

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **710 581 A1**

(19)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(51) Int. Cl.: **G04B** 17/22 (2006.01)
G04B 17/06 (2006.01)
B81B 3/00 (2006.01)
B81C 1/00 (2006.01)

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01991/14

(71) Requérant:
Sigatec SA, Route des Iles 20
1950 Sion (CH)

(22) Date de dépôt: 19.12.2014

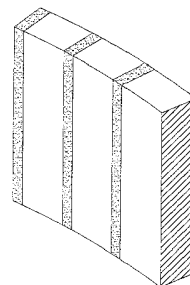
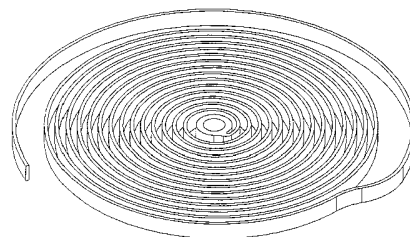
(72) Inventeur(s):
Marc-André Glassey, 1967 Bramois (CH)

(43) Demande publiée: 30.06.2016

(74) Mandataire:
BOVARD SA, Conseils en propriété intellectuelle
Optingenstrasse 16
3000 Berne 25 (CH)

(54) **Ressort spiral et son procédé de fabrication.**

(57) La présente invention se rapporte à un ressort spiral, notamment pour un oscillateur d'une pièce d'horlogerie mécanique, composé d'un premier matériau et un deuxième matériau, le premier matériau et le deuxième matériau présentant des coefficients thermoélastiques de signes opposés, dans lequel le premier matériau et le deuxième matériau sont juxtaposés, permettant de cette manière de minimiser la variation de fréquence d'oscillation de l'oscillateur en fonction de la variation de la température. Également, la présente invention se rapporte à un procédé de fabrication d'un tel ressort spiral.



Description

Domaine technique de l'invention

[0001] La présente invention se rapporte au domaine technique des ressorts spiraux. Plus spécifiquement, la présente invention se rapporte au domaine technique des ressorts spiraux qui font partie des oscillateurs (appelés aussi balanciers-spiraux) utilisés plus particulièrement dans l'horlogerie mécanique.

Description de l'état de la technique

[0002] Un balancier-spiral est l'organe régulateur d'une montre mécanique. Il régule la marche du temps grâce à ses oscillations et est responsable de la précision de la montre. Un balancier-spiral est typiquement constitué d'un volant statiquement équilibré appelé le balancier auquel est couplé un ressort spiral. Le balancier effectue un mouvement de va et vient circulaire et divise le temps en unités égales. Pendant ce mouvement, le ressort spiral sert principalement à ramener le balancier à sa position de départ à la fin de chaque alternance.

[0003] Or, la précision de la marche d'une montre mécanique dépend largement des propriétés élastiques du ressort spiral qui peuvent notamment varier en fonction de la variation de la température. Plus particulièrement, il est connu que la variation de la température peut résulter en une accélération ou en un ralentissement de la marche de la montre. Dans de telles situations, on parle généralement du «coefficient thermoélastique» qui est entendu comme la variation du module d'élasticité en fonction de la température. L'ajustement de ce coefficient thermoélastique permet donc d'obtenir un balancier-spiral ayant une variation de marche très faible en fonction de la température et ainsi qualifier les mouvements de montres mécaniques comme insensibles thermiquement.

[0004] Traditionnellement, les ressorts spiraux utilisés dans les montres mécaniques étaient fabriqués en un métal, tout d'abord en acier, puis en alliages particuliers développés de manière spécifique pour obtenir les ressorts spiraux essentiellement insensibles aux variations de la température. Cependant, ces dernières années ont vu apparaître les ressorts spiraux fabriqués en silicium ou en d'autres matériaux non-métalliques pour lesquels les problèmes de thermo-compensation n'ont pas encore pu être résolus de manière satisfaisante.

