



(11)

EP 3 926 174 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
14.06.2023 Patentblatt 2023/24

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 27/00** ^(2006.01)
F04D 27/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21182566.6**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 19/04; F04D 27/001; F04D 27/0292;
F05D 2270/80

(22) Anmeldetag: **29.06.2021**

(54) **VAKUUMPUMPE**

Vacuum pump

Pompe à vide

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(74) Vertreter: **Manitz Finsterwald**
Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB
Martin-Greif-Strasse 1
80336 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.12.2021 Patentblatt 2021/51

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 108 930 EP-A1- 2 848 816
EP-B1- 3 441 617 JP-A- S63 252 288
US-A1- 2009 324 382 US-A1- 2013 129 482

(73) Patentinhaber: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder: **Sieben, Daniel**
35440 Linden (DE)

EP 3 926 174 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, mit einem um eine Rotationsachse drehbaren Rotor.

[0002] Eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1 ist aus der EP 2 108 930 A1 bekannt und dient üblicherweise zur Evakuierung eines mit der Vakuumpumpe verbundenen Rezipienten, wie zum Beispiel der Kammer einer Beschichtungsanlage oder eines Elektronenmikroskops. Bisweilen werden Vakuumpumpen der eingangs genannten Art auch in einer Umgebung mit Magnetfeldern betrieben, insbesondere in einer Umgebung, in welcher ein im Vergleich zum Erdmagnetfeld stärkeres Magnetfeld vorliegt.

[0003] Das Vorliegen eines solchen externen Magnetfelds kann während des Betriebs der Vakuumpumpe zu einer kritischen Situation führen, wie es beispielsweise in der JP S63 252288 A oder US 2013 / 0129482 A1 geschildert ist. Das Magnetfeld kann in dem drehenden Rotor Wirbelströme induzieren, wodurch sich der Rotor erwärmt und infolgedessen ausdehnt. Durch die Wärmeausdehnung des Rotors kann sich der Abstand zwischen dem Rotor und den den Rotor umgebenden feststehenden Bauteilen der Vakuumpumpe, beispielsweise den Statorelementen bei einer Turbomolekularvakuumpumpe, verringern, so dass die Gefahr besteht, dass wegen des konstruktionsbedingten geringen Spaltmaßes zwischen Rotor und Stator ein bestimmungsgemäßer Betrieb der Pumpe nicht mehr möglich ist. Auch bei anderen Pumpentypen kann die Induzierung von Wirbelströmen in den drehenden Bestandteilen des Rotors Probleme bereiten.

[0004] Aus diesem Grund ist bislang vorgesehen, für eine Vakuumpumpe eine Betriebsgrenze für die maximale Stärke des Magnetfelds zu definieren, bis zu welcher die Vakuumpumpe sicher betreibbar ist. Hierbei kann es erforderlich sein, im Vorfeld vor der Inbetriebnahme der Vakuumpumpe aufwendige Messungen des Magnetfelds vorzunehmen. Dies kann aber für Anwendungen unbefriedigend sein, bei welchen keine konstanten Magnetfeldbedingungen vorliegen, wie es z.B. in der Forschung und Entwicklung und beim Betrieb von Beschichtungsanlagen der Fall ist.

[0005] Eine Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vakuumpumpe zu schaffen, welche auch in einer Umgebung mit vergleichsweise hohen und insbesondere zeitlich variierenden Magnetfeldern sicher betreibbar ist.

[0006] Die Aufgabe wird jeweils mit einer Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1, einer Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 14 und einem Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 13 gelöst. Des Weiteren ist gemäß Anspruch 15 die Verwendung eines Magnetfeldsensors und einer mit diesem verbundenen Steuer- und/oder Auswerteeinheit zur Lösung der Aufgabe vorgesehen. Der Erfindung liegt der allgemeine Gedanke zugrunde, eine Vakuumpumpe mit einem Sensor auszustatten, welcher ein die Vakuumpumpe umge-

bendes externes Magnetfeld, erfasst. Anhand des erfassten Magnetfelds kann die Steuer- und/oder Auswerteeinheit erkennen, ob das externe Magnetfeld für den Betrieb der Vakuumpumpe kritisch ist, und in Abhängigkeit von zumindest einer Bedingung eine Maßnahme ergreifen, welche einen sicheren Betrieb der Vakuumpumpe ermöglicht. Mit anderen Worten kann die Vakuumpumpe selbst ein sie umgebendes Magnetfeld überwachen und bei einer kritischen Situation durch Ergreifen einer von einer Bedingung abhängigen Maßnahme sich selbst in einen sicheren Zustand überführen. Ein sicherer Zustand der Vakuumpumpe ist insbesondere ein Zustand, in dem die Vakuumpumpe keinen Schaden nimmt.

[0007] Die Maßnahme kann insbesondere darin bestehen, den Betrieb der Pumpe zumindest vorübergehend zu modifizieren, zum Beispiel einer Induktion von Wirbelströmen entgegenzuwirken und den Rotor zu verlangsamen oder stillzusetzen. Prinzipiell ist es alternativ auch möglich, interne oder externe Kühleinrichtungen - sofern vorhanden - zu aktivieren, so dass nicht in den eigentlichen Betrieb der Pumpe eingegriffen zu werden braucht.

[0008] Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Beschreibung, den abhängigen Ansprüchen sowie der Zeichnung zu entnehmen.

[0009] Bevorzugt erfolgt die Erfassung des Magnetfelds durch den Sensor und/oder die Auswertung des erfassten Magnetfelds durch die Steuer- und/oder Auswerteeinheit kontinuierlich.

[0010] Die Steuer- und/oder Auswerteeinheit kann in die Vakuumpumpe integriert sein, d.h. die Steuer- und/oder Auswerteeinheit ist vorzugsweise ein Bestandteil der Vakuumpumpe.

[0011] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung ist die Steuer- und/oder Auswerteeinheit dazu ausgebildet, bei der Auswertung die momentane Drehzahl des Rotors zu berücksichtigen, da die in dem Rotor induzierten Wirbelströme nicht nur von der Stärke des Magnetfeldes, sondern auch von der Umfangs- oder Bahngeschwindigkeit der Rotorkomponenten, bei einer Turbomolekularpumpe also insbesondere der Rotorscheiben, abhängig sind. Die Größe der Rotorkomponenten, insbesondere deren Durchmesser, einer jeweiligen Vakuumpumpe ist bekannt und kann folglich bei der Auswertung berücksichtigt werden.

[0012] Zusätzlich oder alternativ kann die Bedingung und/oder Maßnahme von der momentanen Drehzahl des Rotors abhängig sein. Beispielsweise kann in der Steuer- und Auswerteeinheit für jede Drehzahl des Rotors ein Magnetfeldstärkewert hinterlegt sein, bis zu welchem eine Erwärmung des Rotors infolge der durch das Magnetfeld induzierten Wirbelströme noch akzeptabel ist.

[0013] Insbesondere ist die Steuer- und/oder Auswerteeinheit dazu ausgebildet, das erfasste Magnetfeld hinsichtlich seiner Stärke auszuwerten und die dadurch erhaltene Magnetfeldstärke mit einem vorgebbaren Grenzwert für die Magnetfeldstärke zu vergleichen, wobei die Bedingung erfüllt ist, wenn die erhaltene Magnetfeldstär-

ke den Grenzwert überschreitet. Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, eine Auswertung hinsichtlich einer oder mehrerer anderer Eigenschaften des Magnetfeldes vorzunehmen, beispielsweise hinsichtlich seines zeitlichen Verhaltens, um so z.B. unabhängig von der absoluten Stärke des Magnetfeldes eine Maßnahme zu ergreifen, wenn beispielsweise die zeitlichen Schwankungen größerer sind als ein vorgegebenes Maß.

[0014] Bei Erfüllung der Bedingung kann eine Maßnahme darin bestehen, ein Warnsignal zu erzeugen. Das Warnsignal kann an einer Ausgabeeinrichtung ausgegeben werden. Beispielsweise kann die Ausgabeeinrichtung eine Anzeigeeinheit eines Rechners oder eines mobilen Endgeräts sein. Alternativ oder zusätzlich kann das Warnsignal in Form eines visuellen Signals an einem optischen Signalgeber und/oder in Form eines akustischen Signals an einem akustischen Signalgeber ausgegeben werden.

