(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
16. Februar 2012 (16.02.2012)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/019919 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02K 49/10 (2006.01) *F16C 32/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2011/062966

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juli 2011 (28.07.2011)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2010 034 258.0
13. August 2010 (13.08.2010) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US)*: **SCHAEFFLER TECHNOLOGIES GMBH & CO. KG** [DE/DE]; Industriestraße 1-3, 91074 Herzogenaurach (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US)*: **GLÜCK, Stefan** [DE/DE]; Wilhelm-Bechert-Straße 20, 97424 Schweinfurt (DE).

(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, 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, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

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

(54) **Title**: SUPERCONDUCTING MAGNETIC BEARING

(54) **Bezeichnung** : SUPRALEITENDES MAGNETLAGER

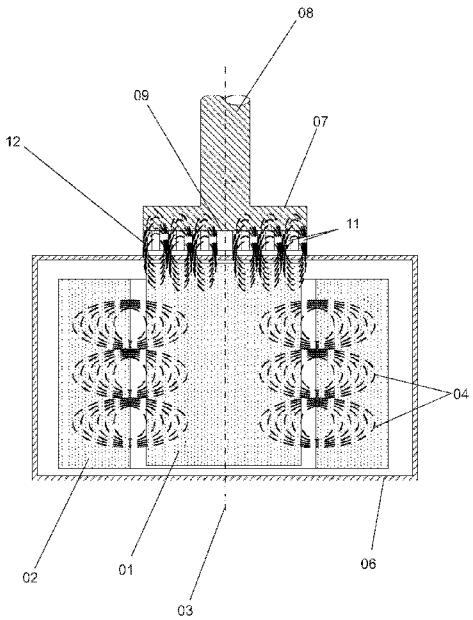


Fig. 1

(57) **Abstract**: The invention relates to a superconducting magnetic bearing for rotationally mounting a machine element (08). The superconducting magnetic bearing according to the invention first of all includes a stator (02), which comprises a first superconducting material. The superconducting magnetic bearing further includes a rotor (01), which can be rotated relative to the stator (02) and comprises a second superconducting material. A housing (06) enclosing both the stator (02) and the rotor (01) is used for the joint temperature control of the stator (02) and of the rotor (01) such that same can act as superconducting materials. The housing (06) should in particular ensure that the first superconducting material and the second superconducting material each comprise temperature which is below the transition temperature of the respective superconducting material. According to the invention, the superconducting magnetic bearing further comprises a coupling element (07), which can be attached to the machine element (08) in a rotatably fixed manner, is disposed outside the housing (06) coaxially to the rotor (01) and is magnetically coupled to the rotor (01) in a rotatably fixed manner.

(57) **Zusammenfassung**: Die vorliegende Erfindung betrifft ein supraleitendes Magnetlager zur rotativen Lagerung eines Maschinenelementes (08). Das erfindungsgemäße supraleitende Magnetlager umfasst zunächst einen Stator (02), welcher ein erstes supraleitendes Material aufweist. Das supraleitende

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/019919 A1

Magnetlager umfasst weiterhin einen gegenüber dem Stator (02) rotierbaren Rotor (01), welcher ein zweites supraleitendes Material aufweist. Ein den Stator (02) und den Rotor (01) gemeinsam umschließendes Gehäuse (06) dient zur gemeinsamen Temperierung des Stators (02) und des Rotors (01), sodass diese als supraleitende Materialien fungieren können. Mit dem Gehäuse (06) soll insbesondere gewährleistet werden, dass das erste supraleitende Material und das zweite supraleitende Material jeweils eine Temperatur aufweisen, welche unterhalb der Sprungtemperatur des jeweiligen supraleitenden Materials liegt. Erfindungsgemäß umfasst das supraleitende Magnetlager weiterhin ein drehfest am Maschinenelement (08) anbringbares Kupplungselement (07), welches außerhalb des Gehäuses (06) koaxial zum Rotor (01) angeordnet ist und drehfest mit dem Rotor (01) magnetisch gekoppelt ist.

