

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

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



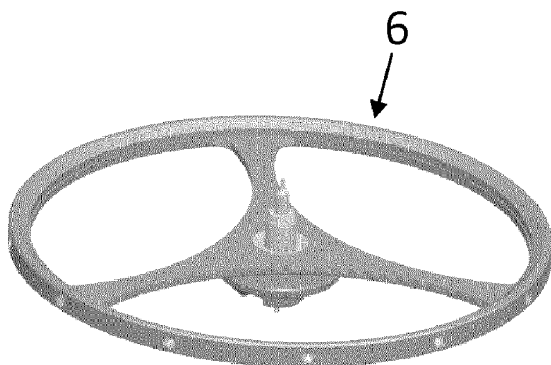
(10) Numéro de publication internationale
WO 2015/132259 A2

(43) Date de la publication internationale
11 septembre 2015 (11.09.2015) **WIPO | PCT**

- (51) Classification internationale des brevets : Non classée
- (21) Numéro de la demande internationale : PCT/EP2015/054417
- (22) Date de dépôt international : 3 mars 2015 (03.03.2015)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité : 303/14 3 mars 2014 (03.03.2014) CH
- (71) Déposant : **RICHEMONT INTERNATIONAL SA** [CH/CH]; Route des Biches 10, CH-1752 Villars-sur-Glâne (CH).
- (72) Inventeurs : **LAZAR, Bogdan**; Chemin du Mont-Blanc 9, CH-1023 Crissier (CH). **SOLIGNAC, Dominique**; Chemin des Primevères 8, CH-1305 Penthalaz (CH). **KÄUPER, Peter**; Avenue Sainte-Luce 18, CH-1003 Lausanne (CH). **MENDEZ, Victor**; Mont Sujet 18, CH-2515 Prêles (CH).
- (74) Mandataire : **P&TS SA**; Av. J.-J. Rousseau 4, P.O. Box 2848, CH-2001 Neuchâtel (CH).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Publiée :
— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : METHOD FOR PAIRING A BALANCE WHEEL AND A HAIRSPRING IN A REGULATING MEMBER

(54) Titre : METHODE D'APPAIRAGE D'UN BALANCIER ET D'UN SPIRAL DANS UN ORGANE REGULATEUR



(57) Abstract : A method for pairing a balance wheel and a hairspring in a regulating member, comprising a step of volumetric measurement of the balance wheel and of calculating the inertia of same, and/or a volumetric measurement of the hairspring and calculation of the stiffness of same.

(57) Abrégé : Méthode d'appairage d'un balancier et d'un spiral dans un organe régulateur, comprenant une étape de mesure volumétrique du balancier et de calcul de son inertie, et/ou une mesure volumétrique du spiral et de calcul de sa raideur.

Fig. 1

METHODE D'APPAIRAGE D'UN BALANCIER ET D'UN SPIRAL DANS UN ORGANE REGULATEUR

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne une méthode permettant la caractérisation de l'inertie du balancier et de la raideur du spiral pour un
5 appairage de ces deux éléments et former un assemblage mécanique, destiné à la régulation de l'énergie stockée au sein d'un mouvement mécanique horloger.

[0002] La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'un organe réglant horloger et un organe réglant formé selon
10 ce procédé.

Etat de la technique

[0003] L'appairage du balancier et du spirale est réalisé à partir des mesures de l'inertie du balancier (J) et de la raideur du spiral (C). La fréquence f de l'organe réglant après appairage est donnée par la relation:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C}{J}}.$$

15 **[0004]** Différentes méthodes sont connues qui permettent la mesure de l'inertie du balancier et de la raideur du spiral en se basant sur une analyse comparative et dynamique à partir d'un balancier et d'un spiral de référence.

20 **[0005]** Le balancier de référence et le spiral de référence doivent avoir respectivement une inertie et une raideur connue. Ceci n'est pas le cas car il n'existe pas de méthode de mesure permettant de déterminer ces paramètres de manière absolue ou avec une précision suffisante.

[0006] L'appairage peut être associé ou basé sur la correction de l'inertie du balancier pour ajuster la fréquence d'oscillation d'un couple balancier-spiral. Cette correction peut être réalisée par des techniques d'usinage classique (brevets depuis 1957) ou par des techniques lasers (brevets depuis
5 1999). La méthode de correction consiste à enlever, à ajouter ou déplacer de la matière du balancier. Le balancier ou le spiral est corrigé après ou pendant la mesure dynamique de la fréquence de l'organe appairé.

