(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 521 141 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
30.05.2007 Bulletin 2007/22

(51) Int Cl.:
G04C 10/00 *(2006.01)*

(21) Numéro de dépôt: **03022031.3**

(22) Date de dépôt: **01.10.2003**

(54) **Pièce d'horlogerie ayant un mouvement mécanique associé à un régulateur électronique**

Uhr mit einem mechanischen Uhrwerk, das mit einem elektronischen Regulator gekoppelt ist

Timepiece with a mechanical movement coupled to an electronic regulator mechanism

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

(43) Date de publication de la demande:
06.04.2005 Bulletin 2005/14

(73) Titulaire: **ASULAB S.A.**
2074 Marin (CH)

(72) Inventeurs:
- **Born, Jean-Jacques**
  1110 Morges (CH)
- **Farine, Pierre-André**
  2000 Neuchâtel (CH)

(74) Mandataire: **Laurent, Jean et al**
I C B
Ingénieurs Conseils en Brevets SA
Rue des Sors 7
2074 Marin (CH)

(56) Documents cités:
CH-B- 597 636
GB-A- 880 121
US-A- 3 787 783

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 521 141 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention concerne une pièce d'horlogerie ayant une boîte contenant un mouvement d'horlogerie mécanique entraîné par un ressort et pourvu d'un régulateur mécanique qui est associé par couplage électromagnétique à un régulateur électronique, dans laquelle :

- le régulateur mécanique comporte un spiral associé à un balancier monté de manière rotative entre une platine et un coq, le balancier ayant une serge pourvue d'au moins une paire d'aimants permanents dont les directions d'aimantation sont sensiblement parallèles à l'axe du balancier, mais de sens mutuellement opposés; et
- le régulateur électronique comporte au moins une bobine fixe agencée pour coopérer avec lesdits aimants par couplage électromagnétique, un redresseur alimenté par ladite bobine et pourvu d'au moins un condensateur, et un circuit d'asservissement pourvu d'un oscillateur et agencé pour asservir la fréquence du régulateur mécanique à la fréquence de l'oscillateur au moyen dudit couplage électromagnétique.

[0002] Le principe d'un mouvement d'horlogerie mécanique mû par un ressort et régulé par un circuit électronique a été décrit par J.-C. Berney dans le brevet CH 597 636. Dans une version de base, il est mis en oeuvre en utilisant un générateur électrique dont le rotor est en prise directe avec le rouage du mouvement mécanique et tournant donc en continu. La vitesse du rotor est stabilisée à la fréquence de rotation adéquate pour l'indication de l'heure, au moyen d'un freinage électromagnétique régulé par le circuit électronique qui asservit cette fréquence à celle d'un oscillateur piloté par un résonateur à quartz. Des perfectionnements de pièces d'horlogerie ainsi agencées sont décrits dans les demandes de brevets EP 679 968, EP 762 243, EP 806 710, EP 822 470, EP 848 306, EP 875 807 et EP 935 177 du même demandeur que la présente demande, qui sont incorporées ici par référence dans la mesure où elles décrivent des circuits électroniques utilisables aussi avec la présente invention, avec les adaptations requises par le fait que les générateurs électriques sont différents.

[0003] Le même principe fait l'objet de la demande postérieure DE 39 03 706, qui représente schématiquement divers types de générateurs électriques utilisables dans ce contexte, y compris en combinaison avec un pendule oscillant.

[0004] La figure 3 du brevet CH 597 636 précité illustre schématiquement une variante qui correspond au préambule ci-dessus, c'est-à-dire dans laquelle la partie tournante du générateur électrique entraîné par le ressort du mouvement d'horlogerie est constituée par le balancier d'un résonateur horloger du type balancier-spiral. Autrement dit, le rotor du générateur de la version de base est remplacé par un élément oscillant qui est le balancier. Celui-ci porte deux aimants juxtaposés ayant des polarités mutuellement inversées et passant en regard d'une bobine d'induction fixe au cours de l'oscillation du balancier. Toutefois, aucune construction d'un tel générateur à balancier n'est proposée dans ce brevet ni n'a été réalisée depuis lors, à notre connaissance. Un problème particulier qui se pose dans un tel générateur à balancier de montre réside dans la configuration du circuit magnétique assurant le couplage entre la bobine fixe et les aimants du balancier, en tenant compte des masses métalliques avoisinantes du mouvement d'horlogerie mécanique.

[0005] Un problème analogue se présente dans les montres électriques du type dans lequel le mouvement oscillant d'un ensemble balancier-spiral est entretenu non pas par un ressort moteur, mais par des impulsions électriques appliquées à au moins une bobine fixe disposée en regard de la trajectoire des aimants, par exemple comme cela est décrit dans les brevets FR 1 473 362 et US 3 653 199. Pour éviter que le circuit magnétique fermé passe dans la platine ou d'autres éléments métalliques du mouvement mécanique, le balancier comporte deux roues parallèles disposées respectivement de part et d'autre de la bobine fixe. Les aimants sont disposés les uns en face des autres sur les deux roues. Selon le brevet FR 1 473 362, chaque roue est faite d'un matériau à perméabilité magnétique, par exemple l'acier doux, afin de fermer le circuit magnétique derrière les deux aimants qu'elle supporte. Le brevet US 3 670 492 prévoit une autre solution, consistant à utiliser des roues de balancier en métal non ferreux, comme dans les mouvements d'horlogerie classiques, et ajouter une culasse en métal magnétique derrière la paire d'aimants de chaque roue.

[0006] L'utilisation d'un tel balancier à deux roues dans une montre du type concerné par la présente invention serait très désavantageuse, principalement parce qu'un tel balancier serait trop encombrant et aurait un moment d'inertie trop élevé.

[0007] En effet, dans le cas de la présente invention, on vise à utiliser dans toute la mesure du possible un mouvement d'horlogerie mécanique de construction usuelle, en ajoutant simplement un régulateur électronique qui coopère avec le balancier du régulateur mécanique grâce à l'adjonction d'une paire d'aimants sur le balancier. Pour ce faire, le seul élément devant être nécessairement modifié dans le mouvement mécanique est le balancier, à cause de l'adjonction des aimants. Il faut évidemment que la fréquence propre d'oscillation de l'ensemble balancier-spiral après modification soit légèrement supérieure à celle d'origine, pour que le régulateur électronique puisse la stabiliser par de brefs freinages du balancier, mais la fréquence ainsi stabilisée doit être égale à la fréquence d'origine. Un but de l'invention est de conserver autant que possible les autres éléments du mécanisme, afin d'utiliser un mouvement mécanique existant ou similaire, pour des raisons de coût de construction et de rationalisation de la fourniture des pièces.

[0008] Si le balancier traditionnel d'un mouvement mécanique devait être remplacé par un balancier à deux roues conforme aux brevets précités, la plus grande dimension axiale de celui-ci nécessiterait un redimensionnement complet du mouvement, qui deviendrait nettement plus épais.

[0009] Un autre genre de combinaison d'un mouvement d'horlogerie mécanique avec un dispositif de régulation par voie électromagnétique fait l'objet d'un groupe de demandes de brevet de Seiko Instruments Inc., notamment les demandes EP 1 093 036 et EP 1 143 307, et comporte un aimant annulaire multipolaire, monté sur le balancier et coopérant avec une ou plusieurs bobines d'induction fixes. Celles-ci sont branchées par des fils conducteurs à un mécanisme de commutation situé sur le coq et fonctionnant par contact avec le spiral en fonction de l'amplitude d'oscillation du balancier. Ce contact met les bobines en court-circuit pour freiner le balancier lorsque l'amplitude d'oscillation dépasse un seuil prédéfini. Ces bobines sont placées sur la platine du mouvement, vis-à-vis de la serge du balancier. Dans une construction particulière décrite dans la demande EP 1 143 307, elles sont groupées sur une carte à circuits imprimés pour former une unité à circuits électriques qui est installée à un emplacement aménagé à cet effet sur la platine.

