

(19)



(11)

EP 3 208 667 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
25.12.2024 Bulletin 2024/52

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
G04C 5/00 (2006.01) G04B 15/08 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17150674.4**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
G04C 5/005; G04B 15/08

(22) Date de dépôt: **09.01.2017**

(54) **MOBILE D'ÉCHAPPEMENT MAGNETIQUE D'HORLOGERIE**

MAGNETISCHES HEMMUNGSDREHTEIL EINES UHRWERKS

MAGNETIC ESCAPEMENT MOBILE FOR TIMEPIECE

(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

(30) Priorité: **18.02.2016 EP 16156326**

(43) Date de publication de la demande:
23.08.2017 Bulletin 2017/34

(73) Titulaire: **The Swatch Group Research and Development Ltd**
2074 Marin (CH)

(72) Inventeurs:
• **Di Domenico, Gianni**
2000 Neuchâtel (CH)

- **Léchet, Dominique**
2722 Les Reussilles (CH)
- **Favre, Jérôme**
2000 Neuchâtel (CH)
- **Légeret, Benoît**
1024 Ecublens (CH)
- **Sarchi, Davide**
8008 Zürich (CH)

(74) Mandataire: **ICB SA**
Faubourg de l'Hôpital, 3
2001 Neuchâtel (CH)

(56) Documents cités:
EP-A1- 2 887 157 EP-A2- 2 889 701
EP-A2- 2 891 930

EP 3 208 667 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 mobile d'échappement pour mécanisme d'échappement magnétique d'horlogerie, comportant une première surface qui est la plus grande surface dudit mobile ou une des plus grandes surfaces dudit mobile quand ledit mobile en comporte plusieurs, ledit mobile comportant au moins une piste magnétisée, avec une succession de plages selon une période de défilement selon laquelle ses caractéristiques magnétiques se répètent, chaque dite plage comportant une rampe magnétique à champ croissant suivie d'une barrière de champ magnétique à champ croissant et dont le gradient de champ est supérieur à celui de ladite rampe. L'invention concerne encore un mécanisme d'échappement magnétique d'horlogerie, comportant, soumis à un couple moteur, un tel mobile d'échappement coopérant indirectement avec un résonateur à balancier-spiral par l'intermédiaire d'un arrêt.

[0002] L'invention concerne encore un mécanisme résonateur, comportant une source d'énergie agencée pour entraîner au travers d'un rouage ladite roue d'échappement d'un dit mécanisme d'échappement magnétique.

[0003] L'invention concerne encore un mouvement comportant au moins un tel mécanisme résonateur.

[0004] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

[0005] L'invention concerne le domaine des mécanismes régulateurs d'horlogerie, et plus particulièrement des mécanismes d'échappement à effet de champ, sans contact ou à contact atténué, de type magnétique ou électrostatique.

Arrière-plan de l'invention

[0006] Dans un échappement à ancre Suisse, la roue d'échappement interagit avec l'ancre à l'aide d'une force de contact mécanique, ce qui génère un frottement important et réduit le rendement de l'échappement.

[0007] La demande de brevet EP2887157 au nom de THE SWATCH GROUP RESEARCH & DEVELOPMENT Ltd décrit le remplacement de cette interaction mécanique par des forces sans contact d'origine magnétique, ou encore électrostatique, ce qui permet entre autres de minimiser les pertes par frottements.

[0008] La réalisation pratique d'un échappement à ancre magnétique nécessite de faire varier l'énergie d'interaction selon des rampes et des barrières comme cela est décrit dans le document ci-dessus.

[0009] En ce qui concerne l'interaction magnétique entre mobiles, l'art antérieur fait mention de l'utilisation d'aimants discrets interagissant avec d'autres aimants discrets comme par exemple dans le document US 3 183 426, ou alors d'aimants discrets interagissant avec une structure en fer comme dans les documents FR 2 075

383 et GB 671 360. L'utilisation du fer est justifiée par sa facilité d'usinage, qui permet de réaliser des petites structures qui se répètent de façon régulière sur la circonférence d'une roue. Toutefois, l'interaction aimant-aimant est préférée lorsqu'il s'agit de faire avancer la roue d'échappement par saccades, car l'énergie nécessaire pour stopper la roue est plus importante que pour les systèmes continus. D'autre part, l'utilisation d'aimants discrets ne permet pas facilement de faire varier continûment l'énergie, de façon douce et linéaire, pour produire de façon optimale des rampes telles que décrites dans le document EP2887157 cité plus haut.

Résumé de l'invention

[0010] L'invention se propose de concevoir une géométrie de mobile d'échappement, notamment de roue d'échappement, qui permette de créer un potentiel d'interaction magnétique composé de rampes et de barrières. Cette géométrie de roue doit être réalisable avec les technologies actuelles de fabrication des micro-aimants.

[0011] A cet effet, l'invention concerne un mobile d'échappement pour mécanisme d'échappement magnétique d'horlogerie, selon la revendication 1.

[0012] L'invention concerne encore un mécanisme d'échappement magnétique d'horlogerie, comportant, soumis à un couple moteur, un tel mobile d'échappement coopérant indirectement avec un résonateur à balancier-spiral par l'intermédiaire d'un arrêt.

[0013] L'invention concerne encore un mécanisme résonateur, comportant une source d'énergie agencée pour entraîner au travers d'un rouage ladite roue d'échappement d'un dit mécanisme d'échappement magnétique.

[0014] L'invention concerne encore un mouvement comportant au moins un tel mécanisme résonateur.

[0015] L'invention concerne encore une montre comportant au moins un tel mouvement.

Description sommaire des dessins

[0016] 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 mécanisme d'échappement magnétique décrit dans la demande de brevet EP2887157, comportant une roue d'échappement avec des pistes magnétisées, interne et externe, coopérant avec une masse polaire d'une ancre magnétique;
- la figure 2 est un graphique relatif au mécanisme de la figure 1, qui montre la variation d'énergie d'interaction magnétique entre la roue d'échappement et la masse polaire de l'ancre magnétique que comporte ce mécanisme ;
- la figure 3 représente, de façon schématisée, et en plan, une roue d'échappement magnétique selon

- l'invention, en coopération avec une ancre magnétique coopérant avec un balancier ;
- la figure 4 représente, de façon schématisée, et en plan, l'agencement de cette roue d'échappement avec une couche magnétique selon l'invention;
 - les figures 5, 7, 9, illustrent la représentation en coordonnées polaires de la couche magnétique par rapport à l'axe de la roue d'échappement, en ce qui concerne respectivement la rampe de potentiel, la barrière de potentiel, et le cumul des deux ;
 - les figures 6, 8, 10 illustrent respectivement les formes de rampes et barrières associées correspondantes ;
 - la figure 11 représente, de façon schématisée, et en coupe, une roue constituée de deux couches magnétisées afin d'annuler les efforts axiaux par compensation, toutes deux en répulsion avec l'aimant de l'ancre ;
 - la figure 12 représente, de façon schématisée, et en plan, une variante avantageuse où l'ancre comporte deux masses polaires agencées angulairement pour travailler alternativement, dans les positions angulaires extrêmes de l'ancre, l'une avec la piste intérieure, l'autre avec la piste extérieure ;
 - la figure 13 représente, de façon schématisée, et en plan, des rétrécissements de la piste magnétisée pour optimiser la linéarité des rampes du potentiel d'interaction magnétique ;
 - la figure 14 représente, de façon schématisée, et en plan, une zone de consolidation mécanique de la roue, qui comporte un anneau central relié par des rayons raidisseurs à certains des plots-barrières de la couche magnétique ;
 - la figure 15 représente, de façon similaire à la figure 11, l'utilisation d'une couche ferromagnétique, en particulier de fer, comme circuit ou blindage magnétique de la roue ;
 - les figures 16, 17, 18, représentent, de façon similaire aux figures 5, 7 et 9, la modification du profil par l'intégration de non-linéarités, sous forme de points de rebroussement, de façon à compenser les non-linéarités de l'interaction magnétique, et la figure 19 représente, de façon schématisée, et en plan, la roue correspondante ;
 - la figure 20 représente, de façon schématisée, et en plan, un détail de dispositif antichocs réalisé par des butées mécaniques sur la roue et sur l'ancre ;
 - la figure 21 représente, de façon schématisée, et en perspective, l'ensemble d'un mécanisme résonateur, comportant, depuis un barillet, jusqu'au résonateur à balancier-spiral, un rouage, et un tel mécanisme d'échappement magnétique à ancre magnétique ;
 - la figure 22 est un schéma-blocs représentant une montre comportant un mouvement équipé d'un mécanisme résonateur avec un tel mécanisme d'échappement à ancre magnétique ;
 - les figures 23 et 24 représentent, en vue en plan et en

perspective, une montre comportant un tel échappement magnétique.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

5

[0017] L'invention concerne un mobile d'échappement 1 pour mécanisme d'échappement magnétique 100 d'horlogerie.

10

[0018] Ce mobile 1 comporte une première surface S qui est la plus grande surface du mobile 1 ou une des plus grandes surfaces du mobile 1; par exemple quand le mobile 1 est un disque, la première surface S peut être sa face supérieure ou sa face inférieure.

15

[0019] Ce mobile d'échappement 1 comporte au moins une piste magnétisée 10, avec une succession de plages définissant une période de défilement PD selon laquelle ses caractéristiques magnétiques se répètent, chaque plage comportant une rampe magnétique à champ croissant suivie d'une barrière de champ magnétique à champ croissant et dont le gradient de champ est supérieur à celui de la rampe qui le précède.

