



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
04.10.2017 Bulletin 2017/40

(51) Int Cl.:
G04B 1/14 (2006.01) G04B 1/16 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **17163469.4**

(22) Date de dépôt: **29.03.2017**

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Etats d'extension désignés:
BA ME
Etats de validation désignés:
MA MD

(72) Inventeurs:
• **Dreyer-Gonzales, Frédéric**
1090 La Croix-sur-Lutry (CH)
• **Houriet, Arnaud**
2610 Saint-Imier (CH)

(74) Mandataire: **e-Patent SA**
Rue Saint-Honoré 1
Boîte Postale CP 2510
2001 Neuchâtel (CH)

(30) Priorité: **30.03.2016 CH 4172016**

(71) Demandeur: **Officine Panerai AG**
6312 Steinhausen (CH)

(54) **SYSTEME DE BARILLET POUR PIECE D'HORLOGERIE**

(57) Système (1) de barillet pour pièce d'horlogerie, ledit système (1) comprenant :

- un barillet (3) comportant un arbre de barillet (7), un tambour de barillet (5) coaxial audit arbre (7) ;
- un ressort de barillet (15) disposé à l'intérieur dudit barillet (3), ledit ressort (15) étant lié par une première extrémité (15a) audit arbre, et lié par une seconde extrémité (15b) audit tambour par l'intermédiaire d'une bride que comporte ladite seconde extrémité (15b) dudit ressort de barillet (15), ledit ressort (15) comprenant une première couche de carbone amorphe (17) d'un premier type sur au moins une partie de sa surface.

Selon l'invention, au moins un composant (5, 7, 11) dudit barillet (3) comporte une deuxième couche de carbone amorphe (19) d'un deuxième type, différent dudit premier type, sur au moins une partie de sa surface destinée à être en contact avec ledit ressort de barillet (15), ladite première couche (17) et ladite deuxième couche (19) étant agencées pour entrer en contact sur au moins une partie de leurs surfaces respectives. Par ailleurs, ladite deuxième couche (19) diffère de ladite première couche (17) en ce qui concerne les proportions d'hybridations des atomes de carbone dans chacune desdites couches (17, 19).

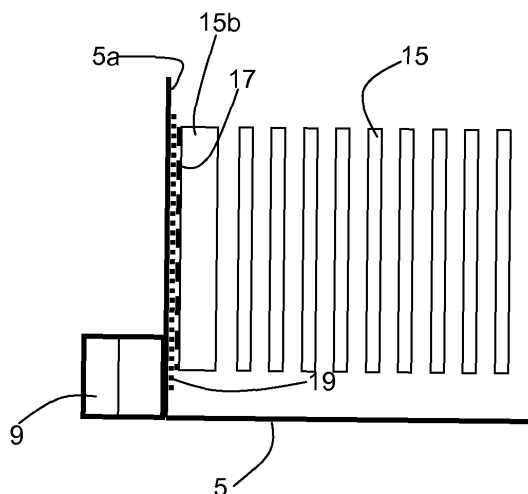


Figure 3

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention se rapporte au domaine de l'horlogerie. Elle concerne, plus particulièrement, un système de barillet autolubrifié pour pièce d'horlogerie.

Etat de la technique

[0002] Dans une montre mécanique traditionnelle, l'énergie permettant son fonctionnement est typiquement stockée dans un ou plusieurs barillets faisant office de source motrice pour l'organe réglant. Cette énergie est transmise entre le barillet et l'organe réglant au moyen d'un rouage de finissage, qui sert également pour entraîner les organes d'affichage.

[0003] Un barillet conventionnel comporte un tambour creux coaxial à un arbre de barillet, et un couvercle qui sert à fermer le tambour. À l'intérieur du tambour se trouve un ressort de barillet, en spirale, qui lie l'arbre à la paroi intérieure du tambour. Afin d'assurer la liaison entre l'extrémité extérieure du ressort et le tambour, ce premier est dotée d'une bride, attachée à, ou venu d'une pièce avec, ladite extrémité extérieure. Cette bride peut être du genre fixe, qui est typiquement destiné à une montre à remontage manuel, ou glissante, qui est typiquement destiné à une montre à remontage automatique. Afin de faire fonctionner la pièce d'horlogerie, ce ressort est armé et applique un couple permettant l'entretien du mouvement en se dévidant. Si le couple fourni par le ressort n'est pas suffisamment constant, l'isochronisme de la montre n'est pas assuré.

[0004] À l'intérieur du barillet, il y a plusieurs surfaces qui entrent en contact les unes avec les autres et engendrent donc des frottements. Par exemple, les spires du ressort peuvent frotter entre elles, la bride ainsi que la spire extérieure peuvent frotter contre la paroi intérieure du tambour, et les faces supérieure et inférieure du ressort peuvent frotter contre le couvercle et/ou contre la face intérieure plane du tambour.

[0005] Afin de limiter ces frottements, le barillet est traditionnellement graissé. Une telle lubrification, habituellement organique, est très sensible aux facteurs externes tels que des changements de température, des légères variations d'humidité, et des changements chimiques de la graisse qui interviennent au fil du temps. Ces derniers, qui entraînent une dégradation des propriétés tribologiques du lubrifiant, nécessitent que le barillet soit soumis à un entretien périodique régulier, typiquement d'une période de quelques années. Un tel entretien nécessite un démontage de la pièce, ainsi qu'un démontage complet et un nettoyage du barillet et du ressort.

