

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **708 212 A2**

(51) Int. Cl.: **H02N** **2/18** (2006.01)
G04G **19/00** (2006.01)
G04C **10/00** (2006.01)
H01L **41/31** (2013.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

(12) **DEMANDE DE BREVET**

(21) Numéro de la demande: 01088/13

(22) Date de dépôt: 10.06.2013

(43) Demande publiée: 15.12.2014

(71) Requéant:
Richemont International SA, Route des Biches 10
1752 Villars-sur-Glâne (CH)

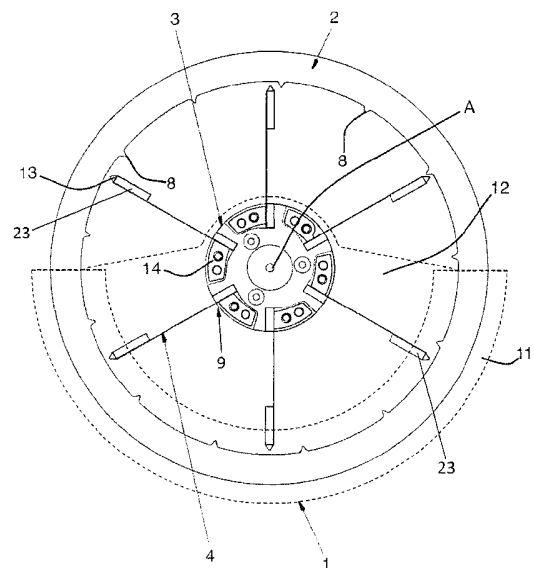
(72) Inventeur(s):
Andrea Mazzalai, 38123 Trento (IT)
Paul Muralt, 1315 La Sarraz (CH)
Jean-Claude Meylan, 1347 Le Solliat (CH)

(74) Mandataire:
P&TS SA, Av. J.-J. Rousseau 4 P.O. Box 2848
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Micro-générateur en particulier pour montre-bracelet.**

(57) L'invention concerne un microgénérateur, en particulier pour montre-bracelet, comprenant une masse oscillante (1), un élément annulaire d'impulsions (2) coopérant en rotation avec la masse oscillante (1), un support fixe (3), monté co-axialement avec l'élément annulaire d'impulsions (2) et pourvu d'une pluralité de lames piézoélectriques (4) s'étendant radialement depuis le support fixe (3) vers l'élément annulaire d'impulsions (2), dans lequel l'élément annulaire d'impulsions (2) comporte une pluralité de dents (8) disposées radialement intérieurement dans l'élément annulaire et aptes à coopérer avec les extrémités libres des lames piézoélectriques (4) lors de la rotation de l'élément annulaire d'impulsions (2).

L'invention concerne également un mouvement horloger pour montre à quartz comprenant un tel microgénérateur, une montre comprenant un tel mouvement ainsi qu'un procédé de fabrication de telles lames piézoélectriques.



Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un module générateur ainsi qu'une montre dotée du module générateur pour transformer l'énergie cinétique en énergie électrique utile pour le fonctionnement de la montre. Elle concerne également un procédé de fabrication de lames piézoélectriques pour pièce d'horlogerie.

Etat de la technique

[0002] On connaît les difficultés rencontrées dans l'approvisionnement en énergie des montres de poignet électroniques. Le remplacement de la batterie est souvent une opération délicate qui doit être effectuée par un spécialiste. Ce type d'intervention est contraignant et peu économique pour l'utilisateur.

[0003] Le changement de la batterie oblige, pour le fabricant, à prévoir des ouvertures du boîtier de montre par exemple pour procéder au remplacement de la batterie usée, ce qui nuit bien souvent à l'étanchéité initiale de la montre. Ces ouvertures et pièces additionnelles sont génératrices de contraintes et de coûts supplémentaires pour le fabricant.

