

(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
6. Februar 2014 (06.02.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/019738 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 41/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/061307

(22) Internationales Anmeldedatum:
31. Mai 2013 (31.05.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 107 014.8
1. August 2012 (01.08.2012) DE

(71) Anmelder: **ETO MAGNETIC GMBH** [DE/DE];
Hardtring 8, 78333 Stockach (DE).

(72) Erfinder: **LAUFENBERG, Markus**; Lilienweg 31, 78333
Stockach (DE). **SCHIEPP, Thomas**; Klingenstraße 11,
78606 Seitingen-Oberflacht (DE).

(74) Anwalt: **BEHRMANN, Niels**; Patentanwälte Behrmann
Wagner Vötsch, Maggistr. 5 - Hegautower, 78224 Singen
(DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, 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:

— Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: ACTUATOR DEVICE

(54) Bezeichnung : AKTUATORVORRICHTUNG

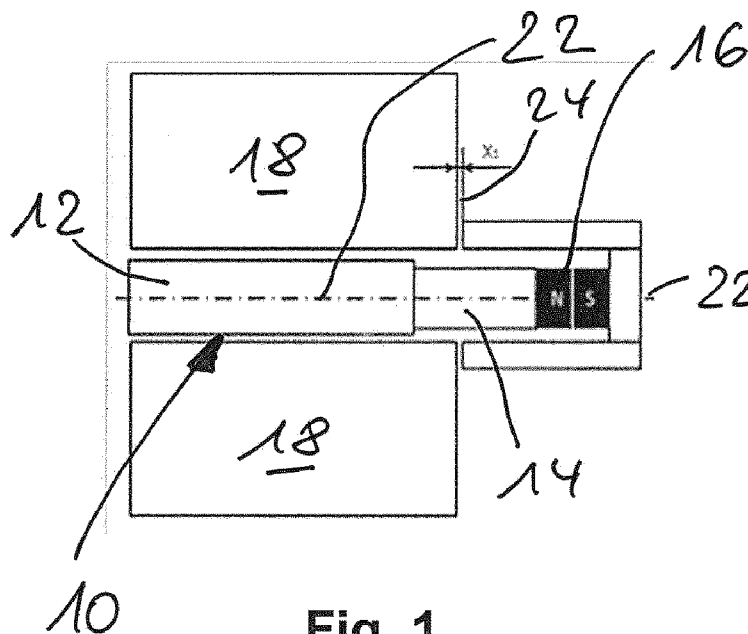


Fig. 1

Spulenvorrichtung (30) entlang einer Expansionsrichtung aus

(57) **Abstract:** The invention relates to an actuator device having an expansion unit (10), which comprises a magnetically active shape memory alloy material (12) and which carries out an expansion movement from a starting position along an expansion direction as a reaction to an energization of a coil device (30) and interacts with restoring means which exert on the expansion unit (10) a restoring force opposite to the expansion direction, wherein the restoring means have permanent magnet means which act or are seated on a section of the expansion unit (10) such that the restoring force generated magnetically by the permanent magnet means changes with increasing expansion stroke in the expansion direction, wherein the permanent magnet means (16, 34, 40, 52, 54) are embodied and/or designed such that the expansion unit (10) can contract into the starting position along the expansion stroke when the coil device (30) is not energized.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Aktuatorvorrichtung mit einer ein magnetisch wirksames Formgedächtnislegierungsmaterial (12) aufweisenden Expansionseinheit (10), die als Reaktion auf eine Bestromung einer

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



einer Ausgangslage eine Expansionsbewegung durchführt und mit Rückstellmitteln zusammenwirkt, die auf die Expansionseinheit (10) eine der Expansionsrichtung entgegengesetzte Rückstellkraft ausüben, wobei die Rückstellmittel Permanentmagnetmittel aufweisen, die so an einem Abschnitt der Expansionseinheit (10) angreifen oder ansitzen, dass die permanentmagnetisch erzeugte Rückstellkraft sich mit wachsendem Expansionshub in der Expansionsrichtung ändert, wobei die Permanentmagnetmittel (16, 34, 40, 52, 54) so ausgebildet und/oder eingerichtet sind, dass entlang des Expansionshubes bei unbestromter Spulenvorrichtung (30) eine Kontraktion der Expansionseinheit (10) in die Ausgangslage erfolgen kann.

Aktuatorvorrichtung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Aktuatorvorrichtung nach dem Ober-
5 begriff des Patentanspruchs 1. Eine derartige Vorrichtung ist aus der DE 10
2005 038 891 A1 sowie der nicht vorveröffentlichten DE 10 2011 052 528 be-
kannt.

Aus diesem Stand der Technik (wie auch der zugrundeliegenden, als bekannt
10 vorausgesetzten allgemeinen Technologie) ist es bekannt, magnetisch wirk-
same Formgedächtnislegierungsmaterialien (MSM-Materialien = Magnetic
Shape Memory, hier gleichbedeutend mit FGL-Formgedächtnislegierung) für
die Aktorik zu benutzen. So wird etwa typischerweise zu dem Zweck ein MSM-
(FGL-)Kristallkörper (als Repräsentant für eine Vielzahl von möglichen MSM-
15 basierten Materialien), etwa hergestellt auf der Basis einer NiMnGa-Legierung,
mit einem durch eine bestromte Spule erzeugten Magnetfeld beaufschlagt. Als
Reaktion auf eine solche magnetische Feldbeaufschlagung führt der MSM-
Kristallkörper eine Expansionsbewegung durch, in einer Richtung senkrecht
zur Durchflutungsrichtung mit dem elektromagnetisch erzeugten Feld. Diese
20 Expansionsbewegung kann dann an einem angetriebenen Ende einen geeig-
net mit diesem Ende zusammenwirkenden Stellpartner antreiben.

Damit bieten derartige, magnetisch wirksame Formgedächtnislegierungsmate-
rialien und damit in der beschriebenen prinzipiellen Art realisierte Aktuatoren
25 (Aktuatorvorrichtungen) eine Möglichkeit, gängige magnetbasierte Aktua-
torprinzipien (wie etwa elektromagnetische Aktuatoren) zu ersetzen bzw. zu
ergänzen. Vorteilhaft ist bei dem verwendeten magnetischen Formgedächtnis-
legierungsmaterial neben mechanisch-konstruktiver Einfachheit in der Real-
isierung (es bewegt sich kein Anker als Ganzes, es findet lediglich eine Expan-
30 sion der Expansionseinheit statt) vor allem eine potentiell schnelle Reaktions-

zeit der Expansion auf das Anlegen des Magnetfeldes (in der notwendigen Stärke).

5 Allerdings haben als bekannt vorausgesetzte, MSM-basierte Aktuatorvorrichtungen auch (prinzip- bzw. konstruktionsbedingte) Nachteile gegenüber anderen Aktuatorprinzipien, wodurch in der Praxis eine wirklich universelle Verwendbarkeit bislang eingeschränkt war. So ist etwa ein nutzbarer Hub der Expansionsbewegung (d.h. ein Streckenmaß einer von dem MSM-Kristall durchgeführten Streckbewegung) typischerweise beschränkt auf ca. 3% bis 6% einer entsprechenden axialen Erstreckung des Kristalls, so dass gerade groß-
10 hubige Bewegungen nur schwierig mittels FGL-/MSM-Aktuatoren realisierbar sind.

