

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
9 mars 2006 (09.03.2006)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2006/024651 A2

(51) Classification internationale des brevets :
G04C 3/12 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2005/054298

(22) Date de dépôt international :

1 septembre 2005 (01.09.2005)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

0409333 3 septembre 2004 (03.09.2004) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **SIL-MACH** [FR/FR]; 24 Chemin de l'Épitaphe, F-25000 Besançon (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **MINOTTI, Patrice** [FR/FR]; 19 rue des Vignes, F-25660 Gennes (FR). **BOURBON, Gilles** [FR/FR]; 9bis, avenue Gaulard,

F-25000 Besançon (FR). **LE MOAL, Patrice** [FR/FR]; 5 rue Gauguin, F-25000 Besançon (FR). **JOSEPH, Eric** [FR/FR]; 18 Grande rue, F-25170 Chauzenne (FR).

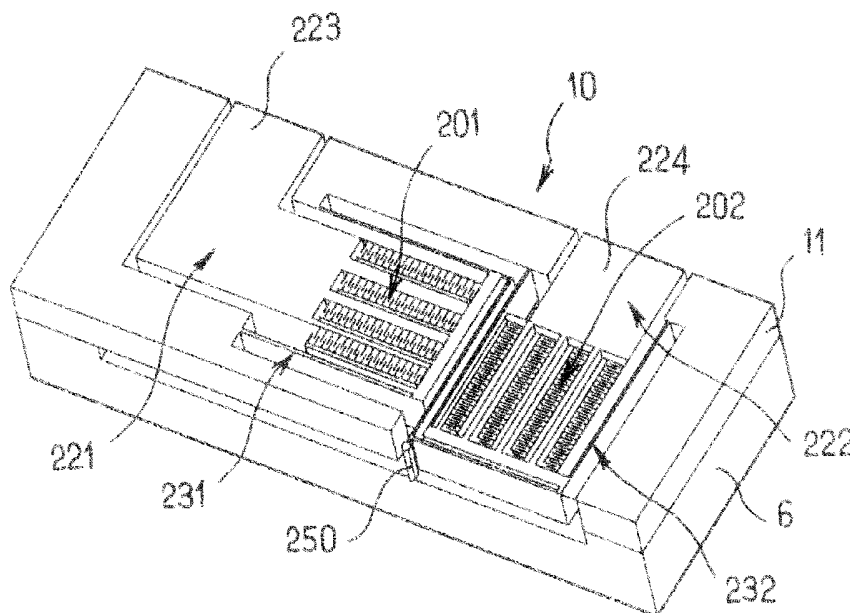
(74) Mandataire : **MARTIN, SCHRIMPF, WARCOIN, AHNER, TEXIER, LE FORESTIER, CALLON DE LAMARCK, COLLIN, TETAZ-CABINET REGIMBEAU**; 20, rue de Chazelles, F-75847 Paris Cedex 17 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: DRIVE DEVICE, PARTICULARLY FOR A CLOCKWORK MECHANISM

(54) Titre : DISPOSITIF D'ENTRAÎNEMENT, NOTAMMENT POUR MÉCANISME HORLOGER



(57) Abstract: The invention relates to a drive device (10) formed by etching a wafer (11). Said drive device (10) comprises a drive element (250) that can sequentially mesh with a driven element (100, 104, 106) and comprises an actuating element (20, 40, 60) that can displace the drive element (250) according to a hysteresis movement whereby driving the driven element (100, 104, 106). The invention is characterized in the drive element (250, 270, 290) is placed on an outer edge of the wafer (11) whereby enabling an interfacing of the drive element with a driven element placed opposite therefrom. The invention also relates to a clockwork mechanism comprising a drive device of the aforementioned type and an input gear that can be rotationally driven by the drive device.

[Suite sur la page suivante]

WO 2006/024651 A2



(84) **États désignés** (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclaration en vertu de la règle 4.17 :

— *relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv) pour US seulement*

Publiée :

— *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif d'entraînement (10) formé par gravure dans une plaquette (11), le dispositif d'entraînement (10) comprenant un élément d'entraînement (250) apte à engrener séquentiellement avec un élément entraîné (100, 104, 106) et un élément actionneur (20, 40, 60) apte à déplacer l'élément d'entraînement (250) selon un mouvement d'hystérésis pour qu'il entraîne l'élément entraîné (100, 104, 106), caractérisé en ce que l'élément d'entraînement (250, 270, 290) est disposé sur une tranche externe de la plaquette (11) pour permettre un interfaçage de l'élément d'entraînement avec un élément entraîné placé en regard. L'invention concerne également un mécanisme horloger comprenant un tel dispositif d'entraînement et une roue d'entrée apte à être entraîné en rotation par le dispositif d'entraînement.

DISPOSITIF D'ENTRAÎNEMENT, NOTAMMENT POUR MECANISME HORLOGER

L'invention concerne le domaine des microsystèmes
5 électromécaniques (MEMS), et plus particulièrement, l'application de ces microsystèmes à l'horlogerie.

Les mouvements de montres ou horloges électromécaniques sont généralement générés par un moteur électrique tel qu'un micromoteur à entrefer progressif (appelé moteur Lavet), qui entraîne en rotation une série
10 de rouages. Ces montres ou horloges nécessitent des mécanismes complexes de réduction permettant d'adapter le mouvement du rotor aux différentes vitesses de rotation requises des aiguilles.

Une préoccupation dans le domaine de l'horlogerie réside dans la simplification de l'architecture des composants constituant les mécanismes
15 de génération de mouvement.

Une autre préoccupation réside dans la diminution du nombre de composants utilisés dans les mécanismes. La diminution du nombre de composants ainsi que la réduction du nombre d'opérations de montage nécessaires pour former le mécanisme permettent d'augmenter le
20 rendement des mécanismes, d'améliorer l'autonomie des dispositifs horlogers et de réduire les coûts de production.

Au vu de ces considérations, un problème que se propose de résoudre l'invention est de limiter le nombre de pièces nécessaires pour la réalisation des mécanismes de réduction dans les dispositifs de montres ou
25 horloges.

Ce problème est résolu dans le cadre de la présente invention grâce à un dispositif d'entraînement formé par gravure dans une plaquette, le dispositif d'entraînement comprenant un élément d'entraînement apte à engrener séquentiellement avec un élément entraîné et un élément
30 actionneur apte à déplacer l'élément d'entraînement selon un mouvement d'hystérésis pour qu'il entraîne l'élément entraîné, caractérisé en ce que l'élément d'entraînement est disposé sur une tranche externe de la

plaquette pour permettre un interfaçage de l'élément d'entraînement avec un élément entraîné placé en regard.

L'invention permet de remplacer les moteurs utilisés traditionnellement dans le domaine de l'horlogerie, tels que les moteurs
5 Lavet, par des mécanismes horlogers associant un dispositif d'entraînement de type MEMS (Micro-Systèmes Electro-Mécaniques), formés par des techniques de gravure sur plaquette, et un élément entraîné, sans limitation de course, réalisé au moyen d'une microtechnologie alternative quelconque (gravure chimique, micro moulage).

10 Le dispositif d'entraînement de type MEMS proposé dans le cadre de la présente invention est capable de générer des forces motrices supérieures d'au moins un ordre de grandeur à celles qui sont générées par les moteurs Lavet existants. Ce dispositif permet notamment de supprimer le premier étage de réduction des mouvements horlogers de l'art antérieur
15 et conduit ainsi à une amélioration sensible de leur rendement.

Dans le cadre de la présente invention, une plaquette s'entend d'un substrat dans lequel est gravé le dispositif d'entraînement. La plaquette est généralement formée dans une portion d'un bloc en matériau semi-conducteur (appelé wafer). Plusieurs dispositifs d'entraînement peuvent
20 ainsi être fabriqués simultanément à partir d'un même wafer.

Le matériau semi-conducteur formant la plaquette est par exemple du silicium.

Ainsi, le dispositif d'entraînement proposé peut être obtenu par un procédé collectif consistant à graver simultanément un grand nombre de
25 dispositifs d'entraînement dans un bloc en matériau semi-conducteur (wafer).

Un tel procédé collectif permet d'augmenter la productivité des dispositifs d'entraînement en comparaison avec des procédés de fabrication et d'assemblage en série des moteurs Lavet traditionnels.

30 Dans le dispositif d'entraînement de l'invention, l'élément d'entraînement est disposé sur une tranche externe de la plaquette, c'est-à-dire qu'il se trouve à la périphérie de la plaquette.

L'accouplement du dispositif d'entraînement à un élément entraîné quelconque permet de construire un mécanisme d'entraînement horloger modulaire. En effet, les performances mécaniques du mécanisme horloger dépendent des caractéristiques de l'élément entraîné (diamètre).

5 L'invention se rapporte également à un mécanisme horloger comprenant un dispositif d'entraînement tel que défini précédemment et un élément entraîné, pouvant s'apparenter à un pignon ou à une roue de diamètre quelconque, apte à être entraîné en rotation par le dispositif d'entraînement.

10 Les performances mécaniques du mécanisme d'entraînement horloger (couple moteur, vitesse) sont ainsi modulées en fonction du rayon de l'élément entraîné associé au dispositif d'entraînement.

Selon un premier mode de réalisation, l'élément entraîné est interfacé avec le pignon d'entrée du rouage horloger, le rouage comprenant
15 plusieurs roues de sortie solidaires des aiguilles à entraîner, de telle sorte que l'élément entraîné et le pignon d'entrée sont assemblés sur un même arbre au moyen d'une liaison complète et coaxiale.

Ce premier mode de réalisation permet, compte tenu des forces utiles développées par le dispositif d'entraînement de type MEMS, de
20 remplacer avantageusement le moteur Lavet traditionnel ainsi que le premier étage de réduction des rouages horlogers de l'art antérieur par un mécanisme d'entraînement horloger simplifié.

Selon un deuxième mode de réalisation ayant pour objet la suppression globale des rouages horlogers de l'art antérieur, la ou les
25 élément(s) entraîné(s) est (sont) directement solidaire(s) de la ou des aiguille(s) à entraîner.

Selon ce deuxième mode de réalisation, le mécanisme horloger se trouve simplifié par rapport aux mécanismes de l'art antérieur. Le mécanisme ne nécessite aucun rouage intermédiaire, le mouvement de
30 l'aiguille étant directement généré par le dispositif d'entraînement de type MEMS.

Selon une mise en œuvre préférée de ce deuxième mode de réalisation, le mécanisme comprend une pluralité de dispositifs

d'entraînement de type MEMS et une pluralité d'éléments entraînés respectivement solidaires d'une aiguille à entraîner.

Les dispositifs d'entraînement peuvent être identiques entre eux.

Enfin, l'invention concerne également un mécanisme
5 d'entraînement horloger, caractérisé en ce qu'il comprend :

- un premier sous-ensemble incluant le dispositif d'entraînement de type MEMS,
- un deuxième sous-ensemble incluant un élément entraîné micro-usiné,
- 10 - une platine sur laquelle sont fixés les premier et deuxième sous-ensembles pour permettre un interfaçage de l'élément d'entraînement avec l'élément entraîné placé en regard,
dans lequel les sous-ensembles sont modulaires et interchangeableables.

