



(11) **EP 3 101 484 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.12.2016 Patentblatt 2016/49

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

(21) Anmeldenummer: **16165465.2**

(22) Anmeldetag: **04.02.2010**

(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**

(71) Anmelder: **DAMASKO GmbH**
93092 Barbing (DE)

(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

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

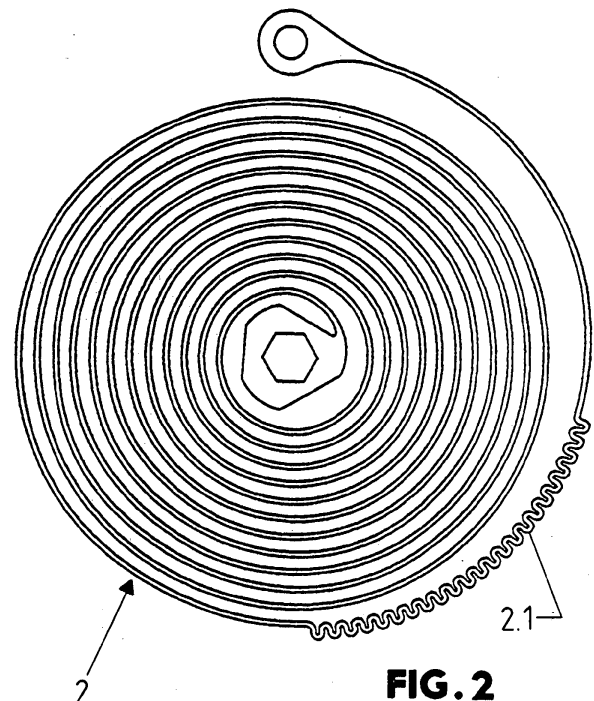
Bemerkungen:

Diese Anmeldung ist am 15-04-2016 als
Teilanmeldung zu der unter INID-Code 62 erwähnten
Anmeldung eingereicht worden.

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
10721923.0 / 2 394 202

(54) **MECHANISCHES SCHWINGSYSTEM FÜR UHREN UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN
EINES MECHANISCHEN SCHWINGSYSTEMS FÜR UHREN**

(57) Es ist ein mechanisches Schwingssystem (1) für
Uhren, insbesondere Armbanduhren und ein Verfahren
zum Herstellen eines Schwingensystems (1) offenbart. Das
Schwingensystem (1) besitzt eine Unruhfeder (2, 2a) und
ein Unruhrad (3, 3a) mit einer Welle zur Befestigung der
Unruhfeder (2, 2a). Die Unruhfeder (2, 2a) besteht aus
einem Silizium-Werkstoff, mit einer Korngröße im Be-
reich zwischen 10 nm und 50000 nm. Ein Windungsquer-
schnitt der Unruhfeder (2, 2a) beträgt 0,001 mm² bis 0,3
mm².



EP 3 101 484 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf ein mechanisches Schwingsystem für Uhren gemäß Patentanspruch 1 sowie ein Verfahren zum Herstellen eines mechanischen Schwingsystems für Uhren

[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 Spiralfeder 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 Spiralfeder 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] Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Herstellen eines mechanischen Schwingsystems für Uhren aufzuzeigen, welches diese Nachteile vermeidet. Zur Lösung dieser Aufgabe ist ein Verfahren zum Herstellen eines mechanischen Schwingsystems für Uhren entsprechend dem Patentanspruch 8 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 Spiralfeder 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.

[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 einem Silizium-Werkstoff (insbesondere polykristallines Silizium), mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50000 nm. Ein Windungsquerschnitt der Unruhfeder beträgt 0,001 mm² bis 0,3 mm².

[0010] Gemäß einem Aspekt der Erfindung liegt die Korngröße bevorzugt im Bereich zwischen 10 nm und 10000 nm. Der Silizium-Werkstoff kann ein epitaktisch abgeschiedenes polykristallines Silizium sein. Der Längenausdehnungskoeffizient der Unruhfeder ist kleiner als $8 \times 10^{-6}/\text{K}$.

[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 3 μm oder kleiner.

[0012] Das Verfahren zum Herstellen eines mechanischen Schwingsystems für Uhren umfasst die folgenden Schritte:

- dass für eine Unruhfeder ein Wafer erzeugt wird, wobei ein Silizium-Werkstoff eine Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50000 nm besitzt;
- dass die Unruhfeder mehrere Windungen besitzt, die mit einem Windungsquerschnitt von 0,001 mm² bis 0,3 mm² aus dem Wafer hergestellt werden;
- dass Außenflächen der Windungen der Unruhfeder mit einer thermisch erzeugten Schicht aus Siliziumoxid versehen werden; und
- dass die Unruhfeder auf einer Welle eines Unruhrades des Schwingsystems befestigt wird.

[0013] Der Silizium-Werkstoff ist z.B. ein polykristallines Silizium, das epitaktisch abgeschieden und aus welchem der Wafer gebildet wird.

