



(10) **DE 20 2010 018 420 U1** 2016.07.28

(12)

Gebrauchsmusterschrift

(21) Aktenzeichen: **20 2010 018 420.7**

(22) Anmeldetag: **04.02.2010**

(67) aus Patentanmeldung: **EP 10 72 1923.0**

(47) Eintragungstag: **22.06.2016**

(45) Bekanntmachungstag im Patentblatt: **28.07.2016**

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

(66) Innere Priorität:

10 2009 007 973.4 **06.02.2009**

10 2010 005 257.4 **20.01.2010**

10 2010 006 790.3 **04.02.2010**

10 2009 013 741.6 **20.03.2009**

10 2009 025 645.8 **17.06.2009**

10 2009 030 539.4 **24.06.2009**

10 2009 031 841.0 **03.07.2009**

10 2009 050 045.6 **24.09.2009**

10 2009 048 580.5 **07.10.2009**

10 2009 060 024.8 **21.12.2009**

10 2010 004 025.8 **04.01.2010**

(73) Name und Wohnsitz des Inhabers:

Damasko GmbH, 93092 Barbing, DE

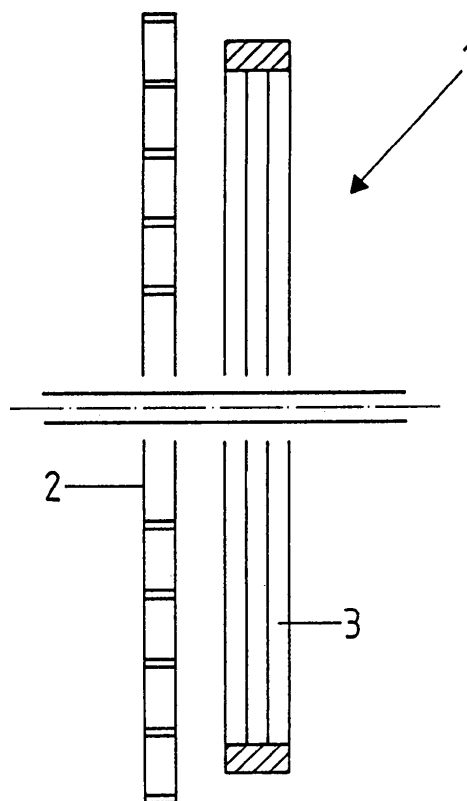
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**Reichert & Lindner Partnerschaft Patentanwälte,
93047 Regensburg, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Mechanisches Schwingsystem für eine Uhr und Unruhfeder für eine Uhr**

(57) Hauptanspruch: Mechanisches Schwingsystem (1) 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 einem Silizium-Werkstoff besteht, mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50000 nm und ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a) 0,001 mm² bis 0,3 mm² beträgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein mechanisches Schwingsystem für Uhren gemäß Schutzanspruch 1 oder 9. Ferner betrifft die Erfindung eine Unruhfeder gemäß Schutzanspruch 18 oder 26.

[0002] Es wurde bereits vorgeschlagen, die Feder oder Unruhfeder (Spiralfeder) eines mechanischen 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 µm 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 0,015mm². 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 Schutzanspruch 1 oder 9 ausgebildet.

[0007] Ferner liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde eine Unruhfeder aufzuzeigen, welche diese Nachteile vermeidet. Zur Lösung dieser Aufgabe ist eine Unruhfeder entsprechend dem Schutzanspruch 18 oder 26 ausgebildet.

[0008] 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 Anker-rad. Funktionselemente im Sinne der Erfindung sind weiterhin auch Zahnräder eines Uhrwerks generell.

[0009] 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 µm. Ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder beträgt 0,001 mm² bis 0,3 mm².

[0010] Gemäß einem Aspekt der Erfindung liegt die Kornlänge im Bereich zwischen 5 und 50 µm. Der Windungsquerschnitt der Unruhfeder kann 0,001 mm² bis 0,01 mm² oder 0,001 mm² bis 0,03 mm² betragen. Der Längenausdehnungskoeffizient der Unruhfeder ist kleiner als $8 \times 10^{-6}/K$.

[0011] 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 µm, bevorzugt von maximal 3µm oder kleiner.

[0012] 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 Unruhrades einstellbaren Federhalters gehalten.

[0013] 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.

[0014] 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 Unruhads 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.

[0015] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung besteht die Unruhfeder aus polykristallinem Silizium mit langgestreckten Körnern besteht, 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 µm und ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder beträgt 0,001 mm² bis 0,3 mm².