[0004] Plusieurs montres incorporant des génératrices autonomes d'énergie électrique ont été proposées. Par exemple, le brevet US6 144 621 décrit un module générateur d'énergie actionné par une masse oscillante, similaire à celles utilisées dans le remontage des montres mécaniques automatiques, qui charge un accumulateur, ce dernier alimentant un mouvement de montre à quartz de type connu.

[0005] Le brevet EP1 821 163 concerne une montre avec génératrice actionnée par une masse oscillante actionnée par les mouvements du porteur de la montre.

[0006] Or, ce type de montre comporte un certain nombre d'inconvénients, notamment une épaisseur plus élevée qu'une montre à quartz classique et une partie électromécanique complexe, fragile et d'un coût de fabrication élevé.

Bref résumé de l'invention

[0007] Pour pallier ces différents inconvénients, la présente invention prévoit de résoudre ces difficultés et de proposer une montre alimentée par une génératrice exempte des désagréments évoqués ci-dessus.

[0008] Un autre objet de l'invention consiste à proposer une montre moins fragile et de conception plus simple.

[0009] Encore un autre objet de l'invention consiste à prévoir un procédé de fabrication adapté aux spécificités de cette montre.

[0010] Pour ce faire, l'invention prévoit un microgénérateur en particulier pour montre-bracelet, comprenant une masse oscillante, un élément annulaire d'impulsions coopérant en rotation avec la masse oscillante, un support fixe, monté coaxialement avec l'élément annulaire d'impulsions et pourvu d'une pluralité de lames piézoélectriques s'étendant radialement depuis le support fixe vers l'élément annulaire d'impulsions, dans lequel l'élément annulaire d'impulsions comporte une pluralité de dents disposées radialement intérieurement dans l'élément annulaire et aptes à coopérer avec les extrémités libres des lames piézoélectriques lors de la rotation de l'élément annulaire d'impulsions.

[0011] Une telle architecture permet l'obtention d'un microgénérateur compact et fiable, facilement adaptable en fonction du volume disponible et de la puissance requise.

[0012] Le support fixe sert d'interface électrique entre les lames piézoélectriques et un circuit électrique permettant de transformer le courant reçu de l'ensemble des lames piézoélectriques pour stockage dans un accumulateur prévu à cet effet.

[0013] Ce mode de transmission est simple et occasionne des pertes négligeables.

[0014] Les lames piézoélectriques sont constituées de poutres cantilevers, préférablement recouvertes d'une couche piézoélectrique. Un tel film piézoélectrique peut comprendre un film mince de PZT ($\text{Pb}(\text{Zr,Ti})\text{O}_3$), un film comprenant un matériau de la famille des pérovskites ferroélectriques, ou encore un film comprenant un matériau piézoélectrique non-ferroélectrique tel que AlN ou ZnO.

[0015] Le film mince ferroélectrique comme le PZT peut être polarisé à l'aide d'une électrode interdigitée de manière à augmenter la tension électrique récoltée. Les films piézoélectriques non-ferroélectriques doivent être combinés avec une électrode plane disposée sur chacune des faces du film piézoélectrique.

[0016] Grâce à ces poutres, les caractéristiques comportementales telles que les modes de vibration et d'atténuation peuvent être réglées en fonction des besoins et des utilisations.

[0017] La masse oscillante comporte une portion radialement externe en forme d'arc de cercle s'étendant sur environ 180° . De manière avantageuse, cette portion radialement externe concentre la plus grande partie de la masse de la masse oscillante.

[0018] Ce mode de concentration de la masse permet d'optimiser les performances dynamiques de la masse oscillante, tout en présentant un agencement simple, efficace et fiable.

[0019] Un demi-disque central assure la liaison entre la portion radialement externe et l'axe «A» au niveau du support fixe.

[0020] Le demi-disque peut être évidé si besoin et/ou occuper une surface angulaire plus faible ou plus grande.