20

[0020] Selon un aspect de l'invention telle que revendiquée, la piste magnétisée 10 comporte une couche magnétique 4 continue et fermée autour de l'axe du mobile d'échappement. Plus particulièrement cette piste magnétique est fermée sur tout le pourtour du mobile d'échappement.

25

[0021] Selon l'invention telle que revendiquée, cette piste magnétique est d'épaisseur constante et de largeur variable.

30

[0022] Plus particulièrement, cette piste magnétique s'étend sur la première surface S du mobile d'échappement 1, et présente une géométrie en projection sur cette première surface S qui définit les rampes magnétiques et barrières de champ magnétique.

35

[0023] On comprend que les variations de champ magnétique peuvent être des variations angulaires du champ, et que la variation du gradient du champ entre la partie de rampe et les barrières peut également être une variation de la composante angulaire du champ.

40

[0024] Dans une réalisation particulière, et tel qu'illustré par les figures, le mobile d'échappement 1 est une roue d'échappement, et comporte au moins un anneau ou un disque ou un disque évidé (nommé généralement 'disque') dont une face porte la piste magnétisée 10, et, de façon particulière et non limitative, constitue la première surface S du mobile 1. Dans ce cas, la largeur de la couche magnétique 4 s'étend dans la direction radiale par rapport à l'axe A1 de ce disque.

50

[0025] Plus particulièrement, la piste magnétisée 10 comporte, connexes de part et d'autre d'une frontière F, une piste interne 11 et une piste externe 12 comportant des barrières de champ magnétique en quinconce par rapport à la frontière F, en alternance d'une demi-période. Dans le cas d'une roue d'échappement cette frontière F est un cercle C, concentrique aux deux pistes 11 et 12.

55

[0026] Plus particulièrement, le mécanisme d'échap-

pement magnétique 100 d'horlogerie comporte, soumis à un couple moteur, un tel mobile d'échappement 1 coopérant indirectement avec un résonateur à balancier-spiral par l'intermédiaire d'un arrêtoir 2, qui est un arrêtoir magnétique pivotant comportant au moins une masse polaire 20 agencée pour coopérer alternativement avec la piste interne 11 et la piste externe 12 d'une telle couche magnétique 4.

[0027] La figure 1 illustre le principe d'un mécanisme d'échappement magnétique 100, comportant une roue d'échappement 1 avec des pistes 10 magnétisées, 11 interne et 12 externe, séparées par un cercle C, coopérant avec une masse polaire 20 d'un arrêtoir, notamment d'une ancre magnétique 2, tel que décrit dans le document EP2887157 cité plus haut.

[0028] L'énergie d'interaction magnétique entre la roue 1 et la masse polaire 20 de l'ancre 2, notamment comportant au moins un aimant, varie comme indiqué sur le graphique de la figure 2 montrant la période PD sur chacune des deux pistes. Les barrières de potentiel 131, 132, indiquées ++ sur les figures 1 et 2, ont pour effet de stopper l'avance de la roue 1. Les rampes d'énergie qui s'étendent, sur chacune des pistes 11 interne et 12 externe, d'une région - - à une région + +, et qui sont vues par la masse polaire 20 de l'ancre 2 lors de la rotation de la roue d'échappement 1, ont pour effet d'accumuler l'énergie, qui est transmise à une cheville 30 d'un balancier 3 lors du basculement de l'ancre 2.

[0029] L'invention est ici décrite dans un mode particulier, non limitatif, qui est celui d'un échappement magnétique. Elle peut être mise en oeuvre dans un mode électrostatique, en se référant au document EP2887157 cité plus haut.

[0030] Pour constituer les rampes et les barrières de potentiel, une première solution connue consiste à faire varier l'épaisseur, ou l'intensité de magnétisation, d'aimants disposés sur chacune des pistes 11 et 12, pour faire varier l'énergie d'interaction avec la masse polaire 20 de l'ancre 2.

[0031] La variation d'épaisseur d'aimants rapportés induit une variation de l'entrefer entre l'ancre 2 et les pistes 10, sauf si ces aimants sont incrustés dans la roue d'échappement 1, de façon à présenter une surface de même niveau face à la masse polaire 20 de l'ancre 2. La mise au point nécessite donc de cumuler la maîtrise du gradient du champ généré par les aimants des pistes 11 et 12, et la maîtrise de l'interaction entre la masse polaire 20 et ces aimants dans l'entrefer, ce qui est délicat en raison des discontinuités.

[0032] Une autre alternative qui ne fait pas partie de l'invention telle que revendiquée, consiste à faire varier l'intensité de magnétisation des aimants, ou bien des pistes elles-mêmes, ce qui se révèle difficile à bien maîtriser.

[0033] En somme, ces méthodes conviennent pour des essais de laboratoires, mais sont difficiles à adapter pour des productions de série.

[0034] Aussi l'invention propose une solution de mise

en oeuvre industrielle plus aisée que la variation de l'épaisseur des aimants ou de leur intensité de magnétisation, qui consiste à utiliser une couche aimantée 4 d'épaisseur et de magnétisation constantes, disposée dans le plan de la roue 1 dans une répartition surfacique particulière, et dont la géométrie est conçue de façon à produire les variations d'énergie désirées composées de rampes et de barrières.

[0035] La figure 3 présente un exemple d'une telle géométrie: une couche aimantée 4 est disposée sur la roue d'échappement 1, et constitue une piste magnétisée 10, qui interagit de façon répulsive avec la masse polaire 20 de l'ancre 2 qui est disposée au-dessus de la roue 1. La géométrie de la couche 4 est choisie de façon à ce que l'interaction avec la masse polaire 20 ou les aimants de l'ancre 2 produise les rampes et les barrières nécessaires au bon fonctionnement de l'échappement à ancre magnétique.

[0036] Tel que visible sur les figures 3 et 4, cette piste magnétisée 10 formée par la couche aimantée 4 s'étend, pour partie au niveau de la piste intérieure 11, et pour partie au niveau de la piste extérieure 12, lesquelles correspondent aux deux positions extrêmes de la masse polaire 20 de l'ancre 2 (appui contre étoqueaux). La piste interne 11 a une largeur radiale R1, la piste externe 12 a une largeur radiale R2. R0 est le rayon du cercle C qui sépare la piste intérieure 11 et la piste extérieure 12.

[0037] Pour bien comprendre la méthode pour concevoir la géométrie de la couche magnétique 4, les figures 5 à 10 illustrent sa représentation en coordonnées polaires par rapport à l'axe de la roue d'échappement 1 en figures 5, 7, et 9, avec l'excentration relative des surfaces en fonction de l'angle au centre rapporté à la période PD, et respectivement les figures 6, 8 et 10 illustrent les formes de rampes et barrières associées correspondantes.

[0038] La figure 5 représente deux périodes angulaires des pistes intérieure 11 et extérieure 12 avec une couche magnétique 4 qui suit un chemin périodique continu en alternance sensiblement symétrique, notamment et non limitativement triangulaire, afin de produire les rampes de potentiel. La variation d'énergie d'interaction avec la masse polaire 20 de l'ancre 2 est représentée dans la figure 6 en trait plein lorsque la masse polaire 20 est sur la piste extérieure 12 (position 1) et en trait discontinu lorsque la masse polaire 20 est sur la piste intérieure 11 (position 2). L'énergie d'interaction augmente lorsque la superposition de la piste magnétique 4 de la roue 1 et de la masse polaire 20 de l'ancre 2 augmente. Le profil du chemin périodique peut, encore, être sensiblement sinusoïdal, ou autre, selon les profils de rampe souhaités. Le profil linéaire de cet exemple est avantageux pour abaisser le couple minimal d'entretien CE permettant le fonctionnement de l'échappement.

[0039] De la même façon, la figure 7 représente deux périodes angulaires des pistes, intérieure 11 et extérieure 12, avec une couche magnétique 4 qui est composée de plots-barrières 41 discrets, ici constitués de zones rectangulaires, afin de produire les barrières de potentiel.

La variation d'énergie d'interaction correspondante est représentée dans la figure 8 en trait plein lorsque la masse polaire 20 est sur la piste extérieure 12 (position 1) et en trait discontinu lorsque la masse polaire 20 est sur la piste intérieure 11 (position 2).

[0040] Finalement, la figure 9 représente deux périodes angulaires des pistes intérieure 11 et extérieure 12 avec une couche magnétique 4 qui est la somme des rampes de la figure 5 et des barrières de la figure 7. La variation d'énergie d'interaction correspondante est représentée dans la figure 10 en trait plein lorsque la masse polaire 20 est sur la piste extérieure 12 (position 1) et en trait discontinu lorsque la masse polaire 20 est sur la piste intérieure 11 (position 2). On constate qu'on obtient ce qui est désiré, c'est-à-dire des rampes suivies de barrières de potentiel, qui alternent successivement sur les deux pistes 11 et 12.

[0041] Naturellement, les plots-barrières 41 discrets sont ici de forme rectangulaire pour une facilité de modélisation. Ils peuvent aussi adopter d'autres formes voisines, tant que ces formes restent compatibles avec la distribution de potentiel magnétique souhaitée.

[0042] Lorsqu'on transforme la géométrie de la figure 10 en coordonnées cartésiennes, on obtient la géométrie de la couche magnétique représentée dans les figures 3 et 4, à condition naturellement de répéter le motif autant de fois que nécessaire pour remplir toute la roue 1. Pour l'exemple non limitatif de la roue 1 des figures 3 et 4 nous avons choisi $N = 6$ pas par tour, de sorte que la période angulaire vaut $PD = 2\pi / 6$. Bien entendu on peut choisir une autre valeur pour le nombre N de pas par tours. En pratique il est avantageux de choisir N aussi grand que possible, la limite supérieure étant fixée par la technologie utilisée ainsi que par l'entrefer entre la masse polaire 20 de l'ancre 2 et la roue 1.

