



CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **707 884 B1**

(51) Int. Cl.: **G04B 17/32** (2006.01)  
**G04B 17/06** (2006.01)

**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**

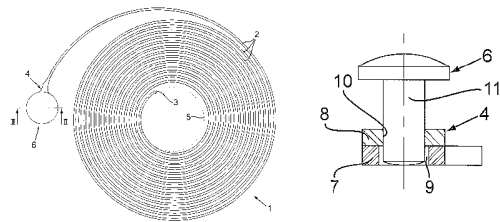
Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **FASCICULE DU BREVET**

(21) Numéro de la demande: 00766/13	(73) Titulaire(s): PATEK PHILIPPE SA GENÈVE, Rue du Rhône 41 1204 Genève (CH)
(22) Date de dépôt: 12.04.2013	
(43) Demande publiée: 15.10.2014	(72) Inventeur(s): Frédéric Maier, 2000 Neuchâtel (CH)
(24) Brevet délivré: 15.06.2017	
(45) Fascicule du brevet publié: 15.06.2017	(74) Mandataire: MICHELI & CIE SA, 122, Rue de Genève, Case postale 61 1226 Thônex (CH)

(54) **Spiral d'horlogerie en matériau fragile.**

(57) Le spiral d'horlogerie comprend une extrémité intérieure (3), une extrémité extérieure (4) et, entre ces deux extrémités, des spires (2) faites dans un matériau fragile. Il est caractérisé en ce que l'extrémité extérieure (4) comprend une première partie (7) faite dans le matériau fragile et une deuxième partie (8) faite en métal adhérant l'une à l'autre, la deuxième partie (8) présentant un alésage (10) dans lequel peut être chassé un piton (6).



## Description

**[0001]** La présente invention concerne un spiral d'horlogerie, c'est-à-dire un ressort en forme de spirale destiné à faire partie de l'organe régulateur d'un mouvement d'horlogerie. Plus particulièrement, la présente invention concerne un tel spiral réalisé dans un matériau fragile. Par «matériau fragile» on entend un matériau qui n'est pas capable de se déformer plastiquement et qui se casse donc dès que sa limite élastique est dépassée. Des exemples de tel matériau sont le silicium, le verre ou le diamant.

**[0002]** Dans un mouvement d'horlogerie, le spiral est fixé par son extrémité intérieure à une virole montée sur l'axe de balancier et par son extrémité extérieure à un piton monté sur un pont appelé «coq». Dans le cas de spiraux en matériau fragile, la virole est en une seule pièce avec le spiral et est montée sur l'axe de balancier par serrage élastique ou collage. Pour fixer au piton l'extrémité extérieure d'un spiral en matériau fragile, plusieurs solutions existent, telles que celles proposées dans les demandes de brevet EP 1 515 200, EP 1 780 611 et EP 1 850 193 par la présente demanderesse. Dans la demande EP 1 515 200, le spiral en matériau fragile définit à son extrémité extérieure un organe élastique agencé pour recevoir et pincer le piton. Cette solution a pour inconvénient qu'un pinçage suffisant du piton est difficile à obtenir dans un encombrement donné si le matériau utilisé a une limite élastique peu élevée ou moyenne, comme c'est le cas du silicium par exemple. En effet, en raison du petit diamètre d'un piton, le montage élastique sur un piton nécessite plus de force de serrage pour un même couple que sur un axe de balancier. Dans la demande EP 1 780 611 il est proposé de fixer l'extrémité extérieure du spiral au moyen d'une pince métallique chassée sur le piton et pinçant le matériau fragile constituant le spiral. Cette solution se révèle en pratique très satisfaisante mais la pince métallique augmente le coût de fabrication de l'ensemble. Enfin, dans la demande EP 1 850 193 le piton est chassé dans une pièce intermédiaire déformable, par exemple une pièce en métal mou, qui elle-même est engagée dans un trou défini par l'extrémité extérieure du spiral en matériau fragile. Cette solution présente l'inconvénient de ne pas garantir la perpendicularité entre le spiral et le piton en raison des deux interfaces spiral – pièce intermédiaire et pièce intermédiaire – piton.

