

(19)



(11)

EP 3 798 739 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

02.07.2025 Bulletin 2025/27

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):

G04B 13/02 (2006.01) G04B 15/14 (2006.01)

G04B 19/04 (2006.01) G04B 17/06 (2006.01)

G04B 18/08 (2006.01) G04B 17/04 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **19199142.1**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):

G04B 15/14; G04B 13/02; G04B 17/066;

G04B 18/08; G04B 19/042; G04B 17/045

(22) Date de dépôt: **24.09.2019**

(54) **COMPOSANT HORLOGER**

UHRKOMPONENTE

TIMEPIECE COMPONENT

(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**

(43) Date de publication de la demande:

31.03.2021 Bulletin 2021/13

(73) Titulaire: **ROLEX SA**

1211 Genève 26 (CH)

(72) Inventeurs:

- **FAVEZ, Denis**
CH-1218, LE GRAND SACONNEX (CH)
- **HÉNIN, Stefano**
CH-1162, SAINT-PREX (CH)

(74) Mandataire: **Moinas & Savoye SARL**

27, rue de la Croix-d'Or
1204 Genève (CH)

(56) Documents cités:

EP-A1- 3 037 893 WO-A1-2014/006229
CH-A1- 709 705 CH-A2- 702 576

EP 3 798 739 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention concerne un composant horloger réalisé à partir d'un matériau fragile, notamment du silicium. Elle porte aussi sur un mouvement horloger et une pièce d'horlogerie, notamment une montre bracelet, comprenant au moins un tel composant horloger.

[0002] Le document WO2014/006229A1 divulgue un ressort spiral horloger en silicium. Ce spiral comporte un revêtement multi-couche avec une succession de couches alternées en TiO_2 et Al_2O_3 , respectivement.

[0003] Le silicium est un matériau présentant de multiples avantages pour la fabrication de composants horlogers. Il permet d'une part la fabrication simultanée d'un grand nombre de pièces de petite taille, avec une précision micrométrique. D'autre part, il a une faible densité et un caractère diamagnétique. Ce matériau présente toutefois un inconvénient : il ne possède pas, ou peu, de domaine de déformation plastique, ce qui en fait un matériau relativement fragile. Une sollicitation mécanique ou un choc peuvent conduire à une rupture du composant. Cette fragilité des composants horlogers en silicium est accentuée par leur découpage dans un substrat de silicium, généralement réalisé par une technique de gravure profonde, par exemple par gravure réactive ionique profonde DRIE (de l'anglais « Deep Reactive Ion Etching »). Une spécificité de ce type de gravure est de former des ouvertures ayant des flancs légèrement ridés qui présentent en surface des défauts de planéité sous la forme de vaguelettes (en anglais « scalloping »). Il en résulte une certaine rugosité des flancs gravés qui affaiblit la résistance mécanique du composant. En outre, les défauts de planéité peuvent générer des amorces de fissure, notamment en cas de sollicitation mécanique, et mener à la casse du composant. En cas de rupture d'un composant horloger en silicium au sein d'un mouvement horloger, il en résulte non seulement que le mouvement horloger ne fonctionne plus, mais qu'il existe de plus un nombre important de débris de silicium éparpillés au sein du mouvement horloger, provenant du composant horloger rompu.

[0004] Un objet de la présente invention est de proposer un composant horloger qui ne comprend pas les inconvénients de l'état de la technique.

[0005] Plus précisément, un premier objet de l'invention est de proposer un composant horloger qui ne produit pas une multitude de débris éparpillés en cas de rupture.

[0006] A cet effet, l'invention repose sur un composant horloger tel que défini par les revendications.

[0007] Ces objets, caractéristiques et avantages de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante de modes de réalisation particuliers faits à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

La figure 1 représente schématiquement un composant horloger en coupe selon un premier mode de

réalisation de l'invention.

La figure 2 représente schématiquement un composant horloger en coupe selon un deuxième mode de réalisation de l'invention.

La figure 3 représente un agrandissement d'une photographie d'une éprouvette au moment de sa rupture, en matériau fragile recouvert d'un revêtement selon le mode de réalisation de l'invention.

La figure 4 représente un agrandissement d'une photographie d'une éprouvette au moment de sa rupture, en matériau fragile, similaire à celle de la figure 3 mais sans revêtement selon le mode de réalisation de l'invention.

La figure 5 représente la résistance obtenue sur différents lots de composants horlogers, mettant en évidence les résultats positifs obtenus par la mise en œuvre d'un mode de réalisation de l'invention.

[0008] Comme cela a été présenté précédemment, l'invention s'intéresse particulièrement aux composants horlogers à base de matériaux fragiles, c'est-à-dire susceptibles de casser en générant plusieurs débris qui se dissocient du composant horloger et s'éparpillent dans un mouvement horloger. Nous entendons donc par matériau fragile un matériau non ductile qui se rompt sans déformation plastique préalable et rémanente. Ces matériaux sont préférentiellement micro-usinables, c'est-à-dire obtenus à partir de techniques de micro-fabrication faisant intervenir la photolithographie. L'invention est particulièrement adaptée au silicium, sous toute forme, par exemple incluant un silicium dopé ou poreux, mais pourrait en variante aussi être adaptée pour d'autres matériaux comme par exemple le diamant, le quartz, le verre, le carbure de silicium, la céramique à base d'alumine ou de zircone, les métaux amorphes fragiles ou le saphir. Un tel composant horloger peut être intégralement ou quasi intégralement formé dans ledit matériau fragile ou cassant, en faisant abstraction de son fin revêtement qui sera décrit par la suite. En variante, un composant horloger pourrait être à base d'un tel matériau, c'est-à-dire comprendre en poids au moins 51% d'un tel matériau, voire au moins 80% d'un tel matériau. Il peut donc s'agir d'un matériau hybride qui présente un effet fragile ou cassant. Nous utiliserons le terme de « matériau fragile » de manière abusive pour désigner tout le cœur du composant horloger, incluant les parties dudit cœur éventuellement non directement dans le matériau fragile à la base du composant horloger.