Darüber hinaus weisen bekannte MSM-(FGL-) Aktuatoren die Eigenschaft auf,
15 dass als Reaktion auf ein angelegtes Magnetfeld (einer notwendigen Mindestfeldstärke) die beabsichtigte Expansionsbewegung stattfindet. Nach einem Abfall des Magnetfeldes (unter die Mindestschwelle) findet dann jedoch nicht automatisch eine Kompression zurück in den ursprünglichen komprimierten Zustand (die Ausgangslage) statt. Vielmehr verbleibt der Kristall auf dem FGL-
20 Material auch bei dem Abfall unter einer Expansionsschwelle bzw. bei dem völligen Deaktivieren des Magnetfeldes in der expandierten Position. Bei aus dem Stand der Technik bekannten Vorrichtungen, wie etwa der zur Gattung zitierten DE 10 2005 038 891 A1, wird daher das Zurückstellen (d.h. das Zurückführen der Expansion in die nicht-expandierte Ausgangslage) mit Rückstellmitteln realisiert, welche hier als mechanische Feder ausgebildet sind. Eine
25 derartige Feder übt ihre Federkraft entgegen der Expansionsrichtung aus. Wenn damit die Federkraft einer solchen bekannten Rückstellfeder, bezogen auf eine (unbelastete) Expansionskraft des FGL-Kristalls, so eingerichtet ist, dass bei der Magnetfeldbeaufschlagung das FGL-Material die Gegenkraft
30 (Rückstellkraft) der Feder übersteigt, findet die beabsichtigte Expansionsbewegung statt. Fällt dann nach Ende der Bestromung das Magnetfeld ab (unter

die notwendige Mindestfeldstärke), führt die auf das MSM-Kristall wirkende Federkraft (Rückstellkraft) dann zu der Kontraktion zurück in die Ausgangslage.

- 5 Durch eine geeignete Kombination des die Expansionseinheit prägenden FGL- (MSM-) Kristalls als FGL-Material im Zusammenwirken mit der geeignet dimensionierten Rückstellfeder wird somit ein gewünschtes Stell- und Rückstellverhalten erreicht, so dass zahlreiche Stellaufgaben mit einer solchen Technologie durchgeführt werden können.

10

- Allerdings besitzt die Nutzung einer Feder (etwa einer Spiralfeder, wie in der DE 10 2005 038 891 A1 offenbart) den Nachteil einer im Kraft-Weg-Diagramm typischerweise linear ansteigenden Kennlinie, also im zunehmend expandierten Zustand der Expansionseinheit (also bei steigendem Expansionshub)
- 15 steigt die auf die Expansionseinheit wirkende Rückstell-Federkraft. Gerade im Hinblick auf eine über den gesamten Stellhub (Expansionshub) wünschenswerte konstante Stellkraft einer gattungsgemäßen Aktuatorvorrichtung ist diese Eigenschaft nachteilig, denn sie führt regelmäßig dazu, dass kurz vor Ende des wirksamen Hubmaximums die Stellkraft deutlich abfällt und damit manche
- 20 Stellaufgaben nicht mehr zuverlässig realisierbar sind. Auch ist damit die durch eine solche Vorrichtung (d.h. Kombination aus FGL-basierter Expansionseinheit mit Rückstellfeder) realisierte Arbeit (als Differenz zwischen MSM-Stellkraft und Feder-Rückstellkraft über den wirksamen Hubbereich) entsprechend begrenzt.

25

- Die DE 10 2011 052 528 der Anmelderin stellt bereits diesen prinzipbedingten Nachteil der gattungsbildenden Technologie fest und löst die sich daraus ergebende Aufgabe einer Vergleichmäßigung der (resultierenden) Stellkraft über den gesamten Expansionshub dadurch, dass als Rückstellmittel eine Feder-
- 30 kombination bzw. Federausgestaltung herangezogen wird, deren Rückstellkraftverhalten über den Expansionsverlauf nicht linear ansteigend ist, sondern

zumindest abschnittsweise abfällt bzw. einen flachen Verlauf zeigt. Im Ergebnis erhöht sich damit auch in expandierten Hubabschnitten die an einen nachgeschalteten Stellpartner wirkende Stellkraft.

- 5 Allerdings ist auch diese Vorgehensweise mechanisch aufwändig, verlangt nach sorgfältiger Einrichtung der hier vorzusehenden Federeinheiten als Rückstellmittel und bietet insoweit das Potential für weitere Verbesserungen.

10 Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine gattungsgemäße Aktuatorvorrichtung im Hinblick auf ihr (Stell-) Kraftverhalten entlang des gesamten Bewegungshubes zu verbessern, dabei eine zuverlässige Rückstellung durch die Rückstellmittel zu gewährleisten. Insbesondere ist im Hinblick auf die erfindungsgemäßen Rückstellmittel eine Alternative zu den als bekannt vorausgesetzten Rückstellfedern zu schaffen.

15

Die Aufgabe wird durch die Aktuatorvorrichtung mit den Merkmalen des Hauptanspruchs gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

- 20 In erfindungsgemäß vorteilhafter Weise sind anstelle der Federn (in bevorzugter Weiterbildung der Erfindung enthalten die Rückstellmittel keine Feder, bzw. es wirkt keine Feder mit einer Rückstellkraft auf die Expansionseinheit) Permanentmagnetmittel vorgesehen, die so an einen Abschnitt der Expansionseinheit angreifen oder an diesem ansitzen, dass eine permanentmagnetisch erzeugte Rückstellkraft auf die Expansionseinheit wirkt, welche die Expansi-
- 25 onseinheit von einem expandierten Zustand zurück in die komprimierte Ausgangslage verbringen kann. Dabei sind die Permanentmagnetmittel so vorgesehen (und entweder unmittelbar an einem (End-) Abschnitt der Expansionseinheit vorgesehen und/oder an einem nicht beweglichen Statorabschnitt der
- 30 Aktuatorvorrichtung angebracht), dass in Abhängigkeit von einer aktuellen Expansion (einem aktuellen Expansionshub) diese permanentmagnetische, auf

die Expansionseinheit entgegen der Expansionsrichtung wirkende Rückstellkraft variiert.

In besonders bevorzugter Form sind dabei die Permanentmagnetmittel so eingerichtet bzw. vorgesehen und ausgebildet, dass bei zunehmender Expansion (d.h. steigendem Expansionshub in der Expansionsrichtung) die permanentmagnetisch erzeugte Rückstellkraft absinkt, mit dem Ergebnis, dass entgegen einer bekannten und als gattungsbildend vorausgesetzten Federkennlinie mit zunehmender Expansion die resultierende Kraft der Aktuatorvorrichtung (d.h. aus der Expansion des FGL-Materials wirkende Expansionskraft abzüglich Rückstellkraft) nicht abfällt, vielmehr konstant bleiben oder sogar ansteigen kann. Dies ermöglicht dann erfindungsgemäß vorteilhaft, dass ein annähernd konstanter (ggf. sogar ansteigender) resultierender Krafteintrag in den mit dem erfindungsgemäßen Aktuator zu stellenden Stellpartner erfolgen kann, so dass gegenüber einer gattungsgemäßen federbasierten Lösung völlig neue Möglichkeiten eröffnet sind.

