(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
08. März 2018 (08.03.2018)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/041296 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01D 5/14 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2017/100676

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. August 2017 (10.08.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 216 326.4
30. August 2016 (30.08.2016) DE

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

(72) Erfinder: **HEYD, Jean-Francois**; 21, rue des Minosas, 67000 Strassburg (FR). **BUCHET, Wai-Wai**; 4 rue Boudhors, 67000 Strassburg (FR).

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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,

(54) **Title:** SENSOR ASSEMBLY FOR DETERMINING A NUMBER OF ROTATIONS OF A PERMANENT MAGNET

(54) **Bezeichnung:** SENSORANORDNUNG ZUR BESTIMMUNG EINER ANZAHL VON UMDREHUNGEN EINES PERMANENTMAGNETEN

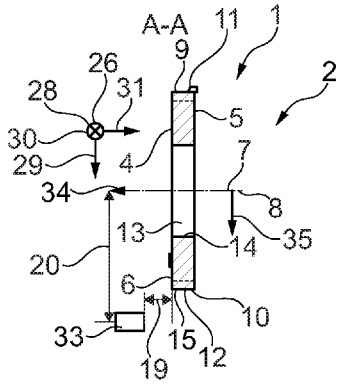


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a sensor assembly (2) for determining a number of rotations (36) of a permanent magnet (1). Each end surface (4, 5) of the permanent magnet lies on an X-Y plane (6), and a central axis (7) extends transversely to the X-Y plane and coaxially to a rotational axis (8) of the permanent magnet. The permanent magnet has an opening (13) coaxially to the central axis and precisely two poles (9, 10) which are arranged on opposite sides (11, 12) of the permanent magnet on the X-Y plane such that the permanent magnet is magnetized diametrically. An internal circumferential surface (14) and an external circumferential surface (15) each extends substantially parallel to the central axis. A first sensor (33) is arranged in a stationary manner relative to the permanent magnet, which can be rotated about the rotational axis, wherein the first sensor is arranged at a distance from the permanent magnet in an axial direction (34), i.e. parallel to the rotational axis, and at a distance (20) from the rotational axis in a radial direction (35) radially outside of the external circumferential surface. The distance is selected such that a vector sum of a radial flux density (21) and a tangential flux density (22) do not fall below a first threshold (23) and do not exceed a second threshold (24).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung (2) zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen (36) eines Permanentmagneten (1), wobei Stirnflächen (4, 5) des Permanentmagneten jeweils in einer X-Y-Ebene (6) liegen und sich eine zentrale Achse (7) quer zu der X-Y-Ebene und koaxial zu einer Drehachse (8) des Permanentmagneten erstreckt. Der Permanentmagnet weist koaxial zu der zentralen Achse eine Öffnung (13) auf sowie genau zwei Pole (9, 10) auf, die in der X-Y-Ebene an einander gegenüberliegenden Seiten (11, 12) des Permanentmagneten angeordnet sind, so dass der Permanentmagnet diametral magnetisiert ist. Eine Innenumfangsfläche (14) und eine Außenumfangsfläche (15) erstrecken sich jeweils im Wesentlichen parallel zu der zentralen Achse. Ein erster Sensor (33) ist gegenüber dem um die Drehachse drehbaren Permanentmagnet ortsfest angeordnet, wobei er in einer axialen Richtung (34), also parallel zur Drehachse, in einer Distanz von dem Permanentmagneten und in einer radialen Richtung (35) radial außerhalb der Außenumfangsfläche in einem Abstand (20)

WO 2018/041296 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

— *hinsichtlich der Identität des Erfinders (Regel 4.17 Ziffer i)*

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

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

Sensoranordnung zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen eines Permanentmagneten

Die Erfindung betrifft eine Sensoranordnung zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen eines Permanentmagneten. Der Permanentmagnet ist insbesondere drehbar gegenüber einem ortsfesten ersten Sensor angeordnet. Insbesondere ist die Sensoranordnung zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen einer Antriebseinheit eines Aktors, bevorzugt eines Kupplungsaktors, vorgesehen. Der Kupplungsaktor ist insbesondere zur Betätigung einer Kupplung, z. B. einer Reibkupplung, eines Kraftfahrzeuges vorgesehen. Die Antriebseinheit ist insbesondere ein Rotor eines Elektromotors, der mit dem Permanentmagneten drehfest verbunden ist, so dass Anzahl von Umdrehungen des Rotors bestimmbar ist. Über die Anzahl von Umdrehungen des Rotors ist insbesondere eine Stellung einer, in einer axialen Richtung verlagerbaren, Betätigungseinheit des Aktors entlang der axialen Richtung bestimmbar.

Bei Kupplungsaktoren ist eine genaue Bestimmung der axialen Position einer Betätigungseinheit bzw. der Winkelposition z. B. eines Rotors notwendig. Bei neuen Konstruktionen solcher Kupplungsaktoren ist es nun notwendig, die dafür verwendeten Sensoren in einem Abstand von einer Drehachse anzuordnen. Dabei müssen auch dynamische Toleranzen (also im Betrieb des Kupplungsaktors auftretende Abweichungen von einer Ausgangslage) berücksichtigt werden, z. B. eine Exzentrizität einzelner Komponenten sowie ein sich ändernder Luftspalt zwischen erstem Sensor und einem verwendeten Permanentmagneten.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, die aus dem Stand der Technik bekannten Probleme zumindest teilweise zu lösen. Insbesondere soll eine besonders geeignete Sensoranordnung zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen eines Permanentmagneten vorgeschlagen werden, wobei über die Anzahl von Umdrehungen des Permanentmagneten die Anzahl von Umdrehungen einer Antriebseinheit eines Aktors bestimmbar sein soll.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche. Die in den Patentansprüchen einzeln aufgeführten Merkmale sind in 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 betrifft eine Sensoranordnung zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen eines Permanentmagneten, wobei Stirnflächen des Permanentmagneten jeweils in einer X-Y-Ebene liegen und sich eine zentrale Achse quer zu der X-Y-Ebene und koaxial zu einer Drehachse des Permanentmagneten erstreckt; wobei der Permanentmagnet genau zwei Pole aufweist, die in der X-Y-Ebene an einander gegenüberliegenden Seiten des Permanentmagneten angeordnet sind, so dass der Permanentmagnet diametral magnetisiert ist; wobei der Permanentmagnet koaxial zu der zentralen Achse eine Öffnung aufweist; wobei eine Innenumfangsfläche und eine Außenumfangsfläche sich jeweils im Wesentlichen parallel zu der zentralen Achse erstrecken; wobei ein, gegenüber dem um die Drehachse drehbaren Permanentmagnet ortsfest angeordneter erster Sensor in einer axialen Richtung, also parallel zur Drehachse, in einer Distanz von dem Permanentmagneten und in einer radialen Richtung radial außerhalb der Außenumfangsfläche in einem Abstand von der Drehachse angeordnet ist; wobei der Abstand so gewählt ist, dass eine Vektorsumme einer radialen Flussdichte und einer tangentialen Flussdichte einen ersten Grenzwert nicht unterschreitet und einen zweiten Grenzwert nicht überschreitet.