Supraleitendes Magnetlager

Die vorliegende Erfindung betrifft ein supraleitendes Magnetlager zur rotativen Lagerung eines Maschinenelementes. Ein gattungsgemäßes supraleitendes Magnetlager umfasst einen Stator und einen gegenüber dem Stator rotierbaren Rotor, wobei sowohl der Stator als auch der Rotor ein supraleitendes Material aufweisen. Das erfindungsgemäße Magnetlager kann beispielsweise zur rotativen Lagerung von Maschinenelementen einer Gasturbine, eines Großmotors oder einer Werkzeugmaschine verwendet werden.

Aus der WO 00/22311 A2 ist ein Magnetlager bekannt, bei welchem ein erstes Teil gegenüber einem zweiten Teil magnetisch gelagert ist, wobei das zweite Teil ein supraleitendes Material der zweiten Art aufweist. Das supraleitende Material enthält einen anisotropen Kristall oder mehrere aus diesem bestehende Körner. Das erste Teil umfasst eine Konfiguration aus Magneten, mit denen das supraleitende Material in Wechselwirkung steht.

Aus dem Artikel von Werfel, F. N. et al.: „HTS Magnetic Bearings in Prototype Application“, vorveröffentlicht für MT-21 IEEE Transactions on Applied Superconductivity, April 2010, wird ein Magnetlager gezeigt, bei welchem innerhalb eines Vakuumbehälters ein Hochtemperatursupraleiter angeordnet ist. Ein Drehteller mit einem Permanentmagneten befindet sich außerhalb des Vakuumbehälters und ist mit dem Hochtemperatursupraleiter magnetisch gekoppelt.

Die US 7,086,778 B2 zeigt eine Anordnung zum Rühren oder Vermischen von flüssigen Medien. Die Anordnung umfasst ein im flüssigen Medium anzuordnendes Rührelement, welches von einem in einem Kryostaten befindlichen Supraleiter magnetisch gelagert wird.

Aus der US 5,517,071 ist eine supraleitende Lagerung bekannt, bei welcher ein Rotor mit einem Korpus aus einem supraleitenden Material rotierbar gegenüber einer Spule aus einem supraleitenden Material gelagert ist.

Aus der DE 10 2008 028 588 A1 ist ein Magnetlager mit einem Hochtemperatursupraleiterelement bekannt, bei welchem ein Stator von einem Rotor drehbar aufgenommen wird. Der Rotor umfasst einen Korpus aus einem Typ-II-Supraleiter. Der Stator umfasst eine Spule aus einem supraleitenden Material. Die Verwendung von supraleitenden Materialien sowohl für den Stator als auch für den Rotor ermöglicht die Erzeugung hoher magnetischer Kräfte zur Lagerung des zu lagernden Maschinenelementes. Ein Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass sowohl der Stator als auch der Rotor gekühlt werden müssen, beispielsweise innerhalb eines einzigen Kryostaten. Dementsprechend ist eine Vakuum-Drehdurchführung erforderlich, welche zu Reibungsverlusten führt. Alternativ können der Rotor und der Stator in getrennten Kryostaten angeordnet werden, was den Einsatz einer drehbaren Kühlung erforderlich macht, die ebenfalls zu Reibungsverlusten führt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht ausgehend von dem aus der DE 10 2008 028 588 A1 bekannten supraleitenden Magnetlager darin, den Stator und den Rotor des Magnetlagers zu kühlen, ohne dafür Reibungsverluste in Kauf nehmen zu müssen.

Die genannte Aufgabe wird durch ein supraleitendes Magnetlager gemäß dem beigefügten Anspruch 1 gelöst.