[0014] Die Windungen der Unruhfeder werden durch Schneiden und/oder Ätzen mittels einer Maskierungs- und Ätztechnik aus dem Wafer gebildet.

[0015] Mit einem innenliegenden Ende wird die Unruhfeder in geeigneter Weise an der Welle befestigt und ein außenliegendes Ende der Unruhfeder wird mit einem Federhalterklotz an einem durch Schwenken um eine Achse des Unruhrades einstellbaren Federhalter gehalten.

[0016] Der Erfindung liegt u.a. die Erkenntnis zugrun-

de, dass eine hohe Ganggenauigkeit, insbesondere auch eine temperaturunabhängige Ganggenauigkeit in besonders einfacher Weise bei einem mechanischen Schwingsystem mit einer Unruhfeder aus einem nicht metallischen kristallinen Werkstoff mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50 000 nm und mit einem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten kleiner $8 \cdot 10^{-7} \text{K}^{-1}$ 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] Nach einem Aspekt der Erfindung sind bei dem mechanischen Schwingsystem für Uhren, insbesondere Armbanduhren, mit einer Unruhfeder und einem Schwingkörper die Unruhfeder aus Silizium und der Schwingkörper zur Temperaturkompensation aus Molybdän oder einer Molybdän in einem hohen Anteil enthaltenden Legierung gefertigt, wobei dieses Schwingsystem in Weiterbildung der Erfindung beispielsweise so ausgeführt ist,

dass die Unruhfeder an deren Oberflächen mit einer Schicht aus Siliziumoxid versehen ist,

und/oder

dass die Schicht aus Siliziumoxid eine Schichtdicke von maximal $4 \mu\text{m}$, vorzugsweise von maximal $3 \mu\text{m}$, aufweist,

und/oder

dass der Schwingkörper ein rad- oder scheibenartiger Schwingkörper ist,

und/oder

dass die Unruhfeder aus polykristallinem Silizium hergestellt ist,

und/oder

dass an einem radial außenliegenden Bereich des Schwingkörpers oder eines diesen Schwingkörper bildenden Unruhades Justierelemente zur Einstellung des dynamischen Trägheitsmomentes des Schwingkörpers in Bezug auf seine Schwingachse vorgesehen sind,

und/oder

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

dass ein Federhalterklotz mit einem Klemmschlitz zum klemmenden Halten der Spiral- oder Unruhfeder im Bereich ihres außenliegenden Federendes vorgesehen ist,

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

[0018] In Weiterbildung der Erfindung sind der Schwingkörper oder das 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.

[0019] 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 ausgeführten 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.

[0020] 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 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.

[0021] Nach einem weiteren Aspekt der Erfindung ist ein Funktionselement für Uhren, insbesondere mechanische Uhren oder Armbanduhren, geschaffen, wobei das Funktionselement in Weiterbildung der Erfindung beispielsweise so ausgeführt ist,

dass es aus einem nicht metallischen Werkstoff gefertigt ist, der ein kristalliner Werkstoff mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50 000 nm und/oder mit einem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten kleiner $8 \cdot 10^{-6}/K$ ist,

und/oder

dass bei Ausbildung als Spiralfeder der Windungsquerschnitt $0,001 \text{ mm}^2$ bis $0,01 \text{ mm}^2$ oder $0,001 \text{ mm}^2$ bis $0,03 \text{ mm}^2$ oder $0,001 \text{ mm}^2$ bis $0,3 \text{ mm}^2$ 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 besteht,

und/oder

dass zwischen der von der DLC-Beschichtung gebildeten äußeren Schicht und der inneren Schicht aus Siliziumoxid wenigstens eine metallische Zwischenschicht vorgesehen ist,

und/oder

dass die Zwischenschicht ein- oder mehrlagig ausgeführt ist,

und/oder dass die Zwischenschicht bzw. die wenigstens eine Lage dieser Zwischenschicht aus Titan-Nitrid und/oder Titan-Carbid und/oder Wolfram-Carbid besteht,

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.

[0022] 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.

[0023] Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

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

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

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

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

Fig. 5 in perspektivischer Darstellung und in Draufsicht eines der Zentrierelemente des Unruhades des Schwingensystems der Figur 3;

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

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

[0024] Das in der **Figur 1** allgemein mit 1 bezeichnete Schwingensystem 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 Werkstoff mit einer Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50.000 nm, bevorzugt zwischen 10 nm - 10.000nm. Weiterhin besitzt der nicht metallische kristalline oder gesinterte 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 $0,001 \text{ mm}^2$ - $0,01 \text{ mm}^2$.

[0025] 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 $4 \mu\text{m}$, bevorzugt von maximal $3 \mu\text{m}$ oder kleiner.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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 demselben Material und/oder in derselben Weise hergestellt, wie dies vorstehend für die Spiralfeder 2 und das Unruhrad 3 beschrieben wurde.

[0030] 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.

[0031] 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 Schwingensystems maßgebliche

dynamische Trägheitsmoment des Unruhrades 3a eingestellt werden. Die Befestigungsabschnitte 8 sind jeweils unterhalb der Nut 7 vorgesehen.