Insbesondere wird der Abstand zwischen Drehachse und einer Mitte des ersten Sensors entlang der radialen Richtung bestimmt.

Insbesondere weist ein Magnetfeld des Permanentmagneten einen magnetischen Fluss aufweist, der an jeder Position im Magnetfeld durch einen Vektor darstellbar ist; wobei der Vektor eine tangentiale Magnetfeldrichtung, eine radiale Magnetfeldrichtung und eine normale Magnetfeldrichtung umfasst; wobei die tangentiale Magnetfeldrichtung parallel zur X-Y-Ebene und parallel zu einer Ausrichtung der Pole verläuft; wobei

die radiale Magnetfeldrichtung parallel zur X-Y-Ebene und quer zur Ausrichtung der Pole verläuft; wobei die normale Magnetfeldrichtung quer zur der tangentialen Magnetfeldrichtung und der radialen Magnetfeldrichtung verläuft; wobei der erste Sensor ein Multiturnsensor ist, der zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen des Permanentmagneten geeignet ist, wobei der erste Sensor zur Bestimmung der Anzahl von Umdrehungen die Magnetfeldrichtungen des magnetischen Flusses in der radialen Magnetfeldrichtung und der tangentialen Magnetfeldrichtung erfasst.

Insbesondere können die Innenumfangsfläche und/oder die Außenumfangsfläche eine, von einer parallelen Erstreckung zu der zentralen Achse abweichende Gestalt aufweisen, z. B. eine Krümmung oder Konizität oder ähnliches.

Der Permanentmagnet hat insbesondere eine im Wesentlichen hohlzylindrische Form und eine zentrale Achse, die sich zwischen zwei, insbesondere zueinander parallelen Stirnflächen entlang einer Drehachse erstreckt. Der Permanentmagnet ist diametral magnetisiert, d. h. die beiden magnetischen Pole sind jeweils an einer Außenumfangsfläche, an einander gegenüberliegenden Seiten des Permanentmagneten angeordnet. Die Pole können durch eine Gerade, die die Drehachse des Permanentmagneten schneidet, miteinander verbunden werden. Die Lage der Magnetfeldrichtungen, der Ebene und der zentralen Achse werden in der Figurenbeschreibung weiter erläutert.

Die koaxial zu der zentralen Achse angeordnete Öffnung erstreckt sich von der ersten Stirnseite zu der zweiten Stirnseite. Die durch die Öffnung gebildete Innenumfangsfläche erstreckt sich parallel zu der zentralen Achse und ist insbesondere kreisförmig.

Die Außenumfangsfläche ist insbesondere kreisförmig.

Insbesondere beträgt der erste Grenzwert 12 mT [MilliTesla], bevorzugt 15 mT, und der zweite Grenzwert 37 mT, bevorzugt 35 mT.

Insbesondere ist der Abstand durch

$$\text{Abstand} = k * \text{Durchmesser Außenumfangsfläche} + R_0$$

bestimmt, wobei k und R_0 in Abhängigkeit von zumindest dem Durchmesser der Außenumfangsfläche und der Distanz bestimmt sind.

Der Durchmesser der Außenumfangsfläche ist insbesondere ein durchschnittlicher Durchmesser. D.h. sollten Abweichungen von einer Kreisform oder von einer zu der Drehachse parallelen Außenumfangsfläche vorliegen, kann der durchschnittliche Durchmesser, gemittelt nach Flächenanteilen, die auf unterschiedlichen Durchmessern angeordnet sind, zur Bestimmung des Durchmessers der Außenumfangsfläche herangezogen werden.

Die Distanz wird insbesondere zwischen den einander, entlang der axialen Richtung, nächsten Punkten von erstem Sensor und Permanentmagnet bestimmt.

Insbesondere gilt bei einer Distanz zwischen 3 und 6 mm [Millimeter] und einem Durchmesser der Außenumfangsfläche zwischen 18 und 30 mm für k und R_0:
k = 0,36 und
R_0 = 7,45.

Insbesondere ist der erste Sensor mit einer maximalen Abweichung von 10 % von dem ermittelten Abstand gegenüber der Drehachse anzuordnen.

Insbesondere weist der Permanentmagnet zwischen den Stirnflächen eine Dicke von 3 bis 6 mm auf.

Die Anordnung des ersten Sensors in einem vorbestimmten Abstand zur Drehachse bzw. zur Außenumfangsfläche des Permanentmagnete führt überraschenderweise zu einer geringeren Differenz zwischen einer minimalen Vektorsumme und einer maximalen Vektorsumme der magnetischen Flussdichte in der radialen Magnetfeldrichtung und der tangentialen Magnetfeldrichtung, insbesondere über die Einsatzzeit bzw. Lebensdauer des Permanentmagneten und unter Berücksichtigung der im Einsatzfall

auftretenden Toleranzen. Weiterhin tritt eine geringere Streuung der Vektorsumme auf.