[0007] Pour assurer une fréquence stable de l'organe appairé, le balourd du balancier doit être minimum. La mesure du balourd est réalisée de
10 manière dynamique dans une phase précédant l'appairage et les corrections sont apportées au balancier en enlevant de la matière par des méthodes d'usinage classique ou par laser sur des points ciblés au niveau de la serge.

[0008] Pour l'ajustement d'un sous-ensemble balancier-spiral, on connaît
15 différentes techniques, dont deux sont plus couramment appliquées.

[0009] Le système dit « Omégamétrique » consiste à effectuer: -un classage des spiraux ; -un classage des balanciers ; -un appairage d'un balancier choisi dans une classe particulière, avec un spiral choisi lui aussi dans une classe particulière, ces classes étant compatibles entre elles.

20 **[0010]** Ce procédé impose un important stock des composants et des classes relativement larges.

[0011] En alternative on connaît le système dit « Spiromatic » : -on assemble en général un spiral sur un balancier ; -on coupe ce spiral à la bonne longueur, pour l'obtention d'un couple adapté à l'inertie du
25 balancier.

[0012] Ce procédé ne permet pas de garantir avec précision la position terminale du ressort, d'où perte de performance chronométrique.

[0013] Le document CH 347 491 A au nom de Kienzle Uhrenfabriken AG (date de dépôt 8 juin 1957) décrit un procédé selon lequel des spiraux sont fabriqués de manière à osciller à une fréquence supérieure à la fréquence nominale, et où les spiraux sont combinés avec des balanciers de moment
5 d'inertie adéquats pour obtenir une fréquence d'oscillation particulière.

[0014] Le document CH 12 83368 au nom de Société des Fabriques de Spiraux Réunis décrit aussi l'obtention d'un ensemble balancier-spiral de fréquence désirée, à partir de séries de spiraux de couple préalablement mesuré et de séries de balanciers de moment d'inertie préalablement
10 mesuré. L'ajustement se fait par l'ajout de masses additionnelles sur les balanciers. Ces balanciers sont prévus pour une fréquence supérieure à la fréquence nominale, de façon à ce que la correction se fasse dans le sens unique de rajout de matière. La masse additionnelle est rigide et son centre de gravité coïncide avec celui du balancier. L'ajout de masse additionnelle
15 est prévu pour modifier tous les balanciers d'une même classe. Les masses additionnelles sont classées par fourchettes de moment d'inertie.

[0015] Le document EP 2 128 723 au nom de Sigatec décrit un procédé où on classe des spiraux par valeurs de couple élastique mesuré. Puis on choisit parmi l'ensemble des balanciers celui dont le moment d'inertie
20 permet d'obtenir la fréquence d'oscillation requise avec un spiral classifié, il s'agit d'un appairage.

[0016] Le document CH 542 469 A au nom de Ebauches SA décrit un ajout de matière par projection par un micro-doseur.

[0017] Ces techniques classiques sont, soit coûteuses, soit médiocres
25 quant à la précision des résultats obtenus.

[0018] Pour sa part, la demande de brevet EP2455825 propose de s'affranchir du triage par classes des balanciers et des spiraux (et surtout du stock associé), pour un spiral non trié donné et un balancier non trié donné, performant les opérations suivantes :

30 (i) mesurer le couple de rappel du spiral et l'inertie d'un balancier ;

- (ii) puis corriger l'inertie du balancier ou/et corriger le couple de rappel desdits spiraux. La correction du couple du rappel du spiral et fait par l'ajout de matière, par déplacement de matière, ou/et par traitement thermique.
- 5 [0019] Cette solution risque de nécessiter des phases de correction longues et ardues pour au moins la majorité des paires balancier-spiral qui sont mises ensemble.

Bref résumé de l'invention

[0020] La présente invention est une méthode permettant de déterminer l'inertie du balancier et de la raideur du spiral par des mesures
10 statiques.

[0021] La présente invention est une méthode de mesure de l'inertie et de la raideur à partir de mesures volumétriques du balancier et du spiral.

[0022] La mesure n'est pas liée à des références et ne se base pas sur des comparaisons. Elle est directe.

15 [0023] Les paramètres de l'inertie et de la raideur sont déterminés de préférence via des mesures volumétriques effectuées par tomographie.

[0024] D'autres méthodes non-tomographiques, de mesure volumétrique peuvent être imaginées. La mesure volumétrique par tomographie a cependant l'avantage de caractériser également l'intérieur
20 du spiral ou de balancier mesuré, par exemple pour y détecter des variations de densité, et pas seulement la surface externe.