[0032] 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 Unruhrades 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 7 anliegt.

[0033] 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 9 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.

[0034] Die Unruhfeder 2a ist mit dem innenliegenden Ende in geeigneter Weise an der nicht dargestellten Unruhwellen 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.

[0035] Wie insbesondere der **Figur 6** zu entnehmen ist, ist der aus metallischem Werkstoff hergestellte Federhalterklotz 14 mit 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 Klemmarmen 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 begrenzt.

[0036] Im montiertem Zustand ist der Federhalterklotz 14 mit seiner Längserstreckung parallel zur Achse des Unruhades 3a orientiert. Bei der Montage des Schwingensystems 1 wird der außenliegende Abschnitt der Spiralfeder 2a von der dem Abschnitt 14.1 bzw. dem 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 1 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.

[0037] 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.

[0038] 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 Spiral- oder Unruhfeder 2 oder des Schwingkörpers an einer Welle usw.

[0039] 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-Materials (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 nm und 50 000 nm und mit dem thermischen Längenausdehnungskoeffizienten kleiner $8 \times 10^{-6}/K$.

Bezugszeichenliste

[0040]

1, 1a	mechanisches Schwingensystem
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 Schwingensystem (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 den Ansprüchen 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 3 μm oder kleiner, besitzt.
8. Verfahren zum Herstellen eines mechanischen Schwingsystems (1) für Uhren, umfassend die folgenden Schritte;
- dass für eine Unruhfeder (2, 2a) ein Wafer erzeugt wird, wobei ein Silizium-Werkstoff eine Korngröße im Bereich zwischen 10 nm und 50000 nm besitzt;
 - dass die Unruhfeder (2, 2a) mehrere Windungen besitzt, die mit einem Windungsquerschnitt von 0,001 mm² bis 0,3 mm² aus dem Wafer hergestellt werden;
 - dass Außenflächen der Windungen der Unruhfeder (2, 2a) mit einer thermisch erzeugten Schicht aus Siliziumoxid versehen werden; und
 - dass die Unruhfeder (2, 2a) auf einer Welle eines Unruhades (3, 3a) des Schwingsystems (1) befestigt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Korngröße bevorzugt im Bereich zwischen 10 nm und 10000 nm liegt.
10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Silizium-Werkstoff ein polykristallines Silizium ist.
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Silizium epitaktisch abgeschieden und dadurch der Wafer gebildet wird.
12. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Windungsquerschnitt der Unruhfeder (2, 2a) 0,001 mm² bis 0,01 mm² oder 0,001 mm² bis 0,03 mm² beträgt.
13. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Schicht aus Siliziumoxid an den Außenflächen der Windungen mit einer Dicke von maximal 4 μm , bevorzugt von maximal 3 μm oder kleiner abgeschieden wird.
14. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Windungen der Unruhfeder (2, 2a) durch Schneiden und/oder Ätzen mittels einer Maskierungs- und Ätztechnik aus dem Wafer gebildet werden.
15. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die Unruhfeder (2, 2a) mit einem innenliegenden Ende in geeigneter Weise an der Welle befestigt wird und ein außenliegendes Ende der Unruhfeder (2, 2a) mit einem Federhalterklotz (14) an einem durch Schwenken um eine Achse des Unruhades (3, 3a) einstellbaren Federhalter (15) gehalten wird.