**[0003]** La présente invention vise à remédier aux inconvénients susmentionnés, ou au moins à les atténuer, et propose à cette fin un spiral d'horlogerie comprenant une extrémité intérieure, une extrémité extérieure et, entre ces deux extrémités, des spires faites dans un matériau fragile, caractérisé en ce que l'extrémité extérieure comprend une première partie faite dans ledit matériau fragile et une deuxième partie faite en métal adhérent l'une à l'autre, la deuxième partie présentant un alésage dans lequel peut être chassé un piton.

**[0004]** Dans un mode de réalisation particulier, la première partie de l'extrémité extérieure présente un trou coaxial à l'alésage et de plus grand diamètre que l'alésage de sorte à pouvoir être traversée par le piton sans recevoir aucune contrainte de ce dernier lorsque le piton est chassé dans l'alésage.

**[0005]** De préférence, les première et deuxième parties de l'extrémité extérieure adhèrent l'une à l'autre par une liaison par thermocompression, une liaison par polymère ou une liaison eutectique.

**[0006]** Ledit matériau fragile comprend par exemple du silicium, du verre, du quartz, du diamant, du carbure de bore ou du carbure de silicium.

**[0007]** La deuxième partie de l'extrémité extérieure est par exemple en un matériau comprenant de l'or, du nickel, du nickel-phosphore, du cuivre-béryllium ou un autre alliage cuivreux.

**[0008]** La présente invention propose également un assemblage d'un spiral d'horlogerie et d'un piton pour un mouvement d'horlogerie, le spiral comprenant une extrémité intérieure, une extrémité extérieure et, entre ces deux extrémités, des spires faites dans un matériau fragile, caractérisé en ce que l'extrémité extérieure comprend une première partie faite dans ledit matériau fragile et une deuxième partie faite en métal adhérent l'une à l'autre, et en ce que l'extrémité extérieure est montée sur le piton par chassage du piton dans un alésage de la deuxième partie.

**[0009]** Selon un mode de réalisation particulier, la première partie de l'extrémité extérieure est traversée par le piton sans recevoir aucune contrainte de ce dernier.

**[0010]** La présente invention propose également un mouvement d'horlogerie comprenant un spiral ou un assemblage tel que défini ci-dessus.

**[0011]** La présente invention propose enfin un procédé de fabrication d'un spiral d'horlogerie comprenant une extrémité intérieure, une extrémité extérieure et, entre ces deux extrémités, des spires faites dans un matériau fragile, caractérisé en ce qu'il comprend:

- une première étape consistant à réaliser une première pièce faite dans ledit matériau fragile et comprenant les spires et une première partie de l'extrémité extérieure et une deuxième pièce faite en métal et présentant un alésage dans lequel peut être chassé un piton, et
- une deuxième étape consistant à faire adhérer la première partie de l'extrémité extérieure et la deuxième pièce l'une à l'autre.

**[0012]** Dans un mode de réalisation particulier, les première et deuxième étapes sont réalisées de telle sorte qu'un trou de la première partie de l'extrémité extérieure soit coaxial à l'alésage et de plus grand diamètre que l'alésage afin que

ladite première partie puisse être traversée par le piton sans recevoir aucune contrainte de ce dernier lorsque le piton est chassé dans l'alésage.

**[0013]** La première pièce peut être réalisée par gravure.

**[0014]** La deuxième pièce peut, elle, être réalisée par croissance galvanique.

**[0015]** La deuxième étape peut comprendre une opération de liaison par thermocompression, de liaison par polymère ou de liaison eutectique.

**[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 fig. 1 est une vue de dessus d'un spiral selon l'invention;

la fig. 2 est une vue en coupe, suivant la ligne II-II de la fig. 1, de l'extrémité extérieure du spiral montée sur un piton;

la fig. 3 est une vue en perspective de dessus de l'extrémité extérieure du spiral montée sur le piton; et

la fig. 4 est une vue en perspective de dessous de l'extrémité extérieure du spiral montée sur le piton.

