



(10) **DE 10 2013 106 505 B8** 2014.08.21

(12) **Berichtigung der Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 106 505.8**

(22) Anmeldetag: **21.06.2013**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.07.2014**

(15) Korrekturinformation:

(72)

(48) Veröffentlichungstag der Berichtigung: **21.08.2014**

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

(73) Patentinhaber:
**Damasko Uhrenmanufaktur KG, 93092, Barbing,
DE**

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

(72) Erfinder:
Männicke, Stefan, 93173, Wenzelbach, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US 7 682 068 B2
US 2011 / 0 069 591 A1
WO 2013/ 056 706 A1

(54) Bezeichnung: **Schwingsystem für mechanische Uhrwerke**

Die oben angegebenen bibliographischen Daten entsprechen dem aktuellen Stand zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Berichtigung. Die Zusammenfassung bzw. der Hauptanspruch sowie die Titelseitenzeichnung werden aus technischen Gründen hier nicht erneut veröffentlicht. Diese Informationen können der Originalveröffentlichung entnommen werden.

(19)



Deutsches
Patent- und Markenamt



(10) **DE 10 2013 106 505 B3** 2014.07.17

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 106 505.8**

(22) Anmeldetag: **21.06.2013**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **17.07.2014**

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

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

Damasko, Christoph, 93055, Regensburg, DE

(74) Vertreter:

Reichert & Kollegen, 93047, Regensburg, DE

(72) Erfinder:

Damasko, Petra, 93055, Regensburg, DE

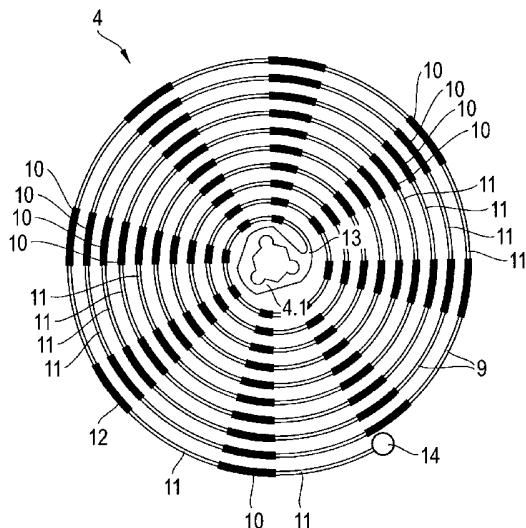
(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	7 682 068	B2
US	2011 / 0 069 591	A1
WO	2013/ 056 706	A1

(54) Bezeichnung: **Schwingsystem für mechanische Uhrwerke**

(57) Zusammenfassung: Beschrieben wird ein Schwingensystem für mechanische Uhrwerke aufweisend einen Schwingkörper 2, eine um eine Achse UA schwenkbar gelagerte Unruhwelle 3 und eine Spiralfeder 4 mit einem aktiven Schwingungsbereich zur Verfügung. Die Spiralfeder 4 ist durch einen die Unruhwelle 3 umschließenden Spiralfederbefestigungsabschnitt 4.1 mit der Unruhwelle 3 verbunden und an einem äußeren Federhaltepunkt 14 gehalten. Der aktive Schwingungsbereich erstreckt sich von einem an den Spiralfederbefestigungsabschnitt 4.1 anschließenden inneren Ende 13 des aktiven Schwingungsbereichs bis zu dem äußeren Federhaltepunkt 14. Erfindungsgemäß weist der aktive Schwingungsbereich der Spiralfeder 4 zumindest drei Teilbereiche auf, nämlich einen ersten Teilbereich 10, einen sich an den ersten Teilbereich 10 in Richtung des inneren Endes 13 des Schwingungsbereichs anschließenden zweiten Teilbereich 11 und einen sich an den zweiten Teilbereich 11 in Richtung des inneren Endes 13 des Schwingungsbereichs anschließenden dritten Teilbereich 12 auf. Die Spiralfeder weist parallel zu der mit der Achse der Unruhwelle 3 zusammenfallenden Achse der Spiralfeder in ihrem ersten Teilbereich 10 eine Höhe h_{T1} , in ihrem zweiten Teilbereich 11 eine Höhe h_{T2} und in ihrem dritten Teilbereich 12 eine Höhe h_{T3} auf. Radial zur Achse der Spiralfeder weist die Spiralfeder 4 in ihrem ersten Teilbereich 10 eine Breite b_{T1} , in ihrem zweiten Teilbereich 11 eine Breite b_{T2} und in ihrem dritten Teilbereich 12 eine Breite b_{T3} auf. Die Höhe h_{T2} des zweiten Teilbereichs 11 ist zumindest 1% größer als die Höhe h_{T1} des ersten Teilbereichs 10 und die Höhe h_{T2} des zweiten Teilbereichs 11 zumindest 1% größer ist als die Höhe h_{T3} des dritten Teilbereichs 12. Die Breite b_{T2} des zweiten Teilbereichs 11 ist zumindest 1% geringer als die Breite b_{T1} des ersten Teil-

bereichs 10 und die Breite b_{T2} des zweiten Teilbereichs 11 zumindest 1% geringer ist als die Breite b_{T3} des dritten Teilbereichs 12.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schwingsystem für mechanische Uhrwerke.

Stand der Technik

[0002] Schwingsysteme für mechanische Uhrwerke, insbesondere für Armbanduhren, werden in der Fachwelt auch als Unruh bezeichnet. Die Unruh umfasst einen Schwingkörper, welcher mittels einer Unruhwellen schwenkbar um eine Drehachse gelagert ist. Ferner ist eine Spiral- bzw. Unruhfeder vorgesehen, die zusammen mit der Masse des Schwingkörpers das schwingungsfähige und taktgebende System bildet.

[0003] Bei der Herstellung der Spiralfedern sind Toleranzen nicht auszuschließen. Dies gilt, wie ausgeführt, in verstärktem Maße für Spiralfedern aus Silizium, die an ihren Oberflächen zur Erzielung der notwendigen Festigkeit und/oder Temperaturunabhängigkeit mit einer Beschichtung aus Siliziumoxid versehen werden. In der Regel erfolgt diese Beschichtung durch thermische Oxidation.

[0004] Es ist bekannt die Spiralfeder eines mechanischen Schwingsystems im Bereich der äußeren Windung zur Schaffung einer zusätzlichen Masse oder Ausgleichsmasse mit einer Verdickung auszubilden, um eine oszillierende Verlagerung der Spiralfeder beim Schwingen des Schwingsystems zu vermeiden. Um diesen Effekt zu erreichen, ist eine optimale Abstimmung der Masse der Verdickung in Bezug auf die Masse der gesamten aktiven Federlänge der Spiralfeder notwendig. Die aktive Federlänge ist dabei diejenige Länge der Spiralfeder, die während des Schwingens wirksam ist, d. h. der elastischen Verformung unterliegt. Die aktive Federlänge erstreckt sich zwischen dem inneren Spiralfederende und dem äußeren Haltepunkt der Spiralfeder. Das innere Spiralfederende ist an der Stelle lokalisiert, an der die Spiralfeder radial zur Federachse eine Breite aufweist, die gleich oder im Wesentlichen gleich der Breite ihrer Windungen ist. Die aktive Federlänge wird auch als aktiver Schwingungsbereich bezeichnet.

[0005] Die WO 2013/056706 A1 schlägt vor, im Bereich der äußeren Windung der Spiralfeder nicht notwendigerweise eine zusätzliche Masse vorzusehen, sondern eine Erhöhung des Flächenträgheitsmomentes der Spiralfeder vorzunehmen. Eine solche Erhöhung des Flächenträgheitsmomentes kann in einfacher Weise durch eine im Vergleich zu den inneren Windungen der Spiralfeder im Bereich der äußeren Windung verringerte Höhe und vergrößerte Breite der Spiralfeder erreicht werden. Da die Zunahme der Breite mit der dritten Potenz in die Berechnung des Flächenträgheitsmomentes eingeht und die Abnahme der Höhe sich nur linear auswirkt, kann die Spiralfeder so ausgebildet werden, dass eine Erhöhung des Flächenträgheitsmomentes ohne Massenzunahme möglich ist.