15 L'accouplement du dispositif d'entraînement formé par gravure sur une plaquette et d'un élément entraîné indépendant permet de construire un mécanisme modulaire, c'est-à-dire « en kit ». En effet, les performances mécaniques du mécanisme d'entraînement horloger sans limitation de course sont directement modulées en fonction des caractéristiques de
20 l'élément entraîné avec lequel il est accouplé. Cette caractéristique permet une flexibilité dans le choix des sous-ensembles en fonction des contraintes de construction du mécanisme d'entraînement horloger.

D'autres caractéristiques et avantages ressortiront encore de la description qui suit, laquelle est purement illustrative et non limitative et doit
25 être lue en regard des figures annexées, parmi lesquelles :

- la figure 1 représente de manière schématique un mécanisme de montre à quartz à moteur Lavet conforme à l'art antérieur,
- la figure 2 représente de manière schématique les éléments de réduction du mécanisme de la figure 1, le pignon d'entrée du rouage horloger étant solidaire du rotor du moteur Lavet,
- 30 - la figure 3 représente de manière schématique un mécanisme de montre à quartz conforme à un premier mode de réalisation de l'invention,

qui consiste à remplacer le moteur Lavet et le premier étage de réduction par un mécanisme d'entraînement horloger de type MEMS,

- les figures 4 A et 4B représentent de manière schématique les sous-ensembles constituant le mécanisme d'entraînement de type MEMS de la figure 3, ainsi que le mode d'interfaçage mécanique du mécanisme d'entraînement avec un rouage horloger classique (respectivement en vue de dessus et en coupe selon une ligne de coupe A-A),

- la figure 5 représente de manière schématique, en coupe, la liaison entre le dispositif d'entraînement et une roue d'entrée dans un mécanisme de montre à quartz conforme au premier mode de réalisation de l'invention,

- la figure 6 représente de manière schématique un mécanisme de montre à quartz conforme à une variante du premier mode de réalisation de l'invention,

- la figure 7 représente de manière schématique, l'élément actionneur du dispositif d'entraînement ainsi que l'élément d'entraînement tels qu'ils sont obtenus par une technique de gravure monolithique dans une plaquette de silicium,

- la figure 8 représente de manière schématique, l'élément actionneur de la figure 7 rapporté sur un substrat, après avoir pratiqué la découpe permettant de désolidariser les électrodes d'adressage des modules élémentaires d'actionnement,

- la figure 9 représente de manière schématique, un dispositif d'entraînement et un élément d'entraînement tels qu'ils sont directement obtenus par gravure dans un substrat SOI,

- la figure 10 représente de manière détaillée, la structure de l'élément actionneur du dispositif d'entraînement, ainsi qu'un élément d'entraînement,

- la figure 11 représente de manière détaillée, la structure d'un actionneur d'indexage, ainsi qu'un élément d'indexage,

- la figure 12 représente de manière schématique un mécanisme de montre à quartz simplifié conforme à un deuxième mode de réalisation de l'invention

- la figure 13 représente de manière schématique, en coupe, les liaisons entre les dispositifs d'entraînement et les roues de sortie respectives, directement solidaires des aiguilles à entraîner dans un mécanisme de montre à quartz conforme au deuxième mode de réalisation
5 de l'invention,

- la figure 14 représente de manière schématique un mécanisme de montre à quartz conforme à une variante du deuxième mode de réalisation de l'invention,

- la figure 15 illustre de manière schématique l'obtention de
10 l'élément actionneur à partir d'un wafer de silicium,

- la figure 16 représente de manière schématique un élément entraîné micro-usiné présentant des moyens de rattrapage du jeu entre la roue et l'axe,

- la figure 17 représente les moyens de rattrapage du jeu qui
15 permettent de centrer spontanément l'élément entraîné sur l'axe sur lequel il est monté.

Sur la figure 1, le mécanisme conforme à l'art antérieur comprend un moteur Lavet 1 incluant un rotor 2 et un stator 3. Le rotor 2 est solidaire d'un pignon 90 qui engrène avec un élément entraîné sous la forme d'une
20 roue dentée 100. L'élément entraîné 100 est solidaire d'une pluralité de roues d'entrée concentriques avec l'élément entraîné 100. Seule l'une des roues d'entrée 102 est représentée sur la figure 1. Chaque roue d'entrée engrène avec une roue de sortie solidaire d'une aiguille à entraîner. Seules
25 une roue de sortie 120 entraînée par la roue d'entrée 102 et l'aiguille 12 associée apparaissent sur la figure 1. Le mécanisme comprend également une électronique de commande 4, un quartz 5, une pile 7 et un remontoir 8.

Selon le premier mode de réalisation représenté sur la figure 1, un moteur 1 unique et un élément entraîné 100 unique commandent une
30 pluralité de roues de sortie, chaque roue de sortie étant associée à une aiguille à entraîner.

Comme on peut le voir plus précisément sur la figure 2, l'association du pignon 90 et de la roue 100 forme un premier étage de réduction. D'autre part, l'association de la roue d'entrée 102 et de la roue de sortie 120

forment un deuxième étage de réduction. L'association des deux étages de réductions permet de convertir la vitesse de rotation du rotor 2 en une vitesse de rotation adaptée à l'entraînement de l'aiguille 12. Le rapport des diamètres des roues du mécanisme de réduction règle la vitesse de rotation
5 de l'aiguille associée à chaque roue de sortie.

La figure 3 représente un mécanisme de montre à quartz conforme à un premier mode de réalisation de l'invention. Selon ce premier mode de réalisation, le mécanisme de montre est identique au mécanisme représenté sur la figure 1, excepté que le moteur Lavet ainsi que le pignon
10 90 ont été remplacés par un dispositif d'entraînement 10 formé par gravure dans une plaquette en matériau semi-conducteur. Le dispositif d'entraînement 10 comprend un élément d'entraînement 250 apte à engrener séquentiellement avec l'élément entraîné 100 et un élément actionneur 20 apte à déplacer l'élément d'entraînement 250 selon un
15 mouvement d'hystérésis pour qu'il entraîne un élément entraîné 100 formé par une roue dentée. L'élément d'entraînement 250 est disposé sur une tranche de la plaquette 11 pour permettre un interfaçage avec l'élément entraîné 100 placé en regard.

Comme on peut le voir plus précisément sur les figures 4A et 4B,
20 dans le premier mode de réalisation, le premier étage de réduction a été supprimé par rapport au mécanisme de la figure 1. Grâce à un accouplement direct entre l'élément d'entraînement 250 et l'élément entraîné 100, le mécanisme d'entraînement ne nécessite qu'un seul étage de réduction par aiguille à entraîner, chaque étage de réduction permettant
25 de convertir le mouvement de rotation de l'élément entraîné 100 en un mouvement de rotation de l'une des aiguilles (secondes, minutes ou heures).

La figure 5 représente en coupe, la liaison entre le dispositif d'entraînement 10 et l'élément entraîné 100 dans un mécanisme de montre
30 à quartz conforme au premier mode de réalisation de l'invention. Le mécanisme de montre comprend une platine 18 sur laquelle sont fixés l'ensemble formé par le dispositif d'entraînement 10 et un support 6 ainsi qu'un axe 21 s'étendant dans une direction sensiblement perpendiculaire à

la platine 18. Le support 6 est fixé à la platine 18 du mécanisme de montre par l'intermédiaire d'une couche 56 d'isolant. L'axe 21 supporte une roue d'entrée dentée 100 à profil de denture triangulaire et un moyeu 22 montés à rotation sur l'axe 21. Le dispositif d'entraînement 10 et la roue d'entrée 5 100 sont disposés l'un par rapport à l'autre de sorte qu'au repos, lorsque le dispositif d'entraînement 10 n'est pas alimenté, l'élément d'entraînement 250 se trouve en position engagée entre deux dents de l'élément entraîné 100.

En fonctionnement, lorsque le dispositif d'entraînement 10 est 10 alimenté, il entraîne en rotation l'élément entraîné 100. L'élément entraîné 100 est lié à une ou de plusieurs roue(s) d'entrée par une liaison complète et coaxiale. La ou les roue(s) d'entrée 102 engrènent avec une ou plusieurs roue(s) de sortie 120, chaque roue de sortie étant solidaire d'une aiguille.

On notera que l'élément entraîné 100 formé d'une roue dentée et le 15 moyeu 22 peuvent être obtenus par une technique d'usinage traditionnelle ou par une technique de microfabrication, telle que par exemple par une technique de gravure plasma profonde (Deep RIE) dans une plaquette monolithique de silicium monocristallin ou dans une plaquette de type SOI. La technique retenue est une technique permettant d'obtenir un pas de dent 20 compatible avec l'amplitude de déplacement de l'élément d'entraînement 250.

La figure 6 illustre une variante du premier mode de réalisation de l'invention. Dans cette variante, le dispositif d'entraînement 10 comprend également un élément d'indexage 550 apte à être inséré séquentiellement 25 entre des dents de l'élément entraîné 100 et un élément actionneur 50 d'indexage apte à déplacer l'élément d'indexage selon un mouvement alternatif de va-et-vient pour qu'il s'insère entre les dents de l'élément entraîné 100.

Comme on peut le remarquer sur les figures 3 à 6, l'élément 30 d'entraînement 250 et l'élément d'indexage 550 sont disposés sur une tranche externe de la plaquette 11, de sorte qu'il se trouvent en saillie de la plaquette 11 et peuvent être accouplés à l'élément entraîné.

La figure 12 représente de manière schématique, un mécanisme de montre à quartz conforme à un deuxième mode de réalisation de l'invention. Selon ce deuxième mode de réalisation, un ou plusieurs dispositif(s) d'entraînement engrène(nt) chacun avec une ou plusieurs élément(s) 5 entraîné. Comme on peut le voir sur la figure 12, le dispositif d'entraînement 10 engrène avec l'élément entraîné 100 formé par une roue, la roue étant directement solidaire d'une aiguille 12.

La figure 13 représente, en coupe, les liaisons entre des dispositifs d'entraînements 10, 30 et 50 et des éléments entraînés 100, 104 et 106 10 formés par des roues dentées, dans un mécanisme de montre à quartz conforme au deuxième mode de réalisation de l'invention.

Dans ce deuxième mode de réalisation, chaque dispositif d'entraînement 10, 30 et 50 est similaire au dispositif d'entraînement 10 du premier mode de réalisation illustré sur les figures 3 à 6. Chaque dispositif 15 d'entraînement 10, 30 et 50 comprend un élément d'entraînement, référencé respectivement 250, 270 et 290, et un élément actionneur, référencé respectivement 20, 40 et 60.

Les dispositifs d'entraînement 10, 30 et 50 peuvent être obtenus par une technique de gravure plasma profonde (Deep RIE) dans une plaquette 20 monolithique de silicium monocristallin ou dans une plaquette de type SOI. Chaque dispositif d'entraînement 10, 30 et 50 engrène avec un élément entraîné 100, 104, 106, chaque élément entraîné 100, 104, 106 étant solidaire d'une aiguille 12, 14 ou 16. Les aiguilles 12, 14 et 16 sont des aiguilles qui indiquent respectivement les secondes, les minutes et les 25 heures. Chaque aiguille 12, 14 et 16 est ainsi mise en rotation individuellement par un dispositif d'actionnement 10, 30 et 50 dédié.