[0010] Comme un tel agencement n'a pas pour fonction de produire de l'énergie électrique, mais seulement de faire perdre de l'énergie au balancier, on n'attache pas grande importance au rendement de la conversion d'énergie, ni à la configuration du circuit magnétique. La présence de la platine et d'autres éléments du mouvement d'horlogerie au voisinage des bobines d'induction n'est pas gênante dans cette application, alors qu'elle peut l'être lorsqu'il s'agit d'assurer, dans le cas de la présente invention, l'alimentation d'un oscillateur électronique en consommant le moins possible de l'énergie mécanique fournie par le ressort.

Résumé de l'invention

[0011] Un but de l'invention consiste à réaliser une pièce d'horlogerie du type indiqué en préambule en agençant le régulateur électronique d'une manière qui permette d'utiliser un mouvement d'horlogerie mécanique avec le moins possible de modifications, tout en assurant un couplage électromagnétique efficace entre la partie fixe et la partie mobile du générateur électrique. Un but additionnel est d'agencer le régulateur électronique sous une forme peu encombrante et permettant si possible de le loger dans une boîte de même taille qu'une boîte destinée à recevoir seulement le mouvement mécanique.

[0012] A cet effet, une caractéristique de base d'une pièce d'horlogerie selon l'invention réside dans le fait que le régulateur électronique est formé par un module structurel entièrement séparé du mouvement d'horlogerie mécanique. Selon les cas, ce module peut être fixé sur une platine dudit mouvement, ou au contraire être supporté par la boîte indépendamment dudit mouvement.

[0013] Dans une forme de réalisation préférée, le régulateur électronique comporte une carte à circuits imprimés portant au moins le redresseur, un résonateur à quartz et le circuit d'asservissement, et de préférence également la bobine. Ainsi, le régulateur électronique est formé par une structure autonome et entièrement séparée du mouvement mécanique, dont la totalité sauf la bobine peut se trouver à l'extérieur du mouvement mécanique. Par exemple, ce module peut être fixé à un cercle d'emboîtage qui entoure le mouvement mécanique. Ceci permet de monter aisément le module électronique dans une boîte de montre après l'emboîtage du mouvement mécanique.

[0014] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront ci-dessous dans la description détaillée de deux modes de réalisation, présentés à titre d'exemples non limitatifs en référence aux dessins annexés.

Description sommaire des dessins

[0015]

La figure 1 représente la disposition d'un mouvement d'horlogerie mécanique associé à un module régulateur électronique dans une montre selon les principes de la présente invention dans un premier mode de réalisation, l'ensemble étant vu du côté opposé à la platine du mouvement mécanique.

La figure 2 montre plus en détail le balancier du mouvement mécanique.

La figure 3 montre plus en détail le module régulateur électronique.

La figure 4 est une vue en coupe verticale schématique d'une montre à remontage automatique comportant les éléments représentés en figure 1.

La figure 5 est une vue de dessous montrant la masse oscillante de la montre de la figure 4.

La figure 6 est un schéma fonctionnel de la montre de la figure 4.

La figure 7 représente des chronogrammes de certains signaux mentionnés dans la figure 6.

La figure 8 est une vue analogue à la figure 4, représentant un second mode de réalisation.

Description détaillée de l'invention

[0016] On se référera tout d'abord aux figures 1 à 5 qui représentent schématiquement les principaux éléments d'une montre-bracelet selon l'invention, dans un premier mode de réalisation. La montre comporte un mouvement d'horlogerie mécanique 10 à remontage automatique, d'un type courant tel que le calibre Eta 2824, et un régulateur électronique réalisé sous la forme d'un module électronique 11 comportant une bobine 12 qui coopère par couplage électromagnétique avec le balancier 13 du mouvement mécanique 10, ce balancier

étant la seule pièce modifiée par rapport au mouvement d'origine.

[0017] Comme le mouvement 10 est bien connu, on n'a représenté que quelques-uns de ses composants dans les dessins, notamment un barillet 14 à ressort qui entraîne une roue d'échappement 15 par l'intermédiaire d'un rouage 16 comprenant une roue de seconde centrale 17, d'où est dérivé l'entraînement des aiguilles 18 de la montre. L'échappement comporte une ancre 19 donnant des impulsions au régulateur mécanique 20 qui comprend le balancier 13 et un ressort spiral 21, le régulateur étant monté de manière rotative entre la platine 22 du mouvement 10 et un coq 23 fixé à la platine. Dans la figure 1, le coq 23 est représenté transparent pour clarifier le dessin. Comme d'habitude, la platine 22 (figure 4) du mouvement 10 est située dans la boîte de montre du côté du cadran 24 et elle est fixée par des brides 25 à un cercle d'emboîtage 26 qui entoure le mouvement 10 et qui est monté lui-même à l'intérieur de la carrure 27 de la boîte de montre. Ainsi, le coq 23 et les autres ponts du mouvement 10, ainsi que la masse oscillante 28 du remontage automatique, se trouvent du côté du fond amovible 29 de la boîte de montre. Le dessus de la boîte est formé par une glace 30 montée sur la carrure 27, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une lunette.

[0018] Le mouvement 10 est conçu pour fonctionner avec une fréquence usuelle d'oscillation du régulateur 20, les fréquences usuelles étant généralement comprises entre 2,5 Hz et 5 Hz, et de préférence égales à 3 Hz ou 4 Hz. Dans les exemples décrits ici, la fréquence théorique d'oscillation du régulateur 20 est de 4 Hz.

[0019] La figure 2 représente plus en détail le balancier 13, vu du côté du coq 23. Le balancier comporte un axe 32, dont les extrémités sont montées dans des paliers portés par la platine 22 et le coq 23, et une roue plate ayant une serge 34 pourvue de deux parties élargies 35 et 36 centrées chacune sur un axe diamétral 37 de la roue de balancier. La partie 35 porte deux aimants 38 et 39, tandis que la partie 36 constitue un contrepoids de façon que le centre de gravité du balancier se trouve au centre de son axe 32. Chacun des aimants 38 et 39 est formé par une petite pastille cylindrique aimantée parallèlement à l'axe 32 du balancier, mais avec des polarités inverses d'un aimant à l'autre afin de créer des lignes de champ qui passent à travers les deux aimants. Les aimants sont fixés sur la partie 35 de la serge, par exemple par collage, du côté opposé à la platine 22. La serge 34 du balancier est faite d'un métal magnétique tel que le fer-nickel, de sorte que sa partie 35 forme un shunt magnétique qui ferme le circuit du champ magnétique créé des aimants 38 et 39 du côté de la platine 22.

[0020] Par rapport au balancier du mouvement d'origine, le balancier 13 peut avoir approximativement les mêmes dimensions extérieures et la même masse. Par exemple, l'épaisseur de la serge 34 peut être de 0,15 mm et celle des aimants de 0.25 mm, de sorte que l'épaisseur totale de 0,4 mm est la même que celle de la serge du balancier du mouvement d'origine. Le régulateur mécanique 20 est agencé pour avoir une fréquence propre d'oscillation légèrement plus élevée (par exemple d'environ 1 %) que la fréquence théorique de 4 Hz sur toute la plage utile de l'armage du ressort 54, afin que la stabilisation de sa fréquence réelle par le circuit d'asservissement puisse se faire uniquement par de petites impulsions de freinage. A cet effet, une solution simple consiste à utiliser un spiral identique à celui du mouvement d'origine et à donner au balancier un moment d'inertie légèrement inférieur. On peut également régler l'avance du régulateur mécanique de la manière classique, au moyen de la raquette.