[0005] Les solutions de ce problème de compensation thermique des ressorts spiraux fabriqués en silicium ont par exemple été proposées dans les documents EP 1 422 436 et WO 2009/068 091. Ces documents présentent des oscillateurs munis des ressorts spiraux dont la thermo-compensation est réalisée à l'aide d'une couche d'oxyde de silicium appliquée sur la surface du ressort spiral. Cependant, les technologies permettant de déposer ou de former de l'oxyde de silicium sur la surface des ressorts spiraux fabriqués en silicium ne permettent pas de varier son épaisseur suivant la longueur du ressort spiral. Les solutions proposées sont donc limitées à la variation de l'épaisseur totale du ressort spiral pour augmenter son module d'élasticité de manière locale. Cette manière de faire a pour conséquence un coefficient thermoélastique non optimisé de manière locale et ainsi une déformation du ressort spiral différente selon la température.

Exposé sommaire de l'invention

[0006] Le but majeur de la présente invention est donc de proposer un ressort spiral, notamment pour une pièce d'horlogerie mécanique, qui ne présente pas les inconvénients susmentionnés. Également, un autre but de la présente invention est de proposer un procédé pour fabrication de tels ressorts spiraux.

[0007] De manière plus spécifique, la présente invention vise à minimiser la dérive thermique d'un oscillateur (le balancier-spiral) d'une montre mécanique.

[0008] Pour y parvenir, on doit minimiser le coefficient thermoélastique du ressort spiral et l'appairer avec celui du balancier.

[0009] Dans ce sens, un objet spécifique de la présente invention consiste à réaliser un ressort spiral avec une thermo-compensation, donc un ressort spiral essentiellement insensible par rapport aux variations de la température. Un autre objet spécifique de la présente invention consiste à compenser de manière globale le coefficient thermoélastique et faire varier le module d'élasticité dans le ressort spiral de manière locale. De plus, un autre objet spécifique de la présente invention consiste à compenser le coefficient thermoélastique en toute section du ressort spiral indépendamment des variations de la section. Cet objet est le plus élaboré car la déformation du ressort spiral ne sera plus influencée par la température.

[0010] A cet endroit, il est important de remarquer que le module d'élasticité (appelé également le module de Young) est une valeur intrinsèque à la matière. La variation du module d'élasticité permet d'avoir des sections plus rigides que d'autres suivant leur position dans le ressort spiral.

[0011] Ces et d'autres objets de la présente invention sont notamment atteints par un ressort spiral selon la revendication 1, ainsi que par un procédé de fabrication d'un tel ressort spiral selon la revendication 10. Les modes de réalisation préférés sont représentés dans les revendications dépendantes.

[0012] De manière synthétique, il peut être résumé que la présente invention concerne les ressorts spiraux composés d'au minimum deux matériaux formant un ensemble qui permet d'ajuster le coefficient thermoélastique de ces ressorts spiraux selon les besoins.

Brève description des dessins

[0013] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention vont maintenant être décrits en détail dans l'exposé suivant qui est donné en référence aux figures annexées, lesquelles représentent:

- fig. 1: une représentation schématique en perspective d'un ressort spiral qui peut être utilisé dans un oscillateur d'une montre mécanique;
- fig. 2 et 3: des portions de spire du ressort spiral de la fig. 1 selon un premier et un deuxième mode de réalisation de la présente invention;
- fig. 4: une représentation schématique en vue de dessus d'un ressort spiral qui peut être utilisé dans un oscillateur d'une montre mécanique; et
- fig. 5 à 10: des portions de spire du ressort spiral de la fig. 4 selon un troisième, un quatrième, un cinquième, un sixième, un septième et un huitième mode de réalisation de la présente invention.

Exposé détaillé de l'invention

[0014] Figures 1 et 4 illustrent de manière schématique des ressorts spiraux qui peuvent être utilisés dans des montres mécaniques. Ces ressorts spiraux peuvent notamment être des ressorts spiraux conventionnels ou des ressorts spiraux fabriqués dans le sens de la présente invention. Si les ressorts spiraux à la fig. 1 et à la fig. 4 sont des ressorts spiraux selon la présente invention, ils présentent une structure particulière, p.ex. telle que représentée aux fig. 2, 3 et 5 à 10 qui sont les agrandissements d'une portion de la spire du ressort spiral de la fig. 1 ou du ressort spiral de la fig. 4.

