

(19)



(11)

EP 1 543 386 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
22.10.2008 Bulletin 2008/43

(51) Int Cl.:
G04B 15/14 (2006.01) **G04B 31/02** (2006.01)
G04B 19/12 (2006.01) **G04B 17/06** (2006.01)
G04B 1/14 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **03702274.6**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/CH2003/000151

(22) Date de dépôt: **04.03.2003**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2004/029733 (08.04.2004 Gazette 2004/15)

(54) **PIECES MECANQUES**

MECHANISCHE TEILE

MECHANICAL PARTS

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IT LI LU MC NL PT SE SI SK TR**

(30) Priorité: **25.09.2002 CH 161702**
06.11.2002 CH 185802

(43) Date de publication de la demande:
22.06.2005 Bulletin 2005/25

(73) Titulaire: **Fore Eagle Co Ltd**
Hong Kong (CN)

(72) Inventeur: **GYGAX, Pierre**
CH-2016 Cortaillod (CH)

(74) Mandataire: **Reuteler, Raymond Werner et al**
WILLIAM BLANC & CIE
Conseils en Propriété Industrielle SA
Avenue du Pailly 25
1220 Les Avanchets/Genève (CH)

(56) Documents cités:
CH-A- 691 008 DE-U- 7 112 818
US-A- 209 642 US-A- 3 931 704
US-A- 5 994 160 US-A1- 2002 114 225

EP 1 543 386 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

[0001] La présente invention concerne l'utilisation d'un matériau particulier, le diamant, pour la confection d'un ressort spiral, destiné à entrer dans la composition d'un mouvement d'horlogerie. L'invention concerne aussi une pièce d'horlogerie comportant au moins un tel ressort spiral.

[0002] L'utilisation du diamant dans l'industrie est connue ; notamment comme pierre précieuse, à titre décoratif, ou alors en regard des qualités de dureté du diamant, comme élément de coupe ou élément abrasif.

[0003] A côté de cette qualité de dureté, le diamant possède encore d'autres qualités, faible coefficient de frottement, résistance aux chocs, résistance mécanique, faible masse volumique, module d'élasticité élevé, faible coefficient de dilatation thermique, capacité de ne pas être rayable et transparence. Ces diverses qualités peuvent avantageusement être utilisées, seules ou en combinaison, pour la confection de pièces mécaniques, comme par exemple des pièces en frottement et devant résister à l'usure ou des pièces devant résister aux chocs ou des pièces devant être totalement ou partiellement transparentes ainsi que des pièces élastiques, des pièces de ce genre étant couramment utilisées en horlogerie ou en micromécanique.

[0004] Le document EP 0.732.635 décrit des pièces mécaniques constituées d'un substrat, de préférence du silicium, recouvert d'une couche pouvant être du diamant. Une pièce mécanique ainsi constituée comporte les inconvénients de toute pièce composée d'une juxtaposition de matériaux différents.

[0005] L'article intitulé : « Fabrication of single-crystal diamond microcomponents » référencié sous XP 000485931 décrit des pièces mécaniques obtenues par taillage d'une plaque de diamant monocristallin. Les pièces obtenues par ce procédé sont de l'ordre de 400 μm de diamètre et de 13 μm d'épaisseur, soit plus de 10 fois plus petites en diamètre et plus de 3 fois plus minces que les ressorts spiraux nécessaires en horlogerie obtenus selon le procédé de l'invention.

[0006] Le but de l'invention est donc de proposer d'utiliser du diamant, naturel ou synthétique, pour la confection des ressorts spiraux.

[0007] Ce but est atteint en proposant un ressort spiral conforme à l'invention comme décrit dans la revendication 1, des variantes d'exécution étant mentionnées dans les revendications dépendantes, une pièce d'horlogerie comportant un tel ressort spiral étant décrite dans la revendication 7.

[0008] La description ci-dessous montre à titre d'exemple quelques applications pratiques du diamant pour la fabrication de pièces mécaniques, étant bien entendu que d'autres applications peuvent encore être envisagées. Dans cette description, d'autres avantages de l'utilisation du diamant à cet usage sont mentionnés. Cette description est à considérer en regard du dessin annexé comportant les figures où :

la figure 1 représente un premier exemple non revendiqué d'utilisation de diamant pour la confection de pièces mécaniques, soit pour la confection de pièces de came,

la figure 2 représente un autre exemple non revendiqué d'utilisation de diamant pour la confection de pièces mécaniques, soit pour la confection de pièces d'un échappement d'horlogerie,

la figure 3 représente encore un autre exemple non revendiqué d'utilisation de diamant pour la confection de pièces mécaniques, soit pour la confection de disques ou couronnes d'affichage de date,

la figure 4 représente un exemple d'utilisation de diamant pour la confection de pièces mécaniques selon l'invention soit pour la confection d'un ressort spiral, et

la figure 5 représente une autre forme d'exécution d'un ressort spiral en diamant.

