



(11) **EP 2 908 183 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
18.04.2018 Bulletin 2018/16

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

(21) Numéro de dépôt: **14155196.0**

(22) Date de dépôt: **14.02.2014**

(54) **Spiral d'horlogerie**

Spiralfeder einer Uhr

Clock hairspring

(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**

(43) Date de publication de la demande:
19.08.2015 Bulletin 2015/34

(73) Titulaire: **ETA SA Manufacture Horlogère Suisse
2540 Grenchen (CH)**

(72) Inventeurs:
• **Cabezas Jurin, Andrés
1400 Yverdon (CH)**

• **Trümpy, Kaspar
4500 Soleure (CH)**

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

(56) Documents cités:
**EP-A1- 1 431 844 EP-A1- 2 151 722
EP-A2- 2 299 336 CH-A1- 706 087
US-A- 209 642**

EP 2 908 183 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un spiral d'horlogerie amélioré.

[0002] L'invention concerne un mouvement d'horlogerie comportant une tige de commande définissant une direction orientée, une platine porteuse d'un piton et de moyens de guidage d'au moins un mécanisme régulateur à balancier-spiral pivotant autour d'un axe et lequel balancier-spiral comporte au moins un tel spiral.

[0003] L'invention concerne une montre comportant au moins un mécanisme régulateur à balancier-spiral pivotant autour d'un axe et ledit balancier-spiral comportant au moins un tel spiral, et/ou ladite montre comportant au moins un tel mouvement.

[0004] L'invention concerne le domaine des mécanismes mécaniques de montres, montres-bracelet et montres de poche, et plus particulièrement les mécanismes régulateurs à balancier-spiral.

Arrière-plan de l'invention

[0005] L'obtention et le maintien de l'isochronisme d'un oscillateur mécanique d'horlogerie constituent des difficultés majeures de la conception horlogère. La qualité du ressort spiral est un facteur essentiel de la précision d'une pièce d'horlogerie. De nombreuses avancées ont été faites, notamment en mettant en oeuvre des vrillages de spires interne ou terminale.

[0006] D'autres recherches ont permis de conserver une élaboration plane du spiral. Ainsi le brevet BE 526689 au nom de Emile MICHEL, ou le document CH 327 796 au nom de ASUAG, propose un spiral où au moins une partie de la lame présente une section droite différente de celle du reste de la lame, en vue d'obtenir, lors du fonctionnement, un développement concentrique du spiral. Toutefois, les enseignements en sont très généraux, et l'homme du métier doit mener une longue expérimentation pour définir des paramètres convenables.

[0007] Le document EP 2 299 336 A2 au nom de ROLEX SA décrit un spiral plat pour faisceau d'horlogerie comprenant une lame enroulée, agencé pour assurer un développement sensiblement concentrique du spiral, et une force quasi nulle exercée sur les pivots et le point d'appui rigide, au cours d'une rotation inférieure à 360° de son extrémité interne par rapport à son extrémité externe dans les deux sens à partir de sa position de repos. La rigidité de la lame décroît de façon progressive et sur plus de 360°, à partir de chacune de ses extrémités, et plus précisément à partir, d'une part d'un point situé entre son extrémité interne et de sa seconde spire, d'autre part d'un point situé entre son extrémité extérieure et son avant-dernière spire, la rigidité la plus faible étant située dans la partie médiane de la lame.

[0008] Le document EP 2 151 722 A1 au nom de ROLEX SA concerne un spiral comportant une pluralité de

lames enroulées en spirale, monobloc avec une virole commune de section supérieure à celles des spires de ces différentes lames, et monobloc avec une anneau externe commun de section supérieure à celles des spires de ces différentes lames.

Résumé de l'invention

[0009] L'invention se propose de définir un spiral permettant d'obtenir une excellente concentricité du spiral en expansion et en contraction, garante de l'amélioration de la chronométrie de la pièce d'horlogerie qui incorpore un tel spiral.

[0010] La conception selon l'invention doit être applicable à une fabrication de type « MEMS » ou « LIGA », de façon à pouvoir exploiter les avantages propres au silicium, au quartz, au diamant, ou matériaux similaires. Aussi, l'invention s'attache à définir une géométrie de spiral avec une exécution entièrement plane, sans vrillage, et sans changement de concavité de façon à assurer une meilleure tenue en service.

[0011] A cet effet, l'invention concerne un spiral d'horlogerie tel que défini dans la revendication indépendante 1. Dans une variante particulière, ledit spiral comporte encore un septième segment entre ledit sixième point et un septième point, selon un septième angle au centre, de section supérieure ou égale à celle du sixième tronçon curviligne audit sixième point, s'écarter des tronçons curvilignes précédents, et faisant avec la tangente du sixième tronçon curviligne audit sixième point un angle de déviation.

[0012] Dans une autre variante particulière, ledit spiral comporte encore un septième segment entre ledit sixième point et un septième point à son extrémité extérieure distale de son tronçon curviligne extérieur, selon un septième angle au centre, et ledit spiral est sécable et comporte à cet effet, à ladite extrémité extérieure distale, des amorces de rupture prévues pour réduire sa longueur.

[0013] L'invention concerne un mouvement d'horlogerie comportant une tige de commande définissant une direction orientée, une platine porteuse d'un piton et de moyens de guidage d'au moins un mécanisme régulateur à balancier-spiral pivotant autour d'un axe et lequel balancier-spiral comporte au moins un tel spiral.

[0014] L'invention concerne une montre comportant au moins un mécanisme régulateur à balancier-spiral pivotant autour d'un axe et ledit balancier-spiral comportant au moins un tel spiral, et/ou ladite montre comportant au moins un tel mouvement.

Description sommaire des dessins

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 représente, de façon schématisée et en

plan, un spiral selon l'invention, positionné par rapport à une direction axiale d'oscillation, et par rapport à une direction orientée qui correspond classiquement à la direction d'une tige de commande d'un mouvement de montre, et par rapport à un piton de fixation sur une platine de mouvement non représentée ;

- la figure 2 représente, de façon schématisée et analogue à la figure 1, une variante du spiral de la figure 1 comportant, à son extrémité distale externe, un segment linéaire pour sa fixation au piton ;
- la figure 3 représente, de façon schématisée et analogue à la figure 1, le spiral de la figure 1 auquel est assemblé un élément séparé rabouté pour la fixation du spiral au piton ;
- la figure 4 représente, de façon schématisée et analogue à la figure 2, le spiral de la figure 2 auquel est assemblé un élément séparé rabouté pour la fixation du spiral au piton ;
- la figure 5 représente, de façon schématisée et analogue à la figure 2, le spiral de la figure 2 dont le segment linéaire comporte des amorces de rupture pour l'ajustement de sa fixation au piton ;
- la figure 6 représente, sous forme schématisée, partielle, et en perspective, une montre comportant un mouvement comportant un ensemble balancier-spiral incorporant un spiral selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0016] L'invention concerne un spiral d'horlogerie 1 amélioré.

[0017] Selon l'invention, ce spiral d'horlogerie 1 amélioré comporte successivement et formant un ruban continu, depuis une extrémité interne en amont, un tronçon curviligne interne de section dégressive se développant sur moins d'un tour, suivi d'une succession de tronçons curvilignes chacun de section toujours supérieure ou égale à celle du tronçon curviligne directement en amont, et dont au moins un est de section croissante.

