



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
18.11.2015 Bulletin 2015/47

(51) Int Cl.:
G04B 11/00 (2006.01) G04B 15/14 (2006.01)
G04B 13/02 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **14168699.8**

(22) Date de dépôt: **16.05.2014**

(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

- **Charbon, Christian**
2054 Chézard-St-Martin (CH)
- **Faure, Cédric**
2016 Cortaillod (CH)

(71) Demandeur: **Nivarox-FAR S.A.**
2400 Le Locle (CH)

(74) Mandataire: **Giraud, Eric et al**
ICB
Ingénieurs Conseils en Brevets SA
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(72) Inventeurs:
• **Dubois, Philippe**
2074 Marin (CH)

(54) **Mécanisme d'horlogerie à couple de contact sans lubrification**

(57) Mécanisme (100) d'horlogerie comportant un couple (1) de composants avec un premier composant (2) comportant un matériau pris dans un premier groupe comportant le diamant naturel, le diamant CVD micro- ou nanocristallin, le diamant massif monocristallin, et le carbone amorphe « DLC », et dont une première surface de frottement (21) est agencée pour coopérer avec une deuxième surface de frottement (31) que comporte un deuxième composant (3) antagoniste.

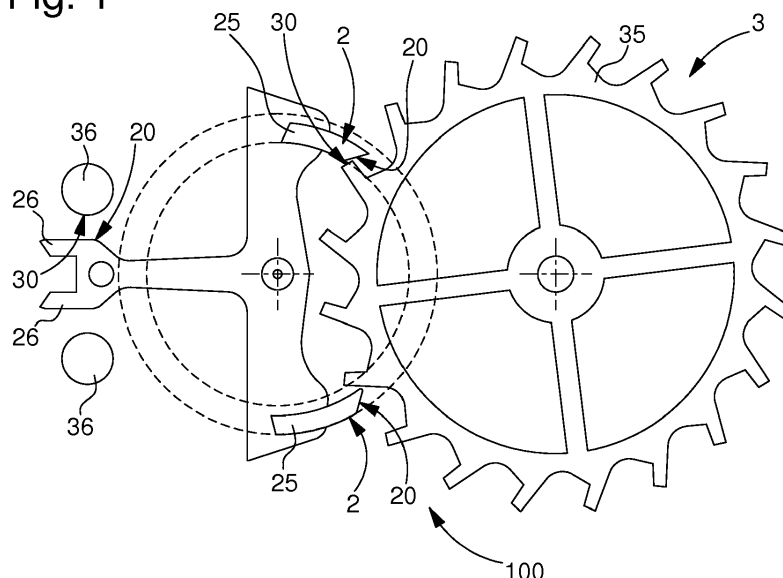
Ce deuxième composant (3) comporte au moins au niveau de sa deuxième surface de frottement (31), un matériau avec une forte concentration de bore, supérieure à 10% atomique.

Dans une réalisation particulière ce deuxième composant (3) comporte au moins une céramique contenant du bore.

Procédé de réalisation d'un tel mécanisme.

Procédé de transformation d'un tel mécanisme.

Fig. 1



Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un mécanisme d'horlogerie à tribologie améliorée.

[0002] L'invention concerne un plus particulièrement un mécanisme d'horlogerie comportant au moins un couple de composants comportant un premier composant comportant un matériau pris dans un premier groupe comportant le diamant naturel, le diamant CVD micro- ou nanocristallin, le diamant massif monocristallin, et le carbone amorphe dit « Diamond like Carbon » ou « DLC », et dont une première surface de frottement est agencée pour coopérer avec une deuxième surface de frottement que comporte un deuxième composant antagoniste.

[0003] L'invention concerne encore un procédé de réalisation d'un tel mécanisme.

[0004] L'invention concerne encore un procédé de transformation d'un tel mécanisme.

[0005] L'invention concerne le domaine des mécanismes horlogers comportant des composants en permanence en mouvement, et plus particulièrement le domaine des mécanismes d'échappement.

Arrière-plan de l'invention

[0006] Les constructeurs horlogers se sont toujours efforcés d'accroître la fiabilité des mouvements, grâce à la réduction de la fréquence des entretiens, tout en assurant la marche précise des mouvements horlogers.

[0007] La lubrification des mobiles et composants en mouvement est un problème difficile à résoudre. De longues expérimentations tribologiques sont nécessaires pour mettre au point des solutions permettant de simplifier ou même de supprimer la lubrification.

[0008] Plus particulièrement, on recherche un fonctionnement sans lubrification des mécanismes d'échappement, en tentant de définir des couples de matériaux en frottement présentant un coefficient de frottement bas et stable ainsi qu'une faible usure, et présentant une excellente tenue dans la durée.

