



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2023 202 826.3**

(22) Anmeldetag: **28.03.2023**

(43) Offenlegungstag: **02.10.2024**

(51) Int Cl.: **G01B 7/00 (2006.01)**

(71) Anmelder:

**Infineon Technologies AG, 85579 Neubiberg, DE**

(74) Vertreter:

**Schoppe, Zimmermann, Stöckeler, Zinkler,  
Schenk & Partner mbB Patentanwälte, 81373  
München, DE**

(72) Erfinder:

**Barbul, Andreas, 81545 München, DE; Heinz,  
Richard, 80687 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

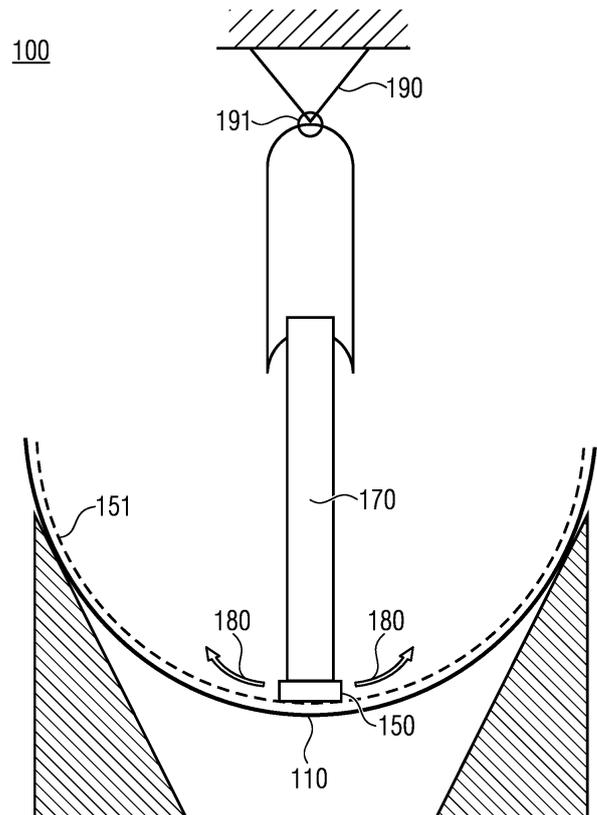
DE	10 2004 056 049	A1
DE	10 2020 113 115	A1
US	6 480 183	B1
EP	0 872 809	A1
EP	1 672 323	A2

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **INDUKTIVES POSITIONSMESSSYSTEM ZUM BESTIMMEN EINER BEWEGUNG ENTLANG EINER GEKRÜMMTEN BAHN**

(57) Zusammenfassung: Hierin offenbart ist ein induktives Positionsmesssystem (100), aufweisend ein flexibles Substrat (110) mit einer ersten Erregerspule (111) und einer ersten Empfangsspulenordnung (120), wobei die erste Erregerspule (111) und die erste Empfangsspulenordnung (120) jeweils geradlinig auf dem Substrat (110) entlang verlaufen. Das Positionsmesssystem (100) weist ferner ein von dem Substrat (110) beabstandetes metallisches Target (150) auf, das ausgestaltet ist, um eine induktive Kopplung zwischen der ersten Erregerspule (111) und der ersten Empfangsspulenordnung (120) bereitzustellen, wobei die Ist-Position des Targets (150) basierend auf dieser induktiven Kopplung bestimmbar ist. Das Target (150) ist an einem relativ zum Substrat (110) beweglichen Bauteil (170) befestigbar, dessen Position bestimmt werden soll, wobei das bewegliche Bauteil (170) mitsamt dem Target (150) entlang einer ersten Koordinatenlinie (151) auf einer gekrümmten Bahn auslenkbar ist. Das Substrat (110) ist gekrümmt, sodass die geradlinig verlaufende erste Erregerspule (111) und die geradlinig verlaufende erste Empfangsspulenordnung (120) ebenfalls gekrümmt sind und sich dabei parallel zu der ersten Koordinatenlinie (151) erstrecken.



## Beschreibung

**[0001]** Das hierin beschriebene innovative Konzept betrifft eine Vorrichtung zum Ermitteln einer aktuellen Position eines Objekts, das sich auf einer gekrümmten Bahn bewegt. Die Positionsbestimmung erfolgt mittels induktiv messender Sensorik.

**[0002]** In vielen Anwendungen ist eine exakte Bestimmung der Ist-Position eines beweglichen Gegenstands erwünscht. Hierfür können unterschiedliche Messprinzipien zur Anwendung kommen. Beispielsweise sind magnetische Positionsmessungen bekannt, wobei Magnetfeldsensoren das von einem magnetischen Bauteil ausgehende Magnetfeld ermitteln, wobei basierend auf den Magnetfeldinformationen die aktuelle Ist-Position des magnetischen Bauteils bestimmt wird. Die Magnetfeldmessungen weisen jedoch nur eine begrenzte Genauigkeit auf. Zudem sind die Magnetfeldsensoren anfällig für externe Störfelder.

**[0003]** Ebenfalls bekannt sind potentiometrische Positionsmessungen. Auch diese Messprinzipien weisen nur eine begrenzten Genauigkeit auf. Zudem sind sie relativ anfällig für mechanischen Verschleiß.

**[0004]** Auch optische Sensoren werden häufig zur Positionsbestimmung eines Objekts eingesetzt. Diese Messprinzipien unterliegen aber typischerweise den üblichen optischen Beschränkungen. So können optische Messungen meist nur in ausreichend klaren Sichtverhältnissen durchgeführt werden. Zudem sind die benötigten Messapparaturen meist relativ klobig.

**[0005]** Aufgrund der oben genannten Limitierungen setzen sich heutzutage vermehrt induktive Messprinzipien zum exakten Bestimmen der Ist-Position eines beweglichen Gegenstands durch. Es werden keine magnetischen Bauteile benötigt, sodass bei den Messungen auch keine externen Beeinflussungen durch magnetische Streufelder auftreten. Induktive Messsysteme sind zudem in sehr kleinem Maßstab herstellbar und sie sind selbst bei schwierigen äußeren Konditionen einsetzbar.

**[0006]** Induktive Messvorrichtungen können Bewegungen innerhalb einer ebenen Fläche, d.h. im zweidimensionalen Raum, messen. Dabei handelt es sich in der Regel um einfache translatorische Bewegungen innerhalb der ebenen Fläche, sowie um einfache Rotationen innerhalb der ebenen Fläche. Eine Positionsbestimmung bei einer Bewegung auf einer gekrümmten Fläche, insbesondere Bewegungen im dreidimensionalen Raum, können jedoch nur mit hohem apparativen Aufwand bewerkstelligt werden.

**[0007]** Dies betrifft beispielsweise eine Positionsbestimmung von Bauteilen, die an einem mehrdimensionalen Gelenk angeordnet sind, wie es beispielsweise in Joysticks oder Roboterarmen der Fall sein kann. Ein Beispiel für ein solches mehrdimensionales Gelenk wäre ein Kardangelenke, das auch als Kreuzgelenk oder Universalgelenk (engl. universal joint) bezeichnet wird. Ein solches Universalgelenk ermöglicht rotatorische Bewegungen in zwei Freiheitsgraden, sodass sich ein daran befestigtes Bauteil auf einem Kugelsegment bewegen kann. Hierbei handelt es sich demnach um eine mehrdimensionale Bewegung auf einer gekrümmten Fläche. Wie eingangs erwähnt, sind induktionsbasierte Positionsbestimmungen im Falle von mehrdimensionalen Bewegungen nur unter Einsatz eines hohen apparativen Aufwands möglich. Beispielsweise müssen mehrere induktiv messende Vorrichtungen bereitgestellt werden, die jeweils in eine Raumrichtung messen. Dies führt jedoch zu gesteigerten Anforderungen an die Komplexität des Gesamtsystems, einhergehend mit vergrößerten Abmessungen, sowie unmittelbar damit verbundenen erhöhten Produktionskosten.

**[0008]** Es wäre daher wünschenswert, induktive Positionsmesssysteme dahingehend zu verbessern, dass unkomplizierte und kostengünstige Apparaturen zur Ermittlung der Ist-Position eines beweglichen Objekts im dreidimensionalen Raum verwendet werden können, die zudem möglichst platzsparend in der jeweiligen Anwendung verbaut werden können.

**[0009]** Dies wird erreicht mit einem induktiven Positionsmesssystem gemäß Anspruch 1. Das induktive Positionsmesssystem weist ein flexibles Substrat mit einer ersten Erregerspule und einer ersten Empfangsspulenanordnung auf, wobei die erste Erregerspule und die erste Empfangsspulenanordnung jeweils geradlinig auf dem Substrat entlang verlaufen. Das induktive Positionsmesssystem weist außerdem ein von dem Substrat beabstandetes metallisches Target auf, das ausgestaltet ist, um eine induktive Kopplung zwischen der ersten Erregerspule und der ersten Empfangsspulenanordnung bereitzustellen, wobei die Ist-Position des Targets basierend auf dieser induktiven Kopplung bestimmbar ist. Das Target ist befestigbar an einem relativ zum Substrat beweglichen Bauteil, dessen Position bestimmt werden soll, wobei das bewegliche Bauteil mitsamt dem Target entlang einer ersten Koordinatenlinie auf einer gekrümmten Bahn auslenkbar ist. Gemäß dem hierin vorgestellten innovativen Konzept ist das Substrat gekrümmt, sodass die auf dem Substrat befindliche geradlinig verlaufende erste Erregerspule sowie die auf dem Substrat befindliche geradlinig verlaufende erste Empfangsspulenanordnung ebenfalls gekrümmt sind und sich dabei entlang dieser ersten Koordinatenlinie erstrecken.

**[0010]** Weitere Ausführungsformen und vorteilhafte Aspekte dieses induktiven Positionsmesssystems sind in den jeweils abhängigen Patentansprüchen genannt.

**[0011]** Einige Ausführungsbeispiele sind exemplarisch in der Zeichnung dargestellt und werden nachstehend erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** eine schematische Perspektivansicht eines Kreuzgelenks mit zwei Freiheitsgraden,

**Fig. 2** eine schematische Ansicht einer geschnittenen Kugel zur Beschreibung von Polarkoordinaten,

**Fig. 3** eine schematische seitliche Ansicht eines induktiven Positionsmesssystems zum Messen der Position eines beweglichen Targets mit genau einem Freiheitsgrad gemäß einem Ausführungsbeispiel,

**Fig. 4** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen der Position eines beweglichen Targets mit genau einem Freiheitsgrad gemäß einem Ausführungsbeispiel,

**Fig. 5** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem mit zusätzlichen Spulenanordnungen zur Bestimmung einer Relativposition des Targets gemäß einem Ausführungsbeispiel,

**Fig. 6** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem gemäß einem Ausführungsbeispiel in einer vereinfachten Darstellung,

**Fig. 7** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen der Position eines beweglichen Targets mit genau einem Freiheitsgrad gemäß einem Ausführungsbeispiel,

**Fig. 8** eine schematische seitliche Ansicht eines induktiven Positionsmesssystems zum Messen der Position eines beweglichen Targets mit genau zwei Freiheitsgraden gemäß einem Ausführungsbeispiel,

**Fig. 9** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen der Position eines beweglichen Targets mit genau zwei Freiheitsgraden gemäß einem Ausführungsbeispiel,

**Fig. 10** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen der Position eines beweglichen Targets mit genau zwei Freiheitsgraden gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

**Fig. 11** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen

der Position eines beweglichen Targets mit genau zwei Freiheitsgraden gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

**Fig. 12** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen der Position eines beweglichen mehrteiligen Targets mit genau zwei Freiheitsgraden gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

**Fig. 13** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen der Position eines beweglichen mehrteiligen Targets mit genau zwei Freiheitsgraden gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel,

**Fig. 14** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen der Position eines, in Form eines geometrischen Hohlkörpers ausgestalteten, beweglichen Targets mit genau zwei Freiheitsgraden gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, und

**Fig. 15** eine schematische Draufsicht auf ein induktives Positionsmesssystem zum Messen der Position eines, in Form eines geometrischen Hohlkörpers ausgestalteten, beweglichen Targets mit genau zwei Freiheitsgraden gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel.

**[0012]** Im Folgenden werden Ausführungsbeispiele mit Bezug auf die Figuren näher beschrieben, wobei Elemente mit derselben oder ähnlichen Funktion mit denselben Bezugszeichen versehen sind.

**[0013]** Verfahrensschritte, die im Rahmen der vorliegenden Offenbarung abgebildet bzw. beschrieben sind, können auch in einer anderen als der abgebildeten beziehungsweise beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden. Außerdem sind Verfahrensschritte, die ein bestimmtes Merkmal einer Vorrichtung betreffen mit ebendiesem Merkmal der Vorrichtung austauschbar, was ebenso anders herum gilt.

**[0014]** Einführend zeigt **Fig. 1** eine Perspektivansicht eines Kreuzgelenks 10, das auch als Kardangelenke oder Universalgelenk (engl. universal joint) bezeichnet wird. Das Kreuzgelenk 10 verbindet zwei Wellen 11, 12 drehbar miteinander. Jede Welle 11, 12 weist eine Drehachse 21, 22. Die beiden Drehachsen 21, 22 sind um 90° zueinander versetzt und erstrecken sich dabei durch das Kreuzgelenk 10 hindurch. Dadurch kann sich die eine Welle 11 relativ zu der jeweils anderen Welle 12 in zwei rotatorischen Freiheitsgraden 31, 32 bewegen. Die Freiheitsgrade werden auch als DOF (engl. Degree of Freedom) bezeichnet.

**[0015]** Unter der Annahme, dass eine der beiden Wellen 11, 12 starr eingespannt ist, kann die frei bewegliche Welle eine Bewegung auf einem Kugelsegment durchführen. Die frei bewegliche Welle

bewegt sich also in zwei unabhängigen Freiheitsgraden 31, 32 dreidimensional im Raum.

**[0016]** Fig. 2 zeigt die Bewegung eines Punktes P im dreidimensionalen sphärischen Raum. Die Position des Punktes P kann mittels Kugel- bzw. Polarkoordinaten definiert werden, wobei  $r$  den Abstand vom Ursprung O, und damit den Bewegungsradius, angibt, wobei der Winkel  $\theta$  den sogenannten Poldistanzwinkel beschreibt, und wobei der Winkel  $\varphi$  den sogenannten Azimutwinkel bezeichnet. Im Falle des zuvor beschriebenen Universalgelenks, entspräche der abgebildete Vektor  $\vec{v}$  der frei beweglichen Welle. Da die Länge der frei beweglichen Welle bauartbedingt unveränderlich ist, ist auch der Bewegungsradius  $r$  unveränderlich.

**[0017]** Der Punkt P entspräche dabei dem axialen Wellenende, das sich somit nur noch in zwei Freiheitsgraden, nämlich entlang dem Azimutwinkel  $\varphi$  und entlang dem Poldistanzwinkel  $\theta$  bewegen kann. Somit kann sich der Punkt P, d.h. das Wellenende, auf der gesamten Kugeloberfläche der beispielhaft abgebildeten Kugel mit dem Radius  $r$  bewegen.