[0006] Aus der US 2011/0069591 A1 ist ein Schwingsystem für mechanische Uhrwerke bekannt, aufweisend einen Schwingkörper, eine um eine Achse schwenkbar gelagerte Unruhwellen und eine Spiralfeder mit einem aktiven Schwingungsbereich, wobei die Spiralfeder durch einen die Unruhwellen umschließenden Spiralfederbefestigungsabschnitt mit der Unruhwellen verbunden ist und die Spiralfeder an einem äußeren Federhaltepunkt gehalten ist, wobei sich der aktive Schwingungsbereich von einem an den Spiralfederbefestigungsabschnitt anschließenden inneren Ende des aktiven Schwingungsbereichs bis zu dem äußeren Federhaltepunkt erstreckt. Aus den Figuren der US 2011/0069591 A1 lassen sich drei Teilbereiche des aktiven Schwingungsbereichs der Spiralfeder ableiten, nämlich ein erster Teilbereich, ein sich an den ersten Teilbereich in Richtung des inneren Endes des Schwingungsbereichs anschließender zweiter Teilbereich und ein sich an den zweiten Teilbereich in Richtung des inneren Endes des Schwingungsbereichs anschließender dritter Teilbereich. Dabei ist die Breite des zweiten Teilbereichs geringer als die Breite des ersten und des dritten Teilbereichs.

[0007] Eine ähnliche Spiralfeder ist aus der US 7 682 068 B2 bekannt.

[0008] Ein möglichst konstantes und dauerhaft unverändertes Schwingverhalten eines Schwingsystems stellt im Bereich der mechanischen Uhrwerke das anzustrebende Ziel schlechthin dar.

Darstellung der Erfindung

[0009] Hier setzt die Erfindung an. Es soll ein Schwingsystem für mechanische Uhrwerke aufgezeigt werden, mit dem trotz Fertigungstoleranzen der Spiralfeder ein verbessertes Schwingverhalten der Spiralfeder erreicht wird. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch das Schwingsystem für mechanische Uhrwerke

gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Weitere vorteilhafte Aspekte, Details und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung sowie den Figuren.

[0010] Der „aktive Schwingungsbereich“ der Spiralfeder ist im Sinne der Erfindung diejenige Spirallänge der Feder, in dem die Schwingung ungehindert abläuft. Der aktive Schwingungsbereich erstreckt sich von dem an den Spiralfederbefestigungsabschnitt der Spiralfeder anschließenden inneren Ende des aktiven Schwingungsbereichs bis zu dem äußeren Federhaltepunkt.

[0011] Die vorliegende Erfindung stellt ein Schwingensystem für mechanische Uhrwerke aufweisend einen Schwingkörper, eine um eine Achse schwenkbar gelagerte Unruhwellen und eine Spiralfeder mit einem aktiven Schwingungsbereich zur Verfügung. Die Spiralfeder ist durch einen die Unruhwellen umschließenden Spiralfederbefestigungsabschnitt mit der Unruhwellen verbunden und an einem äußeren Federhaltepunkt gehalten. Der aktive Schwingungsbereich erstreckt sich von einem an den Spiralfederbefestigungsabschnitt anschließenden inneren Ende des aktiven Schwingungsbereichs bis zu dem äußeren Federhaltepunkt. Erfindungsgemäß weist der aktive Schwingungsbereich der Spiralfeder zumindest drei Teilbereiche auf, nämlich einen ersten Teilbereich, einen sich an den ersten Teilbereich in Richtung des inneren Endes des Schwingungsbereichs anschließenden zweiten Teilbereich und einen sich an den zweiten Teilbereich in Richtung des inneren Endes des Schwingungsbereichs anschließenden dritten Teilbereich auf. Die Spiralfeder weist parallel zu der mit der Achse der Unruhwellen zusammenfallenden Achse der Spiralfeder in ihrem ersten Teilbereich eine Höhe h_{T1} , in ihrem zweiten Teilbereich eine Höhe h_{T2} und in ihrem dritten Teilbereich eine Höhe h_{T3} auf. Radial zur Achse der Spiralfeder weist die Spiralfeder in ihrem ersten Teilbereich eine Breite b_{T1} , in ihrem zweiten Teilbereich eine Breite b_{T2} und in ihrem dritten Teilbereich eine Breite b_{T3} auf. Die Höhe h_{T2} des zweiten Teilbereichs ist zumindest 1% größer als die Höhe h_{T1} des ersten Teilbereichs und die Höhe h_{T2} des zweiten Teilbereichs zumindest 1% größer ist als die Höhe h_{T3} des dritten Teilbereichs. Die Breite b_{T2} des zweiten Teilbereichs ist zumindest 1% geringer als die Breite b_{T1} des ersten Teilbereichs und die Breite b_{T2} des zweiten Teilbereichs zumindest 1% geringer ist als die Breite b_{T3} des dritten Teilbereichs.

[0012] Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, dass ein verbessertes Schwingverhalten nicht unbedingt durch eine im Bereich der äußeren Windung der Spiralfeder vergrößerte Masse oder ein in diesem Bereich der Spiralfeder erhöhtes Flächenträgheitsmoment erreicht werden kann. Vielmehr wird durch einen zusätzlichen Teilbereich mit einem erhöhten Flächenträgheitsmoment, welcher auch im Bereich der inneren Windungen der Spiralfeder angeordnet sein kann, eine überraschend deutliche Verbesserung des Schwingungsverhaltens bewirkt. In ihrer allgemeinsten Form stellt die vorliegende Erfindung also eine Spiralfeder zur Verfügung, bei der zwei Teilbereiche geringerer Höhe und größerer Breite durch einen Teilbereich mit größerer Höhe und geringerer Breite voneinander getrennt sind.

[0013] Durch diese verringerte Höhe und vergrößerte Breite in den genannten Teilbereichen der Spiralfeder werden in einfacher Weise Teilbereiche mit einem erhöhten Flächenträgheitsmoment geschaffen. Da die Zunahme der Breite mit der dritten Potenz in die Berechnung des Flächenträgheitsmomentes eingeht und die Abnahme der Höhe sich nur linear auswirkt, kann die Spiralfeder so ausgebildet werden, dass eine Erhöhung des Flächenträgheitsmomentes ohne Massenzunahme möglich ist.

[0014] Experimentelle Untersuchungen haben überraschenderweise gezeigt, dass eine Spiralfeder mit zwei Teilbereichen, welche ein erhöhtes Flächenträgheitsmoment aufweisen, im Vergleich zu einer Spiralfeder mit nur einem solchen Bereich auch dann ein stabileres Schwingverhalten zeigt, wenn der zusätzliche Teilbereich mit dem erhöhten Flächenträgheitsmoment nicht in der äußersten Windung der Spiralfeder benachbart zu dem äußeren Federhaltepunkt angeordnet ist, sondern in einer inneren Windung oder in einem dem äußeren Federhaltepunkt nicht benachbarten Bereich der äußeren Windung lokalisiert ist.

[0015] Das Flächenträgheitsmoment (FT) kann für einen rechteckigen Querschnitt der Spiralfeder wie folgt berechnet werden, wobei h die Höhe der Spiralfeder und b die Breite der Spiralfeder bezeichnet:

$$FT = h \cdot b^3$$

$$\frac{\partial FT}{\partial h} = b^3$$

$$\frac{\partial FT}{\partial b} = 3b^2h$$

$$\Delta FT = \frac{\partial FT}{\partial h} \cdot \Delta h + \frac{\partial FT}{\partial b} \cdot \Delta b$$

$$\Delta FT = 3b^2h \cdot \Delta b - b^3 \cdot \Delta h$$

[0016] Bei konstant bleibender Masse:

$$\Delta h = \Delta b \cdot \frac{h}{b}$$

$$\Delta FT = \Delta b \cdot 2b^2h$$

[0017] Damit ergibt sich die prozentuelle Änderung zu:

$$\frac{\Delta FT}{FT} = 2 \frac{\Delta b}{b}$$

oder

$$\frac{\Delta FT}{FT} = 2 \frac{\Delta h}{bh}$$

[0018] Verringert sich also die Höhe der Spiralfeder um 1% und vergrößert sich die Breite der Spiralfeder um 1% so nimmt das Flächenträgheitsmoment bei konstanter Masse um 2% zu.