Das erfindungsgemäße supraleitende Magnetlager dient zur rotativen Lagerung eines Maschinenelementes, beispielsweise zur rotativen Lagerung eines Turbinenrades einer Gasturbine. Das supraleitende Magnetlager umfasst zunächst einen Stator, welcher ein erstes supraleitendes Material aufweist. Das supraleitende Magnetlager umfasst weiterhin einen gegenüber dem Stator rotierbaren Rotor, welcher ein zweites supraleitendes Material aufweist. Das erste supraleitende Material und das zweite supraleitende Material können beispielsweise als Korpus einer so genannten Bulk-Anordnung und/oder als Spulen ausgebildet sein. Das erste supraleitende Material und das zweite supraleitende Material können auch gleich sein. Das supraleitende Magnetlager um-

fasst weiterhin ein den Stator und den Rotor gemeinsam umschließendes Gehäuse zur gemeinsamen Temperierung des Stators und des Rotors, sodass diese als supraleitende Materialien fungieren können. Mit dem Gehäuse soll insbesondere gewährleistet werden, dass das erste supraleitende Material und das zweite supraleitende Material jeweils eine Temperatur aufweisen, welche unterhalb der Sprungtemperatur des jeweiligen supraleitenden Materials liegt. Daher wirkt das Gehäuse bevorzugt thermisch isolierend, um eine Kühlung des Stators und des Rotors zu ermöglichen. Das Gehäuse ist bevorzugt fest und dicht verschlossen und weist keine Drehdurchführung oder dergleichen auf. Auch ist das Gehäuse bevorzugt nicht drehbar in Bezug auf das zu lagernde Maschinenelement. Erfindungsgemäß umfasst das supraleitende Magnetlager weiterhin ein drehfest am Maschinenelement anbringbares Kupplungselement, welches außerhalb des Gehäuses koaxial zum Rotor angeordnet ist und drehfest mit dem Rotor magnetisch gekoppelt ist. Das Kupplungselement kann als integraler Bestandteil des zu lagernden Maschinenelementes ausgebildet sein. Eine Wandung des Gehäuses befindet sich zwischen dem Rotor und dem Kupplungselement, wodurch die magnetische Kopplung zwischen dem Kupplungselement und dem Rotor jedoch nicht oder nur kaum beeinträchtigt wird. Mithilfe des Kupplungselementes ist das Maschinenelement an das Magnetlager koppelbar, sodass das Maschinenelement durch das supraleitende Magnetlager rotativ gelagert wird. Wenn sich das Maschinenelement dreht, so drehen sich auch das daran befestigte Kupplungselement und der am Kupplungselement drehfest angekoppelte Rotor, welcher gegenüber dem Stator magnetisch gelagert ist.

Ein besonderer Vorteil des erfindungsgemäßen supraleitenden Magnetlagers besteht darin, dass einerseits die Verwendung von supraleitenden Materialien sowohl für den Rotor als auch für den Stator die Erzeugung hoher magnetischer Kräfte zur Lagerung des Maschinenelementes ermöglicht, und andererseits keine Drehdurchführung oder dergleichen erforderlich ist, um ein sich bewegendes Teil aus einem gekühlten Bereich in einen nicht gekühlten Bereich zu überführen. Die Kühlung des Rotors und des Stators kann hocheffektiv in dem verschlossenen Gehäuse erfolgen.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen supraleitenden Magnetlagers ist am Kupplungselement mindestens ein Permanentmagnet befestigt, welcher mit dem Rotor magnetisch gekoppelt ist. Dabei kann das Kupplungselement vollständig durch den einen oder durch die mehreren Permanentmagneten gebildet sein. Die magnetische Kopplung des einen oder der mehreren Permanentmagneten an den Rotor erfolgt bevorzugt dadurch, dass der eine bzw. die mehreren Permanentmagneten mit dem zweiten supraleitenden Material des Rotors magnetisch gekoppelt sind. Der eine oder die mehreren Permanentmagneten sind bevorzugt auf einer dem Gehäuse zuzuwendenden Stirnfläche des zu lagernden Maschinenelementes angeordnet. Bevorzugt sind mehrere der Permanentmagneten am Kupplungselement befestigt. Besonders bevorzugt beträgt die Anzahl der Permanentmagneten gleich vier oder ein Mehrfaches von vier, wobei sich die Permanentmagneten in einer so genannten Halbach-Anordnung befinden.