Dabei ist es im Rahmen bevorzugter Weiterbildungen der Erfindung besonders bevorzugt und günstig, das erfindungsgemäß zur Expansion benutzte FGL- (MSM-) Material so einzurichten und vorzusehen, dass der durch die Bestromung der Spulenvorrichtung erzeugte elektromagnetische Magnetfluss dieses Formgedächtnislegierungsmaterial quer durchfließt, d.h. in einer Richtung senkrecht zur Expansions- bzw. Bewegungsrichtung. Dies geschieht erfindungsgemäß vorteilhaft dadurch, dass seitlich benachbart dem FGL-Material (FGL-Kristall) geeignete Flussleitmittel, etwa in Form geeignet flussleitender Abschnitte, ausgebildet sind, welche gleichermaßen als Stator der Aktuatorvorrichtung fungieren. Besonders günstig etwa im Rahmen einer radial-symmetrischen Vorrichtung ist es, einen solchen Stator dann mantelseitig eines zentralen, weiter bevorzugt in der Expansionsrichtung langgestreckten FGL-(MSM-) Kristalls auszubilden.

Wird dann, gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform, endseitig eines derartigen langgestreckten MSM-Kristalls (mit zwischengeschaltetem magnetfreiem Abschnitt) ein Permanentmagnetelement (Permanentmagnetkörper) vorgesehen, kann dieser Stator in seinem dem Permanentmagnetkörper benachbarten Abschnitt als Flussleiter für das Permanentmagnetfeld wirken, insoweit (unter Ausbildung eines Luftspalts) den permanentmagnetischen Flusskreis schließen. Wird dann bei Bestromung der Spulenvorrichtung der elektromagnetisch erzeugte Fluss durch den FGL-Kristall geleitet, erfolgt die Expansion der Expansionsvorrichtung, mithin auch das Bewegen des endseitig ansitzenden Permanentmagneten entlang der Hubrichtung aus der Ausgangsposition, mit der Wirkung, dass der Luftspalt zum Stator wächst. Ergebnis ist eine Abschwächung der permanentmagnetischen Anziehungskraft (damit entsprechend der Rückstellkraft auf die Expansionseinheit) und das Erreichen eines wesentlichen Ziels der vorliegenden Erfindung, nämlich der Wirkung, dass in dieser expandierten Position zwar nach wie vor eine permanentmagnetische Rückstellkraft entgegen der Expansionsrichtung und zur Kompression bei deaktivierter Bestromung wirkt, diese permanentmagnetische Rückstellkraft in der ausgefahrenen Position jedoch gegenüber der ursprünglichen, komprimierten Position deutlich kleiner ist. Entsprechend vergrößert ist die resultierende Stellkraft der Aktuatorvorrichtung in Richtung auf den expandierten Zustand.

In weiteren Ausgestaltungen der Erfindung gemäß bevorzugter Weiterbildungen ist es dann bevorzugt, insbesondere den permanentmagnetischen Flusskreis bzw. dessen Veränderung (genauer: Veränderung eines Luftspalts) durch die Hubbewegung auszugestalten. Weitere bevorzugte Ausführungsbeispiele sehen hier etwa günstig vor, den endseitig an der Expansionseinheit vorgesehenen Permanentmagnetmitteln becher-, bogen- oder jochartig ausgeformte Flussleitmittel zuzuordnen, ergänzend oder alternativ selbst die Permanentmagnetmittel in dieser Art flussleitend (rückschlusstauglich) auszugest-

talten und/oder geeignet ausgebildete Permanentmagnetmittel in eine solche Flussleitstruktur flussleitend einzubetten.

Dabei ist es einerseits bevorzugt, etwa bei der Nutzung von zylindrisch ausgestalteten Permanentmagnetkörpern, diese axial zu magnetisieren (wobei als „axial“ im Rahmen der vorliegenden Erfindung die Hub- bzw. Expansionsrichtung verstanden werden soll), ergänzend oder alternativ, etwa bei der Nutzung geeignet scheibenförmiger Permanentmagnetkörper, könnte sich eine radiale Magnetisierung als sinnvoll und vorteilhaft erweisen.

10

Insbesondere bei einer Variante im Rahmen der vorliegenden Erfindung, bei welcher sowohl ankerseitig (d.h. verbunden mit der Expansionseinheit und durch diese bewegt), als auch statorseitig (d.h. durch die Expansion unbewegt) jeweils Permanentmagnetmittel vorgesehen und zum Zusammenwirken miteinander ausgestaltet sind, lassen sich höchst wirksame Effekte und Ausgestaltungen des resultierenden Rückstell-Kraftverlaufs (und damit des Gesamt-Kraftverlaufs) erreichen: Indem nämlich etwa Permanentmagnetpole gleicher Polarität sowohl stator- als auch ankerseitig aufeinander gerichtet sind, wird ein dadurch erzielter Abstoßungseffekt (im Zusammenwirken zwischen den Permanentmagneteinheiten) benutzt werden können, um entlang der Hubrichtung (Expansionsrichtung) ein geeignetes Kraftverhalten bzw. eine Beeinflussung der Rückstellkraft entlang des Hubes zu erreichen. Auch lassen sich im Rahmen bevorzugter Weiterbildungen der Erfindung einzelne Permanentmagnetkörper ausbilden aus einer Mehrzahl von geeignet beschichteten, ggf. auch gegenpolig zueinander ausgebildeten und befestigten Permanentmagnetkörpern als erfindungsgemäße Permanentmagnetmittel. Wiederum ergänzend oder alternativ ist es weiterbildungsgemäß vorgesehen, stator- oder ankerseitig geeignete Koni auszubilden, welche in ihrem Flussleitverhalten (bezogen auf einen zwischenliegenden Luftspalt) geeignete permanentmagnetische Flüsse beeinflussen und so zusätzlich die Möglichkeit bieten, einen gewünschten Kraftverlauf einzustellen bzw. konstruktiv auszugestalten.