[0019] Dieses Ergebnis lässt sich durch eine simple Berechnung der Auswirkungen einer Verringerung der Höhe der Spiralfeder um 1% und einer Vergrößerung der Breite der Spiralfeder um 1% auf das Flächenträgheitsmoment bestätigen:

Für einen ersten Teilbereich der Spiralfeder ergibt sich für das Flächenträgheitsmoment:

$$FT_{T1} = h_{T1} \cdot b_{T1}^3$$

[0020] Für einen zweiten Teilbereich der Spiralfeder ergibt sich für das Flächenträgheitsmoment:

$$FT_{T2} = h_{T2} \cdot b_{T2}^3$$

[0021] Erfindungsgemäß weist die Spiralfeder in dem zweiten Teilbereich parallel zur Achse der Spiralfeder eine Höhe h_{T2} auf, die zumindest 1% größer ist als die Höhe h_{T1} in dem ersten Teilbereich, es gilt also: $h_{T2} = 1,01 \cdot h_{T1}$. Gleichzeitig weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich radial zur Achse der Spiralfeder eine Breite b_{T2} auf, die zumindest 1% geringer ist als die Breite b_{T1} in dem ersten Teilbereich, woraus sich ergibt: $b_{T2} = 0,99 \cdot b_{T1}$.

[0022] Für das Verhältnis der Flächenträgheitsmomente ergibt sich damit:

$$FT_{T1}/FT_{T2} = (h_{T1} \cdot b_{T1}^3)/(h_{T2} \cdot b_{T2}^3) = (h_{T1} \cdot b_{T1}^3)/(1,01 \cdot h_{T1} \cdot (0,99 \cdot b_{T1})^3) = 1/(0,99 \cdot 1,01^3) \approx 1,02$$

[0023] Unabhängig von den konkreten Werten für die Höhe h_{T1} , die Höhe h_{T2} , die Breite b_{T1} und die Breite b_{T2} ergibt sich also bei Verringerung der Höhe um 1% bei gleichzeitiger Vergrößerung der Breite der Spiralfeder um 1% eine Erhöhung des Flächenträgheitsmoments um 2%.

[0024] Vergleicht man die Massen der beiden Bereiche normiert auf eine definierte Länge, so ergibt sich das Verhältnis von Masse des ersten Teilbereichs zur Masse des zweiten Teilbereichs wie folgt:

$$m_{T1}/m_{T2} = (h_{T1} \cdot b_{T1}) / (h_{T2} \cdot b_{T2}) = (h_{T1} \cdot b_{T1}) / (0,99 \cdot h_{T1} \cdot 1,01 \cdot b_{T1}) = 1 / (0,99 \cdot 1,01) \approx 1,00$$

[0025] Wiederum unabhängig von den konkreten Werten für die Höhe h_{T1} , die Höhe h_{T2} , die Breite b_{T1} und die Breite b_{T2} ergibt sich also bei Verringerung der Höhe um 1% bei gleichzeitiger Vergrößerung der Breite der Spiralfeder um 1% keine Veränderung der Masse. Durch die erfindungsgemäße Veränderung des geometrischen Querschnitts der Spiralfeder im ersten Teilbereich gegenüber dem zweiten Teilbereich wird also eine Erhöhung des Flächenträgheitsmoments ohne Vergrößerung der Masse möglich.

[0026] Durch die Verringerung der Höhe und Vergrößerung der Breite in zwei Teilbereichen der Spiralfeder kann eine Stabilisierung des Schwingungsverhaltens der Spiralfeder erreicht werden, ohne dass die Spiralfeder mit einer zusätzlichen Masse versehen werden muss. Damit wird verhindert, dass die Spiralfeder aufgrund der durch die zusätzliche Masse bedingten erhöhten Trägheit ihre maximale Schwingungsamplitude erst zu einem späteren Zeitpunkt erreicht. Außerdem wird sowohl eine durch Massezunahme bedingte höhere Reibung in den Lagern der Spiralfeder als auch eine durch eine zusätzlich vorgesehene Masse hervorgerufene Unwucht der Spiralfeder vermieden.

[0027] Es soll aber klar gestellt werden, dass sich die vorliegende Erfindung auf jede Form von Spiralfeder bezieht, bei der eine Verringerung der Höhe und eine Vergrößerung der Breite in zwei Teilbereichen vorgenommen wird. Darunter fallen auch Ausführungsformen, die trotz der Verringerung der Höhe eine Zunahme der Masse aufgrund der Vergrößerung der Breite erfahren.

[0028] Unter der „Höhe“ bzw. der „Breite“ einer Spiralfeder wird im Falle einer eventuell variierenden Höhe bzw. variierenden Breite der auf die entsprechende Federlänge normierte Mittelwert der über die jeweilige Federlänge variierenden Höhe bzw. variierenden Breite einer Spiralfeder verstanden. Üblicherweise werden Spiralfedern aus fertigungstechnischen Gründen mit einer konstanten Höhe und einer konstanten Breite in den jeweiligen Teilbereichen gefertigt. Aus verschiedenen Gründen kann es aber vorkommen, dass eine Spiralfeder in einzelnen oder mehreren Teilbereichen eine variierende Höhe bzw. variierende Breite aufweist. Da sich die durch die vorliegende Erfindung ergebende Verbesserung des Schwingungsverhaltens auch in diesen Fällen einstellt, solange nur die durchschnittliche Höhe der Spiralfeder in einem ersten Teilbereich um wenigstens 1% geringer ist als die durchschnittliche Höhe in einem zweiten Teilbereich, wird unter der „Höhe“ bzw. der „Breite“ der Spiralfeder in dem jeweiligen Teilbereich auch die oben definierte „durchschnittliche Höhe“ bzw. „durchschnittliche Breite“ verstanden.

[0029] Die Gesamtfederlänge der Spiralfeder erstreckt sich von dem inneren Spiralfederende bis zu dem äußeren Federhaltepunkt. Das innere Ende des aktiven Schwingungsbereichs ist an der Stelle lokalisiert, an dem der Schwingungsbereich der Spiralfeder in den Spiralfederbefestigungsabschnitt, der der Befestigung der Spiralfeder an der Unruhwelle dient, übergeht. Der äußere Federhaltepunkt wird entweder durch einen fest fixierten Federhaltepunkt oder durch die Position eines Rückers festgelegt. Der aktive Schwingungsbereich erstreckt sich bis zu diesem äußeren Federhaltepunkt.