[0009] Le concept de l'invention consiste à recouvrir au moins une partie de la surface du composant horloger, de préférence la surface de la zone la plus sollicitée en traction du composant horloger, à l'aide d'un revêtement multicouches comprenant au moins deux couches en matériau élastique séparées par une couche en matériau plus résistant que le matériau élastique. Un tel revêtement forme une couche de protection du composant horloger pour empêcher l'éparpillement de débris en cas de rupture du composant en maintenant les différents

morceaux entre eux. Dans le cas d'un revêtement s'étendant sur sensiblement tout le pourtour du composant horloger ou sur les zones qui seront sollicitées en déformation, on considère qu'un tel revêtement forme une encapsulation du composant horloger.

[0010] La figure 1 illustre schématiquement un composant horloger 1 selon un premier mode de réalisation de l'invention. Ce composant horloger 1 comprend un volume principal ou cœur 2 en silicium, provenant par exemple d'une étape de découpe d'une plaquette en silicium. Il comprend de plus un revêtement 10 qui s'étend sur l'intégralité de sa surface extérieure, sur tout son pourtour, plus particulièrement sur le pourtour de son cœur 2. Selon un procédé de fabrication avantageux qui sera décrit par la suite, cette surface extérieure est formée par une découpe d'une plaquette, et présente principalement trois surfaces. Une première surface 3 est sensiblement plane et correspond à la face supérieure de la plaquette découpée, une deuxième surface 4 opposée, sensiblement plane et parallèle à la première surface 3, correspond à la face inférieure de la plaquette découpée. Enfin, une troisième surface 5 forme un flanc, qui relie de manière continue les deux surfaces 3, 4 susmentionnées.

[0011] Le revêtement 10 est un revêtement multicouches, qui comprend une première couche C_E , en contact avec le cœur 2 en silicium du composant horloger 1, dans un matériau élastique 11. Il comprend une troisième couche C_E extérieure dans le même matériau élastique 11. Ces deux couches sont séparées par une deuxième couche CR en matériau plus résistant 12. Dans ce premier mode de réalisation, les couches C_E sont en parylène et la couche CR est en oxyde d'aluminium déposé par ALD.

[0012] La figure 2 illustre un deuxième mode de réalisation, qui diffère du premier en ce que la couche CR intermédiaire du revêtement en matériau plus résistant 12, en oxyde de silicium, présente une épaisseur variable au niveau du flanc 5. Cette couche intermédiaire présente de plus une épaisseur constante au niveau des première et deuxième surfaces 3, 4, cette épaisseur étant plus importante au niveau de la première surface 3 que de la deuxième surface 4. Les deux couches C_E en matériau élastique 11 complètent cette couche intermédiaire pour former un revêtement global d'épaisseur constante. Dans ce second mode de réalisation, les couches C_E sont en parylène et la couche CR est en oxyde de silicium déposé par PVD.

[0013] Sur les figures 1 et 2, l'épaisseur du revêtement 10 n'est pas à l'échelle, elle est fortement augmentée afin de mieux visualiser ce revêtement, qui est en réalité très fin. Son épaisseur E est susceptible de varier dans une certaine plage. D'une manière générale, le revêtement 10 comprend au moins une couche C_E en matériau élastique 11 d'épaisseur supérieure ou égale $0.05 \mu\text{m}$, voire supérieure ou égale $0.3 \mu\text{m}$. Le revêtement 10 comprend aussi avantageusement au moins une couche C_E en matériau élastique 11 d'épaisseur inférieure ou

égale à $5 \mu\text{m}$, voire inférieure ou égale à $3 \mu\text{m}$. Finalement, la somme des épaisseurs des différentes couches C_E en matériau élastique du revêtement 10 est avantageusement supérieure ou égale à $0.1 \mu\text{m}$, voire à $0.6 \mu\text{m}$, et/ou inférieure ou égale à $20 \mu\text{m}$, voire inférieure ou égale à $12 \mu\text{m}$. En remarque, les différentes couches C_E en matériau élastique 11 peuvent présenter une même épaisseur ou non. Cette épaisseur peut être variable ou non.

[0014] D'autre part, une couche CR en matériau plus résistant 12 du revêtement 10 présente une épaisseur supérieure ou égale 15 nm , voire supérieure ou égale 30 nm . Le revêtement 10 comprend aussi avantageusement une couche en matériau plus résistant 12 d'épaisseur inférieure ou égale à 150 nm voire inférieure ou égale à 100 nm , voire inférieure ou égale à 70 nm . Finalement, la somme des épaisseurs des différentes couches CR en matériau plus résistant 12 est supérieure ou égale à 15 nm , voire supérieure ou égale 30 nm , et/ou est inférieure ou égale à 450 nm , voire inférieure ou égale à 300 nm , voire inférieure ou égale à 210 nm .

[0015] En complément, les matériaux du revêtement 10 peuvent être différents de ceux utilisés dans les modes de réalisation décrits. Dans tous les cas, le matériau élastique 11 présente un module d'élasticité inférieur ou égal à 10 GPa , voire inférieur ou égal à 5 GPa , voire inférieur ou égal à 3 GPa . En variante ou complément, le matériau élastique 11 présente un allongement à la rupture supérieur ou égal à 10% , voire supérieur ou égal à 20% , voire supérieure ou égal à 30% . Ce matériau élastique 11 peut donc être du parylène, ou en variante un PTFE, une résine acrylique, du silicone ou un polymère de la famille des uréthanes. Différentes couches en matériau élastique 11 du même revêtement 10 peuvent être dans le même matériau élastique ou dans un matériau élastique différent.

