

(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
28. Januar 2016 (28.01.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/012017 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

G01D 5/12 (2006.01) G01D 5/24 (2006.01)
G01D 5/20 (2006.01) G01D 5/241 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2015/200398

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Juni 2015 (29.06.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2014 214 439.6 23. Juli 2014 (23.07.2014) DE

(71) Anmelder: MICRO-EPSILON MESSTECHNIK
GMBH & CO. KG [DE/DE]; Königsbacher Straße 15,
94496 Ortenburg (DE).

(72) Erfinder: SCHOPF, Tobias; Rottstraße 58, 84364 Bad
Birnbach (DE). HOENICKA, Reinhold; Birkastrasse 21,
94496 Ortenburg (DE).

(74) Anwalt: ULLRICH & NAUMANN; Schneidmühlstraße
21, 69115 Heidelberg (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, 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)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ACTUATOR SENSOR ARRANGEMENT AND METHOD FOR APPLICATION WITH SUCH AN ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung : AKTOR-SENSOR-ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ANWENDUNG BEI EINER SOLCHEN
ANORDNUNG

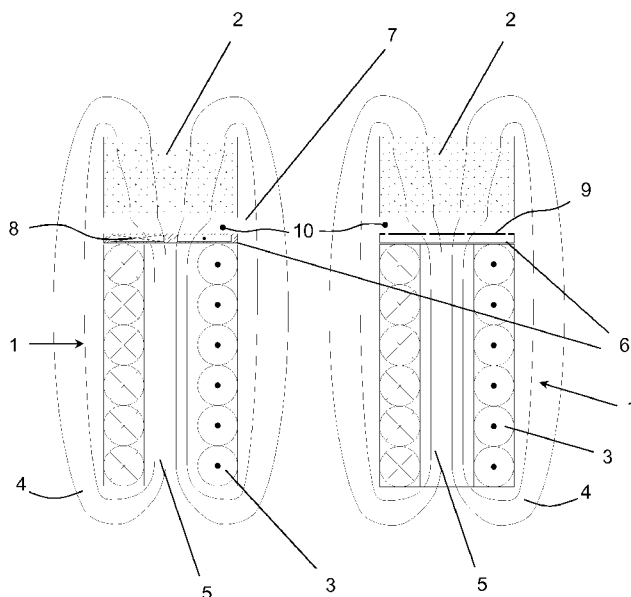


FIG. 1

(57) Abstract: An actuator sensor arrangement, comprising a magnetic actuator (1), which comprises at least one coil (3), preferably in the sense of an armature winding, and a magnet (2) used as a rotor, wherein the coil (3) generates a force-exerting magnetic field (4) and in this way a force acts on the rotor (2) at least in one direction, for example in the Z direction, is characterised in that a sensor (6) is arranged in the force-transmitting magnetic flux (7) between the coil (3) and the rotor, said sensor detecting the movement of the rotor in the at least one direction, for example in the Z direction (actuator-rotor spacing). A method is also claimed for the application of the actuator sensor arrangement according to the invention.

(57) Zusammenfassung: Eine Aktor-Sensor-Anordnung, mit einem magnetischen Aktor (1), der mindestens eine Spule (3), vorzugsweise im Sinne einer Ankerwicklung, aufweist, und einem als Läufer dienenden Magneten (2), wobei die Spule (3) ein kraftausübendes Magnetfeld (4) erzeugt und dabei eine Kraft zumindest in eine Richtung, beispielsweise in Z-Richtung, auf den Läufer (2) ausübt, ist dadurch gekennzeichnet, dass im kraftübertragenden magnetischen Fluss (7) zwischen der Spule (3) und dem Läufer ein Sensor (6) angeordnet ist, der die Bewegung des Läufers in die zumindest eine Richtung, beispielsweise in Z-Richtung (Abstand Aktor-Läufer) erfasst. Ein Verfahren ist zur Anwendung bei der erfindungsgemäßen Aktor-Sensor-Anordnung beansprucht.



- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

AKTOR-SENSOR-ANORDNUNG UND VERFAHREN ZUR ANWENDUNG BEI EINER SOLCHEN ANORDNUNG

5 Die Erfindung betrifft eine Aktor-Sensor-Anordnung, mit einem magnetischen Aktor, der mindestens eine Spule, vorzugsweise im Sinne einer Ankerwicklung, aufweist, und einem als Läufer dienenden Magneten, wobei die Spule ein kraftausübendes Magnetfeld erzeugt und dabei eine Kraft zumindest in eine Richtung, beispielsweise in Z-Richtung, auf den Läufer ausübt. Des Weiteren
10 betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Anwendung bei einer solchen Anordnung.

In der Praxis gibt es einen steten Bedarf an Aktor-Sensor-Anordnungen der hier in Rede stehenden Art, bei denen der Aktor einen Gegenstand auslenkt. Bei dem Gegenstand kann es sich beispielsweise auf dem Gebiet der Optik um einen
15 Spiegel zur Strahlumlenkung handeln, der geringfügig und dabei äußerst genau zu verkippen ist. Der Spiegel kann insbesondere auch zur Umlenkung eines Laserstrahls dienen, der beispielsweise auf ein Werkstück gelenkt wird. Mannigfaltige Anwendungen sind denkbar, wobei zur Realisierung der Verkipfung eine Sensorik erforderlich ist, die die relative Position zwischen dem Aktor und dem Läufer misst.
20 Dabei ist problematisch, dass herkömmliche Sensoren und Sensoranordnungen das kraftausübende Magnetfeld stören, zumindest aber dieses in nicht unerheblichem Umfang beeinflussen. Umgekehrt werden die Sensoren durch das kraftausübende Magnetfeld des Aktors gestört, wodurch die Signalqualität beeinträchtigt wird.

25 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Aktor-Sensor-Anordnung derart auszugestalten und weiterzubilden, dass die erforderliche Sensorik nicht oder allenfalls unwesentlich den Kraftfluss stört und umgekehrt die Sensorik nicht oder allenfalls unwesentlich durch den Aktor gestört wird. Des Weiteren soll
30 ein Verfahren zur Anwendung bei einer solchen Anordnung angegeben werden.

Voranstehende Aufgabe ist durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Danach ist die gattungsbildende Aktor-Sensor-Anordnung dadurch gekennzeichnet, dass im kraftübertragenden magnetischen Fluss zwischen der Spule und dem Läufer

ein Sensor angeordnet ist, der die Bewegung des Läufers in die zumindest eine Richtung, beispielsweise in Z-Richtung (Abstand Aktor-Läufer), erfasst.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass es möglich ist, den zur Detektion der Auslenkung des Läufers erforderlichen Sensor unmittelbar im kraftübertragenden magnetischen Fluss zwischen der Spule und dem Läufer anzuordnen, und zwar im Spalt dazwischen, ohne dass dieser den kraftübertragenden magnetischen Fluss stört oder dadurch im Ausgangssignal gestört wird. Dieser Sensor erfasst die Bewegung des Läufers in zumindest einer Richtung, nämlich in der beispielhaften genannten Z-Richtung, die den Abstand zwischen dem Aktor und dem Läufer definiert. So ist der Sensor mit seiner Sensorspule oder den Elektroden direkt im Fluss der Wirkrichtung des Aktors, nämlich im Wirkfluss, angeordnet.

An dieser Stelle sei angemerkt, dass es zahlreiche Situationen gibt, wonach der Aktor im Vakuum oder zumindest bei Unterdruck und der Läufer bzw. Magnet in der Atmosphäre (oder umgekehrt) angeordnet ist. Im Rahmen einer solchen Ausgestaltung ist es denkbar, dass der Sensor mit seiner körperlichen Ausgestaltung die Trennstelle zwischen dem Vakuum/Unterdruck und der Atmosphäre definiert und dabei eine Abdichtung zwischen diesen Bereichen bildet.

Der Sensor kann unterschiedlich gestaltet sein. Insbesondere kann der Sensor zwei oder mehrere Sensorelemente umfassen, die Bewegungen des Aktors in X-/Y-Richtung, nämlich eine seitliche Auslenkung, und/oder in Z-Richtung, nämlich den Abstand zwischen Aktor und Läufer, erfasst.

Bei dem Sensor kann es sich um einen kapazitiven Sensor in flacher Bauform handeln. In besonders vorteilhafter Weise ist der Sensor als Wirbelstromsensor in flacher Bauform ausgeführt. Der Einfachheit halber wird nachfolgend von einem Wirbelstromsensor mit einer oder mehreren Spule(n) gesprochen. Anstelle der Spulen können in Ausprägung eines kapazitiven Sensors entsprechende Elektroden vorgesehen sein. Der Wirbelstromsensor mit der/den dort

vorgesehenen Spule(n) dient lediglich der beispielhaften Erörterung der erfindungsgemäßen Lehre.

5 Die Sensorelemente sind an eine Elektronik angeschlossen, die in bekannter Weise die (komplexe) Impedanz der Spulen bzw. Elektroden erfasst und in ein Signal umwandelt, das abhängig ist von der relativen Position und/oder Bewegung des Magneten.

