

(19)



(11)

EP 2 703 909 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

05.03.2014 Bulletin 2014/10

(51) Int Cl.:

G04B 17/06 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12182973.3**

(22) Date de dépôt: **04.09.2012**

(84) Etats contractants désignés:

**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

Etats d'extension désignés:

BA ME

(71) Demandeur: **The Swatch Group Research and
Development Ltd.
2074 Marin (CH)**

(72) Inventeur: **Hessler, Thierry
2024 St-Aubin (CH)**

(74) Mandataire: **Couillard, Yann Luc Raymond et al
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)**

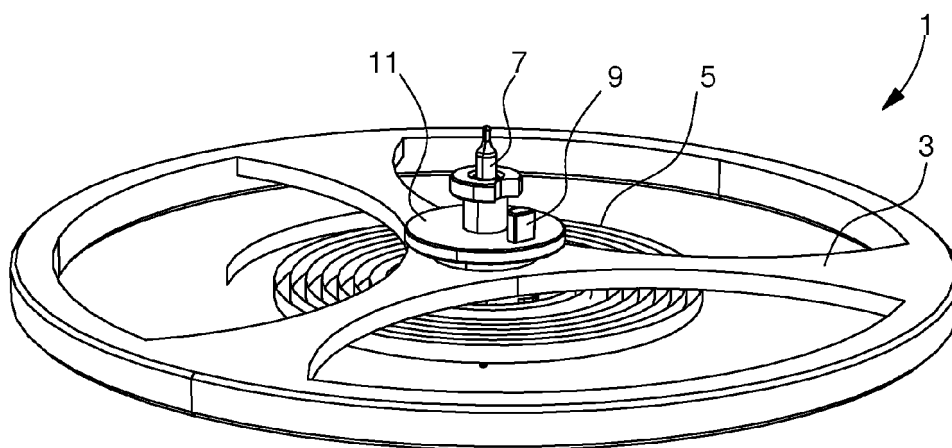
(54) **Résonateur balancier - spiral appairé**

(57) L'invention se rapporte à un résonateur (1) comportant un spiral (5) formé dans un cristal de quartz monocristallin d'axes cristallographiques x, y, z, l'axe x, étant l'axe électrique et l'axe y l'axe mécanique, et coopérant avec un balancier (3). Selon l'invention, le coefficient de dilatation (α_b) du balancier (3) est compris entre

+6 ppm. $^{\circ}\text{C}^{-1}$ et +12 ppm. $^{\circ}\text{C}^{-1}$ et l'angle (θ) de coupe du spiral (5) par rapport à l'axe z dudit cristal de quartz monocristallin est compris entre -5° et $+5^{\circ}$ afin d'appairer le balancier (3) avec le spiral (5).

L'invention concerne le domaine des pièces d'horlogerie.

Fig. 3



EP 2 703 909 A1

DescriptionDomaine de l'invention

5 **[0001]** L'invention se rapporte à un résonateur balancier - spiral appairé et plus précisément un spiral formé à partir de quartz monocristallin.

Arrière-plan de l'invention

10 **[0002]** Le document EP 1 519 250 décrit la fabrication d'un spiral en quartz monocristallin. Toutefois, un spiral en quartz monocristallin n'est pas facile à appairer dans la pratique.

Résumé de l'invention

15 **[0003]** Le but de la présente invention est de pallier tout ou partie les inconvénients cités précédemment en proposant un appairage amélioré d'un spiral en quartz avec son balancier.

[0004] A cet effet, l'invention se rapporte à un résonateur comportant un spiral formé dans un cristal de quartz monocristallin d'axes cristallographiques x, y, z, l'axe x, étant l'axe électrique et l'axe y l'axe mécanique, et coopérant avec un balancier **caractérisé en ce que** le coefficient de dilatation du balancier est compris entre +6 ppm.°C⁻¹ et +12 ppm.°C⁻¹ pour un angle de coupe du spiral par rapport à l'axe z dudit cristal de quartz monocristallin compris entre -5° et +5° afin d'appairer le balancier avec le spiral.

[0005] Conformément à d'autres caractéristiques avantageuses de l'invention :

- le coefficient de dilatation du balancier est sensiblement égale à +9 ppm.°C⁻¹ pour un angle de coupe du spiral par rapport à l'axe z dudit cristal de quartz monocristallin sensiblement égale à +2° ;
- le balancier comporte du titane et/ou du durimphy et/ou du platine.