[0015] Zusätzlich oder alternativ kann die Maßnahme aber auch darin bestehen, die Drehzahl des Rotors zu reduzieren. Eine Reduzierung der Rotordrehzahl kann bei einer Grenzwertüberschreitung der Magnetfeldstärke beispielsweise dann angemessen sein, wenn weiterhin eine zufriedenstellende Pumpleistung der Vakuumpumpe bei reduzierter Rotordrehzahl möglich ist. Da die in dem drehenden Rotor induzierten Wirbelströme sowohl von der der Antriebselektronik der Pumpe ohnehin bekannten Drehzahl des Rotors als auch von der Stärke des Magnetfeldes abhängen, kann die Reduzierung der Rotordrehzahl in Abhängigkeit von der aktuellen Rotordrehzahl und/oder der aktuell erfassten Magnetfeldstärke erfolgen. Insbesondere kann der Grenzwert in Abhängigkeit von der erfassten Magnetfeldstärke so wählbar oder stetig anpassbar sein, dass die Vakuumpumpe stets mit einer maximal möglichen Drehzahl des Rotors betreibbar ist.

[0016] Ferner kann vorgesehen sein, dass während der Beschleunigung des Rotors, insbesondere nach der Inbetriebnahme der Vakuumpumpe, bei Erreichen des Grenzwertes die Drehzahl des Rotors vorerst konstant gehalten und erst bei Erfassung einer geringeren Magnetfeldstärke weiter erhöht oder bei Erfassung einer höheren Magnetfeldstärke wieder reduziert wird.

[0017] Ferner kann eine Maßnahme darin bestehen, die Vakuumpumpe auszuschalten oder zumindest den Antrieb des Rotors abzuschalten. Diese Maßnahme kann beispielsweise bei der Erfassung eines besonders starken Magnetfeldes erforderlich sein.

[0018] Es kann vorgesehen sein, dass die Steuer- und/oder Auswerteeinheit nicht nur eine Maßnahme ergreift, sondern in Abhängigkeit von verschiedenen, insbesondere zunehmenden, Magnetfeldstärken unterschiedliche, insbesondere zunehmend stärker in den Betrieb der Pumpe eingreifende, Maßnahmen veranlasst. Beispielsweise kann die Erzeugung des Warnsignals bei Überschreiten eines ersten Grenzwerts veranlasst werden. Bei Überschreiten eines zweiten Grenzwerts, welcher größer ist als der erste Grenzwert, kann die Steuer-

und/oder Auswerteeinheit dann die Reduzierung der Rotordrehzahl veranlassen. Schließlich kann die Steuer- und/oder Auswerteeinheit bei Überschreiten eines dritten Grenzwertes, welcher größer als der zweite Grenzwert ist, veranlassen, den Antrieb des Rotors abzuschalten oder die Vakuumpumpe gänzlich auszuschalten.

[0019] Vorzugsweise ist die Steuer- und/oder Auswerteeinheit dazu ausgebildet, bei der Auswertung nur diejenigen Komponenten des erfassten Magnetfeldes zu berücksichtigen, welche eine von der Ausrichtung der Rotationsachse des Rotors abweichende Ausrichtung aufweisen. Mit anderen Worten berücksichtigt die Steuer- und/oder Auswerteeinheit nur die Komponenten des Magnetfeldes, welche nicht parallel zur Rotationsachse des Rotors ausgerichtet sind, da die parallel zur Rotationsachse des Rotors ausgerichtete Komponente des Magnetfeldes in dem drehenden Rotor keine Wirbelströme induziert. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Steuer- und/oder Auswerteeinheit nur die Komponente des erfassten Magnetfeldes berücksichtigt, welche rechtwinklig zur Rotationsachse des Rotors verläuft.

[0020] Gemäß einer möglichen Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der Sensor nur zur Erfassung derjenigen Komponenten des Magnetfeldes angeordnet und/oder ausgebildet ist, welche eine von der Ausrichtung der Rotationsachse des Rotors abweichende Ausrichtung aufweisen, insbesondere nur derjenigen Komponente des Magnetfeldes, die rechtwinklig zur Rotationsachse verläuft. Die Erfassung nur einer für die Auswertung relevanten Komponente des Magnetfeldes kann also beispielsweise bereits durch die bei der Sensormontage festlegbare Orientierung des Sensors relativ zur Rotationsachse des Rotors erreicht werden.

[0021] Der Sensor kann gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung auf einer Außenseite der Vakuumpumpe angebracht oder anbringbar sein. Vorhandene Vakuumpumpen können so besonders einfach nachgerüstet werden.

[0022] Alternativ kann der Sensor in eine Antriebselektronik der Vakuumpumpe integriert oder integrierbar sein und/oder auf einer Leiterplatte der Vakuumpumpe angeordnet oder anordenbar sein. Dabei kann die Leiterplatte auch unter anderem die Steuer- und/oder Auswerteeinheit tragen.

[0023] Während des Betriebs der Vakuumpumpe können stromdurchflossene Leiter und/oder ein Antrieb des Rotors und/oder ein zur Lagerung des Rotors verwendetes Magnetlager ein Magnetfeld erzeugen. Damit die Erfassung des externen Magnetfeldes nicht durch derartige interne Magnetfelder beeinflusst oder verfälscht wird, ist gemäß einem Aspekt der Erfindung vorgesehen, dass die Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung dazu ausgebildet ist, für einen vorgebbaren Zeitraum eine Stromzufuhr zur Vakuumpumpe, insbesondere eine Stromzufuhr zu einem den Rotor in Drehung versetzenden Antrieb, zu unterbrechen und die Maßnahme nur auf der Basis eines während der Unterbrechung der Stromzufuhr erfassten Magnetfeldes zu ergreifen.

[0024] Vorzugsweise erfolgt die Unterbrechung der Stromzufuhr in vorgebbaren Intervallen, insbesondere in regelmäßigen Intervallen. Hierdurch kann regelmäßig eine aktuelle, unverfälschte Erfassung bzw. Auswertung des Magnetfelds vorgenommen werden.

[0025] Beispielsweise wird nach dem Erreichen der jeweiligen Enddrehzahl des Pumpenrotors alle 10 Minuten der Antrieb des Rotors für eine Sekunde unterbrochen, um in diesem Zeitraum die Messung durchzuführen, d. h. das Magnetfeld zu erfassen bzw. bei permanenter Magnetfelderfassung die Auswertung vorzunehmen.

[0026] Der Sensor kann ein Magnetfeldsensor auf der Grundlage eines mikroelektromechanischen Systems sein, d.h. ein sogenannter MEMS-Magnetfeldsensor. Derartige Magnetfeldsensoren sind als Massenware kostengünstig verfügbar. Alternativ kann der Sensor in Form eines Hall-Sensors, eines GMR-Sensors, eines AMR-Sensors oder eines Fluxgate-Magnetfeldsensors ausgestaltet sein. Ein GMR-Sensor ist ein Magnetfeldsensor auf der Basis des Riesenmagnetowiderstand-Effekts. Ein AMR-Sensor ist Magnetfeldsensor auf der Basis des anisotropen Magnetowiderstand-Effekts.

[0027] Wie bereits erwähnt, schafft die Erfindung die Möglichkeit, existierende Vakuumpumpen mit einem Magnetfeldsensor nachzurüsten.

[0028] Die Erfindung betrifft außerdem ein Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe, insbesondere einer Vakuumpumpe wie hierin offenbart, wobei die Vakuumpumpe einen um eine Rotationsachse drehbaren Rotor umfasst und wobei ein Sensor zur Erfassung eines Magnetfelds vorgesehen ist, welcher mit einer Steuer- und/oder Auswerteeinheit verbunden ist, wobei die Steuer- und/oder Auswerteeinheit dazu ausgebildet ist, das erfasste Magnetfeld auszuwerten und auf der Basis der Auswertung in Abhängigkeit von zumindest einer Bedingung eine Maßnahme zu ergreifen, wobei bei dem Verfahren mittels des Sensors ein Magnetfeld ein externes, nicht von der im Betrieb befindlichen Vakuumpumpe selbst erzeugtes Magnetfeld erfasst und mittels einer Steuer- und Auswerteeinheit ausgewertet wird, wobei automatisch eine Maßnahme ergriffen wird, wenn das Ergebnis der Auswertung eine vorgebbare oder vorgegebene Bedingung erfüllt.

[0029] Ferner betrifft die Erfindung die Verwendung eines Magnetfeldsensors und einer mit diesem verbundenen Steuer- und/oder Auswerteeinheit zum Erfassen externer Magnetfelder während des Betriebs einer wie hierin offenbarten Vakuumpumpe und zum automatischen Eingriff in den Betrieb der Vakuumpumpe in Abhängigkeit von zumindest einer ermittelten Eigenschaft des erfassten Magnetfeldes.

