

(19)



(11)

**EP 2 394 202 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**07.09.2016 Patentblatt 2016/36**

(51) Int Cl.:  
**G04B 17/06 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **10721923.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/DE2010/000126**

(22) Anmeldetag: **04.02.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2010/088891 (12.08.2010 Gazette 2010/32)**

(54) **MECHANISCHES SCHWINGSYSTEM FÜR UHREN SOWIE FUNKTIONSELEMENT FÜR UHREN**

MECHANICAL OSCILLATING SYSTEM FOR WATCHES AND FUNCTIONAL ELEMENT FOR WATCHES

SYSTÈME OSCILLANT MÉCANIQUE POUR MONTRES ET ÉLÉMENT FONCTIONNEL POUR MONTRES

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**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 SE SI SK SM TR**

(72) Erfinder: **DAMASKO, Konrad**  
**93055 Regensburg (DE)**

(30) Priorität: **06.02.2009 DE 102009007973**  
**20.03.2009 DE 102009013741**  
**17.06.2009 DE 102009025645**  
**24.06.2009 DE 102009030539**  
**03.07.2009 DE 102009031841**  
**24.09.2009 DE 102009050045**  
**07.10.2009 DE 102009048580**  
**21.12.2009 DE 102009060024**  
**04.01.2010 DE 102010004025**  
**20.01.2010 DE 102010005257**  
**04.02.2010 DE 102010006790**

(74) Vertreter: **Reichert & Lindner**  
**Partnerschaft Patentanwälte**  
**Bismarckplatz 8**  
**93047 Regensburg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A1- 1 445 670 EP-A2- 1 837 722**  
**WO-A2-2005/045532 WO-A2-2006/123095**  
**DE-A1- 10 127 733 DE-T2- 69 608 724**  
**FR-A1- 2 842 313**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**14.12.2011 Patentblatt 2011/50**

• **WO ET AL: "PV-UNI-NETZ @BULLET**  
**ForschungsVerbund Sonnenenergie**  
**Photovoltaik: Materialforschung in**  
**Deutschland", WORKSHOP, 1 December 2004**  
**(2004-12-01), XP055108866, Retrieved from the**  
**Internet:**  
**URL: [http://www.pv-uni-netz.de/img/Jahrestagung2003/gesamt\\_05.pdf](http://www.pv-uni-netz.de/img/Jahrestagung2003/gesamt_05.pdf) [retrieved on**  
**2014-03-19]**

(60) Teilanmeldung:  
**16165465.2**

(73) Patentinhaber: **DAMASKO GmbH**  
**93092 Barbing (DE)**

**EP 2 394 202 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein mechanisches Schwingsystem für Uhren gemäß Patentanspruch 1.

**[0002]** Es wurde bereits vorgeschlagen, die Feder oder Unruhfeder (Spiralfeder) eines mechanisches Schwingsystems aus Silizium zu fertigen und u.a. zur Verbesserung der mechanischen Festigkeit und zur Temperaturkompensation an deren Oberflächen mit einer Schicht aus Siliziumoxid zu versehen. Insbesondere dann, wenn die Schicht aus Siliziumoxid thermisch erfolgt ist, besteht bei Schichtdicken, die für eine optimale Temperaturkompensation erforderlich wären, d.h. bei Schichtdicken größer als 4  $\mu\text{m}$  u.a. die Gefahr einer Verformung, zumindest einer partiellen Verformung der Unruhfeder, was dann zu einer Beeinträchtigung der Ganggenauigkeit des Schwingsystems und/oder zu nicht reproduzierbaren Verhältnissen bei der Fertigung führt.

**[0003]** Die europäische Patentanmeldung EP 1 445 670 A1 offenbart eine Spitalfeder aus amorphem oder kristallinem Material (Siliziumscheibe). Der Windungsquerschnitt der Spiralfeder beträgt 0,015mm<sup>2</sup>. Das Dokument erwähnt nichts hinsichtlich des Aufbaus des Schwingsystems und der Korngröße und weiterer Parameter der Unruhfeder.

**[0004]** Die deutsche Übersetzung der europäischen Patentschrift EP 0 732 635 B1 offenbart lediglich, dass mit dem beanspruchten Verfahren auch eine Spitalfeder für Uhrwerke hergestellt werden kann. Das Material der Basisplatte aus der das mikromechanische Teil strukturiert wird, kann ein- oder polykristallines Silizium sein. Das Dokument erwähnt nichts hinsichtlich des Aufbaus des Schwingsystems und der Korngröße und weiterer Parameter der Unruhfeder.

**[0005]** Die internationale Patentanmeldung WO 2006/123095 A2 offenbart die Herstellung einer Spiralfeder, wobei die einzelnen Windungen der Spiralfeder mittels eines Lasers ausgeschnitten werden. Die Spiralfeder besteht aus einer Eisen-Nickel Legierung.

**[0006]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein Schwingsystem aufzuzeigen, welches diese Nachteile vermeidet. Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein mechanisches Schwingsystem entsprechend dem Patentanspruch 1 ausgebildet.

**[0007]** Funktionselemente im Sinne der Erfindung sind insbesondere solche eines mechanischen Schwingsystems für Uhren und dabei speziell für mechanische Uhren oder Armbanduhren, nämlich insbesondere die Spiral- und Unruhfeder, der Schwingkörper bzw. das Unruhrad, die Welle des Schwingkörpers, Elemente zur Befestigung der Unruhfeder am Schwingkörper bzw. Elemente zur Befestigung der Unruhfeder an der Welle des Schwingkörpers sowie an einer Platine des Uhrwerks, die sogenannte Doppelscheibe an der Welle des Schwingkörpers zum Auslenken des Ankers, der Anker sowie das Ankerrad. Funktionselemente im Sinne der Erfindung sind weiterhin auch Zahnräder eines Uhrwerks

generell.

**[0008]** Nach einem Aspekt der Erfindung besteht das mechanische Schwingsystem für Uhren, insbesondere für Armbanduhren, aus einer Unruhfeder und einem Unruhrad mit einer Welle zur Befestigung der Unruhfeder. Die Unruhfeder besteht aus polykristallinem Silizium mit langgestreckten Körnern, die aufgrund des Columnen-Wachstums resultieren. Die langgestreckten Körner haben eine Kornbreite im Bereich zwischen 10 und 1000 nm und eine Kornlänge im Bereich zwischen 2 und 50  $\mu\text{m}$ . Ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder beträgt 0,001 mm<sup>2</sup> bis 0,3 mm<sup>2</sup>.

Gemäß einem Aspekt der Erfindung liegt die Kornlänge im Bereich zwischen 5 und 50  $\mu\text{m}$ . Der Windungsquerschnitt der Unruhfeder kann 0,001 mm<sup>2</sup> bis 0,01 mm<sup>2</sup> oder 0,001 mm<sup>2</sup> bis 0,03 mm<sup>2</sup> betragen. Der Längenausdehnungskoeffizient der Unruhfeder ist kleiner als  $8 \times 10^{-6}/\text{K}$ .

