(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 485 095 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
19.06.2013 Bulletin 2013/25

(51) Int Cl.:
G04B 17/06 *(2006.01)* ***G04D 3/00*** *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **12164386.0**

(22) Date de dépôt: **13.03.2009**

(54) **Balancier composite**

Unruh von Kompositmaterialen

Composite balance

(84) Etats contractants désignés:
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 SE SI SK TR

(30) Priorité: **20.03.2008 EP 08153093**

(43) Date de publication de la demande:
08.08.2012 Bulletin 2012/32

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s) initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
09721945.5 / 2 257 855

(73) Titulaire: **Nivarox-FAR S.A.**
2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeurs:
- **Bühler, Pierre-André**
  2534 Orvin (CH)
- **Verardo, Marco**
  2336 Les Bois (CH)
- **Conus, Thierry**
  2543 Lengnau (CH)
- **Thiébaud, Jean-Philippe**
  1588 Cudrefin (CH)
- **Peters, Jean-Bernard**
  2542 Pieterlen (CH)
- **Cusin, Pierre**
  1423 Villars-Burquin (CH)

(74) Mandataire: **Couillard, Yann Luc Raymond et al**
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 732 635 **FR-A- 1 301 938**
GB-A- 1 083 209 **GB-A- 2 416 408**

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).

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

EP 2 485 095 B1

Description

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention se rapporte à un balancier et son procédé de fabrication et, plus particulièrement, à un balancier composite.

ARRIERE PLAN DE L'INVENTION

[0002] L'organe régulateur d'une pièce d'horlogerie comporte généralement un volant d'inertie appelé balancier et un résonateur appelé spiral. Ces pièces sont déterminantes pour la qualité de marche de la pièce d'horlogerie. En effet, elles régulent le mouvement, c'est-à-dire qu'elles contrôlent la fréquence du mouvement.

[0003] Le balancier et le spiral sont de nature différente ce qui rend extrêmement complexe la mise au point de l'organe régulateur, qui comprend les fabrications propres du balancier et du spiral ainsi que leur assemblage sensiblement en résonance.

[0004] Le balancier notamment a ainsi été fabriqué dans divers matériaux sans que les difficultés d'isochronisme liées à l'influence d'un changement de température de l'organe régulateur dont il dépend, ne disparaissent.

[0005] GB 2 416 408 décrit un balancier composite selon le préambule de la revendication 1.

RESUME DE L'INVENTION

[0006] Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un balancier composite dont les caractéristiques en fonction de la température sont plus facilement ajustables et qui est obtenu à l'aide d'un procédé de fabrication qui comporte moins d'étapes.

[0007] A cet effet, l'invention se rapporte à un balancier composite tel que défini dans la revendication 1.

[0008] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention :

- ladite au moins une partie supplémentaire est montée sur une des faces principales de la serge ce qui permet d'amplifier l'ajustement d'inertie ;
- ladite au moins une partie supplémentaire est montée dans un évidement réalisé dans une des faces principales de la serge ;
- ladite au moins une partie supplémentaire fait saillie d'une des faces principales de la serge ;
- ladite au moins une partie supplémentaire comporte une succession de plots écartés à intervalle régulier pour compenser la dilatation thermique de ladite au moins un partie supplémentaire ;
- ladite au moins une partie supplémentaire est formée à partir d'un matériau métallique comme de l'or qui possède une densité très supérieure à celle du silicium ;
- le moyeu comporte au moins une deuxième partie supplémentaire destinée à recevoir par chassage l'axe de balancier ;
- ladite au moins une deuxième partie supplémentaire est montée sur une des faces principales du moyeu ;
- ladite au moins une deuxième partie supplémentaire est montée dans un évidement réalisé dans une des faces principales du moyeu ;
- ladite au moins une deuxième partie supplémentaire fait saillie d'une des faces principales du moyeu ;
- ladite au moins une deuxième partie supplémentaire est sensiblement en forme de cylindre ;
- ladite au moins une deuxième partie supplémentaire est formée à partir d'un matériau métallique

[0009] ledit au moins un bras est élancé afin d'autoriser sa déformation axiale et/ou radiale en cas de choc transmis sur le balancier.

[0010] L'invention se rapporte également à une pièce d'horlogerie **caractérisée en ce qu'**elle comporte un balancier conforme à l'une des variantes précédentes.

DESCRIPTION SOMMAIRE DES DESSINS

[0011] D'autres particularités et avantages ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- les figures 1 et 2 représentent des vues des étapes successives du procédé selon un premier mode de réalisation ;
- les figures 3 à 5 représentent des vues des étapes successives du procédé selon un deuxième mode de réalisation ;
- les figures 6 et 7 sont des représentations en perspective d'un balancier composite selon un premier mode de réalisation ;
- les figures 8 et 9 sont des représentations en perspective d'un balancier composite selon un deuxième mode de réalisation ;
- la figure 10 représente un schéma fonctionnel du procédé selon l'invention.

DESCRIPTION DETAILLEE DES MODES DE REALISATION PREFERES

[0012] L'invention se rapporte à un procédé généralement annoté 1 et qui est destiné à fabriquer un balancier 45, 45' pour un mouvement de pièce d'horlogerie. Comme illustré aux figures 1 à 5 et 10, le procédé 1 comporte des étapes successives destinées à former au moins un type de balancier composite, c'est-à-dire qui est formé préférentiellement par deux matériaux différents, comme par exemple, du silicium et du métal.

