(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Dezember 2016 (15.12.2016)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/198061 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01R 33/09 (2006.01) *G01R 33/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2016/200241

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Mai 2016 (23.05.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 210 585.7 10. Juni 2015 (10.06.2015) DE

(71) Anmelder: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder: **DIETRICH, Markus**; Brestenberg 15, 77704 Oberkirch (DE). **RINK, Oliver**; Kurfüstenstraße 8, 76137 Karlsruhe (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

WO 2016/198061 A1

(54) Title: METHOD FOR RESETTING A MAGNETORESISTIVE ROTATION SENSOR AND CORRESPONDING ROTATION SENSOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM RÜCKSETZEN EINES MAGNETORSISTIVEN UMDREHUNGSSENSORS UND ENTSPRECHENDER UMDREHUNGSSENSOR

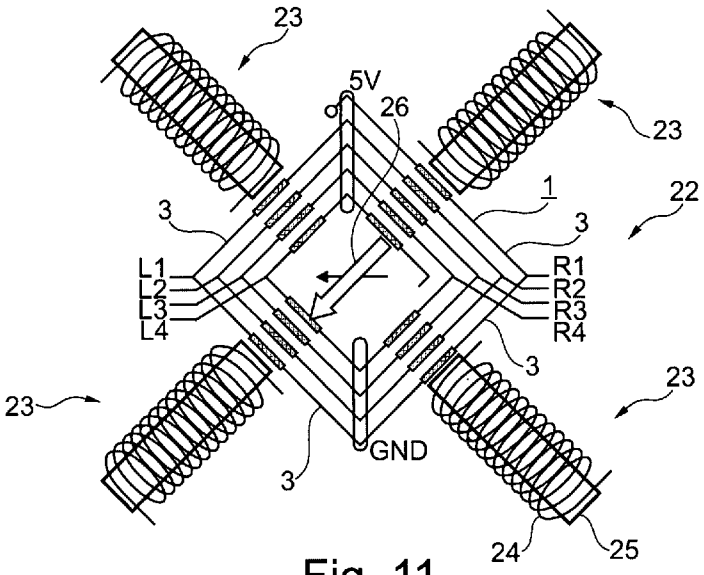


Fig. 11

(57) Abstract: The invention relates to a method for resetting a magnetoresistive rotation sensor to a defined state, wherein the rotation sensor comprises at least one sensor element, which consists of at least one ferromagnetic sensitive layer and at least one ferromagnetic reference layer separate by a non-magnetic layer, and a rotatable trigger magnet having a first magnetic field, which trigger magnet can be rotated in relation to the at least one sensor element in order to change the magnetization in at least one partial region of the sensitive layer. The method is characterized in that a reorientation of the magnetization in the sensitive layer is achieved by applying a second magnetic field.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zurücksetzen eines magnetoresistiven Umdrehungssensors auf einen definierten Zustand, wobei der Umdrehungssensor mindestens ein Sensorelement aus mindestens einer ferromagnetischen sensitiven Schicht und mindestens einer ferromagnetischen Referenzschicht getrennt durch eine nichtmagnetische Schicht und einen rotierbaren

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Triggermagneten mit einem ersten Magnetfeld umfasst, der relativ zu dem mindestens einen Sensorelement zur Änderung der Magnetisierung in zumindest einem Teilbereich der sensitiven Schicht verdrehbar ist. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass durch ein Anlegen eines zweiten Magnetfeldes eine Neuausrichtung der Magnetisierung in der sensitiven Schicht erreicht wird.

Verfahren zum Rücksetzen eines magnetorsistiven Umdrehungssensors und entsprechender Umdrehungssensor

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zurücksetzen eines magnetoresistiven Umdrehungssensor sowie einen entsprechenden Umdrehungssensor. Magnetoresistive Umdrehungssensoren nutzen Sensorelemente, die auf dem GMR- oder Riesenmagnetowiderstands-Effekt (giant magnetoresistance) beruhen.

In vielen Bereichen der Technik werden rotierende Bauteile eingesetzt. Oft ist es notwendig, die Rotation beziehungsweise die rotatorische Position dieser Bauteile zu überwachen, beispielsweise bei Aktuatoren oder in Werkzeugmaschinen, insbesondere muss regelmäßig die durchgeführte Zahl der Rotationen bestimmt werden. Neben einer mechanischen Detektion ist auch eine Detektion über Sensoren bekannt, die auf dem Riesenmagnetowiderstand (giant magneto resistance) dünner Schichten beruhen. Beispielsweise wird von der Novotechnik Messwertaufnehmer OHG unter dem Namen „Novoturn“ ein System vertrieben, welches Winkel messen kann, die größer als 360° sind und welches auf magnetoresistiven Sensoren beruht.

Auch in solchen Systemen – wie auch in anderen Umdrehungssensoren – ist es wünschenswert, die aktuelle Position, sprich den bereits getätigten Drehwinkel, zu referenzieren und einen einen Fehler aufweisenden Umdrehungssensor wieder zurückzusetzen. Unter Zurücksetzen wird im Rahmen dieses Dokumentes verstanden, dass der Umdrehungssensor in einen vorgebbaren Zustand im Hinblick auf die gemessene Umdrehungszahl gebracht wird, insbesondere in den Zustand bei der Umdrehungszahl n=0.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile zumindest teilweise zu lösen und insbesondere ein Verfahren zum Zurücksetzen eines magnetoresistiven Umdrehungssensors und einen entsprechenden Umdrehungssensor anzugeben.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zurücksetzen eines magnetoresistiven Umdrehungssensors auf einen definierten Zustand, wobei der Umdrehungssensor mindestens ein Sensorelement aus mindestens einer ferromagnetischen sensitiven Schicht und mindestens einer ferromagnetischen Referenzschicht getrennt durch eine nichtmagnetische Schicht und einen rotierbaren Triggermagneten mit einem ersten Magnetfeld umfasst, der relativ zu dem mindestens einen Sensorelement zur Änderung der Magnetisierung in zumindest einem Teilbereich der sensitiven Schicht verdrehbar ist. Das Verfahren zeichnet sich dadurch aus, dass durch ein Anlegen eines zweiten Magnetfeldes eine Neuausrichtung der Magnetisierung in der sensitiven Schicht erreicht wird.

Der entsprechende Umdrehungssensor basiert auf dem magnetoresistiven Effekt. Das mindestens eine Sensorelement ist so gestaltet, dass zwei ferromagnetische Schichten (die Referenzschicht und die sensitive Schicht) durch eine nichtmagnetische Schicht getrennt sind und die Schichten dünn sind, insbesondere Schichtdicken im Nanometerbereich aufweisen. Dabei liegt die nichtmagnetische Schicht flächig zwischen der sensitiven Schicht und der Referenzschicht. Weiterhin sind die Schichten auch schmal oder schlank ausgebildet, insbesondere mit Breiten in der Größenordnung von 50 – 400 nm. Diese Schichten sind in magnetoresistiven Sensorelementen so dünn und so schlank, dass sich die Magnetisierung nur in Längsrichtung des Sensorelements (oder entgegengesetzt dazu) ausrichten kann. Aufgrund der nichtmagnetischen Schicht kann sich im normalen Betrieb lediglich die Magnetisierung in der sensitiven Schicht ändern. Aufgrund des Riesenmagnetowiderstands (giant magneto resistance) hängt aber der elektrische Wiederstand des Sensorelementes von der gegenseitigen Orientierung der Magnetisierung in den magnetischen Schichten ab. Bei antiparalleler Ausrichtung der Magnetisierung in der Referenzschicht und der sensitiven Schicht ist der elektrische Widerstand deutlich höher als bei einer parallelen Ausrichtung der Magnetisierungen. Durch Messung der jeweiligen Widerstände kann so eine Information über die Magnetisierung in der sensitiven Schicht gegenüber der Mangetisierung in der Referenzschicht gewonnen werden. Werden nun entweder mehrere Sensorelemente miteinander kombiniert oder ein Sensorelement in mehrere Segmente unterteilt, so dass sensitive Schichten in unterschiedlichen Winkeln zu einer vorgegebenen Referenzrichtung ausgerichtet sind, so kann durch die Rotation ei-

nes Triggermagneten relativ zu dem mindestens einen Sensorelement und durch nachfolgende Änderung der Magnetisierung eine Bestimmung der Umdrehungszahl des Triggermagneten erfolgen.

Entsprechende Umdrehungssensoren können in unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz kommen, beispielsweise in beliebigen Aktoren, durch die eine Rotationsbewegung in eine Axialbewegung umgewandelt wird oder bei der Überwachung rotierender Bauteile, beispielsweise an Werkzeugmaschinen o. ä.

Man kann hier also zwei Betriebsarten unterscheiden. Zum einen einen Normalbetrieb, bei dem durch das erste Magnetfeld eine Umorientierung der Magnetisierung zumindest eines Teils der sensitiven Schicht mindestens eines Sensorelementes erfolgt. Zum anderen einen Rücksetzbetrieb, bei dem die Magnetisierungen in dem mindestens einen Sensorelement auf einen vorgebbaren Zustand gesetzt werden. In diesem Rücksetzbetrieb wird das zweite Magnetfeld eingesetzt., um die Magnetisierung der sensitiven Schicht(en) in eine vorgebbare Richtung, also parallel zur Magnetisierung in den Referenzschichten oder antiparallel dazu zurückzusetzen.