[0021] L'invention prévoit également un mouvement horloger pour montre à quartz comportant un accumulateur, pour emmagasiner l'énergie électrique reçue, un microgénérateur tel que ci-dessus, relié électriquement à l'accumulateur afin de recharger celui-ci, un micromoteur, relié électriquement au microgénérateur, un ensemble d'indication de l'heure, pourvu d'un rouage d'entraînement entraîné en rotation par le micromoteur et coopérant avec une pluralité d'aiguilles d'indication de l'heure ou d'un intervalle de temps.

[0022] L'invention prévoit également une montre, en particulier une montre-bracelet, comprenant un mouvement tel que préalablement décrit.

[0023] Une telle montre possède les avantages de précision, de fiabilité et de faible coût inhérentes aux montres à quartz, et les avantages d'une montre automatique, qui n'a pas besoin de changement de pile.

[0024] L'invention prévoit enfin un procédé de fabrication de lames piézoélectriques pour pièce d'horlogerie, comportant les étapes consistant à effectuer:

l'application d'une couche de SiO₂ par oxydation humide sur une plaque de silicium;

l'application par pulvérisation cathodique d'une couche barrière de TiO₂;

l'application d'une couche mince de piézoélectrique;

la structuration d'une structure d'électrode;

la gravure chimique de la couche piézoélectrique à l'aide d'une solution aqueuse d'acide de HF et HCl afin de définir la lame;

la gravure ionique réactive de la couche barrière, du SiO₂ et de la couche de Si; et

la gravure par ionisation à réaction profonde de l'arrière de la couche de SiO₂ et de la couche manipulatrice de plaque de SOI de manière à définir de masse sismique et de libérer la lame.

Brève description des figures

[0025] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles:

la fig. 1 illustre, de manière schématique et non limitative, une disposition possible des organes internes d'une montre selon l'invention;

la fig. 2 illustre un exemple de générateur piézoélectrique comportant une pluralité de lames piézoélectriques, selon l'invention;

La fig. 3 illustre une vue en plan d'une portion de lame piézoélectrique; et

la fig. 4 illustre les principales étapes d'un procédé de fabrication des lames piézoélectriques selon l'invention.

Exemple(s) de mode de réalisation de l'invention

[0026] La fig. 1 illustre une montre selon l'invention comprenant, dans une boîte 10, un mouvement 7 de montre numérique à quartz, un accumulateur 6, et un redresseur 5. L'énergie électrique utile pour la recharge de l'accumulateur est fournie par un microgénérateur, montré plus en détails en vue de dessus à la fig. 2. Une masse oscillante 1, similaire à celle utilisée sur une montre automatique pour en assurer le remontage, est montée libre en rotation autour d'un axe d'oscillation «A». Dans l'exemple illustré, la masse comporte une portion radialement externe 11 en forme d'arc de cercle s'étendant sur environ 180°. La portion radialement externe 11 peut également s'étendre sur un angle plus petit ou plus grand que 180°. Un demi-disque central 12 assure la liaison entre la portion radialement externe 11 et l'axe «A» au niveau du support fixe 3.

[0027] La masse oscillante 1 porte un élément annulaire d'excitation 2, monté sensiblement co-axialement, dans l'exemple illustré, sur l'axe «A». Dans l'exemple de la fig. 2, l'élément annulaire 2 a la forme d'un anneau complet. L'élément annulaire 2 peut cependant ne former qu'une portion d'anneau, par exemple, un arc de cercle sous-tendant un angle plus petit que 360°. L'élément annulaire 2 est pourvu d'une pluralité de dents d'excitation 8, réparties angulairement dans la zone radialement interne de l'élément annulaire. Selon les modes de réalisation, les dents sont formées sur l'élément annulaire lui-même ou sont rapportées sur celui-ci. Dans l'exemple de la fig. 2, treize dents sont prévues. Ce nombre varie (et peut être inférieur ou supérieur) selon les architectures, les dimensions, le nombre de lames piézoélectriques, et la puissance électrique requise.

