

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **717 357 B1**

(51) Int. Cl.: **G04B** **17/06** (2006.01)
G04B **17/34** (2006.01)

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 000430/2021

(22) Date de dépôt: 22.04.2021

(43) Demande publiée: 29.10.2021

(30) Priorité: 24.04.2020 EP 20171418.5

(24) Brevet délivré: 30.12.2024

(45) Fascicule du brevet publié: 30.12.2024

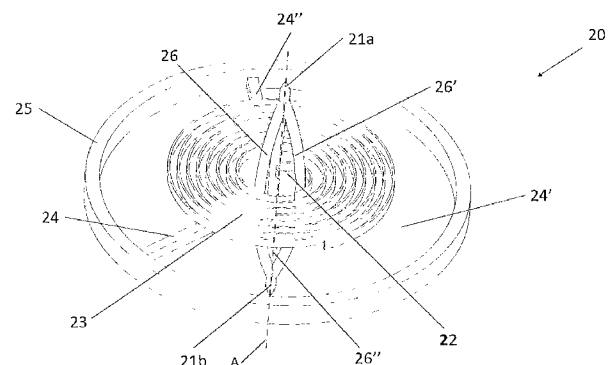
(73) Titulaire(s):
ROLEX SA, 3-5-7 rue François Dussaud
1211 Genève 26 (CH)

(72) Inventeur(s):
Jérôme Daout, 1180 Rolle (CH)
Nicolas Moret, 1005 Lausanne (CH)
Vincent Von Niederhäusern, 2942 Alle (CH)

(74) Mandataire:
MOINAS & SAVOYE SARL, 27, rue de la Croix d'Or
1204 Genève (CH)

(54) **Spiral horloger en verre ou en céramique, à géométrie complexe.**

(57) L'invention concerne un spiral horloger (23), caractérisé en ce qu'il présente une géométrie tridimensionnelle complexe, se présente sous une forme monobloc, notamment venu de matière, et est en céramique, transparente ou translucide, ou en verre.



Description

[0001] La présente invention concerne un spiral horloger en verre ou céramique à géométrie complexe. Elle concerne aussi un oscillateur balancier-spiral intégrant un tel spiral horloger, ainsi qu'un mouvement horloger et une pièce d'horlogerie intégrant un tel spiral horloger.

[0002] La fabrication d'un oscillateur de type balancier-spiral, nécessite de répondre à de nombreuses contraintes, notamment pour respecter si possible les objectifs suivants :

- choisir un matériau dont les propriétés mécaniques lui permettent de satisfaire la fonctionnalité horlogère souhaitée ;
- choisir un matériau qui puisse être compatible avec les procédés de fabrication existants pour atteindre une forme souhaitée ;
- choisir avantageusement un matériau robuste, dont les propriétés sont stables dans le temps, par exemple un matériau non sujet à la corrosion ;
- choisir avantageusement un matériau amagnétique, pour éviter les variations de comportement en présence d'un champ magnétique ;
- choisir avantageusement un matériau peu sensible aux variations de température.

[0003] Les solutions existantes sont basées sur des compromis, et ne répondent jamais simultanément à tous les objectifs listés ci-dessus.

[0004] Par exemple, de nombreux composants horlogers se présentent en métal et sont obtenus par découpe dans une bande ou par un procédé LIGA, permettant de former des composants avec des flancs perpendiculaires à la longueur de la bande ou à une direction de croissance du métal déposé. Ces composants horlogers présentent de bonnes propriétés mécaniques, mais sont généralement sensibles au magnétisme ou aux variations de température, et ne permettent pas d'atteindre des formes tridimensionnelles complexes sans déformation plastique ultérieure.

[0005] De manière alternative, d'autres procédés existants utilisent du verre, matériau qui présente l'avantage d'être insensible aux champs magnétiques et aux variations de température ambiante, d'être robuste dans le temps en résistant bien à la corrosion. Les procédés existants de fabrication d'un composant horloger en verre nécessitent des phases de déformation plastique de certaines portions du composant horloger, pour s'approcher de la forme finale lorsque cette dernière n'est pas simple. Une telle déformation plastique est délicate, nécessite un mode opératoire précis du fait de la fragilité du matériau, et induit des contraintes internes dans le matériau, qui sont susceptibles de fragiliser le composant horloger formé. De plus, pour atteindre cette forme finale avec précision, il est parfois nécessaire de retoucher les formes atteintes après la déformation plastique, ce qui peut être fastidieux. En complément, ces composants horlogers sont obtenus par l'assemblage de plusieurs portions distinctes, particulièrement lorsqu'une forme peu simple est recherchée. Dans un tel cas, l'assemblage nécessite d'utiliser des moyens d'attache, qui génèrent en pratique des contraintes internes dans les portions concernées, susceptibles d'évoluer dans le temps. Elles sont ainsi nuisibles à la fiabilité dans le temps du composant horloger. En remarque, ces contraintes internes peuvent se mesurer, par exemple par des techniques de photo-élasticité ou d'acousto-élasticité.