[0030] Die Grenze zwischen den einzelnen Teilbereichen der erfindungsgemäßen Spiralfeder ist dadurch festgelegt, dass die Höhe $h_{(n+1)}$ der Spiralfeder in ihrem $n + 1$ ten Teilbereich zumindest 1% größer ist als die Höhe h_{Tn} der Spiralfeder in ihrem n ten Teilbereich und gleichzeitig die Breite $h_{T(n+1)}$ der Spiralfeder in ihrem $n + 1$ ten Teilbereich zumindest 1% geringer ist als die Breite b_{Tn} der Spiralfeder in deren n ten Teilbereich. Im Falle konstanter Höhen h_{Tn} und $h_{T(n+1)}$ und konstanter Breiten b_{Tn} und $b_{T(n+1)}$ ist die Grenze zwischen den Teilbereichen sofort offensichtlich, da eine Unstetigkeit in der Höhe und eine Unstetigkeit in der Breite entsprechend einer Stufe ausgebildet sind. Im Falle variierender Höhen h_{Tn} und $h_{T(n+1)}$ und variierender Breiten b_{Tn} und $b_{T(n+1)}$ kann die Grenze zwischen den Teilbereichen durch den Fachmann mit Hilfe einfacher Messungen bestimmt werden. Nach der Bestimmung der Höhe und der Breite der Spiralfeder in definierten Längenabschnitten über die gesamte Federlänge hinweg kann durch eine einfache mathematische Auswertung jeder Punkt berechnet werden, an dem die durchschnittliche Höhe eines Teilbereichs von der durchschnittlichen Höhe des anschließenden Bereichs um mindestens 1% abweicht. Ebenso kann der Punkt berechnet werden, an dem die durchschnittliche Breite eines Teilbereichs von der durchschnittlichen Breite des daran anschließenden Teilbereichs um mindestens 1% abweicht. Der Punkt, ab dem beide genannten Bedingungen erfüllt sind, stellt die Grenze zwischen den beiden Teilbereichen dar. Obwohl also die Grenze zwischen den einzelnen Teilbereichen bei Inaugenscheinnahme einer bestimmten Spiralfeder nicht unbedingt sofort offenbar ist, können die Grenzen für

alle Teilbereiche einer beliebigen Spiralfeder durch eine für den Fachmann leicht durchzuführende und einfach auswertbare Messung eindeutig bestimmt werden.

[0031] Durch die nachfolgend näher erläuterten bevorzugten Ausführungsformen wird ein zunehmend stabileres Schwingverhalten der Spiralfeder erreicht.

[0032] Bevorzugt weist die Spiralfeder in ihrem zweiten Teilbereich eine Höhe h_{T2} auf, die zumindest 2% oder 3% oder 4% oder 5% oder 6% oder 7% oder 8% oder 9% oder 10% größer ist als die Höhe h_{T1} im ersten Teilbereich. Besonders bevorzugt weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich eine Höhe h_{T2} auf, die zumindest 12% oder 14% oder 16% oder 18% oder 20% oder 22% oder 24% oder 25% größer ist als die Höhe h_{T1} im ersten Teilbereich. Insbesondere bevorzugt weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich eine Höhe h_{T2} auf, die zumindest 30% oder 35% oder 40% oder 45% oder 50% größer ist als die Höhe h_{T1} im ersten Teilbereich.

[0033] Bevorzugt weist die Spiralfeder in ihrem zweiten Teilbereich eine Höhe h_{T2} auf, die zumindest 2% oder 3% oder 4% oder 5% oder 6% oder 7% oder 8% oder 9% oder 10% größer ist als die Höhe h_{T3} im dritten Teilbereich. Besonders bevorzugt weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich eine Höhe h_{T2} auf, die zumindest 12% oder 14% oder 16% oder 18% oder 20% oder 22% oder 24% oder 25% größer ist als die Höhe h_{T3} im dritten Teilbereich. Insbesondere bevorzugt weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich eine Höhe h_{T2} auf, die zumindest 30% oder 35% oder 40% oder 45% oder 50% größer ist als die Höhe h_{T3} im dritten Teilbereich.

[0034] Mit einer Veränderung der Querschnittsgeometrie der Spiralfeder durch eine Verringerung der Höhe bei gleichzeitiger Vergrößerung der Breite in zwei Teilbereichen wird eine zunehmende Vergrößerung des Flächenträgheitsmomentes und ein zunehmend stabileres Schwingverhalten der Spiralfeder erreicht. Durch ein einfaches Drehen der rechteckigen Querschnittsfläche einer üblichen Spiralfeder um 90° wird ohne Veränderung der Masse eine Zunahme des Flächenträgheitsmomentes und eine damit einhergehende Stabilisierung des Schwingverhaltens der Spiralfeder erreicht.

[0035] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weist die Spiralfeder im ersten Teilbereich und/oder im zweiten Teilbereich und/oder im dritten Teilbereich eine konstante Höhe auf. Eine konstante Höhe bringt fertigungstechnische Vorteile mit sich, da z. B. in Ätzverfahren eine geringere Zahl an Ätzmasken zur Verwendung kommt.

[0036] Bevorzugt weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich radial zur Achse der Spiralfeder eine Breite b_{T2} auf, die zumindest 2% oder 3% oder 4% oder 5% oder 6% oder 7% oder 8% oder 9% oder 10% geringer ist als die Breite b_{T1} im ersten Teilbereich. Besonders bevorzugt weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich eine Breite b_{T2} auf, die zumindest 12% oder 14% oder 16% oder 18% oder 20% oder 22% oder 24% oder 25% geringer ist als die Breite b_{T1} im ersten Teilbereich. Insbesondere bevorzugt weist Spiralfeder im zweiten Teilbereich eine Breite b_{T2} auf, die zumindest 30% oder 35% oder 40% oder 45% oder 50% geringer ist als die Breite b_{T1} im ersten Teilbereich.

[0037] Bevorzugt weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich radial zur Achse der Spiralfeder eine Breite b_{T2} auf, die zumindest 2% oder 3% oder 4% oder 5% oder 6% oder 7% oder 8% oder 9% oder 10% geringer ist als die Breite b_{T3} im dritten Teilbereich. Besonders bevorzugt weist die Spiralfeder im zweiten Teilbereich eine Breite b_{T2} auf, die zumindest 12% oder 14% oder 16% oder 18% oder 20% oder 22% oder 24% oder 25% geringer ist als die Breite b_{T3} im dritten Teilbereich. Insbesondere bevorzugt weist Spiralfeder im zweiten Teilbereich eine Breite b_{T2} auf, die zumindest 30% oder 35% oder 40% oder 45% oder 50% geringer ist als die Breite b_{T3} im dritten Teilbereich.

[0038] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die Spiralfeder n Teilbereiche auf, wobei der n -te Teilbereich eine Höhe h_{Tn} und eine Breite b_{Tn} aufweist und n eine ganze Zahl ist. Besonders bevorzugt ist $n = 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195, 200, 210, 220, 230, 240, 250, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340, 350, 360, 370, 380, 390, 400, 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490$ oder 500 .

[0039] Besonders bevorzugt weist zumindest eine Windung der Spiralfeder m Teilbereiche auf, wobei der m -te Teilbereich eine Höhe h_{Tm} und eine Breite b_{Tm} aufweist und m eine ganze Zahl ist. Insbesondere bevorzugt ist $m = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145, 150, 155, 160, 165, 170, 175, 180, 185, 190, 195$ oder 200 .

[0040] Gemäß einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung weisen zumindest w Windungen der Spiralfeder m Teilbereiche auf, wobei $w = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19$ oder 20 ist. Die einzelnen Windungen der Spiralfeder können die gleiche Anzahl an Teilbereichen aufweisen oder eine unterschiedliche Anzahl. Es können auch mehrere Windungen die gleiche Anzahl an Teilbereichen aufweisen, andere Windungen hingegen eine davon abweichende Zahl an Teilbereichen.

[0041] Aus der oben angegebenen Definition der Grenze zwischen zwei Teilbereichen folgt zwangsläufig, dass auf einen n ten Teilbereich mit geringerer Höhe und größerer Breite ein $n + 1$ ter Teilbereich mit größerer Höhe und geringerer Breite folgt. Auf diesen $n + 1$ ten Teilbereich folgt ein $n + 2$ ter Teilbereich, der eine geringere Höhe und größere Breite als der $n + 1$ te Teilbereich aufweist. Im Vergleich zum n ten Teilbereich kann aber die Höhe des $n + 2$ ten Teilbereichs größer oder geringer sein. Analoges gilt für die Breite, wobei im Vergleich zum n ten Teilbereich die Breite des $n + 2$ ten Teilbereichs geringer oder größer sein kann.

