



SCHWEIZERISCHE Eidgenossenschaft
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH 702 823 A2

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

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

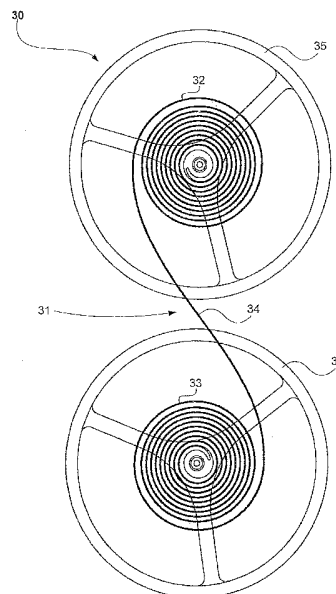
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer:	00137/11	(71) Anmelder:	MicroTechne Research & Development Center Ltd., Unit 221, 2/F, Building 9, 5 Science Park West Avenue, Shatin, N.T. (HK) Tianjin Sea-gull Watch Co. Ltd., 11 Fu Kang Road, Nan Kai District Tianjin (CN)
(22) Anmeldedatum:	27.01.2011	(72) Erfinder:	Ho Ching, Cheung Sha Wan, Kowloon (HK) Ching Tom Kong, Pak Heung, N.T. (HK) Guang Li Ma, Tianjin (CN)
(43) Anmeldung veröffentlicht:	15.09.2011	(74) Vertreter:	Isler & Pedrazzini AG, Postfach 1772 8027 Zürich (CH)
(30) Priorität:	12.03.2010 HK 10102613.1		

(54) Oszillatorsystem eines mechanischen Zeitmessers.

(57) Ein Oszillatorsystem (30) eines mechanischen Zeitmessers, umfassend: mindestens eine Unruh (35), welche frei um eine Achse rotieren kann; und mindestens eine Spiralfeder (31), welche die mindestens eine Unruh (35) mit einem festen Punkt oder mit einer weiteren Unruh (36) verbindet, die Spiralfeder (31) beinhaltend: eine erste Spule (32), welche mit der mindestens einen Unruh (35) verbunden ist; und eine zweite Spule (33), welche mit einem festen Punkt oder mit der weiteren Unruh (36) verbunden ist; und einen Übergangsabschnitt (34), welcher die erste Spule (32) und die zweite Spule (33) verbindet, wobei ein ungefähr lineares Rückstellmoment für die mindestens eine Unruh (35) primär durch elastische Deformation des Übergangsabschnittes (34) und der Spulen (32, 33) bereitgestellt ist, um eine oszillierende Bewegung der mindestens einen Unruh (35) zu erzeugen.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Spiralfeder für ein Oszillatorsystem eines mechanischen Zeitmessers.

Stand der Technik

[0002] In seiner grundsätzlichen Form besteht ein mechanisches Uhrwerk aus einem Antrieb, einem Zahnradgetriebe, einer Hemmung, einem Oszillator und einem Indikator. Der Antrieb ist typischerweise ein sinkendes Gewicht für eine Uhr oder eine Hauptfeder für eine Armbanduhr. Die Hauptfeder wird manuell oder über einen automatischen Aufziehmechanismus aufgezogen. Leistung wird in der Form von Drehmoment vom Antrieb über das Zahnradgetriebe übermittelt, um die Winkelgeschwindigkeit zu erhöhen, bis sie die Hemmung erreicht. Die Hemmung reguliert die Abgabe von Leistung in den Oszillator. Der Oszillator ist im Wesentlichen ein Feder-Massensystem in der Form eines Pendels für eine Uhr oder einer Unruh mit einer Spiralfeder für eine Armbanduhr. Er oszilliert auf einer stabilen natürlichen Frequenz, welche für die Zeiterfassung benutzt wird. Da sich die Oszillatoramplitude wegen dissipativer Elemente verringert, koppelt die Hemmung regelmässig Leistung in das System ein, um basierend auf dem Zustand des Oszillators zu kompensieren. Gleichzeitig erlaubt die Hemmung dem Zahnradgetriebe, sich leicht zu bewegen, was den Indikator antreibt, die Zeit zu zeigen.

[0003] Wegen seiner Rolle im Bestimmen der Zeitrates ist der Oszillator eine Schlüsselkomponente in mechanischen Uhrwerken. Ein herkömmlicher Armbanduhroszillator besteht aus einer Unruh und einer Spiralfeder. Die Unruh ist an der Unruhwelle befestigt, welche durch ein oder mehrere Lager in Position gehalten wird, was der Bauteil-Untergruppe auch erlaubt zu rotieren. Die typische Spiralfeder folgt einer Archimedes-Spirale mit gleichen Abständen zwischen jeder Windung. Das äussere Ende der Spiralfeder ist an einem festen Punkt befestigt und das innere Ende ist an der Unruhwelle befestigt. Der resultierende Aufbau kann als ein lineares Feder-Massensystem modelliert werden, wobei die Unruh und die Spiralfeder das Trägheitsmoment respektive das Rückstellmoment bereitstellen. Die Spiralfeder wird die Unruh in oszillierende Rotationen im Uhrzeiger- oder Gegenuhrzeigersinn um ihre Gleichgewichtsposition (oder ihren Totpunkt) zwingen.

[0004] Einige mechanische high-end Uhrwerke bestehen aus zwei Oszillatoren, welche durch dieselbe Hauptfeder angetrieben sein können oder nicht. Die zwei Oszillatoren haben keine direkte mechanische Verbindung und bewegen sich unabhängig. Das Zahnradgetriebe ist derart ausgestaltet, dass die angezeigte Zeit das Mittel zwischen den beiden Oszillatoren ist, wodurch sie jeden Fehler jedes einzelnen Oszillators ausmittelt.

[0005] Die traditionelle Spiralfeder mit archimedischer Spirale hat unterschiedliche Geometrie für Überwicklung und Unterwicklung, wo die Winkelverschiebung der Unruh grösser respektive kleiner als ihre Gleichgewichtsposition ist. Dies impliziert, dass die Dynamik des Oszillatorsystems asymmetrisch um seine Gleichgewichtsposition ist, mit unterschiedlichen Amplituden für Überwicklung und Unterwicklung. Üblicherweise verwendet eine Armbanduhrhemmung wie die Schweizer Ankerhemmung asymmetrische Ankerbewegung mit unterschiedlicher Ankersteilheit und Kraftarm, um diese Asymmetrie zu kompensieren. Dies ist jedoch eine unvollständige Lösung, da die Kompensation nur partial ist.

[0006] Dem traditionellen mechanischen Uhrwerk mit Zwillingsozillator fehlt eine direkte mechanische Verbindung zwischen den zwei Oszillatoren, was impliziert, dass diese kein effizientes Mittel zur Synchronisation aufweisen. Das Fehlen von Synchronisation wirkt sich negativ auf die Bewegungsgenauigkeit aus und macht es schwieriger, Diagnostik durchzuführen, welche traditionellerweise auf der akustischen Signatur des Uhrwerks beruht.

[0007] Fig. 1 illustriert einen Oszillator 10 eines mechanischen Zeitmessers, welcher eine traditionelle Einzelspulen-Spiralfeder 12 verwendet. Die traditionelle Einspulen-Spiralfeder hat nur ein Ende, welches an der Unruh befestigt ist. Die Geometrie basiert auf der archimedischen Spirale 12. Das äussere Ende der Feder 12 ist über einen Klötzchenträger 13 an einem festen Punkt befestigt und das innere Ende der Spule 12 ist an der Unruhwelle 14 befestigt, welche gemeinsam mit der Unruh 11 rotiert. Da die Geometrie der Spiralfeder 12 unterschiedlich ist, wenn sie in Überwicklung und Unterwicklung ist, ist die Dynamik des Oszillators 10 asymmetrisch um seine Gleichgewichtsposition, wie in Fig. 2 gezeigt. Die Gleichgewichtsposition oder der tote Punkt ist ein Zustand oder eine Kondition des Oszillators, wo das Nettodrehmoment, welches auf die Unruh(en) wirkt, Null ist und die Spiralfeder entspannt ist. Wenn die Unruh die Gleichgewichtsposition verlässt, belastet sie die Spiralfeder. Dies erzeugt ein Rückstellmoment, welches die Unruh 11 in die Gleichgewichtsposition zurückkehren lässt, wenn die Unruh 11 freigegeben wird. Da sie eine gewisse Geschwindigkeit und daher kinetische Energie erlangt hat, geht sie über ihren toten Punkt hinaus, bis das Gegendrehmoment der Spiralfeder 12 sie stoppt und zwingt, in die andere Richtung zu rotieren. Die Spiralfeder reguliert daher die Periode der Oszillation der Unruh 11.

[0008] In Fig. 2 ist die Oszillation der Unruh 11 gezeichnet. Während sich die Spiralfeder 12 in eine Richtung um ihre Gleichgewichtsposition wickelt, ist ihre Amplitude 21 unterschiedlich von ihrer Amplitude 22, wenn sich die Spiralfeder in die andere Richtung wickelt.

[0009] In einem konventionellen Design eines Doppelhemmungsozillators sind die Oszillatoren effektiv entkoppelt. Aufgrund von Fertigungstoleranz hat jeder Oszillator eine leicht unterschiedliche natürliche Frequenz, was diese veranlasst, sich periodisch in Phase und in Gegenphase zu verschieben. Dies trägt zur Bewegungsungenauigkeit bei, da jeder Oszillator einen anderen bekämpft, um die Zeit zu regulieren. Des Weiteren macht es das Design für einen Uhrmacher schwierig

rig, die Oszillatoren zu justieren, da konventionelle Diagnostikwerkzeuge eine Frequenz, eine Amplitude und andere Performancekriterien eines einzelnen Oszillators messen, die auf dessen akustischer Signatur basieren. Zwei gegenphasige Oszillatoren zu haben, bedeutet, dass die akustische Signatur vermischt und schwer zu decodieren ist.

[0010] Es besteht ein Wunsch nach einem Oszillatorsystem, welches einige der Probleme der traditionellen Uhrwerke beseitigt.

Darstellung der Erfindung

[0011] In einem ersten bevorzugten Aspekt ist ein Oszillatorsystem eines mechanischen Zeitmessers bereitgestellt, umfassend:

- mindestens eine Unruh, welche frei zum Rotieren um eine Achse ist; und mindestens eine Spiralfeder, welche die mindestens eine Unruh mit einem festen Punkt oder einer anderen Unruh verbindet, die Spiralfeder beinhaltend;
- eine erste Spule, welche mit der mindestens einen Unruh verbunden ist; und eine zweite Spule, welche mit dem festen Punkt oder der weiteren Unruh verbunden ist; und
- einen die erste Spule und die zweite Spule verbindenden Übergangsabschnitt,
- wobei ein annäherungsweise lineares Rückstellmoment für die mindestens eine Unruh primär durch elastische Deformation des Übergangsabschnittes und der Spulen bereitgestellt ist, um eine oszillierende Bewegung der mindestens einen Unruh zu erzeugen.

[0012] Wenn mindestens zwei Spiralfedern vorhanden sind, so können die Spiralfedern zu einer einzigen koplanaren Spiralfeder mit mehreren Armen zusammengeführt werden, wobei jeder Arm zwei Spulen hat.

[0013] Der Übergangsabschnitt kann einen Umkehrpunkt enthalten.

[0014] Die mindestens eine Unruh kann eine von zwei identischen Unruhen sein, welche über eine Spiralfeder miteinander verbunden sind, um eine synchronisierte periodische Bewegung der beiden Unruhen zu erzeugen, welche antisymmetrisch um die Gleichgewichtsposition der Spiralfeder ist.

[0015] Das Oszillatorsystem kann weiter zwei Spiralfedern umfassen, jede mit einer einzelnen Spule, wobei jede Spiralfeder an ihrem inneren Ende an einer Unruh und an ihrem äusseren Ende über ein Klötzchenträger an einem festen Punkt befestigt ist, wobei die zwei Einzelspulen spiralfedern zum Rückstellmoment für jede Unruh beitragen.

[0016] Das Oszillatorsystem kann weiter eine benutzerbediente Klammer umfassen, um den Übergangsabschnitt der Spiralfeder festzustellen, wobei die Klemme das Oszillatorsystem in zwei isolierte Oszillatoren teilt und das Oszillatorsystem zwingt, in einem zweiten Modus auf einer höheren natürlichen Frequenz als ein erster Modus zu oszillieren.