[0006] En résumé, les procédés de fabrication existants permettent d'obtenir des composants horlogers performants, mais qui comprennent des inconvénients du fait des compromis effectués.

[0007] Ainsi, la présente invention a pour objet de proposer un spiral horloger amélioré, ne comprenant pas tout ou partie des inconvénients de l'état de la technique.

[0008] Plus précisément, l'invention a pour objet de proposer un spiral horloger représentant un compromis amélioré entre le fait de pouvoir présenter des propriétés mécaniques performantes, de pouvoir présenter une forme complexe, d'être robuste à la corrosion et de présenter la particularité d'être insensible aux variations de champ magnétique et aux variations de température.

[0009] A cet effet, l'invention repose sur un spiral horloger, caractérisé en ce qu'il présente une géométrie tridimensionnelle complexe, se présente sous une forme monobloc, notamment venu de matière, et se présente en céramique, ou en verre.

[0010] Ladite céramique ou ledit verre peut être transparent ou translucide à au moins une longueur d'onde prédéterminée, apte à une fabrication par gravage laser.

[0011] Le spiral horloger peut comprendre une première partie globalement agencée sur un premier plan et peut comprendre au moins une deuxième partie qui ne s'étend ni dans un plan parallèle audit premier plan ni selon une direction sensiblement perpendiculaire audit premier plan ou qui s'étend sur au moins deux autres plans distincts entre eux et distincts dudit premier plan, parallèles audit premier plan ou non.

[0012] Le spiral peut comprendre une première partie globalement agencée sur un premier plan et dont une section par un plan perpendiculaire audit premier plan présente un contour rectiligne non perpendiculaire audit premier plan.

[0013] Le spiral comprend au moins une partie qui se déforme élastiquement. Le spiral peut comprendre une forme au repos sans contrainte interne dans le matériau le constituant.

[0014] Le spiral peut comprendre au moins une partie élastique agencée sur un premier plan de sorte qu'elle se déforme élastiquement sur ce premier plan, et peut comprendre au moins une deuxième partie s'étendant ni dans un plan parallèle audit premier plan ni selon une direction sensiblement perpendiculaire audit premier plan ou peut comprendre au moins une deuxième partie s'étendant sur au moins deux plans distincts entre eux et distincts dudit premier plan, parallèles audit premier plan ou non.

[0015] Le spiral peut comprendre des spires et tout ou partie des spires peuvent présenter au moins une section de forme différente d'une forme rectangulaire et/ou de forme ovoïdale ou elliptique et/ou comprenant une section au moins partiellement évidée.

[0016] Le spiral peut comprendre des spires et tout ou partie des spires peut présenter une section variable sur leur longueur.

[0017] Le spiral peut comprendre des spires de section au moins partiellement évidée en forme de I avec empattement, ou en forme de huit, ou en forme de C.

[0018] Le spiral peut comprendre des éléments d'attache comme une structure de liaison et/ou une virole et/ou un piton et/ou un axe ou une portion d'axe de balancier et/ou un plateau et une cheville de plateau et/ou une partie d'un balancier.

[0019] L'invention porte aussi sur un oscillateur balancier-spiral pour pièce d'horlogerie, caractérisé en ce qu'il comprend un spiral horloger tel que décrit ci-dessus.

[0020] L'invention porte aussi sur une pièce d'horlogerie, notamment une montre, caractérisée en ce qu'elle comprend un spiral horloger tel que décrit ci-dessus.

[0021] Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faits à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

Les figures 1a à 1e illustrent des géométries de sections de spires d'un ressort spiral selon différentes variantes d'un mode de réalisation de l'invention.

La figure 2 représente un bloc en verre ou céramique utilisé dans une première étape du procédé de fabrication d'un spiral horloger selon un mode de réalisation de l'invention.

La figure 3 représente schématiquement une deuxième étape du procédé de fabrication d'un spiral horloger selon le mode de réalisation de l'invention.

La figure 4a représente en perspective un spiral pour oscillateur horloger selon une première variante de réalisation de l'invention.

La figure 4b représente le spiral de la figure 4a selon le plan de coupe A-A.

La figure 5 représente la section d'une spire du spiral pour oscillateur horloger selon une deuxième variante de réalisation de l'invention.

La figure 6 représente en perspective un oscillateur horloger selon une troisième variante de réalisation de l'invention.

[0022] L'invention atteint l'objet recherché de manière simple et surprenante, par l'intermédiaire d'un ressort spiral horloger qui présente une géométrie tridimensionnelle complexe, réalisée d'un seul tenant. Le spiral est monobloc, et se présente en céramique, transparente ou translucide à au moins une longueur d'onde prédéterminée, ou en verre, de même transparent ou translucide à au moins une longueur d'onde prédéterminée. La partie en spirale est avantageusement venue de matière avec la virole et le piton, voire même avec l'axe de balancier.

