

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **715 627 B1**

(51) Int. Cl.: **G04B** **17/06** (2006.01)
G04D **3/00** (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: 001532/2018

(22) Date de dépôt: 12.12.2018

(43) Demande publiée: 15.06.2020

(24) Brevet délivré: 15.04.2025

(45) Fascicule du brevet publié: 15.04.2025

(73) Titulaire(s):
NIVAROX-FAR S.A., Avenue du Collège 10
2400 Le Locle (CH)

(72) Inventeur(s):
Marco Verardo, 2336 Les Bois (CH)
Christian Charbon, 2054 Chézard-St-Martin (CH)

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

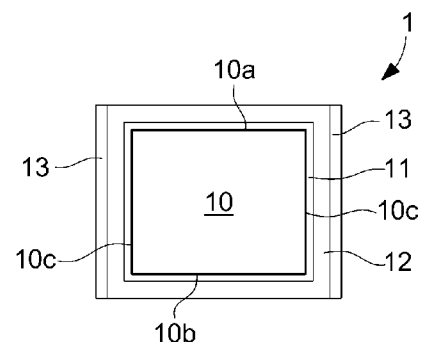
(54) **Spiral destiné à équiper un balancier à inertie fixe d'une pièce d'horlogerie et procédé de fabrication d'un tel spiral.**

(57) L'invention concerne un spiral (1) destiné à équiper un balancier à inertie fixe d'une pièce d'horlogerie, le spiral (1) étant formé d'une âme (10) comprenant des faces latérales (10c) reliant une face supérieure (10a) à une face inférieure (10b), ledit spiral (1) comportant au moins sur une des faces latérales (10c) dans une portion de la spire extérieure un revêtement formé d'une ou plusieurs couches, ledit revêtement étant caractérisé en ce qu'il comporte :

- deux couches avec une première couche (12) électriquement conductrice revêtue avec une seconde couche extérieure (13) réalisée dans une céramique, ou
- une couche (13), dite combinée, réalisée dans une céramique électriquement conductrice.

L'invention se rapporte également au procédé de fabrication de ce spiral (1).

A - A



Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention se rapporte à un spiral destiné à équiper un organe régulateur d'une montre mécanique. Elle se rapporte également au procédé de fabrication dudit spiral.

ART ANTERIEUR

[0002] Il existe plusieurs documents décrivant un procédé de dépôt d'un revêtement sur un spiral en silicium thermocompensé avec une couche d'oxyde de silicium. Le premier objectif de ce revêtement est de doter le spiral d'une couche conductrice permettant de libérer les charges électrostatiques et d'éviter le collement des spires entre elles ou contre des éléments du mouvement tels que les ponts et platines. Un second objectif de ce revêtement est de protéger le spiral de l'action néfaste de l'humidité. Pour répondre à ces objectifs, le document EP 1 837 721 divulgue un spiral avec une âme en silicium et une couche épaisse en dioxyde de silicium sur laquelle est effectuée un dépôt métallique ayant une épaisseur inférieure à 50 nm.

[0003] Ces procédés sont appliqués avec succès pour la fabrication de spiraux utilisés dans des mouvements équipés de balanciers à inertie réglable. Le spiral de longueur fixe active est généralement collé au piton et le revêtement à la surface du spiral ne subit aucun contact et/ou frottement. Avec la démocratisation du spiral en silicium, l'utilisation se généralise à des mouvements plus simples à balanciers annulaires sans réglage d'inertie. Un spiral est associé à un balancier puis la fréquence de l'oscillateur est ajustée par le réglage de la longueur active du spiral au moyen d'une raquette. Le spiral est généralement guidé entre deux goupilles et vient buter contre l'une puis contre l'autre à chaque alternance du balancier. Le contact et le mouvement entre la surface du spiral et les goupilles peut mener à une usure prématurée de la couche conductrice et résistante à l'humidité.

RESUME DE L'INVENTION

[0004] Pour pallier aux inconvénients précités, la présente invention a pour but de proposer un spiral présentant une résistance à l'usure améliorée dans la zone de contact de la spire extérieure avec les goupilles de raquette.