Die im Einsatzfall auftretenden Toleranzen (insbesondere Toleranzen hinsichtlich des Abstands in der radialen Richtung und hinsichtlich einer Distanz in der axialen Richtung zwischen dem ersten Sensor und dem Permanentmagneten), die bei Zusammenbau der Sensoranordnung bzw. bei Anordnung in einem Aktor auftreten können und die ggf. bei Drehung des Permanentmagneten zusätzlich variieren können, führen zu größeren Fehlern bei der Messung der Anzahl von Umdrehungen des Permanentmagneten.

Infolge der Anordnung des ersten Sensors in einem berechneten Abstand von der Drehachse konnte die Differenz zwischen der minimalen Vektorsumme und der maximalen Vektorsumme deutlich reduziert werden.

Insbesondere umfasst die Sensoranordnung einen, gegenüber dem drehbaren Permanentmagneten ortsfest angeordneten zweiten Sensor, wobei der zweite Sensor ein Singleturnsensor ist, der zur Bestimmung einer Winkelposition innerhalb einer einzigen Umdrehung des Permanentmagneten geeignet ist.

Bevorzugt erfassen der erste Sensor und der zweite Sensor unterschiedlich ausgerichtete magnetische Flüsse. Dabei erfasst der zweite Sensor die genaue Winkelposition des Permanentmagneten innerhalb einer Umdrehung und der erste Sensor die Anzahl der Umdrehungen. Zusammen kann so eine genaue Winkelposition bzw. eine Stellung entlang einer axialen Richtung eines Aktors bereitgestellt werden.

Dabei wird für die Sensoranordnung lediglich ein Permanentmagnet benötigt, dessen Magnetfeld durch zwei Sensoren erfasst wird.

Bevorzugt sind der erste und der zweite Sensor in der axialen Richtung, also parallel zur Drehachse, gleichermaßen beabstandet von dem Permanentmagneten angeordnet, insbesondere in einer gemeinsamen X-Y-Ebene.

Es wird weiter ein Aktor vorgeschlagen, zumindest umfassend eine Welle mit einer Drehachse sowie eine erfindungsgemäße Sensoranordnung, wobei der Permanentmagnet koaxial zur Welle angeordnet und drehfest mit der Welle verbunden ist.

Insbesondere ist der Aktor ein Kupplungsaktor, wobei der Aktor eine Antriebseinheit als Welle und eine Betätigungseinheit umfasst, wobei die Betätigungseinheit durch eine Drehung der Antriebseinheit entlang einer axialen Richtung verlagerbar ist, wobei durch die Sensoranordnung zumindest die Anzahl von Umdrehungen der Antriebseinheit und damit eine Stellung der Betätigungseinheit entlang der axialen Richtung bestimmbar ist.

Bevorzugt umfasst der Aktor eine Planetenwälzgewindespindel (PWG) als Betätigungseinheit. Ein solcher Aktor mit einer Planetenwälzgewindespindel ist z. B. aus der WO 2015/117612 A1 bekannt, die hinsichtlich des Aufbaus des dort vorgeschlagenen Aktors hiermit vollumfänglich in Bezug genommen wird.

Insbesondere umfasst der Aktor einen Elektromotor mit einem Stator und einem Rotor, wobei der Rotor die Welle bildet.

Im Falle des PWG ist der Rotor mit einer Hülse eines Planetengetriebes, das die Planetenwälzgewindespindel umfasst, und den in der Hülse abgestützten Planetenträgern drehfest verbunden, so dass eine drehfest abgestützte Planetenwälzgewindespindel bei Drehung des Rotors und der in der Hülse abgestützten Planetenträger in der axialen Richtung verlagerbar ist. Die Planetenwälzgewindespindel bildet in diesem Fall die Betätigungseinheit des Aktors.

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: einen Aktor mit einer Sensoranordnung in einer Seitenansicht im Schnitt;

Fig. 2: eine Sensoranordnung in einer Draufsicht;

Fig. 3: die Sensoranordnung aus Fig. 2 in einer Seitenansicht im Schnitt;

Fig. 4: die Sensoranordnung aus Fig. 2 und 3 in einer weiteren Seitenansicht im Schnitt; und

Fig. 5: den Verlauf der magnetischen Flussdichte des magnetischen Flusses in den Magnetfeldrichtungen über einem Abstand von der Drehachse.

Fig. 1 zeigt einen Aktor 37 mit einer Sensoranordnung 3 in einer Seitenansicht im Schnitt. Ein hohlzylindrischer Permanentmagnet 1 ist koaxial zu einer Drehachse 8 angeordnet. Ein gegenüber dem drehbaren Permanentmagneten 1 ortsfest angeordneter zweiter Sensor 50 dient zur Bestimmung der Winkelposition 3 des Permanentmagneten 1. Der zweite Sensor 50 ist ein Singleturnsensor, der einen Messbereich von 360 Winkelgrad aufweist. Ein Singleturnsensor ist ein Sensor, der keine Anzahl von Umdrehungen 36 erfassen kann, da er nur einen Winkelbereich von 360 Winkelgrad auflöst (er erfasst also eine Winkelposition innerhalb einer Umdrehung 36).

Der zweite Sensor 50 ist in einer radialen Richtung 35 beabstandet von der Drehachse 8 angeordnet. Der zweite Sensor 50 ist also nicht auf der Drehachse 8 des Permanentmagneten 1 angeordnet, sondern in einem Abstand von der Drehachse 8. Der zweite Sensor 50 ist in der axialen Richtung 34, also parallel zur Drehachse 8, in einer Distanz von dem Permanentmagneten 1 angeordnet.

Weiter umfasst die Sensoranordnung 3 einen, gegenüber dem drehbaren Permanentmagneten 1 ortsfest angeordneten ersten Sensor 3, wobei der erste Sensor 33 ein Multiturnsensor ist, der zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen 36 des Permanentmagneten 1 geeignet ist. Der erste Sensor 33 ist in der axialen Richtung

34, also parallel zur Drehachse 8, in einer Distanz 19 von dem Permanentmagneten 1 und in der radialen Richtung 35 radial außen von dem zweiten Sensor 50 und in einem Abstand 20 von der Drehachse 8 angeordnet. Der erste Sensor 33 erfasst zur Bestimmung der Anzahl von Umdrehungen 36 die Magnetfeldrichtungen des magnetischen Flusses 27 in der radialen Magnetfeldrichtung 30 und der tangentialen Magnetfeldrichtung 29.