30

Während typische und bevorzugte Anwendungsgebiete der vorliegenden Technologie etwa im Bereich der Kraftfahrzeug- bzw. Antriebstechnologie liegen (etwa zur Betätigung von Ventilen, zum Einstellen von Motoraggregaten oder dergleichen), ist die vorliegende Erfindung nicht auf derartige typische Anwendungsgebiete beschränkt. Vielmehr eignet sich die vorliegende Erfindung für jegliche Anwendungsgebiete, bei welchen die Vorteile eines geeignet gestaltbaren, potentiell nicht durch eine mechanische Feder im Hub-Endbereich begrenzten bzw. absinkenden Kraftverlaufs benutzt werden können, um eine jeweilige Stellaufgabe zuverlässig, betriebssicher und mit einfacher Fertigbarkeit zu realisieren.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen; diese zeigen in

15

Fig. 1, 2: eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in Ausgangslage (Fig. 1) bzw. expandiertem Zustand (Fig. 2);

Fig. 3, 4: eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit einer Variante der Ausgestaltung der Permanentmagnetmittel gegenüber der ersten Ausführungsform wiederum in Ausgangslage (Fig. 3) bzw. expandiert (Fig. 4);

20

Fig. 5-9: weitere Varianten des vorliegenden erfindungsgemäßen Prinzips als weitere Ausführungsformen mit verschiedenen Ausgestaltungen der Permanentmagnetmittel an der Expansionseinheit (Fig. 5, Fig. 6) bzw. statorseitig (Fig. 7 - 9);

25

Fig. 10-13: weitere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit sowohl statorseitigen Permanentmagnetkörpern, als auch an der Expansionseinheit vorgesehenen Permanentmagnetkörpern, und

30

Fig. 14,15: eine weitere Ausführungsform der Erfindung als Weiterbildung der ersten Ausführungsform der Fig. 1, 2 mit zusätzlich der Expansionseinheit rückstellend zugeordneten mechanischen Federn, welche zur permanentmagnetischen Rückstellkraft gleichgerichtete Rückstellkräfte auf die Expansionseinheit ausüben.

Bei den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen werden gleiche bzw. äquivalente Funktionskomponenten mit gleichen Bezugszeichen bezeichnet.

10

Die Fig. 1 zeigt als fragmentative Darstellung (und ohne Darstellung einer Spulenvorrichtung zur Erzeugung des Elektromagnetfeldes) eine erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

15 Eine Expansionseinheit 10 bestehend aus einem langgestreckten Formgedächtnislegierungs-Kristall 12, einem daran anschließenden magnetisch nichtleitenden Abschnitt 14 sowie einem axial magnetisierten Permanentmagnetkörper 16 ist in der Art eines Stößels innerhalb eines flussleitenden Stators 18 geführt. Dieser flussleitende Stator leitet einen Elektromagnetfluss der nicht
20 gezeigten Spulenmittel in einer Querrichtung entlang einer Pfeilrichtung 20 durch den MSM-Kristall 12, zum Bewirken einer Expansionsbewegung in axialer Richtung, entsprechend der gezeigten Achse 22.

Wie die Fig. 1, 2 zusätzlich zeigen, ist dem Permanentmagnetkörper 16 ein
25 becherförmiges Flussleitelement 24 zugeordnet, welches unter Ausbildung eines Luftspalts 24 (Abstand x_1 in der Ausgangslage der Fig. 1) einen permanentmagnetischen Flusskreis über den Stator 18 schließt.

Gegenüber dem unbestromten Spulenzustand der Fig. 1 verdeutlicht die Fig. 2
30 den Bestromungszustand (Flusspfeile 20 durch den MSM-Kristall 12). Dieser Kristall expandiert entlang der Expansionsrichtung (in der Figurenebene nach

rechts), mit dem Ergebnis, dass der Luftspalt 24 des permanentmagnetischen Flusskreises sich auf den Abstand $x2$ erweitert. Entsprechend schwächer ist die permanentmagnetische Anziehungskraft des Flussleitkörpers 24 in Richtung auf den Stator 18, soweit entsprechend einer schwächeren, entgegen der

5 Expansionsrichtung wirkenden Rückstellkraft. Gleichwohl ist die Vorrichtung so konfiguriert, dass auch noch im expandierten Zustand der Fig. 2 bei deaktivierter Spulenvorrichtung der Permanentmagnetfluss groß genug ist, um analog dem Verhalten einer Rückstellfeder die rückstellende Kraft auf das FGL-Material des Kristalls 12 auszuüben und entsprechend die Expansionseinheit

10 10 zurück in den Ausgangszustand (Ausgangslage) der Fig. 1 zu verbringen.

Die Fig. 3 und 4 zeigen eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, in etwas detaillierterer Ausgestaltung und mit zusätzlich gezeigter Spuleneinheit 30, welche um einen flussleitenden Abschnitt 32 vorgesehen ist und

15 in der gezeigten Weise den quer verlaufenden Elektromagnetfluss 20 in die Flussleitelemente (Stator) 18 einbringt. Beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3, 4 ist, in Abweichung vom ersten Ausführungsbeispiel, das dem Permanentmagnetkörper (nach wie vor axial magnetisiert) 34 zugeordnete Flussleitelement 36 so ausgebildet, dass der Permanentmagnetkörper 34 teilweise in dessen

20 Mantelfläche aufgenommen ist.

Auch zeigen die schematisch in die Darstellung der Fig. 3, 4 eingezeichneten Pfeile, dass der Flussleitabschnitt 32 den permanentmagnetischen Flusskreis schließt.

25

Die Fig. 5 und 6 zeigen weitere Varianten eines ankerseitigen (d.h. an der Expansionseinheit selbst vorgesehen und mit dieser beweglichen) Permanentmagneteinheit, in den Fig. 5, 6 in Form eines scheibenförmigen bzw. stabförmigen Permanentmagnetkörpers 40, welcher stirnseitig einer zugeordneten

30 Flussleiteinheit 42 ausgebildet ist. Als zusätzliche Variante enthält der Stator 18 beim Ausführungsbeispiel der Fig. 6 einen Konusabschnitt 44, welcher

durch seine Ausgestaltung den Flussübergang im Luftspalt zum Anker hubabhängig bestimmt.

Dagegen zeigen die Ausführungsbeispiele der Fig. 7 bis 9 eine Expansions-
5 einheit, welche zwar endseitig eine (wiederum bevorzugt konusförmig ausgestaltete) Flussleiteinheit 50 aufweist, zum Zusammenwirken mit statorseitigen Permanentmagnetmitteln ausgebildet ist, selbst jedoch an der Expansionseinheit keinen Permanentmagneten vorsieht. Insoweit stellen die Ausführungsbeispiele der Fig. 7 bis 9 mit jeweiligen Varianten von statorseitigen Perma-
10 nentmagnetkörpern 52 (als axial magnetisierten Permanentmagneten in Fig. 7, oder als Stabmagneten 54 in den Varianten der Fig. 8, 9) Umkehrungen des mit einem statorseitigen Konus versehenen Prinzips der Fig. 6 dar. Wiederum obliegt es einem jeweiligen Anwendungsfall und einer konkreten Konfiguration, die jeweilige Permanentmagnetanordnung, -ausgestaltung und Einbindung
15 in einen Permanentmagnetfluss einem jeweiligen Stellzweck und einer gewünschten Kraftentfaltung geeignet zuzuordnen.

Prinzipiell entspricht das Bewegungs- und Kraftverhalten dem ersten Ausführungsbeispiel der Fig. 1, 2.

