

(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
2. Dezember 2010 (02.12.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/136325 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:
F16C 32/04 (2006.01)

(DE). **PADITZ, Marcus** [DE/DE]; Nesthakenweg 13,
01936 Schwepnitz (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/056364

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
10. Mai 2010 (10.05.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2009 023 363.6 29. Mai 2009 (29.05.2009) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **FRITZLER, Sven** [DE/DE]; Hofmannstraße 65, 91052 Erlangen (DE). **MATSCHULLA, Jan** [DE/DE]; Straße der Republik 92, 02791 Oderwitz (DE). **BUDIG, Peter-Klaus** [DE/DE]; Steinbergsiedlung 4, 09122 Chemnitz (DE). **HÜBNER, Nils** [DE/DE]; Fritz-Fritzsche-Str. 19, 09123 Chemnitz

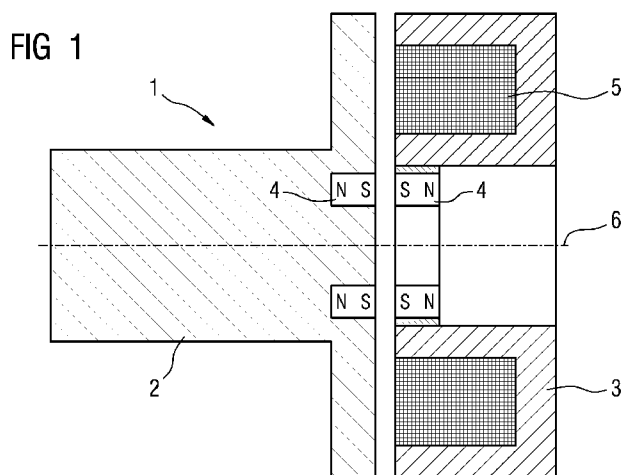
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: BEARING ARRANGEMENT FOR A TOUCH-FREE MAGNETIC AXIAL BEARING AND X-RAY TUBES WITH SAID BEARING

(54) Bezeichnung: LAGERANORDNUNG FÜR EIN BERÜHRUNGSLOSES MAGNETISCHES AXIALLAGER UND RÖNTGENRÖHRE MIT DIESEM LAGER



(57) Abstract: The invention relates to a bearing arrangement for a touch-free magnetic axial bearing (1), comprising a rotor/stator pair (2, 3) which can be rotated relative to each other on a common rotational axis (6), wherein magnets are provided both on the rotor side and on the stator side, which create a magnetic field bearing acting towards the axial direction, and a definite gap is present between the rotor (2) and stator (3), so that the rotor (2) and stator (3) do not touch each other, wherein on the side of the rotor (2) and on the side of the stator (3) permanent magnets (4) which are opposite to each other are arranged, the stator-side polarity is directed contrary to the rotor-side polarity, and on the side of the stator (3) at least one control and/or adjustable electro-magnet having a coil (5) is arranged, which is opposite to a metal surface on the side of the rotor (2), which serves as a magnet yolk. Further, the invention relates to an X-ray tube (8) having a vacuum housing (9) and a rotary anode localized in the vacuum housing (9), which has at least one magnetic axial bearing (1) of the above-mentioned embodiment for the rotary anode.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2010/136325 A2



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,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts (Regel 48 Absatz
2 Buchstabe g)*

Die Erfindung betrifft eine Lageranordnung für ein berührungsloses magnetisches Axiallager (1), aufweisend ein auf einer gemeinsamen Rotationsachse (6) relativ zueinander drehbares Rotor/Stator-Paar (2, 3), wobei sowohl rotorseitig als auch statorseitig Magnete vorgesehen sind, welche eine in axialer Richtung wirkende Magnetfeldlagerung erzeugen, und zwischen Rotor (2) und Stator (3) ein endlicher Spalt vorliegt, so dass sich Rotor (2) und Stator (3) nicht berühren, wobei auf der Seite des Rotors (2) und auf der Seite des Stators (3) jeweils gegenüberliegende Permanentmagnete (4) angeordnet sind, deren statorseitige Polung entgegengesetzt zur rotorseitigen Polung ausgerichtet ist, und auf der Seite des Stators (3) mindestens ein Steuer- und/oder regelbarer Elektromagnet mit einer Spule (5) angeordnet ist, der einer metallischen Fläche auf der Seite des Rotors (2) gegenüberliegt, welche als Magnetjoch wirkt. Des Weiteren betrifft die Erfindung auch eine Röntgenröhre (8) mit einem Vakuumgehäuse (9) und in dem Vakuumgehäuse (9) befindliche Drehanode, welche mindestens ein magnetisches Axiallager (1) der oben beschriebenen Ausführung für die Drehanode aufweist.