Das zweite supraleitende Material weist bevorzugt kristalline Störstellen auf, durch welche das Magnetfeld des Permanentmagneten hindurch geleitet wird. Das Magnetfeld wird aufgrund des Meißner-Ochsenfeld-Effektes vor allem in die Störstellen gedrängt, was auch als Einfrieren des Magnetfeldes bezeichnet wird. Dadurch werden die kristallinen Störstellen durch die Magnetkräfte des Permanentmagneten gehalten, was auch als Pinning bezeichnet wird. Das Pinning führt zu einer belastbaren drehfesten magnetischen Kopplung des Permanentmagneten an das zweite supraleitende Material. Als zweites supraleitendes Material eignet sich insbesondere ein Supraleiter der Typs II.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen supraleitenden Magnetlagers weist der Permanentmagnet eine Zylinderform auf, deren Achse in einer Rotationsachse des Magnetlagers liegt. Eine kreisförmige Grundfläche der Zylinderform des Permanentmagneten steht einer kreisförmigen Grundfläche des Rotors parallel und koaxial gegenüber, wobei sich zwischen der kreisförmigen Grundfläche der Zylinderform des Permanentmagne-

ten und der kreisförmigen Grundfläche des Rotors eine Wandung des Gehäuses befindet.

Der Permanentmagnet weist bevorzugt mehrere magnetische Pole auf, welche dem Rotor gegenüberstehen. Hierdurch kann ein großes Drehmoment zur drehfesten Ankopplung des drehfesten Permanentmagneten am Rotor gewährleistet werden. Hierbei sind die mehreren magnetischen Pole bevorzugt abwechselnd gepolt.

An dem Permanentmagneten sind bevorzugt Flussleitelemente zur Leitung des magnetischen Flusses in Richtung des Rotors angeordnet. Die Flussleitelemente dienen dazu, den magnetischen Fluss in Richtung des Rotors auszurichten, sodass eine hoch belastbare drehfeste Ankopplung des Kupplungselementes am Rotor gewährleistet werden kann.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen supraleitenden Magnetlagers weist das sich zwischen dem Permanentmagneten und dem Rotor ausbildende Magnetfeld in allen Raumrichtungen einen Gradienten auf, welcher mindestens 10 mT/m beträgt. Hierdurch werden große Kräfte zur Kopplung des Kupplungselementes am Rotor erzeugt. Besonders bevorzugt betragen die Gradienten des sich ausbildenden Magnetfeldes in allen Raumrichtungen mindestens 100 mT/m.

Das Gehäuse ist bevorzugt als Kryostat oder als Teil eines Kryostaten ausgebildet. Bei dem Kryostaten handelt es sich um ein Kühlgerät, mit welchen sehr tiefe Temperaturen konstant eingehalten werden können. Dabei umfasst der Kryostat bevorzugt eine Kühleinrichtung, welche im Gehäuse oder beabstandet zum Gehäuse angeordnet sein kann.

Bei dem zweiten supraleitenden Material des Rotors handelt es sich bevorzugt um ein supraleitendes Material zweiter Art, besonders bevorzugt um einen Hochtemperatursupraleiter. Dabei ist das zweite supraleitende Material bevor-

zugt als ein Korpus des Rotors ausgebildet. Supraleitende Materialien zweiter Art werden auch als Typ II bezeichnet.

Der Stator ist bevorzugt durch eine supraleitende Gradientenspule aus dem ersten supraleitenden Material gebildet. Bei einer alternativen bevorzugten Ausführungsform besitzt der Stator einen Korpus aus dem ersten supraleitenden Material. Bei dem ersten supraleitenden Material handelt es sich bevorzugt um ein supraleitendes Material zweiter Art, besonders bevorzugt um einen Hochtemperatursupraleiter. Insofern sowohl der Stator als auch der Rotor einen Korpus aus dem supraleitenden Material besitzen, ist eine so genannte Doppel-Bulk-Anordnung ausgebildet.

Der Stator weist bevorzugt die Form eines Hohlzylinders auf, während der Rotor die Form eines Zylinders besitzt. Dabei ist der Rotor koaxial zum Stator in der Hohlform des Stators angeordnet.

