



CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **707 669 B1**

(51) Int. Cl.: **G04B** 17/06 (2006.01)
G04B 15/14 (2006.01)
G04B 13/02 (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: 00595/06

(22) Date de dépôt: 10.04.2006

(24) Brevet délivré: 15.09.2014

(45) Fascicule du brevet publié: 15.09.2014

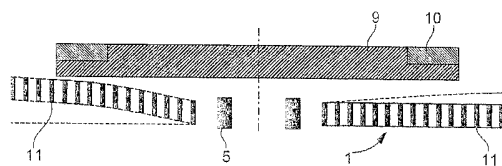
(73) Titulaire(s):
ETA SA Manufacture Horlogère Suisse,
Schild-Rust-Strasse 17
2540 Grenchen (CH)

(72) Inventeur(s):
Thierry Conus, 2543 Lengnau (CH)
Marc Lippuner, 2540 Grenchen (CH)
Philippe Marmy, 2900 Porrentruy (CH)
Benjamin Krähenbühl, 2544 Bettlach (CH)
Michael Reber, 4900 Langenthal (CH)

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA, Rue des Sors 7
2074 Marin (CH)

(54) **Pièce de micro-mécanique en matériau électriquement isolant ou en silicium ou un de ses composés et son procédé de fabrication.**

(57) Une pièce de micro-mécanique en matériau électriquement isolant ou en silicium ou un de ses composés, tel qu'un spiral (1) en silicium de mouvement horloger, à tendance à coller à une pièce voisine lorsqu'elle est en mouvement, tel qu'un coq (9) comme représenté dans la partie gauche de la fig. 2. Cet inconvénient est éliminé par l'invention, comme représenté dans la partie droite de la fig. 2, en effectuant sur tout ou partie de la surface un faible dépôt d'une couche d'un matériau électriquement conducteur, tel qu'un métal, de préférence inoxydable et amagnétique, tel que de l'or, du platine, du rhodium ou du silicium.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne une pièce de micro-mécanique réalisée en un matériau électriquement isolant ou en silicium ou un de ses composés, et plus particulièrement une pièce fixe ou mobile d'un mouvement horloger dont la proximité d'autres pièces ne perturbe pas le fonctionnement d'une pièce mobile, directement, ou indirectement par l'attraction de particules.

Arrière-plan technologique

[0002] Les matériaux isolants, tels que le silicium et ses composés, le quartz, le diamant, le verre, la céramique ou autres sont de plus en plus utilisés pour réaliser des pièces de micro-mécanique horlogère, qu'il s'agisse de pièces fixes, telles que des platines ou des ponts, ou de pièces mobiles faisant par exemple partie de la chaîne cinématique, ou du système réglant telles que le spiral, le balancier ou l'échappement.

[0003] On a observé, en particulier sur un spiral totalement isolé des autres pièces par exemple par pitonnage et collage au moyen d'une colle non conductrice, que l'emploi du silicium avait un inconvénient. En effet au bout d'un certain temps de fonctionnement, un certain nombre de spires situées entre la courbe à l'extérieur et la courbe à l'intérieur du spiral a tendance à venir se coller au coq, ce qui nuit forcément à l'isochronisme du système réglant. Le même phénomène pourrait être observé avec d'autres pièces réalisées en silicium ou en un autre matériau isolant, ce qui aurait également au final un effet néfaste sur l'isochronisme.

Résumé de l'invention

[0004] La présente invention vise donc à apporter une solution au problème évoqué ci-dessus en procurant une pièce de micro-mécanique fixe ou mobile réalisée en un matériau électriquement isolant ou en silicium ou un de ses composés dont un traitement de surface permet d'éviter le risque de collage.

[0005] A cet effet l'invention a pour objet une pièce de micro-mécanique réalisée en un matériau électriquement isolant, tel que le diamant, le verre, la céramique ou le silicium et ses composés, dont tout ou partie de sa surface est revêtue d'un mince dépôt d'un matériau conducteur électrique tel qu'une couche d'un matériau métallique ou d'un matériau non métallique conducteur. Le dépôt conducteur présente de préférence une épaisseur inférieure à 50 nm. Ce très mince dépôt invisible à l'œil nu, mais décelable par les moyens d'analyse actuels permet de supprimer les risques d'attraction et de collage par une pièce voisine, cette attraction pouvant être due à des frottements ou des tensions susceptible de créer dans la pièce des charges électrostatiques.

[0006] Ce dépôt peut être effectué sur une pièce en matériau électriquement isolant ou en silicium ou un de ses composés monobloc ou composite, c'est-à-dire dont au moins la surface extérieure est en matériau électriquement isolant.

