



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.12.2009 Bulletin 2009/53

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

(21) Numéro de dépôt: **08011404.4**

(22) Date de dépôt: **24.06.2008**

(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 MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR
 Etats d'extension désignés:
AL BA MK RS

(71) Demandeur: **Belot, Michel**
2013 Colombier (CH)

(72) Inventeurs:
 • **Berlot, Michel**
2013 Colombier (CH)
 • **Orny, Franck**
2300 La Chaux-de-Fonds (CH)

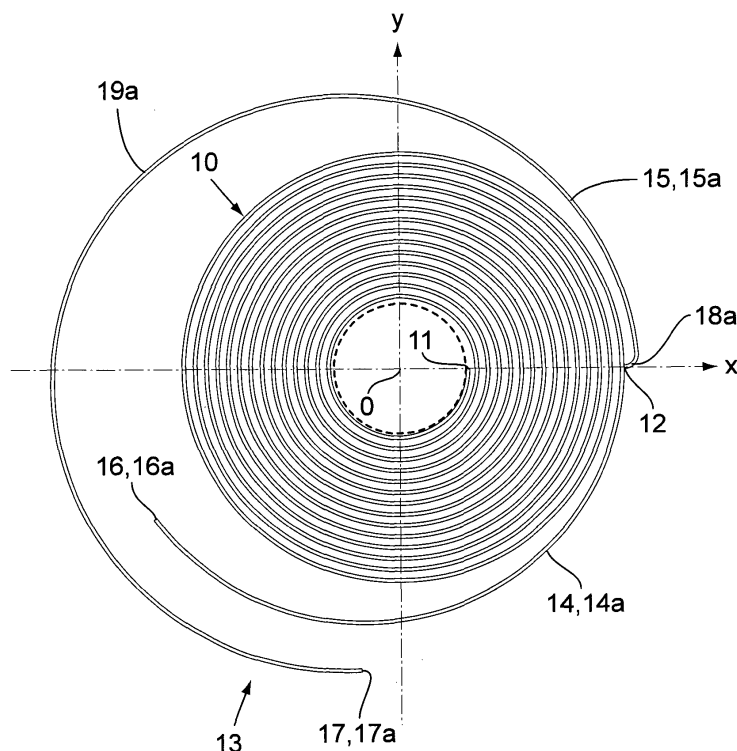
(74) Mandataire: **Micheli & Cie SA**
Rue de Genève 122,
Case Postale 61
1226 Genève-Thonex (CH)

(54) **Spiral d'horlogerie à développement concentrique**

(57) Un spiral pour mouvement d'horlogerie, comprenant une partie centrale plane (10) comprenant des spires et s'étendant d'un point intérieur (11) à un point extérieur (12) et des moyens (13) permettant de maintenir les spires concentriques pendant les oscillations du spiral dans le mouvement, est caractérisé en ce que les-

bits moyens comprennent au moins des première et deuxième courbes périphériques terminales souples (14, 15) situées dans le plan de la partie centrale (10) et s'étendant de manière disjointe depuis le point extérieur (12) jusqu'à un ou des points terminaux respectifs (16, 17).

Fig.2



Description

[0001] La présente invention concerne un spiral d'horlogerie, c'est-à-dire un ressort en forme générale de spirale destiné à être monté sur l'arbre d'un balancier pour former avec ce dernier l'organe régulateur d'un mouvement d'horlogerie mécanique.

[0002] Un problème connu des spiraux usuels est qu'ils se déforment de manière excentrique par rapport à l'arbre de balancier pendant leurs oscillations dans le mouvement, ce qui rend l'organe régulateur anisochrone et nuit donc à la précision de fonctionnement du mouvement.

[0003] Il existe à ce jour deux types de spiraux conçus pour remédier à ce problème, c'est-à-dire permettre aux spires de rester concentriques pendant les oscillations du spiral : les spiraux Breguet, tels que décrits dans les ouvrages traditionnels d'horlogerie, et les spiraux plats à rigidité variable tels que décrits dans le brevet suisse CH 327 796, le brevet britannique 697 864 et les demandes de brevet européen EP 1 445 670, EP 1 473 604 et EP 1 605 323. Les spiraux Breguet comprennent une partie centrale plane en spirale et une courbe terminale qui sort du plan de la partie centrale pour ramener le centre de gravité du spiral sur l'axe géométrique de rotation du balancier. Ces spiraux ont pour inconvénient un grand encombrement en hauteur. Les spiraux plats à rigidité variable sont situés dans un seul plan et comprennent une ou plusieurs portions de spire rigidifiées par pliage ou par apport de matière, ou sont réalisés de manière monolithique par des techniques de micro-fabrication telles que les procédés DRIE (gravure ionique réactive profonde) ou LIGA (lithographie aux rayons X, galvanisation par électrodéposition, formage) de sorte à avoir une épaisseur de spire variable. Les opérations de pliage ou d'apport de matière sont délicates à réaliser et peu précises. Les techniques de micro-fabrication nécessitent un grand savoir-faire et sont coûteuses à mettre en oeuvre.

[0004] La présente invention vise à proposer un spiral d'horlogerie plat dont les spires se déforment concentriquement pendant ses oscillations et qui soit facile à fabriquer.

[0005] A cette fin est prévu un spiral pour mouvement d'horlogerie, comprenant une partie centrale plane comprenant des spires et s'étendant d'un point intérieur à un point extérieur et des moyens permettant de maintenir les spires concentriques pendant les oscillations du spiral dans le mouvement, caractérisé en ce que lesdits moyens comprennent au moins des première et deuxième courbes périphériques terminales souples situées dans le plan de la partie centrale et s'étendant de manière disjointe depuis le point extérieur jusqu'à un ou des points terminaux respectifs.

[0006] Par le terme « souple » on entend qu'au moins une partie de chaque courbe périphérique terminale se déforme pendant les oscillations du spiral de sorte à déplacer le point extérieur. Les courbes périphériques terminales sont des lames ou portion de lame qui terminent le spiral, le ou les points terminaux étant destinés à être liés rigidement à un bâti du mouvement.

[0007] Le spiral selon l'invention peut être fabriqué selon des méthodes et dans une matière traditionnelles. Il ne nécessite pas de faire varier sa section de lame d'une manière particulière, comme dans la technique antérieure.

[0008] Dans des modes de réalisation particuliers, les première et deuxième courbes périphériques terminales s'étendent jusqu'à des points terminaux respectifs séparés.

[0009] Les première et deuxième courbes périphériques terminales peuvent avoir chacune une forme générale en arc de cercle.

[0010] Avantagusement, l'une au moins des première et deuxième courbes périphériques terminales comprend un coude à son extrémité jointe au point extérieur pour éviter que cette courbe périphérique terminale soit touchée par une autre partie du spiral pendant les expansions de ce dernier.

[0011] Dans des modes de réalisation particuliers, la première courbe périphérique terminale est dans le prolongement de la partie centrale. De préférence, dans ce cas, la première courbe périphérique terminale est en une seule pièce avec la partie centrale et la deuxième courbe périphérique terminale est une pièce rapportée fixée par l'une de ses extrémités au point extérieur. La deuxième courbe périphérique terminale peut s'étendre dans une direction opposée à celle de la première courbe périphérique terminale, ou dans la même direction. La première courbe périphérique terminale peut être en arc de cercle et la deuxième courbe périphérique terminale peut être constituée d'un coude à son extrémité jointe au point extérieur et d'une partie principale en arc de cercle entre le coude et le point terminal de la deuxième courbe périphérique terminale.

[0012] Dans d'autres modes de réalisation, les première et deuxième courbes périphériques terminales sont en forme générale d'arcs de cercle de même centre et de même rayon et s'étendent dans deux directions opposées depuis le point extérieur.

[0013] La partie centrale et les première et deuxième courbes périphériques terminales ont de préférence chacune une section constante sur toute leur longueur. La partie centrale et les première et deuxième courbes périphériques terminales peuvent avoir la même section.

[0014] La présente invention propose également un mouvement d'horlogerie comprenant un bâti, un arbre de balancier monté pivotant dans le bâti et un spiral tel que défini ci-dessus monté sur l'arbre de balancier par l'intermédiaire d'une virole, le(s)dit(s) point(s) terminal(terminaux) du spiral étant fixé(s) au bâti.

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de la description

détaillée suivante faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe axiale d'un organe régulateur d'un mouvement d'horlogerie mécanique ;
- les figures 2 à 4 sont des vues de dessus d'un spiral selon un premier mode de réalisation de l'invention, respectivement dans des états de repos, d'expansion et de contraction ;
- les figures 5 à 7 sont des vues de dessus d'un spiral selon un deuxième mode de réalisation de l'invention, respectivement dans des états de repos, d'expansion et de contraction ;
- les figures 8 à 10 sont des vues de dessus d'un spiral selon un troisième mode de réalisation de l'invention, respectivement dans des états de repos, d'expansion et de contraction ;
- les figures 11 à 13 sont des vues de dessus d'un spiral selon un quatrième mode de réalisation de l'invention, respectivement dans des états de repos, d'expansion et de contraction.

[0016] Dans ce qui suit, on entendra par « centre du spiral » son centre géométrique, constitué par le centre du repère dans lequel est définie la spirale en position de repos. Les valeurs numériques qui seront données correspondront à l'état de repos du spiral. Les rayons de courbure des lames ou portions de lame seront mesurées sur la fibre neutre de celles-ci.

[0017] Comme montré à la figure 1, dans un mouvement d'horlogerie mécanique, le spiral 1 a son extrémité intérieure qui est fixée à la périphérie d'une virole 2 montée sur l'arbre 3 d'un balancier 4 et son extrémité extérieure qui est fixée à une pièce fixe du mouvement, typiquement le coq 5, par l'intermédiaire d'un piton 6, le centre du spiral étant situé sur l'axe géométrique 3a de rotation du balancier. Si l'on se place dans une configuration théorique où l'arbre de balancier 3, et donc la virole 2 qui en est solidaire, sont libres de se déplacer dans le plan radial (plan perpendiculaire à l'axe 3a), et si l'on applique à cet arbre 3 un couple de forces pur, c'est-à-dire des forces produisant un moment mais dont leur résultante est nulle, alors le centre du spiral (ou l'arbre de balancier) se déplacera vers l'extrémité extérieure fixe si le moment a pour effet de contracter le spiral et dans la direction opposée à l'extrémité extérieure fixe si le moment a pour effet d'agrandir le spiral. Pendant ces déplacements, les spires resteront concentriques. Ceci est illustré aux figures 3 et 4 de la demande de brevet EP 1 473 604. Les déplacements du centre du spiral peuvent être calculés par simulation.

[0018] En pratique, l'arbre de balancier 3 n'est bien entendu pas libre de se déplacer dans le plan radial car ses pivots 7 tournent dans des paliers 8 formés respectivement dans la platine 9 et le coq 5 du mouvement. Pendant les oscillations de l'organe régulateur balancier-spiral, les paliers 8 exercent des forces de réaction sur les pivots 7 de l'arbre de balancier 3, forces qui retiennent l'arbre de balancier 3 et donc le centre du spiral 1. C'est la raison pour laquelle en pratique un spiral se déforme de manière excentrique pendant ses oscillations.

[0019] Si, au lieu de fixer l'extrémité extérieure du spiral, on la rend mobile et si on fait en sorte de déplacer cette extrémité extérieure pendant les oscillations du spiral d'une manière qui corresponde à l'inverse du déplacement que subirait le centre du spiral si ce centre était libre dans le plan radial et si l'extrémité extérieure était fixe, alors les déformations du spiral resteront concentriques. C'est ce que propose de faire la présente invention.

