

(19)



(11)

EP 4 495 428 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
22.01.2025 Patentblatt 2025/04

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04^(2006.01) F04D 25/08^(2006.01)
F04D 29/58^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24217798.8**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 19/04; F04D 19/042; F04D 19/044;
F04D 25/08; F04D 29/584; F05D 2260/22141

(22) Anmeldetag: **05.12.2024**

(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 ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **SCHWEIGHÖFER, Michael**
35641 Schöffengrund (DE)
• **HOFMANN, Jan**
35305 Grünberg (DE)
• **BIRKENFELD, Maximilian**
35649 Bischoffen (DE)

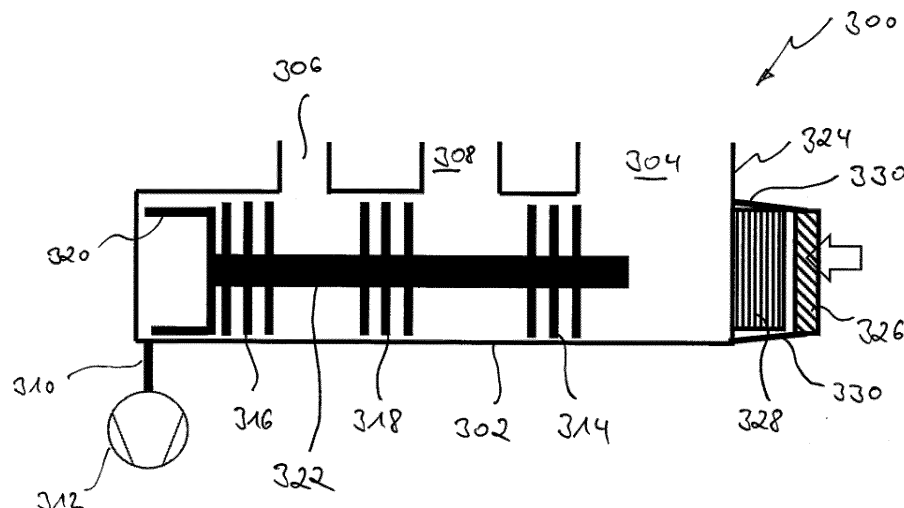
(71) Anmelder: **Pfeiffer Vacuum Technology AG**
35614 Asslar (DE)

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

(54) VAKUUMPUMPSYSTEM MIT ELEKTRISCH BETRIEBENER KÜHLEINRICHTUNG

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Pumpsystem mit einer Turbomolekularvakuumpumpe, die ein Gehäuse mit zumindest einem Pumpeneinlass und einem Pumpenauslass, einen ersten von einer Rotorwelle angetriebenen Pumpmechanismus mit zumindest einer turbomolekularen Pumpstufe in dem Gehäuse und einen stromabwärts des ersten Pumpmechanismus befindlichen zweiten von der Rotorwelle angetriebenen Pumpmechanismus in dem Gehäuse umfasst, der nach einem anderen Pumpprinzip wie der erste Pumpmechanismus arbeitet. Der erste und der zweite Pumpmechanismus

sind zur gemeinsamen Förderung eines Prozessgases von dem Pumpeneinlass zu dem Pumpenauslass entlang der Rotorwelle angeordnet und in axialer Richtung zwischen dem zumindest einen Pumpeneinlass und dem Pumpenauslass gelegen. Das Pumpsystem umfasst zur Kühlung des Gehäuses ferner zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung, die sich in axialer Richtung bezüglich des zweiten Pumpmechanismus auf der dem ersten Pumpmechanismus zugewandten Seite des zweiten Pumpmechanismus befindet.

**Fig. 10**

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Pumpsystem mit einer elektrisch betriebenen Kühleinrichtung zur Kühlung einer Turbomolekularvakuumpumpe des Pumpsystems.

[0002] Turbomolekularvakuum Pumpen kommen in aller Regel zur Erzeugung eines Vakuums bzw. eines Unterdrucks in physikalischen Messeinrichtungen wie beispielsweise Massenspektrometern zum Einsatz. Gerade bei der Evakuierung von Massenspektrometern wird dabei häufig angestrebt, dass der darin erzeugte Enddruck im Ultrahochvakuumbereich und somit im Bereich zwischen 10^{-8} und 10^{-11} mbar liegt. Zur Erzeugung derart geringer Drücke kommen häufig spezielle Turbomolekularvakuum Pumpen zum Einsatz, welche sich unter anderem dadurch auszeichnen, dass diese über mehrere strömungstechnisch hintereinander geschaltete turbomolekulare Pumpstufen verfügen, denen jeweils ein eigener Pumpeneinlass zugeordnet ist.

[0003] Derartige Turbomolekularvakuum Pumpen mit mehreren Pumpeinlässen sind grundsätzlich bekannt und werden auch als Splitflow-Vakuum Pumpen bezeichnet. Die Begriffe "SplitFlow" und "SPLIT-FLOW" sind eingetragene Marken der Pfeiffer Vacuum GmbH. Andere Bezeichnungen für derartige Vakuum Pumpen sind auch Mehreinlass-Vakuum Pumpe oder Multi-Inlet-Vakuum Pumpe.

[0004] Im Ultrahochvakuumbereich und vor allem bei Drücken, die geringer sind als 10^{-9} mbar, insbesondere bei Drücken, die geringer sind als 10^{-10} mbar, wurde jedoch beobachtet, dass unerwünschte physikalische Phänomene auftreten, die sich negativ auf den erzielbaren Enddruck auswirken. So kann es insbesondere bei Drücken unterhalb von 10^{-9} mbar, insbesondere bei Drücken unterhalb von 10^{-10} mbar, zu Desorptions- und/oder Permeationserscheinungen kommen. Je niedriger dabei der Druck ist, umso mehr repräsentieren diese herausgelösten Gase im Ultrahochvakuumbereich einen immer größeren Anteil des Gesamtdrucks. Hierdurch wird letztendlich der zu erreichende Enddruck aufgrund der beschriebenen physikalischen Phänomene nach unten hin begrenzt. Dies wiederum begrenzt die Genauigkeit von physikalischen Messeinrichtungen wie beispielsweise Massenspektrometern.