[0018] Plus particulièrement, et tel que visible notamment sur la figure 1, ce spiral 1 comporte successivement, depuis une extrémité interne P0 et en angles au centre par rapport à une référence axiale A, tangents les uns aux autres et tous de concavité tournée vers la référence axiale A et formant un ruban continu :

- un premier tronçon curviligne interne jusqu'à un premier point P1, selon un premier angle au centre α_1 et de section décroissante dans un premier rapport R1 ;
- un deuxième tronçon curviligne jusqu'à un deuxième point P2, selon un deuxième angle au centre α_2 et de section constante ;
- un troisième tronçon curviligne jusqu'à un troisième point P3, selon un troisième angle au centre α_3 et de section croissante dans un troisième rapport R3 ;
- un quatrième tronçon curviligne jusqu'à un quatrième

me point P4, selon un quatrième angle au centre α_4 et de section constante ;

- un cinquième tronçon curviligne jusqu'à un cinquième point P5, selon un cinquième angle au centre α_5 et de section croissante dans un cinquième rapport R5 ;
- un sixième tronçon curviligne externe jusqu'à un sixième point P6, selon un sixième angle au centre α_6 et de section croissante dans un sixième rapport R6.

[0019] Le deuxième tronçon curviligne est constitué en spirale régulière, sur plusieurs tours.

[0020] Dans une variante illustrée à la figure 2, ce spiral 1 comporte encore un septième segment entre ledit sixième point P6 et un septième point P7, selon un septième angle au centre α_7 , de section supérieure ou égale à celle du sixième tronçon curviligne au sixième point P6, s'écartant des tronçons curvilignes précédents, et faisant avec la tangente du sixième tronçon curviligne au sixième point P6 un angle de déviation e.

[0021] De façon préférée, le premier rapport R1 est compris entre 0,90 et 0,95. Plus particulièrement il est voisin de 0,92.

[0022] De façon préférée, le troisième rapport R3 est compris entre 1,15 et 1,30. Plus particulièrement il est voisin de 1,22.

[0023] De façon préférée, le cinquième rapport R5 est compris entre 1,50 et 1,75. Plus particulièrement il est voisin de 1,64.

[0024] De façon préférée, le sixième rapport R6 est compris entre 1,25 et 1,40. Plus particulièrement il est voisin de 1,33.

[0025] De façon préférée, le premier angle au centre α_1 est compris entre 340° et 350° . Plus particulièrement il est voisin de 344° .

[0026] De façon préférée, le deuxième angle au centre α_2 a la valeur d'un nombre entier de tours d'une spirale régulière à laquelle s'ajoute un angle compris entre 285° et 295° .

[0027] De façon préférée, le nombre entier de tours est de treize, et plus particulièrement l'angle ajouté est voisin de 292° .

[0028] De façon préférée, le troisième angle au centre α_3 est compris entre 3° et 7° . Plus particulièrement il est voisin de 5° .

[0029] De façon préférée, le quatrième angle au centre α_4 est compris entre 115° et 130° . Plus particulièrement il est voisin de 122° .

[0030] De façon préférée, le cinquième angle au centre α_5 est compris entre 3° et 7° . Plus particulièrement il est voisin de 5° .

[0031] De façon préférée, le sixième angle au centre α_6 est compris entre 30° et 50° . Plus particulièrement il est voisin de 40° .

[0032] De façon préférée, dans la variante de la figure 2, le septième segment s'étend dans une zone balayée par un septième angle au centre α_7 compris entre 20°

et 25°, et l'angle de déviation e compris entre 45° et 65°. Plus particulièrement le septième angle au centre α_7 est voisin de 22°. Plus particulièrement l'angle de déviation e est voisin de 55°.

[0033] De façon préférée, le spiral 1 est de hauteur constante selon une direction axiale A, cette hauteur étant comprise entre 0,14 mm et 0,16 mm.

[0034] De façon préférée, à l'état libre, le rayon intérieur du spiral 1 au niveau du premier tronçon curviligne interne est compris entre 0,45 et 0,55 mm, et son rayon extérieur au niveau du sixième tronçon curviligne externe est compris entre 2,70 et 2,80 mm.

[0035] Dans une variante avantageuse, tel que visible à la figure 5, le spiral 1 est localement sécable et comporte à cet effet, à son extrémité extérieure distale 11 de son tronçon curviligne extérieur 12, des amorces de rupture 15 prévues pour réduire sa longueur, pour l'ajustement de sa fixation à un piton 5.

[0036] Dans une variante avantageuse, le spiral 1 est monobloc, en silicium monocristallin de module d'Young E compris entre 140000 N/mm² et 150000 N/mm² et de masse volumique p comprise entre 2,30 g/cm³ et 2,40 g/cm³.

[0037] Dans une autre variante, le spiral 1 est monobloc, en oxyde de silicium ou quartz monocristallin ou en quartz polycristallin ou en diamant monocristallin ou en diamant polycristallin.

[0038] L'invention concerne encore un mouvement 100 d'horlogerie comportant une tige 3 de commande définissant une direction orientée D, une platine 4 porteuse d'un piton 5 et de moyens de guidage d'au moins un mécanisme régulateur à balancier-spiral pivotant autour d'un axe A. Ce mécanisme régulateur comporte au moins un tel spiral 1.

[0039] Dans une réalisation particulière, ce spiral 1 est attaché au piton 5 au niveau d'une extrémité extérieure distale 11 de son tronçon curviligne extérieur 12, en un point formant avec la direction orientée D un angle de pitonnage AP. Le spiral 1 est fixé à une virole de balancier 19 par un point d'attache intérieur 13 à l'extrémité de son tronçon curviligne intérieur 14, ce point d'attache intérieur 13 formant avec la direction orientée D un angle d'attache AA dans la position d'équilibre du balancier.

[0040] Dans une réalisation particulière et préférée, pour un balancier d'une inertie de 21 mg.cm² et pour un ensemble balancier-spiral oscillant à 4 Hz, l'angle d'attache AA est compris entre 180° et 200°, et l'angle de pitonnage AP est compris entre 95 et 115°.

[0041] Dans une variante particulière illustrée à la figure 3 ou à la figure 4, le spiral 1 est fixé au piton 5 par un élément séparé 6 rabouté sur ledit spiral 1.

[0042] De préférence, cet élément séparé 6 rabouté sur le spiral 1 est réalisé dans le même matériau que le spiral 1, avec le même module d'Young E et la même masse volumique p , et est de rigidité supérieure à celle du spiral 1 en tout point du tronçon curviligne extérieur 12 du spiral 1.

[0043] L'invention concerne encore une montre 200

comportant au moins un mécanisme régulateur à balancier-spiral pivotant autour d'un axe A comportant au moins un tel spiral 1, et/ou cette montre 200 comporte au moins un tel mouvement 100.

[0044] Dans une technologie silicium ou « MEMS » ou « LIGA » ou similaire, il est facile de fabriquer un tel spiral, et notamment avec des parties sécables, ce qui permet l'utilisation d'un même spiral de base pour des mouvements différents, dans des montres ayant différentes configurations, notamment savonnettes ou Lépine en montres de poche. Il est, encore, facile de squeletter la nouvelle plaquette d'extrémité pour diminuer sa masse.