[0021] De préférence, le régulateur mécanique 20 est monté de façon que, dans sa position neutre où le spiral 21 est au repos, l'axe diamétral 37 et donc la paire d'aimants 38 et 39 se trouvent en regard de la bobine 12. En fonctionnement, le balancier 13 oscille de part et d'autre de cette position neutre comme l'indiquent les flèches A et B de la figure 2. Comme la vitesse instantanée du balancier est maximale lorsqu'il passe par sa position neutre, la tension efficace induite dans la bobine sera maximisée si la paire d'aimants passe devant la bobine à ce moment-là. L'amplitude d'oscillation d'environ $\pm$ 270 degrés lorsque le ressort du barillet est entièrement armé dans un mouvement traditionnel peut ici être quelque peu réduite, par exemple à environ $\pm$ 180 degrés, par la consommation d'énergie du générateur électrique.

[0022] Afin d'obtenir une tension de sortie plus élevée, on peut prévoir deux ou plusieurs bobines fixes 12 connectées en série, coopérant avec un nombre correspondant de paires d'aimants sur le balancier 13.

[0023] La figure 3 montre l'aspect extérieur du module électronique 11, dont les circuits seront décrits plus loin en référence à la figure 6. Ses composants sont supportés par une carte à circuits imprimés 41 ayant une forme générale en segment de cercle, afin de prendre place contre la face inférieure du cercle d'emboîtage 26, auquel elle est fixée par des vis 42. Les composants représentés en figure 3 comprennent la bobine 12 montée sur une partie 43 de la carte 41 élargie en direction de l'intérieur de la montre, une paire de diodes Schottky 44 et 45, une paire de condensateurs 46 et 47, un résonateur à quartz 48 et un circuit intégré 49. La bobine 12 est montée sur la face supérieure de la carte 41, laquelle la maintient dans une position fixe qui est choisie de façon qu'il existe un faible entrefer entre la bobine 12 et les aimants 38 et 39, typiquement de l'ordre de 0,2 mm pour assurer un couplage électromagnétique assez fort. Dans l'exemple représenté ici, les autres éléments 44 à 49 sont montés sur la face inférieure de la carte 41, de sorte qu'ils se trouvent dans un espace 50 habituellement libre entre le cercle d'emboîtage 26 et le fond 29 de la boîte. Toutefois, ces éléments ou certains d'entre eux pourraient aussi être disposés sur la face supérieure de la carte 41, à condition de ménager des dégagements appropriés dans le cercle d'emboîtage 26.

[0024] Dans une variante non représentée, la bobine

12 pourrait être montée sur un support séparé au lieu d'être directement sur la carte 41. Celle-ci pourrait alors être remplacée par un film souple, qui pourrait être collé sous le cercle d'emboîtage 26.

[0025] En observant notamment les figures 1 et 4, on remarque que la configuration du module électronique 11 permet de loger ce module dans la boîte de montre entièrement en dehors du mouvement mécanique 10, à l'exception de la bobine 12 qui doit se trouver en face de la serge du balancier 13. Cependant, cette bobine occupe un espace qui, dans les mouvements mécaniques usuels, est généralement libre entre le spiral 21 et la périphérie du mouvement. Dans certains types de mouvements à remontage automatique, il se peut que cet espace soit partiellement occupé par la partie périphérique épaisse de la masse oscillante 28. Si l'on désire utiliser la présente invention avec un tel mouvement, il suffira de modifier légèrement cette partie de la masse oscillante de façon à libérer une hauteur suffisante pour la bobine 12. Une telle modification est aisée et n'a pas de répercussions sur les autres composants du mouvement, à condition que la modification de la masse oscillante ne diminue pas le couple de remontage. La boîte de la montre peut être identique à celle qui reçoit le mouvement mécanique d'origine.

[0026] Le fonctionnement de la montre illustrée par les figures 1 à 5 sera décrit maintenant en se référant particulièrement aux figures 6 à 7. Dans la figure 6, le mouvement mécanique 10 est mû par le ressort 54 du barillet, constituant la source d'énergie mécanique qui entraîne le balancier 13 par l'intermédiaire du rouage 16 et de l'échappement 55, le rouage entraînant également les aiguilles 18. On reconnaît également la paire d'aimants 38 et 39 du balancier 13 et la bobine 12 qui forme un générateur électrique 56 avec le balancier.

[0027] Les circuits du module électronique 11 décrits plus haut sont représentés à la figure 6 et comprennent la bobine 12, un redresseur 58 et un circuit d'asservissement 60 qui est réalisé dans le circuit intégré 49 représenté en figure 3. Le redresseur 58 comprend les deux diodes Schottky 44 et 45 et les deux condensateurs 46 et 47, qui sont de préférence du type céramique. Les entrées du redresseur sont connectées aux bornes de la bobine 12 et ses sorties V+, V0 et V- assurent l'alimentation du circuit d'asservissement 60 grâce à l'énergie électrique produite par le générateur 56 et stockée dans les deux condensateurs. Une valeur minimale de 0,6 V des tensions redressées V+ et V-, correspondant à l'amplitude minimale admissible de l'oscillation du balancier 13, est suffisante pour faire fonctionner le circuit intégré 49, notamment si celui-ci est réalisé en technologie SOI.

[0028] Le chronogramme (a) de la figure 7 représente l'évolution de la tension Ug induite aux bornes de la bobine 12 par trois alternances du balancier 13, chaque alternance comprenant un passage de la paire d'aimants 38 et 39 devant la bobine. Le premier passage, lors du mouvement du balancier dans un premier sens, engendre successivement trois alternances principales de la tension Ug, à savoir une alternance négative A1, une alternance positive A2 et une alternance négative A3, puis la tension reste sensiblement nulle pendant que le mouvement du balancier s'achève et change de sens. L'interruption de la tension pendant une brève durée tf correspond à un freinage qui sera décrit plus loin. Le passage des aimants au retour du balancier engendre trois autres alternances principales de la tension Ug, à savoir une alternance positive A4, une alternance négative A5 et une alternance positive A6, puis la tension reste de nouveau sensiblement nulle jusqu'au prochain passage dans le premier sens, où la tension Ug recommence son cycle ayant une période T qui est la période réelle d'oscillation du balancier.

[0029] Le circuit d'asservissement 60 comporte un oscillateur référencé Osc, piloté par le résonateur à quartz 48 pour former une base de temps. Le circuit 60 est agencé pour asservir la fréquence d'oscillation du balancier 13 à une fréquence de référence FR dérivée de l'oscillateur Osc, en effectuant de brèves opérations de freinage du balancier par mise en court-circuit de la bobine 12 au moyen d'un interrupteur électronique tel qu'un transistor 62, suivant le principe décrit dans les brevets EP 679 968 et EP 806 710 mentionnés plus haut. Etant donné que le circuit d'asservissement 60 représenté à la figure 6 est pratiquement semblable à celui décrit dans le brevet EP 806 710 (correspondant au brevet US 5 740 131) auquel le lecteur pourra se référer pour plus de détails, on le décrira ici d'une manière simplifiée, tout en expliquant en détail les différences résultant de la présente invention.