20

Die Fig. 10 bis 13 zeigen Varianten der Erfindung als weitere Ausführungsbeispiele, bei welchen sowohl an der Expansionseinheit, als auch statorseitig Permanentmagnetanordnungen vorgesehen sind, geeignet in Form von scheiben- bzw. ringförmigen Permanentmagnetkörpern, welche einzeln bzw.
25 gruppiert vorgesehen sind. Entsprechend ihrem Zusammenwirken mit der Expansionseinheit wird dabei ein Anziehungs- bzw. Abstoßungseffekt ausgenutzt, wobei etwa das Ausführungsbeispiel der Fig. 10 verdeutlicht, wie entlang des Bewegungshubes (in der Figur in vertikaler Richtung) zwischen der Expansionseinheit und der umgebenden Statorseite zunächst Anziehungseffekte, dann Abstoßungseffekte bei gleichpolarer Polarität wirken. Auch hier
30

sind lediglich prinzipielle Darstellungsformen offenbart, welche für einen jeweiligen Anwendungsfall beliebig ausgestaltet werden können.

Die Fig. 14 und 15 als weitere Ausführungsform zeigen, wie zu dem Zweck
5 einer zusätzlichen, etwa endseitigen Rückstellkrafterhöhung der Expansions-
einheit eine mechanische Feder (hier als Tellerfeder 60 gezeigt) zugeordnet
werden können. Die Gegenüberstellung der Fig. 15 (expandierter Zustand und
Zugriff auf die Feder) relativ zur Fig. 16 (kontrahierter Zustand ohne mechani-
schem Federkontakt) verdeutlicht, dass auch hier, expansionswegabhängig,
10 eine zusätzliche Beeinflussung des Kraftverhaltens möglich ist.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele
beschränkt, vielmehr bieten sich beliebige Kombinationen zur Ausgestaltung
eines gewünschten Kraftverhaltens entlang des Hubweges an.

Patentansprüche

1. Aktuatorvorrichtung mit einer ein magnetisch wirksames Formgedächtnislegierungsmaterial (12) aufweisenden Expansionseinheit (10),
5 die als Reaktion auf eine Bestromung einer Spulenvorrichtung (30) entlang einer Expansionsrichtung aus einer Ausgangslage eine Expansionsbewegung durchführt
und mit Rückstellmitteln zusammenwirkt, die auf die Expansionseinheit
10 (10) eine der Expansionsrichtung entgegengesetzte Rückstellkraft ausüben,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Rückstellmittel Permanentmagnetmittel aufweisen, die so an einem Abschnitt der Expansionseinheit (10) angreifen oder ansitzen, dass die
15 permanentmagnetisch erzeugte Rückstellkraft sich mit wachsendem Expansionshub in der Expansionsrichtung ändert,
wobei die Permanentmagnetmittel (16, 34, 40, 52, 54) so ausgebildet und/oder eingerichtet sind, dass entlang des Expansionshubes bei unbestromter Spulenvorrichtung (30) eine Kontraktion der Expansionseinheit (10) in die Ausgangslage erfolgen kann.
20
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnetmittel so ausgebildet und/oder eingerichtet sind, dass die permanentmagnetisch erzeugte Rückstellkraft mit wachsendem Expansionshub zumindest abschnittsweise sinkt oder abnimmt.
25
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das langgestreckt entlang der Expansionsrichtung ausgebildete Formgedächtnislegierungsmaterial (12) seitlich und/oder mantelseitig Flussleitmittel (18, 32) zugeordnet aufweist, die eine magnetische Durchflutung
30

(20) des Formgedächtnislegierungsmaterials (12) durch die Bestromung in einer Flussrichtung quer zur Expansionsrichtung bewirken.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Fluss-
5 leitmittel so mit den Permanentmagnetmitteln zusammenwirken, dass die Flussleitmittel während der Bestromung und bei der unbestromten Spulenvorrichtung (30) zumindest abschnittsweise von einem Permanentmagnetfluss der Permanentmagnetmittel durchflossen sind.
- 10 5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die langgestreckt ausgebildete Expansionseinheit (10) an einem durch die Expansion bewegten Endabschnitt die Permanentmagnetmittel (16, 34, 40) aufweist.
- 15 6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass den Permanentmagnetmitteln Permanentmagnetflussleitmittel (24, 36) zugeordnet sind, die einen Permanentmagnetfluss zu einer dem Formgedächtnislegierungsmaterial (12) zugeordneten stationären Kerneinheit (18) leiten können.
- 20 7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnetflussleitmittel oder die Permanentmagnetmittel becher-, bogen- oder jochartig geformt sind.
- 25 8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnetmittel, bezogen auf die Expansionsrichtung, einen axial magnetisierten Permanentmagnetkörper aufweisen.
- 30 9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnetmittel einen scheibenförmig realisierten und radial magnetisierten Permanentmagnetkörper aufweisen.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein erster Permanentmagnetkörper der Permanentmagnetmittel bevorzugt endseitig an der Expansionseinheit (10) und zum magnetischen Zusammenwirken mit einem diesem bevorzugt lateral benachbart an einem Statorabschnitt (18) vorgesehenen zweiten Permanentmagnetkörper der Permanentmagnetmittel vorgesehen ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste und der zweite Permanentmagnetkörper als, bezogen auf die Expansionsrichtung, radial magnetisierter Permanentmagnetkörper mit aufeinander gerichteten gleichen Polen realisiert ist.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass den Permanentmagnetmitteln ein den Permanentmagnetfluss leitender Konusabschnitt (44) zugeordnet ist, der sich entlang der Expansionsrichtung erstreckt.