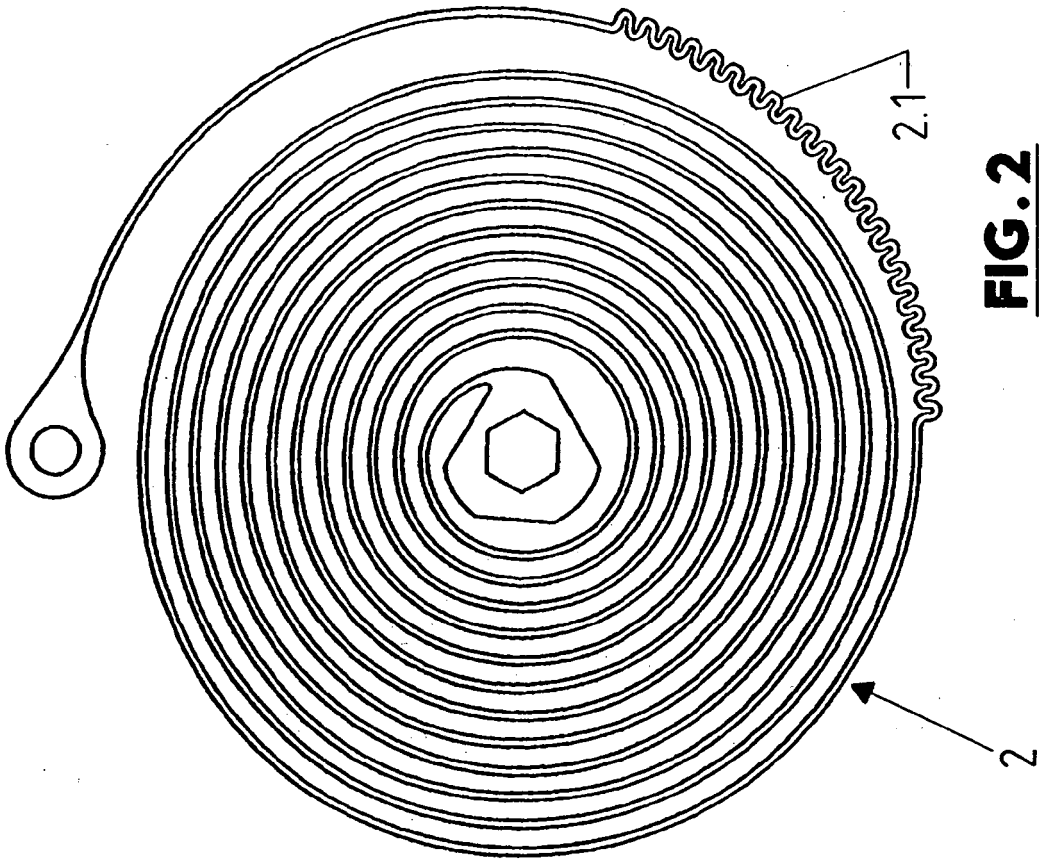


FIG. 2

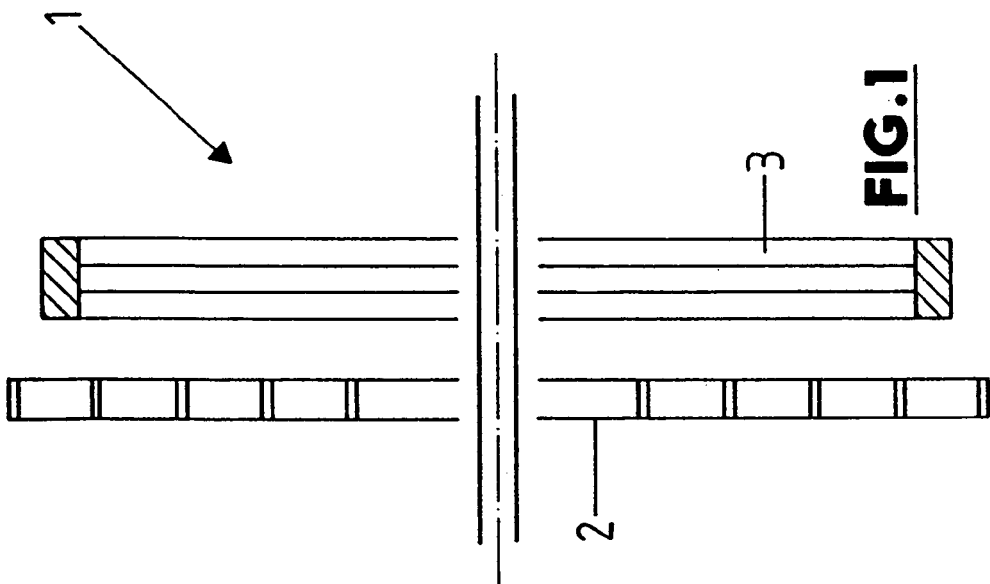