[0028] Une pluralité de lames piézoélectriques 4 rayonnent depuis le support fixe 3 vers l'élément annulaire d'excitation 2 du microgénérateur. Les lames sont réparties angulairement autour du support 3 sur lequel elles sont fixées par une première extrémité 9. Afin de former des poutres cantilevers, la seconde extrémité 13 des lames est libre. Cette extrémité se situe à proximité des dents de l'élément annulaire, suffisamment près de ces dernières pour que la rotation de l'élément annulaire 2 et des dents 8 permettent de générer des impulsions sur les extrémités libres 13 des lames. Du fait des pro-

piétés piézoélectriques des lames, les impulsions permettent à ces dernières de générer des micro-courants électriques transmis par les connecteurs 14 à un redresseur 5. Le dimensionnement des dents 8 et des lames 4 est établi de façon à permettre à l'élément annulaire 2 de tourner sous l'effet des efforts engendrés par la masse oscillante 1 soumise aux mouvements du porteur de la montre. Les lames 4 sont suffisamment rigides pour produire une fréquence d'oscillation et une vitesse d'atténuation suffisantes d'une part, sans bloquer la rotation de l'élément annulaire 2.

[0029] Le redresseur 5, ou circuit électronique chargeur, transforme le courant provenant de la génératrice en courant continu adapté pour la charge d'un accumulateur 6.

[0030] L'accumulateur 6 est par exemple un accumulateur Li-ion, Li-Poly ou NiMH, un supercondensateur ou tout autre accumulateur, selon l'architecture souhaitée.

[0031] Le mouvement 7 peut être un mouvement à quartz de type connu.

[0032] Dans un mode de réalisation avantageux, trois éléments de la montre, plus particulièrement le module générateur, le module de stockage 6 et le mouvement 7, sont mécaniquement indépendants les uns des autres et ne requièrent que peu d'interconnexions électriques pour assurer le fonctionnement de la montre. Grâce à cette caractéristique, le mouvement 7 et le module générateur peuvent être montés dans la boîte 1 de manière indépendante et séparée. La construction et la conception de la montre sont donc simplifiées (par rapport à une construction classique) grâce à ces caractéristiques de séparation entre le module générateur et le mouvement. Les éléments de la montre peuvent ainsi être placés avec une grande liberté; on obtient ainsi une construction rationnelle et économique qui exploite au mieux le volume disponible.

[0033] Il est aussi possible d'employer en guise de module de stockage un élément de stockage occupant le logement prévu à cet effet pour la batterie de la montre.

[0034] Le module générateur peut être placé à côté d'un mouvement existant dans le boîtier de la montre. Le mouvement peut être constitué par un mouvement électronique à quartz connu et capable de fonctionner sans le module générateur, avec si nécessaire, une adaptation du logiciel. Les seules modifications à apporter à ce mouvement existant consistent à le connecter électriquement au module générateur pour prolonger sa réserve. On peut éventuellement aussi remplacer la batterie par une batterie rechargeable.

[0035] La montre peut comporter des dispositifs d'entrée et de commande (non représentés), par exemple un bouton poussoir sur la carrure, pour permettre à l'utilisateur le contrôle du fonctionnement de la montre, l'activation des diverses fonctions ou la remise à l'heure, de manière classique.

[0036] D'autres dispositifs d'entrée (également non représentés) peuvent être prévus et compris dans le cadre de la présente invention. Citons, à titre d'exemples non exhaustifs des dispositifs d'entrées tels que des boutons sur la face, des couronnes de type classiques, des contacts magnétiques ou bien une glace tactile.

[0037] Selon un autre aspect de l'invention, l'état de charge de la batterie peut être converti en heures d'autonomie de fonctionnement, celle-ci se basant, par exemple, sur une prévision de consommation moyenne. Ainsi, il est possible d'afficher numériquement ou sous forme graphique, la réserve de marche instantanée de la montre ou bien l'autonomie de la montre en l'absence de recharge par le module générateur. En alternative, on peut aussi afficher (numériquement ou graphiquement) la charge de la batterie sous forme de pourcentage d'une charge maximale.