[0043] On comprend que la géométrie de la couche magnétique 4 dépend de celle de la roue 1. En particulier, si celle-ci est de petit diamètre et si N est faible, il peut être avantageux d'avoir $R1$ plus grand que $R2$, de façon à compenser la courbure, et à obtenir des caractéristiques de profils de rampes et de barrières identiques sur les deux pistes 11 et 12. L'exemple des figures correspond au cas particulier où $R1$ et $R2$ sont égaux.

[0044] Différentes variantes, que l'on peut en général cumuler, permettent d'améliorer encore le bon fonctionnement du système. Certaines permettent, notamment, d'utiliser une pluralité de couches magnétiques 4 très fines, qui peuvent être alors réalisées par des procédés autres que mécaniques, notamment électrochimiques, par dépôt plasma, ou autres.

[0045] Selon une caractéristique de l'invention, la couche magnétique 4 s'étend alternativement sur la piste interne 11 et la piste externe 12.

[0046] Plus particulièrement, la couche magnétique 4 comporte, à chaque demi-période, un plot-barrière 41 constituant une barrière de champ magnétique, s'étendant d'un seul côté de la frontière F, et en alternance sur la piste interne 11 et sur la piste externe 12.

[0047] Plus particulièrement encore, ces plots-barrière 41 sont reliés, l'un à la suite de l'autre, par une bande 40 de largeur inférieure à la plus faible largeur des plots-barrière 41.

5 **[0048]** Plus particulièrement encore, la bande 40 change de concavité de part et d'autre de chaque plot-barrière 41, et reste du même côté de la frontière F entre deux plots-barrières 41 successifs.

10 **[0049]** De façon particulière, la bande 40 comporte un rétrécissement 42 à côté de chaque plot-barrière 41.

[0050] De façon particulière, la bande 40 comporte un point de rebroussement 46 entre deux plots-barrières 41 successifs.

15 **[0051]** Pour la compensation des efforts axiaux au niveau de la roue d'échappement 1, il est avantageux d'utiliser une variante de roue 1 comportant deux couches magnétiques 4, supérieure 4S et inférieure 4I, entre lesquelles la masse polaire 20 de l'ancre 2 est prise en sandwich, comme représenté dans la figure 11. Rappelons que la masse polaire 20 de l'ancre 2 agit en répulsion avec les couches magnétisées 4S et 4I de la roue 1. On peut naturellement concevoir une roue d'échappement 1 avec un nombre de niveaux encore supérieur, et une ancre 2 comportant autant de masses polaires que d'espaces délimités deux à deux par les différentes couches magnétiques 4 des différents niveaux pour cumuler les effets, dans la limite de l'encombrement vertical autorisé par le mouvement dans lequel est intégré le mécanisme d'échappement 100.

20 **[0052]** Ainsi, plus particulièrement, le mobile d'échappement 1 comporte une pluralité de disques parallèles dont les faces se faisant face portent chacune une piste magnétisée 10 en symétrie l'une par rapport à l'autre par rapport à un plan médian perpendiculaire à l'axe commun des disques, et la largeur de chaque couche magnétique 4 s'étend dans la direction radiale par rapport à l'axe du disque. Plus particulièrement, les deux disques extrêmes de cette pluralité de disques comportent chacun, du côté opposé à la pluralité de disques, une couche ferromagnétique constituant un blindage magnétique protégeant le mobile des champs magnétiques extérieurs.

25 **[0053]** Plus particulièrement encore, le mécanisme d'échappement magnétique 100 comporte un tel mobile d'échappement 1, et l'arrêt 2 comporte au moins une masse polaire 20 dans chaque entrefer où les disques parallèles dont les faces se faisant face portent chacune une piste magnétisée 10.

30 **[0054]** On peut ainsi avoir une configuration avec plusieurs étages d'aimants d'ancre, chaque aimant d'ancre travaillant entre deux étages spécifiques de la roue d'échappement.

35 **[0055]** La figure 12 illustre une variante avantageuse où l'ancre 2 comporte deux masses polaires 201 et 202 agencées angulairement pour travailler alternativement, dans les positions angulaires extrêmes de l'ancre 2, l'une avec la piste intérieure 11, l'autre avec la piste extérieure 12, ainsi les efforts s'additionnent. Cette configuration

possède de nombreux avantages. Tout d'abord, la différence de couple due à la différence de rayon entre la piste intérieure 11 et la piste extérieure 12 est compensée puisque il y a toujours une des masses polaires de l'ancre 2 qui est sur la piste intérieure 11 pendant que l'autre est sur la piste extérieure 12. Ensuite, les irrégularités de fabrication de la roue 1, d'une période angulaire à l'autre, sont moyennées puisque les masses polaires de l'ancre ne voient pas les mêmes défauts. Finalement, les couples transmis à chaque alternance sont doublés.

[0056] Pour abaisser le couple minimum CE de fonctionnement de l'échappement, il est important que la rampe de potentiel magnétique soit aussi linéaire que possible. A cette fin on peut effectuer des petits ajustements de la géométrie de la couche magnétique 4. Par exemple, il est avantageux d'effectuer un petit rétrécissement 42 de la couche magnétique 4, lorsque la masse polaire de l'ancre passe au voisinage d'une barrière qui se trouve sur la piste adjacente comme cela est représenté sur la figure 13. Ces rétrécissements 42 de la piste magnétisée permettent d'optimiser la linéarité des rampes du potentiel d'interaction magnétique.

[0057] La réalisation a aussi son importance dans une fabrication de série.

[0058] Un procédé avantageux de réalisation de la ou des couches magnétiques 4 de la roue d'échappement 1 consiste à utiliser un substrat qui assure la tenue mécanique, et sur lequel on vient déposer la couche magnétisée 4, qui est typiquement du NdFeB ou du SmCo ou des alliages de Pt et Co. En effet, comme les couches minces d'aimants terres rares sont fragiles, il est avantageux de les solidifier avec un substrat. La couche peut être déposée par des méthodes de type CVD ou PVD ou par croissance galvanique. On peut obtenir la géométrie désirée en plaçant un masque amovible sur le substrat avant d'effectuer le dépôt, masque que l'on pourra enlever par la suite. On peut aussi déposer la couche de façon uniforme sur le substrat (CVD, PVD, ou bien collée) puis procéder à une attaque chimique des zones non désirées. Dans toutes ces situations, les géométries présentées jusqu'ici sont utilisables car la tenue mécanique est assurée par le substrat. On comprend l'intérêt de roues d'échappement multi-niveaux dans le cas de ce mode d'élaboration.

[0059] Une autre variante d'élaboration concerne la fabrication de la couche magnétique 4 par usinage de la géométrie désirée dans une fine plaque d'aimant, que ce soit par des méthodes traditionnelles, par découpe laser, par électro-érosion ou par attaque chimique, il est alors avantageux de compléter la couche magnétique 4 par des raidisseurs 44 s'étendant dans la zone centrale de la roue d'échappement 1, en-dehors des surfaces balayées par l'ancre 2, afin d'assurer la solidité mécanique du composant fabriqué. Un exemple est visible en figure 14, où la zone de consolidation mécanique, qui s'étend vers l'axe A1 de la roue 1, et essentiellement en-dehors de la piste intérieure 11, comporte un anneau central 43 relié par des rayons raidisseurs 44 à certains

des plots-barrières 41 de la couche magnétique 4. Plus précisément, les rayons raidisseurs 44 sont reliés aux plots-barrières 41 de la piste intérieure 11 car ce sont les parties qui sont les moins sensibles à un champ perturbateur. La zone de consolidation mécanique ainsi réalisée permet d'assurer la solidité mécanique, sans pour autant changer significativement le potentiel d'interaction magnétique entre l'ancre 2 et la roue 1.

[0060] Une autre variante concerne l'utilisation d'une couche ferromagnétique 5, en particulier de fer, comme circuit ou blindage magnétique de la roue 1. Cette couche peut aussi être utilisée comme substrat pour la couche magnétisée 4 et donc assurer la tenue mécanique. La figure 15 montre un agencement similaire à celui de la figure 11, où la roue 1 comporte une couche ferromagnétique supérieure 5S externe, et une couche ferromagnétique inférieure 5I externe, chacune d'elles portant respectivement la couche magnétisée supérieure 4S et inférieure 4I. Cet agencement permet de séparer au mieux les champs magnétiques externes à la roue 1 et dont on souhaite stopper les effets sur l'échappement, des champs internes au mécanisme d'échappement magnétique 100, qui sont nécessaires au fonctionnement de l'échappement.

[0061] Il peut être nécessaire d'adapter la forme des rampes de la couche magnétique 4 selon la constitution de la roue 1, avec ou sans matériau ferromagnétique, fer notamment. En effet, la présence d'un tel blindage en matériau ferromagnétique introduit des non-linéarités dans l'interaction magnétique ancre-roue. Ces non-linéarités doivent être compensées pour obtenir des rampes de potentiel aussi linéaires que possible. On peut, comme ci-dessus, introduire des variations de la largeur de la couche magnétique 4 par des rétrécissements 42. Une autre méthode consiste à modifier légèrement la forme du profil triangulaire visible dans la figure 5 qui est utilisé pour produire les rampes. Par exemple dans la figure 16 ce profil est modifié par l'intégration de non-linéarités 45, notamment sous forme de points de rebroussement 46, de façon à compenser les non-linéarités de l'interaction magnétique. Ce profil est ensuite combiné aux plots-barrières 41 de la figure 17 pour obtenir la géométrie de la figure 18 en coordonnées polaires. Finalement la géométrie est transformée en coordonnées cartésiennes et l'on obtient la figure 19 qui est une alternative à la géométrie de la figure 13.