[0009] Dans le cadre d'une utilisation de matériaux en frottement non-lubrifié dans l'échappement horloger, de récentes études tendent à montrer que le diamant CVD micro- ou nanocristallin en frottement contre lui-même conduit à un arrêt de l'échappement après un temps limité de fonctionnement. Cette problématique nécessite une lubrification suivie d'un entretien régulier à la manière d'un échappement classique acier/rubis.

Résumé de l'invention

[0010] L'invention se propose de fournir une solution à ce problème.

[0011] L'invention vise un fonctionnement non-lubrifié de l'échappement horloger en prévenant les phénomènes

de blocage apparaissant dans un échappement ayant des palettes et une roue d'échappement revêtus de diamant CVD.

[0012] L'invention concerne plus particulièrement l'utilisation de matériaux contenant du bore, dans au moins une des surfaces de contact au sein d'un mécanisme horloger.

[0013] A cet effet, l'invention concerne un mécanisme d'horlogerie comportant au moins un couple de composants comportant un premier composant comportant un matériau pris dans un premier groupe comportant le diamant naturel, le diamant CVD micro- ou nanocristallin, le diamant massif monocristallin, et le carbone amorphe dit « Diamond like Carbon » ou « DLC », et dont une première surface de frottement est agencée pour coopérer avec une deuxième surface de frottement que comporte un deuxième composant antagoniste, caractérisé en ce que ledit deuxième composant antagoniste comporte au moins au niveau de sa dite deuxième surface de frottement, un matériau avec une forte concentration de bore, supérieure à 10% atomique.

[0014] Selon une caractéristique de l'invention, ledit deuxième composant antagoniste comporte au moins une céramique contenant du bore.

[0015] Selon une caractéristique de l'invention, ledit deuxième composant comporte au moins une céramique contenant du bore, ou bien au niveau d'une couche superficielle, ou bien dans la masse dudit deuxième composant.

[0016] L'invention concerne encore un procédé de réalisation d'un tel mécanisme, caractérisé en ce que :

- on réalise un dit premier composant et on le revêt d'une dite première couche de frottement dans un matériau pris dans ledit premier groupe ;
- on réalise un dit deuxième composant et on le revêt d'une dite deuxième couche constituée par une céramique contenant du bore, ou comportant au moins une céramique contenant du bore ;
- on fait coopérer à sec, sans lubrifiant, une dite première surface de frottement de ladite première couche de frottement avec une dite deuxième surface de frottement de ladite deuxième couche de frottement.

[0017] L'invention concerne encore un procédé de réalisation d'un mécanisme d'horlogerie du type comportant au moins un couple de composants comportant un premier composant comportant une première surface de frottement agencée pour coopérer avec une deuxième surface de frottement que comporte un deuxième composant antagoniste, caractérisé en ce que :

- on applique sur ladite première surface de frottement une première couche de frottement dans un matériau pris dans un premier groupe comportant le diamant naturel, le diamant CVD micro- ou nanocristallin, le diamant massif monocristallin, et le carbone

amorphe dit « Diamond like Carbon » ou « DLC », pour constituer une nouvelle première surface de frottement dur, et

- on applique sur ladite deuxième surface de frottement une deuxième couche de frottement constituée par une céramique contenant du bore, ou comportant au moins une céramique contenant du bore, pour constituer une nouvelle deuxième surface de frottement dur, et
- on fait coopérer à sec, sans lubrifiant, ladite nouvelle première surface de frottement dur avec ladite nouvelle deuxième surface de frottement dur.

Description sommaire des dessins

[0018] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui va suivre, en référence aux dessins annexés, où :

- la figure 1 représente, de façon schématisée et en vue en plan, un mécanisme d'échappement comportant notamment une palette d'ancre coopérant en contact avec une roue d'échappement, au niveau de surfaces de contact agencées selon l'invention ;
- la figure 2 représente, de façon schématisée, la coopération entre les surfaces de contact antagonistes ;
- la figure 3 représente, sous forme d'un schéma-blocs, une pièce d'horlogerie comportant un mouvement lequel comporte un mécanisme d'échappement qui comporte lui-même un couple de composants agencé selon l'invention.

Description détaillée des modes de réalisation préférés

[0019] L'invention concerne l'utilisation des matériaux contenant du bore, et plus particulièrement des céramiques au bore, en frottement non-lubrifié contre du diamant dans un mouvement horloger

[0020] L'invention consiste au remplacement de l'un des partenaires en frottement, habituellement diamant contre diamant, par un matériau comportant du bore, et plus particulièrement par une céramique contenant du bore. En particulier non-oxyde.