[0023] Par cette solution, le spiral horloger présente les avantages de son matériau, est insensible aux champs magnétiques et aux variations de température ambiante, et est robuste dans le temps, particulièrement en résistant bien à la corrosion. De plus, comme le spiral horloger est monobloc, il ne présente pas les risques liés à l'assemblage de plusieurs parties, notamment par l'ajout de contraintes internes au niveau des zones d'assemblage. De plus, l'obtention du spiral horloger monobloc selon l'invention permet avantageusement de le former sans nécessiter de déformations plastiques, et donc sans créer de contraintes internes susceptibles de modifier son comportement avec le temps. En remarque, pour le spiral horloger se déformant élastiquement, les contraintes internes susmentionnées sont considérées dans la configuration au repos du spiral horloger.

[0024] D'autre part, l'invention permet aussi de proposer un spiral horloger de forme tridimensionnelle complexe, ce qui est naturellement avantageux parce qu'il permet d'optimiser librement la forme du spiral horloger pour lui permettre de remplir une fonctionnalité souhaitée, sans exiger une simplification de la forme susceptible de dégrader la fonction à remplir. On entend par forme tridimensionnelle complexe notamment une forme comprenant une première partie globalement agencée sur un premier plan et au moins une deuxième partie qui ne s'étend ni dans un plan parallèle audit premier plan ni selon une direction sensiblement perpendiculaire audit premier plan, ou qui s'étend sur au moins deux autres plans distincts entre eux et distincts dudit premier plan, parallèles audit premier plan ou non. Notamment, une telle forme peut comprendre une première partie globalement agencée sur un premier plan et dont une section prise selon un plan perpendiculaire audit premier plan présente un contour ou une portion de contour non perpendiculaire audit premier plan. En remarque, une telle forme ne serait pas atteignable avec les procédés couramment utilisés basés sur la croissance de couches de matériau selon une direction unique imposée. Ainsi, l'invention permet l'utilisation d'un spiral horloger de forme tridimensionnelle complexe, qui ne se limite pas à une forme bidimensionnelle dans un plan qui serait étendue par une croissance selon une direction de croissance, en général perpendiculaire au plan de la forme bidimensionnelle (une telle forme étant parfois dénommée forme 2D1/2, rigoureusement non tridimensionnelle). De telles formes bidimensionnelles étendues (2D1/2) seraient par exemple obtenues à partir d'une bande ou d'une plaque de matière par une découpe ou par un étampage ou par une gravure DRIE ou par une croissance unidirectionnelle à partir d'un moule (LIGA).

[0025] Cette forme tridimensionnelle complexe de l'invention peut aussi se caractériser par une section présentant une forme non rectangulaire. Particulièrement, dans le cas d'un ressort horloger, l'invention permet de s'écarter des solutions de l'état de la technique qui sont limitées à des sections des spires de forme rectangulaire. En effet, l'invention permet l'utilisation de sections de formes plus complexes, et qui peuvent varier selon la longueur d'une spire. Les figures 1a à 1e illustrent à titre d'exemple des sections possibles pour une spire d'un ressort horloger selon différentes variantes de réalisation de l'invention.

[0026] La figure 1a illustre par exemple une section en forme de I avec empattement. Les figures 1b et 1c représentent des sections de contour ellipsoïdal, respectivement non ajourée et ajourée, ce qui permet d'éviter les inconvénients de la présence d'angles dans une section rectangulaire, angles qui présentent des risques d'amorce de rupture lors d'une flexion. La figure 1d représente une section en forme de C et la figure 1e une section en forme de 8. Ces formes complexes de sections permettent d'optimiser les performances d'un ressort horloger, par exemple en augmentant le rapport entre la rigidité et le poids, ce qui a pour effet de diminuer les écarts de marche entre les différentes positions verticales d'un oscillateur intégrant un tel ressort horloger. De plus, l'invention permet la modification de la section selon la longueur d'une spire, pour s'adapter ainsi facilement aux besoins.

[0027] Le procédé de fabrication d'un spiral horloger, représenté par les figures 2 et 3, comprend les étapes suivantes:

- Se munir d'un bloc 30 en céramique ou en verre, transparent ou translucide à au moins une longueur d'onde prédéterminée en vue du gravage de l'étape suivante ;
- Graver par laser ledit bloc selon une forme tridimensionnelle complexe prédéfinie du spiral horloger ;
- Dissoudre la partie gravée du bloc pour libérer le spiral gravé.

[0028] La figure 2 représente ainsi un bloc 30 en céramique ou en verre, transparents ou translucides par rapport à la longueur d'onde du laser qui sera utilisée, à partir duquel le spiral horloger va être fabriqué d'un seul tenant, de manière à obtenir un spiral monobloc, et selon une forme tridimensionnelle complexe.