[0006] Certaines solutions ont déjà été présentées visant à éviter l'utilisation d'un lubrifiant humide, en réduisant le coefficient de frottement entre les éléments du système de barillet qui frottent les uns contre les autres (tels que la bride et la paroi du tambour) en déposant

des matériaux autolubrifiants sur au moins l'un de ces composants. À cet égard, le document GB 864 531 dévoile un ressort de barillet revêtu d'une couche mince ($<1\mu\text{m}$) d'une résine synthétique ou de matière plastique qui constitue un lubrifiant sec. Les documents US 2 979 417 et GB 987 702 proposent des solutions similaires. Le document FR 1 249 231 propose, par contre, d'utiliser une couche d'un sel d'acide stéarique dans le même but, et le document EP 2 270 612 propose un revêtement en diamant polycristallin. Finalement, les documents WO 02/204836, WO 2013/011032 et US 6 755 566 proposent un dépôt de carbone type diamant ("Diamond-Like Carbon", DLC), qui est une forme de carbone amorphe, sur un ressort de barillet, ou sur la paroi d'un tambour de barillet, le cas échéant. Dans le cas du document WO 2009/043391, les deux surfaces du ressort de barillet qui entrent en contact l'une avec l'autre sont munies chacune d'une couche de DLC, dont chaque couche présente une orientation des plans cristallins différente.

[0007] Bien que ces solutions à lubrification sèche représentent des avancées au niveau tribologique par rapport à un barillet standard graissé, elles ne sont pas tout à fait satisfaisantes au niveau du coefficient de friction et de l'usure des composants qui glissent les uns sur les autres et sont donc soumis aux frottements. Par conséquent, un apport de graisse reste parfois nécessaire, pour maintenir des conditions de fonctionnement satisfaisantes.

[0008] Le but de l'invention est par conséquent de proposer un système de barillet dans lequel les défauts susmentionnés sont au moins partiellement surmontés.

Divulcation de l'invention

[0009] De façon plus précise, l'invention concerne un système de barillet pour pièce d'horlogerie. Ce système comprend un barillet comportant un arbre de barillet, un tambour de barillet coaxial audit arbre, ainsi qu'un ressort de barillet disposé à l'intérieur dudit barillet. Le tambour peut, le cas échéant, être fermé par un couvercle. De façon connue, ledit ressort est lié par une première extrémité, interne, audit arbre, et lié par une seconde extrémité, externe, audit tambour par l'intermédiaire d'une bride. Ce dernier comprend également une première couche de carbone amorphe, d'un premier type, sur au moins une partie de sa surface.

[0010] Selon l'invention, au moins un composant dudit barillet, comme par exemple la paroi cylindrique intérieure du tambour, la surface du couvercle (si présent) et/ou du tambour en regard du ressort, une bonde agencée sur l'arbre, comporte une deuxième couche de carbone amorphe, d'un deuxième type différent dudit premier type, sur au moins une partie de sa surface destinée à être en contact avec ledit ressort de barillet. Ladite première couche et ladite deuxième couche sont agencées pour entrer au moins partiellement en contact l'une avec l'autre, et présentent des différences en termes de proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de leurs atomes de car-

bone.

[0011] De manière surprenante, l'utilisation de deux couches de carbone amorphe présentent des dissemblances en termes de proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de leurs atomes de carbone réduit substantiellement le coefficient de frottement et, par conséquent, permet d'éviter toute application de graisse. La performance ainsi que la durée de vie du système sont ainsi améliorées, et le montage du système est facilité car aucune graisse ne doit être appliquée.

[0012] Avantageusement, ladite première couche est disposée sur au moins une partie de ladite bride du ressort et/ou au moins une partie des spires dudit ressort. Par ailleurs, ladite deuxième couche est avantageusement disposée sur au moins une partie de la paroi interne du tambour, et/ou au moins une partie de la face interne plate dudit tambour en face dudit ressort et/ou au moins une partie d'une bonde que comporte ledit arbre, et/ou au moins une partie d'une surface dudit couvercle en regard dudit ressort.

[0013] Dans un mode de réalisation, ladite première couche est disposée sur la bride du ressort ainsi que sur la surface des spires du ressort, ladite deuxième couche étant disposée (i) sur au moins une partie de la paroi interne du tambour et est destinée à être en contact avec ladite première couche sur la bride et (ii) sur une bonde que comporte l'arbre de barillet et à laquelle l'extrémité intérieure du ressort est liée.

[0014] Dans un autre mode de réalisation particulier, ladite première couche est disposée sur ladite bride du ressort ainsi que sur la surface externe des spires du ressort (c'est-à-dire la surface orientée vers la paroi du tambour), ladite deuxième couche est disposée sur au moins une partie de la paroi interne du tambour et est destinée à être en contact avec ladite première couche, une troisième couche de carbone amorphe, d'un troisième type différent dudit premier type, est disposée sur la surface interne des spires du ressort (c'est-à-dire la surface orientée vers l'arbre de barillet). Ledit troisième type est de préférence identique ou substantiellement similaire audit deuxième type, mais il peut également être différent des deux types susmentionnés.

[0015] Par conséquent, les avantages de l'invention peuvent être obtenus non seulement au niveau du contact entre la bride et la paroi du tambour, mais également entre les spires du ressort. Par ailleurs, une quatrième couche de carbone amorphe, d'un quatrième type différent dudit troisième type, peut être disposée sur une bonde que comporte l'arbre de barillet et à laquelle l'extrémité intérieure du ressort est liée, ledit quatrième type étant de préférence substantiellement similaire audit premier type. L'invention peut donc être appliquée à tout contact entre le ressort, la paroi du tambour et l'arbre.

[0016] Avantageusement, l'une de ladite première couche et ladite deuxième couche comporte une proportion d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 plus élevée que celle de l'autre couche. Les essais ont montré une préférence pour une proportion plus élevée d'hybridation

sp^3 pour la première couche, c'est-à-dire celle se trouvant sur le ressort, par rapport à la proportion d'hybridation sp^3 dans la deuxième couche.