Beschreibung

Lageranordnung für ein berührungsloses magnetisches Axiallager und Röntgenröhre mit diesem Lager

5

Die Erfindung betrifft eine Lageranordnung für ein berührungsloses magnetisches Axiallager, aufweisend ein auf einer gemeinsamen Achse relativ zueinander drehbares Rotor/Stator-Paar, wobei sowohl rotorseitig als auch statorseitig Magnete
10 vorgesehen sind, welche eine in axialer Richtung wirkende Magnetfeldlagerung erzeugen, und zwischen Rotor und Stator ein endlicher Spalt vorliegt, so dass sich Rotor und Stator im Betrieb nicht berühren.

15 Des Weiteren betrifft die Erfindung auch eine Röntgenröhre mit einem Vakuumgehäuse und in dem Vakuumgehäuse befindliche Drehanode, welche mindestens ein magnetisches Axiallager für die Drehanode aufweist.

20 Grundsätzlich sind derartige Lager allgemein bekannt und werden in Verbindung mit Anwendungen in Vakuumumgebungen, wie beispielsweise bei der Lagerung der Rotoren von Turbomolekularpumpen oder rotierender Anodenteller in Röntgenröhren mit hoher Dosisleistung, verwendet. Beispielhaft wird hierbei auf
25 die deutsche Druckschrift DE 26 01 529 C2, die Druckschrift US 6,327,340 oder die Druckschrift US 6,198,803 hingewiesen.

Nachteilig bei solchen Lagerungen ist es, dass diese bisher bekannten Ausführungen jeweils relativ große axiale Längen
30 beanspruchen, wodurch die Eigenschwingungsfrequenzen solcher relativ langen rotatorischen Bauteile sich verringern und entsprechend die Resonanzdrehzahlen in Folge mechanischer Verformungen kleiner werden und damit nahe der Betriebsfrequenz des magnetisch gelagerten Rotors liegen können. Sollen
35 diese Bauteile in einem unterkritischen Frequenzbereich betrieben werden, ergeben sich erhebliche Schwierigkeiten bezüglich der Ausführbarkeit dieser Axiallager.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein Axiallager zu finden, welches mit einer möglichst geringen Baulänge einhergeht. Entsprechend soll auch eine Röntgenröhre vorgeschlagen werden, welche eine kompakte Bauweise der Drehanode mit Lagerung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand untergeordneter Ansprüche.

Die Erfinder haben erkannt, dass eine Lageranordnung eines magnetischen Axiallagers für ein Rotor/Stator-Paar möglich ist, welches auf der Seite des Rotors ausschließlich Permanentmagnete aufweist, die Permanentmagnete auf der Rotorseite gegenüberliegend angeordnet und gegengerichtet sind, um eine permanente Abstoßung zwischen Rotor und Stator zu bewirken. Gleichzeitig können dieser abstoßenden Kraft entgegenwirkenden Elektromagnete auf der Statorseite angeordnet werden, die einen Teil des Rotors als Magnetjoch verwenden und den Rotor gesteuert anziehen und damit eine genaue Positionierung des Rotors relativ zum Stator über an sich bekannte Steuer- und Regelmechanismen erlauben.