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist die Unruhfeder an der Außenfläche ihrer Windungen mit einer thermisch erzeugten Schicht aus Siliziumoxid versehen. Diese Schicht besitzt eine Dicke von maximal 4  $\mu\text{m}$ , bevorzugt von maximal 3  $\mu\text{m}$  oder kleiner. Die Unruhfeder ist mit einem innenliegenden Ende in geeigneter Weise an der Welle befestigt und ein außenliegendes Ende der Unruhfeder mit einem Federhalterklotz an einem durch Schwenken um eine Achse des Unruhades einstellbaren Federhalters gehalten.

**[0009]** Gemäß einer Ausführungsform besteht das Unruhrad aus einem äußeren Ring, radial nach innen verlaufenden Speichen und aus einem mittleren Nabenabschnitt, zur Befestigung der Unruh-Welle. Das Unruhrad ist einstückig mit den Speichen und dem äußeren Ring hergestellt. Der äußere Ring weist an seiner Innenseite zwischen den Speichen ausgebildete Befestigungsabschnitte auf, wobei an jedem Befestigungsabschnitt ein Justierelement vorgesehen ist.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung bilden das Unruhrad oder die Unruhfeder wenigstens eine Lager- und/oder Gleit- und/oder Montagefläche aus, an der die Oberfläche des Unruhades oder die Unruhfeder aus einer inneren Schicht aus Siliziumoxid und einer die Außenfläche bildenden DLC-Beschichtung besteht. Zwischen der von der DLC-Beschichtung gebildeten äußeren Schicht und der inneren Schicht aus Siliziumoxid ist wenigstens eine ein- oder mehrlagig metallische Zwischenschicht vorgesehen, die beispielsweise aus Titan-Nitrid und/oder Titan-Carbid und/oder Wolfram-Carbid besteht.

In Weiterbildung der Erfindung sind der Schwingkörper oder die Unruhrad beispielsweise so ausgebildet, dass die Justierelemente durch Klipsen oder Verrasten am Schwingkörper bzw. an der Innenseite des Unruhades oder eines Ringes des Unruhades gehalten sind, und/oder dass der Schwingkörper aus Molybdän oder einer Molybdän in einem hohen Anteil enthaltenden Legierung gefertigt ist, wobei die vorgenannten Merkmale jeweils einzeln oder in beliebiger Kombination verwendet

sein können.

**[0010]** Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist bei einer Spiralfeder für ein mechanisches Schwingsystem für Uhren, der Spiralfederkörper im Bereich seines außenliegenden Endes mit einem mehrfach wellenförmig ausgeführt Abschnitt versehen, wobei die Spiralfeder (Unruhfeder) in Weiterbildung der Erfindung beispielsweise so ausgeführt ist, dass sie aus Silizium besteht, und/oder, dass sie aus polykristallinem Silizium oder einer Siliziumkeramik, z.B. aus Silizium- Nitrid hergestellt ist,

wobei die vorgenannten Merkmale der Spiralfeder jeweils einzeln oder in beliebiger Kombination verwendet sein können.

**[0011]** Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung sind der Schwingkörper oder das Unruhrad für ein mechanisches Schwingsystem für Uhren, insbesondere Armbanduhren, mit an einem radial außenliegenden Bereich des Schwingkörpers angebrachten Justierelementen zur Einstellung des dynamischen Schwingkörper Trägheitsmomentes des Schwingkörpers in Bezug auf seine Schwingachse, so ausgeführt, wobei der Schwingkörper in Weiterbildung der Erfindung beispielsweise so ausgeführt ist,

dass die Zentrierelemente jeweils von wenigstens einem um eine Achse parallel oder im Wesentlichen parallel zur Schwingachse dreh- oder schwenkbar am Massenkörper mit einem gegenüber der Dreh- oder Schwenkachse versetzten Massenschwerpunkt aufweisen,

und/oder

dass er speichenradartig ausgebildet ist,

und/oder

dass die Justierelemente durch Klipsen oder Verrasten am Schwingkörper bzw. an der Innenseite des Unruhrades oder eines Ringes des Unruhrades gehalten sind, und/oder

dass er aus Molybdän oder einer Molybdän in einem hohen Anteil enthaltenden Legierung gefertigt ist,

wobei die vorgenannten Merkmale des Schwingkörpers jeweils einzeln oder in beliebiger Kombination verwendet sein können.

**[0012]** Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und aus den Figuren. Dabei sind alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination grundsätzlich Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung. Auch wird der Inhalt der Ansprüche zu einem Bestandteil der Be-

schreibung gemacht.

**[0013]** Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in vereinfachter Funktionsdarstellung die wesentlichen Elemente eines mechanischen Schwingsystems einer Armbanduhr;

Fig. 2 in Draufsicht die Spiralfeder des Schwingsystems der Figur 1 ;

Fig. 3 in perspektivischer Teildarstellung ein mechanisches Schwingsystem für Uhren, insbesondere Armbanduhren gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 4 in Einzeldarstellung und in Draufsicht das Schwing- und Unruhrad des Schwingsystems der Figur 3;

Fig. 5 in perspektivischer Darstellung und in Draufsicht eines der Zentrierelemente des Unruhrades des Schwingsystems der Figur 3;

Fig. 6 in Einzeldarstellung einen Federhalter oder Halteklötz für die Spiral- oder Unruhfeder des Schwingsystems der Figur 3;

Fig. 7 in vereinfachter Darstellung einen Schnitt durch eine mehrlagige Beschichtung auf einem aus Silizium hergestellten Funktionselement.

**[0014]** Das in der Figur allgemein mit 1 bezeichnete Schwingsystem besteht aus der Spiralfeder 2 und aus dem Schwing- oder Unruhrad 3. Die Unruhfeder 2 ist aus Silizium gefertigt, vorzugsweise aus polykristallinem Silizium. Die Herstellung der Unruhfeder 2 erfolgt dabei beispielsweise aus einem nicht metallischen kristallinen oder gesinterten Werkstoff mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 und 50.000 nm, bevorzugt zwischen 10 - 10.000nm, wobei bei Columnen-Wachstum die Korngröße beispielsweise eine Länge von etwa 5 - 50µm und eine Breite von 10 -1.000nm aufweist. Weiterhin besitzt der nicht metallischen kristallinen oder gesinterten Werkstoff einen thermischen Längenausdehnungskoeffizienten kleiner  $8 \cdot 10^{-6}/K$  oder die Unruhfeder 2 ist unter Verwendung eines Wafers aus diesem Werkstoff oder aus Silizium, z.B. durch Schneiden und/oder Ätzen (Maskierungs- und Ätztechnik). Der Wafer ist beispielsweise durch epitaktisches Abscheiden von Silizium erzeugt. Die Querschnittsfläche der Federwindung beträgt beispielsweise 0,001 - 0,01 mm<sup>2</sup>.