[0062] La figure 20 montre une variante avec des butées mécaniques 19 sur la roue 1 et des butées mécaniques complémentaires 29 sur l'ancre 2, afin de s'assurer que le système ne décroche pas en cas de choc. Ces butées doivent être disposées pour bloquer l'avance de la roue 1 lorsque la masse polaire de l'ancre traverse une barrière magnétique suite à un choc.

[0063] Dans une variante, les butées anti-décrochement sont de type magnétique. Une variante avantageuse comporte ainsi un petit aimant sur chaque pointe de l'étoile anti-décrochement, et une pièce ferromagnétique sur la butée de l'ancre: dans ce cas, lors du premier

rebond, l'attraction magnétique permet de dissiper la presque totalité de l'énergie de l'impact en arrêtant d'un coup les rebonds. La position de tirage correcte est reprise ensuite grâce au potentiel magnétique principal (roue-aimant palette). Dans une deuxième variante, les aimants situés sur chaque pointe de l'étoile travaillent en répulsion avec des aimants situés sur les butées anti-décrochement de l'ancre: dans ce cas, tout risque de collision (détruisant les butées) est exclu, tout en laissant plus de liberté dans le dessin de la roue magnétique et dans l'indexage de l'étoile.

[0064] La figure 21 montre l'ensemble d'un mécanisme résonateur 200, comportant, depuis une source d'énergie comportant ici un barillet 7, jusqu'au résonateur à balancier-spiral, avec le balancier 3 et le spiral 6, un rouage 8, et un tel mécanisme d'échappement magnétique 100 à ancre magnétique 2.

[0065] Naturellement, si les exemples décrits concernent un mobile d'échappement constitués par une roue, les enseignements de l'invention sont applicables à un mobile de forme quelconque, par exemple les variantes du document EP2887157 où le mobile d'échappement est un cylindre, ou une bande continue, auxquels cas le profil de couche magnétique 4 peut être directement celui des figures 9 ou 18, ou encore un mobile d'échappement gauche, par exemple et non limitativement avec des ailettes au niveau des rampes ou/et barrières de potentiel.

[0066] L'invention concerne encore un mouvement 300 comportant au moins un tel mécanisme résonateur 200.

[0067] L'invention concerne encore une montre 400 comportant au moins un tel mouvement 300.

Revendications

1. Mobile d'échappement (1) pour mécanisme d'échappement magnétique (100) d'horlogerie, comportant une première surface (S) qui est la plus grande surface dudit mobile (1) ou une des plus grandes surfaces dudit mobile (1) quand ledit mobile (1) en comporte plusieurs, ledit mobile (1) comportant au moins une piste magnétisée (10), avec une succession de plages selon une période de défilement (PD) selon laquelle ses caractéristiques magnétiques se répètent, chaque dite plage comportant une rampe magnétique suivie d'une barrière de champ magnétique agencées pour engendrer, avec une masse polaire (20) d'un arrêteur (2), une énergie d'interaction à champ croissant pour la rampe magnétique et également à champ croissant pour ladite barrière, le gradient de ce dernier champ croissant étant supérieur à celui du champ croissant de la rampe magnétique, ladite au moins une piste magnétisée (10) étant continue et fermée autour d'un axe dudit mobile, s'étendant sur ladite première surface (S) dudit mobile d'échappement (1), et dont

la géométrie en projection sur ladite première surface (S) définit lesdites rampes magnétiques et barrières de champ magnétique ; **caractérisé en ce que** ladite piste magnétisée (10) comporte une couche magnétique (4) d'épaisseur et de magnétisation constantes dont la largeur est variable pour définir au moins, d'une part, les rampes magnétiques et, d'autre part, lesdites barrières de champ magnétique ; **en ce que** ladite piste magnétisée (10) comporte, connexes de part et d'autre d'une frontière (F), une piste interne (11) et une piste externe (12) comportant lesdites barrières de champ magnétique en quinconce par rapport à ladite frontière (F), en alternance d'une demi-période ; **en ce que** ladite couche magnétique (4) comporte, à chaque demi-période, un plot-barrière (41), constituant une dite barrière de champ magnétique, s'étendant sensiblement d'un seul côté de ladite frontière (F), les plots-barrière étant agencés en alternance sur ladite piste interne (11) et sur ladite piste externe (12) ; **en ce que** ladite couche magnétique (4) s'étend, de manière alternative, essentiellement sur ladite piste interne et sur ladite piste externe entre les plots-barrière successifs.

2. Mobile d'échappement (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ladite piste magnétisée (10) comporte une couche magnétique (4) continue et fermée sur tout le pourtour dudit mobile d'échappement (1).
3. Mobile d'échappement (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (1) comporte au moins un disque dont une face constitue ladite première surface (S) et porte ladite piste magnétisée (10), et **en ce que** ladite largeur de ladite couche magnétique (4) s'étend dans la direction radiale par rapport à l'axe dudit disque qui est confondu audit axe du mobile.
4. Mobile d'échappement (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** lesdits plots-barrière (41) sont reliés, l'un à la suite de l'autre, par une bande (40) dont la largeur entre ces plots-barrière est inférieure à la plus faible largeur des plots-barrière (41).
5. Mobile d'échappement (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** ladite bande (40) change de concavité de part et d'autre de chacun desdits plots-barrière (41).
6. Mobile d'échappement (1) selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** ladite bande (40) comporte un point de rebroussement (46) entre deux dits plots-barrières (41) successifs.
7. Mobile d'échappement (1) selon l'une des revendi-

- cations précédentes, **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (1) comporte au moins un substrat assurant la tenue mécanique qui est recouvert d'une couche magnétisée de NdFeB ou de SmCo ou d'alliages de Pt et Co constituant la couche magnétique (4).
8. Mobile d'échappement (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit mobile d'échappement (1) comporte une pluralité de disques parallèles dont les faces se faisant face portent chacune une dite piste magnétisée (10) en symétrie l'une par rapport à l'autre par rapport à un plan médian perpendiculaire audit axe du mobile.
9. Mobile d'échappement (1) selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** les deux disques extrêmes de ladite pluralité de disques comportent chacun, du côté opposé à ladite pluralité de disques, une couche ferromagnétique constituant un blindage magnétique protégeant ledit mobile des champs magnétiques extérieurs.
10. Mécanisme d'échappement magnétique (100) d'horlogerie comportant, soumis à un couple moteur, un mobile d'échappement (1) selon l'une des revendications précédentes et coopérant indirectement avec un résonateur à balancier-spiral par l'intermédiaire d'un dit arrêtóir (2), **caractérisé en ce que** ledit arrêtóir (2) est un arrêtóir magnétique pivotant comportant au moins ladite une masse polaire (20) agencée pour coopérer alternativement avec ladite piste interne (11) et ladite piste externe (12), ladite couche magnétique (4) engendrant un dit premier champ croissant pour ladite masse polaire le long de chacune desdites rampes magnétiques, lesdits plots-barrières définissant pour ladite masse polaire un dit deuxième champ croissant dont le gradient de champ est supérieur à celui des rampes magnétiques.
11. Mécanisme d'échappement magnétique (100) selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** ledit arrêtóir (2) comporte deux masses polaires (201; 202) agencées angulairement pour travailler alternativement, dans les positions angulaires extrêmes dudit arrêtóir (2), l'une avec ladite piste interne (11), l'autre avec ladite piste externe (12).
12. Mécanisme d'échappement magnétique (100) selon la revendication 10 ou 11, **caractérisé en ce que** ladite roue d'échappement (1) comporte des butées mécaniques (19), et **en ce que** ledit arrêtóir (2) comporte des butées mécaniques complémentaires (29) pour prévenir tout décrochement en cas de choc.
13. Mécanisme résonateur (200), comportant une source d'énergie (7) agencée pour entraîner au travers d'un rouage (8) ladite roue d'échappement (1) d'un dit mécanisme d'échappement magnétique (100) selon l'une des revendications 10 à 12.
14. Mouvement d'horlogerie (300) comportant au moins un mécanisme résonateur (200) selon la revendication 13.
15. Montre (400) comportant au moins un mouvement (300) selon la revendication 14.

