



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 907 406 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.11.2021 Patentblatt 2021/45

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **21168848.6**

(22) Anmeldetag: **16.04.2021**

(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**
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
 Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG
35614 Asslar (DE)**

(72) Erfinder:

- **Hofmann, Jan**
35305 Grünberg (DE)
- **Schweighöfer, Michael**
35641 Schöffengrund (DE)
- **Lohse, Martin**
35586 Wetzlar (DE)

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

(54) VAKUUMPUMPE

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit zumindest einem Einlass, einem Auslass und wenigstens zwei bezüglich einer gemeinsamen Rotationsachse konzentrischen, in Pumprichtung zwischen dem Einlass und dem Auslass aufeinander folgenden Holweckstufen, die jeweils ein Holweckstatorsegment mit einem Holweckgewinde und eine um die Rotationsachse rotierende Holweckhülse umfassen, wobei die Holweckstatorsegmente jeweils an einer Seite eines gemeinsamen Holweckstators angeordnet sind, der in einen radialen Zwischenraum zwischen den konzentrisch angeordneten Holweckhülsen ragt, die an einer mit einem Rotor der Vakuumpumpe drehfest verbundenen Holwecknabe befestigt sind. Ein axialer Abstand zwischen einem in den radialen Zwischenraum ragenden axialen Ende zumindest eines der Holweckstatorsegmente und der Holwecknabe ist größer als 25% der axialen Erstreckung eines in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts der Holweckstatorsegmente. Alternativ oder zusätzlich ist der axiale Abstand größer als 25% der axialen Erstreckung zumindest einer der Holweckhülsen und/oder eine axiale Erstreckung eines in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts zumindest eines der Holweckstatorsegmente ist kleiner als 75% der axialen Erstreckung zumindest einer der Holweckhülsen.

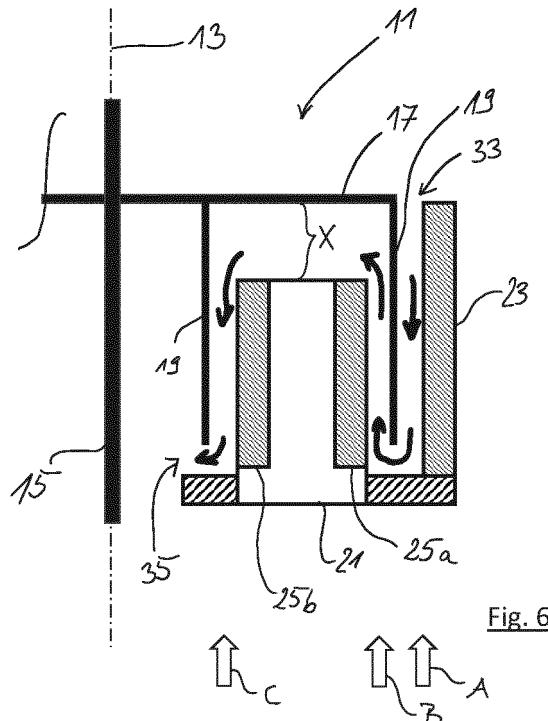


Fig. 6

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit zumindest einem Einlass, einem Auslass und wenigstens zwei bezüglich einer gemeinsamen Rotationsachse konzentrischen, in Pumprichtung zwischen dem Einlass und dem Auslass aufeinanderfolgenden Holweckstufen.

[0002] Vakuumpumpen werden in verschiedenen Gebieten der Technik eingesetzt. Je nach Anforderung weisen die Vakuumpumpen ein oder mehrere Pumpstufen auf. Eine Holweck-Pumpstufe (hier auch einfach als Holweckstufe bezeichnet) gehört zur Gattung der Molekularkavakuumpumpen und erzeugt durch die Drehung eines rotierenden Elements relativ zu einem statischen Element eine molekulare Strömung. Eine Vakuumpumpe kann eine oder mehrere Holweckstufen umfassen, wobei mehrere Holweckstufen sowohl seriell als auch parallel zueinander pumpen können. Holweckstufen werden typischerweise in Turbomolekularvakuumpumpen eingesetzt und sind in der Regel einer oder mehreren Turbomolekularpumpstufen (auch Turbopumpstufen) nachgeordnet.

[0003] Wie vorstehend kurz erwähnt wurde, umfasst eine Holweckstufe einen Holweckrotor und ein Holweckstatorsegment, wobei der Holweckrotor eine Rotorwelle aufweist, an welche mittels einer z.B. scheibenförmigen Holwecknabe eine oder mehrere Holweckhülsen (oft auch als Rotorhülsen bezeichnet) konzentrisch angebracht sind. Das Holweckstatorsegment ist mit einem ein- oder mehrgängigen Holweckgewinde versehen. Die zu fördernden Gasmoleküle werden durch die rotierende Bewegung der Holweckhülse relativ zu dem ihr zugeordneten Holweckstatorsegment entlang der Gewindegänge von einer Einlassseite zu einer Auslassseite gefördert. Ein Gewindegang umfasst üblicherweise einen durch Wände eines Steges begrenzten umlaufenden Holweckkanal, in welchem die Gasmoleküle gefördert werden, wenn sich die Rotorhülse relativ zu dem Holweckstatorsegment dreht. Um Rückströmverluste zu minimieren, muss die Weite des radialen Spalts (Holweckspalt) zwischen der Außenseite des Holweckstatorsegments bzw. des Stegspitzendurchmessers des Holweckstatorgewindes und der Rotorhülse klein gehalten werden.

[0004] Es sind sogenannte "gefaltete" Holweck-Anordnungen bekannt, bei denen mehrere Holweckstufen konzentrisch ineinander angeordnet sind, sodass die Pumpeneinrichtungen von radial unmittelbar aufeinanderfolgenden Holweckstufen einander entgegengesetzt sind. Zwei aufeinanderfolgende Holweckstufen, eine (radial) äußere Holweckstufe und eine (radial) innere Holweckstufe, können einen gemeinsamen, beidseitig mit einem Holweckgewinde versehenen, im Folgenden auch als "doppelseitig" bezeichneten Holweckstator umfassen, der in den radialen Zwischenraum zwischen den konzentrisch angeordneten Holweckhülsen ragt. Die beiden Holweckstatorsegmente der beiden Holweckstufen sind

somit beidseitig an dem Holweckstator angeordnet.

[0005] Um eine Vakuumpumpe in axialer Richtung möglichst kompakt zu bauen, wird ein axialer Abstand oder axialer Zwischenraum zwischen dem axialen Ende des Holweckstators und der Holwecknabe möglichst klein gehalten. Zwischen den beiden genannten Komponenten liegt bei herkömmlichen gefalteten Holweck-Anordnungen somit in der Regel lediglich ein schmaler Ringspalt vor, der ebenfalls dazu beiträgt, Rückströmverluste zwischen den Holweckstufen zu minimieren.

[0006] In vielen Anwendungsfällen ist die Leistungsaufnahme eine wichtige Größe bei der Integration einer Vakuumpumpe in ein System. Beispielsweise wird bei einer herkömmlichen Turbomolekularvakuumpumpe mit 15 Turbopumpstufe(n) und Holweckstufe(n) oftmals ein Großteil der Leistungsaufnahme durch die Gasreibung in der oder den Holweckstufe(n) verursacht.

[0007] Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass im Bereich der Holweck-Anordnung Potential besteht, die Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe zu beeinflussen, ohne entscheidende Leistungsparameter, wie etwa Saugvermögen oder Vorvakuumverträglichkeit der Pumpe, zu kompromittieren.

[0008] Ausgehend von einer bekannten Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 25 1 ist entgegen den üblichen Konstruktionsprinzipien bewusst ein vergleichsweise groß dimensionierter axialer Abstand oder Zwischenraum zwischen dem statischen Element der aufeinanderfolgenden Holweckstufen und 30 der Rotornabe vorgesehen.