Entsprechend diesem Grundgedanken schlagen die Erfinder die Verbesserung einer Lagerordnung für ein berührungsloses magnetisches Axiallager vor, welches ein auf einer gemeinsamen Achse relativ zueinander drehbares Rotor/Stator-Paar aufweist, wobei sowohl rotorseitig als auch statorseitig Magnete vorgesehen sind, welche eine in axialer Richtung wirkende Magnetfeldlagerung erzeugen, und zwischen Rotor und Stator ein endlicher Spalt vorliegt, so dass sich Rotor und Stator nicht berühren. Die Verbesserung wird dadurch bewirkt, dass auf der Seite des Rotors und auf der Seite des Stators jeweils gegenüberliegende Permanentmagnete angeordnet sind, deren statorseitige Polung entgegengesetzt zur rotorseitigen Polung ausgerichtet ist, und weiterhin auf der Seite des Sta-

tors mindestens ein steuer- und/oder regelbarer Elektromagnet angeordnet ist, dem eine metallische Fläche auf der Seite des Rotors gegenüberliegt, welche als Magnetjoch wirkt.

5 Es werden also rotor- und statorseitig entgegengesetzt orientierte Permanentmagnete eingesetzt, die eine Abstoßung zwischen Rotor und Stator bewirken, wobei die abstoßende Kraft in axialer Richtung verläuft. Als gegenwirkende Kraft werden Elektromagnete auf der Statorseite eingesetzt, welche mit ihrem
10 rem Fluss auf eine rotorseitige metallische Fläche einwirken und je nach Stärke des elektrisch betriebenen Magnetfeldes den Rotor gesteuert beziehungsweise geregelt an den Stator heranziehen und damit der abstoßenden Kräfte der Permanentmagnete entgegenwirken.

15 Eine solche Anordnung lässt sich sehr kompakt verwirklichen, so dass diese Lageranordnung nur sehr geringe Baulänge benötigt und damit auf der Rotorseite geringe Eigenschwingungsfrequenzen vermieden werden können.

20 Vorteilhafterweise können die Permanentmagnete aus koaxialen Ringpaaren oder aus mehreren koaxial angeordneten Magnetringen bestehen.

25 Weiterhin wird vorgeschlagen, dass der mindestens eine Elektromagnet aus mindestens einer koaxialen Ringspule aufgebaut ist, wobei es vorteilhaft sein kann, dass die mindestens eine koaxiale Ringspule eine Teilspule für die Grunderregung und eine Teilspule für die Steuererregung aufweist. Hierbei kann
30 die Teilspule für die Grunderregung und/oder die Teilspule für die Steuererregung mit je einem Stromrichter elektrisch verbunden sein.

Es wird weiterhin vorgeschlagen, dass vorteilhaft die Permanentmagnete radial gesehen innen angeordnet sind, während die
35 Elektromagnete radial gesehen weiter außen angeordnet sind, als die Permanentmagnete.

Neben der erfindungsgemäßen Lageranordnung schlagen die Erfinder auch eine Röntgenröhre mit einem Vakuumgehäuse und einer in dem Vakuumgehäuse befindlichen Drehanode vor, wobei
5 für die Drehanode mindestens ein magnetisches Axiallager vorgesehen ist und dieses mindestens eine Axiallager in erfindungsgemäßer Weise ausgestaltet ist.

Des Weiteren wird vorgeschlagen, dass der Rotor innerhalb des
10 Vakuumgehäuses der Röntgenröhre angeordnet ist und im Spalt zwischen Rotor und Stator eine, dem magnetischen Fluss wenig beeinflussende und luftdichte Trennwand verläuft. Hierbei wird bezüglich der Trennwand vorgeschlagen, dass diese zumindest teilweise aus einem Material der folgenden Liste besteht:
15 Keramik, Edelstahl, Kunststoff, faserverstärkter Kunststoff, Glas.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der bevorzugten Ausführungsbeispiele mit Hilfe der Figuren näher beschrieben,
20 wobei nur die zum Verständnis der Erfindung notwendigen Merkmale dargestellt sind. Es werden folgende Bezugszeichen verwendet: 1: magnetisches Axiallager; 2: Rotor; 3: Stator; 4: Permanentmagnet; 5: Koaxialspule; 6: Rotationsachse; 7: magnetischer Fluss; 8: Röntgenröhre; 9: Vakuumgehäuse; 10: Trennwand;
25 11: Kathodenanordnung; 12: Radiallager; 13: Austrittsfenster; 14: Stromrichter; 15: Spindelgehäuse.