[0005] Dementsprechend liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Pumpsystem anzugeben, mit dem sich im Vergleich zu einem Pumpsystem mit derselben Pumpenkonfiguration bzw. im Vergleich zu einem Pumpsystem, das dieselben Pumpmechanismus wie das erfindungsgemäße Pumpsystem aufweist, ein niedrigerer Druck erzielen lässt.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe wird ein Pumpsystem mit einer im Wesentlichen herkömmlichen Turbomolekularvakuum Pumpe vorgestellt, wobei sich das Pumpsystem durch die Merkmale des Anspruchs 1 auszeichnet.

[0007] Eine im Wesentlichen herkömmliche Turbomo-

lekularvakuum Pumpe zeichnet sich unter anderem dadurch aus, dass diese ein Gehäuse mit zumindest einem Pumpeneinlass und einem Pumpenauslass umfasst, in dem sich zwei von einer Rotorwelle angetriebene Pumpmechanismen befinden. Bei einem ersten der beiden Pumpmechanismen handelt es sich dabei um eine turbomolekulare Pumpstufe, welche vorzugsweise mehrere von der Rotorwelle angetriebene Rotorscheiben umfasst, wohingegen es sich bei dem zweiten bzw. dem anderen Pumpmechanismus der beiden Pumpmechanismen beispielweise um eine Holweck-Pumpstufe handelt, welche sich stromabwärts des ersten Pumpmechanismus bzw. stromabwärts der turbomolekularen Pumpstufe befindet. Grundsätzlich arbeitet der zweite bzw. andere Pumpmechanismus nach einem anderen Pumpprinzip als der erste Pumpmechanismus. Insofern kann der zweite Pumpmechanismus auch beispielsweise eine Siegbahn-Pumpstufe und/oder eine nach dem Seitenkanalprinzip arbeitende Pumpstufe umfassen. Die beiden Pumpmechanismen sind dabei in an sich herkömmlicher Art und Weise zur gemeinsamen Förderung eines Prozessgases von dem Pumpeneinlass zu dem Pumpenauslass entlang der Rotorwelle angeordnet und in axialer Richtung zwischen dem zumindest einen Pumpeneinlass und dem Pumpenauslass gelegen.

[0008] Erfindungsgemäß zeichnet sich das hier vorgeschlagene Pumpsystem nun insbesondere dadurch aus, dass es zur Kühlung des Gehäuses über zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung verfügt, welche sich in axialer Richtung bezüglich des zweiten Pumpmechanismus auf der dem ersten Pumpmechanismus zugewandten Seite des zweiten Pumpmechanismus befindet. So wurde nämlich erfindungsgemäß erkannt, dass die Mechanismen, die den zuvor beschriebenen Desorptions- und/oder Permeationserscheinungen zugrunde liegen, unter anderem temperaturabhängig sind. Insbesondere wurde beobachtet, dass der Anteil der Gase, die sich aus einer Feststoffoberfläche herauslösen, mit zunehmender Temperatur zunimmt.

[0009] Um somit der betriebsbedingten Erwärmung der Turbomolekularvakuum Pumpe und damit den beschriebenen Gasdesorptions- und/oder -permeationserscheinungen vorzubeugen, wird erfindungsgemäß daher erstmals vorgeschlagen, eine Turbomolekularvakuum Pumpe aktiv im Bereich des ersten Pumpmechanismus zwischen Pumpeneinlass und Pumpenauslass zu kühlen.

[0010] Zwar ist es nicht unüblich, den Elektromotor einer Turbomolekularvakuum Pumpe mittels eines Lüfters zu kühlen; der Antriebsmotor herkömmlicher

[0011] Turbomolekularvakuum Pumpen befindet sich jedoch bezüglich der Holweck-Pumpstufe auf der der turbomolekularen Pumpstufe abgewandten Seite der Holweck-Pumpstufe, was folglich auch für den Lüfter zur Kühlung des Antriebsmotors gilt. Die turbomolekulare Pumpstufe ist also gewissermaßen durch die Holweck-Pumpstufe vom Antriebsmotor und somit von dem Lüfter beabstandet, so dass die Kühlung des Antriebs-

motors keine oder eine nur vernachlässigbare Wirkung auf die turbomolekulare Pumpstufe hat. Insofern kann durch die Kühlung des Antriebsmotors keine ausreichende Kühlung der hochvakuumseitigen Turbomolekularpumpstufen gewährleistet werden.

[0012] Erfindungsgemäß wird daher erstmals vorgeschlagen, die turbomolekulare Pumpstufe direkt mittels einer elektrisch betriebenen Kühleinrichtung zu kühlen, um so bereits im Hochvakuumbereich der Turbomolekularvakuumpumpe der zuvor beschriebenen Desorptions- und/oder Permeationsproblematik zu begegnen.

[0013] Im Folgenden wird nun auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung eingegangen. Weitere Ausführungsformen können sich auch aus den abhängigen Ansprüchen, der Figurenbeschreibung sowie den Zeichnungen selbst ergeben.