[0013] En référence aux figures 1, 3 et 10, la première étape 3 consiste à se munir d'un substrat 21 comportant une couche de silicium. Préférentiellement dans cette

étape 3, le substrat 21 est choisi afin que, comme visible aux figures 1 et 3, son épaisseur corresponde sensiblement à l'épaisseur souhaitée de la partie en silicium du balancier 45, 45'. Ainsi, l'épaisseur du substrat 21 peut être, par exemple, comprise entre 100 et 400 μm.

[0014] Avantageusement selon l'invention, après la première étape 3, le procédé 1 peut comporter deux modes de réalisation 19, 20 comme illustré à la figure 10.

[0015] Selon un premier mode de réalisation 19, dans une deuxième étape 5, comme visible à la figure 1, le procédé 1 comporte la mise en oeuvre d'un processus du type LIGA (également connu par les termes allemands « röntgenLIthographie, Galvanoformung & Abformung ») comportant une succession d'étapes permettant d'électrodéposer, selon une forme particulière, un métal sur le substrat 21 à l'aide d'une résine sélectivement photostructurée. Ce processus du type LIGA étant très connu, il ne sera pas d'avantage détaillé ci-après. Cependant, Préférentiellement, le métal déposé peut être, par exemple, de l'or ou du nickel ou bien encore un de leurs alliages.

[0016] Dans l'exemple illustré à la figure 1, l'étape 5 peut consister à déposer un anneau crénelé 23 et/ou un cylindre 25. Dans l'exemple illustré à la figure 1, l'anneau 23 comporte une série de plots 22 sensiblement en arc de cercle et est destiné à, avantageusement, augmenter la masse du futur balancier 45. En effet, un des avantages du silicium est sa faible sensibilité aux variations de température. Cependant, il possède l'inconvénient d'avoir une faible densité.

[0017] Par conséquent, une première caractéristique de l'invention consiste donc à augmenter la masse du balancier 45 à l'aide de métal obtenu par électrodéposition afin d'augmenter l'inertie du futur balancier 45. Toutefois, afin de garder les avantages du silicium, le métal déposé sur le substrat 21 comporte un écartement entre chaque plot 22 apte à compenser les dilatations thermiques de l'anneau 23 en évitant de transmettre au silicium les contraintes liées à ces dilatations.

[0018] Dans l'exemple illustré à la figure 1, le cylindre 25 est destiné à recevoir, avantageusement, par chassage un axe de balancier. En effet, un autre inconvénient du silicium réside dans ses très faibles zones élastique et plastique ce qui le rend très cassant. Une autre caractéristique de l'invention consiste donc à réaliser le serrage de l'axe de balancier non pas contre le silicium mais sur le diamètre intérieur 24 du cylindre métallique 25 électrodéposé lors de l'étape 5.

[0019] Avantageusement selon le procédé 1, le cylindre 25 obtenu par électrodéposition laisse toute liberté quant à sa géométrie. Ainsi, notamment, le diamètre intérieur 24 n'est pas forcément circulaire mais, par exemple, polygonal ce qui pourrait permettre d'améliorer la transmission d'effort en rotation avec un axe de forme correspondante.

[0020] Dans une troisième étape 7, visible à la figure 2, des cavités 26 à 34 sont sélectivement gravées, par exemple, par un procédé de gravure ionique réactive profonde (également connu sous l'acronyme anglais DRIE), dans le substrat 21 en silicium.

[0021] Préférentiellement, les cavités 26 à 34 permettent de former le motif 35 du futur balancier 45. Comme illustré dans l'exemple de la figure 2, le motif 35 obtenu comporte une serge 37 reliée au moyeu 39 par quatre bras 40 à 43. Cependant, avantageusement selon le procédé 1, la gravure sur le substrat 21 laisse toute liberté sur la géométrie du motif 35. Ainsi, notamment, le nombre et la géométrie des bras peuvent être différents tout comme la jante n'est pas forcément circulaire mais, par exemple, elliptique. De plus, les bras peuvent être plus élancés afin d'autoriser leur déformation axiale et/ou radiale en cas de choc transmis sur le balancier 45.

[0022] Il faut également noter que la cavité 34 réalisée dans le moyeu 39 forme avec le diamètre intérieur 24 du cylindre métallique 25 un espace creux apte à recevoir un axe. On note enfin que des ponts de matières 36 sont formés afin de maintenir le motif 35 au substrat 21.

[0023] Selon le mode de réalisation 19, le procédé 1 se termine par la l'étape finale 9 consistant à libérer du substrat 21 le balancier 45 fabriqué. Avantageusement, l'étape 9 est simplement réalisée en fournissant un effort au balancier 45 apte à casser ses ponts de matière 36. Cet effort peut, par exemple, être généré par usinage ou manuellement par un opérateur.

[0024] A la suite de l'étape finale 9, comme illustré dans l'exemple des figures 6 et 7, on obtient donc un balancier 45 formé principalement en silicium avec une ou deux parties 23, 25 en métal. On comprend donc que le balancier 45 est du type composite en ce qu'il comporte au moins deux types de matière et monobloc en que l'élément 35 et les éléments 23 et/ou 25 sont indissociables sous peine de destruction. Le balancier 45 comprend un moyeu 39 raccordé radialement à la serge 37 par quatre bras 40, 41, 42 et 43. Le moyeu 39 est, avantageusement, également raccordé axialement au cylindre 25 métallique et la serge 37 comporte, sur une partie d'une de ses faces principales, l'anneau crénelé 23.