[0017] Das Oszillatorsystem kann weiter mindestens zwei Unruhen umfassen, wobei die mindestens zwei Unruhen durch Spiralfedern, welche eine Schlaufenordnung formieren, verbunden sind, so dass alle Unruhen in synchronisierter Art oszillieren.

[0018] Das Oszillatorsystem kann weiter mindestens zwei Unruhen umfassen, wobei die mindestens zwei Unruhen durch Spiralfedern, welche eine Serienanordnung formieren, miteinander verbunden sind, so dass alle Unruhen in einer synchronisierten Art oszillieren.

[0019] Das Oszillatorsystem kann weiter mindestens zwei Unruhen umfassen, wobei die mindestens zwei Unruhen durch Spiralfedern, welche eine Parallelanordnung formieren, miteinander verbunden sind, so dass alle Unruhen in einer synchronisierten Art oszillieren.

[0020] Die mindestens eine Unruh kann eine einzelne Unruh sein, welche durch mindestens zwei Spiralfedern oder eine einzelne Spiralfeder mit mehreren Armen, wobei jeder Arm zwei Spulen hat, über Klötzchenträger mit mindestens zwei festen Punkten in einer axialsymmetrischen Anordnung verbunden ist, um die Reibung an der Unruh zu minimieren und die Wahrscheinlichkeit einer Kollision zwischen Armen der einzelnen Spiralfeder mit mehreren Armen, wobei jeder Arm zwei Spulen hat, zu reduzieren, indem der Hauptanteil der Deformation der Spiralfeder nahe des distalen Endes der Arme auftritt.

[0021] Die Spiralfeder kann antisymmetrisch oder symmetrisch sein.

[0022] Die vorliegende Erfindung stellt eine Spiralfeder bereit, welche eine antisymmetrische Systemdynamik um ihre Gleichgewichtsposition erzwingt. Die Spiralfeder hat mindestens zwei individuelle identische Spulen, so dass ein Abschnitt in Überwicklung ist, während der andere Abschnitt simultan in Unterwicklung ist. Die Spitzen der Spulen der Spiralfedern sind mit Unruhen verbunden. Folglich ist ein Typ von Spiralfeder eine antisymmetrische Doppelspulen spiralfeder mit zwei individuellen Spulen in der gleichen Richtung. Ein weiterer Typ von Spiralfeder ist eine symmetrische Doppelspulen spiralfeder mit zwei individuellen Spulen in gleicher Richtung.

[0023] Die Spiralfeder wird vorteilhafterweise für die Synchronisation von zwei oder mehr Oszillatoren in Serien-, Parallel- oder Schleifenanordnung verwendet. Auch kann eine Doppelspulen spiralfeder in einem Oszillator mit variabler Frequenz verwendet werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0024] Ein Beispiel der Erfindung wird nun mit Referenz auf die beigefügten Zeichnungen beschreiben, in welchen:

- Fig. 1 ein Diagramm von einem Oszillator mit einer Unruh und einer traditionellen Einzelspulenpiralfeder mit archimedischer Spirale ist;
- Fig. 2 ein qualitatives Diagramm der Winkelposition gegen Zeit für die traditionelle Einzelspulenpiralfeder aus Fig. 1 ist;
- Fig. 3 ein Diagramm eines Oszillators mit zwei Unruhen und einer verbindenden Doppelspulenpiralfeder ist, basierend auf einem asymmetrischen Design;
- Fig. 4 ein qualitatives Diagramm der Winkelposition gegen Zeit für den Oszillator aus Fig. 3 ist;
- Fig. 5 ein Diagramm für einen Oszillator mit zwei Unruhen und einer verbindenden Doppelspulenpiralfeder ist, basierend auf einem symmetrischen Design;
- Fig. 6 ein Diagramm eines Oszillators mit zwei Unruhen ist, jede mit ihrer eigenen unabhängigen traditionellen Einzelspulenpiralfeder und zusammengehängt durch eine dritte verbindende Spiralfeder in einer Tandemordnung;
- Fig. 7 ein Diagramm eines Oszillators mit zwei Unruhen ist, jede und eine verbindende Zwillingsspiralfeder in einer koplanaren Anordnung, wobei ein Einzelspulenarm an jeder Unruh befestigt ist und ein dritter Arm ist eine Doppelspulenpiralfeder mit einem Übergangsabschnitt, welcher beide Unruhen verbindet;
- Fig. 8 ein Diagramm eines Oszillators mit drei Unruhen ist, welche durch Doppelspulenpiralfedern in einer Schleifenanordnung verbunden sind;
- Fig. 9 ein Diagramm eines Oszillators mit vier Unruhen ist, welche durch Doppelspulenpiralfedern in einer parallelen Anordnung verbunden sind;
- Fig. 10 ein Diagramm eines Oszillators mit vier Unruhen ist, welche durch Doppelspulenpiralfedern in einer seriellen Anordnung verbunden sind;
- Fig. 11 ein Diagramm eines Oszillators mit zwei Unruhen und einer verbindenden Doppelspulenpiralfeder ist, basierend auf einem antisymmetrischen Design mit einer Klemme zur Sicherung eines Übergangsabschnitts, derart dass die zwei Unruhen zwei isolierte Oszillatoren mit einer höheren natürlichen Frequenz werden;
- Fig. 12 ein Diagramm eines Oszillators mit einer Unruh ist, welche mit dem Ende einer Doppelspulenpiralfeder mit einem Umkehrpunkt verbunden ist und das andere Ende der Doppelspulenpiralfeder über einen Klötzchen-träger fixiert ist;
- Fig. 13 ein Diagramm eines Oszillators mit einer Unruh ist, welche mit dem Ende einer Doppelspulenpiralfeder ohne Umkehrpunkt verbunden ist und mit dem anderen Ende der Doppelspulenpiralfeder durch einen Klötzchen-träger fixiert ist;
- Fig. 14 ein Diagramm eines Oszillators mit einer Unruh und einer Doppelspulenarmspiralfeder mit Umkehrpunkten für jeden Arm ist und die Arme von einem Zentrum, welches mit der Unruh verbunden ist, stammen und an festen Punkten enden; und
- Fig. 15 ein Diagramm eines Oszillators mit einer Unruh und einer Doppelspulenarmspiralfeder ohne Umkehrpunkt ist und die Arme von einem Zentrum, welches mit der Unruh verbunden ist, stammen und an festen Punkten enden.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen

[0025] Fig. 3 illustriert eine Ausführungsform eines Oszillators 30 mit einer Doppelspulenpiralfeder 31, basierend auf einer antisymmetrischen Geometrie basiert. Die Doppelspulenpiralfeder 31 hat zwei individuelle Spulen 32, 33. Die Spulen 32, 33 können einer Archimedes-Spirale folgen, müssen dies jedoch nicht notwendigerweise. Die Spulen 32, 33 sind mechanisch über einen Übergangsabschnitt 34, welcher einen Umkehrpunkt nahe des Zentrums des Übergangsabschnitts 34 hat, verbunden. Die Doppelspulenpiralfeder 31 hat beide ihren Enden an zwei identischen Unruhen 35, 36 befestigt.

[0026] Der Oszillator 30 hat zwei Unruhen 35, 36 direkt durch eine einzelne Spiralfeder 31 verbunden. Daher kann dieses Feder-Massensystem durch ein unterdämpftes System zweiter Ordnung mit zwei Vibrationsmoden approximiert werden. Die Approximation nimmt an, dass die Unruhen 35, 36 punktförmige Massen mit einer masselosen Spiralfeder sind. Selbst unter der Annahme von Unruhen mit verteilter Masse und einer Spiralfeder endlicher Masse tendieren jedoch die

zuvor genannten Moden der Vibration über andere, schnell aussterbende Moden zu dominieren. Wenn die Unruhen 35, 36 identisch sind und wie in Fig. 3 dargestellt über eine antisymmetrische Spiralfeder 31 verbunden sind, so resultiert der Modus mit der tieferen fundamentalen Frequenz darin, dass die Unruhen 35, 36 in Phase oszillieren und ist der stabilste. Der Modus mit der höheren Frequenz resultiert darin, dass die Unruhen 35, 36 komplett gegenphasig oszillieren, ist jedoch weniger stabil.

[0027] Fig. 4 illustriert, dass der Oszillator 30 mit einem passenden Hemmungsdesign in einem mechanischen Uhrwerk, trotz der Existenz eines anfänglich vorübergehenden Einschwingverhaltens, dazu gebracht werden kann, im stabilsten fundamentalen Modus sich niederzulassen. Jede Bewegung einer Unruh 35 wird durch die andere Unruh 36 im nächsten Zyklus gespiegelt. Theoretisch ergibt dieses Design eine perfekt antisymmetrische Systemdynamik um die Gleichgewichtsposition der Spiralfeder 30, obwohl jede individuelle Bewegung der Unruhen 35, 36 aufgrund variierender Federkonstanten asymmetrisch sein kann. Dieses Design umgeht das Problem der asymmetrischen Dynamik einer traditionellen Spiralfeder, für welche heutige Hemmungen benötigt werden, um unvollständig unter Verwenden von asymmetrischen Ankerbewegungen zu kompensieren, komplett.

[0028] Fig. 5 illustriert eine Ausführungsform eines Oszillators 50 mit einer neuartigen Doppelspulenspiralfeder 51, basierend auf einer symmetrischen Geometrie. Es gibt zwei unterschiedliche Spulen 52, 53, welche mechanisch über einen Übergangsabschnitt 54 verbunden sind. Die beiden Enden der Spiralfeder 51 sind an zwei identischen Unruhen 55, 56 befestigt. Das resultierende Design ergibt auch eine antisymmetrische Systemdynamik um die Gleichgewichtsposition der Spiralfeder 51.

[0029] Die Spulen 32, 33, 52, 53 können einer Archimedes-Spirale folgen. Nicht alle Ausführungsformen benötigen jedoch, dass die Spulen 32, 33, 52, 53 einer Archimedes-Spirale folgen, weil die Mechanik der Doppelspulenspiralfeder 31, 51 unterschiedlich zu einer konventionellen Spiralfeder ist. In einer konventionellen Spiralfeder wird das Rückstellmoment in erster Linie durch elastische Deformation in Form von Spannung oder Kompression der Spulen der konventionellen Spiralfeder selbst bereitgestellt. In einer Doppelspulenspiralfeder 31, 51 wird das Rückstellmoment in erster Linie durch elastische Deformation in Form von Beugen des Übergangsabschnittes 34, 54 zwischen den unterschiedlichen Spulen 32, 33, 52, 53 bereitgestellt, welcher in eine der Spulen 32, 33, 52, 53 gezwungen wird. Expansion unter Zugkraft und Kontraktion unter Kompression der Spiralfeder 31, 51 stellen zu einem geringeren Anteil jeder Unruh 35, 36, 55, 56 Rückstellmoment bereit. Passendes Design der Spiralfederkrümmung, insbesondere im Übergangsabschnitt 34, 54 zwischen den zwei unterschiedlichen Spulen 32, 33, 52, 53, produziert eine Drehmomentkurve, welche für jede Unruh 35, 36, 55, 56 beliebig nahe an linear sein kann.

[0030] Eine traditionelle Methode, um antisymmetrische Systemdynamik zu erhalten ist, zwei gegengewickelte Spiralfedern, welche in einem Doppeldeckerlayout an einer einzigen Unruh befestigt sind, zu verwenden. Während die Unruh oszilliert, ist eine Spiralfeder in Überwicklung, während die andere Spiralfeder gleichzeitig in Unterwicklung ist. Die neuartige Doppelspulenspiralfeder 31, 51 der beschriebenen Ausführungsformen hat im Gegensatz dazu eine Anzahl von Vorteilen. Sie produziert ein flacheres Design und daher ein dünneres Uhrwerk, weil kein Aufeinanderschichten benötigt ist. Da ein dickes Uhrwerk die Armbanduhren sperrig macht, ist ein dünnes Uhrwerk äusserst wünschenswert in Bezug auf Tragbarkeit und ästhetische Attraktivität. Die traditionelle Doppeldeckerspiralfeder setzt voraus, dass die beiden separaten Spiralfedern passend zueinander ausgerichtet sind, während sich die neuartige Doppelspulenspiralfeder 31, 51 in ihrem reagierten Zustand natürlicherweise selbst ausrichtet. Zu guter Letzt kann die traditionelle Doppeldeckerspiralfeder nicht zum Erreichen von Oszillatorsynchronisation in ein mechanisches Uhrwerk mit Doppelhemmungsoszillator integriert werden, während die neuartige Doppelspulenspiralfeder 31,51 auf einem solchen Oszillatorsystem basiert.