[0016] Der Erfindung liegt u.a. die Erkenntnis zugrunde, dass eine hohe Ganggenauigkeit, insbesondere auch eine temperaturunabhängige Ganggenauigkeit in besonders einfacher Weise bei einem mechanischen Schwingssystem mit einer Unruhfeder aus einem nicht metallischen kristallinen oder gesinterten Werkstoff mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 und 50000 nm und mit einem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten kleiner $8 \cdot 10^{-7} \text{K}$ und/oder aus Silizium durch Verwendung von Molybdän (Mo) für den Schwingkörper bzw. das Unruhrad erreichbar ist, und zwar insbesondere auch bei stark reduzierter Dicke einer Siliziumoxid-Beschichtung der Unruhfeder.

[0017] 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.

[0018] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist bei einer Spiralfeder für ein mechanisches Schwingssystem 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.

[0019] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung sind der Schwingkörper oder das Unruhrad für ein mechanisches Schwingssystem 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 Unruhades oder eines Ringes des Unruhades 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.

[0020] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Funktionselement für Uhren, insbesondere mechanische Uhren oder Armbanduhren, wobei das Funktionselement in Weiterbildung der Erfindung beispielsweise so ausgeführt ist, dass es aus einem nicht metallischen Werkstoff gefertigt ist, der ein kristalliner oder gesintertes Werkstoff mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 und 50 000 nm und/oder mit einem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten kleiner $8 \cdot 10^{-7} \text{K}$ und/oder ein Sintermaterial auf Silizium-Basis oder ein Silizium-Sintermaterial ist und/oder dass bei langgestreckter Kornbildung mit einer Kornbreite im Bereich zwischen 10 und 100 nm und einer Kornlänge im Bereich zwischen 2 und 50 µm, vorzugsweise zwischen 5 und 50 µm liegen, und/oder dass der nicht metallische Werkstoff ein Material auf Silizium-Basis oder ein Silizium-Sintermaterial ist, und/oder dass bei Ausbildung als Spiralfeder der Windungsquerschnitt 0,001 mm² bis 0,01 mm² oder 0,001 mm² bis 0,03 mm² oder 0,001 mm² bis 0,3 mm² beträgt, und/oder dass es wenigstens eine Lager- und/oder Gleit- und/oder Montagefläche bildet, an der die Oberfläche des Funktionselementes aus einer inneren Schicht

aus Siliziumoxid und einer die Außenfläche bildenden DLC-Beschichtung (25) besteht, und/oder dass zwischen der von der DLC-Beschichtung gebildeten äußeren Schicht und der inneren Schicht aus Siliziumoxid wenigstens eine metallische Zwischenschicht (24) vorgesehen ist, und/oder dass die Zwischenschicht (24) ein- oder mehrlagig ausgeführt ist, und/oder dass die Zwischenschicht (24) bzw. die wenigstens eine Lage dieser Zwischenschicht aus Titan-Nitrid und/oder Titan-Carbid und/oder Wolfram-Carbid bestehen, und/oder dass es als Spiral- oder Unruhfeder, als Schwingkörper, als Welle, insbesondere Unruh-Welle, als Anker, als Ankerrad, als Doppelscheibe an der Unruhwelle oder als Zahnrad ausgebildet ist, wobei die vorgenannten Merkmale des Funktionselementes jeweils einzeln oder in beliebiger Kombination verwendet sein können.

[0021] 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 Beschreibung gemacht.

[0022] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

[0023] Fig. 1 in vereinfachter Funktionsdarstellung die wesentlichen Elemente eines mechanischen Schwingsystems einer Armbanduhr;

[0024] Fig. 2 in Draufsicht die Spiralfeder des Schwingsystems der Fig. 1;

[0025] Fig. 3 in perspektivischer Teildarstellung ein mechanisches Schwingsystem für Uhren, insbesondere Armbanduhr gemäß einer weiteren Ausführungsform;

[0026] Fig. 4 in Einzeldarstellung und in Draufsicht das Schwing- und Unruhrad des Schwingsystems der Fig. 3;

[0027] Fig. 5 in perspektivischer Darstellung und in Draufsicht eines der Zentrierelemente des Unruhrades des Schwingsystems der Fig. 3;

[0028] Fig. 6 in Einzeldarstellung einen Federhalter oder Halteklotz für die Spiral- oder Unruhfeder des Schwingsystems der Fig. 3;

[0029] Fig. 7 in vereinfachter Darstellung einen Schnitt durch eine mehrlagige Beschichtung auf einem aus Silizium hergestellten Funktionselement.

[0030] 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 mm².

[0031] 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.

[0032] 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 Schwingsystem erhalten, d.h. ein mechanisches Schwingsystem, dessen Gang- oder Frequenzgenauigkeit insbesondere auch unabhängig von Temperaturänderungen ist.

[0033] Die Fig. 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.

[0034] Die Spiralfeder 2 mit dem Abschnitt 2.1 ist in vorteilhafter Weise auch für Schwingsysteme von Uhren, insbesondere Armbanduhr verwendbar, bei

denen die Schwingmasse anders als vorstehend beschrieben ausgeführt ist.