[0030] Nachfolgend wird die Erfindung rein beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe gemäß dem Stand der Technik,

Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,

5 Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittrlinie A-A,

Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittrlinie B-B,

10 Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittrlinie C-C, und

15 Fig. 6 eine Ansicht entsprechend Fig. 3 einer erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe mit unterschiedlichen Anbringungsstellen eines Sensors zur Erfassung eines Magnetfelds.

20 **[0031]** In Fig. 1 bis 5 ist eine bekannte Vakuumpumpe 111 in Form einer Turbomolekularpumpe 111 dargestellt, welche mit einem Sensor 225 zur Erfassung eines Magnetfelds versehen werden kann, was anhand von Fig. 6 näher erläutert wird, wo beispielhaft verschiedene Stellen gezeigt sind, an welchen der Sensor 225 vorgesehen sein kann. Die nachfolgenden Ausführungen in Verbindung mit den Fig. 1 bis 5 gelten folglich auch für die erfindungsgemäße Vakuumpumpe der Fig. 6.

25 **[0032]** Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 umfasst einen von einem Einlassflansch 113 umgebenen Pumpeneinlass 115, an welchen in an sich bekannter Weise ein nicht dargestellter Rezipient angeschlossen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakuumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angeschlossen sein kann.

30 **[0033]** Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z. B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125 (vgl. auch Fig. 3). Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

35 **[0034]** Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

40 **[0035]** Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe

111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, eingelassen werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann. Andere existierende Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0036] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1 gezeigt ist. Es lassen sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach oben gerichtet angeordnet werden kann. Grundsätzlich sind dabei beliebige Winkel möglich.

[0037] Andere existierende Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0038] An der Unterseite 141, die in Fig. 2 dargestellt ist, sind noch diverse Schrauben 143 angeordnet, mittels denen hier nicht weiter spezifizierte Bauteile der Vakuumpumpe aneinander befestigt sind. Beispielsweise ist ein Lagerdeckel 145 an der Unterseite 141 befestigt.

[0039] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann. Dies ist bei anderen existierenden Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0040] In den Fig. 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0041] Wie die Schnittdarstellungen der Fig. 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0042] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0043] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotorwelle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Dabei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pumpstufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0044] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0045] Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst eine an der Rotorwelle 153 angeordnete Rotornabe 161 und zwei an der Rotornabe 161 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 163, 165, die coaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls coaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0046] Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind durch die Mantelflächen, also durch die radialen Innen- und/oder Außenflächen, der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 und der Holweck-Statorhülsen 167, 169 gebildet. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Statorhülse 167 liegt der radialen Außenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 171 gegenüber und bildet mit dieser die der Turbomolekularpumpen nachfolgende erste Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der äußeren Holweck-Rotorhülse 163 steht der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenüber und bildet mit dieser eine zweite Holweck-Pumpstufe. Die radiale Innenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 liegt der radialen Außenfläche der inneren Holweck-Rotorhülse 165 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 175 gegenüber und bildet mit dieser die dritte Holweck-Pumpstufe.

[0047] Am unteren Ende der Holweck-Rotorhülse 163 kann ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der radial außenliegende Holweck-Spalt 171 mit dem mittleren Holweck-Spalt 173 verbunden ist. Außerdem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Statorhülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Dadurch werden die ineinander geschachtelten Holweck-Pumpstufen in Serie miteinander geschaltet. Am unteren Ende der radial innenliegenden Holweck-Rotorhülse 165 kann ferner ein Verbindungskanal 179 zum Auslass 117

vorgesehen sein.

[0048] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen jeweils mehrere spiralförmig um die Rotationsachse 151 herum in axialer Richtung verlaufende Holweck-Nuten auf, während die gegenüberliegenden Mantelflächen der Holweck-Rotorhülsen 163, 165 glatt ausgebildet sind und das Gas zum Betrieb der Vakuumpumpe 111 in den Holweck-Nuten vorantreiben.

[0049] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslasses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0050] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Rotorwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit mindestens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Bei anderen existierenden Turbomolekularvakuumumpumpen (nicht dargestellt) kann anstelle einer Spritzmutter eine Spritzschraube vorgesehen sein. Da somit unterschiedliche Ausführungen möglich sind, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff "Spritzspitze" verwendet.

[0051] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0052] Im Betrieb der Vakuumpumpe 111 wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 185 übertragen und in Folge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 185 in Richtung des größer werdenden Außendurchmessers der Spritzmutter 185 zu dem Wälzlager 181 hin gefördert, wo es z.B. eine schmierende Funktion erfüllt. Das Wälzlager 181 und der Betriebsmittelspeicher sind durch einen wannenförmigen Einsatz 189 und den Lagerdeckel 145 in der Vakuumpumpe eingefasst.

[0053] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205

des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 201 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0054] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff gelangt, ist groß genug bemessen, sodass das Fanglager 215 im normalen Betrieb der Vakuumpumpe nicht in Eingriff gelangt, und gleichzeitig klein genug, sodass eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen unter allen Umständen verhindert wird.

[0055] Die Vakuumpumpe 111 umfasst den Elektromotor 125 zum drehenden Antreiben des Rotors 149. Der Anker des Elektromotors 125 ist durch den Rotor 149 gebildet, dessen Rotorwelle 153 sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckt. Auf den sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt der Rotorwelle 153 kann radial außenseitig oder eingebettet eine Permanentmagnetanordnung angeordnet sein. Zwischen dem Motorstator 217 und dem sich durch den Motorstator 217 hindurch erstreckenden Abschnitt des Rotors 149 ist ein Zwischenraum 219 angeordnet, welcher einen radialen Motorspalt umfasst, über den sich der Motorstator 217 und die Permanentmagnetanordnung zur Übertragung des Antriebsmoments magnetisch beeinflussen können.

[0056] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0057] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Mo-

torraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 217 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0058] Bei der erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe gemäß Fig. 6 ist der Magnetfeldsensor 225 mit einer Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 verbunden, welche in dem dargestellten Ausführungsbeispiel im Elektronikgehäuse 123 untergebracht ist. Gemäß einer möglichen Ausgestaltung ist der Sensor 225 zusammen mit der Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 auf einer Leiterplatte 229 in dem Elektronikgehäuse 123 angeordnet. Wenn diese Leiterplatte 229 nicht ohnehin ein Bestandteil der Antriebselektronik der Vakuumpumpe ist, dann kann alternativ der Sensor 225 auch in diese Antriebselektronik integriert sein. Bei Anbringung an einer Leiterplatte (Platine) kann der Sensor 225 auch auf einer Leiterplatte vorgesehen sein, die nicht im Elektronikgehäuse 123, sondern innerhalb der Pumpe angeordnet ist. Gemäß einer anderen möglichen Ausgestaltung kann der Sensor 225 auf einer Außenseite der Vakuumpumpe 111, wie in Fig. 6 schematisch gezeigt, angebracht und mittels nicht dargestellter Leitungen mit der Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 verbunden sein. Der Sensor 225 und die Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 können auch gemeinsam eine Baugruppe bilden, die als eine Einheit an einer grundsätzlich beliebigen Stelle der Vakuumpumpe angebracht sein kann.

[0059] Die Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 ist dazu ausgebildet, das von dem Sensor 225 erfasste Magnetfeld auszuwerten. Insbesondere dient die Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 dazu, die Stärke des erfassten Magnetfelds zu bestimmen. Die Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 dient außerdem dazu, auf der Basis der Auswertung in Abhängigkeit von zumindest einer Bedingung eine Maßnahme zu ergreifen.

[0060] Beispielsweise kann eine jeweilige Bedingung erfüllt sein, wenn die Stärke des erfassten Magnetfelds einen vorgebbaren Grenzwert überschreitet. Die Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 kann dann als zu ergreifende Maßnahme zum Beispiel ein Warnsignal erzeugen. Es ist aber auch möglich, dass die Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 die Drehzahl des Rotors 149 reduziert. In anderen Fällen kann die Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 auch ein Ausschalten der Vakuumpumpe 111 veranlassen.

[0061] Generell können die zu ergreifende Maßnahme und die Bedingung, die erfüllt sein muss, damit die Maßnahme ergriffen wird, von vielen Faktoren abhängig sein, beispielsweise von Eigenschaften der Vakuumpumpe wie z.B. der Nenndrehzahl und der Umfangs- oder Bahngeschwindigkeit der Rotorscheiben.