[0015] Comme visible à la fig. 2, le ressort spiral selon un premier mode de réalisation de la présente invention est composé d'une suite de tranches (ou sections) qui sont perpendiculaires à la section de la spire du ressort spiral. Ces tranches ou sections sont formées alternativement d'un premier matériau A et d'un deuxième matériau B. Dans cette expression plus simple de la présente invention, l'un des deux matériaux A et B possède un coefficient thermoélastique positif et l'autre des deux matériaux A et B possède un coefficient thermoélastique négatif. A titre d'exemple, le premier matériau A peut être le silicium monocristallin ou polycristallin et le deuxième matériau B peut être l'oxyde de silicium. Bien entendu, d'autres matériaux sont également possibles.

[0016] Figure 3 représente une portion d'un ressort spiral selon un deuxième mode de réalisation de la présente invention. De nouveau, le ressort spiral est composé de deux matériaux A et B avec les coefficients thermoélastiques différents. Cependant, dans ce deuxième mode de réalisation de la présente invention, le deuxième matériau B est présent sous forme d'une ligne brisée autour de l'axe neutre du ressort spiral (le premier matériau A) et sur la hauteur du ressort spiral.

[0017] Les fig. 5 à 10 représentent six autres modes de réalisation de la présente invention, maintenant en vue de dessus. Les différences entre chacun de ces différents modes de réalisation de la présente invention résident dans l'arrangement du premier matériau A et du deuxième matériau B dans la spire du ressort spiral. Les modes de réalisations «en ligne brisée continue» ou «en ligne continue» présentent les mêmes avantages que le mode de réalisation à la fig. 2, mais sont plus faciles à fabriquer.

[0018] Dans tous les modes de réalisation de la présente invention, l'épaisseur des tranches ou des sections des différents matériaux peut être ajustée afin que la résultante des coefficients thermoélastiques soit très faible, permettant ainsi la fabrication des oscillateurs thermo-compensés (donc invariables aux variations de la température).

[0019] Par exemple, pour le premier mode de réalisation de la présente invention (selon la fig. 1), si on prend un premier matériau A ayant le premier coefficient thermique du module de Young de valeur de $-60 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ et un deuxième matériau B ayant le premier coefficient thermique du module de Young de valeur de $215 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$, on obtient un rapport des épaisseurs de 215/60 ou 3.58. En d'autres mots, dans cet exemple, si l'épaisseur de la tranche du premier matériau A est 3.58 fois plus large que l'épaisseur de la tranche du deuxième matériau B, les effets thermiques des deux matériaux s'annuleront essentiellement et l'ensemble (donc le ressort spiral) aura un premier coefficient thermique du module de Young nul.

[0020] On remarque à ce stade qu'en raison de la symétrie, la thermo-compensation de l'ensemble du ressort spiral est due à l'épaisseur des tranches et non à leur section. Par conséquent, un ressort spiral ayant différentes sections sera ainsi thermo-compensé en tous points. Par opposition, si la section est constante et que l'on varie les proportions des deux matériaux, on obtiendra un module d'élasticité plus élevé si le matériau au module d'élasticité plus élevé a des tranches plus épaisses que la proportion optimale de ce matériau nécessaire pour la thermoélasticité. Une telle structure est représentée aux fig. 5 et 6. Dans ce cas, pour obtenir un ressort spiral thermo-compensé globalement, on doit calculer les proportions en considérant toute la longueur du ressort spiral.

[0021] En ce qui concerne les calculs des justes proportions entre les deux matériaux pour les autres modes de réalisation de la présente invention, ils sont forcément plus complexes. Cependant, un homme du métier est capable d'effectuer ces calculs ou de déterminer les bonnes proportions par approche expérimentale.