[0009] Konkret wird dies dadurch erreicht, dass ein axialer Abstand zwischen einem in den Zwischenraum ragenden axialen Ende zumindest eines der Holweckstatorsegmente und der Holwecknabe größer als 25% der 35 axialen Erstreckung eines in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts der Holweckstatorsegmente und/oder größer als 25% der axialen Erstreckung zumindest einer der Holweckhülsen ist. Der axiale Abstand kann bei einem Bedarf nach einer größeren Leistungsaufnahmereduktion auch größer gewählt werden und größer als 30%, 40% oder 50% der axialen Erstreckung des in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts der Holweckstatorsegmente sein und/oder größer als 30%, 40% oder 50% der axialen Erstreckung zumindest 40 einer der Holweckhülsen sein.

[0010] Alternativ oder zusätzlich kann können die Holweckstatorsegmente und die Holweckhülsen derart ausgestaltet sein, dass eine axiale Erstreckung eines in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts zumindest 50 eines der Holweckstatorsegmente kleiner als 75% der axialen Erstreckung zumindest einer der Holweckhülsen ist. Bei einer solchen Ausgestaltung der genannten Komponenten ergibt sich der vorstehend beschriebene vergleichsweise große axiale Abstand oder axiale Zwischenraum. Die axiale Erstreckung des in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts zumindest einer der Holweckstatorsegmente kann bei Bedarf auch kleiner als 55 70%, 60% oder 50% der axialen Erstreckung zumindest einer der Holweckhülsen sein.

einer der Holweckhülsen sein.

[0011] Dem vorstehend beschriebenen Konzept liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe von der effektiven (pumpaktiven) axialen Länge der Holweckstufen abhängt. Vereinfacht gesagt ist die Leistungsaufnahme desto höher, je größer die axiale Länge des pumpaktiven Bereichs der Holweckstufen ist.

[0012] In manchen Anwendungsfällen ist es nicht erforderlich, die volle Pumpleistung der Holweckstufen abzurufen oder bereitzustellen.

[0013] Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, die axiale Erstreckung der Holweckstatorsegmente zu reduzieren, um den vorstehend definierten axialen Abstand zu vergrößern. Die Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe wird dadurch deutlich reduziert, ohne dass z. B. deren Saugvermögen oder Vorvakuumverträglichkeit (Vakuumsdaten) übermäßig beeinflusst wird. Da erfindungsgemäß erkannt wurde, dass trotz des vorstehend beschriebenen vergleichsweise groß dimensionierten axialen Zwischenraums, der durch eine geeignete und vorstehend definierte Dimensionierung der hierfür relevanten Komponenten erzielt wird, annähernd vergleichbare oder nur geringfügig und für bestimmte Fälle vollkommen ausreichende Leistungsdaten der Pumpe erreicht werden, können bereits erprobte Vakuumpumpkonzepte angepasst werden, ohne dass komplexe bauliche Änderungen erforderlich sind. Es muss lediglich eine Reduzierung der pumpaktiv wirksamen axialen Erstreckung der Holweckstatorsegmente - also der Komponenten des Holweckstators, die mit einem Holweckgewinde versehen sind und in den radialen Zwischenraum zwischen den Holweck- oder Rotorhülsen ragen - vorgenommen werden, um eine deutliche Reduzierung der Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe zu erreichen. Die rotierenden Elemente der Holweckstufen müssen dabei nicht verändert werden.

[0014] Beispielsweise kann in eine herkömmliche Vakuumpumpe ein Holweckstator mit verkürzten pumpaktiven Holweckstatorsegmenten eingesetzt werden, ohne dass bauliche Veränderungen an den rotierenden Elementen der Holweckstufen genommen werden müssen. Durch eine vergleichsweise einfache Modifikation wird folglich bereits das angestrebte Ziel erreicht.

[0015] Insbesondere wurde erkannt, dass eine Vergrößerung des axialen Zwischenraums die Vakuumdaten in geringerem Maße negativ beeinflusst als erwartet und gleichzeitig der positive Effekt der Leistungsaufnahmreduktion überproportional zu Buche schlägt.

[0016] Weitere Ausführungsformen der Erfindung sind in der Beschreibung, den Ansprüchen und den beigefügten Zeichnungen angegeben.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform sind die Holweckstatorsegmente und die Holweckhülsen derart ausgestaltet und/oder angeordnet, dass der axialer Abstand zwischen einem in den Zwischenraum ragenden axialen Ende beider Holweckstatorsegmente und der Rotornabe größer als 25%, 30%, 40% oder 50% der axialen Erstreckung eines in den Zwischenraum ragenden Abschnitts der Holweckstatorsegmente und/oder größer als 25%, 30%, 40% oder 50% der axialen Erstreckung beider Holweckhülsen ist und/oder dass die axiale Erstreckung des in den Zwischenraum ragenden Abschnitts beider Holweckstatorsegmente kleiner als 80%, 70%, 60% oder 50% der axialen Erstreckung zummindest einer der Holweckhülsen ist.

[0018] Ganz grundsätzlich gilt, dass die beiden Holweckstatorsegmente der beiden Holweckstufen eine unterschiedliche oder die gleiche axiale Erstreckung aufweisen können. Gleches gilt für die Holweckhülsen.

[0019] Die Vakuumpumpe kann zummindest einen ersten und einen zweiten Einlass aufweisen, wobei der erste Einlass einer turbomolekularen Pumpstufe zugeordnet ist und der zweite Einlass den Holweckstufen zugeordnet ist. Bei sogenannten Splitflow-Pumpen ist das erfindungsgemäße Konzept besonders vorteilhaft, da so auf einfache Weise eine Anpassung an den tatsächlichen Pumpleistungsbedarf, der an dem zweiten Einlass besteht, erfolgen kann und gleichzeitig die durch die Holweckstufen hervorgerufene Leistungsaufnahme reduziert wird.

[0020] Beispielsweise ist der zweite Einlass - in axialer Richtung der Vakuumpumpe gesehen - im Bereich der Holweckstufen angeordnet.

[0021] Der zweite Einlass kann ein radialer Einlass sein, wodurch eine kompakte Bauweise erreicht wird.

[0022] Die die äußere der beiden Holweckhülsen kann zusammen mit einem die äußere Holweckhülse radial außenseitig zummindest abschnittsweise umgebenden (dritten) Holweckstatorsegment eine dritte Holweckstufe bilden. Insbesondere weist das Holweckstatorsegment der dritten Holweckstufe eine Ausnehmung oder Öffnung auf, die den zweiten Einlass bildet.

[0023] Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr im Bereich der Holweckstufen kann der Holweckstator mit zummindest einem Wärmetauscherelement versehen sein, das sich von dem in den radialen Zwischenraum ragenden axialen Ende des Holweckstators zu der Rotornabe hin erstreckt. Der erfindungsgemäß vergrößerte axiale Zwischenraum wird somit zur Bereitstellung eines das Wärmemanagement der Vakuumpumpe verbessernden, nicht pumpaktiven Wärmetauscherelements genutzt.

[0024] Da das Wärmetauscherelement keine relevante pumpaktive Wirkung hat, führt es zu keiner relevanten Erhöhung der Leistungsaufnahme der Vakuumpumpe.

[0025] Das Wärmetauscherelement kann stäbchenförmig, hülsenförmig oder teihülsenförmig ausgebildet sein. Es kann eine Durchbrechung oder einen Schlitz aufweisen, um den Wärmeübergang zwischen dem Gasstrom und dem Element zu verbessern.

[0026] Mehr Flexibilität wird erlangt, wenn das zummindest eine Wärmetauscherelement lösbar mit dem Holweckstator verbunden ist, beispielsweise durch Verschrauben. Dadurch ist es möglich, den axialen Zwischenraum in geeigneter Weise auszunutzen und den Wärmeaustausch im Bereich der Holweckstufen be-

darfsgerecht anzupassen.

[0027] Der Holweckstator kann in axialer Richtung in verschiedenen Positionen anordbar sein. Es kann vorgesehen sein, dass die axiale Position des Holweckstators kontinuierlich oder in diskreten Schritten veränderbar ist.