[0035] Die Fig. 3 zeigt in perspektivischer Darstellung ein Schwingsystem **1** a mit der Spiralfeder **2a** und dem Schwing- oder Unruhrad **3a**. Die Unruhfeder **2a** sowie das Unruhrad **3a** sind demselben Material und/oder in derselben Weise hergestellt, wie dies vorstehend für die Spiralfeder **2** und das Unruhrad **3** beschrieben wurde.

[0036] 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.

[0037] 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 Unruhrades **3a** bzw. der Öffnung **6.1** verteilt angeordnet sind, kann das für die Frequenz bzw. Schwingungsdauer des Schwingsystems maßgebliche dynamische Trägheitsmoment des Unruhrades **3a** eingestellt werden. Die Befestigungsabschnitt **8** sind jeweils unterhalb der Nut **7** vorgesehen.

[0038] Die Justierelemente **9** bestehen hierfür aus einem kreisscheibenförmigen Körper **10** mit einem achsgleich 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** offene 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 Un-

ruhrades **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.

[0039] 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 Massenschwerpunkt jedes Justierelementes u.a. radial zur Achse des Unruhrades **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.

[0040] Die Unruhfeder **2a** ist mit dem innenliegenden Ende in geeigneter Weise an der nicht dargestellten Unruhwelle befestigt. Das außenliegende Ende der Spiralfeder **2a** ist an einem Federhalterklötzchen oder -klotz **14** eines durch Schwenken um die Achse des Unruhrades **3a** einstellbaren Federhalters **15** gehalten.

[0041] Wie insbesondere der Fig. 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.

[0042] Im montierten Zustand ist der Federhalterklotz **14** mit seiner Längserstreckung parallel zur Achse des Unruhrades **3a** orientiert. Bei der Montage des Schwingsystems wird der außenliegende Abschnitt der Spiralfeder **2a** von der dem Abschnitt **14.1** bzw. dem

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] In der **Fig. 7** ist schematisch die Ausbildung einer Lager- und/oder Geleit- 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 Unruhfeder oder des Schwingkörpers an einer Welle usw.

[0046] 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 insbe-

sondere 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 50000 nm und mit dem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten kleiner $8 \times 10^{-6}/K$.

Bezugszeichenliste

1, 1a	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

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1445670 A1 [0003]
- EP 0732635 B1 [0004]
- WO 2006/123095 A2 [0005]

Schutzansprüche

1. Mechanisches Schwingsystem (1) 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 einem Silizium-Werkstoff besteht, mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50000 nm und ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a) 0,001 mm² bis 0,3 mm² beträgt.

2. Mechanisches Schwingsystem (1) nach Anspruch 1, wobei der Silizium-Werkstoff polykristallines Silizium oder eine Siliziumkeramik, z.B. Silizium-Nitrid, ist.

3. Mechanisches Schwingsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 2, wobei die Korngröße bevorzugt im Bereich zwischen 10 nm und 10000 nm liegt.

4. Mechanisches Schwingsystem (1) nach Anspruch 1, wobei der Silizium-Werkstoff ein epitaktisch abgeschiedenes polykristallines Silizium ist.

5. Mechanisches Schwingsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a) 0,001 mm² bis 0,01 mm² oder 0,001 mm² bis 0,03 mm² beträgt.

6. Mechanisches Schwingsystem (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Längenausdehnungskoeffizient der Unruhfeder (2, 2a) kleiner als $8 \times 10^{-6}/K$ ist.

7. Mechanisches Schwingsystem (1) 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 3µm oder kleiner, besitzt.

8. Uhr mit einem mechanischen Schwingsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7.

9. 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); **dadurch gekennzeichnet**, dass 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 µm besitzen; und ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a) 0,001 mm² bis 0,3 mm² beträgt.

10. Mechanisches Schwingsystem nach Anspruch 9, wobei die Kornlänge im Bereich zwischen 5 und 50 µm liegt.

11. Mechanisches Schwingsystem nach einem der Ansprüche 9 bis 10, wobei der Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a) 0,001 mm² bis 0,01 mm² oder 0,001 mm² bis 0,03 mm² beträgt.

12. Mechanisches Schwingsystem nach einem der Ansprüche 9 bis 11, wobei der Längenausdehnungskoeffizient der Unruhfeder (2, 2a) kleiner als $8 \times 10^{-6}/K$ ist.

13. Mechanisches Schwingsystem (1) nach Anspruch 9, wobei der Silizium-Werkstoff ein epitaktisch abgeschiedenes polykristallines Silizium ist.

14. Mechanisches Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 9 bis 13 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 3µm oder kleiner besitzt.

15. Mechanisches Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 14, 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 Unruhades (3, 3a) einstellbaren Federhalters (15) gehalten ist.