**[0018]** Wäre hingegen einer dieser beiden Freiheitsgrade eingeschränkt, so würde sich der Punkt P, d.h. das Wellenende, lediglich entlang einer auf der Kugeloberfläche verlaufenden Koordinatenlinie erstrecken. Wäre beispielsweise der Poldistanzwinkel  $\theta$  eingeschränkt, so wäre der Vektor  $\vec{v}$  beispielsweise in der x-y-Ebene fixiert und könnte sich nur entlang der Koordinatenlinie 141 bewegen. Wäre hingegen der Azimutwinkel  $\varphi$  eingeschränkt, so wäre der Vektor  $\vec{v}$  beispielsweise in der y-z-Ebene fixiert und könnte sich nur entlang der Koordinatenlinie 142 bewegen. Bei einer Fixierung des Vektors  $\vec{v}$  in der x-z-Ebene könnte sich dieser beispielsweise nur entlang der Koordinatenlinie 143 bewegen.

**[0019]** Der Begriff der Koordinatenlinie wird innerhalb der vorliegenden Offenbarung also in seinem ursprünglichen Wortsinn benutzt, d.h. eine Koordinatenlinie in einem Koordinatensystem bezeichnet eine Kurve, auf der alle Koordinaten bis auf eine konstant sind.

**[0020]** Wenn also beispielsweise eine Welle nur einen der abgebildeten Freiheitsgrade  $\theta$  oder  $\varphi$  aufweist, so bewegt sich das Wellenende, d.h. der Punkt P, exakt auf einer einzelnen Koordinatenlinie 141, 142, 143. Dies entspricht einer pendelartigen Bewegung mit einem Freiheitsgrad. Wenn die Welle hingegen beide abgebildeten Freiheitsgrade  $\theta$  und  $\varphi$  aufweist, dann kann sich das Wellenende, d.h. der Punkt P, entlang von mehreren Koordinatenlinien 141, 142, 143 gleichzeitig, und somit auf der gesamten Kugeloberfläche bewegen. Dies wiederum entspricht einer Schwenkbewegung mit zwei Frei-

heitsgraden, wobei der sich daraus ergebende Bewegungsraum Kugelsegment-förmig ist.

**[0021]** Nachdem die Freiheitsgrade eines mechanischen Gelenks sowie die sich dabei ergebenden Bewegungsmöglichkeiten im sphärischen Raum, und der Begriff der Koordinatenlinie definiert sind, wird nachfolgend das hierin vorgestellte innovative induktive Positionsmesssystem näher beschrieben.

**[0022]** Fig. 3 zeigt ein induktives Positionsmesssystem 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel. Das induktive Positionsmesssystem 100 weist ein flexibles Substrat 110 auf, das in Fig. 4 in einer Draufsicht abgebildet ist.

**[0023]** Das flexible Substrat 110 weist eine erste Erregerspule 111 sowie eine erste Empfangsspulenordnung 120 auf. Wie nachfolgend erläutert wird, weist die Empfangsspulenordnung 120 mehrere einzelne Wicklungen 131, 132, 133, 134 auf, die etwa wellenförmig verlaufen. Die gesamte Empfangsspulenordnung 120 läuft jedoch, genauso wie die erste Erregerspule 111, jeweils geradlinig auf dem flexiblen Substrat 110 entlang. Wie hier rein beispielhaft abgebildet ist, kann das flexible Substrat 110 streifenförmig ausgestaltet sein. Es wäre aber auch denkbar, dass das flexible Substrat 110 andere geometrische Formen aufweist.

**[0024]** Das induktive Positionsmesssystem 100 weist ferner ein von dem Substrat 110 beabstandetes metallisches Target 150 auf. Das metallische Target 150 ist ausgestaltet, um eine induktive Kopplung zwischen der ersten Erregerspule 111 und der ersten Empfangsspulenordnung 120 bereitzustellen, wobei die Ist-Position des Targets 150 basierend auf dieser induktiven Kopplung bestimmbar ist. Zur näheren Erläuterung hierfür sei auf Fig. 4 verwiesen.

**[0025]** Wie in Fig. 4 zu sehen ist, kann die Erregerspule 111 beispielsweise in Form einer einfachen Leiterschleife ausgestaltet sein. Diese kann beispielsweise umfänglich um die Empfangsspulenordnung 120 herum angeordnet sein. Die Erregerspule 111 kann mit einem Strom- bzw. Spannungssignal beaufschlagt werden, wobei die Erregerspule 111 ein Induktionsfeld erzeugt. Das Induktionsfeld erreicht das metallische Target 150, in dem ein Induktionsstrom erzeugt wird, der seinerseits wiederum ein Gegen-Induktionsfeld erzeugt. Dieses Gegen-Induktionsfeld kann dann von der ersten Empfangsspulenordnung 120 empfangen werden. Die Empfangsspulenordnung 120 kann daher, im üblichen Jargon dieses Fachgebietes, auch als Pickup-Spulenordnung bezeichnet werden.

**[0026]** In Reaktion auf das empfangene Gegen-Induktionsfeld erzeugt die Empfangsspulenord-

nung 120 ein Ausgangssignal, das beispielsweise von einer Steuereinheit 160, z.B. in Form eines ASIC (engl.: Application Specific Integrated Circuit), verarbeitet werden kann. Dieses Ausgangssignal ist abhängig von der Position des Targets 150 relativ zu der Empfangsspulenordnung 120, sodass die Steuereinheit 160 daraus eine eindeutige Ist-Position des Targets 150 ableiten kann.

**[0027]** Um über die gesamte Weglänge ein eindeutiges Signal zu generieren, und somit eine eindeutige Ist-Position zu ermitteln, kann die Empfangsspulenordnung 120 eine erste Empfangsspule 121 und eine zweite Empfangsspule 122 aufweisen. Aufgrund ihrer speziellen Geometrie und der relativen Anordnung zueinander werden die Empfangsspulen 121, 122 auch als Sinus-Spule 121 und Cosinus-Spule 122 bezeichnet. Die Sinus-Spule 121 und die Cosinus-Spule 122 sind dabei um  $90^\circ$  zueinander phasenversetzt angeordnet.

**[0028]** Sowohl die Sinus-Spule 121 als auch die Cosinus-Spule 122 können jeweils astatisch ausgestaltet sein. Hierbei weist die Sinus-Spule 121 zwei einzelne Spulenwicklungen 131, 132 auf, die um  $180^\circ$  zueinander phasenversetzt sind. Auch die Cosinus-Spule 122 weist zwei einzelne Spulenwicklungen 133, 134 auf, die um  $180^\circ$  zueinander phasenversetzt sind. Aufgrund dieser Anordnung der Wicklungen kann sowohl in der Sinus-Spule 121 als auch in der Cosinus-Spule 122 jeweils ein differentielles Ausgangssignal erzeugt werden, das zur Kompensation von homogenen externen Streufeldern genutzt werden kann. Daher werden die Empfangsspulen 121, 122 auch als astatische Empfangsspulen bezeichnet.

**[0029]** Wie in **Fig. 3** zu sehen ist, kann das Target 150 an einem relativ zum Substrat 110 beweglichen Bauteil 170 befestigt sein. Die Position dieses Bauteils 170 soll mittels dem induktiven Positionsmesssystem 100 bestimmt werden. Hierfür ist das Target 150 an dem Bauteil 170 befestigt. Das bewegliche Bauteil 170 kann dabei, mitsamt dem daran angeordneten Target 150, entlang einer ersten Koordinatenlinie 151 auslenkbar. Bei dieser ersten Koordinatenlinie 151 handelt es sich um eine gekrümmte Polarkoordinatenlinie, wie sie zuvor unter Bezugnahme auf die in **Fig. 2** beispielhaft abgebildeten Polarkoordinatenlinien 141, 142, 143 beschrieben wurden. Somit bewegt sich das Target 150 auf einem, durch die Polarkoordinatenlinie 151 vorgegebenen, Kreisbahn-Segment, d.h. auf einem Segment bzw. einem Abschnitt einer Kreisbahn. Das Target 150 ist somit also auf einer gekrümmten Bahn auslenkbar. Diese Auslenkung ist mit den Pfeilen 180 symbolisiert.

**[0030]** Die Auslenkung 180 entspricht im Wesentlichen einer zuvor beschriebenen Pendelbewegung

mit einem Freiheitsgrad, d.h. das Bauteil 170 mit dem daran angeordneten Target 150 kann sich auf genau einer gekrümmten Koordinatenlinie 151 hin und her bewegen. Diese pendelartige Bewegung 180 kann sich beispielsweise dadurch ergeben, dass das bewegliche Bauteil 170 nur einen einzigen Freiheitsgrad aufweist, der sich beispielsweise aufgrund der Einspannung bzw. Lagerung des Bauteils 170 ergibt. Wie in **Fig. 3** beispielhaft angedeutet ist, kann das Bauteil 170 beispielsweise an einem Festlager 190 mit genau einer Rotationsachse 191 gelagert sein. Andere Ausführungsbeispiele, die unter Bezugnahme auf die nachfolgenden Figuren noch näher erläutert werden, sehen vor, dass das Bauteil 170 zwei Freiheitsgrade aufweisen kann, sodass sich das Bauteil 170 mitsamt dem daran angeordneten Target 150 in Form einer Schwenkbewegung auf einem Kugelsegment bewegen kann.

**[0031]** Bei dem Bauteil 170 kann es sich beispielsweise um eine speziell eingespannte bzw. gelagerte Achse eines Joysticks handeln. Ebenfalls denkbar wären entsprechend gelagerte Roboterachsen, z.B. in Roboterarmen. Da das Bauteil 170 in der Regel eine unveränderliche Länge aufweist, ist der Bewegungsradius des Bauteils 170 ebenfalls unveränderlich. Dadurch ergibt sich die in **Fig. 3** schematisch eingezeichnete gekrümmte Koordinatenlinie 151, entlang derer sich das Bauteil 170 hin und her bewegen kann.

**[0032]** Wie es in **Fig. 3** beispielhaft gezeigt ist, kann das Target 150 vorzugsweise an einem axialen Ende des Bauteils 170 befestigt sein, welches dem flexiblen Substrat 110 direkt gegenüberliegt. Dadurch kann ein kürzester Abstand zwischen dem Target 150 und dem flexiblen Substrat 110 ermöglicht werden, was die Signalstärke und somit die Signalqualität erhöht.

**[0033]** Gemäß dem hierin vorgestellten innovativen Konzept ist das flexible Substrat 110 gekrümmt, sodass die darauf angeordnete geradlinig verlaufende erste Erregerspule 111 und die darauf angeordnete geradlinig verlaufende erste Empfangsspulenordnung 120 ebenfalls gekrümmt sind und sich dabei parallel, d.h. mit gleichbleibendem Abstand, zu der ersten Koordinatenlinie 151 erstrecken. Die Erregerspule 111 und die Empfangsspulenordnung 120 verlaufen dabei nicht nur parallel zur Koordinatenlinie 151 sondern auch in die gleiche Richtung wie die Koordinatenlinie 151.

**[0034]** Aufgrund dieser Konstruktion erstrecken sich die geradlinig verlaufende erste Erregerspule 111 und die geradlinig verlaufende erste Empfangsspulenordnung 120 jeweils entlang der Bewegungstrajektorie des Targets 150, wenn sich das Target 150 entlang der ersten Koordinatenlinie 151 bewegt. Das sich mit dem Bauteil 170 mitbewegende Target 150

kann somit, während der Ausführung von Bewegungen, stets gegenüber von dem Substrat 110 bzw. den darauf angeordneten Spulen 111, 120 positioniert sein.

**[0035]** Die Krümmung des Substrats 110 kann dabei im Wesentlichen stets der Krümmung der Koordinatenlinie 151 entsprechen, d.h. die Krümmung des Substrats 110 kann im Wesentlichen der Trajektorie bzw. der gekrümmten Bahn entsprechen, auf der sich das Target 150 bewegt. Dadurch kann der Abstand zwischen dem Target 150 und dem Substrat 110 über die gesamte Weglänge der Bewegung des Targets 150 im Wesentlichen gleichbleibend sein. Das heißt, das Target 150 kann sich dadurch mit einem im Wesentlichen gleichbleibenden Luftspalt relativ zu der ersten Erregerspule 111 und der ersten Empfangsspulenordnung 120 bewegen. Ein gleichbleibender Luftspalt, der auch als Airgap bezeichnet wird, ist wünschenswert, um eine gleichbleibende Signalqualität zu erhalten. Der Luftspalt sollte dabei möglichst klein gehalten werden, um eine möglichst große Signalstärke zu erhalten.

**[0036]** Unter Bezugnahme auf die nachfolgenden Figuren werden weitere Vorteile des innovativen induktiven Positionsmesssystems 100 erläutert. Da diese Figuren der Übersichtlichkeit halber jedoch vereinfacht dargestellt sind, soll zunächst auf die **Fig. 5** und **6** verwiesen werden, anhand derer diese Vereinfachungen erläutert werden. In den Figuren sind jedoch Merkmale mit gleicher oder ähnlicher Funktion mit denselben Bezugszeichen referenziert.

**[0037]** **Fig. 5** zeigt im Wesentlichen die gleiche Anordnung wie **Fig. 4**, d.h. ein flexibles Substrat 110, auf dem eine zuvor diskutierte erste Erregerspule 111 sowie eine astatische Sinus-Spule 121 und eine astatische Cosinus-Spule 122 angeordnet sind. Zusätzlich ist in dem in **Fig. 5** abgebildeten Ausführungsbeispiel optional noch eine weitere Spulenordnung 500 auf dem Substrat 110 angeordnet. Diese optionale zusätzliche Spulenordnung 500 weist zwei astatische Empfangsspulen 135, 136 auf, die um jeweils  $90^\circ$  zueinander phasenversetzt angeordnet sind. Die erste Empfangsspule 135 weist zwei Wicklungen 135A, 135B auf, die um  $180^\circ$  zueinander phasenversetzt sind. Die zweite Empfangsspule 136 weist ebenfalls zwei Wicklungen 136A, 136B auf, die um  $180^\circ$  zueinander phasenversetzt sind.

**[0038]** Die Spulen 135, 136 der zusätzlichen Spulenordnung 500 können die gleiche Amplitude bzw. Elongation aufweisen wie die Sinus-Spule 121 und die Cosinus-Spule 122. Die Anzahl der durchlaufenen Schwingungen (Perioden) der einzelnen Spulen 135, 136 der zusätzlichen Spulenordnung 500 ist jedoch deutlich größer als die auf der gleichen Wegstrecke durchlaufenen Schwingungen der

Sinus-Spule 121 und der Cosinus-Spule 122. Das Verhältnis der durchlaufenen Schwingungen kann beispielsweise 5:1 oder größer sein, d.h. die Spulen 135, 136 der zusätzlichen Spulenordnung 500 können mindestens 5-mal mehr durchlaufene Schwingungen aufweisen als die im gleichen Wegintervall angeordnete Sinus-Spule 121 und die Cosinus-Spule 122.