Description sommaire des dessins

30 **[0006]** D'autres particularités et avantages ressortiront clairement de la description qui en est faite ci-après, à titre indicatif et nullement limitatif, en référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- les figures 1 et 2 représentent schématiquement l'angle de coupe θ d'un spiral dans un monocristal de quartz selon l'invention ;
- la figure 3 représente schématiquement un résonateur balancier - spiral selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

40 **[0007]** Comme illustré à la figure 3, l'invention se rapporte à un résonateur 1 du type balancier 3 - spiral 5. Le balancier 3 et le spiral 5 sont préférentiellement montés sur le même axe 7. Dans un tel résonateur 1, le moment d'inertie I du balancier 3 répond à la formule :

$$I = mr^2 \quad (1)$$

dans laquelle m représente la masse et r le rayon de giration qui dépend évidemment du coefficient de dilatation α_b du balancier.

[0008] De plus, la constante élastique C du spiral 5 répond à la formule :

$$C = \frac{Ehe^3}{12L} \quad (2)$$

dans laquelle E est le module d'Young du spiral, h sa hauteur, e son épaisseur et L sa longueur développée.

[0009] Enfin, la fréquence f du résonateur 1 balancier-spiral répond à la formule :

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{I}} \quad (3)$$

[0010] Bien entendu, il est souhaité que la variation de la fréquence en fonction de la température d'un résonateur soit sensiblement nulle. La variation de la fréquence en fonction de la température dans le cas d'un résonateur balancier-spiral suit sensiblement la formule suivante :

$$\frac{\Delta f}{f} \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{\partial E}{\partial T} \frac{1}{E} + 3 \cdot \alpha_s - 2 \cdot \alpha_b \right\} \quad (4)$$

où :

- $\frac{\Delta f}{f} \frac{1}{\Delta T}$ est la variation de fréquence en fonction de la température;
- $\frac{\partial E}{\partial T} \frac{1}{E}$ est la variation du module d'Young en fonction de la température, c'est-à-dire le coefficient thermoélastique (CTE) du spiral ;
- α_s le coefficient de dilatation du spiral, exprimé en ppm.°C⁻¹ ;
- α_b le coefficient de dilatation du balancier, exprimé en ppm.°C⁻¹ ;

[0011] Les oscillations de tout résonateur destiné à une base de temps ou de fréquence devant être entretenues, la dépendance thermique comprend également une contribution éventuelle du système d'entretien comme, par exemple, un échappement à ancre suisse (non représenté) coopérant avec la cheville 9 du plateau 11 également monté sur l'axe 7.

[0012] Comme illustré aux figures 1 et 2, l'invention concerne plus particulièrement un résonateur 1 dans lequel le spiral 5 est formé à partir d'un monocristal de quartz d'axes cristallographiques x, y, z, l'axe x, étant l'axe électrique et l'axe y l'axe mécanique. On peut voir à ces figures que la hauteur *h* des spires a sensiblement la même orientation que l'axe cristallographique z. Plus précisément la hauteur *h* forme, avec l'axe z, un angle θ qui peut être positif ou négatif. La modification de cet angle θ permet de faire varier les caractéristiques du spiral 5 sans avoir à en modifier la géométrie.

[0013] On comprend donc à partir des formules (1)-(4) qu'il est possible d'appairer le spiral 5 avec le balancier 3 afin que la fréquence *f* du résonateur 1 soit quasiment insensible aux variations de température. L'utilisation du quartz pour la fabrication d'un spiral 5 offre également l'avantage, outre ses excellentes caractéristiques thermiques, de posséder aussi d'excellentes propriétés mécaniques et chimiques, en particulier au niveau du vieillissement et de la très faible sensibilité aux champs magnétiques.

[0014] Pour un angle de coupe θ sensiblement égale à +2°, il a ainsi empiriquement été trouvé qu'un coefficient de dilatation α_b du balancier 3 devait être sensiblement égale à +9 ppm.°C⁻¹ pour obtenir un coefficient thermique sensiblement égale à + 0,06 s.j⁻¹.°C⁻¹ qui est très en-dessous des conditions COSC égaux à $\pm 0,6$ s.j⁻¹.°C⁻¹.

[0015] Plus généralement, pour que le coefficient thermique de résonateur 1 reste sensiblement à $\pm 0,1$ s.f⁻¹.°C⁻¹, c'est-à-dire toujours dans les conditions COSC, et pour un angle θ de coupe du spiral 5 par rapport à l'axe z du cristal de quartz monocristallin compris entre -5° et +5°, le coefficient de dilatation α_b du balancier 3 est compris entre +6 ppm.°C⁻¹ et +12 ppm.°C⁻¹.