Das Magnetfeld stellt eine vektorielle Größe da, so dass es für alle möglichen Orientierungen der Magnetisierung immer eine Komponente des zweiten Magnetfeldes gibt, die in Längsrichtung der entsprechenden Orientierung (oder entgegengesetzt dazu) weist, mit Ausnahme des Falles, dass die Magnetisierung im Sensorelement oder im Segment des Sensorelementes senkrecht zum zweiten Magnetfeld weist. Folglich kann praktisch mit jeder Ausrichtung des zweiten Magnetfeldes eine Komponente in entsprechender Richtung erzielt werden. Da hier aber nur die Komponente des zweiten Magnetfeldes in eine entsprechende Richtung weist, ist es bevorzugt die Amplitude des zweiten Magnetfeldes entsprechend groß zu wählen, um eine genügend große Stärke des Magnetfeldes am Sensorelement zu erhalten.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung weist das erste Magnetfeld eine erste Amplitude und das zweite Magnetfeld eine zweite Amplitude auf, wobei das Verhältnis der zweite Amplitude zur ersten Amplitude größer als 1 und größer als ein vorgebbarer Rücksetzfaktor ist.

Um ein Zurücksetzen der Magnetisierung gegebenenfalls auch in Überlagerung zum ersten Magnetfeld des Triggermagneten zu erreichen, ist es vorteilhaft, wenn die zweite Amplitude des zweiten Magnetfeld größer als das die erste Amplitude des ersten Magnetfeldes, auch bei deiner Überlagerung in paralleler Richtung eine Umorientierung der Mangetisierung erreichen zu können. Insbesondere ist es bevorzugt, den Rücksetzfaktor auf größer 1 zu setzen, um auch im ungünstigsten Fall sicher eine Umorientierung der entsprechenden Magnetisierung(en) zu erreichen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird der Rücksetzfaktor in Abhängigkeit von der geometrischen Gestalt des mindestens einen Sensorelements vorgegeben.

In Abhängigkeit von der geometrischen Gestalt bedeutet insbesondere in Abhängigkeit von der Ausrichtung der einzelnen Sensorelemente oder von Segmenten von Sensorelementen. So ist es beispielsweise möglich, ein Sensorelement als ebene Spirale mit mehreren Windungen auszubilden. Jede Windung kann in Form eines regelmäßigen Polygons ausgebildet werden, also beispielsweise als gleichseitiges Dreieck, als Quadrat, als gleichmäßiges Achteck, etc. Basierend auf der bekannten Form des Sensorelementes kann dann eine Vektorzerlegung durchgeführt werden, in dem die Komponenten des zweiten Magnetfeldes parallel beziehungsweise antiparallel zu den einzelnen Sensorelementen oder Segmenten von Sensorelement bestimmt werden. Ist diese Komponentenzerlegen erfolgt und berücksichtigt dann, dass auch im Falle eines just in dieser Richtung liegenden ersten Magnetfeldes trotzdem eine Umorientierung der Magnetisierung in der entsprechenden sensitiven Schicht erfolgen soll, so erhält man die Mindestgröße der Amplitude des zweiten Magnetfeldes und damit auch die Mindestgröße des Rücksetzfaktors.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird das zweite Magnetfeld zeitlich veränderbar angelegt.

Dies hat den Vorteil, dass beispielsweise das zweite Magnetfeld nur zeitweise zugeschaltet wird, wenn ein Zurücksetzen erforderlich ist, um so ein unbeabsichtigtes Zurücksetzen einzelner Sensorelemente oder Segmente zu vermeiden. Weiterhin ist es so möglich, eine gezielte Zurücksetzung zu ermöglichen, in dem beispielsweise mehrere Quellen des zweiten Magnetfeldes gemeinsam zeitlich variabel nutzt.

Zusätzlich oder alternativ wird das zweite Magnetfeld rotierend angelegt.

Ein rotierendes zweites Magnetfeld erlaubt eine einfache und effiziente Zurücksetzung der einzelnen Sensorelemente oder Segmente, da durch eine Rotation es für jede Orientierung des sensitiven Elementes zu einer parallelen oder antiparallelen Ausrichtung des zweiten Magnetfeldes mit der Magnetisierung der jeweiligen sensitiven Schicht(en) kommt, so dass auf einfache Art eine Rücksetzung erfolgen kann. Bevorzugt ist dies mit einer zeitlichen Variation des zweiten Magnetfeldes kombiniert, so dass insbesondere nur bestimmte Ausrichtungen des zweiten Magnetfeldes im Rahmen des rotierenden zweiten Magnetfeldes ermöglicht werden können. Oftmals werden Sensorelemente in magnetoresistiven Umdrehungssensoren spiralförmig mit mehreren Windungen in einer Ebene ausgebildet, um Umdrehungssensoren zu ermöglichen, die mehrere Umdrehungen sensieren können. In einem solchen Sensor werden entsprechend Domänenwände durch die Rotation des ersten Magnetfeldes generiert. Mit einem rotierenden zweiten Magnetfeld ist es nun möglich, bei einer Fehlfunktion des Sensors und dessen Rücksetzung eine entsprechende Sensierung zu emulieren, d. h. den Sensor beziehungsweise das Sensorelement in einen Zustand zu bringen, den er ohne Fehlfunktion hätte.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung wird das zweite Magnetfeld durch mindestens einen Elektromagneten erzeugt.

Dies ermöglicht auf einfache Art und Weise die Erzeugung einer zeitlichen Varianz im angelegten zweiten Magnetfeld und eine strikte Trennung zwischen Normalbetrieb und Rücksetzbetrieb.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung das zweite Magnetfeld durch Überlagerung der Magnetfelder mehrerer Elektromagneten erzeugt wird, wobei die Magnetfelder dieser Elektromagnete zeitlich so variiert werden, dass das zweite Magnetfeld rotiert.

Die Überlagerung der Magnetfelder mehrerer entsprechender Elektromagnete ist eine einfache und effiziente Erzeugung eines rotierenden zweiten Magnetfeldes möglich. Dies ist vorteilhaft insbesondere dann, wenn eine ebene spiralförmige Ausgestaltung

des Umdrehungssensors vorliegt, beispielsweise durch ein entsprechendes Sensorelement. In diesem Falle ist die Überlagerung der Magnetfelder mehrerer Elektromagnete, beispielsweise und besonders bevorzugt von vier Elektromagnete, mit denen ein entsprechendes rotierendes zweites Magnetfeld erzeugt werden kann.

Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung wird ein rücksetzbarer magnetoresistiver Umdrehungssensor vorgeschlagen, umfassend mindestens ein magnetoresistives Sensorelement, welches eine ferromagnetische Referenzschicht und eine sensitive ferromagnetische Schicht und eine die Referenzschicht von der sensitiven Schicht trennende nichtmagnetische Schicht aufweist, welches mehrere Segmente aufweist, umfassend einen Triggermagneten, der relativ zu den Segmenten in einer Drehrichtung zur Änderung der Magnetisierung in der sensitiven Schicht zumindest eines der Segmente verdrehbar ist. Der Umdrehungssensor zeichnet sich dadurch aus, dass mindestens ein zweiter Magnet zur Erzeugung eines zweiten Magnetfeldes zur Neuausrichtung der Magnetisierung in der sensitiven Schicht ausgebildet ist.

Bevorzugt ist dabei als zweiter Magnet mindestens ein Elektromagnet ausgebildet.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist als zweiter Magnet ein Elektromagnet ausgebildet, der so ansteuerbar ist, dass ein rotierendes zweites Magnetfeld entsteht.

Weiterhin bevorzugt ist eine Ausgestaltung, bei der mehrere Elektromagneten ausgebildet sind, die so ausgerichtet und ansteuerbar sind, dass ihre Magnetfelder sich im Bereich des mindestens einen Sensorelements zu einem rotierenden zweiten Magnetfeld überlagern.

Die für das erfindungsgemäße Verfahren offenbarten Details und Vorteile lassen sich auf den erfindungsgemäßen Umdrehungssensor übertragen und anwenden und umgekehrt.

Die in den Patentansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale sind in beliebiger, technologisch sinnvoller Weise miteinander kombinierbar und können durch erläuternde Sachverhalte aus der Beschreibung und Details aus den Figuren ergänzt werden, wobei weitere Ausführungsvarianten der Erfindung aufgezeigt werden.

Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Die Figuren zeigen besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele, auf die die Erfindung jedoch nicht beschränkt ist. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren und insbesondere die dargestellten Größenverhältnisse nur schematisch sind. Gleiche Bezugszeichen bezeichnen gleiche Gegenstände. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Bild eines Sensorelementes;

Fig. 2 schematisch den Aufbau eines Sensorelementes im Schnitt;

Fig. 3 bis 8 exemplarisch die Veränderung der Widerstände;

Fig. 9 ein Referenzschema für das Beispiel aus Figuren 1 bis 8;

Fig. 10 bis 12 Beispiele für Umdrehungssensoren;

Fig. 13 bis 20 exemplarisch die Veränderung der Widerstände beim rotatorischen Zurücksetzen eines Umdrehungssensors („Zurückdrehen“)

Fig. 21 die Situation nach dem vollständigen Zurückdrehen des Umdrehungssensors; und

Fig. 22 schematisch eine Skizze des Umdrehungssensors.