Es zeigen im Einzelnen:

- 30 FIG 1: Längsschnitt durch ein erfindungsgemäßes berührungsloses magnetisches Axiallager;
FIG 2: Ausführung des magnetischen Axiallagers, gemäß FIG 1 mit schematisch dargestellten magnetischen Flusslinien;
35 FIG 3: Beispiel einer erfindungsgemäß ausgeführten Röntgenröhre in schematischer Darstellung.

Die **Figur 1** zeigt ein erfindungsgemäßes magnetisches Axiallager 1, welches aus rotorseitig und statorseitig angeordneten Magneten besteht. Auf der Seite des Rotors 2 befinden sich zwei Permanentmagnete 4, wobei deren Ausrichtung so gestaltet ist, dass der magnetische Südpol in Richtung des Stators gerichtet ist. Dem Rotor 2 koaxial zur Rotationsachse 6 gegenüberliegend ist ein Stator 3 angeordnet, welcher ebenfalls über Permanentmagnete 4 verfügt, die allerdings den Permanentmagneten 4 auf der Rotorseite entgegengerichtet angeordnet sind. Radial weiter von der Rotationsachse 6 entfernt befindet sich auf der Statorseite eine Koaxialspule 5, welche von einem zeitlich veränderbaren Strom durchflossen werden kann. Die Polarität des hier ringförmig ausgestalteten Permanentmagneten 4 ist dem ebenfalls als Ringmagnet ausgestalteten Permanentmagnet 4 auf der Rotorseite entgegengerichtet, so dass eine abstoßende Kraft zwischen den beiden Permanentmagneten 4 entsteht. Die Koaxialspule 5 erzeugt ein Magnetfeld, das so ausgerichtet ist, dass im Falle eines Stromflusses in der Koaxialspule 5 ein Magnetfeld entsteht, welches den Rotor an den Stator heranzieht. Durch entsprechende Steuerung des Stromflusses lässt sich mit Hilfe von hier nicht näher dargestellten Abstandssensoren eine Richtung erzeugen, welche den Rotor 2 in einem vorgegebenen Abstand zum Stator 3 hält.

Vorteilhaft ist es hierbei auch, wenn anstelle einer einzigen Koaxialspule zwei Spulen verwendet werden, so dass eine erste Koaxialspule mit einem Grunderregungsstrom beschickt werden kann und eine zweite Koaxialspule mit einem Steuererregungsstrom beschickt werden kann, der letztendlich für die Abstandsregulierung zuständig ist. Alternativ ist es auch möglich, anstelle von zwei getrennten Spulen eine einzige Spule mit zwei unterschiedlichen Wicklungen zu verwenden, wobei die eine Wicklung mit dem Grunderregerstrom und die andere Wicklung mit dem Steuererregungsstrom beschickt werden.

Zur Darstellung des Grundprinzips ist in der **Figur 2** nochmals die gleiche Lageranordnung wie in der Figur 1 gezeigt, aller-

dings sind hier nun die Magnetflüsse 7, die durch die Permanentmagnete und die Koaxialspule entstehen, in schematischer Weise dargestellt.

- 5 Die hier dargestellte Anordnung des magnetischen Axiallagers gestattet es nun, den Rotor um die Länge einer Koaxialanordnung zu verringern, so dass aufgrund der geringeren Baulänge auch die Eigenschwingung des Rotors sich erhöht und damit die Resonanzfrequenzen ebenfalls in einen höheren Frequenzbereich
10 verschoben werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass die erfindungsgemäße Art der axialen Lagerung selbstverständlich mit diversen Bauformen von Radiallagern, vorzugsweise magnetischen Radiallagern,
15 kombinierbar ist. Beispielsweise können hierzu Heteropolarlager, Homopolarlager und Unipolarlager verwendet werden.