[0005] L'invention a également pour but de fournir un tel spiral qui résiste à l'humidité tout en présentant également des propriétés antistatiques.

[0006] A cet effet, l'invention concerne un spiral destiné à équiper un balancier à inertie fixe d'une pièce d'horlogerie, le spiral étant formé d'une âme comprenant des faces latérales reliant une face supérieure à une face inférieure, ledit spiral comportant au moins sur une portion de sa spire extérieure et sur au moins une des faces latérales dans ladite portion de la spire extérieure destiné à venir en contact avec des goupilles de raquette, un revêtement formé d'une ou plusieurs couches, ledit revêtement étant caractérisé en ce qu'il comporte :

- deux couches avec une première couche électriquement conductrice ayant une fonction antistatique et de barrière contre l'humidité, revêtue avec une seconde couche extérieure réalisée dans une céramique ayant une fonction anti-usure, ou
- une couche, dite combinée, réalisée dans une céramique électriquement conductrice combinant les fonctions antistatique, de barrière contre l'humidité et anti-usure.

[0007] Ainsi le spiral comprend sur sa spire extérieure au moins dans la zone de contact avec les goupilles de raquette une couche céramique qui garantit la durabilité du matériau sous-jacent au niveau de la zone de contact et donc globalement une meilleure résistance à l'usure du spiral.

[0008] Selon une variante, le matériau sous-jacent est le matériau constitutif de la première couche électriquement conductrice qui est soit déposée directement sur l'âme du spiral, soit déposée sur une couche intermédiaire telle qu'une couche de compensation thermique.

[0009] Selon l'autre variante où la couche céramique résistante à l'usure est également conductrice, le matériau sous-jacent est le matériau de l'âme du spiral ou le matériau de la couche intermédiaire de compensation thermique.

[0010] Le procédé de fabrication du spiral consiste à déposer ladite couche céramique sur au moins une des faces latérales du spiral destinées en utilisation à être en contact avec les goupilles. Cette couche a une épaisseur comprise entre 5 et 100 nm, et, de préférence, entre 20 et 50 nm. Préférentiellement, elle s'étend sur une portion de la spire extérieure sur un arc de cercle compris entre 10 et 60°, et, plus préférentiellement, entre 30 et 40°.

[0011] Selon des modes particuliers de l'invention, le spiral présente en outre une ou une combinaison appropriée des caractéristiques suivantes :

- ladite seconde couche extérieure est réalisée dans une céramique à base de carbures, de nitrures, de borures ou d'oxydes;
- ladite seconde couche extérieure est réalisée dans une céramique à base de carbure de silicium ;
- la couche dite combinée est réalisée dans une céramique à base d'oxydes éventuellement dopés ou à base de borures ;
- la couche dite combinée est réalisée dans un dioxyde d'étain dopé au fluor, dans un oxyde d'indium et d'étain, dans un oxyde de zinc éventuellement dopé à l'aluminium ou dans un borure de titane ;
- la première couche est une couche métallique ;
- la première couche est réalisée dans un métal choisi parmi l'or, le platine, le rhodium, le palladium, le tantale, le chrome et le vanadium ;
- chacune des faces latérales comporte dans ladite portion de la spire extérieure une première couche et une seconde couche extérieure ou la couche dite combinée ;
- chacune des faces latérales comporte dans ladite portion de la spire extérieure la couche de compensation thermique sous-jacente à la première couche ou à la couche dite combinée.

[0012] La présente invention se rapporte également à un spiral destiné à équiper un balancier à inertie fixe d'une pièce d'horlogerie, ledit spiral étant formé d'une âme en silicium comprenant des faces latérales reliant une face supérieure à une face inférieure, ledit spiral étant revêtu sur au moins une des faces latérales dans une portion de sa spire extérieure d'une couche en céramique à l'exception d'un oxyde de silicium, ladite couche étant directement déposée sur l'âme en silicium et ayant une épaisseur comprise entre 5 et 100 nm et, de préférence, entre 20 et 50 nm, ledit spiral comportant en dehors de ladite portion sur tout ou partie des faces latérales, inférieure ou supérieure une couche d'oxyde de silicium permettant de compenser les variations du coefficient thermoélastique de l'âme avec la température, revêtue avec une couche métallique.