FIG. 1

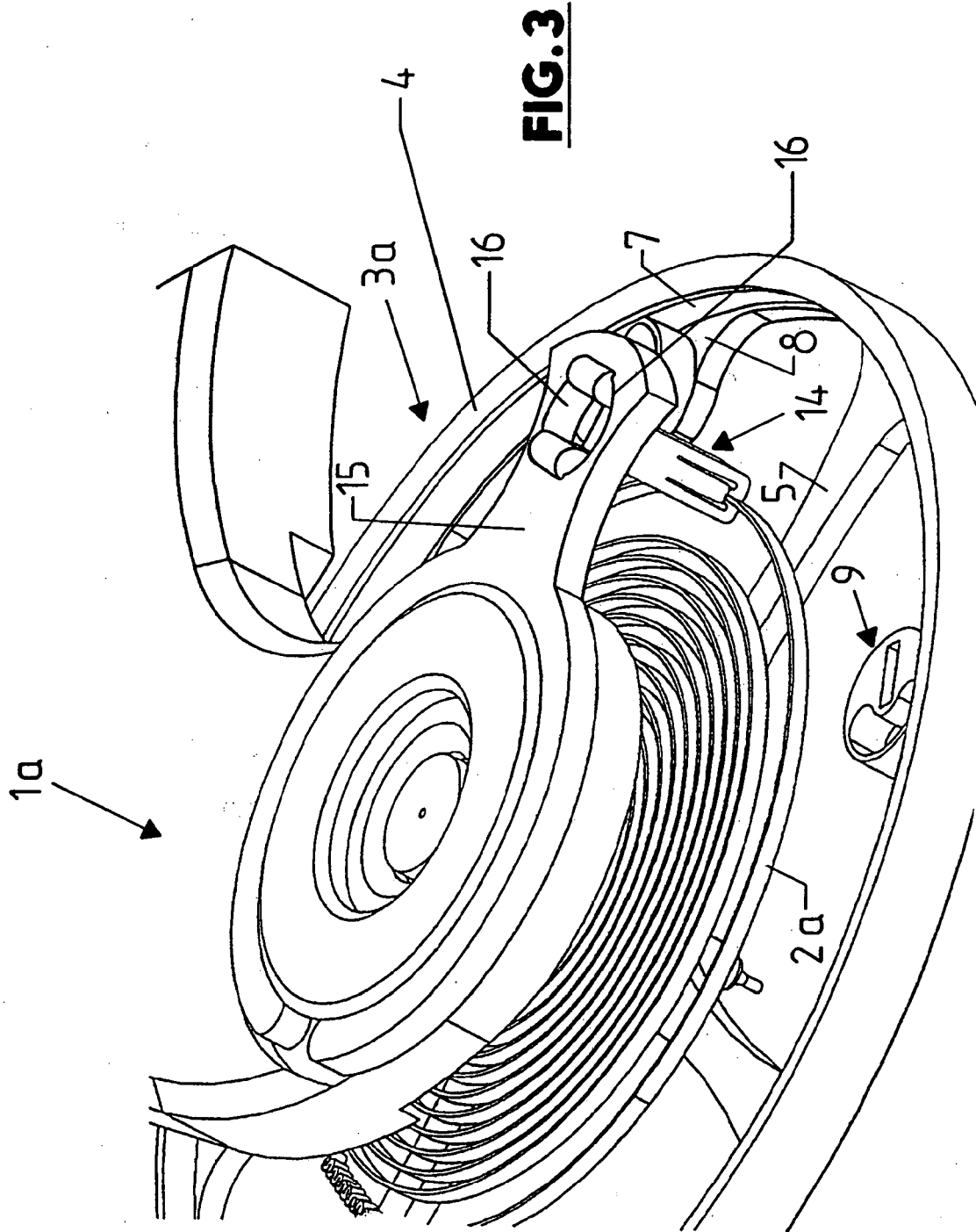


FIG. 4

