

CONFÉDÉRATION SUISSE  
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) CH 716 986 A2

(51) Int. Cl.: G04B 17/06 (2006.01)  
G04B 1/14 (2006.01)  
C04B 35/80 (2006.01)  
C22C 47/08 (2006.01)

Demande de brevet pour la Suisse et le Liechtenstein

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

(12) DEMANDE DE BREVET

(21) Numéro de la demande: 01683/19

(22) Date de dépôt: 20.12.2019

(43) Demande publiée: 30.06.2021

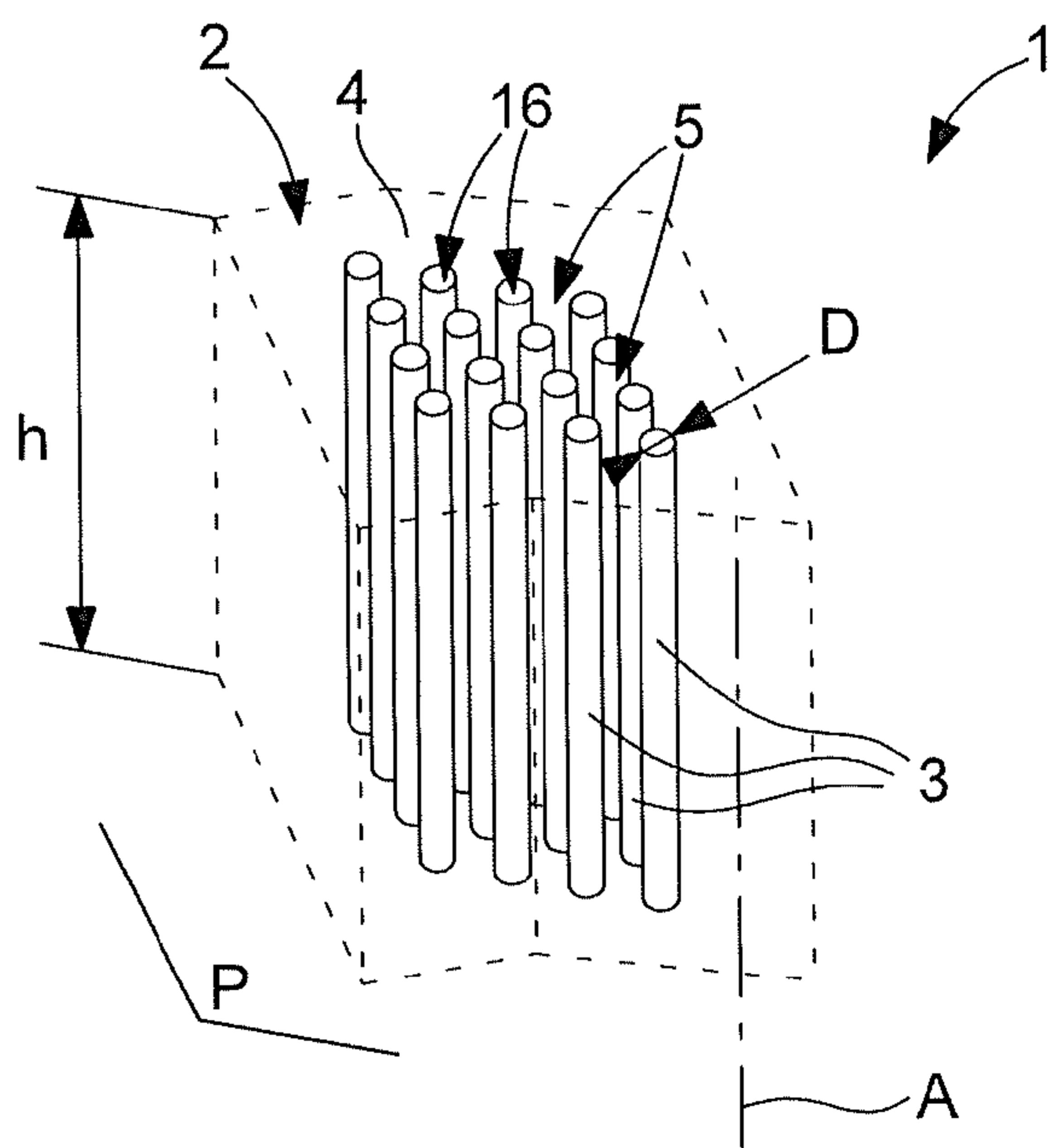
(71) Requérant:  
The Swatch Group Research and Development Ltd,  
Rue des Sors 3  
2074 Marin (CH)

(72) Inventeur(s):  
Pierre Cusin, 1423 Villars-Burquin (CH)  
Christian Charbon, 2054 Chézard-St-Martin (CH)  
Alexandre Haemmerli, 2000 Nauchâtel (CH)  
Matthias Imboden, 2072 St-Blaise (CH)  
Lionel Paratte, 2074 Marin-Epagnier (CH)

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

(54) Composant horloger flexible et mouvement d'horlogerie comportant un tel composant.