**[0039]** Die Spulen 135, 136 der zusätzlichen Spulenordnung 500 empfangen, genauso wie die Sinus-Spule 121 und die Cosinus-Spule 122, das vom Target 150 ausgehende Induktionsfeld. Aufgrund ihrer größeren Anzahl an Perioden erzeugen die Spulen 135, 136 auch dementsprechend häufiger ein Ausgangssignal, wenn das Target 150 die Spulen 135, 136 überstreicht. Diese Ausgangssignale der Spulen 135, 136 können auf einem separaten Kanal an die Steuereinheit 160 übertragen werden. Mittels einer geeigneten Kombination der Ausgangssignale der Spulen 135, 136 mit den Ausgangssignalen der Sinus-Spule 121 und der Cosinus-Spule 122 kann die Genauigkeit der Positionsbestimmung deutlich erhöht werden. Dies entspricht im Wesentlichen der Anwendung eines Nonius-Prinzips. Dabei kann beispielsweise mittels der Sinus-Spule 121 und der Cosinus-Spule 122 die Absolutposition des Targets 150 bestimmt werden, und mittels den Spulen 135, 136 kann eine Relativposition des Targets 150 ermittelt werden.

**[0040]** Wie eingangs erwähnt wurde, werden die nachfolgenden Figuren, der besseren Übersichtlichkeit wegen, vereinfacht dargestellt. Eine solche Vereinfachung ist in **Fig. 6** abgebildet. Hier ist nur eine der beiden astatischen Empfangsspulen 121, 122 der Empfangsspulenordnung 120, beispielsweise nur die Sinus-Spule 121, gezeigt. Außerdem ist nur jeweils eine der beiden astatischen Spulen 135, 136 der zusätzlichen Spulenordnung 500, zum Beispiel die astatische Spule 135, gezeigt. Es versteht sich in der Beschreibung der nachfolgenden Figuren jedoch von selbst, dass stets beide Empfangsspulen 121, 122 der Empfangsspulenordnung 120, d.h. sowohl die Sinus-Spule 121 als auch die Cosinus-Spule 122, Gegenstand der Diskussion sind. Genauso versteht es sich, dass stets beide Empfangsspulen 135, 136 der zusätzlichen Empfangsspulenordnung 500 Gegenstand der Diskussion sind. Auch die Erregerspule 111 kann zum Zwecke der übersichtlicheren Darstellung weggelassen werden, obwohl diese natürlich vorhanden ist.

**[0041]** Unter dieser Prämisse sei zunächst auf die in **Fig. 7** abgebildete Ausführungsform verwiesen. Auch hier sind erneut Merkmale mit gleicher oder ähnlicher Funktion mit denselben Bezugszeichen wie in den anderen Figuren referenziert.

**[0042]** Fig. 7 zeigt eine Draufsicht auf das induktive Messsystem 100. Aufgrund der Draufsicht ist die zuvor diskutierte Krümmung des Substrat 110 hier nicht ersichtlich. Im Wesentlichen entspricht diese Anordnung aber dem zuvor unter Bezugnahme auf die Fig. 3 und 4 diskutierten Ausführungsbeispiel, bei welchem sich das Target 150 mit nur genau einem Freiheitsgrad entlang eines Kreisbahn-Segments bewegt, was auch hier wieder mit dem Pfeil 180 symbolisiert ist. Die Koordinatenlinie 151, auf der sich das Target 150 bewegt, ist ebenfalls eingezeichnet.

**[0043]** Das flexible Substrat 110 kann optional auf einem größeren Substrat 310, beispielsweise in Form eines Flex-PCBs (engl.: Printed Circuit Board), aufgebracht sein. Bei dem größeren Substrat 310 kann es sich aber beispielsweise auch um eine vorgeformte Struktur, beispielsweise um eine schüsselförmige hohle Halbkugel handeln. Diese Struktur 310 kann aus unterschiedlichen Materialien, wie beispielsweise Plastik-Verbundmaterialien, hergestellt sein. Es wäre aber auch denkbar, dass das optionale größere Substrat 310 nicht vorhanden ist, und dass das flexible Substrat 110 stattdessen die Form des hier beispielhaft abgebildeten größeren Substrats 310 aufweist. Das heißt, das gesamte hier abgebildete Substrat 310 entspräche dem flexiblen Substrat 110.

**[0044]** Wie außerdem zu erkennen ist, weist das Target 150 eine andere geometrische Form auf als in dem in Fig. 4 abgebildeten Ausführungsbeispiel. Prinzipiell kann das Target 150 beliebige geometrische Formen aufweisen. Vorteilhafter Weise sollte jedoch das Target 150 dabei derart dimensioniert sein, dass dessen Umfang die erste Erregerspule 111 und die erste Empfangsspulenordnung 120 in einer Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, wenn sich das Target 150 entlang der ersten Koordinatenlinie 151 bewegt.

**[0045]** Das heißt, das Target 150 umgibt stets einen Teil der ersten Erregerspule 111 und der ersten Empfangsspulenordnung 120, wenn sich das Target 150 bewegt. Dadurch kann sichergestellt werden, dass das Induktionsfeld und das Gegen-Induktionsfeld über die gesamte Wegstrecke des Targets 150 hinweg korrekt aufgebaut werden, um das zuvor beschriebene induktive Messprinzip zur Positionsbestimmung des Targets 150 zu gewährleisten.

**[0046]** Die Fig. 8 und 9 zeigen weitere denkbare Ausführungsbeispiele des induktiven Positionsmesssystems 100. Die in Fig. 8 gezeigte Ausführungsform entspricht dabei im Wesentlichen der zuvor unter Bezugnahme auf Fig. 3 diskutierten Ausführungsform. Ein Unterschied besteht jedoch in der Art der Lagerung des beweglichen Bauteils 170. In dem in Fig. 8 abgebildeten Ausführungsbeispiel weist das

Lager 190 genau zwei Freiheitsgrade auf. Hierbei kann es sich beispielsweise um ein, unter Bezugnahme auf Fig. 1, diskutiertes Kreuzgelenk 10 handeln.

**[0047]** Aufgrund der Lagerung des Bauteils 170 mit einem Lager, das zwei Freiheitsgrade aufweist, weist das Bauteil 170 ebenfalls zwei Freiheitsgrade auf, und es kann sich somit sowohl in die gleiche Erstreckungsrichtung wie die Polarkoordinatenlinie 151 bewegen (siehe Auslenkungsrichtung 180), als auch orthogonal dazu (siehe Auslenkungsrichtung 181). Auch alle Richtungen dazwischen sind möglich. Gleiches gilt für das an dem Bauteil 170 befestigte Target 150.

**[0048]** Das heißt, das Target 150 kann sich entweder entlang der ersten Polarkoordinatenlinie 151 bewegen, oder entlang einer orthogonal dazu verlaufenden zweiten Polarkoordinatenlinie 151. Aufgrund der zwei bestehenden Freiheitsgrade kann sich das Target 150 aber auch sowohl entlang der ersten Polarkoordinatenlinie 151 als auch gleichzeitig entlang der zweiten Polarkoordinatenlinie 152 bewegen. Das Target 150 kann sich in diesem Fall also in alle Raumrichtungen bewegen, die zwischen den beiden Polarkoordinatenlinien 151, 152 liegen. In anderen Worten kann zwischen den beiden gekrümmten Polarkoordinatenlinien 151, 152 eine gekrümmte Fläche bzw. Ebene aufgespannt, innerhalb derer sich das Target 150 frei in allen Richtungen bewegen kann.

**[0049]** Wie in der in Fig. 9 abgebildeten Draufsicht besser erkennbar ist, kann sich das Target 150 somit in alle Richtungen über die gekrümmte Fläche hinweg bewegen. Dies ist symbolisch anhand des mehrköpfigen Pfeilsymbols 183 dargestellt. Wenn man diese Draufsicht auf die in Fig. 8 erkennbare Krümmung überträgt, dann kann das Target 150 somit eine Bewegung entlang eines Kugelsegments ausführen.

**[0050]** Ausführungsformen sehen daher vor, dass das bewegliche Bauteil 170 mitsamt dem Target 150 sowohl entlang der ersten Koordinatenlinie 151 als auch gleichzeitig entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 auf jeweils gekrümmten Bahnen auslenkbar ist, sodass das Target 150 eine Schwenkbewegung in zwei Freiheitsgraden ausführt, wobei der sich daraus ergebende Bewegungsraum des Targets 150 Kugelsegment-förmig ist.

**[0051]** Obwohl das Target 150 in alle Richtungen über die gekrümmte Fläche hinweg beweglich ist, kann es ausreichend sein, wenn eine zweite geradlinig verlaufende und gekrümmte Erregerspule 211 sowie eine zweite geradlinig verlaufende und gekrümmte Empfangsspulenordnung 220 bereit-

gestellt werden, um die aktuelle Ist-Position des Targets 150 bestimmen zu können.

**[0052]** Wie in **Fig. 9** gezeigt ist, kann das induktive Positionsmesssystem 100 beispielsweise eine zweite Erregerspule 211 aufweisen, die im Wesentlichen gleich ausgestaltet ist wie die zuvor beschriebene erste Erregerspule 111. Zudem kann das Positionsmesssystem 100 eine zweite Empfangsspulenordnung 220 aufweisen, die ebenfalls im Wesentlichen gleich ausgestaltet ist wie die zuvor beschriebene erste Empfangsspulenordnung 120. Das heißt, auch die zweite Empfangsspulenordnung 220 kann jeweils eine astatistische Sinus-Spule sowie eine astatistische Cosinus-Spule aufweisen.

**[0053]** Auch die die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 sind hier wieder nur in einer vereinfachten Form dargestellt. Sie entsprechen jedoch im Wesentlichen der Anordnung wie sie in **Fig. 5** gezeigt ist.

**[0054]** Ferner kann auch hier optional eine zusätzliche Spulenordnung 600 vorgesehen sein, die im Wesentlichen der zuvor beschriebenen optionalen zusätzliche Spulenordnung 500 entspricht, um eine feinere Unterteilung bei der Positionsbestimmung zu erhalten.

**[0055]** Während die erste Erregerspule 111 und die erste Empfangsspulenordnung 120 so angeordnet sind, dass sie sich entlang der ersten gekrümmten Polarkoordinatenlinie 151 erstrecken, können die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 so angeordnet sein, dass sie sich entlang der zweiten gekrümmten Polarkoordinatenlinie 152 erstrecken.

**[0056]** Die erste gekrümmte Polarkoordinatenlinie 151 verläuft orthogonal zur zweiten gekrümmten Polarkoordinatenlinie 151. Somit können dementsprechend auch die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 orthogonal zur ersten Erregerspule 111 und zur ersten Empfangsspulenordnung 120 positioniert sein. Dadurch ergibt sich eine kreuzförmige Anordnung, wie sie beispielhaft in **Fig. 9** gezeigt ist.

**[0057]** Somit kann das Positionsmesssystem 100 die aktuelle Ist-Position des Targets 150 entlang der ersten Koordinatenlinie 151 mittels der ersten Erregerspule 111 und der zugehörigen ersten Empfangsspulenordnung 120 ermitteln. Zusätzlich kann das Positionsmesssystem 100 die aktuelle Ist-Position des Targets 150 entlang der orthogonal dazu verlaufenden zweiten Koordinatenlinie 152 mittels der zweiten Erregerspule 211 und der zugehörigen zweiten Empfangsspulenordnung 220 ermitteln.

**[0058]** Das induktive Positionsmesssystem 100 kann dabei ausgestaltet sein, um die Ausgangssignale der ersten Empfangsspulenordnung 120 und die Ausgangssignale der zweiten Empfangsspulenordnung 220 miteinander zu kombinieren, um hierüber Koordinaten (z.B. Polarkoordinaten im sphärischen Raum) abzuleiten, die die aktuelle Ist-Position des Targets 150 auf der gekrümmten Fläche angeben.

**[0059]** Dies entspräche einer zweidimensionalen Positionsbestimmung (z.B. in x- und y-Richtung) innerhalb einer Ebene. Gemäß einer derartigen Ausführungsform, die eine zweite Erregerspule 211 und eine zugehörige zweite Empfangsspulenordnung 220 aufweist, kann die aktuelle Ist-Position des Targets 150 über die gesamte gekrümmte Fläche hinweg ermittelt werden.

**[0060]** Die zweite Erregerspule 210 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 können dabei ebenfalls auf dem flexiblen Substrat 110 angeordnet sein. Das flexible Substrat 110 kann beispielsweise kreuzförmig ausgestaltet sein, wobei die jeweiligen Spulen 111, 120, 211, 220 jeweils an den vier Armen des Kreuzes angeordnet wären.

**[0061]** Die zweite Erregerspule 210 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 könnten aber auch auf einem (hier nicht explizit dargestellten) zweiten flexiblen Substrat angeordnet sein, wobei sich das erste und das zweite flexible Substrat, wie abgebildet, kreuzen könnten.

**[0062]** Das flexible Substrat 110 und, sofern vorhanden, das optionale zweite flexible Substrat, könnten jeweils auf dem größeren Substrat 310 angeordnet sein. Es wäre aber auch hier wieder denkbar, dass das flexible Substrat 110 die Form des hier beispielhaft abgebildeten größeren Substrats 310 aufweist. Das heißt, das gesamte hier abgebildete Substrat 310 entspräche dem hierin beschriebenen flexiblen Substrat 110. Somit wären auch hier wieder die erste Erregerspule 111, die erste Empfangsspulenordnung 120, die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 auf dem flexiblen Substrat 110 angeordnet.

**[0063]** Die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 können zum Zwecke der Signalverarbeitung mit der zuvor beschriebenen Steuereinheit 160 (z.B. ASIC) gekoppelt sein. Wie es in **Fig. 9** beispielhaft gezeigt ist, wäre es aber auch denkbar, dass eine zweite Steuereinheit 161 vorgesehen sein kann, die zum Zwecke der Signalverarbeitung mit der zweiten Erregerspule 211 und der zweiten Empfangsspulenordnung 220 gekoppelt sein kann.

**[0064]** Auch im Falle der zweiten Erregerspule 211 und der zweiten Empfangsspulenordnung 220 sollte das Target 150 vorteilhafter Weise derart dimensioniert sein, dass dessen Umfang die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 in einer Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, wenn sich das Target 150 entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 bewegt.

**[0065]** Das heißt, das Target 150 umgibt stets einen Teil der zweiten Erregerspule 211 und der zweiten Empfangsspulenordnung 220, wenn sich das Target 150 bewegt. Dadurch kann sichergestellt werden, dass das Induktionsfeld und das Gegen-Induktionsfeld über die gesamte Wegstrecke des Targets 150 hinweg korrekt aufgebaut werden, um das zuvor beschriebene induktive Messprinzip zur Positionsbestimmung des Targets 150 zu gewährleisten.

**[0066]** Wie zuvor erwähnt wurde, kann sich das Target 150 sowohl entlang der ersten Koordinatenlinie 151 als auch gleichzeitig entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 bewegen. Dadurch kann sich das Target 150 in alle Richtungen über die gekrümmte Fläche hinweg bewegen. Die aktuelle Ist-Position des Targets 150 kann bestimmt werden, indem sowohl die Ausgangssignale der ersten Empfangsspulenordnung 120 als auch die Ausgangssignale der zweiten Empfangsspulenordnung 220 verarbeitet werden, um hierüber die Koordinaten zu ermitteln, die die aktuelle Ist-Position des Targets 150 wiedergeben (vergleichbar mit einem x- und y-Wert in der Ebene).