Ce deuxième mode de réalisation ne nécessite aucun mécanisme de réduction.

La figure 10 représente plus en détail le dispositif d'entraînement 10 30 incluant l'élément actionneur 20 et l'élément d'entraînement 250 sous la forme d'une dent 250. L'élément actionneur 20 se compose principalement d'un premier module élémentaire d'actionnement 201 apte à déplacer l'élément d'entraînement 250 selon une première direction par rapport à

l'élément entraîné 100 (direction radiale) et d'un deuxième module élémentaire d'actionnement 202 apte à déplacer l'élément d'entraînement 250 selon une deuxième direction par rapport à l'élément entraîné 100 (direction tangentielle). Les modules d'actionnement 201 et 202 sont aptes
5 à être commandés simultanément pour générer un mouvement combiné d'hystérésis de l'élément d'entraînement 250.

La dent d'entraînement 250 présente une forme triangulaire. Elle s'étend à proximité de l'élément entraîné 100 avec la pointe dirigée vers la roue, dans une direction radiale par rapport à celle-ci. La dent
10 d'entraînement 250 est ainsi apte à engrener avec les dents de la roue d'entrée 100.

Dans la suite du texte, l'expression « radial » qualifie tout élément s'étendant suivant une direction radiale par rapport à l'élément entraîné 100 et l'expression « tangentiel » qualifie tout élément s'étendant suivant une
15 direction tangentielle par rapport à la roue, les directions radiale et tangentielle étant considérées au point de la roue où est localisée la dent d'entraînement.

L'expression « fixe » qualifie tout élément fixe par rapport au support du dispositif d'entraînement et l'expression « mobile » qualifie tout
20 élément maintenu à une certaine altitude par rapport au support, au moyens de suspensions élastiques.

La dent d'entraînement 250 est reliée par une tige flexible radiale 211 au module d'actionnement radial 201 et par une tige flexible tangentielle 212 au module d'actionnement tangentiel 202.

25 Les modules d'actionnement radial 201 et tangentiel 202 sont des modules électrostatiques présentant une structure à peignes (connus sous l'appellation anglo-saxonne de « comb drive »). Ce type de structure comprend des paires de peignes interdigités.

On va décrire de manière plus précise les modules d'actionnement
30 radial 201 et tangentiel 202 de la structure de l'élément actionneur 20.

Le module d'actionnement radial 201 est formé d'une partie fixe 221 et d'une partie mobile 231 à laquelle est reliée la tige radiale 211.

La partie fixe 221 comprend une électrode radiale 223 à partir de laquelle s'étendent suivant une direction tangentielle un ensemble de peignes fixes parallèles 225. Chaque peigne 225 est formé d'une tige principale et d'une série de doigts ou cils parallèles connectés à la tige et s'étendant perpendiculairement par rapport à celle-ci.

La partie mobile 231 comprend un cadre mobile 233 présentant une forme générale en U et s'étendant autour de la partie fixe 221. Le cadre mobile 233 est connecté à chacune de ses extrémités au substrat au moyen de liaisons encastrement 237, 239 constituant des suspensions élastiques. Des peignes 235 s'étendent à partir du cadre mobile 233 dans une direction générale radiale. Ces peignes 235 sont formés d'une tige principale et d'une série de doigts ou cils parallèles connectés à la tige et s'étendant perpendiculairement à celle-ci.

Les peignes 225 de la partie fixe 221 et les peignes 235 de la partie mobile 231 sont disposés parallèlement les uns aux autres et intercalés les uns avec les autres. En outre, chaque peigne mobile 235 est disposé en regard d'un peigne fixe 225 de sorte que leurs doigts s'intercalent les uns entre les autres, formant ainsi une paire de peignes dits « interdigités ».

Le module d'actionnement tangentiel 202 présente une structure similaire à celle du module d'actionnement radial 201, excepté qu'il est orienté perpendiculairement à ce dernier. Il est formé d'une partie fixe 222 et d'une partie mobile 232 à laquelle est reliée la tige tangentielle 211.

La partie fixe 222 comprend une électrode tangentielle 224 à partir de laquelle s'étendent suivant une direction radiale un ensemble de peignes fixes parallèles 226.

La partie mobile 232 comprend un cadre mobile 232 connecté à chacune de ses extrémités au substrat au moyen de liaisons encastrement 238, 240 constituant des suspensions élastiques. Des peignes 236 s'étendent à partir du cadre mobile 232 dans une direction générale tangentielle.

Les peignes 226 de la partie fixe 222 et les peignes 236 de la partie mobile 232 sont disposés parallèlement les uns aux autres et intercalés les uns avec les autres. En outre, chaque peigne mobile 236 est disposé en

regard d'un peigne fixe 226 de sorte que leurs doigts s'intercalent les uns entre les autres, formant ainsi une paire de peignes interdigités.

On va maintenant décrire le fonctionnement des modules radial et tangentiel.

5 Les doigts intercalés des peignes interdigités s'apparentent à des condensateurs plans dont l'une des armatures est reliée à l'électrode 223 ou 222 et l'autre armature est reliée à la masse via les liaisons encastrement 237, 239 ou 238, 240.

Lorsqu'une tension est appliquée à l'électrode radiale 223, cette
10 tension crée une différence de potentiels entre la partie fixe 221 et la partie mobile 231 du module d'actionnement 201. Un champ électrique s'établit entre les armatures des condensateurs formées par les doigts des peignes 225 et 235. Ce champ électrique génère une force électrostatique tangentielle qui tend à déplacer les peignes mobiles 235 par rapport aux
15 peignes fixes 225 selon une direction parallèle aux doigts des peignes et à déplacer l'élément d'entraînement 250 dans une direction correspondante.

La force électrostatique tangentielle s'exerçant entre les doigts de peignes entraîne la déformation du cadre 233 et par conséquent la translation de la dent d'entraînement 250 par action de la tige 211 dans une
20 direction radiale par rapport à l'élément entraîné 100. Le cadre 233 autorise un déplacement des peignes mobiles 235 uniquement dans la direction des doigts.

De même, le même phénomène se produit lorsqu'une tension est appliquée à l'électrode 224. La force électrostatique créée entraîne la
25 déformation du cadre 232 et la translation de la dent d'entraînement 250 par action de la tige 212 dans une direction tangentielle par rapport à l'élément entraîné 100. Le cadre 232 autorise un déplacement des peignes mobiles 236 uniquement dans la direction des doigts.

Le module d'actionnement tangentiel 202 comprend une butée 260
30 permettant de limiter l'amplitude du mouvement du cadre mobile pour maintenir la partie mobile 232 à distance de la partie fixe 222 et éviter que les peignes mobiles 236 ne viennent en contact avec les peignes fixes 226. En effet, la mise en contact des peignes fixe et mobile 226 et 236, portés à

des potentiels électriques différents génèrerait nécessairement un court-circuit électrique dans le dispositif.

Le déplacement du cadre du module d'actionnement radial 201 est quant à lui limité par la présence d'une butée 270 qui limite le mouvement
5 de la dent d'entraînement 250 en direction radiale.

On notera que la flexibilité latérale de chacune des tiges permet la déformation de celle-ci sous l'action de l'autre tige. Les deux tiges flexibles radiale et tangentielle 211 et 212 assurent un découplage mécanique des deux modules d'actionnement 201 et 202. En effet, la flexibilité des tiges
10 autorise un déplacement de la dent d'entraînement 250 indépendamment suivant deux degrés de liberté élémentaires, à savoir : suivant les deux directions de translation radiale et tangentielle.

Le découplage des modules d'actionnement 201 et 202 permet de les disposer selon une configuration en parallèle. La configuration en
15 parallèle des deux modules d'actionnement 201 et 202 (par opposition à une configuration en série) améliore l'accessibilité aux électrodes 223 et 224 pour la mise en place de connectiques d'alimentation.

Les électrodes 223 et 224 sont commandées par des tensions alternatives V_r et V_t déphasées, présentant par exemple un déphasage d'un
20 quart de période l'une par rapport à l'autre, de sorte que la dent 250 est déplacée selon un mouvement d'hystérésis (mouvement A-B-C-D). Le mouvement d'hystérésis de la dent d'entraînement 250 alterne les phases d'entraînement (déplacement A-B) et de débrayage (déplacement B-C-D-A). Ce mouvement permet à la dent d'entraînement 250 d'engrener avec les
25 dents successives de l'élément entraîné 100 et d'entraîner l'élément entraîné 100 dans un mouvement de rotation pas à pas dans le sens horaire. L'élément entraîné 100 est entraîné en rotation, et ce par des excursions de l'élément d'entraînement d'amplitude réduites.

A cet effet, le mécanisme horloger peut avantageusement
30 comprendre des moyens de commande destinés à appliquer des tensions d'adressage V_r et V_t périodique présentant une fréquence supérieure à 10 Hz. Une telle fréquence permet d'obtenir des mouvements de rotation des aiguilles qui apparaissent continus à l'œil. La fréquence d'entraînement des

aiguilles donne l'illusion optique d'un mouvement continu des aiguilles. Un tel effet est lié à la persistance rétinienne qui ne permet pas de traquer en temps réel le mouvement pas à pas des aiguilles. On peut ainsi assimiler le mécanisme de montre ou d'horloge à quartz à un dispositif mécanique.

5 En outre, le dispositif d'entraînement 10 permet de faire varier la vitesse de rotation des aiguilles. A cet effet, les moyens de commande sont aptes à faire varier la fréquence des signaux d'adressage V_r et V_t . Cette caractéristique est particulièrement avantageuse puisqu'elle permet de modifier rapidement la position des aiguilles, par exemple en cas de remise
10 à l'heure ou de réglage de la montre ou de l'horloge.

Par ailleurs, le dispositif d'entraînement 10 est réversible puisqu'il permet d'entraîner l'élément entraîné 100 dans le sens de rotation horaire ou dans le sens anti-horaire. A cet effet, les moyens de commande sont aptes à inverser le déphasage entre les signaux d'adressage V_r et V_t pour
15 inverser le mouvement d'hystérésis de l'élément d'entraînement 250 et ainsi inverser le sens de rotation de l'élément entraîné 100.

Enfin, le dispositif d'entraînement 10 est disposé par rapport à l'élément entraîné 100 de sorte qu'au repos, lorsque le dispositif d'entraînement n'est pas alimenté, l'élément d'entraînement 250 se trouve
20 engrené avec l'élément entraîné 100. L'élément d'entraînement 250 se trouve en position engrenée (position A) lorsque aucun signal n'est appliqué aux électrodes 224 et 223. Cette caractéristique permet que lorsque le dispositif n'est pas alimenté en énergie, l'indexage de la roue est assuré par l'élément 250. De ce fait, le dispositif génère une consommation moindre en
25 énergie.