[0025] Selon un second mode de réalisation 20, le procédé 1 comporte une deuxième étape 11, comme visible à la figure 3, dans laquelle des cavités 38 et/ou 44 sont sélectivement gravées, par exemple, par un procédé du type DRIE, dans une partie de l'épaisseur du substrat 21 en silicium. Ces cavités 38, 44 permettent de former des évidements aptes à servir de contenant pour au moins une partie métallique 23', 25'. Comme dans l'exemple illustré à la figure 3, les cavités 38 et 44 obtenues peuvent être respectivement en forme d'anneau et de disque.

[0026] Avantageusement selon le procédé 1, les cavités 38 et/ou 44 obtenues par gravage laisse toute liberté quant à leur géométrie. Ainsi, notamment, les cavités 38 et/ou 44 ne sont pas forcément circulaires mais, par exemple, polygonales.

[0027] Dans une troisième étape 13, comme illustré à la figure 4, le procédé 1 comporte la mise en oeuvre d'un processus du type croissance galvanique ou du type LIGA permettant de combler les cavités 38 et/ou 44 selon

une forme métallique particulière. Préférentiellement, le métal déposé peut être, par exemple, de l'or ou du nickel ou bien encore un de leurs alliages.

[0028] Dans l'exemple illustré à la figure 4, l'étape 13 peut consister à déposer un anneau crénelé 23' dans la cavité 38 et/ou un cylindre 25' dans la cavité 44. De plus, dans l'exemple illustré à la figure 4, l'anneau 23' comporte une série de plots 22' sensiblement en arc de cercle et est destinée à, avantageusement, augmenter la masse du futur balancier 45'. En effet, comme déjà expliqué ci-dessus, un inconvénient du silicium réside dans sa faible densité.

[0029] Ainsi, comme pour le mode de réalisation 19, une caractéristique de l'invention consiste donc à augmenter la masse du balancier 45' à l'aide de métal obtenu par électrodéposition ce qui permet d'augmenter l'inertie du futur balancier 45'. Toutefois, afin de garder les avantages du silicium, le métal déposé sur le substrat 21 comporte un écartement entre chaque plot 22' apte à compenser les dilatations thermiques de l'anneau 23' en évitant de transmettre au silicium les contraintes liées à ces dilatations.

[0030] Dans l'exemple illustré à la figure 4, le cylindre 25' est destiné à recevoir, avantageusement, par chassage un axe de balancier. En effet, comme déjà expliqué ci-dessus, une autre caractéristique avantageuse selon l'invention consiste à réaliser le serrage de l'axe de balancier non pas contre le silicium mais sur le diamètre intérieur 24' du cylindre métallique 25' électrodéposé lors de l'étape 13. Avantageusement selon le procédé 1, le cylindre 25' obtenu par électrodéposition laisse toute liberté quant à sa géométrie. Ainsi, notamment, le diamètre intérieur 24' n'est pas forcément circulaire mais, par exemple, polygonal ce qui pourrait permettre d'améliorer la transmission d'effort en rotation avec un axe de forme correspondante.

[0031] Préférentiellement, le procédé 1 peut comporter, dans une quatrième étape 15, comme illustré en traits interrompus à la figure 10, consistant à polir le ou les dépôts métalliques 23', 25' réalisés lors de l'étape 13 afin de les rendre plans.

[0032] Dans une cinquième étape 17, visible à la figure 5, des cavités 26' à 34' sont sélectivement gravées, par exemple, par un procédé de gravure ionique réactive profonde dans le substrat 21 en silicium.

[0033] Préférentiellement, les cavités 26' à 34' permettent de former le motif 35' du futur balancier 45'. Comme illustré dans l'exemple de la figure 5, le motif 35' obtenu comporte une serge 37' reliée au moyeu 39' par quatre bras 40' à 43'. Cependant, avantageusement selon le procédé 1, la gravure sur le substrat 21 laisse toute liberté sur la géométrie du motif 35'. Ainsi, notamment, le nombre et la géométrie des bras peuvent être différents tout comme la jante n'est pas forcément circulaire mais, par exemple, elliptique. De plus, les bras peuvent être plus élancés afin d'autoriser leur déformation axiale et/ou radiale en cas de choc transmis sur le balancier 45'.

[0034] Il faut également noter que la cavité 34' réalisée dans le moyeu 39' forme avec le diamètre intérieur 24' du cylindre métallique 25' un espace creux apte à recevoir un axe. On note enfin que des ponts de matières 36' sont formés afin de maintenir le motif 35' au substrat 21.

[0035] Le mode de réalisation 20 se termine comme le mode de réalisation 19, c'est-à-dire par l'étape finale 9 consistant à libérer du substrat 21 le balancier 45' fabriqué. Avantageusement, l'étape 9 est simplement réalisée en fournissant un effort au balancier 45' apte à casser ses ponts de matière 36'. Cet effort peut, par exemple, être généré par usinage ou manuellement par un opérateur.