[0017] Avantageusement, les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'une de ladite première couche et ladite deuxième couche sont comprises entre 5% et 40% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 60% et 95% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 , tandis que les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'autre de couche sont comprises entre 60% et 90% d'atomes de carbone d'hybridations sp^2 et entre 10% et 40% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 . Plus particulièrement, les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'une de ladite première couche et ladite deuxième couche sont comprises entre 5% et 20% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 80% et 95% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 , tandis que les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'autre couche sont comprises entre 65% et 75% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 25% et 35% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 .

[0018] Dans le cas d'un système comportant une troisième et une quatrième couche comme évoqué ci-dessus, les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'une de ladite troisième couche et ladite quatrième couche peuvent être comprises entre 5% et 40% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 60% et 95% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 , tandis que les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'autre de ladite troisième couche et ladite quatrième couche peuvent être comprises entre 60% et 90% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 10% et 40% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 . Plus particulièrement, les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'une de ladite troisième couche et ladite quatrième couche peuvent être comprises entre 5% et 20% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et d'entre 80% et 95% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 , tandis que les proportions d'hybridation sp^2 - sp^3 de l'autre couche peuvent être comprises entre 65% et 75% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 25% et 35% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 .

[0019] Avantageusement, chacune desdites couches présente une épaisseur d'entre 100 nm et 3 μ m, de préférence entre 250 nm et 950 nm.

Brève description des dessins

[0020] D'autres détails de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit, faite en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- La fig. 1 est une vue schématique en coupe d'un système de barillet selon un mode de réalisation exemplaire de l'invention ;
- La fig. 2 est un diagramme de phase ternaire du carbone amorphe ;
- La fig. 3 est une vue schématique d'un détail du principe de l'invention sous forme schématique ; et
- Les fig. 4 et 5 sont des vues schématiques de va-

riantes de l'invention.

Modes de réalisation de l'invention

[0021] La figure 1 illustre schématiquement un système 1 de barillet exemplaire selon l'invention. En ce qui concerne la construction globale du système 1 de barillet, elle est tout à fait classique, on peut prendre n'importe quelle construction connue. Dans la variante illustrée, le système 1 comprend un barillet 3, ce dernier comprenant un tambour 5 monté en rotation et coaxial en référence à un arbre de barillet 7 de manière connue. Le tambour 5 porte une denture périphérique 9, mais peut également être lisse afin d'être utilisé en combinaison avec un système de fusée. Le tambour 5 est typiquement fermé au moyen d'un couvercle 11, qui peut être solidaire soit du tambour 5 soit de l'arbre de barillet 7. Une roue à rochet 13 est également prévue, solidaire en rotation de l'arbre de barillet 7. Selon une variante de construction connue, la roue à rochet 13 peut être positionnée sur l'arbre 7 afin de faire office de couvercle 11.

[0022] À l'intérieur du barillet 3, dans l'espace défini par le tambour 5 et le couvercle 11 est logé un ressort de barillet 15. L'extrémité intérieure 15a du ressort 15 est liée à une bonde 14 agencée sur l'arbre, et son extrémité extérieure 15b comporte une bride qui la lie à la paroi intérieure cylindrique 5a du tambour 5, de manière connue. La bride 15b peut être venue d'une pièce avec le ressort 15, ou peut être une pièce supplémentaire rapportée sur l'extrémité extérieure de manière connue.

[0023] Les sources principales de frottements dans un tel barillet sont les suivants. En premier lieu, chacune des spires du ressort 15 peut frotter contre sa spire voisine lorsque le ressort se dévide. La bride 15a et la spire externe du ressort 15 l'extrémité intérieure 15a du ressort 15 peut frotter contre la bonde 14 de l'arbre 7. Par ailleurs, si le ressort 15 peut s'appuyer contre la face intérieure plate 5b ou la face du couvercle 11 en regard du ressort 15, ceci peut également engendrer des frottements. Au moins une partie du ressort 15 et une partie du barillet 3 sont revêtues d'une couche autolubrifiante, comme cela sera expliqué plus en détail par la suite.

[0024] Avant de détailler la manière dont les couches autolubrifiantes du système 1 selon l'invention diffèrent de celles de l'art antérieur, il faut en premier lieu examiner les propriétés du carbone amorphe (DLC).

[0025] À cet effet, la figure 2 représente schématiquement un diagramme de phase du carbone amorphe. Les atomes de carbone peuvent s'organiser selon plusieurs géométries différentes, présentant des orientations de liaisons covalentes différentes. Dans le diamant cristallin, les atomes s'organisent selon une structure cubique face centrée, dans laquelle les liaisons covalentes s'orientent selon des tétraèdres. Ces liaisons font intervenir des atomes de carbone d'hybridation sp^3 , et cette structure de diamant se trouve sur la pointe supérieure du diagramme. Dans le cas du graphite, les atomes s'organisent selon des feuillets. Dans chaque feuillet, les

liaisons covalentes s'orientent selon des hexagones réguliers se situant dans un seul plan, et chaque feuillet est lié à son voisin par des forces de Van der Waals. L'hybridation des atomes de carbone dans chaque feuillet est de type sp^2 . Cette structure se trouve sur la pointe gauche du diagramme. La troisième pointe, droite, du diagramme représente l'hydrogène.

