

(19)



(11)

EP 4 468 087 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
27.11.2024 Bulletin 2024/48

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04B 17/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **23175061.3**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04B 17/045

(22) Date de dépôt: **24.05.2023**

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

(72) Inventeurs:
 • **GEISER, SYLVAIN**
 1228 Plan-les-Ouates (CH)
 • **CHABLOZ, DAVID**
 1228 Plan-les-Ouates (CH)

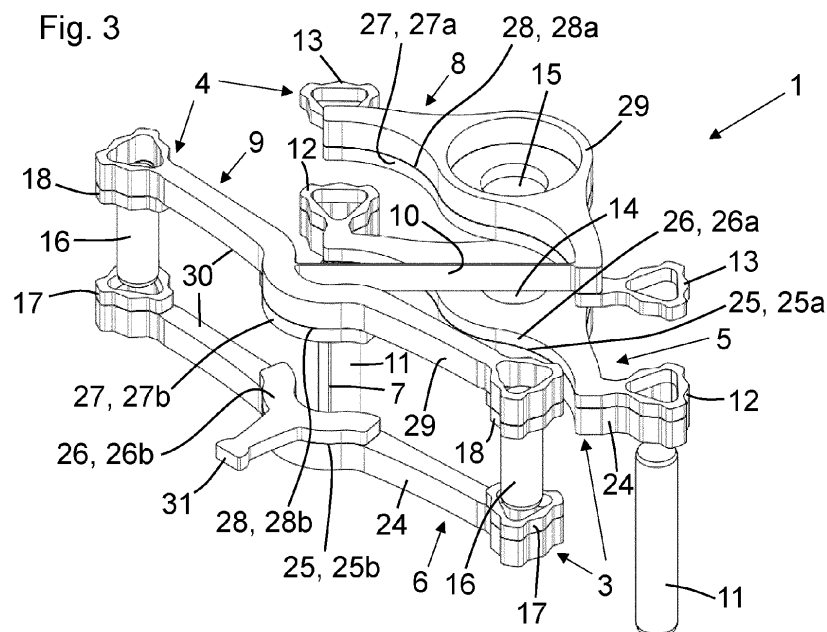
(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**
 Rue de Genève 122
 Case Postale 61
 1226 Genève-Thônex (CH)

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

(54) **COMPOSANT HORLOGER A LAMES CROISÉES SÉPARÉES ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION**

(57) Le composant horloger à lames croisées séparées (1) selon l'invention comprend un assemblage d'une première pièce (3) et d'une deuxième pièce (4) superposées. La première pièce (3) comprend des première et deuxième parties rigides (5, 6) reliées par une première lame élastique (7). La deuxième pièce (4) comprend des troisième et quatrième parties rigides (8, 9) reliées par une deuxième lame élastique (10). Les première et troisième parties rigides (5, 8) sont solidaires. Les deuxième et quatrième parties rigides (6, 9) sont solidaires. Les

première et deuxième lames élastiques (7, 10) s'étendent dans des plans parallèles et dans des directions différentes pour se croiser sans contact. Une première entretoise (25a, 26a) solidaire ou faisant partie de la première partie rigide (5) et une deuxième entretoise (25b, 26b) solidaire ou faisant partie de la deuxième partie rigide (6) assurent un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques (7, 10). Les première et deuxième entretoises (25a, 26a, 25b, 26b) sont issues de la gravure d'un même substrat.



EP 4 468 087 A1

Description

[0001] La présente invention concerne un composant horloger à lames croisées séparées tel qu'un oscillateur, une bascule ou un support pour oscillateur ou bascule, par exemple.

[0002] Les lames croisées séparées sont un type particulièrement apprécié de pivot flexible guidant en rotation autour d'un axe de rotation virtuel une partie mobile par rapport à une base destinée à être fixée sur un bâti. Les lames croisées séparées relient la partie mobile à la base en s'étendant dans deux plans parallèles et dans des directions différentes pour se croiser sans contact.

[0003] Une difficulté rencontrée lors de la fabrication d'un composant à lames croisées séparées est de faire en sorte que l'écartement des lames en hauteur soit suffisant pour qu'elles ne se touchent pas pendant le fonctionnement du composant, notamment lors de mouvements du poignet de l'utilisateur. Des contacts entre les deux lames peuvent en effet avoir pour conséquence une diminution de la précision de la montre. En outre, des chocs reçus par la montre peuvent amener les lames à se heurter et à causer des dommages.

[0004] La demande de brevet WO 2021/186333 du présent déposant propose, dans le cas d'un composant à lames croisées séparées en silicium, d'augmenter l'écartement des lames en soumettant ces dernières à plusieurs séquences d'oxydation-désoxydation. Cette solution est efficace mais elle entraîne une modification des dimensions des lames, effet qui doit être anticipé dans les calculs et qui complexifie l'étude théorique du composant. De plus, les écartements qu'il est possible d'atteindre avec cette solution sont assez faibles (de l'ordre de la dizaine de micromètres). Un autre inconvénient est la longueur du procédé, le nombre de séquences d'oxydation-désoxydation requis étant proportionnel à l'augmentation d'écartement des lames souhaitée.

[0005] Une autre solution est décrite dans la demande de brevet WO 2022/009102 du présent déposant. Elle consiste à réaliser le composant à lames croisées séparées sous la forme d'un assemblage de deux pièces superposées comprenant chacune une des lames, un étage de la base et un étage de la partie mobile, et à séparer ces deux pièces en hauteur par deux entretoises métalliques dans respectivement la base et la partie mobile, l'entretoise de la partie mobile étant constituée par un bras diamétral d'un balancier. L'inconvénient de cette solution est qu'à cause des tolérances de fabrication, il est difficile d'obtenir des entretoises qui aient la même hauteur dans la base et dans la partie mobile. Or, toute différence de hauteur entre les encastresments des lames ajoute des contraintes dans ces dernières qui peuvent affecter la précision du fonctionnement du composant et, dans le cas d'un oscillateur, engendrer des dispersions chronométriques en termes notamment de marche absolue, d'isochronisme ou d'écart de marche aux positions.

[0006] La présente invention vise à remédier, en partie

au moins, aux inconvénients susmentionnés.

[0007] A cette fin, la présente invention a pour objet un composant horloger à lames croisées séparées comprenant un assemblage d'une première pièce et d'une deuxième pièce superposées, la première pièce comprenant des première et deuxième parties rigides reliées par une première lame élastique, la deuxième pièce comprenant des troisième et quatrième parties rigides reliées par une deuxième lame élastique, les première et troisième parties rigides étant solidaires, les deuxième et quatrième parties rigides étant solidaires, les première et deuxième lames élastiques s'étendant dans des plans parallèles et dans des directions différentes pour se croiser sans contact, une première entretoise solidaire ou faisant partie de la première partie rigide et une deuxième entretoise solidaire ou faisant partie de la deuxième partie rigide assurant un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques, caractérisé en ce que les première et deuxième entretoises sont issues de la gravure d'un même substrat.