[0028] Beispielsweise ist ein Befestigungskonzept denkbar, dass es gestattet, den Holweckstator unterschiedlich tief in den radialen Zwischenraum zwischen den Holweckhülsen eingebrachten Positionen zu fixieren. Der Holweckstator muss dann nicht ausgetauscht oder verändert werden, um eine bedarfsgerechte Anpassung der Holweckstufen zu erzielen.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform weist die Vakuumpumpe einen Einstellmechanismus, mit dem eine axiale Positionierung des Holweckstator und/oder zumindest eines der Holweckstatorsegmente einstellbar ist. Die Vakuumpumpe kann eine Steuereinrichtung aufweisen, die den Einstellmechanismus steuert, beispielsweise auf Basis einer Bedienereingabe, eines Betriebsmodus der Vakuumpumpe und/oder eines Betriebspfades der Vakuumpumpe. Die Einstellung der axialen Positionierung des Holweckstators kann automatisch - d.h. ohne Eingabe eines Bedienpersonals - erfolgen.

[0030] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist zumindest eines der Holweckstatorsegmente einstückig mit dem Holweckstator ausgebildet. Bevorzugt trifft dies auf beide Holweckstatorsegmente zu. Grundsätzlich ist es aber auch denkbar, dass eines der beiden Segmente oder beide Segmente lösbar mit einem Grundkörper des Holweckstators verbunden ist bzw. sind. Für eine für den jeweiligen Anwendungsfall geeignete Anpassung der Holweckstufen muss dann nicht der gesamte Stator ausgetauscht werden, sondern eine Anpassung kann durch einen Austausch eines oder beider Segmente erfolgen.

[0031] Die vorliegende Erfindung betrifft ferner ein Vakuumpumpensystem umfassend eine Vakuumpumpe gemäß zumindest einer der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen und zumindest einen Austausch-Holweckstator, der zumindest ein Holweckstatorsegment umfasst, das eine axiale Erstreckung aufweist, die von der axialen Erstreckung des entsprechenden Holweckstatorsegments des Holweckstators abweicht. Bei einer Ausführungsform mit zumindest einem lösbar an einem Grundkörper des Holweckstators befestigten Holweckstatorsegment kann zumindest ein Austausch-Holweckstatorsegment bereitgestellt werden, das eine axiale Erstreckung aufweist, die von der axialen Erstreckung des entsprechenden Holweckstatorsegments des Holweckstators abweicht.

[0032] Das System kann auch mehrere Austausch-Holweckstatorsegmente umfassen, die unterschiedlich konfigurierte und/oder dimensionierte Holweckstatorsegmente aufweisen. Die Austausch-Holweckstatorsegmente bilden somit einen Satz, der es auf einfache Weise ermöglicht, die Vakuumpumpe bedarfsgerecht zu modifizieren. Gleichermaßen gilt in analoger Form für einen Satz von Austausch-Holweckstatorsegmenten.

[0033] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

- 5 Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,
- 10 Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,
- 15 Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie A-A,
- 20 Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B,
- 25 Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,
- 30 Fig. 6 schematisch einen Längsschnitt durch die rechte Seite einer Holweck-Anordnung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung und
- Fig. 7 bis 9 schematisch einen Längsschnitt durch die rechte Seite einer Holweck-Anordnung gemäß weiterer Ausführungsformen der Erfindung.

[0034] 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 angelassen werden kann. Das Gas aus dem Rezipienten kann über den Pumpeneinlass 115 aus dem Rezipienten 35 gesaugt und durch die Pumpe hindurch zu einem Pumpenauslass 117 gefördert werden, an den eine Vorvakumpumpe, wie etwa eine Drehschieberpumpe, angegeschlossen sein kann.

[0035] 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 50 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0036] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die

kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angegeschlossen werden.

[0037] 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, eingeslassen 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 Turbomolekularkavakuumpumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0038] 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.

[0039] Andere existierende Turbomolekularkavakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0040] 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.

[0041] 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 Turbomolekularkavakuumpumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0042] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0043] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpenein-

lass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0044] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0045] 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.

[0046] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularkavakuumpumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0047] 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 koaxial zur Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0048] 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 die 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.

[0049] 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.

[0050] 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.

[0051] 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.

[0052] 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 Turbomolekularvakuumpumpen (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.

[0053] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0054] 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.

[0055] 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.

[0056] 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.

[0057] 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.

[0058] 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 Vorpakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0059] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 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.

[0060] Eine erfindungsgemäße Holweck-Anordnung, wie sie nachstehend beispielhaft anhand der Fig. 6 bis 9 beschrieben wird, kann insbesondere anstelle der Holweck-Anordnung der vorstehend anhand der Fig. 1 bis 5 beschriebenen Vakuumpumpe eingesetzt werden.

[0061] Die Fig. 6 bis 9 zeigen nur den rechten Teil einer Holweck-Anordnung 11 einer Vakuumpumpe, beispielsweise einer Turbomolekularpumpe, mit drei Holweckstufen A, B, C. Die Vakuumpumpe umfasst eine um eine Rotationsachse 13 drehbar gelagerte Rotorwelle 15. An der Rotorwelle 15 ist eine Rotornabe 17 drehfest angeordnet, welche zwei zylindrische, konzentrisch angeordnete Rotorhülsen 19 trägt.

[0062] Des Weiteren sind zwei Holweckstatoren 21, 23 vorgesehen. Der innenliegende, zwischen den beiden Rotorhülsen 19 positionierte Holweckstator 21 ist in erfindungsgemäßer Weise doppelseitig ausgebildet, d. h. beidseitig jeweils mit einem Holweckstatorsegment 25a, 25b versehen. Die Segmente 25a, 25b weisen jeweils eine pumpaktive Holweckgewinde auf. Die Segmente 25a, 25b können einstückig mit dem Holweckstator 21 ausgebildet sein. Beispielsweise sind Holweckgewinde bildenden Nuten in einen Grundkörper des Stators 21 eingebbracht. Es ist aber auch durchaus denkbar, die Segmente 25a, 25b als separate Bauteile zu fertigen, die an dem Grundkörper befestigt werden, um den Stator 21 zu bilden.

[0063] Radial außerhalb der äußeren Rotorhülse 19 ist der äußere Holweckstator 23 angeordnet, der z.B. von dem Pumpengehäuse gebildet werden kann oder mit ihm in Verbindung steht. Der äußere Holweckstator 23 und die äußere Rotorhülse 19 bilden die erste Holweckstufe A. Die äußere Rotorhülse 19 bildet zusätzlich mit dem Holweckstatorsegment 25a die zweite Holweckstufe B, die hier auch als äußere Pump- oder Holweckstufe bezeichnet wird. Die innere Rotorhülse 19 und das Holweckstatorsegment 25b bilden die dritte Holweckstufe C, die hier auch als innere Pump- oder Holweckstufe bezeichnet wird.

[0064] Pfeile zeigen die Pumprichtung und damit die Förderrichtung der in den Holweckstufen A, B, C geförderten Gasmoleküle an. Die Pumprichtung verläuft dabei von einem Einlass 33 der Holweck-Anordnung 11 zu einem Auslass 35.

[0065] Die Holweckstatoren 21, 23 sind ebenfalls hülsenförmig ausgestaltet und koaxial zueinander und zu den Rotorhülsen 19 angeordnet.

[0066] Der Holweckstator 21 ragt in einen radialen Zwi-

schenraum zwischen den Holweckhülsen 19. Ein axiales Ende der Holwecksegment 25a, 25b entspricht im vorliegenden Beispiel dem axialen Ende des Stators 21 und ist in einem axialen Abstand X von der Rotornabe 17 angeordnet. Verglichen mit dem entsprechenden Abstand des axialen Endes der Holweck-Statorhülse 169 von der Rotornabe 161 der Vakuumpumpe gemäß den Fig. 1 bis 5 ist der Abstand X deutlich größer, sowohl wenn dieser Abstand X in Verhältnis mit der axialen Erstreckung der in den Zwischenraum ragenden Abschnitte der Holweckstatorsegmente 25a, 25b als auch in Verhältnis mit der axialen Erstreckung der Holweckhülsen 19 gesetzt wird (jeweils deutlich größer als 25%). Auch gilt, dass die axiale Erstreckung der in den radialen Zwischenraum zwischen den Hülsen 19 ragenden Holweckstatorsegmente 25a, 25b deutlich kleiner als 75% der axialen Erstreckung der Holweckhülsen 19 ist.