[0026] Commenant à la pointe du diagramme représentant l'hydrogène, qui est gazeux à température et pression normales, en augmentant la proportion de carbone de n'importe quel type d'hybridation, on passe par une bande de polymères (indiquée par "Poly"), et puis on entre dans le domaine du carbone hydrogéné. Les domaines particulièrement intéressants pour leurs propriétés tribologiques sont indiqués sur le diagramme par des ovales indiquant schématiquement les proportions respectives d'hydrogène, d'hybridations sp^3 et sp^2 , qui représentent (de gauche à droite) :

- a-C : carbone amorphe substantiellement dépourvu d'hydrogène et présentant une hybridation dominante du type sp^2 (typiquement 60-90% sp^2 et 10-40% sp^3) ;
- ta-C : carbone amorphe tétraédrique substantiellement dépourvu d'hydrogène et présentant une hybridation dominante du type sp^3 (typiquement 60-95% sp^3 et 5-40% sp^2) ;
- a-C:H : carbone amorphe comprenant une proportion non négligeable d'hydrogène et présentant une hybridation dominante du type sp^2 (typiquement 60-90% sp^2 et 10-40% sp^3 de la proportion du total qui est constitué de carbone) ; et
- ta-C:H : carbone amorphe tétraédrique comprenant une proportion non négligeable d'hydrogène et présentant une hybridation dominante du type sp^3 (typiquement 60-95% sp^3 et 10-40% sp^2 du total du carbone).

[0027] Ces couches de DLC peuvent être déposées par procédé PVD (Physical Vapour Deposition), ou par CVD (Chemical Vapour Deposition), PACVD / PECVD (CVD assisté par plasma), ou toute autre technique permettant un tel dépôt. En variant les paramètres lors du dépôt, des couches ayant les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 ainsi que la proportion d'hydrogénation désirée(s), peuvent être déposées, et ensuite déterminées par des mesures courantes. Ceci est bien connu dans la littérature, et ne doit donc pas être décrit plus en détail ici.

[0028] Les inventeurs ont déterminé, que, de manière étonnante, si on dépose une couche en DLC sur chacune des surfaces de deux composants du système 1 de barillet qui frottent l'une contre l'autre, et que ces deux couches en DLC sont différentes l'une de l'autre, le coefficient de frottement est significativement réduit. Ceci permet de supprimer toute lubrification humide, et engendre par ailleurs une réduction significative de l'usure des composants.

[0029] De manière générale, une lubrification sèche

au moyen de la DLC présente les avantages suivants dans le contexte d'un système de barillet :

- Aucun problème de répartition de la graisse. En effet, la graisse doit être bien répartie sur toutes les surfaces qui sont en contact, et a tendance à fluer de manière indésirable. Plus particulièrement, il existe un effet de décanage, par lequel la graisse a tendance à fluer et se retrouver en bas du barillet, ainsi qu'un phénomène de migration de graisse entre les spires du ressort qui peut les faire coller les unes contre les autres grâce à la tension superficielle de la graisse.
- Montage simplifié, car aucune étape d'application de graisse n'est plus nécessaire.
- Effet lubrificateur dès le début. Par contre, la graisse nécessite un certain temps d'utilisation afin de se répartir de manière homogène, ce qui engendre une phase de rodage au début du fonctionnement de la pièce, et après que la pièce soit laissée inutilisée pendant un laps de temps prolongé.
- Protection des pièces contre les attaques environnementales, car les surfaces revêtues de DLC sont isolées de l'environnement par une couche qui est exempte d'oxygène. L'étape de nickelage communément effectuée dans ce but est simplement remplacée par celle du dépôt de DLC, et par conséquent le nombre d'étapes de fabrication du ressort reste inchangé, et les composants du barillet peuvent être des composants standards à l'exception des revêtements en carbone amorphe.
- Protection contre l'usure entre les spires, si la totalité des surfaces du ressort qui sont soumises à des frottements est revêtue.

[0030] Plus particulièrement, la figure 3 illustre schématiquement une partie d'un système 1 de barillet selon l'invention. Dans cette variante, une première couche de carbone amorphe 17 d'un premier type est déposée sur la surface de la bride 15b qui entre en contact avec la surface interne cylindrique 5a du tambour du barillet 5. Cette surface interne cylindrique 5a est également revêtue d'une deuxième couche de carbone amorphe 19 d'un deuxième type, différent du premier type. Ce même principe peut également être appliqué à la bonde 14 et à l'extrémité intérieure 15a du ressort 15, et/ou aux surfaces supérieure et/ou inférieure du ressort 15, si ces surfaces risquent d'entrer en contact avec le couvercle 11 ou le tambour 5 respectivement. Particulièrement, ladite première couche 17 peut être déposée à au moins deux endroits, notamment sur les surfaces des deux extrémités 15a, 15b destinées à être en contact avec la bonde 14 et la paroi 5a du tambour 5 respectivement, ladite deuxième couche 19 étant déposée sur les surfaces correspondantes de la bonde 14 et de la paroi 5a du tambour 5.

[0031] Typiquement, ces deux couches 17, 19 diffèrent par leurs proportions en hybridations sp^2 - sp^3 du car-

bone amorphe, tandis que d'autres différences sont encore possibles, particulièrement au niveau du degré d'hydrogénation.

[0032] L'une des deux couches 17, 19 contient par exemple une proportion d'hybridation sp^2 comprise entre 5% et 40%, de préférence entre 5% et 20%, encore de préférence sensiblement 5, 6 ou 7% (plus génériquement ta-C ou ta-C:H) et une proportion d'hybridation sp^3 comprise entre 60% et 95%, de préférence entre 80% et 95%, encore de préférence sensiblement 95% (plus génériquement a-C ou a-C:H). L'autre des couches 19, 17 présente par exemple une proportion d'hybridation sp^3 comprise entre 5% et 40%, de préférence entre 25% et 35%, encore de préférence sensiblement 30% et une proportion d'hybridation sp^2 comprise entre 60% et 95%, de préférence entre 65% et 75%, encore de préférence sensiblement 70%.