[0030] L'oscillateur Osc délivre le signal FO, ayant par exemple une fréquence de 32768 Hz, à un circuit diviseur Div dont une sortie délivre un signal à la fréquence de référence FR = 4 Hz à l'entrée négative d'un circuit comparateur Cmp, tandis qu'une autre sortie délivre un signal de fréquence intermédiaire F1, par exemple à 4096 Hz, comme signal d'horloge à un temporisateur Tmr. Une sortie du temporisateur Tmr délivre, quand il le faut, une impulsion de freinage IF de durée tf, qui rend conducteur le transistor 62 pour court-circuiter la bobine 12. Pendant cette durée, la tension Ug tombe à une valeur proche de zéro, comme on le voit dans le chronogramme (a) de la figure 7.

[0031] La tension Ug aux bornes de la bobine 12 est délivrée à des moyens de mesure de sa fréquence, comprenant une bascule de Schmitt référencée Trig et un circuit d'inhibition Inh. Comme on le voit dans les chronogrammes (a) et (b) de la figure 7, la bascule Trig délivre au circuit d'inhibition un signal de détection IM qui change de signe chaque fois que la valeur absolue de la tension Ug s'élève suffisamment pour franchir le seuil de tension haut Uth ou bas Utb de la bascule. Le rôle du circuit d'inhibition Inh est de délivrer, pour chaque période de l'oscillation du balancier 13 et donc pour un passage sur deux de la paire d'aimants 38 et 39 en face de la bobine 12, une impulsion de mesure IN à l'entrée positive du

circuit comparateur Cmp et au temporisateur Tmr. Les impulsions de mesure IN, représentées dans le chronogramme (c) de la figure 7, ont donc théoriquement une fréquence f de 4 Hz et une période T de 250 ms, mais on peut aussi envisager de délivrer une impulsion de mesure IN pour chaque passage des aimants en face de la bobine, donc à une fréquence théorique de 8 Hz.

[0032] Dans le présent exemple, on a choisi d'effectuer le freinage éventuel au cours de la plus grande alternance A2 de la tension Ug et non pas au cours de la première alternance A1, parce que celle-ci est plus courte. En conséquence, le circuit d'inhibition Inh est agencé pour ne pas considérer le premier changement d'état du signal IM à l'instant t1 indiqué dans la figure 7, mais seulement le second à l'instant t2, pour délivrer l'impulsion de mesure IN. Autrement, on pourrait aussi envisager d'effectuer le freinage pendant la première alternance A1.

[0033] Le circuit comparateur Cmp a pour fonction d'indiquer par son signal de sortie AV si l'oscillation du balancier 13 est en avance par rapport à celle de l'oscillateur OSC. Ce comparateur peut être par exemple un compteur-décompteur ou compteur réversible, qui totalise la différence entre le nombre des impulsions de mesure IN reçues à son entrée positive et le nombre des impulsions de référence reçues à la fréquence FR à son entrée négative. Le temporisateur Tmr reçoit le signal AV et, si celui-ci indique que le balancier a de l'avance, il délivre un bref signal de freinage IF qui rend temporairement conducteur le transistor 62, ce qui freine le balancier comme on l'a expliqué plus haut. Le début du signal de freinage IF est de préférence légèrement retardé par rapport à l'apparition de l'impulsion de mesure IN, comme on le voit dans la figure 7, et la durée tf du signal de freinage IF est prédéterminée de façon que le freinage s'effectue dans une partie initiale de la plus grande alternance A2 de la tension Ug, mais pas dans la durée où la tension est la plus haute, car c'est à ce moment que le générateur électrique 56 peut fournir le plus d'énergie aux condensateurs 46 et 47. Au moment où il délivre le signal de freinage IF, le temporisateur Tmr commence à délivrer au circuit Inh un signal d'inhibition SI ayant pour fonction d'empêcher l'émission d'une autre impulsion de mesure IN avant la prochaine période d'oscillation du balancier. Comme on le voit dans le chronogramme (d) de la figure 7, la durée ti du signal d'inhibition SI est un peu plus courte que la période T, par exemple 80 % de T.

[0034] Les chronogrammes de la figure 7 correspondent au cas où un seul freinage de durée tf a suffi à ramener à zéro le décompte différentiel dans le comparateur Cmp, de sorte qu'il n'y a pas de nouveau freinage au cours de la prochaine alternance A2 de la tension. Dans le cas contraire, un freinage sera effectué à chaque période successive jusqu'à ce que le nombre de périodes du balancier 13 soit égal à celui de l'oscillateur électronique Osc.

[0035] La structure particulière du circuit d'asservissement 60 décrit ci-dessus et les fonctions de ses divers composants ne sont pas critiques pour la mise en oeuvre de la présente invention, car elles peuvent être réalisées différemment. On pourra en outre leur apporter les perfectionnements prévus dans les brevets cités plus haut du même demandeur. En particulier, le perfectionnement décrit dans le brevet EP 875 807 s'applique avantageusement en combinaison avec la présente invention. Il s'agit d'appliquer des impulsions électriques motrices au convertisseur électromécanique constitué par le générateur électrique 56, afin de maintenir une amplitude d'oscillation suffisante du balancier pour que l'échappement 55 fonctionne bien lorsque le couple fourni par le ressort 54 descend au-dessous d'une valeur limite, et ceci jusqu'à ce que le ressort soit réarmé, par exemple par remontage automatique. Il convient alors d'ajouter un accumulateur capable de fournir l'énergie électrique servant à pallier temporairement l'insuffisance d'énergie mécanique.

[0036] La figure 8 est une vue en coupe analogue à la figure 4 et représente un second mode de réalisation d'une montre selon l'invention, dont on décrira seulement les différences par rapport à l'exemple décrit ci-dessus, en réutilisant les mêmes numéros de référence pour les éléments correspondants. Dans ce cas, la carte à circuits imprimés 41 du module électronique 11, au lieu d'être placée contre la face inférieure du cercle d'emboîtage 26, se trouve sur la face supérieure de ce cercle, c'est-à-dire du côté du cadran 24. La bobine 12 et les autres composants montés sur la carte 41 sont placés sur la face inférieure de la carte, lesdits composants prenant place dans des évidements (non représentés) ménagés dans le cercle d'emboîtage 26. Une feuille isolante peut être interposée entre ce cercle et la carte dans les zones où la carte est fixée au cercle par les vis 42. Le fonctionnement de la montre est le même que dans le premier mode de réalisation.

[0037] Le balancier 13 diffère de celui de l'exemple précédent uniquement par le fait que les aimants 38 et 39 sont placés sur la face supérieure de la serge, pour passer près de la bobine 12 située au-dessus. Selon le mouvement d'origine utilisé, il peut être nécessaire de pratiquer une découpe 52 dans la platine 22 pour laisser place à la bobine 12. Cela peut se faire en général sans difficulté, car si la platine des mouvements usuels s'étend dans cette région, c'est seulement pour épauler le cadran et elle n'y porte habituellement aucun composant du mouvement lui-même.

[0038] Dans ce second exemple, les seules modifications à effectuer sur le mouvement d'horlogerie mécanique 10 consistent à changer le balancier et à ménager éventuellement la découpe 52 dans la platine. Aucune modification n'est requise sur la masse oscillante 28 du remontage automatique. Le cercle d'emboîtage 26 devra évidemment être adapté pour recevoir le module électronique 11. La boîte de la montre peut être identique à celle qui reçoit le mouvement mécanique d'origine.