15 Revendications

1. Spiral d'horlogerie (1), comportant successivement et formant un ruban continu, depuis une extrémité interne en amont au niveau d'un point d'attache (13) à une virole, un premier tronçon curviligne interne de section dégressive entre une première épaisseur au niveau dudit point d'attache (13), et une deuxième épaisseur au niveau de la jonction avec les tronçons curvilignes suivants dudit spiral (1), ledit premier tronçon curviligne (1) se développant sur moins d'un tour, suivi d'une succession de tronçons curvilignes, dont un deuxième tronçon curviligne jointif avec ledit premier tronçon curviligne interne est d'épaisseur égale à ladite deuxième épaisseur dudit premier tronçon curviligne intérieur, et dont les tronçons curvilignes suivants sont chacun de section toujours supérieure ou égale à celle du tronçon curviligne directement en amont, et dont au moins un est de section croissante, ledit spiral (1) comportant successivement, depuis une extrémité interne (P0) et en angles au centre par rapport à une référence axiale (A), tangents les uns aux autres et tous de concavité tournée vers ladite référence axiale (A), et formant un ruban continu :

- ledit premier tronçon curviligne interne jusqu'à un premier point (P1), selon un premier angle au centre (α_1) et de section décroissante dans un premier rapport (R1);

- ledit deuxième tronçon curviligne jusqu'à un deuxième point (P2), selon un deuxième angle au centre (α_2) et de section constante ;

- un troisième tronçon curviligne jusqu'à un troisième point (P3), selon un troisième angle au centre (α_3) et de section croissante dans un troisième rapport (R3) ;

- un quatrième tronçon curviligne jusqu'à un quatrième point (P4), selon un quatrième angle au centre (α_4) et de section constante ;

- un cinquième tronçon curviligne jusqu'à un cinquième point (P5), selon un cinquième angle au centre (α_5) et de section croissante dans un cinquième rapport (R5) ;

- un sixième tronçon curviligne externe jusqu'à un sixième point (P6), selon un sixième angle au centre (α_6) et de section croissante dans un sixième rapport (R6).
2. Spiral (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit spiral (1) comporte encore un septième segment entre ledit sixième point (P6) et un septième point (P7), selon un septième angle au centre (α_7), de section supérieure ou égale à celle dudit sixième tronçon curviligne audit sixième point (P6), s'écarter des tronçons curvilignes précédents, et faisant avec la tangente dudit sixième tronçon curviligne audit sixième point (P6) un angle de déviation (e). 5
 3. Spiral (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit spiral (1) comporte encore un septième segment entre ledit sixième point (P6) et un septième point (P7) à son extrémité extérieure distale (11) de son tronçon curviligne extérieur (12), selon un septième angle au centre (α_7), et **en ce que** ledit spiral (1) est sécable et comporte à cet effet, à ladite extrémité extérieure distale (11), des amorces de rupture (15) prévues pour réduire sa longueur. 10
 4. Spiral (1) selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** ledit septième segment se développe selon un septième angle au centre (α_7) compris entre 20° et 25°, de section supérieure ou égale à celle dudit sixième tronçon curviligne audit sixième point (P6), et fait avec la tangente dudit sixième tronçon curviligne audit sixième point (P6) un angle de déviation (e) compris entre 45° et 65°. 15
 5. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit premier rapport (R1) est compris entre 0,90 et 0,95. 20
 6. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit troisième rapport (R3) est compris entre 1,15 et 1,30. 25
 7. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit cinquième rapport (R5) est compris entre 1,50 et 1,75. 30
 8. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit sixième rapport (R6) est compris entre 1,25 et 1,40. 35
 9. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit premier angle au centre (α_1) est compris entre 340° et 350°. 40
 10. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit deuxième angle au centre (α_2) a la valeur d'un nombre entier de tours d'une spirale régulière à laquelle s'ajoute un angle 45
 - compris entre 285° et 295°.
 11. Spiral (1) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ledit nombre entier de tours est de treize. 50
 12. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit troisième angle au centre (α_3) est compris entre 3° et 7°.
 13. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit quatrième angle au centre (α_4) est compris entre 115° et 130°.
 14. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit cinquième angle au centre (α_5) est compris entre 3° et 7°.
 15. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit sixième angle au centre (α_6) est compris entre 30° et 50°.
 16. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit spiral (1) est de hauteur constante selon une direction axiale (A), ladite hauteur étant comprise entre 0,14 mm et 0,16 mm.
 17. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**, à l'état libre, son rayon intérieur au niveau dudit premier tronçon curviligne est compris entre 0,45 et 0,55 mm, et que son rayon extérieur au niveau dudit sixième tronçon curviligne est compris entre 2,70 et 2,80 mm.
 18. Spiral (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit spiral (1) est monobloc, en silicium monocristallin de module d'Young (E) compris entre 140000 N/mm² et 150000 N/mm² et de masse volumique (p) comprise entre 2,30 g/cm³ et 2,40 g/cm³.
 19. Spiral (1) selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce que** ledit spiral (1) est monobloc, en oxyde de silicium ou quartz monocristallin ou en quartz polycristallin ou en diamant monocristallin ou en diamant polycristallin.
 20. Mouvement (100) d'horlogerie comportant une tige (3) de commande définissant une direction orientée (D), une platine (4) porteuse d'un piton (5) et de moyens de guidage d'au moins un mécanisme régulateur à balancier-spiral pivotant autour d'un axe (A) et lequel balancier-spiral comporte au moins un dit spiral (1) selon l'une des revendications précédentes. 55
 21. Mouvement (100) selon la revendication 20, **carac-**

térisé en ce que ledit spiral est attaché audit piton (5) au niveau d'une extrémité extérieure distale (11) de son tronçon curviligne extérieur (12) en un point formant avec ladite direction orientée (D) un angle de pitonnage (AP), ledit spiral (1) étant fixé à une virole de balancier par un point d'attache intérieur (13) à l'extrémité de son tronçon curviligne intérieur (14), ledit point d'attache intérieur (13) formant avec ladite direction orientée (D) un angle d'attache (AA) dans la position d'équilibre dudit balancier, **caracté-**
risé en ce que ledit angle d'attache (AA) est compris entre 180° et 200°, et **en ce que** ledit angle de pi-
 tonnage (AP) est compris entre 95 et 115°.

22. Mouvement (100) selon la revendication 20 ou 21, **caractérisé en ce que** ledit spiral (1) est fixé audit piton (5) par un élément séparé (6) rabouté sur ledit spiral (1).

23. Mouvement (100) selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ledit élément séparé (6) rabouté sur ledit spiral (1) est réalisé dans le même matériau que ledit spiral (1), avec le même module d'Young (E) et la même masse volumique (p), et est de rigidité supérieure à celle dudit spiral (1) en tout point dudit tronçon curviligne extérieur (12) dudit spiral (1).

24. Montre (200) comportant au moins un mécanisme régulateur à balancier-spiral pivotant autour d'un axe (A) et ledit balancier-spiral comportant au moins un dit spiral (1) selon l'une des revendications 1 à 19, et/ou ladite montre (200) comportant au moins un mouvement (100) selon l'une des revendications 20 à 23.