**[0017]** En référence aux fig. 1 à 4, un spiral 1 pour un organe régulateur balancier-spiral d'un mouvement d'horlogerie comprend des spires 2 s'étendant depuis une extrémité intérieure 3 jusqu'à une extrémité extérieure 4. L'extrémité intérieure 3 est jointe à une virole 5 (représentée seulement schématiquement) destinée à être montée sur l'axe du balancier. L'extrémité extérieure 4, destinée à être montée sur un piton 6 lui-même fixé sur un pont du mouvement par l'intermédiaire éventuellement d'un porte-piton mobile, comprend une première partie 7 et une deuxième partie 8 fixées l'une à l'autre.

**[0018]** Une unique pièce monolithique définit, dans un même plan, la virole 5, les spires 2 et la première partie 7 de l'extrémité extérieure 4. Cette pièce 2, 5, 7 est faite en un matériau fragile tel que le silicium et obtenue par gravure, par exemple par DRIE (Deep Reactive Ion Etching). Elle peut être recouverte d'une couche d'oxyde de silicium, par traitement thermique, pour notamment compenser les variations du module d'élasticité du spiral en fonction de la température. La première partie 7 de l'extrémité extérieure 4 présente une forme annulaire définissant en son centre un trou 9.

**[0019]** La deuxième partie 8 de l'extrémité extérieure 4 est métallique, par exemple en or, nickel, nickel-phosphore, cuivre-béryllium ou autre alliage cuivreux. Elle peut être réalisée par croissance galvanique selon la technique LIGA. Le terme «métal», dans le cadre de la présente invention, signifie tout aussi bien un métal pur qu'un alliage comprenant un métal. Cette deuxième partie 8 présente une forme annulaire définissant en son centre un trou ou alésage 10 coaxial avec le trou 9 de la première partie 7.

**[0020]** Le diamètre de l'alésage 10 est légèrement inférieur au diamètre de la tige 11 du piton 6. Le diamètre du trou 9 est, lui, plus grand que le diamètre de l'alésage 10 et que le diamètre de la tige 11 du piton 6. De la sorte, la tige 11 du piton 6, de forme cylindrique à section circulaire, peut traverser l'extrémité extérieure 4 du spiral 1, totalement ou partiellement, en étant chassée dans l'alésage 10 et en passant dans le trou 9 sans contact avec la paroi dudit trou 9. Toutes les contraintes de chassage sont ainsi reçues exclusivement par la deuxième partie, métallique 8. La première partie 7, en matériau fragile, ne reçoit aucune contrainte du piton 6 et est ainsi préservée des risques de rupture.

**[0021]** Typiquement, le trou 9 et l'alésage 10 ont une forme cylindrique à section circulaire, comme représenté. En variante toutefois, ils peuvent avoir une autre forme, par exemple une forme à section ovale ou polygonale. Le «diamètre» est alors défini comme étant le diamètre du cercle (plus exactement du cylindre à section circulaire) inscrit dans l'alésage ou le trou.

**[0022]** Les première et deuxième parties 7, 8 adhèrent l'une à l'autre, plus précisément sont fixées par un type de liaison que l'on utilise dans le domaine des MEMS (micro-electro-mechanical systems), à savoir notamment une liaison par thermocompression («thermocompression bonding»), une liaison eutectique («eutectic bonding») ou une liaison par polymère («polymer bonding»). Ces types de liaison sont utilisés dans le cadre de techniques de microfabrication autorisant un très grand degré de précision dans le positionnement des pièces. Ainsi, les première et deuxième parties 7, 8 peuvent être positionnées l'une par rapport à l'autre très précisément.