10 Wie bereits zuvor ausgeführt, dient der Magnet als Läufer und wird dieser vom elektromagnetisch arbeitenden Aktor beeinflusst bzw. ausgelenkt. Dem Magneten kann ein Target aus elektrisch leitfähigem Material, beispielsweise einem ferromagnetischen, idealerweise aber nicht-ferromagnetischen Metall, zugeordnet sein, wobei es sich bei dem Targetmaterial bevorzugt um Aluminium oder um eine Aluminiumlegierung handelt. Im Rahmen einer ganz besonders vorteilhaften
15 Ausgestaltung ist der Magnet von dem Target getragen bzw. gehalten. Das Target kann aber auch vom Magneten getragen bzw. gehalten werden.

20 Das Target dient dazu, die Funktion des Sensors zu optimieren. Das Target besteht aus einem elektrisch leitfähigem Material, welches Wechselwirkungen zwischen dem Magnetfeld der Aktor-Spule und dem Ausgangssignal des Sensors verhindern soll, da im Falle einer direkten Messung gegen den Magneten oder gegen ein ferromagnetisches Material die Ausprägung der vom Sensor erzeugten Wirbelströme vom magnetischen Fluss im Magneten abhängt. Eine Änderung der Ausprägung der Wirbelströme (in Bezug auf Eindringtiefe, Amplitude,
25 Durchmesser) ändert die Rückkopplung auf das vom Sensor erzeugte Feld und beeinflusst damit das Ausgangssignal des Sensors. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung eines nicht-ferromagnetischen Materials.

30 Das Target kann topfartig ausgebildet sein, wobei der Magnet in vorteilhafter Weise in dem topfartigen Target verankert ist bzw. sitzt.

In ganz besonders vorteilhafter Weise ist das Target mit seiner dem Aktor zugewandten Fläche gewölbt bzw. sphärisch ausgeführt, damit bei seitlichen Auslenkungen des Targets ein konstanter Abstand zwischen dieser Fläche und dem

Sensor bzw. dem Aktor realisiert ist. Dabei ist der Radius der Fläche dem Radius des ausgelenkten Targets relativ zum Dreh-/Schwenkpunkt angepasst. Dadurch ist in Bezug auf die dem Sensor zugewandten Fläche des Targets eine optimale Situation geschaffen, nämlich ein gleichbleibender Abstand über den Auslenkbe-

5 reich hinweg.

Bereits zuvor ist ausgeführt worden, dass der Sensor den Bereich zwischen dem Aktor und dem Läufer trennen kann, wobei es dabei von ganz besonderem Vorteil ist, wenn der Sensor dem Aktor zugeordnet ist und diesen überdeckt und dabei

10 gegenüber dem Läufer bzw. Magneten vorzugsweise hermetisch abschließt. So kann der Sensor als endseitige Kappe des Aktors ausgebildet sein, wobei zwischen der Oberfläche des Sensors und dem Target ein möglichst geringer Luftspalt verbleibt, der die Bewegung des Läufers (bestehend aus Target und Magnet) zulässt.

Im Konkreten kann es sich bei dem Sensor um ein keramisches Element handeln, in das die Sensorspule(n) bzw. die Elektrode(n) integriert ist/sind. In weiter vorteilhafter Ausgestaltung kann der Sensor in eine den Aktor abschließende bzw. diesen überdeckende Platte oder Kappe integriert sein, so dass der Sensor ein

15 20 den Aktor (Aktor-Spule und Kern nebst Kontaktierung, gegebenenfalls Elektronik) umfassendes Gehäuse abschließt.

Das keramische Element kann in bekannter Weise aus mehreren Schichten aufgebaut sein, in dem die Spulen bzw. Elektroden beispielsweise auch zwischen

25 den Schichten ausgeführt sind. Durch den mehrlagigen Aufbau kann eine mehrlagige Spule hoher Stabilität bei geringstem Platzbedarf ausgeführt werden.

Der Aktor kann derart aufgebaut und ausgelegt sein, dass er ausschließlich eine Kraft in Z-Richtung auf den Läufer ausübt, so dass sich dessen Abstand gegenüber dem Aktor verändert. Ebenso ist es denkbar, dass der Aktor derart

30 aufgebaut und ausgelegt ist, dass er zusätzlich oder alternativ eine Kraft in X- und Y-Richtung ausübt, wodurch ein seitliches Auslenken des Läufers bewirkt wird. Dazu hat der Aktor eine doppelte Ausführung der Elemente bei entsprechender Kreuzanordnung, wobei es grundsätzlich denkbar ist, dass der Aktor sowohl in X-

und Y-Richtung als auch in Z-Richtung eine Kraft zur entsprechenden Auslenkungen des Läufers ausüben kann. Dies bedingt wiederum eine entsprechende Auslegung des Sensors, der nämlich die Bewegungen zum Zwecke der Regelung der Auslenkung detektieren muss.

5

Entsprechend kann der Sensor zwei oder mehrere Sensorelemente umfassen, wobei es sich dabei insbesondere um ein- oder mehrlagige Spulen handelt. Die Sensorelemente können nebeneinander oder auch übereinander angeordnet sein. Die Spulen können mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen betrieben werden. Dies ermöglicht eine exakte Erfassung des Z-Abstands auch bei einer Messung gegen den Magneten. Der Betrieb mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen führt zu einem überbestimmten Gleichungssystem, wodurch sich etwaige „Materialänderungen“ durch den magnetischen Fluss mathematisch eliminieren lassen.

10

15

Bei der Vorkehrung von mindestens zwei Spulen lassen sich diese direkt hintereinander anordnen, wobei diese alternierend oder kontinuierlich betrieben werden. Standard-Mehrfrequenzverfahren arbeiten mit einer Spule und wechseln die Frequenz. Hier ist es von Vorteil, dass jede Spule individuell in ihrer Induktivität an die Trägerfrequenz anpassbar ist, wodurch sich – bei Vorkehrung von zwei Spulen – diese in der Nähe der Resonanzfrequenz betreiben lassen. So lässt sich ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis erzielen. Außerdem kann der Unterschied der beiden Frequenzen ausreichend groß gewählt werden, wohingegen bei einem herkömmlichen Mehrfrequenzverfahren mit einer Spule der Frequenzabstand oft nicht ausreicht, um die erforderlichen Informationen über die zweite Frequenz zu erhalten.

20

25

Insbesondere in Bezug auf die Messung in X-/Y-Richtung und gegebenenfalls in Z-Richtung ist es von Vorteil, wenn die Position des Targets bzw. des Magneten mit einem durch die Spulen in seiner Wirkfläche strukturierten Sensor ermittelt wird, wobei das magnetische Feld, welches von der Sensorspule erzeugt wird, durch eine zu- bzw. abnehmende Überdeckung des Targets bzw. Magneten beeinflusst wird. Konkrete Ausgestaltungen entsprechender Sensoren sind im Rahmen der Figurenbeschreibung erörtert.

30

Ein weiterer Vorteil wird dadurch erreicht, dass der Sensor mindestens ein Spulenpaar umfasst, wobei die Spulen des Spulenpaars in differenzieller Anordnung sind. Der Sensor kann derart ausgelegt sein, dass er neben den Auslenkungen des Targets bzw. Magneten in X- und Y-Richtung gleichzeitig oder alternativ den Abstand gegenüber dem Target bzw. Magneten in Z-Richtung ermittelt, und zwar entweder durch Bildung der Summe der Ausgangssignale aller Einzelspulen oder durch Vorkehrung einer separaten Spule zur Erfassung des Z-Abstands, wobei die Spulen zur Ermittlung der X-/Y-Auslenkung und die separate Spule zur Ermittlung des Z-Abstands vorzugsweise mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen angesteuert werden. Die Spulen zur Messung der X-/Y-Auslenkung und die Spule zur Messung des Z-Abstands können gleichzeitig oder unabhängig voneinander betrieben werden, je nach Bedarf.

Zur Überprüfung und gegebenenfalls Kompensation eines Temperaturverlaufs im Innern des Sensors ist es von Vorteil, wenn dort eine Temperaturmessung erfolgt. Dies kann durch Widerstandselemente erfolgen, vorzugsweise in Form gegenseitig ausgeführter Widerstandsbahnen, die sich gemeinsam mit den eigentlichen Sensorelementen im Sensorkörper befinden.