Patentansprüche

1. Uhrenspiralfeder (1), die aufeinanderfolgend und ein durchgehendes Band bildend, ausgehend von einem inneren vorgelagerten Ende auf Höhe eines Befestigungspunkts (13) an einer Spiralrolle umfasst: ein erstes, inneres gekrümmtes Teilstück mit einem zwischen einer ersten Dicke auf Höhe des Befestigungspunkts (13) und einer zweiten Dicke auf Höhe der Verbindung mit nachfolgenden gekrümmten Teilstücken der Spiralfeder (1) abnehmenden Querschnitt, wobei sich das erste gekrümmte Teilstück (1) über weniger als einen Umlauf ausbreitet, gefolgt von einer Aufeinanderfolge gekrümmter Teilstücke, wovon ein zweites gekrümmtes Teilstück, das zu dem ersten, inneren gekrümmten Teilstück benachbart ist, eine Dicke aufweist, die gleich der zweiten Dicke des ersten, inneren gekrümmten Teilstücks ist und wovon die folgenden gekrümmten Teilstücke jeweils einen Querschnitt aufweisen, der stets größer oder gleich jenem des direkt vorhergehenden ge-

krümmten Teilstücks ist, und wovon mindestens eines einen zunehmenden Querschnitt aufweist, wobei die Spiralfeder (1) aufeinanderfolgend ausgehend von einem inneren Ende (P0) und mit Zentrums winkeln in Bezug auf eine axiale Referenz (A), zueinander tangential und jeweils mit einer der axialen Referenz (A) zugewendeten Konkavität und ein durchgehendes Band bildend, umfasst:

- das innere erste gekrümmte Teilstück bis zu einem ersten Punkt (P1) mit einem ersten Zentrums winkel (α_1) und mit einem in einem ersten Verhältnis (R1) abnehmenden Querschnitt;
- das zweite gekrümmte Teilstück bis zu einem zweiten Punkt (P2) mit einem zweiten Zentrums winkel (α_2) und mit konstantem Querschnitt;
- ein drittes gekrümmtes Teilstück bis zu einem dritten Punkt (P3) mit einem dritten Zentrums winkel (α_3) und mit einem in einem dritten Verhältnis (R3) zunehmenden Querschnitt;
- ein viertes gekrümmtes Teilstück bis zu einem vierten Punkt (P4) mit einem vierten Zentrums winkel (α_4) und mit konstantem Querschnitt;
- ein fünftes gekrümmtes Teilstück bis zu einem fünften Punkt (P5) mit einem fünften Zentrums winkel (α_5) und mit einem in einem fünften Verhältnis (R5) zunehmenden Querschnitt;
- ein äußeres sechstes gekrümmtes Teilstück bis zu einem sechsten Punkt (P6) mit einem sechsten Zentrums winkel (α_6) und mit einem in einem sechsten Verhältnis (R6) zunehmenden Querschnitt.

2. Spiralfeder (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder (1) ferner ein siebtes Segment zwischen dem sechsten Punkt (P6) und einem siebten Punkt (P7) mit einem siebten Zentrums winkel (α_7) mit einem Querschnitt, der größer oder gleich jenem des sechsten gekrümmten Teilstücks an dem sechsten Punkt (P6) ist, aufweist, das sich von den vorhergehenden gekrümmten Teilstücken entfernt und mit der Tangente des sechsten gekrümmten Teilstücks an dem sechsten Punkt (P6) einen Ablenkwinkel (θ) bildet.

3. Spiralfeder (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder (1) ferner ein siebtes Segment zwischen dem sechsten Punkt (P6) und einem siebten Punkt (P7) an ihrem distalen äußeren Ende (11) ihres äußeren gekrümmten Teilstücks (12) mit einem siebten Zentrums winkel (α_7) aufweist und dass die Spiralfeder (1) teilbar ist und hierzu an dem distalen äußeren Ende (11) Sollbruchstellen (15) aufweist, die vorgesehen sind, um ihre Länge zu verringern.

4. Spiralfeder (1) nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch**

- gekennzeichnet, dass** sich das siebte Segment mit einem siebten Zentrumswinkel (α_7), der im Bereich von 20° bis 25° liegt, ausbreitet und einen Querschnitt aufweist, der größer oder gleich jenem des sechsten gekrümmten Teilstücks an dem sechsten Punkt (P6) ist und mit der Tangente des gekrümmten sechsten Teilstücks an dem sechsten Punkt (P6) einen Ablenkwinkel (θ) im Bereich von 45° bis 65° bildet.
5. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Verhältnis (R1) im Bereich von 0,90 bis 0,95 liegt.
 6. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das dritte Verhältnis (R3) im Bereich von 1,15 bis 1,30 liegt.
 7. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das fünfte Verhältnis (R5) im Bereich von 1,50 bis 1,75 liegt.
 8. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das sechste Verhältnis (R6) im Bereich von 1,25 bis 1,40 liegt.
 9. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der erste Zentrumswinkel (α_1) im Bereich von 340° bis 350° liegt.
 10. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Zentrumswinkel (α_2) den Wert einer ganzen Anzahl von Umläufen einer regelmäßigen Spiralfeder hat, zu dem ein Winkel im Bereich von 285° bis 295° hinzukommt.
 11. Spiralfeder (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die ganze Anzahl von Umläufen dreizehn ist.
 12. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der dritte Zentrumswinkel (α_3) im Bereich von 3° bis 7° liegt.
 13. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der vierte Zentrumswinkel (α_4) im Bereich von 115° bis 130° liegt.
 14. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der fünfte Zentrumswinkel (α_5) im Bereich von 3° bis 7° liegt.
 15. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der sechste Zentrumswinkel (α_6) im Bereich von 30° bis 50° liegt.
 16. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder (1) längs einer axialen Richtung (A) eine konstante Höhe besitzt, wobei die Höhe im Bereich von 0,14 mm bis 0,16 mm liegt.
 17. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** im freien Zustand ihr innerer Radius auf Höhe des ersten gekrümmten Teilstücks im Bereich von 0,45 bis 0,55 mm liegt und dass ihr äußerer Radius auf Höhe des sechsten gekrümmten Teilstücks im Bereich von 2,70 bis 2,80 mm liegt.
 18. Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder (1) einteilig aus monokristallinem Silicium mit einem Young-Modul (E) im Bereich von 140000 N/mm² bis 150000 N/mm² und mit einer Dichte (ρ) im Bereich von 2,30 g/cm³ bis 2,40 g/cm³ ausgebildet ist.
 19. Spiralfeder (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder (1) einteilig aus Siliciumoxid oder monokristallinem Quarz oder polykristallinem Quarz oder monokristallinem Diamant oder polykristallinem Diamant ausgebildet ist.
 20. Uhrwerk (100), umfassend einen Steuerstift (3), der eine gerichtete Richtung (D) definiert und eine Platine (4), die ein Spiralklötzchen (5) und Mittel zum Führen mindestens eines Unruh-Spiralfeder-Regulierungsmechanismus trägt, der sich um eine Achse (A) dreht, wobei die Unruh-Spiralfeder mindestens eine Spiralfeder (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.
 21. Werk (100) nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder an dem Spiralklötzchen (5) auf Höhe eines distalen äußeren Endes (11) ihres äußeren gekrümmten Teilstücks (12) an einem Punkt befestigt ist, der mit der gerichteten Richtung (D) einen Verstiftungswinkel (AP) bildet, wobei die Spiralfeder (1) an einer Unruh-Spiralrolle durch einen inneren Befestigungspunkt (13) am Ende ihres inneren gekrümmten Teilstücks (14) befestigt ist und der innere Befestigungspunkt (13) in der Gleichgewichtsposition der Unruh mit der gerichteten Richtung (D) einen Befestigungswinkel (AA) bildet, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Befestigungswinkel (AA) im Bereich von 180° bis 200° liegt und dass der Verstiftungswinkel (AP) im Bereich von 95° bis 115° liegt.

22. Werk (100) nach Anspruch 20 oder 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder (1) an dem Spiralklötzchen (5) durch ein getrenntes Element (6) befestigt ist, das an die Spiralfeder (1) angefügt ist.