16. Mechanisches Schwingsystem nach Anspruch 9, wobei das Unruhrad (3, 3a) aus einem äußeren Ring (4), radial nach innen verlaufenden Speichen (5) und aus einem mittleren Narbenabschnitt (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.

17. Uhr mit einem mechanischen Schwingsystem (1) nach einem der Ansprüche 9 bis 16.

18. Unruhfeder (2, 2a) aus einem Silizium-Werkstoff, mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50000 nm, wobei ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a) 0,001 mm² bis 0,3 mm² beträgt.

19. Unruhfeder (2, 2a) nach Anspruch 18, wobei die Korngröße bevorzugt im Bereich zwischen 10 nm und 10000 nm liegt.

20. Unruhfeder (2, 2a) nach einem der Ansprüche 18 bis 19, wobei der Silizium-Werkstoff polykristallines Silizium oder eine Siliziumkeramik, z.B. Silizium-Nitrid, ist

21. Unruhfeder (**2, 2a**) nach Anspruch 18, wobei der Silizium-Werkstoff ein epitaktisch abgedichtetes polykristallines Silizium ist.

22. Unruhfeder (**2, 2a**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 21, wobei der Windungsquerschnitt der Unruhfeder (**2, 2a**) $0,001 \text{ mm}^2$ bis $0,01 \text{ mm}^2$ oder $0,001 \text{ mm}^2$ bis $0,03 \text{ mm}^2$ beträgt.

23. Unruhfeder (**2, 2a**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 22, wobei der Längenausdehnungskoeffizient der Unruhfeder (**2, 2a**) kleiner als $8 \times 10^{-6}/\text{K}$ ist.

24. Unruhfeder (**2, 2a**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 23, 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 $4 \mu\text{m}$, bevorzugt von maximal $3 \mu\text{m}$ oder kleiner, besitzt.

25. Uhr mit einer Unruhfeder (**2, 2a**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 18 bis 24.

26. 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.

27. Unruhfeder (**2, 2a**) nach Anspruch 26, wobei die Kornlänge im Bereich zwischen 5 und $50 \mu\text{m}$ liegt.

28. Unruhfeder (**2, 2a**) nach einem der Ansprüche 26 bis 27, wobei der Windungsquerschnitt der Unruhfeder (**2, 2a**) $0,001 \text{ mm}^2$ bis $0,01 \text{ mm}^2$ oder $0,001 \text{ mm}^2$ bis $0,03 \text{ mm}^2$ beträgt.

29. Unruhfeder (**2, 2a**) nach einem der Ansprüche 26 bis 28, wobei der Längenausdehnungskoeffizient der Unruhfeder (**2, 2a**) kleiner als $8 \times 10^{-6}/\text{K}$ ist.

30. Unruhfeder (**2, 2a**) nach Anspruch 26, wobei der Silizium-Werkstoff ein epitaktisch abgedichtetes polykristallines Silizium ist.

31. Unruhfeder (**2, 2a**) nach einem der Ansprüche 26 bis 30, 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 $4 \mu\text{m}$, bevorzugt von maximal $3 \mu\text{m}$ oder kleiner besitzt.

32. Uhr mit einer Unruhfeder (**2, 2a**) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 26 bis 31.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