[0031] In den Fig. 6 und 7 ist ein Oszillatorsystem mit einem mechanischen Uhrwerk mit Doppelhemmungsoszillator bereitgestellt. Das Oszillatorsystem bewegt sich in Phase, was eine äusserst wünschenswerte Charakteristik in einem Doppelhemmungsoszillatorsystem, welches in den mechanischen high-end Uhrwerken verwendet wird, ist. Die doppelspulenspulensartig geformte Spiralfeder 61 kann verwendet werden, um eine Verbindung zwischen zwei sonst komplett isolierten Oszillatoren 60, 69 bereitzustellen. Jeder Oszillator 60, 69 ist fähig, seine eigene, individuelle Spiralfeder 62, 63 zu behalten und eine dritte verbindende Spiralfeder 64 wird zum Verbinden der isolierten Oszillatoren 60, 69 verwendet. Die inneren Enden der Spiralfeder 62, 63 sind mit den Unruhen 65 respektive 66 verbunden und die äusseren Enden der Spiralfeder 62, 63 sind mittels der Klötzchenträger 67 respektive 68 fixiert. Die individuellen und unabhängigen Spiralfedern 62, 63 stellen das Rückstellmoment für jede Unruh 65, 66 bereit. Die verbindende Spiralfeder 61 stellt etwas Rückstellmoment und ein Verbindungsdrehmoment zwischen den Unruhen 65, 66 bereit, so dass Energie zwischen den zwei Oszillatoren 60, 69 übertragen werden kann.

[0032] Der Unterschied zwischen den Ausführungsformen, welche in den Fig. 6 und 7 dargestellt sind, ist, dass Fig. 6 drei separate Spiralfedern in einer Tandemanordnung zeigt, d.h. zwei unabhängige Einzelspulenspiralfedern 62, 63 und eine verbindende Doppelspulenspiralfeder 61. Die Ausführungsform der Fig. 7 vereint die drei zuvor genannten Spiralfedern in eine einzelne koplanare Einheit mit mehreren Armen. Die Ausführungsform von Fig. 7 ist kompakter, erhöht jedoch das Kollisionsrisiko zwischen benachbarten Armen. Folgende Ausführungsformen, welche in Fig. 8, 9,10,14 und 15 gezeigt sind, beschreiben eine Spiralfederstruktur, welche auf mehreren Armen basiert. Solche Strukturen basieren alle auf dem Vereinen von zwei oder mehreren separaten Spiralfedern in oben beschriebener Art.

[0033] Die Dritte verbundene Spiralfeder 64 ermöglicht Synchronisation der zwei Oszillatoren 60, 69. Wenn die Oszillatoren 60, 69 synchronisiert sind, ist konsistente Zeitmessungsregulation und eine kohärente akustische Signatur bereitgestellt. Bewegungsgenauigkeit ist erreicht und Justierung der Oszillatoren 60, 69 durch einen Uhrmacher ist einfacher.

[0034] Die Stärke der dritten verbindenden Spiralfeder 64 ist einstellbar, um die Stärke der Kopplung zu jeder unabhängigen Spiralfeder 62, 63 zu bestimmen. In einem Extremum hat die verbindende Spiralfeder 64 Null Stärke, d.h. sie ist nicht existent. D.h. dass die beiden Oszillatoren 60, 69 komplett entkoppelt sind, wie in einem traditionellen mechanischen Uhrwerk mit Doppelhemmungsozillator. Im anderen Extremum dominiert die verbindende Spiralfeder 64 die individuellen Spiralfedern 62, 63 derartig komplett, dass sie das gesamte Rückstellmoment für beide Unruhen 65, 66 bereitstellt. Im Allgemeinen bedeutet eine starke verbindende Spiralfeder 64 eine starke Kopplung und eine schnellere Synchronisationsrate zwischen den zwei Unruhen 65, 66. Die Stärke der verbindenden Spiralfedern 64 ist abgestimmt, um überall im gesamten Spektrum zwischen den beiden Extrema zu passen. Die verbindende Spiralfeder 64 ist nominell eine separate Komponente von den individuellen Spiralfedern 62, 63, welche auf einer anderen Ebene gelagert wird, wie in der Seitenansicht auf der linken Seite von Fig. 6 gezeigt ist. Unter Verwenden von Fertigungstechnologie der Mikrofabrikation ist es jedoch möglich, eine Spirale mit verzwilligt verbundenen Doppelarmspiralen in einer einzelnen Einheit zu produzieren, welche als die individuellen Spiralfedern 62, 63 und verbindende Spiralfeder 64 dient. Dies vereinfacht den Fertigungsprozess und produziert ein flacheres Design, was ein dünneres Uhrwerk erlaubt.

[0035] Nach Fig. 8 bis 10 ist es auch möglich, drei oder mehr Oszillatoren in einer serien-, parallel- oder schleifenartigen Weise zu verbinden, um ein erweitertes System 80 zu produzieren. Das erweiterte System 80 von Oszillatoren ist mit einem passenden Hemmungsdesign in der Lage zu synchronisieren. Mit einer grösseren Menge individueller Oszillatoren erbringt der Frequenzausmittlungsprozess, welcher durch die Synchronisation verursacht wird, eine akkuratere Bewegung, das Oszillatorsystem 80 wird jedoch komplexer.

[0036] Fig. 8 zeigt einen Oszillator mit drei Unruhen 81, 82, 83 in einer Schleifenanordnung. Die Unruhen 81, 82, 83 sind durch Arme 84, 85, 86 verbunden. Die Arme 84, 85, 86 haben zwei Spulen 84A, 84B, respektive 85A, 85B, respektive 86A, 86B. Eine erste Unruh 81 ist mit einer zweiten Unruh 82 über einen ersten Arm 84 verbunden. Der erste Arm 84 hat eine mit der ersten Unruh 81 verbundene erste Spule 84A, eine mit der zweiten Unruh 82 verbundene zweite Spule 84B und einen Übergangsabschnitt 84C. Die erste Unruh 81 ist auch durch einen zweiten Arm 85 mit der dritten Unruh 83 verbunden. Der zweite Arm 85 hat eine mit der ersten Unruh 81 verbundene erste Spule 85A, eine mit der dritten Unruh 83 verbundene zweite Spule 85B und einen Übergangsabschnitt 85C. Die zweite Unruh 82 ist auch durch einen dritten Arm 86 mit der dritten Unruh 83 verbunden. Der zweite Arm 86 hat eine mit der zweiten Unruh 82 verbundene erste Spule 86A, eine mit der dritten Unruh 83 verbundene zweite Spule 86B und einen Übergangsabschnitt 86C. Die Arme 84, 85, 86 stellen das Rückstellmoment für jede Unruh 81, 82, respektive 83 bereit.

[0037] Die Fig. 9 zeigt einen Oszillator mit vier Unruhen 91, 92, 93, 94 in einer Parallelanordnung. Die Unruhen 91, 92, 93, 94 sind durch die Arme 95, 96, 97, 98 verbunden. Eine erste Unruh 91 ist durch einen ersten Arm 95 mit der zweiten Unruh 92 verbunden. Der erste Arm 95 hat eine mit der ersten Unruh 91 verbundene erste Spule 95A, eine mit der zweiten Unruh 92 verbundene zweite Spule 95B und einen Übergangsabschnitt 95C. Die zweite Unruh 92 ist durch einen zweiten Arm 96 auch mit der dritten Unruh 93 verbunden. Der zweite Arm 96 hat eine mit der zweiten Unruh 92 verbundene erste Spule 96A, eine mit der dritten Unruh 93 verbundene zweite Spule 96B und einen Übergangsabschnitt 96C. Die zweite Unruh 92 ist durch einen dritten Arm 97 auch mit der vierten Unruh 94 verbunden. Der dritte Arm 97 hat eine mit der zweiten Unruh 92 verbundene erste Spule 97A, eine mit der vierten Unruh 94 verbundene zweite Spule 97B und einen Übergangsabschnitt 97C. Die Arme 95, 96, 97 stellen das Rückstellmoment für jede Unruh 91, 92, 93, 94 bereit.

[0038] Die Fig. 10 zeigt einen Oszillator mit vier Unruhen 101, 102, 103, 104 in einer Serienanordnung. Die Unruhen 101, 102, 103, 104 sind durch Arme 105, 106, 107 verbunden. Eine erste Unruh 101 ist durch einen ersten Arm 105 mit einer zweiten Unruh 102 verbunden. Der erste Arm 105 hat eine mit der ersten Unruh 101 verbundene erste Spule 105A, eine mit der zweiten Unruh 102 verbundene zweite Spule 105B und einen Übergangsabschnitt 105C. Eine zweite Unruh 102 ist durch einen zweiten Arm 106 auch mit einer dritten Unruh 103 verbunden. Der zweite Arm 106 hat eine mit der zweiten Unruh 102 verbundene erste Spule 106A, eine mit der dritten Unruh 103 verbundene zweite Spule 106B und einen Übergangsabschnitt 106C. Die dritte Unruh 103 ist durch einen dritten Arm 107 auch mit einer vierten Unruh 104 verbunden. Der dritte Arm 107 hat eine mit der dritten Unruh 103 verbundene erste Spule 107A, eine mit der vierten Unruh 104 verbundene zweite Spule 107B und einen Übergangsabschnitt 107C.

[0039] Jegliche Kombination der Anordnungen von Fig. 8 bis 10 ist möglich.

[0040] Das Oszillatorsystem der Fig. 3 und 5 besitzt zwei Vibrationsmoden mit zwei unterschiedlichen natürlichen Frequenzen. Zusätzlich zum fundamentalen Modus ist es möglich, das Oszillatorsystem absichtlich auf einer zweiten höheren Frequenz oszillierend zu betreiben. Der zweite Modus resultiert darin, dass die zwei Unruhen komplett gegenphasig sind, während der Mittelpunkt der Übergangsabschnitte 34, 54 relativ stationär verbleibt. Im Wesentlichen verhält sich das Oszillatorsystem wie zwei individuelle und isolierte Oszillatoren. Dieser zweite Modus kann explizit erzwungen werden, indem man eine Klammer auf dem Spiralfederübergangsabschnitt platziert und ihn dadurch feststellt.

[0041] Fig. 11 illustriert, dass eine Klammer 110 bereitgestellt ist, welche den Mittelpunkt der Doppelspulen spiralfeder 111 eines Oszillators 112 feststellt. Die Klammer 110 umfasst zwei Klemmarme 115 welche verschwenkbar durch ein

zentral positioniertes Scharnier 116 verbunden sind. Wenn die Klemmarme 115 geschlossen werden, um die Spitzen der Klemmarme 115 in Kontakt zu bringen, so teilt dies die Doppelspulenpiralfeder 111 in zwei isolierte Einzelspulenabschnitten 111A, 111B. Die Unruhen 113, 114 oszillieren auf der zweiten natürlichen Frequenz.

[0042] Die Klammer 110 ist ein benutzerbedienter Mechanismus, der die Spiralfeder 111 klemmen kann, was dem mechanischen Uhrwerk erlaubt, zwischen tief- und hochfrequenten Moden zu wechseln. Die Klammer 110 ist nützlich in einem Chronograph, welcher als Zeitmesser und als Stoppuhr wirkt. Der tieffrequente Modus ist der nominale Modus für normales Zeitmessen, wenn hohe Auflösung nicht kritisch, eine geringe Abnutzung jedoch notwendig ist. Der hochfrequente Modus wird für eine Stoppuhr verwendet, wenn eine hohe Auflösung wünschenswert ist.

[0043] In den Fig. 12 und 13 benützt eine weitere Ausführungsform der Doppelspulenpiralfeder 120, 130 nur eine freie Unruh 121, 131, welche an einem Ende der Spiralfeder 120, 130 befestigt ist. Fig. 12 zeigt eine Spiralfeder 120 mit einem Umkehrpunkt im Übergangsabschnitt 122. Fig. 13 zeigt eine Spiralfeder 130 ohne einen Umkehrpunkt. Im Gegensatz zu anderen Ausführungsformen ist das andere Ende über einen Klötzchenträger 140 fixiert, was in einem Design mit asymmetrischen Randbedingungen resultiert. Dies macht das ganze Design asymmetrisch. Um mit diesem Design die gleiche symmetrische Oszillatorsystemdynamik zu erhalten, kann die Spiralfedergeometrie selbst nicht antisymmetrisch oder symmetrisch sein. Es gibt eine ganze Reihe von Parametern, welche angepasst werden können, um die asymmetrischen Randbedingungen zu kompensieren. Die beiden Spulenabschnitte 120A, 120B, 130A, 130B haben beispielsweise eine unterschiedliche Anzahl von Spulen mit verschiedener und kontinuierlich variabler räumlicher Distanz zwischen jeder Wicklung und/oder die Breite der Spiralfeder wird gemäss der Länge der Spiralfeder angepasst.