[0021] Il est connu de l'homme de métier (tribologie non-lubrifiée du diamant) que des liaisons pendantes en surface peuvent amener à la création de liaison chimiques avec le partenaire en frottement, conduisant à un accroissement du coefficient de friction et éventuellement un collage, spécialement si l'autre partenaire est de même nature [A. Erdemir, C. Donnet « Tribology of Diamond, Diamond-Like Carbon, and Related Films »]. La passivation de ces liaisons pendantes peut résulter du milieu ambiant, humidité, gaz.

[0022] Dans le cas du frottement dans l'échappement du diamant CVD sur des surface de quelques dizaines de microns de largeur à de très faible force de contact (~1mN), il semble que cette passivation par le milieu am-

biant se produise difficilement, conduisant à une usure prononcée, à la formation de débris graphitiques, sp², ce qui précipite le blocage de l'échappement par collage.

[0023] Les mécanismes de frottement entre le diamant et d'autres matériaux sont très complexes.

[0024] Toutefois, un partenaire en frottement avec le diamant, capable de procurer directement des atomes libres pour former des liens avec les liaisons pendantes du carbone, permettrait de favoriser cette passivation aux faibles forces de contact rencontrées dans le mouvement. Cette passivation évite l'apparition de collage.

[0025] Des coefficients stables et bas ont été obtenus en frottement avec du diamant CVD microcristallin contre une céramique au bore nommée BAM (AlMgB14+TiB₂, « NewTech Ceramics »).

[0026] Un bon comportement tribologique sans collage est également obtenu avec d'autres types de céramiques au bore en frottement contre du diamant monocristallin, microcristallin ou nanocristallin.

[0027] Typiquement des céramiques au bore telles que BAM peuvent être fabriquées en couches minces ou sous forme massive. Les méthodes de fabrication pour obtenir des céramiques en couches minces sont notamment, de manière non exhaustive : PVD (sputtering, pulsed laser déposition, etc), CVD, LPCVD, PECVD. La fabrication de céramiques massives se fait généralement par un procédé de frittage de poudre.

[0028] Dans le cadre d'une application horlogère, une configuration particulièrement prometteuse concerne un échappement, et notamment un échappement à ancre suisse ou coaxial, ayant une roue d'échappement (et/ou pignon) fabriquée en silicium revêtu de diamant CVD, en frottement contre des palettes en céramique au bore massives.

[0029] On peut citer des configurations non-exhaustives découlant de cette invention :

- roue en silicium revêtue de céramique au bore / palettes en silicium revêtue de diamant CVD ;
- roue en silicium revêtue de diamant CVD / palettes en silicium revêtue de céramique au bore ;
- roue en silicium revêtue de diamant CVD / palettes en céramique au bore massive.

[0030] Il est à noter que le substrat en silicium peut être remplacé par d'autres matériaux tels que métaux, carbure de silicium, nitrure de silicium, oxyde de silicium, quartz, verres ou tout autre céramiques ou matériaux autorisant le dépôt et l'adhésion de la couche de céramique au bore ou de la couche de diamant CVD.

[0031] Les épaisseurs de la couche en céramique au bore ou en diamant vont typiquement de 100 nanomètres à 10 micromètres.

[0032] La céramique au bore est avantageusement choisie de manière à avoir une dureté élevée proche de celle du diamant CVD. Des sous-couches peuvent être utilisées de manière à : favoriser l'adhésion de la couche au bore et/ou influencer son état de contrainte.

[0033] Parmi les céramiques au bore sont notamment utilisables :

- borure d'aluminium-magnésium AlMgB14 ou BAM (Aluminium Magnesium boride) + di-borure de titane TiB2 (Titanium diboride)
- borure d'aluminium-magnésium AlMgB14 ou BAM (Aluminium Magnesium boride)
- borures: (TiB2, AlB2, ZrB2, TaB2, NiB, VB2, SiB4, carbure de bore B4C, et similaires)
- nitrure de bore cubique ou Cubic boron nitride (CBN), notamment polycristallin
- trioxyde de bore ou anhydride borique Boric oxide (B2O3)

[0034] L'invention concerne les allotropes du carbone tels que : diamant CVD micro-nanocristallin, diamant massif monocristallin et les DLC (diamond like carbon). Typiquement ces allotropes du carbone sont déposés en couche mince grâce aux techniques usuelles telles que : CVD, PECVD, PVD, etc.

[0035] Du diamant massif de synthèse ou naturel peut remplacer des palettes en rubis, les palettes en diamant frottant alors contre une roue revêtue d'une céramique au bore.