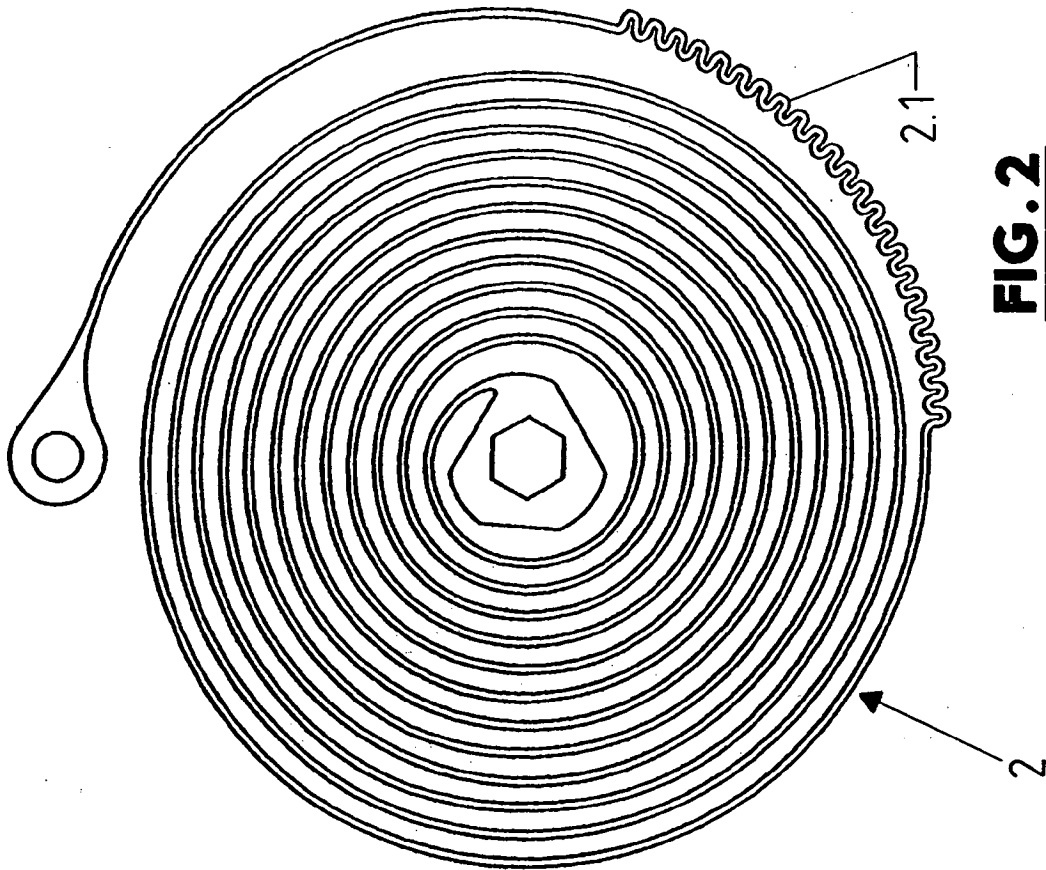


FIG. 2

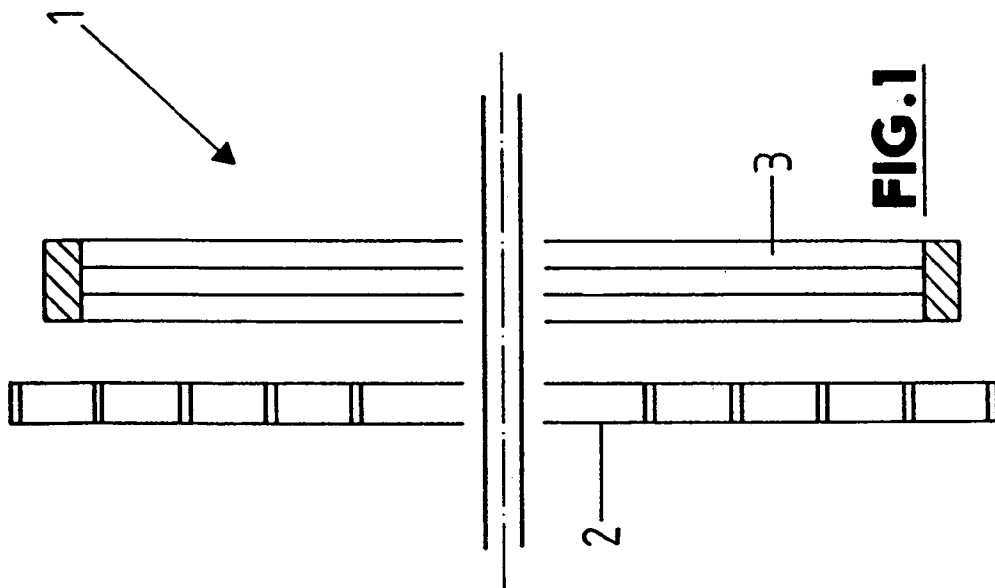