[0044] Nach Fig. 14 und 15 ist es möglich, einen Oszillator mit einer freien Unruh 141, 151 und zwei fixierten Enden zu kreieren. Eine Doppelspulen-Doppelarmspiralfeder 140, 150 kann die Unruh 141, 151 mit den zwei durch Klötzchenträger 142, 143 für Spiralfedern fixierten Enden verbinden.

[0045] Fig. 14 bildet eine Spiralfeder 140 mit Umkehrpunkten in den Übergangsabschnitten 144, 145 ab. Die Spiralfeder 140 hat zwei Arme 140A, 140B. Ein erster Arm 140A hat eine mit einem ersten Klötzchenträger 142 verbundene erste Spule 140C. Eine zweite Spule 140D des ersten Armes 140A ist mit der Unruh 141 verbunden. Ein zweiter Arm 140B hat eine erste Spule 140E, welche mit einem zweiten Klötzchenträger 143 verbunden ist. Eine zweite Spule 140F des zweiten Armes 140B ist ebenfalls mit der Unruh 141 verbunden.

[0046] Fig. 15 bildet eine Spiralfeder 150 ohne einen Umkehrpunkt im Übergangsabschnitt 144, 145 ab. Die Spiralfeder 150 hat zwei Arme 150A, 150B. Ein erster Arm 150A hat eine erste Spule 150C, welche mit einem ersten Klötzchenträger 142 verbunden ist. Eine zweite Spule 150D des ersten Armes 150A ist mit der Unruh 151 verbunden. Ein zweiter Arm 150B hat eine erste Spule 150E, welche mit einem Klötzchenträger 143 verbunden ist. Eine zweite Spule 150F des zweiten Armes 150B ist ebenfalls mit der Unruh 151 verbunden.

[0047] Die Anordnungen der Fig. 14 und 15 sind insgesamt antisymmetrisch, die individuellen Spiralspulenarme 140A, 140B, 150A, 150B können jedoch wegen der asymmetrischen Randbedingungen jedes Armes 140A, 140B, 150A, 150B nicht antisymmetrisch oder symmetrisch sein. Ein Doppelarmlayout um die freie Unruh 141, 151 bedeutet, dass der Drehmomentbeitrag jedes Armes 140A, 140B, 150A, 150B jede radiale Nettokraft auf die Unruh 141, 151 eliminiert. Dies minimiert die Reaktionskraft, welche zum Halten der Unruh 141, 151 an Ort und Stelle benötigt wird, enorm und reduziert die entsprechende Reibung dramatisch. Da jeder Arm 140A, 140B, 150A, 150B jedoch dazu tendiert, in der entgegengesetzten radialen Richtung zu stören, wenn die Unruh 141, 151 in Bewegung ist, besteht eine erhöhte Wahrscheinlichkeit, dass die Arme 140A, 140B, 150A, 150B in den Spulen 140C, 140E, 150C, 150E, welche die Unruh 141, 151 umgeben, kollidieren können. Der Gebrauch einer Doppelspulenpiralfeder 140, 150 für jeden Arm 140A, 140B, 150A, 150B bringt die Störung von der Unruh 141, 151 weg zu den Spulen 140C, 140E, 150C, 150E, welche die festen Punkte umgeben. Da nur ein Arm 140A, 140B, 150A, 150B von jedem durch einen Klötzchenträger 142, 143 gehaltenen festen Punkt ausgeht, besteht eine reduzierte Wahrscheinlichkeit einer Kollision.

[0048] Von einem Fachmann wird erkannt, dass zahlreiche Variationen und/oder Modifikationen an der Erfindung, wie sie in den spezifischen Ausführungsformen gezeigt ist, gemacht werden können, ohne vom Anwendungsbereich oder der Wesensart der Erfindung, wie sie breit beschrieben wurde, abzuweichen. Die vorliegenden Ausführungsformen sind daher in jeder Hinsicht als illustrativ und nicht einschränkend auszulegen.

Patentansprüche

- Ein Oszillatorsystem eines mechanischen Zeitmessers, umfassend:
 - mindestens eine Unruh (35, 36; 55, 56; 65,66; 81, 82, 83; 91,92, 93, 94; 101, 102, 103, 104; 113, 114; 121; 141; 151), welche frei zum Rotieren um eine Achse ist; und
 - mindestens eine Spiralfeder (31; 51; 61; 111; 120; 130; 140; 150), welche die mindestens eine Unruh (35; 55; 65; 81; 91; 101; 113; 121; 131; 141; 151) mit einem festen Punkt oder einer weiteren Unruh (36; 56; 66; 82, 83; 92, 93, 94; 102, 103, 104; 114) verbindet, die Spiralfeder (31; 51; 61; 111; 120; 130; 140; 150) beinhaltend:
 - eine erste Spule (32; 52; 84A, 85A, 86A; 95A, 96A, 97A; 105A, 106A, 107A; 140C, 140E; 150C, 150E), welche mit der mindestens einen Unruh (35; 55; 65; 81; 91; 101; 113; 121; 131; 141; 151) verbunden ist; und

CH 702 823 A2

- eine zweite Spule (33; 53; 84B, 85B, 86B; 95B, 96B, 97B; 105B, 106B, 107B; 140D, 140F; 150D, 150F), welche mit dem festen Punkt oder mit der weiteren Unruh (36; 56; 66; 82, 83; 92, 93, 94; 102, 103, 104; 114) verbunden ist; und
- einen Übergangsabschnitt (34; 54; 84C, 85C, 86C; 95C, 96C, 97C; 105C, 106C, 107C; 122; 144,145), welcher die erste Spule (32; 52; 84A, 85A, 86A; 95A, 96A, 97A; 105A, 106A, 107A; 140C, MOE; 150C, 150E) und die zweite Spule (33; 53; 84B, 85B, 86B; 95B, 96B, 97B; 105B, 106B, 107B; 140D, 140F; 150D, 150F) verbindet,
- wobei ein näherungsweise lineares Rückstellmoment für die mindestens eine Unruh (35; 55; 65; 81; 91; 101; 113; 121; 131; 141; 151) primär durch elastische Deformation des Übergangsabschnittes (34; 54; 84C, 85C, 86C; 95C, 96C, 97C; 105C, 106C, 107C; 122; 144,145) und der Spulen (32, 33; 52, 53; 84A, 84B, 85A, 85B, 86A, 86B; 95A, 95B, 96A, 96B, 97A, 97B; 105A, 105B, 106A, 106B, 107A, 107B; HOC, 140D, 140E, HOF; 150C, 150D, 150E, 150F) bereitgestellt ist, um eine oszillierende Bewegung der mindestens einen Unruh (35, 36; 55, 56; 65, 66; 81, 82, 83; 91, 92, 93, 94; 101,102,103,104; 113,114; 121; 141; 151) zu erzeugen.
2. Das Oszillatorsystem gemäss Anspruch 1, wobei wenn mindestens zwei Spiralfedern (62, 63, 64; 140; 150) vorhanden sind, die Spiralfedern (62, 63, 64; 140; 150) ineinander übergehen, um eine einzige koplanare Spiralfeder mit mehreren Armen (84, 85, 86; 95, 96, 97, 105, 106, 107; 140A, MOB; 150A, 150B) zu formieren, wobei jeder Arm (84, 85, 86; 95, 96, 97, 105,106, 107; 140A, 140B; 150A, 150B) zwei Spulen (84A, 84B, 85A, 85B, 86A, 86B; 95A, 95B, 96A, 96B, 97A, 97B; 105A, 105B, 106A, 106B, 107A, 107B; 140A,140D, HOE, 140F; 150C, 150D, 150E, 150F) hat.
 3. Das Oszillatorsystem gemäss Anspruch 1, wobei der Übergangsabschnitt (34; 84C, 85C, 86C; 95C, 96C, 97C; 105C, 106C, 107C; 144, 145) einen Umkehrpunkt enthält.
 4. Das Oszillatorsystem gemäss Anspruch 1, wobei die mindestens eine Unruh (35; 55; 65; 113) eine von zwei identischen Unruhen (35, 36; 55, 56; 65, 66; 113, 114) ist, wobei die zwei identischen Unruhen (35, 36; 55, 56; 65, 66; 113, 114) durch eine Spiralfeder (31; 51; 61; III) miteinander verbunden sind, um eine synchronisierte oszillierende Bewegung der beiden Unruhen (35, 36; 55, 56; 65, 66; 113, 114) zu erzeugen, welche antisymmetrisch um eine Gleichgewichtsposition der Spiralfeder (31; 51; 61; 111) ist.
 5. Das Oszillatorsystem nach Anspruch 4, weiter umfassend zwei Spiralfedern (62, 63, 64) mit je einer einzelnen Spule, wobei jede Spiralfeder (62, 63, 64) an ihrem inneren Ende an einer Unruh (65, 66) und an ihrem äusseren Ende über einen Klötzchenträger (67, 68) an einem festen Punkt befestigt ist, wobei die zwei Einzelspulen spiralfedern (62, 63) zum Rückstellmoment für jede Unruh (65, 66) beitragen.
 6. Das Oszillatorsystem gemäss Anspruch 4, weiter umfassend eine benutzerbediente Klemme (110), um den Übergangsabschnitt der Spiralfeder (111) festzustellen, wobei die Klemme (110) das Oszillatorsystem (112) in zwei isolierte Oszillatoren teilt und das Oszillatorsystem (112) zwingt, in einem zweiten Modus auf einer höheren natürlichen Frequenz als ein erster Modus zu oszillieren.
 7. Das Oszillatorsystem nach Anspruch 1, weiter umfassend mindestens zwei Unruhen (81, 82, 83), wobei die mindestens zwei Unruhen (81, 82, 83) durch Spiralfedern, welche eine Schleifenanordnung formieren, miteinander verbunden sind, so dass alle Unruhen (81, 82, 83) in einer synchronisierten Art oszillieren.
 8. Das Oszillatorsystem nach Anspruch 1, weiter umfassend mindestens zwei Unruhen (101, 102, 103, 104), wobei die mindestens zwei Unruhen (101, 102, 103, 104) durch Spiralfedern, welche eine Serienanordnung formieren, miteinander verbunden sind, so dass alle Unruhen (101, 102, 103, 104) in einer synchronisierten Art oszillieren.
 9. Das Oszillatorsystem nach Anspruch 1, weiter umfassend mindestens zwei Unruhen (91, 92, 93, 94), wobei die mindestens zwei Unruhen (91, 92,93, 94) durch Spiralfedern, welche eine Parallelanordnung formieren, miteinander verbunden sind, so dass alle Unruhen (91, 92, 93, 94) in einer synchronisierten Art oszillieren.
 10. Das Oszillatorsystem nach Anspruch 1, wobei die mindestens eine Unruh (121; 131; 141; 151) eine einzelne Unruh (121; 131; 141; 151) ist, welche durch mindestens zwei Spiralfedern (140; 150) oder eine einzelne Spiralfeder (120; 130) mit mehreren Armen (120A; 120B; 130A, 130B; 140A, MOB; 150A, 150B), wobei jeder Arm (120A; 120B; 130A, 130B; 140A, MOB; 150A, 150B) zwei Spulen hat, über Klötzchenträger (142, 143) mit mindestens zwei festen Punkten in einer axial-symmetrischen Anordnung verbunden ist, um die Reibung an der Unruh (121; 131; 141; 151) zu minimieren und die Wahrscheinlichkeit einer Kollision zwischen Armen (120A; 120B; 130A, BOB; MOA, MOB; 150A, 150B) der einzelnen Spiralfedern (120; 130; 140; 150) mit mehreren Armen (120A; 120B; BOA, BOB; MOA, MOB; 150A, 150B), wobei jeder Arm (120A; 120B; BOA, 130B; 140A, HOB; 150A, 150B) zwei Spulen hat, zu reduzieren, indem der Hauptanteil der Deformation der Spiralfeder (120; 130; 140; 150), welche nahe des distalen Endes der Arme (120A; 120B; 130A, 130B; HOA, HOB; 150A, 150B) auftritt.
 11. Das Oszillatorsystem nach Anspruch 1, wobei die Spiralfeder (31; 51; 61; 111; 120; 130; 140; 150) antisymmetrisch oder symmetrisch ist.

