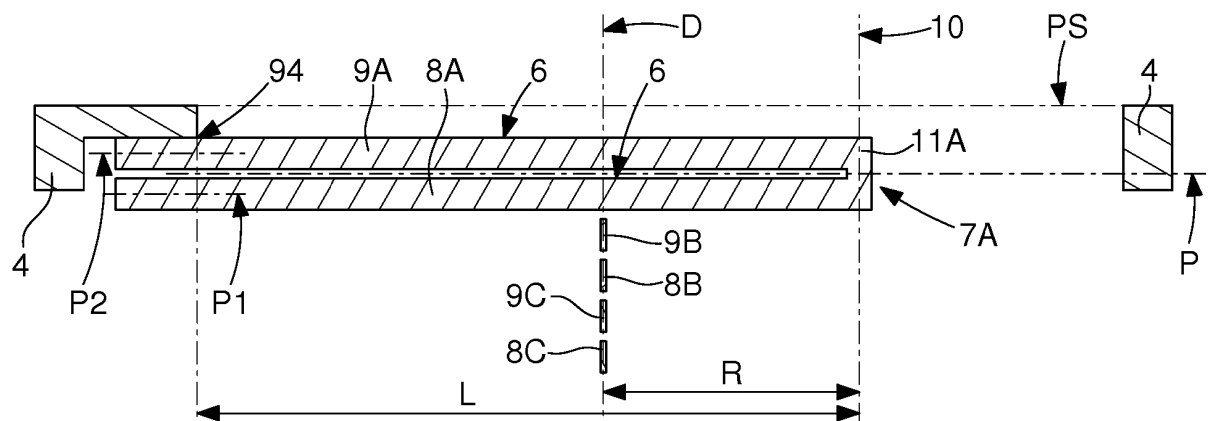


Fig. 11

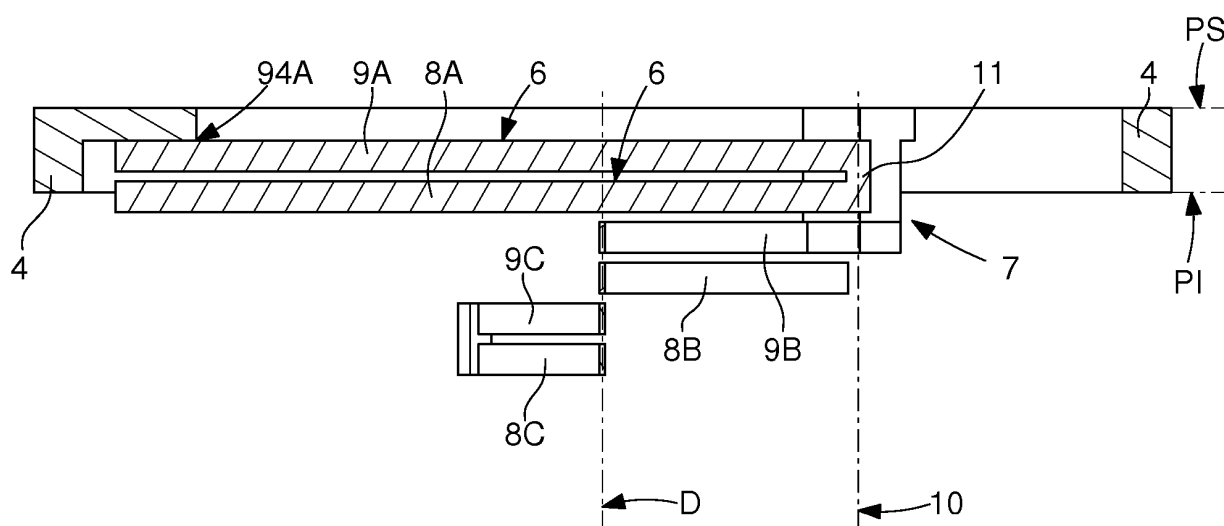
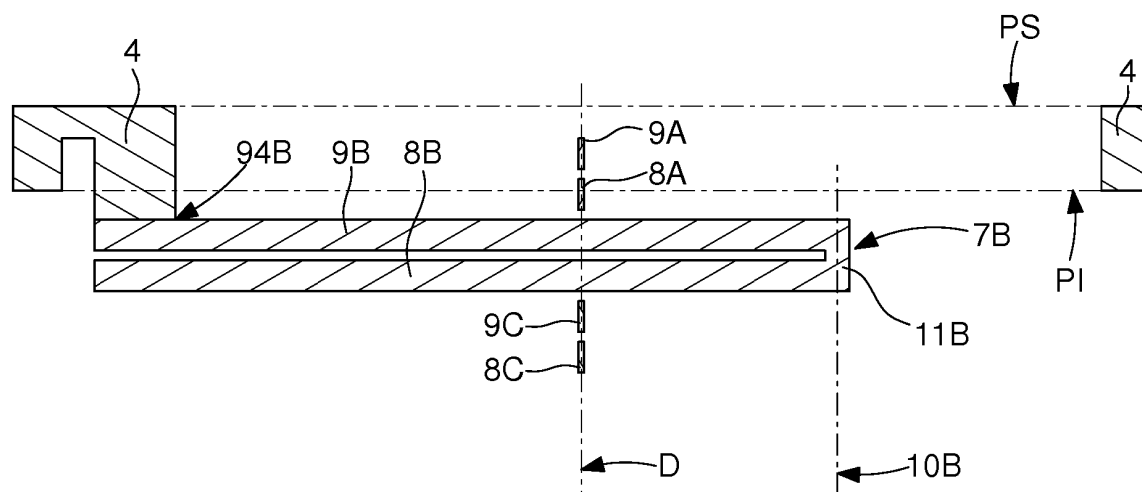


Fig. 12



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- EP 3299905 A **[0009]**
- EP 3276431 A1 **[0010]**
- US 3277394 A **[0011]**
- US 3318087 A, ROBERT FAVRE (MOVADO) **[0012]**
- EP 2911012 A1 **[0013]**
- EP 2273323 A2 **[0014]**