[0025] Les images de tomographie sont réalisées grâce à des clichés d'absorption de radiations électromagnétiques. Toute radiation électromagnétique, y compris des radiations dans le domaine des rayons X,
25 du térahertz, de l'ultraviolet, du visible, de l'infrarouge, etc., capable de pénétrer le matériau peut être utilisée pour prendre le cliché d'absorption.

Dans un mode de réalisation préféré, des rayons X, par exemple des rayons durs, c'est-à-dire des rayons X avec une énergie supérieure à 5 keV et une longueur d'onde inférieure à 0,1 - 0,2 nm, sont employés. Dans un autre mode de réalisation, des longueurs d'ondes dans la bande infrarouge ou visible (400 à 1400 nm) peuvent être utilisées pour prendre les clichés si le matériau à analyser est partiellement transparent aux radiations IR-visible. Par exemple, le silicium devient transparent dans l'infrarouge.

5 [0026] A partir des images de tomographie, les paramètres comme le centre de masse de la pièce, le balourd pour le balancier, des défauts de structures ou de matériaux peuvent être déterminés en plus de l'inertie du balancier et de la raideur du spiral.

[0027] Les différents paramètres sont calculés à partir de la reconstruction tomographique. Cette dernière peut être utilisée de deux façons : en assignant à chaque pixel en trois dimensions (dénommé voxel) une densité ou en déterminant la surface de l'objet créant ainsi un maillage.

15 [0028] Dans le premier cas, la masse de chaque voxel est donnée en multipliant la densité du matériau par le volume du voxel. Le centre de masse (CM) de l'échantillon est calculé en sommant la contribution de chaque voxel.

[0029] L'axe de rotation du balancier est identifié par un algorithme de reconnaissance de formes du balancier assemblé ou non. La magnitude et l'angle du balourd sont alors donnés par la position du CM par rapport à l'axe de rotation.

25 [0030] Le tenseur d'inertie du balancier est également calculé en sommant la contribution de chaque voxel.

[0031] Pour obtenir la matrice d'inertie par rapport aux axes principaux, le tenseur d'inertie est diagonalisé en calculant ses valeurs propres. C'est la

plus grande de ces valeurs propres qui donne le moment d'inertie principal du balancier.

[0032] Dans le deuxième cas, un algorithme de segmentation est appliqué afin de déterminer la surface de l'objet. Il est possible de
5 segmenter l'objet dans sa totalité ou de séparer ses composants. Il en résulte un ou plusieurs maillages. Un maillage est une modélisation géométrique de l'objet par des éléments finis. Il est composé de points caractérisés par leurs coordonnées et de cellules, constituant des polyèdres reliant ces points.

10 **[0033]** Une densité est attribuée à chaque maillage et il est alors possible de calculer sa masse, son centre de masse et son moment d'inertie par rapport à l'axe de rotation. Le balourd est alors calculé de la même manière que mentionné ci-dessus.

15 **[0034]** Avec ces paramètres, il est aisé de déterminer la quantité et la localisation de la matière à enlever, ajouter ou déplacer afin d'obtenir le moment d'inertie souhaité et réduire voir éliminer le balourd du balancier dans la même étape.

[0035] A partir de la reconstruction tomographique du spiral, il est possible de calculer sa raideur à l'aide d'algorithmes de reconnaissance de
20 forme pour déterminer la longueur L de celui-ci ainsi que du moment quadratique de sa section (J_s). Avec le module d'élasticité du matériau considéré comme constante le long du spiral, la raideur C est déterminé par:

$$C = \frac{E \cdot J_s}{L}$$

[0036] On peut ainsi déterminer précisément la longueur nécessaire
25 pour obtenir la raideur désirée. On peut de la même manière que pour l'inertie du balancier, enlever ou ajouter de la matière de manière à ajuster la raideur du spiral.