[0033] Dans ce cas, la couche comprenant une proportion majoritaire d'hybridation sp^3 (par exemple ta-C ou ta-C:H) est de préférence la première couche 17 sur le ressort 15, et celle comprenant une proportion majoritaire d'hybridation sp^2 (par exemple a-C ou a-C:H) est de préférence la deuxième couche 19 sur le barillet 3, mais l'agencement inverse est également possible.

[0034] Il est également possible que l'une des couches 17, 19 présente un rapport d'hybridation d'environ 50% sp^2 et 50% sp^3 , hydrogéné ou non, tandis que l'autre couche 19, 17 comporte essentiellement du ta-C, ta-C:H, a-C ou a-C:H.

[0035] La première couche 17 peut avantageusement être déposée sur toute la surface du ressort 15, y compris sa bride 15b, ce qui simplifie sa fabrication et évite de faire une étape de masquage avant dépôt de la première couche 17 (voir ci-dessous). Cette variante est illustrée sur la figure 4, et est la plus simple à fabriquer. Par ailleurs, si le ressort 15 risque de frotter contre le couvercle 11 ou le fond du tambour 5, ladite deuxième couche 19 peut s'étendre également sur ces surfaces. Une deuxième couche 19 peut également être déposée sur la bonde 14.

[0036] Encore plus avantageusement, la variante illustrée sur la figure 5 prévoit la première couche non seulement sur la surface de la bride 15a destinée à être en contact avec la surface 5a du tambour 5, mais sur toute la surface y contiguë, c'est-à-dire sur la surface extérieure de l'ensemble des spires du ressort 15. La surface opposée, c'est-à-dire la surface intérieure de chaque spire en face de l'arbre de barillet 7, est revêtue d'une troisième couche 21 de DLC, d'un troisième type différent dudit premier type. Ce troisième type peut être sensiblement similaire audit deuxième type, ou différente des premier et deuxième types. L'homme du métier sait comment déposer ces deux couches 17, 21 différentes, par exemple par l'intermédiaire d'étapes successives de masquage et de dépôt conventionnelles, exécutées par exemple avant estrapadage du ressort 15, ou alternativement effectuées avec le ressort 15 supporté étendu et allongé dans un gabarit.

[0037] Au centre du ressort, la bonde 14 peut comporter une quatrième couche de carbone amorphe 23, dissimilaire à la troisième couche 21, qui peut être par exemple d'un type similaire audit premier type. Alternative-
ment, au vu du fait que le contact entre le ressort et la bonde 14 est moins critique qu'entre la bride 15b et le tambour 5, la quatrième couche de DLC peut être simi-
laire audit deuxième type, ou peut être omise.

[0038] En ce qui concerne les faces supérieure et inférieure du ressort 15, si elles risquent de frotter contre le couvercle 11 ou le fond du tambour 5, les mêmes considérations que celles discutées en lien avec la figure 4 s'appliquent également ici.

[0039] La variante de la figure 5 présente l'avantage que chaque surface qui entre en contact avec une autre surface frotte contre une surface comportant une couche de DLC dissimilaire, maximisant par conséquent les effets de réduction de frottements amenés par l'invention.

[0040] Pour toutes les variantes mentionnées ci-dessus, les couches 17, 19, 21, 23 présentent typiquement une épaisseur comprise entre 100 nm et 3 µm, idéalement entre 250 nm et 950 nm, et sont déposées par l'un des procédés évoqués ci-dessus (PVD, CVD, PACVD, PECVD...) à une température typiquement comprise entre 80°C et 220°C. Ces températures sont suffisamment modérées pour ne pas nuire à la trempe du ressort 15.

[0041] Les avantages conférés par l'invention ont été démontrés expérimentalement. La demanderesse a soumis deux types de systèmes 1 de barillet, ayant leur ressort 15 et la paroi interne 5a de leur tambour 5 revêtus selon la variante de la figure 4 de la présente invention, à des tests de vieillissements accélérés correspondant à vingt-huit ans de porter. Deux types de barillets 3 ont été testés : le premier barillet 3 avait une bride 15b fixe (également appelé "barillet manuel"), alors que le second barillet 3 avait une bride 15b glissante ("barillet automatique"). Les mesures et vieillissements étaient spécifiques pour chacun d'eux, de façon à représenter au mieux les conditions d'utilisation réelles.

[0042] Ces tests de vieillissements accélérés ont montré que la résistance à l'usure des systèmes de barillet selon l'invention est largement supérieure à celle des barillets standards. Après la phase de vieillissement correspondant à 28 années d'utilisation en conditions standards, les systèmes 1 de barillet selon l'invention ne montrent aucune diminution de leurs propriétés fonctionnelles. De plus, après les tests, la paroi interne 5a du tambour 5 n'avait subi qu'une usure très modérée, malgré une sollicitation importante durant les cycles de vieillissement. Aucun enlèvement de matière ou formation de particules d'usure n'a été observé.

[0043] Les systèmes 1 de barillet traditionnels ont, quant à eux, subi une perte de fonctionnalité dès cinq à sept années et donc nécessitent un service tous les deux à cinq ans, impliquant bien entendu un démontage souvent préventif du mouvement de la montre. Il est de plus à noter que les tests de vieillissements accélérés sont à l'avantage des systèmes 1 de barillet standards, car la

graisse n'a pas le temps de vieillir, et les vitesses de rotation élevées utilisées en favorisent la bonne répartition. L'intervalle entre des services du mouvement est alors avantageusement augmenté grâce à la présente invention.