[0042] Bevorzugt erstreckt sich von dem äußeren Federhaltepunkt in Richtung des inneren Endes des Schwingungsbereichs ein Teilbereich geringerer Höhe und größerer Breite. In diesem Fall ist also in der äußersten Windung der Spiralfeder in dem an den äußeren Federhaltepunkt angrenzenden Bereich ein Teilbereich mit geringerer Höhe und größerer Breite lokalisiert.

[0043] Es können sich aber auch vorteilhafte Ausführungsformen ergeben, wenn sich von dem äußeren Federhaltepunkt in Richtung des inneren Endes des Schwingungsbereichs ein Teilbereich größerer Höhe und geringerer Breite erstreckt.

[0044] Besonders bevorzugt weisen alle Teilbereiche mit geringerer Höhe und größerer Breite die selbe Höhe h_{ge} und die selbe Breite b_{gr} auf. Insbesondere bevorzugt weisen zudem auch alle Teilbereiche mit größerer Höhe und geringerer Breite die selbe Höhe h_{gr} und die selbe Breite b_{ge} auf. Für diese Ausführungsform ergeben sich deutliche Vorteile bei der Herstellung durch einen Ätzprozess, da ein deutlich geringer Anzahl an Ätzmasken erforderlich ist.

[0045] Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung handelt es sich bei dem äußeren Federhaltepunkt um einen festen Ansteckpunkt oder es ist der äußere Federhaltepunkt durch einen Ricker gebildet.

[0046] Bevorzugt besteht die Spiralfeder aus Silizium mit einer Beschichtung aus Siliziumoxid.

[0047] Die vorliegende Erfindung umfasst außerdem eine mechanische Uhr mit einem mechanischen Schwingsystem, wobei das Schwingsystem wie oben beschrieben ausgebildet ist.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0048] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen

[0049] **Fig. 1** beispielhaft eine perspektivische Ansicht eines Schwingsystems für mechanische Uhren,

[0050] **Fig. 2** beispielhaft einen Schnitt entlang einer die Achse der Unruhwellen aufnehmenden Ebene durch das Schwingsystem gemäß **Fig. 1** und

[0051] **Fig. 3** beispielhaft eine perspektivische Seitenansicht der freigestellten Komponenten des Schwingsystems gemäß **Fig. 1** und **Fig. 2**;

[0052] **Fig. 4** in Einzeldarstellung und in Draufsicht eine Spiralfeder gemäß der vorliegenden Erfindung.

Wege zur Ausführung der Erfindung

[0053] Zum besseren Verständnis der vorliegenden Erfindung wird im Zusammenhang mit den **Fig. 1** bis **Fig. 3** ein aus dem Stand der Technik bekanntes Schwingsystem für mechanische Uhrwerke beschrieben.

[0054] Das Schwingsystem **1** umfasst einen Schwingkörper in Form eines Schwungrads **2**, eine Unruhwellen **3** sowie eine Spiralfeder **4**. Das Schwungrad **2** besteht aus einem äußeren Kreisringabschnitt **2.1**, der über mehrere Speichen **2.2** mit einem Nabenabschnitt **2.3** verbunden ist. Der Nabenabschnitt **2.3** weist eine von

der Kreisform abweichende, zentrale Durchgangsbohrung auf, in welcher ein zugeordneter Wellenabschnitt **3** der Unruhwellen **3** aufgenommen ist, dessen konzentrische Außenseite einen Formschluss mit dem Nabenabschnitt **2.3** der Schwungrades herstellt. Damit ist das Schwungrad drehfest mit der Unruhwellen **3** verbunden. Darüber hinaus sind an der zum Drehzentrum des Schwungrades weisenden Innenseite des äußeren Kreisringabschnittes **2.1** mehrere Schwungmassen **2.4** angebracht.

[0055] Die Unruhwellen **3** weist ferner ein oberes und unteres freies Ende **3.1**, **3.2** auf, welche spitz zulaufen und zur drehbaren Lagerung der Unruhwellen **3** um deren Achse UA in entsprechend ausgebildeten oberen und unteren Lagereinheiten aufgenommen werden. In den **Fig. 1** und **Fig. 2** ist beispielhaft eine obere Lagereinheit dargestellt. Die Achse UA der Unruhwellen **3** ist damit zugleich auch die Drehachse des Schwungrades und die Spiralfederachse.

[0056] Die Spiralfeder **4** besteht aus einem vorzugsweise ringförmigen, inneren Spiralfederbefestigungsabschnitt **4.1** und einem äußeren Spiralfederendabschnitt **4.2**. Dazwischen befinden sich mehrere Spiralfederabschnitte **4.3**, welche in einer Ebene senkrecht und vorzugsweise konzentrisch zur Spiralfederachse verlaufen, welche mit der Achse UA der Unruhwellen **3** übereinstimmt.

[0057] Der vorzugsweise ringförmige, innere Spiralfederbefestigungsabschnitt **4.1** ist mit der Unruhwellen **3** drehfest verbunden, und zwar vorzugsweise verklebt und/oder mittels Formschluss. Hierzu weist die Unruhwellen **3** einen zur Aufnahme des inneren Spiralfederbefestigungsabschnittes **4.1** ausgebildeten Wellenabschnitt **3"** auf, der oberhalb des das Schwungrad **2** aufnehmenden Wellenabschnittes **3** angeordnet ist.

[0058] Zur in Bezug auf die Unruhwellen **3** drehfesten Befestigung des äußeren Spiralfederendabschnittes **4.2** ist die Halteanordnung **5** zur Einstellung des Zentrums der Spiralfeder **4** vorgesehen. Die Halteanordnung **5** umfasst zumindest einen Haltearm **6** und ein Halteelement **7**, welches im Bereich des äußeren freien Endes des Haltearms **6** entlang der Längsachse LHA des Hebelarms **6** verschiebbar befestigt ist.

[0059] Der Haltearm **6** weist ein inneres Haltearmende **6.1** und ein äußeres Haltearmende **6.2** auf, wobei das innere Haltearmende **6.1** einen offenen Kreisring ausbildet und im Bereich des äußeren Haltearmendes **6.2** eine längliche Führungsausnehmung **6.3** vorgesehen ist. Die längliche Führungsausnehmung **6.3** ist zur variablen Befestigung des Halteelementes **7** am Haltearm **6** vorgesehen. Das innere Haltearmende **6.1** ist über nicht näher bezeichnete Haltemittel, welche auch die oberen und unteren Lagereinheiten zur drehbaren Lagerung der Unruhwellen **3** aufnehmen können, drehfest befestigt, und zwar derart, dass der offene Kreisring des inneren Haltearmendes **6.1** die Achse UA der Unruhwellen **3** konzentrisch umgibt.

[0060] Das Halteelement **7** weist einen im Wesentlichen zylinderförmigen, länglichen Grundkörper **7.1** mit einer oberen und unteren Stirnseite **7.11**, **7.12** und einer Längsachse LHE auf, welcher eine zur oberen Stirnseite **7.11** geöffnete Sacklochbohrung **7.2** mit einem Innengewinde zur Aufnahme einer Schraube **8** aufweist. Mittels der Schraube **8**, welche durch die längliche Führungsausnehmung **6.3** des Haltearms **6** geführt wird, ist das Halteelement **7** fest mit dem Haltearm **6** verschraubbar, und zwar derart, dass die Längsachse LHA des Haltearms **6** und die Längsachse LHE des Halteelementes **7** senkrecht zueinander verlaufen.

[0061] Auf der gegenüberliegenden unteren Stirnseite **7.12** des Grundkörpers **7.1** des Halteelementes **7** ist eine sich senkrecht zur Längsachse LHE des Grundkörpers **7.1** erstreckende und nach unten offene Führungsausnehmung **7.3** vorgesehen, die zur radial führenden Aufnahme des äußeren Spiralfederendabschnittes **4.2** ausgebildet ist. Eine die Längsachse LHE des Grundkörpers **7.1** aufnehmende Ebene teilt die Führungsausnehmung **7.3** näherungsweise in zwei gegenüberliegende, gleiche Hälften des gabelartig ausgebildeten unteren freien Endes des Halteelementes **7**.