[0036] A la suite de l'étape finale 9, comme illustré dans l'exemple des figures 8 et 9, on obtient donc un balancier 45' formé principalement en silicium avec une ou deux parties 23', 25' en métal. On comprend donc que le balancier 45' est du type composite en ce qu'il comporte au moins deux types de matière et monobloc en que l'élément 35' et les éléments 23' et/ou 25' sont indissociables sous peine de destruction. Le balancier 45' comprend un moyeu 39' raccordé radialement à la serge 37' par quatre bras 40', 41', 42' et 43'. Le moyeu 39' comporte, avantageusement, également le cylindre 25' métallique. Enfin, la serge 37' comporte l'anneau crénelé 23'.

[0037] Avantageusement selon le procédé 1 de l'invention expliqué ci-dessus, on comprend également qu'il est possible que plusieurs balanciers 45, 45' puissent être réalisés sur le même substrat 21 ce qui autorise une production en série.

[0038] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, le moyeu 39, 39' selon le mode de réalisation 19, 20 peut ne pas comprendre de cylindre 25, 25' métallique de chassage. Le cylindre 25, 25' pourrait alors, par exemple, être remplacé par des moyens élastiques gravés dans le moyeu 39, 39' en silicium pouvant prendre la forme de ceux divulgués dans les figures 10A à 10E du brevet EP 1 655 642 ou ceux divulgués dans les figures 1, 3 et 5 du brevet EP 1 584 994.

[0039] Il est également possible que les parties métalliques 25, 25' électrodéposées selon les modes de réalisation 19 et 20 soient interverties, c'est-à-dire que la partie en saillie 25 du mode 19 soit remplacée par la partie intégrée 25' du mode 20 ou inversement (ce qui ne nécessite qu'une adaptation minime du procédé 1) ou même que la partie 25' intégrée dans le moyeu fasse saillie du substrat 21.

[0040] Selon un raisonnement similaire, il est également possible que les parties métalliques 23, 23' électrodéposées dans les modes de réalisation 19 et 20 soient interverties, c'est-à-dire que la partie en saillie 23 du mode 19 soit remplacée par la partie intégrée 23' du mode 20 ou inversement ou même que la partie 23' intégrée dans la serge fasse saillie du substrat 21.

[0041] De plus, avantageusement, le procédé 1 peut prévoir en outre, a posteriori de l'étape de libération 9,

une étape d'adaptation de l'inertie du balancier 45, 45'. Une telle étape pourrait alors consister à graver, par exemple par laser, des évidements réalisés sur la paroi périphérique de la serge 37, 37' et/ou sur une des parties métalliques 23, 23' électrodéposées. De manière inverse, des structures réglantes du type masselotte peuvent également être envisagées afin d'augmenter l'inertie du balancier 45, 45'.

[0042] Enfin, une étape de polissage du type de l'étape 15 peut également être réalisée entre l'étape 5 et l'étape 7.

Revendications

1. Balancier composite (45, 45') formé dans une couche (21) de matériau à base de silicium et comportant un moyeu (39, 39') relié à une serge (37, 37') par au moins un bras (40, 41, 42, 43), la serge (37, 37') comportant au moins une partie supplémentaire de plus grande densité que ledit matériau à base de silicium permettant d'augmenter l'inertie dudit balancier **caractérisé en ce que** ladite partie supplémentaire est sensiblement en forme d'anneau crénelé (23, 23').

2. Balancier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite au moins une partie supplémentaire (23) est montée sur une des faces principales de la serge (37).

3. Balancier selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite au moins une partie supplémentaire (23') est montée dans un évidement (38) réalisé dans une des faces principales de la serge (37).

4. Balancier selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** ladite au moins une partie supplémentaire (23') fait saillie d'une des faces principales de la serge (37).

5. Balancier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'anneau crénelé (23, 23') comporte une succession de plots (22, 22') écartés à intervalle régulier pour compenser la dilatation thermique de ladite au moins un partie supplémentaire (23, 23').

6. Balancier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite au moins une partie supplémentaire (23, 23') est formée à partir d'un matériau métallique.

7. Balancier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le moyeu (39, 39') comporte au moins une deuxième partie supplémentaire (25, 25') destinée à recevoir par chassage l'axe de balancier.

8. Balancier selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ladite au moins une deuxième partie supplémentaire (25) est montée sur une des faces principales du moyeu (39).

9. Balancier selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** ladite au moins une deuxième partie supplémentaire (25') est montée dans un évidement (44) réalisé dans une des faces principales du moyeu (39).

10. Balancier selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** ladite au moins une deuxième partie supplémentaire (25') fait saillie d'une des faces principales du moyeu (39).

11. Balancier selon l'une des revendications 7 à 10, **caractérisé en ce que** ladite au moins une deuxième partie supplémentaire est sensiblement en forme de cylindre (25, 25').

12. Balancier selon l'une des revendications 7 à 11, **caractérisé en ce que** ladite au moins une deuxième partie supplémentaire (25, 25') est formée à partir d'un matériau métallique.

13. Balancier selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit au moins un bras (40, 41, 42, 43) est élancé afin d'autoriser sa déformation axiale et/ou radiale en cas de choc transmis sur le balancier (45, 45').

14. Pièce d'horlogerie **caractérisée en ce qu'**elle comporte un balancier (25, 25') conforme à l'une des revendications précédentes.