[0044] Bien que l'invention ait été décrite ci-dessus en lien avec des modes de réalisation spécifiques, des variantes supplémentaires sont également envisageables sans sortir de la portée de l'invention comme définie par les revendications. Par ailleurs, le principe de l'invention peut également être utilisé pour d'autres composants d'un mouvement horloger qui ne font pas l'objet des revendications, comme par exemple un doigt sur une roue à colonnes, des dentures de mobiles, rouages et engrenages, des entrées de fourchettes et chevilles ou encore des doigts entraîneurs.

Revendications

1. Système (1) de barillet pour pièce d'horlogerie, ledit système (1) comprenant :

- un barillet (3) comportant un arbre de barillet (7), un tambour de barillet (5) coaxial audit arbre (7) ;
- un ressort de barillet (15) disposé à l'intérieur dudit barillet (3), ledit ressort (15) étant lié par une première extrémité (15a) audit arbre, et lié par une seconde extrémité (15b) audit tambour par l'intermédiaire d'une bride que comporte ladite seconde extrémité (15b) dudit ressort de barillet (15), ledit ressort (15) comprenant une première couche de carbone amorphe (17) d'un premier type sur au moins une partie de sa surface,

caractérisé en ce qu'au moins un composant (5, 7, 11) dudit barillet (3) comporte une deuxième couche de carbone amorphe (19) d'un deuxième type, différent dudit premier type, sur au moins une partie de sa surface destinée à être en contact avec ledit ressort de barillet (15), ladite première couche (17) et ladite deuxième couche (19) étant agencées pour entrer en contact sur au moins une partie de leurs surfaces respectives, et **en ce que** ladite deuxième couche (19) diffère de ladite première couche (17) en ce qui concerne les proportions d'hybridations des atomes de carbone dans chacune desdites couches (17, 19).

2. Système (1) selon la revendication précédente, dans lequel ladite première couche (17) est disposée sur au moins l'un de :

- au moins une partie de ladite bride (15a) du dit ressort (15) ;
- au moins une partie des spires dudit ressort

- (15).
3. Système (1) selon au moins l'une des revendications précédentes, dans lequel ladite deuxième couche (17) est disposée sur au moins l'un de :
 - au moins une partie de la paroi interne (5a) du tambour (5) ;
 - au moins une partie de la face interne plate dudit tambour (5) ;
 - au moins une partie d'une bonde (14) que comporte ledit arbre (7) ;
 - au moins une partie d'une surface d'un couvercle (1) que comporte le barillet (3), ladite surface étant en regard dudit ressort (15).
 4. Système (1) selon les revendications 2 et 3, dans lequel :
 - ladite première couche (17) est disposée sur ladite bride (15b) du ressort (15) ainsi que sur la surface externe des spires du ressort (15) ;
 - ladite deuxième couche (19) est disposée sur au moins une partie de la paroi interne (5a) du tambour (5) et destinée à être en contact avec ladite première couche (17) ;
 - une troisième couche (21) de carbone amorphe, d'un troisième type différente audit premier type, est disposée sur la surface interne des spires du ressort (15), ledit troisième type étant de préférence substantiellement similaire audit deuxième type.
 5. Système (1) selon la revendication 4, dans lequel une quatrième couche de carbone amorphe (23), d'un quatrième type différente audit troisième type, est disposée sur une bonde (14) que comporte l'arbre (7) et à laquelle est liée l'extrémité intérieure (15a) dudit ressort, ledit quatrième type étant de préférence substantiellement similaire audit premier type.
 6. Système (1) selon la revendication 1-5, dans lequel l'une de ladite première couche (17) et ladite deuxième couche (19) comporte une proportion d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 plus élevée que celle de l'autre de ladite première couche et ladite deuxième couche (19; 17).
 7. Système (1) selon la revendication 6, dans lequel ladite première couche (17) comporte une proportion d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 plus élevée que celle de ladite deuxième couche (19; 17).
 8. Système (1) selon l'une des revendications 6 et 7, dans lequel les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'une de ladite première couche (17) et ladite deuxième couche (19) sont comprises entre 5% et 40% d'atomes de carbone sp^2 et entre 60% et 95% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 , tandis que les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'autre de ladite première couche (17) et ladite deuxième couche (19) sont comprises entre 60% et 90% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 10% et 40% d'atomes de carbone sp^3 .
 9. Système (1) selon la revendication précédente, dans lequel les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'une de ladite première couche (17) et ladite deuxième couche (19) sont comprises entre 5% et 20% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 80% et 95% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 , tandis que les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'autre de ladite première couche (17) et ladite deuxième couche (19) sont comprises entre 65% et 75% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 25% et 35% d'atomes de carbone d'hybridation covalentes d'hybridation sp^3 .
 10. Système (1) selon la revendications 5 et selon l'une des revendications 6 à 9, dans lequel les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'une de ladite troisième couche (21) et ladite quatrième couche (23) sont comprises entre 5% et 40% d'atomes de carbone sp^2 et entre 60% et 95% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 , tandis que les proportions d'hybridation sp^2 - sp^3 de l'autre de ladite troisième couche (21) et ladite quatrième couche (23) sont comprises entre 60% et 90% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et d'entre 10% et 40% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 .
 11. Système (1) selon la revendication précédente, dans lequel les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'une de ladite troisième couche (21) et ladite quatrième couche (23) sont comprises entre 5% et 40% d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 60% et 95% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 , tandis que les proportions d'hybridations sp^2 - sp^3 de l'autre de ladite troisième couche (21) et ladite quatrième couche (23) sont comprises entre 65% et 75 d'atomes de carbone d'hybridation sp^2 et entre 25% et 35% d'atomes de carbone d'hybridation sp^3 .
 12. Système (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel chacune desdites couches (17, 19, 21, 23) présente une épaisseur comprise entre 100 nm et 3 μ m, de préférence entre 250 nm et 950nm.