[0022] Pour fabriquer un ressort spiral selon la présente invention, on utilisera de manière préférée la méthode suivante:

[0023] 1) Ouverture dans le premier matériau A des espaces destinés à recevoir le deuxième matériau B. Pour ceci, on peut graver ces espaces destinés à recevoir le deuxième matériau B dans le premier matériau A au moyen de la technologie DRIE («Deep Reactive Ion Etching»). A cette fin, une solution préférentielle consiste à utiliser un wafer «SOI» (consistant en un assemblage silicium-oxyde-silicium) et graver la partie supérieure en silicium («device layer»). De cette manière l'épaisseur du ressort spiral correspond à l'épaisseur du «device layer».

[0024] 2) Remplissage des espaces gravés avec le deuxième matériau B. Ici, de manière préférentielle, lorsqu'on utilise le silicium comme le premier matériau A, on peut remplir les espaces gravés avec de l'oxyde thermique. L'oxyde thermique est formé automatiquement à partir du silicium dans un four à atmosphère humide. Après un certain temps dans le four, l'oxyde remplit totalement les cavités gravées. Des techniques de dépôt par vapeur peuvent également permettre le remplissage des espaces gravés.

[0025] 3) Détourage du pourtour du ressort spiral à l'aide d'une nouvelle étape de gravure DRIE. Après les étapes de photolithographie, cette deuxième gravure permet de détourner complètement le ressort spiral dans le plan. De manière préférentielle, le ressort spiral sera totalement détourné à l'exception éventuelle d'une attache qui le rend solidaire au wafer et qui sera brisée en fin de procédé. Cette étape de détourage du pourtour peut se faire pour certains modes de réalisation en même temps que l'étape 1.

[0026] 4) Libération du spiral. Dans cette étape, on retire la face arrière du Wafer SOI. Ce retrait peut être réalisé à choix uniquement sous les ressorts spiraux ou sur tout le wafer.

[0027] 5) Post-traitements éventuels. Des post-traitements peuvent être réalisés dans les buts suivants:

- a) Dépôt ou traitement visant à augmenter la résistance du ressort spiral aux chocs;
- b) Dépôt ou traitement visant à augmenter la conductivité électrique du ressort spiral; ou
- c) Dépôt ou retrait de matière visant à ajuster ou changer le module d'élasticité du ressort spiral.

[0028] Il est évident pour un homme du métier que les informations qui viennent d'être données concernant le ressort spiral selon la présente invention et le procédé de fabrication d'un tel ressort spiral pourront facilement être adaptées et/ou supplémentées à l'aide d'autres éléments bien connus dans le métier, sans que ces adaptations et/ou suppléments sortent du cadre de la présente invention.

Revendications

1. Ressort spiral, notamment pour un oscillateur d'une pièce d'horlogerie mécanique, composé d'un premier matériau (A) et un deuxième matériau (B), le premier matériau (A) et le deuxième matériau (B) présentant des coefficients thermoélastiques de signes opposés, caractérisé par le fait que le premier matériau (A) et le deuxième matériau (B) sont juxtaposés dans le ressort spiral, permettant de cette manière de minimiser la variation de fréquence d'oscillation de l'oscillateur en fonction de la variation de la température.
2. Ressort spiral selon la revendication 1, caractérisé en ce que le premier matériau (A) et le deuxième matériau (B) sont juxtaposés au moins dans l'âme du ressort spiral et/ou sur la hauteur du ressort spiral.
3. Ressort spiral selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le premier matériau (A) et le deuxième matériau (B) sont juxtaposés au moins de manière parallèle au rayon du ressort spiral.
4. Ressort spiral selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier matériau (A) et/ou le deuxième matériau (B) soit présent sous forme d'une ou plusieurs couches juxtaposées autour de l'axe neutre du ressort spiral.
5. Ressort spiral selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le premier matériau (A) et le deuxième matériau (B) sont juxtaposés de manière périodique.
6. Ressort spiral selon la revendication 5, caractérisé en ce que la périodicité de juxtaposition varie aux endroits où l'on désire de manière volontaire augmenter ou diminuer le module d'élasticité du ressort spiral.
7. Ressort spiral selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que la périodicité de juxtaposition varie aux endroits où la section du ressort spiral augmente ou diminue afin de conserver localement un coefficient thermoélastique minimisé.
8. Ressort spiral selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le premier matériau (A) est le silicium et le deuxième matériau (B) est l'oxyde de silicium.
9. Ressort spiral selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les tranches en oxyde de silicium ont une épaisseur de moins de 10 µm.