[0008] Selon un mode de réalisation particulier de l'invention, la première pièce comprend une première couche en silicium, une deuxième couche en dioxyde de silicium et une troisième couche en silicium issues de la gravure d'un substrat SOI, la première couche définissant un premier étage de la première partie rigide, un premier étage de la deuxième partie rigide et la première lame élastique, la deuxième couche définissant uniquement un deuxième étage de la première partie rigide et un deuxième étage de la deuxième partie rigide, la troisième couche définissant uniquement un troisième étage de la première partie rigide et un troisième étage de la deuxième partie rigide, les deuxième et troisième couches formant ensemble les première et deuxième entretoises.

[0009] De préférence, la deuxième pièce comprend une quatrième couche en silicium, une cinquième couche en dioxyde de silicium et une sixième couche en silicium issues de la gravure d'un substrat SOI, la quatrième couche définissant uniquement un premier étage de la troisième partie rigide et un premier étage de la quatrième partie rigide, la cinquième couche définissant uniquement un deuxième étage de la troisième partie rigide et un deuxième étage de la quatrième partie rigide, la sixième couche définissant un troisième étage de la troisième partie rigide, un troisième étage de la quatrième partie rigide et la deuxième lame élastique, les quatrième et cinquième couches servant d'entretoises assurant un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques.

[0010] Selon un autre mode de réalisation de l'invention, les première et deuxième entretoises sont des pièces assemblées entre les première et deuxième pièces.

[0011] La présente invention a aussi pour objet un oscillateur horloger comprenant un composant horloger tel que défini ci-dessus, en particulier un oscillateur horloger comprenant un assemblage d'un tel composant horloger et d'un balancier.

[0012] La présente invention a également pour objet

un procédé de fabrication d'un composant horloger à lames croisées séparées comprenant une étape d'assemblage d'une première pièce et d'une deuxième pièce superposées, la première pièce comprenant des première et deuxième parties rigides reliées par une première lame élastique, la deuxième pièce comprenant des troisième et quatrième parties rigides reliées par une deuxième lame élastique, l'assemblage étant réalisé de telle sorte que les première et troisième parties rigides soient solidaires, que les deuxième et quatrième parties rigides soient solidaires, que les première et deuxième lames élastiques s'étendent dans des plans parallèles et dans des directions différentes pour se croiser sans contact et qu'un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques soit assuré par une première entretoise solide ou faisant partie de la première partie rigide et par une deuxième entretoise solide ou faisant partie de la deuxième partie rigide, caractérisé en ce que les première et deuxième entretoises sont réalisées, avant l'étape d'assemblage, par gravure d'un même substrat.

[0013] Selon un mode de réalisation particulier, le procédé comprend, avant l'étape d'assemblage, une étape de réalisation de la première pièce par gravure d'un premier substrat SOI constituant ledit même substrat, la première pièce obtenue à la fin de cette étape de réalisation comprend une première couche en silicium, une deuxième couche en dioxyde de silicium et une troisième couche en silicium issues du premier substrat SOI, la première couche définissant un premier étage de la première partie rigide, un premier étage de la deuxième partie rigide et la première lame élastique, la deuxième couche définissant uniquement un deuxième étage de la première partie rigide et un deuxième étage de la deuxième partie rigide, la troisième couche définissant uniquement un troisième étage de la première partie rigide et un troisième étage de la deuxième partie rigide, et les deuxième et troisième couches forment ensemble les première et deuxième entretoises.

[0014] De préférence, le procédé selon l'invention comprend en outre, avant l'étape d'assemblage, une étape de réalisation de la deuxième pièce par gravure d'un deuxième substrat SOI, la deuxième pièce obtenue à la fin de cette étape de réalisation comprenant une quatrième couche en silicium, une cinquième couche en dioxyde de silicium et une sixième couche en silicium issues du deuxième substrat SOI, la quatrième couche définissant uniquement un premier étage de la troisième partie rigide et un premier étage de la quatrième partie rigide, la cinquième couche définissant uniquement un deuxième étage de la troisième partie rigide et un deuxième étage de la quatrième partie rigide, la sixième couche définissant un troisième étage de la troisième partie rigide, un troisième étage de la quatrième partie rigide et la deuxième lame élastique, les quatrième et cinquième couches servant d'entretoises assurant un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques après l'étape d'assemblage. Les premier et

deuxième substrats SOI peuvent être deux substrats différents ou un seul et même substrat SOI.

[0015] Selon un autre mode de réalisation, lors de l'étape d'assemblage les première et deuxième entretoises sont assemblées entre les première et deuxième pièces.

[0016] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue plane de dessus d'un composant horloger selon un mode de réalisation particulier de l'invention ;
- la figure 2 est une vue en perspective du composant horloger illustré à la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue en perspective éclatée du composant horloger illustré à la figure 1 ;
- la figure 4 est une vue en perspective d'un oscillateur horloger comprenant le composant illustré aux figures 1 à 3 ;
- la figure 5 est une vue de profil schématique d'un substrat de type SOI utilisé pour fabriquer le composant horloger illustré aux figures 1 à 3 ;
- la figure 6 est une vue en perspective éclatée d'un composant horloger selon un autre mode de réalisation de l'invention.

[0017] Dans tout ce qui suit, les termes « premier », « deuxième », « troisième », etc., servent uniquement à distinguer les différentes pièces ou parties concernées sans introduire de limitation en ce qui concerne l'ordre ou la manière dont ces pièces ou parties sont agencées.

[0018] En référence aux figures 1 à 4, un composant horloger 1 selon un mode de réalisation particulier de l'invention, destiné à servir de support flexible de guidage à un balancier 2, est formé d'un assemblage d'une première pièce 3 et d'une deuxième pièce 4 superposées. La première pièce 3 comprend des première et deuxième parties rigides 5, 6 reliées par une première lame élastique 7. La deuxième pièce 4 comprend des troisième et quatrième parties rigides 8, 9 reliées par une deuxième lame élastique 10. Par le terme « rigide » on entend que les parties 5, 6, 8, 9 ne se déforment sensiblement pas pendant le fonctionnement du composant 1.

[0019] Les première et troisième parties rigides 5, 8 sont en contact l'une avec l'autre et sont rendues solidaires l'une de l'autre par des goupilles 11 serrées dans des viroles d'assemblage élastiques 12, 13 des parties rigides 5, 8 ou par tout autre moyen ou technique d'assemblage approprié, tel que le brasage ou le soudage par fusion (« fusion bonding »). Les première et troisième parties rigides 5, 8 forment ensemble une base du composant horloger 1 destinée être fixée, par exemple au moyen d'une vis traversant deux trous alignés 14, 15 des parties rigides 5, 8, dans un bâti fixe ou mobile d'un mécanisme horloger.