[0016] D'autre part, le matériau plus résistant 12 est dit « plus résistant » en comparaison avec la résistance du matériau dit « élastique ». Il présente un module d'élasticité supérieur ou égal à 30 GPa , voire supérieur ou égal à 45 GPa , voire supérieur ou égal à 60 GPa . En variante, il présente un module d'élasticité intermédiaire entre celui du matériau fragile du cœur du composant horloger et celui du matériau élastique de la couche élastique. Il présente avantageusement un module d'élasticité supérieur ou égal à celui d'une couche adjacente en matériau élastique 11 augmenté de 50% . Ce matériau plus résistant 12 peut être un métal ou un alliage ou du graphite ou un oxyde, plus particulièrement de l'oxyde de silicium ou du nitrure de silicium. Différentes couches en matériau plus résistant 12 du même revêtement 10 peuvent être dans le même matériau ou dans un matériau différent.

[0017] Naturellement, l'invention ne se limite pas aux modes de réalisation décrits. Ainsi, le revêtement 10 peut comprendre tout autre nombre de couches que les trois couches représentées. Il peut par exemple comprendre au moins deux, voire au moins trois, ou quatre, couches en matériau élastique 11 et au moins une, voire au moins

deux, ou trois, couches en matériau plus résistant 12. Afin d'en limiter l'influence sur les dimensions et le comportement du composant, il comprend avantageusement au maximum quatre couches en matériau élastique 11 et au maximum trois couches en matériau plus résistant 12, mais pourrait en comprendre plus. Il comprend avantageusement une alternance de couches en matériau élastique 11 et de couches en matériau plus résistant 12. Il comprend de plus avantageusement une première couche intérieure en matériau élastique 11 et une dernière couche extérieure en matériau élastique 11. Les adjectifs « intérieur » et « extérieur » sont utilisés en référence à toute direction allant du cœur 2 du composant horloger 1 vers l'extérieur du composant horloger 1.

[0018] L'invention est particulièrement intéressante pour un composant horloger 1 choisi parmi une roue dentée, une roue d'échappement, une aiguille, une cheville de plateau, une ancre, une bascule, une levée, un ressort plat, comme un spiral, un système à lame flexible ou un autre composant à fonction de ressort.

[0019] Les figures 3 et 4 illustrent l'effet particulier d'une couche en matériau élastique 11 sur un composant horloger 1 en silicium. La figure 3 illustre la rupture d'une éprouvette en silicium recouverte par un revêtement selon le deuxième mode de réalisation tel qu'illustré par la figure 2. La figure 4 illustre en comparaison la rupture d'une même éprouvette en silicium oxydé sans revêtement. Comme cela apparaît sur la figure 4, une multitude de débris 22 sont éparpillés. Au contraire, la même éprouvette recouverte d'une couche selon le deuxième mode de réalisation permet d'empêcher cet éparpillement de débris, comme illustré sur la figure 3. Un premier avantage d'utiliser plusieurs couches de parylène est de fiabiliser son effet : si une couche est endommagée, il reste a priori un effet garanti par une autre couche. D'autre part, au moins une couche de parylène ne se trouve pas directement en contact avec l'extérieur, et est protégée d'éventuelles agressions extérieures par au moins une couche plus rigide du revêtement.

[0020] Des essais comparatifs de flexion ont été réalisés sur des éprouvettes en silicium obtenues par découpage DRIE dans une plaquette en silicium, selon les méthodes connues de l'homme de métier. En remarque, en raison du caractère fragile de la matière, les mêmes traitements sur une même éprouvette aboutissent à des résultats différents d'un composant horloger à un autre identique subissant a priori les mêmes contraintes. Pour cette raison, il est nécessaire de procéder à des tests sur des lots d'éprouvettes identiques, puis d'en faire une analyse statistique pour constater ou non un effet.

[0021] Les résultats obtenus pour six lots différents d'éprouvettes sont illustrés sur la figure 5. La résistance à la rupture à la flexion, représentée en ordonnée, de chaque composant (éprouvette) de chaque lot a été mesurée. Cette figure illustre notamment pour chaque lot la résistance à la rupture moyenne, minimale et maximale.

[0022] Les deux premiers lots OXY1 et OXY3 portent

sur 30 éprouvettes en silicium oxydé, comprenant une couche d'oxyde de silicium en surface d'épaisseurs respectives de 1 μm et de 3 μm . La valeur moyenne de la résistance en flexion de ces deux lots est autour de 2000 MPa. D'autre part, en cas de rupture, toutes ces éprouvettes génèrent de multiples débris éparpillés.

[0023] Les deux lots suivants correspondent à des éprouvettes semblables au lot OXY3 mais recouvertes d'un revêtement de parylène pur, monocouche et uniforme, d'épaisseurs respectives de 0.5 μm et de 5 μm . De manière surprenante, l'ajout d'un tel revêtement en matériau élastique, peu résistant, permet d'augmenter significativement la résistance à la rupture des éprouvettes. En effet, la résistance moyenne est de l'ordre de 5000 MPa.

[0024] Le cinquième lot correspond à des éprouvettes en silicium recouvertes d'un revêtement métallique, comprenant une couche d'accroche de titane d'épaisseur 15 nm et une couche d'or de 80 nm. Ce revêtement résistant permet d'atteindre une légère augmentation de la résistance moyenne par rapport à celle des deux premiers lots, mais de manière nettement inférieure aux deux lots utilisant un revêtement en parylène. D'autre part, un tel revêtement ne retient pas les débris lors de la rupture des éprouvettes.