La figure 11 représente un élément actionneur 50 d'indexage qui peut être utilisé dans les modes de réalisation des mécanismes d'horloge des figures 6 et 14. L'élément actionneur 50 d'indexage se compose d'un module d'actionnement radial unique 501 et d'un élément d'entraînement
30 sous la forme d'une dent 550. Le module d'actionnement radial 501 est similaire au module d'actionnement radial 201 de l'élément actionneur 20 d'entraînement.

Le module d'actionnement radial 501 est formé d'une partie fixe 521 et d'une partie mobile 531 à laquelle est reliée une tige radiale 511.

La partie fixe 521 comprend une électrode radiale 523 à partir de laquelle s'étendent suivant une direction tangentielle un ensemble de
5 peignes fixes parallèles 525. Chaque peigne 525 est formé d'une tige principale et d'une série de doigts ou cils parallèles connectés à la tige et s'étendant perpendiculairement par rapport à celle-ci.

La partie mobile 531 comprend un cadre mobile 533 présentant une forme générale en U et s'étendant autour de la partie fixe 521. Le cadre
10 mobile 533 est connecté à chacune de ses extrémités au substrat au moyen de liaisons encastrement 537, 539 constituant des suspensions élastiques. Des peignes 535 s'étendent à partir du cadre mobile 533 dans une direction générale radiale. Ces peignes 535 sont formés d'une tige principale et d'une série de doigts ou cils parallèles connectés à la tige et s'étendant
15 perpendiculairement à celle-ci.

Les peignes 525 de la partie fixe 521 et les peignes 535 de la partie mobile 531 sont disposés parallèlement les uns aux autres et intercalés les uns avec les autres. En outre, chaque peigne mobile 535 est disposé en regard d'un peigne fixe 525 de sorte que leurs doigts s'intercalent les uns
20 entre les autres, formant ainsi une paire de peignes dits « interdigués ».

La dent d'entraînement 550 présente une forme triangulaire. Elle s'étend à proximité de l'élément entraîné 100 avec la pointe dirigée vers l'élément entraîné, dans une direction radiale par rapport à celui-ci. La dent d'entraînement 550 est ainsi apte à engrener avec les dents de l'élément
25 entraîné 100.

L'élément actionneur 50 comprend en outre une butée 560 permettant de maintenir la partie mobile 531 à distance de la partie fixe 521 pour éviter que les peignes mobiles 535 ne viennent en contact avec les peignes fixes 525.

30 Le module d'indexage 501 de l'élément actionneur 50 d'indexage est commandé en synchronisation avec les modules élémentaires d'actionnement radial 201 et tangentiel 202 de l'élément actionneur 20 d'entraînement. L'élément actionneur 50 d'indexage a pour fonction de

maintenir l'élément entraîné 100 en position lorsque la dent 250 du dispositif d'entraînement est en débrayé. La conjonction de l'élément actionneur d'entraînement et de l'élément actionneur d'indexage permet un contrôle précis du positionnement de l'élément entraîné 100.

5 L'élément actionneur 50 d'indexage est commandé pour déplacer la dent 550 selon un mouvement alternatif radial par rapport à l'élément entraîné 100. Le mouvement de la dent 550 est synchronisé avec celui de la dent 250. Lorsque la dent d'entraînement 250 engrène avec l'élément entraîné 100 et entraîne celui-ci en rotation (déplacement A-B), la dent
10 d'indexage 550 est débrayée (en position F). Lorsque la dent d'entraînement 250 est débrayée (déplacement B-C-D-A), la dent d'indexage 550 est insérée entre des dents de l'élément entraîné 100 (en position E) pour maintenir l'élément entraîné dans sa position.

Comme illustré sur la figure 15, la plaquette 11 dans laquelle est
15 formé le dispositif d'entraînement est constituée d'une portion d'un wafer 18. Un grand nombre de dispositifs élémentaires d'entraînement peuvent ainsi être gravés simultanément dans un même wafer par un procédé collectif.

Les figures 7 et 8 illustrent de manière schématique une première
20 technique d'obtention d'un dispositif d'entraînement.

Selon cette première technique, les modules d'actionnement 201 et 202, l'élément d'entraînement 250, ainsi qu'éventuellement le module d'indexage et l'élément d'indexage (non représentés), sont réalisés par gravure plasma profonde (Deep RIE) dans une plaquette massive 11. La
25 plaquette 11 est par exemple une plaquette (wafer) monobloc de silicium monocristallin dont l'épaisseur est comprise entre 200 et 300 μm . La plaquette est gravée à travers toute son épaisseur pour former les différents éléments constitutifs du dispositif d'actionnement. Comme on peut le voir sur la figure 7, l'ensemble des éléments constitutifs du dispositif
30 d'actionnement (parties fixes 221, 222 et parties mobiles 231, 232) sont reliés à une dorsale de liaison commune 270 formée dans la plaquette.

Après l'opération de gravure, le dispositif d'actionnement se présente sous une forme monolithique. La plaquette 11 est hybridée sur un

support 6 (figure 8) et la dorsale de liaison 270 est supprimée. La suppression de la dorsale permet d'isoler électriquement les parties fixes 221 et 222 et mobiles 231 et 232 les unes des autres. Le support 6 assure une fonction d'isolant électrique et d'ancrage pour les parties fixes et
5 mobiles des modules élémentaires d'actionnement 201 et 202.

La figure 9 illustre de manière schématique une deuxième technique d'obtention d'un dispositif d'actionnement.

Selon cette deuxième technique, le dispositif d'entraînement 10 est réalisé par gravure plasma profonde RIE (Deep Reactive Ion Etching) dans
10 une plaquette 11 de type SOI (Silicon On Insulator). Une telle plaquette 11 comprend une couche de substrat 15 en silicium d'épaisseur de l'ordre de 380 μm , une couche sacrificielle 16 d'oxyde de silicium présentant une épaisseur d'environ 2 μm et une couche de silicium 17 présentant une épaisseur de l'ordre de 50 à 100 μm .

15 Les modules d'actionnement 201 et 202, l'élément d'entraînement 250, ainsi qu'éventuellement le module d'indexage et l'élément d'indexage (non représentés), sont réalisés par gravure plasma profonde RIE dans l'épaisseur de la couche de silicium 15, jusqu'à la couche d'oxyde de silicium 16 qui constitue une couche d'arrêt. Puis la couche d'oxyde de
20 silicium 16 est dissoute par zones par gravure chimique humide. Les zones dissoutes libèrent les parties mobiles du dispositif d'entraînement (peignes mobiles, tiges, élément d'entraînement).

Les parties 16 de la couche d'oxyde de silicium qui subsistent après dissolution réalisent des liaisons entre la couche de substrat 15 et les
25 modules d'actionnement 201 et 202. Les parties mobiles 231, 232 des modules d'actionnement se trouvent en surélévation par rapport à la couche de substrat 15 à une altitude égale à l'épaisseur de la couche sacrificielle d'oxyde de silicium. La couche d'oxyde de silicium assure une fonction d'isolant électrique et de support d'ancrage pour les parties fixes et mobiles
30 des modules élémentaires d'actionnement 201 et 202.

Le dispositif d'entraînement obtenu peut ensuite être hybridé sur un support isolant 6.

D'autres techniques d'obtention du dispositif d'actionnement peuvent bien entendu être employées. Il est par exemple possible d'utiliser une technique de gravure HARPSS (High Aspect Ratio combined Poly and Single-cristal Silicon) d'une plaquette de silicium.

5 En comparaison avec les mécanismes à moteurs traditionnellement utilisés dans le domaine de l'horlogerie, le dispositif d'entraînement que nous venons de décrire présente les avantages suivants :

- il permet une suppression partielle ou totale des étages de réduction dans les mécanismes d'horloges ou de montres à quartz,
- 10 - en conséquence, il permet une amélioration du rendement des rouages horlogers,
- en conséquence, il permet une plus grande autonomie des mécanismes d'horloges ou de montres à quartz,
- il permet la simplification de l'architecture mécanique des
- 15 mouvements horlogers,
- il permet également la réduction des coûts de production.

La figure 16 représente de manière schématique une roue dentée 100 formée par gravure dans un substrat. L'élément entraîné 100 comprend un alésage 600 formé en son centre, l'alésage étant destiné à recevoir un

20 axe 21, autour duquel l'élément entraîné 100 est monté à rotation. Le mécanisme inclut des moyens de rattrapage de jeu entre l'élément entraîné 100 et l'axe 21. Les moyens de rattrapage de jeu comprennent une pluralité de lames flexibles élastiques 601, 602 et 603 disposées entre l'élément entraîné 100 et l'axe 21. Plus précisément, ainsi qu'illustré sur la figure 16,

25 les lames 601, 602 et 603 sont formées intégralement avec l'élément entraîné 100 lors de l'étape de gravure. Les lames 601, 602 et 603 sont formées lors de la gravure de l'alésage central 600. Chaque lame élastique 601, 602 et 603 s'étend à partir de l'élément entraîné 100 et vient en contact avec l'axe 21.

30 La figure 17 représente de manière plus précise la position de l'alésage 600 de l'élément entraîné 100 par rapport à l'axe 21 lorsque l'axe 21 est centré par rapport à l'alésage 600. Comme on peut le voir sur cette figure, les lames 601, 602 et 603 sont formées en une seule pièce avec

l'élément entraîné 100 lors de la gravure de l'alésage 600. A cet effet, l'alésage pratiqué dans l'élément entraîné 100 n'est pas circulaire mais est découpé pour former des reliefs constituant les moyens de rattrapage de jeu entre l'élément entraîné 100 et l'axe 21.

5 Les reliefs comprennent notamment les lames flexibles 601, 602 et 603. Les lames flexibles permettent de maintenir l'élément entraîné 100 sur l'axe de rotation 21 malgré un jeu existant entre l'alésage 600 de l'élément entraîné 100 et l'axe de rotation 21. En outre, les lames flexibles compensent le décentrage de l'axe et/ou de l'alésage par rapport à
10 l'élément entraîné.

Les reliefs formés par l'alésage 600 comprennent également des butées 611, 612 et 613 formées par des protubérances, chaque butée étant disposée entre l'une des lames 601, 602 et 603 et l'élément entraîné 100. Ces butées 611, 612 et 613 sont destinées à limiter le mouvement des
15 lames 611, 612 et 613 lorsque celles-ci sont fléchies.

Les reliefs comprennent également des butées 621, 631, 622, 632, 623 et 633 formées par des protubérances plus importantes localisées de part et d'autre des lames 601, 602 et 603. Les butées 621, 631, 622, 632, 623 et 633 sont disposées entre l'axe 21 et l'élément entraîné 100. Les
20 butées 621, 631, 622, 632, 623 et 633 sont destinées à limiter le décentrage de l'axe 21 par rapport à l'alésage 600. Les butées 621, 631, 622, 632, 623 et 633 limitent ainsi la déformation des lames 601, 602 et 603 et garantissent un contact permanent de l'axe 21 avec l'ensemble des lames.

