(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
23. Juli 2015 (23.07.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/106753 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01L 3/10 (2006.01) *G01L 1/12* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2014/200724

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Dezember 2014 (18.12.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 200 461.6
14. Januar 2014 (14.01.2014) DE

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

(72) Erfinder: **MATYSIK, Jan**; Lindenaststraße 47, 90409 Nürnberg (DE). **MOCK, Christian**; Rittergasse 10, 97421 Schweinfurt (DE). **NEUSCHAEFER-RUBE, Stephan**; Beethovenstraße 16, 91074 Herzogenaurach (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, 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)*

(54) Title: ARRANGEMENT FOR MEASURING A FORCE OR A TORQUE ON A MACHINE ELEMENT

(54) Bezeichnung : ANORDNUNG ZUM MESSEN EINER KRAFT ODER EINES DREHMOMENTES AN EINEM MASCHINENELEMENT

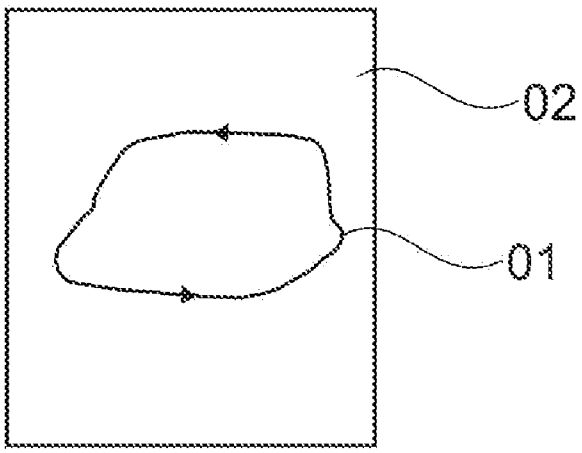


Fig. 2

(57) Abstract: The present invention relates to an arrangement for measuring a force and/or a torque on a machine element extending in an axis, using the inverse magnetostrictive effect. The machine element has at least one permanent magnetization. The permanent magnetization extends along a closed magnetization path (01). The magnetization path (01) runs preferably at least partially along the surface (02) of the machine element. The arrangement further comprises at least one magnetic field sensor which is arranged opposite the machine element. The magnetic field sensor serves to determine a magnetic field and is designed to measure at least one vector component of a magnetic field coming from the machine element, which field is produced on the one hand by the permanent magnetization and on the other hand by the force and/or by the torque. According to the invention, the orientation of the permanent magnetization relative to the axis changes along the magnetization path (01).

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2015/106753 A1

zum Messen einer Kraft und/oder eines Momentes an einem sich in einer Achse erstreckenden Maschinenelement unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes. Das Maschinenelement weist mindestens eine Permanentmagnetisierung auf. Die Permanentmagnetisierung erstreckt sich entlang eines geschlossenen Magnetisierungspfades (01). Der Magnetisierungspfad (01) verläuft bevorzugt zumindest teilweise entlang der Oberfläche (02) des Maschinenelementes. Die Anordnung umfasst weiterhin mindestens einen Magnetfeldsensor, welcher gegenüber dem Maschinenelement angeordnet ist. Der Magnetfeldsensor dient zur Bestimmung eines magnetischen Feldes und ist zur Messung zumindest einer vektoriellen Komponente eines aus dem Maschinenelement austretenden Magnetfeldes ausgebildet, welches einerseits durch die Permanentmagnetisierung und andererseits durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkt ist. Erfindungsgemäß ändert sich die Ausrichtung der Permanentmagnetisierung gegenüber der Achse entlang des Magnetisierungspfades (01).

Anordnung zum Messen einer Kraft oder eines Drehmomentes an einem Maschinenelement

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Anordnung zum Messen einer Kraft und/oder eines Momentes an einem sich in einer Achse erstreckenden Maschinenelement unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes.

Aus der DE 600 08 543 T2 ist ein Wandlerelement bekannt, welches für eine Verwendung in einem Drehmoment- oder Kraftsensor vorgesehen ist. Das Wandlerelement liegt einstückig in einer Welle aus magnetisierbarem Material vor und weist eine in einer axialen Richtung ausgerichtete Magnetisierung auf.

Die DE 600 07 641 T2 zeigt ein Wandlerelement, welches für einen Drehmoment- oder Kraftsensorwandler vorgesehen ist. Bei diesem Wandlerelement sind Magnetisierungen in einer radial inneren Region und in einer radial äußeren Region ausgebildet.

Aus der DE 603 09 678 T2 ist ein Verfahren zum Erfassen eines Drehmomentes in einer Welle bekannt, bei welchem Magnetfelder mit alternierender Polarität erzeugt werden, welche mit einer Sensoranordnung gemessen werden.

Die DE 601 05 794 T2 zeigt ein kraftempfindliches Wandlerelement mit einem Körper aus magnetischem Material, wobei in dem Körper mindestens zwei magnetisierte Bereiche ausgebildet sind, welche sich unter einem Winkel zu der Kraftübermittlungsrichtung erstrecken und entgegengesetzte Magnetisierungspolaritäten aufweisen.

Die DE 699 36 138 T2 zeigt einen magnetischen Kraftsensor, bei welchem ein magnetisiertes Material einem Biegemoment ausgesetzt ist, wobei mithilfe einer Sensoranordnung das äußere Magnetfeld des magnetisierten Materials bestimmbar ist.

Die WO 2011/085400 A1 zeigt einen magnetoelastischen Kraftsensor, mit welchem mechanische Belastungen eines Elementes messbar sind. Das Element weist eine tangential umlaufende Magnetisierung auf und wird mit einem Biegemoment belastet. Auf einer mittleren Ebene befindet sich ein Magnetfeldsensor.

Die DE 602 00 499 T2 zeigt einen Stellungsfühler mit einer magnetischen Struktur mit zwei ferromagnetischen Kränzen.

Aus der DE 692 22 588 T2 ist ein ringförmig magnetisierter Drehmomentsensor bekannt.

Die DE 691 32 101 T2 zeigt einen magnetischen Bildsensor mit einem Draht, der eine Magnetisierung in Umfangsrichtung aufweist.

Aus der DE 698 38 904 T2 ist ein Drehmomentsensor mit kreisförmiger Magnetisierung bekannt.