Fig. 1 zeigt schematisch ein Bild eines Sensorelementes 1. Das Sensorelement 1 ist zu einer ebenen Spirale aufgewickelt und weist vier quadratische Windungen 2 auf, die ineinander geschachtelt sind. Jede Windung 2 besteht aus vier Segmenten 3, die jeweils quadratisch ausgebildet sind. Je zwei Segmente 3 bilden gemeinsam eine Gruppe 4. Jede Gruppe 4 hat zwei äußere elektrische Anschlüsse 5 und einen gemeinsamen mittleren elektrischen Anschluss 6. Jeweils ein äußerer elektrischer Anschluss 5 liegt auf einem ersten elektrischen Potential 7, der jeweils andere äußere elektrische Anschluss 5 liegt auf einem zweiten elektrischen Potential 8. Erstes 7 und

zweites elektrisches Potential 8 weisen einen definierten Potentialunterschied auf, der im hier vorliegenden Beispiel 5 V [Volt] beträgt. Das zweite elektrische Potential 8 ist als Masse (Ground, GND) definiert, während das erste elektrische Potential 7 bei 5V liegt. Die äußeren elektrischen Anschlüsse 5 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nur exemplarisch mit Bezugszeichen versehen, während die mittleren elektrischen Anschlüsse als R1 bis R4 und L1 bis L4 bezeichnet sind. Hierbei liegen R1 und L1 in der äußersten, ersten Windung 2, R2 und L2 in der zweiten Windung 2, usw.

Fig. 2 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Sensorelementes 1. Dieses besteht aus einer ferromagnetischen Referenzschicht 9 und einer ebenfalls ferromagnetischen sensitiven Schicht 10, die durch eine nicht magnetische Schicht 11 getrennt sind. Diese Schichten 9, 10, 11 sind so dünn, dass die Magnetisierung in den Schichten 9, 10 nur in Längsrichtung 12 und entgegen der Längsrichtung 12 ausrichten können. Die sensitive Schicht 10 ist – wie Fig. 1 zeigt – mit einem Domain Wall Generator 13 verbunden. Dieser ist wiederum so ausgestaltet, insbesondere nicht so dünn wie die Schichten 9, 10, dass sich in ihm die Mangetisierung 14 parallel zu einem äußeren anliegenden magnetischen Feld (nicht gezeigt) ausrichten kann.

Aufgrund des Riesenmagnetowiderstandseffekts (giant magneto resistance) ist dabei der elektrische Widerstand eines solchen Sensorelementes 1 – wie auch der eines Segmentes 4 eines solchen Sensorelementes 1 - abhängig von den Ausrichtungen der Magnetisierungen 14 in der Referenzschicht 9 und der sensitiven Schicht 10. Bei antiparalleler Ausrichtung der Magnetisierung 14 in der Referenzschicht 9 und der sensitiven Schicht 10 wie in Fig. 2 gezeigt ist der elektrische Widerstand deutlich höher als bei einer parallelen Ausrichtung der Magnetisierungen 14. In Fig. 1 sind die unterschiedlichen Widerstände der Segmente 3 symbolisiert, wobei einige Segmente 3 einen niedrigen Widerstand 15 und andere einen hohen Widerstand 16 aufweisen. Die sensitive Schicht 10 ist dabei mit dem Domain Wall Generator 13 verbunden.

In den Figuren 3 bis 8 wird nunmehr das Funktionsprinzip des Umdrehungssensors beschrieben. Hier sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle Elemente mit Bezugszeichen versehen, wobei gleiche Elemente mit gleichen Bezugszeichen versehen sind und auf die übrige Beschreibung in diesem Dokument Bezug genommen wird.

Fig. 3 zeigt eine Startposition mit n=0 Umdrehungen. Das Magnetfeld 17 des Triggermagneten weist hierbei in die bezeichnete Richtung. An den mittleren Messpunkten L1, L2, L3, L4, R1, R2, R3, R4 wird einen niedrige Gruppenspannung gemessen. Dies zeigt sich in Fig. 9 als „-“ bei den einzelnen Messpunkten. Die Magnetisierung im Domain Wall Generator 13 ist dabei parallel zum Magnetfeld 17 des Triggermagneten. Zu einem Umklappen der Magnetisierung in dem ersten Segment 18 kommt es nicht, da das Magnetfeld 17 nicht parallel oder antiparallel zur Längsrichtung in diesem ersten Segment 18 ausgerichtet ist und folglich die Magnetisierung aus dem Domain Wall Generator nicht in das erste Segment 18 „wandern“ kann. Dies ändert sich mit Abschluss der ersten Vierteldrehung, also bei n=0,25 wie in Fig. 4 gezeigt. Hier ändert sich der elektrische Widerstand des ersten Segments zu einem hohen elektrischen Widerstand 16. Dies führt zu einer mittleren Gruppenspannung am entsprechenden mittleren elektrischen Anschluss R1 (siehe Symbol „o“ in Fig. 9). Weiterhin ist eine Domänenwand 19 entstanden (siehe Fig. 4). Die übrigen Gruppenspannungen an den mittleren elektrischen Anschlüssen L1, R2, L2, R3, L3, R4, L4 bleiben niedrig.

Nach einer weiteren Vierteldrehung (n=0,5, siehe Fig. 5) entsteht bereits eine Domänenwand 19 vor dem ersten Segment 18, während sich die vorher entstandene Domänenwand 19 durch die Änderung eines weiteren Widerstandes des zweiten Segmentes 20 durch das Umklappen der Magnetisierung in der sensitiven Schicht 10 in diesem Segment weiterbewegt hat. Die Gruppenspannung am mittleren elektrischen Anschluss R1 ist dadurch auf einen hohen Wert (Symbol „+“ in Fig. 9) gesprungen, während alle anderen Gruppenspannungen auf niedriger Spannung („-“) verbleiben.

Nach einer weiteren Vierteldrehung (n=0,75, Fig. 6) ändern sich die Widerstände im ersten Segment 18 und im dritten Segment 21 hin zu einem niedrigen elektrischen Widerstand 15, während der elektrische Widerstand im zweiten Segment 20 auf einem niedrigen elektrischen Widerstand 15 verbleibt. Dies beruht auf dem Umklappen der entsprechenden Magnetisierung in den sensitiven Schichten 10 der entsprechenden Segmente aufgrund der nunmehr parallelen Ausrichtung der entsprechenden Magnetisierungen in sensitiver Schicht 10 und Referenzschicht 9. Entsprechend ändern sich die Gruppenspannungen zu einer mittleren Spannung („o“ in Fig. 9) bei den mittleren elektrischen Anschlüssen R1 und L1, während alle anderen Gruppenspan-

nungen auf niedriger Spannung („-“) verbleiben. Die entsprechenden zwei Domänenwände 19 sind weiter um 90° verschoben im Vergleich zur Situation in Fig. 5.

Fig. 7 zeigt die Situation für eine ganze Drehung (n=1), Fig. 8 für n=1,25 Drehungen. Das entsprechende Umklappen der Magnetisierungen, die damit verbundenen Widerstandsänderungen und die Bewegung der entsprechenden Domänenwände erfolgt entsprechend. In der Tabelle in Fig. 9 lassen sich die entsprechenden Gruppenspannungen für diese Umdrehungen und für die weiteren Umdrehungen von n=1,5 bis n=4 ablesen.

Aus dem Schema in Fig. 9 ist ersichtlich, dass die Zuordnung der Gruppenspannungen bei den mittleren elektrischen Widerständen R1, L1, R2, L2, R3, L3, R4, L4 zu der Umdrehungszahl n eineindeutig ist. So ist bei Messung der entsprechenden Gruppenspannungen durch einen Vergleich mit einem Referenzschema 21, wie es schematisch in Fig. 9 symbolisiert ist, die direkte Bestimmung der Umdrehungszahl n möglich.

Weiterhin ist es auch möglich, aus der Messung der Gruppenspannung am mittleren elektrischen Anschluss R1 und bestimmter summarischer Ergebnisse die Umdrehungszahl n zu bestimmen. So gilt beispielsweise, wenn an R1 eine mittlere Spannung anliegt („o“) folgender Zusammenhang:

$$n = \frac{n_o}{2} - 0{,}25$$

wobei n_o die Anzahl der gemessenen mittleren Spannungen („o“) angibt.

Liegt an R1 eine hohe Spannung („+“) an, so gilt folgender Zusammenhang:

$$n = 2x - n_- = n_+ - 0{,}5$$

wobei n_- die Anzahl der gemessenen niedrigen Spannungen („-“), n_+ die Anzahl der gemessenen hohen Spannungen („+“) und x die maximale Anzahl der Umdrehungen des Triggermagneten angibt, im Fall des hier beschriebenen Beispiels vier.

Liegt an R1 eine niedrige Spannung („-“) an, so gilt folgender Zusammenhang:

$$n = 2x - n_{-} = n_{+}$$

wobei n_{-} die Anzahl der gemessenen niedrigen Spannungen („-“), n_{+} die Anzahl der gemessenen hohen Spannungen („+“) und x die maximale Anzahl der Umdrehungen des Triggermagneten angibt, im Fall des hier beschriebenen Beispiels vier.

Durch die hier angegebenen Zusammenhänge ist es also möglich, die Umdrehungszahl n bei Kenntnis der Gruppenspannung am mittleren elektrischen Anschluss R1 und Kenntnis der Anzahlen der gemessenen hohen Spannungen und niedrigen Spannungen einfach zu berechnen. Ferner stellen die Zeilen in Fig. 9 auch definierte Zustände dar, die mit dem hier vorgestellten Verfahren wieder einstellbar sind.