10. Ressort spiral selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est recouvert d'une couche supplémentaire d'un matériau sur son pourtour et que l'optimisation de son coefficient thermoélastique et du module d'élasticité en tienne compte.
11. Procédé de fabrication d'un ressort spiral selon l'une quelconque des revendications précédentes, comprenant les étapes suivantes:
 - gravures de tranchées dans un support en un premier matériau (A) afin d'obtenir la hauteur des spires du ressort spiral;
 - de ces tranchées gravées dans le premier matériau (A) par un deuxième matériau (B);
 - libération du ressort spiral du support en le premier matériau (A).
12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que, avant la libération du ressort spiral du support en le premier matériau (A), le pourtour du ressort spiral est détourné par gravure.
13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que, après la libération du ressort spiral, celui-ci est soumis à un post-traitement afin d'augmenter la résistance du ressort spiral aux chocs, augmenter la conductivité électrique du ressort spiral, ou ajuster ou changer le module d'élasticité du ressort spiral.

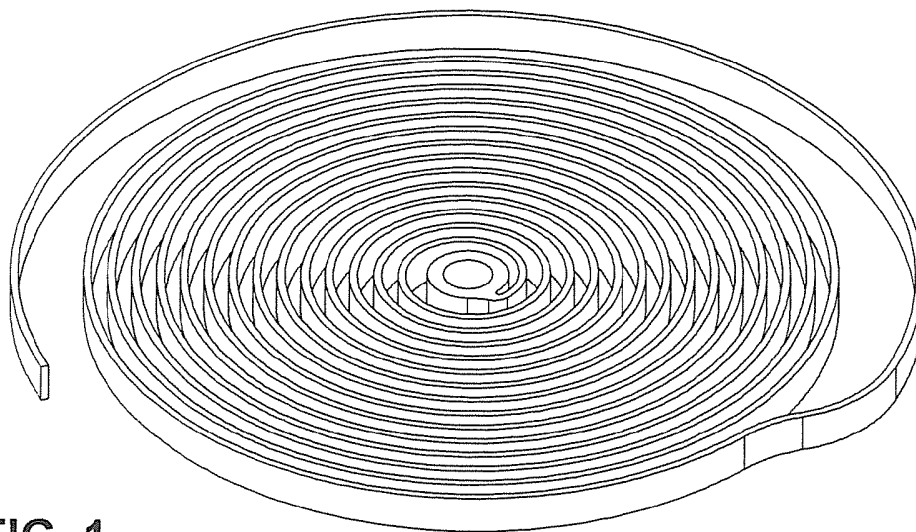


FIG. 1

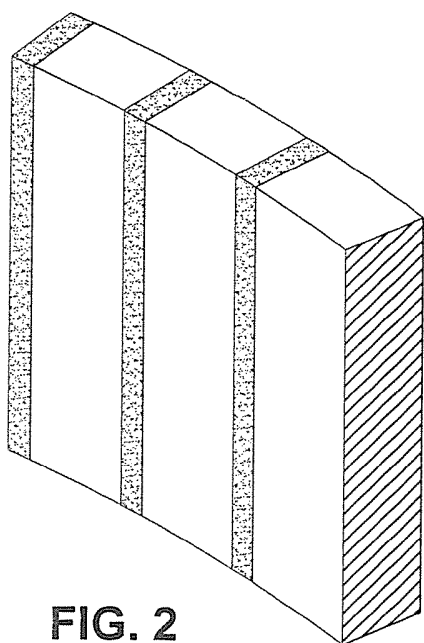


FIG. 2

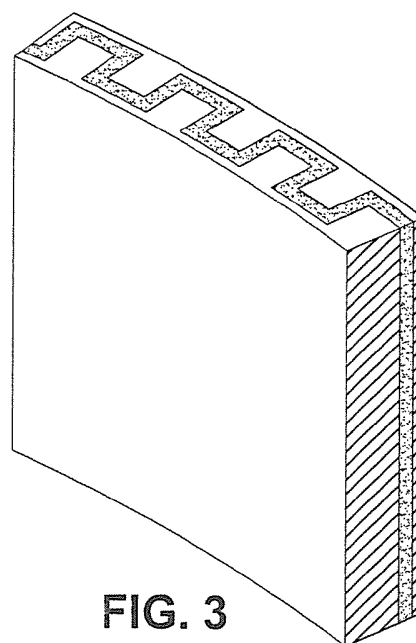


FIG. 3

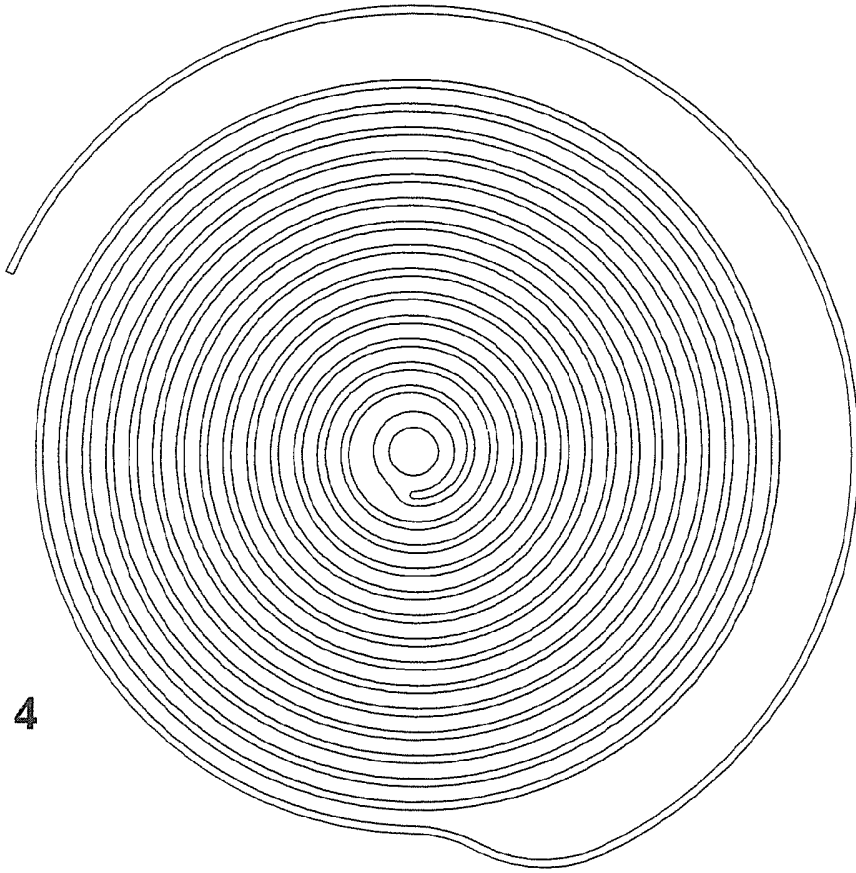


FIG. 4

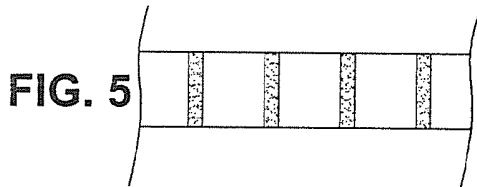


FIG. 5

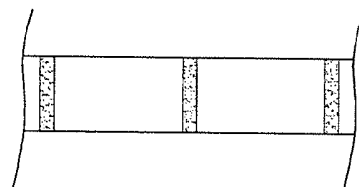


FIG. 6

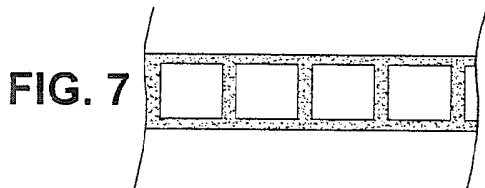


FIG. 7

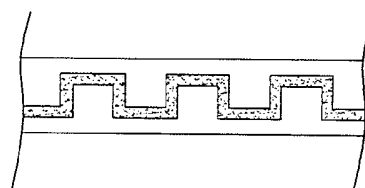


FIG. 8

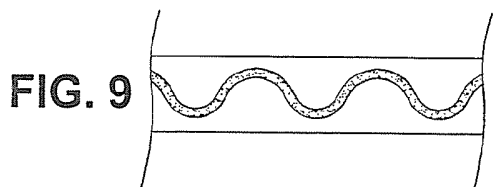


FIG. 9

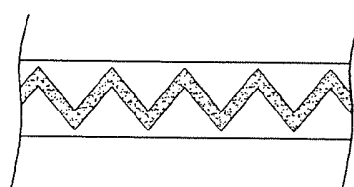


FIG. 10

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG		AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS	