Das Gehäuse ist bevorzugt hohlzylinderförmig ausgebildet, durch welches der Stator formschlüssig aufgenommen wird.

Weitere Vorteile, Einzelheiten und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Magnetlagers, unter Bezugnahme auf die Zeichnung.

Die einzige Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen supraleitenden Magnetlagers in einer Querschnittsansicht. Das supraleitende Magnetlager umfasst zunächst einen zylinderförmigen Rotor 01 aus einem Supraleiter des Typs II. Der Rotor 01 ist koaxial zu einem hohlzylinderförmigen Stator 02 angeordnet, welcher ebenfalls aus einem Supraleiter des Typs II besteht, sodass der Rotor 01 und der Stator 02 eine Doppel-Bulk-Anordnung ausbilden. Alternativ können der Rotor 01 und/oder der Stator 02 eine oder mehrere Spulen aus einem Supraleiter umfassen. Der Rotor 01 ist um eine Rotationsachse 03 gegenüber dem Stator 02 drehbar. Es bildet sich ein Magnetfeld zwischen dem Rotor 01 und dem Stator 02 aus, welches durch

Feldlinien 04 angedeutet ist und Kräfte zur rotativen Lagerung des Rotors 01 gegenüber dem Stator 02 bewirkt. Der Rotor 01 und der Stator 02 befinden sich gemeinsam in einem abgeschlossenen Kryostaten 06. Mithilfe des Kryostaten 06 werden der Rotor 01 und der Stator 02 permanent auf eine Temperatur abgekühlt, welche niedriger ist als die Sprungtemperatur der supraleitenden Materialien des Rotors 01 und des Stators 02. Folglich befinden sich der Rotor 01 und der Stator 02 in einem supraleitenden Zustand. Der Kryostat 06 weist keine mechanische Durchführung zur Übertragung einer Kraft oder eines Drehmomentes auf. Somit kann die Dichtheit des Kryostaten 06 aufwandsarm gewährleistet werden.

Das supraleitende Magnetlager umfasst weiterhin ein Kupplungselement 07, welches an einer zu lagernden Welle 08 befestigt ist. Das Kupplungselement 07 weist die Form eines flachen Zylinders auf. Der Rotor 01, das Kupplungselement 07 und die zu lagernde Welle 08 sind koaxial zueinander angeordnet. Sie drehen sich gemeinsam um die Rotationsachse 03 des Magnetlagers. Das Kupplungselement 07 und die damit fest verbundene Welle 08 befinden sich vollständig außerhalb des Kryostaten 06.

Das Kupplungselement 07 besteht aus einem permanentmagnetischen Material. Durch die vom Magnetfeld des permanentmagnetischen Materials bewirkte Kraft auf den Rotor 01 ist das Kupplungselement 07 drehfest mit dem Rotor 01 verbunden. Auf einer dem Rotor 01 gegenüberstehenden Grundfläche 09 des Kupplungselementes 07 sind Flussleitelemente 11 angeordnet, um das magnetische Feld des permanentmagnetischen Materials des Kupplungselementes 07 in Richtung des Rotors 01 auszurichten. Dieses Magnetfeld ist durch Feldlinien 12 angedeutet und wird durch kristalline Störstellen im supraleitenden Material des Rotors 01 geleitet, sodass es zum so genannten Pinning kommt. Hierdurch wird eine belastbare drehfeste Verbindung zwischen dem Kupplungselement 07 und dem Rotor 01 ausgebildet. Der Kryostat 06 ist so auszuführen, dass er den Rotor 01 nicht gegenüber dem Kupplungselement 07 magnetisch abschirmt.

Das Kupplungselement 07 und die Welle 08 müssen nicht gekühlt werden, sodass keine besonderen Maßnahmen zur Kühlung außerhalb des Kryostaten 06 erforderlich sind.