Die **Figur 3** zeigt eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Röntgenröhre 8, bestehend aus einem Vakuumgehäuse 9, in dem sich ein erfindungsgemäßer Rotor 2 befindet,
20 welcher am rechten Ende mit einem ringförmig ausgestalteten Permanentmagneten 4 ausgestattet ist. Dem gegenüberliegend auf der Statorseite ist ebenfalls ein ringförmiger Permanentmagnet angeordnet, der allerdings bezüglich seiner Polung der
25 Polung des rotorseitigen Permanentmagnetes 4 entgegengerichtet ist. Radial weiter außen zum Permanentmagnet 4 auf der Statorseite befindet sich eine oder mehrere Koaxialspule(n) 5, die der abstoßenden Kraft, die durch die Permanentmagnete 4 bewirkt wird, im Falle eines Stromflusses entgegenwirken
30 kann/können. Ergänzend ist eine radiale Lagerung 12 des den Drehteller tragenden Rotors 2 dargestellt. Auch eine solche Lagerung kann in an sich bekannter Weise als magnetische Lagerung ausgestaltet sein. Zwischen dem Rotor 2 und dem Stator 3 befindet sich in der hier gezeigten Darstellung eine Trennwand 10 aus nicht bis schwer magnetisierbarem Material, welches dafür sorgt, dass im Bereich des Vakuumgehäuses 9 ein
35 ausreichendes Vakuum bestehen bleibt. Wird das statorseitige

Gehäuse zusätzlich vom Vakuumgehäuse 9 trennbar ausgestaltet, so besteht die Möglichkeit, das Vakuumgehäuse 9 separat Arbeitsschritten zuzuführen.

5 Ergänzend ist in der rein schematischen Darstellung auch noch gezeigt, dass die Spule 5 der Statorseite durch einen Stromrichter 14 versorgt werden kann. Außerdem verfügt das Vakuumgehäuse 9 selbstverständlich über ein Röntgenaustrittsfenster 13 und eine Kathodenanordnung 11, von der aus bei Anlegen einer entsprechenden Hochspannung ein Elektronenstrahl auf die Anodenfläche des als Rotor ausgebildeten Drehtellers auftrifft und Röntgenstrahlung erzeugt.

15 Insgesamt wird also durch die Erfindung eine Lageranordnung eines berührungslosen magnetischen Axiallagers gezeigt, welche bezüglich ihrer Baulänge wesentlich kürzer als die im Stand der Technik bekannten Lageranordnungen ist und damit entsprechend der zuvor genannten Aufgabe es ermöglicht einen Rotor zu erzeugen, welcher aufgrund der geringeren Baulänge 20 bezüglich seiner Eigenschwingfrequenz gegenüber dem Stand der Technik nach oben verschoben ist und entsprechend auch höhere Resonanzfrequenzen aufweist. Damit ist er auch bei höheren Drehzahlen noch im unterkritischen Drehzahlbereich zu betreiben.

25 Es versteht sich, dass die vorstehend genannten Merkmale der Erfindung nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

30

Patentansprüche

1. Lageranordnung für ein berührungsloses magnetisches Axiallager (1), aufweisend ein auf einer gemeinsamen Rotationsachse (6) relativ zueinander drehbares Rotor/Stator-Paar (2, 3), wobei sowohl rotorseitig als auch statorseitig Magnete vorgesehen sind, welche eine in axialer Richtung wirkende Magnetfeldlagerung erzeugen, und zwischen Rotor (2) und Stator (3) ein endlicher Spalt vorliegt, so dass sich Rotor (2) und Stator (3) nicht berühren,
dadurch gekennzeichnet, dass
 - 1.1. auf der Seite des Rotors (2) und auf der Seite des Stators (3) jeweils gegenüberliegende Permanentmagnete (4) angeordnet sind, deren statorseitige Polung entgegengesetzt zur rotorseitigen Polung ausgerichtet ist, und
 - 1.2. auf der Seite des Stators (3) mindestens ein steuer- und/oder regelbarer Elektromagnet mit einer Spule (5) angeordnet ist, der einer metallischen Fläche auf der Seite des Rotors (2) gegenüberliegt, welche als Magnetjoch wirkt.
2. Lageranordnung gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (4) aus koaxialen Ringpaaren bestehen.
3. Lageranordnung gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete (4) aus mehreren koaxial angeordneten Magnetringen bestehen.
4. Lageranordnung gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Elektromagnet mindestens eine koaxiale Ringspule (5) aufweist.