Patentansprüche

1. Hemmungsdrehteil (1) für einen magnetischen Hemmungsmechanismus (100) für die Uhrmacherei, umfassend eine erste Oberfläche (S), die die größte Oberfläche des Drehteils (1) oder eine der größten Oberflächen des Drehteils (1) ist, wenn der Drehteil (1) mehrere umfasst, wobei der Drehteil (1) mindestens eine magnetisierte Spur (10) mit einer Folge von Bereichen gemäß einer Laufperiode (PD) umfasst, gemäß der sich ihre magnetischen Eigenschaften wiederholen, wobei jeder Bereich eine magnetische Rampe, gefolgt von einer Magnetfeldbarriere umfasst, die so angeordnet sind, dass sie mit einer Polmasse (20) eines Stoppers (2) eine Wechselwirkungsenergie mit zunehmendem Feld für die magnetische Rampe und ebenfalls mit zunehmendem Feld für die Barriere erzeugen, wobei der Gradient des letzteren zunehmenden Feldes größer ist als der des zunehmenden Feldes der magnetischen Rampe, wobei die mindestens eine magnetisierte Spur (10) kontinuierlich und um eine Achse des Drehteils geschlossen ist, sich über die erste Oberfläche (S) des Hemmungsdrehteils (1) erstreckt und deren Geometrie in der Projektion auf die erste Oberfläche (S) die magnetischen Rampen und die Magnetfeldbarrieren definiert; **dadurch gekennzeichnet, dass** die magnetisierte Spur (10) eine magnetische Schicht (4) mit konstanter Dicke und Magnetisierung umfasst, deren Breite variabel ist, um zumindest einerseits die magnetischen Rampen und andererseits die Magnetfeldbarrieren zu definieren; dass die magnetisierte Spur (10), verbunden auf beiden Seiten einer Grenze (F), eine innere Spur (11) und eine äußere Spur (12) umfasst, die die Magnetfeldbarrieren in Bezug auf die Grenze (F) versetzt, abwechselnd um eine Halbperiode, umfassen; dass die magnetische Schicht (4) in jeder Halbperiode ein Barrierenklötzchen (41) umfasst, das eine Magnetfeldbarriere bildet, die sich im Wesentlichen auf einer einzigen Seite der Grenze (F) erstreckt, wobei die Barrierenklötzchen abwechselnd auf der inneren Spur (11) und der äußeren Spur (12) angeordnet sind; und dass sich die magnetische Schicht (4) abwechselnd im Wesentlichen

- auf der inneren Spur und auf der äußeren Spur zwischen aufeinanderfolgenden Barrierenklötzchen erstreckt.
2. Hemmungsdrehteil (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die magnetisierte Spur (10) eine durchgehende und geschlossene magnetische Schicht (4) über den gesamten Umfang des Hemmungsdrehteils (1) umfasst.
 3. Hemmungsdrehteil (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (1) mindestens eine Scheibe umfasst, von der eine Seite die erste Oberfläche (S) bildet und die magnetisierte Spur (10) trägt, und dass die Breite der magnetischen Schicht (4) sich in der radialen Richtung in Bezug auf die Achse der Scheibe erstreckt, die mit der Achse des Drehteils zusammenfällt.
 4. Hemmungsdrehteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Barrierenklötzchen (41) hintereinander durch ein Band (40) verbunden sind, dessen Breite zwischen den Barrierenklötzchen kleiner ist als die geringste Breite der Barrierenklötzchen (41).
 5. Hemmungsdrehteil (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Band (40) seine Konkavität auf beiden Seiten jedes der Barrierenklötzchen (41) ändert.
 6. Hemmungsdrehteil (1) nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Band (40) einen Umkehrpunkt (46) zwischen zwei aufeinanderfolgenden Barrierenklötzchen (41) umfasst.
 7. Hemmungsdrehteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (1) mindestens ein Substrat umfasst, das den mechanischen Halt gewährleistet, und mit einer magnetisierten Schicht aus NdFeB oder SmCo oder Legierungen aus Pt und Co beschichtet ist, die die magnetische Schicht (4) bildet.
 8. Hemmungsdrehteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Hemmungsdrehteil (1) eine Vielzahl von parallelen Scheiben umfasst, deren einander zugewandte Seiten jeweils eine magnetisierte Spur (10) tragen, die in Bezug auf eine Mittelebene, die senkrecht zur Achse des Drehteils verläuft, symmetrisch zueinander angeordnet ist.
 9. Hemmungsdrehteil (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden äußersten Scheiben der Vielzahl von Scheiben jeweils auf der der Vielzahl von Scheiben gegenüberliegenden Seite eine ferromagnetische Schicht umfassen, die eine magnetische Abschirmung bildet, die den Drehteil vor äußeren Magnetfeldern schützt.
 10. Magnetischer Hemmungsmechanismus (100) für die Uhrmacherei, der, einem Antriebsmoment ausgesetzt, einen Hemmungsdrehteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst und indirekt mit einem Unruh-Spiralfeder-Resonator über einen Stopper (2) zusammenwirkt, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stopper (2) ein schwenkbarer magnetischer Stopper ist, der mindestens die eine Polmasse (20) umfasst, die so angeordnet ist, dass sie abwechselnd mit der inneren Spur (11) und der äußeren Spur (12) zusammenwirkt, wobei die magnetische Schicht (4) ein erstes zunehmendes Feld für die Polmasse entlang jeder der magnetischen Rampen erzeugt, wobei die Barrierenklötzchen für die Polmasse ein zweites zunehmendes Feld definieren, dessen Feldgradient größer als der der magnetischen Rampen ist.
 11. Magnetischer Hemmungsmechanismus (100) nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Stopper (2) zwei Polmassen (201; 202) umfasst, die winkelmäßig so angeordnet sind, dass sie in den extremen Winkelpositionen des Stoppers (2) abwechselnd einerseits mit der inneren Spur (11) und andererseits mit der äußeren Spur (12) arbeiten.
 12. Magnetischer Hemmungsmechanismus (100) nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Hemmungsdrehteil (1) mechanische Anschläge (19) umfasst und dass der Stopper (2) zusätzliche mechanische Anschläge (29) umfasst, um ein Abhängen bei einem Stoß zu verhindern.
 13. Resonatormechanismus (200), der eine Energiequelle (7) umfasst, die so angeordnet ist, dass sie über ein Räderwerk (8) den Hemmungsdrehteil (1) eines magnetischen Hemmungsmechanismus (100) nach einem der Ansprüche 10 bis 12 antreibt.
 14. Uhrwerk (300), das mindestens einen Resonatormechanismus (200) nach Anspruch 13 umfasst.
 15. Uhr (400), die mindestens ein Uhrwerk (300) nach Anspruch 14 umfasst.
- Claims**
1. Escape wheel set (1) for a magnetic timepiece escapement mechanism (100), comprising a first surface (S) which is the largest surface of said wheel set (1) or one of the largest surfaces of said wheel set (1) when said wheel set (1) comprises a plurality thereof, said wheel set (1) including at least one magnetized track (10), with a succession of ranges about a period

- of rotational travel (PD) in which the magnetic features thereof are repeated, each said range including a magnetic ramp followed by a magnetic field barrier jointly arranged to generate, with a pole piece (20) of a stop member (2), an interaction energy with an increasing field for the magnetic ramp and also with an increasing field for said barrier, the field gradient of said latter increasing field being higher than that of the increasing field of the magnetic ramp, said at least one magnetized track (10) being continuous and closed about an axis of said wheel set, extending over said first surface (S) of said escape wheel set (1), and whose geometry, when projected onto said first surface (S), defines said magnetic ramps and magnetic field barriers; **characterized in that** said magnetized track (10) includes a magnetic layer (4) of constant thickness and magnetization, and of variable width to define at least, on the one hand, the magnetic ramps and, on the other hand, said magnetic field barriers; **in that** said magnetized track (10) comprises, connected on either side of a boundary (F), an internal track (11) and an external track (12) including said magnetic field barriers staggered with respect to said boundary (F), in alternate half-periods; **in that** said magnetic layer (4) comprises, at each half-period, a barrier stud (41) forming a said magnetic field barrier, extending substantially on only one side of said boundary (F), the barrier studs being arranged alternately on said internal track (11) and on said external track (12); and **in that** said magnetic layer (4) extends alternately, essentially over said internal track and said external track between the successive barrier studs.
2. Escape wheel set (1) according to claim 1, **characterized in that** said magnetized track (10) includes a continuous, closed magnetic layer (4) over the entire periphery of said escape wheel set (1).
 3. Escape wheel set (1) according to claim 1 or 2, **characterized in that** said escape wheel set (1) includes at least one disc of which one face forms said first surface (S) and carries said magnetized track (10), and **in that** said width of said magnetic layer (4) extends in the radial direction with respect to the axis of said disc which is coincident with said axis of the wheel set.
 4. Escape wheel set (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** said barrier studs (41) are connected, one after the other, by a band (40), the width whereof between these barrier studs is smaller than the smallest width of the barrier studs (41).
 5. Escape wheel set (1) according to claim 4, **characterized in that** said band (40) changes concavity on either side of each said barrier stud (41).
 6. Escape wheel set (1) according to claim 5, **characterized in that** said band (40) comprises a cusp (46) between two successive said barrier studs (41).
 7. Escape wheel set (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** said escape wheel set (1) includes at least one substrate ensuring mechanical strength which is coated with a magnetized layer of NdFeB or of SmCo or of Pt and Co alloys forming the magnetic layer (4).
 8. Escape wheel set (1) according to one of the preceding claims, **characterized in that** said escape wheel set (1) comprises a plurality of parallel discs whose opposite faces each carry a said magnetized track (10) in symmetry relative to each other with respect to a median plane perpendicular to said axis of the wheel set.
 9. Escape wheel set (1) according to claim 8, **characterized in that** the two end discs of said plurality of discs each include, on the side opposite to said plurality of discs, a ferromagnetic layer forming a magnetic shield protecting said wheel set from external magnetic fields.
 10. Magnetic timepiece escapement mechanism (100) comprising, subjected to a drive torque, an escape wheel set (1) according to one of the preceding claims cooperating indirectly with a sprung balance resonator via a said stop member (2), **characterized in that** said stop member (2) is a pivoting magnetic stop member comprising at least said one pole piece (20) arranged to cooperate alternately with said internal track (11) and said external track (12), said magnetic layer (4) generating a said first increasing field for said pole piece along each said magnetic ramp, said barrier studs defining, for said pole piece, a said second increasing field, the field gradient whereof being higher than that of the magnetic ramps.
 11. Magnetic escapement mechanism (100) according to claim 10, **characterized in that** said stop member (2) comprises two pole pieces (201; 202) angularly arranged to work alternately, in the extreme angular positions of said stop member (2), one with said internal track (11), and the other with said external track (12).
 12. Magnetic escapement mechanism (100) according to claim 10 or 11, **characterized in that** said escape wheel (1) includes mechanical stops (19) and **in that** said stop member (2) includes complementary mechanical stops (29) for preventing any dislocation in the event of a shock.
 13. Resonator mechanism (200) including an energy

source (7) arranged to drive, via a gear train (8), said escape wheel (1) of a said magnetic escapement mechanism (100) according to any of claims 10 to 12.

