



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
14.11.2012 Bulletin 2012/46

(51) Int Cl.:
G04B 17/06 (2006.01) G04B 17/20 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12180170.8**

(22) Date de dépôt: **24.07.2009**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL
PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **29.07.2008 EP 08405188**

(62) Numéro(s) de document de la (des) demande(s)
initiale(s) en application de l'article 76 CBE:
09405126.5 / 2 154 583

(71) Demandeur: **Rolex S.A.**
1211 Genève 26 (CH)

(72) Inventeurs:
• **Daout, Jérôme**
1180 Rolle (CH)
• **Bossart, Richard**
1004 Lausanne (CH)

(74) Mandataire: **Moreau, Stéphane Michel et al**
Moinas & Savoye S.A.
42, rue Plantamour
1201 Genève (CH)

Remarques:

Cette demande a été déposée le 10-08-2012 comme
demande divisionnaire de la demande mentionnée
sous le code INID 62.

(54) **Spiral pour résonateur balancier-spiral**

(57) Spiral pour résonateur balancier-spiral, comportant n lames, $n \geq 2$, solidaires par au moins une de leurs extrémités homologues respectives et enroulées en spirales avec un décalage angulaire apte à neutraliser les

forces latérales susceptibles d'être exercées sur son axe central lorsqu'une des extrémités de chaque lame est déplacée angulairement autour dudit axe central par rapport à son autre extrémité.

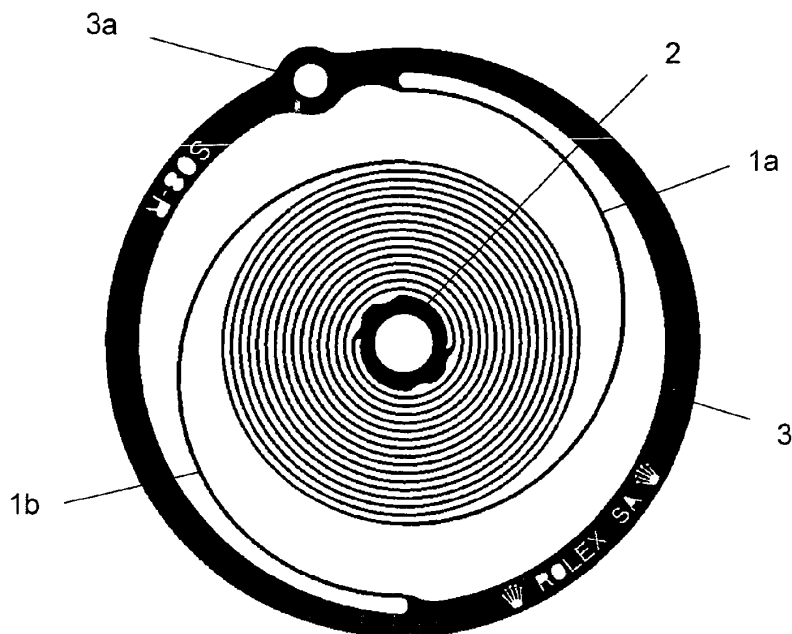


Figure 1

Description

[0001] La présente invention se rapporte à un spiral pour résonateur balancier-spiral.

[0002] On sait que le centre de gravité d'un spiral plat se déplace pendant le mouvement oscillant du balancier. Ceci est dû au fait que l'une des extrémités du spiral est fixe, tandis que l'autre se déplace en restant toujours à la même distance de l'axe de balancier. Ce déplacement du centre de gravité a une influence sur l'isochronisme, du fait qu'il engendre des forces latérales sur les pivots de l'axe de balancier.

[0003] Abraham-Louis Breguet eu l'idée de munir le spiral plat d'une ou deux courbes terminales permettant de remédier à ce défaut. Cette courbe a été ensuite théorisée par Ed. Phillips.

[0004] Avant la solution imaginée par Breguet et Phillips, T. Mudge avait proposé d'utiliser deux spiraux solidaires d'un même balancier et décalés de 180° . Les spiraux travaillant en synchronisme, mais en opposition de phase, les variations de leurs centres de gravité respectifs se compensent, mais leur décalage axial crée cependant un léger couple dans un plan contenant l'axe de balancier. Cette solution a été reprise dans des réalisations récentes.

[0005] Le problème de cette solution réside dans le fait qu'il faut deux spiraux superposés, augmentant la hauteur, deux pitons et deux porte-pitons décalés de 180° autour de l'axe de balancier, deux raquettes et que chaque spiral doit être réglé en parfait synchronisme avec l'autre, conduisant à une solution extrêmement complexe et difficile à mettre au point. En plus du fait qu'elle double le nombre de pièces.

[0006] Cette solution a été reprise dans plusieurs publications, notamment dans le US 3'553'956, dans le FR 2'447'571, ainsi que dans le CN 1'677'283.