**[0015]** Die Unruhfeder 2 ist an der Außenfläche ihrer Windungen mit einer z.B. thermisch erzeugten Schicht aus Siliziumoxid versehen. Diese Schicht besitzt eine Dicke von maximal 4µm, bevorzugt von maximal 3µm oder kleiner.

**[0016]** Die Schwingmasse bzw. der Schwingkörper, d.h. das Schwing- oder Unruhrad 3, welches beispielsweise die für derartige Räder übliche speichenradartige Form aufweist, ist aus Molybdän oder aus einer Legierung mit einem hohen Molybdän-Anteil gefertigt. Durch die Kombination von Silizium (für die Unruhfeder 2) und Molybdän (für das Unruhrad 3) wird ein in optimaler Weise temperaturkompensiertes mechanisches Schwingssystem erhalten, d.h. ein mechanisches Schwingssystem, dessen Gang- oder Frequenzgenauigkeit insbesondere auch unabhängig von Temperaturänderungen ist.

**[0017]** Die Figur 2 zeigt die Spiralfeder 2 nochmals in Einzeldarstellung. Eine Besonderheit dieser Spiralfeder besteht darin, dass sie im Bereich ihres außenliegenden Federendes bei 2.1 mehrfach wellenförmig ausgeführt ist. Durch diesen Bereich ergibt sich ein verbessertes, sehr gleichmäßiges Schwingungsverhalten der Spiralfeder 2.

**[0018]** Die Spiralfeder 2 mit dem Abschnitt 2.1 ist in vorteilhafter Weise auch für Schwingssysteme von Uhren, insbesondere Armbanduhren verwendbar, bei denen die Schwingmasse anders als vorstehend beschrieben ausgeführt ist.

**[0019]** Die Figur 3 zeigt in perspektivischer Darstellung ein Schwingssystem 1 a mit der Spiralfeder 2a und dem Schwing- oder Unruhrad 3a. Die Unruhfeder 2a sowie das Unruhrad 3a sind dem selben Material und/oder in der selben Weise hergestellt, wie dies vorstehend für die Spiralfeder 2 und das Unruhrad 3 beschrieben wurde.

**[0020]** Das Unruhrad 3a ist speichenradartig ausgeführt, und zwar bestehend aus einem äußeren Ring 4, aus vier vom Ring 4 radial nach innen verlaufenden Speichen 5 und aus einem mittleren Nabenabschnitt 6, der die Öffnung 6.1 zur Befestigung der Unruh-Welle aufweist und einstückig mit den Speichen 5 und dem äußeren Ring 4 hergestellt ist.

**[0021]** Der äußere Ring 4 ist an seiner Innenseite mit einer umlaufenden Nut 7 sowie zwischen den Speichen 5 jeweils mit einem gabelartigen Befestigungsabschnitt 8 ausgebildet. An jedem Befestigungsabschnitt 8 ist ein Justierelement 9 vorgesehen, welches einstückig aus einem nicht magnetischen metallischen Material, z.B. aus Molybdän oder aus einem korrosionsbeständigen Stahl gefertigt ist. Mit den Justierelementen 9, die ebenso wie die Speichen 5 in gleichmäßigen Winkelabständen um die Achse des Unruhades 3a bzw. der Öffnung 6.1 verteilt angeordnet sind, kann das für die Frequenz bzw. Schwingungsdauer des Schwingensystems maßgebliche dynamische Trägheitsmoment des Unruhades 3a eingestellt werden. Die Befestigungsabschnitt 8 sind jeweils unterhalb der Nut 7 vorgesehen.

**[0022]** Die Justierelemente 9 bestehen hierfür aus einem kreisscheibenförmigen Körper 10 mit einem achs- gleich mit der Achse dieses Körpers angeordneten und über eine Stirnseite des Zentrierelementes 9 wegstehenden Zapfen 11 mit kreiszylinderförmiger Außenfläche. Weiterhin ist im Körper 10 eine durchgehende, d.h. an beiden Stirnseiten des scheibenförmigen Körpers 10 of-

fene und bogenförmig gekrümmte Ausnehmung 12 vorgesehen, die sich über einen Winkelbereich von etwas weniger als 180° um die Achse des Zentrierelementes 9 erstreckt, und zwar derart, dass das Zentrierelement 9 bzw. dessen Körper 10 an seinem Umfang einen durchgehenden Rand aufweist, der Massenschwerpunkt des Zentrierelementes 9 aber radial zur Achse des Zentrierelementes 9 versetzt ist. An der dem Zapfen 11 abgewandten Oberseite ist der Körper 10 weiterhin mit einer schlitzförmigen, sich radial oder in etwa radial zur Achse des Zentrierelementes erstreckenden Vertiefung 13 versehen, die die Angriffs- oder Betätigungsfläche für ein Einstell-Werkstück, beispielsweise für einen Schraubenzieher bildet. Mit dem Zapfen 11 ist jedes Zentrierelement an einem Befestigungsabschnitt 8 um eine Achse parallel zur Achse des Unruhades 3a drehbar vorgesehen, und zwar mit einer gewissen Schwergängigkeit dadurch, dass der jeweilige Zapfen 11 durch Einschnappen oder Verrasten an dem gabelartigen Befestigungsabschnitt 8 gehalten ist und jedes Justierelement 9 am Umfang mit seinem scheibenartigen Körper 10 in die Nut 7 hineinreicht, dort axial gesichert ist und radial gegen den Boden der Nut anliegt.

**[0023]** Die Montage der Justierelemente 9 am Ring 4 erfolgt also derart, dass jedes Justierelement 9 mit seinem Zapfen 11 radial auf den zugehörigen gabelartigen Befestigungsabschnitt 8 aufgeschoben wird. Durch Drehen oder Schwenken der Justierelemente 9 um die Achse ihrer Zapfen 11 können der Masseschwerpunkt jedes Justierelementes u.a. radial zur Achse des Unruhades 3a verlagert und dadurch das dynamische Massenträgheitsmoment in der gewünschten Weise eingestellt werden. Nach der Einstellung der Justierelemente 9 werden diese durch einen geeigneten Kleber oder Fixierlack fixiert.

**[0024]** Die Unruhfeder 2a ist mit dem innenliegenden Ende in geeigneter Weise an der nicht dargestellten Unruh- welle befestigt. Das außenliegende Ende der Spiralfeder 2a ist an einem Federhalterklötzchen oder -klotz 14 eines durch Schwenken um die Achse des Unruhades 3a einstellbaren Federhalters 15 gehalten.