[0039] Selon une variante qui n'est pas illustrée ici, on peut modifier l'agencement représenté en figure 8 afin de fixer le module électronique 11 à la platine 22 au lieu

du cercle d'emboîtage 26. A cet effet, la découpe 52 peut être remplacée par un évidement n'occupant qu'une partie de l'épaisseur de la platine. La fixation à la platine a l'avantage d'assurer une grande précision de positionnement de la bobine 12 par rapport au balancier 13.

[0040] Bien que les exemples décrits ici se rapportent à une montre-bracelet à remontage automatique, les applications de la présente invention ne sont pas limitées à cet objet et s'étendent à tout type de pièce d'horlogerie ayant un mouvement mécanique pourvu d'un régulateur à balancier-spiral.

Revendications

1. Pièce d'horlogerie ayant une boîte contenant un mouvement d'horlogerie mécanique (10) entraîné par un ressort (54) et pourvu d'un régulateur mécanique (20) est associé par couplage électromagnétique à un régulateur électronique logé dans la boîte, dans laquelle :

   le régulateur mécanique comporte un spiral (21) associé à un balancier (13) ayant une serge (34) pourvue d'au moins une paire d'aimants permanents (38, 39) dont les directions d'aimantation sont sensiblement parallèles à l'axe du balancier, mais de sens mutuellement opposés;
   le régulateur électronique comporte au moins une bobine fixe (12) agencée pour coopérer avec lesdits aimants par couplage électromagnétique, un redresseur (58) alimenté par ladite bobine et pourvu d'au moins un condensateur, et un circuit d'asservissement (60) pourvu d'un oscillateur et agencé pour asservir la fréquence du régulateur mécanique à la fréquence de l'oscillateur au moyen dudit couplage électromagnétique,
   la pièce d'horlogerie étant **caractérisée en ce que** le régulateur électronique est formé par un module structurel (11) entièrement séparé du mouvement d'horlogerie mécanique (10).

2. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** ledit module (11) est fixé sur une platine (22) dudit mouvement (10).

3. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** ledit module (11) est supporté par la boîte indépendamment dudit mouvement (10).

4. Pièce d'horlogerie selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** le régulateur électronique comporte une carte à circuits imprimés (41) portant au moins le redresseur (58), un résonateur à quartz (48) et le circuit d'asservissement (60).

5. Pièce d'horlogerie selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la carte à circuits imprimés (41) porte en outre la bobine (12).

6. Pièce d'horlogerie selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la carte à circuits imprimés (41), sauf sa partie (43) portant la bobine le cas échéant, a la forme d'un segment de cercle.

7. Pièce d'horlogerie selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la carte à circuits imprimés (41), sauf sa partie (43) portant la bobine le cas échéant, est située à l'extérieur du mouvement d'horlogerie mécanique (10).

8. Pièce d'horlogerie selon la revendication 7, **caractérisée en ce que** la carte à circuits imprimés (41) est fixée à un cercle d'emboîtage (26) qui entoure le mouvement d'horlogerie mécanique (10).

9. Pièce d'horlogerie selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** la carte à circuits imprimés (41) est placée sur une face supérieure du cercle d'emboîtage (26), du côté d'un cadran (24) de la pièce d'horlogerie.

10. Pièce d'horlogerie selon la revendication 8, **caractérisée en ce que** la carte à circuits imprimés (41) est placée sur une face inférieure du cercle d'emboîtage (26), du côté d'un fond amovible (29) de la pièce d'horlogerie.

11. Pièce d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le mouvement d'horlogerie mécanique (10) est un mouvement à remontage automatique, comportant une masse oscillante (28) agencée pour tourner autour d'un axe central du mouvement, et **en ce que** la bobine (12) s'étend au moins en partie entre la serge (34) du balancier et la trajectoire d'une partie périphérique de la masse oscillante (28).

12. Pièce d'horlogerie selon les revendications 4 et 11, **caractérisée en ce que** le résonateur à quartz (48) est disposé sur la carte à circuits imprimés (41) du côté du fond (29) de la boîte et se trouve sensiblement au même niveau que la partie périphérique de la masse oscillante (28).

Claims

1. Timepiece having a case containing a mechanical watch movement (10) driven by a spring (54) and provided with a mechanical regulator (20), which is associated, via electromagnetic coupling, with an electronic regulator housed in the case, wherein:

   the mechanical regulator includes a balance

spring (21) associated with a balance (13) having a rim (34) provided with at least one pair of permanent magnets (38, 39) whose directions of magnetisation are substantially parallel to the axis of the balance, but in opposite directions to each other;
the electronic regulator includes at least one fixed coil (12) arranged for cooperating with said magnets via electromagnetic coupling, a rectifier (58) powered by said coil and provided with at least one capacitor, and an enslaving circuit (60) provided with an oscillator and arranged for enslaving the frequency of the mechanical regulator to the frequency of the oscillator by means of said electromagnetic coupling,
the timepiece being **characterized in that** the electronic regulator is formed by a structural module (11) that is entirely separate from the mechanical watch movement (10).

2. Timepiece according to claim 1, **characterized in that** said module (11) is fixed onto a plate (22) of said movement (10).

3. Timepiece according to claim 1, **characterized in that** said module (11) is carried by the case independently of said movement (10).

4. Timepiece according to claim 1, **characterized in that** the electronic regulator includes a printed circuit board (41) carrying at least the rectifier (58), a quartz resonator (48) and the enslaving circuit (60).

5. Timepiece according to claim 4, **characterized in that** the printed circuit board (41) further carries the coil (12).

6. Timepiece according to claim 4, **characterized in that**, except for the part thereof (43) carrying the coil when required, the printed circuit board (41) has the shape of a segment of a circle.

7. Timepiece according to claim 4, **characterized in that**, except for the part thereof (43) carrying the coil when required, the printed circuit board (41) is located outside the mechanical watch movement (10).

8. Timepiece according to claim 7, **characterized in that** the printed circuit board (41) is fixed to a casing ring (26), which surrounds the mechanical watch movement (10).

9. Timepiece according to claim 8, **characterized in that** the printed circuit board (41) is placed on a top face of the casing ring (26), on the side of a dial (24) of the timepiece.

10. Timepiece according to claim 8, **characterized in that** the printed circuit board (41) is placed on a bottom face of the casing ring (26), on the side of a removable back cover (29) of the timepiece.

11. Timepiece according to any of the preceding claims, **characterized in that** the mechanical watch movement (10) is a self-winding movement, including an oscillating weight (28) arranged for rotating about a central axis of the movement, and **in that** the coil (12) extends at least in part between the rim (34) of the balance and the trajectory of a peripheral part of the oscillating weight (28).

12. Timepiece according to claims 4 to 11, **characterized in that** the quartz resonator (48) is disposed on the printed circuit board (41) on the back cover (29) side of the case and is located at substantially the same level as the peripheral part of the oscillating weight (28).