[0007] Le but de la présente invention est de bénéficier des avantages de cette solution en remédiant, au moins en partie, aux inconvénients sus-mentionnés.

[0008] A cet effet, cette invention a pour objet un spiral pour résonateur balancier-spiral selon la revendication 1.

[0009] Les dessins annexés illustrent, schématiquement et à titre d'exemple, plusieurs formes d'exécution du spiral objet de la présente invention.

La figure 1 est une vue en plan d'une première forme d'exécution;

la figure 2 est une vue en plan d'une deuxième forme d'exécution;

la figure 3 est un diagramme de variation du pas du spiral en fonction des tours depuis le centre vers l'extérieur pour la forme d'exécution de la figure 2; la figure 4 est un diagramme de variation de l'épaisseur le long de la lame en fonction des tours depuis le centre vers l'extérieur pour la forme d'exécution de la figure 2;

la figure 5 est une vue en plan d'une troisième forme d'exécution;

la figure 6 est une vue en plan d'une quatrième forme d'exécution;

la figure 7 est une vue en plan d'une cinquième forme d'exécution;

5 la figure 8 est une vue en plan d'une sixième forme d'exécution;

la figure 9 est une vue en élévation d'une septième forme d'exécution;

10 les figures 10a, 10b sont des vues en élévation de deux variantes d'une huitième forme d'exécution;

la figure 11 est une vue en élévation d'une neuvième forme d'exécution.

[0010] La première forme d'exécution du spiral objet de l'invention est illustrée par la figure 1. Ce spiral plan comporte deux lames 1a, 1b enroulées dans le même sens, mais avec un décalage de $2\pi/2$ soit 180° . Les extrémités internes respectives de ces lames 1a, 1b sont solidaires d'une virole 2 et leurs extrémités externes sont solidaires d'un anneau de fixation 3. Ces extrémités externes sont aussi décalées angulairement de 180° . L'anneau de fixation 3 des extrémités externes des lames 1a, 1b du spiral comporte une ouverture 3a pour permettre sa fixation au pont de balancier. Cet anneau de fixation 3 remplace donc le piton traditionnel.

[0011] Les deux lames 1a, 1b du spiral ne doivent pas se toucher pendant leur contraction et leur expansion. Ce risque augmente avec l'amplitude. On peut donc réduire ce risque en limitant l'amplitude. Avantagusement cependant, on peut aussi augmenter le diamètre du spiral.

[0012] Une autre solution encore est celle qui consiste à faire varier le pas des spires et l'épaisseur des lames. C'est ce que montre la forme d'exécution de la figure 2, ainsi que les diagrammes des figures 3 et 4 qui illustrent respectivement la variation du pas des spires en micromètres et de l'épaisseur des lames en micromètres en fonction du nombre de tours des spires Nt des lames 1a, 1b enroulées de la figure 2, en partant du centre vers l'extérieur du spiral, pour éviter que les spires des lames 1a, 1b ne se touchent lors de l'alternance d'expansion et de contraction du spiral. La figure 3 permet de tracer l'une des deux lames 1a, 1b par la formule $r(\theta) = p(\theta) * (\theta / (2\pi)) + r_0$, où r représente la distance de l'axe à la fibre neutre de la lame, $r(\theta=0) = r_0 = 600$ micromètres dans le cas des figures 2 à 4, et $\theta = Nt * 2\pi$.

[0013] En variante on pourrait aussi faire varier la hauteur de la lame du spiral.

[0014] Dans le cas de spiraux en silicium mono-cristallin, matériau susceptible d'être utilisé pour la réalisation du spiral objet de l'invention, la thermo-compensation du spiral est obtenue par la formation, à la surface des lames du spiral, d'une couche d'oxyde de silicium amorphe, dont le coefficient thermique du module d'Young est de signe opposé à celui du silicium monocristallin, comme décrit dans le EP 1 422 436. Cette couche d'oxyde de silicium amorphe permet une compensation du coefficient thermique du module d'Young quelle

que soit l'orientation cristallographique du Si, (100), (111) ou (110).

[0015] Le nombre de lames formant le spiral n'est pas limité à deux. On peut imaginer en variante diverses autres solutions, telle que celle illustrée par la figure 5 qui est une variante de celle de la figure 1, mais qui comporte trois lames 1a, 1b et 1c rattachées d'une part à la virole 2 et d'autre part à l'anneau de fixation 3. Les extrémités internes et externes de ces lames sont décalées angulairement, les unes par rapport aux autres, d'un angle $2\pi/3$. Ce décalage angulaire sera avantageusement de $2\pi/n$, n correspondant au nombre de lames.

[0016] Des simulations effectuées sur la base des spiraux des figures 1 et 2 ont montré qu'il devrait être possible d'améliorer de façon très sensible l'isochronisme d'un résonateur balancier-spiral équipé d'un spiral objet de la présente invention.