[0014] So kann es gemäß einer Ausführungsform vorgesehen sein, dass der erste Pumpmechanismus wie bei einer Splitflow-Pumpe eine erste turbomolekulare Pumpstufe und stromabwärts davon zumindest eine zweite turbomolekulare Pumpstufe aufweist. In diesem Falle kann es vorgesehen sein, dass sich die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung in axialer Richtung bezüglich der zumindest zweiten turbomolekularen Pumpstufe auf der der ersten turbomolekularen Pumpstufe zugewandten Seite der zumindest zweiten turbomolekularen Pumpstufe befindet. Die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung befindet sich also in axialer Richtung näher bei der ersten turbomolekularen Pumpstufe als die Holweck-Pumpstufe und somit näher bei dem Pumpeneinlass als die Holweck-Pumpstufe. So nimmt nämlich der erzielbare Enddruck in Richtung des Pumpeneinlasses zunehmend ab, weshalb es zur Reduzierung von Gasdesorption bzw. -permeation vorteilhaft ist, die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung möglichst nahe am (einzigen) Pumpeneinlass anzuordnen, da dort der erzielbare Enddruck am geringsten und somit die Gasdesorptions- bzw. Permeationsneigung den größten Einfluss auf den sich einstellenden Druck hat.

[0015] Dementsprechend kann es sich bei einer Splitflow-Pumpe mit einem ersten Pumpeneinlass und zumindest einem zweiten Pumpeneinlass, der in axialer Richtung zwischen der ersten turbomolekularen Pumpstufe und der zweiten turbomolekularen Pumpstufe gelegen ist, anbieten, die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung in axialer Richtung so anzuordnen, dass diese bezüglich des zweiten Pumpeneinlasses auf der dem ersten Pumpeneinlass zugewandten Seite des zweiten Pumpeneinlasses gelegen ist. Die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung befindet sich also noch näher bei dem in Strömungsrichtung am weitesten stromaufwärts gelegenen Pumpeneinlass, welcher hier auch durchgehend als erster Pumpeneinlass bezeichnet wird, da die Gaspermeations- bzw. -desorptionsneigung mit zunehmender Annäherung an den ersten Pumpeneinlass zunimmt.

[0016] Umfasst eine Splitflow-Pumpe eine dritte turbo-

molekulare Pumpstufe in axialer Richtung zwischen der ersten turbomolekularen Pumpstufe und der zweiten turbomolekularen Pumpstufe, so kann es sich gemäß einer weiteren Ausführungsform zur weiteren Reduzierung der Gasdesorptions- bzw. -permeationsneigung anbieten, die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung in axialer Richtung so zu platzieren, dass sich diese bezüglich der dritten turbomolekularen Pumpstufe auf der dem ersten Pumpeneinlass zugewandten Seite der dritten turbomolekularen Pumpstufe bzw. auf der der ersten turbomolekularen Pumpstufe zugewandten Seite der dritten turbomolekularen Pumpstufe befindet. Anders als bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform befindet sich somit die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung noch näher bei dem am weitesten stromaufwärts gelegenen Pumpeneinlass, der hier auch als der erste Pumpeneinlass bezeichnet wird.

[0017] Verfügt eine Splitflow-Pumpe über einen dritten Pumpeneinlass in axialer Richtung zwischen der ersten turbomolekularen Pumpstufe und der dritten turbomolekularen Pumpstufe, so kann es sich zur weiteren Reduzierung unerwünschter Gasdesorptions- und/oder -permeationserscheinungen anbieten, die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung in axialer Richtung so anzuordnen, dass diese bezüglich des dritten Pumpeneinlasses auf der dem ersten Pumpeneinlass zugewandten Seite des dritten Pumpeneinlasses bzw. auf der dem ersten turbomolekularen Pumpmechanismus zugewandten Seite des dritten Pumpeneinlasses gelegen ist.

[0018] Die in Rede stehenden Pumpeneinlässe können dabei allesamt radial ins Innere des Gehäuses münden; alternativ hierzu können alle Pumpeneinlässe außer dem ersten Pumpeneinlass bzw. dem am weitesten stromaufwärts gelegenen Pumpeneinlass radial ins Innere des Gehäuses münden, wohingegen der am weitesten stromaufwärts gelegene bzw. der erste Pumpeneinlass an dem dem zweiten Pumpmechanismus gegenüberliegenden Kopfende des Gehäuses axial ins Innere des Gehäuses mündet.

[0019] Um die Gasdesorptions- bzw. -permeationsneigung besonders effektiv reduzieren zu können, kann es gemäß einer bevorzugten Ausführungsform vorgesehen sein, dass sich die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung in axialer Richtung bezüglich des ersten Pumpmechanismus auf der dem ersten Pumpeneinlass zugewandten Seite des ersten Pumpmechanismus befindet. Die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung befindet sich also in jenem Bereich, der am meisten für Gasdesorptions- und/oder -permeationserscheinungen anfällig ist, da gerade bei hocheffizienten Splitflow-Pumpen mit mehreren Pumpeneinlässen und mehreren turbomolekularen Pumpstufen im Bereich des am weitesten stromaufwärts gelegenen Pumpeneinlasses der geringste Enddruck herrscht.

[0020] Die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung befindet sich also in axialer Richtung der Turbomolekularvakuumpumpe vorzugsweise in einem Bereich, in dem sich im Inneren der Turbomolekularva-

kuumpumpe während des Betriebs ein Enddruck einstellt, der im Ultrahochvakuumbereich anzusiedeln ist, wobei der sich einstellende Enddruck vorzugsweise geringer als 10^{-8} mbar, insbesondere geringer als 10^{-9} mbar, und insbesondere bevorzugt geringer als 10^{-10} mbar, ist.

[0021] Sofern hier von zumindest einer elektrisch betriebenen Kühleinrichtung die Rede ist, so kann es sich hierbei bei einer jeden Kühleinrichtung um einen Lüfter handeln, der einen Luftstrom erzeugt. Dieser kann gemäß einer Ausführungsform so ausgerichtet sein, dass der von dem Lüfter erzeugte Luftstrom in radialer Richtung oder in axialer Richtung senkrecht auf das Gehäuse trifft, beispielsweise auf das bereits zuvor erwähnte Kopfende des Gehäuses. Alternativ hierzu kann zumindest ein Lüfter so ausgerichtet sein, dass der von ihm erzeugte Luftstrom das Gehäuse unter Bildung einer turbulenten Grenzschichtströmung in radialer oder in axialer Richtung streift. Die erzeugte Luftströmung erstreckt sich also entweder parallel zur Rotorwelle, ohne dabei auf das Kopfende des Gehäuses zu treffen, oder senkrecht dazu, wobei die Luftströmung entlang des Kopfendes des Gehäuses eine turbulente Grenzschichtströmung erzeugt.