In Bezug auf das erfindungsgemäße Verfahren ist die voranstehende Aufgabe durch die Merkmale des nebengeordneten Anspruchs 18 gelöst.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die dem Patentanspruch 1 nachgeordneten Patentansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung der bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung werden auch im Allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 in einer schematischen Ansicht ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktor-Sensor-Anordnung, wobei dort der Aktor eine Kraft in Z-Richtung auf den Läufer ausübt,

- 5 Fig. 2 in einer schematischen Ansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktor-Sensor-Anordnung, wobei dort der Aktor eine Kraft in Z-Richtung auf den Läufer ausübt und der Sensor aus zwei übereinander angeordneten, mehrlagigen Spulen ausgeführt ist,
- 10 Fig. 3 in einer schematischen Ansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktor-Sensor-Anordnung, wobei dort bei doppelter Ausführung der Elemente und entsprechender Kreuzanordnung der Aktor eine Kraft in X-Richtung und Y-Richtung auf den Läufer ausübt und der Magnet in einem Target sitzt,
- 15 Fig. 4 a) in schematischen Ansichten mögliche Ausgestaltungen bzw. Anordnungen der Spulen eines Wirbelstromsensors, der die Position des Magneten erfassen kann:
i) Einzelne Spule
ii) Doppelspule nebeneinander in differentieller Anordnung
iii) Trapezförmige Doppelspule
- 20 Fig. 4 b) in schematischen Ansichten mögliche Ausgestaltungen bzw. Anordnungen der Elektroden eines kapazitiven Sensors, der die Position des Magneten erfassen kann,
- 25 Fig. 5 in einer schematischen Ansicht eine weitere mögliche Ausgestaltung bzw. Anordnung der Spulen eines Wirbelstromsensors, wobei dort zur Bestimmung der X- und Y-Position die Sensorelemente in zwei Achsen angeordnet sind,
- 30 Fig. 6 in einer schematischen Ansicht eine weitere mögliche Ausgestaltung bzw. Anordnung der Spulen eines Wirbelstromsensors, wobei dort das eigentliche Sensorelement um Widerstandsbahnen zur Ermittlung der Temperatur innerhalb des Sensors ergänzt ist,

Fig. 7 in einer schematischen Ansicht eine weitere mögliche Ausgestaltung bzw. Anordnung der Spulen eines Wirbelstromsensors, wobei dort eine separate Spule zur Erfassung des Z-Abstands, neben der Erfassung der X-/Y-Auslenkung, eingebracht ist,

5

Fig. 8 in einer schematischen Ansicht ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktor-Sensor-Anordnung mit nebeneinanderliegenden Spulen im Sensorelement,

10

Fig. 9 in einer schematischen Ansicht ein keramisches Sensorelement entsprechend den Darstellungen in den Figuren 4 bis 7, geeignet zur Einbringung in einen Reluktanzmotor gemäß Figur 3, mit Kreuzstruktur und hoher Festigkeit,

15

Fig. 10 in einer schematischen Ansicht, ähnlich Fig. 3, nebeneinander angeordnete Aktoren mit gemeinsamer Abdeckung nebst Sensorik und wobei der Magnet in einem Target mit sphärischer Fläche sitzt,

20

Fig. 11 in einer schematischen Ansicht die Auslenkbewegung des Magneten/Targets bzw. des Läufers entsprechend der Wirkung des Aktors,

Fig. 12 in einem schematischen Diagramm eine konkrete Schaltung zur Verbesserung der Signalempfindlichkeit und

25

Fig. 13 in einem schematischen Diagramm eine entsprechende Schaltung, die sich in mehreren Translations- und Rotationsachsen applizieren lässt.

30

Fig. 1 zeigt einen magnetischen Aktor 1, der eine Kraft in Z-Richtung auf den Läufer 2 ausübt. Dabei handelt es sich um einen Magneten. Dieser kann mit einem zu bewegenden Gegenstand, beispielsweise einem Spiegel, über ein Gestänge verbunden sein. Der Aktor 1 besteht im Wesentlichen aus einer Spule 3

bzw. Ankerwicklung, die das kraftausübende Magnetfeld 4 erzeugt. Typischerweise wird der magnetische Fluss über einen weichmagnetischen Kern 5, der regelmäßig einen niedrigen magnetischen Widerstand aufweist, geführt. Ankerseitig ist ein Sensor 6 im kraftübertragenden magnetischen Fluss 7 angeordnet.

5

Auf der linken Seite von Fig. 1 ist der Sensor 6 als Wirbelstromsensor mit einer Spule 8 angedeutet. Auf der rechten Seite ist der Sensor 6 als kapazitiver Sensor 6 mit Elektroden 9 ausgeführt. In beiden Fällen lässt sich die Bewegung des Läufers 2 in Z-Richtung ermitteln, nämlich der Abstand zwischen dem Aktor 1 bzw.

10

Im Falle der Vorkehrung eines kapazitiven Sensors 6 sind die potentialführenden Elektroden 9 entsprechend dünn ausgeführt, um eine relevante Beeinflussung des kraftführenden magnetischen Feldes 4 zu vermeiden. Entsprechendes gilt in Bezug auf die entsprechende Nutzung eines Wirbelstromsensors mit einer oder mehreren Spulen 8. Auch hier ist eine dünne bzw. flache Ausführung von Vorteil.

15

Ebenso kann der Sensor 6 zur Erfassung der Z-Position des Läufers 2 als Wirbelstromsensor ausgeführt sein. Hierbei wird der Sensor 6 in einer flachen Bauform ausgeführt um eine Einbringung in den Luftspalt 10, durch welchen der krafterzeugende magnetische Fluss 7 geführt wird, zu ermöglichen. Optional kann an dem Läufer 2 ein Target 11 angebracht werden, um die Performance des Wirbelstromsensors zu optimieren. Das Target 11 sollte aus einem nicht-ferromagnetischen Metall, vorzugsweise aus Aluminium, bestehen. Dies verhindert Wechselwirkungen zwischen dem Magnetfeld 4 der Aktor-Spule 3 und dem Ausgangssignal des Sensors 6, da im Falle einer direkten Messung gegen den Magneten 2 oder gegen ein ferro-magnetisches Material die Ausprägung der vom Sensor 6 erzeugten Wirbelströme vom magnetischen Fluss 7 im Magneten 2 abhängt. Eine Änderung der Ausprägung der Wirbelströme (Eindringtiefe, Amplitude, Durchmesser) ändert die Wirkung auf das vom Sensor 6 erzeugte Feld und ändert damit auch das Ausgangssignal des Sensors 6.

20

25

30

Der Läufer kann vom Anker in allen Fällen auch hermetisch abgeschlossen sein. In diesem Falle ist der Sensor 6 als keramisches Element ausgeführt, welches –

im Falle eines kapazitiven Sensors – die potentialführenden Flächen innen oder außen enthält.

Fig. 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Aktor-Sensor-Anordnung, wobei dort der magnetische Aktor 1 eine Kraft in Z-Richtung auf den Läufer 2 bzw. Magneten ausübt. Hier gelten die gleichen Ausführungen wie zu Fig. 1, wobei in Fig. 2 der Sensor 6 aus zwei übereinander angeordneten Sensorelementen, nämlich ein- oder mehrlagigen Spulen ausgeführt ist.

Entsprechend lässt sich ein Wirbelstromsensor als Mehrspulenvariante ausführen, wobei die beiden Spulen 8 mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen betreibbar sind. Dies ermöglicht eine genauere Erfassung des Z-Abstands auch bei einer Messung gegen den Magneten 2. Hierbei werden die beiden Sensorspulen 8 mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen angesteuert. Damit erhält man ein überbestimmtes Gleichungssystem und kann die „Materialänderung“ durch den magnetischen Fluss mathematisch egalisieren.

In Bezug auf die erfindungsgemäße Aktor-Sensor-Anordnung ist von Bedeutung, dass zwei Spulen 8 direkt hintereinander bzw. nebeneinander anordenbar sind und alternierend oder kontinuierlich im Eingriff sind bzw. betrieben werden. Bei bislang üblichen Mehrfrequenzverfahren wird mit einer Spule und wechselnder Frequenz gearbeitet. Bei der hier realisierten Ausführung kann eine Anpassung einer jeden Spule (Induktivität) 8 an die Trägerfrequenz erfolgen. Damit lassen sich die beiden oder mehreren Spulen 8 in der Nähe der Resonanzfrequenz betreiben. Dies liefert ein besseres Signal-Rausch-Verhältnis. Zudem kann der Unterschied der beiden Frequenzen ausreichend groß gewählt werden. Bei dem klassischen Mehrfrequenzverfahren unter Nutzung einer einzigen Spule kann der Frequenzabstand oft nicht ausreichend groß genug gewählt werden, um den erforderlichen Informationsgewinn durch die zweite Frequenz zu erhalten.

Der Läufer 2 kann auch im Falle einer Mehrspulenanordnung vom Aktor 1 hermetisch abgeschlossen sein. In diesem Falle ist der Sensor 6 als keramisches Element 12 ausgeführt, in welches beide Spulen 8 eingebettet sind.

Fig. 3 zeigt einen magnetischen Aktor 1, der eine Kraft in X-Richtung bzw. bei doppelter Ausführung der Elemente und entsprechender Kreuzanordnung in X- und Y- Richtung ausübt. Auch in Z-Richtung kommt es zu einer Kraftwirkung, welche hier jedoch nicht weiter genutzt bzw. betrachtet wird.