**[0067]** Daher ist es vorteilhaft, wenn das Target 150 derart dimensioniert ist, dass dessen Umfang stets sowohl die erste Erregerspule 111 und die erste Empfangsspulenordnung 120 sowie die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 umgibt, selbst wenn sich das Target 150 entlang der ersten Koordinatenlinie 151 und gleichzeitig auch entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 bewegt. Somit können über den gesamten Bewegungsweg des Targets 150 hinweg Ausgangssignale von der ersten und der zweiten Empfangsspulenordnung 120, 220 empfangen werden, um die Koordinaten des Targets 150, und somit dessen aktuelle Ist-Position auf der gekrümmten Fläche, zu ermitteln.

**[0068]** Selbst wenn das Target 150 entlang der ersten Koordinatenlinie 151 bis zu einem bestimmten Punkt (z.B. maximal) ausgelenkt ist, sollte das Target 150 trotzdem noch (zumindest teilweise) die zweite Erregerspule 211 und die zugehörige zweite Empfangsspulenordnung 220 überdecken, um ein Ausgangssignal von der zweiten Empfangsspulenordnung 220 zur Berechnung der Koordinaten des Targets 150 zu erhalten.

**[0069]** Gleiches gilt für eine Auslenkung des Targets 150 entlang der zweiten Koordinatenlinie 152. Das heißt, selbst wenn das Target 150 entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 bis zu einem bestimmten Punkt (z.B. maximal) ausgelenkt ist, sollte das Target 150 trotzdem noch (zumindest teilweise) die erste Erregerspule 111 und die zugehörige erste Empfangsspulenordnung 120 überdecken, um ein Ausgangssignal von der ersten Empfangsspulenordnung 120 zur Berechnung der Koordinaten des Targets 150 zu erhalten.

**[0070]** Ausführungsbeispiele sehen daher vor, dass das Target 150 derart dimensioniert ist, dass dessen Umfang die erste Erregerspule 111 und die erste Empfangsspulenordnung 120 in einer Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, selbst wenn sich das Target 150 bis zu einer vorbestimmten (z.B. maximalen) Auslenkung entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 bewegt. Alternativ oder zusätzlich kann das Target 150 derart dimensioniert sein, dass dessen Umfang die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 in einer Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, selbst wenn sich das Target 150 bis zu einer vorbestimmten (z.B. maximalen) Auslenkung entlang der ersten Koordinatenlinie 151 bewegt.

**[0071]** Eine nicht-limitierende beispielhafte Ausgestaltung des Targets 150 ist in den **Fig. 10** und **11** gezeigt. Wie in **Fig. 10** zu sehen ist, kann das Target 150 einteilig ausgestaltet sein, wobei das Target 150 in einer unausgelenkten Ruheposition gegenüber von einer Kreuzungsstelle positioniert ist, an der sich die erste Erregerspule 111 und die erste Empfangsspulenordnung 120 mit der zweiten Erregerspule 211 und der zweiten Empfangsspulenordnung 220 kreuzen.

**[0072]** Das Target 150 kann beispielsweise eine so große Fläche aufweisen, dass der Umfang des Targets 150 dabei stets sowohl die erste Erregerspule 111 und die erste Empfangsspulenordnung 120 als auch die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 überdeckt.

**[0073]** In **Fig. 11** ist das Target 150 in einer maximalen Auslenkung entlang der ersten Koordinatenlinie 151 und entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 dargestellt. Die maximale Auslenkung entlang der ersten Koordinatenlinie 151 ist mit der in Strichlinien dargestellten Markierungslinie  $max_{151}$  gekennzeichnet. Die maximale Auslenkung entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 ist mit der ebenfalls in Strichlinien dargestellten Markierungslinie  $max_{152}$  gekennzeichnet.

**[0074]** Die Fläche des Targets 150 ist ausreichend groß, dass der Umfang des Targets 150 immer noch einen Teil der zweiten Erregerspule 211 und

der zweiten Empfangsspulenordnung 220 überdeckt, selbst wenn das Target 150 maximal entlang der ersten Koordinatenlinie 151 ausgelenkt ist. Zudem ist die Fläche des Targets 150 ausreichend groß, dass der Umfang des Targets 150 immer noch einen Teil der ersten Erregerspule 111 und der ersten Empfangsspulenordnung 120 überdeckt, selbst wenn das Target 150 maximal entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 ausgelenkt ist.

**[0075]** Es kann jedoch sein, dass das Target 150 nicht derart groß dimensioniert werden kann, beispielsweise aufgrund von Bauraumlimitierungen, oder aufgrund von lediglich beschränktem Platz bei der Montage auf dem beweglichen Bauteil 170 selbst. In diesem Falle kann es vorteilhaft sein, ein mehrteiliges Target 150 zu verwenden.

**[0076]** Fig. 12 zeigt ein nicht-limitierendes Beispiel eines mehrteiligen Targets 150 in einer unausgelenkten Ruheposition. Das Target 150 weist einen ersten Target-Abschnitt 101 auf, der gegenüber von einer Kreuzungsstelle positioniert ist, an der sich die erste Erregerspule 111 und die erste Empfangsspulenordnung 120 mit der zweiten Erregerspule 211 und der zweiten Empfangsspulenordnung 220 kreuzen.

**[0077]** Das Target 150 weist ferner einen zweiten Target-Abschnitt 102 auf, der auf einer durch die Kreuzungsstelle und durch den ersten Target-Abschnitt 101 verlaufenden Diagonalen 230 positioniert ist. Der zweite Target-Abschnitt 102 kann mechanisch mit dem ersten Target-Abschnitt 101 verbunden sein. Der zweite Target-Abschnitt 102 kann direkt an den ersten Target-Abschnitt 101 angrenzen, wie dies beispielhaft in Fig. 12 gezeigt ist. Der zweite Target-Abschnitt 102 kann aber auch von dem ersten Target-Abschnitt 101 entfernt angeordnet sein, wie dies beispielhaft in Fig. 13 gezeigt ist.

**[0078]** Das Target 150 weist ferner einen dritten Target-Abschnitt 103 auf, der ebenfalls auf dieser Diagonalen 230 positioniert ist, dabei jedoch, vom ersten Target-Abschnitt 101 aus betrachtet, gegenüberliegend von dem zweiten Target-Abschnitt 102 angeordnet ist. Auch der dritte Target-Abschnitt 103 kann mechanisch mit dem ersten Target-Abschnitt 101 verbunden sein. Der dritte Target-Abschnitt 103 kann direkt an den ersten Target-Abschnitt 101 angrenzen, wie dies beispielhaft in Fig. 12 gezeigt ist. Der dritte Target-Abschnitt 103 kann aber auch von dem ersten Target-Abschnitt 101 entfernt angeordnet sein, wie dies beispielhaft in Fig. 13 gezeigt ist.

**[0079]** Diese Anordnung der einzelnen Target-Abschnitte 101, 102, 103 ergibt ein mehrteiliges Target 150 mit einer geometrischen Form, die in etwa

einer doppelten Acht entspricht. Dadurch erhält man ein stärkeres Ausgangssignal an den jeweiligen Empfangsspulenordnungen 120, 220.

**[0080]** Außerdem kann die Fläche bzw. die Gesamtgröße des Targets 150 im Vergleich zu der in Fig. 11 gezeigten Ausführungsform deutlich reduziert werden. Trotzdem kann mit dieser speziellen Geometrie des Targets 150 sichergestellt werden, dass der Umfang des Targets 150 immer noch einen Teil der zweiten Erregerspule 211 und der zweiten Empfangsspulenordnung 220 überdeckt, selbst wenn das Target 150 maximal entlang der ersten Koordinatenlinie 151 ausgelenkt ist.

**[0081]** Beispielsweise kann der zweite Target-Abschnitt 102 den unteren Teil der zweiten Erregerspule 211 und der zweiten Empfangsspulenordnung 220 überdecken, selbst wenn das Target 150 maximal nach links (entlang der ersten Koordinatenlinie 151) ausgelenkt wäre. Anders herum kann der dritte Target-Abschnitt 103 den oberen Teil der zweiten Erregerspule 211 und der zweiten Empfangsspulenordnung 220 überdecken, selbst wenn das Target 150 maximal nach rechts (entlang der ersten Koordinatenlinie 151) ausgelenkt wäre.

**[0082]** Zudem kann mit dieser speziellen Geometrie des Targets 150 sichergestellt werden, dass der Umfang des Targets 150 immer noch einen Teil der ersten Erregerspule 111 und der ersten Empfangsspulenordnung 120 überdeckt, selbst wenn das Target 150 maximal entlang der zweiten Koordinatenlinie 152 ausgelenkt ist.

**[0083]** Beispielsweise kann der dritte Target-Abschnitt 103 den linken Teil der ersten Erregerspule 111 und der ersten Empfangsspulenordnung 120 überdecken, selbst wenn das Target 150 maximal nach unten (entlang der zweiten Koordinatenlinie 152) ausgelenkt wäre. Anders herum kann der zweite Target-Abschnitt 102 den rechten Teil der ersten Erregerspule 111 und der ersten Empfangsspulenordnung 120 überdecken, selbst wenn das Target 150 maximal nach oben (entlang der zweiten Koordinatenlinie 152) ausgelenkt wäre.

**[0084]** Es sind auch Ausführungsformen denkbar, in denen das mehrteilige Target 150 nur zwei der hier beispielhaft abgebildeten drei Target-Abschnitte 101, 102, 103 aufweist. Ebenfalls wären Ausführungsformen denkbar, in denen das mehrteilige Target 150 mehr als die hier beispielhaft abgebildeten drei Target-Abschnitte 101, 102, 103 aufweist.

**[0085]** In den bisher diskutierten Ausführungsbeispielen war das Target 150 als vollflächiges solides Teil ausgestaltet. In allen hierin diskutierten Ausführungsformen wäre es aber ebenso denkbar, dass das Target 150 in Form eines ringförmigen geometri-

schen Hohlkörpers ausgestaltet ist. Ringförmig bedeutet, dass der Körper in sich geschlossen ist. Dabei kann die Außenkontur des ringförmigen Körpers beliebig sein.

**[0086]** Somit kann es sich beispielsweise um ein hohles Rechteck, einen Hohlzylinder und dergleichen handeln. Beispielsweise kann das Target 150 in Form eines flachen Rechtecks ausgestaltet sein, das innen hohl ist, sodass im Wesentlichen nur die Außenkonturen des Rechtecks aus solidem Material bestehen. Dies kann beispielsweise mittels Ausstanzen aus einem plattenförmigen Material, z.B. einem Blech, erzielt werden.

**[0087]** Fig. 14 zeigt ein nicht-limitierendes Ausführungsbeispiel, in dem das Target 150 in Form eines kreisrunden ringförmigen Hohlkörpers ausgestaltet ist. Der kreisrunde Hohlkörper kann flach sein, sodass er in etwa die Form eines kreisrunden ringförmigen Plättchens aufweist. Alternativ kann der kreisrunde Hohlkörper eine Längserstreckung aufweisen, sodass er im Wesentlichen die Form eines Hohlzylinders aufweist.

**[0088]** Fig. 15 zeigt ein weiteres nicht-limitierendes Ausführungsbeispiel. Hier ist das Target 150 in Form eines rechteckigen Hohlkörpers ausgestaltet. Der rechteckige Hohlkörper kann flach sein, sodass er in etwa die Form eines rechteckigen ringförmigen Plättchens aufweist. Alternativ kann der rechteckige Hohlkörper eine Längserstreckung aufweisen, sodass er im Wesentlichen die Form eines hohlen Quaders aufweist.

**[0089]** In allen Ausführungsformen ist es vorteilhaft, wenn das Target 150 Metall aufweist oder aus Metall besteht. Beispielsweise kann das Target 150 in Form eines Metallplättchens, oder in Form einer auf einem Trägersubstrat angeordneten Metallisierung ausgestaltet sein.

**[0090]** Das hierin beschriebene innovative Konzept soll nachfolgend nochmals zusammengefasst werden. Das induktive Positionsmesssystem 100 ermöglicht es, basierend auf einer induktiven Messtechnik, eine zweidimensionale Bewegung zu messen. Dies kann ermöglicht werden mittels zweier senkrecht zueinander angeordneter Sätze von PCB Spulen 111, 120, 211, 220, flexiblen PCBs 110 und metallischen Targets 150 in einer hohlen Ring- oder Rechteckform.

**[0091]** Bei der soeben erwähnten zweidimensionalen Bewegung handelt es sich um eine Bewegung entlang einer x- und y-Achse in einem zweidimensionalen Koordinatensystem. Aufgrund der Biegung bzw. Krümmung der x- und y-Achse des linearen Bewegungssystems kann eine Bewegung eines Gelenks in einem räumlichen Koordinatensystem

berechnet werden, unter der Voraussetzung, dass der unveränderliche Biegunsradius des gekrümmten Substrats 110 bekannt ist.

**[0092]** Wenn eine Diagonalebewegung ausgeführt wird, können alle Achsen involviert sein, und unterschiedliche Ausführungsformen können benötigt werden, um eine akkurate Positionsbestimmung mittels des induktiven Positionsmesssystems 100 zu erzielen.

**[0093]** Ein induktiver Positionssensor kann eine Transmitterspule Tx (Erregerspule 111) sowie zwei Empfangsspulen Rx, Ry 121, 122 und ein metallisches Target 150 aufweisen, welches zumindest die Rx, Ry Spulen-Amplituden abdeckt. Die Rx, Ry Spulen 121, 122 können sinusförmige (Rx) oder cosinusförmige (Ry) Spulen sein.

**[0094]** Zur Bestimmung einer Absolutposition sollte eine Periode der sinusförmigen und cosinusförmigen Empfängerspulen 121, 122 durch die Bewegungslinie (Trajektorie) des Gelenks (aufweisend das metallische Target 150) hindurch laufen.

**[0095]** Wie beispielsweise in Fig. 6 gezeigt ist, kann es ein Minimalerfordernis einer Ausführungsform sein, dass diese Ausführungsform zumindest die Absolutpositions-Empfangsspulen 121, 122 beinhaltet (siehe die beispielhaft eingezeichnete Sinus-Spule 121). Der Übersichtlichkeit wegen sind die Cosinus-Spule 122 sowie das Target 150 nicht in Fig. 6 eingezeichnet.

**[0096]** In dem in Fig. 6 gezeigten Ausführungsbeispiel ist es möglich, die Genauigkeit für die zweidimensionalen Bewegungen mit einem oder mehreren Kanälen zu erhöhen, wobei ein Nonius-Prinzip angewendet werden kann, oder mittels einer Vielzahl von Sensorperioden über den gesamten Linearbereich.

**[0097]** Um die Vorteile des induktiven Messprinzips für diese Art der zweidimensionalen Bewegungen nutzen zu können, sieht das hierin beschriebene innovative Konzept vor, dass das Substrat 110, z.B. in Form eines flexiblen PCBs, zusammen mit dem darauf befindlichen Spulensystem 111, 120 gebogen wird. In manchen Ausführungsbeispielen können dünne Laminat-basierte PCBs verwendet werden. Vorteilhafter Weise können aber auch einlagige, doppelte oder mehrlagige Flex-PCBs verwendet werden. Mit derartigen Flex-Boards können unterschiedliche Formen und Schnitte durchgeführt werden, um den kreisförmigen Bewegungsbereich unterhalb des Gelenks abzudecken, was in Fig. 4 mit den Bezugszeichen 110 und 151 symbolisiert ist. Mit solchen Flex-PCBs ist es außerdem möglich, das Flex-PCB auf einfache Art und Weise dreidimensional auf einen kreisförmig ausgestalteten Sockel

zu laminieren, der aus unterschiedlichen Materialien hergestellt sein kann: Plastikverbundwerkstoffe, etc.. Beispielsweise kann ein Flex-PCB auf eine Halbröhre aus Plastik geklebt werden.