REVENDICATIONS

1. Dispositif d'entraînement (10, 30, 50) formé par gravure dans une plaquette (11), le dispositif d'entraînement (10, 30, 50) comprenant un
5 élément d'entraînement (250, 270, 290) apte à engrener séquentiellement avec un élément entraîné (100, 104, 106) et un élément actionneur (20, 40, 60) apte à déplacer l'élément d'entraînement (250, 270, 290) selon un mouvement d'hystérésis pour qu'il entraîne l'élément entraîné (100, 104, 106), caractérisé en ce que l'élément d'entraînement (250, 270, 290) est
10 disposé sur une tranche externe de la plaquette (11) pour permettre un interfaçage de l'élément d'entraînement avec l'élément entraîné placé en regard.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel la plaquette (11) est formée d'un matériau semi-conducteur.

15 3. Dispositif selon la revendication 2, dans lequel le matériau semi-conducteur est du silicium.

4. Dispositif selon la revendication 3, obtenu par une technique de gravure profonde RIE sur une plaquette monobloc de silicium monocristallin.

20 5. Dispositif selon la revendication 3, obtenu par une technique de gravure profonde RIE sur une plaquette.

6. Dispositif selon la revendication 3, obtenu par une technique de gravure HARPSS.

25 7. Dispositif selon l'une des revendications qui précèdent, obtenu par un procédé collectif consistant à graver simultanément un grand nombre de dispositifs d'entraînement dans un bloc en matériau semi-conducteur.

30 8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel l'élément actionneur (20) comprend un premier module d'actionnement (201) apte à déplacer l'élément d'entraînement (250) selon une première direction par rapport à l'élément entraîné (100) et un deuxième module d'actionnement (202) apte à déplacer l'élément d'entraînement (250) dans une deuxième direction par rapport à l'élément entraîné (100), les modules d'actionnement (201, 202) étant aptes à être commandés simultanément

pour générer un mouvement combiné d'hystérésis de l'élément d'entraînement (250).

9. Dispositif selon la revendication 8, dans lequel le premier module d'actionnement (201) est apte à déplacer l'élément d'entraînement (250) selon une direction radiale par rapport à l'élément entraîné (100) et le deuxième module d'actionnement (202) est apte à déplacer l'élément d'entraînement (250) selon une direction axiale par rapport à l'élément entraîné (100).

10. Dispositif selon la revendication 9, dans lequel l'élément d'entraînement (250) est relié par une tige flexible radiale (211) au module d'actionnement radial (201) et par une tige flexible tangentielle (212) au module d'actionnement tangentiel (202), les tiges flexibles (211, 212) autorisant le déplacement de l'élément d'entraînement (250) indépendamment sous l'action l'un ou l'autre des modules d'actionnement (201, 202).

11. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 10, dans lequel les modules d'actionnement (201, 202) comprennent des peignes interdigités.

12. Dispositif selon la revendication 11, dans lequel chaque module d'actionnement (201, 202) comprend au moins un peigne fixe (225, 226) et un peigne mobile (235, 236), chaque peigne incluant une série de doigts, le peigne mobile (235, 236) étant disposé en regard du peigne fixe (225, 226) de sorte que des doigts du peigne fixe et des doigts du peigne mobile s'intercalent les uns entre les autres, et dans lequel le peigne mobile (235, 236) est apte à être déplacé par rapport au peigne fixe (225, 226) selon une direction parallèle aux doigts des peignes lors de l'application d'une différence de potentiels entre le peigne fixe et le peigne mobile, pour déplacer l'élément d'entraînement (250) dans une direction correspondante.

13. Dispositif selon l'une des revendications 8 à 12, dans lequel les modules d'actionnement sont commandés par des signaux périodiques (V_r , V_t) présentant un déphasage d'un quart de période l'un par rapport à l'autre.

14. Mécanisme horloger comprenant un dispositif d'entraînement selon l'une des revendications 1 à 13 et un élément entraîné (100, 104, 106) apte à être entraîné en rotation par le dispositif d'entraînement.

15. Mécanisme selon la revendication 14, comprenant un élément entraîné unique (100) et plusieurs roues de sortie (120), dans lequel le dispositif d'entraînement engrène avec l'élément entraîné (100), l'élément entraîné (100) étant lui-même apte à entraîner en rotation une ou plusieurs
5 roue(s) de sortie (120), chaque roue de sortie (120) étant solidaire d'une aiguille à entraîner.

16. Mécanisme selon la revendication 15, dans lequel l'élément entraîné (100, 104, 106) est lié à une roue d'entrée (102) qui engrène avec la ou les roue(s) de sortie (120), l'élément entraîné (100, 104, 106) étant lié
10 à la roue d'entrée (102) par une liaison complète et coaxiale.

17. Mécanisme selon la revendication 14, comprenant un élément entraîné (100, 104, 106) directement solidaire d'une aiguille (12, 14, 16) à entraîner, le dispositif d'entraînement engrenant avec l'élément entraîné
(100, 104, 106).

18. Mécanisme selon la revendication 17, comprenant une pluralité de dispositifs d'entraînement (20, 40, 60) et une pluralité d'éléments entraînés (100, 104, 106), chaque dispositif d'entraînement (20, 40, 60) engrenant avec un élément entraîné associé (100, 104, 106), chaque élément entraîné (100, 104, 106) étant solidaire d'une aiguille (12, 14, 16).
15

19. Mécanisme selon la revendication 18, dans lequel les dispositifs d'entraînement (20, 40, 60) sont identiques entre eux.
20

20. Mécanisme selon l'une des revendications 14 à 19, dans lequel le ou un élément entraîné est obtenu par une technique de microfabrication, telle qu'une technique de gravure plasma profonde RIE dans une plaquette
25 monolithique de silicium monocristallin ou dans une plaquette de type SOI

21. Mécanisme selon l'une des revendications 14 à 20, comprenant des moyens de commande pour déplacer l'élément d'entraînement (250) selon un mouvement présentant une fréquence supérieure à 10 Hz.

22. Mécanisme selon l'une des revendications 14 à 21, comprenant
30 un axe (21) sur lequel est monté à rotation le ou les élément(s) entraîné(s), (100, 104, 106) et des moyens élastiques de rattrapage de jeu disposés entre un élément entraîné (100) et l'axe (21).

23. Mécanisme selon la revendication 23, dans lequel les moyens élastiques de rattrapage de jeu sont formés en une seule pièce avec l'élément entraîné (100) lors de la gravure d'un alésage (600) dans l'élément entraîné (100), l'alésage étant destiné à recevoir l'axe (21).

5 24. Mécanisme selon l'une des revendications 22 ou 23, dans lequel les moyens de rattrapage de jeu comprennent au moins une lame élastique (601, 602, 603) disposée entre l'élément entraîné (100) et l'axe (21).

10 25. Mécanisme selon la revendication 24, dans lequel les moyens de rattrapage de jeu comprennent au moins une butée (611, 612, 613) formée par une protubérance disposée entre la lame (601, 602, 603) et l'élément entraîné (100).

15 26. Mécanisme selon l'une des revendications 22 à 25, dans lequel les moyens de rattrapage de jeu comprennent au moins une butée (621, 631, 622, 632, 623, 633) disposée entre l'axe (21) et l'élément entraîné (100).

27. Mécanisme caractérisé en ce qu'il comprend :

- un premier sous-ensemble incluant un dispositif d'entraînement (10) selon l'une des revendications 8 à 12,
- 20 - un deuxième sous-ensemble incluant un élément entraîné (100, 104, 106),
- une platine (18) sur laquelle sont fixés les premier et deuxième sous-ensembles pour permettre un interfaçage de l'élément d'entraînement (250, 270, 290) avec l'élément entraîné (100, 104, 106) placé en regard,
- 25 dans lequel les sous-ensembles sont modulaires et interchangeable.