Der zweite Sensor 50 erfasst also die genaue Winkelposition des Permanentmagneten 1 innerhalb einer Umdrehung 36 und der erste Sensor 33 die Anzahl der Umdrehungen 36. Zusammen kann so eine genaue Winkelposition bzw. eine Stellung 42 entlang einer axialen Richtung 34 eines Aktors 37 bereitgestellt werden.

Dabei wird für die Sensoranordnung 2 lediglich ein Permanentmagnet 1 benötigt, dessen Magnetfeld 26 durch zwei Sensoren 33, 50 erfasst wird.

Der Aktor 37 umfasst eine Welle 38 mit einer Drehachse 8 sowie eine Sensoranordnung 2, wobei der Permanentmagnet 1 koaxial zur Welle 38 angeordnet und drehfest mit der Welle 38 verbunden ist.

Der Aktor 37 ist ein Kupplungsaktor, wobei der Aktor 37 eine Antriebseinheit 39 als Welle 38 und eine Betätigungseinheit 40 umfasst, wobei die Betätigungseinheit 40 durch eine Drehung 41 der Antriebseinheit 39 entlang der axialen Richtung 34 verlagerbar ist, wobei durch die Sensoranordnung 2 zumindest die Anzahl von Umdrehungen der Antriebseinheit 39 und damit eine Stellung 42 der Betätigungseinheit 40 entlang der axialen Richtung 34 bestimmbar ist.

Der Aktor 37 umfasst eine Planetenwälzgewindespindel (PWG) 43 als Betätigungseinheit 40. Ein solcher Aktor 37 mit einer Planetenwälzgewindespindel 43 ist aus der WO 2015/117612 A1 bekannt, die hinsichtlich des Aufbaus des dort vorgeschlagenen Aktors hiermit vollumfänglich in Bezug genommen wird.

Der Aktor 37 umfasst einen Elektromotor 45 mit einem Stator 46 und einem Rotor 47, wobei der Rotor 47 die Welle 38 bildet. Der Rotor 47 ist mit einer Hülse 48, des die Planetenwälzgewindespindel 43 umfassenden Planetengetriebes 44, und mit den in der Hülse 48 abgestützten Planetenträgern 49 drehfest verbunden, so dass eine drehfest abgestützte Planetenwälzgewindespindel 43 bei Drehung 41 des Rotors 47 und der in der Hülse 48 abgestützten Planetenträger 49 in der axialen Richtung 34 verlagerbar ist. Die Planetenwälzgewindespindel 43 bildet die Betätigungseinheit 40 des Aktors 37.

Fig. 2 zeigt eine Sensoranordnung 2 in einer Draufsicht entlang der axialen Richtung 34. Fig. 3 zeigt die Sensoranordnung 2 aus Fig. 2 in einer Seitenansicht im Schnitt A-A. Die Fig. 2 und 3 werden im Folgenden gemeinsam beschrieben.

Die Sensoranordnung 2 umfasst den ersten Sensor 33 und den Permanentmagneten 1. Die Stirnflächen 4, 5 des Permanentmagneten 1 liegen in einer X-Y-Ebene 6 und eine zentrale Achse 7 erstreckt sich quer zu der X-Y-Ebene 6 und koaxial zu einer Drehachse 8 des Permanentmagneten 1. Der Permanentmagnet 1 weist genau zwei Pole 9, 10 auf, die in der X-Y-Ebene 6 an einander gegenüberliegenden Seiten 11, 12 des Permanentmagneten 1 angeordnet sind, so dass der Permanentmagnet 1 diametral magnetisiert ist. Ein Magnetfeld 26 des Permanentmagneten 1 weist einen magnetischen Fluss 27 auf, der an jeder Position 28 im Magnetfeld 26 durch einen Vektor darstellbar ist. Der Vektor umfasst eine tangentiale Magnetfeldrichtung 29, eine radiale Magnetfeldrichtung 30 und eine normale (axiale) Magnetfeldrichtung 31; wobei die tangentiale Magnetfeldrichtung 29 parallel zur X-Y-Ebene 6 und parallel zur Ausrichtung 32 der Pole 9, 10 verläuft; wobei die radiale Magnetfeldrichtung 30 parallel zur X-Y-Ebene 6 und quer zur Ausrichtung 32 der Pole 9, 10 verläuft; wobei die normale Magnetfeldrichtung 31 quer zur der tangentialen Magnetfeldrichtung 29 und der radialen Magnetfeldrichtung 30 verläuft. Ein gegenüber dem drehbaren Permanentmagneten 1 ortsfest angeordneter erster Sensor 33 erfasst zur Bestimmung der Anzahl von Umdrehungen 36 des Permanentmagneten 1 die Magnetfeldrichtungen 29, 30, 31 des magnetischen Flusses 27 in der tangentialen Magnetfeldrichtung 29 und der radialen Magnetfeldrichtung 30.

Der hier dargestellte Permanentmagnet 1 ist ein Hohlzylinder mit einer Außenumfangslinie 16 in Kreisform 18, d. h. mit einem Durchmesser 25, und einer zentralen Achse 7, die sich zwischen zwei, zueinander parallelen Stirnflächen 4, 5 entlang einer Drehachse 8 erstreckt. Der Permanentmagnet 1 ist diametral magnetisiert, d. h. die beiden magnetischen Pole 9, 10 sind jeweils an der Außenumfangsfläche15, an einander gegenüberliegenden Seiten 11, 12 des Permanentmagneten 1 angeordnet. Die Pole 9, 10 können durch eine Gerade, die die zentrale Achse 8 des Permanentmagneten 1 schneidet, miteinander verbunden werden (siehe Pfeil für Ausrichtung 32).