- [0037] Une étape de mesure permet de réaliser une série de contrôle mais peut aussi pointer les zones défectueuses ou à rectifier.
- [0038] L'invention permet de définir en une seule mesure, l'inertie, ainsi que le balourd d'un balancier assemblé ou non, et la position angulaire du balourd afin de corriger le balourd (équilibrage) et d'adapter l'inertie si nécessaire.
- [0039] La correction de l'inertie et du balourd du balancier (équilibrage) est réalisée dans une seule et même étape. La correction se fait par enlèvement, par ajout ou déplacement de matière par une méthode d'usinage classique ou par laser.
- [0040] L'invention permet de définir la raideur d'un spiral avec ou sans virole. Ceci, partiellement ou dans sa géométrie totale.
- [0041] L'invention permet, de réaliser de manière industrielle des régulateurs d'énergie suffisamment précis pour éviter tout réglage du système lors de la mise en marche du mouvement horloger.
- [0042] L'invention est une innovation majeure dans le domaine horloger car elle permet d'appairer le balancier et le spiral avec des précisions non atteignables avec les approches de l'état de l'art. En particulier, le procédé industriel d'appairage ne se basera plus sur des classes comme c'est le cas actuellement mais sur des valeurs physiques qui permettront un appairage précis.

Brève description des figures

- [0043] Des exemples de mise en œuvre de l'invention sont indiqués dans la description illustrée par les figures annexées dans lesquelles :
- la figure 1 illustre un balancier;
- la figure 2 illustre un spiral; et
- la figure 3 illustre un équipement de mesure tomographique.

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

[0044] Les figures 1 et 2 illustrent respectivement un balancier 6 et un spiral 7 d'un mouvement horloger. Un dispositif de mesure volumétrique est illustré sur la figure 3.

[0045] La méthode consiste à déterminer la distribution de densité du volume de l'échantillon 4 (c'est-à-dire le spiral virolé ou non, le balancier, ou les deux éléments simultanément) en l'exposant à une source de radiations électromagnétiques 1 qui pénètrent le matériel de l'échantillon. Un détecteur ou un capteur d'intensité des radiations 2 enregistre les radiographies ou clichés qui sont des images résultant de l'absorption de l'onde électromagnétique. L'échantillon est positionné entre la source et le détecteur à l'aide d'une plateforme de positionnement 3. Après chaque exposition, le cliché est stocké et l'échantillon effectue une rotation autour d'un axe de manière à prendre une multitude de clichés à différents angles de vue. Dans un autre mode de réalisation, l'échantillon est fixe et la ou les sources et/ou le ou les détecteurs se déplacent entre chaque prise de vue. Alternativement, l'appareil tomographique comporte plusieurs sources de radiations et plusieurs détecteurs afin de prendre des clichés selon différents angles de vue sans rotation de l'échantillon ; dans ce cas il est possible de prendre les différentes vues simultanément, ou l'une après l'autre. Le système complet est protégé par une boîte 5 absorbant les radiations résiduelles. Les radiographies enregistrées sont traitées numériquement pour obtenir des coupes virtuelles de l'échantillon. La reconstruction de l'échantillon en 3D permet de visualiser les variations de densité de l'échantillon. A partir d'algorithmes de traitement d'images en 3D, on peut calculer différents paramètres de l'échantillon:

le centre de gravité et la déviation de ce centre par rapport à l'élément dessiné en CAO;

le balourd du balancier;

le moment d'inertie du balancier;

la raideur du spiral;

autres défauts structurels (densité...); et

zones à corriger.

[0046] Dans le calcul des paramètres de l'échantillon, les propriétés du matériau, les constantes physiques ou les coefficients utilisés peuvent être théoriques, calculés ou mesurés de différentes manières.

5 DESCRIPTION DU PROCESS INDUSTRIEL

[0047] L'invention se décline dans le mode industriel, comme suit:

La mesure de chaque composant, est réalisée de manière statique au moyen d'un équipement tomographique, la mesure est suffisamment précise pour assurer les qualités réglantes du système.

10 La mesure peut être réalisée indépendamment sur un seul composant, ou sur des assemblages comportant des composants issus de matériaux différents, et prend en compte des matériaux comportant des couches galvaniques ou autres.

L'invention s'intègre au sein d'une ligne de production et permet
15 de réaliser des volumes importants, tout en diminuant le nombre d'opérations par rapport aux méthodes actuelles.

Pour chaque balancier, l'inertie et le balourd seront mesurés, le balourd sera aussi positionné sur la serge du balancier. Ces informations seront stockées dans la base de données de la ligne, et serviront pour
20 l'opération d'équilibrage et lors de l'assemblage au repère.

Pour chaque spiral, la raideur mesurée sera stockée dans la base de données de la ligne. Cette information, sera utilisée lors de l'assemblage au repère.

25 La longueur finale du spiral sera déterminée à partir de la mesure physique par tomographie et adapté pour l'appairage avec le balancier.