Fig. 10 zeigt schematisch ein erstes Beispiel eines Umdrehungssensors 22 mit einem Sensorelement 1, welches zu mehreren Segmenten 3 in vier Windungen 4 geformt ist. Zusätzlich zu den in Fig. 1 bis 8 gezeigten Details des Sensorelementes 1 enthält der Umdrehungssensor 22 auch einen zweiten Magneten 23. Dieser umfasst eine Spule 24 und ein in der solenoidförmig gestalteten Spule 24 aufgenommenen Eisenkern 25. Durch diesen zweiten Magneten 23 kann ein zweites Magnetfeld 26 erzeugt werden. Durch das Anlegen des zweiten Magnetfeldes 26 kann eine Umorientierung der Magnetisierung in den sensitiven Schichten 10 der Segmente 3 des Sensorelemente 1 erfolgen. In den Referenzschichten 9 der Segmente 2 erfolgt keine Umorientierung, da diese durch die nichtmagnetische Schicht11 von dem zweiten Magnetfeld 26 abgeschirmt ist. Das zweite Magnetfeld 26 ist dabei so ausgerichtet, dass es nicht senkrecht zu einem der Segmente 3 ausgerichtet ist, so dass es vektoriell immer eine Komponente des zweiten Magnetfeldes 26 gibt, die parallel zu dem entsprechenden Segment 3 ausgerichtet ist. Die notwendige Amplitude des zweiten Magnetfeldes 26 kann dabei aufgrund der geometrischen Gestalt des Sensorelemente 1 bestimmt werden. Im vorliegenden Beispiel besteht es aus quadratförmigen Windungen 2. Die notwendige Amplitude, um die Magnetisierung in der sensitiven Schicht 10 eines Segments 3 zu verändern ist üblicherweise bekannt oder leicht feststellbar. Aufgrund der geometrischen Gestalt der quadratförmigen Windungen 2 ist dann einfach feststellbar,

dass die Amplitude des zweiten Magnetfeldes 26 um einen Faktor $\sqrt{2}$ vergrößert werden muss.

Fig. 11 zeigt ein weiteres Beispiel eines Umdrehungssensors 22, bei dem vier zweite Magnete 23 ausgebildet sind. Im vorliegenden Beispiel sind die zweiten Magnete 23 außerhalb des Sensorelementes 1 ausgebildet. Auch in diesem Beispiel ist jeder zweite Magnet 23 als Elektromagnet mit einer entsprechenden Spule 24 mit einem in der solenoidförmigen Spule 24 aufgenommenen Eisenkern 25 ausgebildet. In diesem Beispiel sind die vier zweiten Magneten 23 jeweils senkrecht auf ein Segment 3 der äußeren Windung 2 des Sensorelementes 1 weisen. Die Überlagerung der Magnetfelder der zweiten Magnete 23 bildet das zweite Magnetfeld 26. Werden nun die zweiten Magnete 23 entsprechend angesteuert, sprich der durch die Spulen 24 geleitete elektrische Strom variiert, so kann das zweite Magnetfeld 26 in Amplitude und Richtung entsprechend vorgegeben werden. Insbesondere kann durch eine entsprechende Ansteuerung eine Rotation des zweiten Magnetfeldes 26 erreicht werden.

Hierbei ist eine Ausrichtung der zweiten Magnete 23 senkrecht zu den Segmenten 3 der äußeren Windung 2 nicht zwingend notwendig, andere Ausrichtungen sind ebenfalls möglich. So ist beispielsweise auch eine Ausgestaltung wie die in Fig. 12 möglich, in der die einzelnen zweiten Magnete 23 parallel zu den Segmenten 3 der äußersten Windung 2 ausgerichtet sind. Auch hier ist es möglich, ein überlagertes zweites Magnetfeld 26 rotieren zu lassen, in dem die entsprechenden Spulen 24 der zweiten Magnete 23 entsprechend zeitabhängig angesteuert werden.

Figs. 13 bis 20 zeigen die Veränderung der elektrischen Widerstände der einzelnen Segmente 3 eines Sensorelementes 1 durch Rotation des zweiten Magnetfeldes 26 durch zeitlich veränderliche Magnetfelder beispielsweise in einem Beispiel nach Fig. 11 oder 12, ohne, dass hier die zweiten Magnete 23 eingezeichnet wären.

In Fig. 13 weisen sämtliche Segmente 3 einen hohen elektrischen Widerstand 16 auf, die Domänenwände 19 liegen bei den (hier nicht bezeichneten) mittleren elektrischen Anschlüssen. Durch Rotation des zweiten Magnetfeldes 26 in Rücksetzrichtung 27 erfolgt ein Stufenweises „Zurückdrehen“ der Domänenwände 19. Fig. 14 zeigt die Situa-

tion nach m=0,25 Drehungen. Die Domänenwände 19 haben sich entsprechend in Rücksetzrichtung 27 verschoben, einige der Segmente 3 weisen nunmehr niedrige elektrische Widerstände 15 auf. Die entsprechende Umorientierung der Magnetisierung in der sensitiven Schicht 10 der einzelnen Segmente 3 erfolgt dabei wiederum über eine vektorielle Komponente des zweiten Magnetfeldes 26 in Längsrichtung der entsprechenden Segmente 3. Zum besseren Verständnis sind in den Fig. 13 und 14 die Vektorkomponenten 28 des zweiten Magnetfeldes 26 symbolisch eingezeichnet. Beim Vergleich der Figuren 13 und 14 wird deutlich, dass eine der beiden Vektorkompenenten 28 ihre Richtung ändert, während die andere Vektorkomponente 28 gleich bleibt. Folglich ändert sich auch nur für einen Teil der Segmente 3 die Magnetisierung in der sensitiven Schicht 10 und damit der elektrische Widerstand. Entsprechend erfolgt die Verschiebung der Domänenwände 19 von Fig. 13 zu Fig. 14. Beim Vergleich der Figuren 14 und 15 (für Rückdrehzahl m=0,5) ist klar, dass sich hier die Richtung der anderen Vektorkomponente 28 ändert, so dass sich nunmehr die Magnetisierung in der sensitiven Schicht 10 der jeweils anderen Segmente 3 und damit der entsprechende elektrische Widerstand ändert.

Die weiteren Figuren 16 (m=0,75), 17 (m=1), 18 (m=1,25), 19 (m=1,5) und 20 (m=1,75) zeigen den weiteren Verlauf des Rücksetzvorgangs mit den entsprechenden Bewegungen der Domänenwände 19 und den sich ändernden elektrischen Widerständen der Segmente 3.Wie im Vergleich der Figuren 15 und 16 zu sehen ist, ändert sich der Widerstand des innersten Segmentes 3 nicht. Das Segment hat weiterhin einen niedrigen elektrischen Widerstand 15. Dieser ändert sich auch bei der weiteren Rückdrehung nicht. Auch der Widerstand des nächst innen liegenden Segmentes verbleibt bei einem niedrigen elektrischen Widerstand 15 beim Übergang von Fig. 16 (m=0,75) zu Fig. 17 (m=1). Dies liegt daran, dass nunmehr keine Domänenwand 19 mehr in diesem Bereich liegt, die das entsprechende Segment 3 passieren muss. Von daher ändern sich diese Widerstände nicht mehr. Dieser Effekt wandert mit der letzten Domänenwand 19 im Verlauf des Rückdrehens immer weiter nach außen.

Fig. 21 zeigt die Situation nach dem vollständigen Zurückdrehen (m=4,25). Es liegt nur noch eine einzige Domänenwand 19 zwischen dem Domain Wall Generator 14 und dem ersten Segment 18 vor.

Fig. 22 zeigt schematisch einen Aktor 29, durch den eine rotatorische Bewegung in eine translatorische Bewegung umgewandelt werden kann. Dieser Umfasst einen Umdrehungssensor 22 mit einer Auswerteeinheit 30, in die die gemessene Gruppenspannungen übertragen werden. In dieser Auswerteeinheit 30 kann dann basierend auf diesen Gruppenspannungen die Feststellung der Umdrehungszahl n erfolgen.

Mit dem Aktor 29 verbunden ist ein Triggermagnet 31, dessen Rotation die Veränderung des ersten Magnetfeldes bewirkt. Der Triggermagnet 31 ist ein Permanentmagnet. Der Umdrehungssensor 22 ist dabei als so genannter Multiturn-Sensor ausgebildet, der Rotationswinkel größer 360° detektieren kann. Weiterhin ist ein Single-Turn Sensor 32 ausgebildet, der lediglich Rotationswinkel von 0° bis 360° detektieren kann. Die Signale dieses Single-Turn Sensors 32, die auch der Auswerteeinheit 30 übermittelt werden, dienen beispielsweise als Korrektursignal zum Abgleich des Drehwinkels. Weiterhin kann der Single-Turn Sensor 32, der üblicherweise als Hall-Sensor ausgebildet ist, zur Messung des zweiten Magnetfeldes 26 dienen. Umdrehungssensor 22, Single-Turn Sensor 32 und Auswerteeinheit 30 können zu einer Baueinheit 33 zusammengefasst werden, die vormontiert und dann als ganzes montiert werden kann.

Der hier vorgestellte Umdrehungssensor 22 kann in vorteilhafter Weise zur Detektion von Umdrehungen beispielsweise in Aktoren im Automobilbau eingesetzt werden. Der Umdrehungssensor 22 kann in einfacher Weise zurückgesetzt werden, um bei Fehlstellen eine weitere Verwendung des Umdrehungssensors 22 gewährleisten zu können.