Der erste Sensor 33 ist in einer radialen Richtung 35 in einem Abstand 20 von der Drehachse 8 und von dem Permanentmagneten bzw. dessen Außenumfangsfläche 15 angeordnet. Der erste Sensor 33 ist also nicht auf der Drehachse 8 des Permanentmagneten 1 angeordnet, sondern in einem Abstand 20 von der Drehachse 8. Der erste Sensor 33 ist in der axialen Richtung 34, also parallel zur Drehachse 8, in einer Distanz 19 von dem Permanentmagneten 1 angeordnet.

Der hier dargestellte Permanentmagnet 1 weist koaxial zu der zentralen Achse 7 eine Öffnung 13 auf, wobei eine Innenumfangsfläche 14 und eine Außenumfangsfläche 15 sich jeweils parallel zu der zentralen Achse 7 erstrecken.

Fig. 4 zeigt die Sensoranordnung 2 aus Fig. 2 und 3 in einer weiteren Seitenansicht im Schnitt. Die Distanz 19 wird zwischen den einander, entlang der axialen Richtung 34, nächsten Punkten von erstem Sensor 33 und Permanentmagnet 1 bestimmt. Weiter weist der Permanentmagnet 1 zwischen den Stirnflächen 4, 5 eine Dicke 53 von 3 bis 6 mm auf. Der Abstand 20 wird zwischen Drehachse 8 und einer Mitte des ersten Sensors 33 entlang der radialen Richtung 35 bestimmt.

Die im Einsatzfall auftretenden Toleranzen (insbesondere Toleranzen hinsichtlich des Abstands 20 in der radialen Richtung 35 und hinsichtlich einer Distanz 19 in der axialen Richtung 34 zwischen dem ersten Sensor 33 und dem Permanentmagneten 1),

die bei Zusammenbau der Sensoranordnung 2 bzw. bei Anordnung in einem Aktor 37 auftreten können und die ggf. bei Drehung des Permanentmagneten 1 zusätzlich variieren können (hier als schattiert angedeutet), führen zu größeren Fehlern bei der Messung der Anzahl von Umdrehungen des Permanentmagneten 1.

Infolge der Anordnung des ersten Sensors 33 in einem berechneten Abstand 20 von der Drehachse 8 bzw. zur Außenumfangsfläche 15 des Permanentmagneten 1 konnte die Differenz zwischen der minimalen Vektorsumme und der maximalen Vektorsumme deutlich reduziert werden. Weiterhin tritt eine geringere Streuung der Vektorsumme auf.

Fig. 5 zeigt den Verlauf der magnetischen Flussdichte 51 des magnetischen Flusses 27 in den Magnetfeldrichtungen 29, 30 über einem Abstand 20 des ersten Sensors 33 von der Drehachse 8. Die breiten Kurven für die radiale Flussdichte 21 und die tangentiale Flussdichte 22 berücksichtigen bereits eine mögliche Abweichung einer Distanz 19 von +/- 0,5 mm (siehe schattierte Darstellung des Permanentmagneten in Fig. 4).

In diesem Bereich 54 um einen (idealen) Abstand 20 ist der erste Sensor 33 gegenüber der Drehachse 33 anzuordnen (siehe schattierte Darstellung des ersten Sensors 33 in Fig. 4).

Bezugszeichenliste

1	Permanentmagnet
2	Sensoranordnung
3	Winkelposition
4	erste Stirnfläche
5	zweite Stirnfläche
6	X-Y-Ebene
7	zentrale Achse
8	Drehachse
9	erster Pol
10	zweiter Pol
11	erste Seite
12	zweite Seite
13	Öffnung
14	Innenumfangsfläche
15	Außenumfangsfläche
16	Außenumfangslinie
17	Querschnitt
18	Kreisform
19	Distanz
20	Abstand
21	radiale Flussdichte
22	tangentiale Flussdichte
23	erster Grenzwert
24	zweiter Grenzwert
25	Durchmesser
26	Magnetfeld
27	magnetischer Fluss
28	Position
29	tangentiale Magnetfeldrichtung

30 radiale Magnetfeldrichtung
31 normale Magnetfeldrichtung
32 Ausrichtung
33 erster Sensor
34 axiale Richtung
35 radiale Richtung
36 Umdrehung
37 Aktor
38 Welle
39 Antriebseinheit
40 Betätigungseinheit
41 Drehung
42 Stellung
43 Planetenwälzgewindespindel
44 Planetengetriebe
45 Elektromotor
46 Stator
47 Rotor
48 Hülse
49 Planetenträger
50 zweiter Sensor
51 magnetische Flussdichte
52 Winkel
53 Dicke
54 Bereich

Patentansprüche

1. Sensoranordnung (2) zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen (36) eines Permanentmagneten (1), wobei Stirnflächen (4, 5) des Permanentmagneten (1) jeweils in einer X-Y-Ebene (6) liegen und sich eine zentrale Achse (7) quer zu der X-Y-Ebene (6) und koaxial zu einer Drehachse (8) des Permanentmagneten (1) erstreckt; wobei der Permanentmagnet (1) genau zwei Pole (9, 10) aufweist, die in der X-Y-Ebene (6) an einander gegenüberliegenden Seiten (11, 12) des Permanentmagneten (1) angeordnet sind, so dass der Permanentmagnet (1) diametral magnetisiert ist; wobei der Permanentmagnet (1) koaxial zu der zentralen Achse (7) eine Öffnung (13) aufweist; wobei eine Innenumfangsfläche (14) und eine Außenumfangsfläche (15) sich jeweils im Wesentlichen parallel zu der zentralen Achse (7) erstrecken; wobei ein, gegenüber dem um die Drehachse (8) drehbaren Permanentmagnet (1) ortsfest angeordneter erster Sensor (33) in einer axialen Richtung (34), also parallel zur Drehachse (8), in einer Distanz (19) von dem Permanentmagneten (1) und in einer radialen Richtung (35) radial außerhalb der Außenumfangsfläche (15) in einem Abstand (20) von der Drehachse (8) angeordnet ist; wobei der Abstand (20) so gewählt ist, dass eine Vektorsumme einer radialen Flussdichte (21) und einer tangentialen Flussdichte (22) einen ersten Grenzwert (23) nicht unterschreitet und einen zweiten Grenzwert (24) nicht überschreitet.