(57) L'invention concerne un composant horloger flexible, notamment pour mécanisme oscillateur ou pour barillet d'un mouvement horloger, le composant comportant au moins une partie réalisée en une matière composite (1), la matière composite (1) comprenant une matrice (2) et une multitude de nano-fils (3) répartis dans la matrice (2), les nano-fils (3) étant juxtaposés, la matrice (2) comportant un matériau (4) de remplissage des interstices entre les nano-fils (3) pour les joindre les uns aux autres, chaque nano-fil (3) formant un tube plein monobloc.



## Description

### Domaine de l'invention

[0001] La présente invention est relative aux composants horloger, notamment pour mécanisme oscillateur ou pour bâillet d'un mouvement d'horlogerie.

[0002] L'invention se rapporte également à un mouvement d'horlogerie comportant un tel composant.

### Arrière-plan de l'invention

[0003] Les mouvements horlogers mécaniques comprennent généralement un bâillet, un mécanisme d'échappement et un mécanisme oscillateur mécanique. Le bâillet comprend un ressort pour fournir de l'énergie au mécanisme oscillateur. Le mécanisme d'échappement comporte, notamment, une ancre et une roue d'échappement, tandis que le mécanisme oscillateur comprend généralement un ressort spiral associé à une masse inertielle oscillante appelée balancier.

[0004] Les progrès techniques dans les matériaux composites permettent de fabriquer certains composants dans des matériaux innovants et performants, qui permettent de se passer, au moins en partie, des matériaux purement métalliques. Aujourd'hui, on essaye d'utiliser, par exemple, des nanotubes de carbone pour fabriquer des composants. De tels matériaux apportent des avantages en terme de légèreté, de solidité, et de simplicité de fabrication. Ainsi, le document JP2008116205A décrit un ressort spiral comprenant une matrice de graphite et de carbone amorphe, renforcée par des nanotubes de carbone qui sont dispersés dans la matrice et alignés dans la direction longitudinale du spiral, soit dans le sens des contraintes élastiques principales.

[0005] Dans la publication de N. Hutchison et al (MEMS 2009), un matériau composite est formé, d'une part, d'une forêt de nanotubes de carbone alignés verticalement (VACNT), et d'autre part, d'un deuxième matériau de remplissage entre les nanotubes, principalement du carbone, accessoirement du silicium, voire du nitre de silicium. Le matériau de remplissage détermine principalement les propriétés mécaniques du matériau composite.

[0006] Cependant, ces matériaux sont limités à l'utilisation de nanotubes, qui sont généralement vides. Or, il n'est pas toujours aisément de fabriquer des nanotubes dans d'autres matériaux que le carbone.

### Résumé de l'invention

[0007] Un but de l'invention est, par conséquent, de proposer un composant horloger, qui évite les problèmes précités.

[0008] A cet effet, l'invention concerne un composant horloger flexible, notamment pour mécanisme oscillateur ou pour bâillet d'un mouvement horloger, le composant comportant au moins une partie réalisée en une matière composite.

[0009] Le composant est remarquable en ce que la matière composite comprend une matrice et une multitude de nano-fils répartis dans la matrice, les nano-fils étant juxtaposés, la matrice comportant un matériau de remplissage des interstices entre les nano-fils pour les joindre les unes aux autres, chaque nano-fil formant un tube plein monobloc.

[0010] Ainsi, grâce à une telle matière composite, on obtient des nano-fils monoblocs pleins, de sorte que l'on peut utiliser toute sorte de matériaux pour fabriquer ces nano-fils. On peut de plus fabriquer les nano-fils aisément, de manière plus simple que des nanotubes dans certaines matières. Par conséquent, il est possible de réaliser certains éléments d'un mouvement horloger, qui doivent pouvoir fléchir, tels un ressort spiral ou un ressort de bâillet.

[0011] Selon une forme de réalisation avantageuse, les nano-fils sont disposées de manière sensiblement parallèles à un axe sensiblement perpendiculaire au plan du composant.