Bezugszeichenliste

1	Sensorelement
2	Windung
3	Segment
4	Gruppe
5	äußerer elektrischer Anschluss
6	mittlerer elektrischer Anschluss
7	erstes elektrisches Potential
8	zweites elektrisches Potential
9	ferromagnetische Referenzschicht
10	ferromagnetische sensitive Schicht
11	nicht magnetische Schicht
12	Längsrichtung
13	Domain Wall Generator
14	Magnetisierung
15	niedriger elektrischer Widerstand
16	hoher elektrischer Widerstand
17	Magnetfeld
18	erstes Segment
19	Domänenwand
20	zweites Segment
21	Referenzschema
22	Umdrehungssensor
23	zweiter Magnet
24	Spule
25	Eisenkern
26	zweites Magnetfeld
27	Rücksetzrichtung
28	Vektorkomponente
29	Aktor
30	Auswerteeinheit
31	Triggermagnet
32	Single-Turn Sensor

33 Baueinheit

Patentansprüche

1. Verfahren zum Zurücksetzen eines magnetoresistiven Umdrehungssensors (22) auf einen definierten Zustand, wobei der Umdrehungssensor (22) mindestens ein Sensorelement (1) aus mindestens einer ferromagnetischen sensitiven Schicht (10) und mindestens einer ferromagnetischen Referenzschicht (9) getrennt durch eine nichtmagnetische Schicht (11) und einen rotierbaren Triggermagneten (31) mit einem ersten Magnetfeld umfasst, der relativ zu dem mindestens einen Sensorelement (1) zur Änderung der Magnetisierung (14) in zumindest einem Teilbereich der sensitiven Schicht (10) verdrehbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass durch ein Anlegen eines zweiten Magnetfeldes (26) eine Neuausrichtung der Magnetisierung (14) in der sensitiven Schicht (10) erreicht wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das erste Magnetfeld eine erste Amplitude und das zweite Magnetfeld eine zweite Amplitude aufweist, wobei das Verhältnis der zweite Amplitude zur ersten Amplitude größer als 1 und größer als ein vorgebbarer Rücksetzfaktor ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Rücksetzfaktor in Abhängigkeit von der geometrischen Gestalt des mindestens einen Sensorelements (1) vorgegeben wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das zweite Magnetfeld (26) zeitlich veränderbar und/oder rotierend angelegt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das zweite Magnetfeld (26) durch mindestens einen Elektromagneten erzeugt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem das zweite Magnetfeld (26) durch Überlagerung der Magnetfelder mehrerer Elektromagneten erzeugt wird, wobei die Magnetfelder dieser Elektromagnete zeitlich so variiert werden, dass das zweite Magnetfeld (26) rotiert.

7. Rücksetzbarer magnetoresistiver Umdrehungssensor (22), umfassend mindestens ein magnetoresistives Sensorelement (1), welches eine ferromagnetische Referenzschicht (9) und eine sensitive ferromagnetische Schicht (10) und eine die Referenzschicht (9) von der sensitiven Schicht (10) trennende nichtmagnetische Schicht (11) aufweist, welches mehrere Segmente (3) aufweist, umfassend einen Triggermagneten (31), der relativ zu den Segmenten (3) in einer Drehrichtung zur Änderung der Magnetisierung (14) in der sensitiven Schicht (10) zumindest eines der Segmente (3) verdrehbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein zweiter Magnet (23) zur Erzeugung eines zweiten Magnetfeldes (26) zur Neuausrichtung der Magnetisierung (14) in der sensitiven Schicht (10) ausgebildet ist.

8. Umdrehungssensor (22) nach Anspruch 7, bei dem als zweiter Magnet (23) mindestens ein Elektromagnet ausgebildet ist.

9. Umdrehungssensor (22) nach Anspruch 8, bei dem als zweiter Magnet (23) ein Elektromagnet ausgebildet ist, der so ansteuerbar ist, dass ein rotierendes zweites Magnetfeld (26) entsteht.

10. Umdrehungssensor (22) nach Anspruch 9, bei dem mehrere Elektromagneten ausgebildet sind, die so ausgerichtet und ansteuerbar sind, dass ihre Magnetfelder sich im Bereich des mindestens einen Sensorelements (1) zu einem rotierenden zweiten Magnetfeld (26) überlagern.