[0022] Um die durch den zumindest einen Lüfter hervorgerufene Kühlwirkung zu intensivieren, kann es gemäß einer weiteren Ausführungsform vorgesehen sein, dass das Gehäuse der Turbomolekularvakuumpumpe zumindest einen Kühlkörper aufweist, der vorzugsweise mehrere Kühlrippen umfasst, wobei der Kühlkörper dem von dem zumindest einen Lüfter erzeugten Luftstrom ausgesetzt ist.

[0023] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann es des Weiteren vorgesehen sein, dass zumindest ein Lüfter direkt an dem Gehäuse befestigt ist. Zusätzlich oder alternativ hierzu kann es vorgesehen sein, dass zumindest ein Lüfter mittelbar an dem Gehäuse befestigt ist, beispielsweise mittels einer Abstandshaltevorrichtung, die ihrerseits an dem Gehäuse befestigt ist und den zumindest einen Lüfter trägt. Darüber hinaus kann es zusätzlich oder alternativ zu den beiden zuvor beschriebenen Befestigungsarten, bei denen der Lüfter direkt bzw. mittelbar an dem Gehäuse befestigt ist, gemäß einer weiteren Ausführungsform vorgesehen sein, dass zumindest ein Lüfter an einer von dem Gehäuse unabhängigen Tragstruktur eines Pumpstands befestigt ist, so dass der Lüfter je nach Bedarf ausgerichtet werden kann, um je nach Ausrichtung unterschiedliche Bereiche des Gehäuses zu kühlen.

[0024] Zusätzlich oder alternativ zu den zuvor beschriebenen Ausführungsformen, bei denen die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung zumindest einen Lüfter umfasst, kann es gemäß einer weiteren Ausführungsform vorgesehen sein, dass die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung zumindest ein Peltier-Element umfasst. Hierbei kann es gemäß einer Ausführungsform vorgesehen sein, dass das zumindest eine Peltier-Element direkt an der Außenseite des Gehäuses befestigt ist. Zusätzlich oder alternativ hierzu kann

es gemäß einer weiteren Ausführungsform vorgesehen sein, dass das zumindest eine Peltier-Element in die Wandung des Gehäuses integriert ist.

[0025] So kann das Gehäuse beispielsweise zumindest eine Sacklochbohrung aufweisen, die zumindest ein Peltier-Element aufnimmt. Vorzugsweise kann es dabei vorgesehen sein, dass das Gehäuse mehrere Sacklochbohrungen aufweist, die sich ausgehend von dem dem zweiten Pumpmechanismus gegenüberliegenden Kopfende des Gehäuses axial ins Innere der Gehäusewand erstrecken und die jeweils zumindest ein Peltier-Element aufnehmen.

[0026] Die Unterbringung der in Rede stehenden Peltier-Elemente in den genannten Sacklochbohrungen bietet sich insbesondere deshalb an, da bei herkömmlichen Splitflow-Pumpen derartige Sacklochbohrungen ohnehin bereits vorhanden sein können, um Heizstäbe aufzunehmen. Mittels dieser Heizstäbe kann die Pumpe bei der werkseitigen Erstinbetriebnahme aufgeheizt werden, um so vorab dafür zu sorgen, dass sich Gasmoleküle durch Desorption von Oberflächen im Inneren der Pumpe herauslösen, womit ein Großteil der Gasdesorption gewissermaßen bereits vorab vorweggenommen wird. Da die in Rede stehenden Sacklochbohrungen somit ohnehin bereits vorhanden sein können, können sie nach der Erstinbetriebnahme der Pumpe zur Aufnahme von Peltier-Elementen verwendet werden, so dass hierfür keine zusätzlichen Aufnahmen in der Gehäusewandung vorgesehen werden müssen. Vorzugsweise kann es sich dabei anbieten, die Peltier-Elemente an derselben Halterung vorzusehen, die bereits die Heizstäbe trägt.

[0027] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen, jeweils schematisch:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe,
- Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,
- Fig. 3 einen Querschnitt der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie A-A,
- Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie B-B,
- Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittlinie C-C,
- Fig. 6 eine schematische Darstellung einer Splitflow-Pumpe mit drei Pumpeneinlässen und drei turbomolekularen Pumpstufen,

- Fig. 7 eine erste Ausführungsform eines Pumpsystems mit der Splitflow-Pumpe der Fig. 6 und zwei Lüftern,
- Fig. 8 eine zweite Ausführungsform eines Pumpsystems mit der Splitflow-Pumpe der Fig. 6 und zwei Lüftern sowie zwei Kühlkörpern,
- Fig. 9 eine dritte Ausführungsform eines Pumpsystems mit der Splitflow-Pumpe der Fig. 6 und zwei Lüftern,
- Fig. 10 eine vierte Ausführungsform eines Pumpsystems mit der Splitflow-Pumpe der Fig. 6, einem Lüfter und einem Kühlkörper,
- Fig. 11 eine fünfte Ausführungsform eines Pumpsystems mit der Splitflow-Pumpe der Fig. 6 und einem daran vorgesehenen Peltier-Element,
- Fig. 12 eine sechste Ausführungsform eines Pumpsystems mit der Splitflow-Pumpe der Fig. 6 und mehreren an einer Halterung vorgesehenen Peltier-Elementen, und
- Fig. 13 eine siebte Ausführungsform eines Pumpsystems mit der Splitflow-Pumpe der Fig. 6 und an einer Halterung vorgesehenen Peltier- und Heizelementen.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0031] 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 Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0032] 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.

[0033] Andere existierende Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[0034] 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.