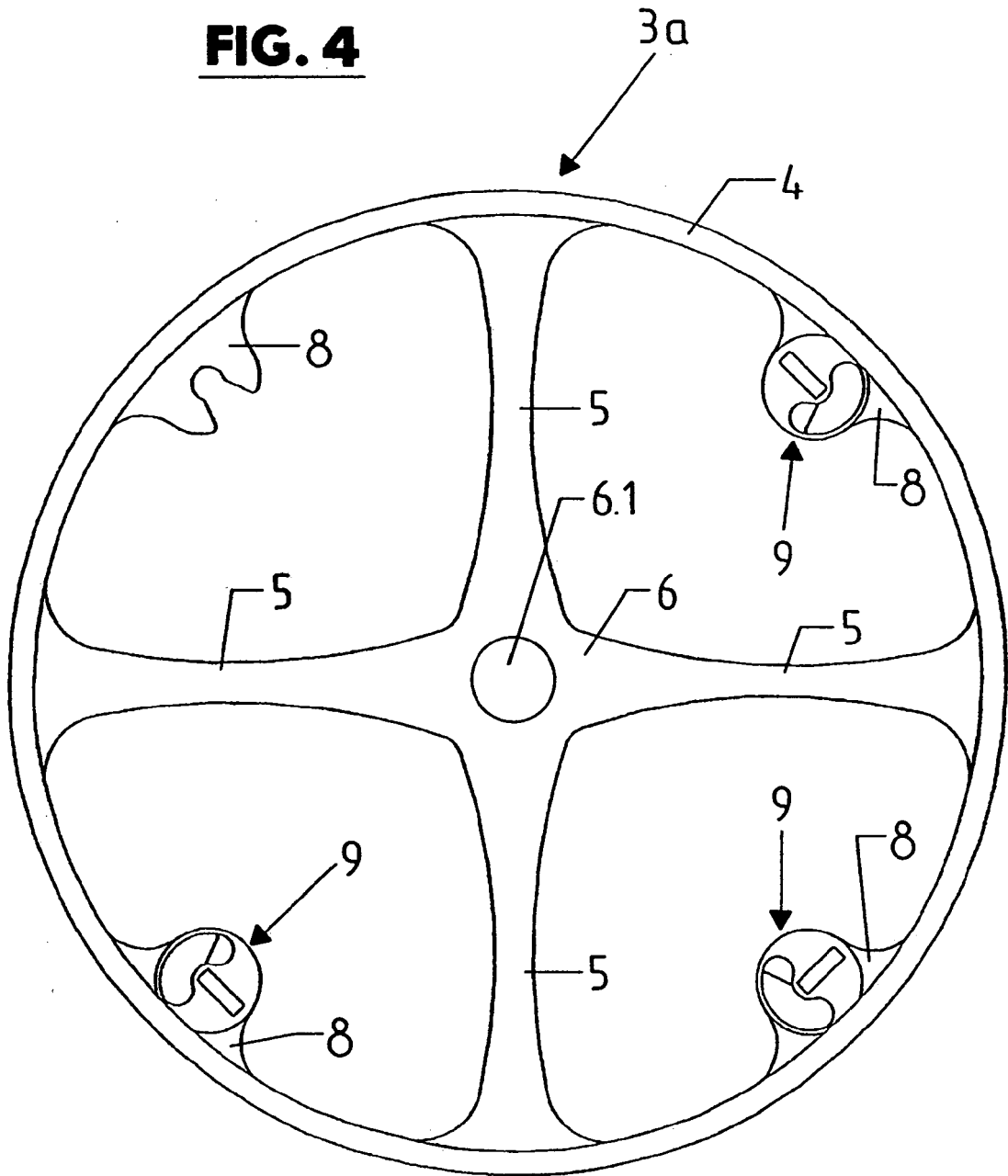
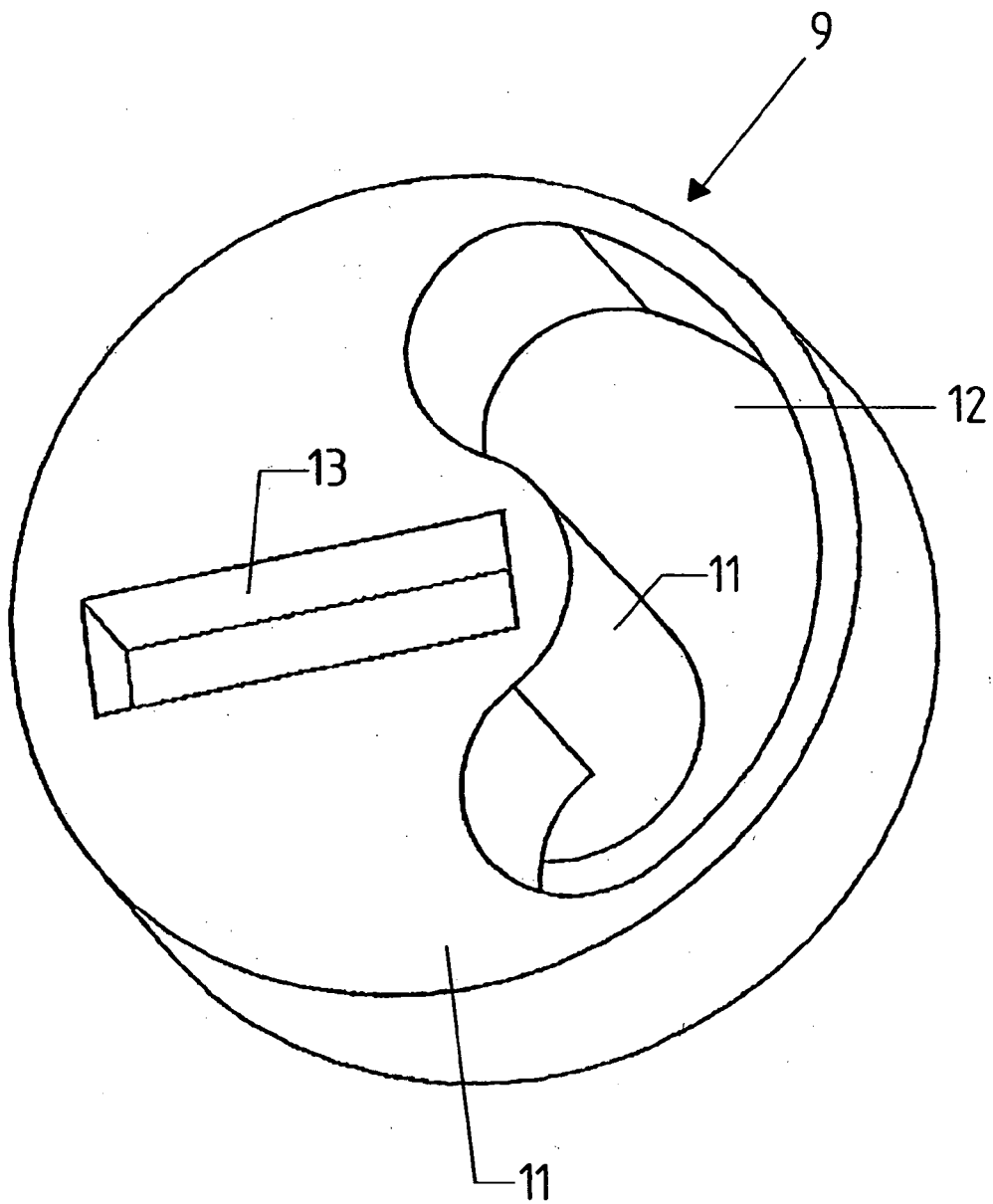