[0012] Selon une forme de réalisation avantageuse, les nano-fils sont réalisés dans un élément à choisir dans la liste suivante : de l'or, du palladium, du silicium, du diamant poly-cristallin, du nitre de bore, du nitre de gallium, du nitre de silicium, de l'oxyde de zinc, de l'arsénure de gallium, du sulfure de tungstène, de l'argent, du cuivre, de l'arsénure de manganèse, de l'arsénure d'indium, du nickel, du platine, du germanium, des alliages de cobalt-graphène, de phosphore-germanium, de cuivre-argent, d'or-argent, des composés de phosphore-indium, d'azote-gallium, d'azote-indium-gallium, d'azote-arsenic-gallium, d'arsenic-gallium, de phosphore-indium-gallium, de souffre-cadmium, de souffre-cadmium-sélénum, d'azote-aluminium-gallium, de césum-plomb, du tellurure d'antimoine, du tellurure de bismuth, de l'oxyde de silicium, de l'oxyde de titane, de l'oxyde de tungstène, de l'oxyde d'indium, de l'oxyde d'aluminium, de l'oxyde de magnésium, de l'oxyde d'étain, de l'oxyde de zinc, du niobate de lithium, de l'oxyde de manganèse, des composés inorganiques de type  $\text{Li}_2\text{Mo}_6\text{Se}_6$  ou  $\text{Mo}_6\text{S}_{9-x}\text{I}_x$ . Il est aussi possible de réaliser des nanofils en alliage métallique amorphe ou partiellement amorphe.

[0013] Selon une forme de réalisation avantageuse, les nano-fils ont un diamètre compris dans un intervalle allant de 1 à 50 nm, de préférence dans un intervalle allant de 3 à 15 nm, voire de 5 à 10 nm.

[0014] Selon une forme de réalisation avantageuse, les nano-fils ont une longueur comprise dans un intervalle allant de 100 à 500 microns, de préférence dans un intervalle allant de 100 à 300 microns, voire de 150 à 200 microns.

[0015] Selon une forme de réalisation avantageuse, le matériau de remplissage est réalisé dans un élément à choisir dans la liste suivante : du tungstène, des matériaux organiques comme le parylène, du nitre de bore hexagonal, du rubis

poly-cristallin de type Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, du diamant, des bisulfures de tungstène ou de molybdène, du graphite, du plomb, du carbone de silicium, du nickel, du phosphure d'indium, de l'oxyde de titane, du poly-silicone, du carbone amorphe, du carbone amorphe de type DLC (Diamond-like-carbon), de l'oxyde d'hafnium, de l'oxyde de silicium, du silicium poly-cristallin, du titanate de strontium, de l'oxyde de zinc, de l'oxyde d'indium, de l'oxyde de tungstène, de l'oxyde de niobium, de l'oxyde de cadmium, du fluorure de magnésium, du nitrate de titane, du nitrate de silicium, du nitrate d'aluminium, du nitrate de gallium, du nitrate d'hafnium, du nitrate de calcium, du nitrate d'argent, du nitrate de silicium oxydé, du platine, du palladium, du molybdène, du tantale, du sulfure de zinc, du sulfure de molybdène, du germanium, de l'hydrofluorocarbure, des composés de type AlP, AlN, AlGaSb, AlGaAs, AlGaN, AlGaN, AlGaN, GaSb, GaAsP, GaAs, GaN, GaP, InAlAs, InAlP, InSb, InGaSb, InGaN, GaInAlAs, GaInAlN, GaInAsN, GaInAsP, GaInAs, GaInP, InN, InP, InAs, InAsSb, ZnSe, HgCdTe, GeSbTe.

[0016] Selon une forme de réalisation avantageuse, le composant est un ressort spiral de mécanisme oscillateur.

[0017] Selon une forme de réalisation avantageuse, le composant est un ressort de bâillet.

[0018] Selon une forme de réalisation avantageuse, le composant est un dispositif antichoc.

[0019] L'invention se rapporte également à un mouvement horloger comprenant un composant horloger flexible selon l'invention.

#### Description sommaire des dessins

[0020] D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lecture de plusieurs formes de réalisation données uniquement à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement une vue traversante en perspective d'une matière composite selon l'invention,
- la figure 2 représente une vue en perspective d'un balancier muni d'un ressort spiral d'un mécanisme oscillateur mécanique,
- la figure 3 représente schématiquement une vue en perspective d'un bâillet muni d'un ressort d'un bâillet.

#### Description détaillée de modes de réalisation préférés

[0021] Dans la description, nous présentons des composants pour un mouvement horloger. Le composant est un composant flexible à choisir dans une liste comprenant par exemple un ressort spiral de mécanisme oscillateur ou un ressort de bâillet.

[0022] Le composant flexible comporte au moins une partie réalisée en une matière composite 1, représentée sur la figure 1. De préférence, le composant est réalisé entièrement dans cette matière composite 1. Ainsi, les composants de la liste précédentes peuvent être réalisés dans cette matière composite 1.

[0023] La matière composite 1 comprend une matrice de remplissage 2 et une multitude de nano-fils 3 réparties dans ladite matrice 2. La matrice 2 a, par exemple, une forme généralement plate s'étendant dans un plan A.