**[0025]** Wie insbesondere der Figur 6 zu entnehmen ist, ist der aus metallischem Werkstoff hergestellte Federhalterklotz 14 einem Abschnitt 14.1, mit dem er in einer Öffnung 16 des Federhalters 15 durch Einklipsen oder Verrasten befestigt werden kann, sowie mit einem Abschnitt 14.2 mit zwei Gabel- oder Klemmarme 17 und 18 ausgeführt, die zwischen sich einen Klemmspalt 19 bilden, in dem die Spiralfeder 2a durch Klemmen befestigt werden kann. Der Klemmspalt 19 ist zu der dem Abschnitt 14.1 abgewandten Unterseite sowie auch zu zwei einander gegenüberliegenden Stirnseiten des Federhalterklotzes 14 offen ist und an der dem Abschnitt 14.1 zugewandten Seite durch eine Fläche 20.1 begrenzt.

**[0026]** Im montierten Zustand ist der Federhalterklotz 14 mit seiner Längserstreckung parallel zur Achse des Unruhades 3a orientiert. Bei der Montage des Schwingensystems wird der außenliegende Abschnitt der Spiralfeder

der 2a von der dem Abschnitt 14.1 bzw. dem

**[0027]** Federhalter 15 abgewandten Unterseite des Federhalterklotzes 14 her in den Klemmspalt 19 eingeführt. Damit ist die Spiralfeder 2a bereits an dem am Federhalter 15 montierten Federhalterklotz 14 derart gehalten, dass noch eine Änderung und Einstellung der wirksamen Federlänge, die für die Frequenz des mechanischen Schwingungssystems erforderlich ist, durch Verschieben der Spiralfeder 2a relativ zum Federhalterklotz 14 bei Aufrechterhaltung der Klemmverbindung möglich ist. Nach dieser Einstellung wird die Verbindung zwischen der Spiralfeder 2a und dem Federhalterklotz 14 fixiert, und zwar wiederum unter Verwendung eines geeigneten Klebers oder Fixierlacks.

**[0028]** Die Justierelemente 9, insbesondere aber der jeweilige Federhalterklotz 14 sind bevorzugt als sogenannte LIGA-Teile mit dem dem Fachmann bekannten LIGA-Verfahren gefertigt, welches durch die Verfahrensschritte Lithographie, Galvanik und Abformung die Herstellung von metallischen Formkörpern mit sehr kleinen Abmessungen ermöglicht.

**[0029]** In der Figur 7 ist schematisch die Ausbildung einer Lager- und/oder Gleit- und/oder Montagefläche eines Funktionselementes 21 wiedergegeben, welches aus Silizium, vorzugsweise aus polykristallinen, beispielsweise aus epitaktisch abgeschiedenem polykristallinen Silizium besteht. Die die Lager und/oder Gleit- und/oder Montagefläche bildende Oberfläche 22 des Funktionselementes 21 ist von einer mehrlagigen Beschichtung gebildet, und zwar zumindest bestehend aus einer an das Silizium-Material des Funktionselementes 21 unmittelbar anschließenden Beschichtung 23 aus Siliziumoxid, die z.B. durch thermische Oxidation oder auf andere geeignete Weise erzeugt ist. Auf die Beschichtung 23 folgt eine metallische Zwischenschicht 24, die bevorzugt aus Titan-Nitrid und/oder Titan-Carbid und/oder Wolfram-Carbid besteht und z.B. in einem PVD-Beschichtungsverfahren aufgebracht ist. Die Zwischenschicht 24 kann ihrerseits mehrschichtig ausgeführt sein, und zwar in mehreren Einzelschichten z.B. aus den vorgenannten Materialien. Auf die Zwischenschicht 24 folgt eine die eigentliche Außenfläche bildende Beschichtung 25, die als DLC-Beschichtung ausgeführt und beispielsweise durch CVD-Abscheidung erzeugt ist. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch die metallische Zwischenschicht 24 eine verbesserte Haftung der Schicht 25 an der Schicht 23 erreicht wird, sodass ein Abplatzen oder Lösen der Schicht 25 von dem Funktionselement 21 bei der Montage und während der Verwendung einer Uhr wirksam verhindert ist. Dies gilt nicht nur für Lager- und Gleitflächen, sondern insbesondere auch für Montageflächen und dabei speziell auch für solche, mit oder an denen eine klemmende Befestigung erfolgt, beispielsweise eine klemmende Befestigung der Spiralfeder oder des Schwingkörpers an einer Welle usw.

**[0030]** Die Erfindung wurde voranstehend an Ausführungsbeispielen beschrieben. Es versteht sich, dass

zahlreiche Änderungen sowie Abwandlungen möglich sind, ohne dass dadurch der der Erfindung zugrundeliegende Erfindungsgedanke verlassen wird. Anstelle des vorgenannten Silizium-Material (z.B. polykristallinem Silizium) eignet sich insbesondere auch ein Sintermaterial auf Silizium-Basis bzw. Silizium-Sintermaterial und/oder der nicht metallische kristalline oder gesinterte Werkstoff mit der Korngröße im Bereich zwischen 10 und 50 000 nm und mit dem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten kleiner  $8 \times 10^{-6}/K$ .

## Bezugszeichenliste

### [0031]

- 1, 1 a mechanisches Schwingsystem
- 2, 2a Unruhfeder
- 3, 3a Unruhrad
- 4 Reifen oder Ring
- 5 Speiche
- 6 nabenartiger Abschnitt
- 7 Nut
- 8 Befestigungsabschnitt
- 9 Justierelement
- 10 scheibenförmiger Körper des Justierelementes 9
- 11 Zapfen des Justierelementes 9
- 12 Ausnehmung
- 13 Schlitz
- 14 Federhalterklötzchen
- 14.1, 14.2 Abschnitt des Federhalterklötzchens
- 15 Federhalter
- 16 Öffnung
- 17, 18 Klemmarm
- 19 Klemmspalt
- 20 Anlagefläche
- 21 Funktionselement
- 22 Oberfläche des Funktionselementes 21
- 23, 24, 25 Beschichtung oder Lage

## Patentansprüche

1. Mechanisches Schwingsystem für Uhren, insbesondere Armbanduhren, mit einer Unruhfeder (2, 2a) und einem Unruhrad (3, 3a) mit einer Welle zur Befestigung der Unruhfeder (2, 2a), wobei die Unruhfeder (2, 2a) aus polykristallinem Silizium mit langgestreckten Körnern besteht, die aufgrund des Columnen-Wachstums resultieren und die langgestreckten Körner eine Kornbreite im Bereich zwischen 10 und 1000 nm und eine Kornlänge im Bereich zwischen 2 und 50  $\mu\text{m}$  besitzen; und ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a)  $0,001 \text{ mm}^2$  bis  $0,3 \text{ mm}^2$  beträgt.
2. Mechanisches Schwingsystem nach Anspruch 1, wobei die Kornlänge im Bereich zwischen 5 und 50  $\mu\text{m}$  liegt.