[0020] A cet effet, la présente invention prévoit un spiral plat comprenant une partie centrale en spirale s'étendant d'un point intérieur à un point extérieur. Le point intérieur est un point de jonction à une virole servant à monter le spiral sur un arbre de balancier dans un bâti formé typiquement par la platine et le coq du mouvement ou par une cage de tourbillon, le spiral et le balancier constituant l'organe régulateur du mouvement. Le point extérieur est un point de jonction entre la partie centrale et un organe d'attache mobile. L'organe d'attache mobile est conformé pour permettre au point extérieur de se déplacer par rapport au bâti d'une manière qui corresponde sensiblement à l'inverse du déplacement que subirait le centre du spiral si ce centre était libre dans le plan radial et si le point extérieur était fixe par rapport au bâti, en d'autres termes d'une manière qui annule les forces de réaction exercées par les paliers sur les pivots de l'arbre de balancier, pour que ce dernier ne soit soumis qu'à un couple pur.

[0021] Les figures 2, 5, 8 et 11 montrent quatre modes de réalisation différents du spiral selon l'invention. Dans ces figures, la partie centrale en spirale est désignée par le signe de référence 10, le point intérieur par le signe de référence 11, le point extérieur par le signe de référence 12, l'organe d'attache mobile par le signe de référence 13 et le centre du spiral par le signe de référence O, ce centre constituant par ailleurs le centre d'un repère géométrique (O, x, y) fixe par rapport au bâti et étant situé sur l'axe géométrique de rotation du balancier et de la virole.

[0022] La partie centrale en spirale 10 est la même dans ces quatre modes de réalisation. Elle présente une forme classique de spirale d'Archimède, réalisée par enroulement d'une lame. En position de repos, le point intérieur 11 et le point extérieur 12 sont sur l'axe (O, x). Dans ces quatre modes de réalisation, l'organe d'attache mobile 13 est constitué de deux courbes périphériques terminales souples 14, 15. Ces courbes périphériques terminales 14, 15 partent toutes les deux du point extérieur 12 et s'étendent sans se toucher jusqu'à des points terminaux respectifs 16, 17 séparés l'un de l'autre. Chaque courbe périphérique terminale 14, 15 est une lame ou portion de lame qui termine le spiral. Les points terminaux 16, 17 sont des points d'attache destinés à être fixés au bâti, par exemple par l'intermédiaire de pitons respectifs, comme pour l'extrémité extérieure d'un spiral traditionnel. Les courbes périphériques terminales 14, 15 se déforment pendant les oscillations de l'organe régulateur balancier-spiral de manière à déplacer le point extérieur 12

EP 2 138 912 A1

comme indiqué plus haut pour permettre aux spires de la partie centrale 10 de rester concentriques. Ces déformations concentriques des spires sont montrées aux figures 3 et 4 pour le premier mode de réalisation, aux figures 6 et 7 pour le deuxième mode de réalisation, aux figures 9 et 10 pour le troisième mode de réalisation et aux figures 12 et 13 pour le quatrième mode de réalisation, dans lesquelles le spiral a été représenté dans des états d'expansion et de contraction.

[0023] Dans le premier mode de réalisation (figure 2), les courbes périphériques terminales 14, 15, désignées ici plus particulièrement par les signes de référence 14a, 15a, sont chacune en forme générale d'arc de cercle, ont des rayons de courbure et des centres de courbure différents, et s'étendent dans deux directions opposées depuis le point extérieur 12 jusqu'aux points terminaux respectifs 16, 17, désignés ici plus particulièrement par les signes de référence 16a, 17a. La partie centrale 10 et les courbes périphériques terminales 14a, 15a ont toutes la même section, qui reste constante sur toute leur longueur. La première courbe périphérique terminale 14a est une lame ou portion de lame située dans le prolongement de la dernière spire de la partie centrale 10, et est faite de préférence en une seule pièce avec la partie centrale 10. La première courbe périphérique terminale 14a a la forme d'un arc de cercle sur toute sa longueur. La deuxième courbe périphérique terminale 15a est constituée par une lame dont l'extrémité 18a opposée au point terminal 17a est soudée et fixée par soudage, collage ou autre procédé approprié au point extérieur 12 de la partie centrale 10. Le coude que définit l'extrémité 18a a une forme en arc de cercle de petit rayon. Il éloigne la deuxième courbe périphérique terminale 15a de la dernière spire de la partie centrale 10 pour éviter que celles-ci se touchent pendant les expansions du spiral. La partie principale 19a de la deuxième courbe périphérique terminale 15a, s'étendant du coude 18a au point terminal 17a, a une forme en arc de cercle de plus grand rayon. Ce rayon ainsi que le rayon de la première courbe périphérique terminale 14a sont choisis suffisamment grands pour éviter tout contact entre la dernière spire de la partie centrale 10, la première courbe périphérique terminale 14a et la deuxième courbe périphérique terminale 15a pendant les expansions du spiral.

[0024] Pour réaliser le spiral selon ce premier mode de réalisation, les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

Hauteur du spiral : 0,12 mm

Distance entre le centre O et la fibre neutre du spiral au point intérieur 11 : 0,565 mm

Nombre de spires de la partie centrale 10 : 14

Pas de la spirale : 0,0954 mm

Longueur de la partie centrale 10 : 108,416 mm

Epaisseur de lame de la partie centrale 10 et des courbes périphériques terminales 14a, 15a : 0,02759 mm

Rayon de courbure de la première courbe périphérique terminale 14a : 2,2 mm

Coordonnées du centre de courbure de la première courbe périphérique terminale 14a :

$$X = -0,2999 \text{ mm}$$

$$Y = -0,0176 \text{ mm}$$

Etendue angulaire de la première courbe périphérique terminale 14a (mesurée depuis son centre de courbure) : 145°

Rayon de courbure de la partie principale 19a de la deuxième courbe périphérique terminale 15a : 2,50266 mm

Coordonnées du centre de courbure de la partie principale 19a de la deuxième courbe périphérique terminale 15a :

$$X = -0,4618 \text{ mm}$$

$$Y = -0,123 \text{ mm}$$

Etendue angulaire de la partie principale 19a de la deuxième courbe périphérique terminale 15a (mesurée depuis son centre de courbure) : 266,76°

Rayon de courbure du coude 18a : 0,12853 mm

Coordonnées du centre de courbure du coude 18a :

$$X = 1,899 \text{ mm}$$

$$Y = 0,1285 \text{ mm}$$

Etendue angulaire du coude 18a (mesurée depuis son centre de courbure) : 95,62°

[0025] Dans le deuxième mode de réalisation (figure 5), les deux courbes périphériques terminales 14, 15, désignées ici plus particulièrement par les repères 14b, 15b, sont chacune en forme générale d'arc de cercle, ont des rayons de courbure et des centres de courbure différents, et s'étendent dans la même direction depuis le point extérieur 12 jusqu'aux points terminaux respectifs 16, 17, désignés ici plus particulièrement par les repères 16b, 17b. La partie centrale 10 a une section constante. Les courbes périphériques terminales 14b, 15b ont la même section constante, qui est différente, en l'occurrence supérieure, à la section de la partie centrale 10. La différence de section (qui est ici une différence d'épaisseur) entre les courbes 14b, 15b et la partie centrale 10 n'est pas visible sur les dessins. La première courbe périphérique terminale 14b est une lame située dans le prolongement de la dernière spire de la partie centrale 10, et dont l'extrémité autre que le point terminal 16b est fixée par soudage, collage ou autre procédé approprié au point extérieur 12. La première courbe périphérique terminale 14b est en arc de cercle sur toute sa longueur. La deuxième courbe périphérique terminale 15b est située à l'extérieur de la première courbe périphérique terminale 14b et est constituée par une lame dont l'extrémité 18b autre que le point terminal 17b est coudée et fixée par soudage, collage ou autre procédé approprié au point extérieur 12. Le coude que définit l'extrémité 18b est en arc de cercle de petit rayon. Il éloigne la deuxième courbe périphérique terminale 15b de la première courbe périphérique terminale 14b pour éviter que ces deux courbes se touchent pendant les expansions du spiral. La partie principale 19b de la deuxième courbe périphérique terminale 15b, s'étendant du coude 18b au point terminal 17b, a une forme en arc de cercle de plus grand rayon. Ce rayon ainsi que le rayon de la première courbe périphérique terminale 14b sont choisis suffisamment grands pour éviter tout contact entre la dernière spire de la partie centrale 10, la première courbe périphérique terminale 14b et la deuxième courbe périphérique terminale 15b pendant les expansions du spiral.

[0026] Pour réaliser le spiral selon ce deuxième mode de réalisation, les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

Hauteur du spiral : 0,12 mm

Distance entre le centre O et la fibre neutre du spiral au point intérieur 11 : 0,565 mm

Nombre de spires de la partie centrale 10 : 14

Pas de la spirale : 0,0954 mm

Longueur de la partie centrale 10 : 108,416 mm

Epaisseur de lame de la partie centrale 10 : 0,02759 mm

Epaisseur de lame de chaque courbe périphérique terminale 14b, 15b: 0,03255 mm

Rayon de courbure de la première courbe périphérique terminale 14b : 2,185 mm

Coordonnées du centre de courbure de la première courbe périphérique terminale 14b :

$$X = -0,2849 \text{ mm}$$

$$Y = -0,0175 \text{ mm}$$

Etendue angulaire de la première courbe périphérique terminale 14b (mesurée depuis son centre de courbure) : 155°

Rayon de courbure de la partie principale 19b de la deuxième courbe périphérique terminale 15b : 2,4882 mm

Coordonnées du centre de courbure de la partie principale 19b de la deuxième courbe périphérique terminale 15b :

$$X = -0,4224 \text{ mm}$$

EP 2 138 912 A1

$$Y = -0,1226 \text{ mm}$$

5 Etendue angulaire de la partie principale 19b de la deuxième courbe périphérique terminale 15b (mesurée depuis son centre de courbure) : 194,13°
Rayon de courbure du coude 18b : 0,16416 mm
Coordonnées du centre de courbure du coude 18b :

10

$$X = 1,9013 \text{ mm}$$

15

$$Y = -0,1642 \text{ mm}$$

Etendue angulaire du coude 18b (mesurée depuis son centre de courbure) : 91,48°

20 **[0027]** Dans le troisième mode de réalisation (figure 8), les deux courbes périphériques terminales 14, 15, désignées ici plus particulièrement par les repères 14c, 15c, sont chacune en forme générale d'arc de cercle, ont le même rayon de courbure et le même centre de courbure, et s'étendent dans deux directions opposées depuis le point extérieur 12 jusqu'aux points terminaux respectifs 16, 17, désignés ici plus particulièrement par les repères 16c, 17c. La partie centrale 10 et les courbes périphériques terminales 14c, 15c ont la même section constante. Les courbes périphériques terminales 14c, 15c sont deux lames dont l'extrémité 18c, 19c opposée au point terminal 16c, 17c est coudée et fixée par soudage, collage ou autre procédé approprié au point extérieur 12 de la partie centrale 10. Les coudes que définissent les extrémités 18c, 19c sont chacun en arc de cercle de petit rayon. Ces coudes éloignent les courbes périphériques terminales 14c, 15c de la partie centrale 10 pour éviter que la dernière spire de la partie centrale 10 touche les courbes périphériques terminales 14c, 15c pendant les expansions du spiral. La partie principale 20c, 21c de chaque courbe périphérique terminale 14c, 15c, s'étendant du coude 18c, 19c au point terminal 16c, 17c, est en arc de cercle de plus grand rayon. Ce rayon est choisi suffisamment grand pour éviter que la dernière spire de la partie centrale 10 touche les courbes périphériques terminales 14c, 15c pendant les expansions du spiral.