Le procédé industriel d'appairage ne se basera plus sur des classes comme c'est le cas actuellement mais sur des valeurs physiques qui permettront un appairage précis.

30 La correction (équilibrage et mise à la bonne inertie) permettra de réduire, voire d'éliminer les stocks de composants dans la ligne.

Il est possible de mesurer par tomographie les paramètres du spiral et/ou du balancier avant leur correction.

Il est possible de mesurer par tomographie les paramètres du spiral et/ou du balancier après leur correction, pour vérifier la correction effectuée.

Il est possible de mesurer par tomographie les paramètres du spiral et/ou du balancier avant montage.

Il est possible de mesurer par tomographie les paramètres du spiral et/ou du balancier après montage.

10 **[0048]** Le procédé permet notamment la réalisation d'un régulateur (organe réglant) ne nécessitant pas de réglage lors de la mise en marche. Dans ce but :

La raideur du spiral doit peut être mesurée dans une tolérance $\pm 0.0002 \text{ e-7 N.m/rad}$.

15 La mesure statique du spiral devra être est réalisé sur des spiraux virolés.

L'inertie du balancier doit peut être mesurée dans une tolérance. $\pm 0.0003 \text{ mg*cm}^2$.

20 Le balourd du balancier doit peut être mesuré dans une tolérance. de $\pm 2 \text{ }\mu\text{g*cm}^2$.

La position angulaire du balourd doit peut être située dans une tolérance de ± 0.1 .

[0049] Le balancier assemblé sera équilibré sur la base d'une mesure statique décrite ci-dessus, et l'équilibrage se fera selon une méthode usuelle, ou, sur le point du balourd et sur un point diamétralement opposé (180°).

[0050] Lors de l'assemblage, le HMI de la ligne de production sélectionnera sur la base de la valeur de la raideur du spiral choisi, le balancier dont l'inertie à la quelle sera déduite la valeur du balourd, le

balancier dont ses caractéristiques inertielles sont dans la plage de tolérance décrite par les spécifications du mouvement, ou inversement.

Numéros de référence employés sur les figures

- 1 source de radiations électromagnétiques
- 2 détecteur ou capteur d'intensité des radiations
- 3 plateforme de positionnement
- 5 4 échantillon
- 5 boîte
- 6 balancier
- 7 spiral

Revendications

1. Méthode d'appairage d'un balancier et d'un spiral dans un organe régulateur, comprenant une étape de mesure volumétrique du balancier et de calcul de son inertie, et/ou une mesure volumétrique du spiral et de calcul de sa raideur.
5
2. Méthode selon la revendication 1, comprenant une étape de calcul du balourd du balancier à partir de ladite mesure volumétrique.
3. Méthode selon la revendication 2,
10 comprenant une étape de mesure de la position angulaire du balourd.
4. Méthode selon l'une des revendications 1 à 3, comprenant une étape de calcul de la concentricité du spiral à partir de la mesure volumétrique.
5. Méthode selon l'une des revendications 1 à 4,
15 comprenant une étape de calcul de la matière à ajouter ou à supprimer au balancier et/ou au spiral pour obtenir l'inertie respectivement la raideur désirée; et
une étape d'ajout ou de suppression de matière en fonction de ce calcul.
6. Méthode selon l'une des revendications 1 à 5,
20 dans lequel la mesure de la raideur du spiral se fait sur un spiral muni de sa virole.
7. Méthode selon l'une des revendications 1 à 6, comprenant la mesure volumétrique en une seule étape du spiral et du balancier, et
25 le calcul de l'ajout, de la suppression ou du déplacement de matière afin de corriger le balourd et d'adapter l'inertie et/ou la raideur.

8. Méthode selon l'une des revendications 2 à 7,
dans laquelle la correction de l'inertie et du balourd du balancier se fait en
une seule étape à partir de ladite mesure volumétrique.
9. Méthode selon l'une des revendications 1 à 8,
5 dans lequel ladite mesure volumétrique se fait par mesure tomographique
produisant des clichés d'absorption de radiations électromagnétiques.
10. Méthode selon la revendication 9,
comprenant la prise de multiples clichés du spiral et/ou du balancier selon
différents angles de prise de vue, et
10 la reconstitution du volume tridimensionnel du spiral et/ou du balancier à
partir desdits multiples clichés.
11. Méthode selon l'une des revendications 9 ou 10,
dans laquelle le spiral et/ou le balancier est positionné entre une source de
radiation (1) et un détecteur de radiation (4) au moyen d'une plateforme
15 de positionnement (3).
12. Procédé de fabrication d'un organe réglant horloger,
comportant:
la fabrication d'un spiral;
la fabrication d'un balancier; et
20 l'appairage du spiral et balancier selon la méthode de l'une des
revendications précédentes.
13. Organe réglant horloger fabriqué selon le procédé de la
revendication 12.