[0062] Vorzugsweise berücksichtigt die Steuer- und/oder Auswerteeinheit 227 und/oder erfasst der Sensor 225 nur die Komponente des Magnetfelds, welche rechtwinklig zur Rotationsachse 151 des Rotors 149 verläuft, da diese Komponente für die Induzierung von Wir-

belströmen in dem drehenden Rotor 149 verantwortlich ist und axiale, also parallel zur Rotationsachse verlaufende Komponenten des Magnetfeldes für den Betrieb der Vakuumpumpe unbedenklich sind. In Abhängigkeit von seiner konkreten Ausgestaltung kann der Sensor 225 zum Beispiel so angeordnet sein, dass axiale Magnetfelder nicht erfasst werden.

[0063] Der Sensor 225 ist vorzugsweise als kostengünstiger MEMS-Magnetfeldsensor ausgestaltet, kann aber auch in Form eines Hall-Sensors, eines GMR-Sensors, eines AMR-Sensors oder eines Fluxgate-Magnetfeldsensors vorgesehen sein.

Bezugszeichenliste

[0064]

111	Turbomolekularpumpe
113	Einlassflansch
115	Pumpeneinlass
117	Pumpenauslass
119	Gehäuse
121	Unterteil
123	Elektronikgehäuse
125	Elektromotor
127	Zubehöranschluss
129	Datenschnittstelle
131	Stromversorgungsanschluss
133	Fluteinlass
135	Sperrgasanschluss
137	Motorraum
139	Kühlmittelanschluss
141	Unterseite
143	Schraube
145	Lagerdeckel
147	Befestigungsbohrung
148	Kühlmittleitung
149	Rotor
151	Rotationsachse
153	Rotorwelle
155	Rotorscheibe
157	Statorscheibe
159	Abstandsring
161	Rotornabe
163	Holweck-Rotorhülse
165	Holweck-Rotorhülse
167	Holweck-Statorhülse
169	Holweck-Statorhülse
171	Holweck-Spalt
173	Holweck-Spalt
175	Holweck-Spalt
179	Verbindungskanal
181	Wälzlager
183	Permanentmagnetlager
185	Spritzmutter
187	Scheibe
189	Einsatz
191	rotorseitige Lagerhälfte

193 statorseitige Lagerhälfte
 195 Ringmagnet
 197 Ringmagnet
 199 Lagerspalt
 201 Trägerabschnitt
 203 Trägerabschnitt
 205 radiale Strebe
 207 Deckelelement
 209 Stützring
 211 Befestigungsring
 213 Tellerfeder
 215 Not- bzw. Fanglager
 217 Motorstator
 219 Zwischenraum
 221 Wandung
 223 Labyrinthdichtung
 225 Sensor
 227 Steuer- und/oder Auswerteeinheit
 229 Leiterplatte

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (111), insbesondere Turbomolekularpumpe (111), mit einem um eine Rotationsachse (151) drehbaren Rotor (149), einem Sensor (225) und einer Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227), wobei der Sensor (225) zur Erfassung eines Magnetfelds vorgesehen und mit der Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) verbunden ist, wobei die Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) dazu ausgebildet ist, das erfasste Magnetfeld auszuwerten und auf der Basis der Auswertung in Abhängigkeit von zumindest einer Bedingung eine Maßnahme zu ergreifen,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Steuer- und/oder Auswerteeinrichtung (227) dazu ausgebildet ist, für einen vorgebbaren Zeitraum eine Stromzufuhr zur Vakuumpumpe (111), insbesondere eine Stromzufuhr zu einem den Rotor (149) in Drehung versetzenden Antrieb, zu unterbrechen, so dass der Sensor (225) ein externes, nicht von der im Betrieb befindlichen Vakuumpumpe (111) selbst erzeugtes Magnetfeld erfassen kann, und die Maßnahme nur auf der Basis eines während der Unterbrechung der Stromzufuhr erfassten Magnetfelds zu ergreifen.
2. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 1, wobei die Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) dazu ausgebildet ist, bei der Auswertung die momentane Drehzahl des Rotors (149) zu berücksichtigen, und/oder wobei die Bedingung und/oder Maßnahme von der momentanen Drehzahl des Rotors (149) abhängig ist.
3. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227)

dazu ausgebildet ist, das erfasste Magnetfeld hinsichtlich seiner Stärke auszuwerten und die dadurch erhaltene Magnetfeldstärke mit einem vorgebbaren Grenzwert für die Magnetfeldstärke zu vergleichen, wobei die Bedingung erfüllt ist, wenn die erhaltene Magnetfeldstärke den Grenzwert überschreitet.

4. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) dazu ausgebildet ist, bei der Auswertung nur diejenigen Komponenten des erfassten Magnetfelds zu berücksichtigen, welche eine von der Ausrichtung der Rotationsachse (151) des Rotors (149) abweichende Ausrichtung aufweisen.
5. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Sensor (225) nur zur Erfassung derjenigen Komponenten des Magnetfelds angeordnet und/oder ausgebildet ist, welche eine von der Ausrichtung der Rotationsachse (151) des Rotors (149) abweichende Ausrichtung aufweisen, insbesondere nur derjenigen Komponente des Magnetfeldes, die rechtwinklig zur Rotationsachse (151) verläuft.
6. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Maßnahme darin besteht, ein Warnsignal zu erzeugen.
7. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Maßnahme darin besteht, eine Drehzahl des Rotors (149) zu reduzieren.
8. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Maßnahme darin besteht, die Vakuumpumpe (111) auszuschalten.
9. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Sensor (225, 225a, 225b) auf einer Außenseite der Vakuumpumpe (111) angebracht oder anbringbar ist, oder wobei der Sensor (225) in eine Antriebselektronik der Vakuumpumpe integriert oder integrierbar ist und/oder auf einer Leiterplatte (229) der Vakuumpumpe (111) angeordnet oder anordenbar ist, insbesondere auf einer Leiterplatte (229), welche die Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) trägt.
10. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Unterbrechung der Stromzufuhr in vorgebbaren Intervallen, insbesondere in regelmäßigen Intervallen, erfolgt.
11. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Sensor (225) ein MEMS-Magnetfeldsensor, ein Hall-Sensor, ein

GMR-Sensor, ein AMR-Sensor oder ein Fluxgate-Magnetfeldsensor ist.

12. Vakuumpumpe (111) nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) in die Vakuumpumpe (111) integriert ist. 5
13. Verfahren zum Betreiben einer Vakuumpumpe (111), insbesondere nach einem der vorstehenden Ansprüche, insbesondere eine Turbomolekularpumpe (111), wobei die Vakuumpumpe (111) einen um eine Rotationsachse (151) drehbaren Rotor (149), einen Sensor (225) und eine Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) umfasst und wobei der Sensor (225) zur Erfassung eines Magnetfelds vorgesehen und mit der Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) verbunden ist, wobei die Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) dazu ausgebildet ist, das erfasste Magnetfeld auszuwerten und auf der Basis der Auswertung in Abhängigkeit von zumindest einer Bedingung eine Maßnahme zu ergreifen, 10
dadurch gekennzeichnet, dass
bei dem Verfahren mittels des Sensors (225) ein externes, nicht von der im Betrieb befindlichen Vakuumpumpe (111) selbst erzeugtes Magnetfeld erfasst und mittels der Steuer- und Auswerteeinheit (227) ausgewertet wird, wobei automatisch eine Maßnahme ergriffen wird, wenn das Ergebnis der Auswertung eine vorgegebene Bedingung erfüllt. 20 25 30
14. Vakuumpumpe (111), insbesondere mit den Merkmalen zumindest eines der Ansprüche 1 bis 12, mit einem um eine Rotationsachse (151) drehbaren Rotor (149), einem Sensor (225) und einer Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227), wobei der Sensor (225) zur Erfassung eines Magnetfelds vorgesehen und mit der Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) verbunden ist, wobei die Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) dazu ausgebildet ist, das erfasste Magnetfeld auszuwerten und auf der Basis der Auswertung in Abhängigkeit von zumindest einer Bedingung eine Maßnahme zu ergreifen, 35
dadurch gekennzeichnet, dass
die Vakuumpumpe (111) dazu ausgebildet ist, ein Verfahren auszuführen, bei dem mittels des Sensors (225) ein externes, nicht von der im Betrieb befindlichen Vakuumpumpe (111) selbst erzeugtes Magnetfeld erfasst und mittels der Steuer- und Auswerteeinheit (227) ausgewertet wird, wobei automatisch eine Maßnahme ergriffen wird, wenn das Ergebnis der Auswertung eine vorgegebene Bedingung erfüllt. 40 45 50
15. Verwendung eines Magnetfeldsensors und einer mit diesem verbundenen Steuer- und/oder Auswerteeinheit (227) zum Erfassen externer Magnetfelder während des Betriebs einer Vakuumpumpe (111), 55

insbesondere einer Turbomolekularvakuumpumpe (111), nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 12 oder 14 und zum automatischen Eingriff in den Betrieb der Vakuumpumpe (111) in Abhängigkeit von zumindest einer ermittelten Eigenschaft des erfassten Magnetfeldes.-.-.-.