25

30

[0028] Pour réaliser le spiral selon ce troisième mode de réalisation, les valeurs suivantes peuvent être utilisées :

35

Hauteur du spiral : 0,12 mm
Distance entre le centre O et la fibre neutre du spiral au point intérieur 11 : 0,565 mm
Nombre de spires de la partie centrale 10 : 14
Pas de la spirale : 0,0954 mm
Longueur de la partie centrale 10 : 108,416 mm
40 Epaisseur de lame de la partie centrale 10 et des courbes périphériques terminales 14c, 15c : 0,02759 mm
Rayon de courbure des parties principales 20c, 21c des courbes périphériques terminales 14c, 15c : 3,515 mm
Coordonnées du centre de courbure des parties principales 20c, 21 c des courbes périphériques terminales 14c, 15c :

45

$$X = -1,4771 \text{ mm}$$

50

$$Y = 0$$

55

Etendue angulaire de la partie principale 20c de la première courbe périphérique terminale 14c (mesurée depuis son centre de courbure) : 115,83°
Etendue angulaire de la partie principale 21 c de la deuxième courbe périphérique terminale 15c (mesurée depuis son centre de courbure) : 235,17°
Rayon de courbure des coudes 18c, 19c : 0,13522 mm
Coordonnées du centre de courbure du coude 18c :

$$X = 1,90 \text{ mm}$$

5

$$Y = -0,135 \text{ mm}$$

10

Etendue angulaire du coude 18c (mesurée depuis son centre de courbure) : 92,29°
Coordonnées du centre de courbure du coude 19c :

$$X = 1,90 \text{ mm}$$

15

$$Y = 0,135 \text{ mm}$$

20

Etendue angulaire du coude 19c (mesurée depuis son centre de courbure) : 92,29°

25

[0029] Le quatrième mode de réalisation (figure 11) est identique au troisième mode de réalisation à la différence près que les courbes périphériques terminales 14, 15, désignées ici plus particulièrement par les repères 14d, 15d, ont un rayon de courbure plus petit que les courbes 14c, 15c et une même section constante qui est inférieure à la section de la partie centrale 10. La différence de section (qui est ici une différence d'épaisseur) entre les courbes 14d, 15d et la partie centrale 10 n'est pas visible sur les dessins.

[0030] Les valeurs suivantes peuvent être utilisées pour réaliser le spiral selon ce quatrième mode de réalisation :

30

Hauteur du spiral : 0,12 mm
Distance entre le centre O et la fibre neutre du spiral au point intérieur 11 : 0,565 mm
Nombre de spires de la partie centrale 10 : 14
Pas de la spirale : 0,0954 mm
Longueur de la partie centrale 10 : 108,416 mm

35

Epaisseur de lame de la partie centrale 10 : 0,02759 mm
Epaisseur de lame de chaque courbe périphérique terminale 14d, 15d : 0,01931 mm
Rayon de courbure des parties principales 20d, 21d des courbes périphériques terminales 14d, 15d : 2,66 mm
Coordonnées du centre de courbure des parties principales 20d, 21 d des courbes périphériques terminales 14d, 15d :

40

$$X = -0,6221 \text{ mm}$$

45

$$Y = 0$$

50

Etendue angulaire de la partie principale 20d de la première courbe périphérique terminale 14d (mesurée depuis son centre de courbure) : 140,4°
Etendue angulaire de la partie principale 21d de la deuxième courbe périphérique terminale 15d (mesurée depuis son centre de courbure) : 210,6°
Rayon de courbure des coudes 18d, 19d : 0,13435 mm
Coordonnées du centre de courbure du coude 18d :

55

$$X = 1,90 \text{ mm}$$

$$Y = -0,134 \text{ mm}$$

5 Etendue angulaire du coude 18d (mesurée depuis son centre de courbure) : 93,05°
Coordonnées du centre de courbure du coude 19d :

$$X = 1,90 \text{ mm}$$

$$Y = 0,134 \text{ mm}$$

15 Etendue angulaire du coude 19d (mesurée depuis son centre de courbure) : 93,05°

[0031] En variante, dans le troisième et le quatrième mode de réalisation, les courbes périphériques terminales 14c, 15c, respectivement 14d, 15d, pourraient être constituées d'une seule lame périphérique continue allant du point terminal 16c, respectivement 16d, au point terminal 17c, respectivement 17d, et la zone du point extérieur 12 de la partie centrale 10 pourrait être coudée radialement vers l'extérieur pour être fixée par soudage, collage ou autre procédé approprié à la lame périphérique. Dans une autre variante, on pourrait prévoir une portion de lame périphérique en une pièce avec la partie centrale 10, portion de lame qui définirait après le point extérieur 12 un coude similaire au coude 18c du troisième mode de réalisation, qui s'étendrait ensuite continûment avec un rayon de courbure constant (comme les parties de courbe 20c, 21c) jusqu'à son extrémité qui serait recourbée pour former un coude similaire au coude 19c et fixée par tout procédé approprié au point extérieur 12. La partie de cette portion de lame périphérique correspondant à l'espace entre les points terminaux 16c et 17c serait maintenue dans un piton fixé au bâti, définissant ainsi deux points d'encastrement correspondant aux points terminaux 16c et 17c.

[0032] Par ailleurs, comme cela apparaît sur les figures 8 et 11, les points terminaux 16c, 17c, respectivement 16d, 17d, sont proches l'un de l'autre et pourraient être fixés à un piton commun.

[0033] Les modes de réalisation décrits ci-dessus et illustrés aux figures 2, 5, 8 et 11 ne sont pas limitatifs. Les équations qui régissent le spiral selon l'invention montrent en effet qu'une infinité de solutions existent pour la forme et les dimensions des courbes périphériques terminales, comme cela va maintenant être expliqué.

[0034] Si, dans le repère (O, x, y), on désigne par Δx et Δy les déplacements respectifs en translation selon l'axe (O, x) et en translation selon l'axe (O, y) des courbes périphériques terminales 14, 15 au point extérieur 12, par $\Delta \omega$ leur déplacement en rotation au point extérieur 12 (angle entre l'axe (O, x) et la droite passant par le centre O et le point extérieur 12), par M_f le moment du couple appliqué à l'arbre de balancier, par M_{f1} et M_{f2} les moments de force respectifs subis par les courbes périphériques terminales 14, 15 au point extérieur 12, par F_{x1} et F_{y1} les composantes de la force subie par la première courbe périphérique terminale 14 au point extérieur 12, et par F_{x2} et F_{y2} les composantes de la force subie par la deuxième courbe périphérique terminale 15 au point extérieur 12, alors on a :

$$M_f = M_{f1} + M_{f2}$$

$$F_{x1} + F_{x2} = 0$$

$$F_{y1} + F_{y2} = 0$$

[0035] La somme des forces subies par les courbes périphériques terminales 14, 15 est nulle car on souhaite que le spiral dans son ensemble ne subisse pas de force transmise par la virole. En première approximation, on a également :

$$\Delta\omega = a_{11} * M_{f1} + a_{12} * F_{x1} + a_{13} * F_{y1} = b_{11} * M_{f2} + b_{12} * F_{x2} + b_{13} * F_{y2}$$

5

$$\Delta x = a_{21} * M_{f1} + a_{22} * F_{x1} + a_{23} * F_{y1} = b_{21} * M_{f2} + b_{22} * F_{x2} + b_{23} * F_{y2}$$

10

$$\Delta y = a_{31} * M_{f1} + a_{32} * F_{x1} + a_{33} * F_{y1} = b_{31} * M_{f2} + b_{32} * F_{x2} + b_{33} * F_{y2}$$

où les coefficients a_{ij} , b_{ij} sont déterminés par les caractéristiques physiques de la première courbe périphérique terminale 14, respectivement de la deuxième courbe périphérique terminale 15. En regroupant ces équations, on obtient :

15

$$\Delta\omega = a_{11} * M_{f1} + a_{12} * F_{x1} + a_{13} * F_{y1} = b_{11} * (M_f - M_{f1}) - b_{12} * F_{x1} - b_{13} * F_{y1}$$

20

$$\Delta x = a_{21} * M_{f1} + a_{22} * F_{x1} + a_{23} * F_{y1} = b_{21} * (M_f - M_{f1}) - b_{22} * F_{x1} - b_{23} * F_{y1}$$

25

$$\Delta y = a_{31} * M_{f1} + a_{32} * F_{x1} + a_{33} * F_{y1} = b_{31} * (M_f - M_{f1}) - b_{32} * F_{x1} - b_{33} * F_{y1}$$

et par la suite :

30

$$M_{f1} * (a_{11} + b_{11}) + F_{x1} * (a_{12} + b_{12}) + F_{y1} * (a_{13} + b_{13}) = b_{11} * M_f$$

35

$$M_{f1} * (a_{21} + b_{21}) + F_{x1} * (a_{22} + b_{22}) + F_{y1} * (a_{23} + b_{23}) = b_{21} * M_f$$

40

$$M_{f1} * (a_{31} + b_{31}) + F_{x1} * (a_{32} + b_{32}) + F_{y1} * (a_{33} + b_{33}) = b_{31} * M_f$$

[0036] Ce système est équilibré, et permet de calculer pour un moment de couple M_f donné et en fonction des coefficients a_{ij} , b_{ij} :

45

$$M_{f1} \text{ donc } M_{f2} = M_f - M_{f1}$$

50

$$F_{x1} \text{ donc } F_{x2} = -F_{x1}$$

55

$$F_{y1} \text{ donc } F_{y2} = -F_{y1}$$

[0037] Pour une forme et des dimensions données pour les courbes périphériques terminales 14, 15, il est alors

possible de calculer le déplacement du point extérieur 12 :

$$\Delta\omega = c_{\omega} * M_f$$

$$\Delta x = c_x * M_f$$

$$\Delta y = c_y * M_f$$

où les coefficients c_{ω} , c_x , c_y dépendent des coefficients a_{ij} , b_{ij} et sont calculés à partir des équations indiquées plus haut. Les coefficients a_{ij} pour la première courbe périphérique terminale 14 peuvent être calculés selon la théorie des rotations élémentaires :

$$a_{11} = \frac{\int_0^L dl}{E * I}$$

$$a_{12} = a_{21} = - \frac{\int_0^L (Y_0 - Y) * dl}{E * I}$$

$$a_{13} = a_{31} = - \frac{\int_0^L (X_0 - X) * dl}{E * I}$$

$$a_{22} = \frac{\int_0^L (Y_0 - Y)^2 * dl}{E * I}$$

$$a_{23} = a_{32} = - \frac{\int_0^L (X_0 - X) * (Y_0 - Y) * dl}{E * I}$$

$$a_{33} = \frac{\int_0^L (X_0 - X)^2 * dl}{E * I}$$

où L est la longueur de la première courbe périphérique terminale 14 et \int_0^L désigne l'intégrale le long de la première courbe périphérique terminale 14 depuis le point terminal 16 jusqu'au point extérieur 12, (X_0, Y_0) représente les coordonnées du point extérieur 12, (X, Y) représente les coordonnées du point courant, dl l'élément de longueur, E le module élastique du matériau formant la première courbe périphérique terminale 14 et I le moment d'inertie de la première courbe périphérique terminale 14. Les coefficients b_{ij} pour la deuxième courbe périphérique terminale 15 se calculent de manière similaire.