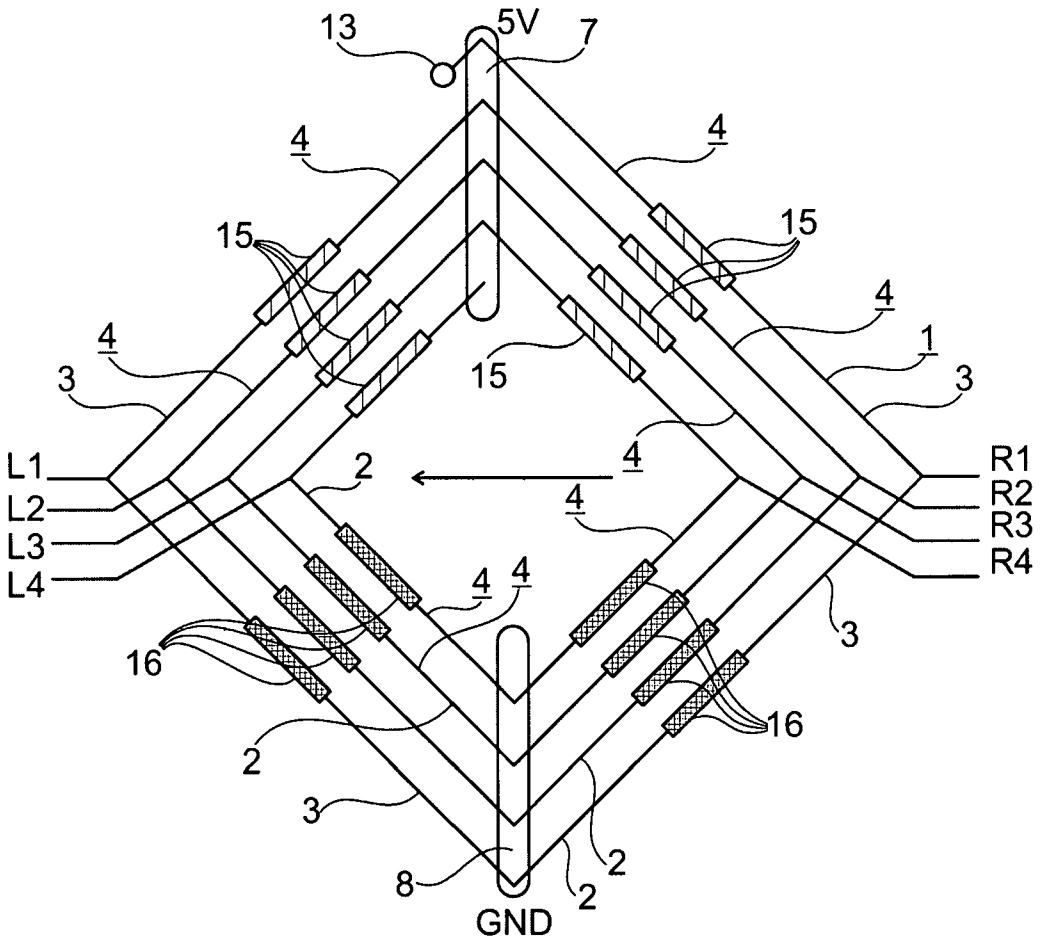

13
5V
7
4
4
15
15
4
4
1
3
3
15
L1
L2
L3
L4
2
4
4
R1
R2
R3
R4
4
4
3
16
16
2
3
2
2
8
2
GND

Fig. 1

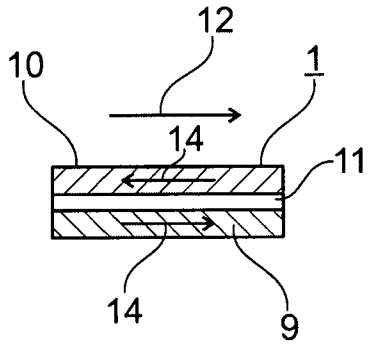

12
10
1
14
11
14
9

Fig. 2

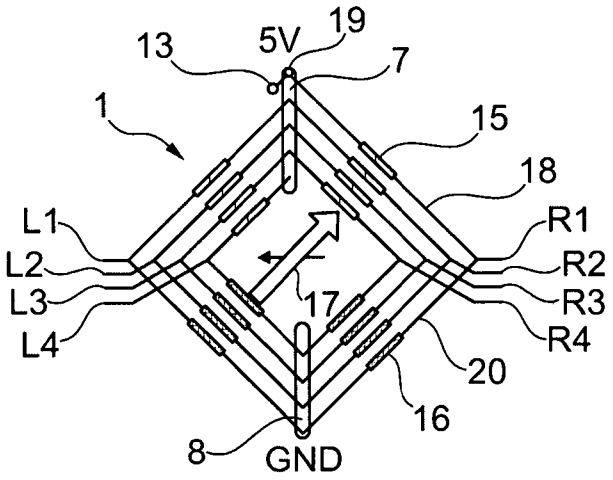


Fig. 3

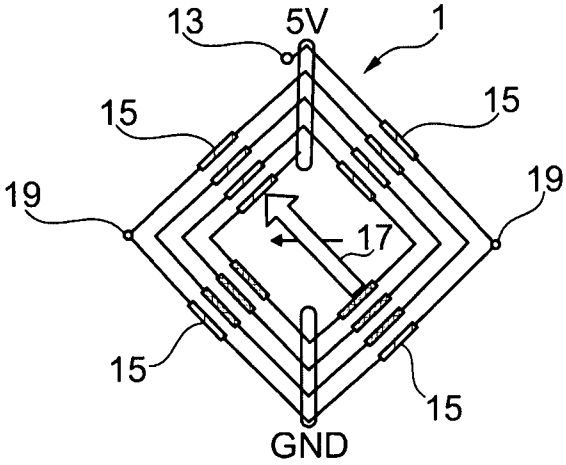


Fig. 6

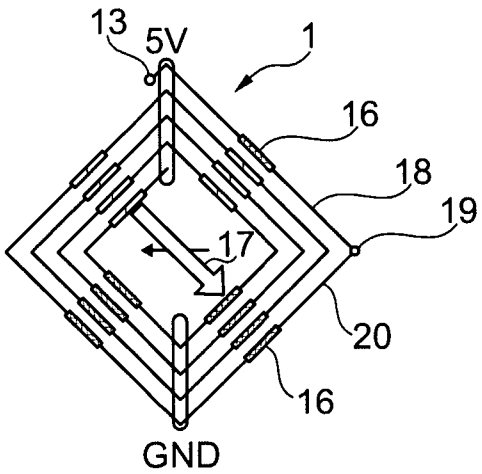


Fig. 4

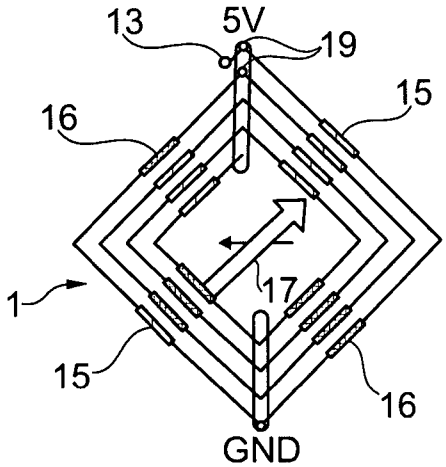


Fig. 7

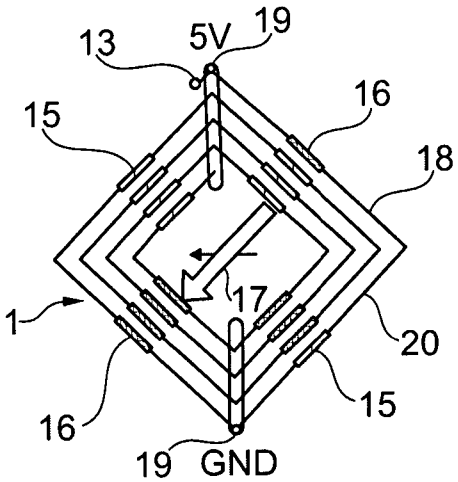


Fig. 5

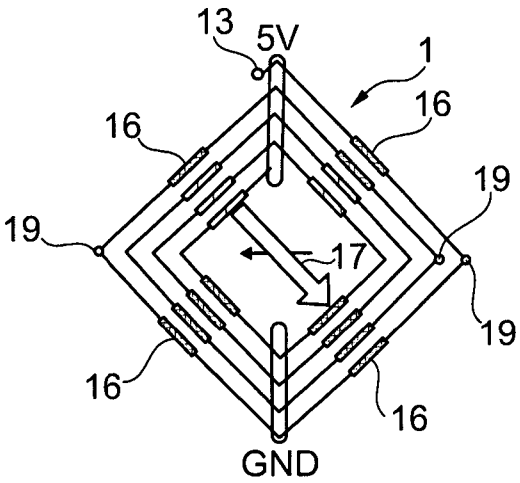


Fig. 8

n	R1	L1	R2	L2	R3	L3	R4	L4
0	-	-	-	-	-	-	-	-
0.25	o	-	-	-	-	-	-	-
0.5	+	-	-	-	-	-	-	-
0.75	o	o	-	-	-	-	-	-
1	-	+	-	-	-	-	-	-
1.25	o	o	o	-	-	-	-	-
1.5	+	-	+	-	-	-	-	-
1.75	o	o	o	o	-	-	-	-
2	-	+	-	+	-	-	-	-
2.25	o	o	o	o	o	-	-	-
2.5	+	-	+	-	+	-	-	-
2.75	o	o	o	o	o	o	-	-
3	-	+	-	+	-	+	-	-
3.25	o	o	o	o	o	o	o	-
3.5	+	-	+	-	+	-	+	-
3.75	o	o	o	o	o	o	o	o
4	-	+	-	+	-	+	-	+