5

Die Position des Magneten 2 kann mit einem Wirbelstromsensor 6 mit Spulen 8 entsprechend den Darstellungen in Fig. 4 a) erfasst werden. Dabei erfolgt eine Beeinflussung des magnetischen Feldes, welches von der Sensorspule 8 erzeugt wird, durch eine zu- bzw. abnehmende Überdeckung des Magneten 2 oder eines
10 am Magneten 2 angebrachten Targets 11. Da sich hierbei bei Verwendung eines Sensors 6 mit nur einer Spule 8 (Fig. 4 a) i))eine starke Abhängigkeit des Sensorsignals vom Abstand Z ergibt, wird ein Sensor 6 mit zwei Spulen 8 in differentieller Anordnung verwendet (Fig. 4 a) ii) und iii)). Das Ausgangssignal des Sensors 6 ist somit nicht direkt vom Abstand Z beeinflusst. Auch wird die Stabilität bezüglich
15 Temperatur und Langzeiteffekten durch die differentielle Anordnung der Spulen 8 verbessert. Der Sensor 6 ist auch in dieser Ausführung entsprechend flach ausgeführt, um eine Einbringung direkt in den magnetischen Fluss zu ermöglichen.

20

Die Position des Magneten 2 kann auch mit einem kapazitiven Sensor 6 mit Elektroden 8 entsprechend den Darstellungen in Fig. 4 b) erfasst werden. Dabei erfolgt eine Beeinflussung des elektrischen Feldes, welches von den Sensorelektroden 8 erzeugt wird, durch eine zu- bzw. abnehmende Überdeckung des Magneten 2 oder eines am Magneten 2 angebrachten Targets 11. Sinngemäß gilt
25 gleiches wie beim Wirbelstromsensor für die Verwendung von einzelnen bzw. doppelten, in differentieller Anordnung ausgeführten Elektroden.

30

Die Sensorelemente können entsprechend der Darstellung in Fig. 5 auch in zwei Achsen angeordnet sein, wodurch eine Bestimmung der X- und Y-Position des Magneten 2 bzw. Targets möglich ist. Führt der Magnet 2 bzw. das Target keine
30 reine laterale Bewegung in X- und/oder Y- Richtung durch, sondern stattdessen eine Bewegung auf einer Kugeloberfläche (dazu ist der Magnet 2 auf einem gedachten Drehpunkt 18 entfernt vom Sensor 6 gelagert), ergibt sich ein nicht lineares Ausgangssignal. Das heißt, bei zunehmender Auslenkung nimmt aufgrund des größeren Abstands das Signal-Rausch-Verhältnis ab. Ebenso nimmt

die Signalsteigung mit zunehmender Auslenkung ab. Dem kann eine Ausgestaltung der Senserspulen 8 (oder der Sensorelektrode 9 beim kapazitiven Sensor 6) als „Trapez“ entgegenwirken. Das heißt, der wirksame Querschnitt der Spule 8 oder Elektrode 9 nimmt mit zunehmender Auslenkung und damit mit zunehmendem Abstand ebenfalls zu. Damit kann die Steigung und das Signal-Rausch-Verhältnis des Ausgangssignals konstant gehalten werden.

Entsprechend der Darstellung in Fig. 6 kann der Sensor 6 um Widerstandsbahnen 13 ergänzt werden, um temperaturbedingte Einflüsse auf das Sensorsignal eliminieren bzw. kompensieren zu können. Dabei kann durch einfache Messung des ohmschen Widerstands auf die Temperatur im Sensorelement 15 geschlossen werden. Die Widerstandsbahnen 13 werden in gegensinniger (bifilarer) Weise ausgeführt, um eine Beeinflussung der Senserspulen 8 zu vermeiden. Die Widerstandsbahnen 13 können zur besseren Erfassung von Gradienten räumlich auf dem Sensorelement verteilt sein. Dabei können die für die Temperaturerfassung eingebrachten Bahnen in X- und Y-Richtung zwischen den Senserspulen 8 liegen. Auch können die Widerstandsbahnen 13 in Z-Richtung in einem eigenen Layer vor, zwischen oder über den Senserspulen 8 liegen. Auch eine Kombination der Anordnungen ist möglich.

Soll neben der Auslenkung in X- und Y-Richtung auch noch der Abstand in Z-Richtung erfasst werden, kann dies durch die Bildung der Summe des Ausgangssignals aller Einzelspulen erfolgen:

$$Z = X_1 + X_2 + Y_1 + Y_2$$

Dabei sind X_i und Y_i ($i = 1, 2$) jeweils die einzelnen Signale der in X- bzw. Y-Richtung gegenüberliegenden Spulen.

Alternativ kann auch eine separate Spule 14 zur Erfassung des Z-Abstands eingebracht sein, wie dies in Fig. 7 gezeigt ist. Dabei werden die Spulen 8 zur Erfassung der X/Y-Auslenkung und die Spule 14 zur Erfassung der Z-Auslenkung typischerweise mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen angesteuert, um Wechselwirkungen (Schwebungen) zu vermeiden. Bei entsprechender Beschaltung des

Demodulators hat jede Spule 8, 14 bzw. das Spulenpaar 8 für sich ein Bandpassverhalten. Damit können die Spulen zur Überdeckungsmessung (X, Y) und zur Abstandsmessung (Z) gleichzeitig und unabhängig voneinander betrieben werden.

5

Fig. 8 zeigt den Sensor 6 in Mehrspulenordnung, wobei dort zwei Spulen 8 nebeneinander liegen.

10

Um das Sensorelement 15 in den magnetischen Fluss einzubringen, muss dieses so dünn wie möglich ausgeführt sein. Dient das Sensorelement 15, wie beschrieben, zur Abtrennung (Hermetisierung) zweier Räume mit unterschiedlichen Drücken, so muss das Element so ausgeführt sein, dass es zum einen mechanisch stabil ist, um durch den Druckunterschied nicht schadhaft zu werden, zum anderen soll der magnetische Widerstand zwischen dem magnetischen Kern 5 und dem Magneten 2 so klein als möglich sein, um eine maximale Kraft und einen maximalen Wirkungsgrad des Aktors 1 zu erreichen.

15

20

Fig. 9 zeigt die Ausführung eines keramischen Sensorelements 15, wie in Fig. 4 bis Fig. 7 dargestellt, zur Einbringung in einen Reluktanzmotor (Reluktanz = magnetischer Widerstand) gemäß Fig. 3. Dabei ist eine relativ große Dicke (mehrfache Dicke zu den Spulensegmenten) für die Kreuzstruktur gewählt, um eine hohe Festigkeit gegen Biegebeanspruchung aufgrund des Druckunterschieds zu erreichen. Im Bereich des magnetischen Kerns 5, welcher den magnetischen Fluss führt und einen möglichst kleinen magnetischen Widerstand zum Magneten 2 aufweisen soll, ist die Dicke des Sensorelements 15 soweit wie möglich reduziert. Die Kontaktanschlüsse für die verschiedenen Sensorelemente (X,Y,Z,Temperatur) sind in die Streben der Struktur gelegt, um zum einen den maximalen Querschnitt für die Polschuhe zu ermöglichen, zum anderen den Rand freizuhalten, um das Sensorelement 15 hermetisch dicht einbringen zu können. Das keramische Sensorelement 15 kann dabei durch Einpressen, Laserlöten, Vakuumlöten, in eine Struktur oder Gehäuse eingebracht werden.

25

30

Entsprechend der Darstellung in Fig. 10 kann das Target 11 anstatt eben und flächig auch als beliebig geformte Fläche 16 ausgeführt sein, um Sekundär-

einflüsse zu minimieren. Typischerweise wird das Target 11 sphärisch ausgeführt, um einen konstanten Abstand zwischen dem Sensor 6 und dem Target 11 auch bei Auslenkung zu erreichen. Der Radius des sphärischen Targets 11 ist dabei dem Radius des ausgelenkten Magneten 2 relativ zum Drehpunkt 18 angepasst.

5

Fig. 11 zeigt die seitliche Auslenkung des Targets 11 entsprechend den voranstehenden Ausführungen.

10

Die Fig. 12 und 13 zeigen mögliche Schaltungen in Bezug auf unterschiedliche Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Aktor-Sensor-Anordnung.

15

Die beiden Sensorspulen 8 werden zur Verbesserung der Signalempfindlichkeit mit einer Kapazität zu einem Schwingkreis ergänzt, welcher typischerweise in der Nähe seiner Eigenresonanz betrieben wird. Dieser Schwingkreis wird von einer Wechselspannung mit fester Frequenz gespeist. Aus den Sensorsignalen wird in einem Demodulator (zum Beispiel Amplituden-Demodulation) ein Pulsweitenmoduliertes Signal generiert, bei dem die Verkippungsinformation nahezu direkt proportional zur Pulsbreite abgebildet ist. Im Demodulator wird auch direkt die Differenzbildung zwischen den beiden Spulensignalen realisiert. Von dem Pulsweiten modulierten Signal wird mit einem Tiefpassfilter der Wechselspannungsanteil des Signals ausgefiltert. Der daraus resultierende Gleichspannungsanteil kann über einen Analog-Digital-Wandler in einen digitalen Verkippungswert gewandelt werden. Dieser digitale Wert für die Verkippung kann über eine geeignete Signalverarbeitung noch weiter aufbereitet werden. Möglich ist hierbei z. B. eine

20

25

Temperaturkompensation bzw. eine Kompensation des Übersprechens, was sich aus der Wechselwirkung der einzelnen Sensorspulen zwischen den beiden Kanälen ergibt. Eine solche Kompensation ist möglich, da die Amplitude des Übersprechens durch den Kopplungsfaktor der Spulen definiert ist, welcher wiederum durch die feste Geometrie der Spulenanordnung gegeben ist.