		164588.1/TK/sg	
Nationales Aktenzeichen		Anmeldedatum	
19912014		19-12-2014	
Anmeldeland		Beanspruchtes Prioritätsdatum	
CH			
Anmelder (Name)			
Sigatec SA			
Datum des Antrags auf eine Recherche internationaler Art		Nummer, die die internationale Recherchenebene dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat	
10-06-2014		SN64258	
I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)			
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC			
B81B3/00;G04B17/22;G04B17/06			
II. RESEARCHIERTE SACHGEBIETE			
Recherchierter Mindestprüfstoff			
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole		
IPC	B81B;G04B;B81C;F16F;H03H		
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen			
III. ☐ EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RESEARCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			
IV. ☐ MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			

Formblatt PCT/ISA 201 a (11/2000)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Demande de recherche No

CH 19912014

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B01B3/00 G04B17/22 G04B17/06 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification ainsi que des symboles de classement) B01B G04B B01C F16F H03H		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si résumés, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	CH 699 780 A2 (RICHEMONT INT SA [CH]) 30 avril 2010 (2010-04-30) * figures 1-4 *	1-5,8-10 11-13
A	* alinéa [0029] - alinéa [0046] * * alinéa [0046] - alinéa [0047] *	
X	EP 2 264 629 A1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 16 février 2011 (2011-02-16) * figures 1,2,3 * * alinéa [0008] - alinéa [0014] *	1,2,4,8, 9
X	DE 10 2013 114211 B3 (DAMASKO GMBH [DE]) 9 octobre 2014 (2014-10-09) * alinéa [0038] - alinéa [0048] *	1,2,4,8, 9 11-13