[0067] Die vorstehend und eingangs erläuterten geometrischen Verhältnisse sind Ausfluss des Grundgedankens, den Abstand X verhältnismäßig groß zu wählen, um eine Reduktion der Leistungsaufnahme zu erreichen, die durch die Holweck-Anordnung 11 bei Betrieb der Vakuumpumpe verursacht wird. Die unterschiedlichen Definitionen tragen dem Umstand Rechnung, dass die Holweckstatorsegmente 25a, 25b unterschiedliche axiale Erstreckung aufweisen können. Dies gilt auch für die Hülsen 19.

[0068] Der erfindungsgemäß vergleichsweise große Abstand X führt - verglichen mit herkömmlichen Holweck-Anordnungen - zu einer überraschend stark verringerten Leistungsaufnahme der Anordnung 11 bei annähernd gleich guten oder nur geringfügig verringerten Vakuumdaten.

[0069] Fig. 7 zeigt Abwandlungen des in Fig. 6 gezeigten Konzepts. Der Holweckstator 23 weist hier eine radiale Öffnung auf, die den Einlass 33 der Anordnung 11 bildet. Der Einlass 33 kann ein Zwischeneinlass einer Splitflow-Pumpe sein. Es versteht sich, dass der Holweckstator 23 auch weggelassen werden kann, sodass zu fördernde Gasmoleküle in einem Bereich zwischen der Hülse 19 und einer Basis 37, mit der der Holweckstator 21 verbunden ist, in den pumpaktiven Teil der Anordnung 11 eintreten.

[0070] Fig. 7 zeigt außerdem beispielhaft eine optionale Maßnahme, mit der ein Wärmetübergang im Bereich der Holweck-Anordnung 11 verbessert werden kann. An dem axialen Ende des Holweckstators 21 ist zu diesem Zweck ein Wärmetauscherelement 39 angeordnet. Es kann einstückig mit dem Holweckstator 21 ausgebildet sein. Alternativ ist es auch möglich, dass Element 39 lösbar an dem Stator 21 zu befestigen, beispielsweise durch Verschrauben. Bevorzugt sind mehrere Elemente 39 vorgesehen, die insbesondere in Umfangsrichtung des hülsenförmig ausgestalteten Stators 21 gleichmäßig verteilt angeordnet sind.

[0071] Das Element 39 kann ein Stäbchen sein. Es ist aber auch denkbar, an dem axialen Ende des Stators 21 ein hülsenförmiges Wärmetauscherelement 39 vorzuse-

hen. Ebenfalls denkbar ist, nur Teilabschnitte des axialen Endes des Stators 21 mit gekrümmten Flächen zu versehen, die der Hülsenform des Stators 21 abschnittsweise folgen (Teilhülsen). Das Element 39 kann Durchbrechungen und/oder Schlitze aufweisen.

[0072] Fig. 8 zeigt einen Holweckstator 21, der mit Holweckstatorsegmenten 25a, 25b versehen ist, die unterschiedliche axiale Erstreckungen aufweisen. Um die Leistungsaufnahme der Holweck-Anordnungen 11 gemäß Fig. 6 zu reduzieren wurde der Holweckstator 21 der Fig. 6 durch den in Fig. 8 gezeigten Stator 21 ersetzt. Bei Ausführungsformen mit lösbarer Segmenten 25a, 25b ist auch denkbar, dass lediglich die Segmente 25a, 25b ausgetauscht wurden.

[0073] Das axiale Ende des Stators 21 ragt über das axiale Ende der Segmente 25a, 25b hinaus. Da es jedoch keine pumpaktive Wirkung hat, ist die Leistungsaufnahme der Anordnung 11 verglichen mit der Leistungsaufnahme der Anordnung 11 gemäß Fig. 6 reduziert. Die Reduktion der Leistungsaufnahme wird durch die Vergrößerung des Abstandes X' bzw. X" der Rotornabe 17 von dem axialen Ende der pumpaktiven Segmente 25a bzw. 25b bewirkt.

[0074] Die Ausführungsform gemäß Fig. 8 soll lediglich beispielhaft vermitteln, dass nicht nur durch eine Änderung der axialen Erstreckung des Stators 21 (also durch eine reine axiale Verkürzung des Stators 21 gemäß Fig. 6) sondern auch durch eine Veränderung der axialen Erstreckung der Segmente 25a, 25b Einfluss auf die Leistungsaufnahme der Anordnung 11 genommen werden kann.

[0075] Eine Änderung der Leistungsaufnahme kann nicht nur durch einen Austausch des Stators 21 oder der Holweckstatorsegmente 25a, 25b erzielt werden, sondern auch durch eine Veränderung der axialen Lage des Stators 21.

[0076] In der Holweck-Anordnung 11 gemäß Fig. 9 kommt ein Holweckstator 21 zum Einsatz, der geometrisch im Wesentlichen wie der Stator 21 der Fig. 6 ausgebildet ist. Er wurde jedoch in axialer Richtung nach unten verschoben und in dieser Position fixiert, wodurch sich ein vergrößerter Abstand X" zwischen der Rotornabe 17 und dem axialen Ende des Stators 21 einstellt. Ein entsprechender Fixierungsmechanismus kann derart ausgestaltet sein, dass die axiale Position des Stators 21 in diskreten Schritten oder kontinuierlich veränderbar ist.

[0077] Die Einstellung der axialen Position des Stators 21 kann manuell erfolgen, entweder direkt oder mittels eines Einstellmechanismus 41. Gemäß einer Ausführungsform ist eine Steuereinrichtung 43 vorgesehen, mit der der Einstellmechanismus 41 ansteuerbar ist. Eine Ansteuerung des Mechanismus 41 kann beispielsweise auf Basis einer Bedienereingabe, eines Betriebsmodus der Vakuumpumpe und/oder eines Betriebsparameter der Vakuumpumpe erfolgen.

[0078] Grundsätzlich ist es auch denkbar, dass nicht der Stator 21 als Ganzes, sondern die Holweckstator-

segmente 25a, 25b in axialer Richtung verschiebbar angeordnet sind und/oder in verschiedenen axialen Positionen fixierbar sind (direkt oder mittels eines entsprechenden Mechanismus), um die axiale Erstreckung der pumpaktiven Bereiche der Holweckstufen B, C und damit auch die mit ihnen verbundene Leistungsaufnahme zu modifizieren.

Bezugszeichenliste

10

[0079]

	11	Holweck-Anordnung
	13	Rotationsachse
15	15	Rotorwelle
	17	Rotornabe
	19	Rotorhülse
	21, 23	Holweckstator
	25a, 25b	Holweckstatorsegment
20	33	Einlass
	35	Auslass
	37	Basis
	39	Wärmetauscherelement
25	41	Einstellmechanismus
	43	Steuereinrichtung
	A, B, C	Holweckstufe
	X, X', X'', X'''	axialer Abstand
	111	Turbomolekularpumpe
	113	Einlassflansch
30	115	Pumpeneinlass
	117	Pumpenauslass
	119	Gehäuse
	121	Unterteil
35	123	Elektronikgehäuse
	125	Elektromotor
	127	Zubehöranschluss
	129	Datenschnittstelle
	131	Stromversorgungsanschluss
	133	Fluteinlass
40	135	Sperrgasanschluss
	137	Motorraum
	139	Kühlmittelanschluss
	141	Unterseite
	143	Schraube
45	145	Lagerdeckel
	147	Befestigungsbohrung
	148	Kühlmittelleitung
	149	Rotor
	151	Rotationsachse
50	153	Rotorwelle
	155	Rotorscheibe
	157	Statorscheibe
	159	Abstanderring
	161	Rotornabe
55	163	Holweck-Rotorhülse
	165	Holweck-Rotorhülse
	167	Holweck-Statorhülse
	169	Holweck-Statorhülse