Figure 1

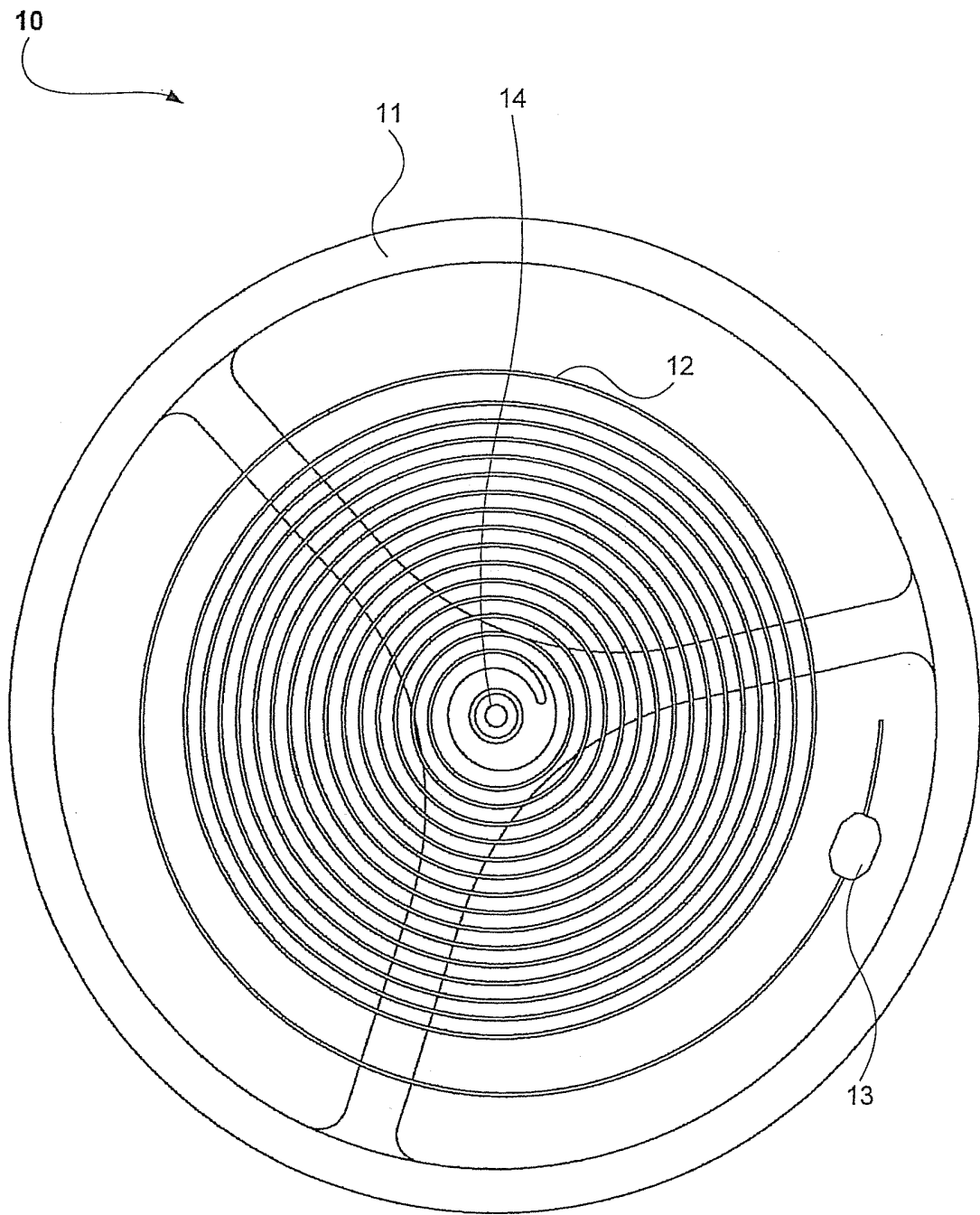


Figure 2

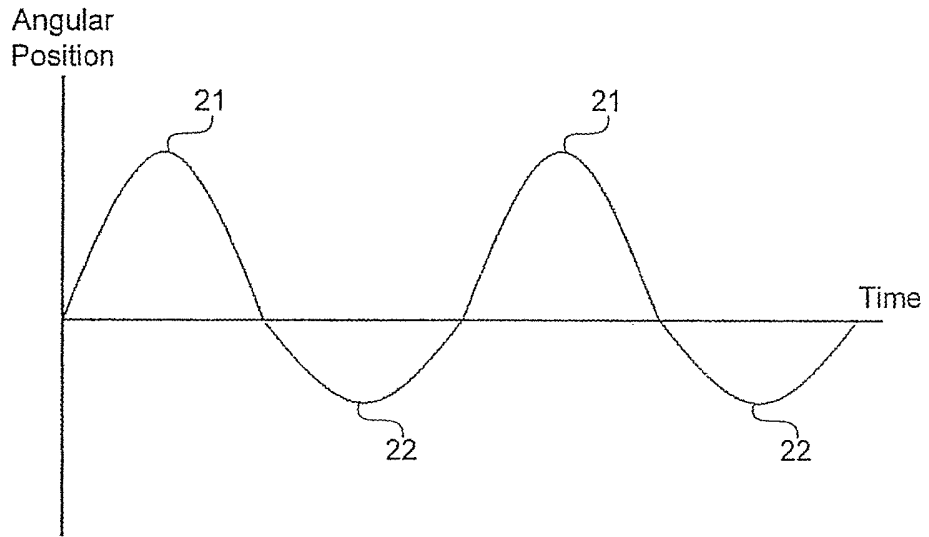


Figure 3

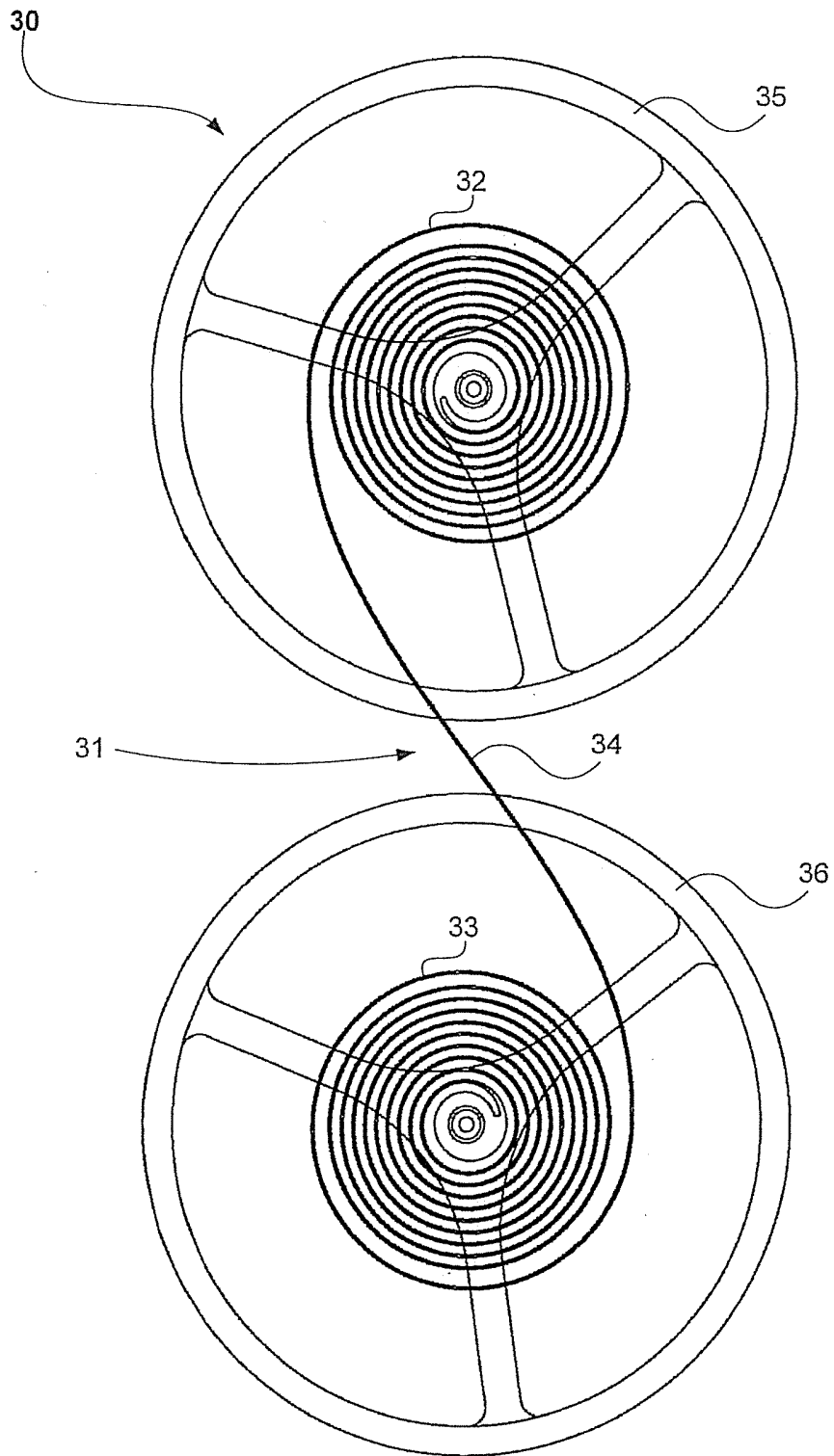


Figure 4