[0029] Ce bloc 30 présente donc un volume global supérieur au spiral horloger à fabriquer, puisque ce dernier sera obtenu après un processus d'enlèvement de matière. Dans la deuxième étape de gravage, le laser, par exemple un laser femto-seconde, induit une absorption non linéaire des photons confinée dans le volume focal du laser dans le matériau du bloc. Cette absorption forme des zones altérées 31 correspondant au contour externe de la forme prédéfinie du spiral horloger à fabriquer. Ensuite, le gravage comprend une étape de dissolution du matériau altéré par le laser, puis une étape de rinçage. Ce procédé correspond ainsi à une attaque sélective du bloc, pour ne conserver que le spiral horloger souhaité. Cette attaque sélective peut être réalisée à partir d'un fluide acide, comme de l'acide fluorhydrique, ou en variante à partir d'un fluide basique, comme par exemple une solution d'hydroxyde de potassium.

[0030] En fonction de la nature de l'altération, par exemple après la réduction des ions Ag dans un verre photosensible comme le Foturan®, une étape de traitement thermique additionnelle, à une température de préférence comprise entre 500°C et 600°C, peut être réalisée avant l'étape de dissolution. En remarque, cette étape de gravage laser permet d'atteindre une résolution très importante, de l'ordre du micron.

[0031] Il ressort du procédé décrit ci-dessus que l'invention permet d'obtenir un spiral horloger doté d'une forme tridimensionnelle complexe, selon une grande liberté de formes. De plus, ce procédé permet d'obtenir une telle forme sans générer de contraintes internes dans le matériau du spiral horloger. Cette absence de contraintes internes résulte particulièrement du fait que le procédé ne requiert pas de déformation plastique de parties du spiral lors de sa fabrication. Elle est aussi favorisée par le fait que le spiral horloger peut être obtenu intégralement à partir d'un seul bloc de matière, de manière

à constituer un spiral monobloc. La virole, le piton, voire l'axe de balancier, peuvent ainsi être venus de matière avec les spires du ressort spiral, sans nécessiter d'étape d'assemblage. En remarque, le spiral horloger obtenu peut ensuite naturellement être assemblé avec d'autres composants, pour former un ensemble plus vaste, comme un balancier-spiral, qui reste dans le cadre de l'invention.

[0032] De plus, l'invention permet aussi d'alléger un spiral horloger en minimisant de façon ciblée la répartition du matériau directement lors de la conception et de la fabrication du spiral horloger, sans altérer les propriétés mécaniques du spiral horloger comme ce serait le cas en mettant en œuvre une opération additionnelle de retrait de matière postérieure à la fabrication du spiral. Une telle approche permet de former des parties évidées ou ajourées, par rapport aux solutions de l'état de la technique, incluant également des formes concaves.

[0033] Enfin, lorsque le spiral horloger est mis en forme, il est naturellement possible de modifier sa surface par des procédés connus pour en adapter les propriétés mécaniques, tribologiques ou esthétiques. Par exemple, il est possible de retirer de la matière ou de déposer un revêtement sur au moins une partie de la surface du spiral horloger. Alternative-ment ou additionnellement, une partie de la surface peut être modifiée par implantation ionique ou toute autre technique appropriée. Le spiral horloger selon l'invention reste ainsi naturellement compatible avec la réalisation d'étapes de finition connues de l'état de la technique.

[0034] L'invention est donc particulièrement adaptée à la fabrication d'un ressort horloger, notamment pour un oscillateur horloger, comme un ressort comprenant une partie en forme de spirale, plus simplement dénommé „ressort spiral“ ou „spiral“, d'un oscillateur horloger appelé balancier-spiral, comme cela a été décrit précédemment. En effet, un tel spiral, et plus globalement un balancier-spiral, peut profiter avantageusement d'une forme tridimensionnelle complexe pour son optimisation. Avantageusement, un tel spiral comprend une première partie formée de spires, agencées globalement dans un premier plan, et se déformant élastiquement dans ce premier plan. Parmi les géométries possibles d'un spiral fabriqué dans le cadre de l'invention, il est possible de souligner les caractéristiques avantageuses suivantes, de manière non limitative :

- L'optimisation de la distance inter-spires, pour éviter que les spires ne se touchent lors des chocs, en jouant soit sur la rigidité de la section soit sur l'échelonnement de différents niveaux dans des plans différents ;
- Le positionnement du plan du spiral dans le plan du balancier ;
- La formation d'un spiral cylindrique court, ou partiellement cylindrique ;
- La combinaison d'un pas variable et d'une section variable des spires ; par exemple, la section peut présenter une dimension variable, au niveau de la hauteur et/ou de la largeur. Cette variation peut être homothétique ou non ;
- La formation d'un oscillateur comprenant plusieurs spiraux ;
- L'optimisation de la courbe terminale du spiral ;
- La modulation de la raideur du ressort spiral en fonction de l'angle, par exemple avec une géométrie spécifique pour activer une zone de plus grande rigidité au-delà d'une certaine amplitude de rotation du spiral.