Die WO 2007/048143 A2 lehrt einen Sensor mit einem magnetisierten Schaft.

Die WO 01/27638 A1 zeigt einen Schwingungssensor mit einem Schaft, der umfänglich oder longitudinal magnetisiert ist.

Aus der WO 2006/053244 A2 ist ein Drehmomentsensor bekannt, der eine Magnetisierung eines rotierenden Schaftes umfasst. Die Magnetisierung ist umfänglich ausgebildet.

Die US 8,191,431 B2 zeigt einen Sensor mit einem magnetisierten Schaft, bei welchem sich mindestens zwei magnetisch aktive Bereiche axial erstrecken.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend vom Stand der Technik darin, die Möglichkeiten zur Messung von Kräften und Momenten an

Maschinenelementen unter Nutzung des invers-magnetostriktiven Effektes zu erweitern.

Die genannte Aufgabe wird gelöst durch eine Anordnung gemäß dem beigefügten Anspruch 1.

Die erfindungsgemäße Anordnung dient zum Messen einer Kraft und/oder eines Momentes an einem sich in einer Achse erstreckenden Maschinenelement. Die Kraft bzw. das Moment wirkt auf das Maschinenelement, wodurch es zu mechanischen Spannungen kommt und sich das Maschinenelement zumeist geringfügig verformt. Das Maschinenelement weist mindestens eine Permanentmagnetisierung auf. Die Permanentmagnetisierung erstreckt sich entlang eines geschlossenen Magnetisierungspfades. Der Magnetisierungspfad verläuft im Material des Maschinenelementes. In einem Bereich um den Magnetisierungspfad ist das Material des Maschinenelementes permanentmagnetisiert. Außerhalb dieses Bereiches ist das Maschinenelement bevorzugt nicht magnetisiert. Der Magnetisierungspfad verläuft bevorzugt zumindest teilweise entlang einer Oberfläche des Maschinenelementes, sodass sich die Permanentmagnetisierung bevorzugt zumindest teilweise auf der Oberfläche des Maschinenelementes erstreckt.

Die Anordnung umfasst weiterhin mindestens einen Magnetfeldsensor, welcher gegenüber dem Maschinenelement angeordnet ist. Der Magnetfeldsensor dient zur Bestimmung eines magnetischen Feldes und ist zur Messung zumindest einer vektoriellen Komponente eines aus dem Maschinenelement austretenden Magnetfeldes ausgebildet, welches einerseits durch die Permanentmagnetisierung und andererseits durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkt ist. Mithilfe des mindestens einen Magnetfeldsensors ist es also möglich, das Magnetfeld, welches wegen des invers-magnetostriktiven Effektes aufgrund der Permanentmagnetisierung und infolge der auf das Maschinenelement wirkenden Kraft bzw. des auf das Maschinenelement wirkenden Momentes auftritt, zu messen.

Erfindungsgemäß ändert sich die Ausrichtung der Permanentmagnetisierung gegenüber der Achse entlang des Magnetisierungspfades. Somit ändert sich auch die Ausrichtung des Magnetisierungspfades entlang seiner Erstreckung in Bezug auf die Achse. Es sind also Abschnitte des Magnetisierungspfades vorhanden, die in Bezug auf die Achse unterschiedliche Ausrichtungen aufweisen. Im Gegensatz zum Stand der Technik, wo die Permanentmagnetisierung grundsätzlich axial, grundsätzlich geneigt zur Achse oder grundsätzlich umfänglich ausgerichtet ist, zeigt die Permanentmagnetisierung der erfindungsgemäßen Anordnung entlang ihrer Erstreckung unterschiedliche Ausrichtungen gegenüber der Achse. Der geschlossene Magnetisierungspfad kann beispielsweise vollständig auf der Oberfläche in einem umfänglichen Abschnitt des Maschinenelementes verlaufen. Durch die Änderung der Ausrichtung kann der Magnetisierungspfad innerhalb des umfänglichen Abschnittes geschlossen sein. Jedenfalls verläuft der Magnetisierungspfad nicht vollständig entlang eines Umfanges des Maschinenelementes, wofür er seine Ausrichtung gegenüber der Achse nicht ändern müsste. Durch die erfindungsgemäß frei wählbare Ausrichtung des Magnetisierungspfades können für den Magnetisierungspfad beliebige Formen innerhalb des Maschinenelementes gewählt werden, solang der Magnetisierungspfad geschlossen ist. Insbesondere kann der Magnetisierungspfad über einen Umfang des Maschinenelementes hinweg unterschiedliche Ausrichtungen in Bezug auf die Achse aufweisen.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Anordnung besteht darin, dass das Maschinenelement in besonderer Weise ausgerichtete Permanentmagnetisierungen aufweisen kann, wodurch Störeinflüsse von z. B. externen Magnetfeldern reduziert werden können und Belastungen des Maschinenelementes durch besondere Kräfte und Momente individuell gemessen werden können. Insbesondere kann das Maschinenelement mehrere der Permanentmagnetisierungen umfassen, sodass Kräfte und/oder Momente an unterschiedlichen Positionen des Maschinenelementes gemessen werden können.

Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung ist die Permanentmagnetisierung in einem Zustand des Maschinenelementes, in wel-

chem das Maschinenelement durch die Kraft und/oder durch das Moment unbelastet ist, außerhalb des Maschinenelementes magnetisch neutral. Folglich ist das Maschinenelement nach außen magnetisch neutral, wenn es nicht durch eine Kraft oder ein Moment belastet ist und keine mechanischen Spannungen aufweist. Es weist dann kein technisch nutzbares magnetisches Feld auf, welches außerhalb des Maschinenelementes messbar ist.

Bei bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung steht die Permanentmagnetisierung in einem Zustand des Maschinenelementes, in welchem das Maschinenelement durch die Kraft und/oder durch das Moment unbelastet ist, in einem energetischen Gleichgewicht. Folglich steht die magnetische Polarisierung im Werkstoff des Maschinenelementes im unbelasteten Zustand in einem energetischen Gleichgewicht.

Das Maschinenelement bildet bevorzugt einen integralen Bestandteil der Anordnung.

Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt durch einen magnetisierten dreidimensionalen Teilbereich des Volumens des Maschinenelementes gebildet, der die Form eines geschlossenen Seiles aufweist, wobei der Magnetisierungspfad eine mittlere Achse des Seiles darstellt. Das Seil weist bevorzugt einen kreisförmigen oder einen viereckigen Querschnitt auf. Der Querschnitt kann auch abgeflacht sein, beispielsweise in Form einer abgeflachten Superellipse oder eines flachen Rechteckes. Bevorzugt ist der Querschnitt des Seiles entlang der Erstreckung des Seiles unveränderlich. Allerdings kann der Querschnitt des Seiles entlang der Erstreckung des Seiles auch veränderlich sein.

Der Magnetisierungspfad ist bevorzugt durch eine im Raum geschlossene dreidimensionale Kurve gebildet. Diese Kurve verläuft im Maschinenelement, insbesondere durch das Material des Maschinenelementes. Die Kurve kann grundsätzlich beliebig verlaufen, insbesondere kann die Kurve auch unregelmäßig verlaufen.

Der Magnetisierungspfad bzw. die dreidimensionale Kurve ist bevorzugt achsensymmetrisch. Der Magnetisierungspfad bzw. die dreidimensionale Kurve weist somit bevorzugt mindestens eine Symmetrieachse auf.

Die Achse des Maschinenelementes ist bevorzugt außerhalb des geschlossenen Magnetisierungspfades bzw. außerhalb der geschlossenen Kurve angeordnet. Somit kann der Magnetisierungspfad nicht entlang eines Umfanges des Maschinenelementes geschlossen sein, wie es aus dem Stand der Technik bekannt ist.

Der Magnetisierungspfad bzw. die dreidimensionale Kurve kann sich auch umfänglich um eine Ausnehmung im Maschinenelement erstrecken. Bei der Ausnehmung kann es sich beispielsweise um eine Bohrung handeln, die radial im Maschinenelement angeordnet ist.

Bei einer ersten Gruppe bevorzugter Ausführungsformen verläuft der Magnetisierungspfad bzw. die dreidimensionale Kurve vollständig entlang einer Oberfläche des Maschinenelementes. Folglich ist das Maschinenelement nur auf einem Teil seiner Oberfläche magnetisiert. Der Magnetisierungspfad stellt somit eine geschlossene Kurve auf der Oberfläche des Maschinenelementes dar.

Der Magnetisierungspfad bzw. die dreidimensionale Kurve weist bevorzugt die Form eines Polygons oder einer Superellipse auf, wobei das Polygon bzw. die Superellipse auf die Oberfläche des Maschinenelementes projiziert ist. Das Polygon bzw. die Superellipse ist bevorzugt auf einen umfänglichen Abschnitt der Oberfläche des Maschinenelementes projiziert.

Der Magnetisierungspfad bzw. die dreidimensionale Kurve weist bevorzugt die Form eines Parallelogramms oder einer Superellipse auf, wobei das Parallelogramm bzw. die Superellipse auf die Oberfläche des Maschinenelementes projiziert ist. Das Parallelogramm bzw. die Superellipse ist bevorzugt auf einen umfänglichen Abschnitt der Oberfläche des Maschinenelementes projiziert.

Das Parallelogramm ist bevorzugt durch ein Rechteck gebildet. Die Seiten des Rechteckes können orthogonal oder parallel gegenüber der Achse des Maschinenelementes angeordnet sein. In diesem Fall sind zwei der vier Seiten des Rechteckes orthogonal gegenüber der Achse ausgerichtet, während die zwei anderen der vier Seiten des Rechteckes parallel gegenüber der Achse des Maschinenelementes ausgerichtet sind. Die Permanentmagnetisierung ändert somit ihre Ausrichtung gegenüber der Achse entlang des Magnetisierungspfades von tangential nach parallel und umgekehrt.

Bei alternativen bevorzugten Ausführungsformen sind Seiten des Parallelogramms bzw. die Seiten des als Rechteck ausgebildeten Parallelogramms gegenüber der Achse geneigt. Es sind unterschiedliche Neigungswinkel realisierbar.

Die Achsen der Superellipse können orthogonal oder parallel gegenüber der Achse des Maschinenelementes angeordnet sein. Alternativ können die Achsen der Superellipse auch gegenüber der Achse geneigt sein.

Die Superellipse ist bevorzugt durch eine Ellipse gebildet. Die Ellipse ist bevorzugt durch einen Kreis gebildet. Alternativ ist die Superellipse bevorzugt als ein Oval ausgebildet.

Bei einer zweiten Gruppe bevorzugter Ausführungsformen verläuft der Magnetisierungspfad bzw. die dreidimensionale Kurve nur teilweise entlang einer Oberfläche des Maschinenelementes. Der andere Teil des Magnetisierungspfades bzw. der dreidimensionale Kurve verläuft somit weiter innen liegend im Maschinenelement unterhalb der Oberfläche des Maschinenelementes. Bei dieser Gruppe bevorzugter Ausführungsformen verläuft der Magnetisierungspfad bevorzugt in einer Ebene. Ein Lot von einem Mittelpunkt einer vom Magnetisierungspfad aufgespannten Fläche auf die Achse des Maschinenelementes liegt in der genannten Ebene. Bei dem Mittelpunkt kann es sich um einen geometrischen Mittelpunkt, aber auch um einen Schwerpunkt der vom Magnetisierungspfad aufgespannten Fläche handeln. Bei dieser zweiten Gruppe be-

vorzugter Ausführungsformen ist die Symmetrieachse der bevorzugt gegebenen Achsensymmetrie des Magnetisierungspfades bevorzugt parallel oder senkrecht zur Achse des Maschinenelementes angeordnet, wobei diese Symmetrieachse auch schräg gegenüber der Achse angeordnet sein kann. Der achsensymmetrische Magnetisierungspfad weist bevorzugt zwei Längsseiten auf, wobei eine der beiden Längsseiten auf der Oberfläche des Maschinenelementes angeordnet ist, während die andere der beiden Längsseiten unterhalb der Oberfläche des Maschinenelementes angeordnet ist, bevorzugt unterhalb der auf der Oberfläche angeordneten Längsseite.