[0038] Si l'on appelle V le vecteur allant du point extérieur 12 au centre du spiral (situé sur l'axe géométrique de rotation du balancier et de la virole), de composantes V_x, V_y , et que l'on néglige la variation de ce vecteur V, le déplacement $\Delta x_c, \Delta y_c$ du centre du spiral (ce centre étant considéré comme libre, le repère (O, x, y) restant fixe) dû au déplacement $\Delta x, \Delta y$ et $\Delta \omega$ du point extérieur 12 est donné par les équations suivantes :

$$\Delta x_c = \Delta x - \Delta \omega * V_y = (c_x - c_\omega * V_y) * M_f$$

$$\Delta y_c = \Delta y + \Delta \omega * V_x = (c_y + c_\omega * V_x) * M_f$$

[0039] Les courbes périphériques terminales 14, 15 doivent être choisies pour que ce déplacement $\Delta x_c, \Delta y_c$ soit sensiblement égal à l'inverse du déplacement que subirait le centre du spiral sous l'effet du moment M_f appliqué à l'arbre de balancier si le centre était libre et si le point extérieur 12 était fixe. Selon une approximation linéaire, ce dernier déplacement peut être représenté par un segment de droite, en d'autres termes la composante Δy_c peut être considérée comme proportionnelle à la composante Δx_c . On a ainsi :

$$c_y + c_\omega * V_x = K * (c_x - c_\omega * V_y)$$

où K est le coefficient de proportionnalité, calculé par simulation des déformations du type de celles illustrées aux figures 3 et 4 de la demande de brevet EP 1 473 604. Cette dernière équation constitue une condition à respecter pour définir les courbes périphériques terminales 14, 15. Une autre condition est l'amplitude de déplacement du centre du spiral, en d'autres termes la longueur du segment de droite précité.

[0040] Le système d'équations comporte donc deux conditions et l'on dispose de trois paramètres de déformation, $\Delta x, \Delta y$ et $\Delta \omega$. Il existe par conséquent une infinité de solutions pour les courbes périphériques terminales 14, 15.

[0041] Pour faciliter la fabrication du spiral, les courbes périphériques terminales 14, 15 peuvent être des arcs de cercle, comme dans les modes de réalisation décrits ci-dessus et représentés dans les figures. Les rayons et étendues angulaires de ces arcs de cercle apportent déjà quatre degrés de liberté. Une infinité de solutions existent donc dans ce cas particulier aussi.

[0042] Il a été constaté par les présents inventeurs que l'utilisation de deux courbes périphériques terminales 14, 15 confère une certaine rigidité à la zone du point extérieur 12, rigidité qui permet un déplacement du point extérieur 12 dans une plage qui correspond au déplacement naturel du centre du spiral que l'on souhaite compenser. L'utilisation d'une seule courbe périphérique terminale non rigidifiée causerait un déplacement trop grand du point extérieur 12.

[0043] Les résultats obtenus avec le spiral selon l'invention en terme de concentricité sont au moins comparables à ceux obtenus avec un spiral Breguet ou un spiral tel que décrit dans la demande de brevet EP 1 473 604. Le spiral selon l'invention présente l'avantage d'être simple à fabriquer. Il peut en effet être réalisé en utilisant des techniques traditionnelles du type laminage, soudage, etc. et dans un ou des matériaux traditionnels tels que l'acier. De plus, comme une infinité de couples de courbes périphériques terminales peuvent convenir, le choix peut être fait en fonction de l'espace disponible ou d'autres critères relatifs à l'agencement des composants du mouvement.

[0044] L'invention a été décrite ci-dessus à titre d'exemple uniquement. Il va de soi que des modifications pourraient

être faites sans sortir du cadre de l'invention revendiquée. Par exemple :

- le nombre de courbes périphériques terminales pourrait être supérieur à deux ;
- les points terminaux des courbes périphériques terminales (c'est-à-dire du spiral) pourraient être confondus en un seul point qui serait fixé au bâti par soudage ou autre procédé approprié ;
- la section, par exemple l'épaisseur, de l'une au moins de la partie centrale et des courbes périphériques terminales pourrait varier ;
- des formes simples autres qu'un arc de cercle peuvent être envisagées pour chaque courbe périphérique terminale, par exemple une succession d'arcs de cercle de rayons et/ou centres différents, un segment de droite ou des segments de droite définissant des coudes entre eux ;
- l'une au moins des courbes périphériques terminales pourrait comporter une partie rigide et une partie élastique, par exemple une partie principale rigide (par exemple rectiligne) et une partie terminale élastique définissant un point terminal destiné à être fixé à un piton ;
- la partie centrale 10 comporte des spires mais n'est pas nécessairement complètement en spirale. Elle pourrait par exemple comporter après la dernière spire et avant le point extérieur 12 une portion de lame qui s'écarte de la spirale, le point extérieur 12 constituant le point terminal de cette portion de lame et le point de départ des courbes périphériques terminales. En variante, le point extérieur 12 pourrait être sur la dernière spire de la partie centrale 10 et l'une des courbes périphériques terminales pourrait comporter juste après le point extérieur 12 une portion de spire constituant un prolongement exact de ladite dernière spire.

[0045] Par ailleurs, de manière connue en soi, la partie centrale du spiral peut former avec la virole deux pièces distinctes assemblées l'une à l'autre par collage, soudage ou autre procédé approprié au point intérieur, ou une seule pièce.

Revendications

1. Spiral pour mouvement d'horlogerie, comprenant une partie centrale plane (10) comprenant des spires et s'étendant d'un point intérieur (11) à un point extérieur (12) et des moyens (13) permettant de maintenir les spires concentriques pendant les oscillations du spiral dans le mouvement, **caractérisé en ce que** lesdits moyens comprennent au moins des première et deuxième courbes périphériques terminales souples (14, 15) situées dans le plan de la partie centrale (10) et s'étendant de manière disjointe depuis le point extérieur (12) jusqu'à un ou des points terminaux respectifs (16, 17).
2. Spiral selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les première et deuxième courbes périphériques terminales (14, 15) s'étendent jusqu'à des points terminaux respectifs séparés (16, 17).
3. Spiral selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** les première et deuxième courbes périphériques terminales (14, 15) ont chacune une forme générale en arc de cercle.
4. Spiral selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'une au moins (15a ; 15b ; 14c, 15c ; 14d, 15d) des première et deuxième courbes périphériques terminales (14, 15) comprend un coude (18a ; 18b ; 18c, 19c ; 18d, 19d) à son extrémité jointe au point extérieur (12) pour éviter que cette courbe périphérique terminale soit touchée par une autre partie du spiral pendant les expansions de ce dernier.
5. Spiral selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la première courbe périphérique terminale (14a ; 14b) est dans le prolongement de la partie centrale (10).
6. Spiral selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** la première courbe périphérique terminale (14a ; 14b) est en une seule pièce avec la partie centrale (10) et la deuxième courbe périphérique terminale (15a ; 15b) est une pièce rapportée fixée par l'une de ses extrémités au point extérieur (12).
7. Spiral selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** la deuxième courbe périphérique terminale (15a) s'étend dans une direction opposée à celle de la première courbe périphérique terminale (14a).
8. Spiral selon la revendication 5 ou 6, **caractérisé en ce que** la deuxième courbe périphérique terminale (15b) s'étend dans la même direction que la première courbe périphérique terminale (14b).

9. Spiral selon l'une quelconque des revendications 5 à 8, **caractérisé en ce que** la première courbe périphérique terminale (14a ; 14b) est en arc de cercle et la deuxième courbe périphérique terminale (15a ; 15b) est constituée d'un coude (18a ; 18b) à son extrémité jointe au point extérieur (12) et d'une partie principale (19a ; 19b) en arc de cercle entre le coude (18a ; 18b) et le point terminal (17a ; 17b) de la deuxième courbe périphérique terminale (15a ; 15b).
10. Spiral selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** les première et deuxième courbes périphériques terminales (14c, 15c ; 14d, 15d) sont en forme générale d'arcs de cercle de même centre et de même rayon et s'étendent dans deux directions opposées depuis le point extérieur (12).
11. Spiral selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** la partie centrale (10) et les première et deuxième courbes périphériques terminales (14, 15) ont chacune une section constante sur toute leur longueur.
12. Spiral selon la revendication 11, **caractérisé en ce que** la partie centrale (10) et les première et deuxième courbes périphériques terminales (14a, 15a ; 14c, 15c) ont la même section.
13. Mouvement d'horlogerie comprenant un bâti (5, 9), un arbre de balancier (3) monté pivotant dans le bâti et un spiral selon l'une quelconque des revendications 1 à 12 monté sur l'arbre de balancier par l'intermédiaire d'une virole, le (s)dit(s) point(s) terminal(terminaux) (16, 17) du spiral étant fixé(s) au bâti.