[0035] De plus, l'invention permet avantageusement d'intégrer à un spiral d'un oscillateur horloger des portions complémentaires de l'oscillateur, n'appartenant pas directement au spiral. Par exemple, un spiral peut intégrer tout ou partie des éléments suivants, habituellement présents sous une forme distincte :

- Une virole ;
- Un piton de fixation ;
- Un axe de balancier ou une partie d'un tel axe ;
- Un plateau et une cheville de plateau ;
- Tout ou partie d'un balancier.

[0036] Avantageusement, ces éléments peuvent prendre des formes tridimensionnelles complexes. Le spiral de l'invention peut ainsi être agencé sur trois plans distincts, parallèles entre eux ou non, ou selon plus de trois plans, par exemple quatre ou cinq plans. L'invention est donc très avantageuse pour tout composant horloger doté d'au moins une partie élastique qui se déforme élastiquement, comme un spiral horloger.

[0037] L'invention va maintenant être décrite dans le cadre de plusieurs exemples de réalisation, à titre non limitatif.

[0038] Les figures 4a et 4b illustrent ainsi un spiral 1 en verre selon une première variante de réalisation. Ce spiral monobloc intègre une virole et son piton, venus de matière avec les spires. Le spiral comprend d'abord une première

partie agencée dans un premier plan P1. Cette première partie comprend une virole 2 au niveau de la partie centrale du spiral 1, destinée à la fixation du spiral sur un axe de balancier, formée de manière monobloc et venue de matière avec les spires 3 du spiral. Les spires 3 sont enroulées dans le premier plan P1 autour de la virole 2. Le spiral 1 est de type Breguet, et comprend une spire extérieure qui remonte dans un deuxième plan P2 parallèle au premier, où elle suit une courbe 4 connue de type courbe de Phillips. Enfin, à l'extrémité de cette courbe terminale, le spiral 1 comprend un piton 5, qui s'étend dans un troisième plan P3 distinct et perpendiculaire aux deux plans précédents. Ce piton 5 est aussi venu de matière avec le spiral 1. Le spiral selon cette première variante de réalisation est donc en verre, monobloc, et s'étend globalement dans trois plans P1, P2 et P3 distincts. Les spires du spiral 1 présentent une section rectangulaire.

[0039] Une deuxième variante de réalisation se différencie de la première variante décrite ci-dessus en ce que la section des spires, représentée par la figure 5, présente une forme de I avec empattement. Ainsi, cette section comprend une âme 13 rectangulaire, délimitée sur ses deux extrémités par des empattements 14 rectangulaires, s'étendant perpendiculairement à l'âme 13, de manière centrée sur cette âme 13. La hauteur h des spires est supérieure à son épaisseur e (mesurée sur l'âme 13). Avantagement, les différentes arêtes (concaves comme convexes) sont légèrement arrondies. Le spiral peut être en silice amorphe ou en Borofloat® 33 de Schott.

[0040] La figure 6 illustre un oscillateur horloger monobloc 20 en verre selon une troisième variante de réalisation. Cet oscillateur horloger monobloc 20 intègre un axe et un balancier, venus de matière avec le spiral. L'axe s'étend entre deux extrémités 21a, 21b, et comprend trois portions 26, 26', 26'' cylindriques courbées liées aux extrémités 21a, 21b et s'étendant de manière équirépartie autour de l'axe (A) de rotation de l'oscillateur horloger (défini par une droite reliant les deux extrémités 21a, 21b). Avantagement, les trois portions 26, 26', 26'' définissent ainsi un évidement au niveau de l'axe. L'oscillateur horloger 20 comprend de plus un spiral 23 s'étendant dans un plan P1, agencé autour de l'axe du spiral. Il est relié à l'axe par son extrémité intérieure faisant office de structure de liaison 22 remplaçant la traditionnelle virole. Avantagement, cette structure de liaison passe ou passe sensiblement par l'axe (A) de rotation de l'axe. Cet agencement est rendu possible par la conformation évidée de l'axe. Il est ainsi possible d'optimiser la géométrie du ressort, notamment la courbe intérieure et/ou extérieure du ressort. Cette structure de liaison vient aussi de matière avec les autres parties de l'oscillateur horloger 20. Trois bras 24, 24', 24'' s'étendent respectivement de chaque portion 26, 26', 26'' de l'axe du balancier jusqu'à une serge 25 circulaire, agencée autour de l'axe du balancier, dans le plan du spiral 23.