[0036] Ainsi, dans une application préférée, l'invention concerne un mécanisme 100 d'horlogerie comportant au moins un couple 1 de composants comportant un premier composant 2 comportant un matériau pris dans un premier groupe comportant le diamant naturel, le diamant CVD micro- ou nanocristallin, le diamant massif monocristallin, et le carbone amorphe dit « Diamond like Carbon » ou « DLC », et dont une première surface de frottement 21 est agencée pour coopérer avec une deuxième surface de frottement 31 que comporte un deuxième composant 3 antagoniste.

[0037] Selon l'invention, le deuxième composant 3 comporte, au moins au niveau de sa deuxième surface de frottement 31, un matériau avec une forte concentration de bore.

[0038] De préférence, ce matériau a une concentration de bore supérieure à 10% atomique.

[0039] Ce matériau à forte concentration de bore peut être une céramique, un alliage métallique, un matériau composite, ou similaire.

[0040] Plus particulièrement, le deuxième composant 3 antagoniste comporte au moins une céramique contenant du bore.

[0041] On entend ici par céramiques des matériaux non-métalliques et inorganiques.

[0042] Ce deuxième composant 3 comporte au moins une céramique contenant du bore, ou bien au niveau d'une couche superficielle 30, ou bien dans la masse de ce deuxième composant 3.

[0043] Dans une variante particulière, au moins une couche superficielle 30 du deuxième composant 3 est constituée uniquement par une ou plusieurs céramiques contenant du bore.

[0044] Plus particulièrement encore, le deuxième composant 3 est constitué uniquement par une ou plusieurs céramiques contenant du bore.

[0045] Dans une variante particulière, la céramique contenant du bore, que comporte le deuxième composant 3, est dans un matériau pris dans un deuxième groupe comportant le borure orthorhombique de formule AlMgB14, le borure orthorhombique de formule Al0.75Mg0.75B14, le di-borure de titane TiB2, le di-borure de titane TiB2, le di-borure d'aluminium AlB2, le di-borure de zirconium ZrB2, le di-borure de tantale TaB2, le borure de nickel NiB, le tri-borure de vanadium VB3, le quadri-borure de silicium SiB4, le carbure de bore B4C, le nitrure de bore cubique polycristallin CBN, le nitrure de bore hexagonal, l'anhydride borique B2O3.

[0046] Dans une variante particulière, la céramique contenant du bore est une céramique non-oxyde.

[0047] Dans une variante particulière, la céramique contenant du bore comporte un borure orthorhombique de formule AlMgB14.

[0048] Dans une variante particulière, la céramique contenant du bore comporte un borure orthorhombique de formule Al0.75Mg0.75B14.

[0049] Dans une variante particulière, la céramique contenant du bore comporte du di-borure de titane TiB2.

[0050] Dans une variante particulière, la céramique contenant du bore comporte, d'une part un borure orthorhombique de formule AlMgB14 ou Al0.75Mg0.75B14, et d'autre part du di-borure de titane TiB2.

[0051] Dans une variante particulière, la céramique contenant du bore est du borure d'aluminium-magnésium dit BAM et comportant, d'une part un borure orthorhombique de formule AlMgB14, et d'autre part du di-borure de titane TiB2.

[0052] Dans une variante particulière, le premier composant 2 comporte une première couche de frottement 20 en diamant CVD micro- ou nanocristallin.

[0053] Dans une variante particulière, le premier composant 2 comporte une première couche de frottement 20, le deuxième composant 3 comporte une couche superficielle 30 de frottement, et la première couche de frottement 20 et la deuxième couche de frottement 30 ont chacune une épaisseur comprise entre 100 nanomètres et 10000 nanomètres.

[0054] Dans une variante particulière, le premier composant 2 comporte une première couche de frottement 20, le deuxième composant 3 comporte une couche superficielle 30 de frottement, et la première couche de frottement 20 et la deuxième couche de frottement 30 ont des duretés superficielles voisines au niveau des première surface de frottement 21 et deuxième surface de frottement 31 qu'elles comportent respectivement.

[0055] Dans une variante particulière, le premier composant 2 comporte une première couche de frottement 20, et cette première couche de frottement 20 est réalisée dans un substrat dans un matériau pris dans un troisième groupe comportant le silicium, l'oxyde de silicium, le dioxyde de silicium, le carbure de silicium, le nitrure de

silicium, le quartz, le verre.

[0056] Dans une variante particulière, le deuxième composant 3 comporte une couche superficielle 30 de frottement, et cette deuxième couche de frottement 30 est réalisée dans un substrat dans un matériau pris dans un troisième groupe comportant le silicium, l'oxyde de silicium, le dioxyde de silicium, le carbure de silicium, le nitrure de silicium, le quartz, le verre.