**[0023]** Selon un premier mode de réalisation, les première et deuxième parties 7, 8 sont fixées l'une à l'autre par thermocompression. La pièce définissant la virole 5, les spires 2 et la première partie 7 de l'extrémité extérieure 4 est d'abord réalisée en silicium par DRIE et recouverte d'une couche d'oxyde de silicium, typiquement sur toutes ses surfaces. Ensuite, une sous-couche d'adhésion, par exemple en chrome, titane ou tantale, est déposée sur la face de la première partie 7 destinée à recevoir la deuxième partie 8. Puis une couche d'adhésion, typiquement en or, est déposée sur la sous-couche d'adhésion par PVD (physical vapour deposition) ou toute autre technique appropriée. Enfin, une pièce métallique, typiquement en or elle aussi, et réalisée par exemple par LIGA, est pressée contre la couche d'adhésion dans une atmosphère contrôlée et chauffée pour la faire adhérer à ladite couche. Cette pièce métallique constitue la deuxième partie 8. Dans une variante, la pièce métallique est multicouche et comprend par exemple une couche en or destinée à venir en contact avec la couche d'adhésion et une couche en un autre métal, par exemple le nickel.

**[0024]** Selon un deuxième mode de réalisation, les première et deuxième parties 7, 8 sont fixées l'une à l'autre par une liaison par polymère. Le procédé est alors similaire à celui décrit ci-dessus à l'exception du fait que la sous-couche d'adhésion et la couche d'adhésion sont remplacées par une couche de polymère.

**[0025]** Selon un troisième mode de réalisation, les première et deuxième parties 7, 8 sont fixées l'une à l'autre par une liaison eutectique. La pièce définissant la virole 5, les spires 2 et la première partie 7 est réalisée en silicium par DRIE et au moins la surface de la première partie 7 destinée à recevoir la deuxième partie 8 n'est recouverte d'aucune couche. La deuxième partie 8, typiquement en or, est ensuite pressée contre la première partie 7 dans une atmosphère contrôlée et chauffée, formant un alliage eutectique silicium-or à la surface entre les première et deuxième parties 7, 8.

**[0026]** La présente invention permet ainsi une fixation ferme de l'extrémité extérieure 4 du spiral 1 au piton 6 sans risque de rupture du silicium. Une bonne précision de montage entre le piton 6 et le spiral 1 peut être garantie grâce au fait que les première et deuxième parties 7, 8 de l'extrémité extérieure 4 peuvent être réalisées et assemblées par des techniques de microfabrication par nature très précises. En particulier, une bonne perpendicularité entre le piton 6 et le spiral 1 peut être obtenue. De plus, la présente invention ne nécessite pas d'introduire individuellement une pièce intermédiaire dans chaque trou 9 ni de prévoir un élément de fixation intermédiaire du type pince ou analogue entre le piton 6 et l'extrémité extérieure 4.

**[0027]** La pièce 2, 5, 7 pourrait toutefois être réalisée dans un autre matériau que le silicium (ou que le silicium recouvert d'oxyde de silicium), par exemple en verre, en quartz, en diamant, en carbure de bore ou en carbure de silicium. Le verre peut être de différents types, par exemple le pyrex ou le borofloat (marques déposées). Le diamant, le carbure de bore ou le carbure de silicium peut être massif ou recouvrir un substrat, par exemple en silicium.

**[0028]** Bien que le mode de réalisation décrit et illustré soit préféré, la deuxième partie 8 pourrait avoir une plus grande hauteur et le piton 6 pourrait ne s'étendre qu'à travers la deuxième partie 8, la première partie 7 pouvant alors ne pas avoir de trou.