FIG. 1

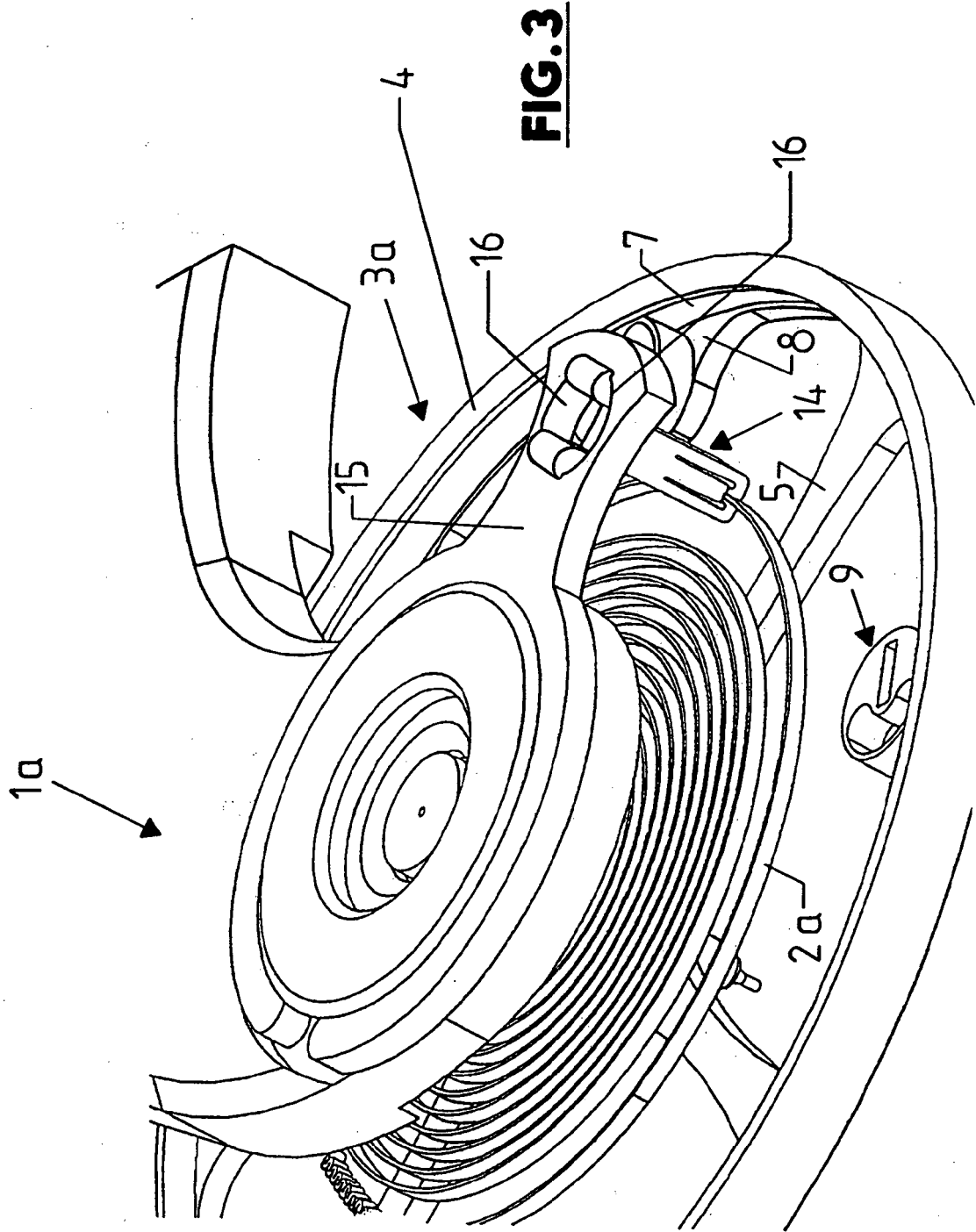


FIG. 4