[0035] 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 Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

[0036] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0037] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozessgaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpenauslass 117.

[0038] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 ange-

ordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0039] 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.

[0040] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen aufweisen.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] 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 Turbomolekularvakuumumpen (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.

[0047] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0048] 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.

[0049] 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 Trägerab-

schnitt 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.

[0050] 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.

[0051] 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.

[0052] 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 annähe-

rungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0053] 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.

[0054] Nachdem zuvor unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 5 der grundsätzliche Aufbau einer Turbomolekularvakuumpumpe 111 erläutert wurde, wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Fig. 6 der Aufbau einer als Splitflow-Pumpe ausgebildeten Turbomolekularvakuumpumpe 300 erläutert, anhand derer unter Bezugnahme auf die Fig. 7 ff. dann nachfolgend das erfindungsgemäße Kühlkonzept erläutert wird. Dieses Kühlkonzept lässt sich jedoch in entsprechender Weise auf die zuvor unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 5 beschriebene Turbomolekularvakuumpumpe 111 anwenden.

[0055] Da der grundsätzliche Aufbau der in der Fig. 6 dargestellten Turbomolekularvakuumpumpe 300 dem der unter Bezugnahme auf die Fig. 1 bis 5 beschriebenen Turbomolekularvakuumpumpe 111 entspricht, beschränkt sich die Beschreibung der Turbomolekularvakuumpumpe 300 auf die wesentlichen Unterschiede gegenüber der Turbomolekularvakuumpumpe 111 der Fig. 1 bis 5.

[0056] Ähnlich wie die Turbomolekularvakuumpumpe 111 weist auch die Turbomolekularvakuumpumpe 300 ein Gehäuse 302 mit einem ersten Pumpeneinlass 304 und einem Pumpenauslass 310 auf, wobei hier jedoch der Pumpeneinlass 304 anders als der Pumpeneinlass 115 der Turbomolekularvakuumpumpe 111 der Fig. 1 bis 5 nicht axial, sondern radial ins Innere des Gehäuses 302 mündet. Am Pumpenauslass 310 ist eine Vorvakuumpumpe 312 angeschlossen, die das von der Turbomolekularvakuumpumpe 300 vom Pumpeneinlass 304 zum Pumpenauslass 310 geförderte Prozessgas in die Umgebung abgibt.

[0057] Gefördert wird das Prozessgas vom Pumpeneinlass 304 zum Pumpenauslass 310 mittels dreier turbomolekularer Pumpstufen 314, 316, 318 sowie einer nachgelagerten Holweck-Pumpstufe 320, welche allesamt entlang einer Rotorwelle 322 angeordnet sind und von dieser angetrieben werden. Die erste turbomolekulare Pumpstufe 314 befindet sich dabei am nächsten zum Pumpeneinlass 304 und stromabwärts desselben. Die dritte turbomolekulare Pumpstufe 318 befindet sich stromabwärts der ersten turbomolekularen Pumpstufe 314, wohingegen sich die zweite turbomolekulare Pumpstufe 316 wiederum stromabwärts der dritten turbomolekularen Pumpstufe 318 befindet. Die dritte turbomolekulare Pumpstufe 318 befindet sich also zwischen der ersten und der zweiten Pumpstufe 314, 316.

[0058] Wie der Fig. 6 entnommen werden kann, sind die drei turbomolekularen Pumpstufen 314, 316, 318 in axialer Richtung voneinander beabstandet, wobei in den

Abstand zwischen der dritten turbomolekularen Pumpstufe 318 und der zweiten turbomolekularen Pumpstufe 316 ein zweiter Pumpeneinlass 306 radial ins Innere des Gehäuses 302 mündet, wohingegen in den Abstand zwischen der ersten turbomolekularen Pumpstufe 314 und der dritten turbomolekularen Pumpstufe 318 ein dritter Pumpeneinlass 308 radial ins Gehäuseinnere mündet.

[0059] Wie bereits in der Fig. 6 durch die beiden Pfeile schematisch angedeutet ist, ist es bei der dargestellten Splitflow-Pumpe 300 erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Kopfende 324 des Gehäuses 302, das sich an dem der Holweck-Pumpstufe 302 gegenüberliegenden Kopfende 324 des Gehäuses 302 befindet, durch Lüfter (nicht dargestellt) gekühlt ist, die eine durch die dargestellten Pfeile veranschaulichte Luftströmung auf das Gehäuse 302 richten. Bei der hier dargestellten Ausführungsform sind der bzw. die Lüfter am Kopfende 324 des Gehäuses 302 vorgesehen, da stromaufwärts der ersten turbomolekularen Pumpstufe 314 bzw. im Bereich des ersten Pumpeneinlasses 304 während des Pumpbetriebs der geringste Druck herrscht und Gasdesorption dort zu einer nicht vernachlässigbaren Druckerhöhung beiträgt. Grundsätzlich besteht jedoch im Bereich des gesamten turbomolekularen Pumpmechanismus, der durch die drei turbomolekularen Pumpstufen 314, 316, 318 gebildet wird, aufgrund der dort während des Pumpbetriebs herrschenden geringen Drücke eine erhöhte Gasdesorptionsneigung, weshalb es sich je nach Bedarf auch anbieten kann, das Gehäuse 302 im Bereich der in der Fig. 6 mit "A", "B", "C" und "D" gekennzeichneten Bereiche zu kühlen.

[0060] Der Bereich "A" befindet sich dabei bezüglich der zweiten turbomolekularen Pumpstufe 316 auf der der ersten turbomolekularen Pumpstufe 314 zugewandten Seite der zweiten turbomolekularen Pumpstufe 316. Der zweite Bereich "B" befindet sich in axialer Richtung bezüglich des zweiten Pumpeneinlasses 306 auf der dem ersten Pumpeneinlass 304 zugewandten Seite des zweiten Pumpeneinlasses 306. Der dritte Bereich "C" befindet sich in axialer Richtung bezüglich der dritten turbomolekularen Pumpstufe 318 auf der dem ersten Pumpeneinlass 304 zugewandten Seite der dritten turbomolekularen Pumpstufe 318. Der vierte Bereich "D" befindet sich letztendlich in axialer Richtung bezüglich des dritten Pumpeneinlasses 308 auf der dem ersten Pumpeneinlass 304 zugewandten Seite des dritten Pumpeneinlasses 308.