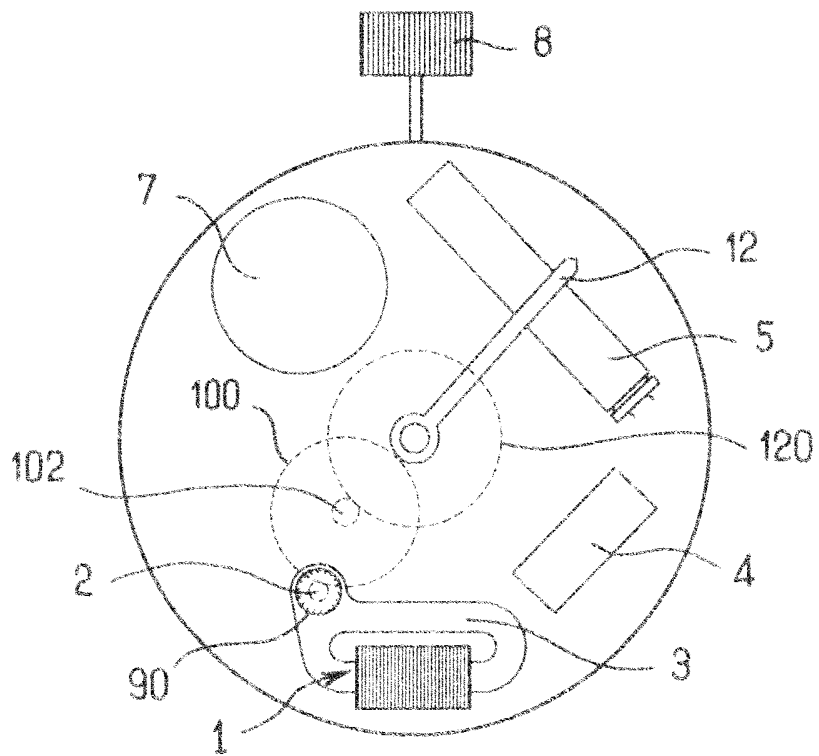


FIG.1

ART ANTERIEUR

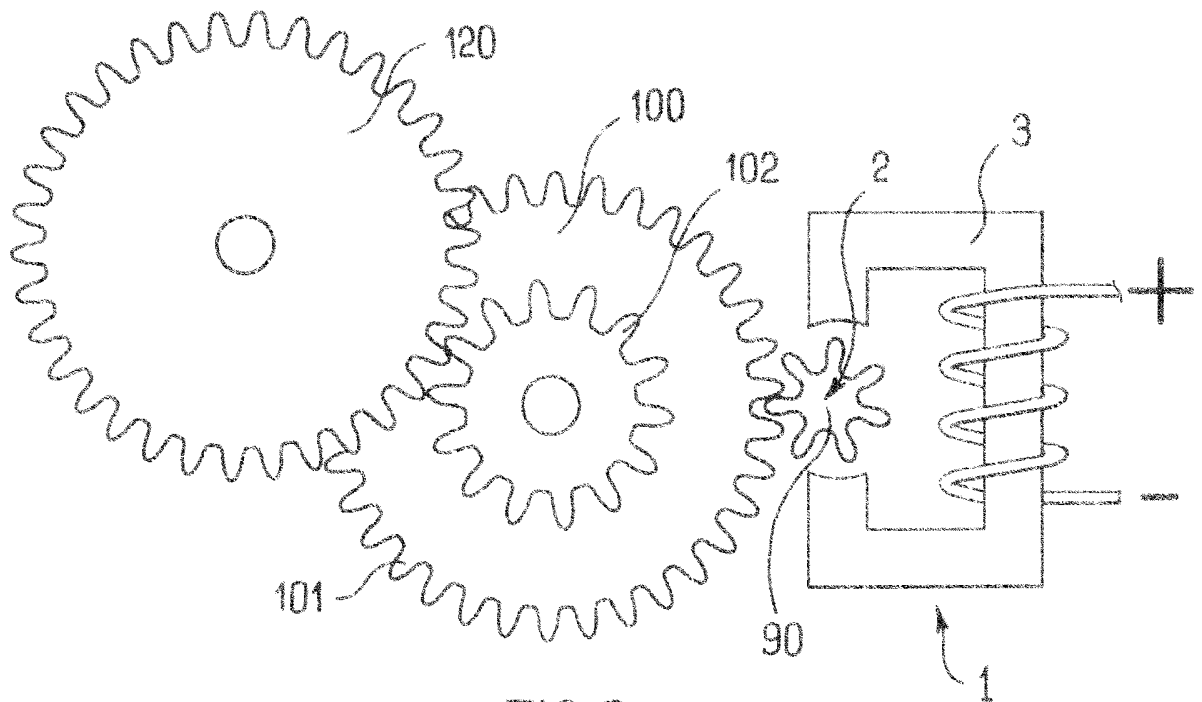
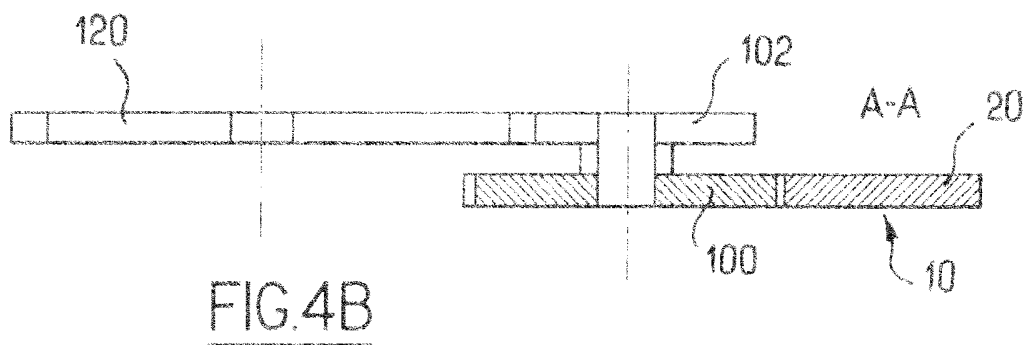
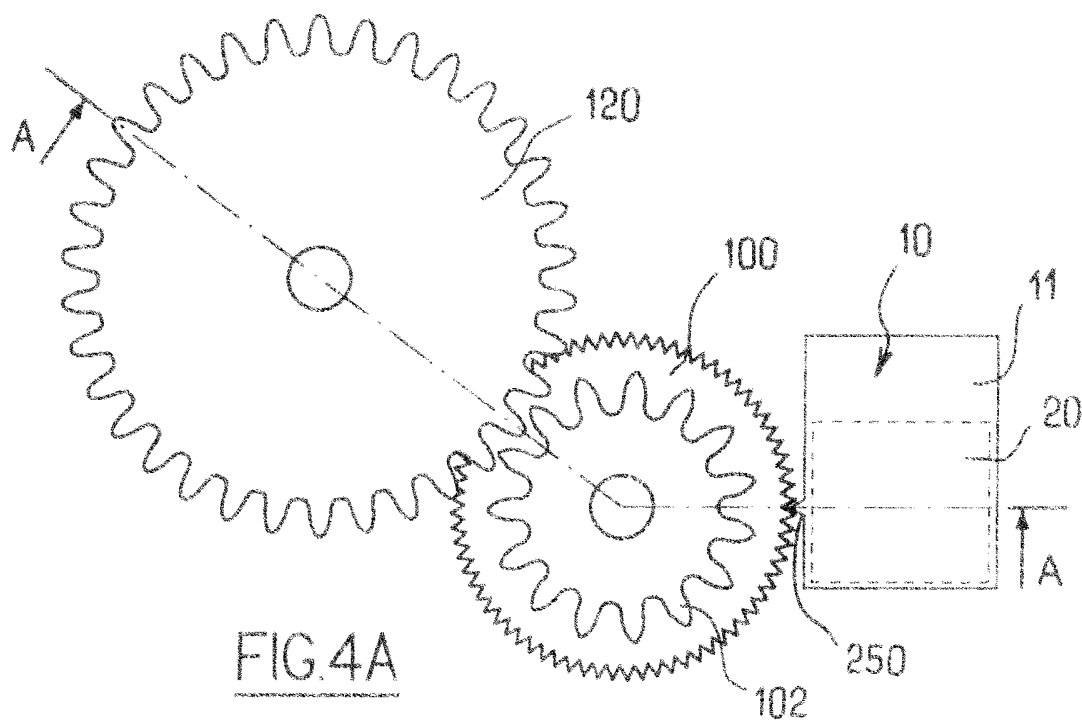
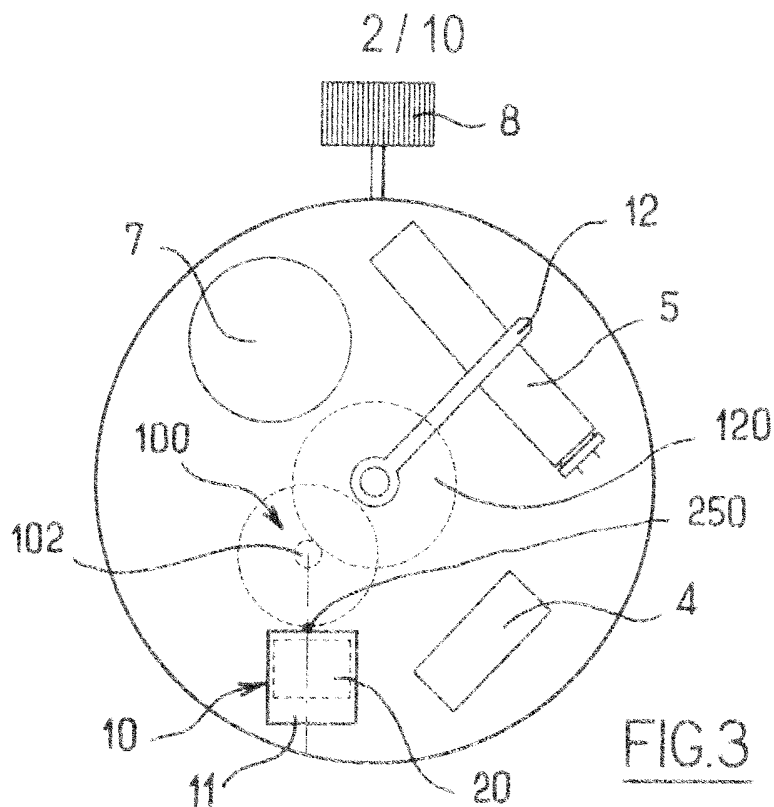