Bei bevorzugten Ausführungsformen weist das Maschinenelement mehrere der Permanentmagnetisierungen auf. Die mehreren Permanentmagnetisierungen sind bevorzugt gleich ausgebildet. Auch sind die mehreren Permanentmagnetisierungen bevorzugt in gleicher Weise gegenüber der Achse ausgerichtet. Die mehreren Permanentmagnetisierungen können zueinander beanstandet oder aneinander angrenzend angeordnet sein. Die Polarität der mehreren Permanentmagnetisierungen alterniert bevorzugt zwischen jeweils benachbarten der Permanentmagnetisierungen. Die mehreren Permanentmagnetisierungen können auch unterschiedlich ausgebildet sein, um gleichzeitig unterschiedliche Komponenten des durch die Permanentmagnetisierung sowie durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes messen zu können.

Die die Permanentmagnetisierung aufweisende Komponente ist zumindest fest mit dem Maschinenelement oder mit einer Hauptkomponente des Maschinenelementes verbunden, wobei die Permanentmagnetisierung den am Maschinenelement auftretenden mechanischen Spannungen gemeinsam mit dem Maschinenelement ausgesetzt ist. Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt einstückig mit dem Maschinenelement oder mit einer Hauptkomponente des Maschinenelementes ausgebildet. Es handelt sich jedenfalls nicht um zusätzliche Dauermagnete, welche beispielsweise außen am Maschinenelement befestigt sind und nicht den am Maschinenelement auftretenden mechanischen Spannungen ausgesetzt sind. Die Permanentmagnetisierung ist bevorzugt in einem magnetoelastisch ausgebildeten Abschnitt des Maschinenelementes

ausgebildet. In dem magnetoelastisch ausgebildeten Abschnitt des Maschinenelementes besteht das Maschinenelement bevorzugt aus einem magnetostriktiven Material. Bevorzugt ist nicht lediglich ein Abschnitt, sondern das Maschinenelement als solches magnetoelastisch ausgebildet. In diesem Fall besteht das Maschinenelement aus einem magnetostriktiven Material.

Bei bevorzugten Ausführungsformen umfasst die Anordnung mehrere der Magnetfeldsensoren.

Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt beabstandet von der Achse angeordnet.

Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt ortsfest und beabstandet zum Maschinenelement angeordnet. Während die Kraft bzw. das Moment zu Bewegungen oder Verformungen des Maschinenelementes führen kann, verändern die Magnetfeldsensoren ihre ortsfeste Position nicht.

Der Magnetfeldsensor ist bevorzugt zur Messung genau einer vektoriellen Komponente des aus dem Maschinenelement austretenden Magnetfeldes ausgebildet, welches einerseits durch die Permanentmagnetisierung und andererseits durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkt ist. Somit ist der Magnetfeldsensor zur Bestimmung einer einzigen Belastungsart ausgebildet und gegenüber anderen Belastungsarten unempfindlich.

Das Maschinenelement weist bevorzugt die Form eines Prismas oder eines Zylinders auf, wobei das Prisma bzw. der Zylinder koaxial zu der Achse angeordnet ist. Das Prisma bzw. der Zylinder ist bevorzugt gerade. Besonders bevorzugt weist das Maschinenelement die Form eines geraden Kreiszylinders auf, wobei der Kreiszylinder koaxial zu der Achse angeordnet ist. Bei besonderen Ausführungsformen ist das Prisma bzw. der Zylinder konisch ausgebildet.

Das Maschinenelement ist bevorzugt durch eine Welle oder durch einen Flansch gebildet. Die Welle bzw. der Flansch können für Belastungen durch unterschiedliche Kräfte und Momente ausgelegt sein.

Das Maschinenelement weist bevorzugt einen Hohlraum auf, durch welchen die Achse zumindest abschnittsweise verläuft. Folglich umschließt der Hohlraum zumindest einen Abschnitt der Achse. Der Hohlraum erstreckt sich bevorzugt in der Achse.

Der Hohlraum ist bevorzugt zylinderförmig ausgebildet, wobei die Zylinderform koaxial zur Achse angeordnet ist. Das Maschinenelement kann beispielsweise durch eine Hohlwelle gebildet sein.

Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt in dem Hohlraum des Maschinenelementes angeordnet. Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind alternativ bevorzugt außerhalb des Hohlraumes angeordnet.

Der eine bzw. die mehreren Magnetfeldsensoren sind bevorzugt durch Hall-Sensoren, Spulen oder Fluxgate-Magnetometer gebildet. Grundsätzlich können auch andere Sensortypen verwendet werden, insofern sie zur Messung der durch den invers-magnetostriktiven Effekt hervorgerufenen magnetischen Felder geeignet sind.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen, unter Bezugnahme auf die Zeichnung. Es zeigen:

Fig. 1: ein Maschinenelement einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung in einer Querschnittsansicht;

Fig. 2: einen Magnetisierungspfad einer erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 3: einen Magnetisierungspfad einer ersten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 4: einen Magnetisierungspfad einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 5: einen Magnetisierungspfad einer dritten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 6: einen Magnetisierungspfad einer vierten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 7: einen Magnetisierungspfad einer fünften bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 8: Magnetisierungspfade einer sechsten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 9: Magnetisierungspfade einer siebten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 10: Magnetisierungspfade einer achten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 11: Magnetisierungspfade einer neunten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung;

Fig. 12: einen der in Fig. 8 gezeigten Magnetisierungspfade in einer weiteren Ansicht; und

Fig. 13: einen der in Fig. 8 gezeigten Magnetisierungspfade in einer weiteren Ansicht.

Fig. 1 zeigt ein Maschinenelement einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung in einer Querschnittsansicht. Bei diesem Maschinenelement handelt es sich um eine Hohlwelle aus einem

magnetostriktiven Material. Die Hohlwelle kann verschiedenen Kräften und Momenten ausgesetzt sein, welche mithilfe der erfindungsgemäßen Anordnung zu messen sind. Die erfindungsgemäße Anordnung umfasst weiterhin einen Magnetfeldsensor (nicht gezeigt), der beanstandet zur Hohlwelle in der Nähe der Hohlwelle angeordnet ist.

Die Hohlwelle ist partiell durch eine Permanentmagnetisierung magnetisiert. Die Permanentmagnetisierung ist entlang eines Magnetisierungspfades 01 (gezeigt in Fig. 2 bis Fig. 13) ausgebildet.