23. Werk (100) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das an die Spiralfeder (1) angefügte getrennte Element (6) aus demselben Material wie die Spiralfeder (1) hergestellt ist und denselben Young-Modul (E) und dieselbe Dichte (p) besitzt und eine Starrheit besitzt, die größer als jene der Spiralfeder (1) an jedem Punkt des äußeren gekrümmten Teilstücks (12) der Spiralfeder (1) ist.

24. Uhr (200), umfassend mindestens einen Unruh-Spiralfeder-Regulierungsmechanismus, der sich um eine Achse (A) dreht und dessen Unruh-Spiralfeder mindestens eine Spiralfeder (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 19 umfasst, und/oder wobei die Uhr (200) mindestens ein Werk (100) nach einem der Ansprüche 20 bis 23 umfasst.

Claims

1. Timepiece balance spring (1) comprising, in succession and forming a continuous band, from an upstream inner end at a point of attachment (13) to a collet, a first inner curvilinear segment of decreasing section between a first thickness at said point of attachment (13), and a second thickness at the junction between the following curvilinear segments of said balance spring (1), said first curvilinear segment (1) developing over less than one turn, followed by a series of curvilinear segments, wherein a second curvilinear segment joined to said first inner curvilinear segment is of equal thickness to said second thickness of said first inner curvilinear segment, and wherein the following curvilinear segments are each always of greater or equal section to that of the immediately preceding curvilinear segment, and wherein at least one is of increasing section, said balance spring (1) including, in series, from an inner end (P0) and at angles at the centre relative to an axial reference (A) which are tangent to each other and all having a concavity facing said axial reference (A), and forming a continuous band:

- said first inner curvilinear segment to a first point (P1), at a first angle at the centre (a1) and of decreasing section in a first ratio (R1);
- said second curvilinear segment to a second point (P2), at a second angle at the centre (a2) and of constant section;
- a third curvilinear segment to a third point (P3), at a third angle at the centre (a3) and of increasing section in a third ratio (R3);

- a fourth curvilinear segment to a fourth point (P4), at a fourth angle at the centre (a4) and of constant section;
- a fifth curvilinear segment to a fifth point (P5), at a fifth angle at the centre (a5) and of increasing section in a fifth ratio (R5);
- a sixth outer curvilinear segment to a sixth point (P6), at a sixth angle at the centre (a6) and of increasing section in a sixth ratio (R6).

2. Balance spring (1) according to claim 1, **characterized in that** said balance spring (1) also includes a seventh segment between said sixth point (P6) and a seventh point (P7), at a seventh angle at the centre (α_7), of greater or equal section to that of said sixth curvilinear segment at said sixth point (P6), deviating from the preceding coils, and forming with the tangent of said sixth curvilinear segment at said sixth point (P6) an angle of deviation (e).

3. Balance spring (1) according to claim 1, **characterized in that** said balance spring (1) also includes a seventh segment between said sixth point (P6) and a seventh point (P7) at the distal outer end (11) of the outer curvilinear segment (12) thereof, at a seventh angle at the centre (α_7), and **in that** said balance spring can be divided and comprises for this purpose, at said outer distal end (11), fracture lines (15) arranged to reduce the length thereof.

4. Balance spring (1) according to claim 2 or 3, **characterized in that** said seventh segment develops at a seventh angle at the centre (α_7) comprised between 20° and 25° , of greater or equal section to that of said sixth curvilinear segment at said sixth point (P6), and forms with the tangent of said sixth curvilinear segment at said sixth point (P6) an angle of deviation (e) comprised between 45° and 65° .

5. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said first ratio (R1) is comprised between 0.90 and 0.95.

6. Balance spring (1) according any of the preceding claims, **characterized in that** said third ratio (R3) is comprised between 1.15 and 1.30.

7. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said fifth ratio (R5) is comprised between 1.50 and 1.75.

8. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said sixth ratio (R6) is comprised between 1.25 and 1.40.

9. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said first angle at the centre (α_1) is comprised between 340° and 350° .

10. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said second angle at the centre (α_2) has the value of an integer number of turns of a regular spiral to which an angle of between 285° and 295° is added. 5
11. Balance spring (1) according to the preceding claim, **characterized in that** the integer number of turns is thirteen. 10
12. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said third angle at the centre (α_3) is comprised between 3° and 7° .
13. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said fourth angle at the centre (α_4) is comprised between 115° and 130° . 15
14. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said fifth angle at the centre (α_5) is comprised between 3° and 7° . 20
15. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said sixth angle at the centre (α_6) is comprised between 30° and 50° . 25
16. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said balance spring (1) is of constant height in an axial direction (A), said height being comprised between 0.14 mm and 0.16 mm. 30
17. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that**, in the free state, the inner radius thereof on said first curvilinear segment is comprised between 0.45 and 0.55 mm, and **in that** the outer radius thereof on said sixth curvilinear segment is comprised between 2.70 and 2.80 mm. 35
18. Balance spring (1) according to any of the preceding claims, **characterized in that** said balance spring (1) is in one piece, made of single crystal silicon with a Young's modulus (E) of between 140000 N/mm^2 and 150000 N/mm^2 and having a density (ρ) comprised between 2.30 g/cm^3 and 2.40 g/cm^3 . 40 45
19. Balance spring (1) according to any of claims 1 to 17, **characterized in that** said balance spring (1) is in one piece, made of silicon oxide or single crystal quartz or polycrystalline quartz or single crystal diamond or polycrystalline diamond. 50
20. Timepiece movement (100) including a control stem (3) defining an oriented direction (D), a main plate (4) carrying a stud (5) and means for guiding at least one sprung balance regulating mechanism pivoting about an axis (A) and said sprung balance includes at least one said balance spring (1) according to any 55
- of the preceding claims.
21. Movement (100) according to claim 20, **characterized in that** said balance spring is attached to said stud (5) at a distal outer end (11) of the outer curvilinear segment (12) thereof at a point forming with said oriented direction (D) an angle of attachment to the stud (AP), said balance spring (1) being fixed to a balance collet by an inner point of attachment (13) at the end of the inner curvilinear segment (14) thereof, said inner point of attachment (13) forming with said oriented direction (D) an angle of attachment (AA) in the position of equilibrium of said balance, **characterized in that** said angle of attachment (AA) is comprised between 180° and 200° and **in that** said angle of attachment to the stud (AP) is comprised between 95° and 115° .
22. Movement (100) according to claim 20 or 21, **characterized in that** said balance spring (1) is fixed to said stud (5) by a separate element (6) butting said balance spring (1).
23. Movement (100) according to the preceding claim, **characterized in that** said separate element (6) butting said balance spring (1) is made of the same material as said balance spring (1), with the same Young's modulus (E) and the same density (ρ), and is of higher stiffness than said balance spring (1) at every point of said outer curvilinear segment (12) of said balance spring (1).
24. Watch (200) including at least one sprung balance regulating mechanism pivoting about an axis (A) and said sprung balance including at least one said balance spring (1) according to any of claims 1 to 19, and/or said watch (200) including at least one movement (100) according to any of claims 20 to 23.