2. Sensoranordnung (2) nach Anspruch 1, wobei ein Magnetfeld (26) des Permanentmagneten (1) einen magnetischen Fluss (27) aufweist, der an jeder Position (28) im Magnetfeld (26) durch einen Vektor darstellbar ist; wobei der Vektor eine tangentiale Magnetfeldrichtung (29), eine radiale Magnetfeldrichtung (30) und eine normale Magnetfeldrichtung (31) umfasst; wobei die tangentiale Magnetfeldrichtung (26) parallel zur X-Y-Ebene (6) und parallel zu einer Ausrichtung (32) der Pole (9, 10) verläuft; wobei die radiale Magnetfeldrichtung (30) parallel zur X-Y-Ebene (6) und quer zur Ausrichtung (32) der Pole (9, 10) verläuft; wobei die normale Magnetfeldrichtung (31) quer zur der tangentialen Magnetfeldrichtung (29) und der radialen Magnetfeldrichtung (30) verläuft; wobei der erste Sensor

(33) ein Multiturnsensor ist, der zur Bestimmung einer Anzahl von Umdrehungen (36) des Permanentmagneten (3) geeignet ist, wobei der erste Sensor (33) zur Bestimmung der Anzahl von Umdrehungen (36) die Magnetfeldrichtungen (29, 30) des magnetischen Flusses (14) in der radialen Magnetfeldrichtung (29) und der tangentialen Magnetfeldrichtung (30) erfasst.

3. Sensoranordnung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Grenzwert (23) 12 mT [MilliTesla] und der zweite Grenzwert (24) 37 mT beträgt.

4. Sensoranordnung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Abstand (20) durch
Abstand = k * Durchmesser Außenumfangsfläche + R_0 ;
bestimmt ist; wobei k und R_0 in Abhängigkeit von zumindest dem Durchmesser (25) der Außenumfangsfläche (15) und der Distanz (19) bestimmt sind.

5. Sensoranordnung (2) nach Anspruch 4, wobei bei einer Distanz (19) zwischen 3 und 6 mm [Millimeter] und einem Durchmesser (25) der Außenumfangsfläche (15) zwischen 18 und 30 mm für k und R_0 gilt:
k = 0,36 und
R_0 = 7,45.

6. Sensoranordnung (2) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei der Permanentmagnet (1) zwischen den Stirnflächen (4, 5) eine Dicke (53) von 3 bis 6 mm aufweist.

7. Aktor (37), zumindest umfassend eine Welle (38) mit einer Drehachse (8) sowie eine Sensoranordnung (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 6, wobei der Permanentmagnet (1) koaxial zur Welle (38) angeordnet und drehfest mit der Welle (38) verbunden ist.

8. Aktor (37) nach Anspruch 7, wobei der Aktor (37) ein Kupplungsaktor ist, wobei der Aktor (37) eine Antriebseinheit (39) als Welle (38) und eine Betätigungseinheit (40) umfasst, wobei die Betätigungseinheit (40) durch eine Drehung (41) der Antriebseinheit (39) entlang einer axialen Richtung (34) verlagerbar ist, wobei durch die Sensoranordnung (2) zumindest die Anzahl von Umdrehungen (36) der Antriebseinheit (39) und damit eine Stellung (42) der Betätigungseinheit (40) entlang der axialen Richtung (34) bestimmbar ist.