Patentansprüche

1. Zeitmessgerät mit einem Gehäuse, das ein mechanisches Gangwerk (10) enthält, das durch eine Feder (54) angetrieben wird und mit einem mechanischen Regulator (20) versehen ist, der über eine elektromagnetische Kopplung einem in dem Gehäuse vorhandenen elektronischen Regulator zugeordnet ist, wobei:

der mechanische Regulator eine Spiralfeder (21) umfasst, die einer Unruh (13) mit einem Unruh-Ring (34) zugeordnet ist, der mit wenigstens einem Paar Permanentmagneten (38, 39) versehen ist, deren Magnetisierungsrichtungen zur Achse der Unruh im Wesentlichen parallel, jedoch zueinander entgegengesetzt sind;
der elektronische Regulator wenigstens eine feste Spule (12), die so beschaffen ist, dass sie mit dem Magneten durch elektromagnetische Kopplung zusammenwirkt, einen Gleichrichter (58), der durch die Spule versorgt wird und mit wenigstens einem Kondensator versehen ist, und eine Regelungsschaltung (60), die mit einem Oszillator versehen und so beschaffen ist, dass sie die Frequenz des mechanischen Regulators über die elektromagnetische Kopplung auf die Oszillatorfrequenz regelt, umfasst,

wobei das Zeitmessgerät **dadurch gekennzeichnet ist, dass** der elektronische Regulator durch ein strukturelles Modul (11) gebildet ist, das von dem mechanischen Gangwerk vollständig getrennt ist.

2. Zeitmessgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Modul (11) an einer Platine (22) des Gangwerks (10) befestigt ist.

3. Zeitmessgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Modul (11) durch ein Gehäuse unabhängig von dem Gangwerk (10) unterstützt ist.

4. Zeitmessgerät nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der elektronische Regulator eine gedruckte Leiterplatte (41) umfasst, die wenigstens den Gleichrichter (58), einen Quarzresonator (48) und die Regelungsschaltung (60) umfasst.

5. Zeitmessgerät nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gedruckte Leiterplatte (41) außerdem die Spule (12) trägt.

6. Zeitmessgerät nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gedruckte Leiterplatte (41), gegebenenfalls bis auf ihren die Spule tragenden Teil (43), die Form eines Kreissegments hat.

7. Zeitmessgerät nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich die gedruckte Leiterplatte (41), gegebenenfalls bis auf ihren die Spule tragenden Teil (43), außerhalb des mechanischen Gangwerks (10) befindet.

8. Zeitmessgerät nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gedruckte Leiterplatte (41) an einem Werkgestellkreis (26) befestigt ist, der das mechanische Gangwerk (10) umgibt.

9. Zeitmessgerät nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gedruckte Leiterplatte (41) an einer oberen Fläche des Werkgestellkreises (26) auf Seiten eines Zifferblatts (24) des Zeitmessgeräts angeordnet ist.

10. Zeitmessgerät nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gedruckte Leiterplatte (41) an einer unteren Fläche des Werkgestellkreises (26) auf Seiten eines abnehmbaren Bodens (29) des Zeitmessgeräts angeordnet ist.

11. Zeitmessgerät nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mechanische Gangwerk (10) ein Gangwerk mit automatischem Aufzug ist, das eine Schwingmasse (28) aufweist, die so angeordnet ist, dass sie sich um eine Mittelachse des Gangwerks dreht, und dass sich die Spule (12) wenigstens teilweise zwischen dem Unruh-Ring (34) der Unruh und der Bahn eines Umfangsteils der Schwingmasse (28) erstreckt.

12. Zeitmessgerät nach den Ansprüchen 4 und 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Quarzresonator (48) auf der gedruckten Leiterplatte (41) auf Seiten des Bodens (29) des Gehäuses angeordnet ist und sich im Wesentlichen auf derselben Höhe wie der Umfangsteil der Schwingmasse (28) befindet.