Patentansprüche

1. Verbund-Unruh (45, 45'), die in einer Materialschicht (21) auf Siliciumbasis gebildet ist und eine Nabe (39, 39') umfasst, die mit einem Unruh-Ring (37, 37') durch wenigstens einen Arm (40, 41, 42, 43) verbunden ist, wobei der Unruh-Ring (37, 37') wenigstens einen weiteren Teil mit größerer Dichte als das Material auf Siliciumbasis enthält, der die Erhöhung der Trägheit der Unruh ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet, dass** der weitere Teil im Wesentlichen die Form eines gezahnten Rings (23, 23') hat.

2. Unruh nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein weiterer Teil (23) an einer der Hauptflächen des Unruh-Rings (37) montiert ist.

3. Unruh nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein weiterer Teil (23') in einer Aussparung (38), die in einer der Hauptflächen des Unruh-Rings (37) verwirklicht ist, montiert ist.

4. Unruh nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein weiterer Teil (23') von einer der Hauptflächen des Unruh-Rings (37) vorsteht.

5. Unruh nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der gezahnte Ring (23, 23') eine Folge von Erhebungen (22, 22') aufweist, die in regelmäßigen Intervallen beabstandet sind, um die Wärmeausdehnung wenigstens eines weiteren Teils (23, 23') zu regulieren.

6. Unruh nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein weiterer Teil (23, 23') aus einem metallischen Material gebildet ist.

7. Unruh nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Nabe (39, 39') wenigstens einen zweiten weiteren Teil (25, 25') umfasst, der dazu bestimmt ist, die Welle der Unruh durch Eintreiben aufzunehmen.

8. Unruh nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine zweite weitere Teil (25) an einer der Hauptflächen der Nabe (39) montiert ist.

9. Unruh nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine zweite weitere Teil (25') in einer Aussparung (44), die in einer der Hauptflächen der Nabe (39) verwirklicht ist, montiert ist.

10. Unruh nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine zweite weitere Teil (25') von einer der Hauptflächen der Nabe (39) vorsteht.

11. Unruh nach einem der Ansprüche 7 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine zweite weitere Teil im Wesentlichen die Form eines Zylinders (25, 25') besitzt.

12. Unruh nach einem der Ansprüche 7 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine zweite weitere Teil (25, 25') aus einem metallischen Material gebildet ist.

13. Unruh nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Arm (40, 41, 42, 43) verschlankt ist, um seine axiale und/oder radiale Verformung im Fall eines auf die Unruh (45, 45') übertragenen Stoßes zuzulassen.

14. Zeitmessgerät, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Unruh (25, 25') nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

Claims

1. Composite balance (45, 45') formed in a layer (21) of silicon-based material and including a hub (39, 39') connected to a felloe (37, 37') by at least one arm (40, 41, 42, 43), the felloe (37, 37') including one additional part of higher density than said silicon-based material to increase the inertia of said balance **characterized in that** said additional part is approximately in the shape of a notched ring (23, 23').

2. Balance according to claim 1, **characterized in that** said at least one additional part (23) is mounted on one of the main faces of the felloe (37).

3. Balance according to claim 1, **characterized in that** said at least one additional part (23') is mounted in a recess (38) made in one of the main faces of the felloe (37).

4. Balance according to claim 3, **characterized in that** said at least one additional part (23') projects from one of the main faces of the felloe (37).

5. Balance according to any of the preceding claims, **characterized in that** the notched ring (23, 23') includes a series of studs (22, 22') spaced at regular intervals to compensate for any thermal expansion in said at least one additional part (23, 23').

6. Balance according to any of the preceding claims, **characterized in that** said at least one additional part (23, 23') is formed from a metal material.

7. Balance according to any of the preceding claims, **characterized in that** the hub (39, 39') includes at least a second additional part (25, 25') for receiving a balance staff that is driven therein.

8. Balance according to claim 7, **characterized in that** said at least one second additional part (25) is mounted on one of the main faces of the hub (39).

9. Balance according to claim 7, **characterized in that** said at least one second additional part (25') is mounted in a recess (44) made in one of the main faces of the hub (39).

10. Balance according to claim 9, **characterized in that** said at least one second additional part (25') projects from one of the main faces of the hub (39).

11. Balance according to any of claims 7 to 10, **characterized in that** said at least one second additional part is substantially cylinder-shaped (25, 25').

12. Balance according to any of claims 7 to 11, **characterized in that** said at least one second additional

part (25, 25') is formed from a metal material.

13. Balance according to any of the preceding claims, **characterized in that** said at least one arm (40, 41, 42, 43) is slim so as to enable the axial and/or radial deformation thereof in the event of any shock transmitted to the balance (45, 45').