[0009] Le premier exemple non revendiqué de pièce mécanique montré à la figure 1 concerne l'utilisation du diamant pour la confection de pièces de came, notamment dans l'exemple représenté de la came des heures d'une pièce d'horlogerie mécanique.

[0010] On y voit la came des heures 1, entraînée en rotation par la roue dentée 10 sur l'axe 100, et actionnant séquentiellement le levier mobile 11. Dans une pièce d'horlogerie mécanique, l'énergie à disposition est extrêmement faible ; en conséquence les frottements doivent être réduits au minimum, notamment pour les pièces en contact qui peuvent difficilement être lubrifiées, comme c'est le cas pour les pièces représentées ici. En confectionnant la came 1 et le levier mobile 11 en diamant, le frottement entre ces deux pièces est réduit d'un facteur 20 par rapport aux pièces correspondantes en métal ou en Si et d'un facteur 10 par rapport aux mêmes pièces recouvertes de téflon. L'énergie nécessaire à l'actionnement de la came est donc réduite d'un facteur correspondant. Par ailleurs, l'usure des pièces en diamant est nettement moindre que celle des pièces correspondantes en matériaux usuels ; cette caractéristique amène encore un avantage supplémentaire, soit la grande longévité des pièces où les angles vifs doivent perdurer comme on les trouve sur certaines comes. De plus, l'avantage de la forte résistance mécanique du diamant, alliée avec sa faible masse volumique de l'ordre de 3.5 kg/dm^3 permet de réaliser un levier mobile 11 nettement plus fin, soit de section et de masse nettement plus faibles, que le levier correspondant réalisé en matériau conventionnel ceci amenant à une nette diminution de l'inertie de cet élément.

[0011] Un autre exemple non revendiqué d'utilisation du diamant est représenté à la figure 2 où on voit une portion d'un dispositif d'échappement d'un mouvement

d'horlogerie de type connu selon une position de fonctionnement. On distingue les deux roues d'échappement 2, le bloqueur 20 oscillant entre les deux goupilles d'arrêt 21 ainsi qu'une portion du balancier portant la levée 22. Lors du fonctionnement du dispositif d'échappement, de nombreux chocs mécaniques surviennent entre les divers composants ; notamment entre deux dents 200 des roues d'échappement 2 entrant en contact, entre le levier de blocage 201 du bloqueur 20 et les dents 200 des roues d'échappement 2, entre les portions de blocage 202 et les dents 200 des roues d'échappement 2, ainsi qu'entre les cornes 203 du bloqueur 20 et respectivement les goupilles d'arrêt 21 et la levée 22 du balancier.

[0012] Vu la résistance aux chocs du diamant, nettement plus élevée que celle des matériaux usuels, tout ou partie, de certaines ou de l'ensemble des pièces constitutives du dispositif d'échappement ci-dessus, ou de tout autre dispositif mécanique soumis à des chocs répétés, peut être réalisé en diamant.

[0013] Par ailleurs, dans un dispositif d'échappement comme ci-dessus, en plus des chocs mentionnés, certaines des pièces constitutives sont aussi soumises à des frottements d'une pièce contre l'autre ; par exemple les dents 200 des roues 2 entre elles ou contre le levier de blocage 201 ou les portions de blocage 202 du bloqueur 20, ainsi qu'entre la levée 22 et les cornes 203 du bloqueur 20. Les mêmes avantages que mentionnés précédemment concernant le frottement et l'usure de pièces en contact se retrouvent donc pour ces pièces.

[0014] Vu la forte résistance mécanique du diamant, environ 10 fois supérieure à celle des métaux usuels et 8 fois supérieure à celle du Si, il devient possible d'ajouter les pièces mécaniques soumises aux chocs, comme on le voit pour la roue dentée de gauche sur la figure, pour le bloqueur 20 ainsi que la levée 22 du balancier. Il est évident que les pièces décrites dans l'exemple précédent montrant une came peuvent aussi être ajourées.