[0025] Enfin, le dernier lot correspond au deuxième mode de réalisation de l'invention, comprenant un revêtement constitué d'alternances de quatre couches de parylène d'environ 1 μm , et de trois couches intermédiaires d'oxyde de silicium d'épaisseur de 0.01 μm , pour une épaisseur totale de revêtement variant entre 3.7 et 4.7 μm . Il apparaît que la résistance moyenne de ce lot dépasse 6000 MPa avec des valeurs minimales au-dessus de 4000 MPa : l'invention permet donc d'optimiser la résistance d'un composant horloger. L'invention porte donc aussi sur un composant horloger présentant une résistance moyenne supérieure ou égale à 6000 MPa, et/ou présentant une résistance minimale supérieure ou égale à 3000 MPa, voire supérieure ou égale à 4000 MPa. D'autre part, l'invention permet de limiter l'éparpillement de débris.

[0026] Finalement, il apparaît donc qu'un revêtement associant un matériau souple (un matériau élastique tel que défini précédemment) avec un matériau plus résistant (de même tel que défini précédemment) permet de profiter de la synergie entre les deux matériaux, pour non seulement répondre au problème technique de non éparpillement de débris en cas de rupture, effet protecteur efficace grâce au matériau élastique, mais aussi permet en même temps d'optimiser la résistance du composant horloger, notamment grâce à l'ajout d'un matériau plus résistant au matériau élastique dans l'épaisseur du revêtement 10. Ce comportement très avantageux était imprévisible et s'avère donc surprenant.

[0027] L'invention porte aussi sur un mouvement horloger et une pièce d'horlogerie en tant que tels, comprenant un ou plusieurs composants horlogers tels que décrits précédemment.

[0028] Le procédé de fabrication d'un composant horloger selon l'invention comprend une première phase de fabrication d'une ébauche d'un composant horloger, de manière connue. Par exemple, cette première phase peut comprendre une étape initiale consistant à se munir d'un substrat en matériau micro-usinable fragile. Ce substrat est par exemple une plaquette (ou « wafer » selon la terminologie anglo-saxonne) de silicium. Lors d'une étape suivante, on recouvre d'un revêtement protecteur la plaquette, notamment au moins une de ses deux faces dites supérieure et inférieure, par exemple par une résine photosensible. Le procédé se poursuit par une étape de formation d'un motif dans le revêtement protecteur. Le motif est réalisé en créant des ouvertures au travers de la couche de résine photosensible. Le revêtement protecteur ménageant des ouvertures constitue un masque de protection. Une étape de gravure de la plaquette de silicium à travers le masque de protection, notamment par gravure ionique réactive profonde DRIE (« Deep Reactive Ion Etching » selon la terminologie anglo-saxonne) permet ensuite de creuser des ouvertures dans le silicium au droit de la ou des ouverture(s) du masque, afin d'obtenir une ébauche de composant horloger en silicium. En variante, une telle ébauche de composant horloger peut être formée par tout autre procédé que celui mentionné ci-dessus, par exemple par une technique de découpe laser. L'ébauche obtenue forme le cœur 2 du composant horloger 1. Elle présente une forme très proche du composant horloger final.

[0029] L'invention s'intéresse à une deuxième phase de fabrication, consistant à déposer un revêtement tel que décrit précédemment sur tout ou partie de la surface de ladite ébauche.

[0030] L'étape de dépôt d'un revêtement est réalisée par une alternance de dépôts de couches respectivement en matériau élastique et en matériau plus résistant.

[0031] Cette étape de dépôt peut se faire de manière uniforme, par évaporation, CVD ou ALD. En variante, elle peut se faire par une technique directionnelle, comme un dépôt physique en phase vapeur, aussi dénommée par son sigle PVD (pour « Physical Vapor Deposition ») ou un dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma, aussi dénommée par son sigle PECVD (pour « Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition »). Dans un tel cas, le flux de revêtement est orienté sur la première surface 3, perpendiculairement à cette surface. Une telle méthode directionnelle permet d'aboutir au deuxième mode de réalisation de la figure 2.

[0032] Le procédé de fabrication peut comprendre une étape intermédiaire, avant l'étape de dépôt du revêtement, consistant en une étape de lissage et/ou d'oxydation thermique de la surface de l'ébauche du composant horloger. Ainsi, le cœur 2 du composant horloger peut être recouvert d'une couche d'oxydation, par exemple un oxyde de silicium, avant le dépôt du revêtement selon l'invention.

Revendications

1. Composant horloger à base d'un matériau fragile comprenant au moins une partie de surface de matériau fragile recouverte par un revêtement (10) comprenant au moins deux couches C_E en matériau élastique (11) séparées par une couche CR en matériau plus résistant (12) que le matériau élastique (11), ledit matériau élastique (11) desdites deux couches CE présentant un module d'élasticité inférieur ou égal à 10 GPa, voire inférieur ou égal à 5 GPa, voire inférieur ou égal à 3 GPa et/ou ledit matériau élastique (11) desdites deux couches CE présentant un allongement à la rupture supérieur ou égal à 10%, voire supérieur ou égal à 20%, voire supérieure ou égal à 30%, et ledit matériau plus résistant (12) présentant un module d'élasticité supérieur ou égal à 30 GPa, voire supérieur ou égal à 45 GPa, voire supérieur ou égal à 60 GPa, et/ou présentant un module d'élasticité supérieur ou égal à celui d'une couche adjacente en matériau élastique (11) augmenté de 50%, et/ou présentant un module d'élasticité intermédiaire entre celui d'une couche adjacente en matériau élastique et celui dudit matériau fragile.
2. Composant horloger selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** ledit matériau élastique (11) desdites deux couches C_E est le même ou est un matériau différent.
3. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement comprend au moins une couche C_E en matériau élastique (11) qui est du parylène ou un PTFE, une résine acrylique, du silicone ou un polymère de la famille des uréthanes.
4. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement comprend au moins une couche C_E en matériau élastique (11) d'épaisseur supérieure ou égale à 0.05 μm , voire supérieure ou égale à 0.3 μm , et/ou inférieure ou égale à 5 μm , voire inférieure ou égale à 3 μm , et/ou **en ce que** la somme des épaisseurs des différentes couches C_E en matériau élastique (11) du revêtement est supérieure ou égale à 0.1 μm , voire supérieure ou égale à 0.6 μm , et/ou inférieure ou égale à 20 μm , voire inférieure ou égale à 12 μm .
5. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ledit matériau plus résistant est un métal ou un alliage ou un oxyde ou un nitrure, plus particulièrement de l'oxyde de silicium ou du nitrure de silicium.
6. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** ladite couche