Bezugszeichenliste

01	Rotor
02	Stator
03	Rotationsachse
04	Feldlinien
05	–
06	Kryostat
07	Kupplungselement
08	zu lagernde Welle
09	kreisförmige Grundfläche
10	–
11	Flussleitelemente
12	Feldlinien

Patentansprüche

1. Supraleitendes Magnetlager zur rotativen Lagerung eines Maschinenelementes (08), mit:
   - einem Stator (02), umfassend ein erstes supraleitendes Material;
   - einem gegenüber dem Stator (02) rotierbaren Rotor (01) umfassend ein zweites supraleitendes Material; und
   - einem den Stator (02) und den Rotor (01) umschließenden Gehäuse (06) zur gemeinsamen Temperierung des Stators (02) und des Rotors (01);

   dadurch gekennzeichnet, dass es weiterhin ein drehfest am Maschinenelement (08) anbringbares Kupplungselement (07) umfasst, welches außerhalb des Gehäuses (06) koaxial zum Rotor (01) angeordnet ist und drehfest mit dem Rotor (01) magnetisch gekoppelt ist.

2. Supraleitendes Magnetlager nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass am Kupplungselement ein Permanentmagnet (07) befestigt ist, welcher drehfest mit dem Rotor (01) magnetisch gekoppelt ist.

3. Supraleitendes Magnetlager nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite supraleitende Material kristalline Störstellen aufweist, durch welche das Magnetfeld des Permanentmagneten (07) geleitet wird.

4. Supraleitendes Magnetlager nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Permanentmagnet (07) eine Zylinderform aufweist, deren Achse in einer Rotationsachse (03) des Magnetlagers liegt, wobei eine kreisförmige Grundfläche (09) der Zylinderform einer kreisförmigen Grundfläche des Rotors (01) parallel und koaxial gegenübersteht.

5. Supraleitendes Magnetlager nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Permanentmagneten (07) Flussleitelemente (11) zur Leitung des magnetischen Flusses (12) in Richtung des Rotors (01) angeordnet sind.

6. Supraleitendes Magnetlager nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das sich zwischen dem Permanentmagneten (07) und dem Rotor (01) ausbildende Magnetfeld (12) in allen Raumrichtungen einen Gradienten von mindestens 10 mT/m aufweist.

7. Supraleitendes Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Gehäuse durch einen Kryostaten (06) gebildet ist.

8. Supraleitendes Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite supraleitende Material ein supraleitendes Material zweiter Art ist.

9. Supraleitendes Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (02) durch eine supraleitende Gradientenspule aus dem ersten supraleitenden Material gebildet ist.

10. Supraleitendes Magnetlager nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (02) einen Korpus aus dem ersten supraleitenden Material besitzt.