[0015] En complément ou au lieu d'un tel ajourage, on peut simplement fortement diminuer l'épaisseur des pièces en question en utilisant des lames de diamant de très faible épaisseur. L'utilisation de pièces de faible épaisseur permet de fortement diminuer les masses en mouvement, ce qui en diminue l'inertie ainsi que l'énergie nécessaire à leur mise en mouvement. La diminution des dimensions des pièces mécaniques d'un mouvement d'horlogerie permet évidemment de produire de tels mouvements de dimensions réduites.

[0016] Encore une autre utilisation non revendiquée du diamant est représentée à la figure 3 où c'est la caractéristique de transparence, associée à celle de forte résistance mécanique de ce matériau qui sont utilisées ici.

[0017] La figure 3 montre un dispositif d'affichage de date 3 comprenant deux disques ou couronnes 30 et 31, normalement superposés mais représentés ici décalés latéralement afin de mieux comprendre leur fonctionnement. Chacun des disques 30 et 31 porte une numérotation, gravée ou imprimée, la numérotation 300 du dis-

que 30 allant de 1 à 15 alors que la numérotation 301 du disque 31 va de 16 à 31. Chacun des disques 30 et 31 est entraîné en rotation par le mouvement d'horlogerie de la montre sur laquelle ils sont montés de manière à ce que durant les 15 premiers jours du mois, chaque chiffre de la numérotation 300 du disque 30 soit successivement visible derrière un guichet du cadran de la montre, non représenté sur la figure, alors que du 16^{ème} au dernier jour du mois, le disque 30 reste immobile et présente sa portion 302 derrière ledit guichet, cette portion 302 étant transparente de manière à rendre visible le défilement de la numérotation 310 du disque 31.

[0018] Un tel dispositif, connu en soi, a l'avantage de permettre un affichage de date de plus grande dimension que par un dispositif à un seul disque. Par contre, les dispositifs connus utilisant des matériaux habituels à de tels dispositifs ont une épaisseur relativement importante, augmentant en conséquence celle de la montre.

[0019] Au contraire, dans le dispositif d'affichage utilisant des disques ou de des couronnes 30 et 31 en diamant, vu la forte résistance mécanique du diamant, il devient possible d'obtenir des disques ou couronnes 30 et 31 de très faible épaisseur, réduisant d'autant l'épaisseur de la montre.

[0020] De manière préférentielle la numérotation 300 du disque 30 est disposée sur la face inférieure dudit disque, alors que celle 310 du disque 31 est disposée sur sa face supérieure, de manière à ce que les plans sur lesquels sont disposées les deux numérotations soient le plus proche possible l'un de l'autre afin de faciliter le confort de lecture de la date. De préférence la portion du disque 30 portant la numérotation 300, à l'exception de la portion 302, sera revêtue d'une couche opaque 301, de manière à cacher la numérotation 310 du disque 31 durant les 15 premiers jours du mois. Afin d'uniformiser la lecture de la date sur tout le mois, le disque 31 peut aussi être muni d'une couche opaque 311. Il est à remarquer que pour le fonctionnement du dispositif il n'est pas absolument indispensable que le disque inférieur 31 soit aussi en diamant vu qu'il n'est pas nécessaire que ce disque soit transparent sur une de ses portions.

[0021] Vu que les deux disques 30 et 31 sont en rotation l'un par rapport à l'autre dans des plans très proches, la qualité de résistance aux rayures du diamant est aussi appréciée dans ce cas, évitant que la portion transparente 302 ne se raye à l'usage. Cette qualité est donc utilisée en combinaison avec les qualités de transparence et de résistance mécanique déjà mentionnées.

[0022] Selon l'invention, le ressort spiral 4 des figures 4 et 5 est obtenu par un procédé connu de gravage d'une plaque mince en diamant. Dans l'exemple de la figure 4 il comprend la flasque 40 de fixation de l'extrémité intérieure du ressort spiral et les spires 41 du ressort spiral, alors que l'exemple de la figure 5 comprend en outre une flasque 42 de fixation de la virole sur l'extrémité extérieure du ressort spiral.