3. Mechanisches Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a) 0,001 mm<sup>2</sup> bis 0,01 mm<sup>2</sup> oder 0,001 mm<sup>2</sup> bis 0,03 mm<sup>2</sup> beträgt.
4. Mechanisches Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Längenausdehnungskoeffizient der Unruhfeder (2, 2a) kleiner als  $8 \times 10^{-6}/K$  ist.
5. Mechanisches Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Unruhfeder (2, 2a) an der Außenfläche ihrer Windungen mit einer thermisch erzeugten Schicht aus Siliziumoxid versehen ist und diese Schicht eine Dicke von maximal 4 µm, bevorzugt von maximal 3 µm oder kleiner besitzt.
6. Mechanisches Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Unruhfeder (2, 2a) mit einem innenliegenden Ende in geeigneter Weise an der Welle befestigt ist und ein außenliegendes Ende der Unruhfeder (2, 2a) mit einem Federhalterklotz (14) an einem durch Schwenken um eine Achse des Unruhrades (3, 3a) einstellbaren Federhalters (15) gehalten ist.
7. Mechanisches Schwingsystem nach Anspruch 1, wobei das Unruhrad (3, 3a) aus einem äußeren Ring (4), radial nach innen verlaufenden Speichen (5) und aus einem mittleren Nabenabschnitt (6), zur Befestigung der Unruh-Welle besteht und wobei das Unruhrad (3, 3a) einstückig mit den Speichen (5) und dem äußeren Ring (4) hergestellt ist.
8. Mechanisches Schwingsystem nach Anspruch 7, wobei der äußere Ring (4) an seiner Innenseite zwischen den Speichen (5) ausgebildete Befestigungsabschnitte (8) aufweist, wobei an jedem Befestigungsabschnitt (8) ein Justierelement (9) vorgesehen ist.
9. Mechanisches Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Unruhrad (3, 3a) oder die Unruhfeder (2, 2a) eine wenigstens eine Lager- und/oder Gleit- und/oder Montagefläche bilden, an der die Oberfläche (22) des Unruhrads (3, 3a) oder die Unruhfeder (2, 2a) aus einer inneren Schicht (23) aus Siliziumoxid und einer die Außenfläche bildenden DLC-Beschichtung (25) besteht.
10. Mechanisches Schwingsystem nach Anspruch 9 wobei zwischen der von der DLC-Beschichtung (25) gebildeten äußeren Schicht und der inneren Schicht (23) aus Siliziumoxid wenigstens eine ein oder mehrlagig metallische Zwischenschicht (24) vorgesehen ist, die beispielsweise aus Titan-Nitrid und/oder Titan-Carbid und/oder Wolfram-Carbid besteht.

## Claims

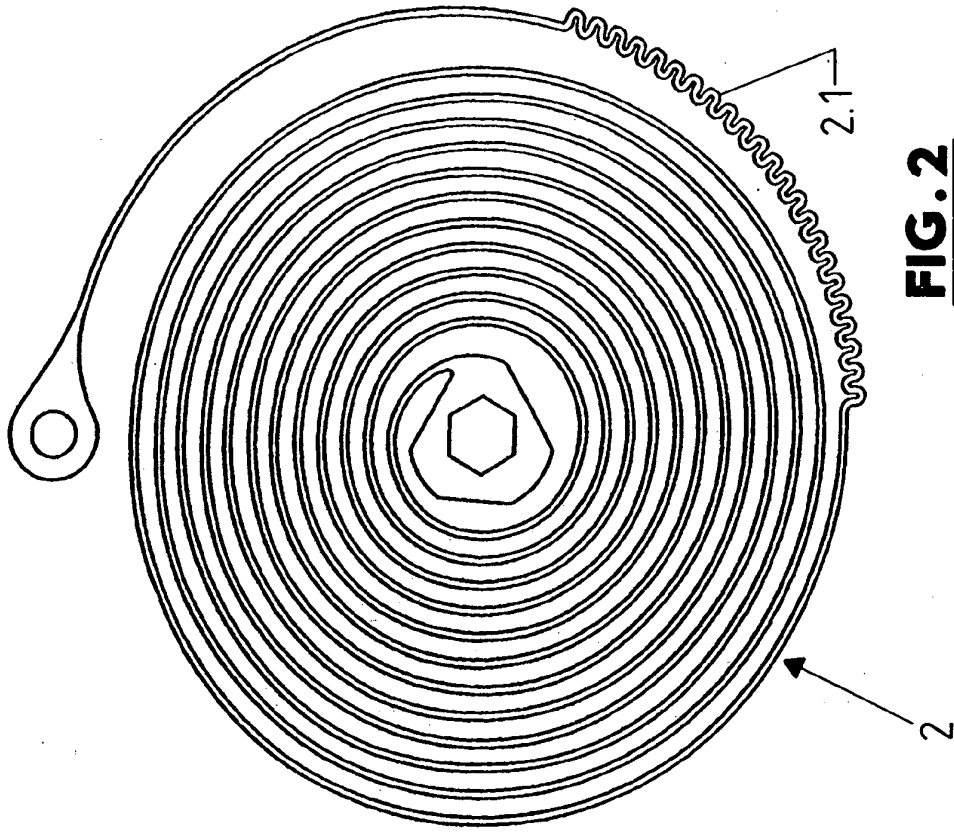
1. A mechanical oscillation system for clocks, in particular wristwatches, having a balance spring (2, 2a) and a balance wheel (3, 3a) having a shaft for fastening the balance spring (2, 2a), wherein the balance spring (2, 2a) consists of polycrystalline silicon having elongated grains, which result because of column growth, and the elongated grains have a grain width in the range between 10 and 1000 nm and a grain length in the range between 2 and 50 µm; and a turn cross section of the balance spring (2, 2a) is 0.001 mm<sup>2</sup> to 0.3 mm<sup>2</sup>.
2. The mechanical oscillation system according to Claim 1, wherein the grain length is in the range between 5 and 50 µm.
3. The mechanical oscillation according to any one of the preceding claims, wherein the turn cross section of the balance spring (2, 2a) is 0.001 mm<sup>2</sup> to 0.01 mm<sup>2</sup> or 0.001 mm<sup>2</sup> to 0.03 mm<sup>2</sup>.
4. The mechanical oscillation system according to any one of the preceding claims, wherein the coefficient of linear expansion of the balance spring (2, 2a) is less than  $8 \times 10^{-6}/K$ .
5. The mechanical oscillation system according to any one of the preceding claims, wherein the balance spring (2, 2a) is provided on the external surface of the turns thereof with a thermally produced layer made of silicon oxide and this layer has a thickness of at most 4 µm, preferably at most 3 µm or less.
6. The mechanical oscillation system according to any one of the preceding claims, wherein the balance spring (2, 2a) is fastened with an inner end in a suitable manner to the shaft and an outer end of the balance spring (2, 2a) is held by a spring holder block (14) on a spring holder (15), which is adjustable by pivoting about an axis of the balance wheel (3, 3a).
7. The mechanical oscillation system according to Claim 1, wherein the balance wheel (3, 3a) consists of an outer ring (4), spokes extending radially inward (5), and a middle hub section (6) for fastening the balance shaft, and wherein the balance wheel (3, 3a) is produced in one piece with the spokes (5) and the outer ring (4).
8. The mechanical oscillation system according to Claim 7, wherein the outer ring (4) has fastening sections (8) formed on its inner side between the spokes (5), wherein an adjustment element (9) is provided on each fastening section (8).
9. The mechanical oscillation system according to any