Fig.1

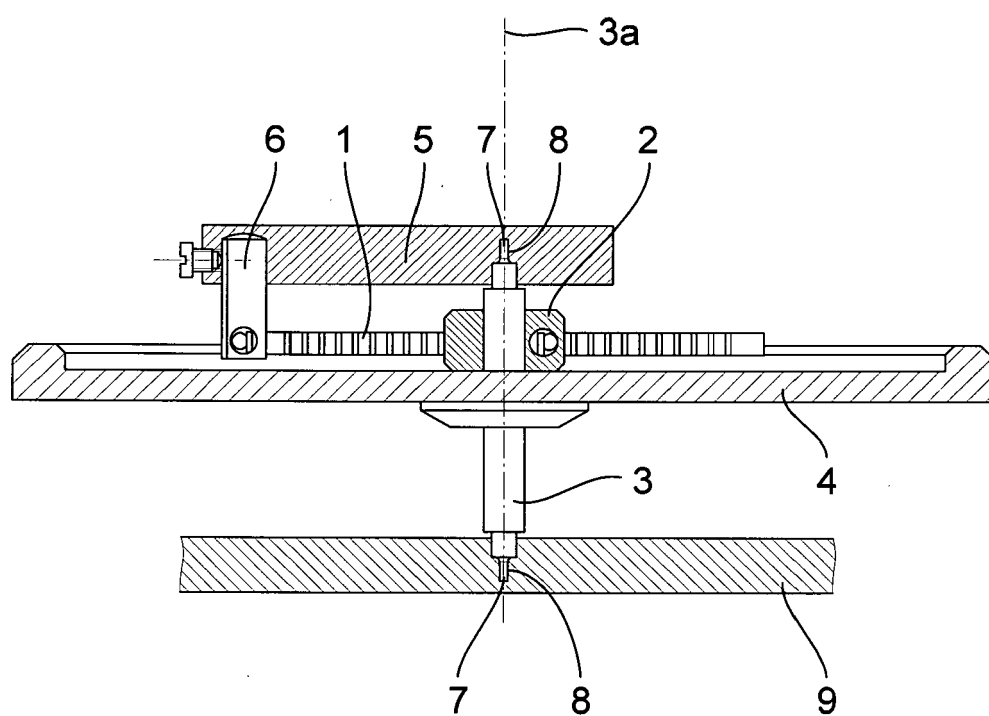


Fig.2

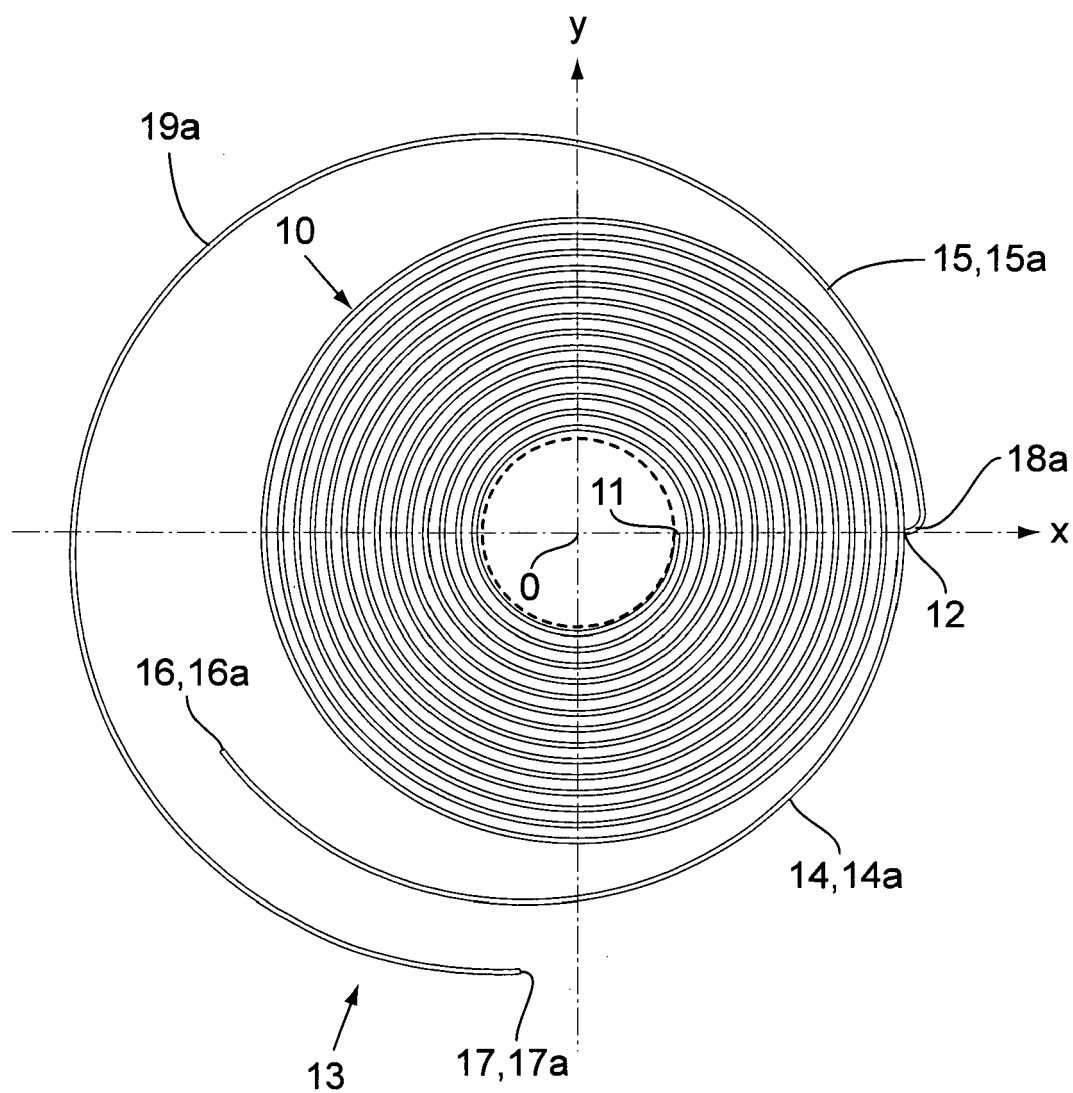


Fig.3

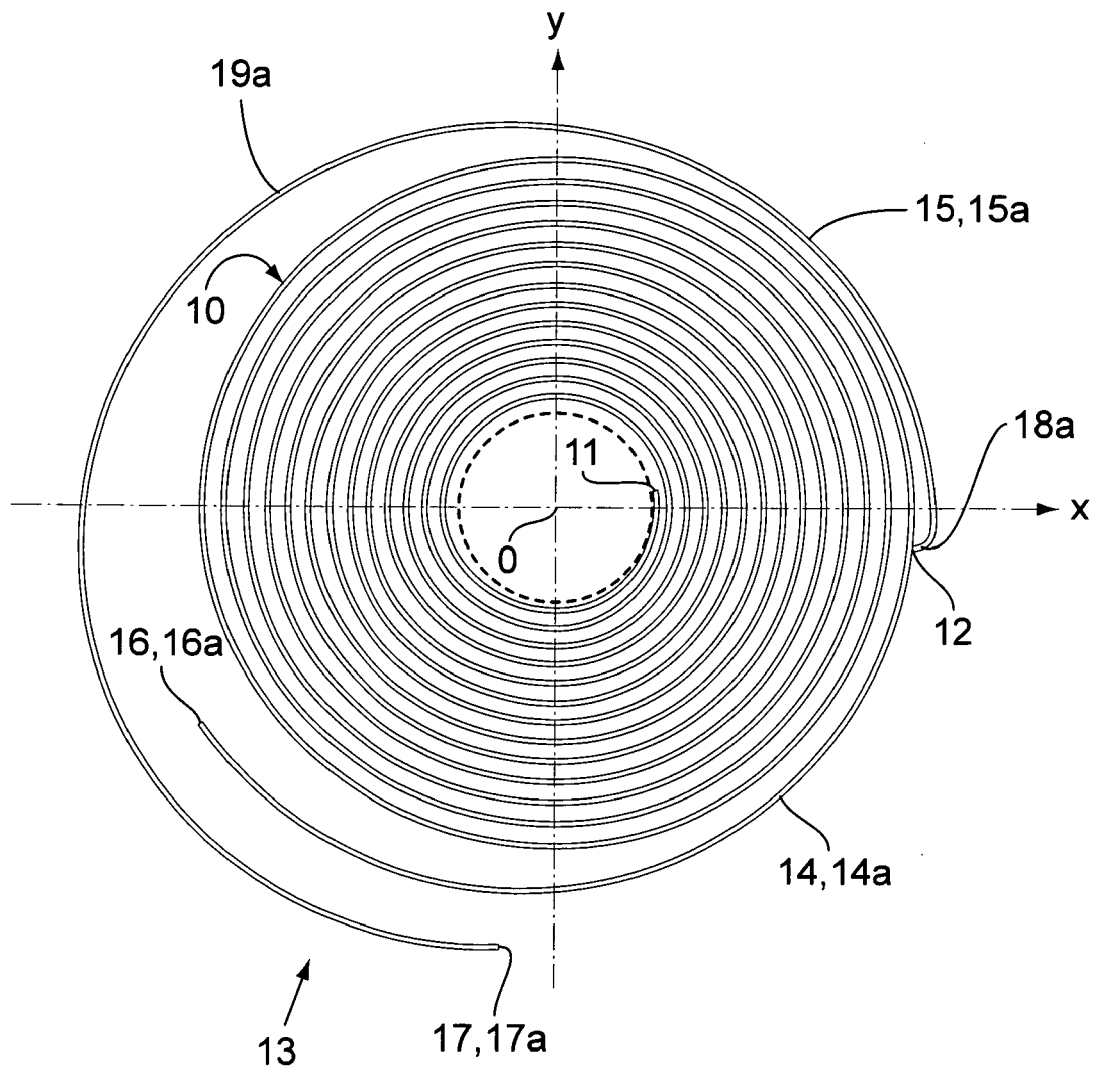