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront dans la description suivante d'un mode de réalisation préféré, présenté à titre d'exemple non limitatif en référence aux dessins annexés.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0014]

La figure 1A est une vue de dessus d'un spiral selon l'invention monté sur son balancier. La figure 1B est une section transversale selon l'axe A-A de la spire extérieure du spiral de la figure 1A.

DESCRIPTION DETAILLEE

[0015] La présente invention se rapporte à un spiral destiné plus spécifiquement à équiper un balancier à inertie fixe. De manière connue, comme représenté à la figure 1A, le spiral 1 comporte une extrémité intérieure 2 par laquelle il est fixé à une virole 3 ajustée sur un axe 4 du balancier 8. Notamment dans le cas d'un spiral réalisé à base de silicium, de quartz ou de céramique, la virole vient de matière avec le spiral. Le spiral 1 comprend une spire extérieure 5 qui se termine par une extrémité 6 attachée à un piton 7. Le piton est solidaire d'un pont de balancier (non représenté) fixé à la platine du mouvement. Avant le point de fixation au piton, la spire extérieure passe entre les goupilles 9 de la raquette. Dans cette zone particulière, qu'on qualifiera de zone de contact, les deux faces latérales du spiral viennent respectivement buter contre une goupille puis contre l'autre goupille à chaque alternance du balancier. Dans certaines configurations de l'ensemble balancier-spiral, il est également possible que seule une des faces latérales soit amenée à buter contre une des goupilles. Dès lors, selon l'invention, au moins la ou les faces latérales du spiral dans cette zone de contact sont recouvertes avec une couche d'un matériau dur en céramique qui protège de l'usure le matériau sous-jacent lors du contact entre le spiral et la goupille.

[0016] La couche céramique est réalisée de préférence dans un carbure tel que, par exemple, le SiC. Elle peut également être réalisée dans un nitrure tel que, par exemple, le Si_3N_4 , dans un oxyde tel que, par exemple, le ZrO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 ou encore dans un borure tel que le TiB_2 . Cette couche a une épaisseur comprise entre 5 et 100 nm et, de préférence, entre 20 et 50 nm.

[0017] Selon une variante préférée, le matériau sous-jacent est un matériau constitutif d'une couche ayant une fonction antistatique et agissant comme une barrière contre l'humidité. Préférentiellement, cette couche est métallique et formée d'un métal inoxydable et amagnétique tel que l'or, le platine, le rhodium, le palladium, le tantale, le chrome, le vanadium, etc. Typiquement, cette couche a une épaisseur inférieure ou égale à 100 nm.

[0018] Selon une autre variante, la couche céramique résistante à l'usure est également électriquement conductrice et résistante à l'humidité. Auquel cas, la couche précitée ayant une fonction antistatique et agissant comme une barrière contre l'humidité n'est plus requise. Dans cette variante, la couche céramique conductrice peut être réalisée dans un oxyde tel que le $\text{SnO}_2\text{:F}$ qui est du dioxyde d'étain dopé au fluor, dans un oxyde d'indium-étain (ITO : Indium tin oxide), du ZnO qui est un oxyde de zinc parfois dopé à l'aluminium (ZnO:Al), etc. Il peut également s'agir d'un borure tel que le TiB_2 qui est conducteur.

[0019] Préférentiellement, cette couche ayant une fonction antistatique et de barrière contre l'humidité, qu'il s'agisse de la couche métallique précitée ou de la couche céramique conductrice précitée, recouvre elle-même une couche, dite de compensation thermique, qui a pour fonction de compenser les variations du coefficient thermoélastique de l'âme avec la température. Par exemple, cette couche de compensation thermique est formée d'oxyde de silicium (SiO_2). Son épaisseur est adaptée pour prendre en compte l'effet des couches conductrices et résistantes à l'usure sur le comportement thermique du spiral.