one of the preceding claims, wherein the balance wheel (3, 3a) or the balance spring (2, 2a) form at least one bearing and/or sliding and/or installation surface, at which the surface (22) of the balance wheel (3, 3a) or the balance spring (2, 2a) consists of an inner layer (23) made of silicon oxide and a DLC coating (25), which forms the outer surface.

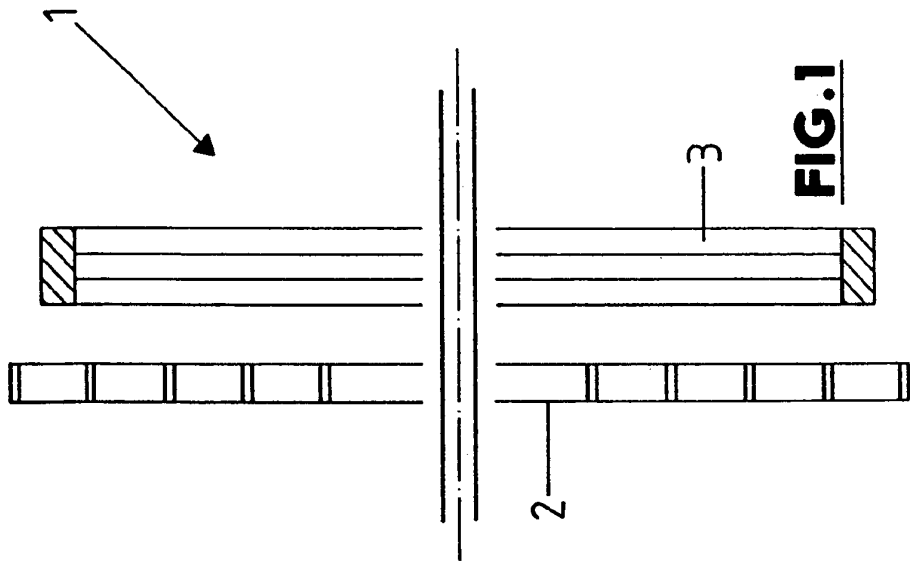
10. The mechanical oscillation system according to Claim 9, wherein at least one single layer or multi-layer metallic intermediate layer (24), which consists of titanium nitride and/or titanium carbide and/or tungsten carbide, for example, is provided between the outer layer formed by the DLC coating (25) and the inner layer (23) made of silicon oxide.

### Revendications

1. Système d'oscillation mécanique pour montre, en particulier montre-bracelet, avec un spiral de balancier (2, 2a) et une roue de balancier (3, 3a) avec un arbre pour la fixation du spiral de balancier (2, 2a), dans lequel le spiral de balancier (2, 2a) se compose de silicium polycristallin à grains allongés résultant de la croissance en colonnes, et les grains allongés ont une largeur de grains compris entre 10 et 1000 nm et une longueur de grains comprise entre 2 et 50  $\mu\text{m}$ , et une section d'enroulement du spiral de balancier (2, 2a) mesure de 0,001  $\text{mm}^2$  à 0,3  $\text{mm}^2$ .
2. Système d'oscillation mécanique selon la revendication 1, dans lequel la longueur de grains est comprise entre 5 et 50  $\mu\text{m}$ .
3. Système d'oscillation mécanique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la section d'enroulement du spiral de balancier (2, 2a) mesure entre 0,001  $\text{mm}^2$  et 0,01  $\text{mm}^2$  ou entre 0,001  $\text{mm}^2$  et 0,03  $\text{mm}^2$ .
4. Système d'oscillation mécanique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le coefficient de dilatation thermique du spiral de balancier (2, 2a) est inférieur à  $8 \times 10^{-6}/\text{K}$ .
5. Système d'oscillation mécanique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le spiral de balancier (2, 2a) est muni, sur la surface extérieure de ses spires, d'une couche de dioxyde de silicium produite par un procédé thermique, et cette couche a une épaisseur de 4  $\mu\text{m}$  au maximum, de préférence de 3  $\mu\text{m}$  au maximum ou moins.
6. Système d'oscillation mécanique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le spiral de balancier (2, 2a) est fixé à l'arbre, de manière appropriée, à son extrémité intérieure et une extrémité extérieure du spiral de balancier (2, 2a) est retenue avec un plot de maintien du spiral (14) sur un support de spiral (15) réglable par pivotement autour d'un axe de la roue de balancier (3, 3a).
7. Système d'oscillation mécanique selon la revendication 1, dans lequel la roue de balancier (3, 3a) se compose d'un anneau extérieur (4), de rayons (5) orientés vers l'intérieur dans le sens radial et d'une section de moyeu (6) centrale pour la fixation de l'arbre de balancier et dans lequel la roue de balancier (3, 3a) est fabriquée d'un seul tenant avec les rayons (5) et l'anneau extérieur (4).
8. Système d'oscillation mécanique selon la revendication 7, dans lequel l'anneau extérieur (4) présente sur sa face intérieure des sections de fixation (8) formées entre les rayons (5), un élément d'ajustement (9) étant prévu sur chaque section de fixation (8).
9. Système d'oscillation mécanique selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la roue de balancier (3, 3a) ou le spiral de balancier (2, 2a) forme au moins une surface d'appui et/ou de glissement et/ou de montage, sur laquelle la surface (22) de la roue de balancier (3, 3a) ou le spiral de balancier (2, 2a) se compose d'une couche intérieure (23) en oxyde de silicium et d'un revêtement en carbone amorphe (25) formant la surface extérieure.
10. Système d'oscillation mécanique selon la revendication 9, dans lequel est prévue entre la couche extérieure formée par le revêtement en carbone amorphe (25) et la couche intérieure (23) en oxyde de silicium une couche intermédiaire métallique (24) en une ou plusieurs épaisseurs, qui se compose par exemple de nitrure de titane et/ou de carbure de titane et/ou de carbure de tungstène.