[0061] Grundsätzlich erweist es sich jedoch als vorteilhaft, all jene Bereiche mittels einer elektrisch betriebenen Kühleinrichtung zu kühlen, bei denen sich im Inneren der Turbomolekularvakuumpumpe 300 während des Betriebs ein Druck einstellt, der im Ultrahochvakuumbereich liegt. Insbesondere handelt es sich dabei um Bereiche, in denen ein Druck von weniger als 10^{-9} mbar und insbesondere von weniger als 10^{-10} mbar herrscht.

[0062] Bei dem unter Bezugnahme auf die Fig. 7 beschriebenen Pumpsystem wird der Gehäusebereich

stromaufwärts der ersten turbomolekularen Pumpstufe 314 mittels zweier nur schematisch veranschaulichter Lüfter 326 gekühlt, wobei der eine Lüfter 326 so ausgerichtet ist, dass der von ihm erzeugte Luftstrom in radialer Richtung auf das Gehäuse 302 trifft, wohingegen der andere Lüfter 326 so ausgerichtet ist, dass der von ihm erzeugte Luftstrom in axialer Richtung auf das Gehäuse 302 und insbesondere auf das der Holweck-Pumpstufe 320 gegenüberliegende Kopfende 324 des Gehäuses 302 trifft. Bei Bedarf kann das Pumpsystem auch über weitere Lüfter 326 verfügen, die so ausgerichtet sind, dass deren Luftstrom in radialer Richtung auf das Gehäuse 302 in einem oder mehreren der Bereiche "A", "B", "C" und/oder "D" trifft, siehe hierzu die Fig. 6. Bei der Ausführungsform der Fig. 7 sind die Lüfter 326 nicht am Gehäuse 302 selbst, sondern an einer von dem Gehäuse 302 unabhängigen Tragstruktur (nicht dargestellt) beispielsweise eines Pumpstands oder eines Massenspektrometers befestigt, in dem die Splitflow verbaut sein kann, was es ermöglicht, die Lüfter 326 je nach Bedarf anzuordnen und zu orientieren.

[0063] Im Unterschied zu der Ausführungsform der Fig. 7 sind bei der Ausführungsform des Pumpsystems der Fig. 8 die beiden Lüfter 326 direkt am Gehäuse 302 befestigt, wobei beide Lüfter 326 so ausgerichtet sind, dass der von ihnen erzeugte Luftstrom das Gehäuse 302 in radialer bzw. in axialer Richtung streift. Zwar sind bei der hier dargestellten Ausführungsform zwei Lüfter 326 vorgesehen; es kann jedoch auch ausreichend sein, nur das Kopfende 324 des Gehäuses 302 mit einem Lüfter 326 zu kühlen.

[0064] Zur Verbesserung der durch die Lüfter 326 hervorgerufenen Kühlwirkung ist es bei der Ausführungsform der Fig. 8 ferner vorgesehen, dass jedem Lüfter 326 ein Kühlkörper 328 mit vorzugsweise mehreren Kühlrippen zugeordnet ist, wobei der jeweilige Kühlkörper 328 derart am Gehäuse 302 platziert ist, dass er dem Luftstrom ausgesetzt ist, der von dem dem jeweiligen Kühlkörper 328 zugeordneten Lüfter 326 erzeugt wird.

[0065] Im Unterschied zu der Ausführungsform der Fig. 8 sind bei der Ausführungsform des Pumpsystems der Fig. 9 die beiden Lüfter 326 nicht etwa am Gehäuse 302 direkt, sondern mittelbar mit Hilfe geeigneter Abstandshaltevorrichtungen 330 befestigt, wobei die Lüfter 326 entgegen der Ausführungsform der Fig. 8 so orientiert sind, dass der von ihnen jeweils erzeugte Luftstrom direkt in radialer bzw. in axialer Richtung auf das Gehäuse 302 trifft.

[0066] Auch bei der Ausführungsform der Fig. 10 wird das Kopfende 324 des Gehäuses 302 mittels eines am Gehäuse 302 über eine Abstandshaltevorrichtung 330 befestigten Lüfters 326 gekühlt, welcher auch bei dieser Ausführungsform so orientiert ist, dass der von ihm erzeugte Luftstrom in axialer Richtung direkt auf das Gehäuse 302 und insbesondere das Kopfende 324 des Gehäuses 302 trifft. Hierbei befindet sich im Abstand zwischen dem Lüfter 326 und dem Kopfende 324 des Gehäuses 302 ein Kühlkörper 328 mit mehreren Kühl-

rippen, der am Gehäuse 302 befestigt ist, um so die durch den Lüfter 326 hervorgerufene Kühlwirkung zu verstärken.

[0067] Bei der Ausführungsform der Fig. 11 wird die elektrisch betriebene Kühleinrichtung nicht etwa durch einen Lüfter, sondern durch ein Peltier-Element 332 gebildet, welches dort rein exemplarisch am Außenumfang des Gehäuses 302 in einem Bereich befestigt ist, der sich stromaufwärts der ersten turbomolekularen Pumpstufe 314 befindet. Zusätzlich oder alternativ hierzu können jedoch auch Peltier-Elemente in den Bereichen "A", "B", "C" und/oder "D" (siehe hierzu die Fig. 6) am Gehäuse 302 vorgesehen werden, um so zusätzlich oder alternativ auch diese Bereiche zu kühlen.