Claims

1. A vacuum pump (111), in particular a turbomolecular pump (111), comprising a rotor (149) rotatable about an axis of rotation (151), a sensor (225) and a control and/or evaluation unit (227), wherein the sensor (225) is provided for detecting a magnetic field and is connected to the control and/or evaluation unit (227), wherein the control and/or evaluation unit (227) is configured to evaluate the detected magnetic field and to take a measure on the basis of the evaluation in dependence on at least one condition, **characterized in that**
the control and/or evaluation device (227) is configured to interrupt a power supply to the vacuum pump (111), in particular a power supply to a drive which sets the rotor (149) into rotation, for a predefinable time period so that the sensor (225) can detect an external magnetic field which is not generated by the vacuum pump (111) itself which is in operation and the control and/or evaluation device (227) is configured to take the measure only on the basis of a magnetic field detected during the interruption of the power supply.
2. A vacuum pump (111) in accordance with claim 1, wherein the control and/or evaluation unit (227) is configured to consider the instantaneous rotational speed of the rotor (149) in the evaluation, and/or wherein the condition and/or the measure is dependent on the instantaneous rotational speed of the rotor (149).
3. A vacuum pump (111) in accordance with claim 1 or claim 2, wherein the control and/or evaluation unit (227) is configured to evaluate the detected magnetic field with respect to its strength and to compare the magnetic field strength which is thereby obtained with a predefinable limit value for the magnetic field strength, wherein the condition is satisfied if the obtained magnetic field strength exceeds the limit value.
4. A vacuum pump (111) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the control and/or evaluation unit (227) is configured to consider only those components of the detected magnetic field in the evaluation that have an orientation deviating from the orientation of the

axis of rotation (151) of the rotor (149).

5. A vacuum pump (111) in accordance with at least one of the preceding claims,
wherein the sensor (225) is arranged and/or configured only to detect those components of the magnetic field that have an orientation deviating from the orientation of the axis of rotation (151) of the rotor (149), in particular only that component of the magnetic field which extends at a right angle to the axis of rotation (151). 5 10
6. A vacuum pump (111) in accordance with at least one of the preceding claims,
wherein the measure comprises generating a warning signal. 15
7. A vacuum pump (111) in accordance with at least one of the preceding claims,
wherein the measure comprises reducing a rotational speed of the rotor (149). 20
8. A vacuum pump (111) in accordance with at least one of the preceding claims,
wherein the measure comprises switching off the vacuum pump (111). 25
9. A vacuum pump (111) in accordance with at least one of the preceding claims, 30
wherein the sensor (225, 225a, 225b) is attached or attachable to an outer side of the vacuum pump (111), or
wherein the sensor (225) is integrated or integratable into drive electronics of the vacuum pump and/or is arranged or arrangable on a circuit board (229) of the vacuum pump (111), in particular on a circuit board (229) which carries the control and/or evaluation unit (227). 35 40
10. A vacuum pump (111) in accordance with at least one of the preceding claims,
wherein the interruption of the power supply takes place at predefinable intervals, in particular at regular intervals. 45
11. A vacuum pump (111) in accordance with at least one of the preceding claims,
wherein the sensor (225) is a MEMS magnetic field sensor, a Hall sensor, a GMR sensor, an AMR sensor or a fluxgate magnetic field sensor. 50
12. A vacuum pump (111) in accordance with any one of the preceding claims, wherein the control and/or evaluation unit (227) is integrated into the vacuum pump (111). 55
13. A method of operating a vacuum pump (111), in par-

ticular in accordance with any one of the preceding claims, in particular a turbomolecular pump (111), wherein the vacuum pump (111) comprises a rotor (149) rotatable about an axis of rotation (151), a sensor (225) and a control and/or evaluation unit (227), and wherein the sensor (225) is provided for detecting a magnetic field and is connected to the control and/or evaluation unit (227), wherein the control and/or evaluation unit (227) is configured to evaluate the detected magnetic field and to take a measure on the basis of the evaluation in dependence on at least one condition,

characterized in that,

in the method, an external magnetic field not generated by the vacuum pump (111) itself which is in operation is detected by means of the sensor (225) and is evaluated by means of the control and evaluation unit (227), with a measure automatically being taken if the result of the evaluation satisfies a predefined condition.

14. A vacuum pump (111), in particular having the features of at least one of the claims 1 to 12, comprising a rotor (149) rotatable about an axis of rotation (151), a sensor (225) and a control and/or evaluation unit (227), wherein the sensor (225) is provided for detecting a magnetic field and is connected to the control and/or evaluation unit (227), wherein the control and/or evaluation unit (227) is configured to evaluate the detected magnetic field and to take a measure on the basis of the evaluation in dependence on at least one condition,

characterized in that

the vacuum pump (111) is configured to carry out a method in which an external magnetic field not generated by the vacuum pump (111) itself which is in operation is detected by means of the sensor (225) and is evaluated by means of the control and evaluation unit (227), with a measure automatically being taken if the result of the evaluation satisfies a predefined condition.

15. Use of a magnetic field sensor and a control and/or evaluation unit (227) connected thereto for detecting external magnetic fields during the operation of a vacuum pump (111), in particular a turbomolecular vacuum pump (111), in accordance with at least one of the claims 1 to 12 or 14 and for automatically intervening in the operation of the vacuum pump (111) in dependence on at least one determined property of the detected magnetic field.

Revendications

1. Pompe à vide (111), en particulier pompe turbomoléculaire (111), comprenant un rotor (149) pouvant être mis en rotation autour d'un axe de rotation (151),

- un capteur (225) et une unité de commande et/ou d'interprétation (227), dans laquelle le capteur (225) est prévu pour enregistrer un champ magnétique et est connecté à l'unité de commande et/ou d'interprétation (227), dans laquelle l'unité de commande et/ou d'interprétation (227) est réalisée pour interpréter le champ magnétique enregistré et, sur la base de l'interprétation en dépendance d'au moins une condition, pour prendre une mesure,
caractérisée en ce que
 l'unité de commande et/ou d'interprétation (227) est réalisée pour interrompre, pour une période donnée, une alimentation électrique à la pompe à vide (111), en particulier une alimentation électrique à un entraînement mettant le rotor (149) en rotation, de telle sorte que le capteur (225) peut enregistrer un champ magnétique externe, qui n'est pas généré par la pompe à vide (111) en fonctionnement elle-même, et pour prendre la mesure uniquement sur la base du champ magnétique enregistré pendant l'interruption de l'alimentation électrique.
2. Pompe à vide (111) selon la revendication 1, dans laquelle l'unité de commande et/ou d'interprétation (227) est réalisée pour, lors de l'interprétation, prendre en compte le régime momentané du rotor (149), et/ou dans laquelle la condition et/ou la mesure est dépendante du régime momentané du rotor (149).
 3. Pompe à vide (111) selon la revendication 1 ou 2, dans laquelle l'unité de commande et/ou d'interprétation (227) est réalisée pour interpréter le champ magnétique enregistré par rapport à son intensité et pour comparer l'intensité de champ magnétique ainsi obtenue à une valeur limite donnée pour l'intensité de champ magnétique, dans laquelle la condition est remplie quand l'intensité de champ magnétique obtenue dépasse la valeur limite.
 4. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle l'unité de commande et/ou d'interprétation (227) est réalisée pour, lors de l'interprétation, prendre en compte uniquement les composants du champ magnétique enregistré qui présentent une orientation divergente de l'orientation de l'axe de rotation (151) du rotor (149).
 5. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle le capteur (225) est agencé et/ou réalisé uniquement pour enregistrer les composants du champ magnétique qui présentent une orientation divergente de l'orientation de l'axe de rotation (151) du rotor (149), en particulier uniquement le composant du champ magnétique qui s'étend perpendiculairement à l'axe de rotation (151).
 6. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle la mesure consiste à générer un signal d'avertissement.
 7. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle la mesure consiste à réduire un régime du rotor (149).
 8. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle la mesure consiste à éteindre la pompe à vide (111).
 9. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle le capteur (225, 225a, 225b) est rapporté ou peut être rapporté sur un côté extérieur de la pompe à vide (111), ou dans laquelle le capteur (225) est intégré ou peut être intégré dans une électronique pilote de la pompe à vide et/ou est agencé ou peut être agencé sur un circuit imprimé (229) de la pompe à vide (111), en particulier sur un circuit imprimé (229) qui porte l'unité de commande et/ou d'interprétation (227).
 10. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle l'interruption de l'alimentation électrique s'effectue à des intervalles donnés, en particulier à des intervalles réguliers.
 11. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle le capteur (225) est un capteur de champ magnétique MEMS, un capteur à effet Hall, un capteur GMR, un capteur AMR ou un capteur de champ magnétique fluxgate.
 12. Pompe à vide (111) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle l'unité de commande et/ou d'interprétation (227) est intégrée dans la pompe à vide (111).
 13. Procédé de fonctionnement d'une pompe à vide (111), en particulier selon l'une des revendications précédentes, en particulier d'une pompe turbomoléculaire (111), dans lequel la pompe à vide (111) comprend un rotor (149) pouvant être mis en rotation autour d'un axe de rotation (151), un capteur (225) et une unité de commande et/ou d'interprétation (227), et dans lequel le capteur (225) est prévu pour enregistrer un champ magnétique et est connecté à l'unité de commande et/ou d'interprétation (227), dans lequel l'unité de commande et/ou d'interprétation (227) est réalisée pour interpréter le champ magnétique enregistré et, sur la base de l'interprétation en dépendance d'au moins une condition, pour prendre une mesure,
caractérisé en ce que
 lors du procédé, un champ magnétique externe qui n'est pas généré par la pompe à vide (111)