[0020] Le spiral 1 représenté en détail à la figure 1B pour la variante préférée comporte ainsi une âme 10 réalisée en silicium, en quartz ou dans une céramique de manière générale. Cette âme a typiquement une forme en quadrilatère avec une face supérieure 10a reliée à une face inférieure 10b par deux faces latérales 10c. Cette âme 10 est préférentiellement en tout ou partie recouverte de la couche 11 de compensation thermique. Dans le cas d'une âme en silicium, une ou plusieurs des faces de l'âme est ainsi recouverte d'une couche 11 formée de SiO_2 . L'âme est ensuite recouverte sur une ou plusieurs de ses faces avec la couche métallique 12 ayant une fonction antistatique et de barrière contre l'humidité. Ensuite, au moins une ou les deux faces latérales 10c de l'âme 10 préalablement revêtues des couches 11 et 12 est recouverte avec la couche dure 13 en céramique dans la zone où il y a un contact en utilisation avec la ou les goupilles. La présente invention n'exclut pas que la couche dure s'étende au-delà de la zone de contact. Ainsi, la couche dure s'étend sur au moins une portion de la spire extérieure 5 à proximité de son extrémité. Avantagusement, la portion s'étend sur un arc de cercle α compris entre 10 et 60°, et, de préférence, entre 30 et 40° (figure 1A). Ladite portion s'étend sur un arc de cercle suffisant pour s'assurer que, pour tout agencement des goupilles au sein de l'ensemble spiral-balancier, le ou les faces latérales destinées à être dans la zone de contact soient bien recouvertes avec la couche dure.

[0021] Le spiral est réalisé avec le procédé de fabrication comprenant les étapes successives suivantes décrites, à titre d'exemple, pour un spiral en silicium. Le spiral avec son âme en silicium peut être obtenu partant d'une plaquette en silicium (procédé wafer). De manière connue, on peut, par exemple, effectuer une attaque chimique par voie humide, un usinage à sec par plasma ou une gravure ionique réactive (RIE) en utilisant des masques appropriés au contour souhaité pour le spiral. La couche de compensation thermique en dioxyde de silicium est obtenue par oxydation thermique d'une ou plusieurs des faces de l'âme. Ensuite, lorsque la couche céramique anti-usure est non conductrice, la couche métallique est déposée sur une ou plusieurs des faces de l'âme. La couche conductrice est déposée au moyen de divers procédés connus, tels que la pulvérisation (sputtering), le dépôt PVD (Physical Vapor Deposition), l'implantation ionique ou le dépôt électrolytique. Finalement, la couche céramique selon l'invention est déposée par PVD, CVD (Chemical Vapor Deposition), ALD (Atomic Layer Deposition), etc. sur la ou les faces latérales de la portion de la spire extérieure. On notera que la présente invention n'exclut pas que la couche céramique soit également déposée sur les faces supérieure et inférieure sur cette portion.

[0022] Par ailleurs, la présente invention n'exclut pas que la couche céramique conductrice ou non soit déposée directement sur une ou les deux faces latérales de l'âme en silicium dans la zone de contact. Ladite âme est alors dépourvue de la couche de compensation thermique en SiO_2 ainsi que de la couche métallique dans la zone de contact mais pourvue de ces dernières sur tout ou partie de l'âme en dehors de cette zone. La couche dure est ainsi une couche céramique à base de nitrure, de carbure ou d'oxyde à l'exception dans ce dernier cas du SiO_2 , destinée à protéger de l'usure l'âme en silicium dans la zone de contact.