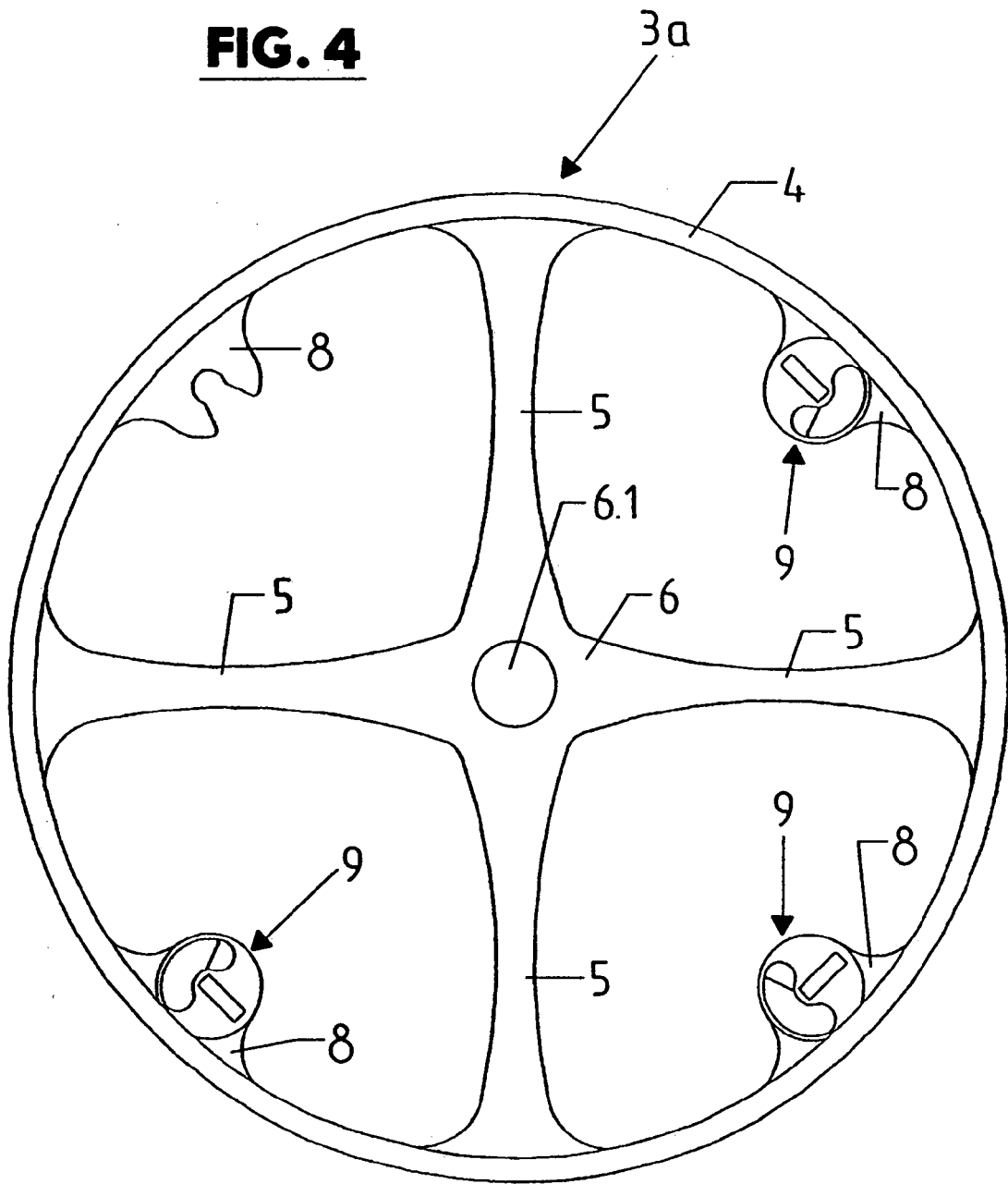
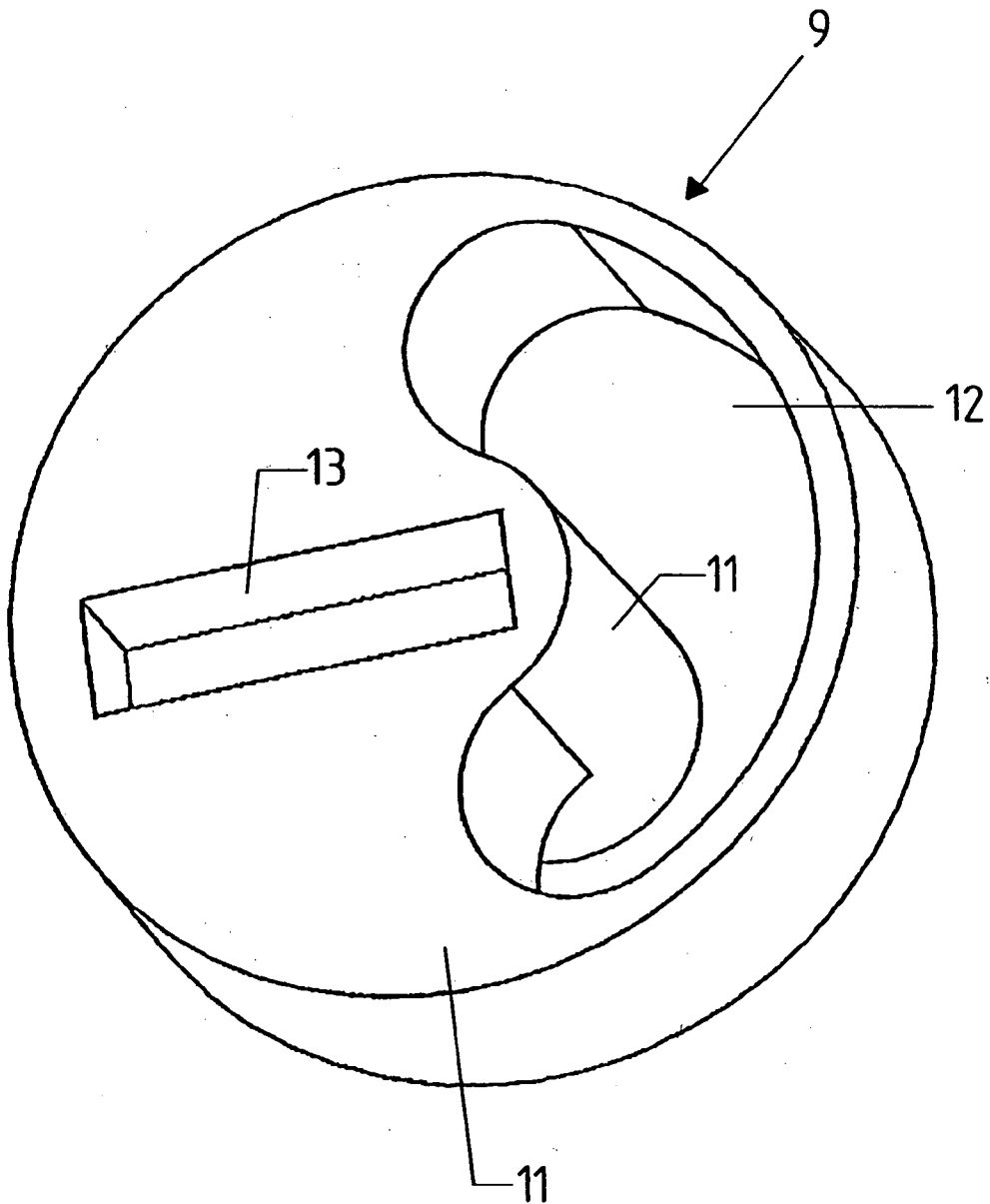