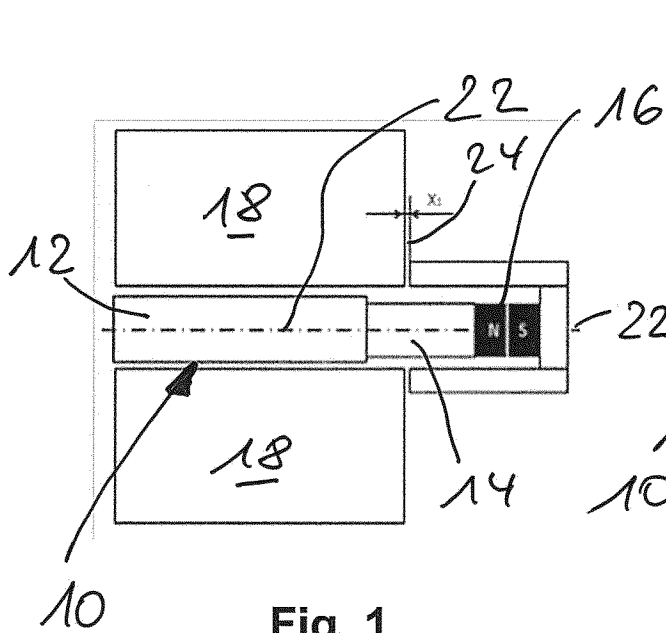


Fig. 1

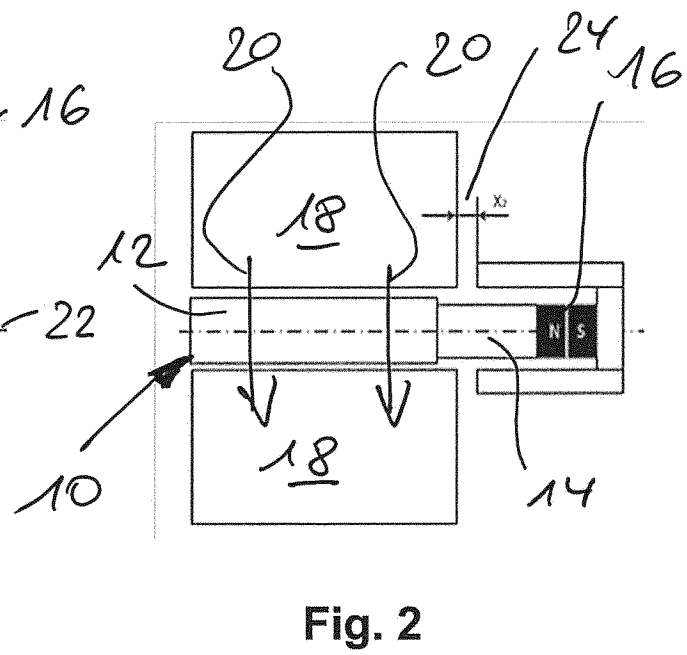


Fig. 2

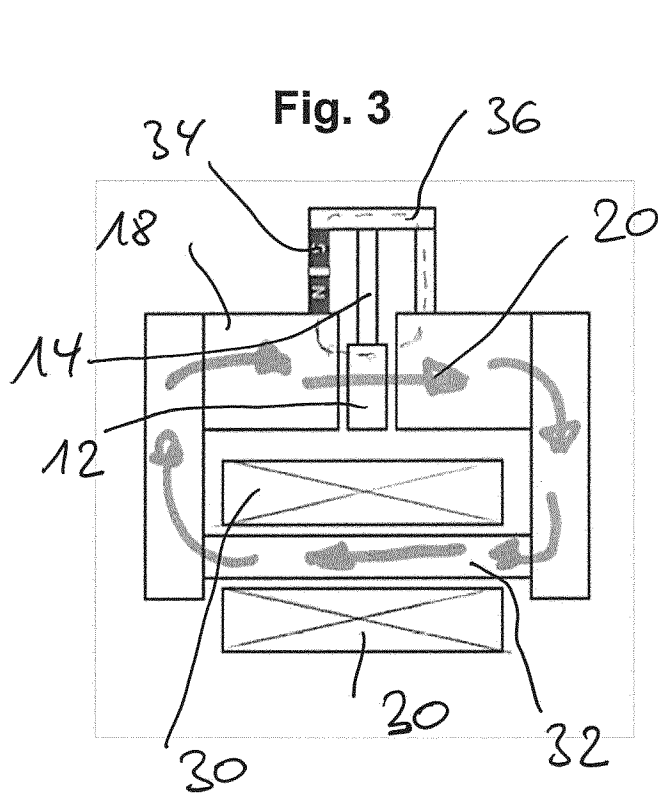


Fig. 3

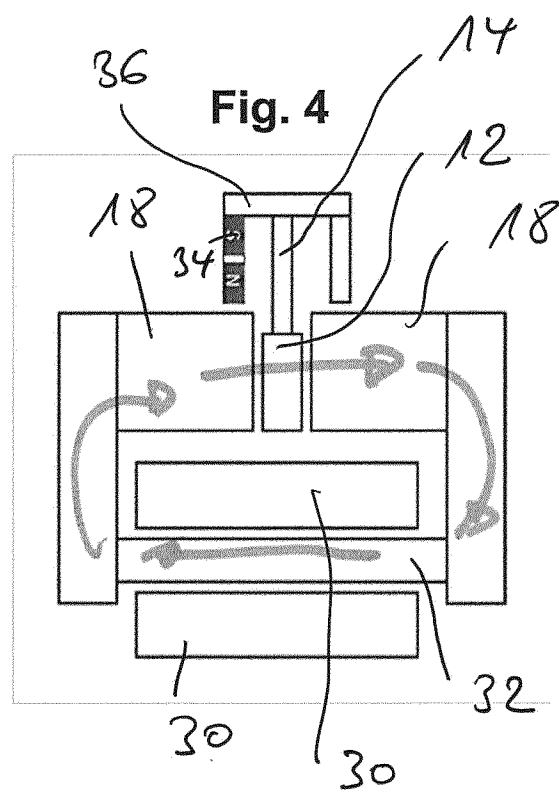


Fig. 4

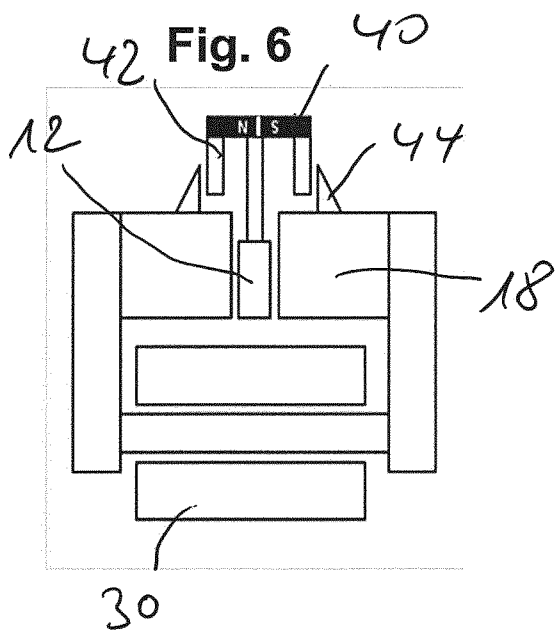
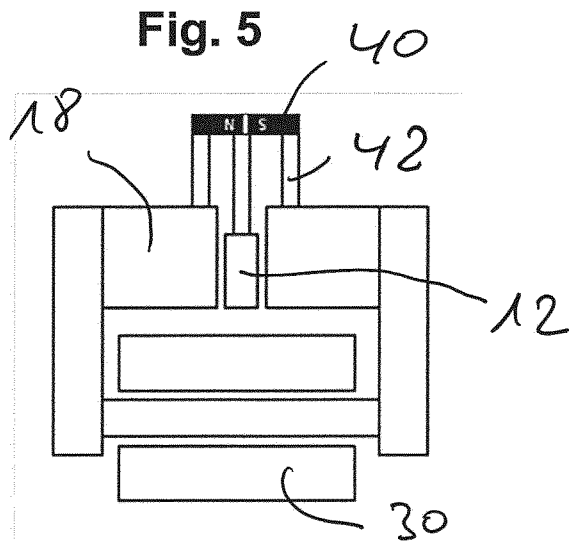