Légende

[0023]

- (1) Spiral
- (2) Extrémité intérieure
- (3) Virole
- (4) Axe
- (5) Spire extérieure
- (6) Extrémité extérieure
- (7) Piton
- (8) Balancier

(9) Goupille

(10) Âme

a. Face supérieure

b. Face inférieure

c. Face latérale

(11) Couche sous-jacente, aussi appelée couche de compensation thermique

(12) Première couche, aussi appelée couche métallique

(13) Seconde couche, aussi appelée couche céramique, ou couche combinée

Revendications

1. Spiral (1) destiné à équiper un balancier à inertie fixe d'une pièce d'horlogerie, le spiral (1) étant formé d'une âme (10) comprenant des faces latérales (10c) reliant une face supérieure (10a) à une face inférieure (10b), ledit spiral (1) comportant au moins sur une des faces latérales (10c) dans une portion de la spire extérieure (5) destiné à venir en contact avec des goupilles de raquette, un revêtement formé d'une ou plusieurs couches, ledit revêtement étant caractérisé en ce qu'il comporte :
– deux couches avec une première couche (12) électriquement conductrice revêtue avec une seconde couche extérieure (13) réalisée dans une céramique,
ou
– une couche (13), dite combinée, réalisée dans une céramique électriquement conductrice.
2. Spiral (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite seconde couche extérieure (13) est réalisée dans une céramique à base de carbures, de nitrures, de borures ou d'oxydes.
3. Spiral (1) selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite seconde couche extérieure (13) est réalisée dans une céramique à base de carbure de silicium.
4. Spiral (1) selon la revendication 1, caractérisé en ce que la couche (13) dite combinée est réalisée dans une céramique à base d'oxydes éventuellement dopés ou à base de borures.
5. Spiral (1) selon la revendication 4, caractérisé en ce que la couche (13) dite combinée est réalisée dans un dioxyde d'étain dopé au fluor, dans un oxyde d'indium et d'étain, dans un oxyde de zinc éventuellement dopé à l'aluminium ou dans un borure de titane.
6. Spiral (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ladite portion s'étend sur la spire extérieure (5) sur un arc de cercle compris entre 10 et 60°, et, de préférence, entre 30 et 40°.
7. Spiral (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la seconde couche extérieure (13) ou la couche (13) dite combinée a une épaisseur comprise entre 5 et 100 nm et, de préférence, entre 20 et 50 nm.
8. Spiral (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le revêtement comporte en outre une couche (11) sous-jacente à la première couche (12) ou à la couche (13) dite combinée, cette couche (11) sous-jacente permettant de compenser les variations du coefficient thermoélastique de l'âme (10) avec la température.
9. Spiral (1) selon la revendication 8, caractérisé en ce que l'âme (10) est en silicium et ladite couche (11) sous-jacente est en dioxyde de silicium.
10. Spiral (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 et 6 à 9, caractérisé en ce que la première couche (12) est une couche métallique.
11. Spiral (1) selon la revendication 10, caractérisé en ce que la première couche (12) est réalisée dans un métal choisi parmi l'or, le platine, le rhodium, le palladium, le tantale, le chrome et le vanadium.
12. Spiral (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que chacune des faces latérales (10c) comporte dans ladite portion de la spire extérieure (5) une première couche (12) et une seconde couche extérieure (13) ou la couche (13) dite combinée.
13. Spiral (1) selon la revendication 12, caractérisé en ce que chacune des faces latérales (10c) comporte dans ladite portion de la spire extérieure (5) ladite couche (11) sous-jacente à la première couche (12) ou à la couche (13) dite combinée.
14. Spiral (1) destiné à équiper un balancier à inertie fixe d'une pièce d'horlogerie, ledit spiral (1) étant formé d'une âme (10) en silicium comprenant des faces latérales (10c) reliant une face supérieure (10a) à une face inférieure (10b), ledit spiral (1) étant revêtu sur au moins une des faces latérales (10c) dans une portion de sa spire extérieure (5)

destiné à venir en contact avec des goupilles de raquette, d'une couche (13) en céramique à l'exception d'un oxyde de silicium, ladite couche (13) étant directement déposée sur l'âme (10) en silicium et ayant une épaisseur comprise entre 5 et 100 nm et, de préférence, entre 20 et 50 nm, ledit spiral (1) comportant en dehors de ladite portion sur tout ou partie des faces latérales (10c), inférieure (10b) ou supérieure (10a) une couche (11) d'oxyde de silicium permettant de compenser les variations du coefficient thermoélastique de l'âme (10) avec la température, revêtue avec une couche métallique (12).