CR en matériau plus résistant (12) présente une épaisseur es supérieure ou égale à 15 nm, voire supérieure ou égale 30 nm, et/ou inférieure ou égale à 150 nm, voire inférieure ou égale à 100 nm, voire inférieure ou égale à 70 nm, et/ou

en ce que l'épaisseur totale de la ou des couches CR en matériau plus résistant (12) du revêtement (10) est supérieure ou égale à 15 nm, voire supérieure ou égale 30 nm, et/ou est inférieure ou égale à 450 nm, voire inférieure ou égale à 300 nm, voire inférieure ou égale à 210 nm.

7. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le revêtement (10) présente tout ou partie des caractéristiques suivantes :

- il s'étend sur toute la surface du pourtour du matériau fragile, notamment sur toute la surface extérieure du composant horloger ; et/ou

- chaque couche en matériau élastique (11) présente une épaisseur constante ou variable ; et/ou

- la ou les couches en matériau plus résistant (12) présente(nt) une épaisseur constante ou variable, notamment variable sur les flancs (5) ; et/ou

- il comprend une alternance de couches C_E en matériau élastique (11) et de couches CR en matériau plus résistant (12) ; et/ou

- il comprend au moins deux, ou trois, ou quatre, couches en matériau élastique (11) et au moins une, ou deux, ou trois, couches en matériau plus résistant (12) ; et/ou

- il comprend une première couche intérieure en matériau élastique (11) et une dernière couche extérieure en matériau élastique (11).

8. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau fragile est du silicium, du silicium recouvert d'oxyde, du quartz, du verre, du carbure de silicium, une céramique à base d'alumine ou de zircone, ou du diamant, du saphir, ou des métaux amorphes fragiles.

9. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est l'un des éléments du groupe comportant une roue dentée, une roue d'échappement, une aiguille, une cheville de plateau, une ancre, une bascule, une levée, un ressort plat, comme un spiral, un système à lame flexible ou un autre composant à fonction de ressort.

10. Composant horloger selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** présente une résistance moyenne supérieure ou égale à 6000 MPa, et/ou **en ce que** le composant horloger pré-

sente une résistance minimale supérieure ou égale à 3000 MPa.

11. Mouvement horloger, **caractérisé en ce qu'il** comprend un composant horloger selon l'une des revendications précédentes.

12. Pièce d'horlogerie, **caractérisée en ce qu'elle** comprend un composant horloger selon l'une des revendications 1 à 10 ou un mouvement horloger selon la revendication précédente.

Patentansprüche

1. Uhrenkomponente auf der Basis eines spröden Materials, die zumindest einen Oberflächenabschnitt des spröden Materials umfasst, der mit einer Beschichtung (10) beschichtet ist, die mindestens zwei Schichten C_E aus einem elastischen Material (11) umfasst, die durch eine Schicht C_R aus einem Material (12) getrennt sind, das belastbarer als das elastische Material (11) ist, wobei das elastische Material (11) der beiden Schichten C_E einen Elastizitätsmodul kleiner als oder gleich 10 GPa oder sogar kleiner als oder gleich 5 GPa oder sogar kleiner als oder gleich 3 GPa aufweist und/oder das elastische Material (11) der beiden Schichten C_E eine Reißdehnung größer als oder gleich 10 % oder sogar größer als oder gleich 20 % oder sogar größer als oder gleich 30 % aufweist und das belastbarere Material (12) einen Elastizitätsmodul größer als oder gleich 30 GPa oder sogar größer als oder gleich 45 GPa oder sogar größer als oder gleich 60 GPa aufweist und/oder einen Elastizitätsmodul aufweist, der größer als oder gleich demjenigen einer angrenzenden Schicht aus elastischem Material (11), erhöht um 50 %, ist, und/oder einen Elastizitätsmodul zwischen demjenigen einer angrenzenden Schicht aus elastischem Material und demjenigen des spröden Materials aufweist.

2. Uhrenkomponente nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** das elastische Material (11) der beiden Schichten C_E daselbe oder ein verschiedenes Material ist.

3. Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung mindestens eine Schicht C_E aus einem elastischen Material (11) umfasst, bei dem es sich um Parylen oder ein PTFE, ein Acrylharz, Silikon oder ein Polymer aus der Familie der Urethane handelt.

4. Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung mindestens eine Schicht C_E aus ei-

nem elastischen Material (11) mit einer Dicke größer als oder gleich $0,05\text{ }\mu\text{m}$ oder sogar größer als oder gleich $0,3\text{ }\mu\text{m}$ und/oder kleiner als oder gleich $5\text{ }\mu\text{m}$ oder sogar kleiner als oder gleich $3\text{ }\mu\text{m}$ umfasst und/oder

dass die Summe der Dicken der verschiedenen Schichten C_E aus einem elastischen Material (11) der Beschichtung größer als oder gleich $0,1\text{ }\mu\text{m}$ oder sogar größer als oder gleich $0,6\text{ }\mu\text{m}$ und/oder kleiner als oder gleich $20\text{ }\mu\text{m}$ oder sogar kleiner als oder gleich $12\text{ }\mu\text{m}$ ist.

5. Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem belastbareren Material um ein Metall oder eine Legierung oder ein Oxid oder ein Nitrid, insbesondere Siliciumoxid oder Siliciumnitrid, handelt.

6. Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schicht C_R aus einem belastbareren Material (12) eine Dicke es größer als oder gleich 15 nm oder sogar größer als oder gleich 30 nm und/oder kleiner als oder gleich 150 nm oder sogar kleiner als oder gleich 100 nm oder sogar kleiner als oder gleich 70 nm aufweist und/oder

dass die Gesamtdicke der Schicht oder der Schichten C_R aus einem belastbareren Material (12) der Beschichtung (10) größer als oder gleich 15 nm oder sogar größer als oder gleich 30 nm und/oder kleiner als oder gleich 450 nm oder sogar kleiner als oder gleich 300 nm oder sogar kleiner als oder gleich 210 nm ist.

7. Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschichtung (10) alle oder einen Teil der folgenden Merkmale aufweist:

- sie erstreckt sich über die gesamte Umfangsfläche des spröden Materials, insbesondere über die gesamte Außenfläche der Uhrenkomponente; und/oder

- jede Schicht aus einem elastischen Material (11) weist eine konstante oder veränderliche Dicke auf und/oder

- die Schicht oder die Schichten aus einem belastbareren Material (12) weist bzw. weisen eine konstante oder veränderliche Dicke auf, die insbesondere an den Seiten (5) veränderlich ist; und/oder

- sie umfasst abwechselnd Schichten C_E aus einem elastischen Material (11) und Schichten C_R aus einem belastbareren Material (12) und/oder

- sie umfasst mindestens zwei oder drei oder vier Schichten aus einem elastischen Material (11)

und mindestens eine Schicht oder zwei oder drei Schichten aus einem belastbareren Material (12) und/oder

- sie umfasst eine erste Innenschicht aus einem elastischen Material (11) und eine letzte Außenschicht aus einem elastischen Material (11).

8. Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem spröden Material um Silicium, mit Oxid beschichtetes Silicium, Quarz, Glas, Siliciumcarbid, eine Keramik auf der Basis von Aluminiumoxid oder Zirkonoxid oder Diamant, Saphir oder spröde amorphe Metalle handelt.

9. Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich um eines der Elemente der Gruppe handelt, die aus einem Zahnrad, einem Hemmungsrad, einem Zeiger, einem Hebelstein, einem Anker, einer Wippe, einer Palette, einer Flachfeder, wie einer Spirale, einem System mit einem flexiblen Blatt oder einer anderen Komponente mit einer Federfunktion besteht.

10. Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine mittlere Festigkeit größer als oder gleich 6000 MPa aufweist und/oder dass die Uhrenkomponente eine Mindestfestigkeit größer als oder gleich 3000 MPa aufweist.

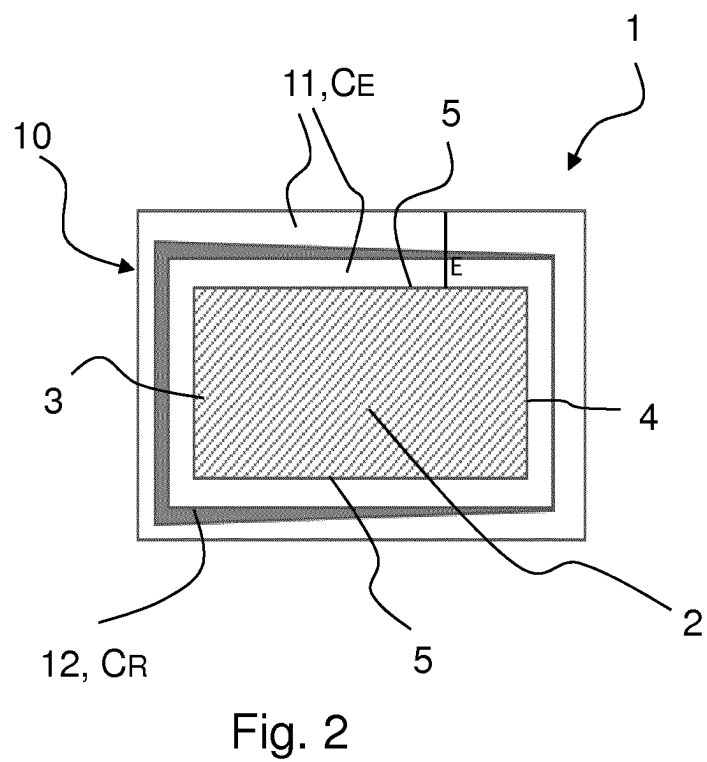
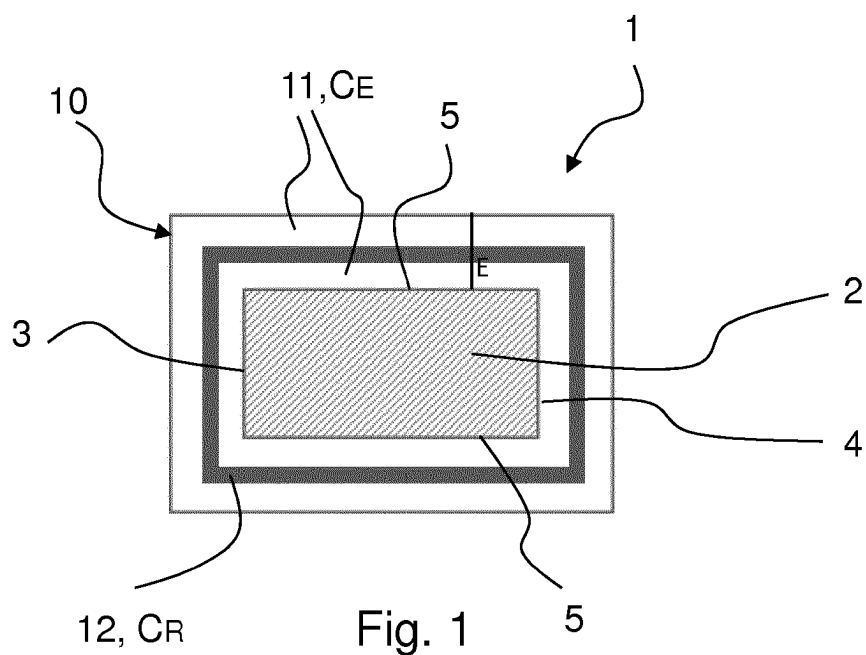
11. Uhrwerk, **dadurch gekennzeichnet, dass** es eine Uhrenkomponente nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