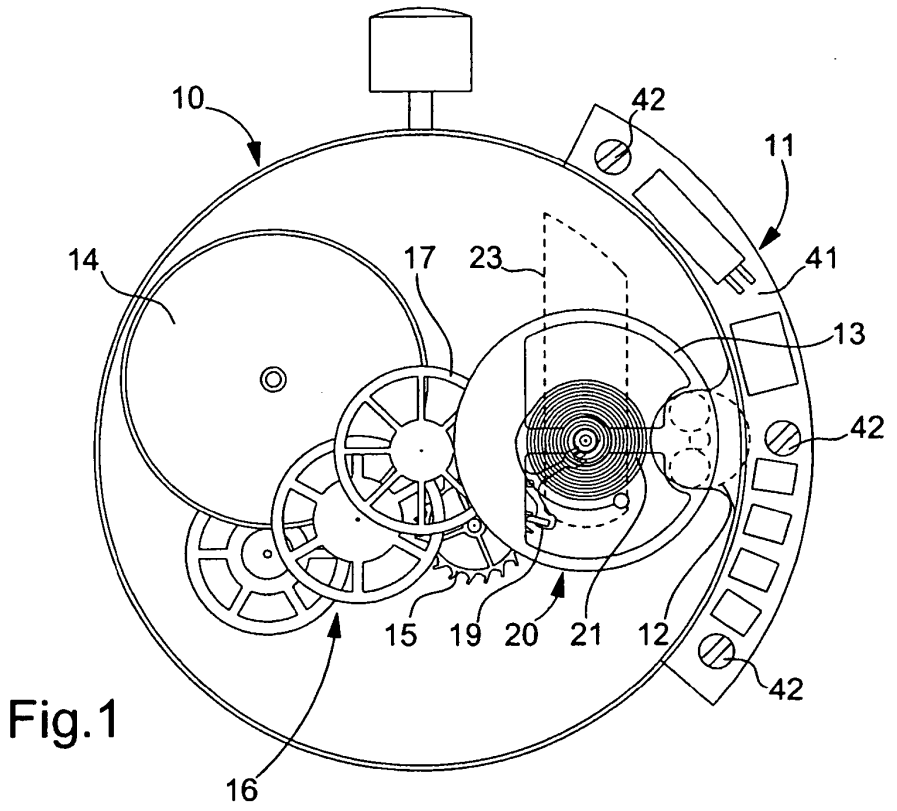


Fig.1

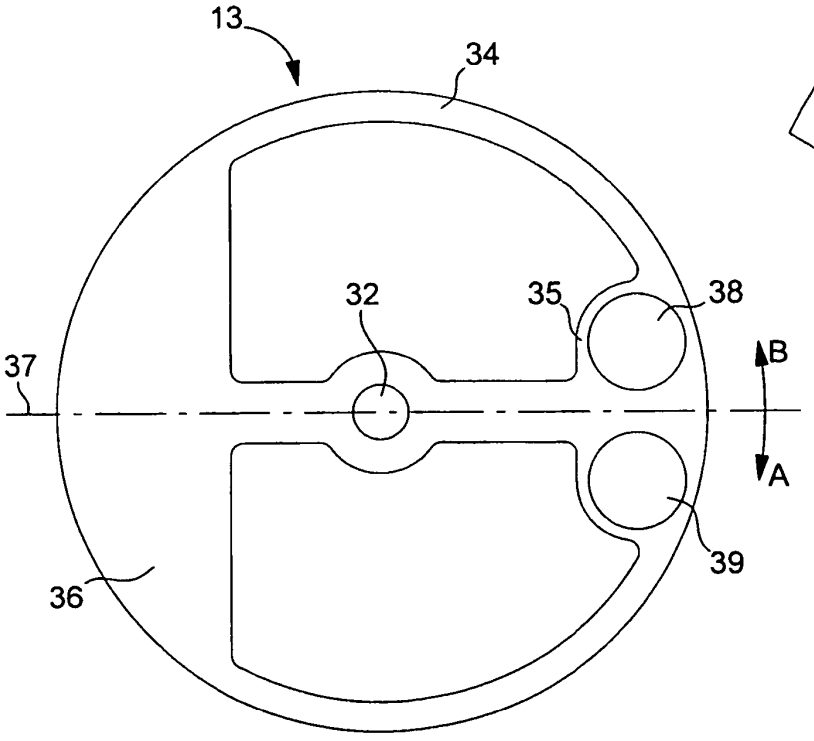


Fig.2

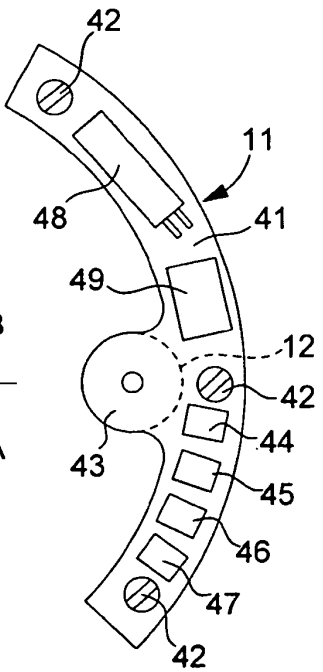


Fig.3

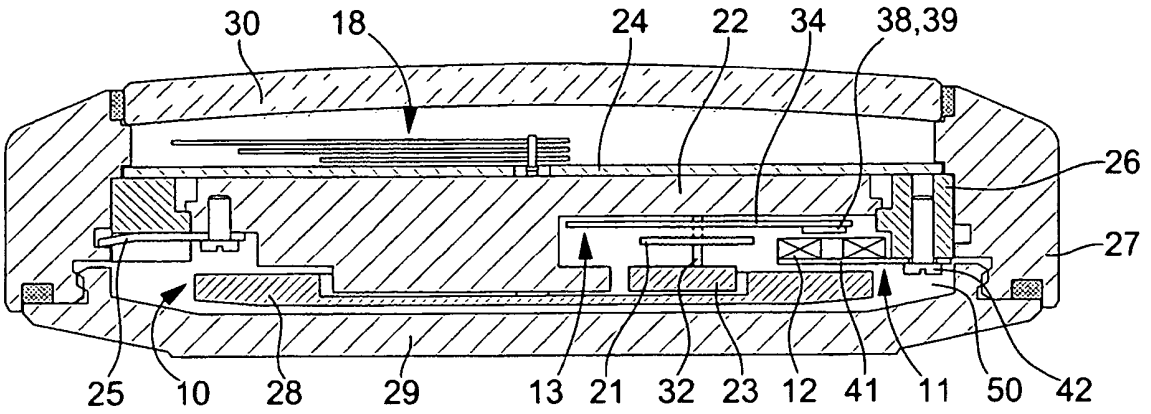

30
18
24
22
34
38,39
26
27
25
10
28
29
13
21
32
23
12
41
11
50
42

Fig.4

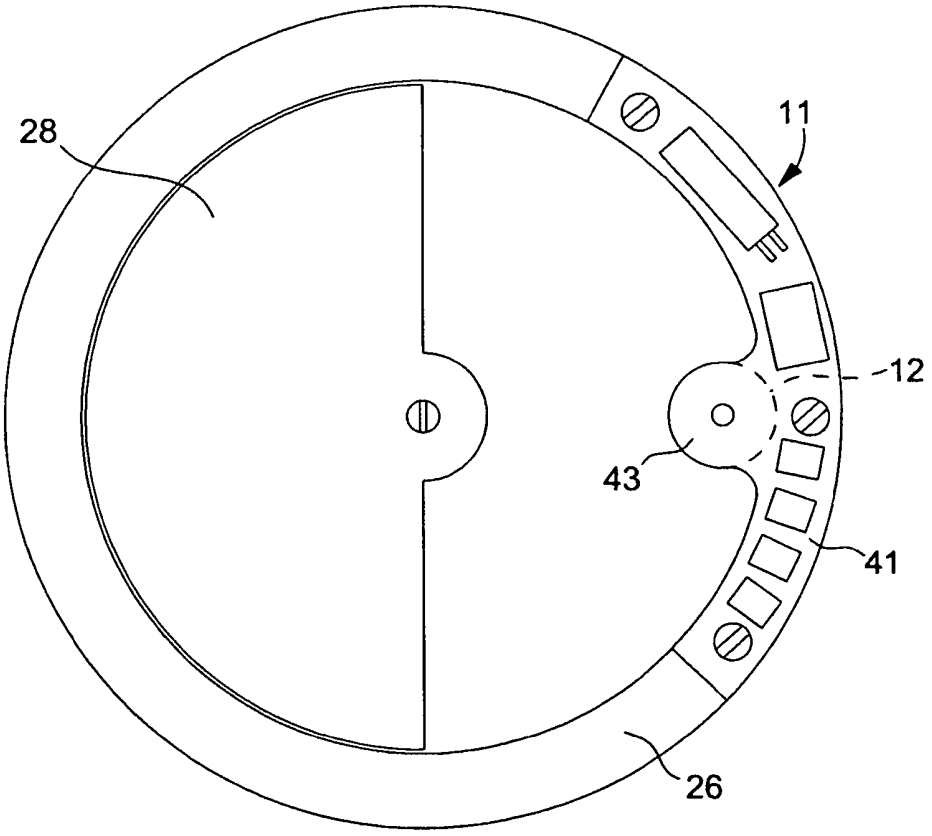

28
11
12
43
41
26

Fig.5