[0062] Im montierten Zustand ist damit mittels der Halteanordnung **5** der radiale Abstand A zwischen der Achse UA der Unruhwellen **3** und der Längsachse LHE des Halteelementes **7** und damit des äußeren Spiralfederendabschnittes **4.2** einstellbar. Durch eine entsprechende radiale zur Achse UA gerichtete Verschiebung des Halteelementes **7** und damit des äußeren Spiralfederendabschnittes **4.2** ist das Spiralfederzentrum justierbar, und zwar vorzugsweise derart, dass die Spiralfederabschnitte **4.3** jeweils denselben Abstand zueinander aufweisen und konzentrisch um die Achse UA verlaufen.

[0063] Die **Fig. 4** zeigt in Einzeldarstellung und Draufsicht eine Spiralfeder **4** des mechanischen Schwingsystems entsprechend einer Ausführungsform der Erfindung. Die Spiralfeder **4** ist bei der dargestellten Ausführungsform z. B. aus einem Ausgangsmaterial (Wafer) aus Silizium, beispielsweise aus polykristallinem Silizium, z. B. aus einem durch epitaktisches Abscheiden gewonnenen Ausgangsmaterial hergestellt, z. B. unter

Verwendung eines Maskierungs-Ätz-Verfahrens, und zwar derart, dass die einstückig ausgebildete und mehrere Windungen **9** aufweisende Spiralfeder **4** mit dem inneren Spiralfederbefestigungsabschnitt **4.1** an der Unruhwellen **3** befestigt.

[0064] Der aktive Schwingungsbereich der Spiralfeder **4** erstreckt sich von dem an den Spiralfederbefestigungsabschnitt **4.1** der Spiralfeder **4** anschließenden inneren Ende **13** des aktiven Schwingungsbereichs bis zu dem äußeren Federhaltepunkt **14**. Dieser ist bei der in den **Fig. 1–Fig. 3** dargestellten Ausführungsform durch die Verbindung der außenliegenden Spiralfederabschnitte **4.3** mit dem Halteelement **7** gebildet.

[0065] Die dargestellte Spiralfeder **4** weist eine Vielzahl von Teilbereichen **11** mit größerer Höhe und geringerer Breite sowie ein Vielzahl von Teilbereichen **10** mit geringerer Höhe und größerer Breite auf. Exemplarisch ist auch ein Teilbereich mit geringerer Höhe und größerer Breite mit dem Bezugszeichen **12** gekennzeichnet, wobei dieser Teilbereich in seiner Ausprägung einem Teilbereich **10** entspricht. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel weisen alle Teilbereiche **11** eine gemeinsame Höhe und eine gemeinsame Breite auf. Ebenso weisen alle Teilbereiche **10** eine gemeinsame Höhe und eine gemeinsame Breite, die sich aber von Höhe und Breite der Teilbereiche **11** unterscheidet. Ausgehend von dem Federhaltepunkt **14** erstreckt sich in Richtung des inneren Endes **13** des aktiven Schwingungsbereichs zunächst ein Teilbereich **11** mit größerer Höhe und geringerer Breite, gefolgt von einem Teilbereich **10** mit geringerer Höhe und größerer Breite und so fort. Sämtliche Windungen der dargestellten Spiralfeder umfassen jeweils insgesamt acht Teilbereiche **11** mit größerer Höhe und geringerer Breite und acht Teilbereiche **10** mit geringerer Höhe und größerer Breite. Um die in Richtung des inneren Federendes abnehmende Federlänge pro Windung auszugleichen, werden die Teilbereiche **10** und **11** in Richtung auf das innere Federende **13** hin mit immer geringerer Ausdehnung in Richtung der Federlänge ausgestaltet.

[0066] Durch die in den Teilbereichen **10** geänderte Querschnittsgeometrie wird eine Erhöhung des Flächenträgheitsmomentes erzielt und eine Verlagerung der Spiralfeder **4** beim Schwingen des Schwingensystems verhindert.

[0067] Im Zusammenhang mit der in **Fig. 4** gezeigten Ausführungsform wurde von einem nach der Einstellung festen Federhaltepunkt **14** ausgegangen. Es besteht aber auch die Möglichkeit der Verwendung eines sogenannten Rückers, der im Wesentlichen durch einen um die Achse der Unruhwellen schwenkbaren Hebel gebildet ist. An dem äußeren Ende weist der Hebel eine beispielsweise von zwei Stiften gebildete Aufnahme auf, in die die Spiralfeder eingreift und die damit den Federhaltepunkt bildet. Die Aufnahme des Rückers bildet einen festen Federhaltepunkt nach.

Bezugszeichenliste

1	Schwingsystem bzw. Unruh
2	Schwungkörper
2.1	äußerer Kreisringabschnitt
2.2	Speichen
2.3	Nabenabschnitt
2.4	Schwungmasse
3	Unruhwellen
3, 3''	Wellenabschnitte
3.1	oberes freies Ende
3.2	unteres freies Ende
4	Spiralfeder
4.1	Spiralfederbefestigungsabschnitt
4.3	Spiralfederringabschnitte
4.4	äußeres Federende
5	Halteanordnung
6	Haltearm
6.1	inneres Haltearmende
6.2	äußeres Haltearmende
6.3	längliche Führungsausnehmung
7	Halteelement
7.1	Grundkörper
7.11	obere Stirnseite
7.12	untere Stirnseite

7.2	Sacklochbohrung
7.3	Führungsausnehmung
8	Schraube
9	Windung
10	Teilbereich mit geringerer Höhe und größerer Breite
11	Teilbereich mit größerer Höhe und geringerer Breite
12	Teilbereich mit geringerer Höhe und größerer Breite
13	inneres Ende des Schwingungsbereichs
14	Federhaltepunkt
UA	Achse der Unruhwellen
A	radialer Abstand
LHA	Längsachse des Hebelarms
LHE	Längsachse des Hebelements
α	Winkelerstreckung des Stabilisierungsbereichs LS
LA	Schwingungsbereich
LS	Stabilisierungsbereich

Patentansprüche

1. Schwingsystem für mechanische Uhrwerke aufweisend einen Schwingkörper (2), eine um eine Achse (UA) schwenkbar gelagerte Unruhwellen (3) und eine Spiralfeder (4) mit einem aktiven Schwingungsbereich, wobei die Spiralfeder (4) durch einen die Unruhwellen (3) umschließenden Spiralfederbefestigungsabschnitt (4.1) mit der Unruhwellen (3) verbunden ist, und die Spiralfeder (4) an einem äußeren Federhaltepunkt (14) gehalten ist,

wobei sich der aktive Schwingungsbereich von einem an den Spiralfederbefestigungsabschnitt (4.1) anschließenden inneren Ende (13) des aktiven Schwingungsbereichs bis zu dem äußeren Federhaltepunkt (14) erstreckt,

wobei der aktive Schwingungsbereich der Spiralfeder (4) zumindest drei Teilbereiche aufweist, nämlich einen ersten Teilbereich (10), einen sich an den ersten Teilbereich (10) in Richtung des inneren Endes (13) des Schwingungsbereichs anschließenden zweiten Teilbereich (11) und einen sich an den zweiten Teilbereich (11) in Richtung des inneren Endes (13) des Schwingungsbereichs anschließenden dritten Teilbereich (12),

wobei die Spiralfeder (4) parallel zu der mit der Achse (UA) der Unruhwellen zusammenfallenden Achse der Spiralfeder in ihrem ersten Teilbereich (10) eine Höhe h_{T1} , in ihrem zweiten Teilbereich (11) eine Höhe h_{T2} und in ihrem dritten Teilbereich (12) eine Höhe h_{T3} aufweist, und

die Spiralfeder (4) radial zur Achse der Spiralfeder in ihrem ersten Teilbereich (10) eine Breite b_{T1} , in ihrem zweiten Teilbereich (11) eine Breite b_{T2} und in ihrem dritten Teilbereich (12) eine Breite b_{T3} aufweist,

wobei die Höhe h_{T2} des zweiten Teilbereichs (11) zumindest 1% größer ist als die Höhe h_{T1} des ersten Teilbereichs (10) und die Höhe h_{T2} des zweiten Teilbereichs (11) zumindest 1% größer ist als die Höhe h_{T3} des dritten Teilbereichs (12) und

wobei die Breite b_{T2} des zweiten Teilbereichs (11) zumindest 1% geringer ist als die Breite b_{T1} des ersten Teilbereichs (10) und die Breite b_{T2} des zweiten Teilbereichs (11) zumindest 1% geringer ist als die Breite b_{T3} des dritten Teilbereichs (12).

2. Schwingsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiralfeder (4) im zweiten Teilbereich (11) eine Höhe h_{T2} aufweist, die zumindest 5% größer, bevorzugt 10% größer, besonders bevorzugt 20% größer ist als die Höhe h_{T1} im ersten Teilbereich (10).

3. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiralfeder (4) im zweiten Teilbereich (11) eine Höhe h_{T2} aufweist, die zumindest 5% größer, bevorzugt 10% größer, besonders bevorzugt 20% größer ist als die Höhe h_{T3} im dritten Teilbereich (12).

4. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiralfeder (4) im ersten Teilbereich (10) und/oder im zweiten Teilbereich (11) und/oder im dritten Teilbereich (12) eine konstante Höhe aufweist.

5. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiralfeder (4) im zweiten Teilbereich (11) eine Breite b_{T2} aufweist, die zumindest 5% geringer, bevorzugt 10% geringer, besonders bevorzugt 20% geringer, insbesondere bevorzugt 30% geringer ist als die Breite b_{T1} im ersten Teilbereich (10).

6. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiralfeder (4) im zweiten Teilbereich (11) eine Breite b_{T2} aufweist, die zumindest 5% geringer, bevorzugt 10% geringer, besonders bevorzugt 20% geringer, insbesondere bevorzugt 30% geringer ist als die Breite b_{T3} im dritten Teilbereich (12).

7. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiralfeder (4) n Teilbereiche aufweist, wobei der n -te Teilbereich eine Höhe h_{Tn} und eine Breite b_{Tn} aufweist und n eine ganze Zahl ist.

8. Schwingsystem nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass $n = 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 250, 300, 350, 400, 450$ oder 500 ist.

9. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest eine Windung der Spiralfeder (4) m Teilbereiche aufweist, wobei der m -te Teilbereich eine Höhe h_{Tm} und eine Breite b_{Tm} aufweist und m eine ganze Zahl ist.

10. Schwingsystem nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass $m = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190$ oder 200 ist.

11. Schwingsystem nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest w Windungen der Spiralfeder (4) m Teilbereiche aufweisen, wobei $w = 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19$ oder 20 ist.

12. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich Teilbereiche mit geringerer Höhe und größerer Breite und Teilbereiche mit größerer Höhe und geringerer Breite periodisch aufeinander folgen.

13. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich von dem äußeren Federhaltepunkt (14) in Richtung des inneren Endes (13) des Schwingungsbereichs ein Teilbereich geringerer Höhe und größerer Breite erstreckt.

14. Schwingsystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich von dem äußeren Federhaltepunkt (14) in Richtung des inneren Endes (13) des Schwingungsbereichs ein Teilbereich größerer Höhe und geringerer Breite erstreckt.

15. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich bei dem äußeren Federhaltepunkt (14) um einen festen Ansteckpunkt handelt oder der äußere Federhaltepunkt (14) durch einen Rücker gebildet ist.

16. Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Spiralfeder (4) aus Silizium mit einer Beschichtung aus Siliziumoxid hergestellt ist.

17. Mechanische Uhr mit einem mechanischen Schwingsystem, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Schwingsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche ausgebildet ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