en fonctionnement elle-même est enregistré via le capteur (225) et est interprété via l'unité de commande et/ou d'interprétation (227), dans lequel une mesure est prise automatiquement quand le résultat de l'interprétation remplit une condition donnée. 5

14. Pompe à vide (111), en particulier dotée des caractéristiques de l'une au moins des revendications 1 à 12, comprenant un rotor (149) pouvant être mis en rotation autour d'un axe de rotation (151), un capteur (225) et une unité de commande et/ou d'interprétation (227), dans laquelle le capteur (225) est prévu pour enregistrer un champ magnétique et est connecté à l'unité de commande et/ou d'interprétation (227), dans laquelle l'unité de commande et/ou d'interprétation (227) est réalisée pour interpréter le champ magnétique enregistré et, sur la base de l'interprétation en dépendance d'au moins une condition, pour prendre une mesure, 10 15 20

caractérisée en ce que

la pompe à vide (111) est réalisée pour exécuter un procédé dans lequel un champ magnétique externe qui n'est pas généré par la pompe à vide (111) en fonctionnement elle-même est enregistré via le capteur (225) et est interprété via l'unité de commande et/ou d'interprétation (227), dans laquelle une mesure est prise automatiquement quand le résultat de l'interprétation remplit une condition donnée. 25 30

15. Utilisation d'un capteur de champ magnétique et d'une unité de commande et/ou d'interprétation (227) connectée à celui-ci pour enregistrer un champ magnétique externe pendant le fonctionnement d'une pompe à vide (111), en particulier d'une pompe à vide turbomoléculaire (111), selon l'une au moins des revendications 1 à 12 ou 14, et pour intervenir automatiquement dans le fonctionnement de la pompe à vide (111) en dépendance d'au moins une propriété déterminée du champ magnétique enregistré. 35 40