15. Spiral selon la revendication 14, caractérisé en ce que la couche (13) qui revêt au moins une des faces latérales (10c) dans la portion de spire extérieure (5) est une céramique à base de nitrure, de carbure, de borures ou d'oxydes.
16. Pièce d'horlogerie comprenant un balancier à inertie fixe et une raquetterie comprenant deux goupilles de raquette (9), caractérisée en ce qu'elle comporte le spiral (1) selon l'une quelconque des revendications précédentes avec ladite portion disposée en regard desdites deux goupilles (9).
17. Procédé de fabrication d'un spiral (1) destiné à équiper un balancier à inertie fixe d'une pièce d'horlogerie, ledit procédé comprenant les étapes successives de :
 - a) Mise à disposition d'un spiral (1) comprenant une âme (10) avec des faces latérales (10c) reliant une face inférieure (10b) à une face supérieure (10a) ;
 - b) Dépôt d'une première couche (12) électriquement conductrice ou d'une couche (13) dite combinée réalisée dans une céramique électriquement conductrice sur au moins une des faces latérales (10c) de l'âme (10) sur au moins une portion d'une spire extérieure (5) du spiral (1) destiné à venir en contact avec des goupilles de raquette,
 - c) lorsque l'étape b) consiste à déposer la première couche (12), dépôt d'une seconde couche (13) en céramique sur la première couche (12).
18. Procédé de fabrication selon la revendication 17, caractérisé en ce que l'étape b) est précédée d'une étape consistant à déposer une couche (11) sous-jacente à la première couche (12) ou à la couche (13) dite combinée permettant de compenser les variations du coefficient thermoélastique de l'âme (10) avec la température.

Fig. 1A

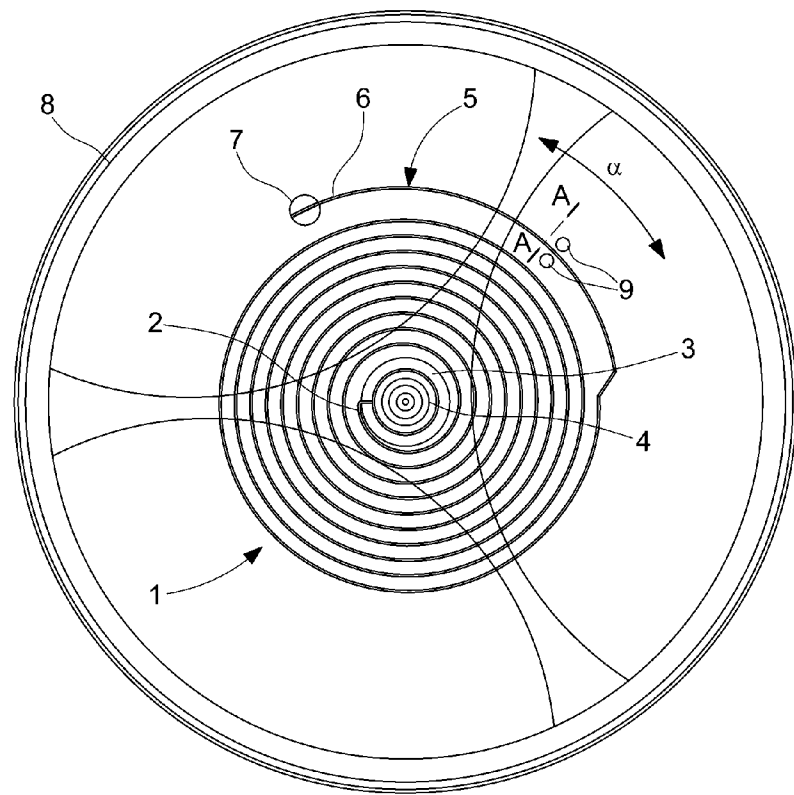


Fig. 1B

A - A