[0057] Dans une variante particulière, le deuxième composant 3 comporte une couche superficielle 30 de frottement, et cette deuxième couche de frottement 30 est réalisée dans un substrat dans un matériau pris dans un quatrième groupe comportant les aciers au carbone, les super-alliages à base de cobalt, le « Phynox » K13C20N16Fe15D7, le « Durnico » Z2NKDT 18-05-05, le Cu Be1.9, les laitons, les aciers maraging, les aciers HIS.

[0058] Dans une variante particulière, le premier composant 2 comporte une première couche de frottement 20, et ce premier composant 2 est monobloc avec cette première couche de frottement 20 dans un matériau pris dans le premier groupe présenté plus haut.

[0059] Dans une variante particulière, le deuxième composant 3 comporte une couche superficielle 30 de frottement, et ce deuxième composant 3 est monobloc avec cette deuxième couche de frottement 30 dans un matériau constitué par une céramique contenant du bore, ou comportant au moins une céramique contenant du bore.

[0060] Dans une application particulièrement avantageuse, le mécanisme 100 est un mécanisme d'échappement, et comporte une pluralité de tels couples 1, chacun formé sur la base, d'une part d'une dent 4 d'un mobile d'échappement 40, et d'autre part d'une palette 5 d'une ancre 50.

[0061] Dans une variante, chaque dent 4 est en silicium revêtu de céramique au bore, et chaque dite palette 5 est en silicium revêtu de diamant CVD.

[0062] Dans une variante, chaque dent 4 est en silicium revêtu de diamant CVD, et chaque palette 5 est en silicium revêtu de céramique au bore.

[0063] Dans une variante, chaque dent 4 est en silicium revêtu de diamant CVD, et chaque palette 5 est en céramique au bore massive.

[0064] De façon préférée et avantageuse, le contact entre la première surface de frottement 21 et la deuxième surface de frottement 31 est un contact à sec exempt de tout lubrifiant.

[0065] L'invention concerne encore un mouvement d'horlogerie 200 comportant au moins un tel mécanisme 100 d'horlogerie.

[0066] L'invention concerne encore une pièce d'horlogerie 300 comportant au moins un tel mouvement d'horlogerie 200 et/ou au moins un tel mécanisme 100 d'horlogerie.

[0067] L'invention est naturellement applicable à d'autres mécanismes horlogers que le mécanisme d'échappement décrit ici et qui représente un cas exem-

plaire, particulièrement avantageux, d'application de l'invention.

[0068] L'invention concerne encore un procédé de réalisation d'un tel mécanisme 100 d'horlogerie. Selon l'invention :

- on réalise un tel premier composant 2 et, ou bien on le revêt d'une première couche de frottement 20 dans un matériau pris dans ledit premier groupe, ou bien on le réalise de façon massive dans un matériau pris dans ledit premier groupe ;
- on réalise un tel deuxième composant 3 et, ou bien on le revêt d'une deuxième couche 30 constituée par une céramique contenant du bore, ou comportant au moins une céramique contenant du bore, ou bien on le réalise de façon massive dans un matériau comportant au moins une céramique contenant du bore ;
- on fait coopérer à sec, sans lubrifiant, une première surface de frottement 21 du premier composant 2, et notamment de la première couche de frottement 20 si ce premier mobile 2 est revêtu, avec une deuxième surface de frottement 31 du deuxième composant 3, et notamment de la deuxième couche de frottement 30 si ce deuxième mobile 3 est revêtu.

[0069] L'invention concerne encore un procédé de transformation d'un mécanisme d'horlogerie du type comportant au moins un couple 1 de composants comportant un premier composant 2 comportant une première surface de frottement 21 agencée pour coopérer avec une deuxième surface de frottement 31 que comporte un deuxième composant 3 antagoniste. Selon l'invention :

- on applique sur la première surface de frottement 21 une première couche de frottement 20 dans un matériau pris dans un premier groupe comportant le diamant naturel, le diamant CVD micro- ou nanocristallin, le diamant massif monocristallin, et le carbone amorphe dit « Diamond like Carbon » ou « DLC », pour constituer une nouvelle première surface de frottement dur 210, et
- on applique sur la deuxième surface de frottement 31 une deuxième couche de frottement 30 constituée par une céramique contenant du bore, ou comportant au moins une céramique contenant du bore, pour constituer une nouvelle deuxième surface de frottement dur 310, et
- on fait coopérer à sec, sans lubrifiant, cette nouvelle première surface de frottement dur 210 avec cette nouvelle deuxième surface de frottement dur 310.