**[0098]** Ein weiterer wichtiger Aspekt betrifft die Geometrie des Targets 150. Bei dem vorliegenden induktiven Positionsmesssystem 100 können kreisförmige oder rechteckige Targets 150 verwendet werden. In einigen Ausführungsformen ist das Target 150 in Form eines Metall-Rechtecks ausgestaltet, dessen Breite sich in Abhängigkeit des linearen Bewegungsbereichs und der benötigten Genauigkeit bestimmt. Vorzugsweise können hohle Rechtecke und Kreise mit einer bestimmten Rahmenbreite eingesetzt werden, um die benötigte Fläche unterhalb des Targets 150 abzudecken. Auf diese Weise wird es dem Induktionsstrom ermöglicht, seinerseits ein entgegengesetzt gerichtetes Feld in den Empfangsspulen 121, 122 zu induzieren, was die Positionsbestimmung ermöglicht.

**[0099]** Das Target 150 kann aber auch in Form eines Plastikteils mit einer Metallisierungsschicht ausgestaltet sein. Die Metallisierungsschicht kann unterschiedliche metallische Legierungen aufweisen, um die Sensoreigenschaften zu verbessern: Ni-Au-Cu-AL Legierungen bzw. Kombinationen von einem, zwei oder mehr Elementen sind möglich.

**[0100]** Das hierin beschriebene innovative Positionsmesssystem 100 hat das Potential, die Kosten für Gelenkpositionsbestimmungen bei Robotern drastisch zu reduzieren, und gleichzeitig die Genauigkeit bei der Positionsbestimmung zu erhöhen. Denkbare Einsatzgebiete sind Roboteranwendungen in nahezu allen Bereichen, aber auch alle denkbaren joystick-Anwendungen sowie alle Anwendungen, in denen derzeit komplexe mechanische Systeme benötigt werden, um Bewegungen auf ähnliche Sensorkonzepte zu übersetzen.

**[0101]** Somit ermöglicht es das hierin vorgestellte innovative Konzept, zweidimensionale Bewegungen mit induktiven Sensoren zu erfassen, und ein lineares Encoding für zweidimensionale Bewegungen bereitzustellen. Die Linearbewegung kann dabei in eine multidimensionale Signalverarbeitung übersetzt werden.

**[0102]** Das hier vorgestellte innovative induktive Positionsmesssystem 100 kann zudem in Form der folgenden Ausführungsbeispiele ausgestaltet sein, wobei diese mit allen anderen hierin beschriebenen Ausführungsbeispielen kombinierbar sind.

**[0103]** Gemäß einem Ausführungsbeispiel kann das Substrat 110 streifenförmig sein, wobei sich die geradlinig verlaufende Erregerspule 110 sowie die geradlinig verlaufende Empfangsspulenordnung

120 jeweils in die gleiche Richtung erstrecken wie das streifenförmige Substrat 110.

**[0104]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das streifenförmige Substrat 110 entlang seiner Längserstreckungsrichtung gekrümmt sein.

**[0105]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das Substrat 110 als ein einlagiges oder mehrlagiges flexibles Foliensubstrat ausgestaltet sein.

**[0106]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel können die zweite Erregerspule 211 und die zweite Empfangsspulenordnung 220 auf einem zweiten flexiblen und gekrümmten Substrat angeordnet sein.

**[0107]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das streifenförmige zweite Substrat entlang seiner Längserstreckungsrichtung gekrümmt sein.

**[0108]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann dieses zweite Substrat streifenförmig sein, wobei sich die geradlinig verlaufende zweite Erregerspule 211 sowie die geradlinig verlaufende zweite Empfangsspulenordnung 220 jeweils in die gleiche Richtung erstrecken wie das streifenförmige zweite Substrat.

**[0109]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann das zweite Substrat als ein einlagiges oder mehrlagiges flexibles Foliensubstrat ausgestaltet sein.

**[0110]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die erste Empfangsspulenordnung 120 zumindest eine erste Empfangsspule 121 (z.B. Sin-Spule) und eine dazu versetzt angeordnete zweite Empfangsspule 122 (z.B. Cos-Spule) aufweisen, und/oder die zweite Empfangsspulenordnung 220 kann zumindest eine dritte Empfangsspule 221 (z.B. Sin-Spule) und eine dazu versetzt angeordnete vierte Empfangsspule 222 (z.B. Cos-Spule) aufweisen.

**[0111]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die Erregerspule 111 ausgestaltet sein, um mit einem elektrischen Signal beaufschlagt zu werden, um ein Induktionsfeld zu erzeugen, das einen elektrischen Stromfluss im metallischen Target 150 bewirkt, wobei das metallische Target 150 ausgestaltet sein kann, um in Reaktion auf den Stromfluss ein Induktionsfeld zu erzeugen, das in die erste Empfangsspulenordnung 120 einkoppelt, woraufhin die erste Empfangsspule 121 ein erstes Ausgangssignal erzeugt und die zweite Empfangsspule 122 ein zweites Ausgangssignal erzeugt, wobei das erste und das zweite Ausgangssignal abhängig sind von der Position des Targets 150 relativ zur Empfangsspulenordnung 120, und wobei das induktive Positionsmesssystem 100 ferner eine Steuereinheit 160

aufweisen kann, die ausgestaltet ist, um das erste und zweite Ausgangssignal miteinander zu kombinieren (z.B. mittels tan-Funktion), um basierend auf dem Ergebnis dieser Kombination die Position des Targets 150 zu ermitteln.

**[0112]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel kann die zweite Erregerspule 211 ausgestaltet sein, um mit einem elektrischen Signal beaufschlagt zu werden, um ein Induktionsfeld zu erzeugen, das einen elektrischen Stromfluss im metallischen Target 150 bewirkt, wobei das metallische Target 150 ausgestaltet sein kann, um in Reaktion auf den Stromfluss ein Induktionsfeld zu erzeugen, das in die zweite Empfangsspulenordnung 220 einkoppelt, woraufhin die dritte Empfangsspule 221 ein drittes Ausgangssignal erzeugt und die vierte Empfangsspule 222 ein viertes Ausgangssignal erzeugt, wobei das dritte und das vierte Ausgangssignal abhängig sind von der Position des Targets 150 relativ zur Empfangsspulenordnung 220, und wobei das induktive Positionsmesssystem 100 ferner eine Steuereinheit 161 aufweisen kann, die ausgestaltet ist, um das dritte und vierte Ausgangssignal miteinander zu kombinieren (z.B. mittels tan-Funktion), um basierend auf dem Ergebnis dieser Kombination die Position des Targets 150 zu ermitteln.

**[0113]** Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen lediglich eine Veranschaulichung der Prinzipien des hierin beschriebenen innovativen Konzepts dar. Es versteht sich, dass Modifikationen und Variationen der hierin beschriebenen Anordnungen und Einzelheiten anderen Fachleuten einleuchten werden. Deshalb ist beabsichtigt, dass das hierin beschriebene Konzept lediglich durch den Schutzzumfang der nachstehenden Patentansprüche und nicht durch die spezifischen Einzelheiten, die anhand der Beschreibung und der Erläuterung der Ausführungsbeispiele hierin präsentiert wurden, beschränkt sei.

**[0114]** Obwohl manche Aspekte im Zusammenhang mit einer Vorrichtung beschrieben wurden, versteht es sich, dass diese Aspekte auch eine Beschreibung des entsprechenden Verfahrens darstellen, sodass ein Block oder ein Bauelement einer Vorrichtung auch als ein entsprechender Verfahrensschritt oder als ein Merkmal eines Verfahrensschrittes zu verstehen ist. Analog dazu stellen Aspekte, die im Zusammenhang mit einem oder als ein Verfahrensschritt beschrieben wurden, auch eine Beschreibung eines entsprechenden Blocks oder Details oder Merkmals einer entsprechenden Vorrichtung dar.

### Patentansprüche

1. Induktives Positionsmesssystem (100), aufweisend:  
ein flexibles Substrat (110) mit einer ersten Erre-

gerspule (111) und einer ersten Empfangsspulenordnung (120), wobei die erste Erregerspule (111) und die erste Empfangsspulenordnung (120) jeweils geradlinig auf dem Substrat (110) entlang verlaufen,

ein von dem Substrat (110) beabstandetes metallisches Target (150), das ausgestaltet ist, um eine induktive Kopplung zwischen der ersten Erregerspule (111) und der ersten Empfangsspulenordnung (120) bereitzustellen, wobei die Ist-Position des Targets (150) basierend auf dieser induktiven Kopplung bestimmbar ist, wobei das Target (150) an einem relativ zum Substrat (110) beweglichen Bauteil (170) befestigbar ist, dessen Position bestimmt werden soll, wobei das bewegliche Bauteil (170) mitsamt dem Target (150) entlang einer ersten Koordinatenlinie (151) auf einer gekrümmten Bahn auslenkbar ist, und wobei das Substrat (110) gekrümmt ist, sodass die geradlinig verlaufende erste Erregerspule (111) und die geradlinig verlaufende erste Empfangsspulenordnung (120) ebenfalls gekrümmt sind und sich dabei parallel zu der ersten Koordinatenlinie (151) erstrecken.

2. Induktives Positionsmesssystem (100) nach Anspruch 1, wobei sich die geradlinig verlaufende erste Erregerspule (111) und die geradlinig verlaufende erste Empfangsspulenordnung (120) jeweils entlang der Bewegungstrajektorie des Targets (150) erstrecken, wenn sich das Target (150) entlang der ersten Koordinatenlinie (151) bewegt.

3. Induktives Positionsmesssystem (100) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Krümmung des Substrats (110) im Wesentlichen der Krümmung der gekrümmten Bahn entspricht, auf der sich das Target (150) bewegt, sodass sich das Target (150) mit einem im Wesentlichen gleichbleibenden Luftspalt relativ zu der ersten Erregerspule (111) und der ersten Empfangsspulenordnung (120) bewegt.

4. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erste Koordinatenlinie (151) eine gekrümmte Polarkoordinatenlinie ist, sodass sich das entlang der ersten Koordinatenlinie (151) auslenkbare Target (150) auf einem Kreisbahn-Segment bewegt.

5. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das Target (150) derart dimensioniert ist, dass dessen Umfang die erste Erregerspule (111) und die erste Empfangsspulenordnung (120) in einer Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, wenn sich das Target (150) entlang der ersten Koordinatenlinie (151) bewegt.

6. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

ferner aufweisend eine zweite Erregerspule (211) und eine zweite Empfangsspulenordnung (220), wobei die zweite Erregerspule (211) und die zweite Empfangsspulenordnung (220) jeweils geradlinig verlaufen, wobei das bewegliche Bauteil (170) mitsamt dem Target (150) entlang einer zweiten Koordinatenlinie (152) auf einer gekrümmten Bahn auslenkbar ist, und wobei die geradlinig verlaufende zweite Erregerspule (211) und die geradlinig verlaufende zweite Empfangsspulenordnung (220) jeweils gekrümmt sind und sich dabei entlang dieser zweiten Koordinatenlinie (152) erstrecken.

7. Induktives Positionsmesssystem (100) nach Anspruch 6, wobei die erste Koordinatenlinie (151) und die zweite Koordinatenlinie (152) orthogonal zueinander verlaufen, sodass die erste Erregerspule (111) und die erste Empfangsspulenordnung (120) orthogonal zu der zweiten Erregerspule (211) und der zweiten Empfangsspulenordnung (220) angeordnet sind.

8. Induktives Positionsmesssystem (100) nach Anspruch 6 oder 7, wobei das bewegliche Bauteil (170) mitsamt dem Target (150) sowohl entlang der ersten Koordinatenlinie (151) als auch entlang der zweiten Koordinatenlinie auf jeweils gekrümmten Bahnen auslenkbar ist, sodass das Target (150) eine Schwenkbewegung in zwei Freiheitsgraden ausführt, wobei der sich daraus ergebende Bewegungsraum des Targets (150) Kugelsegment-förmig ist.

9. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 8, wobei das Target (150) derart dimensioniert ist, dass dessen Umfang die zweite Erregerspule (211) und die zweite Empfangsspulenordnung (220) in einer Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, wenn sich das Target (150) entlang der zweiten Koordinatenlinie (152) bewegt.

10. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das Target (150) derart dimensioniert ist, dass dessen Umfang sowohl die erste Erregerspule (111) und die erste Empfangsspulenordnung (120) als auch die zweite Erregerspule (211) und die zweite Empfangsspulenordnung (220) in einer Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, wenn sich das Target (150) entlang der ersten und der zweiten Koordinatenlinie (151, 152) bewegt.

11. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 9, wobei das Target (150) derart dimensioniert ist, dass dessen Umfang die erste Erregerspule (111) und die erste Empfangsspulenordnung (120) in einer

Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, selbst wenn sich das Target (150) bis zu einer vorbestimmten Auslenkung entlang der zweiten Koordinatenlinie (152) bewegt, und/oder wobei das Target (150) derart dimensioniert ist, dass dessen Umfang die zweite Erregerspule (211) und die zweite Empfangsspulenordnung (220) in einer Draufsicht zumindest abschnittsweise umgibt, selbst wenn sich das Target (150) bis zu einer vorbestimmten Auslenkung entlang der ersten Koordinatenlinie (151) bewegt.

12. Induktives (100) Positionsmesssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Target (150) in Form eines Metallplättchens, oder in Form einer auf einem Trägersubstrat angeordneten Metallisierung ausgestaltet ist.

13. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei das Target (150) in Form eines geometrischen Hohlkörpers ausgestaltet ist.

14. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei das Target (150) einteilig ausgestaltet ist, wobei das Target (150) in einer unausgelenkten Ruheposition gegenüber von einer Kreuzungsstelle positioniert ist, an der sich die erste Erregerspule (111) und die erste Empfangsspulenordnung (120) mit der zweiten Erregerspule (211) und der zweiten Empfangsspulenordnung (220) kreuzen.

15. Induktives Positionsmesssystem (100) nach einem der Ansprüche 6 bis 13, wobei das Target (151) mehrteilig ausgestaltet ist, wobei in einer unausgelenkten Ruheposition des Targets (150):

- ein erster Target-Abschnitt (101) gegenüber von einer Kreuzungsstelle positioniert ist, an der sich die erste Erregerspule (111) und die erste Empfangsspulenordnung (120) mit der zweiten Erregerspule (211) und der zweiten Empfangsspulenordnung (220) kreuzen, und
- ein zweiter Target-Abschnitt (102) auf einer durch die Kreuzungsstelle und durch den ersten Target-Abschnitt (101) verlaufenden Diagonalen (230) positioniert ist, und
- ein dritter Target-Abschnitt (103) ebenfalls auf dieser Diagonalen (230) positioniert ist, dabei jedoch, vom ersten Target-Abschnitt (101) aus betrachtet, gegenüberliegend von dem zweiten Target-Abschnitt (102) angeordnet ist.