Fig. 1

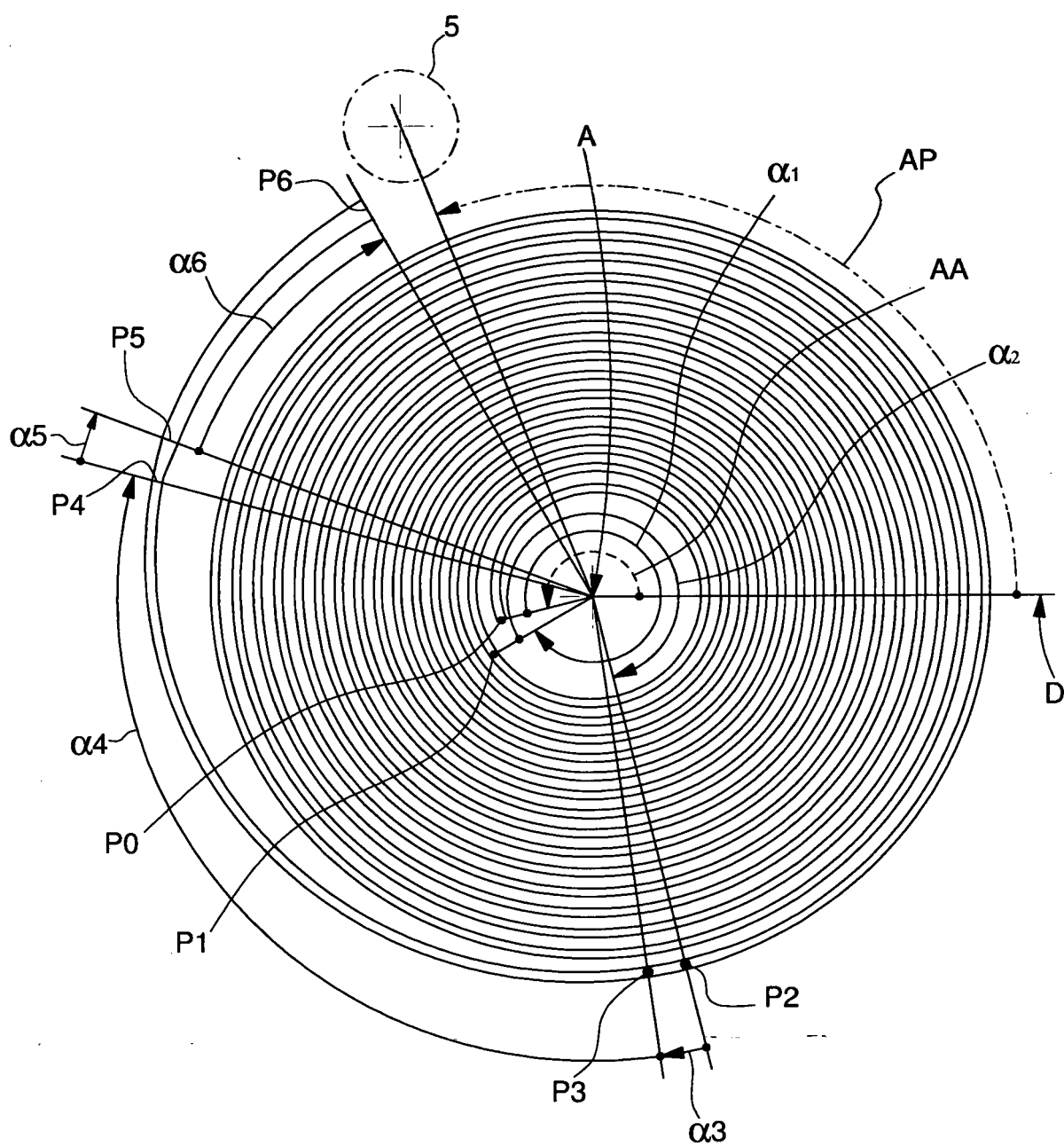


Fig. 2

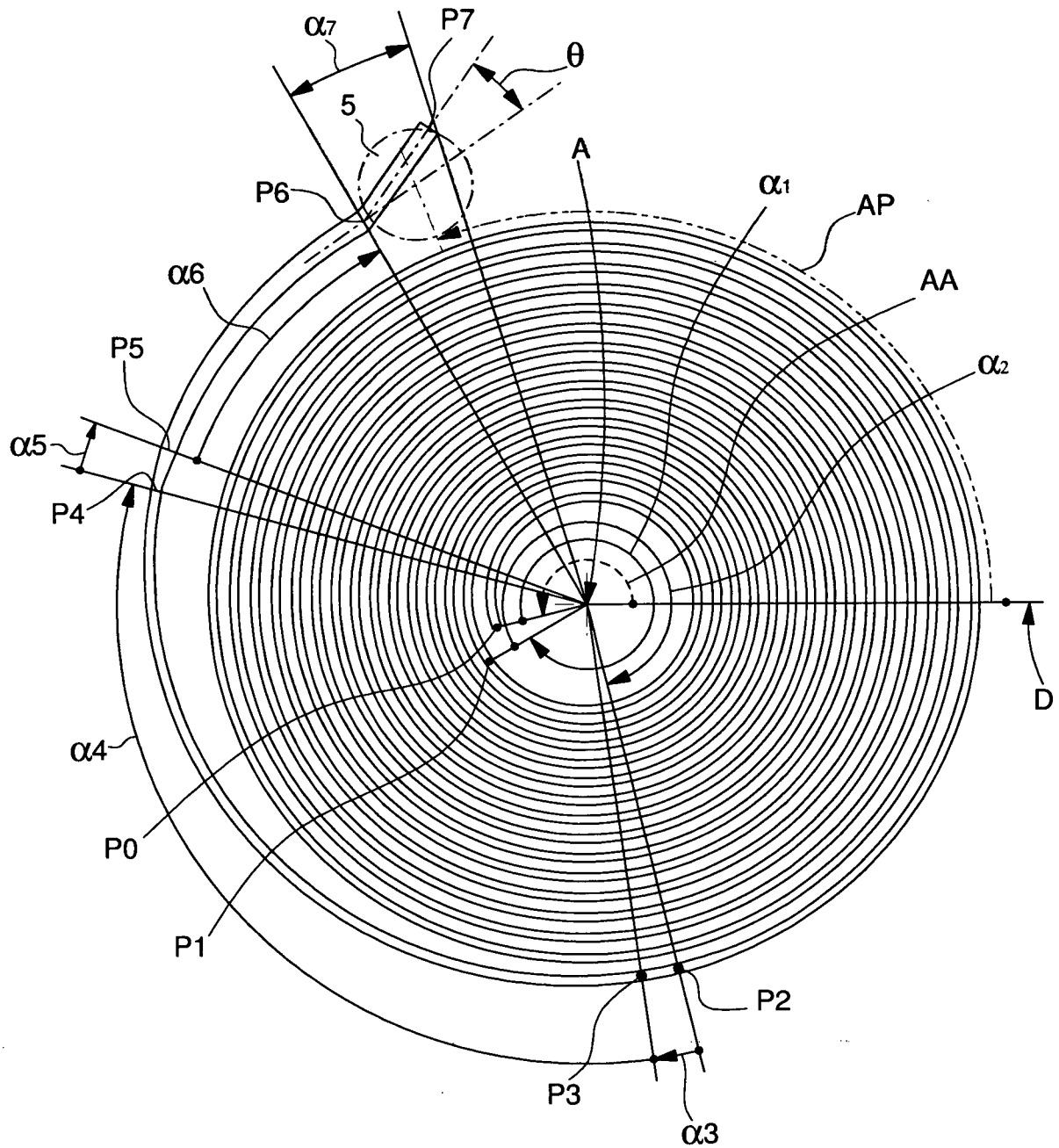


Fig. 3

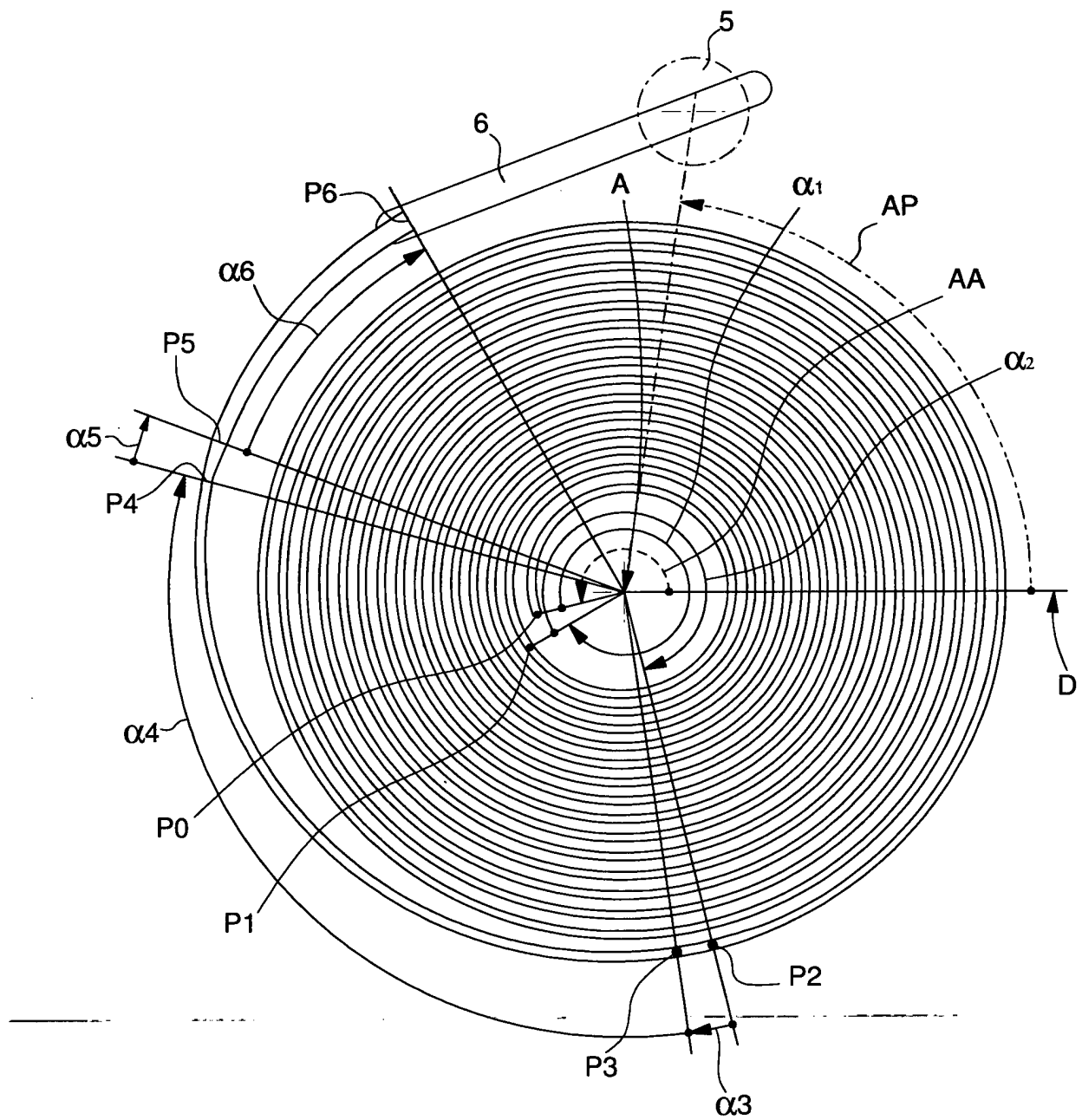