45

50

55

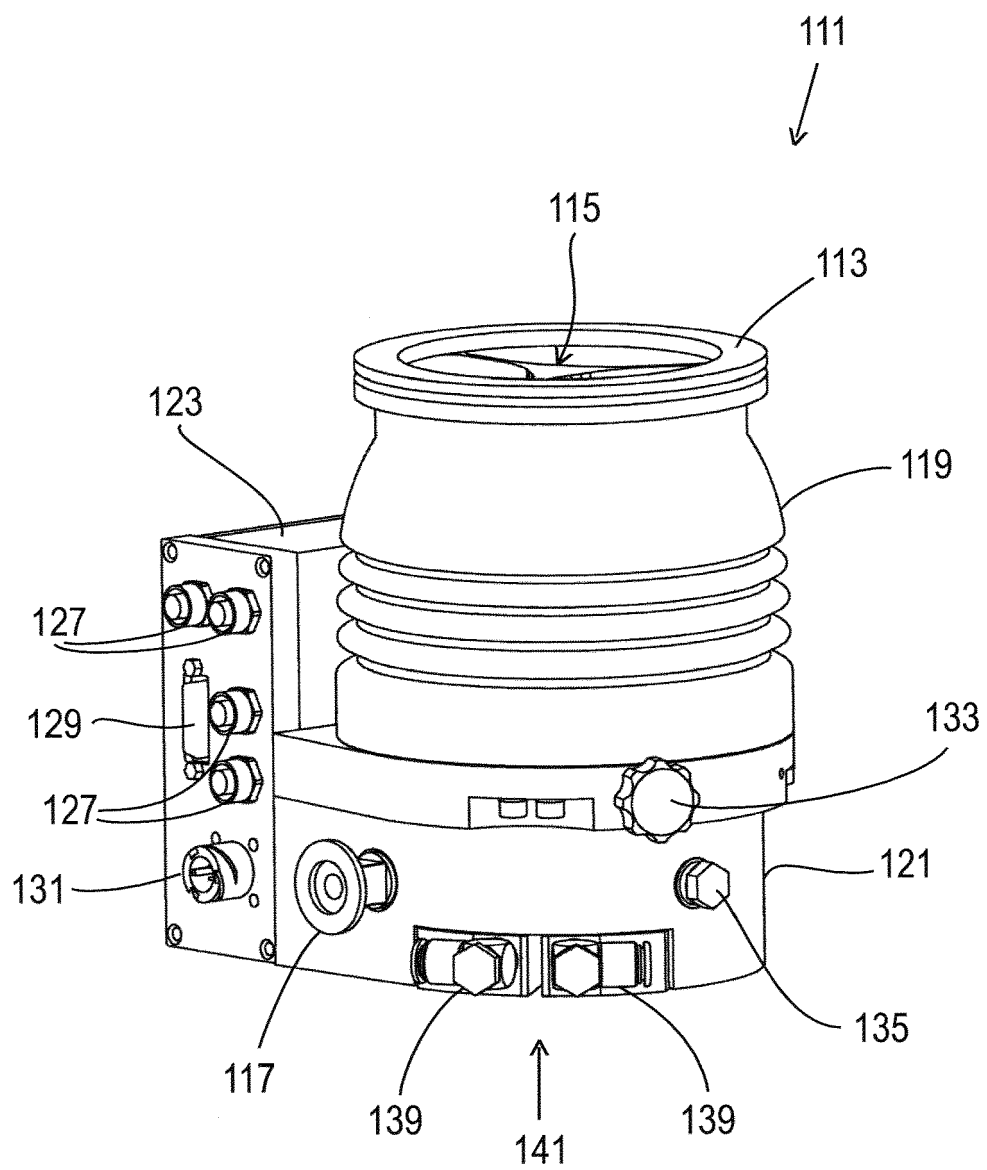


Fig. 1

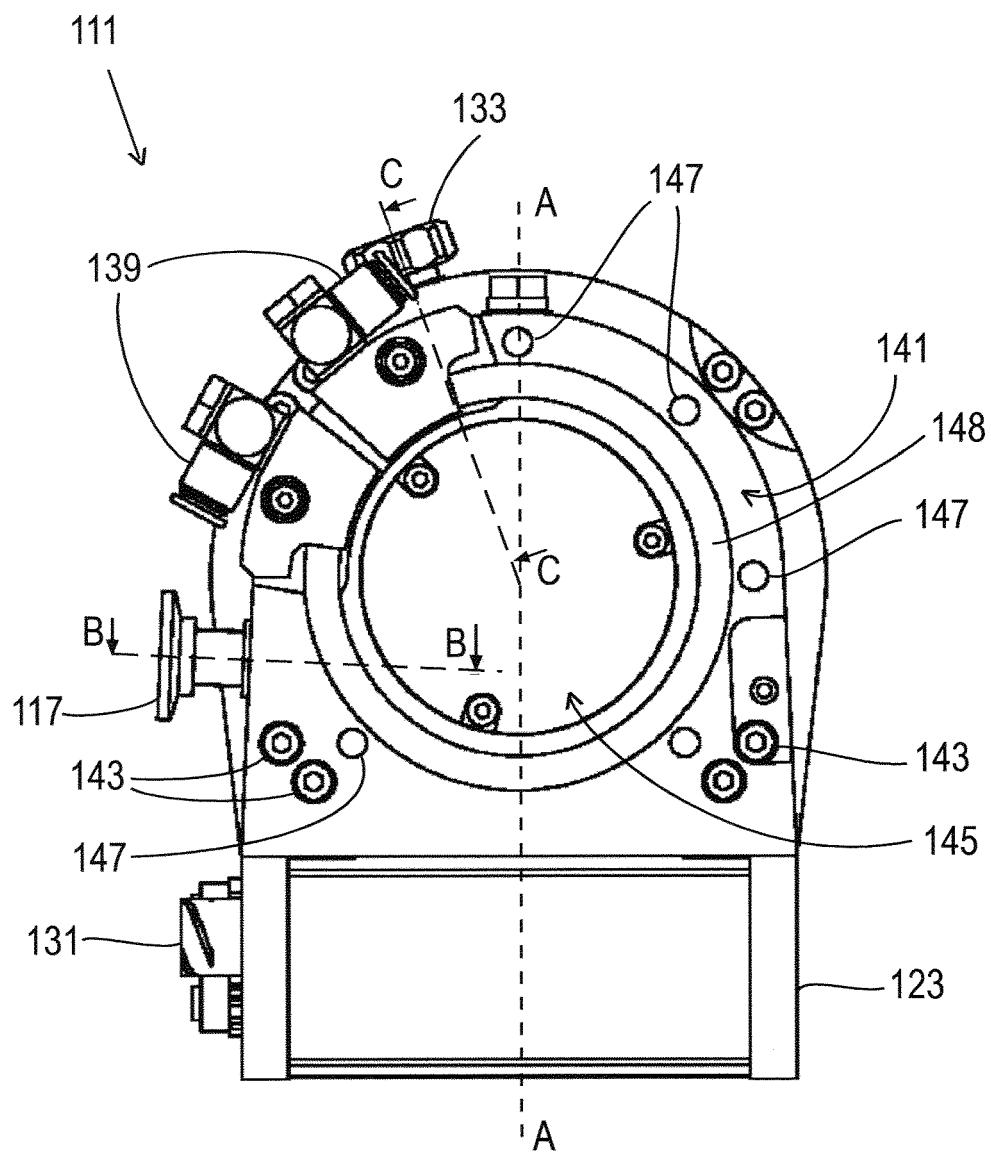


Fig. 2

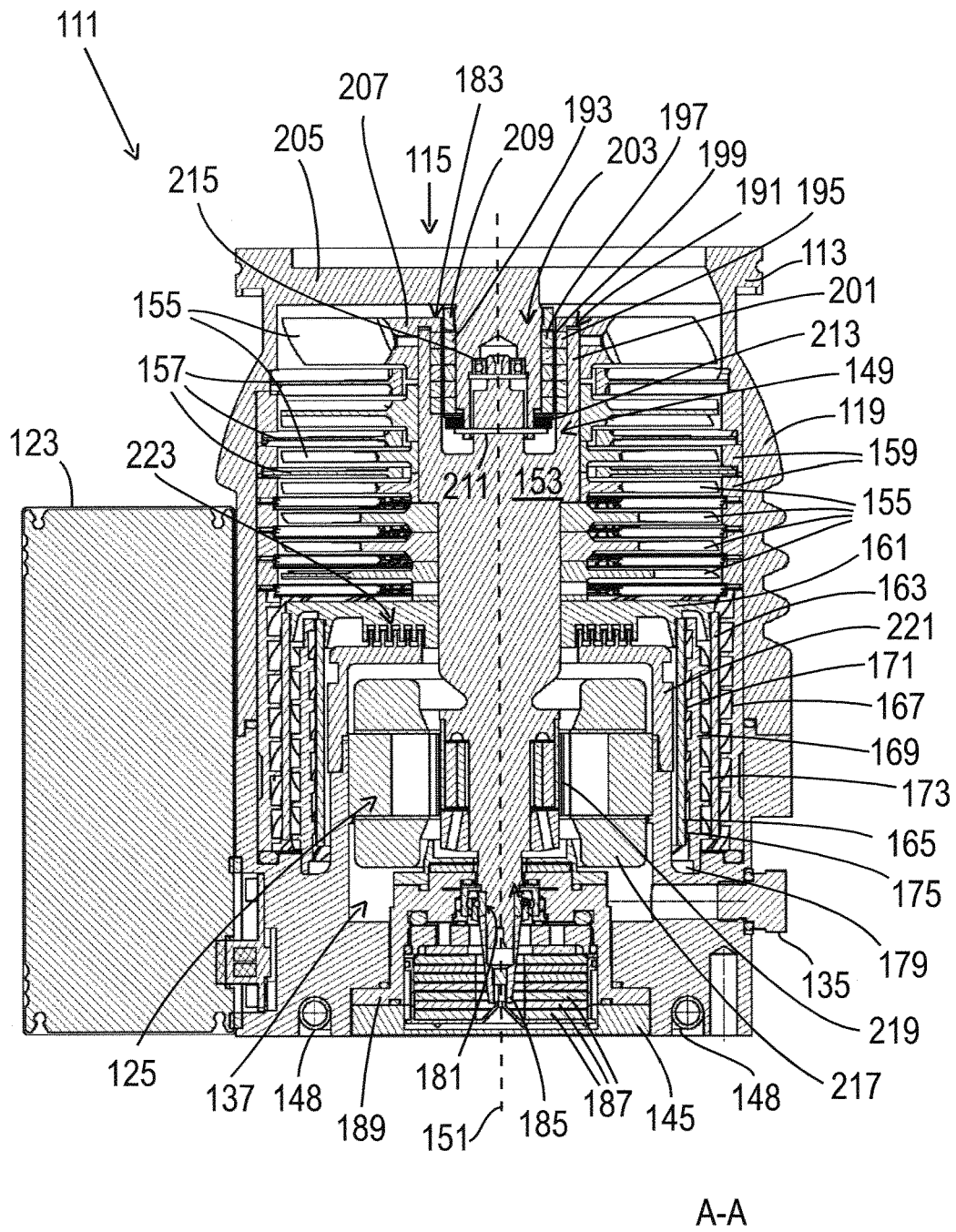


Fig. 3

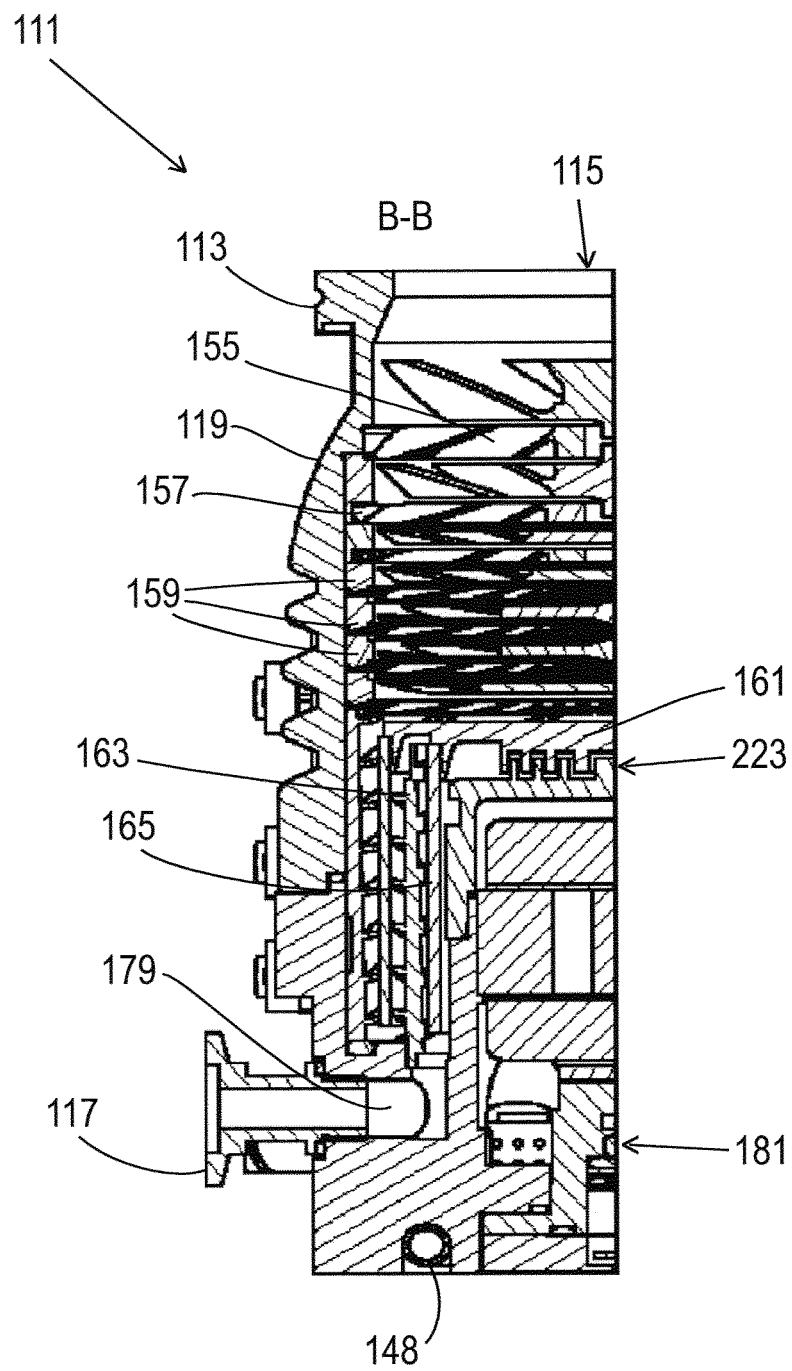


Fig. 4