FIG.2

ART ANTERIEUR



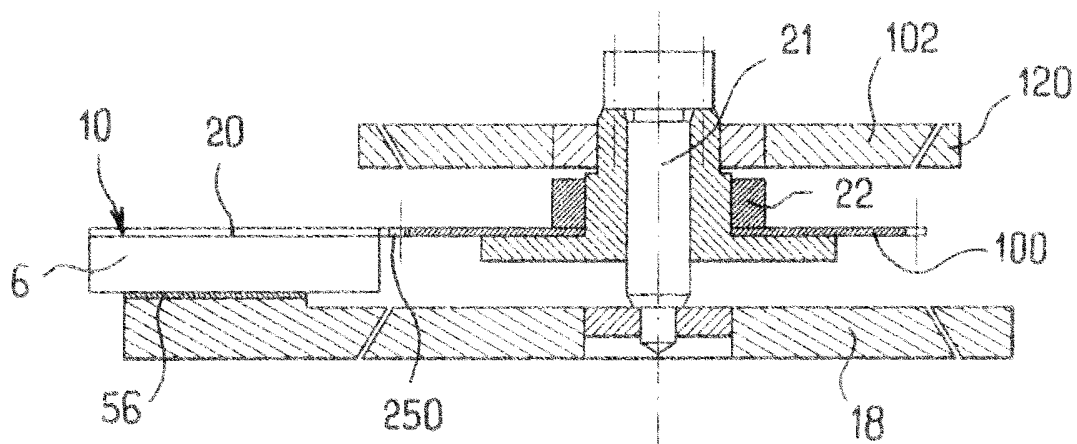


FIG.5

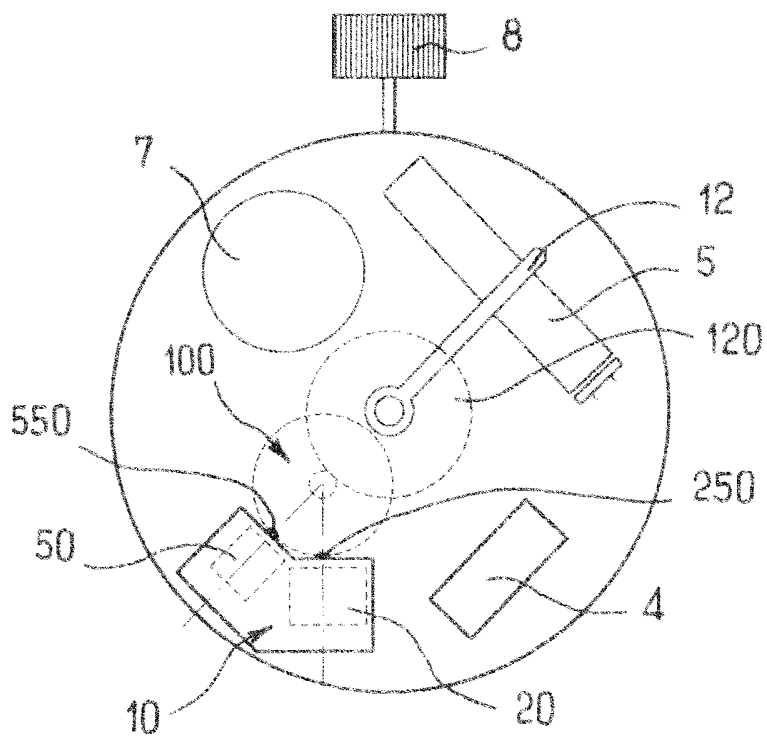


FIG.6

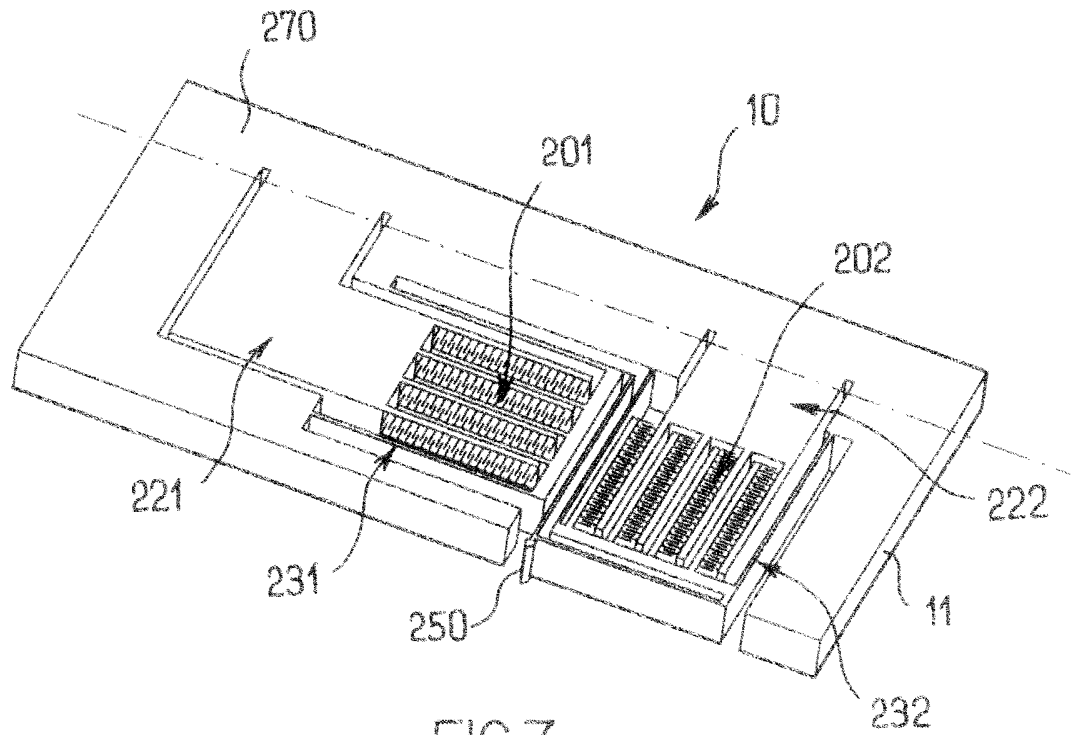


FIG. 7

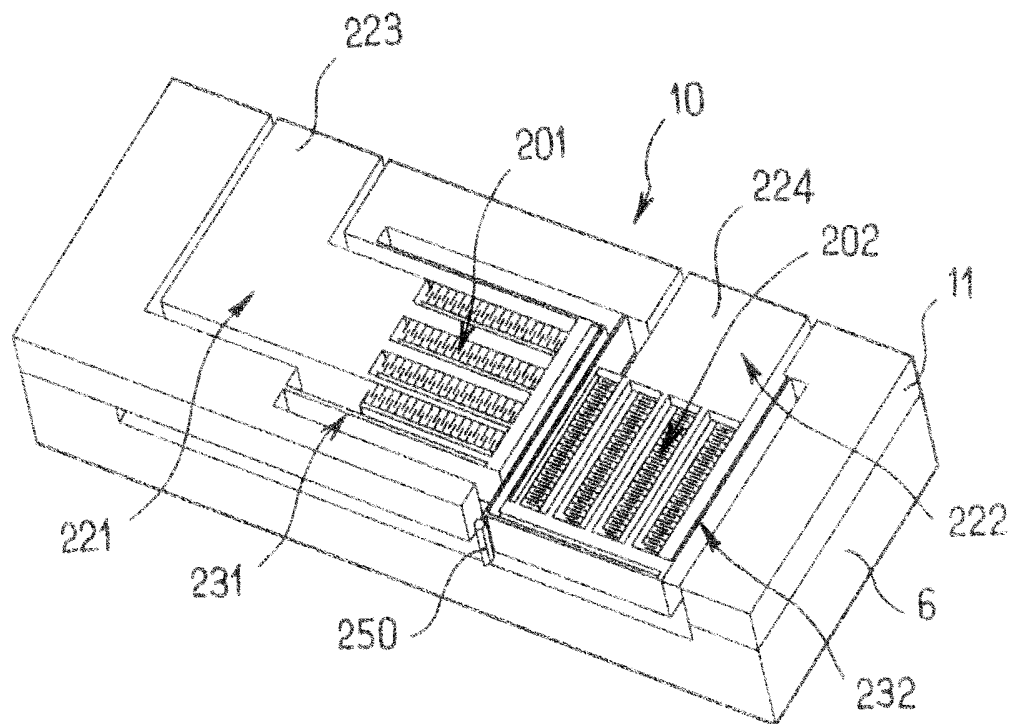


FIG. 8

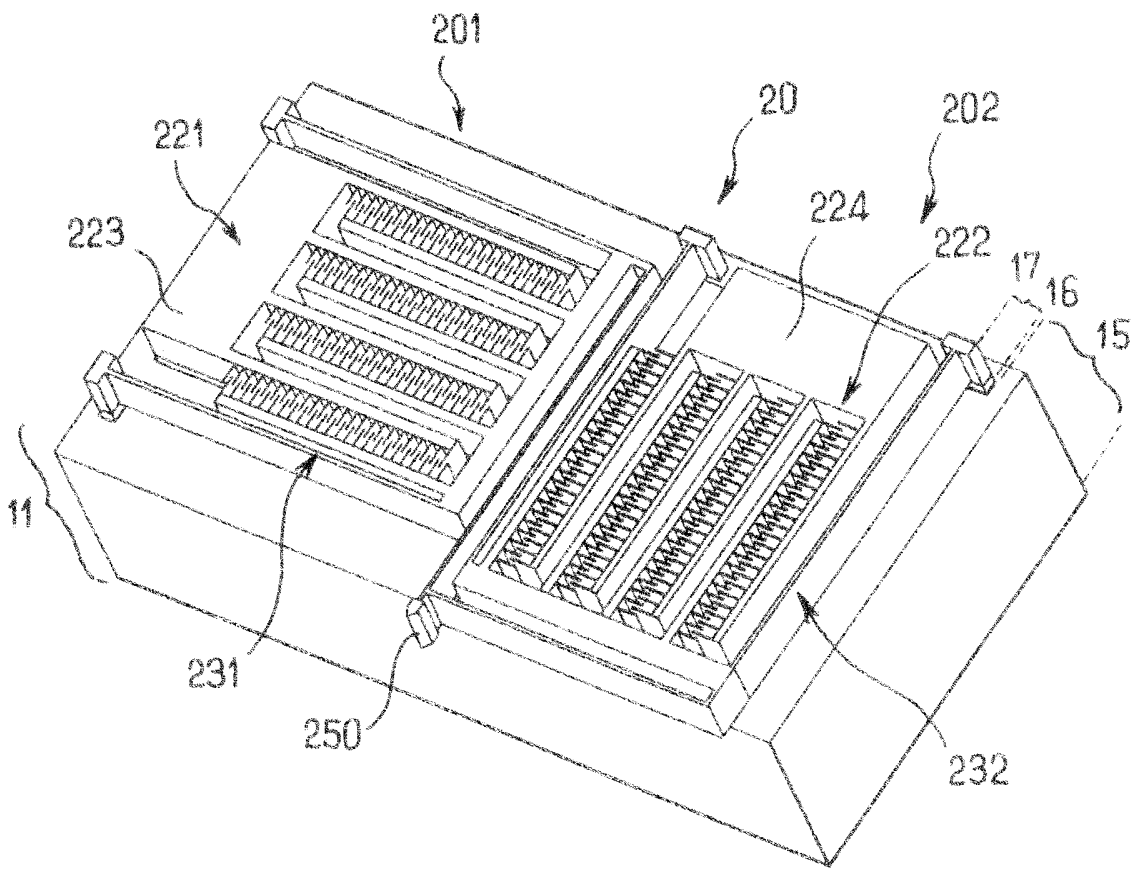


FIG. 9

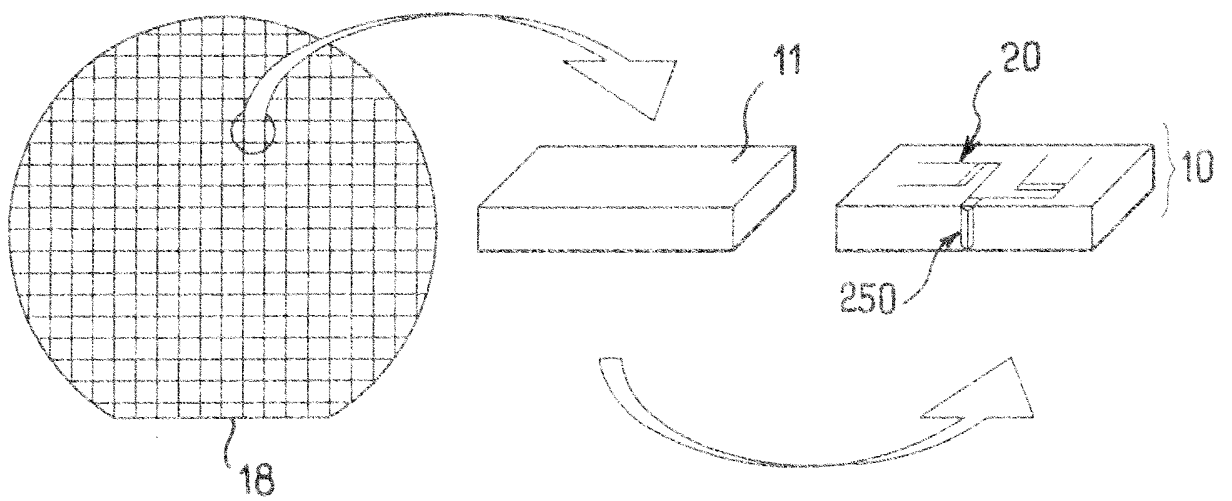