[0068] Bei der Ausführungsform der Fig. 12 wird das Kopfende 324 des Gehäuses 302 mit vier Peltier-Elementen 332 gekühlt. Die Peltier-Elemente 332 sind dabei an einer Halterung 334 befestigt und erstrecken sich in jeweilige Sacklochbohrungen 336, die in dem Kopfende 324 des Gehäuses 302 ausgebildet sind.

[0069] Bei der Ausführungsform der Fig. 13 ist es letztendlich vorgesehen, dass die Halterung 334 nicht nur zwei Peltier-Elemente 332, sondern auch zwei Heizelemente 340 trägt, wobei sich sowohl die Peltier-Elemente 332 als auch die Heizelemente 340 in in dem Kopfende 324 des Gehäuses 302 ausgebildete Sacklochbohrungen 336 hinein erstrecken. Mittels der Heizelemente 340 kann dabei die Pumpe während der werksseitigen Erstinbetriebnahme erhitzt werden, um so vorab dafür zu sorgen, dass sich Gasmoleküle durch Desorption von Oberflächen im Inneren der Pumpe herauslösen, womit ein Großteil der Gasdesorption gewissermaßen bereits vorab vorweggenommen wird. Die Peltier-Elemente 332 dienen hingegen wie bei der Ausführungsform der Fig. 12 zur Kühlung der Turbomolekularvakuumpumpe 300, um so während des Betriebs derselben die Gasdesorption zu begrenzen.

[0070] Der guten Ordnung halber sei an dieser Stelle angemerkt, dass unter Bezugnahme auf die Fig. 7 bis 13 konkrete Anordnungen von elektrisch betriebenen Kühleinrichtungen erläutert wurden; wie jedoch bereits zuvor zum Teil angemerkt wurde, lassen sich die jeweiligen Kühleinrichtungen je nach Bedarf auch so anordnen und ausrichten, um auch einen oder mehrere der Bereiche "A", "B", "C" und/oder "D" zu kühlen.

Bezugszeichenliste

[0071]

111 Turbomolekularpumpe
113 Einlassflansch
115 Pumpeneinlass
117 Pumpenauslass
119 Gehäuse
121 Unterteil
123 Elektronikgehäuse
125 Elektromotor

127 Zubehöranschluss
129 Datenschnittstelle
131 Stromversorgungsanschluss
133 Fluteinlass
5 135 Sperrgasanschluss
137 Motorraum
139 Kühlmittelanschluss
141 Unterseite
143 Schraube
10 145 Lagerdeckel
147 Befestigungsbohrung
148 Kühlmittelleitung
149 Rotor
151 Rotationsachse
15 153 Rotorwelle
155 Rotorscheibe
157 Statorscheibe
159 Abstandsring
161 Rotornabe
20 163 Holweck-Rotorhülse
165 Holweck-Rotorhülse
167 Holweck-Statorhülse
169 Holweck-Statorhülse
171 Holweck-Spalt
25 173 Holweck-Spalt
175 Holweck-Spalt
179 Verbindungskanal
181 Wälzlager
183 Permanentmagnetlager
30 185 Spritzmutter
187 Scheibe
189 Einsatz
191 rotorseitige Lagerhälfte
193 statorseitige Lagerhälfte
35 195 Ringmagnet
197 Ringmagnet
199 Lagerspalt
201 Trägerabschnitt
203 Trägerabschnitt
40 205 radiale Strebe
207 Deckelelement
209 Stützring
211 Befestigungsring
213 Tellerfeder
45 215 Not- bzw. Fanglager
217 Motorstator
219 Zwischenraum
221 Wandung
223 Labyrinthdichtung
50 300 Turbomolekularvakuumpumpe
302 Gehäuse
304 erster Pumpeneinlass
306 zweiter Pumpeneinlass
308 dritter Pumpeneinlass
55 310 Pumpenauslass
312 Vorvakuumpumpe
314 erste turbomolekulare Pumpstufe
316 zweite turbomolekulare Pumpstufe

318 dritte turbomolekulare Pumpstufe
 320 Holweck-Pumpstufe
 322 Rotorwelle
 324 Kopfende
 326 Lüfter
 328 Kühlkörper
 330 Abstandshaltevorrichtung
 332 Peltier-Element
 334 Halterung
 336 Sacklochbohrung
 340 Heizelement

Patentansprüche

1. Pumpsystem mit einer Turbomolekularvakuumpumpe (300), die umfasst:

- ein Gehäuse (302) mit zumindest einem Pumpeneinlass (304, 306, 308) und einem Pumpenauslass (310);
 - einen ersten von einer Rotorwelle (322) angetriebenen Pumpmechanismus mit zumindest einer turbomolekularen Pumpstufe (314, 316, 318) in dem Gehäuse (302);
 - einen stromabwärts des ersten Pumpmechanismus befindlichen zweiten von der Rotorwelle (322) angetriebenen Pumpmechanismus in dem Gehäuse (302), der nach einem anderen Pumpprinzip als der erste Pumpmechanismus arbeitet;
 wobei der erste und der zweite Pumpmechanismus zur gemeinsamen Förderung eines Prozessgases von dem Pumpeneinlass (304, 306, 308) zu dem Pumpenauslass (310) entlang der Rotorwelle (322) angeordnet und in axialer Richtung zwischen dem zumindest einen Pumpeneinlass (304, 306, 308) und dem Pumpenauslass (310) gelegen sind; und
 wobei das Pumpsystem zur Kühlung des Gehäuses (302) ferner zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) umfasst, die sich in axialer Richtung bezüglich des zweiten Pumpmechanismus auf der dem ersten Pumpmechanismus zugewandten Seite des zweiten Pumpmechanismus befindet.

2. Pumpsystem nach Anspruch 1, wobei der erste Pumpmechanismus eine erste turbomolekulare Pumpstufe (314) und stromabwärts davon zumindest eine zweite turbomolekulare Pumpstufe (316) umfasst, wobei sich die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) in axialer Richtung bezüglich der zumindest zweiten turbomolekularen Pumpstufe (316) auf der der ersten turbomolekularen Pumpstufe (314) zugewandten Seite der zumindest einen zweiten turbomolekularen Pumpstufe (316) befindet.