A		
☐ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de famille de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités. "X" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "B" document antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou être pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (belle qu'indiquée) "D" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tout autre moyen "P" document publié avant la date de dépôt, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt ou la date de priorité et réagissant sur l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "K" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou connue impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est considéré à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "S" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche de type international a été effectivement achevée 31 août 2015		Date d'expédition du rapport de recherche de type international 07 SEP 2015
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 68 18 Patenthaus 2 Fl. 3200 111 Rijswijk Tel. (+31-79) 340-2546, Fax: (+31-79) 340-2018		Fonctionnaire autorisé Meister, Martin

Formulaire PCT/ISA/201 (deuxième édition) (décembre 2004)

RAPPORT DE RECHERCHE DE TYPE INTERNATIONAL

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande de recherche n°
CH 19912014

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 699760	A2	30-04-2010	AUCUN
EP 2284629	A1	16-02-2011	CN 101995812 A 30-03-2011
			EP 2284628 A2 16-02-2011
			EP 2284629 A1 16-02-2011
			HK 1156117 A1 02-05-2014
			JP 2011041282 A 24-02-2011
			US 2011037537 A1 17-02-2011
DE 102013114211 B3	09-10-2014	DE 102013114211 B3 09-10-2014	
		WO 2015011637 A2 29-01-2015	

Formulaire PCT/ISA428I (première édition de brevets) (janvier 2004)