Fig. 7

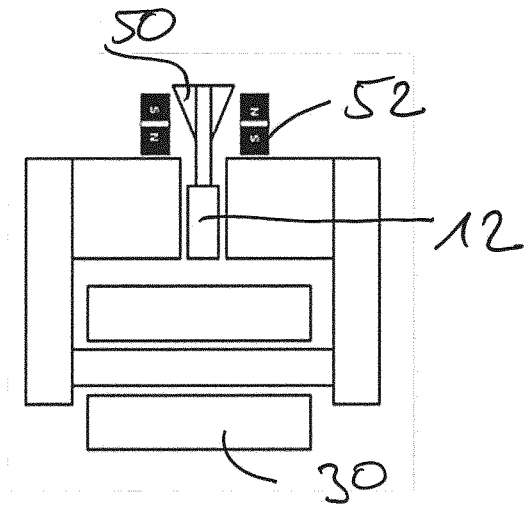


Fig. 8

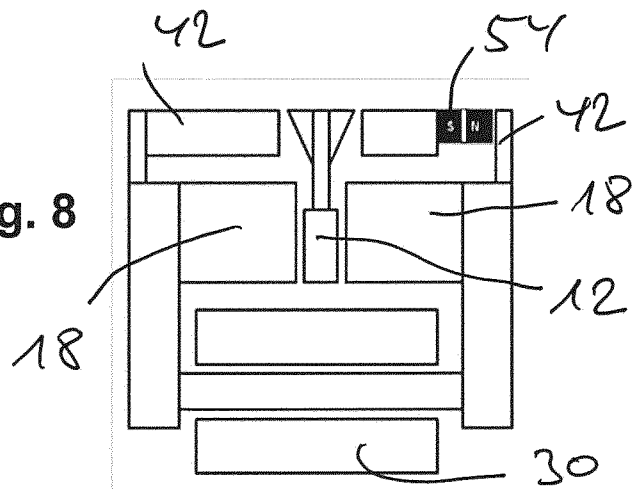
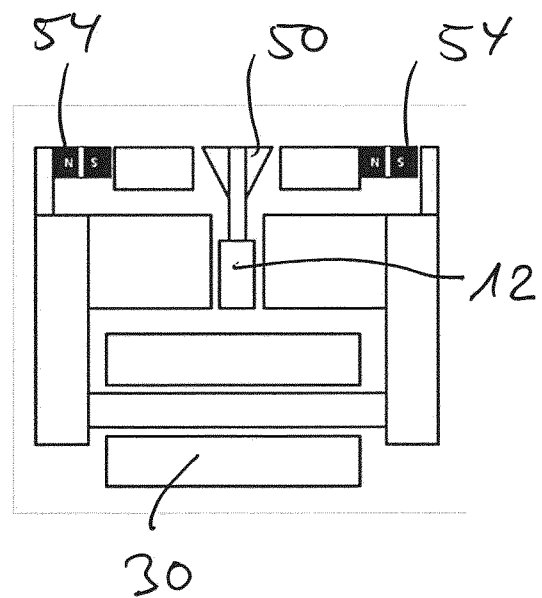