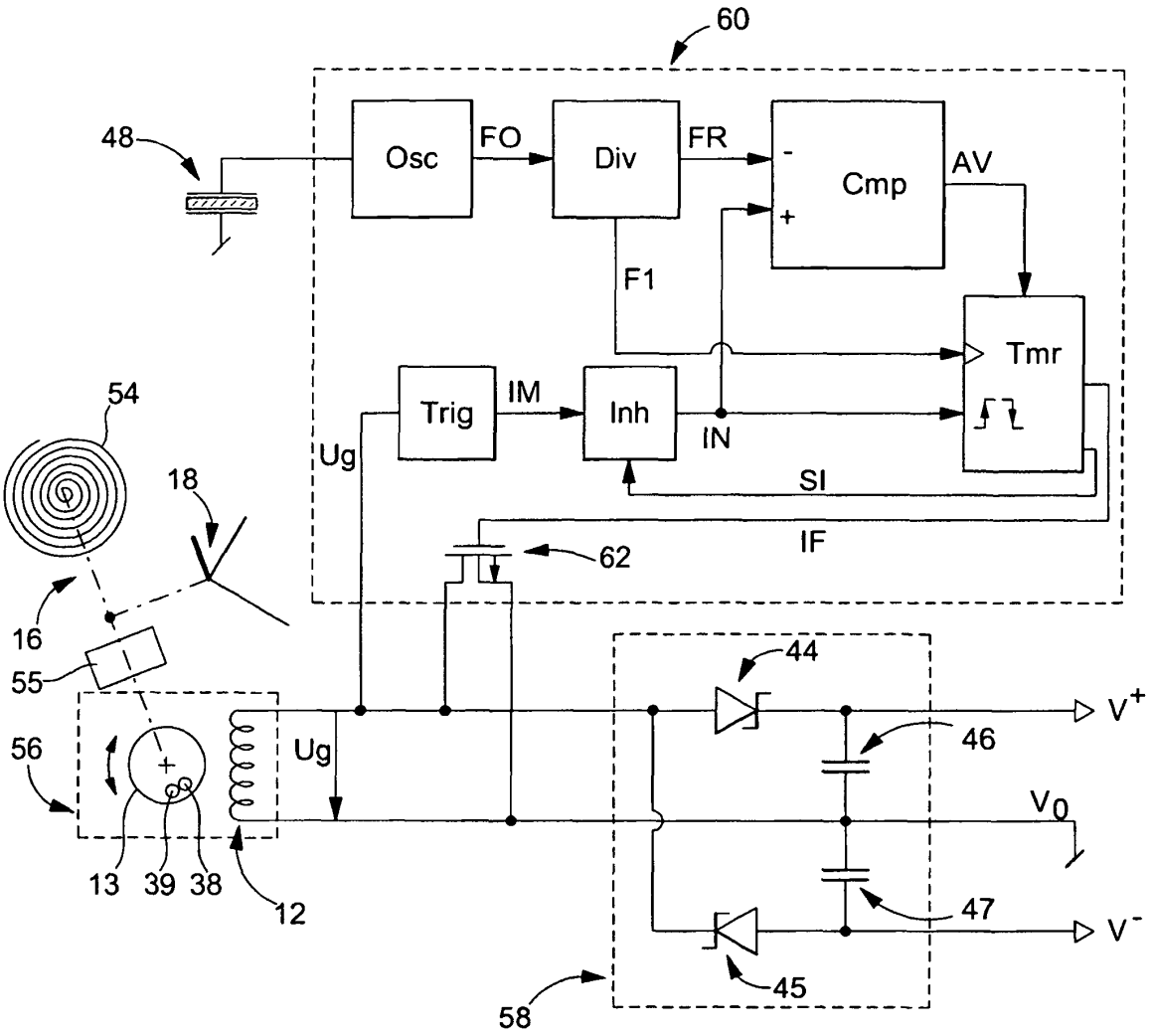

60
48
Osc
FO
Div
FR
Cmp
AV
F1
Tmr
Trig
IM
Inh
IN
SI
IF
Ug
54
18
62
16
55
56
Ug
44
46
47
45
58
13
39
38
12
V+
V0
V-

Fig.6

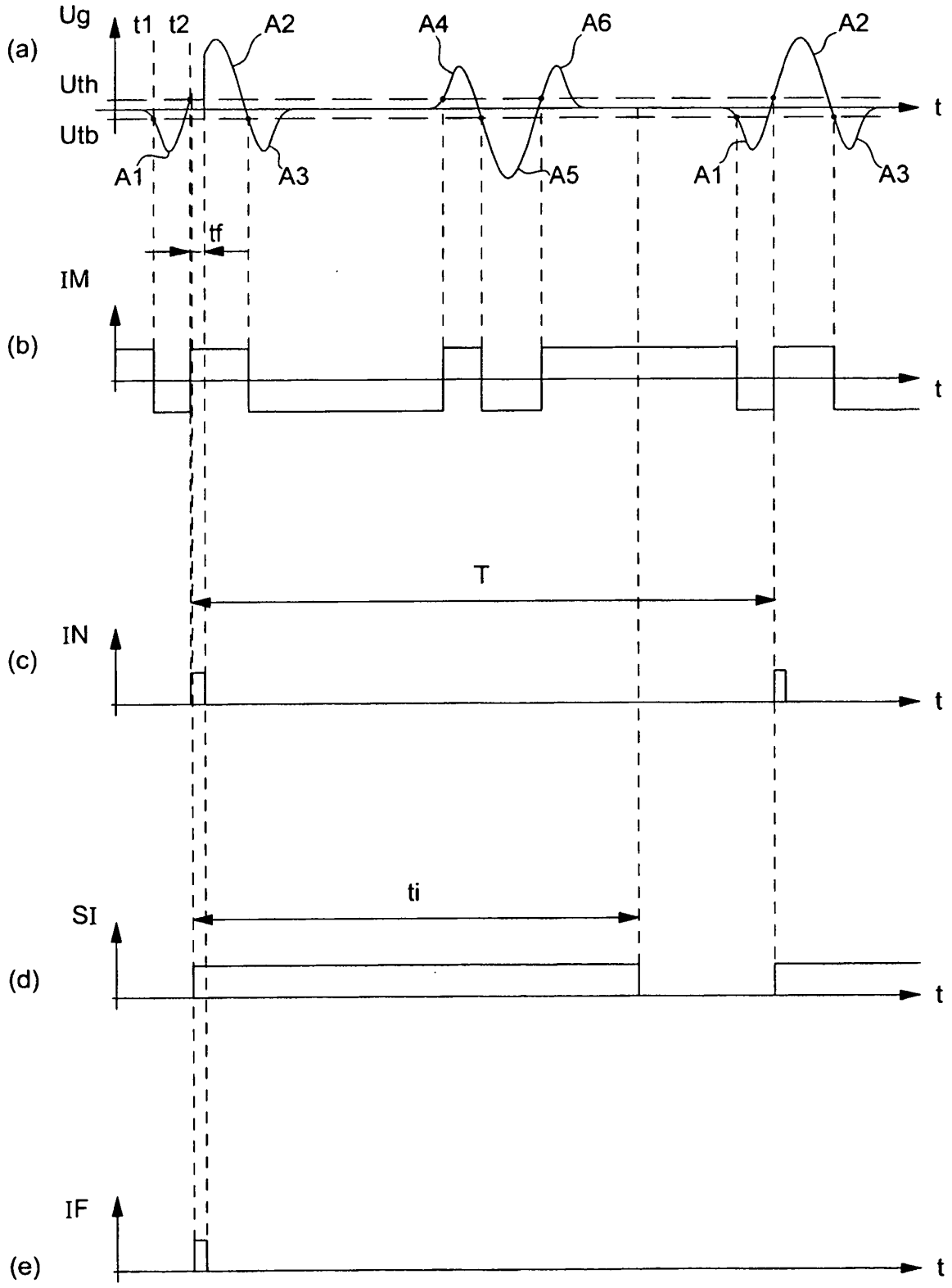

(a)
Ug
t1
t2
A2
A4
A6
A2
Uth
Utb
t
A1
A3
A5
A1
A3
tf
IM
(b)
t
T
IN
(c)
t
ti
SI
(d)
t
IF
(e)
t

Fig.7

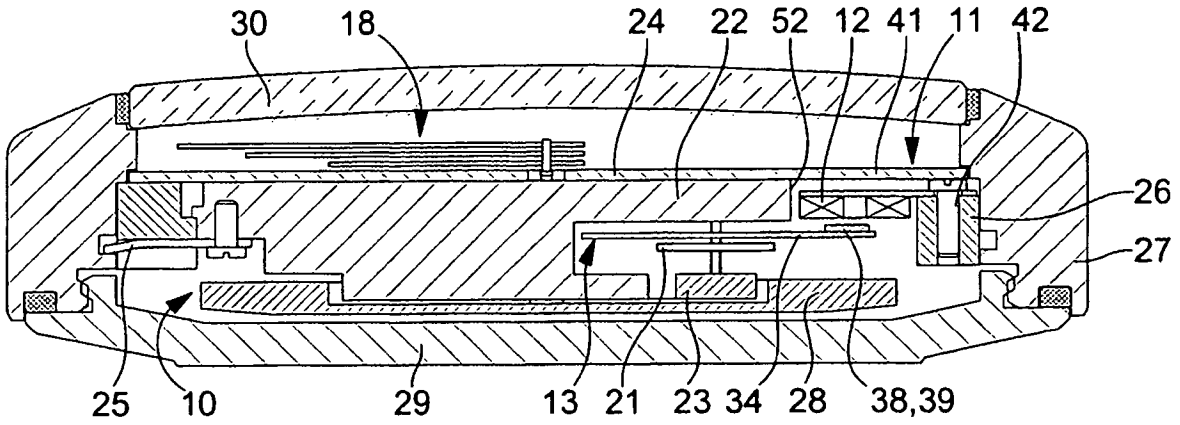


Fig.8