[0023] Un premier avantage d'une fabrication d'un res-

sort spiral par gravage d'une plaque mince en diamant plutôt que par estrapadage d'un fil apparaît donc de ces figures, soit la possibilité d'inclure en une seule pièce une ou deux flasques d'extrémité 40 ou 42 avec les spires 41. Encore un autre avantage de ce mode de fabrication est qu'il est possible d'obtenir une dernière spire 43, ou un portion de cette dernière, avec un tracé circulaire et non en spirale. Le gravage permettant donc de donner la forme et la section voulue à chaque portion du ressort spiral, il devient ainsi possible d'équilibrer le ressort spiral directement au gravage ainsi que de l'assouplir ou le rigidifier dans une ou des zones sélectionnées.

[0024] Les paramètres physiques intrinsèques du diamant rendent encore avantageuse l'utilisation de cette matière pour la fabrication de ressorts spiraux. Le module d'élasticité du diamant étant environ six fois plus élevé que celui de l'acier utilisé habituellement à cet usage et sa résistance mécanique à la rupture étant environ dix fois plus élevée que celle de l'acier, il est possible, pour une fréquence d'oscillation déterminée, de fortement diminuer la section, respectivement la masse du ressort spiral en diamant. La faible masse volumique du diamant améliore encore cet effet. Un tel ressort spiral en diamant, malgré sa faible section, aura une bien meilleure résistance aux chocs qu'un spiral conventionnel vu que les sollicitations auxquelles il est soumis dépendent essentiellement de sa masse et de son accélération.

[0025] A côté de ces caractéristiques constructives, le comportement à l'usage d'un spiral en diamant sera meilleur que celui d'un spiral conventionnel vu que son coefficient de dilatation thermique vaut la moitié de celui de l'Invar.

[0026] D'autres qualités du diamant sont très favorables à l'utilisation de ce matériau pour la fabrication de pièces mécaniques telles ou de même nature que celles décrites précédemment. En particulier lors de la fabrication d'une pièce par masking et gravage chimique d'une lame de diamant, on peut obtenir une précision d'usinage de l'ordre du micron, ce qui est nettement meilleur que la précision qu'il est possible d'obtenir sur des pièces métalliques. De même, la verticalité des flancs est améliorée relativement à celle obtenue avec des pièces en Si. La stabilité dimensionnelle d'une pièce en diamant est aussi nettement supérieure à celle obtenue sur les pièces connues ; ceci est aussi un avantage important pour les pièces de grande précision. Un autre aspect intéressant est le fait que le diamant est inrayable, ce qui permet de manipuler facilement les pièces en diamant sans risque de les endommager. Finalement l'aspect esthétique d'une pièce en diamant, à fortiori si elle est ajourée, améliore sensiblement l'aspect visuel favorable de la portion visible d'un mouvement d'horlogerie.

[0027] Plusieurs exemples d'application possible du diamant à la fabrication de pièces mécaniques ont été représentés et décrits ci-dessus, uniquement à titre illustratif des possibilités d'utilisation du diamant pour la fabrication de pièces mécaniques. Il est donc bien entendu que le diamant peut être utilisé pour encore bien d'autres

types de pièces ou de dispositifs mécaniques que ceux décrits précédemment. Dans certains des exemples ci-dessus, les deux pièces en contact étaient décrites comme entièrement en diamant. Selon les applications seules les parties en contact de frottement ou de choc ou devant être transparentes de deux pièces mécaniques peuvent être faites en diamant. Par ailleurs, par diamant, il est entendu qu'il peut s'agir tout autant de diamant naturel que de diamant synthétique, soit de diamant cristallisé à base de carbone.

Revendications

1. Ressort spiral (4), destiné à entrer dans la composition d'un mouvement d'horlogerie et à être mis en mouvement par ledit mouvement d'horlogerie, **caractérisé en ce que** ledit ressort spiral (4) est entièrement fait en diamant.
2. Ressort spiral (4) selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'il** est réalisé à partir d'une plaque de diamant.
3. Ressort spiral (4) selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'il** est réalisé par gravage d'une plaque de diamant.
4. Ressort spiral (4) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le diamant utilisé pour sa fabrication est du diamant synthétique.
5. Ressort spiral (4) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les spires (41) du ressort sont obtenues en une seule pièce avec au moins une flasque de fixation d'extrémité (40, 42).
6. Ressort spiral (4) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la section des spires (41) varie sur la longueur dudit ressort spiral.
7. Pièce d'horlogerie comportant au moins un ressort spiral (4) selon l'une des revendications 1 à 6.