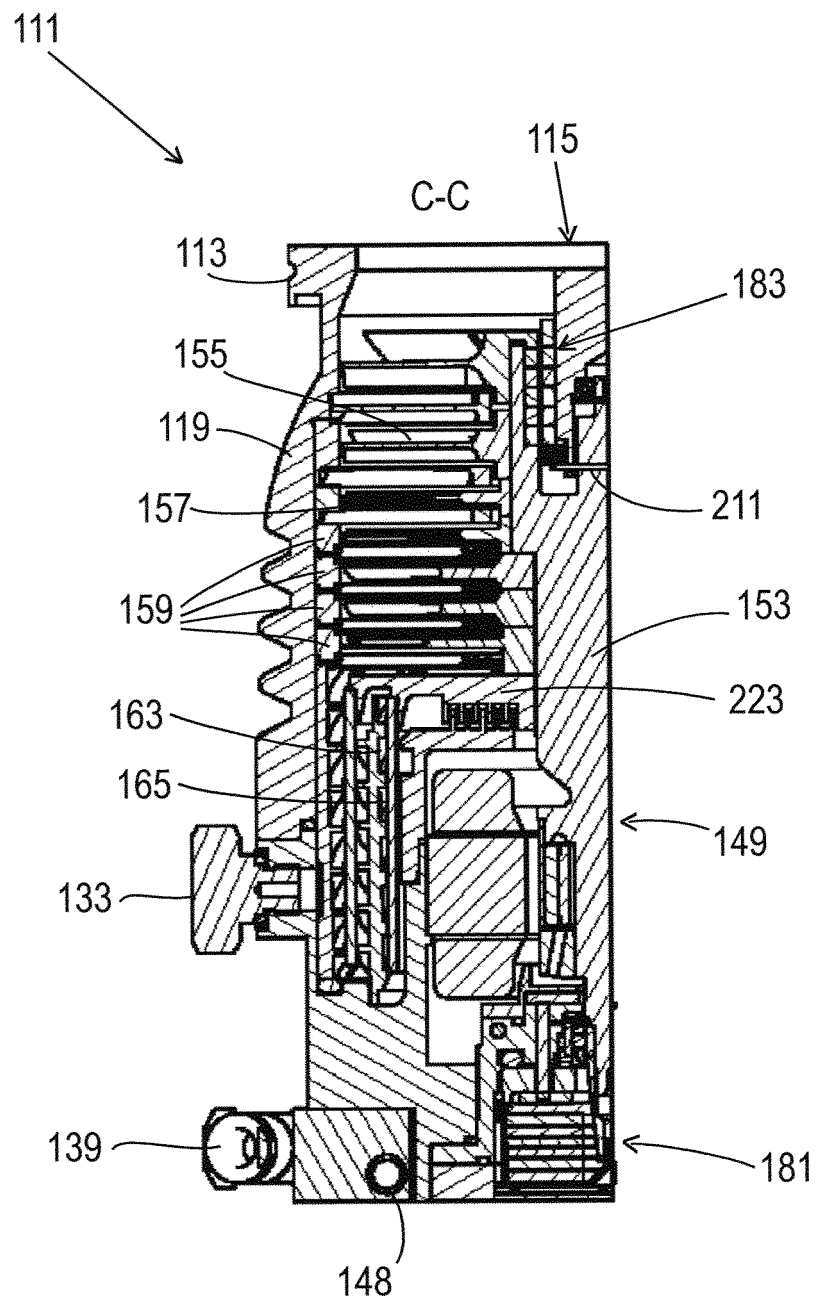


Fig. 5

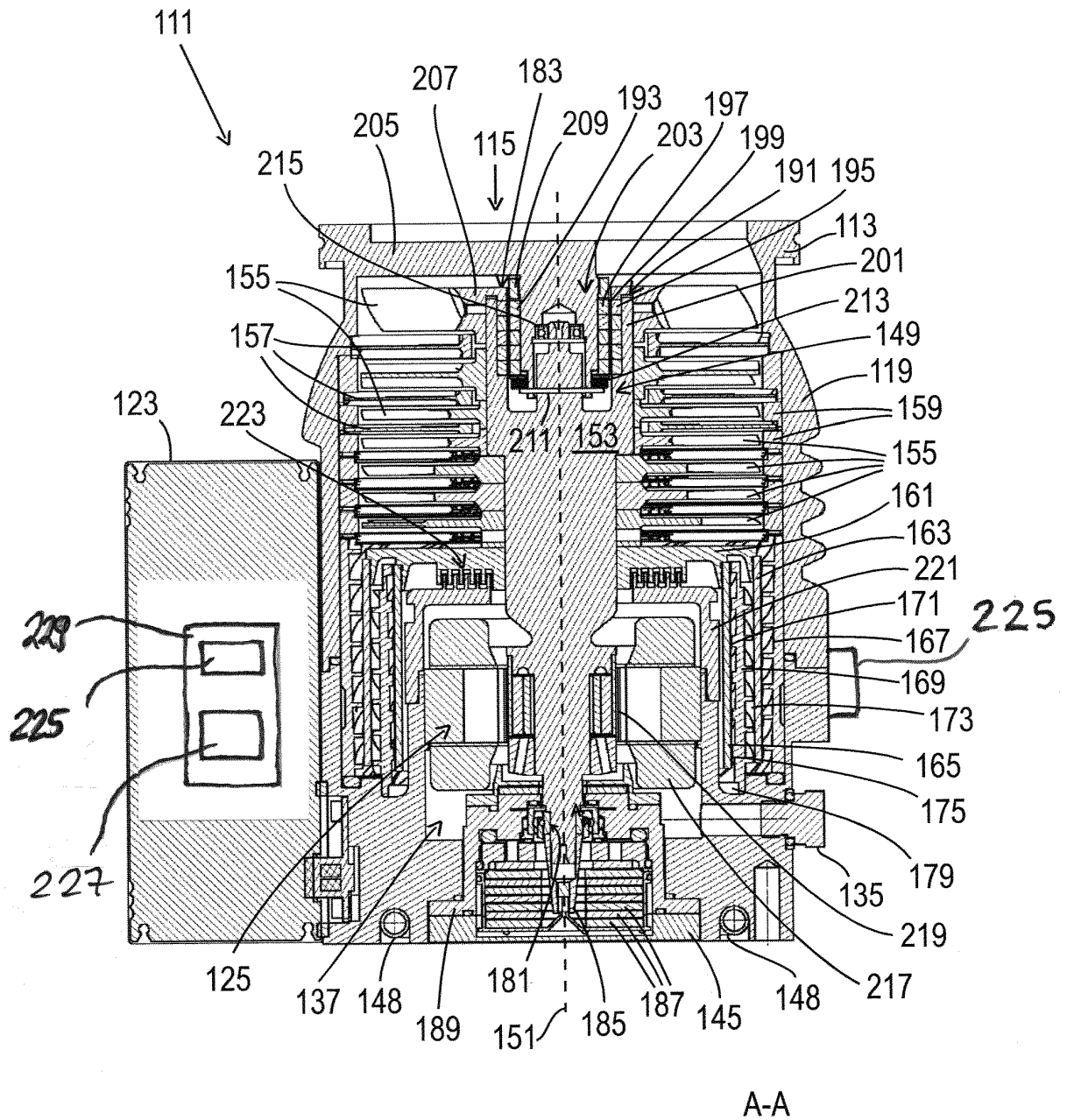


Fig. 6

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 2108930 A1 [0002]
- JP 63252288 A [0003]
- US 20130129482 A1 [0003]