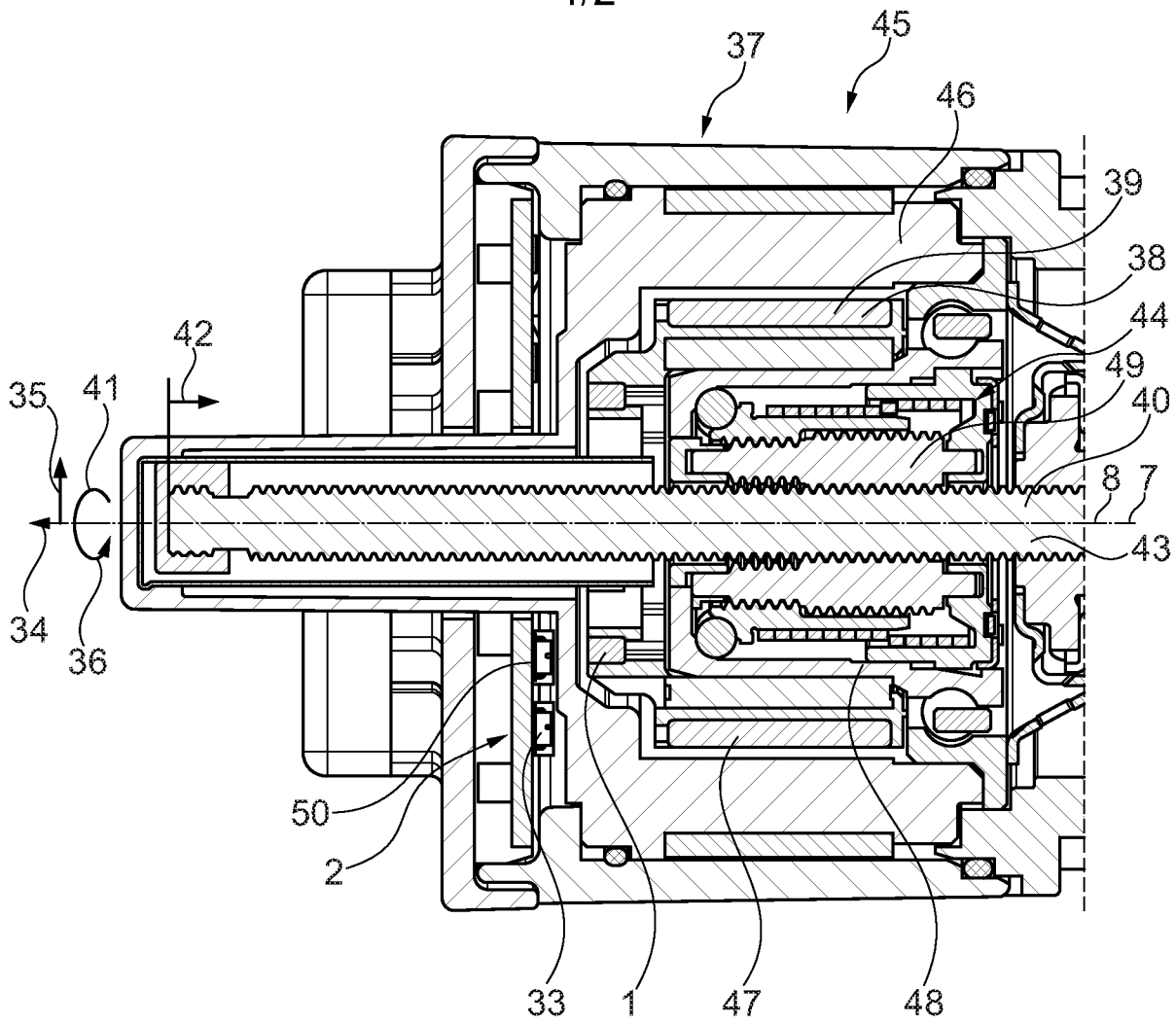


Fig. 1

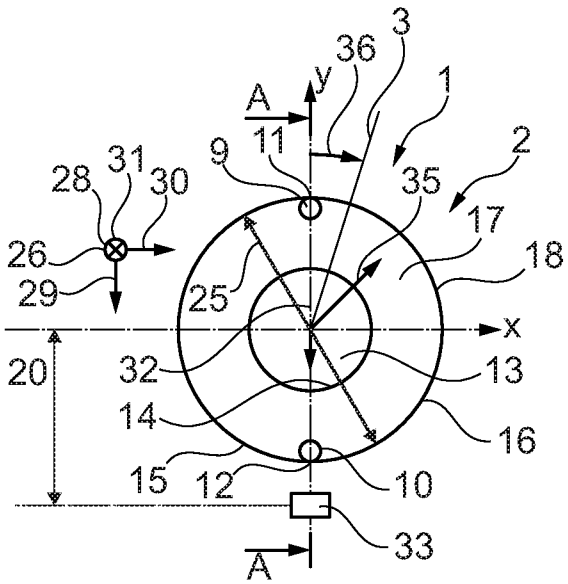


Fig. 2

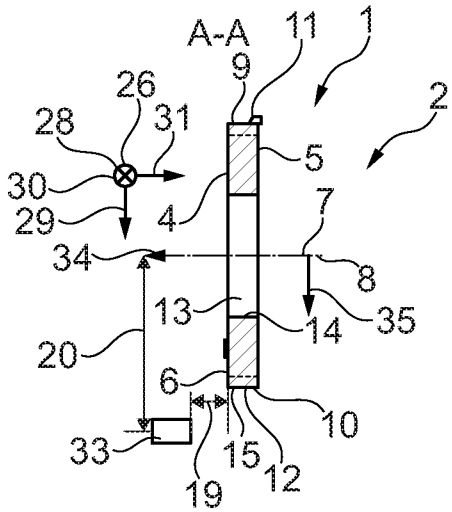


Fig. 3

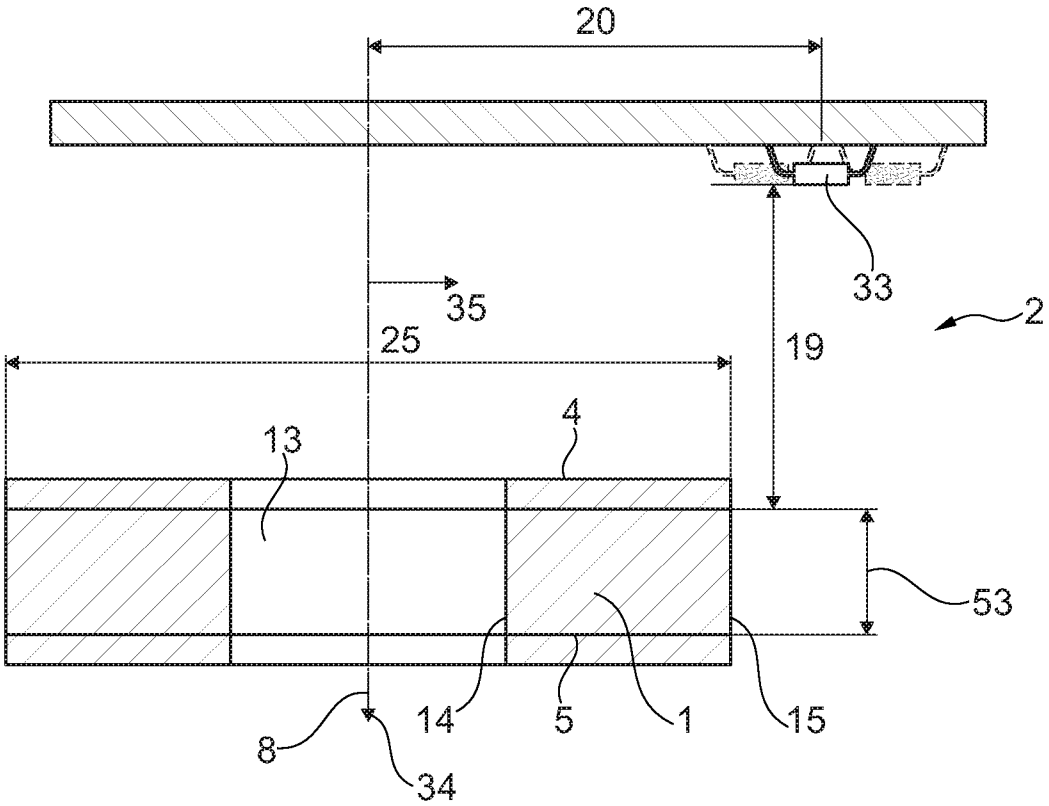


Fig. 4

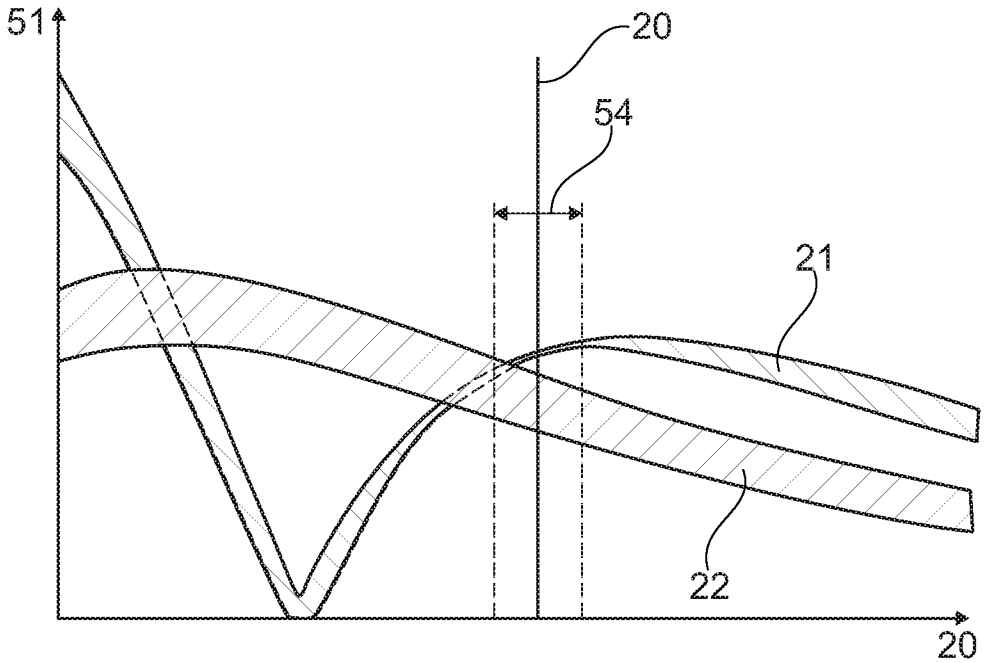


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2017/100676

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01D5/14
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)
G01D

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, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB, 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 10 2014 116844 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]) 3 June 2015 (2015-06-03) abstract paragraphs [0034], [0051]; figures 1, 4A paragraphs [0071] - [0073], [0078]; figures 5A, 5B	1,3-8
A	DE 103 34 869 B3 (TECH3 E K [DE]) 16 September 2004 (2004-09-16) abstract paragraph [0021] - paragraph [0024]; figure 1 paragraphs [0026], [0027]; figure 2	1,2

-/--

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

X 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
18 October 2017	02/11/2017

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	Jakob, Clemens

1

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 610 095 A1 (HERA ROTTERDAM BV [NL]) 28 December 2005 (2005-12-28) paragraphs [0036], [0037], [0039]; figure 1 paragraph [0044]; figure 5	1,2
A	DE 10 2009 039574 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]) 11 March 2010 (2010-03-11) abstract paragraphs [0023], [0024]; figures 1, 2 paragraphs [0038], [0039], [0042]; figure 5	1
A	US 5 602 472 A (BERGSTEDT RODERICK G [US] ET AL) 11 February 1997 (1997-02-11) column 3, line 47 - column 4, line 2; figures 1,2 column 4, line 3 - line 45; figures 3, 5	1

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/DE2017/100676

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102014116844 A1	03-06-2015	CN 104656042 A	27-05-2015
		DE 102014116844 A1	03-06-2015
		US 2015137797 A1	21-05-2015
DE 10334869 B3	16-09-2004	DE 10334869 B3	16-09-2004
		EP 1503182 A1	02-02-2005
		US 2005030012 A1	10-02-2005
EP 1610095 A1	28-12-2005	NONE	
DE 102009039574 A1	11-03-2010	DE 102009039574 A1	11-03-2010