5. Lageranordnung gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine koaxiale Ringspule (5) eine Teilspule für die Grunderregung und eine Teilspule für die Steuererregung aufweist.
6. Lageranordnung gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilspule für die Grunderregung und/oder die Teilspule für die Steuererregung mit je einem Stromrichter (14) elektrisch verbunden ist.
7. Röntgenröhre (8) mit einem Vakuumgehäuse (9) mit einer in dem Vakuumgehäuse (9) als Rotor (2) ausgebildete befindliche Drehanode, welche durch mindestens ein magnetisches Axiallager (1) gelagert ist, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Axiallager (1) die Merkmale eines der Ansprüche 1 bis 6 aufweist.
8. Röntgenröhre (8) gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor (2) innerhalb des Vakuumgehäuses (9) der Röntgenröhre (8) angeordnet ist und im Spalt zwischen Rotor (2) und Stator (3) eine, den magnetischen Fluss (7) wenig beeinflussende und luftdichte Trennwand (10) verläuft.
9. Röntgenröhre gemäß dem voranstehenden Patentanspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Trennwand (10) zumindest teilweise aus einem Material der folgenden Liste besteht: Keramik, Edelstahl, Kunststoff, faserverstärkter Kunststoff, Glas.
10. Röntgenröhre gemäß einem der voranstehenden Patentansprüche 8 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass das rotorseitige Vakuumgehäuse (9) vom statorsei-

tigen Teil (15) der Röntgenröhre trennbar ausgeführt ist.