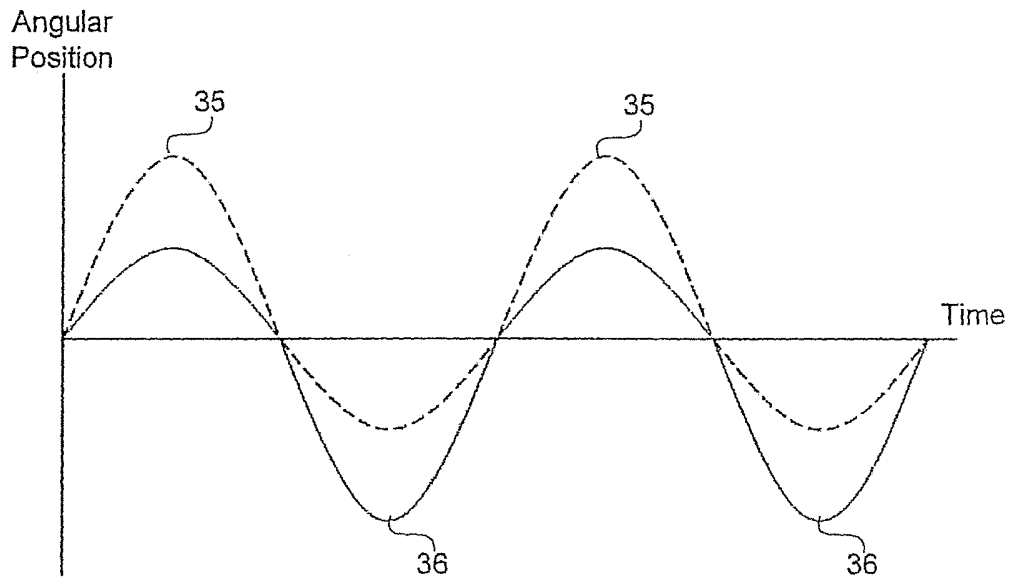


Figure 5

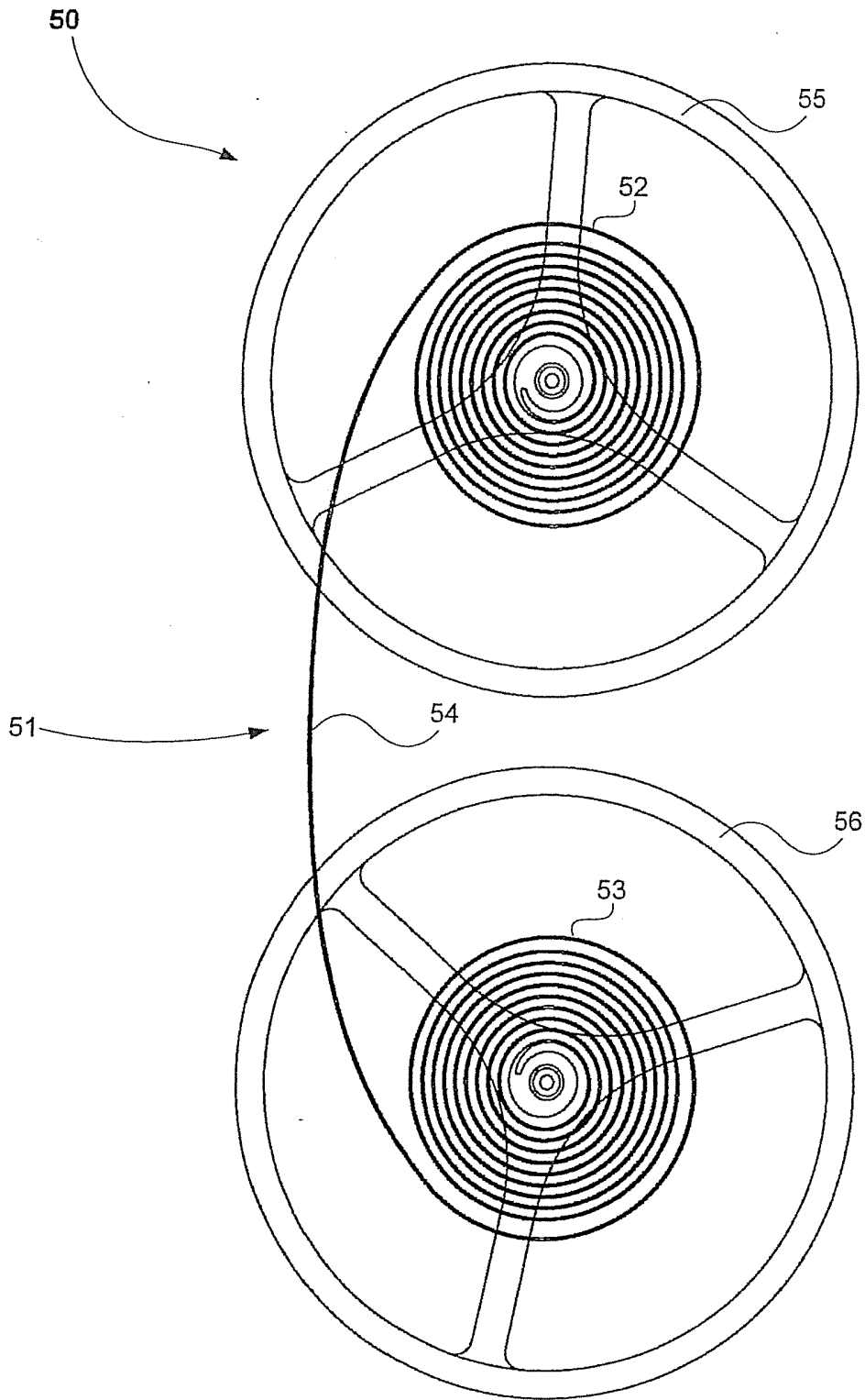


Figure 6

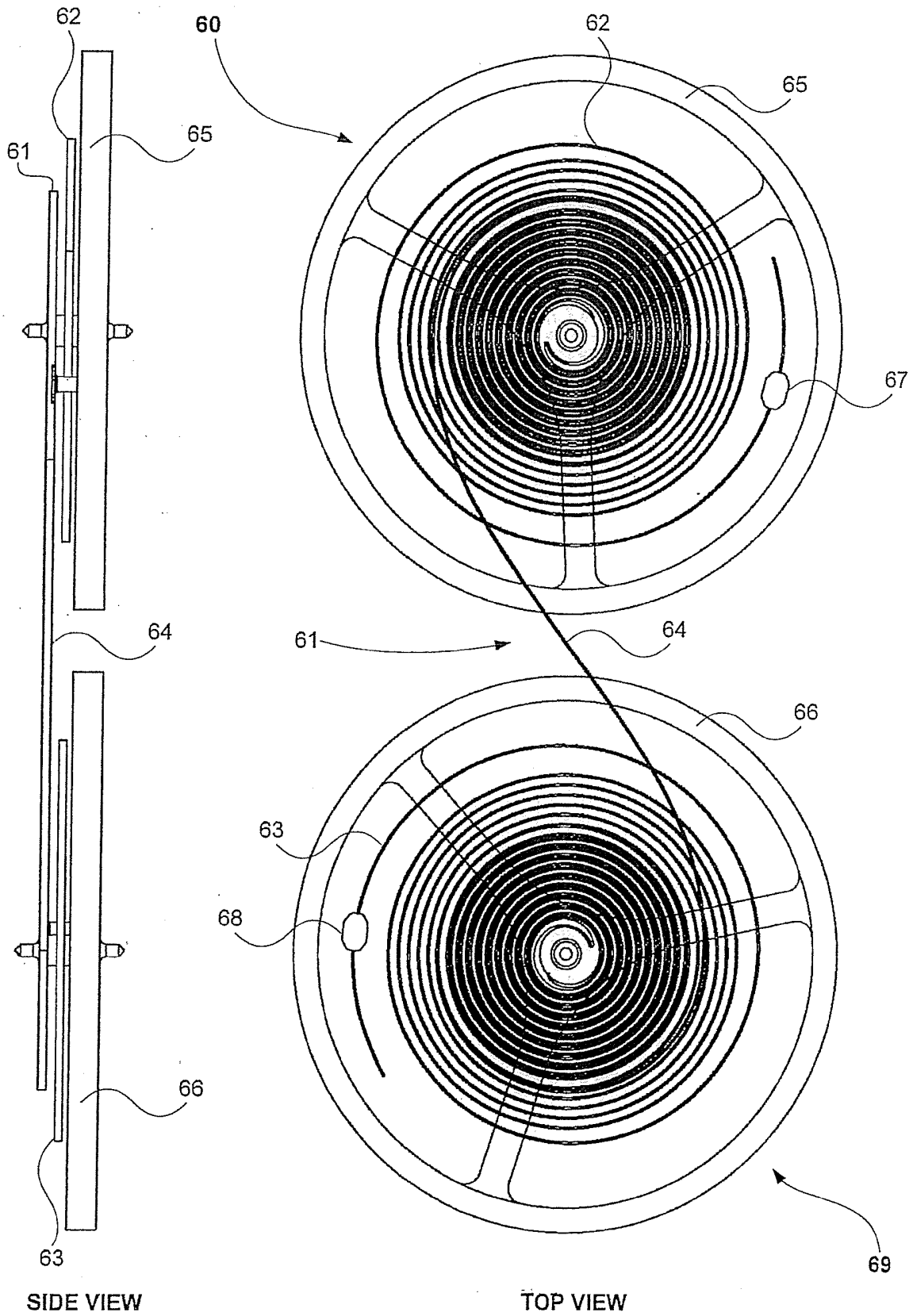


Figure 7

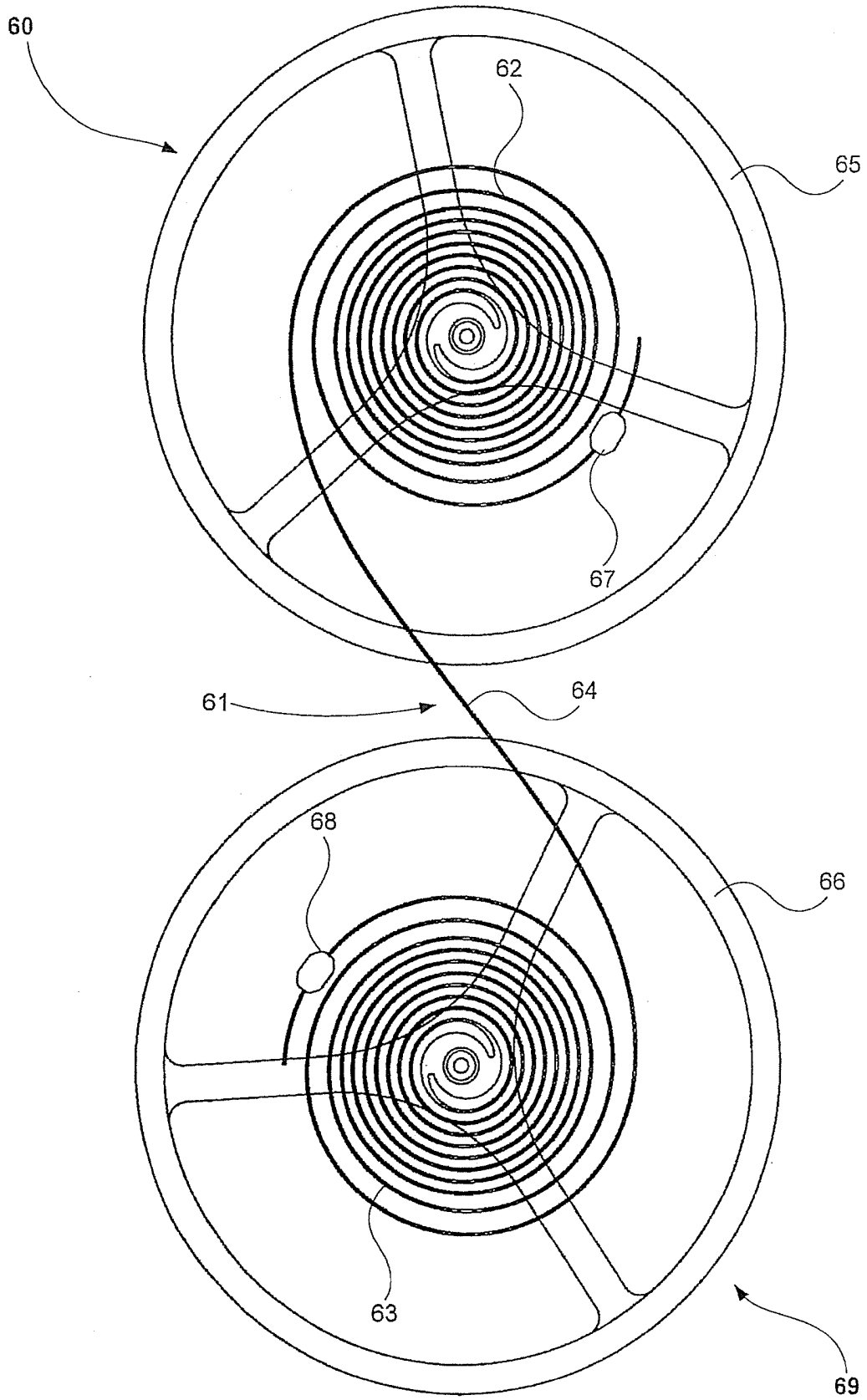


Figure 8