		US 2010060263 A1	11-03-2010
		US 2012025808 A1	02-02-2012
US 5602472 A	11-02-1997	US 5602472 A	11-02-1997
		US 5742160 A	21-04-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2017/100676

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01D5/14
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01D

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, COMPENDEX, INSPEC, IBM-TDB, 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 10 2014 116844 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]) 3. Juni 2015 (2015-06-03) Zusammenfassung Absätze [0034], [0051]; Abbildungen 1, 4A Absätze [0071] - [0073], [0078]; Abbildungen 5A, 5B -----	1,3-8
A	DE 103 34 869 B3 (TECH3 E K [DE]) 16. September 2004 (2004-09-16) Zusammenfassung Absatz [0021] - Absatz [0024]; Abbildung 1 Absätze [0026], [0027]; Abbildung 2 ----- -/--	1,2

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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
18. Oktober 2017	02/11/2017

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	Jakob, Clemens

1

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 610 095 A1 (HERA ROTTERDAM BV [NL]) 28. Dezember 2005 (2005-12-28) Absätze [0036], [0037], [0039]; Abbildung 1 Absatz [0044]; Abbildung 5	1,2
A	DE 10 2009 039574 A1 (INFINEON TECHNOLOGIES AG [DE]) 11. März 2010 (2010-03-11) Zusammenfassung Absätze [0023], [0024]; Abbildungen 1, 2 Absätze [0038], [0039], [0042]; Abbildung 5	1
A	US 5 602 472 A (BERGSTEDT RODERICK G [US] ET AL) 11. Februar 1997 (1997-02-11) Spalte 3, Zeile 47 - Spalte 4, Zeile 2; Abbildungen 1,2 Spalte 4, Zeile 3 - Zeile 45; Abbildungen 3, 5	1

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE2017/100676

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014116844 A1	03-06-2015	CN 104656042 A	27-05-2015
		DE 102014116844 A1	03-06-2015
		US 2015137797 A1	21-05-2015
DE 10334869 B3	16-09-2004	DE 10334869 B3	16-09-2004
		EP 1503182 A1	02-02-2005
		US 2005030012 A1	10-02-2005
EP 1610095 A1	28-12-2005	KEINE	
DE 102009039574 A1	11-03-2010	DE 102009039574 A1	11-03-2010
		US 2010060263 A1	11-03-2010
		US 2012025808 A1	02-02-2012
US 5602472 A	11-02-1997	US 5602472 A	11-02-1997
		US 5742160 A	21-04-1998