Fig. 4

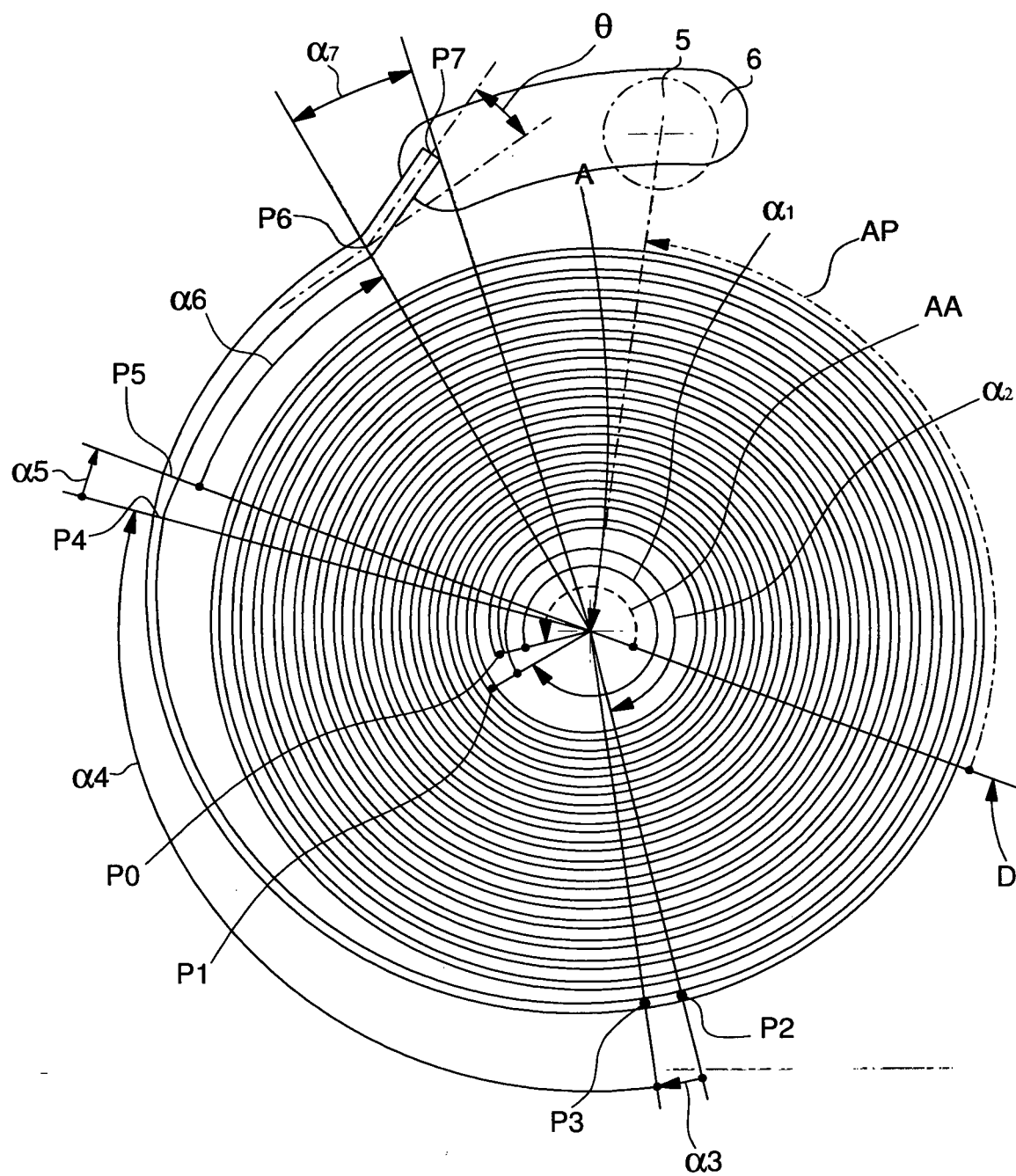


Fig. 5

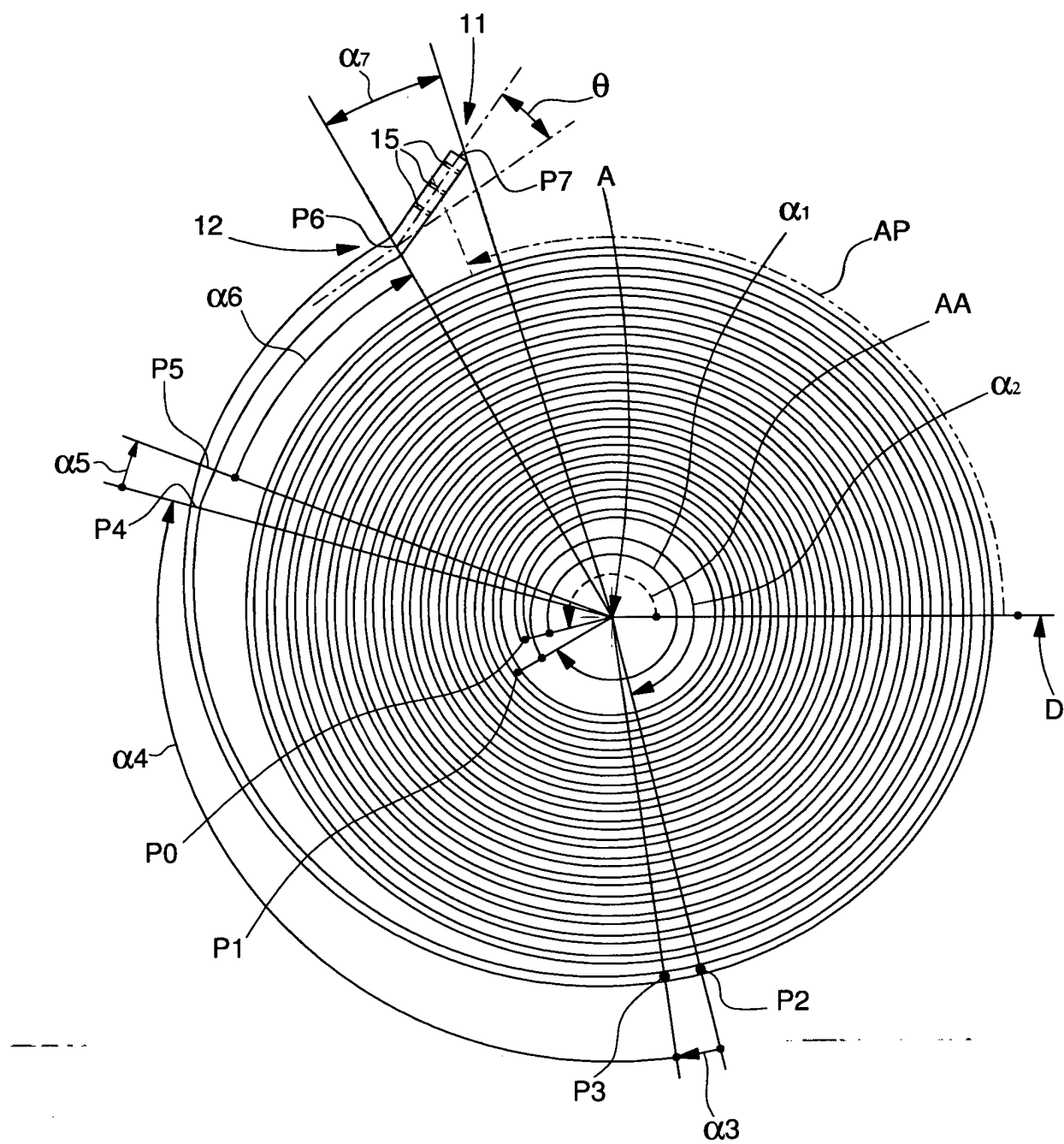
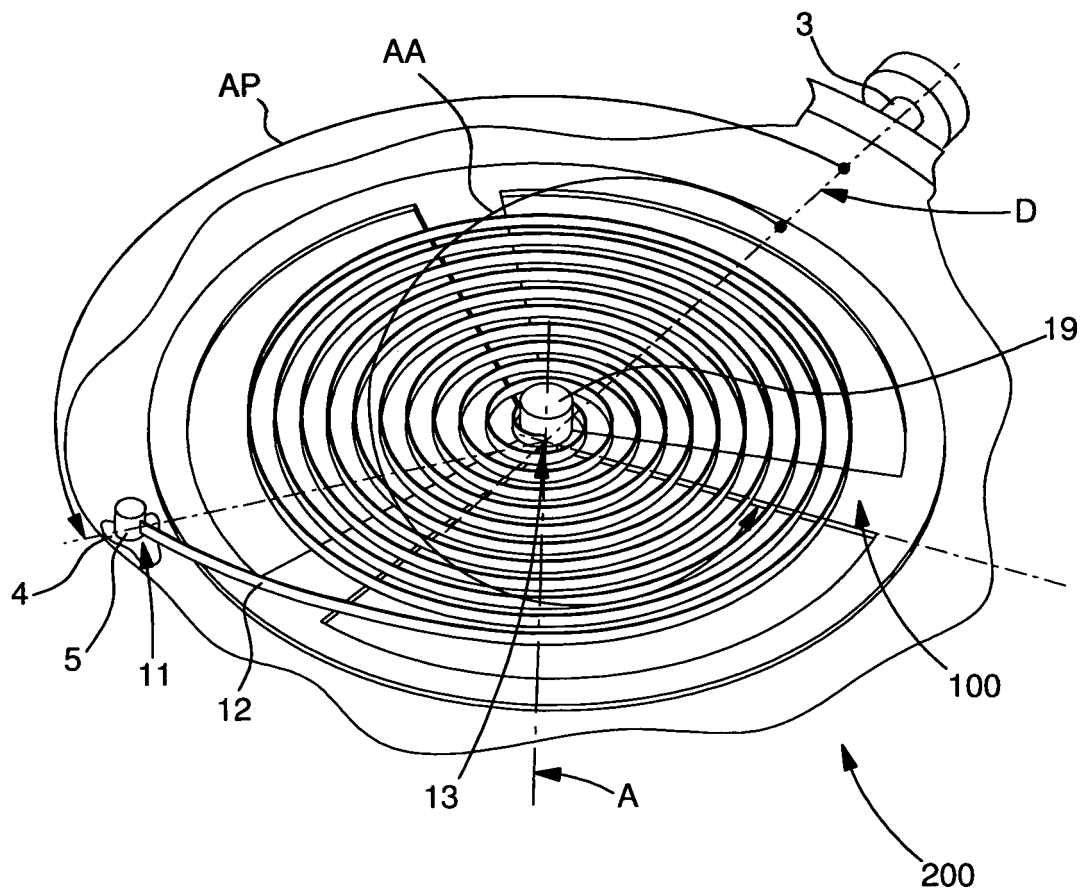


Fig. 6



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

- BE 526689 [0006]
- CH 327796 [0006]
- EP 2299336 A2 [0007]
- EP 2151722 A1 [0008]