Claims

1. A spiral spring (4), designed to form part of a clock movement and to be set in motion by said clock movement, **characterised in that** said spiral spring (4) is made entirely from diamond.
2. The spiral spring (4) according to claim 1, **characterised in that** it is made from a diamond plate.
3. The spiral spring (4) according to claim 2, **characterised in that** it is made by etching a diamond plate.

4. The spiral spring (4) according to any of the foregoing claims, **characterised in that** the diamond used for its manufacture is synthetic diamond.
5. The spiral spring (4) according to any of the foregoing claims, **characterised in that** the spires (41) of the spring are made in a single piece with at least one end fixing flange (40, 42). 5
6. The spiral spring (4) according to any of the foregoing claims, **characterised in that** the cross-section of the spires (41) varies over the length of said spiral spring. 10
7. Clock component, comprising at least one spiral spring (4) according to any of claims 1 to 6. 15

Patentansprüche

1. Spiralfeder (4), die als Teil eines Uhrwerks bestimmt ist und von dem Uhrwerk bewegt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spiralfeder (4) vollkommen aus Diamant gefertigt ist. 20
2. Spiralfeder (4) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie aus einer Diamantscheibe gefertigt ist. 25
3. Spiralfeder (4) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie durch Gravieren einer Diamantscheibe gefertigt ist. 30
4. Spiralfeder (4) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der für ihre Herstellung verwendete Diamant ein synthetischer Diamant ist. 35
5. Spiralfeder (4) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Windungen (41) der Feder aus einem einzigen Teil mit mindestens einem End-Befestigungsflansch (40, 42) hergestellt sind. 40
6. Spiralfeder (4) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Querschnitt der Windungen (41) über die Länge der Spiralfeder variiert. 45
7. Uhr, die mindestens eine Spiralfeder (4) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 umfasst. 50