[0020] Les deuxième et quatrième parties rigides 6, 9

sont en contact l'une avec l'autre et sont rendues solidaires l'une de l'autre par des goupilles 16 serrées dans des viroles d'assemblage élastiques 17, 18 des parties rigides 6, 9 ou par tout autre moyen ou technique d'assemblage approprié, tel que le brasage ou le soudage par fusion (« fusion bonding »). Les deuxième et quatrième parties rigides 6, 9 forment ensemble une partie mobile du composant horloger 1 suspendue à la base 5, 8 par les première et deuxième lames élastiques 7, 10 et guidée en rotation par rapport à la base 5, 8 par ces mêmes lames élastiques 7, 10 autour d'un axe de rotation virtuel A.

[0021] Les première et deuxième lames élastiques 7, 10 s'étendent dans deux plans différents parallèles et dans deux directions différentes pour se croiser en vue de dessus/dessous. Le croisement des lames élastiques 7, 10 au repos définit l'axe de rotation virtuel A, qui est perpendiculaire auxdits plans parallèles. En plus de suspendre et guider en rotation la partie mobile 6, 9, les première et deuxième lames élastiques 7, 10 exercent sur la partie mobile 6, 9 un couple de rappel élastique tendant à la ramener dans une position d'équilibre par rapport à la base 5, 8.

[0022] Conformément à l'invention, chacune des première et deuxième pièces 3, 4 est une pièce monobloc multicouche issue de la gravure d'un substrat de type SOI (Silicon On Insulator ; silicium sur isolant) comprenant une première couche de silicium, une deuxième couche de silicium et une couche intermédiaire de dioxyde de silicium liant les première et deuxième couches de silicium. La figure 5 illustre un tel substrat, 20, avec les couches de silicium désignées par 21 et 22 et la couche intermédiaire de dioxyde de silicium désignée par 23.

[0023] Plus précisément, la première pièce 3 comprend une première couche 24 en silicium, une deuxième couche 25 en dioxyde de silicium et une troisième couche 26 en silicium issues d'un substrat SOI. La première couche 24 définit un premier étage de la première partie rigide 5, un premier étage de la deuxième partie rigide 6 et la première lame élastique 7 reliant ces deux étages. La deuxième couche 25, représentée par un trait sur les figures 2 et 3 et située entre les première et troisième couches 24, 26, définit uniquement un deuxième étage de la première partie rigide 5 et un deuxième étage de la deuxième partie rigide 6. La troisième couche 26 définit uniquement un troisième étage de la première partie rigide 5 et un troisième étage de la deuxième partie rigide 6.

[0024] La deuxième pièce 4 comprend une quatrième couche 27 en silicium, une cinquième couche 28 en dioxyde de silicium et une sixième couche 29 en silicium issues d'un substrat SOI. La quatrième couche 27 est en contact avec la troisième couche 26 et définit uniquement un premier étage de la troisième partie rigide 8 et un premier étage de la quatrième partie rigide 9. La cinquième couche 28, représentée par un trait sur les figures 2 et 3 et située entre les quatrième et sixième couches 27, 29, définit uniquement un deuxième étage de la troisième

partie rigide 8 et un deuxième étage de la quatrième partie rigide 9. La sixième couche 29 définit un troisième étage de la troisième partie rigide 8, un troisième étage de la quatrième partie rigide 9 et la deuxième lame élastique 10 reliant ces troisièmes étages.

[0025] Ainsi, la première lame élastique 7 est présente uniquement dans la première couche 24 et la deuxième lame élastique 10 est présente uniquement dans la sixième couche 29, les deuxième à cinquième couches 25-28 servant d'entretoises séparant en hauteur (c'est-à-dire parallèlement à l'axe de rotation virtuel A) les lames élastiques 7, 10 d'une distance suffisante pour qu'elles ne puissent pas se toucher pendant le fonctionnement du composant 1 ou lors de chocs ou accélérations reçus par celui-ci. Plus précisément, la partie 25a, 26a des deuxième et troisième couches 25, 26 située dans la première partie rigide 5 forme une première entretoise à un encastrement des lames élastiques 7, 10 tandis que la partie 25b, 26b des deuxième et troisième couches 25, 26 située dans la deuxième partie rigide 6 forme une deuxième entretoise à l'autre encastrement des lames élastiques 7, 10. De même, la partie 27a, 28a des quatrième et cinquième couches 27, 28 située dans la troisième partie rigide 8 forme une troisième entretoise à un encastrement des lames élastiques 7, 10 tandis que la partie 27b, 28b des quatrième et cinquième couches 27, 28 située dans la quatrième partie rigide 9 forme une quatrième entretoise à l'autre encastrement des lames élastiques 7, 10.

[0026] Comme les deuxième et troisième couches 25, 26, respectivement les quatrième et cinquième couches 27, 28, formant entretoises sont réalisées avec la lame élastique 7, respectivement avec la lame élastique 10, à partir d'un substrat SOI, leur épaisseur est identique du côté de la base 5, 8 et du côté de la partie mobile 6, 9 si bien que les deux encastresments de chaque lame élastique 7, 10 sont à la même hauteur et ne provoquent pas de déformation de la lame parallèlement à l'axe de rotation virtuel A. De cette manière, on évite que la séparation des lames élastiques 7, 10 par des entretoises ne détériore la précision de fonctionnement du composant 1.

[0027] La fabrication du composant horloger 1 peut être particulièrement précise. Un substrat SOI tel que le substrat 20 illustré à la figure 5 peut être gravé sur ses deux faces en silicium par DRIE (gravure ionique réactive profonde) dans toute la profondeur des couches de silicium 21 et 22 pour former les première et troisième couches 24, 26 ou les quatrième et sixième couches 27, 29 du composant 1, jusqu'à ce que la gravure soit arrêtée par la couche intermédiaire de dioxyde de silicium 23. Tremper le substrat dans un bain d'acide fluorhydrique (HF) permet ensuite d'éliminer la couche intermédiaire de dioxyde de silicium 23 partout où elle n'est pas protégée entre deux couches de silicium, pour former la deuxième ou cinquième couche 25, 28 du composant 1. Ces techniques de DRIE et de gravure humide sont bien maîtrisées et précises.

[0028] Le substrat SOI peut être le même pour les deux

pièces 3, 4. Ainsi, les deux pièces 3, 4 peuvent être gravées simultanément, l'une à côté de l'autre, dans le même substrat SOI, soit à travers des masques différents soit à travers des masques identiques. Dans ce dernier cas, l'une des deux pièces 3, 4 est retournée après son détachement du substrat pour son assemblage avec l'autre pièce. En variante, les deux pièces 3, 4 peuvent être gravées dans des substrats SOI différents et être ensuite assemblées après leur détachement de leurs substrats respectifs.

[0029] Dans une autre variante de l'invention, seulement une des deux pièces 3, 4 est multicouche, l'autre pièce étant réalisée par gravure d'un substrat monocouche en silicium et ne présentant donc pas d'entretoise.

[0030] Les deuxième à cinquième couches 25-28 peuvent être évidées du côté de la partie mobile 6, 9, dans des zones 30, pour alléger la partie mobile 6, 9 et/ou améliorer son aérodynamisme.