[0024] Les nano-fils 3 forment une structure de la matière composite 1, dans laquelle ils sont juxtaposés. Ils sont régulièrement répartis de manière à être espacés les uns des autres de façon homogène dans la matrice 2. On entend par nano-fils des tubes monoblocs généralement pleins. Ainsi, l'intérieur 16 des nano-fils 3 comprend le même matériau que l'enveloppe externe.

[0025] Les nano-fils 3 sont de préférence disposés sensiblement parallèlement les uns aux autres. Ils sont sensiblement perpendiculaires au plan P du composant. Ils sont disposés de manière sensiblement parallèle à un axe A, perpendiculaire au plan P du composant. Par sensiblement parallèle, on entend que les fils sont orientés sensiblement dans la même direction.

[0026] Avantageusement, la matière composite est réalisée de manière à ce que des nano-fils 3 soient présentes dans toute la masse de la matrice 2.

[0027] Les nano-fils 3 ont, par exemple, un diamètre D compris dans un intervalle allant de 2 à 50 nm. De préférence, les nano-fils 3 ont un diamètre compris dans un intervalle allant de 3 à 15 nm, voire de 5 à 10 nm.

[0028] Les nano-fils 3 peuvent avoir une longueur L comprise dans un intervalle allant de 100 à 500 microns. De préférence, les nano-fils 3 ont une longueur comprise dans un intervalle allant de 100 à 300 microns, voire de 150 à 200 microns.

[0029] Les nano-fils 3 sont réalisés dans un matériau à choisir dans la liste suivante : de l'or, du palladium, du silicium, du diamant, du nitrate de bore, du nitrate de gallium, du nitrate de silicium, de l'oxyde de zinc, de l'arsénure de gallium, du sulfure de tungstène, de l'argent, du cuivre, de l'arsénure de manganèse, de l'arsénure d'indium, du nickel, du platine, du germanium, des alliages de cobalt-graphène, de phosphore-germanium, de cuivre-argent, d'or-argent, des composés de phosphore-indium, d'azote-gallium, d'azote-indium-gallium, d'azote-arsenic-gallium, d'arsenic-gallium, de phosphore-indium-gallium, de souffre-cadmium, de souffre-cadmium-sélénium, d'azote-aluminium-gallium, de césum-plomb, du tellure d'antimoine, du tellure de bismuth, de l'oxyde de silicium, de l'oxyde de titane, de l'oxyde de tungstène, de l'oxyde d'indium, de l'oxyde d'aluminium, de l'oxyde de magnésium, de l'oxyde d'étain, de l'oxyde de zinc, du niobate de lithium, de l'oxyde de manganèse, des composés inorganiques de type Li<sub>2</sub>Mo<sub>6</sub>Se<sub>6</sub> ou Mo<sub>6</sub>S<sub>9-x</sub>I<sub>x</sub>. Il est aussi possible de réaliser

des nanofils en alliage métallique amorphe ou partiellement amorphe. Cette liste n'est pas exhaustive, d'autres matériaux étant également possibles.

[0030] La matrice 2 comporte un matériau de remplissage 4 pour remplir les interstices 5 entre les nano-fils 3. Le matériau de remplissage 4 peut avantageusement englober les nano-fils 3, en étant injecté dans les interstices 5 entre les nano-fils 3. Ce matériau 4 détermine principalement les propriétés mécaniques de la matière composite 1, en particulier pour rendre la matrice 2 flexible.

[0031] Le matériau de remplissage 4 composant la matrice 2 est réalisé avec un élément de la liste suivante : du tungstène, des matériaux organiques comme le parylène, du nitre de bore hexagonal, du rubis poly-cristallin de type Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, du diamant poly-cristallin, des bisulfures de tungstène ou de molybdène, du graphite, du plomb, du carbure de silicium, du nickel, du phosphure d'indium, de l'oxyde de titane, du poly-silicone, du carbone amorphe, du carbone amorphe de type DLC (Diamond-like-carbon), de l'oxyde d'hafnium, de l'oxyde de silicium, du silicium poly-cristallin du titanate de strontium, de l'oxyde de zinc, de l'oxyde d'indium, de l'oxyde de tungstène, de l'oxyde de niobium, de l'oxyde de cadmium, du fluorure de magnésium, du nitre de titane, du nitre de silicium, du nitre d'aluminium, du nitre de gallium, du nitre d'hafnium, du nitre de calcium, du nitre d'argent, du nitre de silicium oxydé, du platine, du palladium, du molybdène, du tantalum, du sulfure de zinc, du sulfure de molybdène, du germanium, de l'hydrofluorocarbure, des composés de type AlP, AlN, AlGaSb, AlGaAs, AlGaNp, AlGaN, AlGaP, GaSb, GaAsP, GaAs, GaN, GaP, InAlAs, InAlP, InSb, InGaSb, InGaN, GaInAlAs, GaInAlN, GaInAsN, GaInAsP, GaInAs, GaInP, InN, InP, InAs, InAsSb, ZnSe, HgCdTe, GeSbTe. Le matériau de remplissage 4 peut avantageusement être constitué également de carbone. Cette liste n'est pas exhaustive, d'autres matériaux étant également possibles.