30

Entsprechend zu den Ausführungen gemäß Figur 12, kann diese Auswertung auch in mehreren Translations- bzw. Rotationsachsen appliziert werden (siehe Fig. 13).

Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lehre wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf den allgemeinen Teil der Beschreibung sowie auf die beigefügten Patentansprüche verwiesen.

- 5 Schließlich sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die voranstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen Lehre lediglich zur Erörterung der beanspruchten Lehre dienen, diese jedoch nicht auf die Ausführungsbeispiele einschränken.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|--|
| 1 | Aktor |
| 2 | Läufer, Magnet, Anker |
| 3 | Spule (des Aktors) |
| 4 | kraftausübendes Magnetfeld |
| 5 | Kern (des Aktors) |
| 6 | Sensor (Wirbelstromsensor oder kapazitiver Sensor) |
| 7 | kraftübertragender magnetischer Fluss |
| 8 | Spule, Sensorspule |
| 9 | Elektrode des kapazitiven Sensors |
| 10 | Luftspalt |
| 11 | Target |
| 12 | keramisches Element |
| 13 | Widerstandsbahnen |
| 14 | separate Spule für Z-Abstand |
| 15 | Sensorelement, keramisch |
| 16 | Fläche des Targets |
| 17 | Auslenkung des Targets |
| 18 | Drehpunkt der Bewegung des Targets |

Ansprüche

1. Aktor-Sensor-Anordnung, mit einem magnetischen Aktor (1), der
5 mindestens eine Spule (3), vorzugsweise im Sinne einer Ankerwicklung, aufweist,
und einem als Läufer dienenden Magneten (2), wobei die Spule (3) ein
kraftausübendes Magnetfeld (4) erzeugt und dabei eine Kraft zumindest in eine
Richtung, beispielsweise in Z-Richtung, auf den Läufer (2) ausübt,
dadurch gekennzeichnet, dass im kraftübertragenden magnetischen
10 Fluss (7) zwischen der Spule (3) und dem Läufer ein Sensor (6) angeordnet ist,
der die Bewegung des Läufers in die zumindest eine Richtung, beispielsweise in
Z-Richtung (Abstand Aktor-Läufer) erfasst.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6)
15 zwei oder mehrere Sensorelemente umfasst, der bzw. die Bewegungen des
Aktors (1) in X-/Y-Richtung (seitliche Auslenkungen) und/oder in Z-Richtung er-
fasst/erfassen.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der
20 Sensor (6) ein kapazitiver Sensor in flacher Bauform ist.
4. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der
Sensor (6) ein Wirbelstromsensor in flacher Bauform ist.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,
25 dass auf dem Magnet (2) ein vorzugsweise nicht-ferromagnetisches, elektrisch
leitfähiges Target (11), insbesondere aus Aluminium, aufgebracht ist.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Target
30 (11) topfartig ausgebildet ist und dass der Magnet (2) in dem Target (11) sitzt.
7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das
Target (11) mit seiner dem Aktor (1) zugewandten Fläche (16) gewölbt bzw.
sphärisch ausgeführt ist, damit bei seitlichen Auslenkungen des Targets (11) ein

konstanter Abstand zwischen dieser Fläche (16) und dem Sensor (6) bzw. dem Aktor (1) realisiert ist, wobei der Radius der Fläche dem Radius des ausgelenkten Targets (11) relativ zu einem Drehpunkt (18) angepasst ist.

- 5 8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6) dem Aktor (1) zugeordnet ist und diesen überdeckt und gegenüber dem Läufer (2) bzw. Magneten (2) vorzugsweise hermetisch abschließt.
- 10 9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6) in ein keramisches, vorzugsweise mehrlagiges Element (12) integriert ist.
- 15 10. Anordnung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6) in eine den Aktor (1) abschließende bzw. überdeckende Platte oder Kappe integriert ist.
- 20 11. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Aktor (1) derart aufgebaut und ausgelegt ist, dass er eine Kraft in X-Richtung oder, bei doppelter Ausführung der Elemente und entsprechender Kreuzanordnung, in X- und Y-Richtung, ggf. auch in Z-Richtung, ausübt.
- 25 12. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6) zwei oder mehrere Sensorelemente, insbesondere Spulen (8), umfasst, die mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen betrieben werden.
- 30 13. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Position des Targets (11) bzw. des Magneten (2) mit einem durch die Spule(n) (8) in seiner Wirkfläche strukturierten Sensor (6) ermittelt wird, wobei das magnetische Feld, welches von der Sensorspule (8) erzeugt wird, durch eine zu- bzw. abnehmende Überdeckung des Targets (11) bzw. Magneten (2) beeinflusst wird.

14. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6) mindestens ein Spulenpaar (8) umfasst, wobei die Spulen (8) des Spulenpaars (8) in differentieller Anordnung sind.

5 15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6) derart ausgelegt ist, dass er neben den Auslenkungen (17) des Targets (11) bzw. Magneten (2) in X- und Y-Richtung auch den Abstand gegenüber dem Target (11) bzw. Magneten (2) in Z-Richtung ermittelt, entweder
10 durch Bildung der Summe der Ausgangssignale aller Einzelspulen (3) oder durch eine separate Spule (8) zur Erfassung des Z-Abstands, wobei die Spulen (3) zur Ermittlung der X-/Y-Auslenkung und die Spule (8) zur Ermittlung des Z-Abstands vorzugsweise mit unterschiedlichen Trägerfrequenzen angesteuert werden.

15 16. Anordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Spulen (3) zur Messung der X-/Y-Auslenkung und die Spule (8) zur Messung des Z-Abstandes gleichzeitig oder unabhängig voneinander betreibbar sind.

20 17. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (6) zur Temperaturmessung im Sensor (6) um Widerstandselemente, vorzugsweise in Form gegensinnig ausgeführter Widerstandsbahnen (13), ergänzt ist.

25 18. Verfahren zum Messen der Bewegung eines durch einen magnetischen Aktor ausgelenkten Läufers, wobei der Aktor mindestens eine Spule, vorzugsweise im Sinne einer Ankerwicklung, aufweist, wobei der Läufer ein Magnet ist und wobei die Spule ein kraftausübendes Magnetfeld erzeugt und dabei eine Kraft zumindest in eine Richtung, beispielsweise in Z-Richtung, auf den Läufer ausübt, insbesondere zur Anwendung in einer Aktor-Sensor-Anordnung nach einem der
30 Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des Läufers in die zumindest eine Richtung, beispielsweise in Z-Richtung (Abstand Aktor-Läufer) durch einen Sensor erfasst wird, wobei der Sensor im kraftübertragenden magnetischen Fluss zwischen der Spule und dem Läufer angeordnet ist.