14. Timepiece movement (300) including at least one resonator mechanism (200) according to claim 13. 5

15. Watch (400) including at least one movement (300) according to claim 14. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

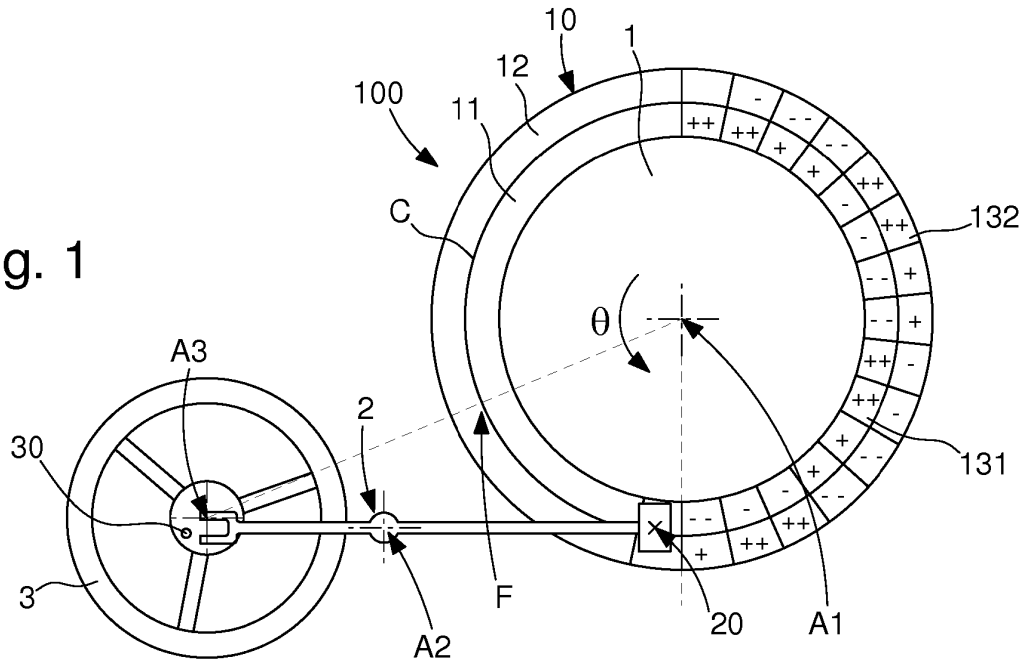


Fig. 2

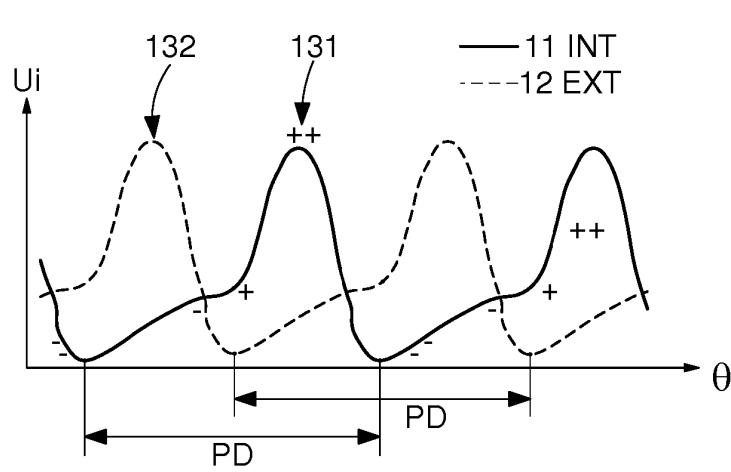


Fig. 3

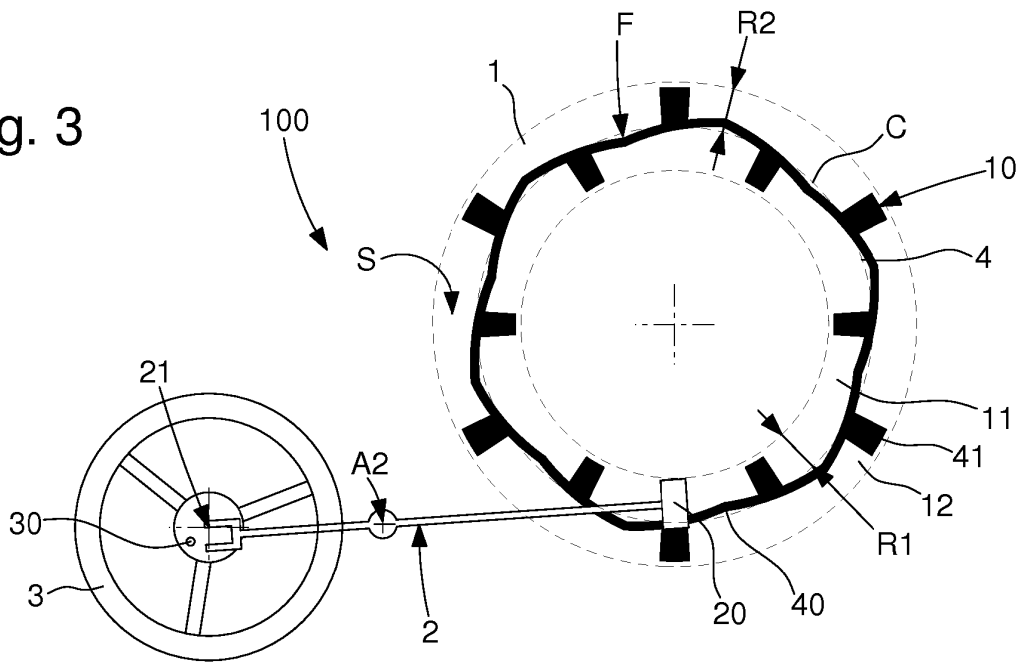


Fig. 4

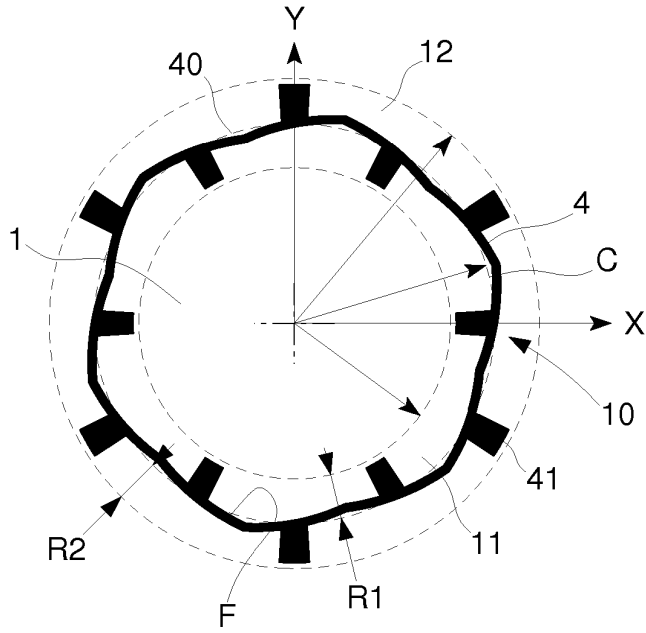


Fig. 5

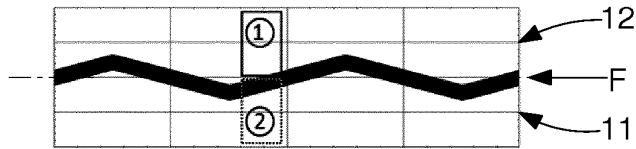


Fig. 6

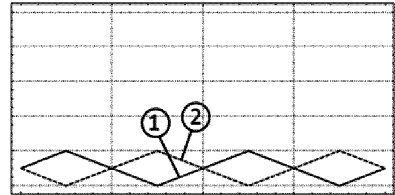


Fig. 7