[0032] Le matériau de remplissage 4 est flexible, le matériau 4 ayant des propriétés mécaniques permettant une déformation élastique du composant. La flexibilité est en outre obtenue grâce à la géométrie du composant, en particulier par l'épaisseur du composant. On entend par matériau flexible, un matériau qui peut être utilisé pour former un composant flexible d'horlogerie, tel qu'un spiral ou un ressort. La flexibilité dépend aussi de la géométrie du composant et du rapport de la rigidité sur la densité.

[0033] Pour certains matériaux de remplissage, par exemple un métal, le matériau a un module d'élasticité élevé, supérieur à 100 Gpa, de préférence supérieur à 200GPa, et a une limite à la rupture également élevée, supérieure à 1GPa, de préférence supérieure à 2 GPa.

[0034] Dans d'autres exemples de matériaux de remplissage, par exemple le parylène, le matériau a un module d'élasticité plus faible, compris entre 0.1 Mpa et 100 Gpa, et a une limite à la rupture plus faible, comprise entre 200 MPa et 1GPa.

[0035] Le composant est par exemple un ressort spiral 6 d'un mécanisme oscillateur 8 d'un mouvement d'horlogerie, ou un ressort 7 d'un barillet 10 d'un mouvement d'horlogerie.

[0036] Nous citons des exemples d'association de matériaux de remplissage et de nano-fils offrant des propriétés particulièrement avantageuses.

[0037] Un premier exemple porte sur des nano-fils en cuivre et un matériau de remplissage en alumine (rubis, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), le cuivre permettant d'évacuer les charges électrostatiques, tout en gardant des propriétés de rigidité et de résistance élevée de l'alumine pour le composant.

[0038] Dans un second exemple, les nano-fils sont en métal et le matériau de remplissage en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, le métal permettant de modifier la couleur du composant.

[0039] Des nano-fils en silicium et un matériau de remplissage en oxyde de silicium permettent de modifier la dépendance thermique de l'élasticité, en particulier pour ajuster la compensation thermique de la fréquence propre d'un oscillateur mécanique.

[0040] Enfin, un matériau de remplissage en parylène ou en un autre polymère (Teflon, POM, etc) permet d'obtenir un composant glissant ayant un coefficient de frottement sec réduit, ce qui est utile pour certaines des applications où le frottement entre deux mobiles doit être réduit, et/ou l'apport d'un lubrifiant standard ne ferait que dégrader le frottement et augmenter l'usure, par exemple dans un composant antichoc.

[0041] Selon les combinaisons, la matière composite permet notamment de fabriquer des ressorts. Les figures 2 et 3 sont des exemples de tels ressorts pour l'horlogerie. D'autres composants sont également possibles, tels que des composants antichocs, par exemple pour un axe de balancier, ou encore un élément résonateur d'un mécanisme de sonnerie d'horlogerie.

[0042] La figure 2 représente un oscillateur horloger mécanique, comportant un ressort spiral 6 et un balancier 8. Le ressort spiral 6 est réalisé à partir d'une telle matière composite flexible. Le ressort spiral 6 est un ruban de faible rapport de la largeur sur la hauteur, qui est enroulé en spirale, de sorte qu'il existe un espace libre entre les portions de ruban en vis à vis. Ainsi, par contraction et déformation de la spirale, on obtient l'effet ressort recherché. Le balancier 8 comprend un anneau 9 circulaire et un bras 11 rectiligne passant au centre de l'anneau 9 et reliant deux côtés opposés de l'anneau 9. Le bras maintient un axe 12 sensiblement perpendiculaire au plan de l'anneau 9. L'axe 12 porte le ressort spiral 6 dans un plan parallèle à celui de l'anneau 9 par une première extrémité. La deuxième extrémité est destinée à être fixée à une autre partie fixe 17 du mouvement horloger, appelée piton.

**[0043]** La figure 3 représente un ressort-barillet 10 formé d'un ressort de barillet 7 réalisé à partir d'une telle matière composite flexible telle que décrite précédemment. Le barillet 10 comprend un boîtier 13 circulaire sensiblement plat, muni d'une denture d'engrenage 15 sur sa partie externe, et d'un axe 14 traversant le centre du boîtier 13 perpendiculairement au plan du boîtier 13. Le ressort a une forme de spirale sensiblement identique à celle du ressort spiral décrit précédemment pour la figure 2, mais avec des dimensions différentes pour répondre à sa fonction de réserve et de fournisseur d'énergie mécanique au mouvement d'horlogerie. Le ressort 7 est agencé à l'intérieur du boîtier 13 en étant fixé d'une part à l'axe 14 par une extrémité, et au bord périphérique intérieure du boîtier 13.