[0041] Naturellement, l'invention ne se limite pas à cette troisième variante décrite : le spiral pourrait être différent, non plan, par exemple de type spiral Breguet et/ou réparti sur deux plans ou plus. Il pourrait en variante encore s'agir d'un spiral cylindrique ou hélicoïdal ou d'un spiral sphérique. Dans une autre variante, la serge 25 et/ou les bras 24, 24', 24'' pourraient comprendre des taraudages ou des tenons filetés. Ces derniers seraient obtenus directement durant le procédé de fabrication de l'oscillateur horloger 20, notamment lors de l'étape de gravage explicitée précédemment, sans étape ultérieure. De tels filetages pourraient permettre de visser des écrous. Dans une autre variante, l'extrémité du spiral serait directement fixée à un bras du balancier.

[0042] L'invention a été décrite sur la base d'un spiral horloger en verre. En variante, elle pourrait être mise en œuvre avec un matériau présentant des propriétés voisines, comme une céramique, transparente ou translucide à la longueur d'onde du laser.

[0043] Naturellement, l'invention ne se limite pas à un ressort horloger, comme un spiral, ou à un oscillateur horloger. Elle porte sur tout composant horloger de forme tridimensionnelle complexe. Avantagement, un tel composant horloger comprend au moins une partie qui se déforme élastiquement.

[0044] L'invention porte aussi sur un oscillateur balancier-spiral, sur un mouvement horloger et une pièce d'horlogerie en tant que tels comprenant un spiral selon l'invention.

Revendications

1. Spiral horloger, caractérisé en ce qu'il présente une géométrie tridimensionnelle complexe, qui n'est pas une forme bidimensionnelle dans un plan étendue par une croissance selon une direction de croissance, se présente sous une forme monobloc, notamment venu de matière, et est en céramique ou en verre.
2. Spiral horloger selon la revendication précédente, caractérisé en ce que ladite céramique ou ledit verre est transparent ou translucide à au moins une longueur d'onde prédéterminée, apte à une fabrication par gravage laser.
3. Spiral horloger selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'il comprend une première partie agencée sur un premier plan et en ce qu'il comprend au moins une deuxième partie qui ne s'étend ni dans un plan parallèle audit premier plan ni selon une direction perpendiculaire audit premier plan ou qui s'étend sur au moins deux autres plans distincts entre eux et distincts dudit premier plan, parallèles audit premier plan ou non.
4. Spiral horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une première partie agencée sur un premier plan et dont une section par un plan perpendiculaire audit premier plan présente un contour rectiligne non perpendiculaire audit premier plan.
5. Spiral horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend une forme au repos dans laquelle le matériau le constituant ne présente pas de contrainte interne.

6. Spiral horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend au moins une partie élastique agencée sur un premier plan de sorte qu'elle se déforme élastiquement sur ce premier plan, et en ce qu'il comprend au moins une deuxième partie s'étendant ni dans un plan parallèle audit premier plan ni selon une direction perpendiculaire audit premier plan ou en ce qu'il comprend au moins une deuxième partie s'étendant sur au moins deux plans distincts entre eux et distincts dudit premier plan, parallèles audit premier plan ou non.
7. Spiral horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des spires et en ce que tout ou partie des spires présente au moins une section de forme différente d'une forme rectangulaire et/ou de forme ovoïdale ou elliptique et/ou comprenant une section au moins partiellement évidée.
8. Spiral horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des spires et en ce que tout ou partie des spires présente une section variable sur leur longueur.
9. Spiral horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des spires de section au moins partiellement évidée en forme de I avec empattement, ou en forme de huit, ou en forme de C.
10. Spiral horloger selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend des éléments d'attache comme une structure de liaison et/ou une virole et/ou un piton et/ou un axe ou une portion d'axe de balancier et/ou un plateau et une cheville de plateau et/ou une partie d'un balancier.
11. Oscillateur balancier-spiral pour pièce d'horlogerie, caractérisé en ce qu'il comprend un spiral horloger selon l'une des revendications 1 à 10.
12. Pièce d'horlogerie, notamment montre, caractérisée en ce qu'elle comprend un spiral horloger selon l'une des revendications 1 à 10.