[0031] Le composant 1 peut comprendre dans sa partie mobile 6, 9 un élément d'interaction 31 destiné à coopérer avec un autre composant mobile du mécanisme horloger. Dans l'exemple représenté, cet élément d'interaction 31 est un élément radial d'impulsion remplissant la fonction d'une cheville de plateau et destiné à coopérer avec une ancre d'échappement. L'élément d'interaction 31 est de préférence défini par les deuxième et troisième couches 25, 26 formant entretoises, comme représenté, ou par les quatrième et cinquième couches 27, 28 formant entretoises, ou en partie par les deuxième et troisième couches 25, 26 et en partie par les quatrième et cinquième couches 27, 28, c'est-à-dire est de préférence situé entre les deux plans parallèles dans lesquels s'étendent les lames élastiques 7, 10. Ceci permet de ne pas introduire de bras de levier susceptible de faire tanguer la partie mobile 6, 9 lorsque l'élément d'interaction 31 coopère avec le composant partenaire. Par rapport à un élément d'interaction qui serait défini par une entretoise assemblée entre les première et deuxième pièces 3, 4, la liaison entre l'élément d'interaction 31 et les lames élastiques 7, 10 est très rigide, puisqu'il n'y a pas de jeu ni de serrage à gérer au niveau de l'entretoise.

[0032] Avant leur assemblage, les première et deuxième pièces 3, 4 ou seulement leurs lames élastiques 7, 10 peuvent être revêtues d'une couche de dioxyde de silicium remplissant une fonction de renfort mécanique et/ou de compensation de la variation de la raideur des lames élastiques 7, 10 en fonction de la température. De manière plus générale, les première et deuxième pièces 3, 4 peuvent porter tout revêtement approprié.

[0033] L'écartement en hauteur des lames élastiques 7, 10 obtenu avec les deuxième à cinquième couches 25-28 est typiquement d'au moins 50 μm , de préférence d'au moins 100 μm , de préférence d'au moins 150 μm , de préférence d'au moins 200 μm , de préférence d'au moins 250 μm , de préférence d'au moins 300 μm .

[0034] La figure 4 montre un oscillateur horloger comprenant un balancier 2 assemblé à, et supporté par, la partie mobile 6, 9 du composant 1. Le terme

« balancier » s'entend de tout organe oscillant, quelle que soit sa forme, permettant en association avec un organe de rappel élastique (ici, les lames élastiques 7, 10) de servir de base de temps. Du fait qu'il est rapporté, le balancier 2 peut être réalisé dans un matériau plus dense que celui du composant 1 pour un meilleur facteur de qualité et/ou pour diminuer l'encombrement dans le plan d'oscillation. Un oscillateur pourrait toutefois être fabriqué selon l'invention avec un balancier monobloc avec la deuxième ou la quatrième partie rigide 6, 9 (c'est-à-dire gravé avec elle).

[0035] Dans le cas d'un oscillateur horloger, réaliser l'entretoise sous la forme des deuxième à cinquième couches 25-28 permet de ne pas dégrader la précision chronométrique.

[0036] Le composant horloger 1 pourrait servir de support flexible de guidage à d'autres composants qu'un balancier, par exemple à une bascule, ou pourrait lui-même être un composant remplissant, par sa partie mobile 6, 9 guidée en rotation, la fonction d'une bascule, d'un levier, d'un râteau, d'un doigt ou autre.

[0037] Un composant horloger à lames croisées séparées 1' selon un autre mode de réalisation de l'invention, pouvant remplir les mêmes fonctions et être utilisé dans les mêmes applications que le composant horloger 1, est illustré à la figure 6. Il comprend un assemblage d'une première pièce 3' et d'une deuxième pièce 4' superposées. Les première et deuxième pièces 3', 4' sont chacune monobloc, ont la même forme que les pièces 3, 4 des figures précédentes mais sont en un seul niveau. Ainsi, les première et deuxième parties rigides 5', 6' de la première pièce 3' sont réalisées dans la même épaisseur que la première lame élastique 7', par exemple par gravure (DRIE ou autre) d'un substrat monocouche ou par gravure d'une des couches de silicium d'un substrat SOI et élimination des autres couches. De même, les troisième et quatrième parties rigides 8', 9' de la deuxième pièce 4' sont réalisées dans la même épaisseur que la deuxième lame élastique 10', par exemple par gravure (DRIE ou autre) d'un substrat monocouche ou par gravure d'une des couches de silicium d'un substrat SOI et élimination des autres couches.

[0038] Les première et deuxième pièces 3', 4', donc les lames élastiques 7', 10', sont séparées en hauteur par des pièces rapportées formant des première et deuxième entretoises 32, 33. La première entretoise 32 est située entre les première et troisième parties rigides 5', 8' et est solidaire de ces dernières. La deuxième entretoise 33 est située entre les deuxième et quatrième parties rigides 6', 9' et est solidaire de ces dernières. L'ensemble des pièces 3', 4', 32, 33 est assemblé par des goupilles 11', 16' serrées dans des viroles d'assemblage élastiques 12', 13', 17', 18', 34, 35 desdites pièces 3', 4', 32, 33, mais pourrait être assemblé d'une autre manière, par exemple par brasage ou soudage par fusion.

[0039] Les première et deuxième pièces 3', 4' sont par exemple en silicium, quartz, carbure de silicium, verre, saphir, rubis ou diamant. Elles peuvent être recouvertes

d'une couche d'un autre matériau, par exemple d'une couche de dioxyde de silicium lorsqu'elles sont en silicium. Les première et deuxième pièces 3', 4' peuvent aussi être en métal ou alliage, et réalisées par exemple par LIGA ou électroérosion.

[0040] Les première et deuxième entretoises 32, 33 sont obtenues par gravure (DRIE ou autre) d'un même substrat, à travers des masques différents, et peuvent donc être considérées comme ayant exactement la même épaisseur, ce qui permet de ne pas déformer les lames élastiques 7', 10' dans la direction de la hauteur. Le substrat peut être monocouche ou de type SOI. Dans le second cas, une seule des couches de silicium est gravée pour former les entretoises 32, 33 et les autres couches sont ensuite éliminées. Les première et deuxième entretoises 32, 33 sont typiquement en silicium, quartz, carbure de silicium, verre, saphir, rubis ou diamant. Elles peuvent être recouvertes d'une couche d'un autre matériau, par exemple d'une couche de dioxyde de silicium lorsqu'elles sont en silicium. Leur matériau peut être le même que celui des première et deuxième pièces 3', 4' ou peut être différent.

[0041] Le composant horloger 1' pourrait comporter plus d'une paire d'entretoises rapportées, et pourrait en particulier comporter une deuxième paire d'entretoises superposée aux entretoises 32, 33 et issue de la gravure d'un même substrat qui pourrait être celui dans lequel ont été gravées les entretoises 32, 33 ou un autre substrat. On pourrait aussi combiner le mode de réalisation des figures 1 à 3 avec celui de la figure 6, c'est-à-dire avoir des entretoises formées avec les lames élastiques dans un substrat SOI et, en plus, des entretoises rapportées du type des entretoises 32, 33.