**FIG. 2**

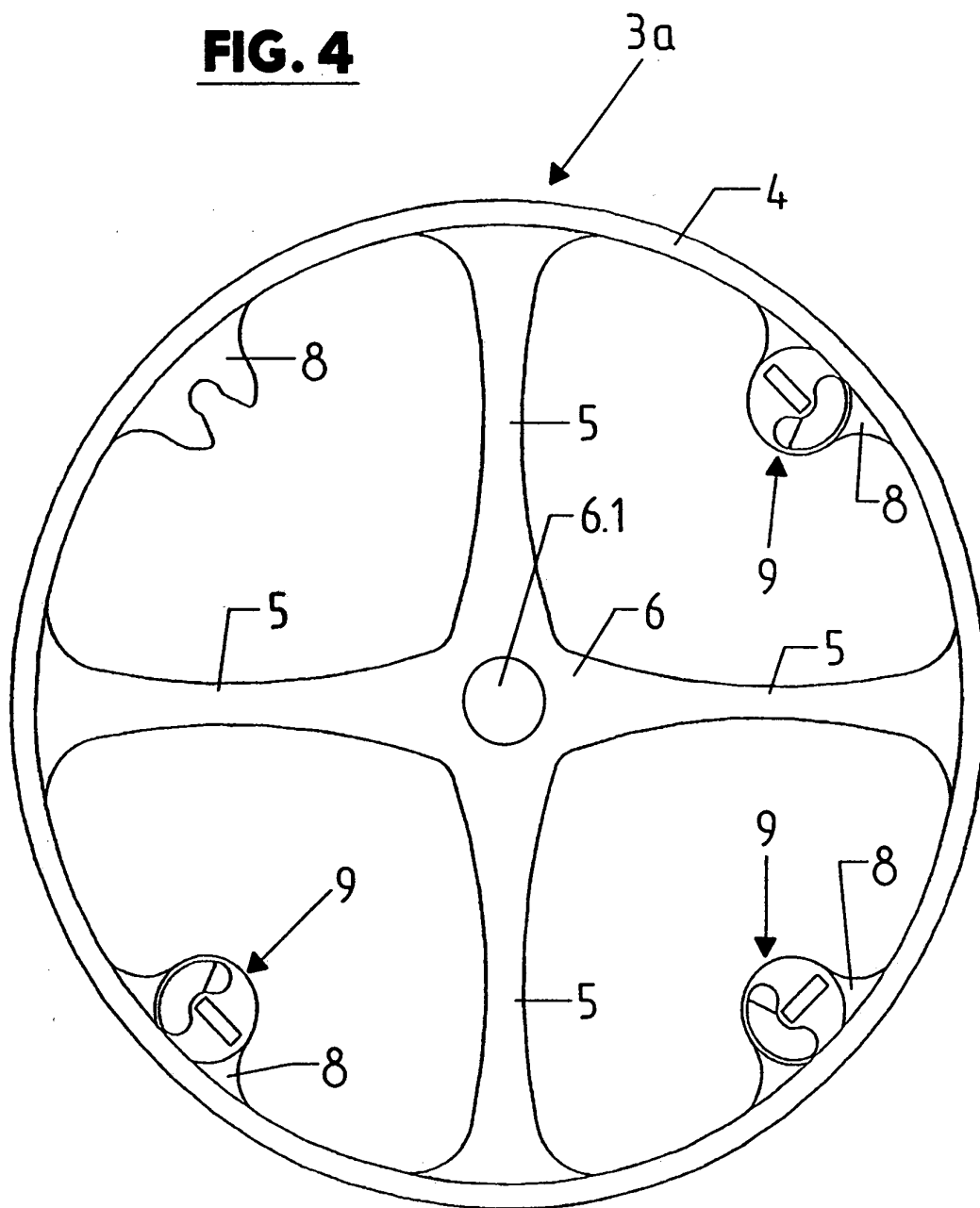


**FIG. 1**

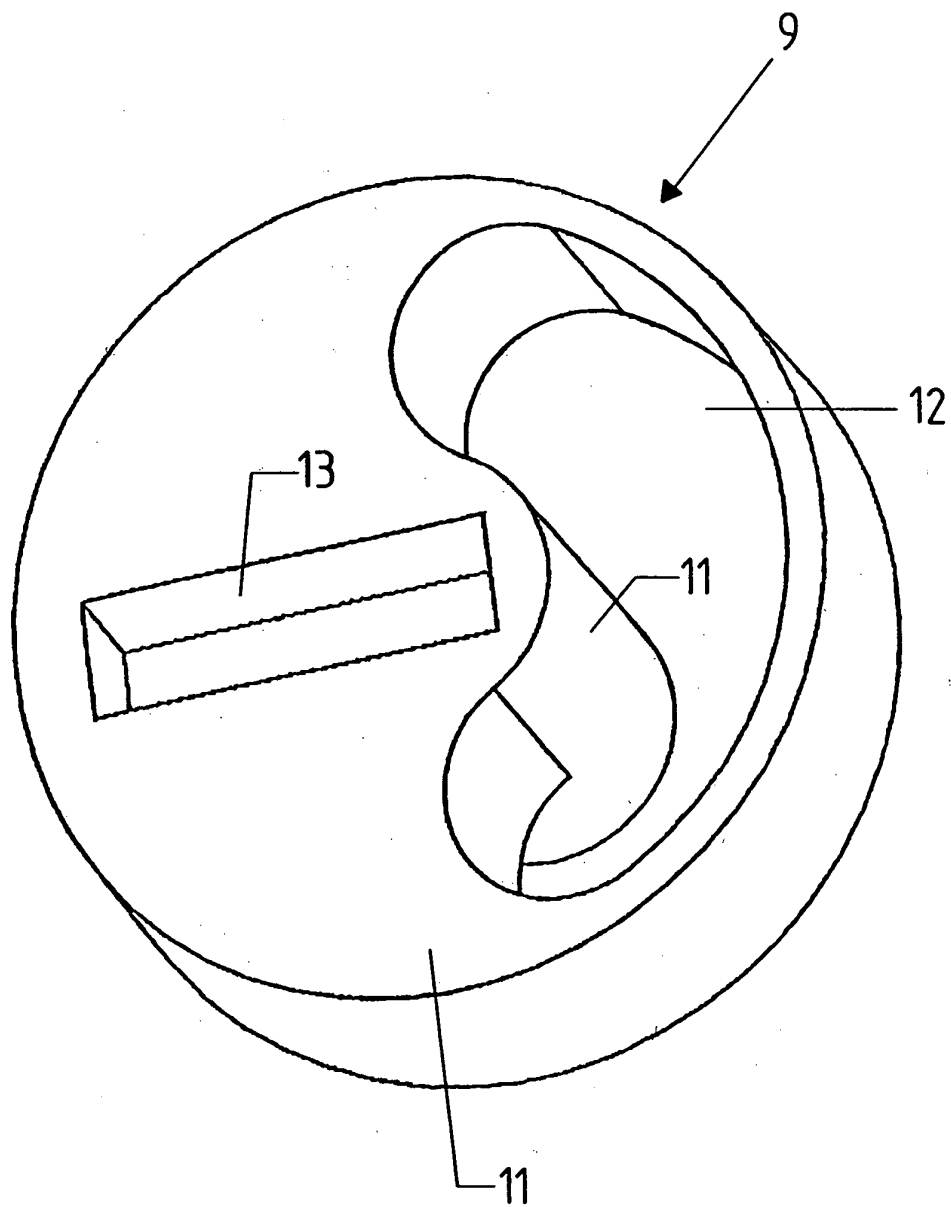


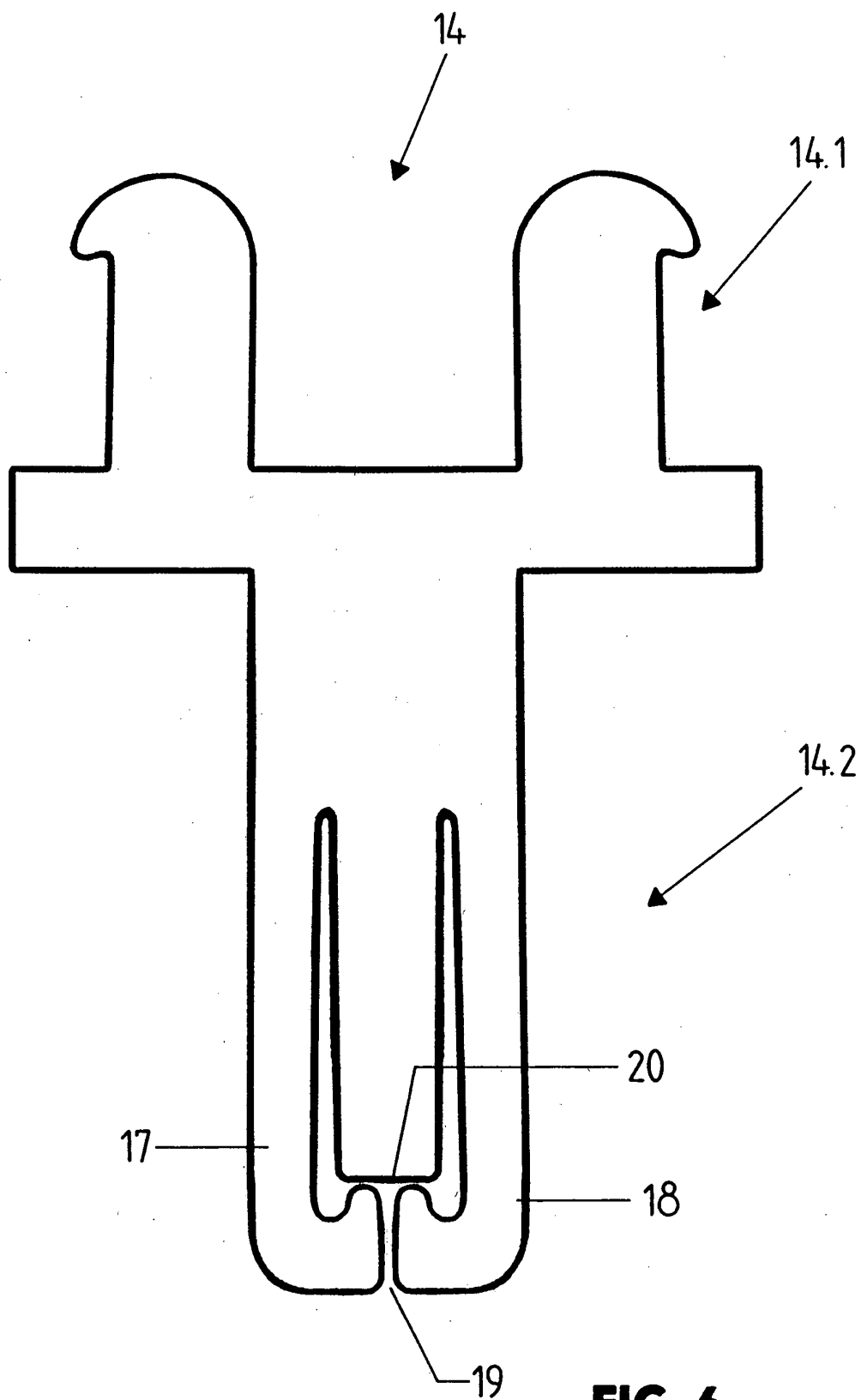


**FIG. 4**



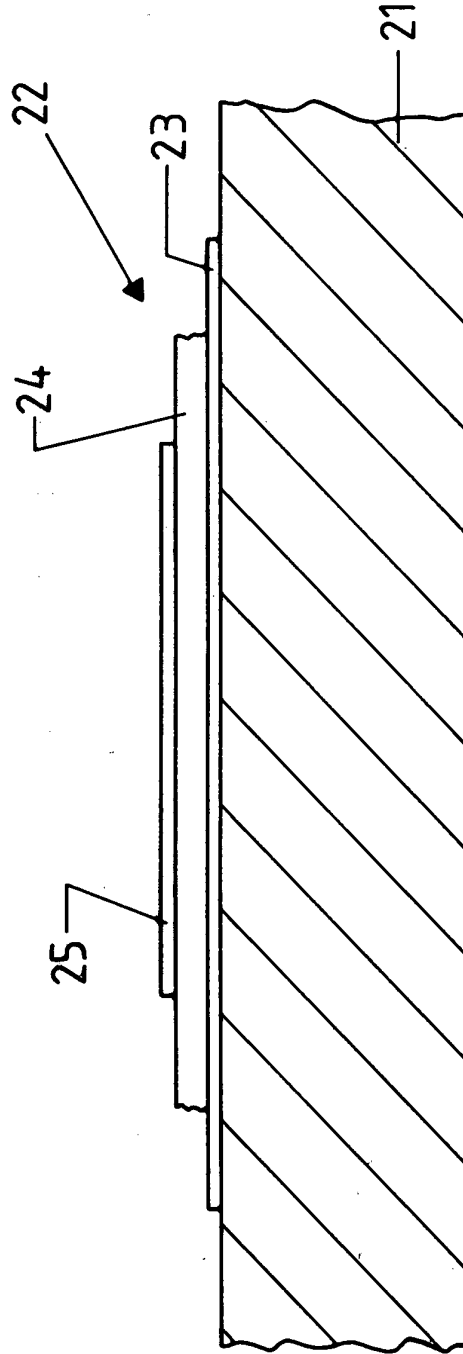
**FIG. 5**





**FIG. 6**

**FIG. 7**



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1445670 A1 [0003]
- EP 0732635 B1 [0004]
- WO 2006123095 A2 [0005]