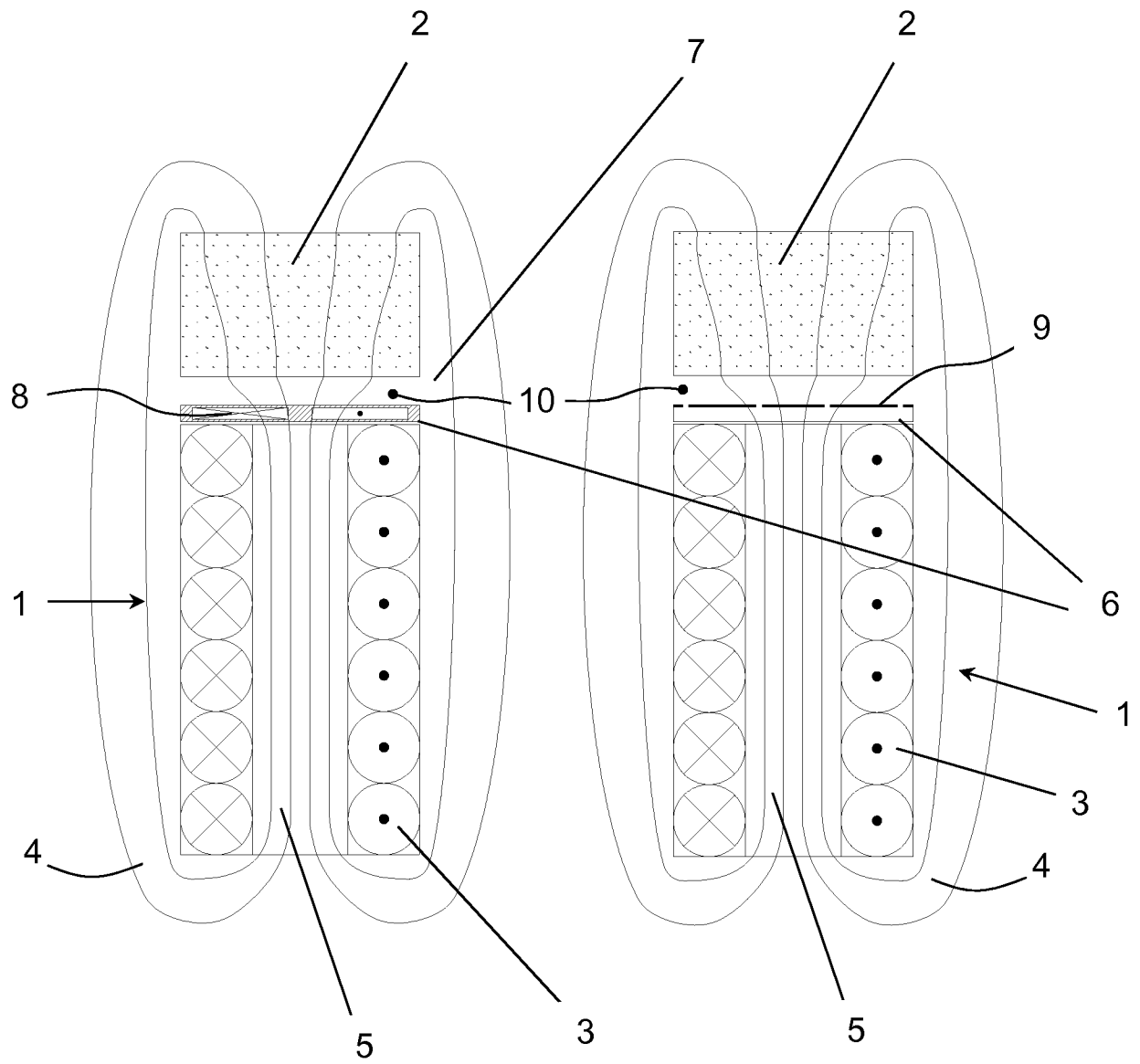


FIG. 1

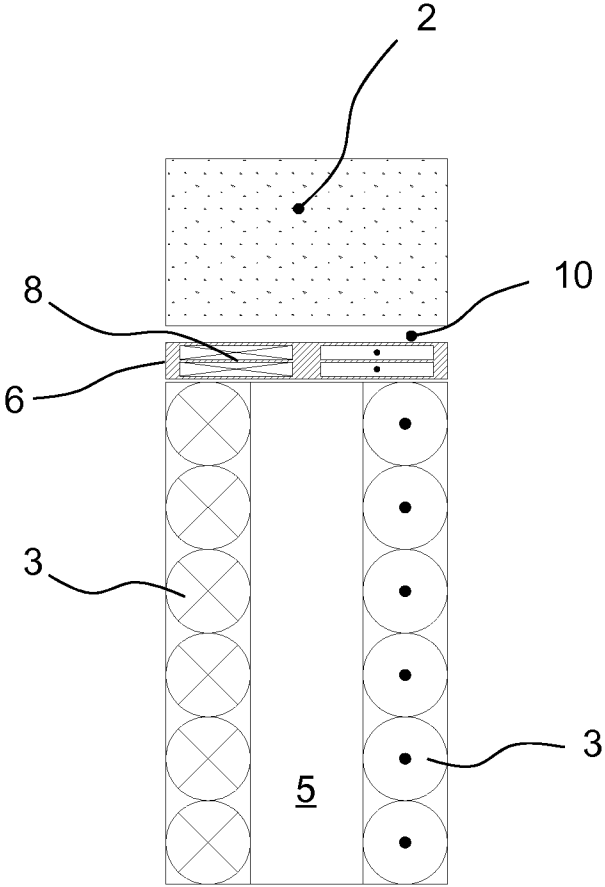


FIG. 2

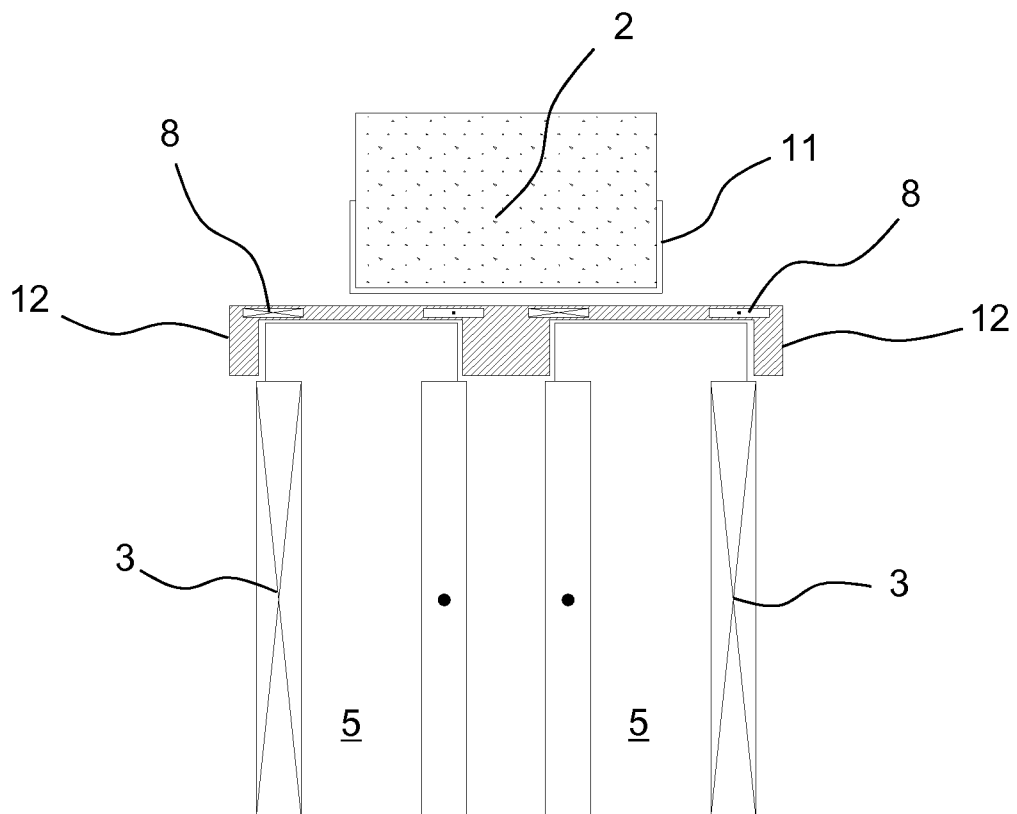


FIG. 3

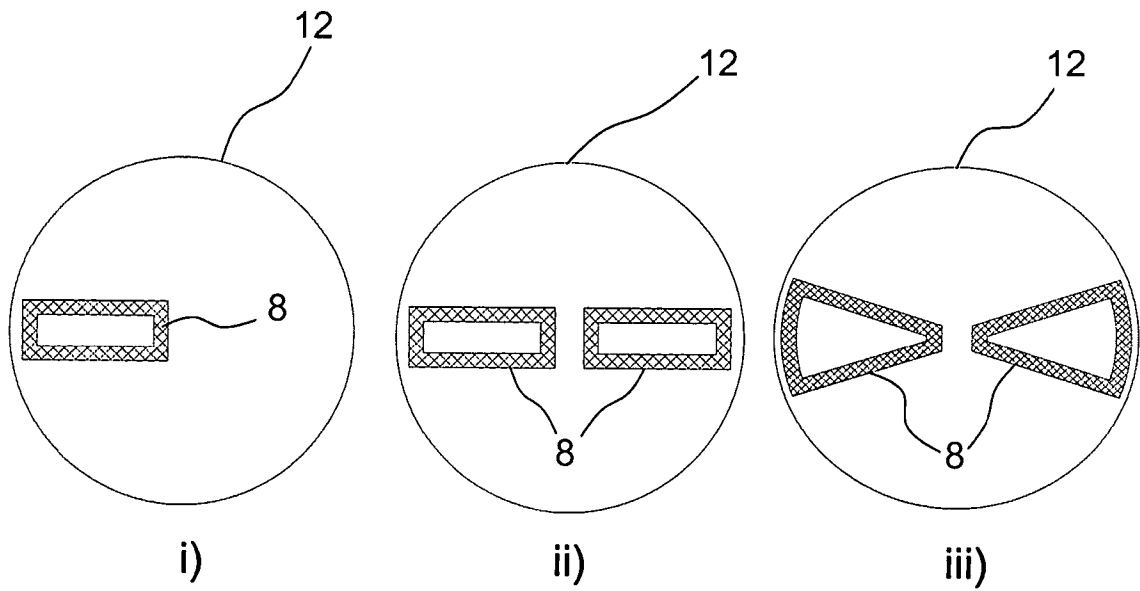


FIG. 4 a)

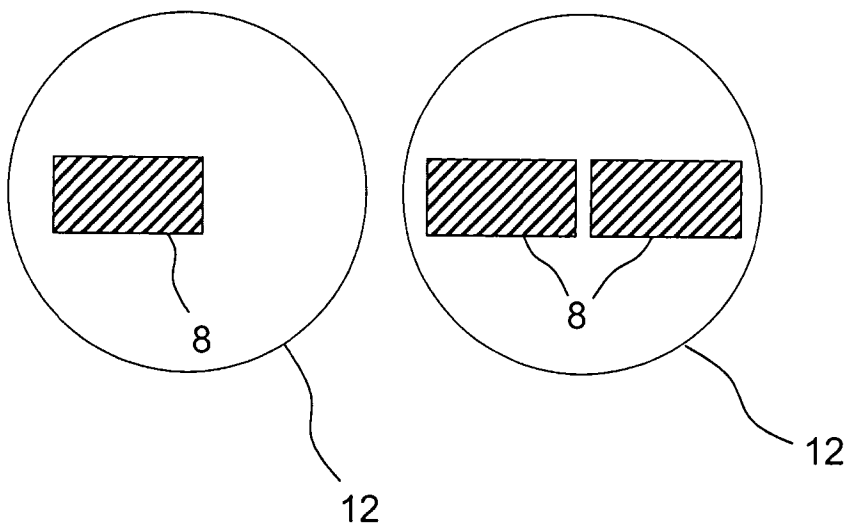


FIG. 4 b)