Revendications

1. Composant horloger à lames croisées séparées (1 ; 1') comprenant un assemblage d'une première pièce (3 ; 3') et d'une deuxième pièce (4 ; 4') superposées, la première pièce (3 ; 3') comprenant des première et deuxième parties rigides (5, 6 ; 5', 6') reliées par une première lame élastique (7 ; 7'), la deuxième pièce (4 ; 4') comprenant des troisième et quatrième parties rigides (8, 9 ; 8', 9') reliées par une deuxième lame élastique (10 ; 10'), les première et troisième parties rigides (5, 8 ; 5', 8') étant solidaires, les deuxième et quatrième parties rigides (6, 9 ; 6', 9') étant solidaires, les première et deuxième lames élastiques (7, 10 ; 7', 10') s'étendant dans des plans parallèles et dans des directions différentes pour se croiser sans contact, une première entretoise (25a, 26a ; 32) solidaire ou faisant partie de la première partie rigide (5 ; 5') et une deuxième entretoise (25b, 26b ; 33) solidaire ou faisant partie de la deuxième partie rigide (6) assurant un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques (7, 10 ; 7', 10'), **caractérisé en ce que** les première et

deuxième entretoises (25a, 26a, 25b, 26b ; 32, 33) sont issues de la gravure d'un même substrat.

2. Composant horloger selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la première pièce (3) comprend une première couche (24) en silicium, une deuxième couche (25) en dioxyde de silicium et une troisième couche (26) en silicium issues de la gravure d'un substrat SOI, la première couche (24) définissant un premier étage de la première partie rigide (5), un premier étage de la deuxième partie rigide (6) et la première lame élastique (7), la deuxième couche (25) définissant uniquement un deuxième étage de la première partie rigide (5) et un deuxième étage de la deuxième partie rigide (6), la troisième couche (26) définissant uniquement un troisième étage de la première partie rigide (5) et un troisième étage de la deuxième partie rigide (6), et **en ce que** les deuxième et troisième couches (25, 26) forment ensemble les première et deuxième entretoises (25a, 26a, 25b, 26b) .
3. Composant horloger selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** la deuxième pièce (4) comprend une quatrième couche (27) en silicium, une cinquième couche (28) en dioxyde de silicium et une sixième couche (29) en silicium issues de la gravure d'un substrat SOI, la quatrième couche (27) définissant uniquement un premier étage de la troisième partie rigide (8) et un premier étage de la quatrième partie rigide (9), la cinquième couche (28) définissant uniquement un deuxième étage de la troisième partie rigide (8) et un deuxième étage de la quatrième partie rigide (9), la sixième couche (29) définissant un troisième étage de la troisième partie rigide (8), un troisième étage de la quatrième partie rigide (9) et la deuxième lame élastique (10), et **en ce que** les quatrième et cinquième couches (27, 28) servent d'entretoises (27a, 28a, 27b, 28b) assurant un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques (7, 10).
4. Composant horloger selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce qu'il** comprend un élément d'interaction (31) destiné à coopérer avec un composant mobile partenaire, et **en ce que** cet élément d'interaction (31) est défini en partie au moins par les deuxième et troisième couches (25, 26).
5. Composant horloger selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les première et deuxième entretoises (32, 33) sont des pièces assemblées entre les première et deuxième pièces (3', 4').
6. Composant horloger selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** les première et deuxième entretoises (32, 33) sont en silicium, quartz, carbure de silicium, verre, saphir, rubis ou diamant.

7. Composant horloger selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les première et deuxième pièces (3, 4 ; 3', 4') sont assemblées par des goupilles (11, 16 ; 11', 16').
8. Composant horloger selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé en ce que** les première et deuxième pièces sont assemblées par brasage ou par soudage par fusion.
9. Oscillateur horloger comprenant un composant horloger (1 ; 1') selon l'une quelconque des revendications 1 à 8.
10. Oscillateur horloger selon la revendication 9, **caractérisé en ce qu'il** comprend un balancier (2) assemblé au composant horloger (1 ; 1').
11. Procédé de fabrication d'un composant horloger à lames croisées séparées (1 ; 1') comprenant une étape d'assemblage d'une première pièce (3 ; 3') et d'une deuxième pièce (4 ; 4') superposées, la première pièce (3 ; 3') comprenant des première et deuxième parties rigides (5, 6 ; 5', 6') reliées par une première lame élastique (7 ; 7'), la deuxième pièce (4 ; 4') comprenant des troisième et quatrième parties rigides (8, 9 ; 8', 9') reliées par une deuxième lame élastique (10 ; 10'), l'assemblage étant réalisé de telle sorte que les première et troisième parties rigides (5, 8 ; 5', 8') soient solidaires, que les deuxième et quatrième parties rigides (6, 9 ; 6', 9') soient solidaires, que les première et deuxième lames élastiques (7, 10 ; 7', 10') s'étendent dans des plans parallèles et dans des directions différentes pour se croiser sans contact et qu'un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques (7, 10 ; 7', 10') soit assuré par une première entretoise (25a, 26a ; 32) solidaire ou faisant partie de la première partie rigide (5 ; 5') et par une deuxième entretoise (25b, 26b ; 33) solidaire ou faisant partie de la deuxième partie rigide (6 ; 6'), **caractérisé en ce que** les première et deuxième entretoises (25a, 26a, 25b, 26b ; 32, 33) sont réalisées, avant l'étape d'assemblage, par gravure d'un même substrat.
12. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'il** comprend, avant l'étape d'assemblage, une étape de réalisation de la première pièce (3) par gravure d'un premier substrat SOI constituant ledit même substrat, **en ce que** la première pièce (3) obtenue à la fin de cette étape de réalisation comprend une première couche (24) en silicium, une deuxième couche (25) en dioxyde de silicium et une troisième couche (26) en silicium issues du premier substrat SOI, la première couche (24) définissant un premier étage de la première partie rigide (5), un premier étage de la deuxième partie rigide (6) et la première lame élastique (7), la deuxième cou-
- che (25) définissant uniquement un deuxième étage de la première partie rigide (5) et un deuxième étage de la deuxième partie rigide (6), la troisième couche (26) définissant uniquement un troisième étage de la première partie rigide (5) et un troisième étage de la deuxième partie rigide (6), et **en ce que** les deuxième et troisième couches (25, 26) forment ensemble les première et deuxième entretoises (25a, 26a, 25b, 26b) .
13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce qu'il** comprend, avant l'étape d'assemblage, une étape de réalisation de la deuxième pièce (4) par gravure d'un deuxième substrat SOI, **en ce que** la deuxième pièce (4) obtenue à la fin de cette étape de réalisation comprend une quatrième couche (27) en silicium, une cinquième couche (28) en dioxyde de silicium et une sixième couche (29) en silicium issues du deuxième substrat SOI, la quatrième couche (27) définissant uniquement un premier étage de la troisième partie rigide (8) et un premier étage de la quatrième partie rigide (9), la cinquième couche (28) définissant uniquement un deuxième étage de la troisième partie rigide (8) et un deuxième étage de la quatrième partie rigide (9), la sixième couche (29) définissant un troisième étage de la troisième partie rigide (8), un troisième étage de la quatrième partie rigide (9) et la deuxième lame élastique (10), et **en ce que** les quatrième et cinquième couches (27, 28) servent d'entretoises (27a, 28a, 27b, 28b) assurant un écartement en hauteur des première et deuxième lames élastiques (7, 10) après l'étape d'assemblage.
14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les premier et deuxième substrats SOI sont un seul et même substrat SOI.
15. Procédé selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** lors de l'étape d'assemblage les première et deuxième entretoises (32, 33) sont assemblées entre les première et deuxième pièces (3', 4').
16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce que** les première et deuxième entretoises (32, 33) sont réalisées en silicium, quartz, carbure de silicium, verre, saphir, rubis ou diamant.
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 16, **caractérisé en ce que** l'assemblage des première et deuxième pièces (3, 4 ; 3', 4') est réalisé au moyen de goupilles (11, 16 ; 11', 16').
18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 16, **caractérisé en ce que** l'assemblage des première et deuxième pièces est réalisé par brasage ou par soudage par fusion.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 18, **caractérisé en ce que** le composant horloger est un oscillateur.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