171	Holweck-Spalt		alen Zwischenraum ragenden Abschnitts zu-
173	Holweck-Spalt		mindest eines der Holweckstatorsegmente klei-
175	Holweck-Spalt		ner als 75% der axialen Erstreckung zumindest
179	Verbindungskanal		einer der Holweckhülsen ist.
181	Wälzlager	5	
183	Permanentmagnetlager		2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1,
185	Spritzmutter		wobei ein axialer Abstand (X, X', X'', X''') zwischen
187	Scheibe		einem in den radialen Zwischenraum ragenden axi-
189	Einsatz		alen Ende beider Holweckstatorsegmente (25a,
191	rotorseitige Lagerhälfte	10	25b) und der Rotornabe (17) größer als 25% der
193	statorseitige Lagerhälfte		axialen Erstreckung eines in den radialen Zwischen-
195	Ringmagnet		raum ragenden Abschnitts der Holweckstatorseg-
197	Ringmagnet		mente und/oder größer als 25% der axialen Erstrek-
199	Lagerspalt		kung beider Holweckhülsen ist und/oder
201	Trägerabschnitt	15	wobei eine axiale Erstreckung eines in den radialen
203	Trägerabschnitt		Zwischenraum ragenden Abschnitts beider Hol-
205	radiale Strebe		weckstatorsegmente kleiner als 75% der axialen Er-
207	Deckelelement		streckung zumindest einer der Holweckhülsen (19)
209	Stützring		ist.
211	Befestigungsring	20	
213	Tellerfeder		3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2,
215	Not- bzw. Fanglager		wobei die Vakuumpumpe zumindest einen ersten
217	Motorstator		und einen zweiten Einlass (33) aufweist, wobei der
219	Zwischenraum	25	erste Einlass einer turbomolekularen Pumpstufe zu-
221	Wandung		geordnet ist und der zweite Einlass den Holweck-
223	Labyrinthdichtung		pumpstufen (B, C) zugeordnet ist.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularvakuumpumpe, mit zumindest einem Einlass (33), einem Auslass (35) und wenigstens zwei bezüglich einer gemeinsamen Rotationsachse (13) konzentrischen, in Pumprichtung zwischen dem Einlass und dem Auslass aufeinander folgenden Holweckstufen (B, C), die jeweils ein Holweckstatorsegment (25a bzw. 25b) mit einem Holweckgewinde und eine um die Rotationsachse rotierende Holweckhülse (19) umfassen, wobei die Holweckstatorsegmente jeweils an einer Seite eines gemeinsamen Holweckstators (21) angeordnet sind, der in einen radialen Zwischenraum zwischen den konzentrisch angeordneten Holweckhülsen ragt, die an einer mit einem Rotor der Vakuumpumpe drehfest verbundenen Holwecknabe (17) befestigt sind,
dadurch gekennzeichnet,

dass ein axialer Abstand (X, X', X'', X''') zwischen einem in den radialen Zwischenraum ragenden axialen Ende zumindest eines der Holweckstatorsegmente und der Holwecknabe größer als 25% der axialen Erstreckung eines in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts der Holweckstatorsegmente und/oder größer als 25% der axialen Erstreckung zumindest einer der Holweckhülsen ist und/oder
dass eine axiale Erstreckung eines in den radi-
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, wobei ein axialer Abstand (X, X', X'', X''') zwischen einem in den radialen Zwischenraum ragenden axialen Ende beider Holweckstatorsegmente (25a, 25b) und der Rotornabe (17) größer als 25% der axialen Erstreckung eines in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts der Holweckstatorsegmente und/oder größer als 25% der axialen Erstreckung beider Holweckhülsen ist und/oder wobei eine axiale Erstreckung eines in den radialen Zwischenraum ragenden Abschnitts beider Holweckstatorsegmente kleiner als 75% der axialen Erstreckung zumindest einer der Holweckhülsen (19) ist.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Vakuumpumpe zumindest einen ersten und einen zweiten Einlass (33) aufweist, wobei der erste Einlass einer turbomolekularen Pumpstufe zugeordnet ist und der zweite Einlass den Holweckpumpstufen (B, C) zugeordnet ist.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 3, wobei der zweite Einlass (33) - in axialer Richtung der Vakuumpumpe gesehen - im Bereich der Holweckstufen (B, C) angeordnet ist.
5. Vakuumpumpe nach Anspruch 3 oder 4, wobei der zweite Einlass (33) ein radialer Einlass ist.
6. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die äußere Holweckhülse (19) zusammen mit einem die äußere Holweckhülse radial außenseitig zumindest abschnittsweise umgebenden Holweckstatorsegment (23) eine dritte Holweckstufe (A) bildet, insbesondere wobei das Holweckstatorsegment der dritten Holweckstufe eine Ausnehmung oder Öffnung aufweist, die den zweiten Einlass (33) bildet.
7. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Holweckstator (21) mit zumindest einem Wärmetauscherelement (39) versehen ist, das sich von dem in den radialen Zwischenraum ragenden axialen Ende der Holweckstators zu der Rotornabe (17) hin erstreckt.
8. Vakuumpumpe nach Anspruch 7, wobei das Wärmetauscherelement (39) stäbchenförmig oder hülsenförmig oder teilhülsenförmig ausgebildet ist.

9. Vakuumpumpe nach Anspruch 7 oder 8,
wobei das Wärmetauscherelement (39) zumindest
eine Durchbrechung und/oder Schlitz aufweist.
10. Vakuumpumpe nach Anspruch 7, 8 oder 9, 5
wobei des Wärmetauscherelement (39) lösbar mit
dem Holweckstator (21) verbunden ist.
11. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorste-
henden Ansprüche, 10
wobei der Holweckstator (21) in axialer Richtung in
verschiedenen Positionen anordbar ist.
12. Vakuumpumpe nach Anspruch 11,
wobei die Vakuumpumpe einen Einstellmechanis- 15
mus (41) aufweist, mit dem eine axiale Positionie-
rung des Holweckstator (21) und/oder zumindest ei-
nes der Holweckstatorsegmente (25a, 25b) einstell-
bar ist.
20
13. Vakuumpumpe nach Anspruch 12,
wobei die Vakuumpumpe eine Steuereinrichtung 25
(43) aufweist, die den Einstellmechanismus (41)
steuert, insbesondere auf Basis einer Bedienerein-
gabe, eines Betriebsmodus der Vakuumpumpe
und/oder eines Betriebsparameters der Vakuum-
pumpe.
14. Vakuumpumpe nach zumindest einem der vorste-
henden Ansprüche, 30
wobei zumindest eines der Holweckstatorsegmente
(25a, 25b), insbesondere beide Holweckstatorseg-
mente einstückig mit dem Holweckstator (21) aus-
gebildet ist bzw. sind.
35
15. Vakuumpumpensystem umfassend

eine Vakuumpumpe gemäß zumindest einem
der vorstehenden Ansprüche und
zumindest einen Austausch-Holweckstator, der 40
zumindest ein Holweckstatorsegment umfasst,
das eine axiale Erstreckung aufweist, die von
der axialen Erstreckung des entsprechenden
Holweckstatorsegments (25a, 25b) des Hol-
weckstators (21) abweicht, und/oder
zumindest ein Austausch-Holweckstatorseg- 45
ment, das eine axiale Erstreckung aufweist, die
von der axialen Erstreckung des entsprechen-
den Holweckstatorsegments des Holwecksta-
tors abweicht.
50