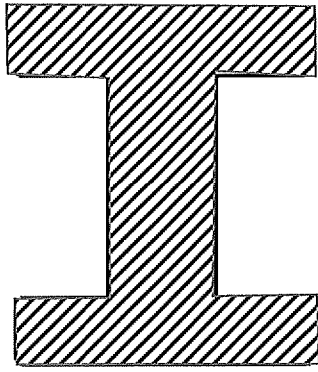


Figure 1a

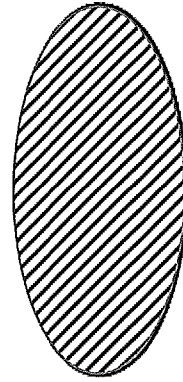


Figure 1b

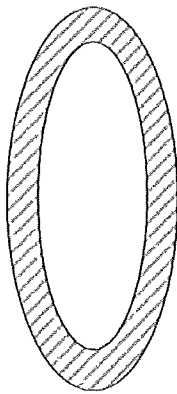


Figure 1c



Figure 1d

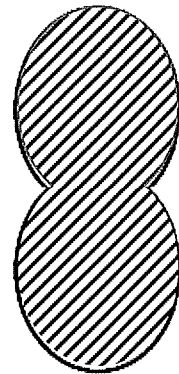


Figure 1e

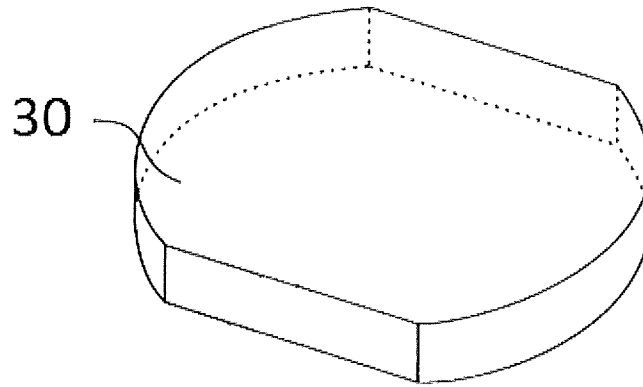