[0017] Dans les formes d'exécutions décrites jusqu'ici, les lames formant le spiral sont rattachées les unes aux autres par leurs deux extrémités respectives. La forme d'exécution illustrée par la figure 6 représente un spiral à deux lames 1a, 1b rattachées par leurs seules extrémités internes à la virole 2. Leurs extrémités externes sont libres, ce qui permet d'exercer, sur les deux lames, une pré-tension dans un sens ou dans l'autre, afin d'ajuster l'isochronisme notamment.

[0018] D'autres variantes utilisant le même concept, à savoir un spiral à plusieurs lames coplanaires décalées angulairement et rattachées par au moins une de leurs extrémités homologues respectives sont envisageables.

[0019] C'est ainsi que l'on peut avoir un spiral comportant quatre lames, deux lames 1a, 1b disposées entre la virole 2 et un anneau intermédiaire 4 auquel leurs extrémités externes sont fixées et deux lames 1c, 1d disposées entre l'anneau intermédiaire et l'anneau de fixation 3. Pour rendre l'anneau intermédiaire 4 le plus léger possible, sa structure peut être évidée pour en réduire le plus possible sa masse.

[0020] Les lames internes 1a, 1b et les lames externes 1c, 1d peuvent être toutes enroulées dans le même sens comme illustré par la figure 7, ou les lames internes 1a, 1b peuvent être enroulées en sens contraire des lames externes 1c, 1d, comme illustré par la figure 8.

[0021] Il est évident que d'innombrables autres combinaisons peuvent être envisagées.

[0022] Il est aussi évident que la conception nouvelle du spiral objet de l'invention ne se prête pas à la fabrication selon les procédés traditionnels des spiraux de type Nivarox/Parachrom.

[0023] Dans le cas présent, un procédé tout à fait adapté à la fabrication du spiral objet de l'invention est notamment celui décrit dans le EP 1 422 436 déjà mentionné, qui consiste à découper le spiral, par exemple par gravure plasma, dans une plaquette {001} de silicium monocristallin. La thermo-compensation du spiral est alors obtenue par la formation d'une couche d'oxyde de silicium amorphe à la surface des lames du spiral, par un traitement thermique par exemple.

[0024] On pourrait aussi utiliser un monocristal de quartz usiné de la même manière ou par usinage chimique. D'autres matériaux appropriés, adaptés aux modes de fabrication permettant la réalisation d'un spiral dans un plan sont susceptibles d'être utilisés.

[0025] L'utilisation de procédés photo-lithographiques tel que le UV-LIGA (Lithographie, Galvanisierung und Abformung) pourrait aussi permettre de réaliser le type de spiral objet de la présente invention en alliage métallique.

[0026] Le procédé de fabrication ne fait pas partie de la présente invention. Les exemples de procédés, non limitatifs, énumérés ci-dessus à titre d'exemple, sont seulement destinés à montrer que les moyens techniques pour réaliser le nouveau type de spiral objet de l'invention existent déjà et que l'homme de l'art possède un éventail de possibilités pour réaliser ce spiral.

[0027] Lorsque l'on parle de spiral plat, il s'agit du spiral tel qu'il est obtenu. Cependant rien n'empêche, notamment dans la forme d'exécution de la figure 9, de situer les points d'encastrement 5 et 6 des extrémités externes des lames 1a, 1b hors du plan du spiral. C'est ainsi que l'on peut situer ces deux points d'encastrement respectivement de part et d'autre du plan du spiral, en sorte que les deux lames 1a, 1b formeront deux cônes symétriques de part et d'autre du plan du spiral. Cette solution présente l'avantage d'empêcher que les spires des deux lames ne se touchent. Cette solution permet de réaliser des spiraux de petit diamètre avec un grand nombre de tours. Elle constitue donc un autre moyen pour éviter le contact entre les lames du spiral lors de l'alternance d'expansions et de contractions.

[0028] Selon une autre variante de l'invention les deux lames 1a, 1b sont réalisées sur un wafer SOI (Silicon-On-Insulator, figures 10a, 10b), qui consiste en un empilement de couches de Si-SiO₂-Si. Une lame 1a est gravée depuis la face externe d'une des couches de Si et l'autre lame 1b est gravée depuis la face externe de la deuxième couche de Si. Dans ce cas, les extrémités internes des deux lames sont rendues solidaires par la couche intermédiaire 8 de SiO₂. L'avantage de cette forme d'exécution est de réduire le diamètre du spiral, car on augmente la distance entre deux spires voisines. Cet avantage est encore plus prononcé si on étend le spiral verticalement comme à la figure 10.

[0029] La figure 11 illustre une autre variante des figures 10a, 10b, dans laquelle les extrémités internes des lames 1a, 1b sont solidaires d'une même virole, alors que leurs extrémités externes sont solidaires de la couche intermédiaire 5 de SiO₂.