Es folgen 13 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

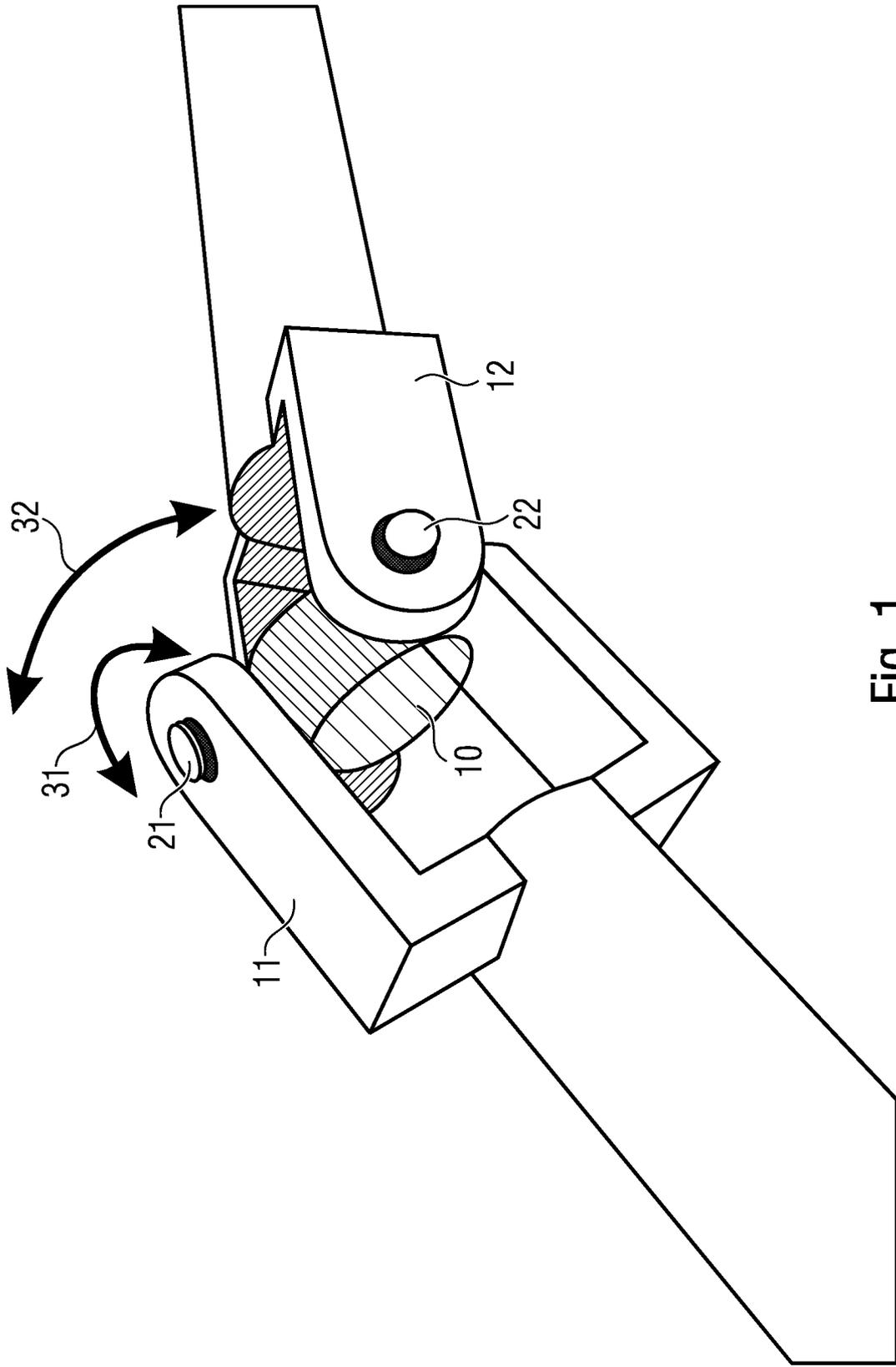


Fig. 1

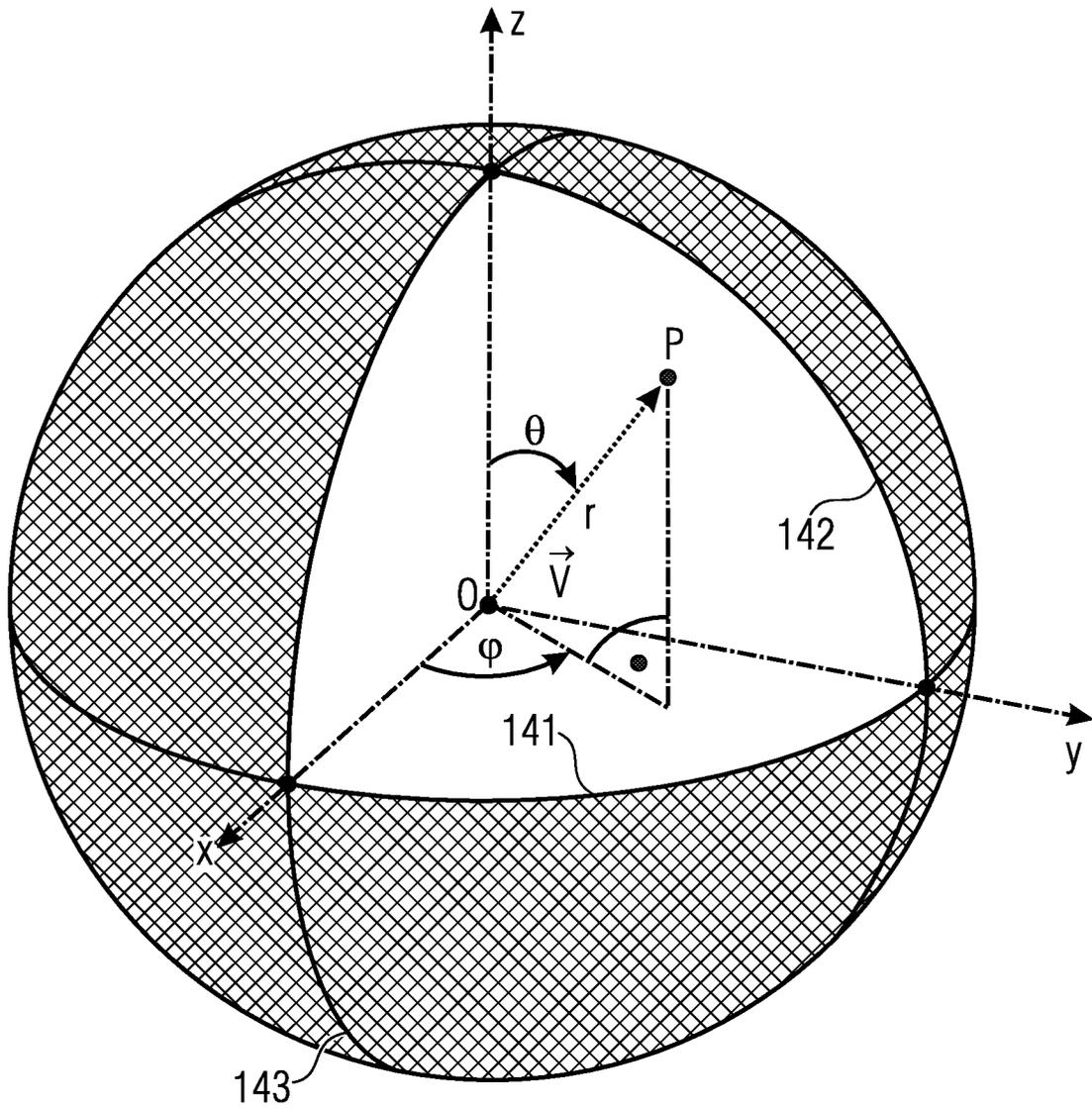


Fig. 2

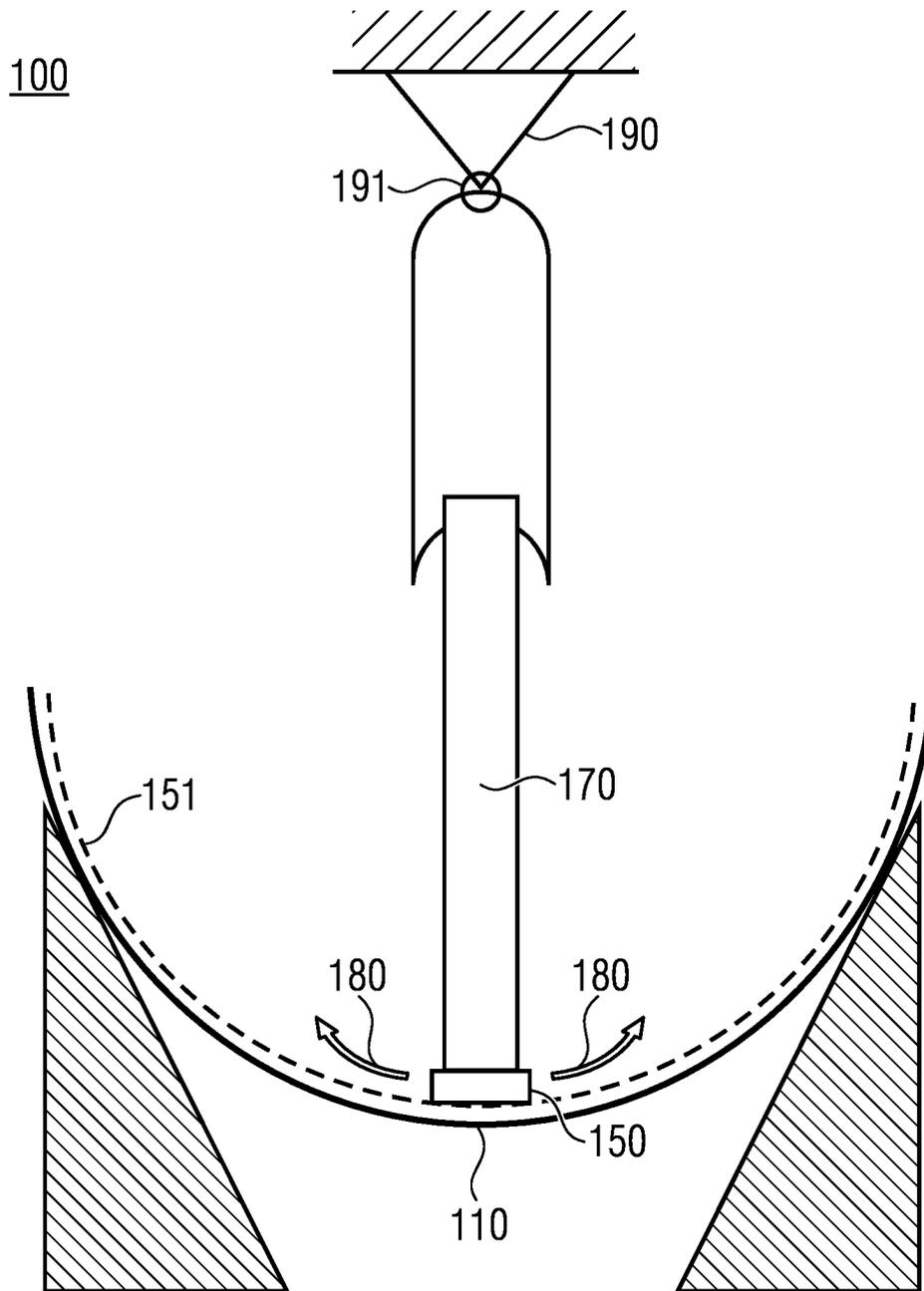


Fig. 3

100

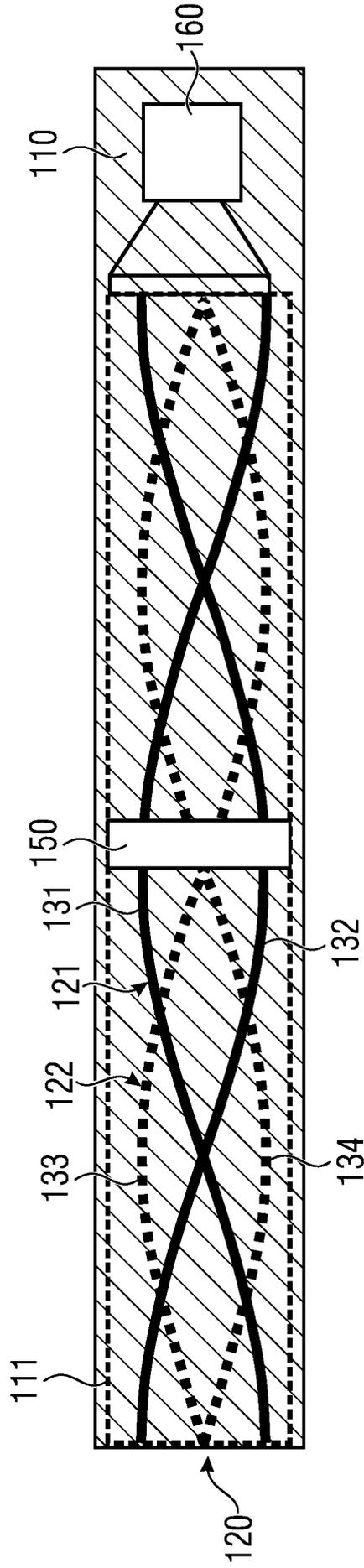