Figure 2

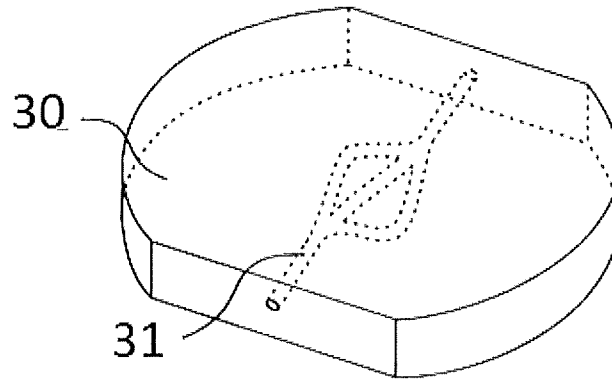


Figure 3

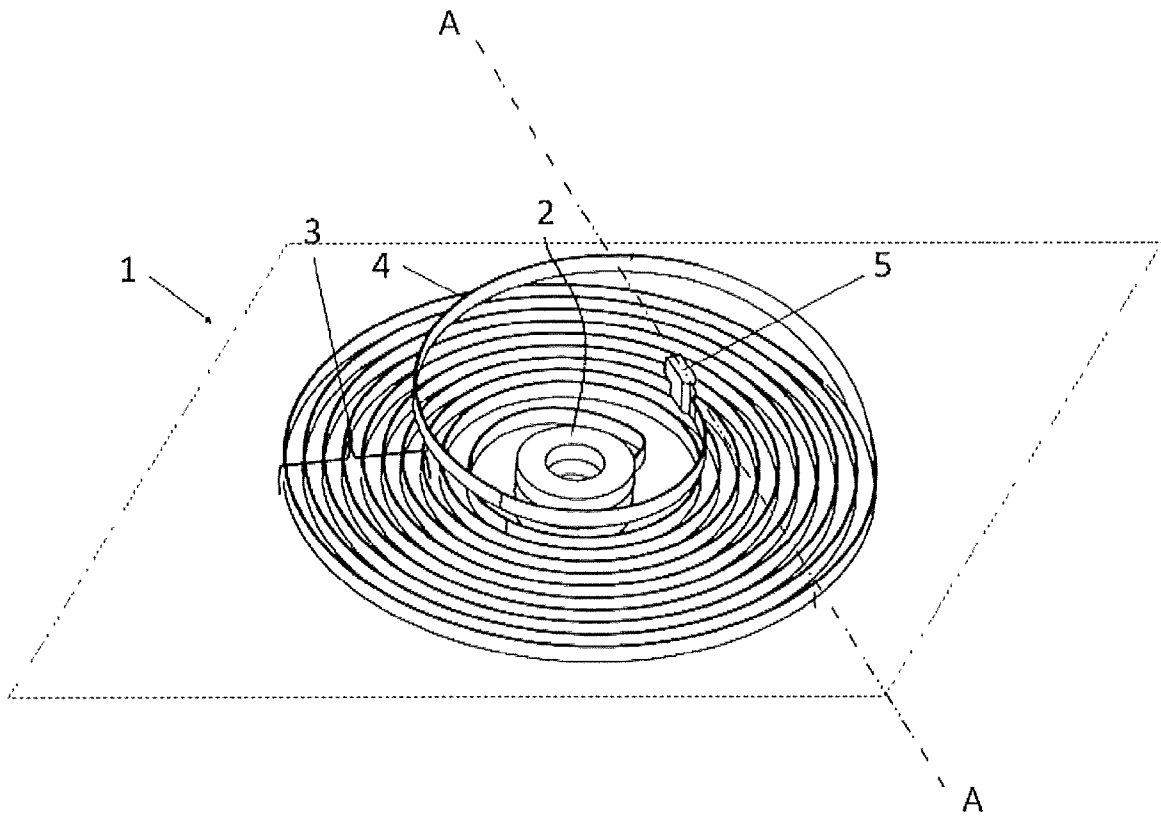


Figure 4a

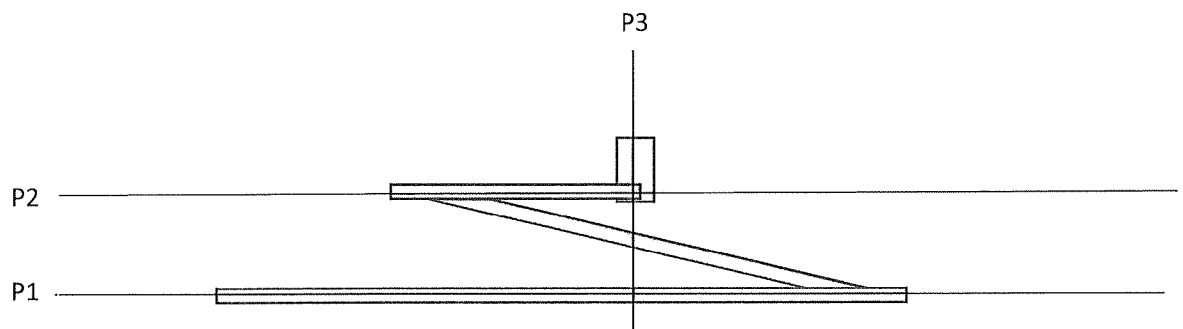


Figure 4b

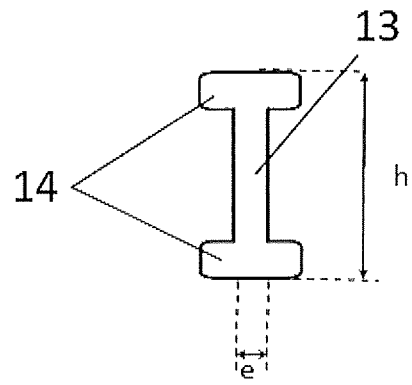


Figure 5

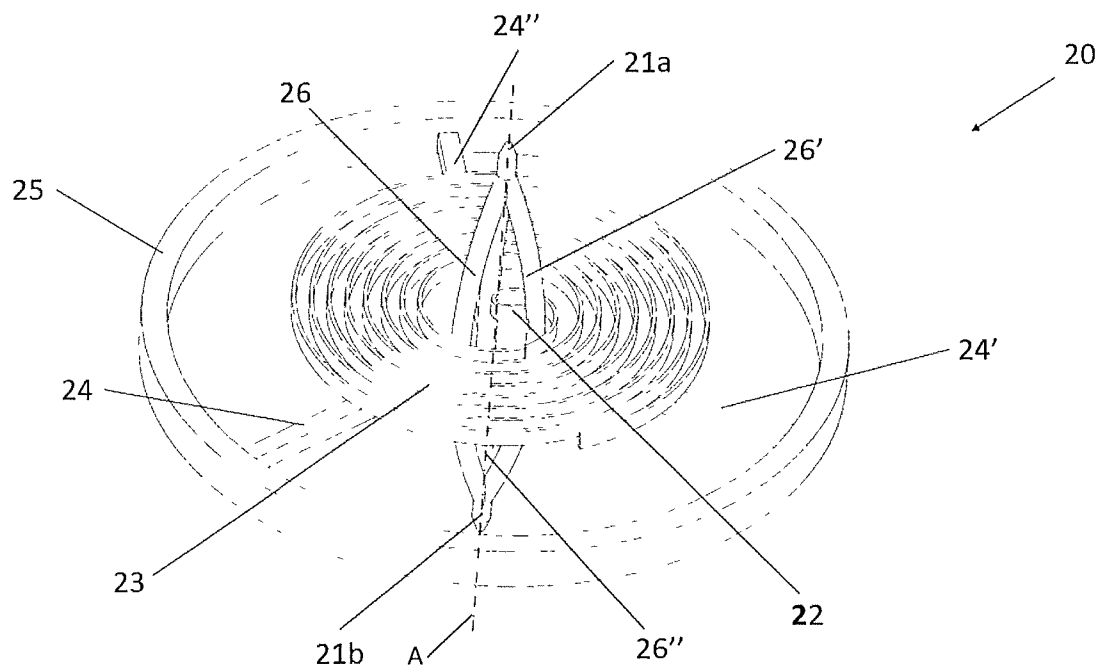


Figure 6