[0016] Pour respecter ces coefficients de dilatation α_b , le balancier 3 peut notamment comporter du titane et/ou du durimphy (symbole AFNOR : Z2NKD 18-09-05) et/ou du platine. De plus, avantageusement, on notera que le durimphy peut être faiblement sensible aux champs magnétiques selon sa température de revenu.

[0017] Bien entendu, la présente invention ne se limite pas à l'exemple illustré mais est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. En particulier, tout autre matériau du balancier 3 respectant les coefficients de dilatation expliqués ci-dessus peuvent être utilisés.

Revendications

1. Résonateur (1) comportant un spiral (5) formé dans un cristal de quartz monocristallin d'axes cristallographiques x, y, z, l'axe x, étant l'axe électrique et l'axe y l'axe mécanique, et coopérant avec un balancier (3) **caractérisé en**

EP 2 703 909 A1

ce que le coefficient de dilatation (α_b) du balancier (3) est compris entre +6 ppm. $^{\circ}\text{C}^{-1}$ et +12 ppm. $^{\circ}\text{C}^{-1}$ pour un angle (θ) de coupe du spiral (5) par rapport à l'axe z dudit cristal de quartz monocristallin compris entre -5° et $+5^{\circ}$ afin d'appairer le balancier (3) avec le spiral (5).

- 5 **2.** Résonateur (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le coefficient de dilatation (α_b) du balancier (3) est sensiblement égale à +9 ppm. $^{\circ}\text{C}^{-1}$ pour un angle (θ) de coupe du spiral (5) par rapport à l'axe z dudit cristal de quartz monocristallin sensiblement égale à $+2^{\circ}$.
- 10 **3.** Résonateur (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le balancier (3) comporte du titane et/ou du durimphy et/ou du platine.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