14. Timepiece, **characterized in that** it includes a balance (25, 25') according to any of the preceding claims.

Fig. 1

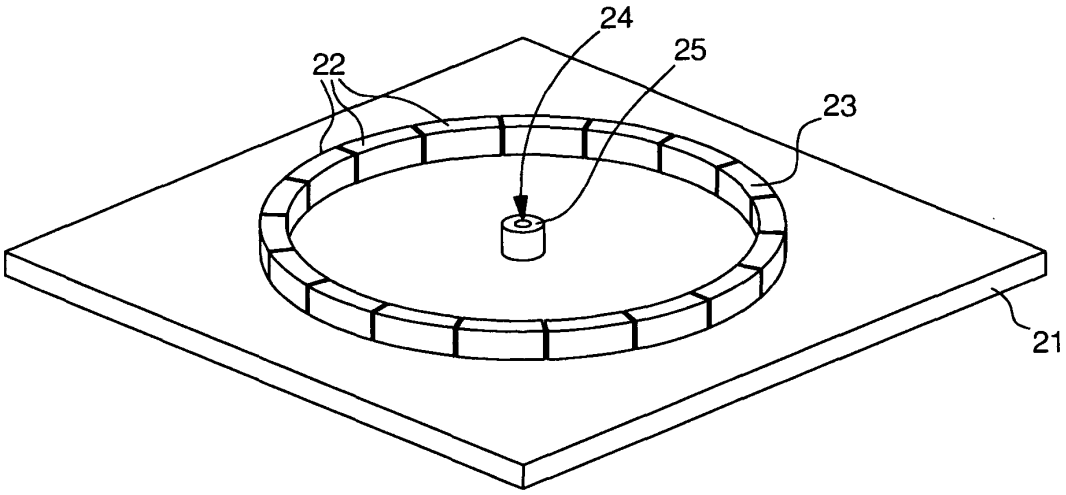


Fig. 2

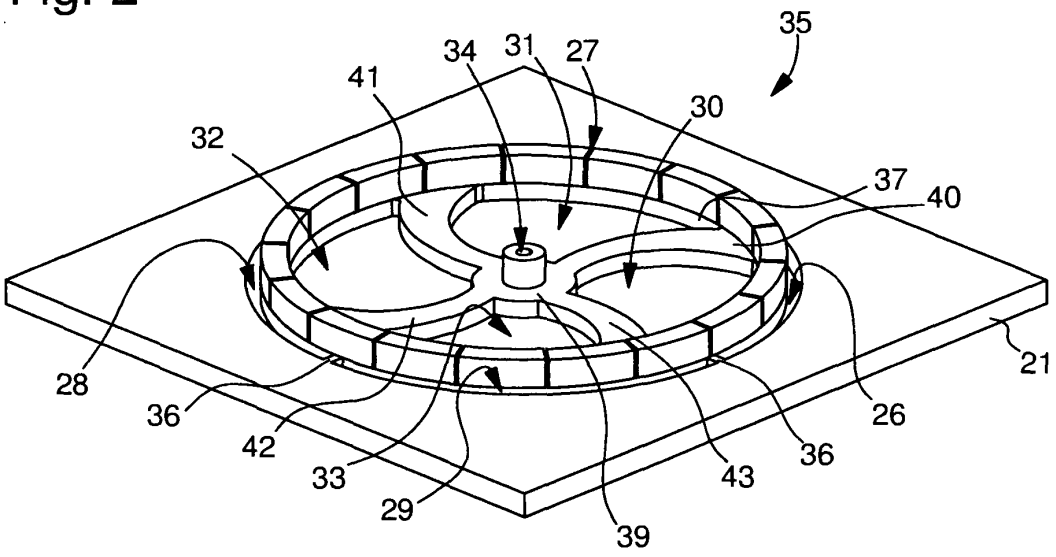


Fig. 3

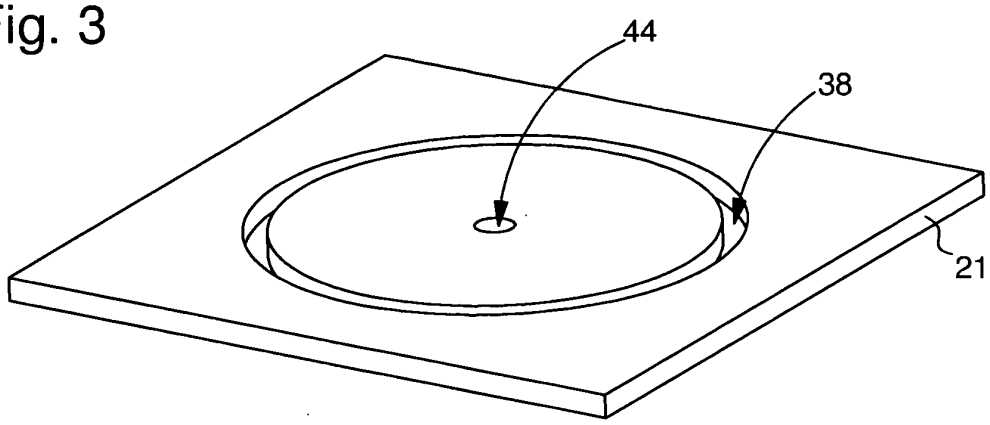