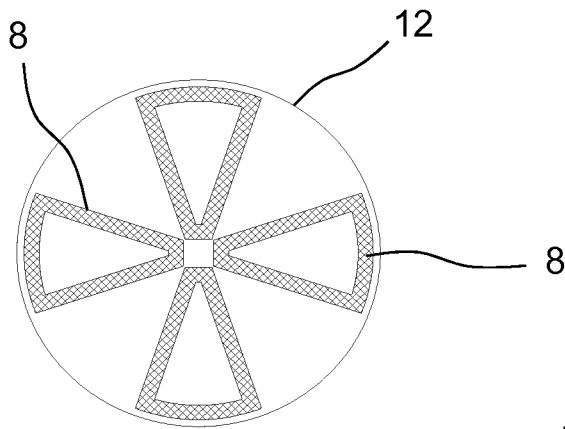


FIG. 5

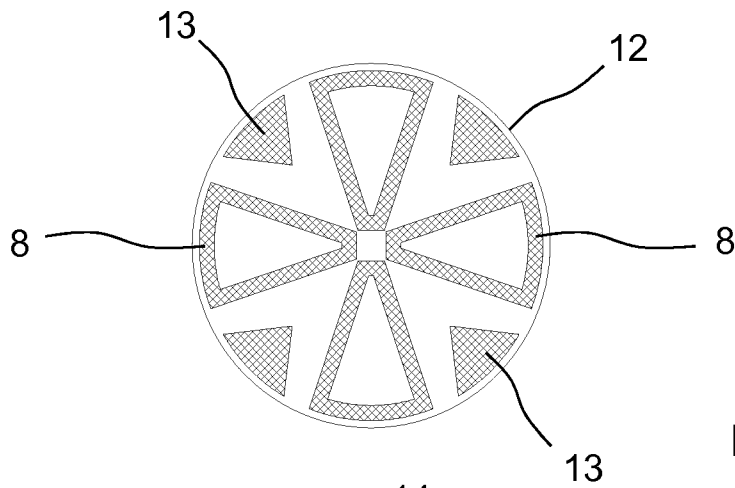


FIG. 6

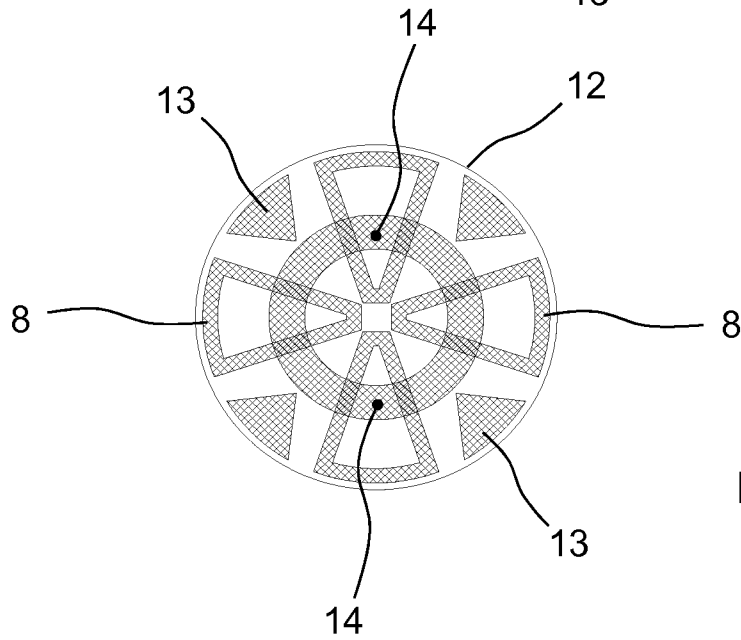


FIG. 7

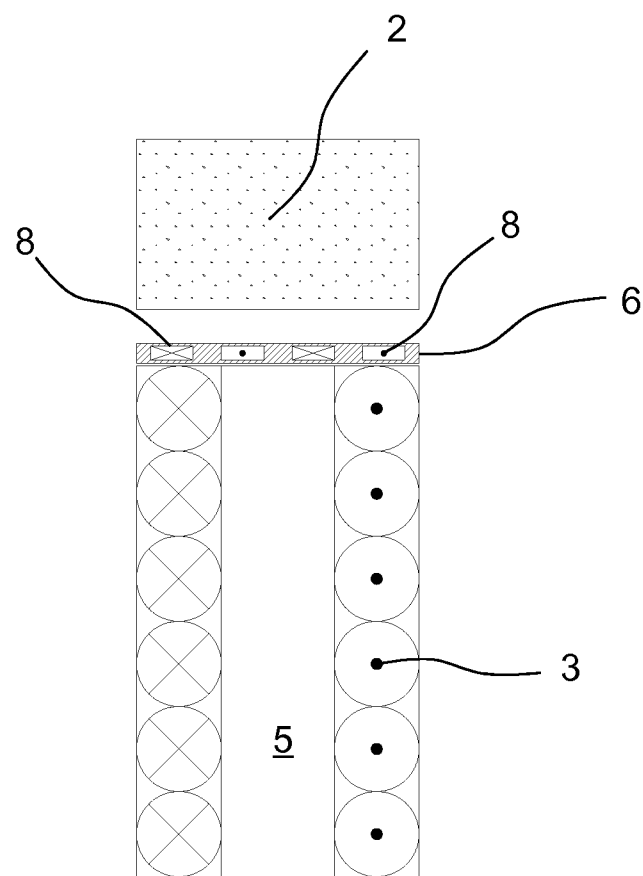


FIG. 8

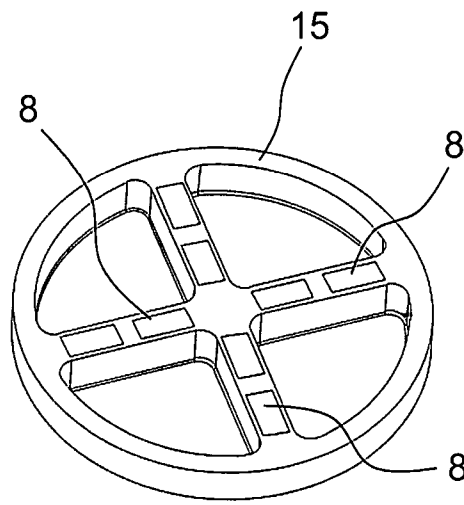


FIG. 9

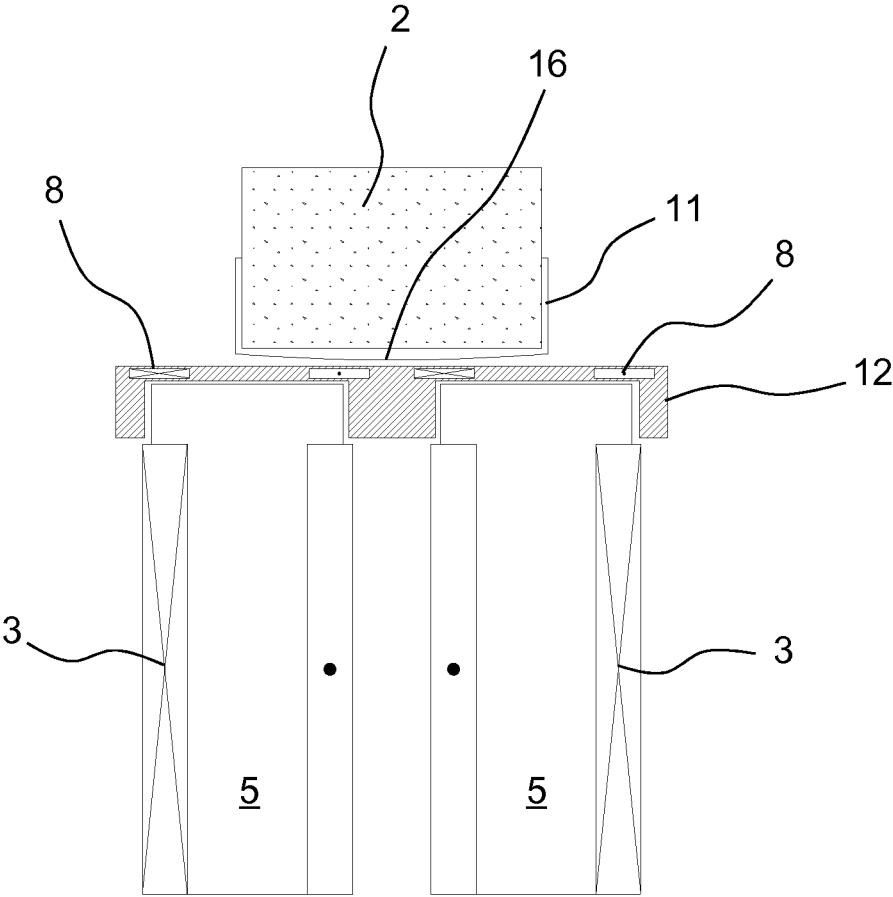


FIG. 10

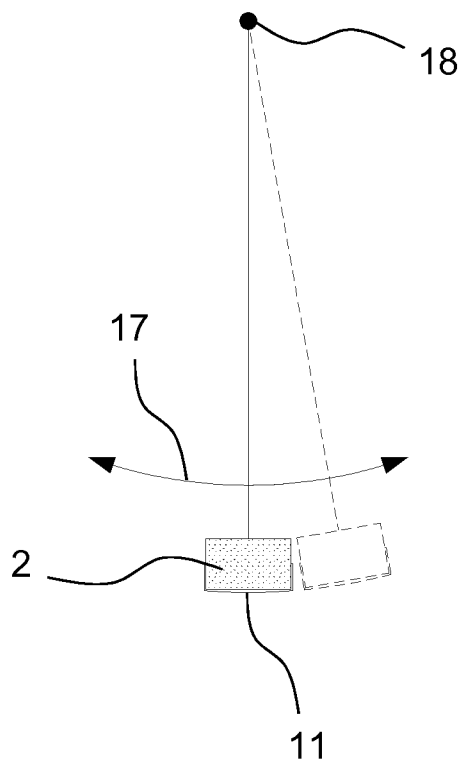


FIG. 11

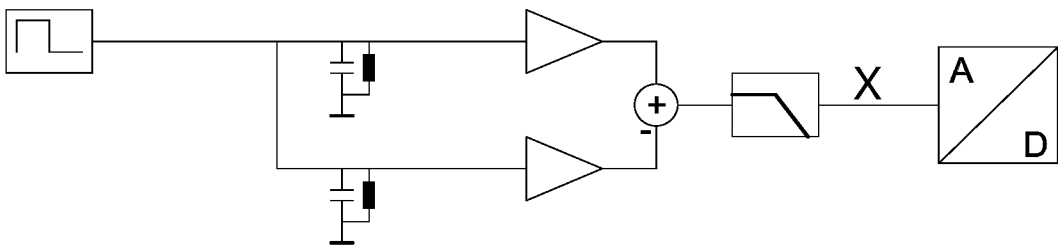


FIG. 12

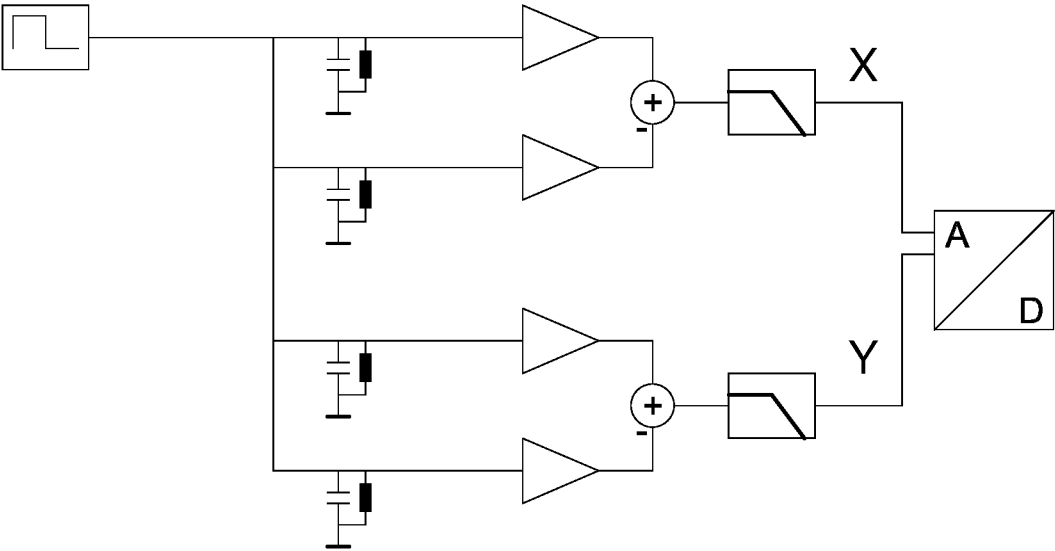


FIG. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2015/200398

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01D5/12 G01D5/20 G01D5/24 G01D5/241
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, 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 2009/243402 A1 (O'DAY RICHARD F [US] ET AL) 1 October 2009 (2009-10-01)	1,3-5, 12-14, 17,18
A	figures 1, 2 paragraph [0044]	2,6-11, 15,16
X	EP 1 538 424 A1 (FESTO AG & CO [DE]) 8 June 2005 (2005-06-08)	1,18
A	figure 1	2-17
A	EP 1 229 301 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INC [US]) 7 August 2002 (2002-08-07) figures 1c, 4	1-18
A	EP 1 288 449 A1 (MICRO EPSILON MESSTECHNIK [DE]) 5 March 2003 (2003-03-05) figure 1	1-18
	-/-	



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

10 November 2015

Date of mailing of the international search report

17/11/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kuchenbecker, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/DE2015/200398

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2007 017346 A1 (IMQ INGENIEURBETR FUER MATERIA [DE]) 8 November 2007 (2007-11-08) figures 2, 4, 5 -----	1-18
A	DE 10 2012 207778 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 6 December 2012 (2012-12-06) figures 1a, 1b -----	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2015/200398

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009243402 A1	01-10-2009	CN 101971471 A EP 2269288 A2 JP 5264988 B2 JP 2011516023 A US 2009243402 A1 WO 2009120507 A2	09-02-2011 05-01-2011 14-08-2013 19-05-2011 01-10-2009 01-10-2009
EP 1538424 A1	08-06-2005	EP 1538424 A1 TW 200526930 A US 2005121985 A1	08-06-2005 16-08-2005 09-06-2005
EP 1229301 A1	07-08-2002	EP 1229301 A1 US 2002097042 A1	07-08-2002 25-07-2002