**[0044]** Concernant la fabrication des nano-fils, on utilise les techniques classiques liées au matériau choisi dans la liste, tels que la croissance catalytique, la gravure chimique, le dépôt électrochimique (électrodéposition), ou la gravure profonde par plasma réactif. On utilise, de préférence, le dépôt de couches minces, par exemple par dépôt chimique de type CVD (Chemical Vapor Déposition) ou par dépôt physique de type PVD (Physical Vapor Deposition). Comme dans le premier mode de réalisation, on utilise des méthodes de photolithographie pour définir les contours du composant sur un substrat, par exemple en silicium, où l'on fait croître les nano-fils. Après l'obtention des nano-fils, on insère le matériau flexible entre les nano-fils. Enfin, le composant est détaché du substrat une fois qu'il est terminé.

**[0045]** La demande de brevet internationale WO 2014/172660 donne un exemple de réalisation de nano-fils de silice.

**[0046]** Les nano-fils 3 peuvent aussi être réalisés par d'autres techniques que la croissance catalytique, telles que celles décrites dans la publication de N.Hutchison (MEMS 2009).

**[0047]** Le matériau de remplissage est inséré entre les nano-fils par des procédés de type ALD (atomic layer déposition), LPCVD (Low Pressure Chemical Vapor Déposition), MOCVD (moderate pressure CVD), par dépôt électrochimique (électro-déposition), par CVD ou par trempage dans une phase liquide ou gazeuse.

**[0048]** Naturellement, l'invention n'est pas limitée aux modes de réalisation décrits en référence aux figures et des variantes pourraient être envisagées sans sortir du cadre de l'invention.

## Revendications

1. Composant horloger (6, 7) flexible, notamment pour mécanisme oscillateur ou pour barillet d'un mouvement horloger, le composant comportant au moins une partie réalisée en une matière composite (1), caractérisé en ce que la matière composite (1) comprend une matrice (2) et une multitude de nano-fils (3) réparties dans la matrice (2), les nano-fils (3) étant juxtaposées, la matrice (2) comportant un matériau (4) de remplissage des interstices (5) entre les nano-fils (3) pour les joindre les uns aux autres, chaque nano-fil (3) formant un tube plein monobloc.
2. Composant (6, 7) selon la revendication 1, caractérisé en ce que les nano-fils (3) sont disposées de manière sensiblement parallèles à un axe (A) sensiblement perpendiculaire au plan (P) du composant (6, 7).
3. Composant (6, 7) selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les nano-fils (3) sont réalisées dans un élément à choisir dans la liste suivante : de l'or, du palladium, du silicium, du diamant, du nitride de bore, du nitride de gallium, du nitride de silicium, de l'oxyde de zinc, de l'arsénure de gallium, du sulfure de tungstène, de l'argent, du cuivre, de l'arsénure de manganèse, de l'arsénure d'indium, du nickel, du platine, du germanium, des alliages de cobalt-graphène, de phosphore-germanium, de cuivre-argent, d'or-argent, des composés de phosphore-indium, d'azote-gallium, d'azote-indium-gallium, d'azote-arsenic-gallium, d'arsenic-gallium, de phosphore-indium-gallium, de soufre-cadmium, de soufre-cadmium-sélénium, d'azote-aluminium-gallium, de césum-plomb, du tellure d'antimoine, du tellure de bismuth, de l'oxyde de silicium, de l'oxyde de titane, de l'oxyde d'aluminium, de l'oxyde de magnésium, de l'oxyde de tungstène, de l'oxyde d'indium, de l'oxyde d'étain, de l'oxyde de zinc, du niobate de lithium, de l'oxyde de manganèse, des composés inorganiques de type  $\text{Li}_2\text{Mo}_6\text{Se}_6$  ou  $\text{Mo}_6\text{S}_{9-x}\text{I}_x$ , des alliages métalliques amorphes ou partiellement amorphes.
4. Composant (6, 7) selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, caractérisé en ce que les nano-fils (3) ont un diamètre (D) compris dans un intervalle allant de 2 à 50 nm, de préférence dans un intervalle allant de 3 à 15 nm, voire de 5 à 10 nm.
5. Composant (6, 7) selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, caractérisé en ce que les nano-fils (3) ont une longueur (L) comprise dans un intervalle allant de 100 à 500 microns, de préférence dans un intervalle allant de 100 à 300 microns, voire de 150 à 200 microns.
6. Composant (6, 7) selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, caractérisé en ce que le matériau de remplissage (4) est réalisé dans un élément à choisir dans la liste suivante : du tungstène, des matériaux organiques comme le parylène, du nitride de bore hexagonal, du rubis poly-cristallin de type  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , du diamant poly-cristallin, du silicium poly-cristallin, des bisulfures de tungstène ou de molybdène, du graphite, du plomb, du carbure de silicium, du nickel, du phosphure d'indium, de l'oxyde de titane, du poly-silicone, du carbone amorphe, du carbone amorphe de type DLC (Diamond-like-carbon), de l'oxyde d'hafnium, de l'oxyde de silicium, du titanate de strontium, de l'oxyde de zinc, de l'oxyde d'indium, de l'oxyde de tungstène, de l'oxyde de niobium, de l'oxyde de cadmium, du fluorure de magnésium, du nitrate de titane, du nitrate de silicium, du nitrate d'aluminium, du nitrate de gallium, du nitrate d'hafnium, du nitrate de calcium, du nitrate d'argent, du nitrate de silicium oxydé, du platine, du palladium, du molybdène,