Fig. 4

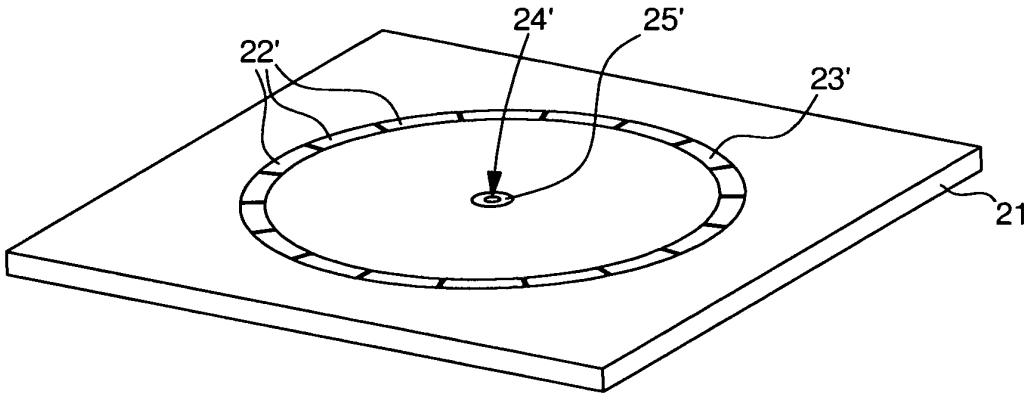


Fig. 5

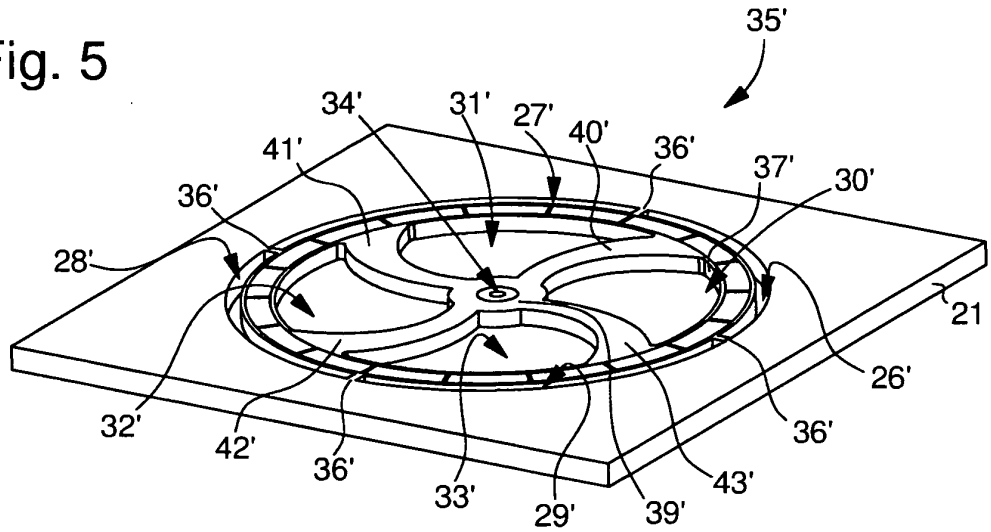


Fig. 6

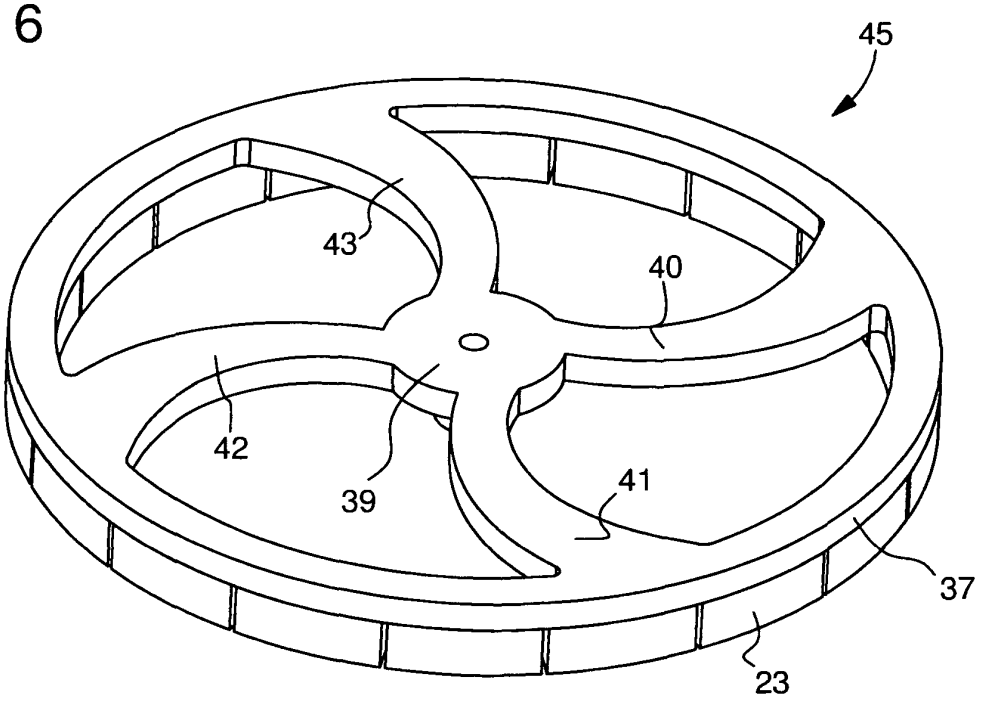


Fig. 7

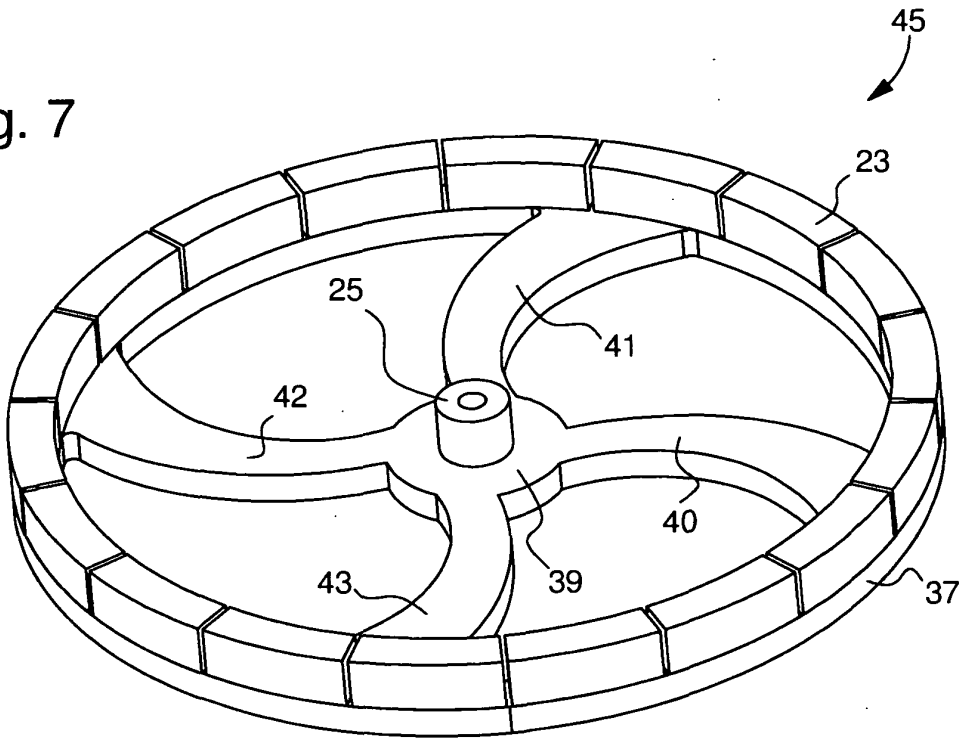


Fig. 8

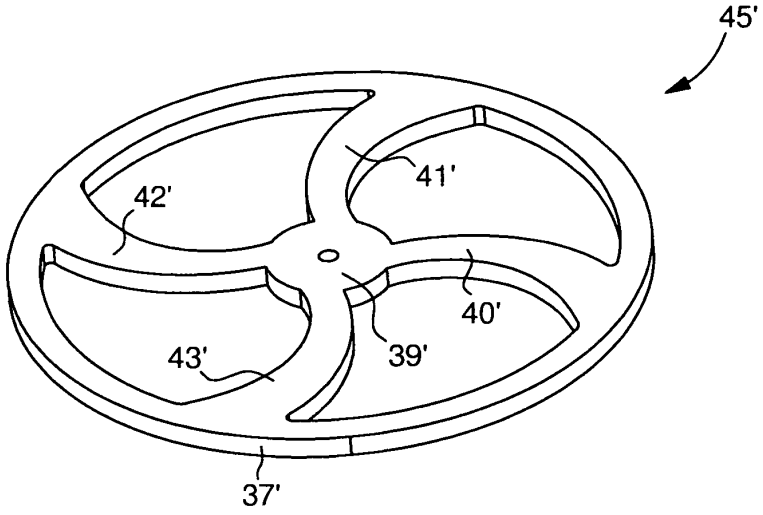