Revendications

1. Spiral pour résonateur balancier-spiral, **caractérisé en ce qu'il** comporte n lames, $n \geq 2$, solidaires par au moins une de leurs extrémités homologues respectives et enroulées en spirales avec un décalage

angulaire apte à neutraliser les forces latérales susceptibles d'être exercées sur son axe central lorsqu'une des extrémités de chaque lame est déplacée angulairement autour dudit axe central par rapport à son autre extrémité.

5

2. Spiral selon la revendication 1, dans lequel les lames sont coplanaires.
3. Spiral selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les lames sont solidaires l'une de l'autre par leurs deux extrémités respectives. 10
4. Spiral selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le pas des lames est variable. 15
5. Spiral selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'épaisseur des lames est variable.
6. Spiral selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la hauteur des lames est variable. 20
7. Spiral selon l'une des revendications précédentes, formé en silicium mono-cristallin. 25
8. Spiral selon la revendication 7 dans lequel le silicium mono-cristallin est recouvert d'une couche d'oxyde de silicium amorphe.
9. Spiral selon l'une des revendications 1 à 5 formé en quartz. 30

35

40

45

50

55

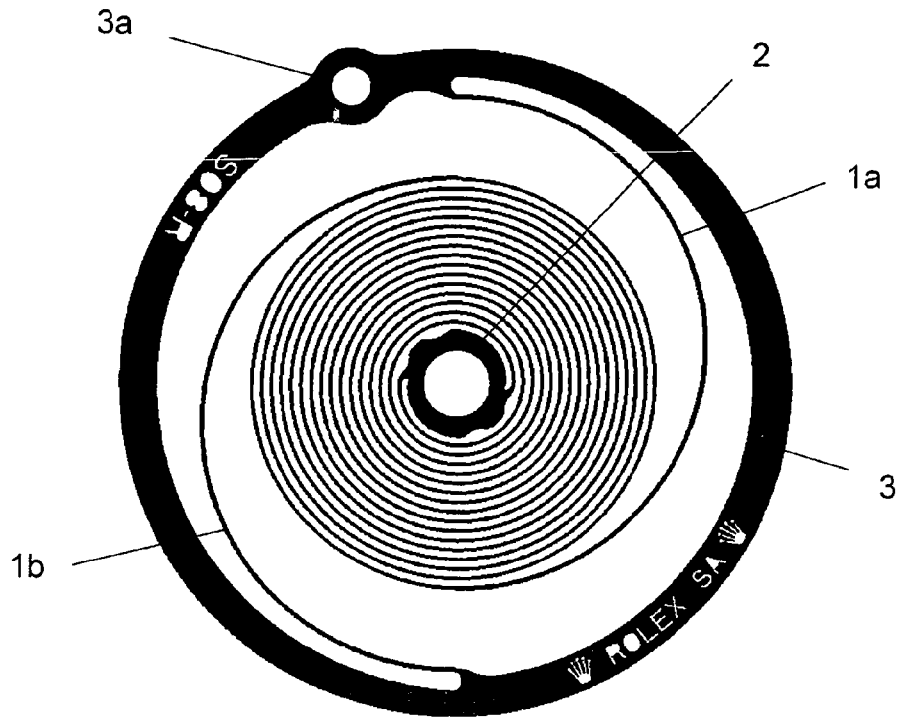


Figure 1

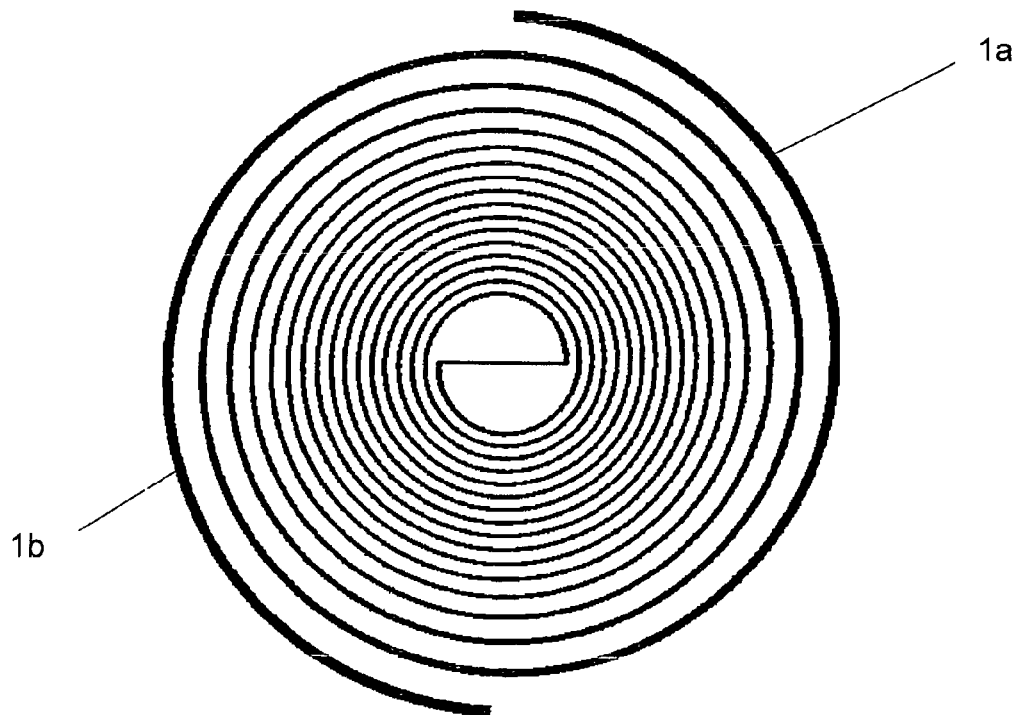


Figure 2

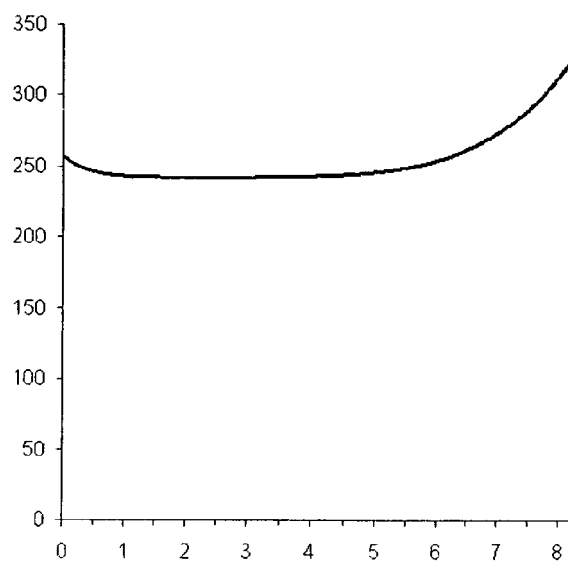


Figure 3

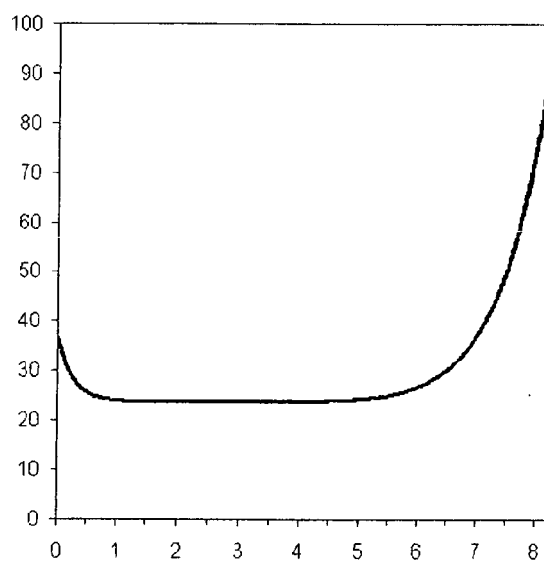


Figure 4

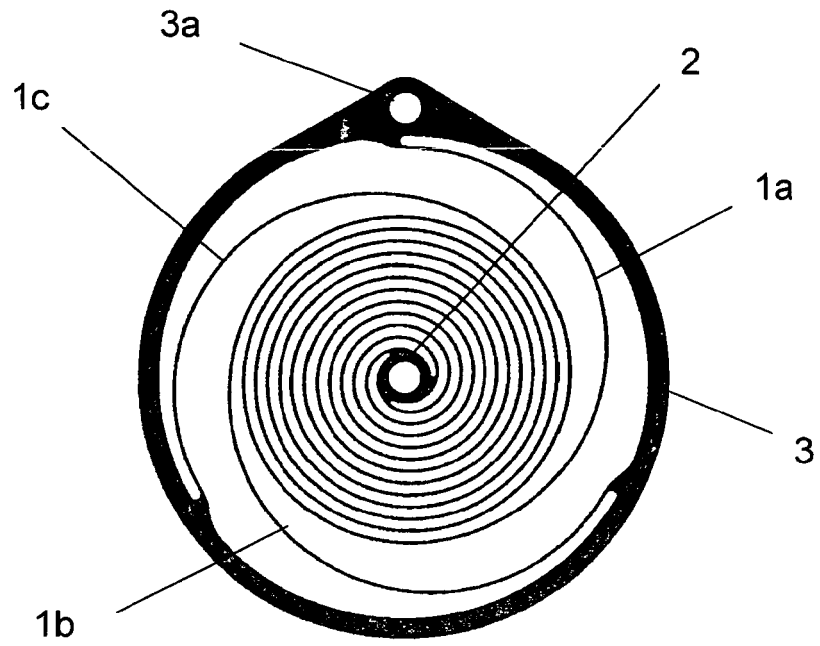


Figure 5

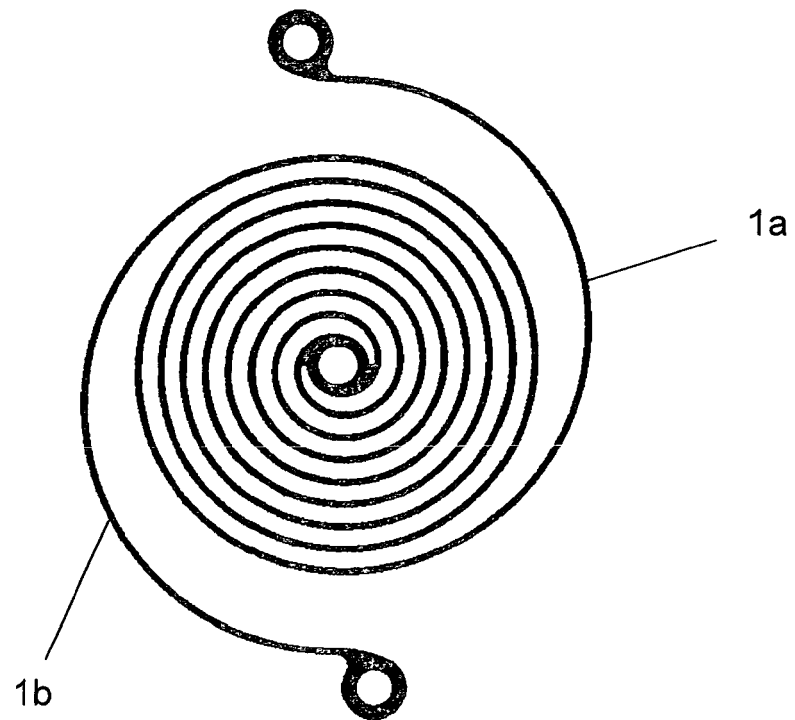


Figure 6

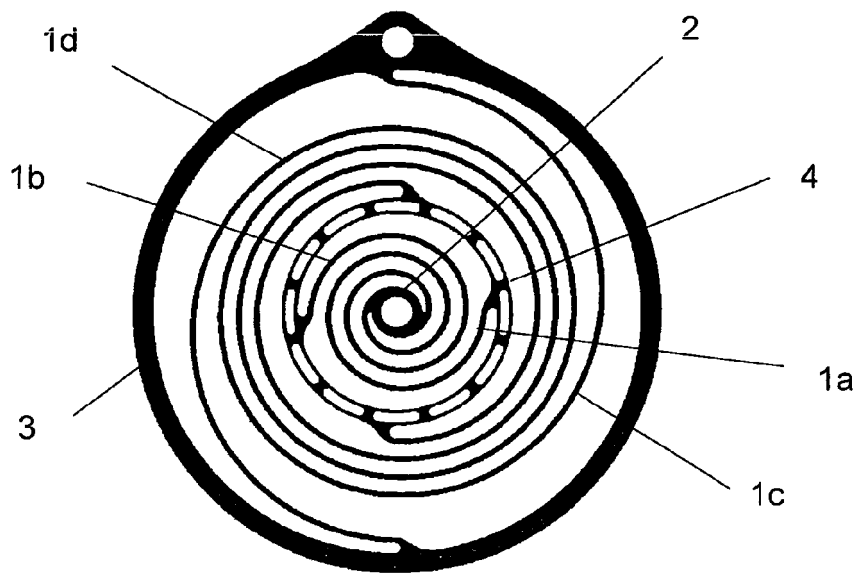


Figure 7

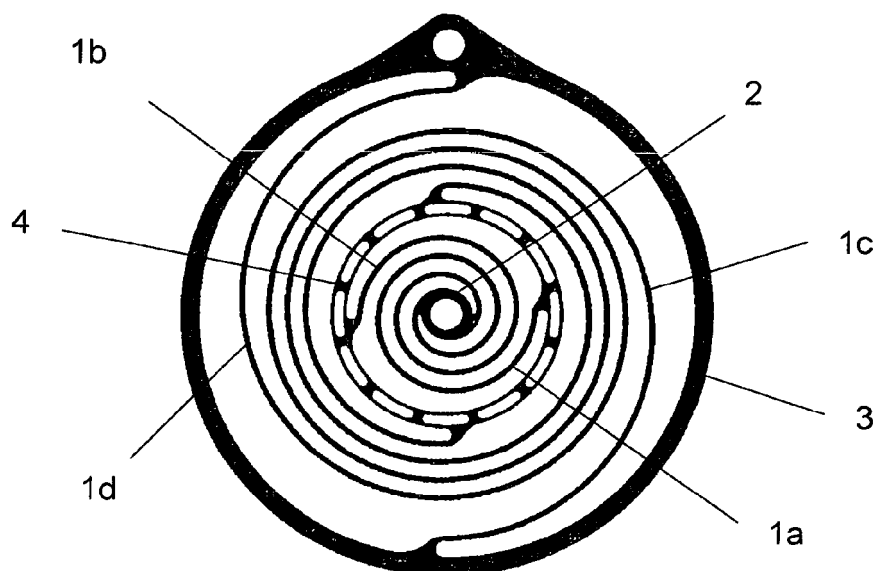


Figure 8

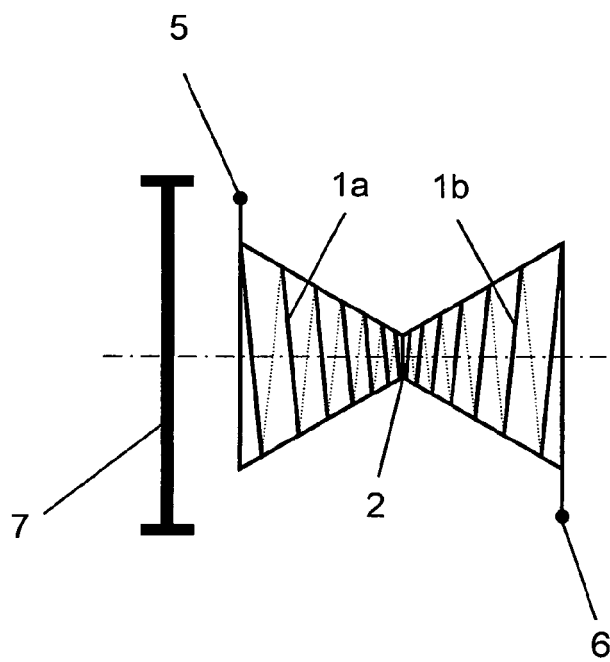


Figure 9

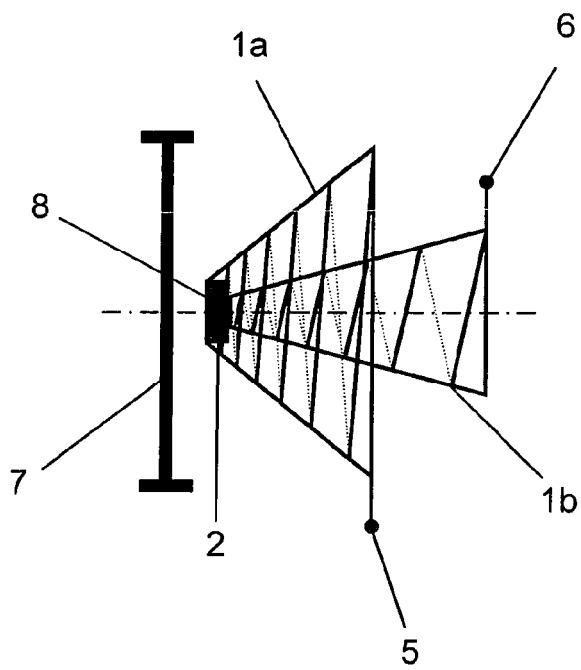


Figure 10a

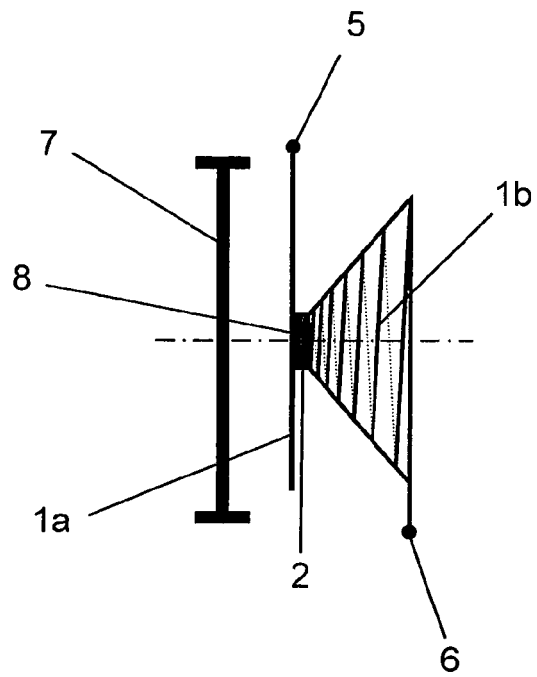


Figure 10b

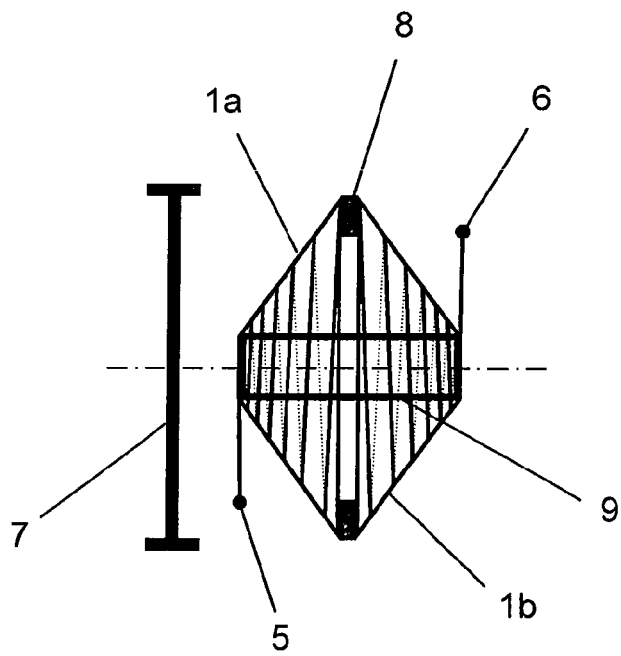


Figure 11