Fig. 4

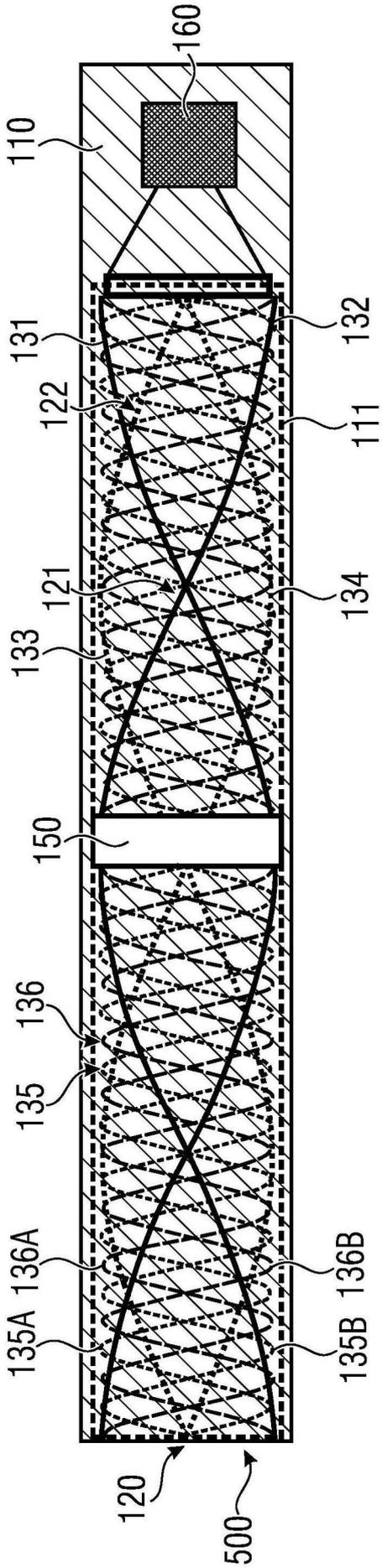


Fig. 5

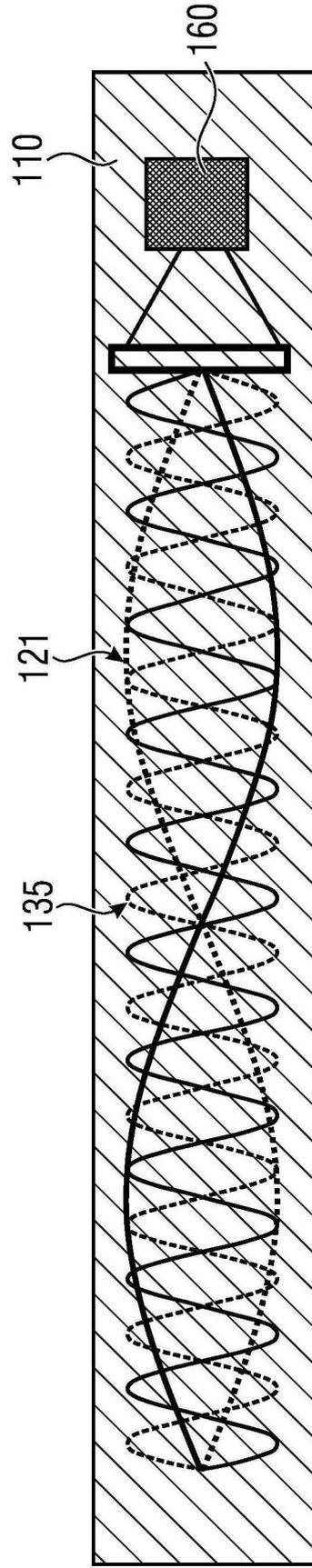


Fig. 6

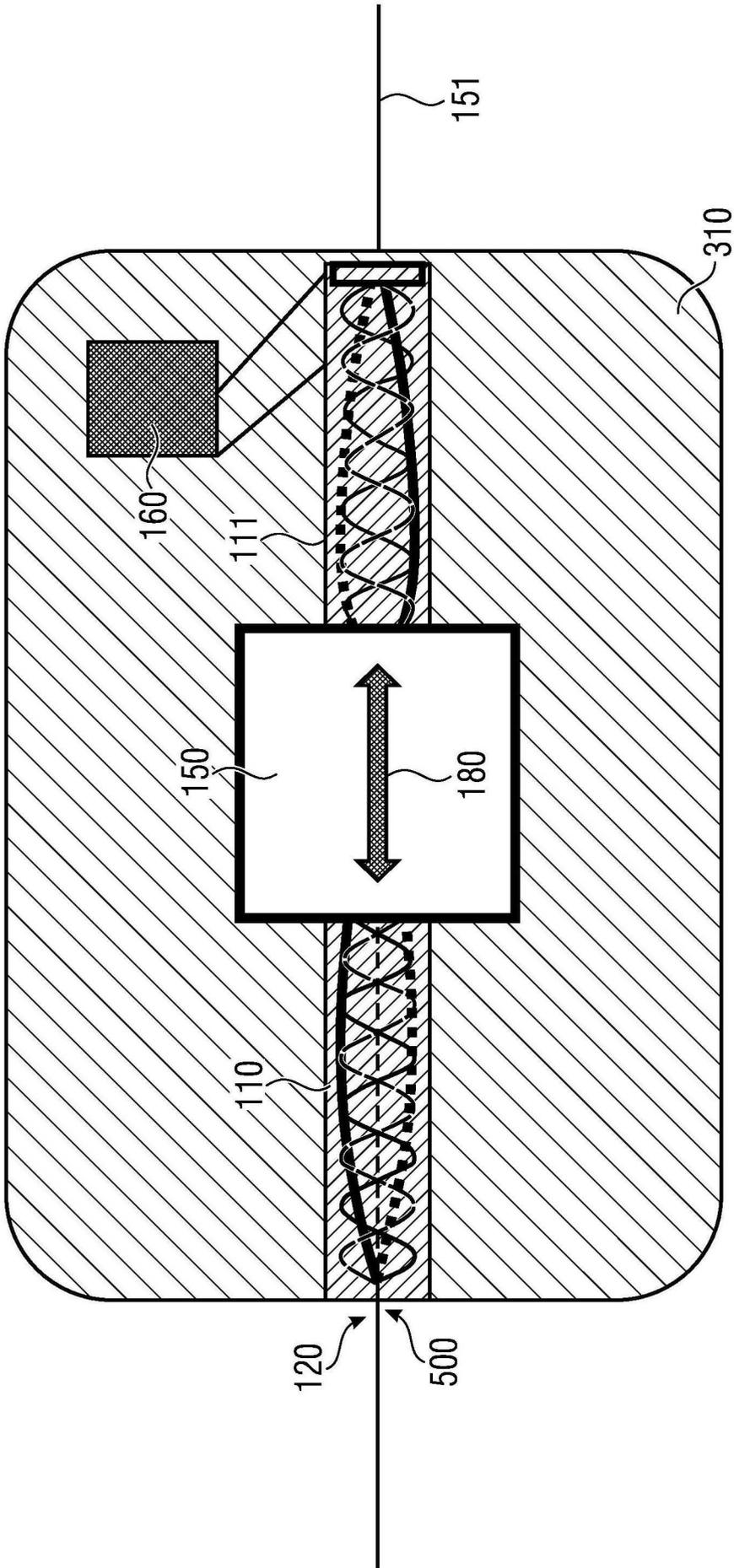


Fig. 7

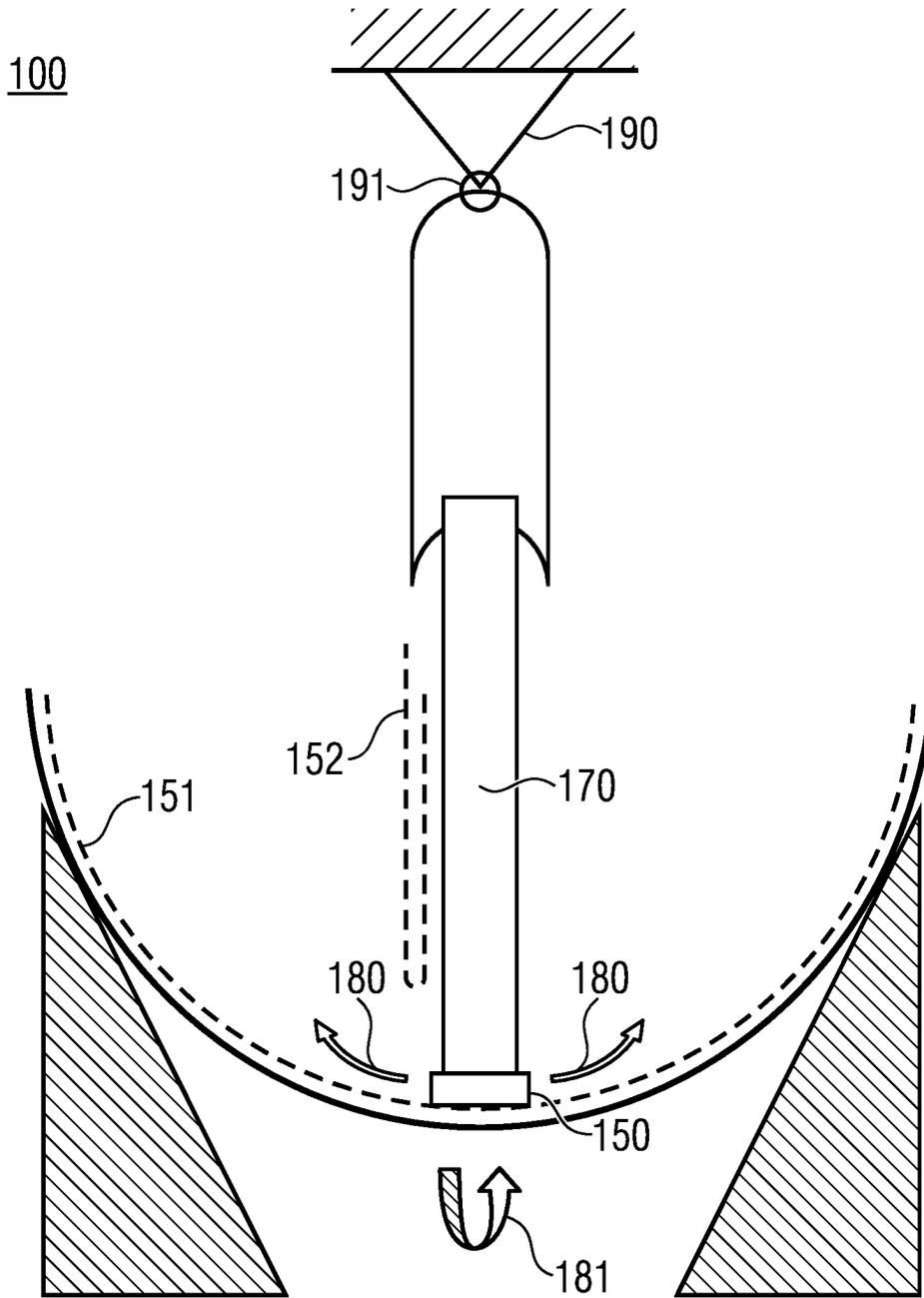


Fig. 8

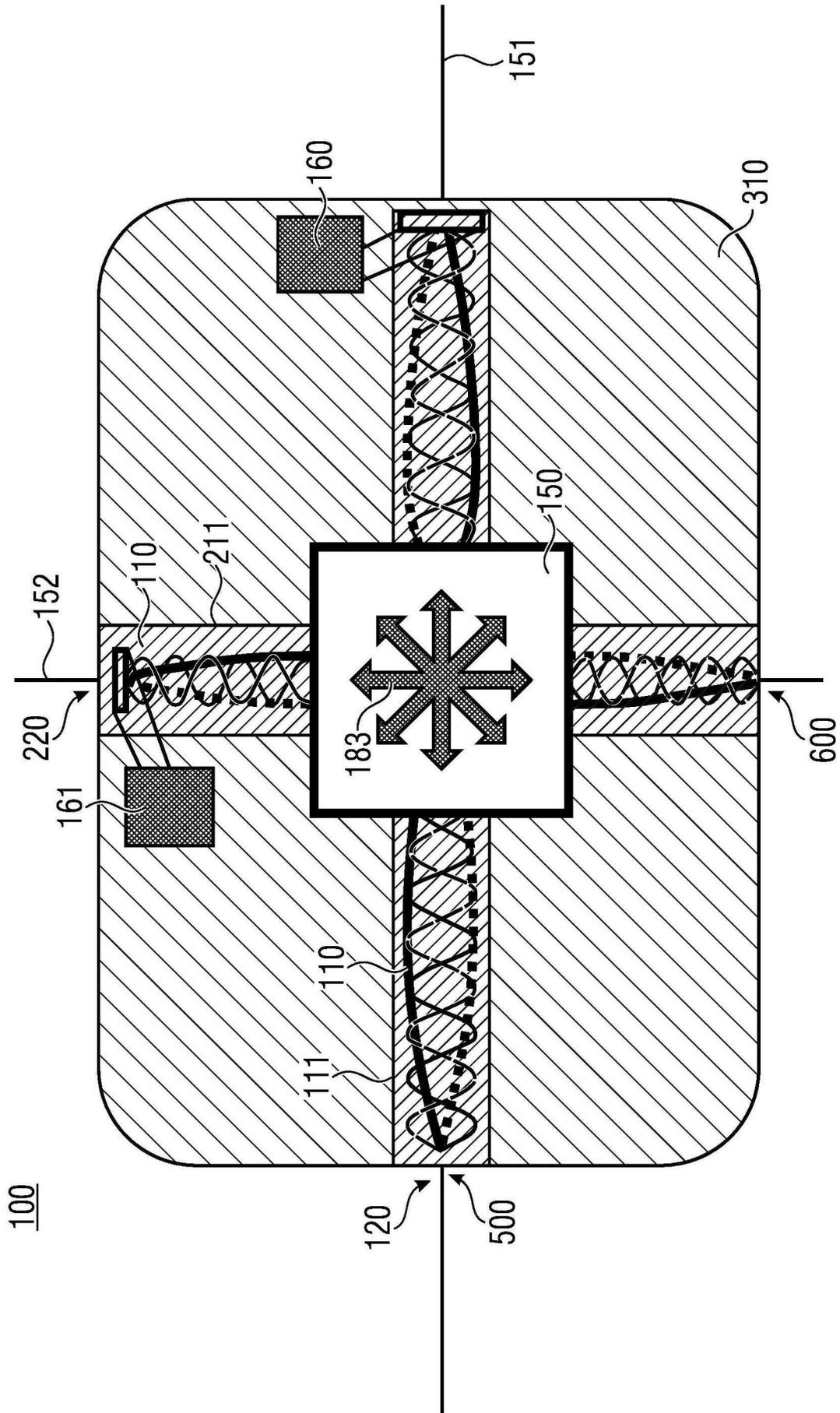