## Revendications

1. Spiral d'horlogerie comprenant une extrémité intérieure (3), une extrémité extérieure (4) et, entre ces deux extrémités, des spires (2) faites dans un matériau fragile, caractérisé en ce que l'extrémité extérieure (4) comprend une première partie (7) faite dans ledit matériau fragile et une deuxième partie (8) faite en métal adhérent l'une à l'autre, la deuxième partie (8) présentant un alésage (10) dans lequel peut être chassé un piton (6).
2. Spiral d'horlogerie selon la revendication 1, caractérisé en ce que la première partie (7) de l'extrémité extérieure (4) présente un trou (9) coaxial à l'alésage (10) et de plus grand diamètre que l'alésage (10) de sorte à pouvoir être traversée par le piton (6) sans recevoir aucune contrainte de ce dernier lorsque le piton (6) est chassé dans l'alésage (10).
3. Spiral d'horlogerie selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les première et deuxième parties (7, 8) de l'extrémité extérieure (4) adhèrent l'une à l'autre par une liaison par thermocompression, une liaison par polymère ou une liaison eutectique.
4. Spiral d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit matériau fragile comprend du silicium, du verre, du quartz, du diamant, du carbure de bore ou du carbure de silicium.
5. Spiral d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la deuxième partie (8) de l'extrémité extérieure (4) est en un matériau comprenant de l'or, du nickel, du nickel-phosphore, ou un alliage cuivreux, tel que le cuivre-béryllium.
6. Assemblage d'un spiral d'horlogerie (1) et d'un piton (6) pour un mouvement d'horlogerie, le spiral (1) comprenant une extrémité intérieure (3), une extrémité extérieure (4) et, entre ces deux extrémités, des spires (2) faites dans un matériau fragile, caractérisé en ce que l'extrémité extérieure (4) comprend une première partie (7) faite dans ledit matériau fragile et une deuxième partie (8) faite en métal adhérent l'une à l'autre, et en ce que l'extrémité extérieure (4) est montée sur le piton (6) par chassage du piton (6) dans un alésage (10) de la deuxième partie (8).
7. Assemblage selon la revendication 6, caractérisé en ce que la première partie (7) de l'extrémité extérieure (4) est traversée par le piton (6) sans recevoir aucune contrainte de ce dernier.
8. Assemblage selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que les première et deuxième parties (7, 8) de l'extrémité extérieure (4) adhèrent l'une à l'autre par une liaison par thermocompression, une liaison par polymère ou une liaison eutectique.
9. Assemblage selon l'une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce que ledit matériau fragile comprend du silicium, du verre, du quartz, du diamant, du carbure de bore ou du carbure de silicium.
10. Assemblage selon l'une des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que la deuxième partie (8) de l'extrémité extérieure (4) est en un matériau comprenant de l'or, du nickel, du nickel-phosphore, ou un alliage cuivreux, tel le cuivre-béryllium.

## CH 707 884 B1

11. Mouvement d'horlogerie comprenant un spiral (1) selon l'une des revendications 1 à 5 ou un assemblage (1, 6) selon l'une des revendications 6 à 10.
12. Procédé de fabrication d'un spiral d'horlogerie comprenant une extrémité intérieure (3), une extrémité extérieure (4) et, entre ces deux extrémités, des spires (2) faites dans un matériau fragile, caractérisé en ce qu'il comprend:
  - une première étape consistant à réaliser une première pièce faite dans ledit matériau fragile et comprenant les spires (2) et une première partie (7) de l'extrémité extérieure (4) et une deuxième pièce (8) faite en métal et présentant un alésage (10) dans lequel peut être chassé un piton (6), et
  - une deuxième étape consistant à faire adhérer la première partie (7) de l'extrémité extérieure (4) et la deuxième pièce (8) l'une à l'autre.
13. Procédé selon la revendication 12, caractérisé en ce que les première et deuxième étapes sont réalisées de telle sorte qu'un trou (9) de la première partie (7) de l'extrémité extérieure (4) soit coaxial à l'alésage (10) et de plus grand diamètre que l'alésage (10) afin que ladite première partie (7) puisse être traversée par le piton (6) sans recevoir aucune contrainte de ce dernier lorsque le piton (6) est chassé dans l'alésage (10).
14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, caractérisé en ce que la première pièce (2, 7) est réalisée par gravure.
15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, caractérisé en ce que la deuxième pièce (8) est réalisée par croissance galvanique.
16. Procédé selon l'une des revendications 12 à 15, caractérisé en ce que la deuxième étape comprend une opération de liaison par thermocompression, de liaison par polymère ou de liaison eutectique.