Fig.4

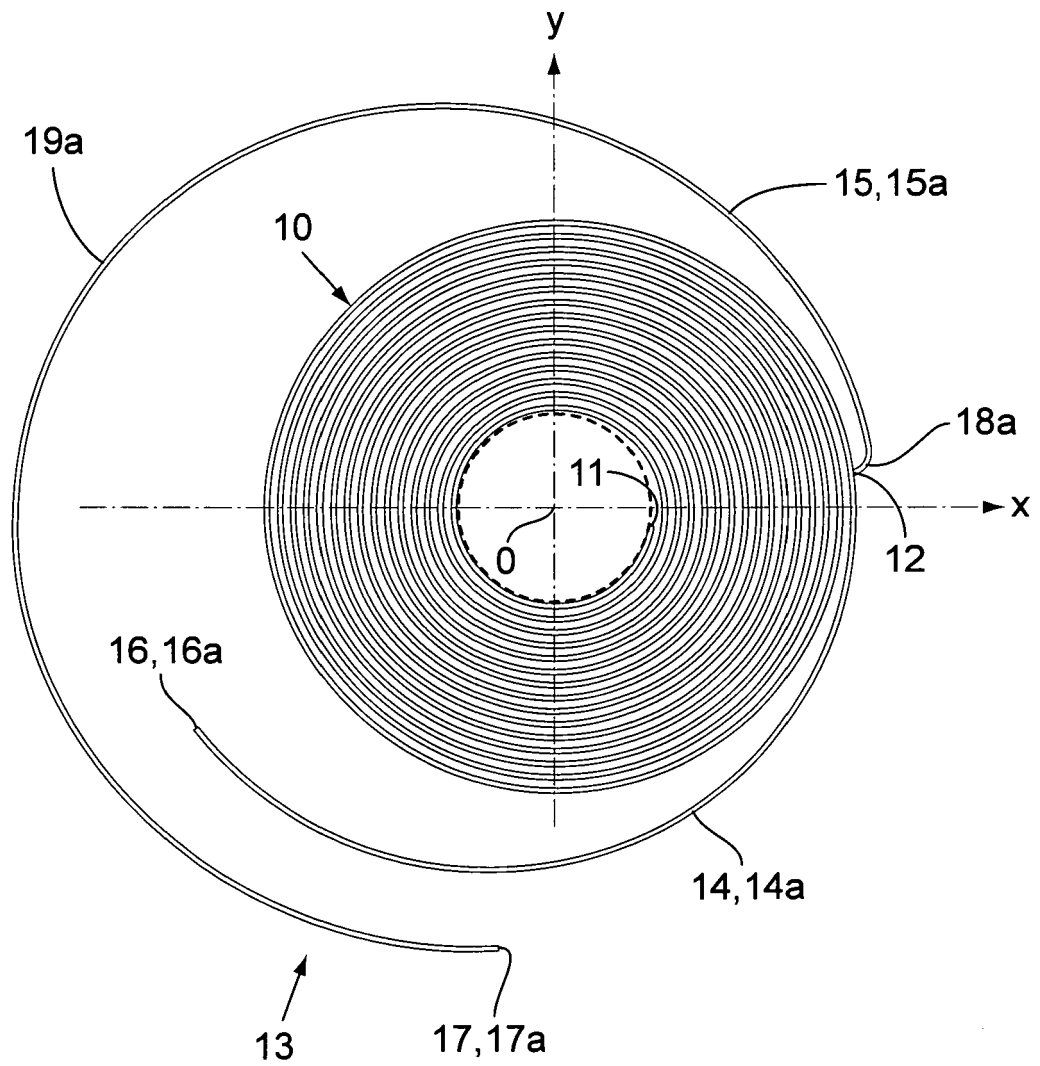


Fig.5

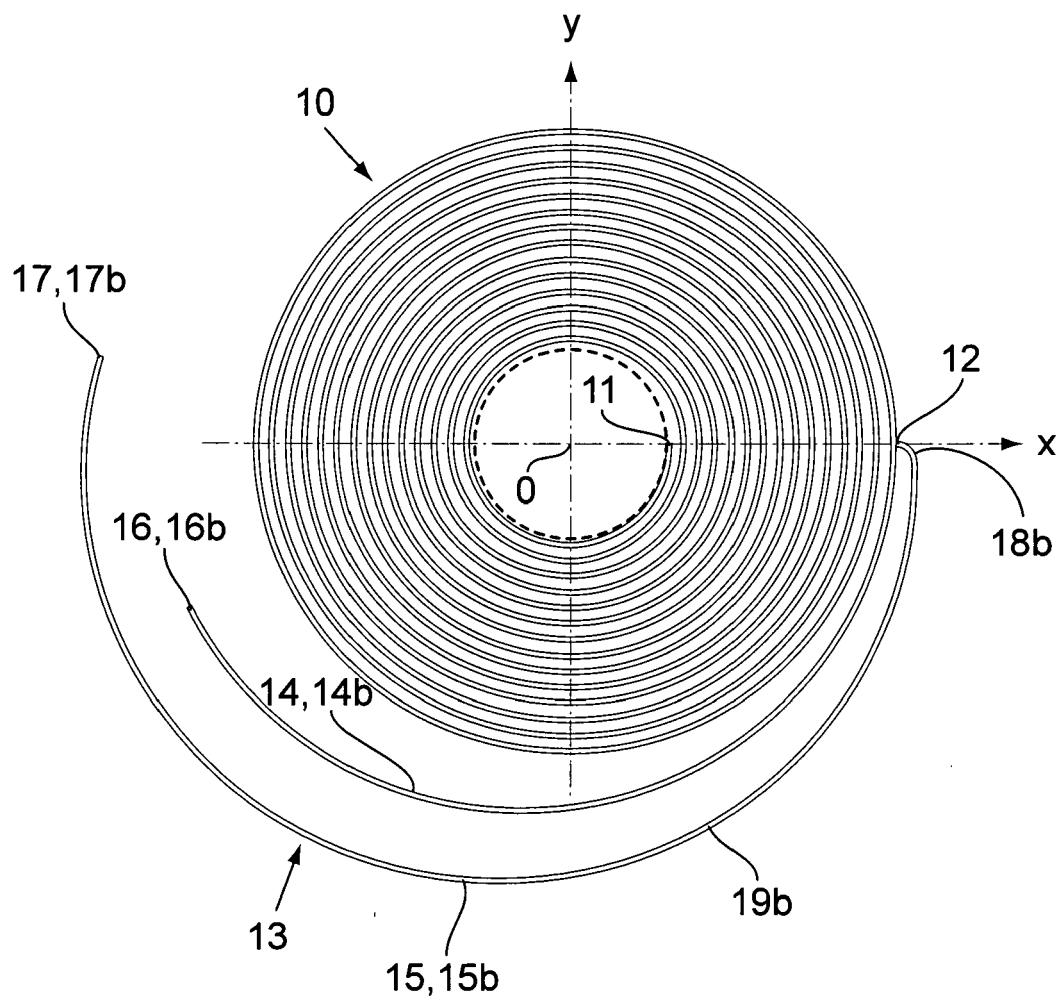


Fig.6

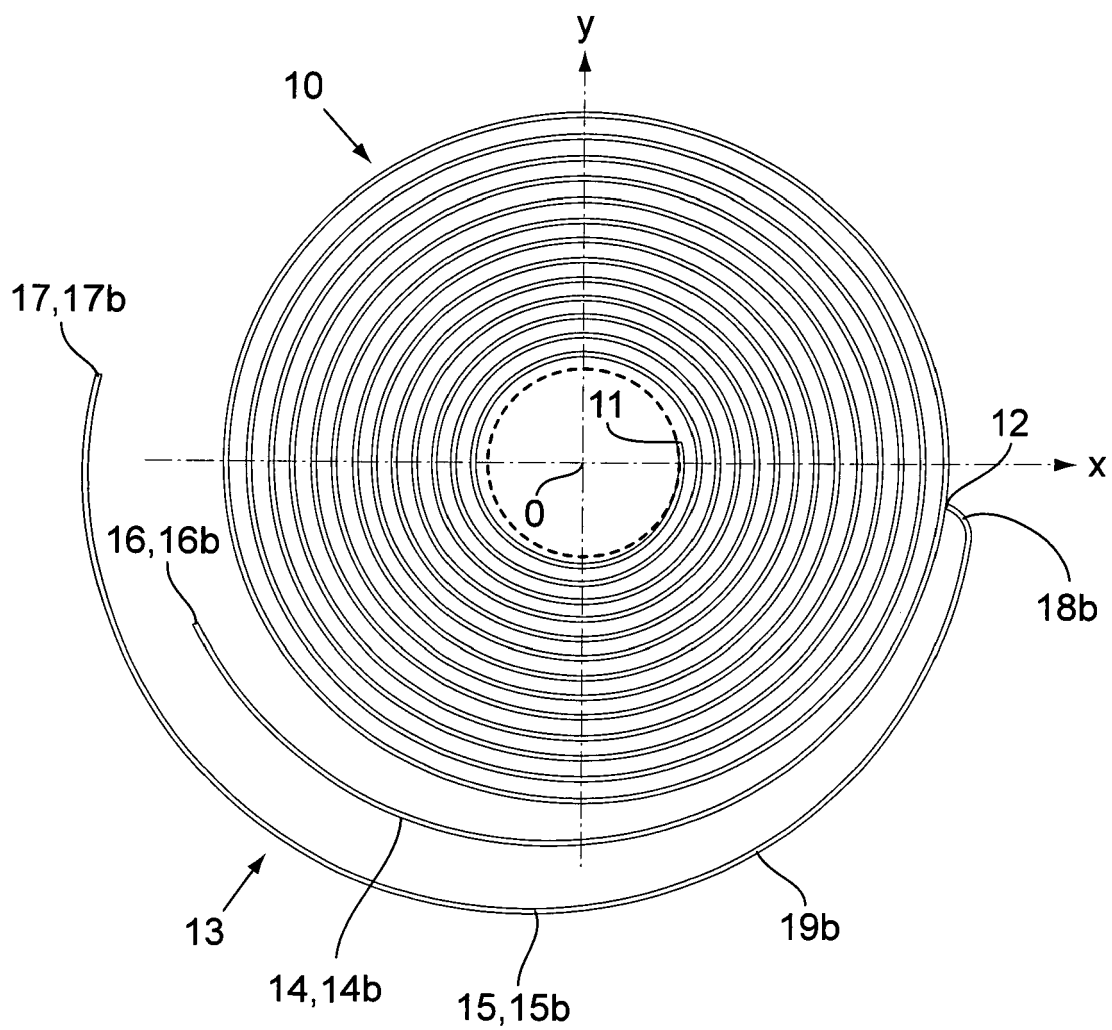