In Fig. 1 ist ein Winkel β veranschaulicht. Fig. 2 bis Fig. 13 enthalten Darstellungen der Hohlwelle mit Bezug auf den Winkel β. Fig. 2 bis Fig. 11 zeigen eine zylindermantelförmige Oberfläche 02 verschiedener Ausführungsformen der Hohlwelle, wobei die zylindermantelförmige Oberfläche 02 jeweils über ein Abrollen der Hohlwelle über den Winkel β dargestellt ist. Dementsprechend ist die zylindermantelförmige Oberfläche 02 der Hohlwelle jeweils als ein Rechteck dargestellt.

Fig. 2 zeigt einen Magnetisierungspfad 01 einer erfindungsgemäßen Anordnung. Der Magnetisierungspfad verläuft auf einer zylindermantelförmigen Oberfläche 02 der Hohlwelle. Der Magnetisierungspfad 01 ist geschlossen und weist bei der gezeigten allgemeinen Ausführungsform eine unregelmäßige Form auf. Da der Magnetisierungspfad 01 auf der zylindermantelförmigen Oberfläche 02 der Hohlwelle angeordnet ist und geschlossen ist, weist er entlang seines Verlaufes unterschiedliche Ausrichtungen gegenüber einer Achse der Hohlwelle auf.

Fig. 3 zeigt einen Magnetisierungspfad 01 einer ersten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. In der abgerollten Darstellung weist der Magnetisierungspfad die Form eines Quadrates auf. Das Quadrat ist gegenüber der Achse der Hohlwelle um 45° geneigt. Dieser Neigungswinkel α kann aber auch andere Größen aufweisen. Die Kantenlängen a und b können

auch unterschiedlich groß sein, sodass der Magnetisierungspfad in der abgerollten Darstellung die Form eines Rechteckes aufweist.

Fig. 4 zeigt einen Magnetisierungspfad 01 einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. In der abgerollten Darstellung weist der Magnetisierungspfad die Form eines Quadrates auf. Das Quadrat ist parallel zur Achse der Hohlwelle ausgerichtet. Das Quadrat kann aber auch um einen Neigungswinkel α gegenüber der Achse geneigt sein. Die Kantenlängen a und b können auch unterschiedlich groß sein, sodass der Magnetisierungspfad 01 in der abgerollten Darstellung die Form eines Rechteckes aufweist.

Fig. 5 zeigt einen Magnetisierungspfad 01 einer dritten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. In der abgerollten Darstellung weist der Magnetisierungspfad 01 die Form eines Kreises auf. Die Magnetisierung kann auch unterschiedlich orientiert sein.

Fig. 6 zeigt einen Magnetisierungspfad 01 einer vierten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. In der abgerollten Darstellung weist der Magnetisierungspfad 01 die Form eines superellipsenartigen Ovals auf. Die Magnetisierung kann auch unterschiedlich orientiert sein. Die Radien r_1 und r_2 können unterschiedlich groß sein und sind variabel. Die Kantenlänge b ist ebenfalls variabel.

Fig. 7 zeigt einen Magnetisierungspfad 01 einer fünften bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. In der abgerollten Darstellung weist der Magnetisierungspfad 01 die Form eines superellipsenartigen Ovals auf. Die Magnetisierung kann unterschiedlich orientiert sein. Die Radien r_1 und r_2 können unterschiedlich groß sein und sind variabel. Die Kantenlänge a ist ebenfalls variabel.

Fig. 8 bis Fig. 13 zeigen Magnetisierungspfade 01 bevorzugter Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Anordnung, wobei die Magnetisierungspfade 01 nicht vollständig auf der zylindermantelförmigen Oberfläche 02 der Hohlwel-

le angeordnet sind. Daher zeigen die Fig. 8 bis Fig. 11 jeweils nur einen Teil des jeweiligen Magnetisierungspfades 01, nämlich denjenigen Teil, der auf der zylindermantelförmigen Oberfläche 02 der Hohlwelle angeordnet ist. Dieser Teil weist bei den gezeigten Ausführungsformen in der abgerollten Darstellung jeweils die Form einer geraden Strecke auf.

Die in den Fig. 8 bis Fig. 13 gezeigten Ausführungsformen weisen jeweils zwei der Permanentmagnetisierungen auf, wobei die beiden Permanentmagnetisierungen symbolisch für mehrere Permanentmagnetisierungen stehen.

Die Magnetisierungspfade 01 der in den Fig. 8 bis Fig. 13 gezeigten Ausführungsformen liegen jeweils in einer Ebene und weisen die Form eines superellipsenartigen Ovals auf. Die Ovale sind schmal ausgebildet, sodass sie jeweils zwei Längsseiten aufweisen. Eine der beiden Längsseiten verläuft jeweils auf der Oberfläche 02 der Hohlwelle. Die andere der beiden Längsseiten verläuft jeweils unter der an der Oberfläche 02 befindlichen Längsseite im Inneren des Materials der Hohlwelle versetzt in Richtung der Achse der Hohlwelle. Folglich liegt ein Lot vom Mittelpunkt des jeweiligen superellipsenartigen Ovals auf die Achse der Hohlwelle in der Ebene des jeweiligen superellipsenartigen Ovals.

Fig. 8 zeigt zwei der Magnetisierungspfade 01 einer sechsten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. Bei dieser Ausführungsform sind die die Magnetisierungspfade 01 bzw. die superellipsenartigen Ovale umfassenden Ebenen jeweils in einem Winkel α gegenüber der Achse (nicht gezeigt) der Hohlwelle geneigt. Der Winkel α ist variabel. Die Kantenlängen a und b der Längsseiten sind ebenfalls variabel.

Fig. 9 zeigt zwei der Magnetisierungspfade 01 einer siebten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. Bei dieser Ausführungsform sind die die Magnetisierungspfade 01 bzw. die superellipsenartigen Ovale umfassenden Ebenen jeweils in einem Winkel α gegenüber der Achse (nicht gezeigt) der Hohlwelle geneigt. Der Winkel α ist variabel. Die Kantenlängen a und b der Längsseiten sind ebenfalls variabel.

Fig. 10 zeigt zwei der Magnetisierungspfade 01 einer achten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. Bei dieser Ausführungsform sind die die Magnetisierungspfade 01 bzw. die superellipsenartigen Ovale umfassenden Ebenen jeweils senkrecht gegenüber der Achse (nicht gezeigt) der Hohlwelle angeordnet. Die Kantenlängen a und b der Längsseiten sind variabel.