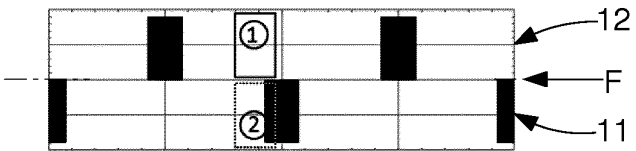


Fig. 8

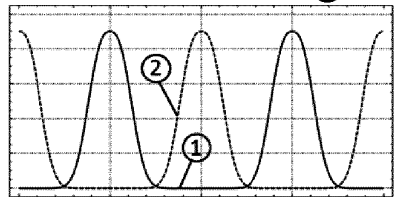


Fig. 9

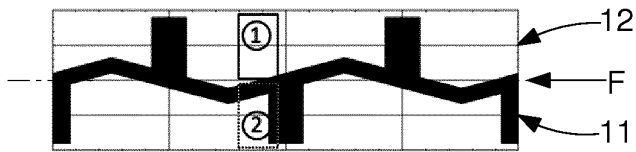


Fig. 10

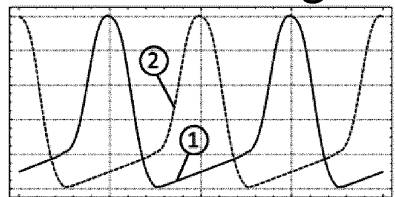


Fig. 11

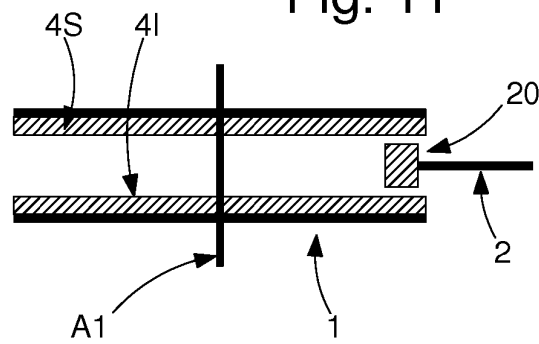


Fig. 12

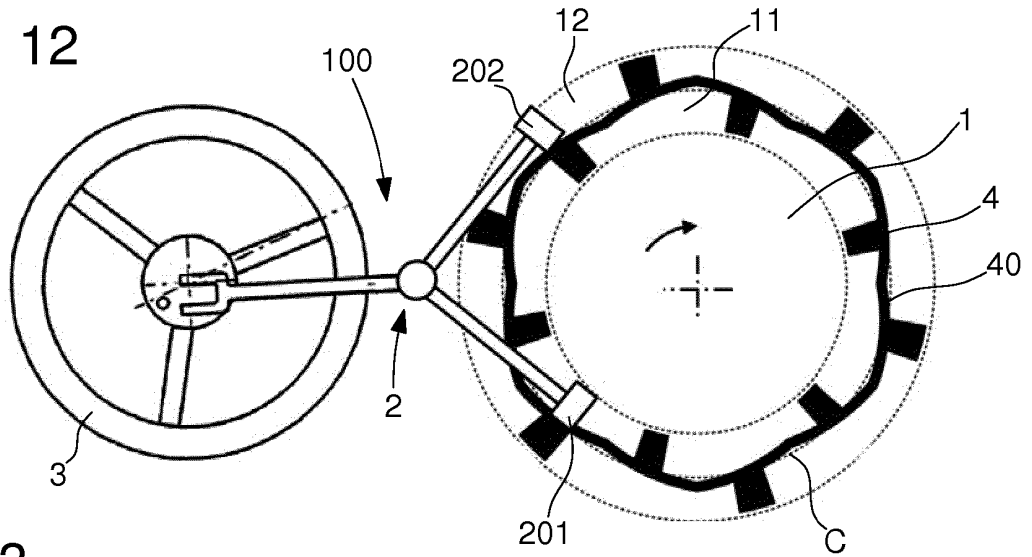


Fig. 13

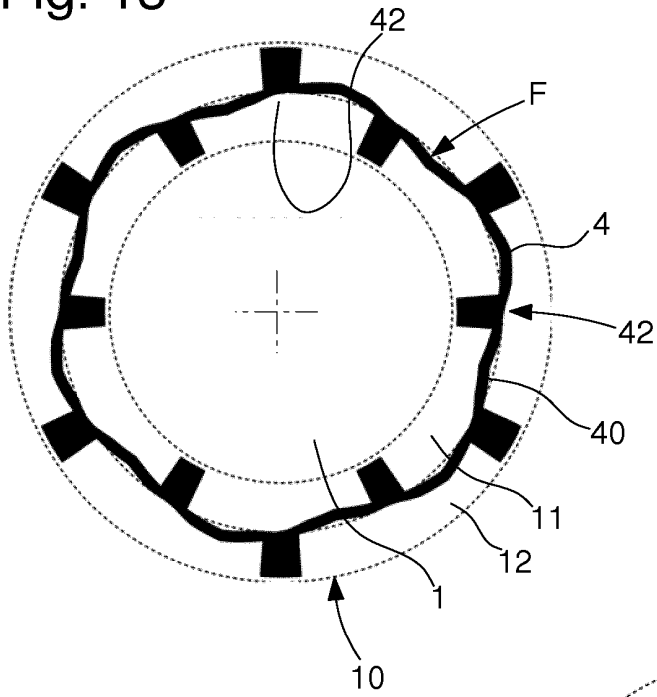


Fig. 14

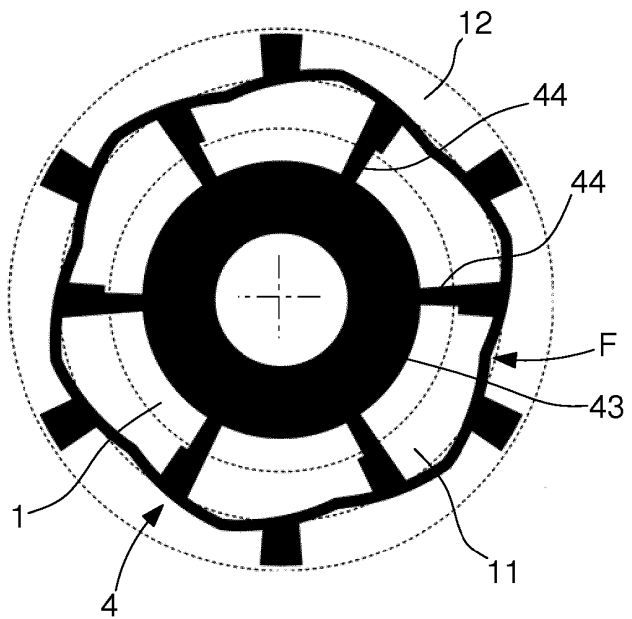


Fig. 15

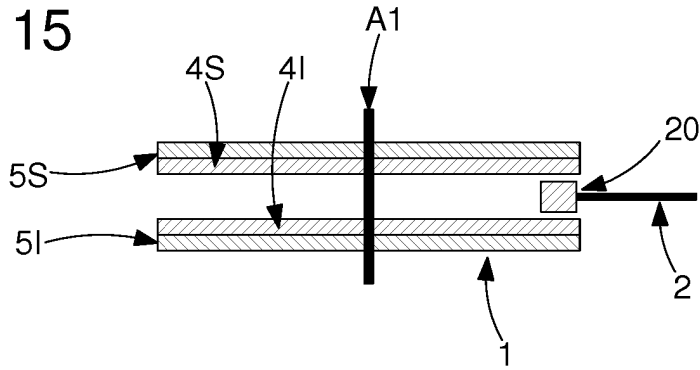


Fig. 16

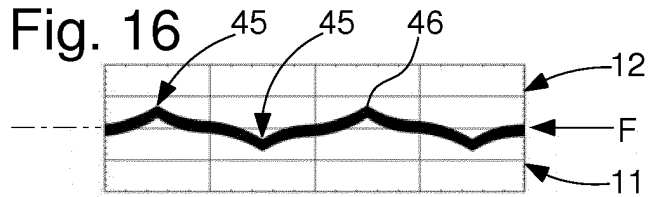


Fig. 17

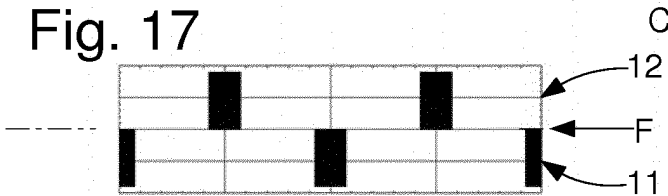