21

Fig. 9

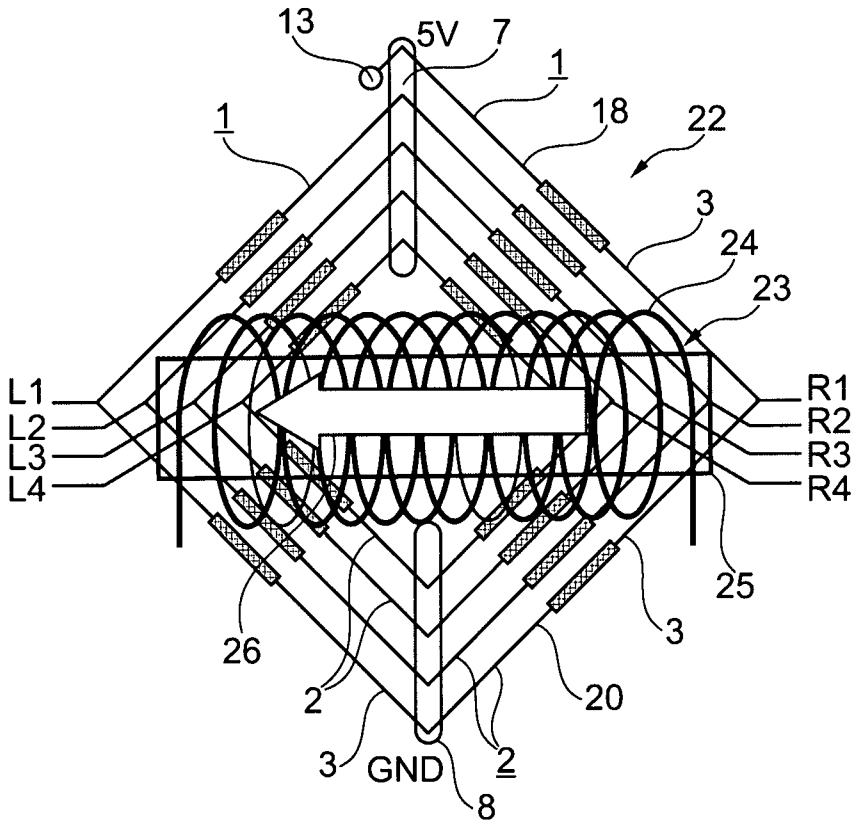

13
5V
7
1
1
18
22
3
24
23
L1
L2
L3
L4
R1
R2
R3
R4
25
26
3
2
20
3
GND
2
8

Fig. 10

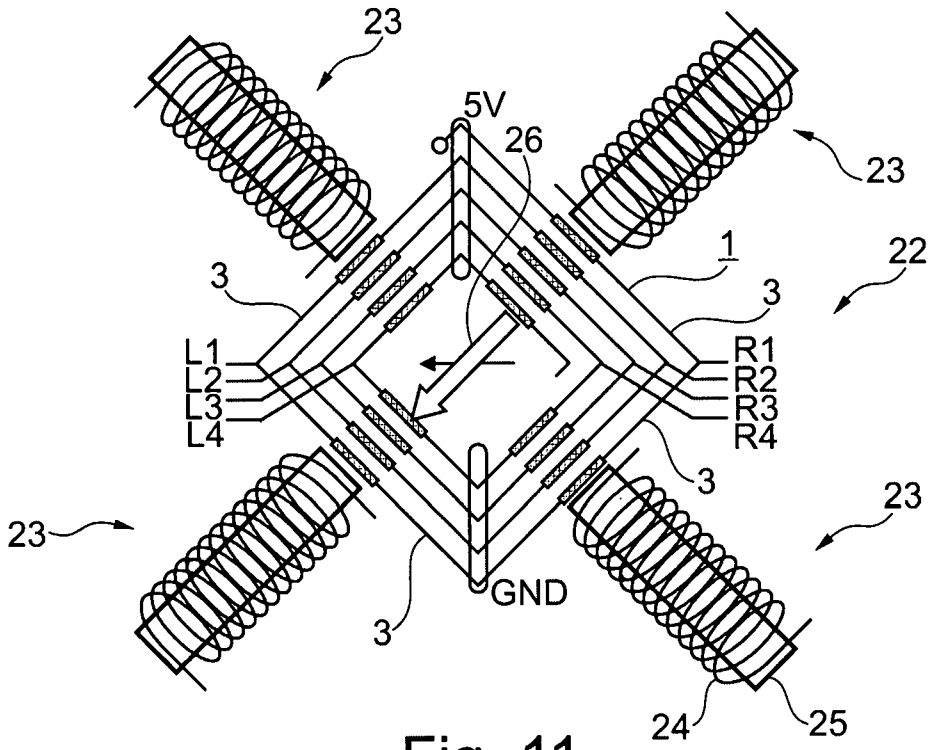

23
5V
26
23
1
22
3
3
L1
L2
L3
L4
R1
R2
R3
R4
3
23
23
GND
3
24
25

Fig. 11

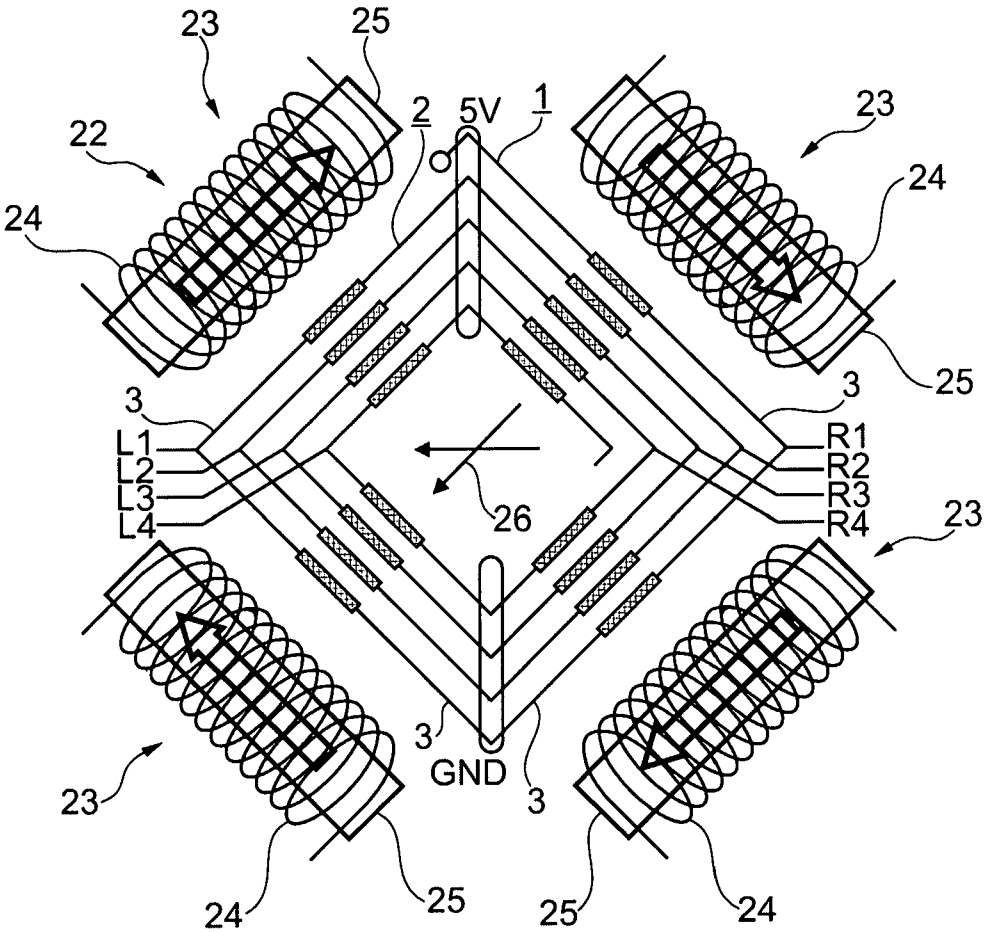


Fig. 12

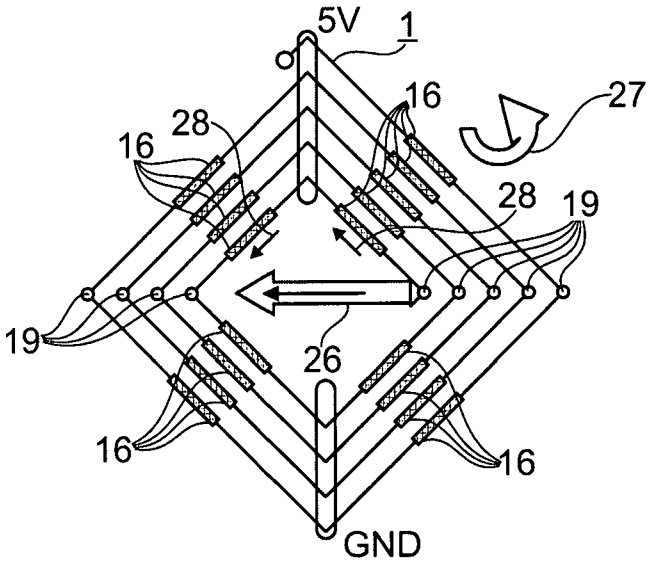


Fig. 13

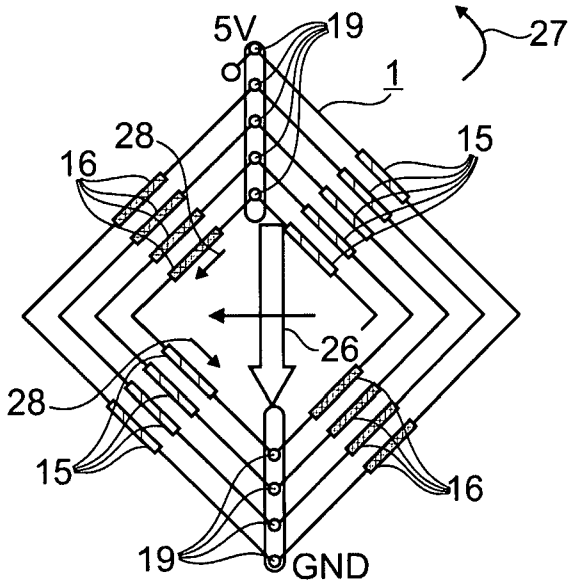


Fig. 14

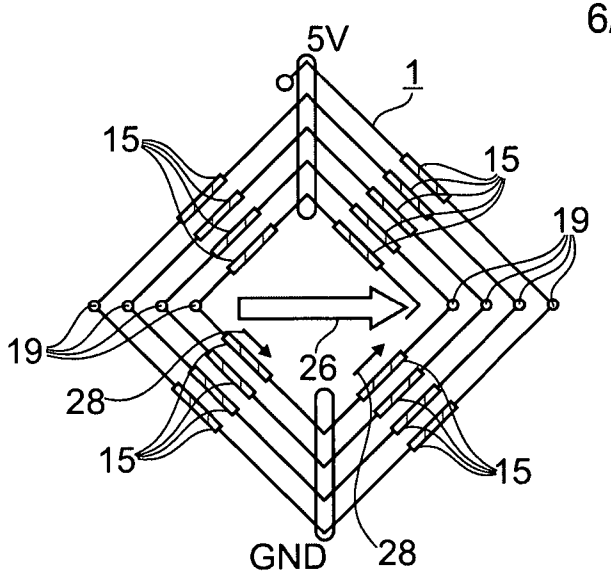


Fig. 15

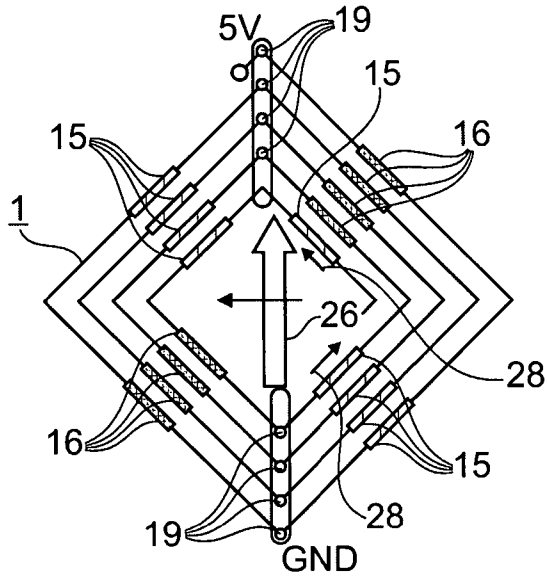


Fig. 16

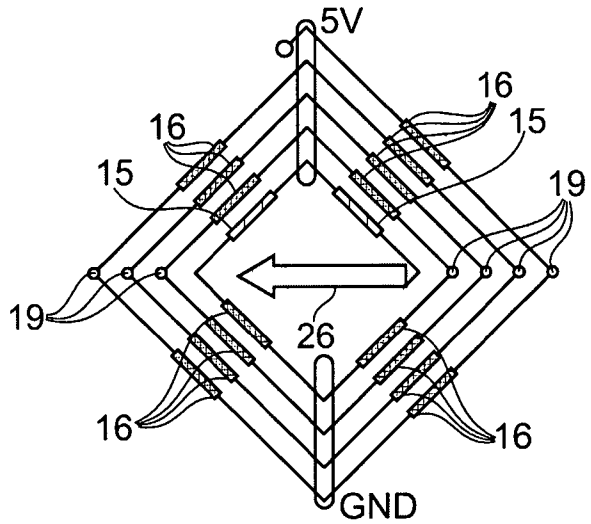


Fig. 17

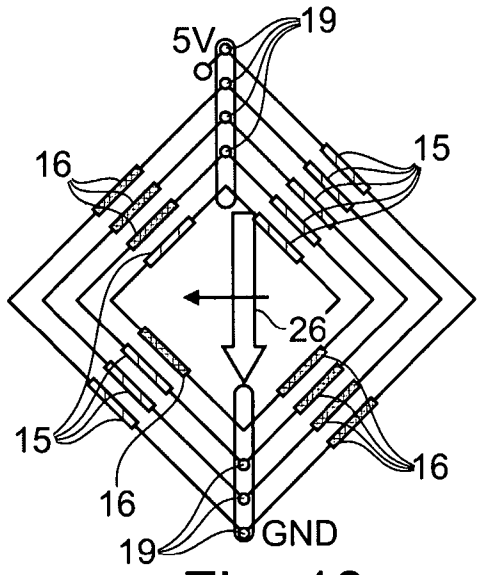


Fig. 18

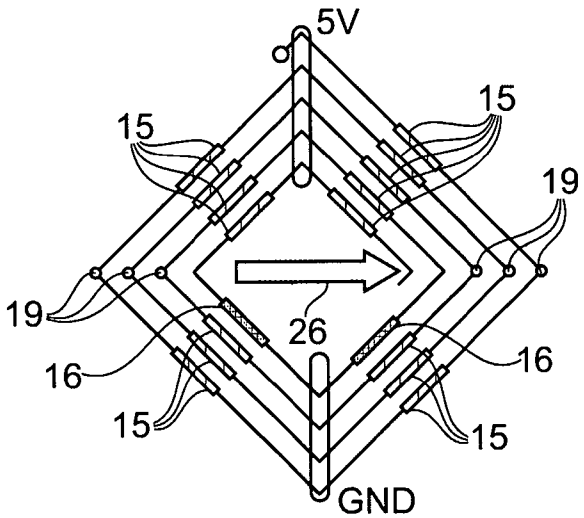


Fig. 19

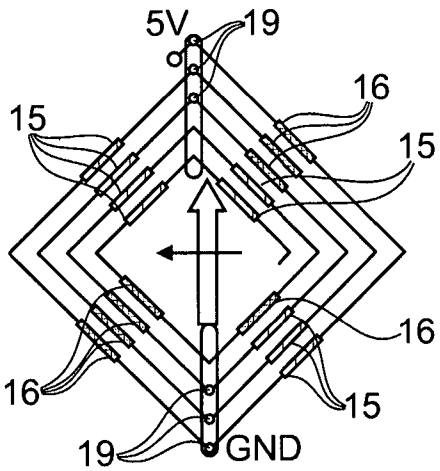


Fig. 20

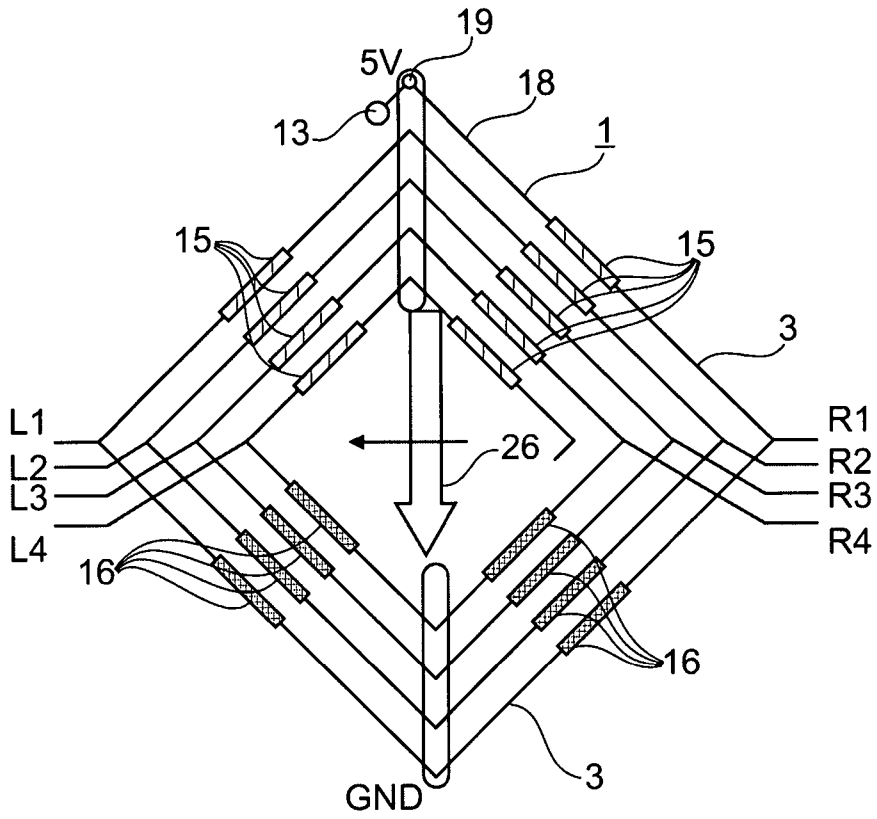

19
5V
18
13
1
15
15
3
L1
L2
L3
L4
26
R1
R2
R3
R4
16
16
3
GND

Fig. 21

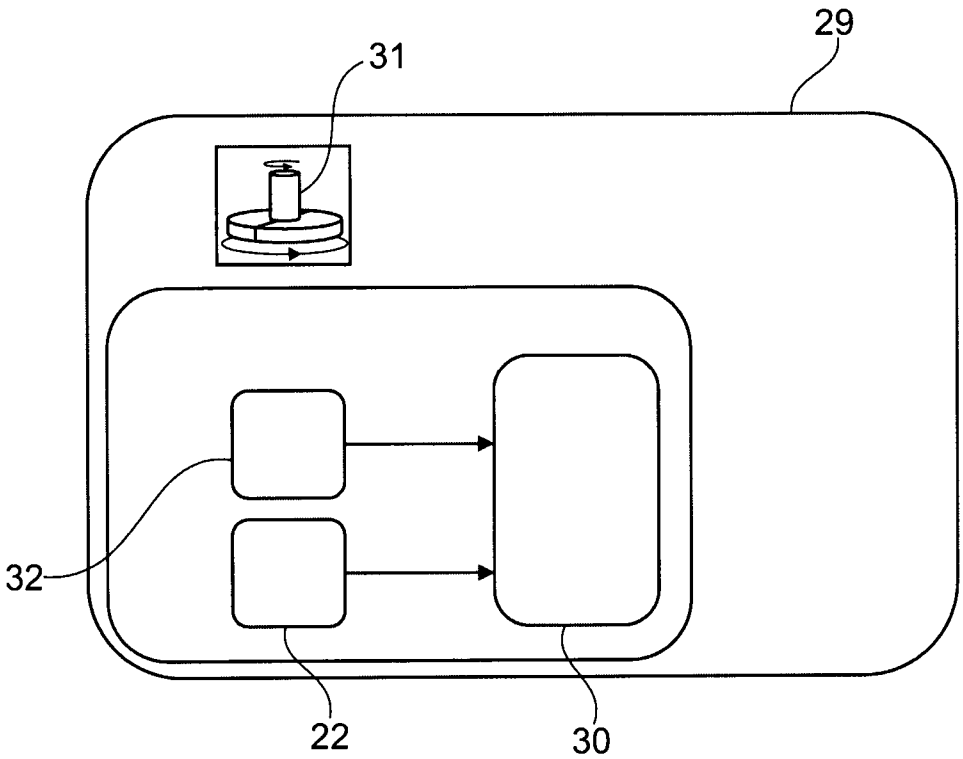

29
31
32
22
30

Fig. 22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2016/200241

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01R33/09 G01R33/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102 39 904 A1 (SIEDLE HORST GMBH & CO KG [DE]) 4 March 2004 (2004-03-04) abstract; figures 1,5 paragraph [0092] - paragraph [0095] paragraph [0001] - paragraph [0002] -----	1-10
X	US 6 275 028 B1 (MATSUI TAKAO [JP] ET AL) 14 August 2001 (2001-08-14) abstract; figures 2,7-10 column 9, line 40 - column 10, line 67 -----	1-10
X	US 2015/145504 A1 (BAI JIANMIN [CN] ET AL) 28 May 2015 (2015-05-28) paragraph [0003] - paragraph [0005] -----	1,7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
2 August 2016	18/08/2016

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Böhm-Pélissier, A

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2016/200241

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10239904 A1	04-03-2004	CN 1695044 A	09-11-2005