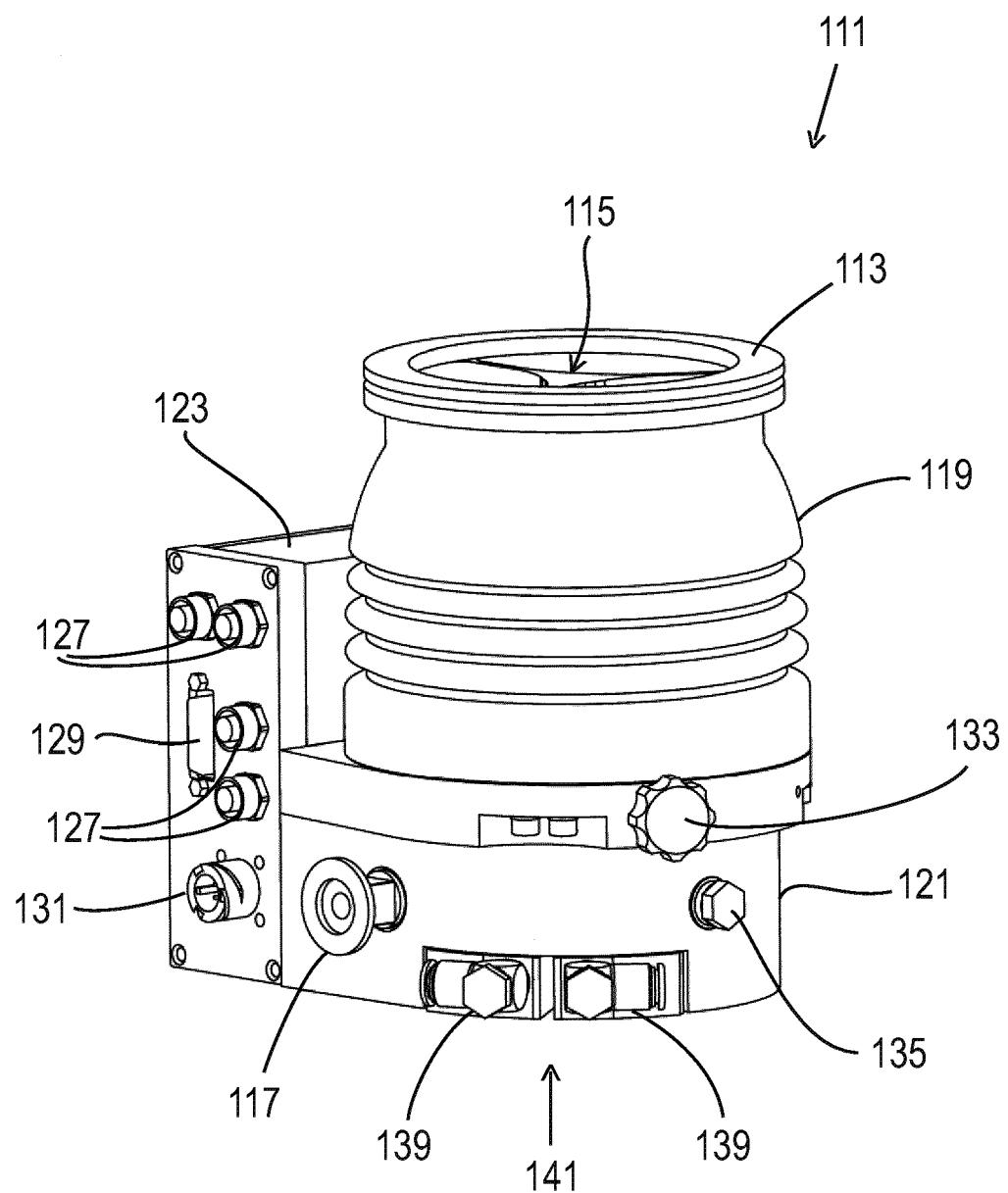


Fig. 1

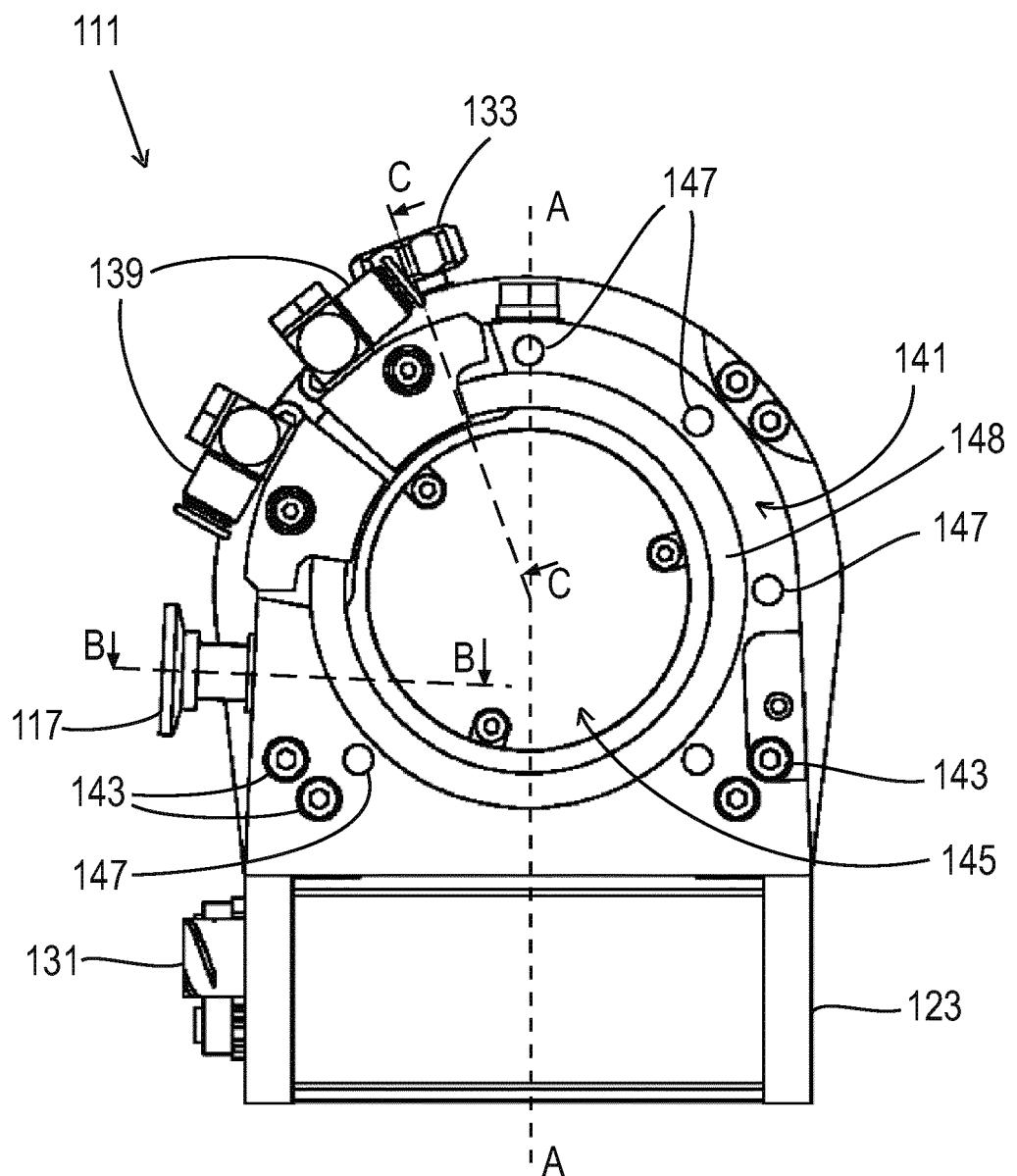
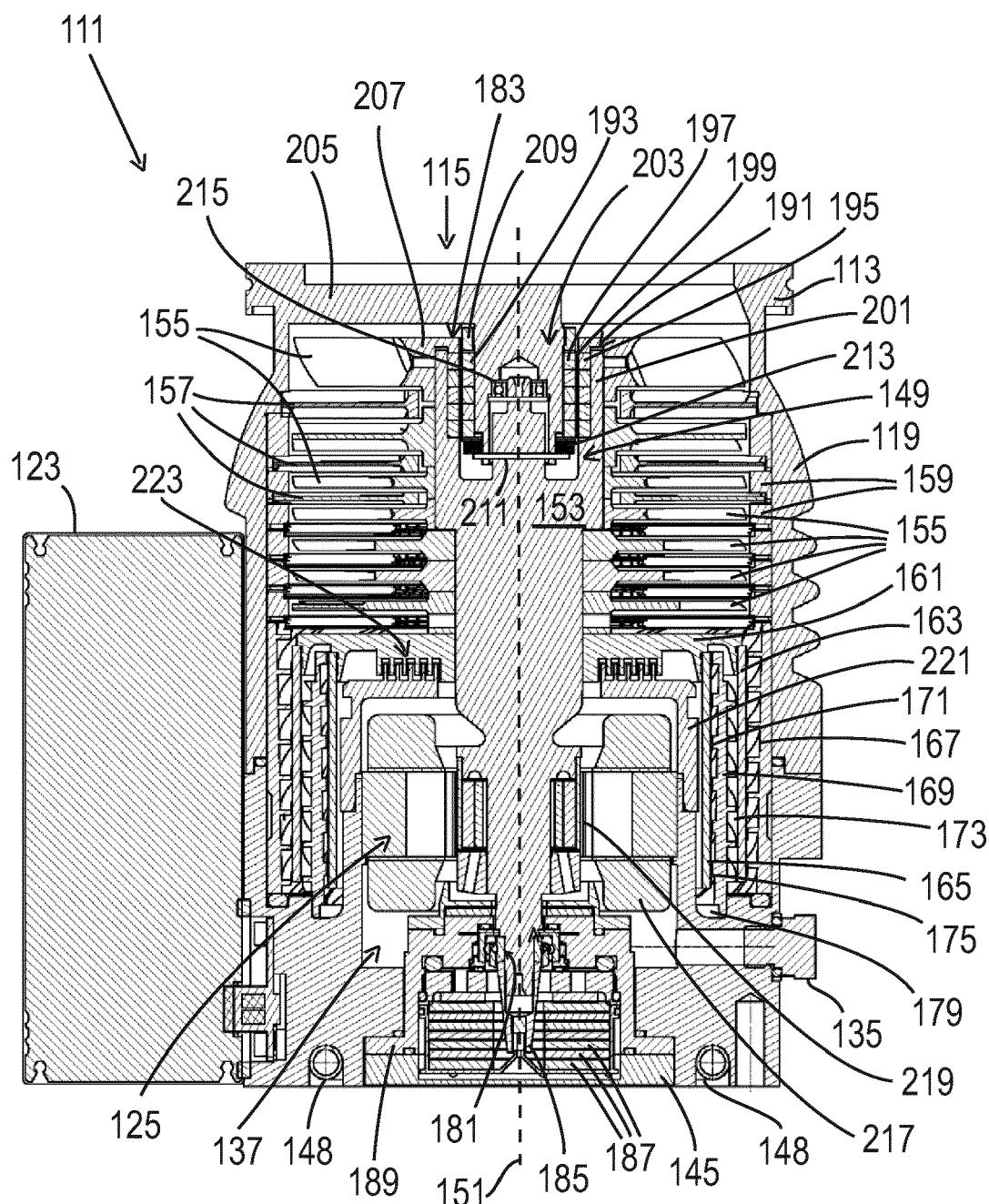