Fig.7

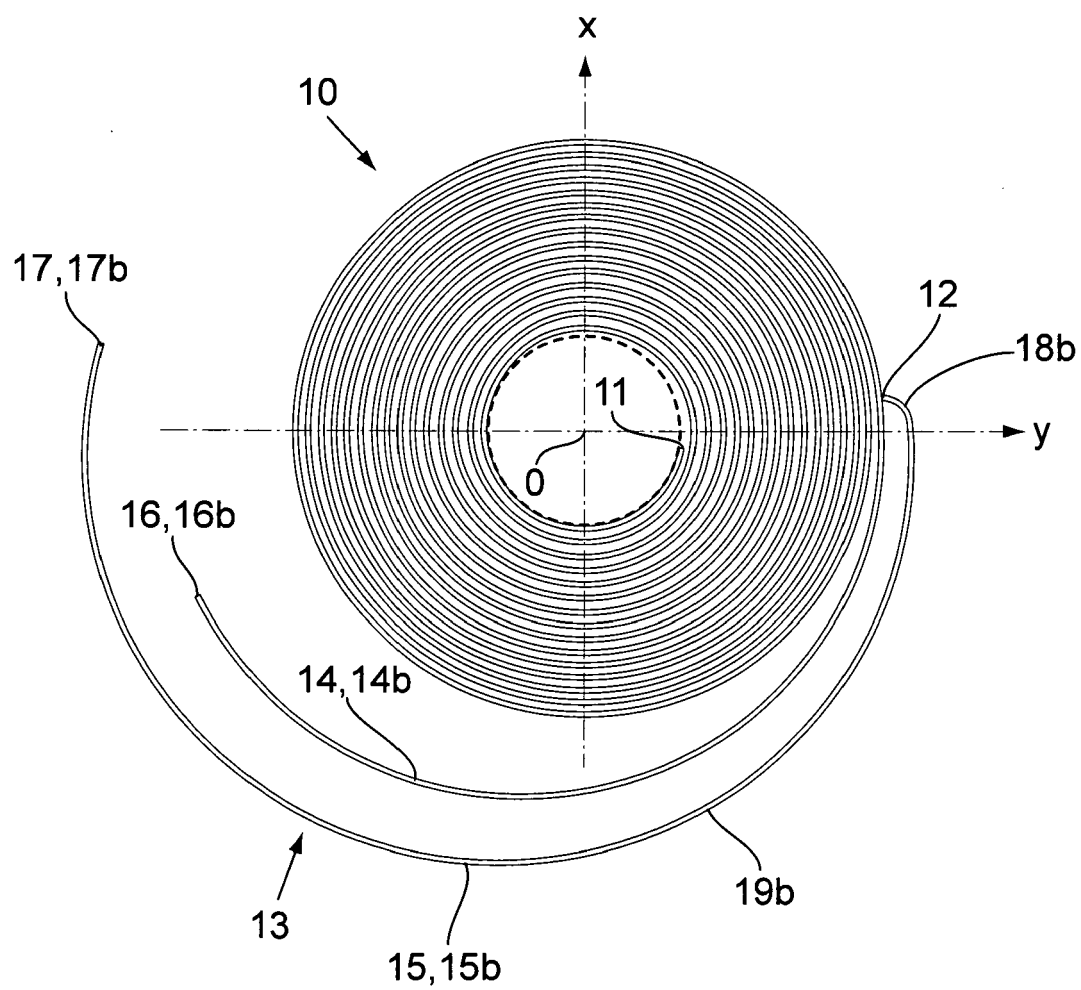


Fig.8

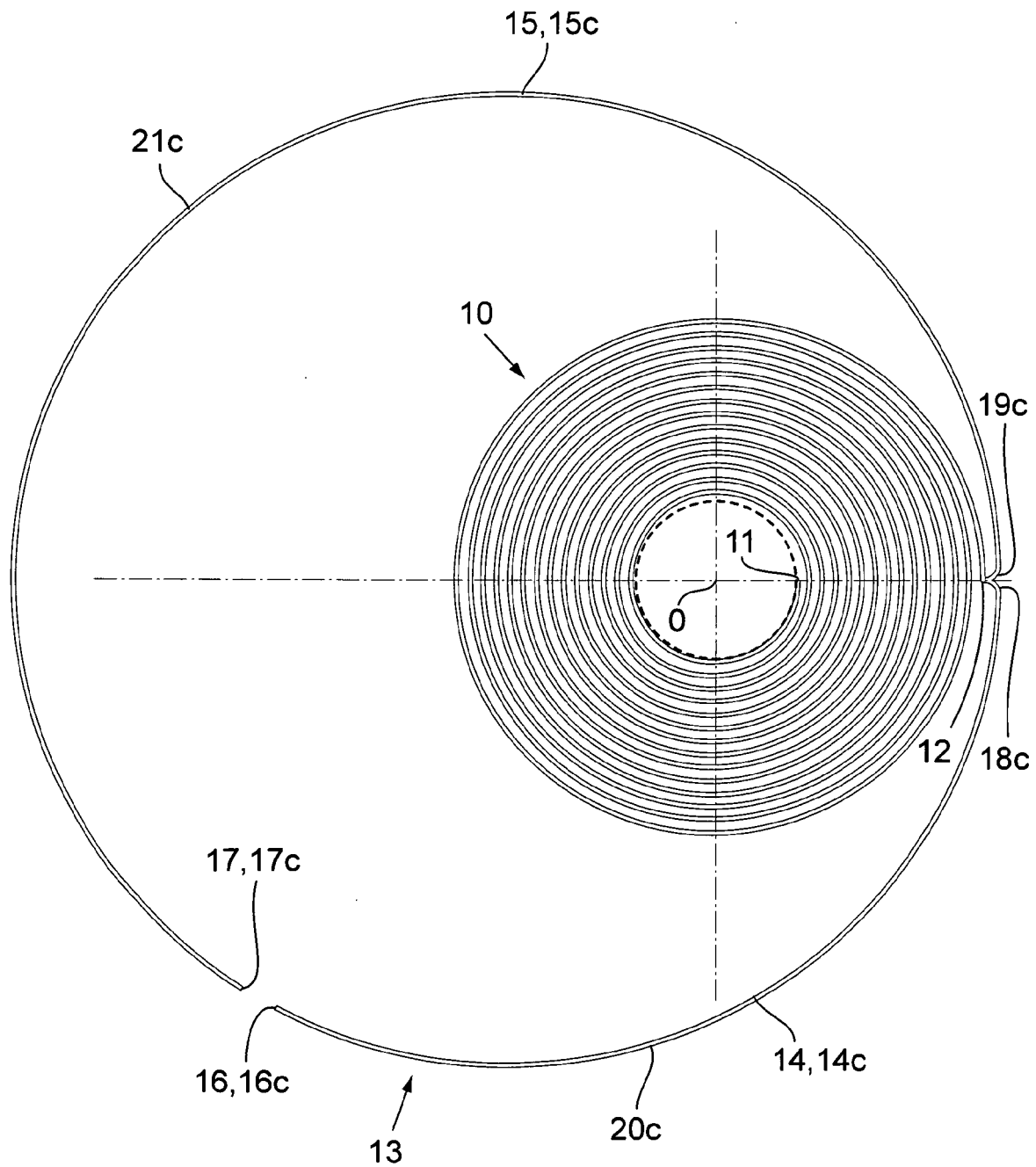
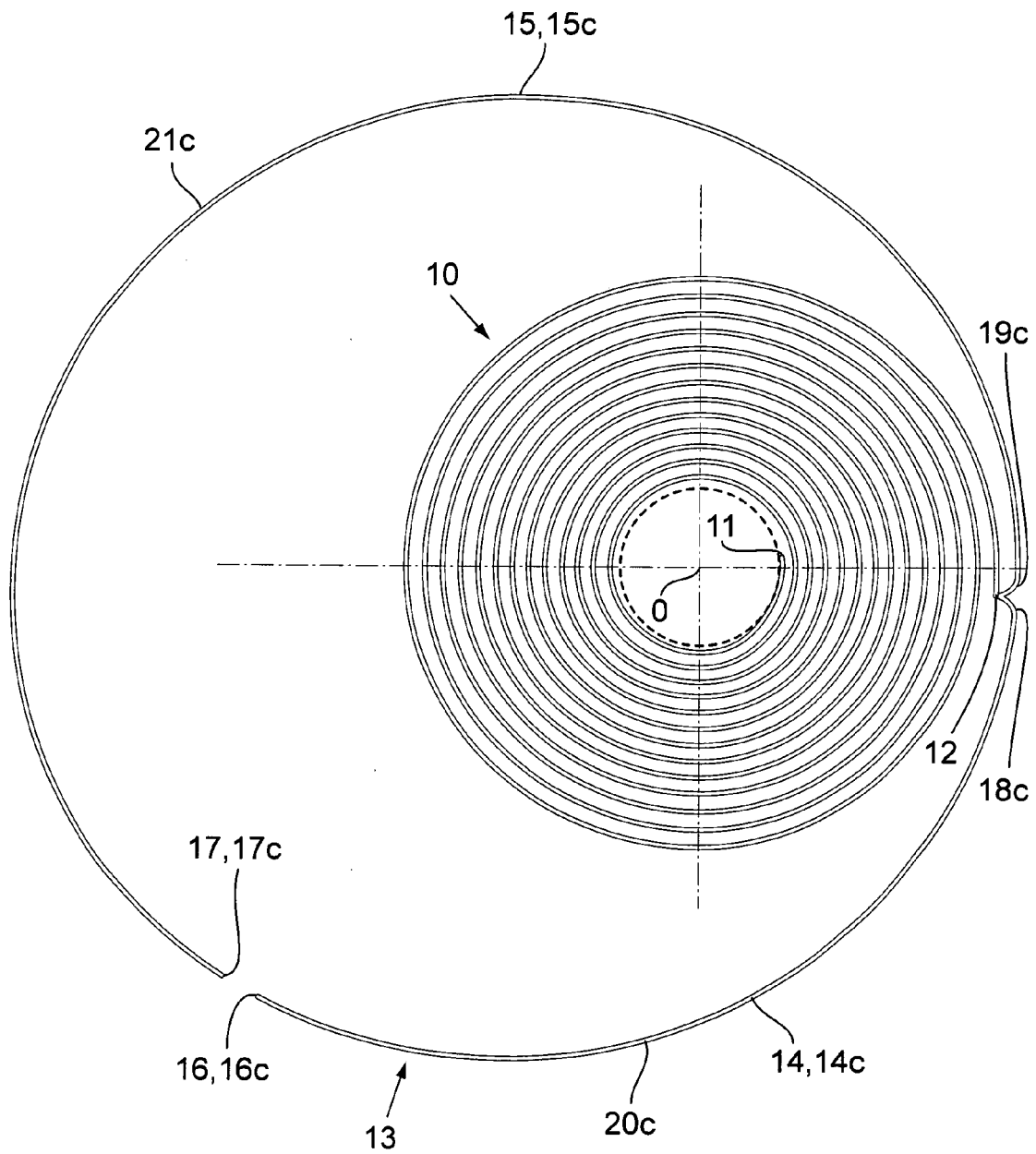