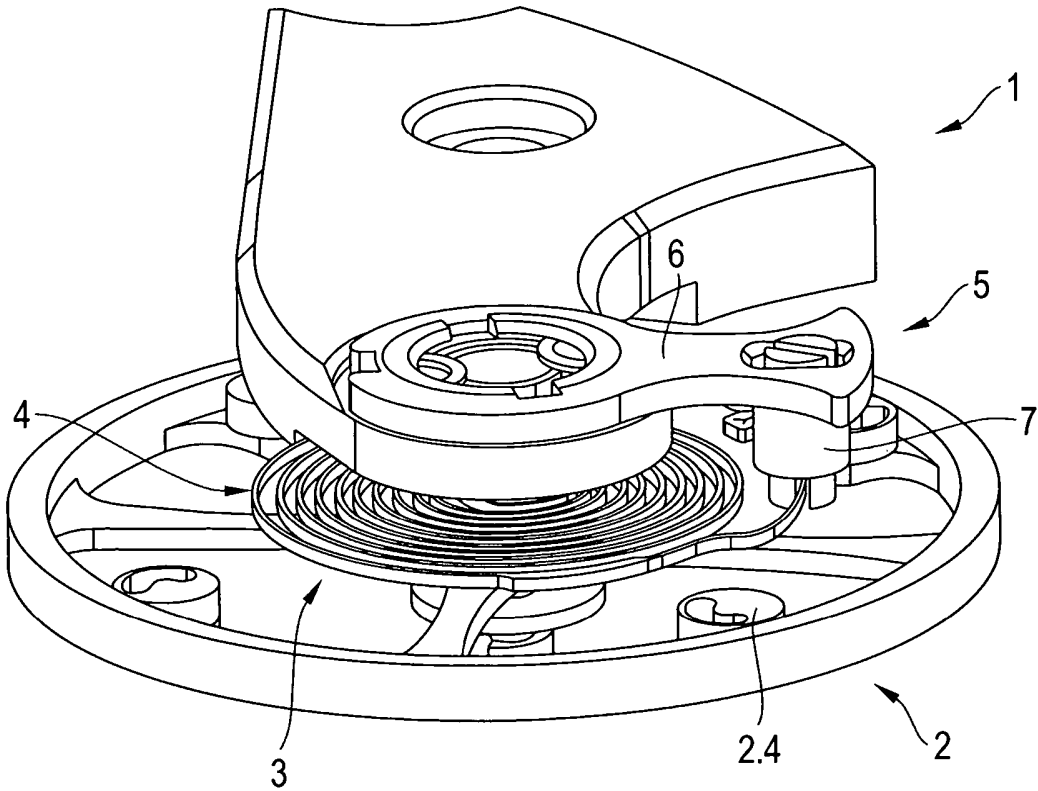


Fig. 1

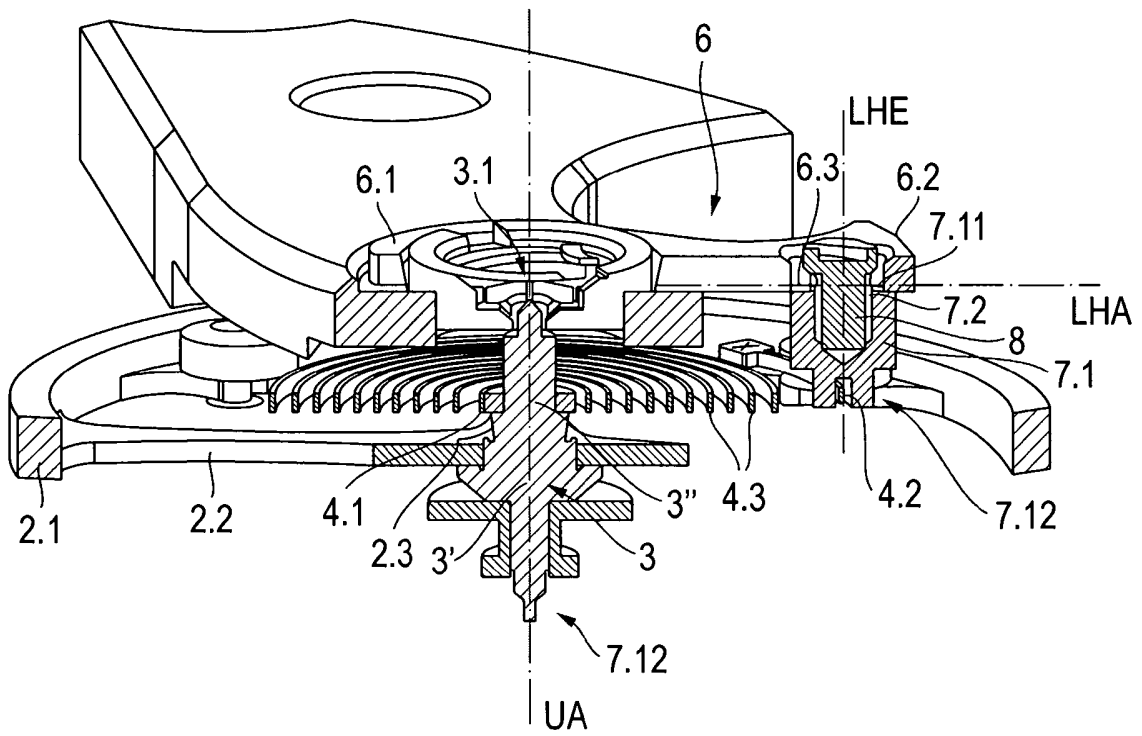


Fig. 2

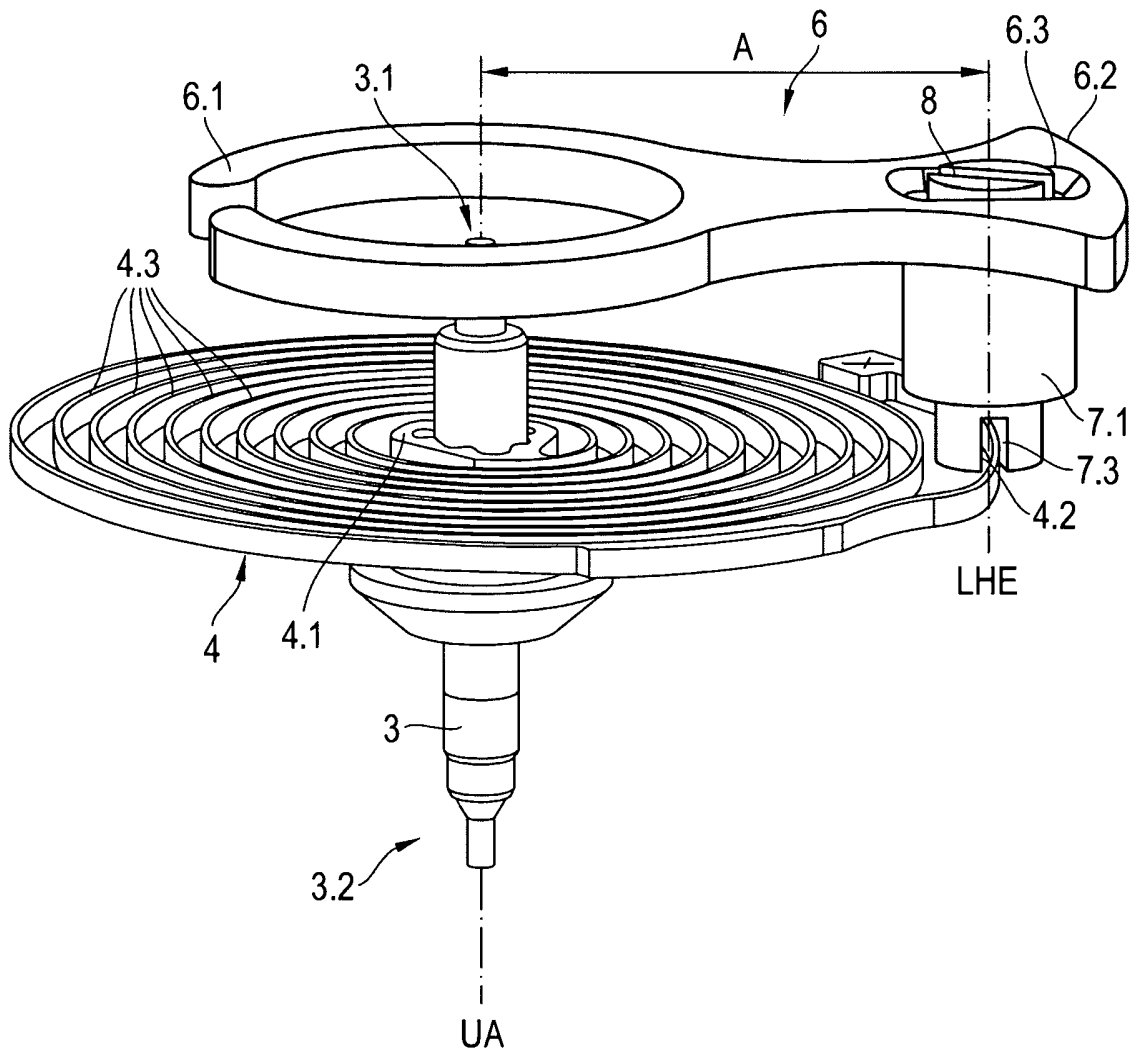


Fig. 3

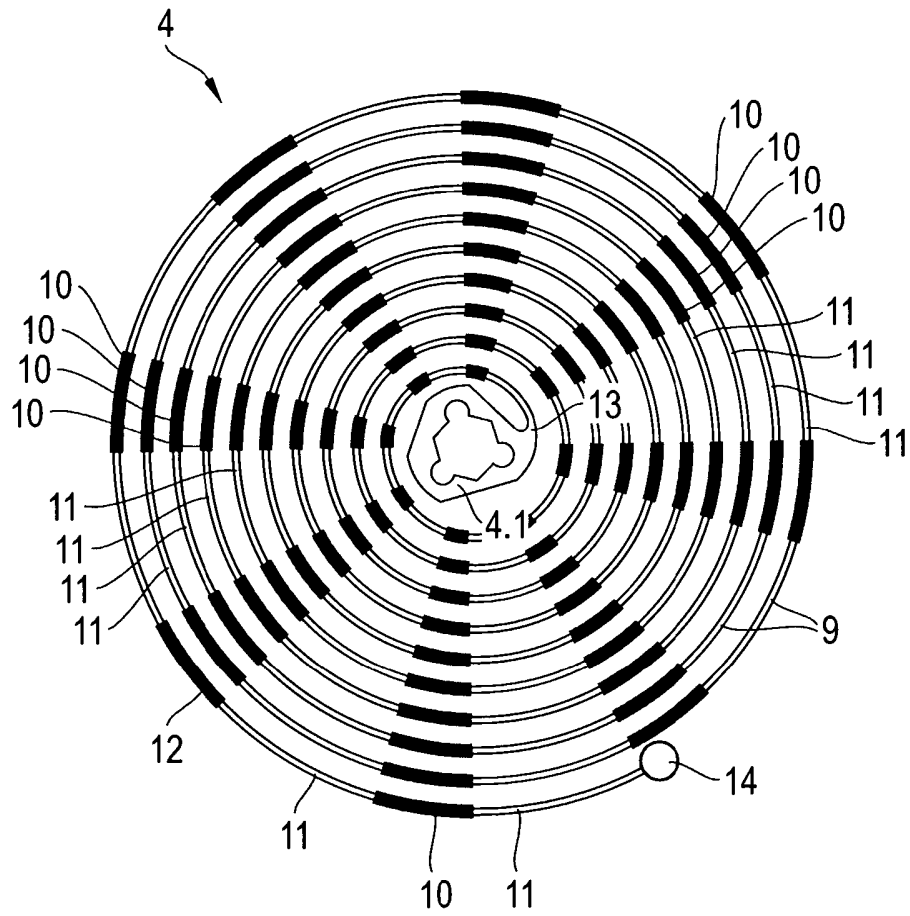


Fig. 4