Fig. 9

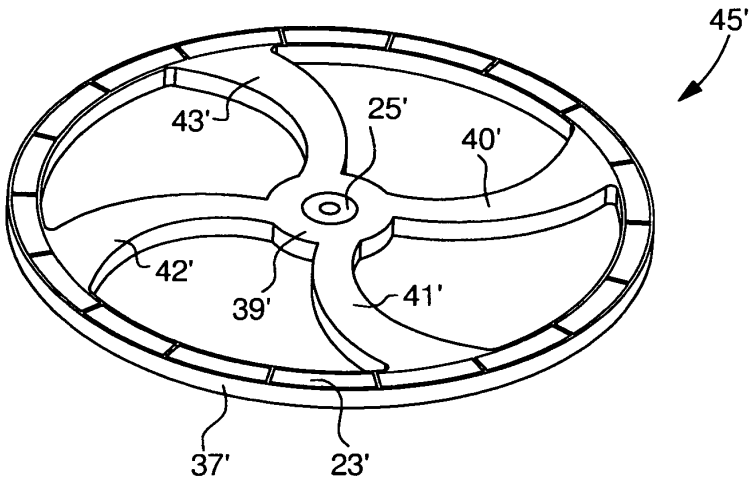
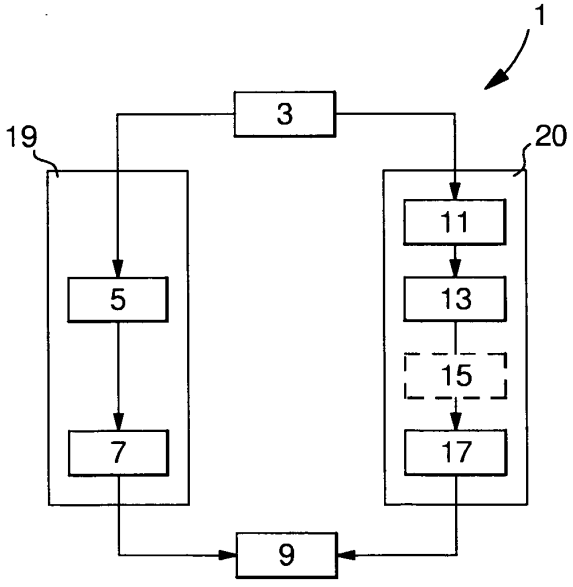


Fig. 10



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

- GB 2416408 A **[0005]**
- EP 1655642 A **[0038]**
- EP 1584994 A **[0038]**