FIG 1

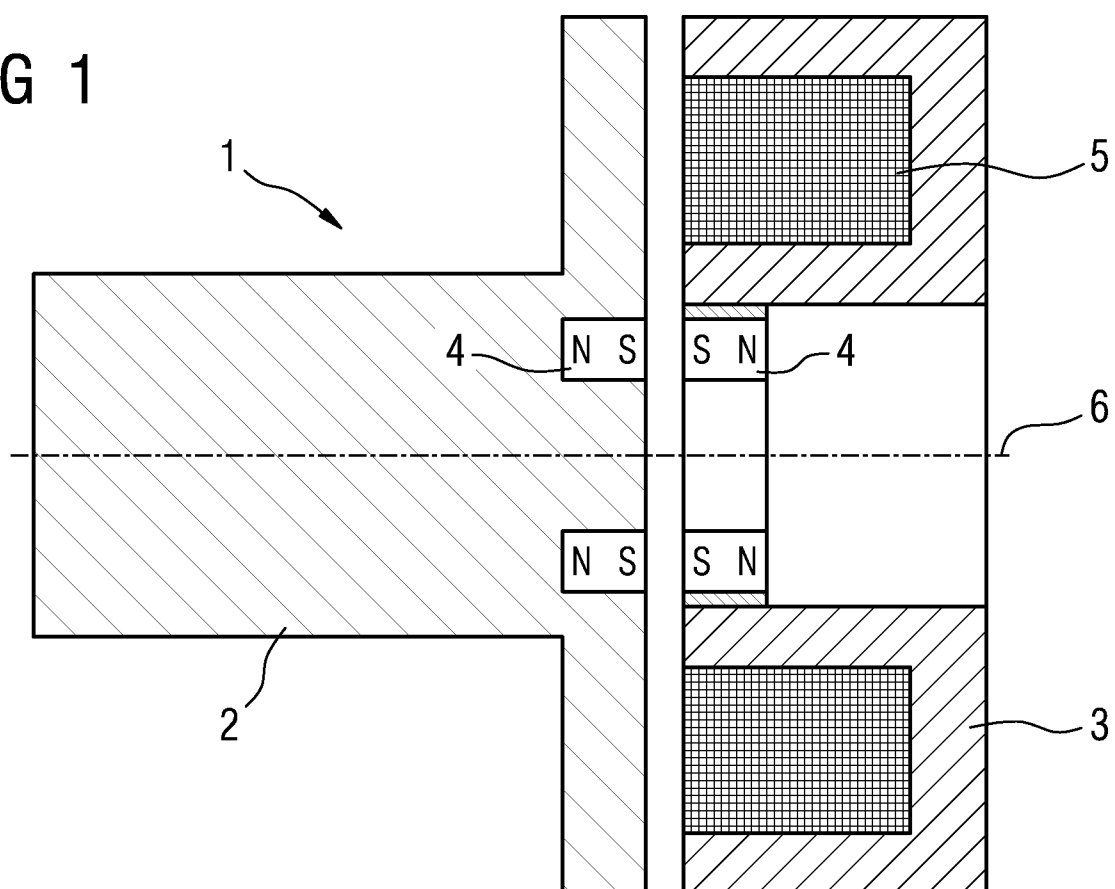


FIG 2

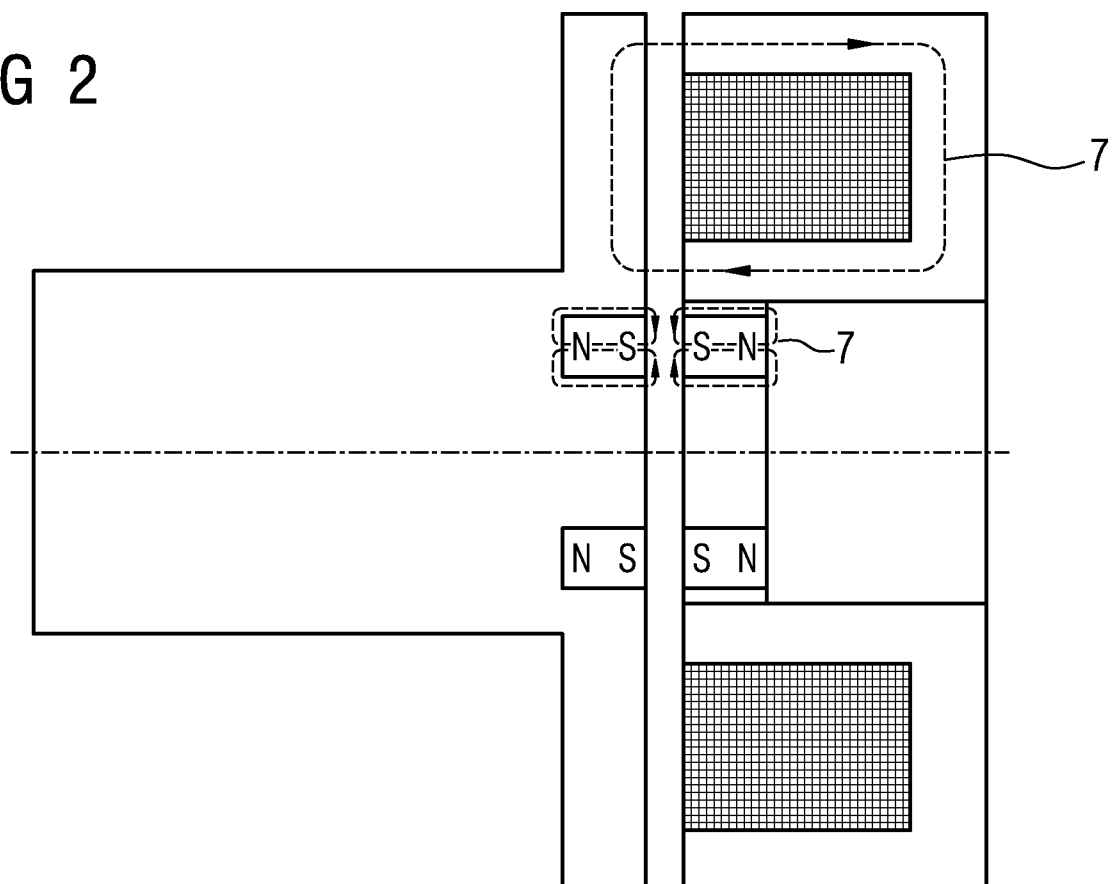


FIG 3