55 Revendications

1. Mécanisme (100) d'horlogerie comportant au moins un couple (1) de composants comportant un premier

- composant (2) comportant un matériau pris dans un premier groupe comportant le diamant naturel, le diamant CVD micro- ou nanocristallin, le diamant massif monocristallin, et le carbone amorphe dit « Diamond like Carbon » ou « DLC », et dont une première surface de frottement (21) est agencée pour coopérer avec une deuxième surface de frottement (31) que comporte un deuxième composant (3) antagoniste, **caractérisé en ce que** ledit deuxième composant (3) antagoniste comporte au moins au niveau de sa dite deuxième surface de frottement (31), un matériau avec une forte concentration de bore, supérieure à 10% atomique.
2. Mécanisme (100) d'horlogerie selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit deuxième composant (3) comporte au moins une céramique contenant du bore.
 3. Mécanisme (100) d'horlogerie selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** ledit deuxième composant (3) comporte au moins une céramique contenant du bore, ou bien au niveau d'une couche superficielle (30), ou bien dans la masse dudit deuxième composant (3).
 4. Mécanisme (100) d'horlogerie selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** au moins une couche superficielle (30) dudit deuxième composant (3) est constituée uniquement par une ou plusieurs céramiques contenant du bore.
 5. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** ledit deuxième composant (3) est constitué uniquement par une ou plusieurs céramiques contenant du bore.
 6. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** ladite céramique contenant du bore est dans un matériau pris dans un deuxième groupe comportant le borure orthorhombique de formule AlMgB_{14} , le borure orthorhombique de formule $\text{Al}_0.75\text{Mg}_0.75\text{B}_{14}$, le di-borure de titane TiB_2 , le di-borure de titane TiB_2 , le di-borure d'aluminium AlB_2 , le di-borure de zirconium ZrB_2 , le di-borure de tantale TaB_2 , le borure de nickel NiB , le tri-borure de vanadium VB_3 , le quadri-borure de silicium SiB_4 , le carbure de bore B_4C , le nitrure de bore cubique polycristallin CBN , le nitrure de bore hexagonal, l'anhydride borique B_2O_3 .
 7. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite céramique contenant du bore est une céramique non-oxyde.
 8. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite céramique contenant du bore comporte un borure orthorhombique de formule AlMgB_{14} .
 9. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite céramique contenant du bore comporte un borure orthorhombique de formule $\text{Al}_0.75\text{Mg}_0.75\text{B}_{14}$.
 10. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite céramique contenant du bore comporte du di-borure de titane TiB_2 .
 11. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite céramique contenant du bore comporte, d'une part un borure orthorhombique de formule AlMgB_{14} ou $\text{Al}_0.75\text{Mg}_0.75\text{B}_{14}$, et d'autre part du di-borure de titane TiB_2 .
 12. Mécanisme (100) d'horlogerie selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ladite céramique contenant du bore est du borure d'aluminium-magnésium dit BAM et comportant, d'une part un borure orthorhombique de formule AlMgB_{14} , et d'autre part du di-borure de titane TiB_2 .
 13. Mécanisme (100) d'horlogerie selon la revendication 11 ou 12, **caractérisé en ce que** le dit premier composant (2) comporte une première couche de frottement (20) en diamant CVD micro- ou nanocristallin.
 14. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dit premier composant (2) comporte une première couche de frottement (20) et **en ce que** ledit deuxième composant (3) comporte une couche superficielle (30) de frottement, et **en ce que** ladite première couche de frottement (20) et ladite deuxième couche de frottement (30) ont chacune une épaisseur comprise entre 100 nanomètres et 10000 nanomètres.
 15. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dit premier composant (2) comporte une première couche de frottement (20) et **en ce que** ledit deuxième composant (3) comporte une couche superficielle (30) de frottement, et **en ce que** ladite première couche de frottement (20) et ladite deuxième couche de frottement (30) ont des duretés superficielles voisines au niveau desdites première surface de frottement (21) et deuxième surface de frottement (31).
 16. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le dit premier composant (2) comporte une première couche de frottement (20), et **en ce que** ladite première couche de frottement (20) est réalisée dans un subs-

trat dans un matériau pris dans un troisième groupe comportant le silicium, l'oxyde de silicium, le dioxyde de silicium, le carbure de silicium, le nitrure de silicium, le quartz, le verre.

17. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit deuxième composant (3) comporte une couche superficielle (30) de frottement, et **en ce que** ladite deuxième couche de frottement (30) est réalisée dans un substrat dans un matériau pris dans un troisième groupe comportant le silicium, l'oxyde de silicium, le dioxyde de silicium, le carbure de silicium, le nitrure de silicium, le quartz, le verre.

18. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit deuxième composant (3) comporte une couche superficielle (30) de frottement, et **en ce que** ladite deuxième couche de frottement (30) est réalisée dans un substrat dans un matériau pris dans un quatrième groupe comportant les aciers au carbone, les super-alliages à base de cobalt, le « Phynox » K13C20N16Fe15D7, le « Durnico » Z2NKDT 18-05-05, le Cu Be1.9, les laitons, les aciers maraging, les aciers HIS.

19. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** le dit premier composant (2) comporte une première couche de frottement (20), et **en ce que** ledit premier composant (2) est monobloc avec ladite première couche de frottement (20) dans un matériau pris dans ledit premier groupe.

20. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 15, **caractérisé en ce que** ledit deuxième composant (3) comporte une couche superficielle (30) de frottement, et **en ce que** ledit deuxième composant (3) est monobloc avec ladite deuxième couche de frottement (30) dans un matériau constitué par une céramique contenant du bore, ou comportant au moins une céramique contenant du bore.

21. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est un mécanisme d'échappement, et comporte une pluralité de dits couples (1), chacun formé sur la base, d'une part d'une dent (4) d'un mobile d'échappement (40), et d'autre part d'une palette (5) d'une ancre (50).

22. Mécanisme (100) d'horlogerie selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** chaque dite dent (4) est en silicium revêtu de céramique au bore, et **en ce que** chaque dite palette (5) est en silicium revêtu de diamant CVD.

23. Mécanisme (100) d'horlogerie selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** chaque dite dent (4) est en silicium revêtu de diamant CVD, et **en ce que** chaque dite palette (5) est en silicium revêtu de céramique au bore.

24. Mécanisme (100) d'horlogerie selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** chaque dite dent (4) est en silicium revêtu de diamant CVD, et **en ce que** chaque dite palette (5) est en céramique au bore massive.

25. Mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le contact entre ladite première surface de frottement (21) et ladite deuxième surface de frottement (31) est un contact à sec exempt de tout lubrifiant.

26. Mouvement d'horlogerie (200) comportant au moins un mécanisme (100) d'horlogerie selon une des revendications précédentes.

27. Pièce d'horlogerie (300) comportant au moins un mouvement d'horlogerie (200) selon la revendication précédente et/ou au moins un mécanisme (100) d'horlogerie selon une des revendications 1 à 25.

28. Procédé de réalisation d'un mécanisme (100) d'horlogerie selon l'une des revendications 1 à 25, **caractérisé en ce que** :

- on réalise un dit premier composant (2) et on le revêt d'une dite première couche de frottement (20) dans un matériau pris dans ledit premier groupe ;
- on réalise un dit deuxième composant (3) et on le revêt d'une dite deuxième couche (30) constituée par une céramique contenant du bore, ou comportant au moins une céramique contenant du bore ;
- on fait coopérer à sec, sans lubrifiant, une dite première surface de frottement (21) de ladite première couche de frottement (20) avec une dite deuxième surface de frottement (31) de ladite deuxième couche de frottement (30).

29. Procédé de transformation d'un mécanisme d'horlogerie du type comportant au moins un couple (1) de composants comportant un premier composant (2) comportant une première surface de frottement (21) agencée pour coopérer avec une deuxième surface de frottement (31) que comporte un deuxième composant (3) antagoniste, **caractérisé en ce que** :

- on applique sur ladite première surface de frottement (21) une première couche de frottement (20) dans un matériau pris dans un premier groupe comportant le diamant naturel, le dia-

mant CVD micro- ou nanocristallin, le diamant massif monocristallin, et le carbone amorphe dit « Diamond like Carbon » ou « DLC », pour constituer une nouvelle première surface de frottement dur (210), et

5

- on applique sur ladite deuxième surface de frottement (31) une deuxième couche de frottement (30) constituée par une céramique contenant du bore, ou comportant au moins une céramique contenant du bore, pour constituer une nouvelle

10

deuxième surface de frottement dur (310), et
- on fait coopérer à sec, sans lubrifiant, ladite nouvelle première surface de frottement dur (210) avec ladite nouvelle deuxième surface de frottement dur (310).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