EP 1288449 A1	05-03-2003	EP 1288449 A1 HK 1055616 A1	05-03-2003 03-04-2008
DE 102007017346 A1	08-11-2007	NONE	
DE 102012207778 A1	06-12-2012	CN 103534491 A DE 102012207778 A1 DE 112012002341 A5 EP 2715152 A1 WO 2012163320 A1	22-01-2014 06-12-2012 06-03-2014 09-04-2014 06-12-2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G01D5/12 G01D5/20 G01D5/24 G01D5/241 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, 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 2009/243402 A1 (O'DAY RICHARD F [US] ET AL) 1. Oktober 2009 (2009-10-01)	1,3-5, 12-14, 17,18
A	Abbildungen 1, 2 Absatz [0044]	2,6-11, 15,16
X	EP 1 538 424 A1 (FESTO AG & CO [DE]) 8. Juni 2005 (2005-06-08)	1,18
A	Abbildung 1	2-17
A	EP 1 229 301 A1 (TEXAS INSTRUMENTS INC [US]) 7. August 2002 (2002-08-07) Abbildungen 1c, 4	1-18
A	EP 1 288 449 A1 (MICRO EPSILON MESSTECHNIK [DE]) 5. März 2003 (2003-03-05) Abbildung 1	1-18
	----- -/-	
☒ 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
10. November 2015		17/11/2015
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Kuchenbecker, J

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2007 017346 A1 (IMQ INGENIEURBETR FÜR MATERIA [DE]) 8. November 2007 (2007-11-08) Abbildungen 2, 4, 5 -----	1-18
A	DE 10 2012 207778 A1 (SCHAEFFLER TECHNOLOGIES AG [DE]) 6. Dezember 2012 (2012-12-06) Abbildungen 1a, 1b -----	1-18

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2015/200398

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2009243402	A1	01-10-2009	CN	101971471 A	09-02-2011
			EP	2269288 A2	05-01-2011
			JP	5264988 B2	14-08-2013
			JP	2011516023 A	19-05-2011
			US	2009243402 A1	01-10-2009
			WO	2009120507 A2	01-10-2009

EP 1538424	A1	08-06-2005	EP	1538424 A1	08-06-2005
			TW	200526930 A	16-08-2005
			US	2005121985 A1	09-06-2005

EP 1229301	A1	07-08-2002	EP	1229301 A1	07-08-2002
			US	2002097042 A1	25-07-2002

EP 1288449	A1	05-03-2003	EP	1288449 A1	05-03-2003
			HK	1055616 A1	03-04-2008

DE 102007017346	A1	08-11-2007	KEINE		

DE 102012207778	A1	06-12-2012	CN	103534491 A	22-01-2014
			DE	102012207778 A1	06-12-2012
			DE	112012002341 A5	06-03-2014
			EP	2715152 A1	09-04-2014
			WO	2012163320 A1	06-12-2012