Fig. 9

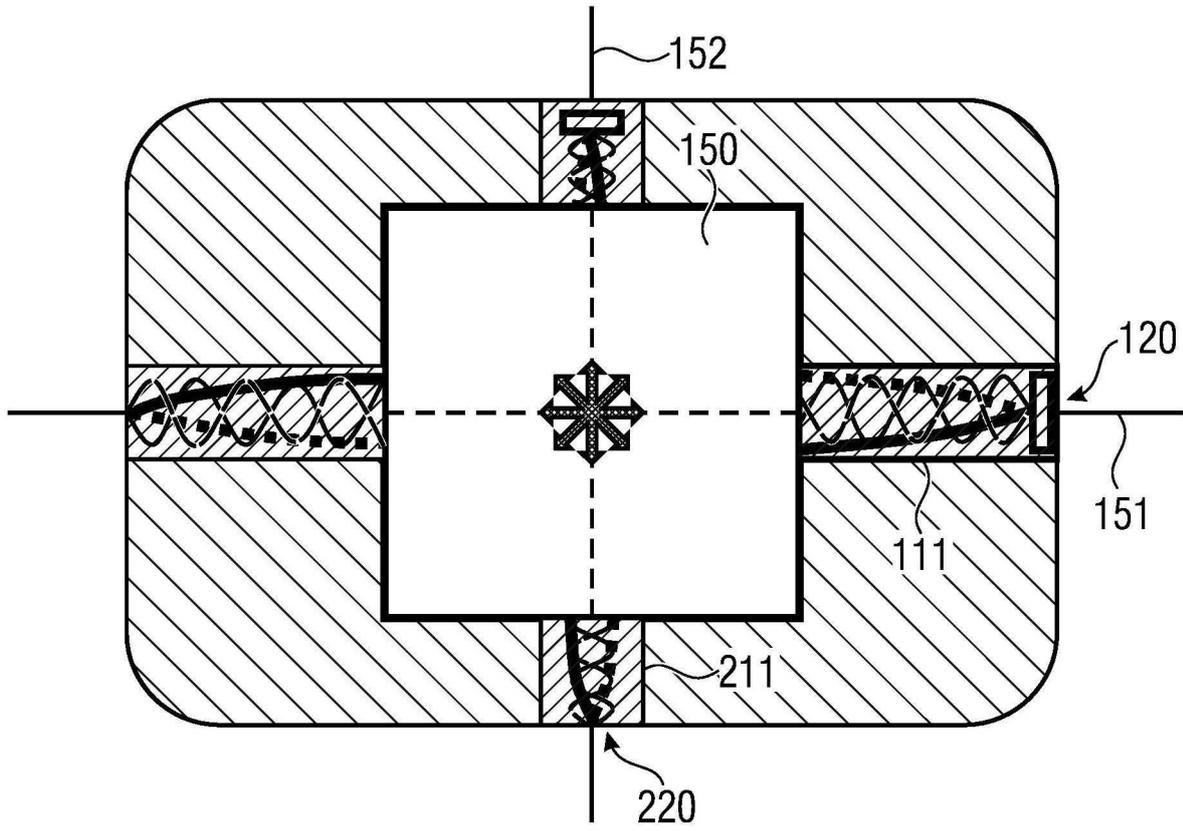


Fig. 10

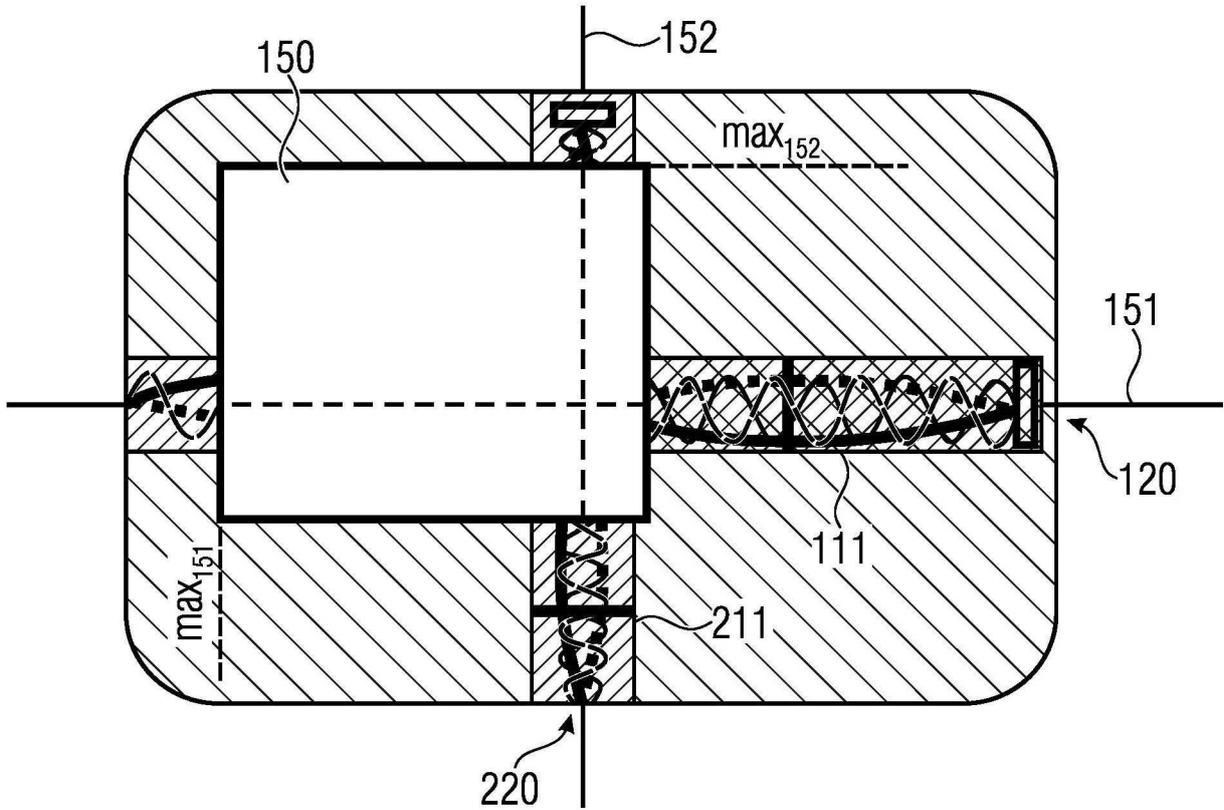


Fig. 11

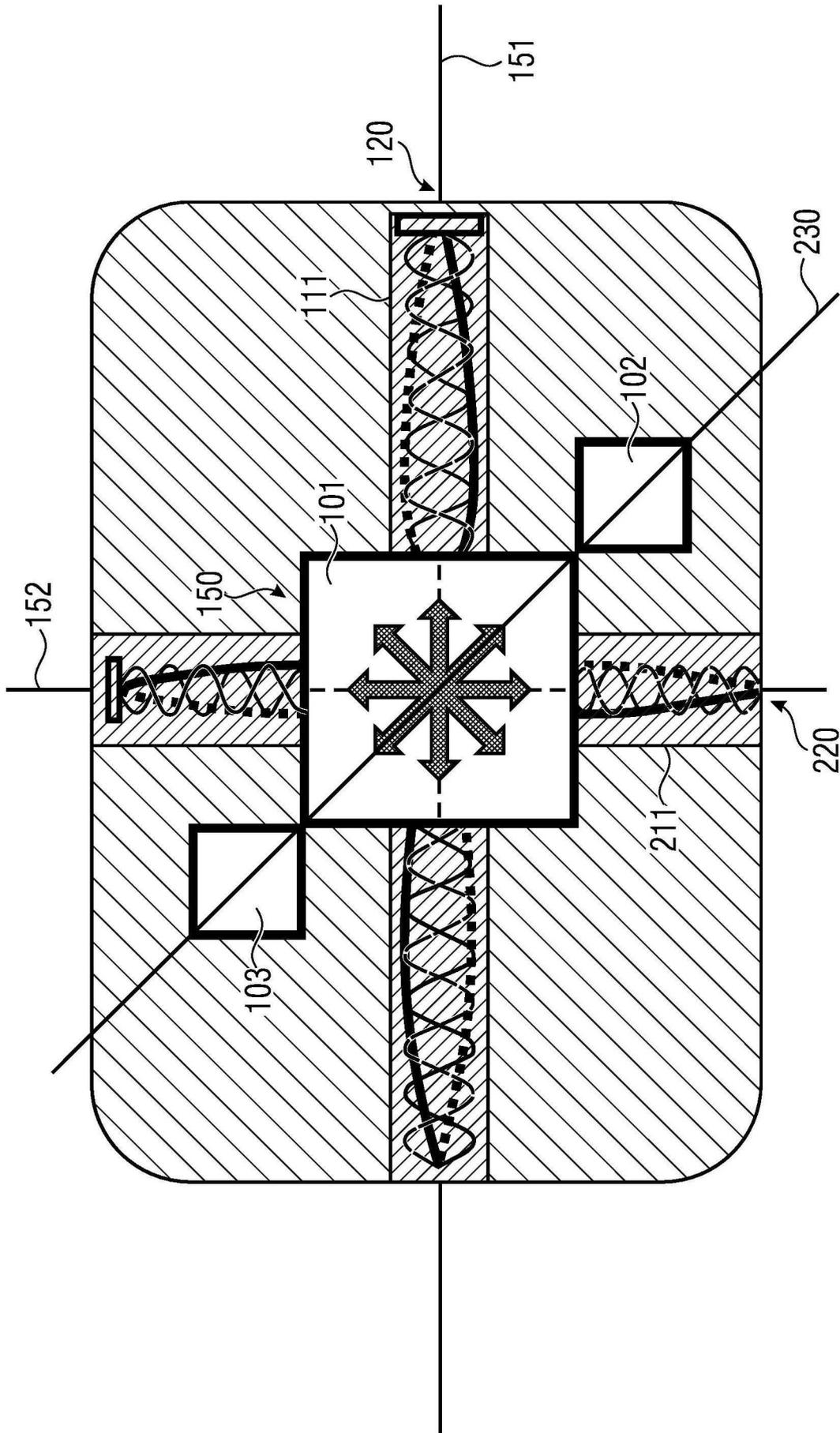


Fig. 12



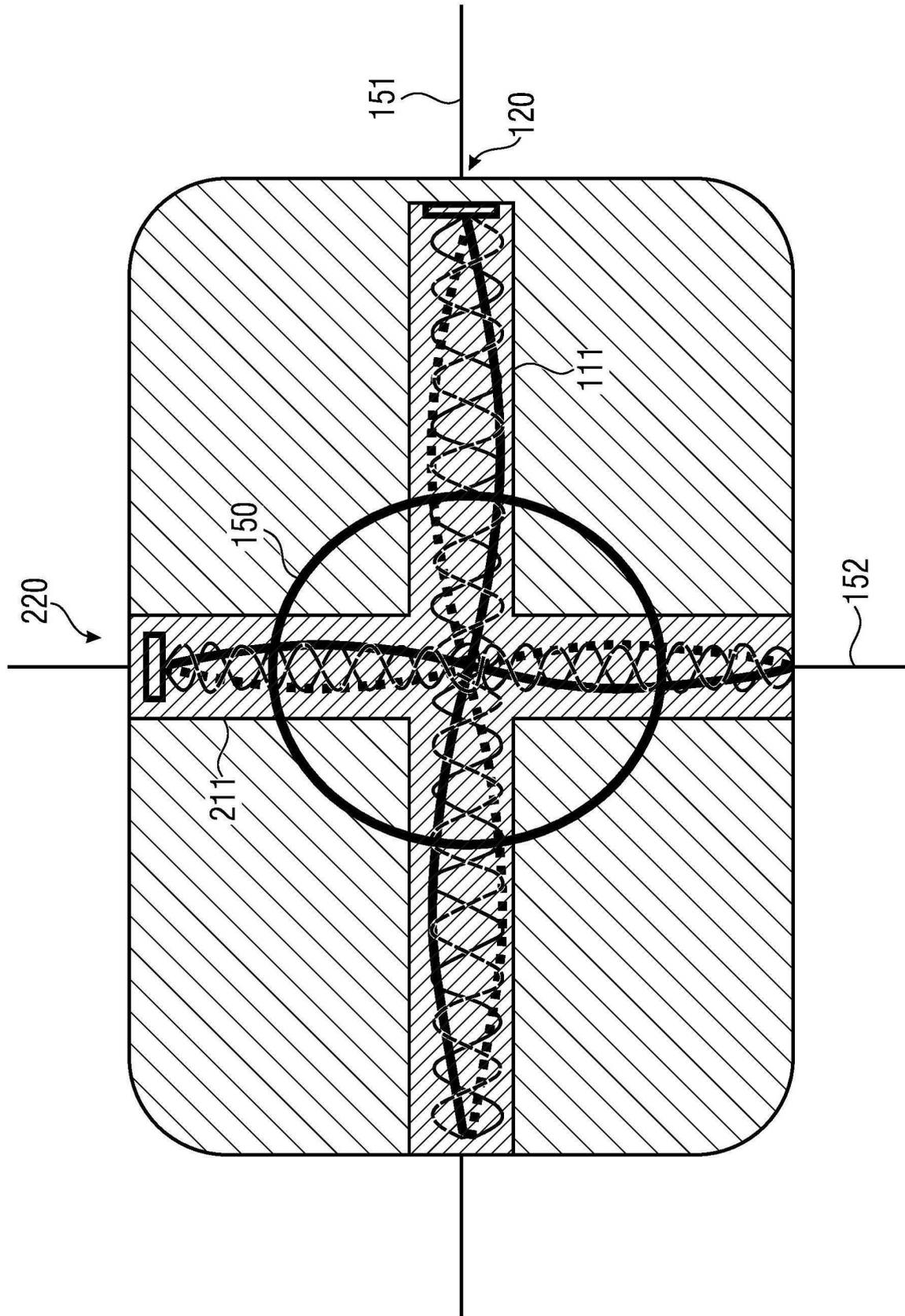


Fig. 14

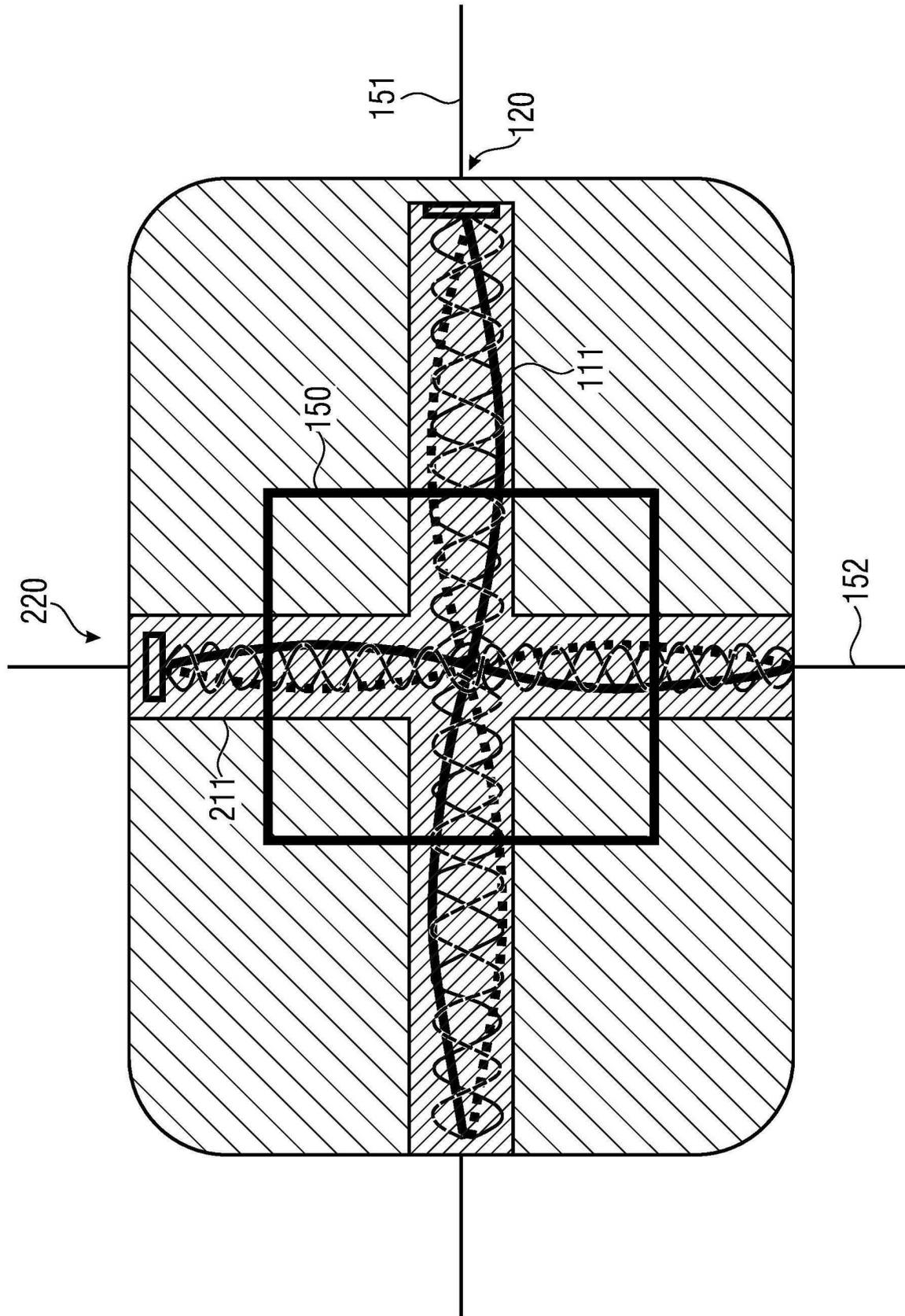


Fig. 15