Fig.1

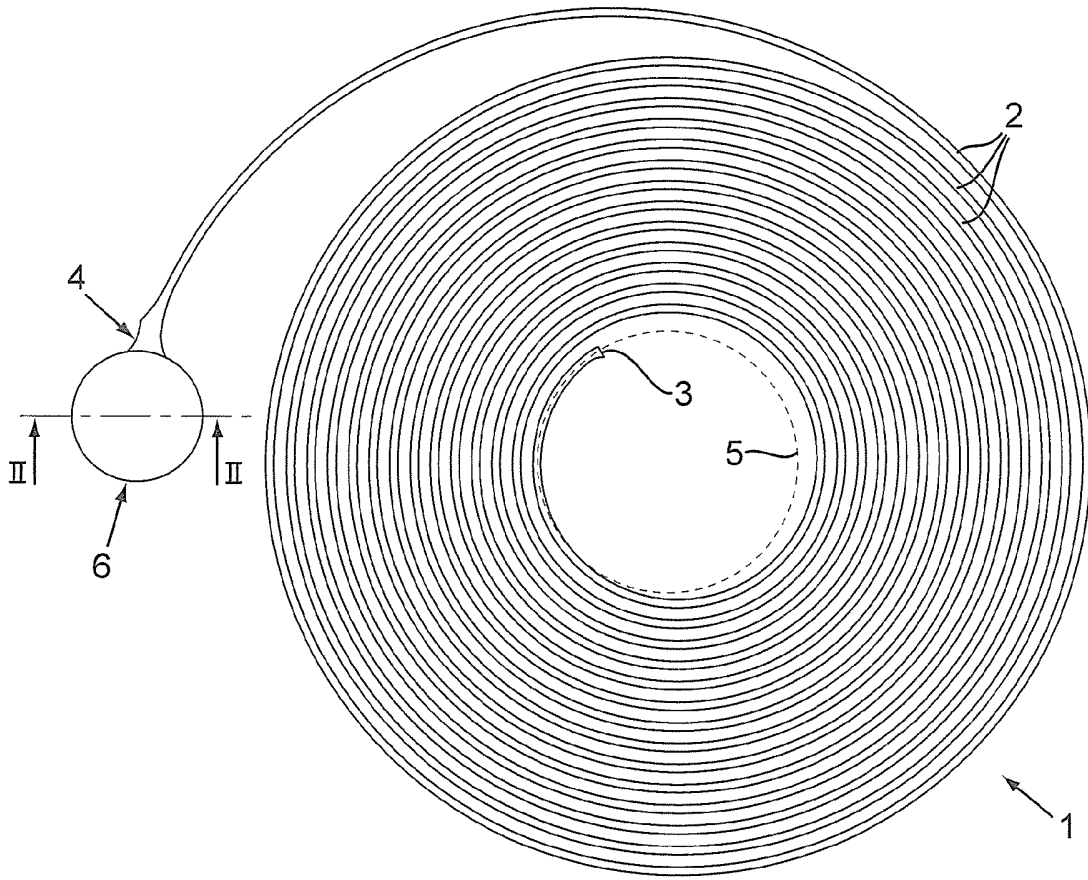


Fig.2

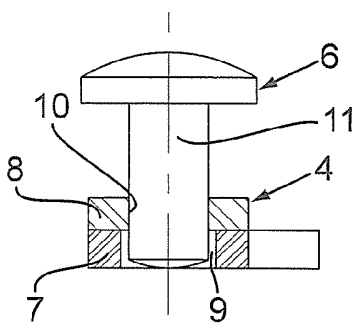


Fig.3

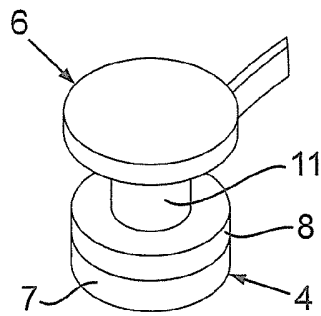


Fig.4