FIG. 15

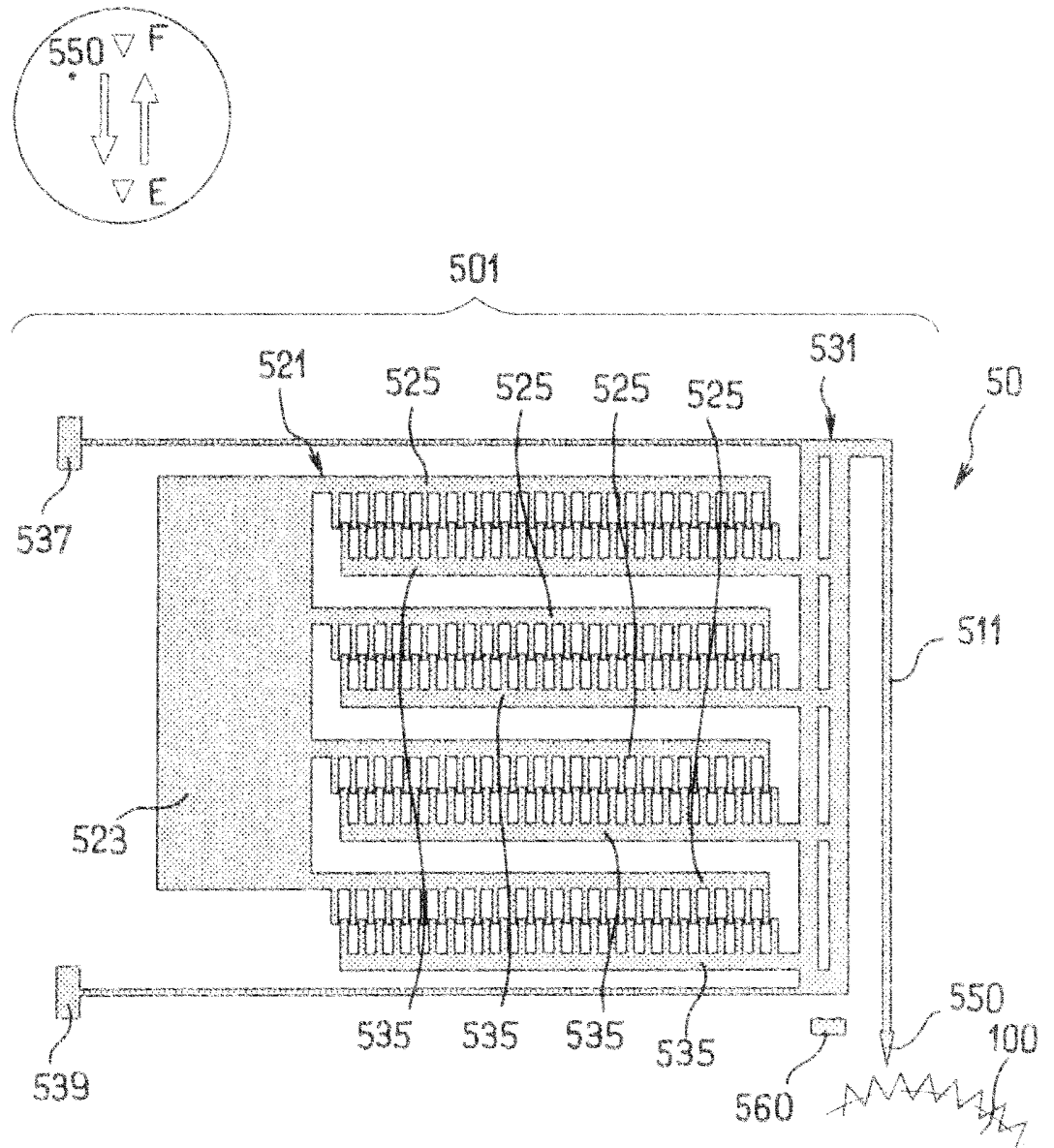


FIG.11

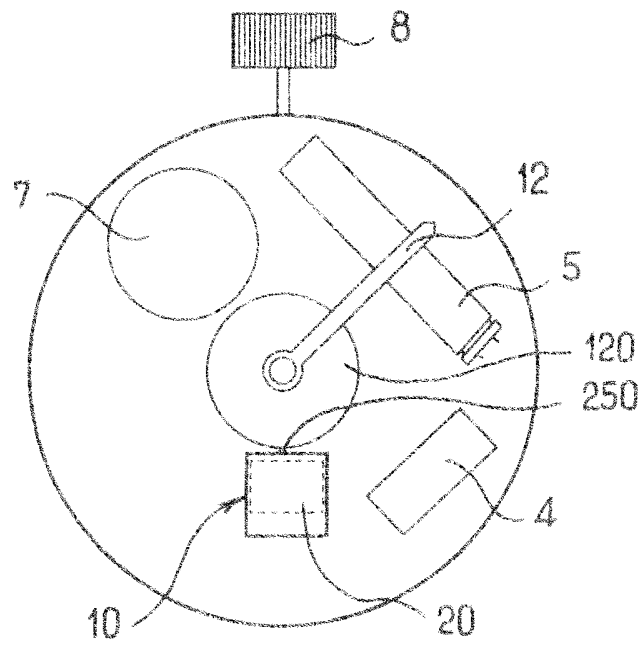


FIG.12

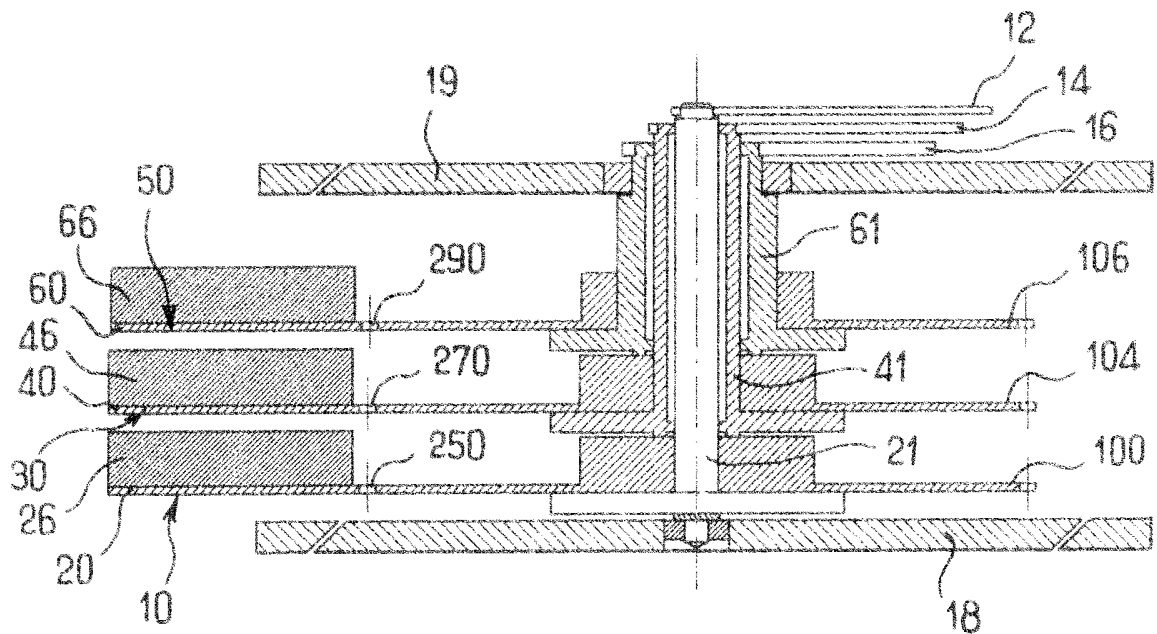


FIG.13

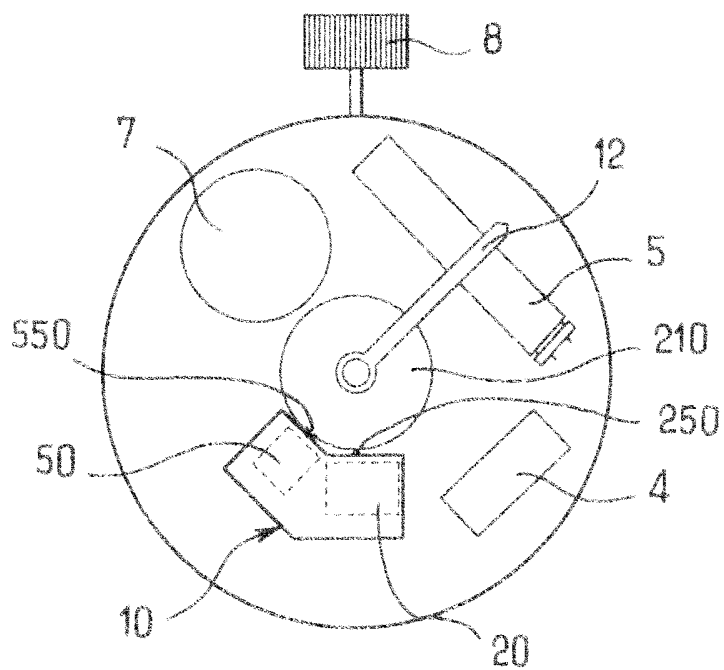


FIG.14

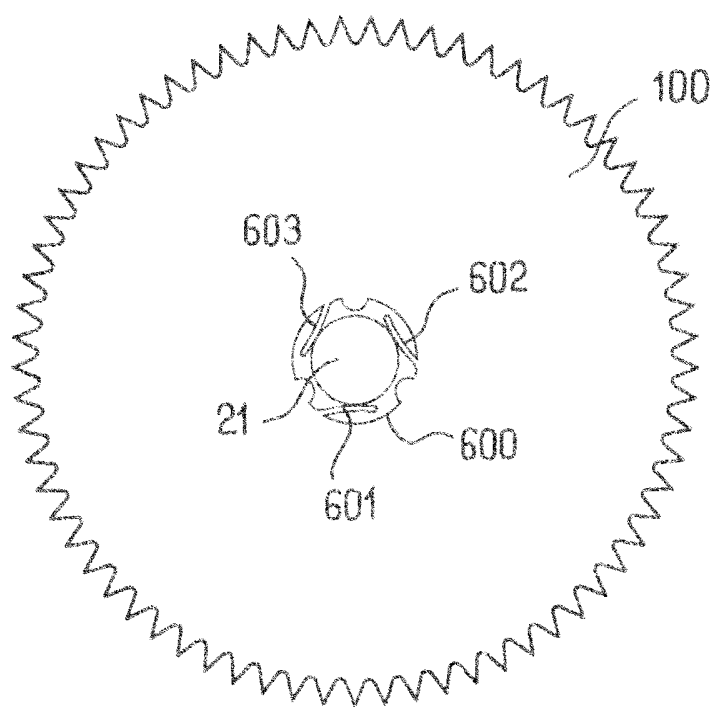


FIG.16

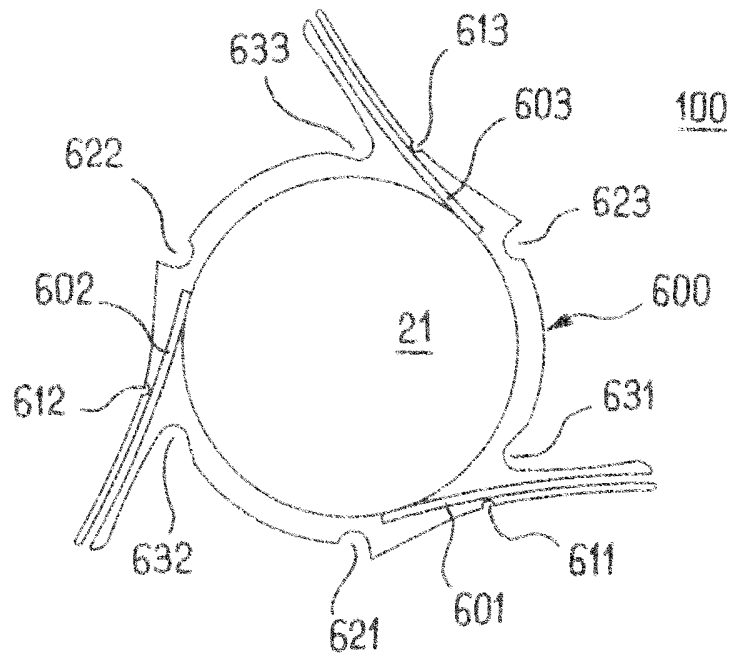


FIG.17