Fig. 11 zeigt zwei der Magnetisierungspfade 01 einer neunten bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anordnung. Bei dieser Ausführungsform umfassen die die Magnetisierungspfade 01 bzw. die superellipsenartigen Ovale umfassenden Ebenen jeweils auch die Achse (nicht gezeigt) der Hohlwelle. Die Kantenlängen a und b der Längsseiten sind variabel.

Fig. 12 zeigt einen der in Fig. 8 gezeigten Magnetisierungspfade 01 in einer weiteren Ansicht. Die Ebene dieser Ansicht umfasst die Achse (nicht gezeigt) der Hohlwelle, sodass die Hohlwelle und deren zylindermantelförmige Oberfläche 02 geschnitten sind. In dieser Ansicht sind die beiden Längsseiten des superellipsenartigen Ovals des Magnetisierungspfades 01 gezeigt. Die unterhalb der zylindermantelförmigen Oberfläche 02 verlaufende Längsseite kann in unterschiedlichen Tiefen im Inneren des Materials der Hohlwelle angeordnet sein.

Fig. 13 zeigt einen der in Fig. 8 gezeigten Magnetisierungspfade 01 in einer weiteren Ansicht. Die Ebene dieser Ansicht ist senkrecht zur Achse (nicht gezeigt) der Hohlwelle angeordnet, sodass die Hohlwelle und deren zylindermantelförmige Oberfläche 02 geschnitten sind. In dieser Ansicht sind wiederum die beiden Längsseiten des superellipsenartigen Ovals des Magnetisierungspfades 01 gezeigt. Die unterhalb der zylindermantelförmigen Oberfläche 02 verlaufende Längsseite kann in unterschiedlichen Tiefen im Inneren des Materials der Hohlwelle angeordnet sein.

Bezugszeichenliste

01 - Magnetisierungspfad

02 - zylindermantelförmige Oberfläche

Patentansprüche

1. Anordnung zum Messen einer Kraft und/oder eines Momentes an einem sich in einer Achse erstreckenden Maschinenelement, wobei das Maschinenelement eine Permanentmagnetisierung aufweist, die sich entlang eines geschlossenen Magnetisierungspfades (01) erstreckt, wobei die Anordnung weiterhin mindestens einen Magnetfeldsensor umfasst, welcher zur Messung zumindest einer Komponente eines durch die Permanentmagnetisierung sowie durch die Kraft und/oder durch das Moment bewirkten Magnetfeldes ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet,** dass sich die Ausrichtung der Permanentmagnetisierung gegenüber der Achse entlang des Magnetisierungspfades (01) ändert.

2. Anordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Permanentmagnetisierung in einem durch die Kraft und/oder durch das Moment unbelasteten Zustand des Maschinenelementes außerhalb des Maschinenelementes magnetisch neutral ist.

3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Permanentmagnetisierung durch einen magnetisierten dreidimensionalen Teilbereich des Maschinenelementes gebildet ist, welcher die Form eines geschlossenen Seiles aufweist, wobei der Magnetisierungspfad (01) eine mittlere Achse des Seiles darstellt.

4. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Magnetisierungspfad (01) durch eine im Raum geschlossene dreidimensionale Kurve gebildet ist.

5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Magnetisierungspfad (01) die Form eines Parallelogramms oder einer Superellipse aufweist, wobei das Parallelogramm oder die Superellipse auf die Oberfläche (02) des Maschinenelementes projiziert ist.

6. Anordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** dass Seiten des Parallelogramms oder die Achsen der Superellipse gegenüber der Achse des Maschinenelementes geneigt sind.

7. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Magnetisierungspfad (01) in einer Ebene verläuft, wobei ein Lot von einem Mittelpunkt einer vom Magnetisierungspfad (01) aufgespannten Fläche auf die Achse in der Ebene liegt.

8. Anordnung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass der Magnetisierungspfad (01) zwei Längsseiten aufweist, wobei eine der beiden Längsseiten auf der Oberfläche (02) des Maschinenelementes verläuft und wobei die andere der beiden Längsseiten unterhalb der Oberfläche (02) des Maschinenelementes verläuft.

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet,** dass das Maschinenelement mehrere der Permanentmagnetisierungen aufweist.

10. Anordnung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mehreren Permanentmagnetisierungen gleich ausgebildet sind und in gleicher Weise gegenüber der Achse des Maschinenelementes ausgerichtet sind.