[0007] Parmi les matériaux permettant d'atteindre le but sus-indiqué on choisit de préférence les métaux inoxydables et amagnétiques tels que l'or, le platine, le rhodium, le palladium.

[0008] Parmi les matériaux conducteurs non métalliques on choisira de préférence un matériau parmi l'ensemble comprenant le graphite, le carbone, le silicium dopé, et les polymères conducteurs.

[0009] Ces métaux peuvent être déposés par des procédés connus permettant de contrôler l'épaisseur en ajustant les conditions opératoires, par exemple par pulvérisation cathodique (sputtering), dépôt physique en phase vapeur (PVD), dopage, implantation ionique ou par un procédé électrolytique. Les mêmes techniques pourront être utilisées pour déposer les matériaux non métalliques conducteurs.

[0010] Dans un mode d'application préféré, ladite pièce de micro-mécanique est une pièce de la chaîne cinématique d'un mouvement horloger, telle qu'un spiral, une ancre, une roue d'échappement ou une roue dentée, ou n'importe quelle autre pièce fixe pouvant par exemple constituer le palier de l'axe d'un mobile. Dans la description détaillée qui va suivre, l'invention sera plus particulièrement illustrée par un spiral qui est la pièce la plus sensible d'un mouvement horloger.

[0011] L'invention concerne également une pièce d'horlogerie intégrant une telle pièce de micro-mécanique.

Brève description des dessins

[0012] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront plus clairement dans la description qui suit d'un exemple de réalisation, donné à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels:

la fig. 1 représente en vue de dessus partiellement arrachée un balancier-spiral pourvu d'un spiral traité selon l'invention, et

la fig. 2 est une représentation en coupe selon la ligne II-II de la fig. 1, avec représentation de la partie arrachée.

Description détaillée de l'invention

[0013] L'invention sera plus particulièrement illustrée par un dispositif réglant balancier-spiral représenté à la fig. 1, dans lequel le spiral 1 est réalisé, à titre d'exemple, en silicium, en adaptant les procédés de micro-usinage employés dans la fabrication de circuits intégrés ou d'accéléromètres à partir d'une plaquette de silicium ou de tout autre matériau isolant amorphe ou cristallin. 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.

[0014] Compte tenu des petites dimensions, une même plaquette de silicium permet de fabriquer un lot de spiraux dont les caractéristiques sont déterminées par l'épaisseur de la plaquette et la forme des masques, lesdites caractéristiques étant calculées pour un fonctionnement du spiral dans un plan.

[0015] En se référant maintenant à la fig. 2, dont la représentation en coupe est limitée au spiral 1 et au coq 9, on a représenté dans la partie gauche le comportement des spires 11 au bout d'un certain temps de fonctionnement lorsque le spiral 1 n'a subi aucun traitement. Comme on peut le voir, les spires 11 s'écartent de leur position normale représentée en pointillés en étant attirées par le coq 9 et peuvent même venir coller à celui-ci, ce qui perturbe évidemment la marche normale, c'est-à-dire une marche n'ayant que des mouvements d'extension/contraction dans un plan.

[0016] Dans la partie droite on a représenté le spiral 1 après traitement, la ligne en pointillés représentant la position qu'occuperaient les spires 11 en absence de traitement. Comme on le voit le spiral reste parfaitement dans un plan. On s'est en effet aperçu de façon surprenante qu'en effectuant un traitement consistant en un très faible dépôt d'un matériau conducteur électrique tel qu'un matériau métallique sur tout ou partie de la surface des spires, on annihile l'effet néfaste précédemment décrit, sans pour autant modifier les propriétés mécaniques intrinsèques du spiral. Par «très faible dépôt», on entend un dépôt ayant une épaisseur inférieure à 50 nm de préférence comprise entre 10 nm et 20 nm. Lorsque le dépôt est inférieur à 50 nm, les propriétés mécaniques intrinsèques de la pièce ne sont pas modifiées et le dépôt est invisible à l'œil nu, mais néanmoins décelable par les techniques actuelles d'analyse. Le matériau utilisé est de préférence un métal inoxydable et amagnétique tel que l'or, le platine, le rhodium, le palladium, lorsqu'il s'agit d'un matériau conducteur métallique. Ce dépôt peut être effectué au moyen de divers procédés connus, tels que le sputtering, le dépôt PVD, l'implantation ionique ou le dépôt électrolytique.

[0017] A titre d'exemple on a effectué un dépôt d'or de 15 nm par «sputtering», c'est-à-dire en effectuant une métallisation par pulvérisation cathodique sous vide, avec une cible en or, en appliquant un courant de 60 mA pendant 15 secondes.