Fig. 2



A-A

Fig. 3

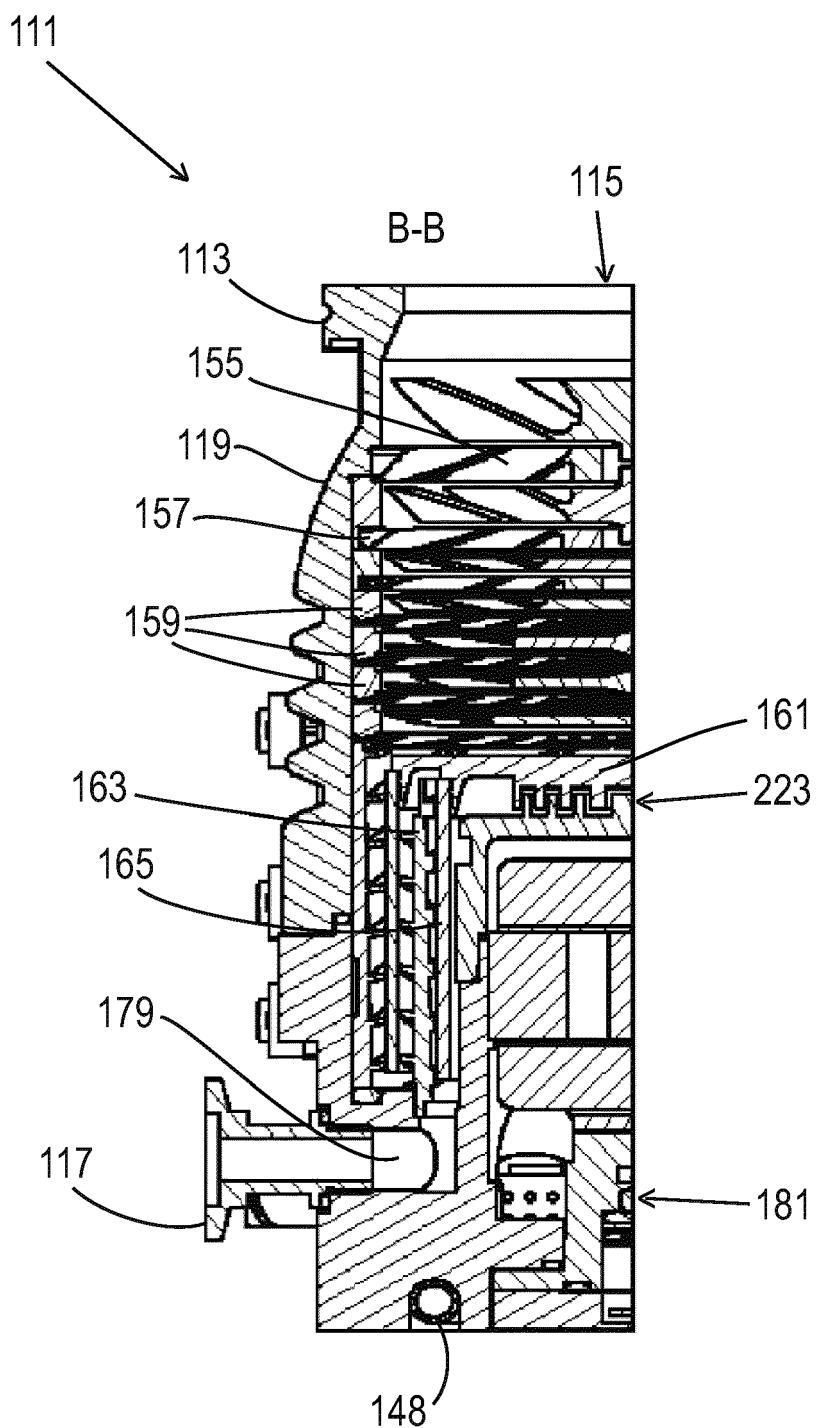


Fig. 4

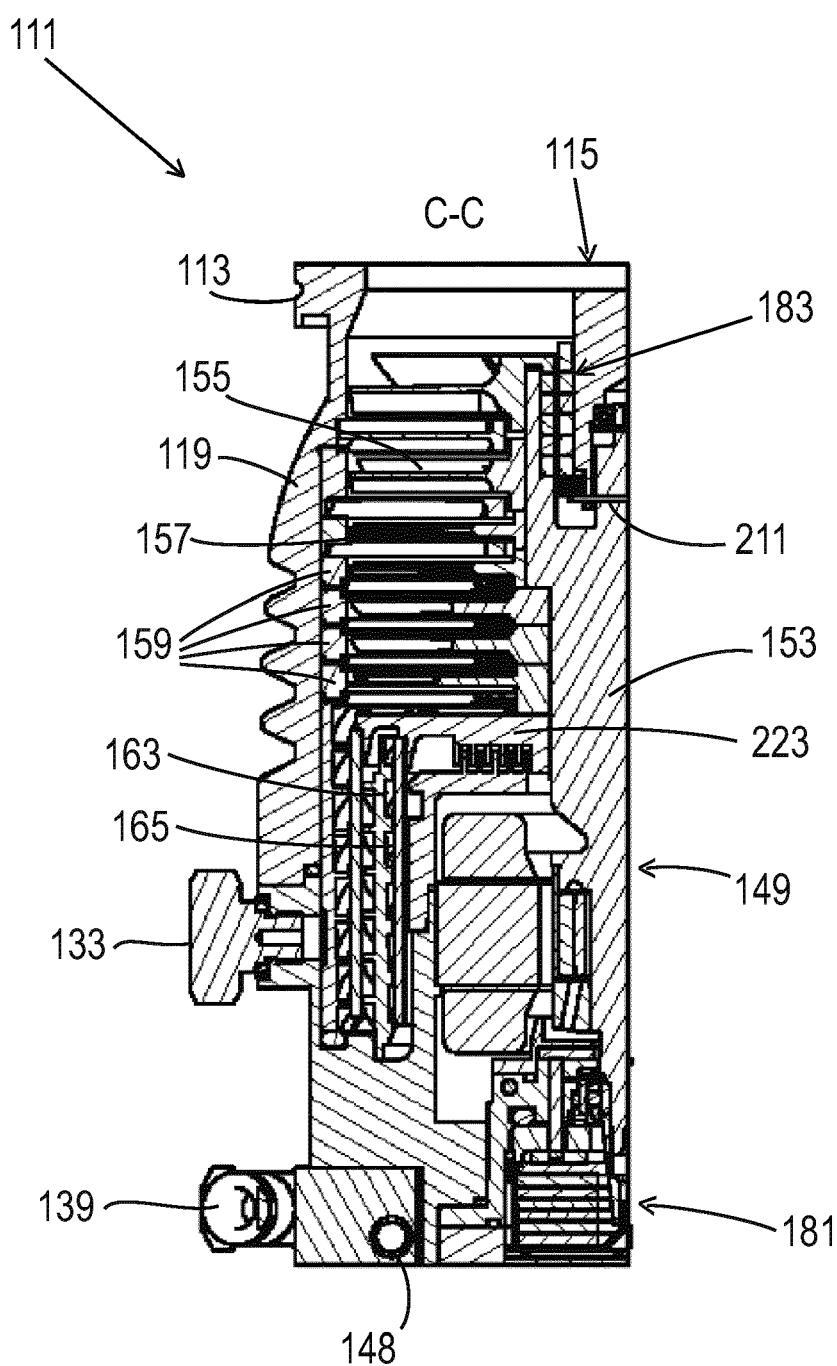
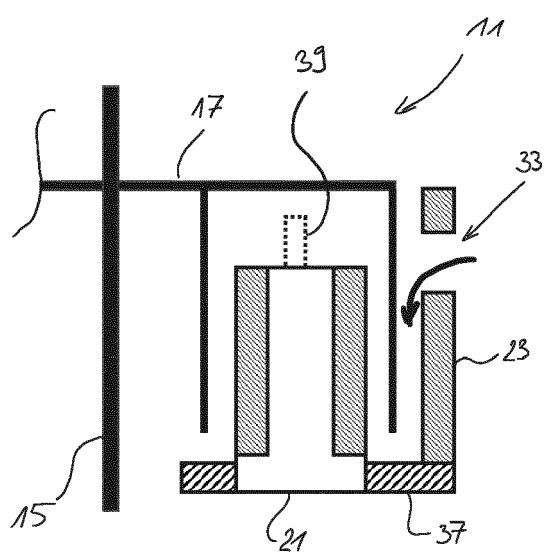
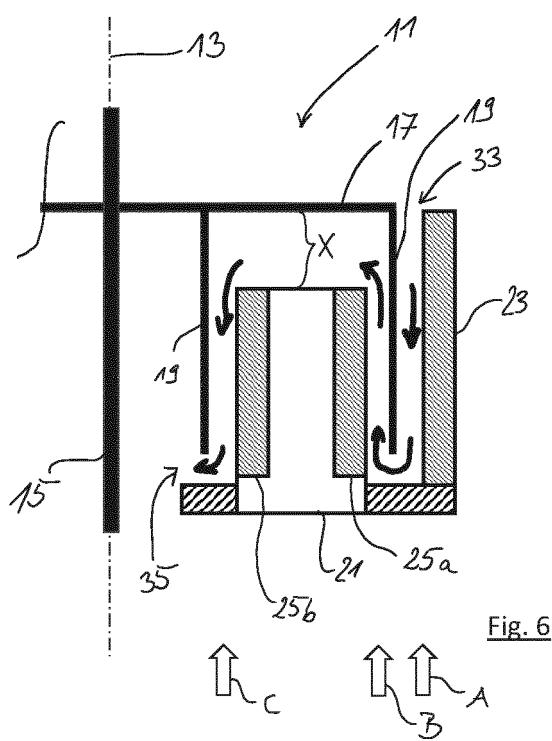


Fig. 5



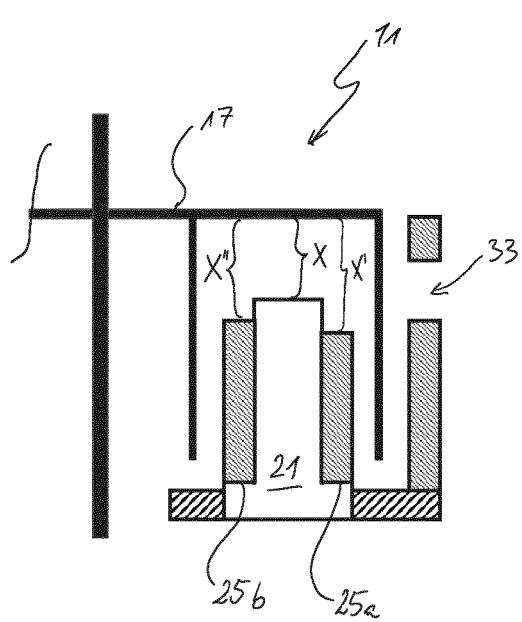


Fig. 8

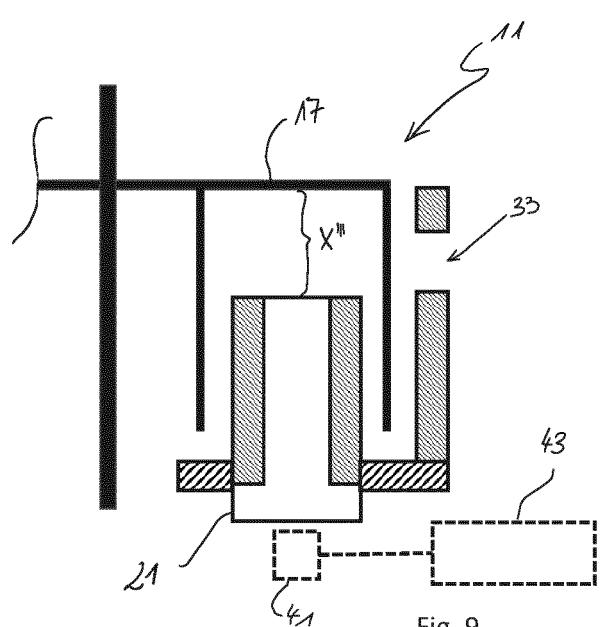


Fig. 9



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 21 16 8848

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betriefft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10 X	US 2003/103842 A1 (NONAKA MANABU [JP] ET AL) 5. Juni 2003 (2003-06-05) * Abbildung 3 *	1	INV. F04D19/04
15 A	----- US 6 135 709 A (STONES IAN DAVID [GB]) 24. Oktober 2000 (2000-10-24) * Abbildung 3 *	2-15	1
20 A	----- EP 2 565 464 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 6. März 2013 (2013-03-06) * Abbildung 3 *	1-15	1-15
25	-----		
30			RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35			F04D
40			
45			
50 1	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
55	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 27. September 2021	Prüfer Ingelbrecht, Peter
	KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	
	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 21 16 8848

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendifikumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-09-2021

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patendifikument	Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 2003103842 A1	05-06-2003	CN EP JP JP KR TW US	1432738 A 1318309 A2 3961273 B2 2003172289 A 20030045598 A 200300820 A 2003103842 A1	30-07-2003 11-06-2003 22-08-2007 20-06-2003 11-06-2003 16-06-2003 05-06-2003
20	US 6135709 A	24-10-2000	DE EP JP JP US	69924558 T2 0959253 A2 4605836 B2 H11351190 A 6135709 A	23-02-2006 24-11-1999 05-01-2011 21-12-1999 24-10-2000
25	EP 2565464 A2	06-03-2013	DE EP JP JP	102011112689 A1 2565464 A2 5683544 B2 2013053626 A	07-03-2013 06-03-2013 11-03-2015 21-03-2013
30					
35					
40					
45					
50					
55					

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82