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 12 18 0170

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	FR 2 024 511 A (PORTESCAP LE PORTE) 28 août 1970 (1970-08-28)	1	INV. G04B17/06 G04B17/20
Y	* page 3, ligne 26 - ligne 36 * * page 4, ligne 31 - ligne 33; revendications 1,6 *	4-9	
X	FR 575 433 A (JULES ANDRADE) 30 juillet 1924 (1924-07-30) * le document en entier *	1	
E	EP 2 104 006 A (NIVAROX SA [CH]) 23 septembre 2009 (2009-09-23) * alinéas [0033], [0038]; revendications 1,4,5 *	1,7,8	
X,P	EP 2 063 325 A (RICHEMONT INT SA [CH]) 27 mai 2009 (2009-05-27) * alinéas [0012], [0013], [0017], [0018]; revendications 7,8,10,11; figure 1 *	1-3,7	
Y	EP 1 605 182 A (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 14 décembre 2005 (2005-12-14) * alinéas [0012], [0016], [0017]; revendication 9 *	4-6,9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Y,D	EP 1 422 436 A (CSEMCT SUISSE D ELECTRONIQUE E [CH] SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 26 mai 2004 (2004-05-26) * alinéas [0009], [0011], [0013], [0026]; revendications 1,5 *	7,8	G04B F16F