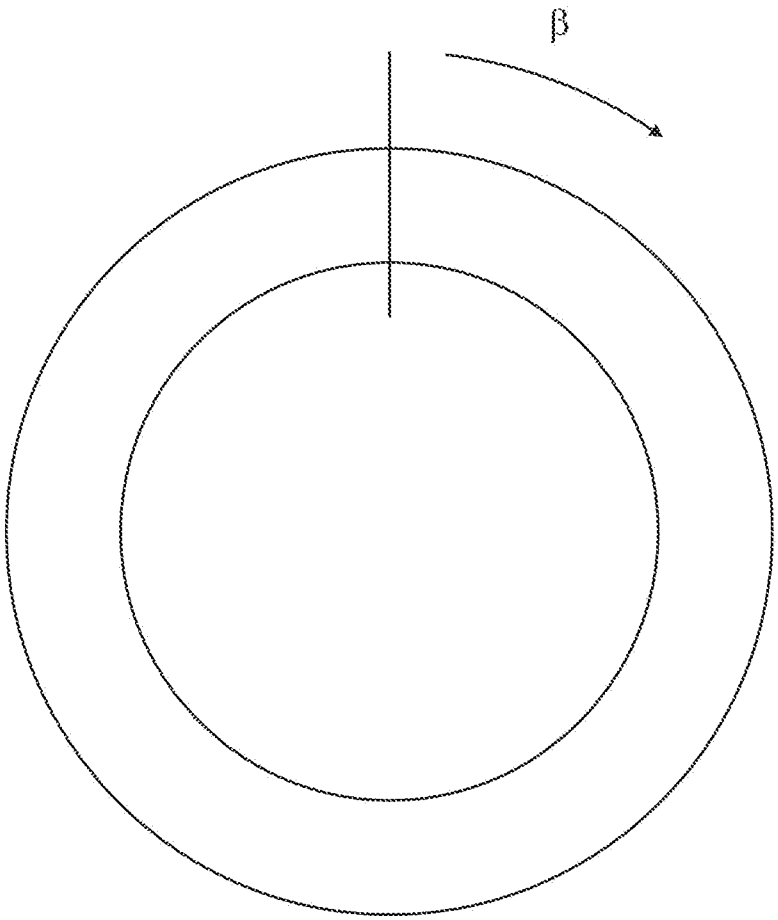


Fig. 1

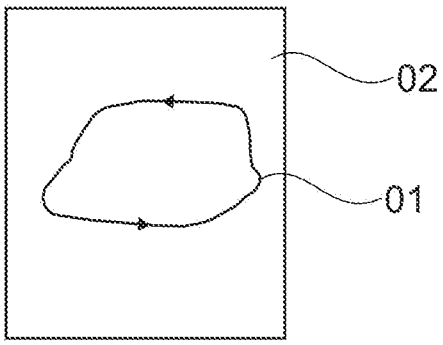


Fig. 2

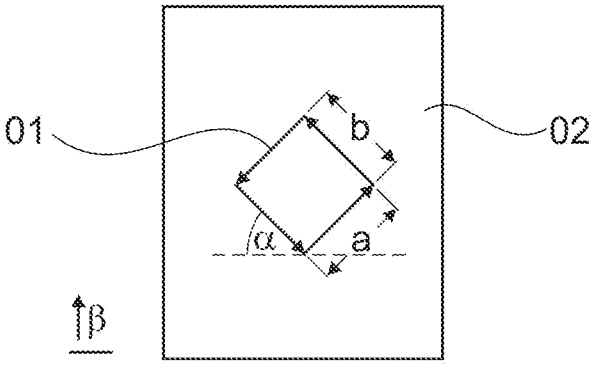


Fig. 3

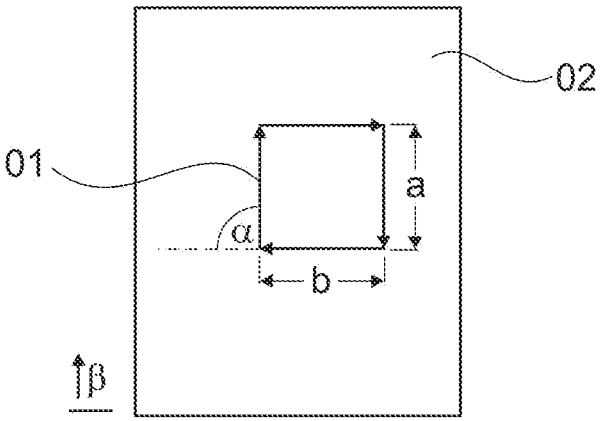


Fig. 4

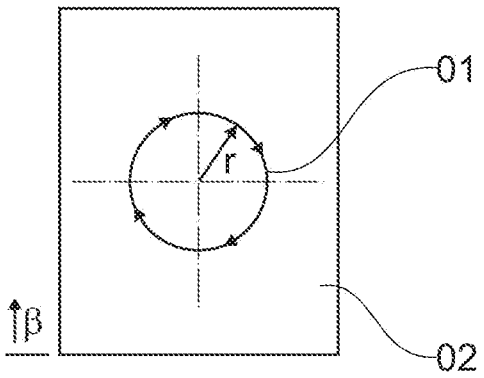


Fig. 5

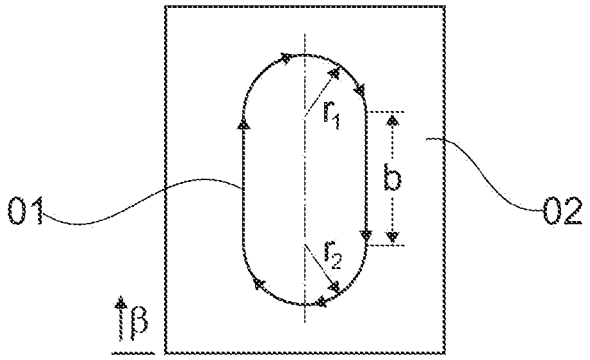


Fig. 6

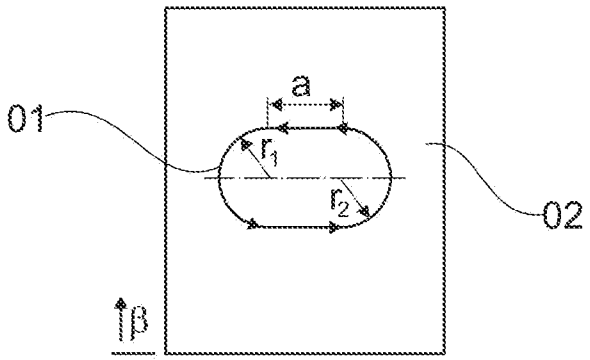


Fig. 7

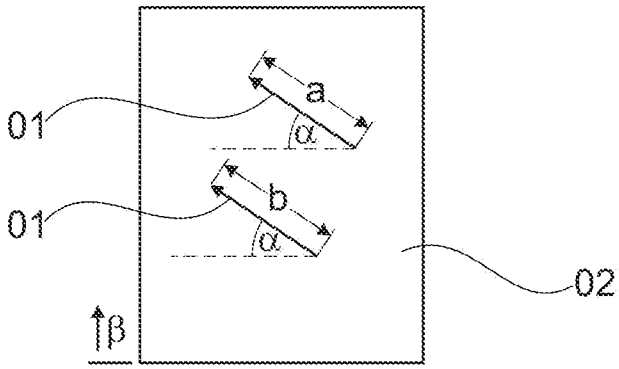


Fig. 8

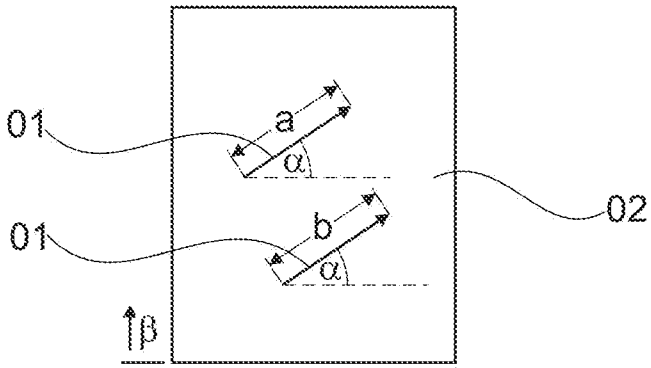


Fig. 9

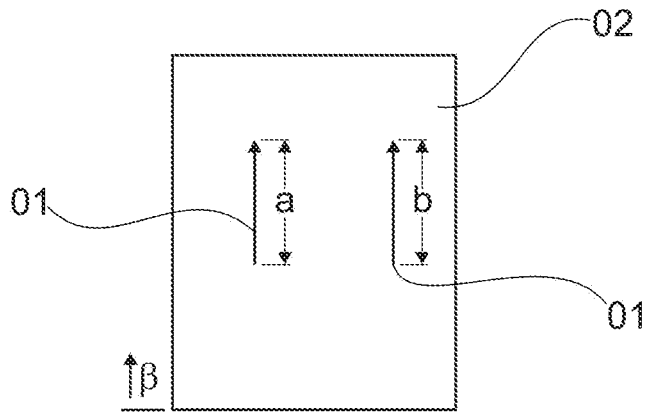


Fig. 10

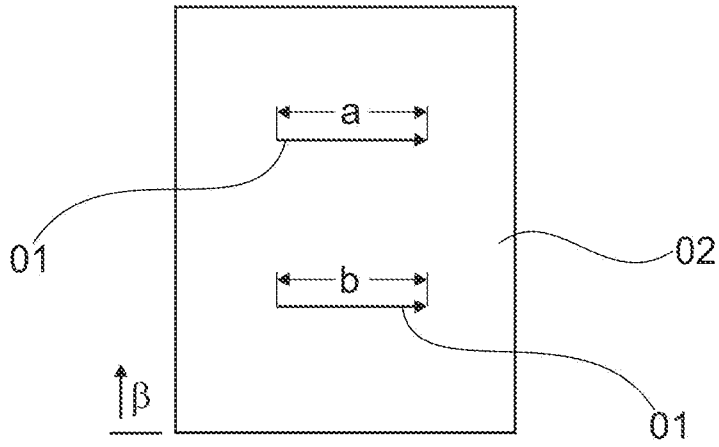


Fig. 11

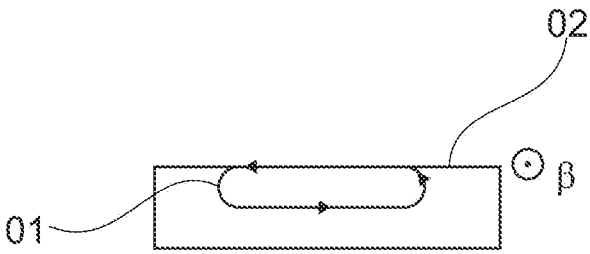


Fig. 12

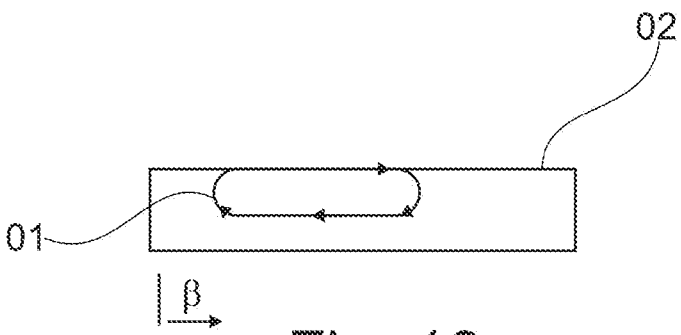


Fig. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2014/200724

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01L3/10 G01L1/12
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)
G01L H01F

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, 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	US 2003/150282 A1 (MAY LUTZ AXEL [DE]) 14 August 2003 (2003-08-14)	1-4,7-10
A	paragraphs [0004] - [0006], [0060]; figures 7,8	5,6
X	US 7 363 827 B2 (HEDAYAT KAYVAN [US] ET AL) 29 April 2008 (2008-04-29)	1-4,7-10
A	column 3, line 57 - column 4, line 41; figure 2	5,6
X	EP 1 902 286 A2 (NCT ENGINEERING GMBH [DE]) 26 March 2008 (2008-03-26)	1-4,7-10
A	paragraphs [0124], [0139]; figure 7	5,6

☐ 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
30 March 2015	08/04/2015

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	Debesset, Sébastien

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2014/200724

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003150282 A1	14-08-2003	AU 5832101 A	30-10-2001