[0018] Lorsque un matériau conducteur non métallique est déposé on le choisira de préférence parmi l'ensemble comprenant le graphite, le carbone, le silicium dopé, et les polymères conducteurs et on utilisera des techniques de dépôt et des épaisseurs comme mentionnées ci-dessus.

[0019] On vient de décrire un spiral en silicium, mais d'autres matériaux amorphes ou cristallins non conducteurs peuvent également être utilisés, tels qu'indiqués précédemment, et être traités avec une métallisation superficielle évitant les risques d'attraction ou de collage.

[0020] Il est également possible d'utiliser un matériau composite pour réaliser par exemple un spiral ayant une âme en silicium et un revêtement épais en dioxyde de silicium sur lequel sera effectué le dépôt de matériau conducteur de faible épaisseur.

[0021] Un «matériau composite» peut également comprendre une âme métallique noyée dans un matériau isolant.

[0022] De même l'invention n'est pas limitée à un spiral et peut s'appliquer à d'autres pièces en mouvement telles qu'une ancre, une roue d'échappement ou une roue dentée, ainsi qu'à d'autres pièces fixes ou mobiles d'un mouvement d'horlogerie.

Revendications

1. Pièce de micro-mécanique réalisée en au moins un matériau électriquement isolant, et destinée à être intégrée dans la chaîne cinématique d'un mouvement horloger, caractérisée en ce qu'elle est revêtue sur tout ou partie de sa surface d'un dépôt en un matériau électriquement conducteur.
2. Pièce de micro-mécanique selon la revendication 1, caractérisée en ce que le matériau électriquement isolant est choisi parmi le diamant, le verre et la céramique.
3. Pièce de micro-mécanique réalisée en silicium ou un de ses composés, et destinée à être intégrée dans la chaîne cinématique d'un mouvement horloger, caractérisée en ce qu'elle est revêtue sur tout ou partie de sa surface d'un dépôt en un matériau électriquement conducteur.
4. Pièce de micro-mécanique selon la revendication 3, caractérisée en ce que ledit silicium ou un de ses composés comporte une âme composite en silicium sur laquelle est formé du dioxyde de silicium ayant une épaisseur supérieure à 50 nm.
5. Pièce de micro-mécanique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le dépôt de matériau électriquement conducteur a une épaisseur inférieure à 50 nm, de préférence comprise entre 10 nm et 20 nm.

6. Pièce de micro-mécanique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le matériau électriquement conducteur est un matériau métallique.
7. Pièce de micro-mécanique selon la revendication 6, caractérisée en ce que le matériau métallique utilisé pour effectuer le dépôt est un métal inoxydable et amagnétique.
8. Pièce de micro-mécanique selon la revendication 7, caractérisée en ce que le métal est choisi parmi l'or, le platine le rhodium et le palladium.
9. Pièce de micro-mécanique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que le matériau électriquement conducteur est un matériau électriquement conducteur non métallique.
10. Pièce de micro-mécanique selon la revendication 9, caractérisée en ce que le matériau électriquement conducteur non métallique utilisé pour effectuer le dépôt est choisi parmi l'ensemble des matériaux comprenant le graphite, le carbone, le silicium dopé, et les polymères électriquement conducteurs.
11. Pièce de micro-mécanique selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce qu'elle consiste en un composant de l'échappement ou du système balancier-spiral d'un mouvement horloger.
12. Pièce de micro-mécanique selon la revendication 11, caractérisée en ce qu'elle consiste en un spiral, une ancre, une roue d'échappement, une roue dentée ou un palier de l'axe d'un mobile.
13. Pièce d'horlogerie comportant une pièce de micro-mécanique selon l'une des revendications 1 à 12.
14. Procédé de fabrication d'une pièce de micro-mécanique selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes consistant à:
 - usiner une pièce ou un lot de pièces dans une plaque de matériau électriquement isolant ou de silicium ou d'un composé du silicium, et
 - effectuer sur tout ou partie de la surface de la pièce un dépôt d'une couche d'un matériau électriquement conducteur en ajustant les conditions opératoires pour obtenir l'épaisseur désirée.
15. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'étape de dépôt consiste à déposer un matériau métallique ou un matériau électriquement conducteur non métallique.
16. Procédé selon la revendication 15, caractérisé en ce que le dépôt électriquement conducteur est effectué par pulvérisation cathodique, dépôt physique en phase vapeur, dopage, implantation ionique, par un procédé électrolytique.
17. Procédé selon la revendication 14, caractérisé en ce que la plaque est en silicium recouvert d'oxyde de silicium et en ce que le matériau électriquement conducteur est de l'or.