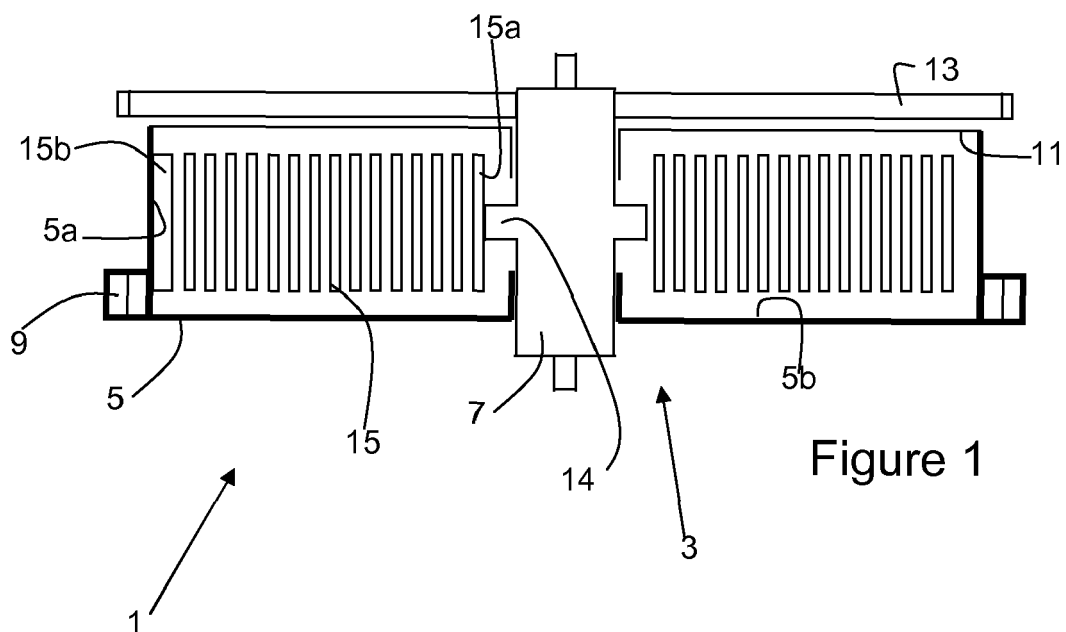


Figure 1

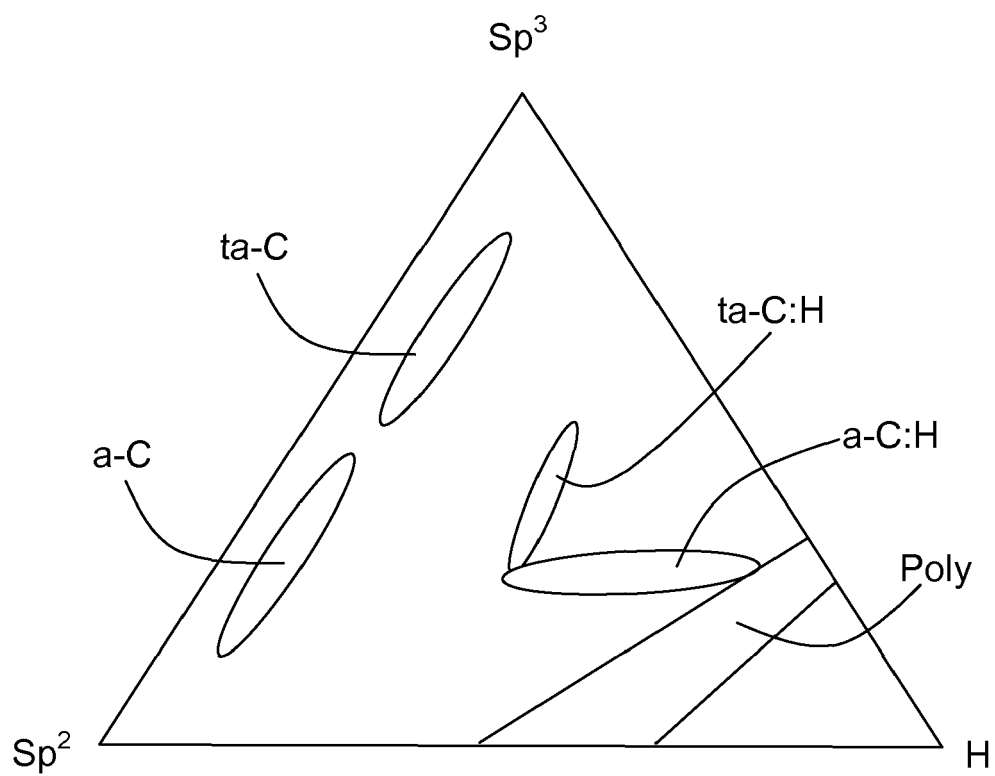


Figure 2

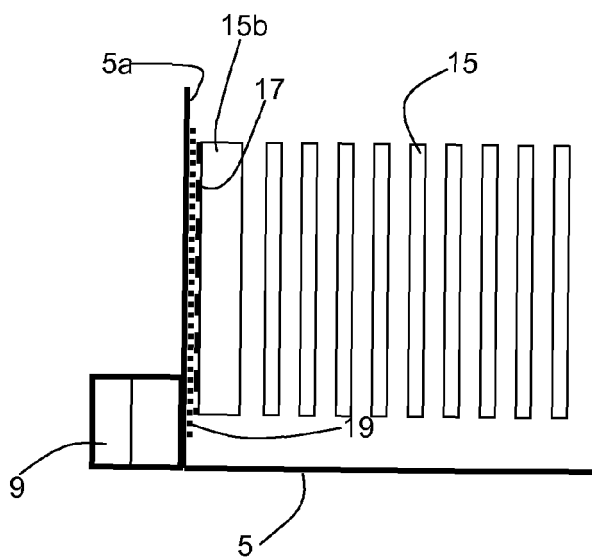


Figure 3

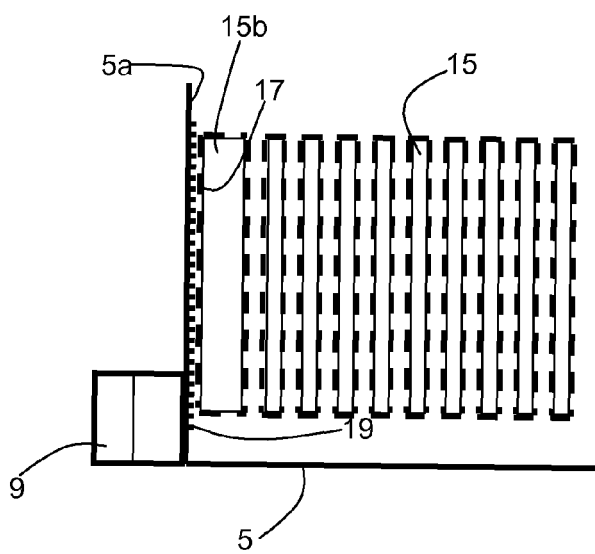


Figure 4

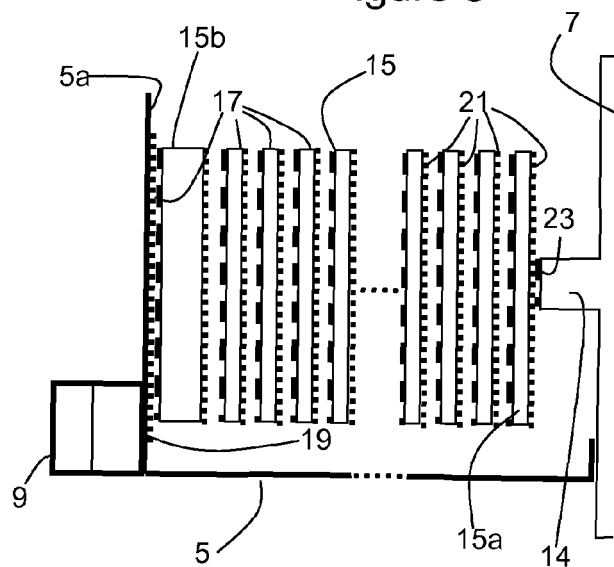


Figure 5



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 17 16 3469

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	WO 2013/011032 A1 (SWATCH GROUP RES & DEV LTD [CH]; RICHARD DAVID [CH]; BOURBAN STEWES [C] 24 janvier 2013 (2013-01-24) * figures 1,2,4 * * revendication 1 * * page 9, alinéa 3 * * page 10, ligne 15 - ligne 18 *	1-6	INV. G04B1/14 G04B1/16
Y,D	EP 2 270 612 A2 (MANUF ET FABRIQUE DE MONTRES ET DE CHRONOMETRES ULYSSE NARDIN LE LOCLE) 5 janvier 2011 (2011-01-05) * revendication 1 *	1-7	
Y,D	US 6 755 566 B2 (DAMASKO KONRAD [DE]) 29 juin 2004 (2004-06-29) * colonne 6, alinéa 4 *	1-7	
Y	WO 2013/132076 A1 (SOWIND SA [CH]) 12 septembre 2013 (2013-09-12) * alinéa [0018] * * figures *	1-7	
A	WO 2009/043391 A1 (CREEPSERVICE SARL [CH]; COROLEM BOURGEOIS CONSULTING [CH]; BOURGEOIS C) 9 avril 2009 (2009-04-09) * abrégé; figures * * revendication 8 *	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) G04B