12. Uhr, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Uhrenkomponente nach einem der Ansprüche 1 bis 10 oder ein Uhrwerk nach dem vorhergehenden Anspruch umfasst.

Claims

1. A horology component based on a fragile material, comprising at least one surface part of fragile material covered with a coating (10) comprising at least two layers C_E of elastic material (11) separated by a layer C_R of a material (12) stronger than the elastic material (11), said elastic material (11) of said two layers C_E having an elastic modulus less than or equal to 10 GPa , or even less than or equal to 5 GPa , or even less than or equal to 3 GPa and/or said elastic material (11) of said two layers C_E having an elongation at break greater than or equal to 10% , or even greater than or equal to 20% , or even greater than or equal to 30% , and said stronger material (12) having an elastic modulus greater than or equal to 30

- GPa, or even greater than or equal to 45 GPa, or even greater than or equal to 60 GPa, and/or having an elastic modulus greater than or equal to that of an adjacent layer made of elastic material (11) increased by 50%, and/or having an elastic modulus somewhere between that of an adjacent layer made of elastic material and that of said fragile material. 5
2. The horology component as claimed in the preceding claim, **characterized in that** said elastic material (11) of said two layers C_E is the same or is a different material. 10
 3. The horology component as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the coating comprises at least one layer C_E made of an elastic material (11) which is parylene or a PTFE, an acrylic resin, silicone or a polymer from the urethane family. 15
 4. The horology component as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the coating comprises at least one layer C_E of an elastic material (11) of a thickness greater than or equal to 0.05 μm , or even greater than or equal to 0.3 μm , and/or less than or equal to 5 μm , or even less than or equal to 3 μm , and/or 20
In that the sum of the thicknesses of the various layers C_E of elastic material (11) of the coating is greater than or equal to 0.1 μm , or even greater than or equal to 0.6 μm , and/or less than or equal to 20 μm , or even less than or equal to 12 μm . 30
 5. The horology component as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** said stronger material is a metal or an alloy or an oxide or a nitride, more particularly silicon oxide or silicon nitride. 35
 6. The horology component as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** said layer CR of stronger material (12) has a thickness es greater than or equal to 15 nm, or even greater than or equal to 30 nm, and/or less than or equal to 150 nm, or even less than or equal to 100 nm, or even less than or equal to 70 nm, and/or 40
In that the total thickness of the layer or layers CR of stronger material (12) of the coating (10) is greater than or equal to 15 nm, or even greater than or equal to 30 nm, and/or is less than or equal to 450 nm, or even less than or equal to 300 nm, or even less than or equal to 210 nm. 50
 7. The horology component as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the coating (10) has all or some of the following characteristics: 55
 - it extends over the entire surface of the periphery of the fragile material, notably over the entire exterior surface of the horology component ; and/or
 - each layer of elastic material (11) has a constant or variable thickness ; and/or
 - the layer or layers of stronger material (12) has or have a thickness that is constant or variable, notably variable over the flanks (5) ; and/or
 - it comprises an alternation of layers C_E of elastic material (11) and of layers CR of stronger material (12) ; and/or
 - it comprises at least two, or three, or four, layers of elastic material (11) and at least one, or two, or three, layers of stronger material (12) ; and/or
 - it comprises a first, inner, layer of elastic material (11) and a last, outer, layer of elastic material (11).
 8. The horology component as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** the fragile material is silicon, silicon covered with oxide, quartz, glass, silicon carbide, an alumina-based or zirconia-based ceramic, or diamond, sapphire, or fragile amorphous metals.
 9. The horology component as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** said component is one of the elements from the group including a toothed wheel, an escapement wheel, a hand, an impulse pin, a pallet, a lever, a pallet stone, a flat spring, such as a spiral spring, a flexible-blade system or another component having a spring function.
 10. The horology component as claimed in one of the preceding claims, **characterized in that** said component has a mean strength greater than or equal to 6000 MPa, and/or wherein the horology component has a minimum strength greater than or equal to 3000 MPa.
 11. A horology movement, **characterized in that** said movement comprises a horology component as claimed in one of the preceding claims.
 12. A timepiece, **characterized in that** said timepiece comprises a horology component as claimed in one of claims 1 to 10 or a horology movement as claimed in the preceding claim.