FIG. 5



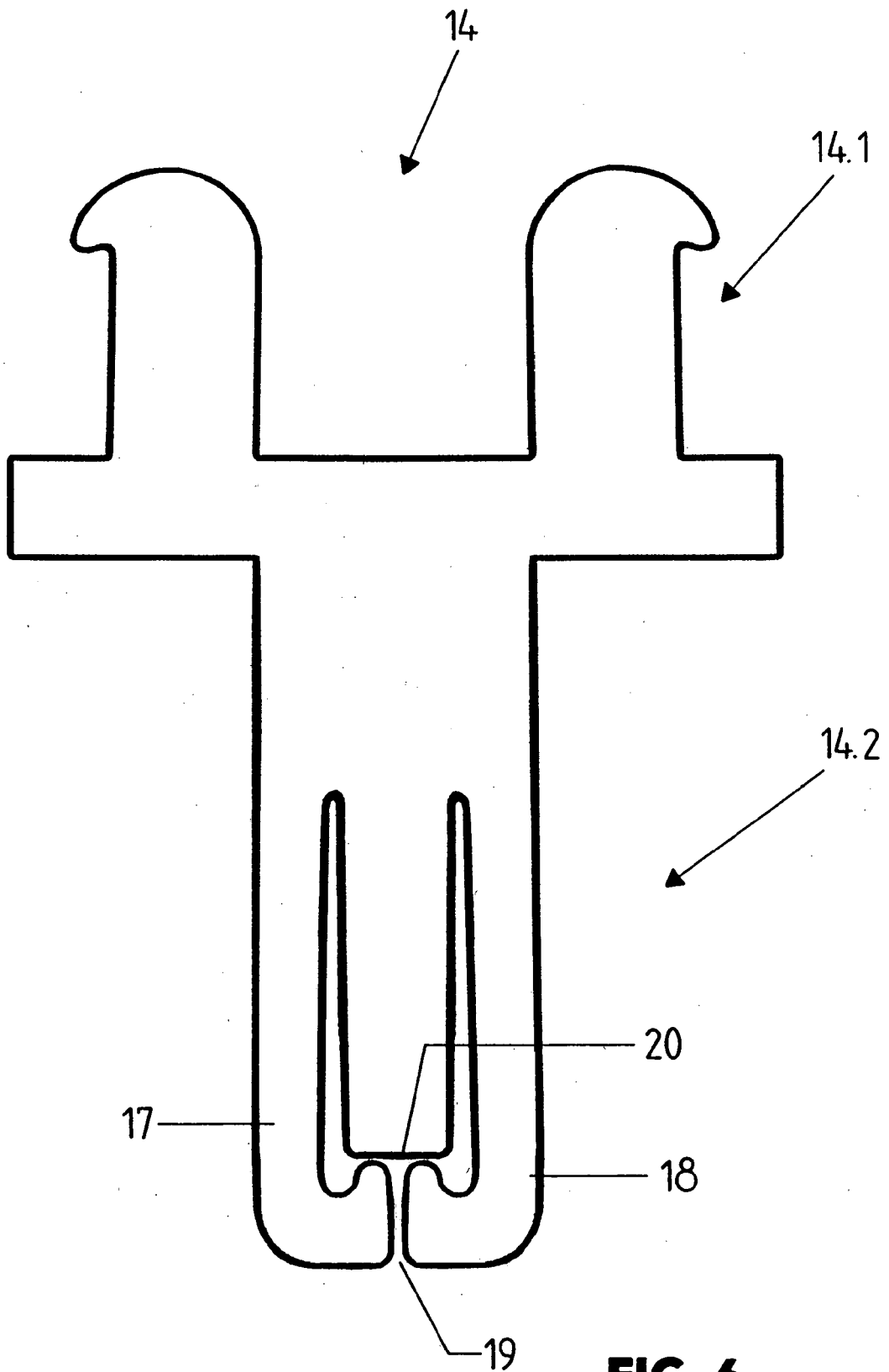
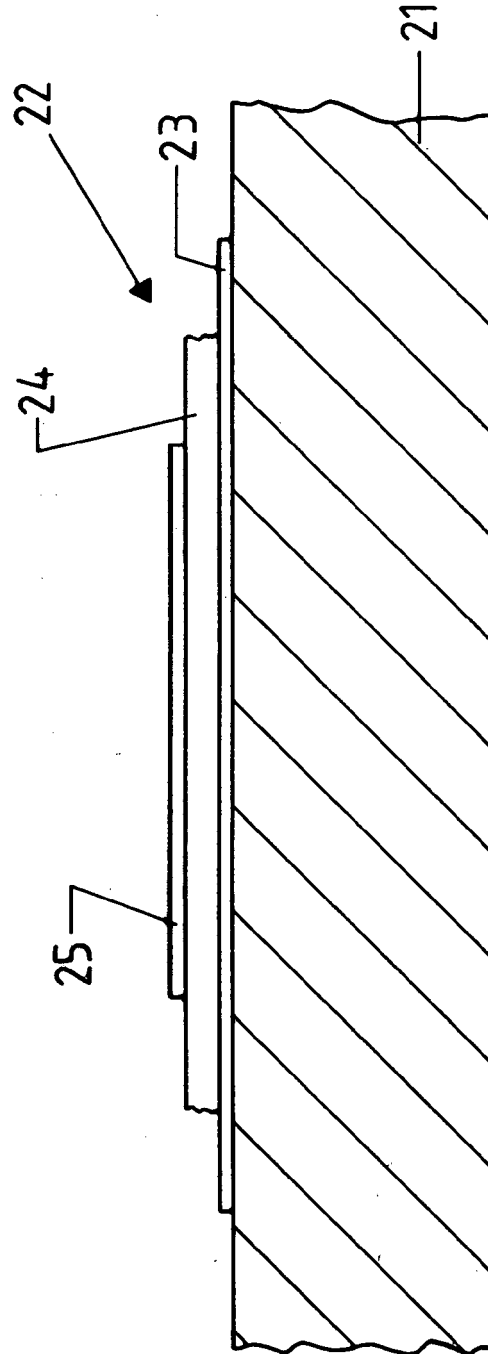