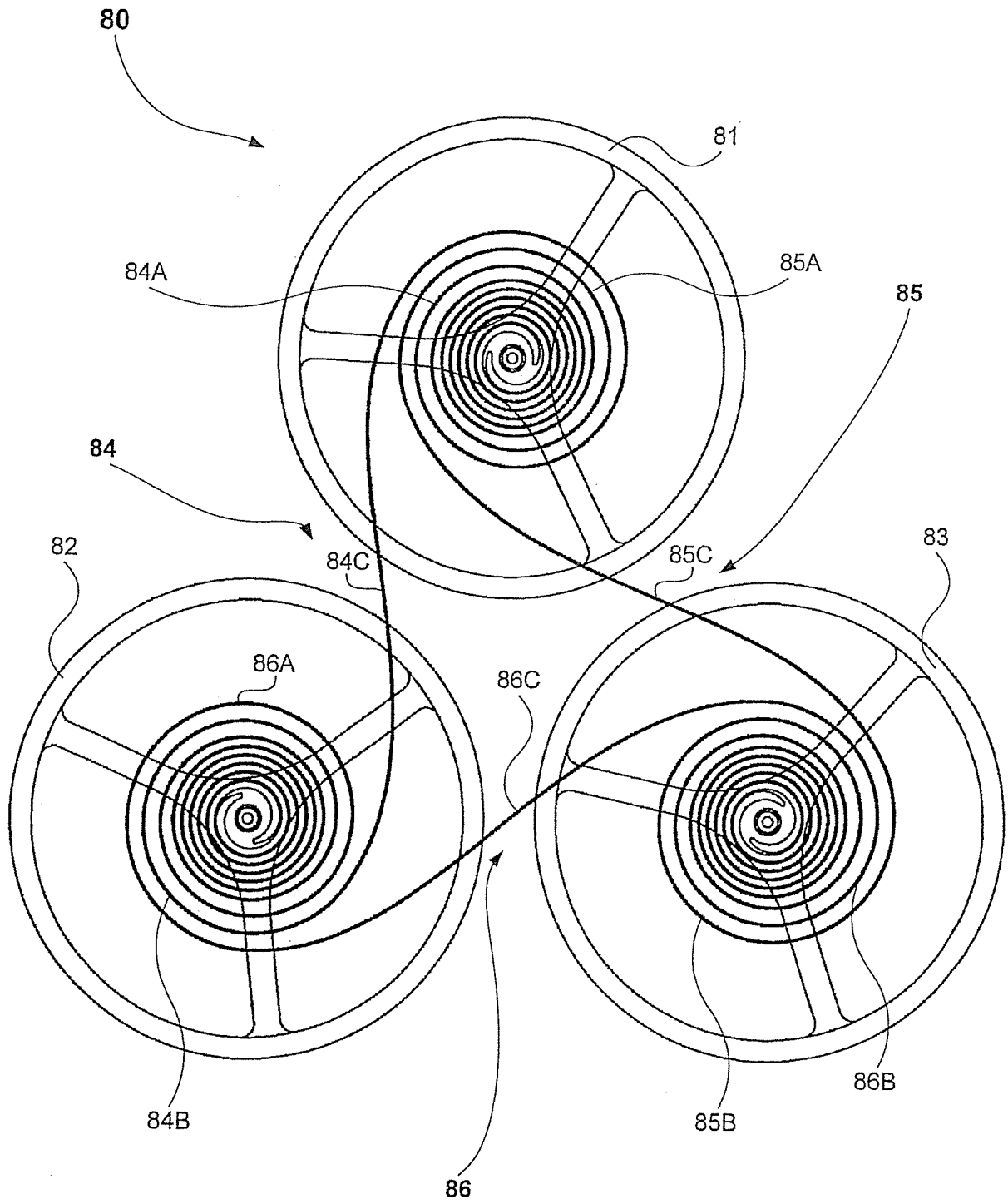


Figure 9

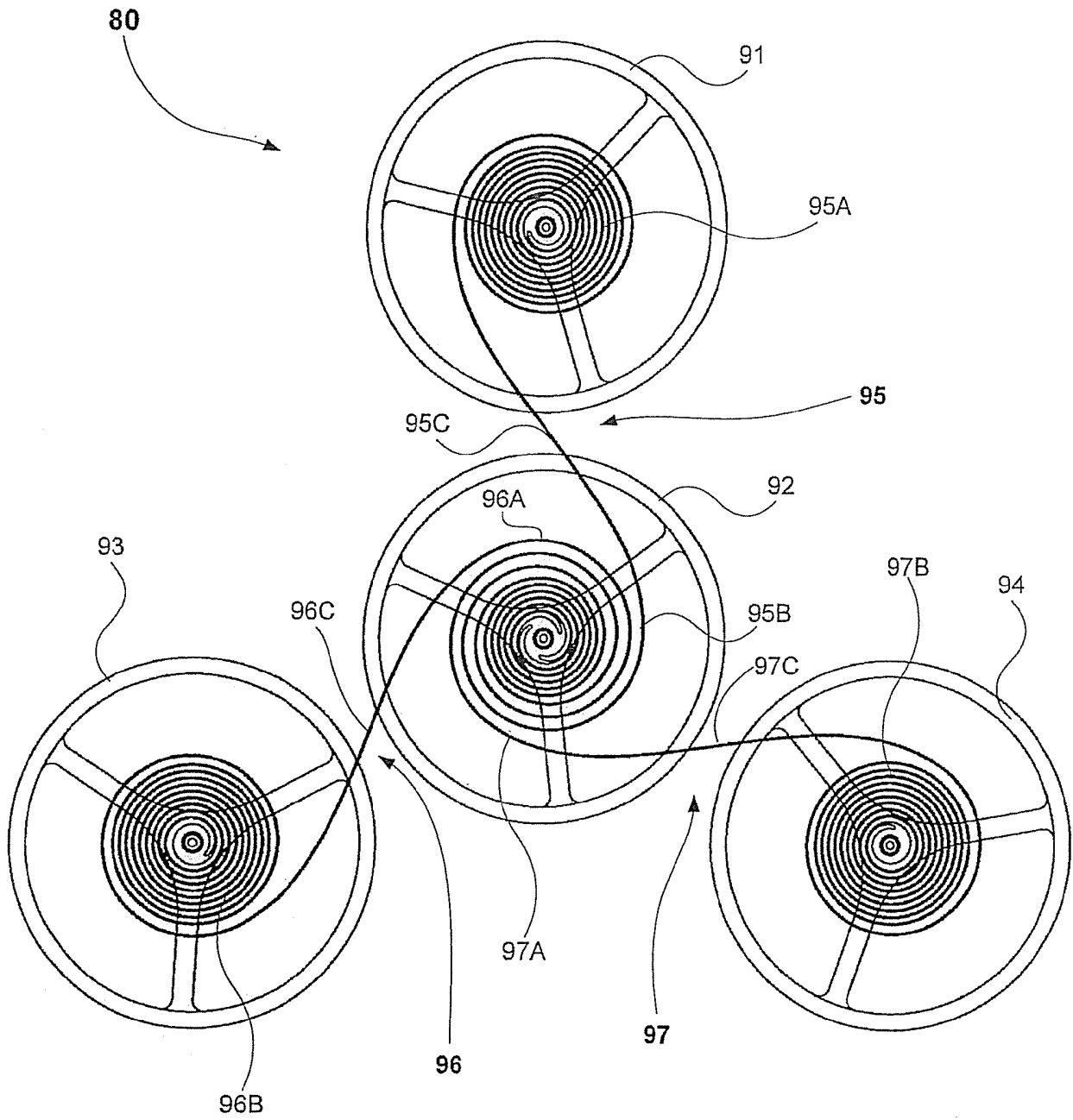


Figure 10

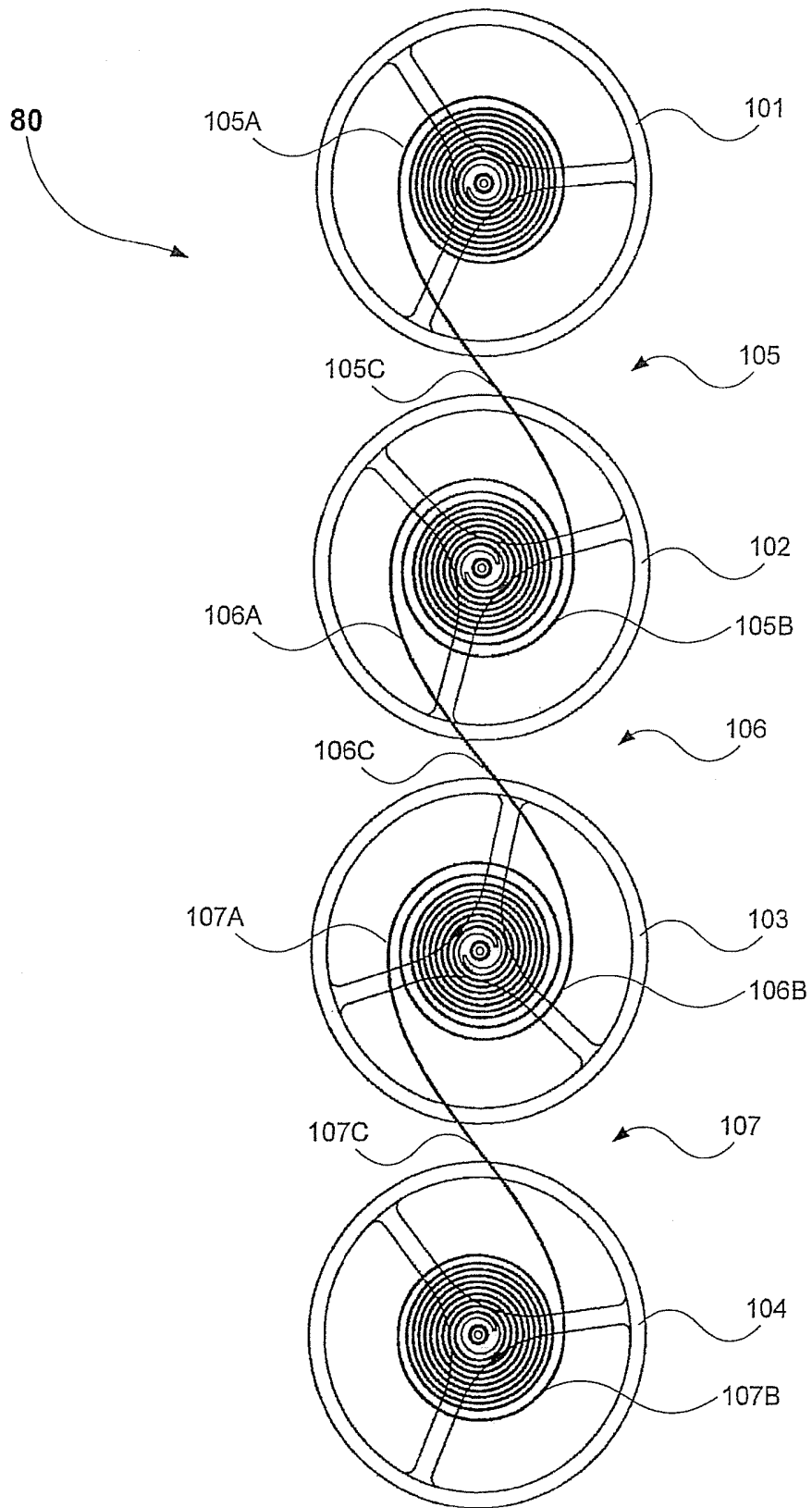


Figure 11

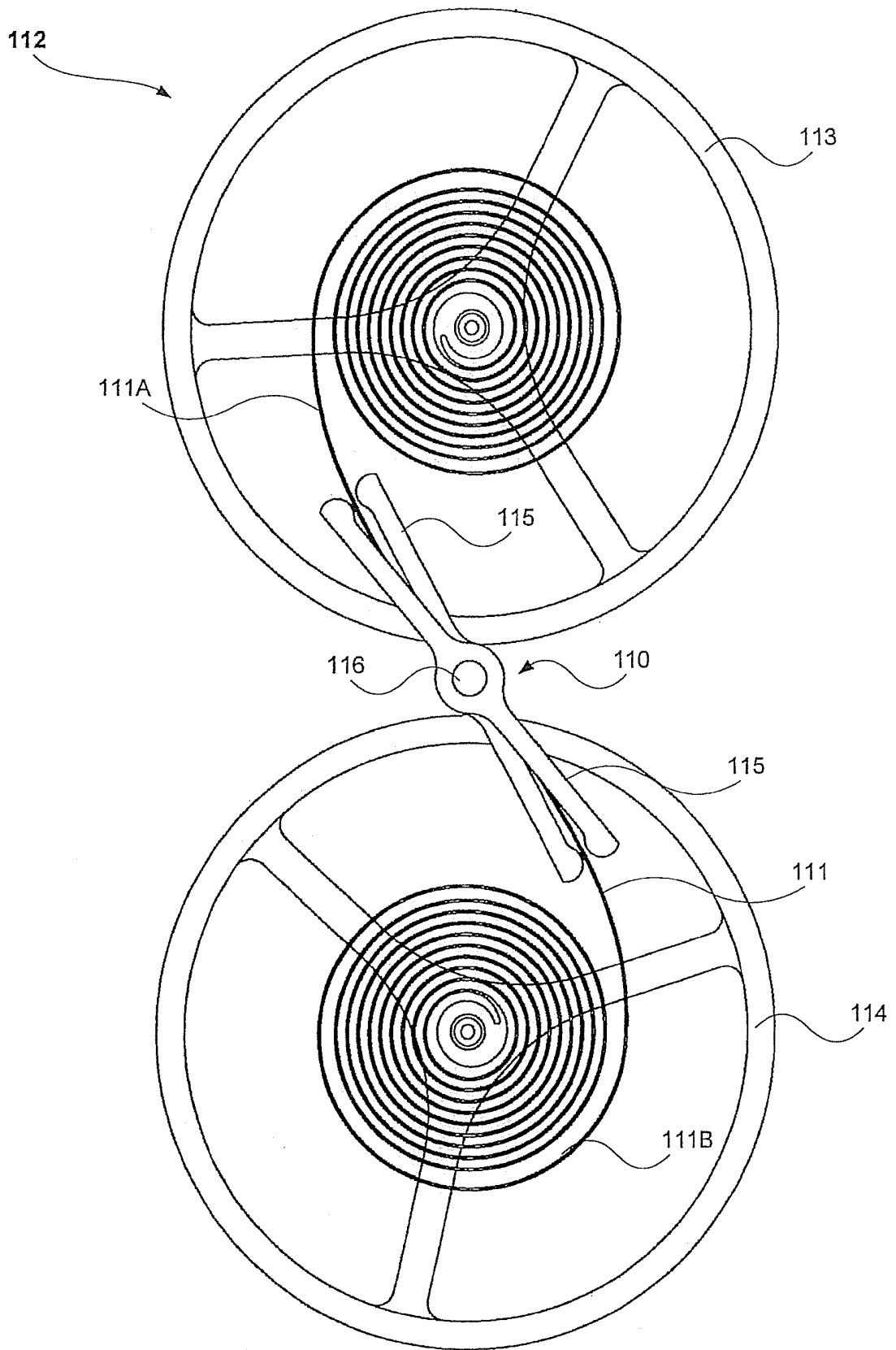