[0038] Afin que l'utilisateur puisse apprécier au mieux l'autonomie de la montre, l'affichage des puissances générées et consommées peut se révéler utile. De préférence, les puissances instantanées, très variables, ne sont pas affichées, mais on affiche plutôt une puissance moyenne calculée sur une base temporelle idoine, quelques heures par exemple.

[0039] La fig. 3 illustre une vue en plan d'une portion d'une des lames piézoélectriques 4 comportant une d'électrode interdigitée 19 et fabriquée à partir d'une plaque de silicium et du procédé décrit ci-dessous.

[0040] La fig. 4 (sous-fig. 4a à 4i) illustre les principales étapes du procédé de fabrication de lames piézoélectriques 4 pour pièce d'horlogerie selon l'invention. En particulier, les lames piézoélectriques 4 sont formées de poutres cantilevers, préférablement recouvertes d'une couche mince piézoélectrique 18 et comportant des électrodes interdigitées. Les fig. 4a à 4d et, 4g, 4i montrent une vue le long de la lame AB (voir fig. 3) tandis que les fig. 4e 4f et 4h montrent une vue en travers de la lame CD (voir fig. 3) desdites étapes.

[0041] La fig. 4a montre l'application d'une couche de SiO₂ 16 par oxydation humide sur une plaque de silicium 15 comprenant une couche de Si 21;

[0042] La figure 4b illustre l'application par pulvérisation cathodique d'une couche barrière de TiO₂ 17;

[0043] La fig. 4c montre l'application de la couche mince de piézoélectrique 18. La couche piézoélectrique peut comprendre un film mince de PZT (Pb(Zr,Ti)O₃), un film comprenant un matériau de la famille des pérovskites ferroélectriques, ou encore un film comprenant un matériau piézoélectriques non-ferroélectriques tel que AlN ou ZnO. La couche piézoélectrique peut être appliquée par déposition sol-gel; pulvérisation cathodique, ablation laser (pulsed laser déposition, PLD), par dépôt chimique en phase vapeur (CVD), ou par toute autre méthode appropriée.

[0044] La fig. 4d montre la structuration d'une électrode interdigitée 19. L'électrode 19, préférablement en platine, peut être structurée à l'aide d'une étape d'évaporation suivie d'une étape de retrait (ou lift-off), par exemple par gravure, pour éliminer une partie de l'électrode et obtenir la géométrie interdigitée.

[0045] La fig. 4e montre la gravure chimique de la couche piézoélectrique 18 au travers d'une photorésine structurée 22, à l'aide d'une solution aqueuse de HF et HCL afin de définir la lame 4;

[0046] La fig. 4f montre la gravure ionique réactive de la couche barrière 17, de la couche de SiO₂ 16 et de la couche de Si 21.

[0047] Les fig. 4g et 4h illustrent la gravure par ionisation à réaction profonde de l'arrière de la couche de SiO₂ 16 et de la plaque de silicium 15 de manière à définir une masse sismique 23 et de libérer la lame 4 ainsi formée.

[0048] La fig. 4i montre une étape alternative aux l'étapes des figures 4b et 4d. Dans ce mode de réalisation, une première électrode planaire 24 est structurée sur la couche de SiO₂ 16 et une seconde électrode planaire 25 est structurée sur la couche mince de piézoélectrique 18. Dans cette configuration, les électrodes planaires 24, 25 sont disposées sur chacune des faces de la couche piézoélectrique 18. La première et seconde électrode planaire 24, 25 est également préférablement en platine. Encore dans cette configuration, la couche mince piézoélectrique 18 comprend préférablement un matériau piézoélectrique non-ferroélectriques tel que AlN ou ZnO.

[0049] Diverses variantes de ce procédé peuvent être mises en œuvre sans sortir du cadre de la présente invention.