du tantale, du sulfure de zinc, du sulfure de molybdène, du germanium, de l'hydrofluorocarbure, des composés de type AlP, AlN, AlGaSb, AlGaAs, AlGaN, AlGaP, GaSb, GaAsP, GaAs, GaN, GaP, InAlAs, InAlP, InSb, InGaSb, InGaN, GalnAlAs, GalnAlN, GalnAsN, GalnAsP, GalnAs, GalnP, InN, InP, InAs, InAsSb, ZnSe, HgCdTe, GeSbTe.

7. Composant (6) selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est un ressort spiral de balancier (8).
8. Composant (7) selon l'une, quelconque, des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il est un ressort de barillet (10).
9. Mouvement horloger, caractérisé en ce qu'il comprend un composant horloger flexible (6, 7) selon l'une, quelconque, des revendications précédentes.

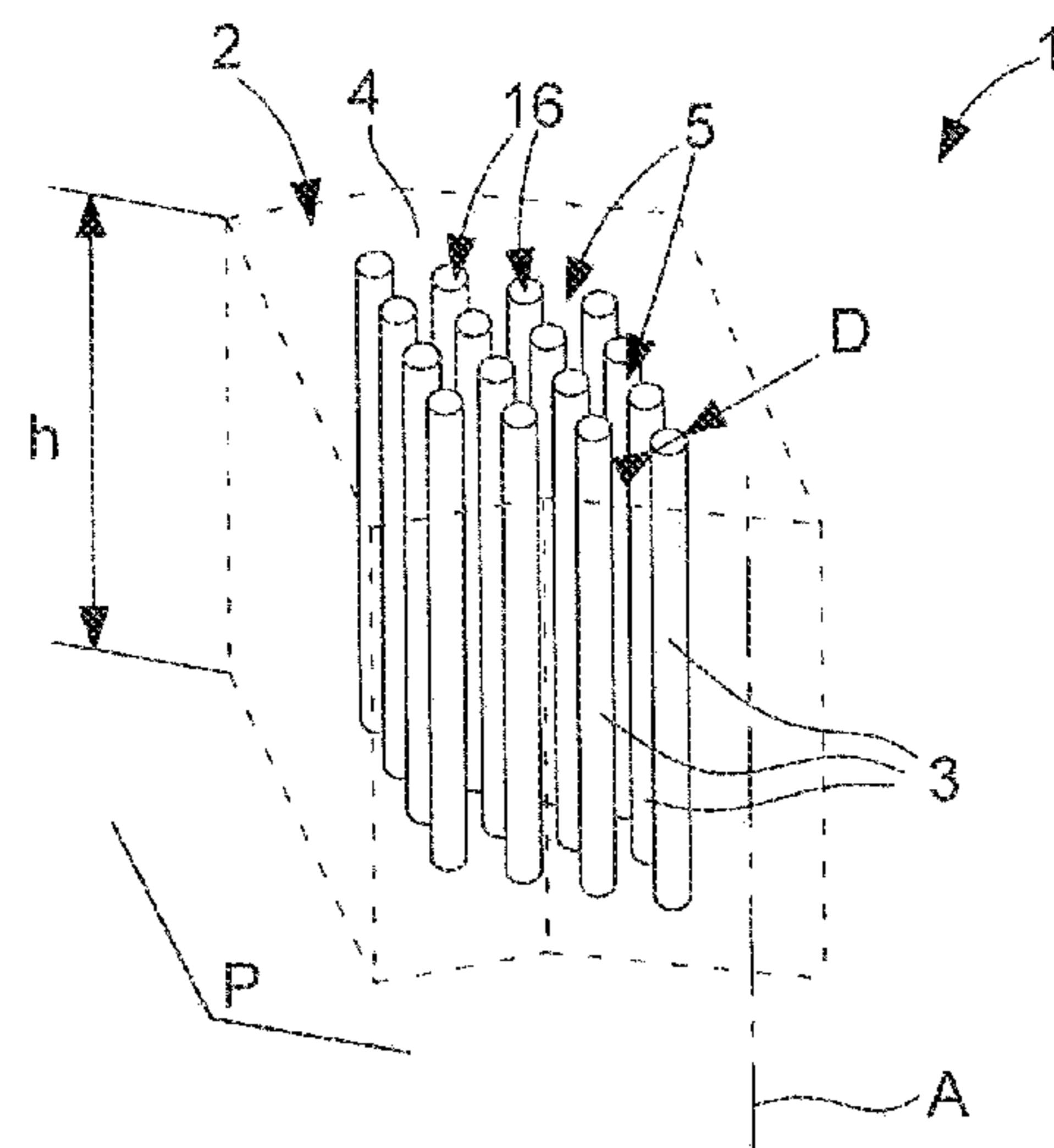


Fig. 1

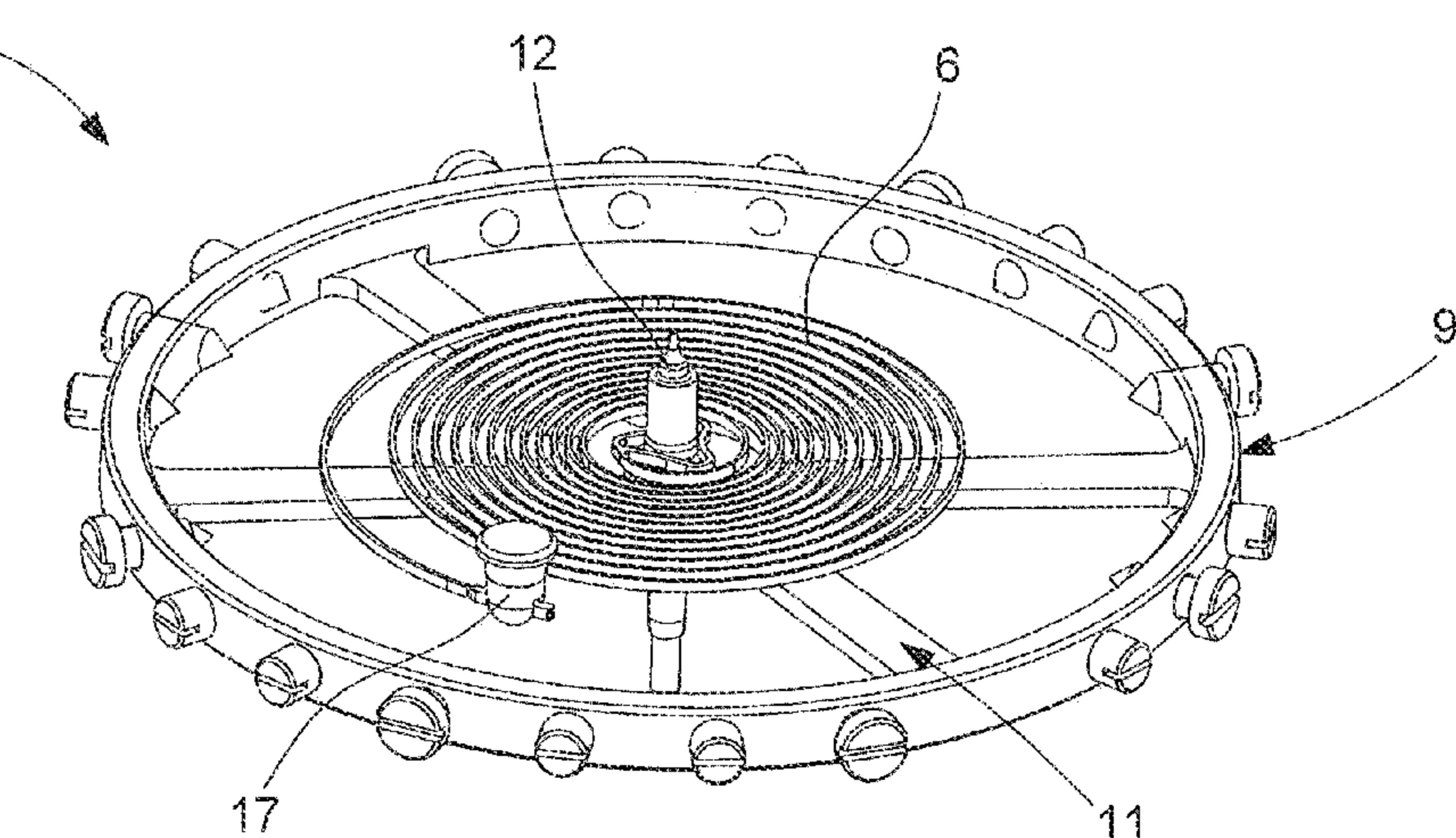


Fig. 2