55

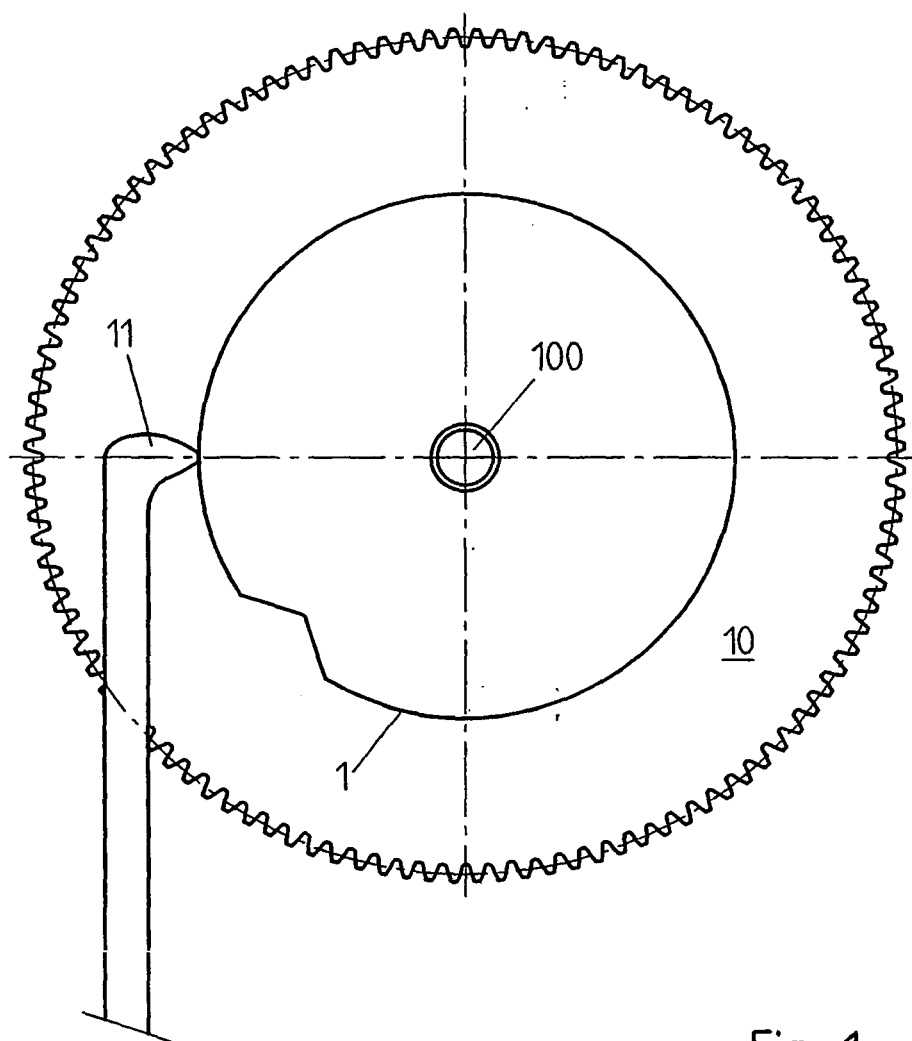


Fig. 1

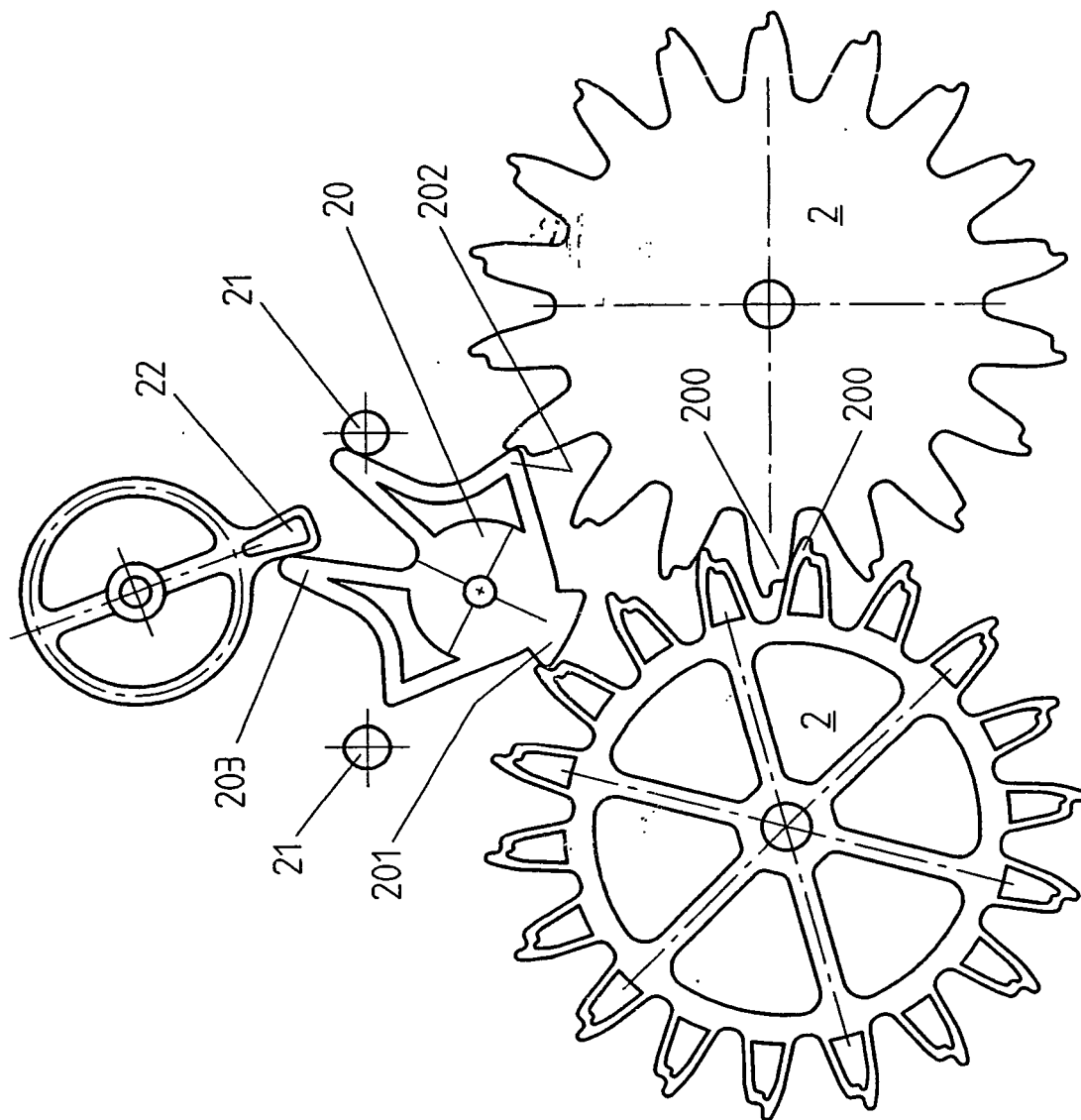


Fig. 2