A	US 209 642 A (M.D BERLITZ AND H.P MORGAN) 5 novembre 1878 (1878-11-05) * le document en entier *	5,6	
		-/--	
1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		28 août 2012	Guidet, Johanna
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 12 18 0170

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
A	FR 1 217 857 A (CT TECH DE L IND HORLOGERE) 6 mai 1960 (1960-05-06) * page 1, colonne 1, ligne 1 - ligne 11 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 28 août 2012	Examineur Guidet, Johanna
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

EPO FORM 1503 03/82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 12 18 0170

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

28-08-2012

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2024511	A	28-08-1970	-----	
FR 575433	A	30-07-1924	AUCUN	
EP 2104006	A	23-09-2009	AT 474250 T	15-07-2010
			CN 101539754 A	23-09-2009
			EP 2104006 A1	23-09-2009
			JP 2009229463 A	08-10-2009
			KR 20090101118 A	24-09-2009
			SG 155864 A1	29-10-2009
			TW 201007394 A	16-02-2010
			US 2009236782 A1	24-09-2009
EP 2063325	A	27-05-2009	EP 2063325 A2	27-05-2009
			EP 2485096 A1	08-08-2012
EP 1605182	A	14-12-2005	AT 470086 T	15-06-2010
			CN 1985103 A	20-06-2007
			EP 1605182 A1	14-12-2005
			HK 1106570 A1	27-08-2010
			JP 2008501967 A	24-01-2008
			US 2008008050 A1	10-01-2008
			WO 2005124184 A1	29-12-2005
EP 1422436	A	26-05-2004	AT 307990 T	15-11-2005
			AU 2003271504 A1	18-06-2004
			CN 1717552 A	04-01-2006
			DE 60206939 D1	01-12-2005
			DE 60206939 T2	27-07-2006
			EP 1422436 A1	26-05-2004
			HK 1067687 A1	19-05-2006
			JP 4515913 B2	04-08-2010
			JP 2006507454 A	02-03-2006
			US 2005281137 A1	22-12-2005
			WO 2004048800 A1	10-06-2004
US 209642	A	05-11-1878	AUCUN	
FR 1217857	A	06-05-1960	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 1422436 A [0014] [0023]