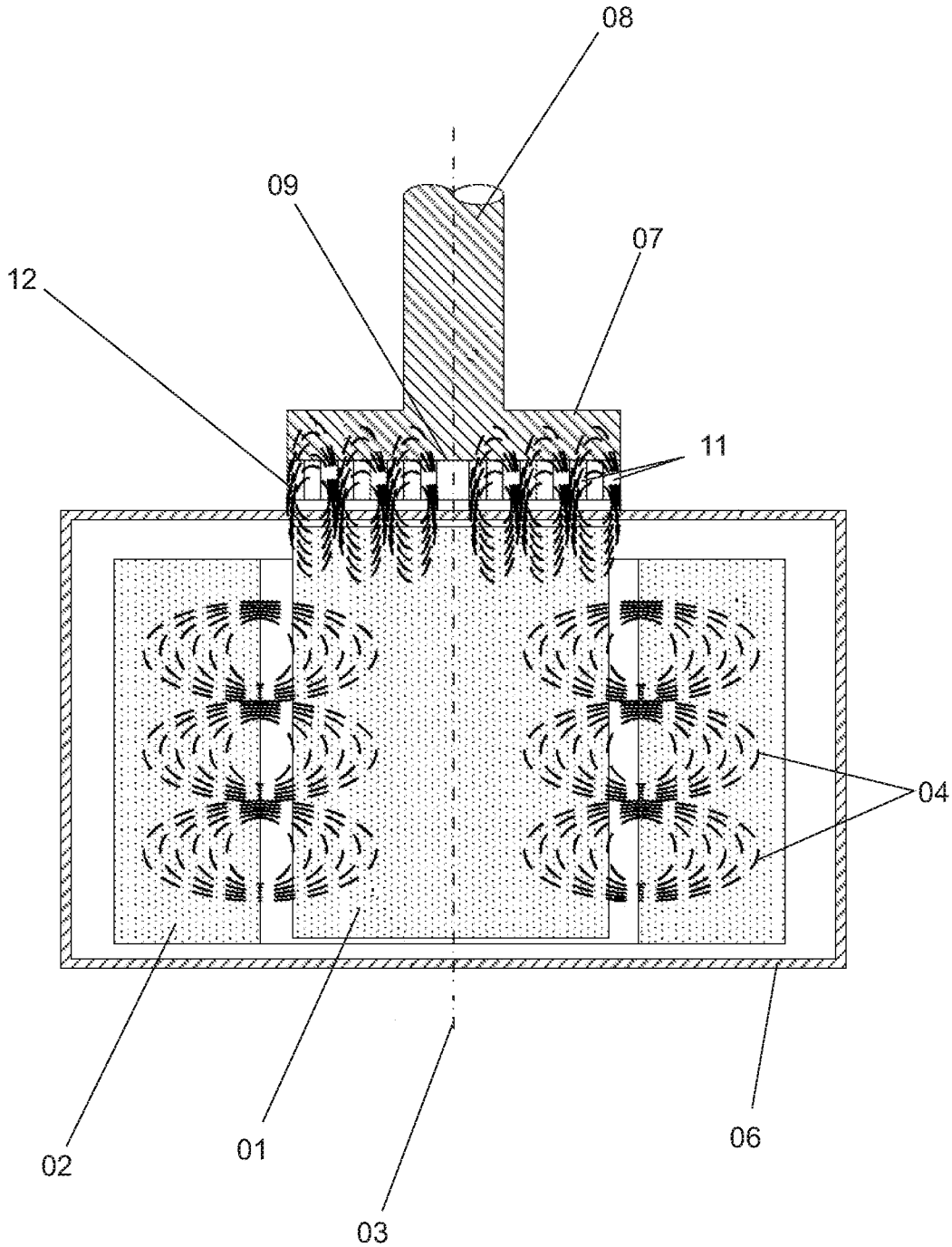


Fig. 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/062966

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02K49/10 F16C32/04
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)
F16C H02K

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 practical, search terms used)
EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2010 081701 A (RAILWAY TECHNICAL RES INST) 8 April 2010 (2010-04-08) abstract; figure 5 paragraphs [0023] - [0025] -----	1,7-9 2-6,10
Y	JP 5 049233 A (KOYO SEIKO CO) 26 February 1993 (1993-02-26) abstract; figures 1-2 -----	2-6
Y	JP 7 312885 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP) 28 November 1995 (1995-11-28) abstract; figure 1 -----	10

☐ 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 document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
30 September 2011	11/10/2011

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Gutiérrez Royo, M

1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2011/062966

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2010081701 A	08-04-2010	NONE	
JP 5049233 A	26-02-1993	JP 3104082 B2	30-10-2000
JP 7312885 A	28-11-1995	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/062966

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02K49/10 F16C32/04
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F16C H02K

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X Y	JP 2010 081701 A (RAILWAY TECHNICAL RES INST) 8. April 2010 (2010-04-08) Zusammenfassung; Abbildung 5 Absätze [0023] - [0025] -----	1,7-9 2-6,10
Y	JP 5 049233 A (KOYO SEIKO CO) 26. Februar 1993 (1993-02-26) Zusammenfassung; Abbildungen 1-2 -----	2-6
Y	JP 7 312885 A (MITSUBISHI MATERIALS CORP) 28. November 1995 (1995-11-28) Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	10

☐ 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" älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
30. September 2011	11/10/2011

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Gutiérrez Royo, M

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2011/062966

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2010081701 A	08-04-2010	KEINE	
JP 5049233 A	26-02-1993	JP 3104082 B2	30-10-2000
JP 7312885 A	28-11-1995	KEINE	