Fig. 18

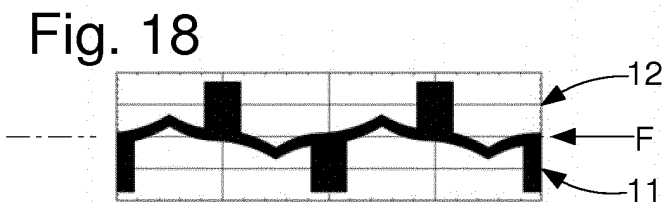


Fig. 19

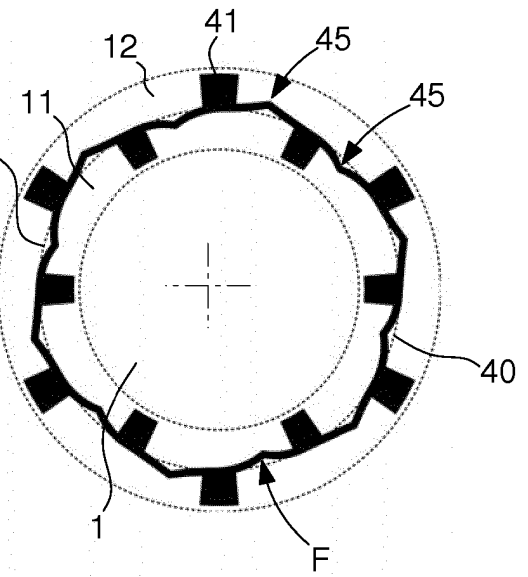


Fig. 20

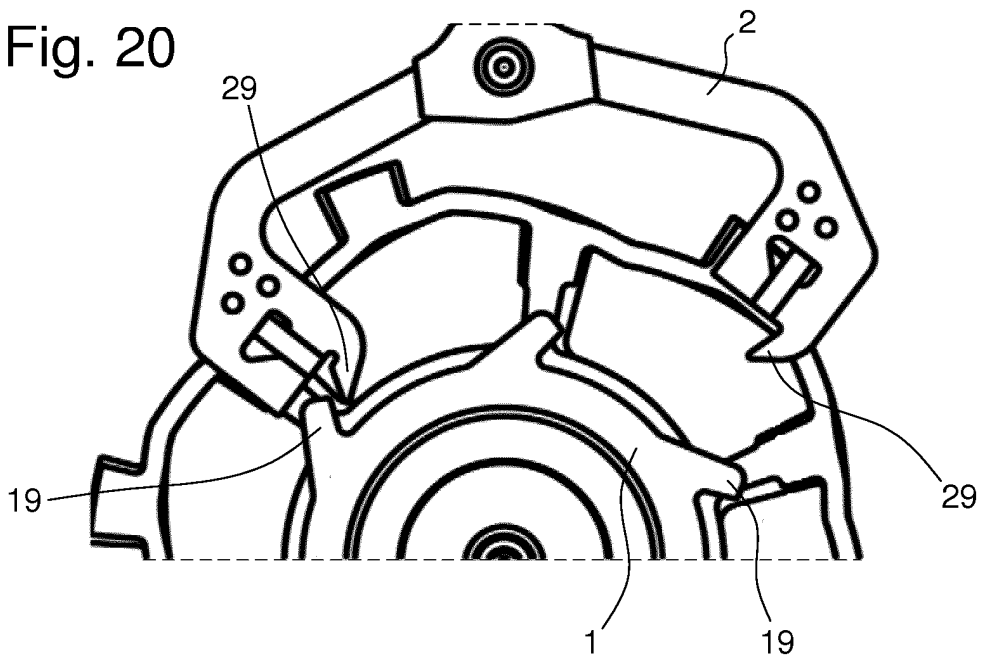


Fig. 21

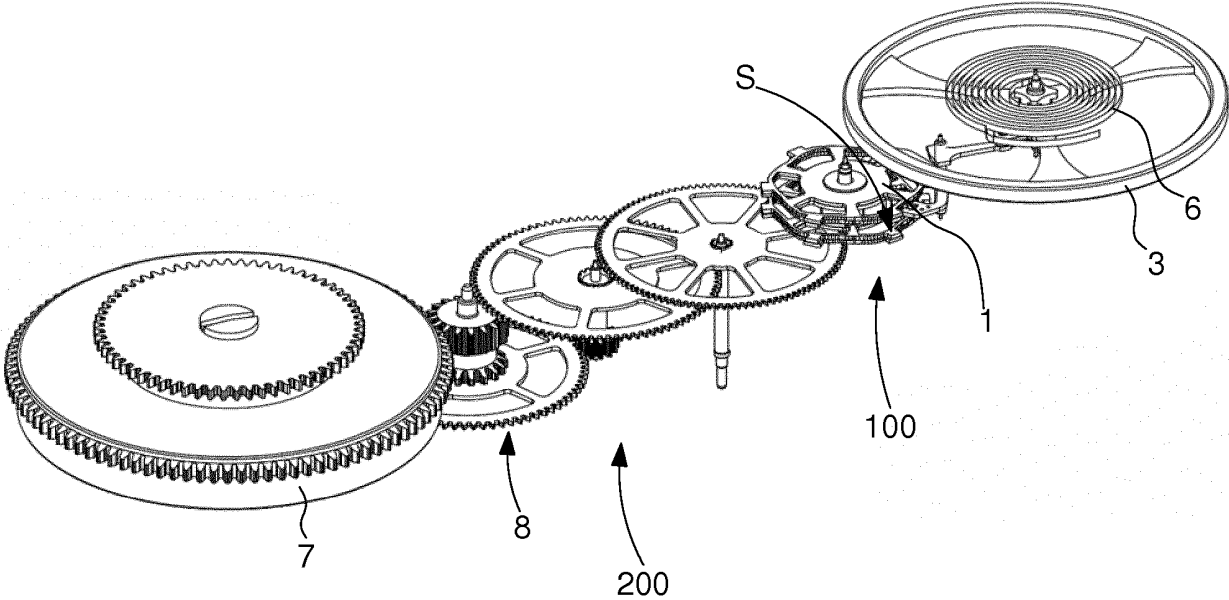


Fig.22

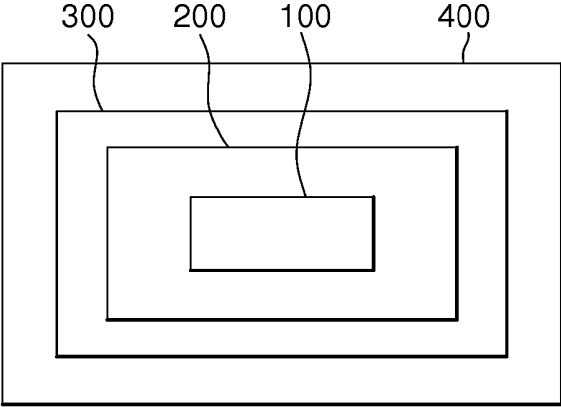


Fig. 23

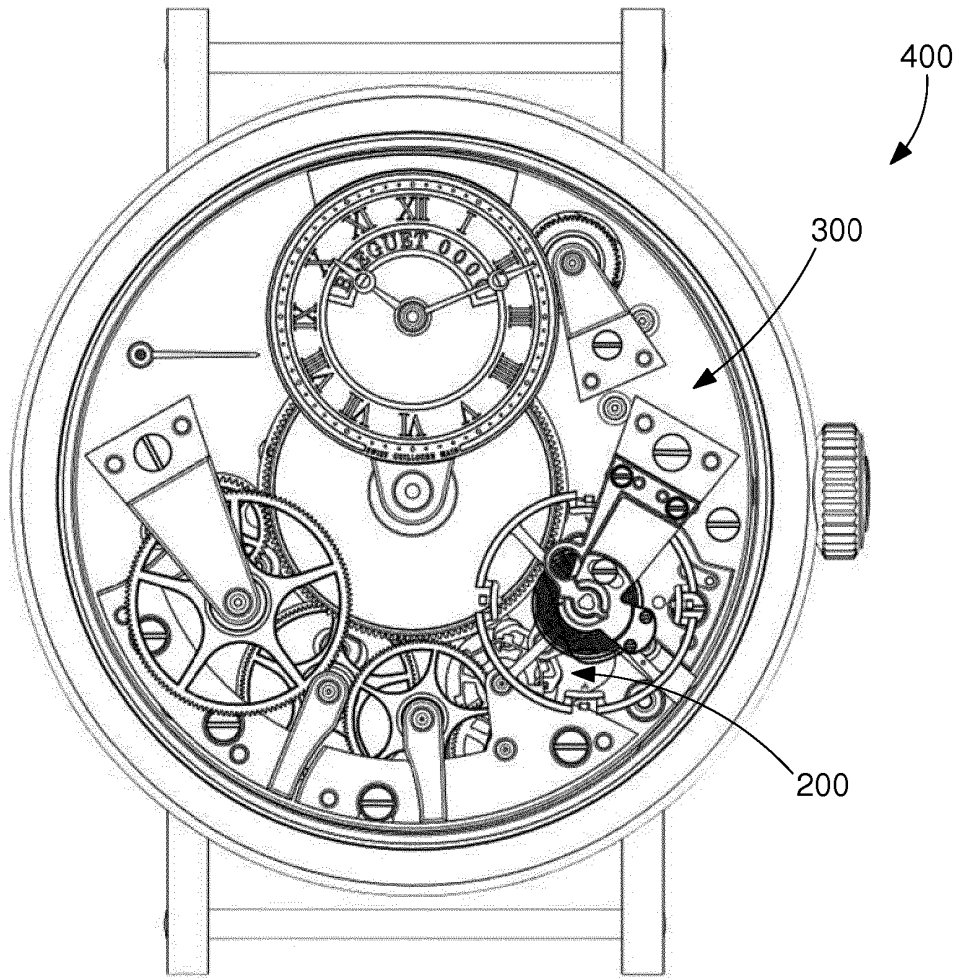
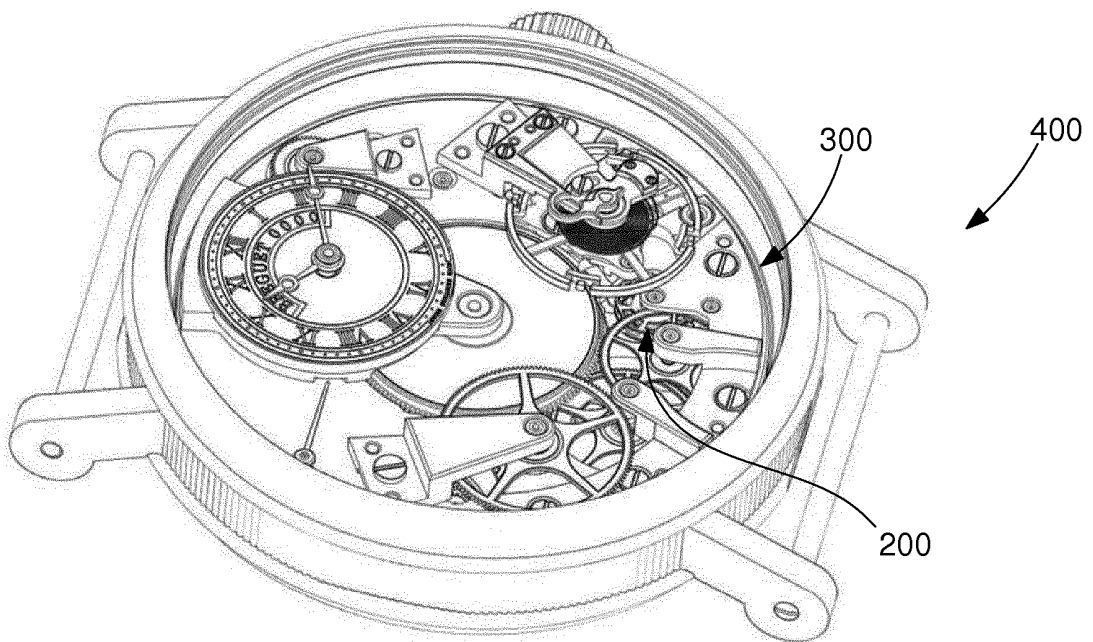


Fig. 24



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 2887157 A [0007] [0009] [0016] [0027] [0029] [0065]
- US 3183426 A [0009]
- FR 2075383 [0009]
- GB 671360 A [0009]