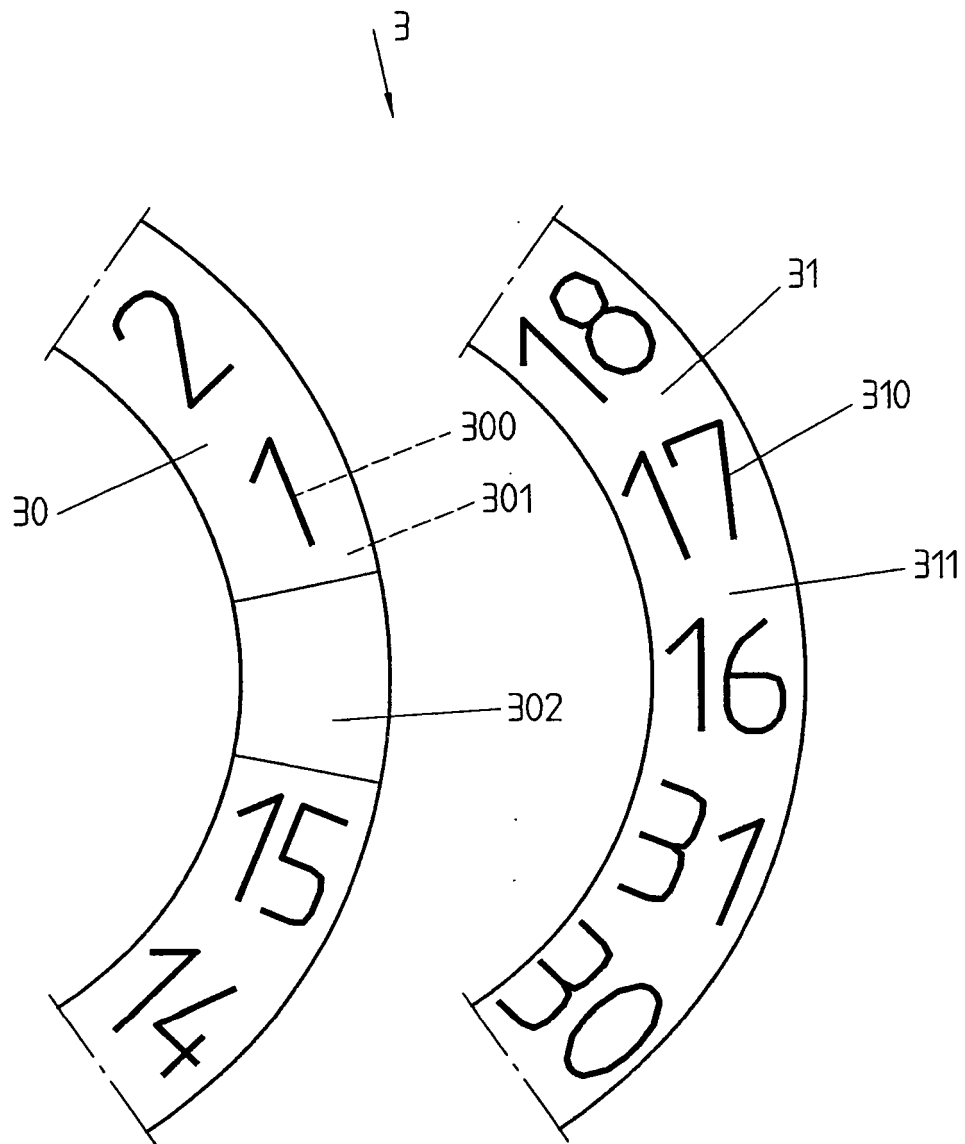


Fig. 3

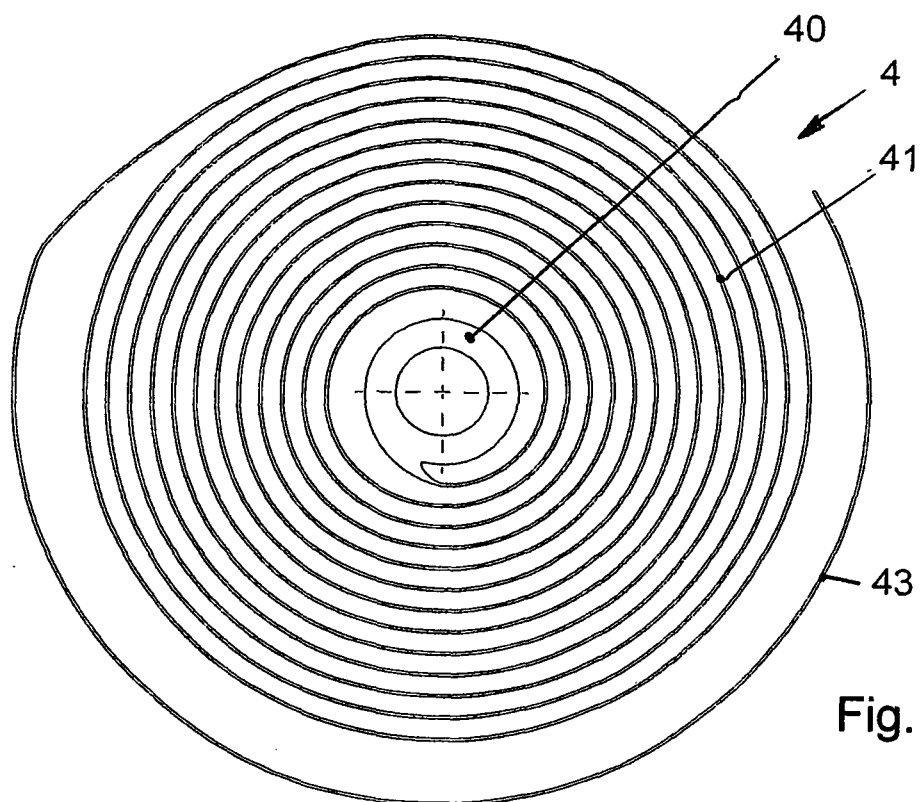


Fig. 4