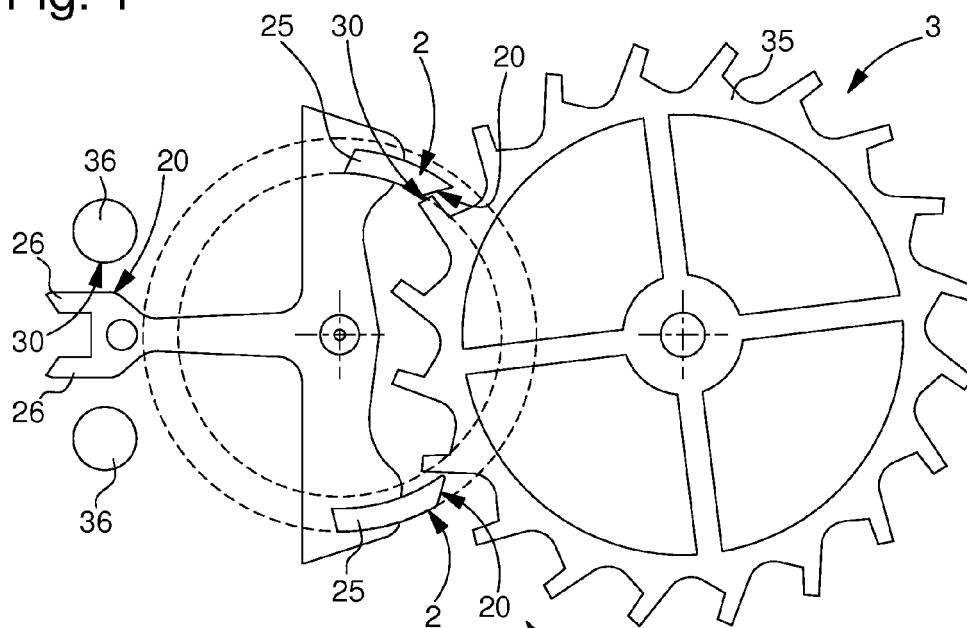


Fig. 2

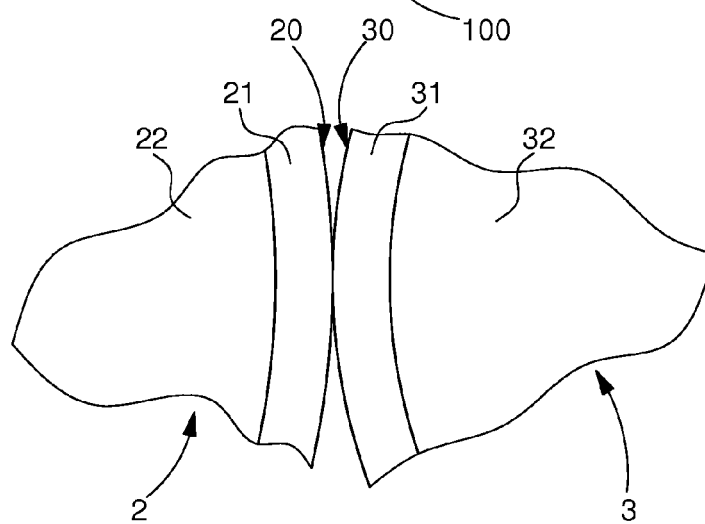
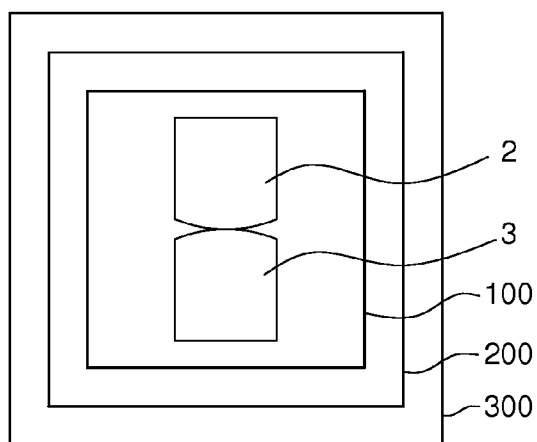


Fig. 3





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 14 16 8699

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)
Y	EP 1 233 314 A1 (DAMASKO KONRAD [DE]) 21 août 2002 (2002-08-21)	1-7,10, 13-18, 21,23, 26-29	INV. G04B11/00 G04B15/14 G04B13/02
A	* phrases 55-58, alinéa 13; revendication 1; figure 1 *	8,9,11, 12,19, 20,22, 24,25	
Y	EP 0 732 635 A1 (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 18 septembre 1996 (1996-09-18)	1-7,10, 13-18, 21,23, 26-29	
A	* pages 2,4,5, ligne 20-24, 38-43,16-18, 25-29; revendication 5 *	8,9,11, 12,19, 20,22, 24,25	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			G04B C23C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		18 février 2015	Camatchy Toppé, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

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

EP 14 16 8699

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.

18-02-2015

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1233314	A1	21-08-2002	AUCUN

EP 0732635	A1	18-09-1996	DE 69608724 D1 13-07-2000
			DE 69608724 T2 08-02-2001
			EP 0732635 A1 18-09-1996
			FR 2731715 A1 20-09-1996

EPO FORM P0460

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.

Littérature non-brevet citée dans la description

- **A. ERDEMIR ; C. DONNET.** *Tribology of Diamond, Diamond-Like Carbon, and Related Films* **[0021]**