FIG. 6

FIG. 7





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 16 5465

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
Y,D	EP 1 445 670 A1 (ETA SA MFT HORLOGERE SUISSE [CH]) 11. August 2004 (2004-08-11) * Absatz [0021]; Abbildung 1 * -----	1-8	INV. G04B17/06
Y	US 6 621 137 B1 (MA QING [US] ET AL) 16. September 2003 (2003-09-16) * Spalte 11, Zeile 1 - Zeile 20 * -----	1-8	
A	RECH B ET AL: "Dünnschichttechnologie mit Silizium: Von amorph bis einkristallin", INTERNET CITATION, 1. Januar 2003 (2003-01-01), Seiten 1-32, XP003033041, Gefunden im Internet: URL:http://www.fvee.de/fileadmin/publikationen/Workshopbaende/ws2003-1/ws2003-1_02_02.pdf [gefunden am 2014-01-02] * Seite 36, Absatz 2; Abbildung 2 * -----	1-8	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) G04B
A	WO 2005/045532 A2 (SEIKO EPSON CORP [JP]; HARA TATSUO [JP]; MIYATA KAZUMA [JP]) 19. Mai 2005 (2005-05-19) * Seite 16, Zeile 4 - Zeile 7; Anspruch 16 * -----	1-8	
A	DE 101 27 733 A1 (SILICIUM ENERGIESYSTEME E K DR [DE]) 6. Februar 2003 (2003-02-06) * Absatz [0012] * -----	1-8	
A	DE 696 08 724 T2 (C S E M CT SUISSE D ELECTRONIQ [CH]) 8. Februar 2001 (2001-02-08) * Seite 6, Zeilen 3, 16; Abbildungen 1-5 * * Seite 7, Zeile 24 - Zeile 29 * -----	1-8	
A	FR 2 842 313 A1 (LEIVINGSTON GIDEON [FR]) 16. Januar 2004 (2004-01-16) * Seite 2, Zeile 17 - Zeile 19 * -----	1-8	
3 Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 20. Oktober 2016	Prüfer Zuccatti, Stefano
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 16 16 5465

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

20-10-2016

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung		
15	EP 1445670	A1	11-08-2004	AT 486304 T	15-11-2010		
				CN 1745341 A	08-03-2006		
				EP 1445670 A1	11-08-2004		
				EP 1593004 A2	09-11-2005		
				EP 1655642 A2	10-05-2006		
				EP 2175328 A2	14-04-2010		
				HK 1084737 A1	07-08-2009		
				JP 5122073 B2	16-01-2013		
20				JP 5389999 B2	15-01-2014		
				JP 2006516718 A	06-07-2006		
				JP 2013015534 A	24-01-2013		
				KR 20050098881 A	12-10-2005		
				TW 200426547 A	01-12-2004		
25				US 2006055097 A1	16-03-2006		
				US 2015277382 A1	01-10-2015		
	WO 2004070476 A2	19-08-2004					
30	US 6621137	B1	16-09-2003	US 6621137 B1	16-09-2003		
				US 2004016989 A1	29-01-2004		
35	WO 2005045532	A2	19-05-2005	EP 1627262 A2	22-02-2006		
				JP 2005140674 A	02-06-2005		
				US 2007133355 A1	14-06-2007		
				WO 2005045532 A2	19-05-2005		
40	DE 10127733	A1	06-02-2003	KEINE			
				DE 69608724 T2	08-02-2001	DE 69608724 D1	13-07-2000
						DE 69608724 T2	08-02-2001
						EP 0732635 A1	18-09-1996
45	FR 2842313	A1	16-01-2004	FR 2731715 A1	20-09-1996		
				AU 2003244861 A1	02-02-2004		
				CN 1668987 A	14-09-2005		
				CN 101178576 A	14-05-2008		
				EP 1522002 A1	13-04-2005		
				FR 2842313 A1	16-01-2004		
				JP 4468809 B2	26-05-2010		
				JP 2005536720 A	02-12-2005		
50			US 2006225526 A1	12-10-2006			
			WO 2004008259 A1	22-01-2004			
55							

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

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]