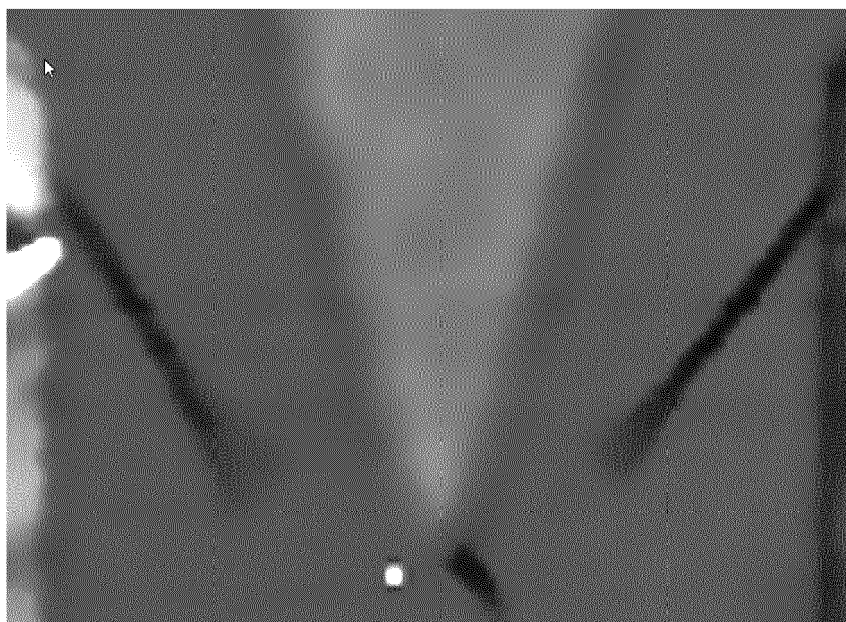


Fig. 3

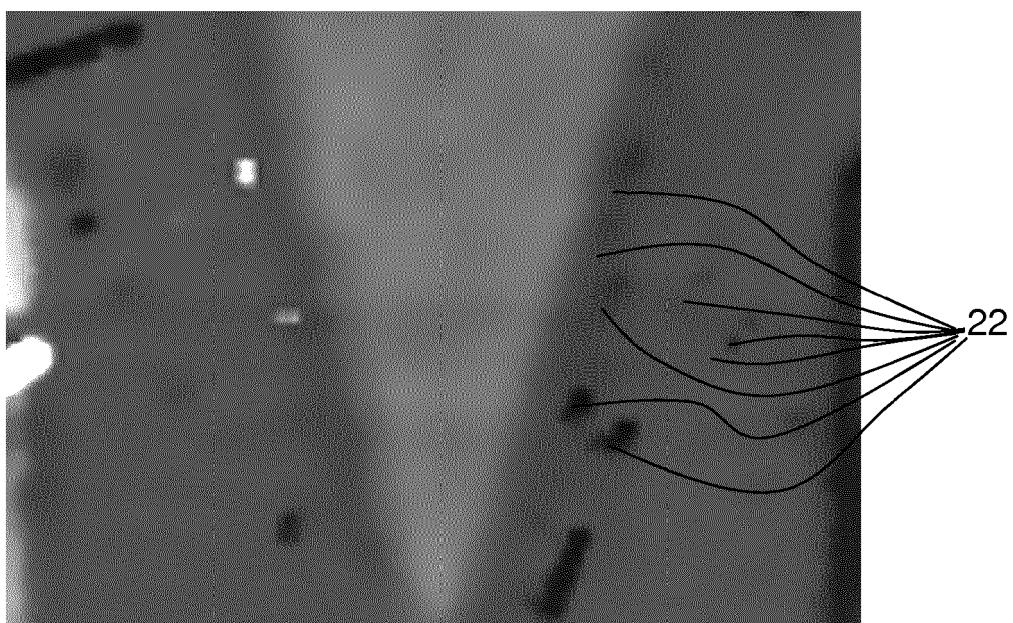


Fig. 4

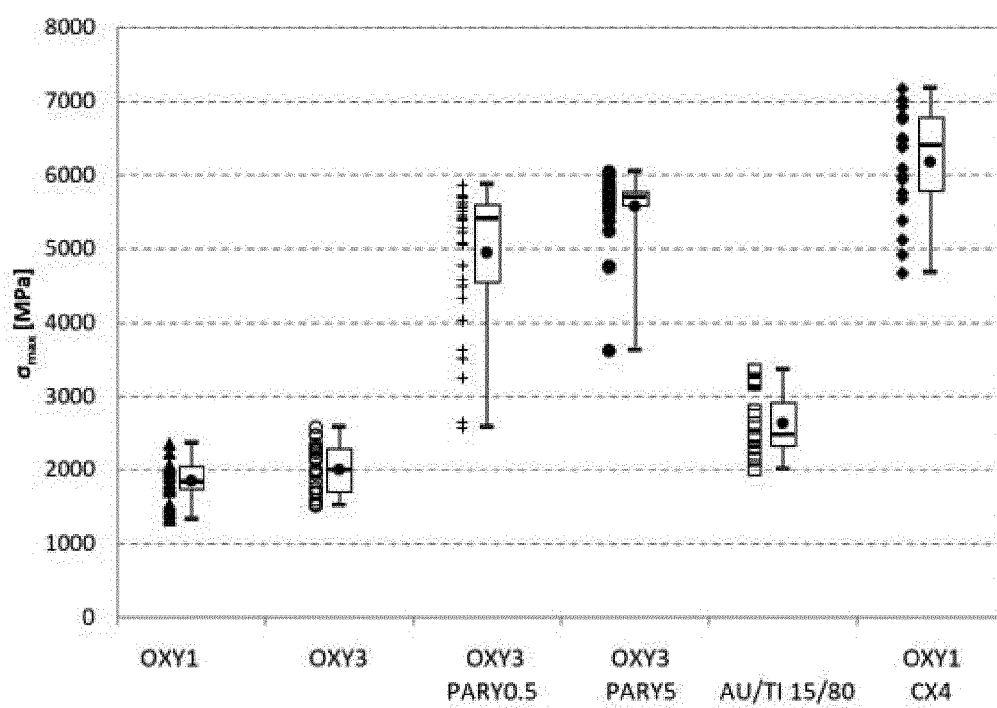


Fig. 5

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

- WO 2014006229 A1 **[0002]**