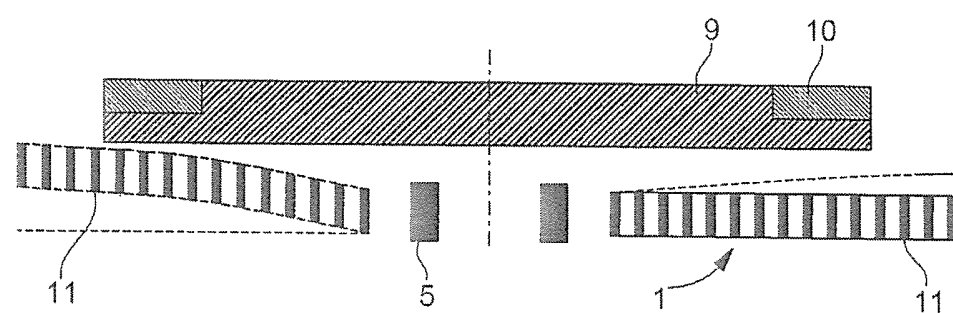
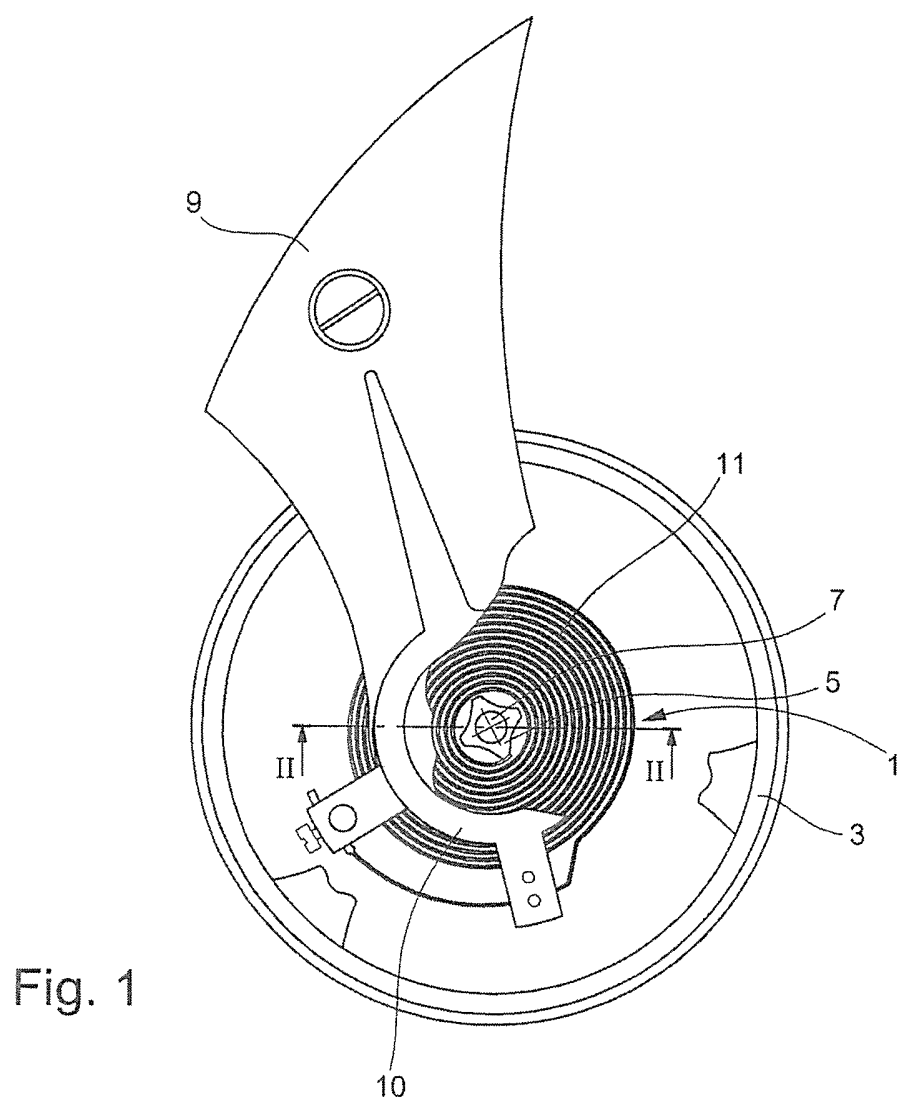


Fig. 2