8

Fig. 1

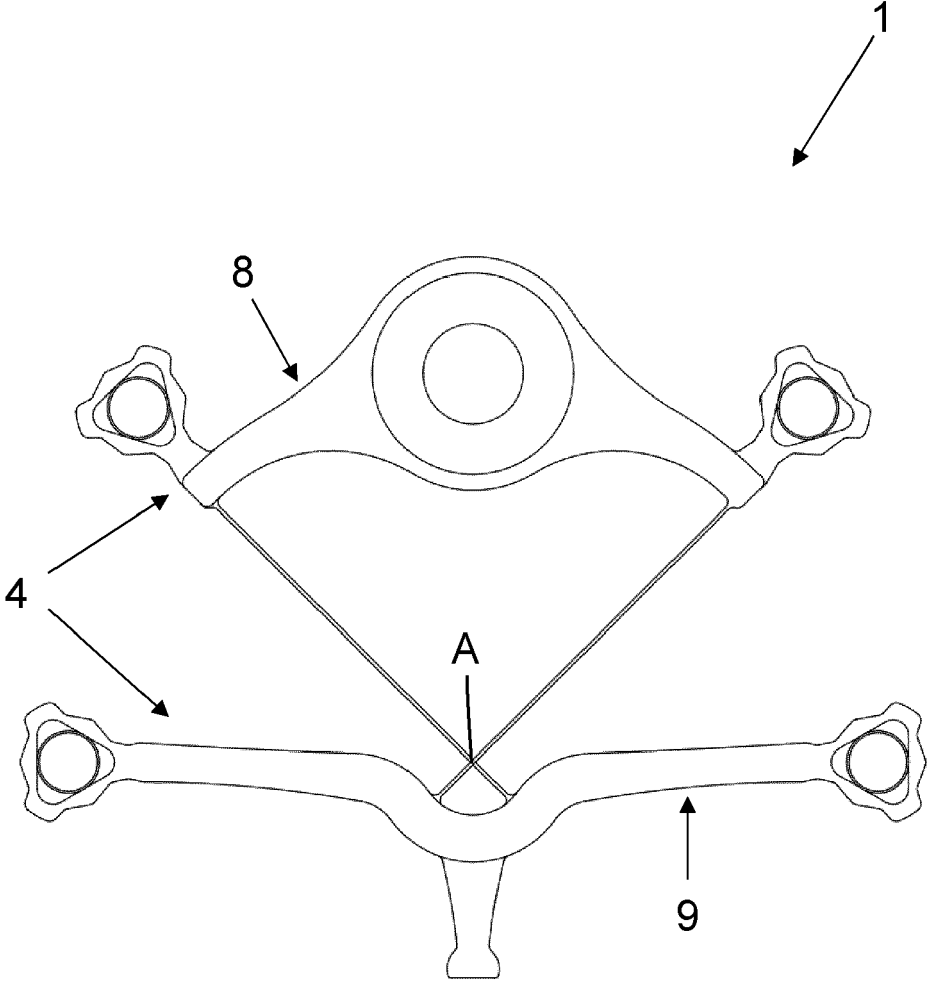


Fig. 2

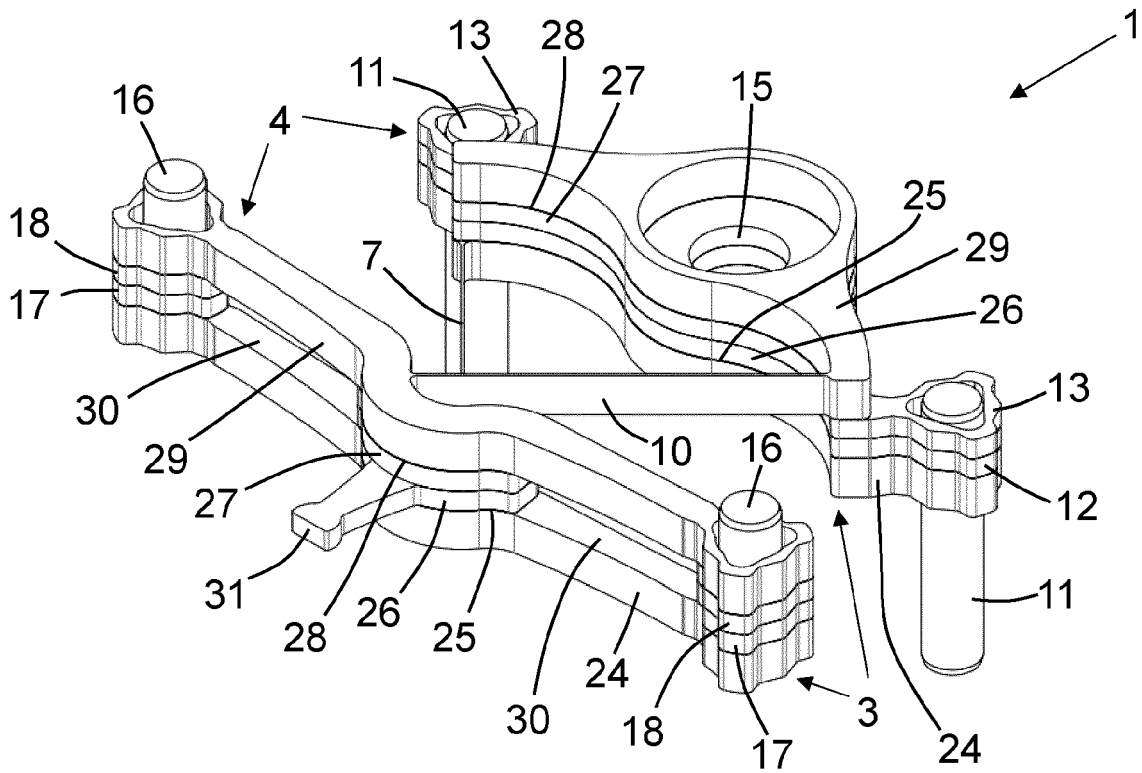


Fig. 3

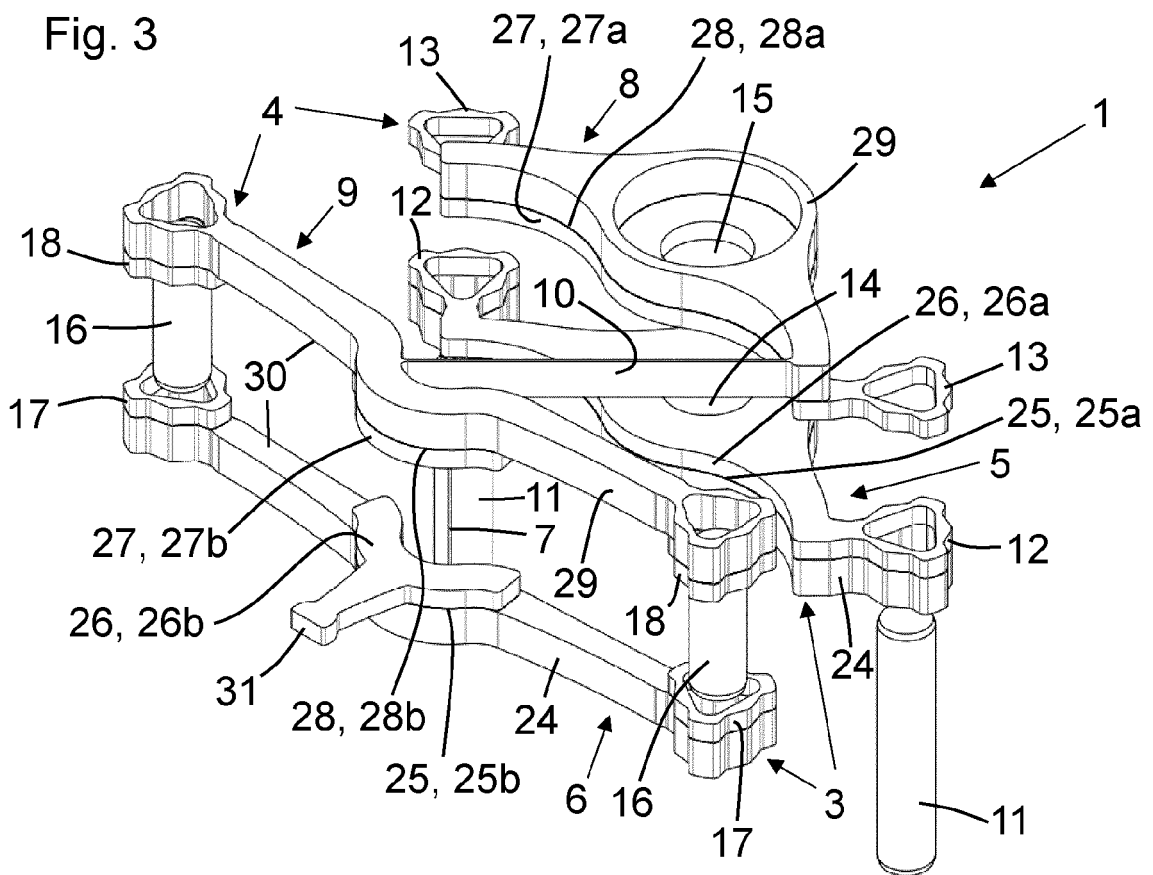


Fig. 4

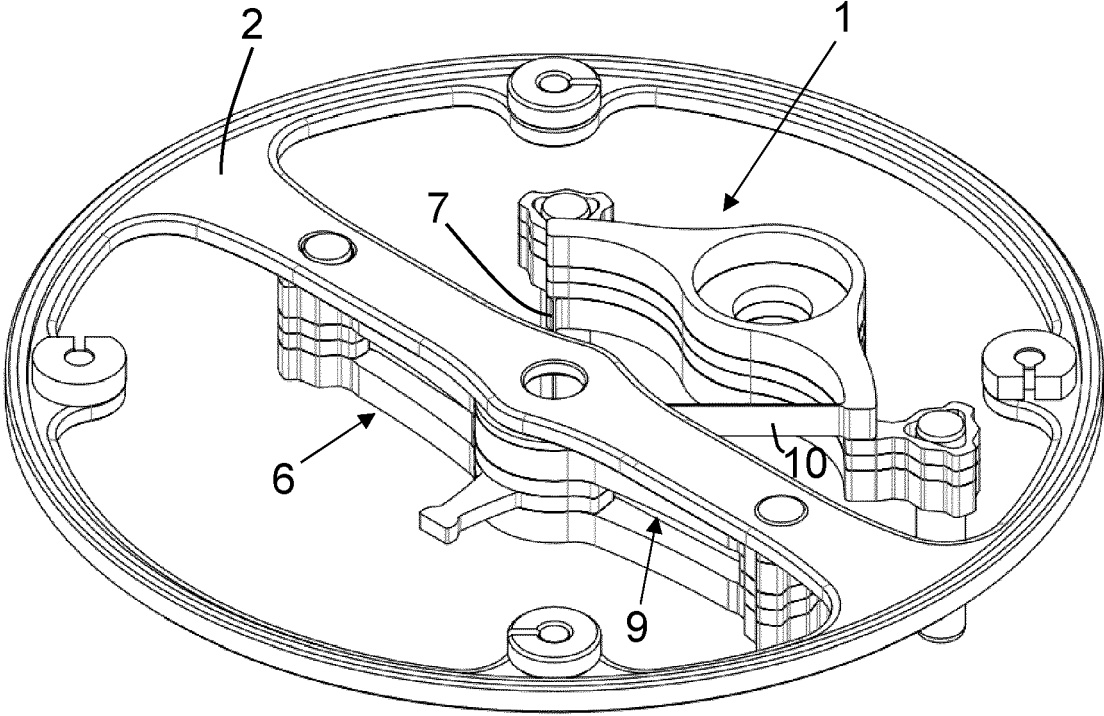


Fig. 5

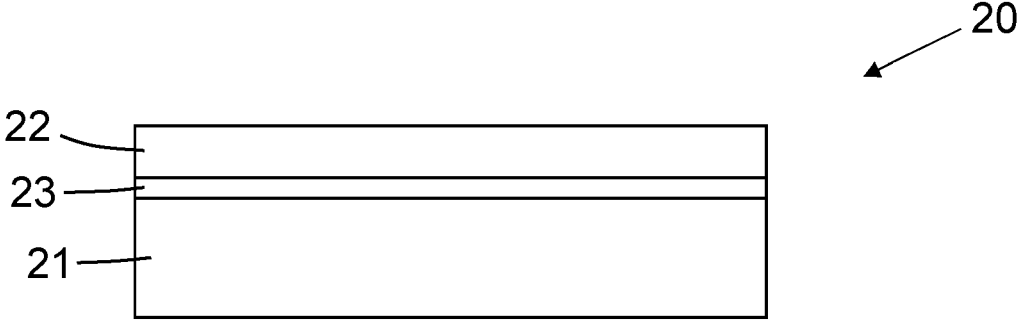
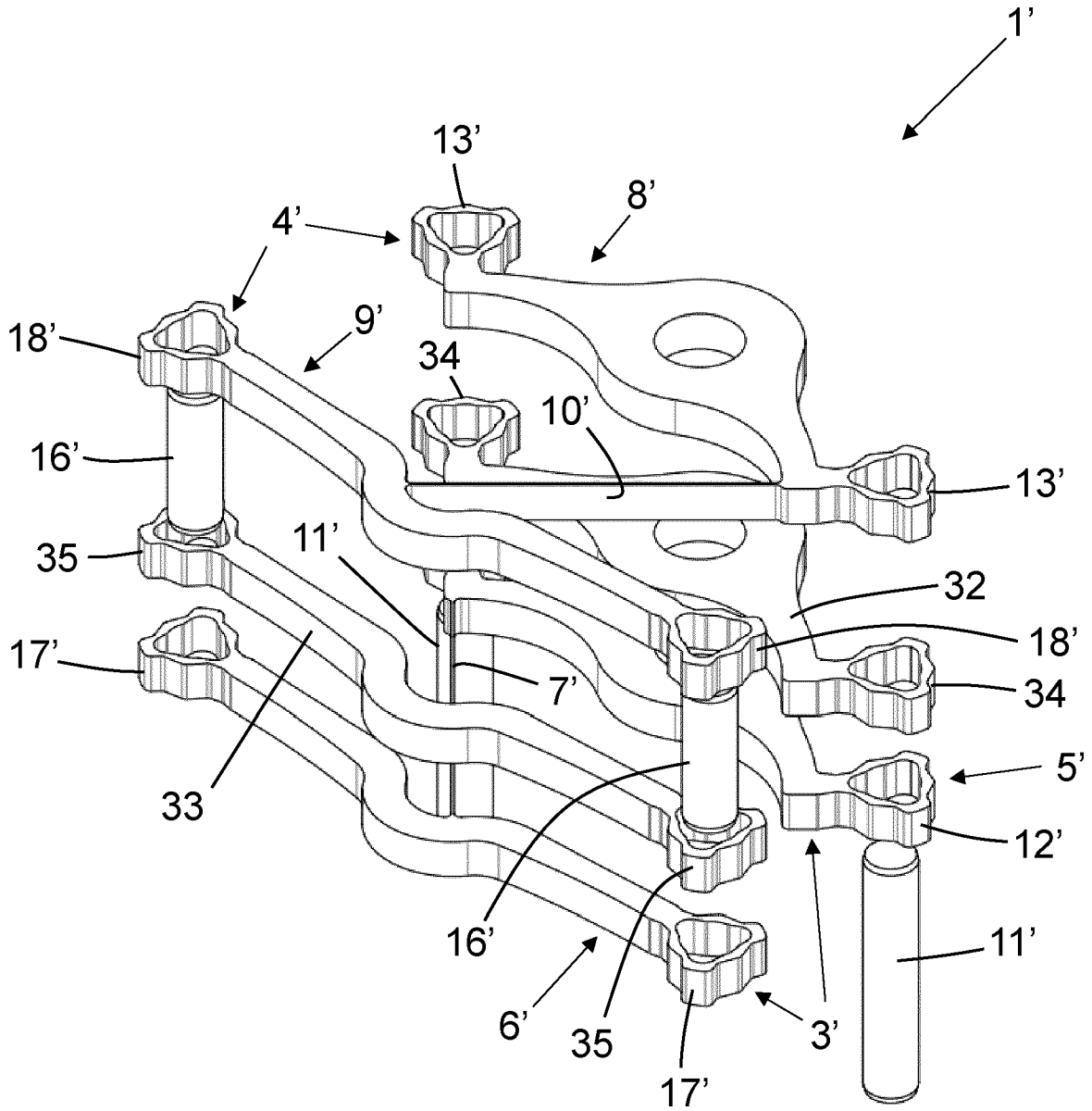


Fig. 6





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 23 17 5061

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X A	EP 3 882 714 A1 (PATEK PHILIPPE SA GENEVE [CH]) 22 septembre 2021 (2021-09-22) * alinéas [0014] - [0019]; figures 1, 4 *	1, 5, 6, 9, 10 2-4, 7, 8, 11	INV. G04B17/04
X A	EP 3 326 963 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 30 mai 2018 (2018-05-30) * pages 54, 78, 79; figures 12-14, 27 *	1, 5, 6, 9, 10 2-4, 7, 8, 11	