		EP 1282810 A2	12-02-2003
		JP 2003531368 A	21-10-2003
		US 2003150282 A1	14-08-2003
		WO 0179801 A2	25-10-2001
US 7363827 B2	29-04-2008	BR PI0619291 A2	27-09-2011
		CA 2626583 A1	26-04-2007
		EP 1949057 A2	30-07-2008
		JP 2009512856 A	26-03-2009
		US 2007113683 A1	24-05-2007
		WO 2007048143 A2	26-04-2007
EP 1902286 A2	26-03-2008	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2014/200724

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01L3/10 G01L1/12
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01L H01F

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, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/150282 A1 (MAY LUTZ AXEL [DE]) 14. August 2003 (2003-08-14)	1-4,7-10
A	Absätze [0004] - [0006], [0060]; Abbildungen 7,8	5,6

X	US 7 363 827 B2 (HEDAYAT KAYVAN [US] ET AL) 29. April 2008 (2008-04-29)	1-4,7-10
A	Spalte 3, Zeile 57 - Spalte 4, Zeile 41; Abbildung 2	5,6

X	EP 1 902 286 A2 (NCT ENGINEERING GMBH [DE]) 26. März 2008 (2008-03-26)	1-4,7-10
A	Absätze [0124], [0139]; Abbildung 7	5,6

☐ 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
30. März 2015	08/04/2015

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	Debesset, Sébastien

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2014/200724

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003150282 A1	14-08-2003	AU 5832101 A	30-10-2001
		EP 1282810 A2	12-02-2003
		JP 2003531368 A	21-10-2003
		US 2003150282 A1	14-08-2003
		WO 0179801 A2	25-10-2001
US 7363827 B2	29-04-2008	BR PI0619291 A2	27-09-2011
		CA 2626583 A1	26-04-2007
		EP 1949057 A2	30-07-2008
		JP 2009512856 A	26-03-2009
		US 2007113683 A1	24-05-2007
		WO 2007048143 A2	26-04-2007
EP 1902286 A2	26-03-2008	KEINE	