A	EP 2 631 721 A1 (RICHEMONT INT SA [CH]) 28 août 2013 (2013-08-28) * alinéa [0012] *	1	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 13 juillet 2017	Examineur Lupo, Angelo
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 17 16 3469

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

13-07-2017

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2013011032 A1	24-01-2013	CN 103765330 A EP 2734897 A1 JP 5823038 B2 JP 2014521096 A RU 2014106519 A US 2014160900 A1 WO 2013011032 A1	30-04-2014 28-05-2014 25-11-2015 25-08-2014 10-09-2015 12-06-2014 24-01-2013
EP 2270612 A2	05-01-2011	CH 701369 A2 EP 2270612 A2	31-12-2010 05-01-2011
US 6755566 B2	29-06-2004	AUCUN	
WO 2013132076 A1	12-09-2013	CH 706214 A1 CN 104220939 A EP 2823364 A1 HK 1204100 A1 JP 6072837 B2 JP 2015509600 A US 2015138932 A1 WO 2013132076 A1	13-09-2013 17-12-2014 14-01-2015 24-02-2017 01-02-2017 30-03-2015 21-05-2015 12-09-2013
WO 2009043391 A1	09-04-2009	EP 2243056 A1 WO 2009043391 A1	27-10-2010 09-04-2009
EP 2631721 A1	28-08-2013	AUCUN	

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- GB 864531 A [0006]
- US 2979417 A [0006]
- GB 987702 A [0006]
- FR 1249231 [0006]
- EP 2270612 A [0006]
- WO 02204836 A [0006]
- WO 2013011032 A [0006]
- US 6755566 B [0006]
- WO 2009043391 A [0006]