X A	EP 2 998 800 A2 (PATEK PHILIPPE SA GENÈVE [CH]) 23 mars 2016 (2016-03-23) * alinéa [0033]; figure 10 *	11, 15, 16, 19 1-10, 12-14, 17, 18	
X A	EP 3 451 080 A1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 6 mars 2019 (2019-03-06) * alinéa [0031]; figure 2 *	11, 15, 16, 19 1-10, 12-14, 17, 18	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 29 septembre 2023	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	

1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 23 17 5061

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.

29-09-2023

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication	
EP 3882714	A1	22-09-2021	CA	3169146 A1	23-09-2021
			CH	718590 B1	31-07-2023
			CN	115280247 A	01-11-2022
			EP	3882714 A1	22-09-2021
			EP	4052098 A1	07-09-2022
			JP	2023519197 A	10-05-2023
			KR	20220149616 A	08-11-2022
			WO	2021186333 A1	23-09-2021

EP 3326963	A1	30-05-2018	CH	713151 A2	31-05-2018
			CN	108089426 A	29-05-2018
			EP	3326963 A1	30-05-2018
			HK	1255199 A1	09-08-2019
			JP	6484691 B2	13-03-2019
			JP	2018084577 A	31-05-2018
			US	2018143591 A1	24-05-2018

EP 2998800	A2	23-03-2016	EP	2998800 A2	23-03-2016
			EP	3457221 A2	20-03-2019
			HK	1220013 A1	21-04-2017

EP 3451080	A1	06-03-2019	CH	713960 A2	15-01-2019
			CN	109212943 A	15-01-2019
			EP	3425458 A1	09-01-2019
			EP	3451080 A1	06-03-2019
			JP	6546323 B2	17-07-2019
			JP	2019015731 A	31-01-2019
			US	2019011887 A1	10-01-2019
			US	2021223741 A1	22-07-2021

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

- WO 2021186333 A [0004]
- WO 2022009102 A [0005]