Fig.9



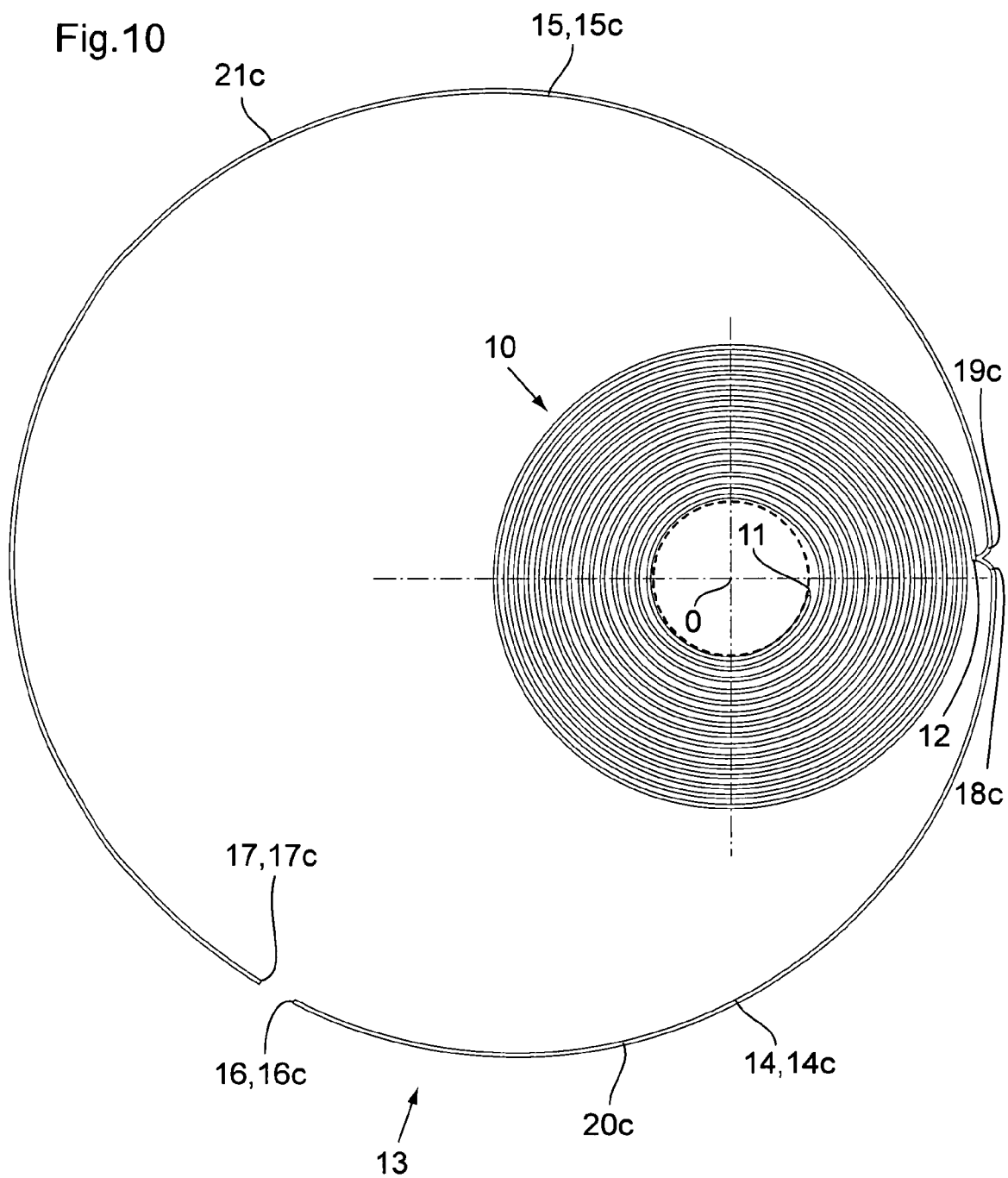


Fig.11

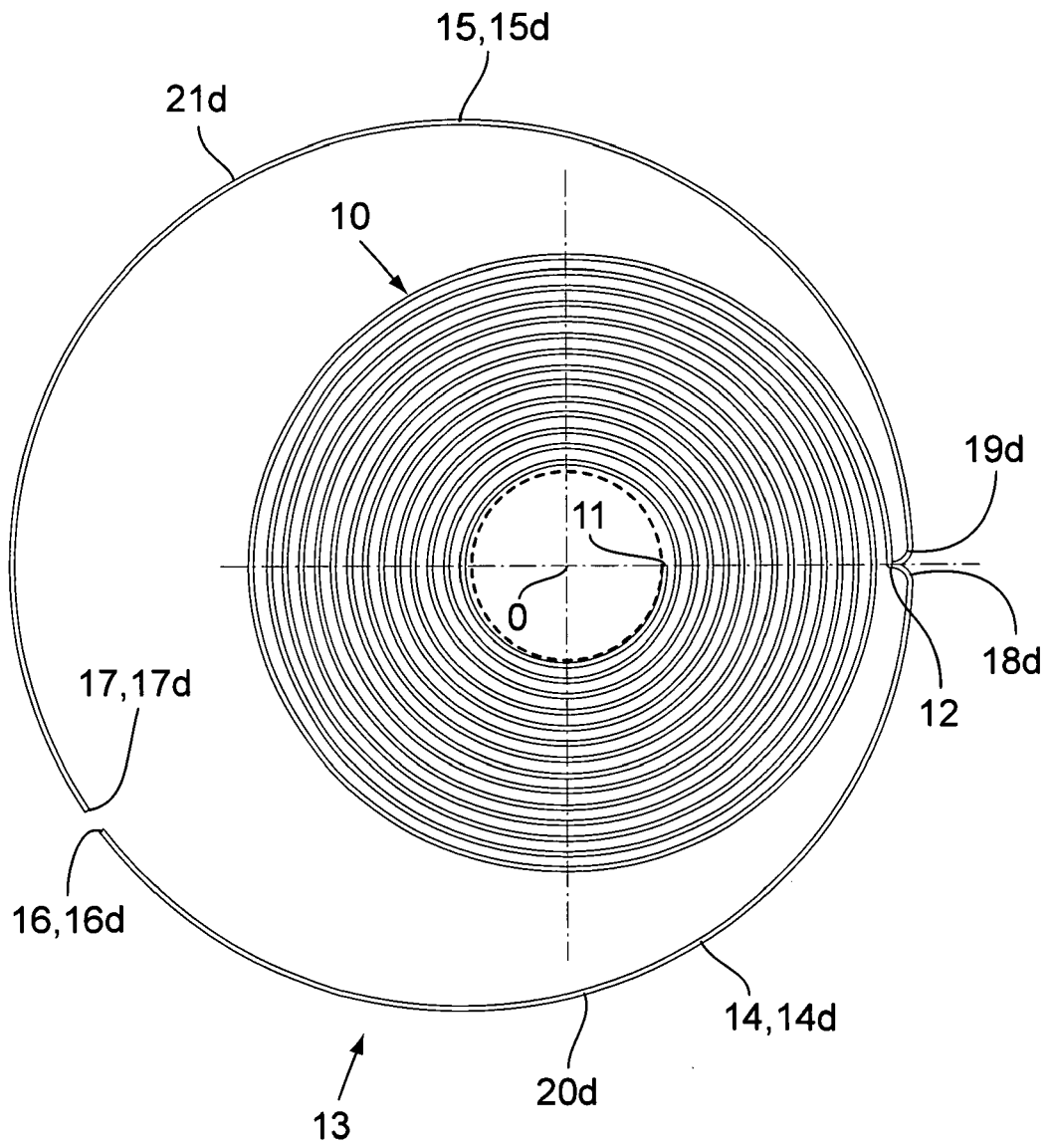


Fig.12

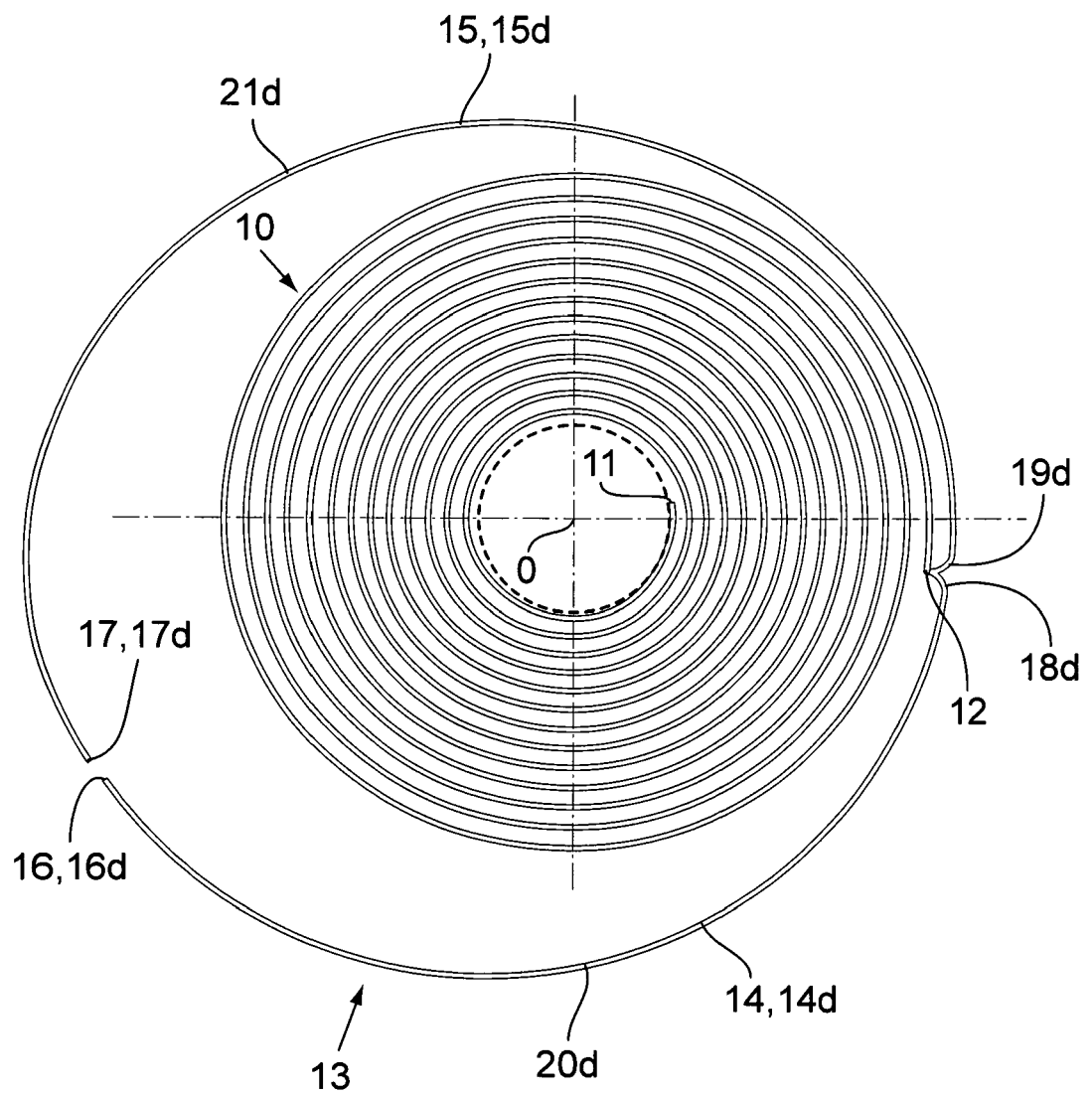
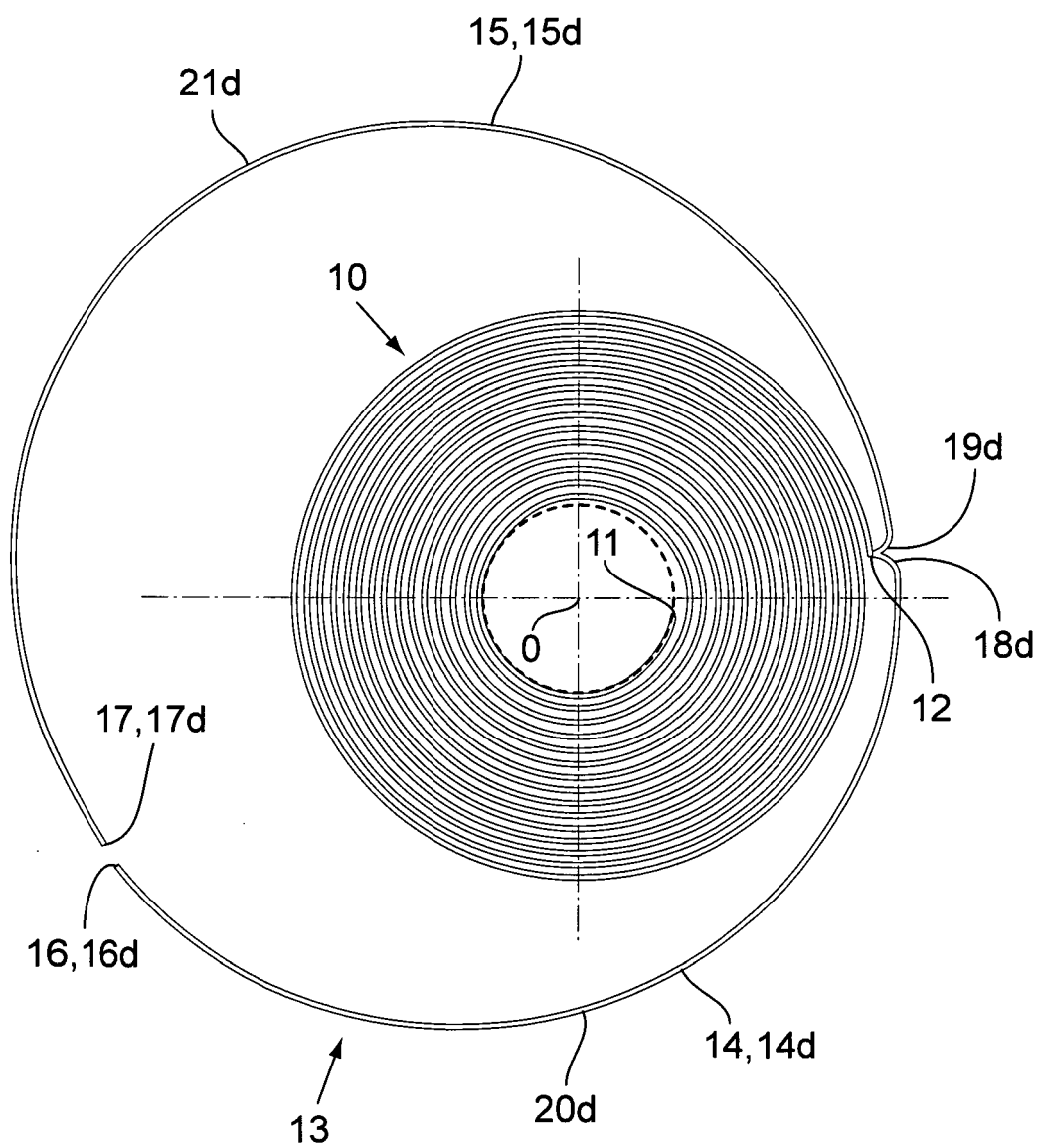


Fig.13





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 08 01 1404

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
D,A	CH 327 796 A (HORLOGERIE SUISSE S A ASUAG SO [CH]; COMMUNAUTE D INTERETS DES MANU [B] 15 février 1958 (1958-02-15) * le document en entier *	1-13	INV. G04B17/06
A	US 3 465 515 A (JAQUET FRANCIS) 9 septembre 1969 (1969-09-09) * figures 1,2 * * colonne 3, ligne 27-50 *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		12 février 2009	Burns, Mike
<p>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</p> <p>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</p> <p>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</p>			

EPO FORM 1503.03.82 (P04C02)

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

EP 08 01 1404

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.

12-02-2009

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CH 327796 A	15-02-1958	AUCUN	
US 3465515 A	09-09-1969	CH 1517065 D DE 1523769 A1	15-04-1967 21-08-1969

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

- CH 327796 [0003]
- GB 697864 A [0003]
- EP 1445670 A [0003]
- EP 1473604 A [0003] [0017] [0039] [0043]
- EP 1605323 A [0003]