Figure 12

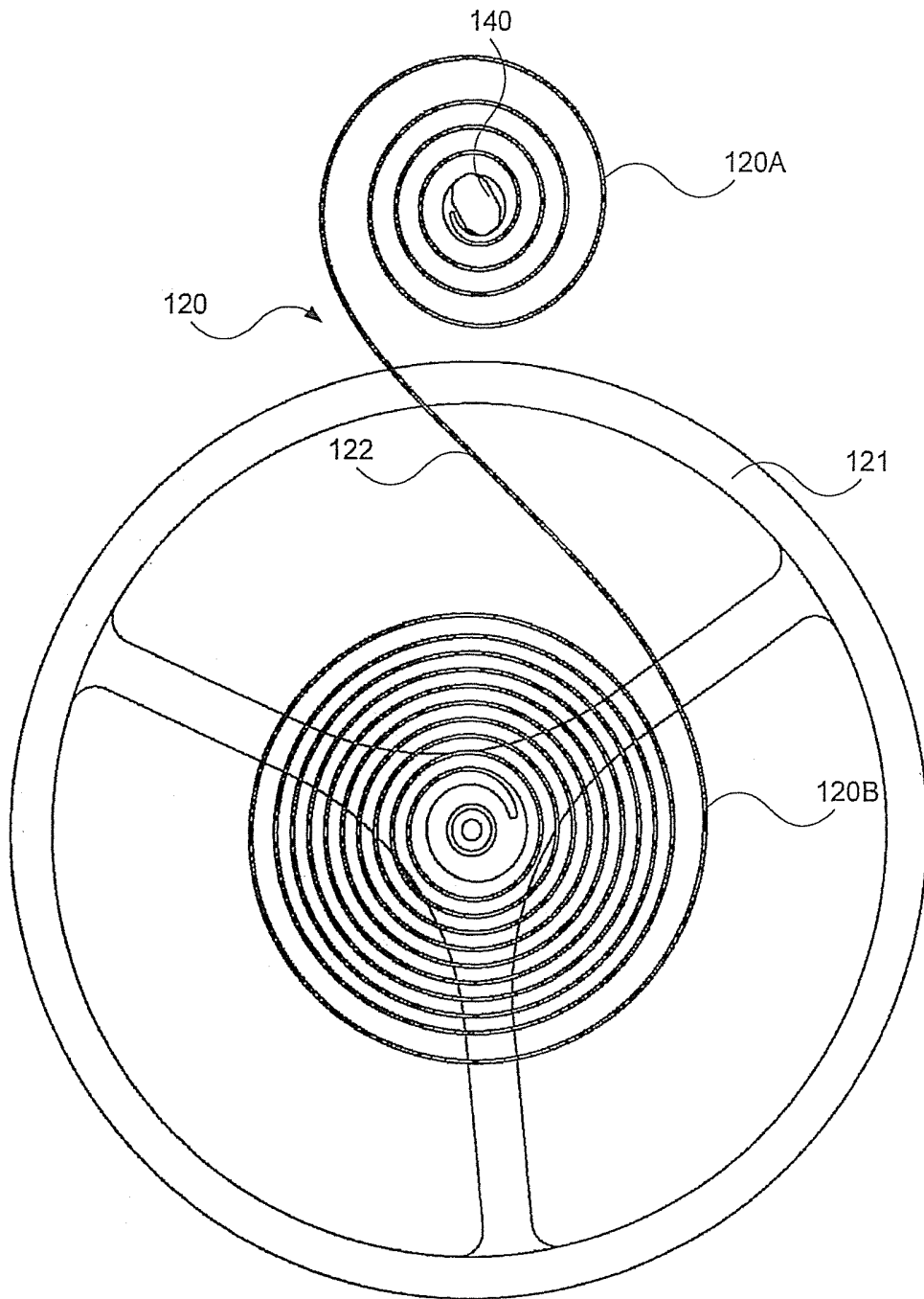


Figure 13

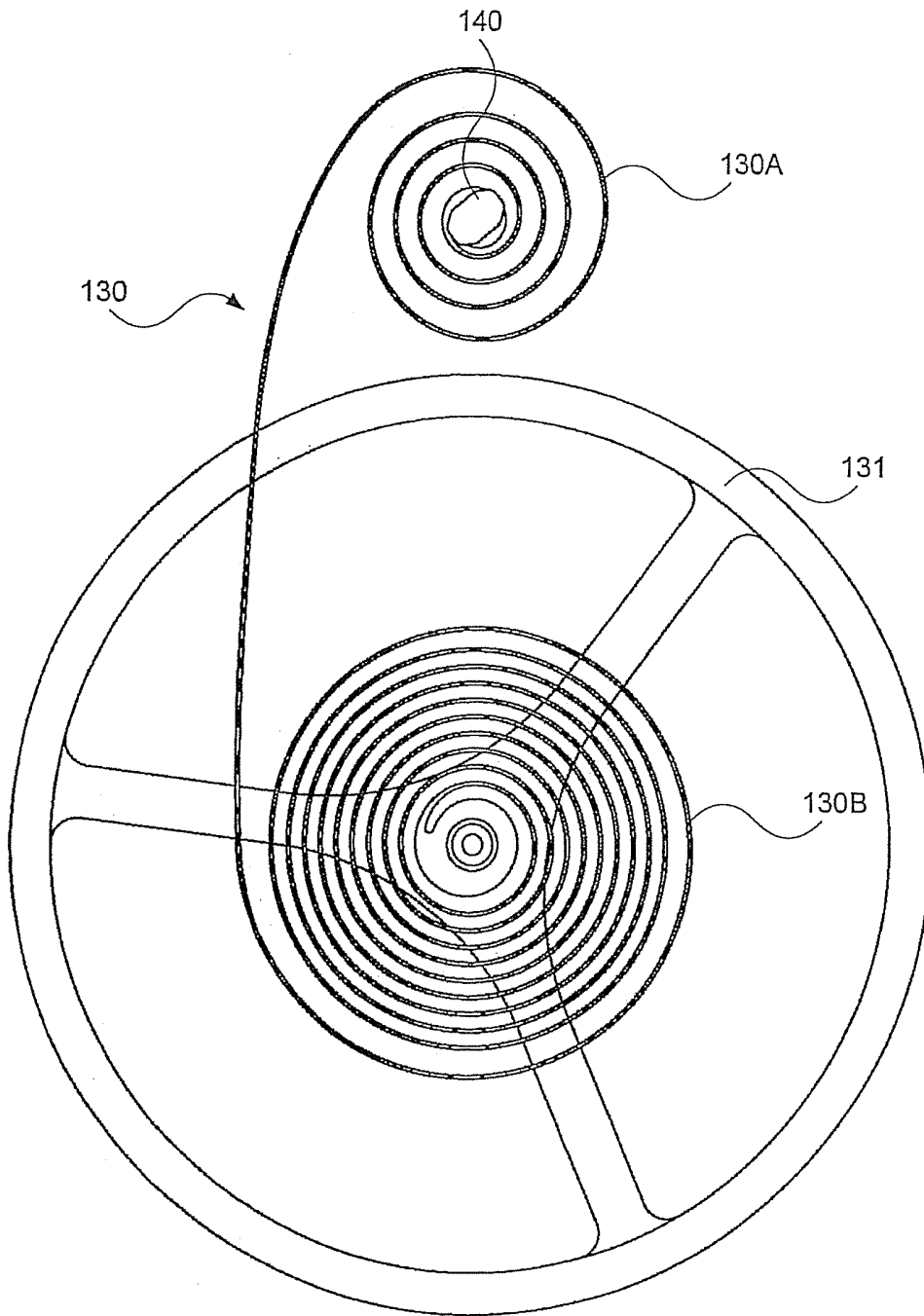


Figure 14

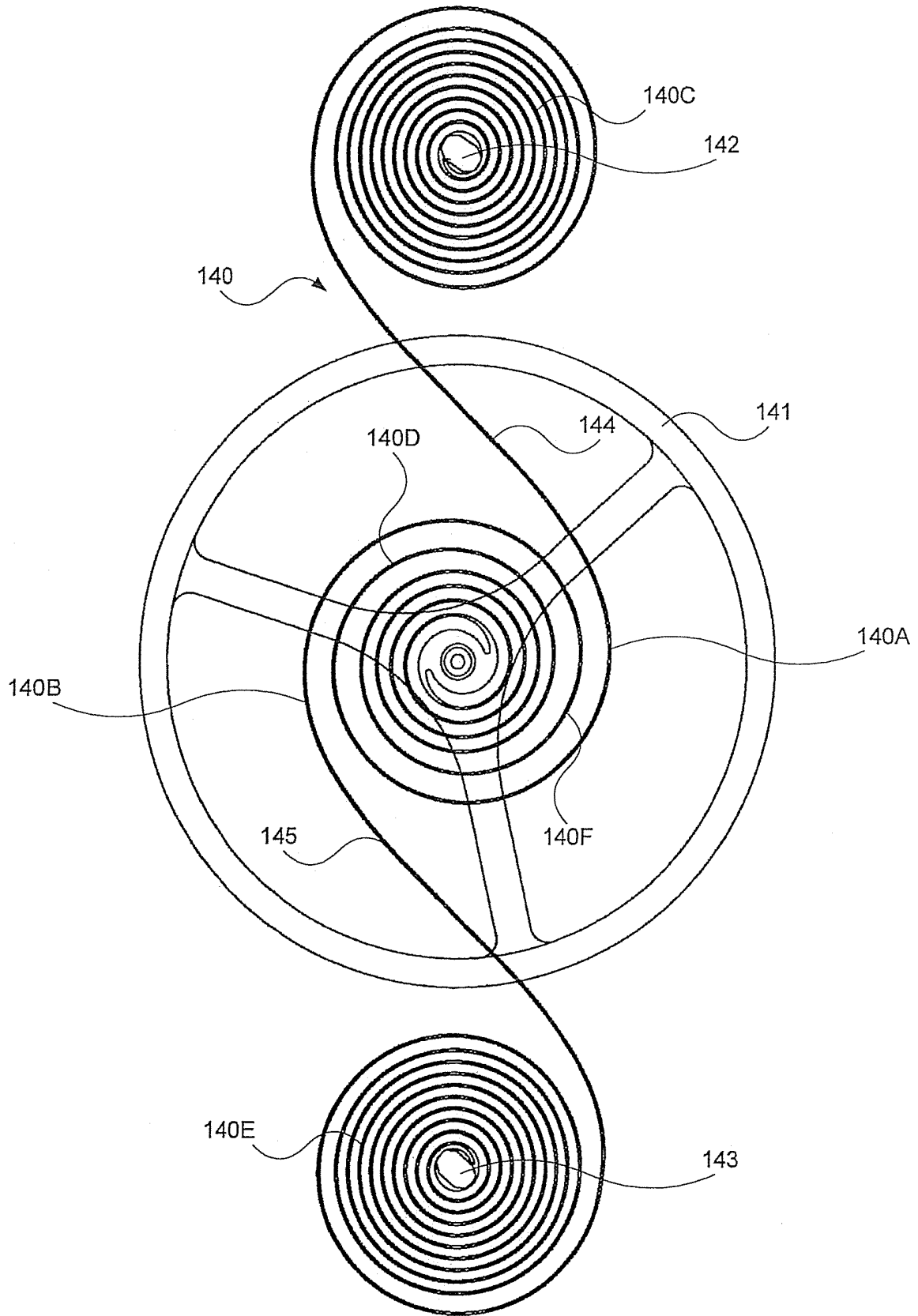


Figure 15