		DE 10239904 A1	04-03-2004
		EP 1532425 A2	25-05-2005
		JP 2005536758 A	02-12-2005
		US 2005237054 A1	27-10-2005
		WO 2004020952 A2	11-03-2004
US 6275028 B1	14-08-2001	JP H11195210 A	21-07-1999
		US 6275028 B1	14-08-2001
US 2015145504 A1	28-05-2015	CN 102809665 A	05-12-2012
		EP 2860530 A1	15-04-2015
		JP 2015524065 A	20-08-2015
		US 2015145504 A1	28-05-2015
		WO 2013182036 A1	12-12-2013

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2016/200241

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01R33/09 G01R33/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01R

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 102 39 904 A1 (SIEDLE HORST GMBH & CO KG [DE]) 4. März 2004 (2004-03-04) Zusammenfassung; Abbildungen 1,5 Absatz [0092] - Absatz [0095] Absatz [0001] - Absatz [0002]	1-10
X	US 6 275 028 B1 (MATSUI TAKAO [JP] ET AL) 14. August 2001 (2001-08-14) Zusammenfassung; Abbildungen 2,7-10 Spalte 9, Zeile 40 - Spalte 10, Zeile 67	1-10
X	US 2015/145504 A1 (BAI JIANMIN [CN] ET AL) 28. Mai 2015 (2015-05-28) Absatz [0003] - Absatz [0005]	1,7

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
2. August 2016	18/08/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Böhm-Pélissier, A

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2016/200241

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10239904 A1	04-03-2004	CN 1695044 A	09-11-2005
		DE 10239904 A1	04-03-2004
		EP 1532425 A2	25-05-2005
		JP 2005536758 A	02-12-2005
		US 2005237054 A1	27-10-2005
		WO 2004020952 A2	11-03-2004
US 6275028 B1	14-08-2001	JP H11195210 A	21-07-1999
		US 6275028 B1	14-08-2001
US 2015145504 A1	28-05-2015	CN 102809665 A	05-12-2012
		EP 2860530 A1	15-04-2015
		JP 2015524065 A	20-08-2015
		US 2015145504 A1	28-05-2015
		WO 2013182036 A1	12-12-2013