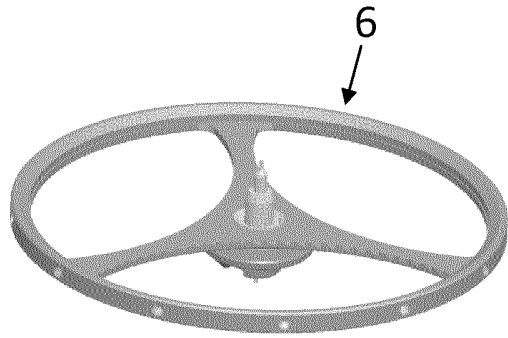


Fig. 1

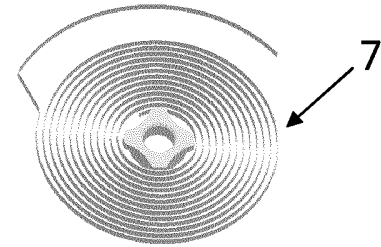


Fig. 2

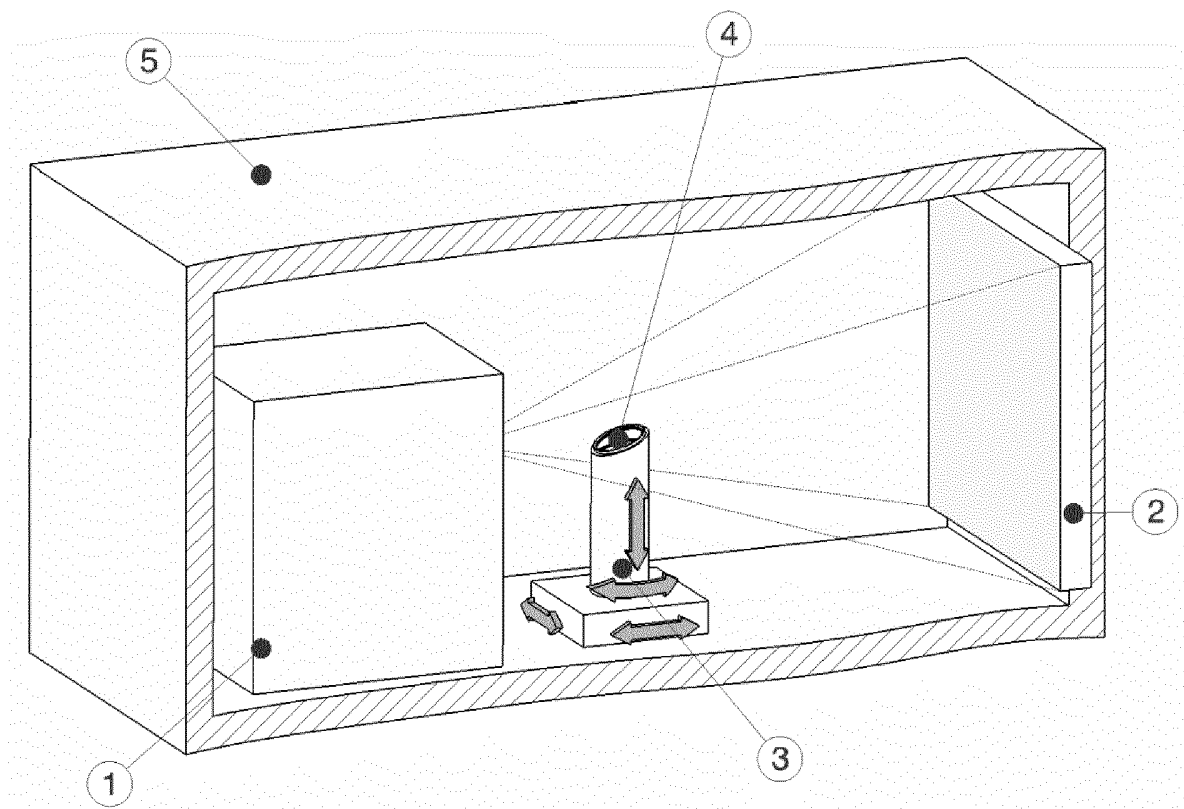


Fig. 3