Numéros de référence employés sur les figures

[0050]

- 1 masse oscillante
- 2 élément annulaire d'impulsions
- 3 support fixe
- 4 lame piézoélectrique
- 5 redresseur
- 6 accumulateur
- 7 mouvement
- 8 dents
- 9 extrémité fixée de la lame piézoélectrique
- 10 boîte de montre
- 11 portion radialement externe
- 12 demi-disque central
- 13 extrémité libre de la lame piézoélectrique
- 14 connecteur de lame
- 15 plaque de silicium
- 16 couche de SiO₂
- 17 couche barrière de TiO₂
- 18 couche mince de PZT
- 19 électrode Pt interdigitée
- 21 couche de Si
- 22 photorésine structurée
- 23 masse sismique
- 24 première électrode planaire
- 25 seconde électrode planaire
- A axe de rotation de la masse oscillante

Revendications

1. Microgénérateur, en particulier pour montre-bracelet, comprenant une masse oscillante (1), un élément annulaire d'impulsions (2) coopérant en rotation avec la masse oscillante (1), un support fixe (3), monté co-axialement avec l'élément annulaire d'impulsions (2) et pourvu d'une pluralité de lames piézoélectriques (4) s'étendant radialement depuis le support fixe (3) vers l'élément annulaire d'impulsions (2), caractérisé en ce que l'élément annulaire d'impulsions (2) comporte une pluralité de dents (8) disposées radialement intérieurement dans l'élément annulaire et aptes à coopérer avec les extrémités libres des lames piézoélectriques (4) lors de la rotation de l'élément annulaire d'impulsions (2).
2. Microgénérateur selon la revendication 1, dans lequel le support fixe (3) sert d'interface électrique entre les lames piézoélectriques (4) et un circuit électrique permettant de transformer le courant reçu de l'ensemble des lames (4) pour stockage dans un accumulateur (6) prévu à cet effet.
3. Microgénérateur selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les lames piézoélectrique (4) sont constituées de poutres cantilevers recouvertes de piézoélectrique.
4. Microgénérateur selon l'une des revendications 1 à 3, comportant six lames piézoélectriques (4).
5. Microgénérateur selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel l'élément annulaire d'impulsions (2) comporte treize dents (8).
6. Microgénérateur selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la masse oscillante comporte une portion radialement externe (11) en forme d'arc de cercle s'étendant sur une plage angulaire de sensiblement 180°.
7. Microgénérateur selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la portion radialement externe (11) concentre la plus grande partie de la masse de la masse oscillante (1).
8. Microgénérateur selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel un demi-disque central (12) assure la liaison entre la portion radialement externe (11) et l'axe «A» au niveau du support fixe (3).
9. Mouvement horloger pour montre à quartz comportant un accumulateur (6), pour emmagasiner l'énergie électrique reçue, un microgénérateur selon l'une des revendications 1 à 8, relié électriquement à l'accumulateur (6) afin de recharger celui-ci, un micromoteur, relié électriquement à l'accumulateur, un ensemble d'indication de l'heure, pourvu d'un rouage d'entraînement entraîné en rotation par le micromoteur et coopérant avec une pluralité d'aiguilles d'indication de l'heure ou d'un intervalle de temps.
10. Mouvement horloger selon la revendication 9, comprenant par ailleurs un redresseur (5), coopérant électriquement avec le microgénérateur et l'accumulateur (6), et permettant de redresser le courant fourni par le microgénérateur, pour stockage dans l'accumulateur (6).
11. Montre, en particulier une montre-bracelet, comprenant un mouvement conforme à l'une des revendications 9 ou 10.
12. Procédé de fabrication de lames piézoélectriques pour pièce d'horlogerie, comportant les étapes:
d'application d'une couche de SiO₂ (16) par oxydation humide sur une plaque de silicium (15) comprenant une couche de Si (21);
d'application par pulvérisation cathodique d'une couche barrière (17);
d'application d'une couche mince piézoélectrique (18);
de la structuration d'une structure d'électrode (19, 25);
de gravure chimique de la couche piézoélectrique (18) à l'aide d'une solution aqueuse d'acide de HF et HCL afin de définir une lame (4);
de gravure ionique réactive de la couche barrière (17), de la couche de SiO₂ (16) et de la couche de Si (21); et
de gravure par ionisation à réaction profonde de l'arrière de la couche de SiO₂ (16) et de la plaque de silicium (15) de manière à définir une masse sismique (23) et à libérer la lame (4).
13. Procédé selon la revendication 12, dans lequel la couche barrière (17) comprend du TiO₂.
14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, dans lequel la couche mince piézoélectrique (18) comprend un film mince de PZT (Pb(Zr,Ti)O₃), un film comprenant un matériau de la famille des pérovskites ferroélectriques, ou encore un film comprenant un matériau piézoélectriques non-ferroélectriques tel que AlN ou ZnO.
15. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel ladite structure d'électrode comprend une électrode interdigitée (19) sur couche piézoélectrique (18).
16. Procédé selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel ladite structure d'électrode comprend une première électrode plane (24) sur l'une des faces de la couche piézoélectrique (18) et une seconde électrode plane (25) sur l'autre face de la couche piézoélectrique (18).
17. Procédé selon la revendication 16, dans lequel la couche mince piézoélectrique (18) comprend un matériau piézoélectrique non-ferroélectriques tel que AlN ou ZnO.
18. Procédé selon l'une des revendications 12 à 17, dans lequel l'application de la couche mince piézoélectrique est réalisée par dépôt sol-gel, pulvérisation cathodique, ablation laser ou dépôt chimique en phase vapeur.