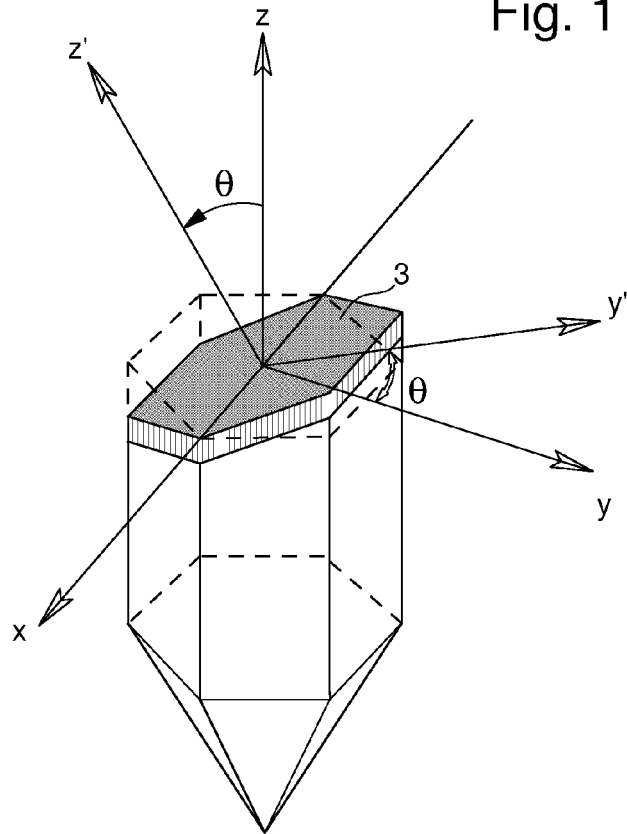


Fig. 2

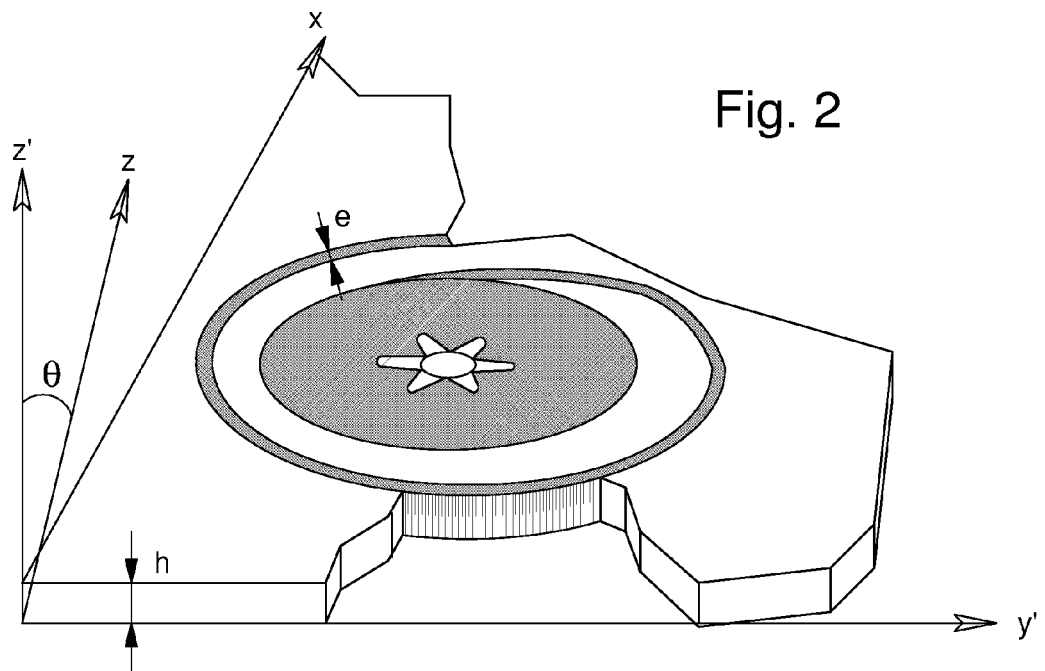
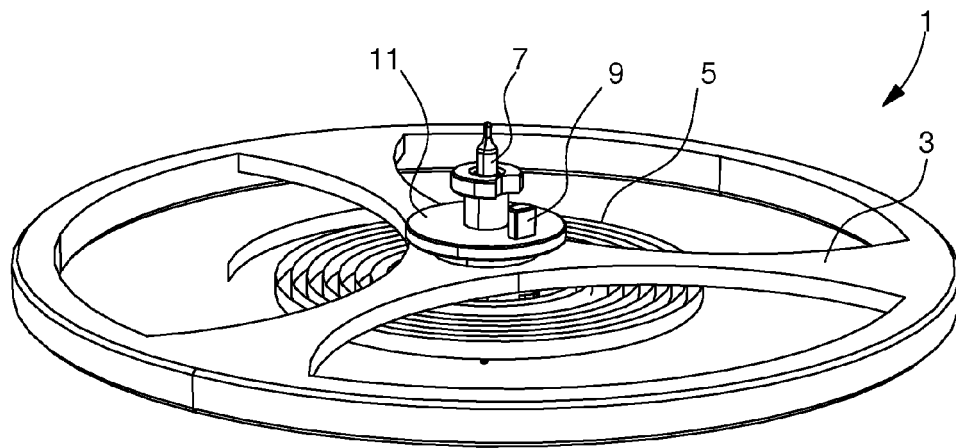


Fig. 3





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 12 18 2973

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,D	EP 1 519 250 A1 (ASULAB SA [CH]) 30 mars 2005 (2005-03-30) * le document en entier *	1-3	INV. G04B17/06
X	EP 1 605 182 A1 (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 14 décembre 2005 (2005-12-14) * alinéas [0007], [0009], [0010], [0011], [0015], [0016]; figures 1-7 *	1-3	
A	WO 2008/080570 A2 (COMPLITIME S A [CH]; ORNY FRANCK [CH]; FORSEY STEPHEN [CH]; GIRARDIN J) 10 juillet 2008 (2008-07-10) * le document en entier * * page 5, ligne 26 - page 6, ligne 11 * * page 9 - page 10; figures 1-3 *	2,3	
A	EP 2 395 661 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]) 14 décembre 2011 (2011-12-14) * le document en entier *	1-3	
2 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 14 février 2013	Examineur Laeremans, Bart
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 2973

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.

14-02-2013

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1519250	A1	30-03-2005	CN 1601402 A	30-03-2005
			EP 1519250 A1	30-03-2005
			HK 1073697 A1	31-07-2009
			JP 4805560 B2	02-11-2011
			JP 2005106819 A	21-04-2005
			KR 20050030558 A	30-03-2005
			US 2005068852 A1	31-03-2005

EP 1605182	A1	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

WO 2008080570	A2	10-07-2008	EP 2102717 A2	23-09-2009
			JP 2010513886 A	30-04-2010
			US 2010054090 A1	04-03-2010
			WO 2008080570 A2	10-07-2008

EP 2395661	A1	14-12-2011	CN 102332892 A	25-01-2012
			EP 2395661 A1	14-12-2011
			EP 2395662 A1	14-12-2011
			JP 2011259426 A	22-12-2011
			KR 20110135341 A	16-12-2011
			TW 201214960 A	01-04-2012
			US 2011305120 A1	15-12-2011

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 1519250 A [0002]