FIG. 5



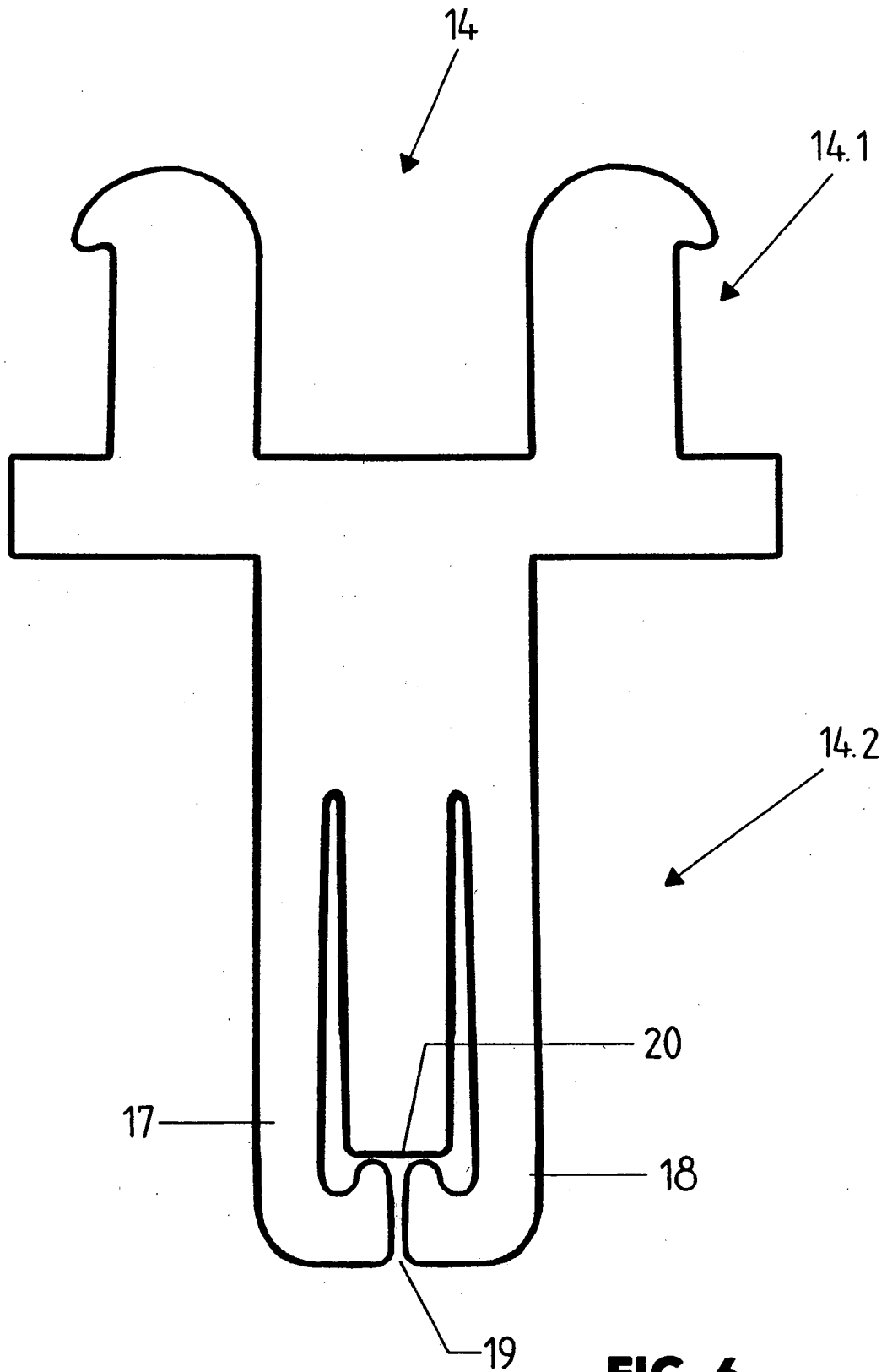


FIG. 6

FIG. 7