19. Procédé selon l'une des revendications 12 à 18, dans lequel la pièce d'horlogerie est un microgénérateur selon l'une des revendications 1 à 8.

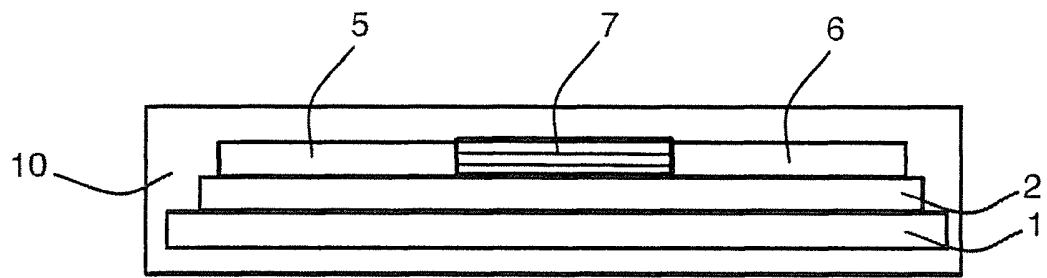


Fig. 1

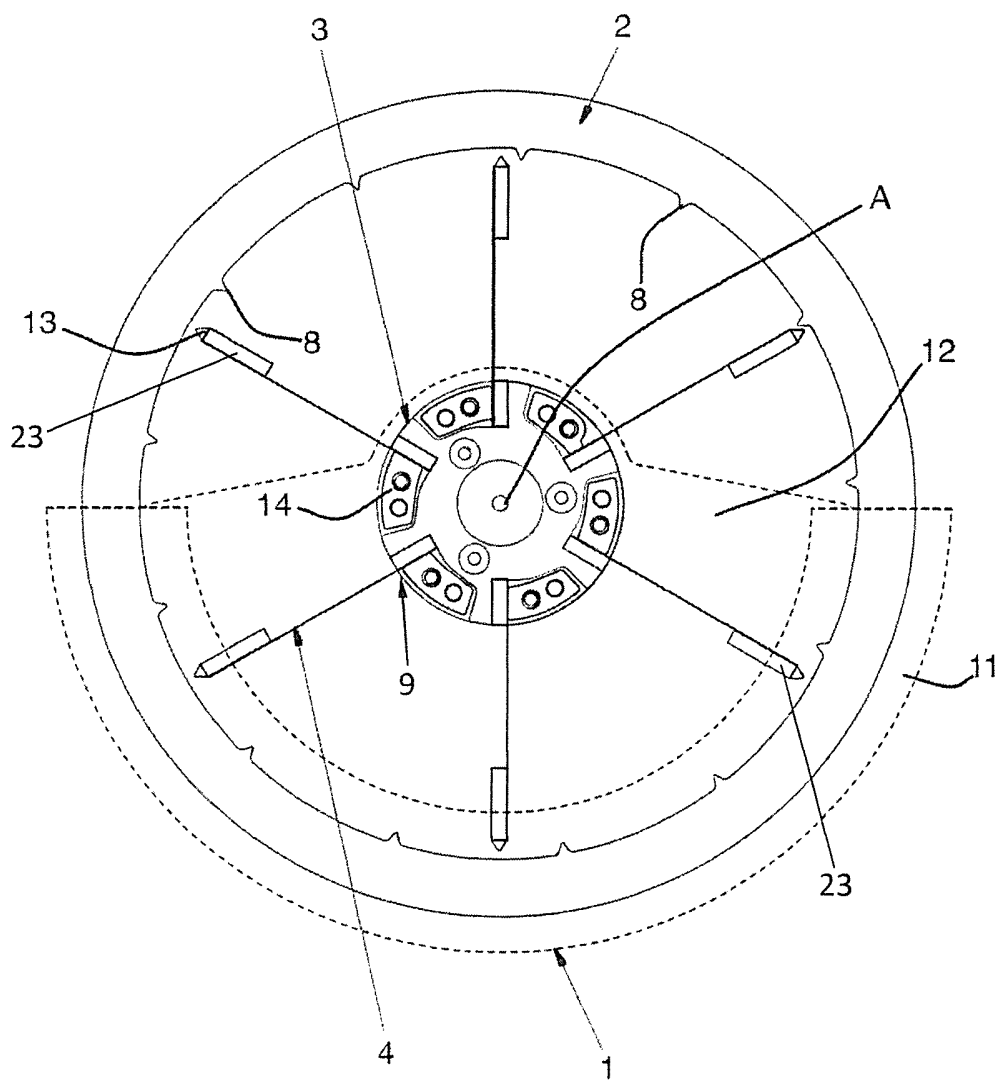


Fig. 2

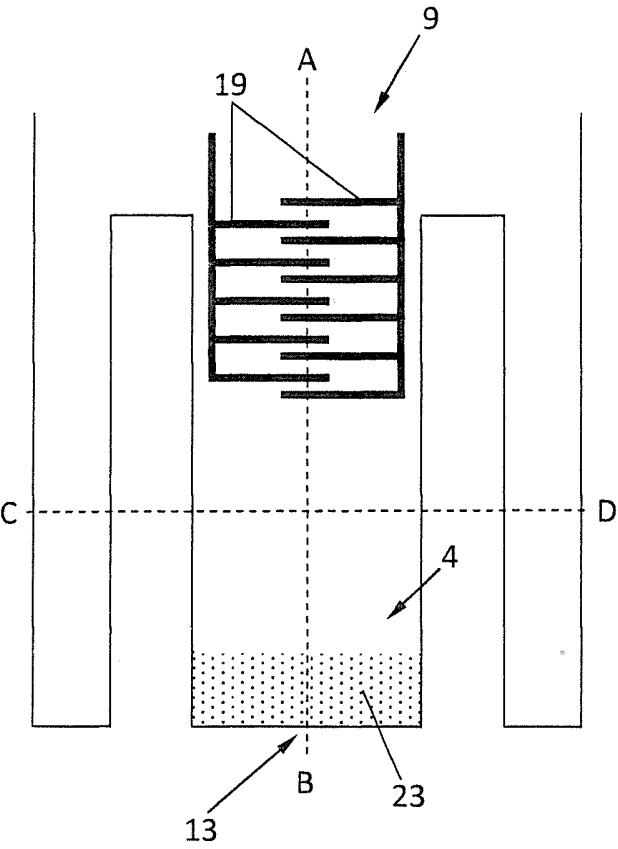


Fig. 3