Fig. 9



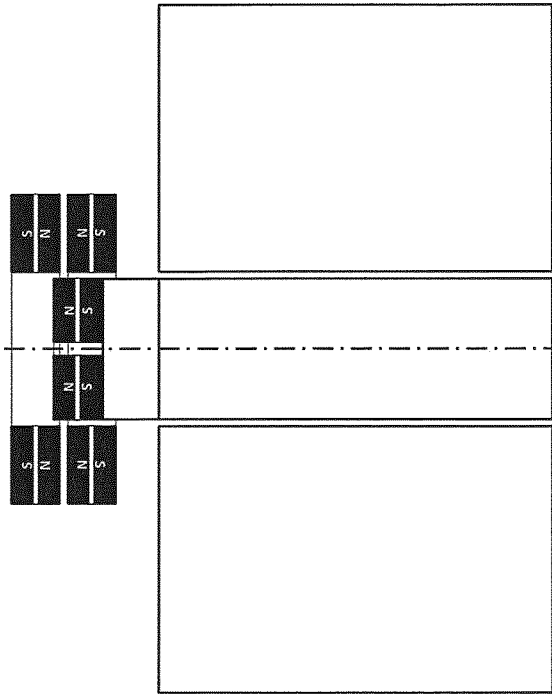


Fig. 11

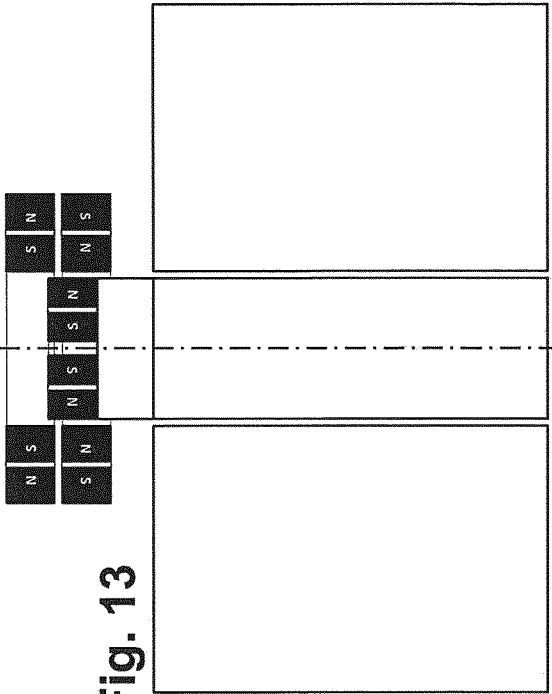


Fig. 13

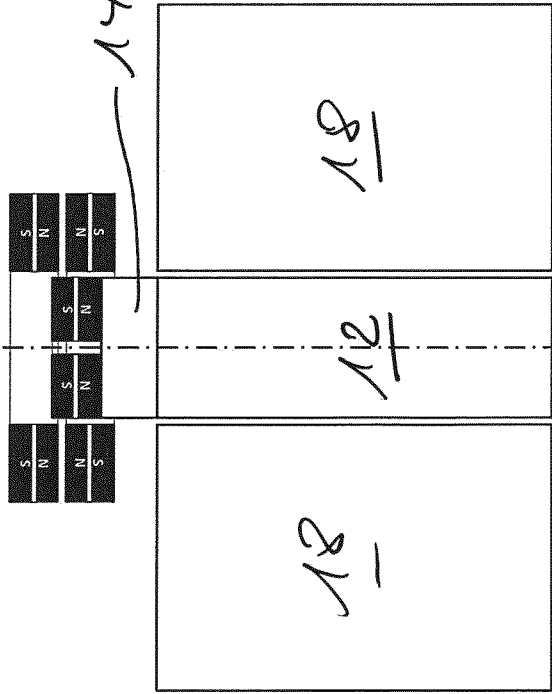


Fig. 10

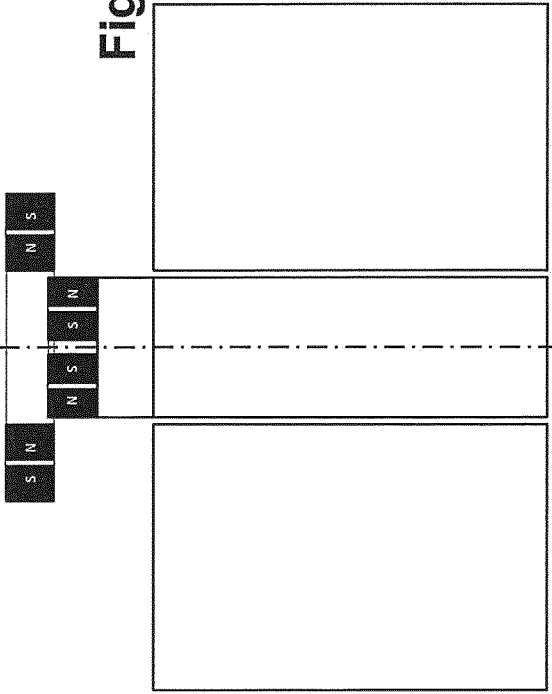


Fig. 12

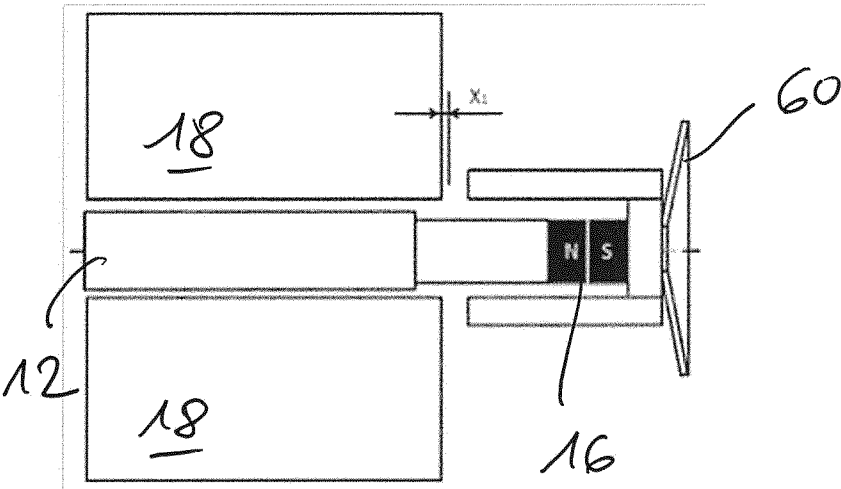


Fig. 14

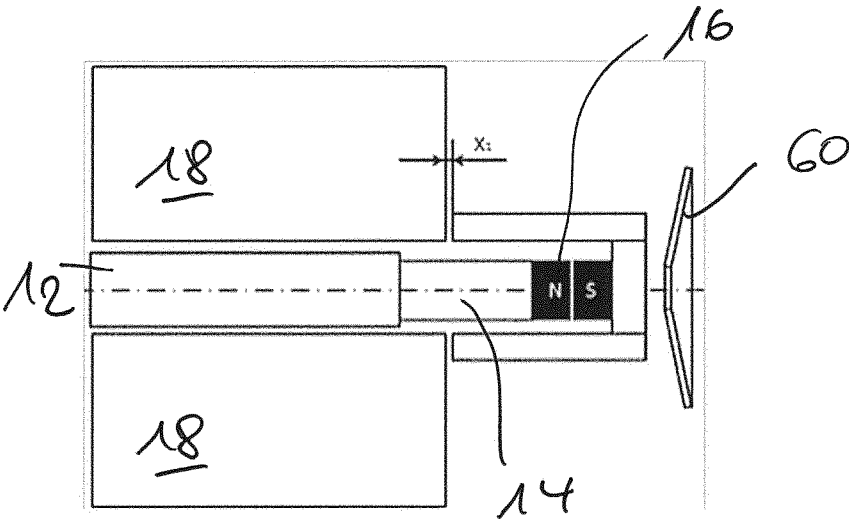


Fig. 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/061307

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L41/06
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)
H01L H02N

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.
A	DE 10 2004 060532 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 22 June 2006 (2006-06-22) paragraphs [0014] - [0020]; figure 1 -----	1
A	CN 100 388 611 C (UNIV SHENYANG TECHNOLOGY [CN]) 14 May 2008 (2008-05-14) page 3, last paragraph - page 4, paragraph 3; figures 3,4 -----	1
A	CN 201 234 215 Y (JINTANG YANG [CN]) 6 May 2009 (2009-05-06) page 6, paragraph 4 - page 8, paragraph 3; figures 2,3 -----	1
A	DE 10 2005 038891 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22 February 2007 (2007-02-22) cited in the application paragraphs [0018] - [0020]; figures 1,2 ----- -/-	1



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

17 October 2013

Date of mailing of the international search report

04/11/2013

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

Steiner, Markus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/061307

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A,P	DE 10 2011 052528 B3 (ETO MAGNETIC GMBH [DE]) 14 February 2013 (2013-02-14) cited in the application paragraphs [0002] - [0014]; figure 1 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/061307

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102004060532 A1	22-06-2006	BR PI0517422 A	07-10-2008
		DE 102004060532 A1	22-06-2006
		EP 1829128 A2	05-09-2007
		JP 4465390 B2	19-05-2010
		JP 2008523781 A	03-07-2008
		US 2009033448 A1	05-02-2009
		WO 2006063877 A2	22-06-2006

CN 100388611 C	14-05-2008	NONE	

CN 201234215 Y	06-05-2009	NONE	

DE 102005038891 A1	22-02-2007	NONE	

DE 102011052528 B3	14-02-2013	DE 102011052528 B3	14-02-2013
		US 2013038414 A1	14-02-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L41/06
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L H02N

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.
A	DE 10 2004 060532 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 22. Juni 2006 (2006-06-22) Absätze [0014] - [0020]; Abbildung 1 -----	1
A	CN 100 388 611 C (UNIV SHENYANG TECHNOLOGY [CN]) 14. Mai 2008 (2008-05-14) Seite 3, letzter Absatz - Seite 4, Absatz 3; Abbildungen 3,4 -----	1
A	CN 201 234 215 Y (JINTANG YANG [CN]) 6. Mai 2009 (2009-05-06) Seite 6, Absatz 4 - Seite 8, Absatz 3; Abbildungen 2,3 -----	1
A	DE 10 2005 038891 A1 (SIEMENS AG [DE]) 22. Februar 2007 (2007-02-22) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0018] - [0020]; Abbildungen 1,2 ----- -/-	1

☒ 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

17. Oktober 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

04/11/2013

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

Steiner, Markus

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A,P	DE 10 2011 052528 B3 (ETO MAGNETIC GMBH [DE]) 14. Februar 2013 (2013-02-14) in der Anmeldung erwähnt Absätze [0002] - [0014]; Abbildung 1 -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/061307

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102004060532 A1	22-06-2006	BR PI0517422 A	07-10-2008
		DE 102004060532 A1	22-06-2006
		EP 1829128 A2	05-09-2007
		JP 4465390 B2	19-05-2010
		JP 2008523781 A	03-07-2008
		US 2009033448 A1	05-02-2009
		WO 2006063877 A2	22-06-2006

CN 100388611 C	14-05-2008	KEINE	

CN 201234215 Y	06-05-2009	KEINE	

DE 102005038891 A1	22-02-2007	KEINE	

DE 102011052528 B3	14-02-2013	DE 102011052528 B3	14-02-2013
		US 2013038414 A1	14-02-2013