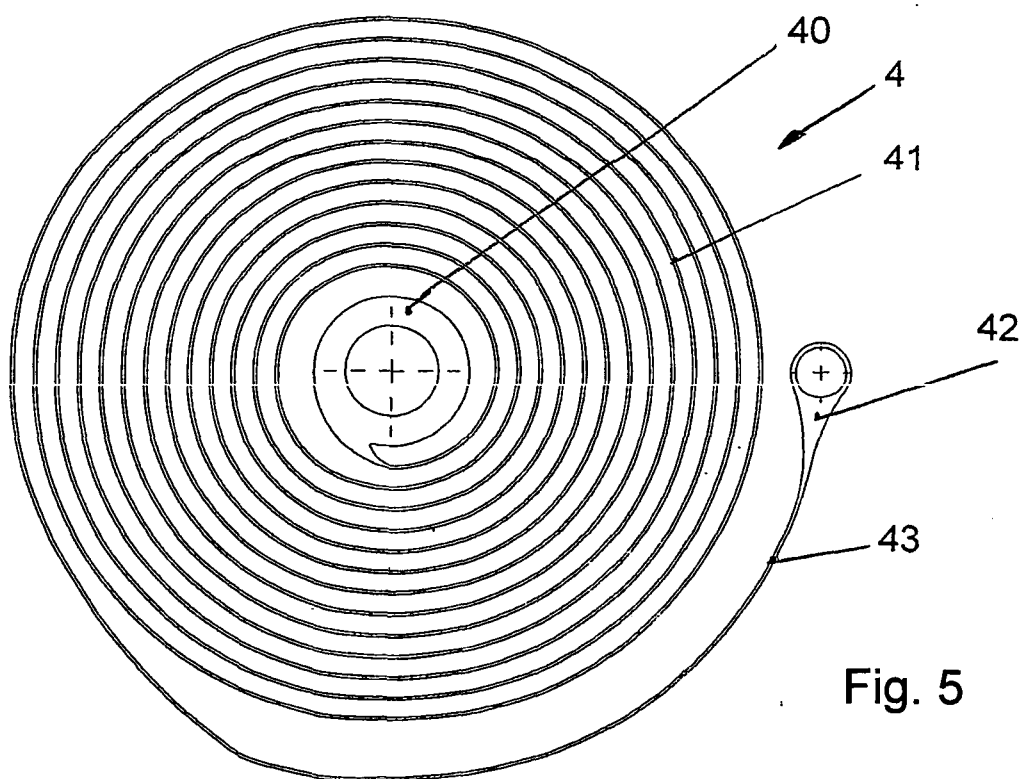


Fig. 5

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 0732635 A [0004]