3. Pumpsystem nach Anspruch 2, wobei das Gehäuse (302) einen ersten Pumpeneinlass (304) und zumindest einen zweiten Pumpeneinlass (306) aufweist, der in axialer Richtung zwischen der ersten turbomolekularen Pumpstufe (314) und der zweiten turbomolekularen Pumpstufe (316) gelegen ist, wobei sich die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) in axialer Richtung bezüglich des zweiten Pumpeneinlasses (306) auf der dem ersten Pumpeneinlass (304) zugewandten Seite des zweiten Pumpeneinlasses (306) befindet.

4. Pumpsystem nach Anspruch 2 oder 3, wobei der erste Pumpmechanismus ferner zumindest eine dritte turbomolekulare Pumpstufe (318) umfasst, die in axialer Richtung zwischen der ersten turbomolekularen Pumpstufe (314) und der zweiten turbomolekularen Pumpstufe (318) gelegen ist, wobei sich die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) in axialer Richtung bezüglich der dritten turbomolekularen Pumpstufe (318) auf der dem ersten Pumpeneinlass (304) zugewandten Seite der dritten turbomolekularen Pumpstufe (318) befindet.

5. Pumpsystem nach Anspruch 4, wobei das Gehäuse (302) ferner zumindest einen dritten Pumpeneinlass (308) aufweist, der in axialer Richtung zwischen der ersten turbomolekularen Pumpstufe (314) und der dritten turbomolekularen Pumpstufe (318) gelegen ist, wobei sich die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) in axialer Richtung bezüglich des dritten Pumpeneinlasses (308) auf der dem ersten Pumpeneinlass (304) zugewandten Seite des dritten Pumpeneinlasses (308) befindet.

6. Pumpsystem nach zumindest einem der voranstehenden Ansprüche, wobei sich die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) in axialer Richtung bezüglich des ersten Pumpmechanismus auf der dem ersten Pumpeneinlass (304) zugewandten Seite des ersten Pumpmechanismus befindet.

7. Pumpsystem nach zumindest einem der voranstehenden Ansprüche, wobei sich die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) in axialer Richtung der Turbomolekularvakuumpumpe (300) in einem Bereich befindet, in dem sich in Inneren der Turbomolekularvakuumpumpe (300) während des Betriebs ein Enddruck einstellt, der im Ultrahochvakuumbereich liegt, wobei der sich einstellende Enddruck vorzugsweise geringer als 10^{-8} mbar, insbesondere geringer als 10^{-9} mbar, und besonders bevorzugt geringer als 10^{-10} mbar, ist.

8. Pumpsystem nach zumindest einem der voranstehenden Ansprüche,
- wobei alle Pumpeneinlässe (304, 306, 308) radial ins Innere des Gehäuses (302) münden; 5
oder
wobei alle Pumpeneinlässe (304, 306, 308) außer dem ersten Pumpeneinlass (304) radial ins Innere des Gehäuses (302) münden, wohingegen der erste Pumpeneinlass (304) an dem dem zweiten Pumpmechanismus gegenüberliegenden Kopfende des Gehäuses (302) axial in Innere des Gehäuses (302) mündet. 10
9. Pumpsystem nach zumindest einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) zumindest ein einen Luftstrom erzeugender Lüfter (326) ist. 15
10. Pumpsystem nach Anspruch 9, wobei zumindest ein Lüfter (326) so ausgerichtet ist, dass der von ihm erzeugte Luftstrom in radialer oder in axialer Richtung auf das Gehäuse (302) trifft. 20
11. Pumpsystem nach Anspruch 9 oder 10, wobei zumindest ein Lüfter (326) so ausgerichtet ist, dass der von ihm erzeugte Luftstrom das Gehäuse (302) unter Bildung einer Grenzschichtströmung in radialer oder in axialer Richtung streift. 25 30
12. Pumpsystem nach Anspruch 9, 10 oder 11, wobei das Gehäuse (302) zumindest einen Kühlkörper (328) aufweist, der vorzugsweise mehrere Kühlrippen umfasst, wobei der Kühlkörper (328) dem von dem zumindest einem Lüfter (326) erzeugten Luftstrom ausgesetzt ist. 35
13. Pumpsystem nach zumindest einem der Ansprüche 9 bis 12, 40
- wobei zumindest ein Lüfter (326) direkt an dem Gehäuse (302) befestigt ist; und/oder
wobei zumindest ein Lüfter (326) mittelbar an dem Gehäuse (302) befestigt ist, vorzugsweise mittels einer Abstandshaltevorrichtung (330); und/oder wobei zumindest ein Lüfter (326) an einer von dem Gehäuse (302) unabhängigen Tragstruktur befestigt ist. 45 50
14. Pumpsystem nach zumindest einem der voranstehenden Ansprüche, wobei die zumindest eine elektrisch betriebene Kühleinrichtung (326, 332) zumindest ein Peltier-Element (332) ist. 55
15. Pumpsystem nach Anspruch 14, wobei das zumindest eine Peltier-Element (332) an der Außenseite des Gehäuses (302) befestigt ist.

16. Pumpsystem nach Anspruch 14 oder 15, wobei das Gehäuse (302) zumindest eine Sacklochbohrung (336) aufweist, die zumindest ein Peltier-Element (332) aufnimmt, wobei es vorzugsweise vorgesehen ist, dass das Gehäuse (302) mehrere Sacklochbohrungen (336) aufweist, die sich ausgehend von dem dem zweiten Pumpmechanismus gegenüberliegenden Kopfende (324) des Gehäuses (302) axial ins Innere der Gehäusewand erstrecken und die jeweils zumindest ein Peltier-Element (332) aufnehmen.

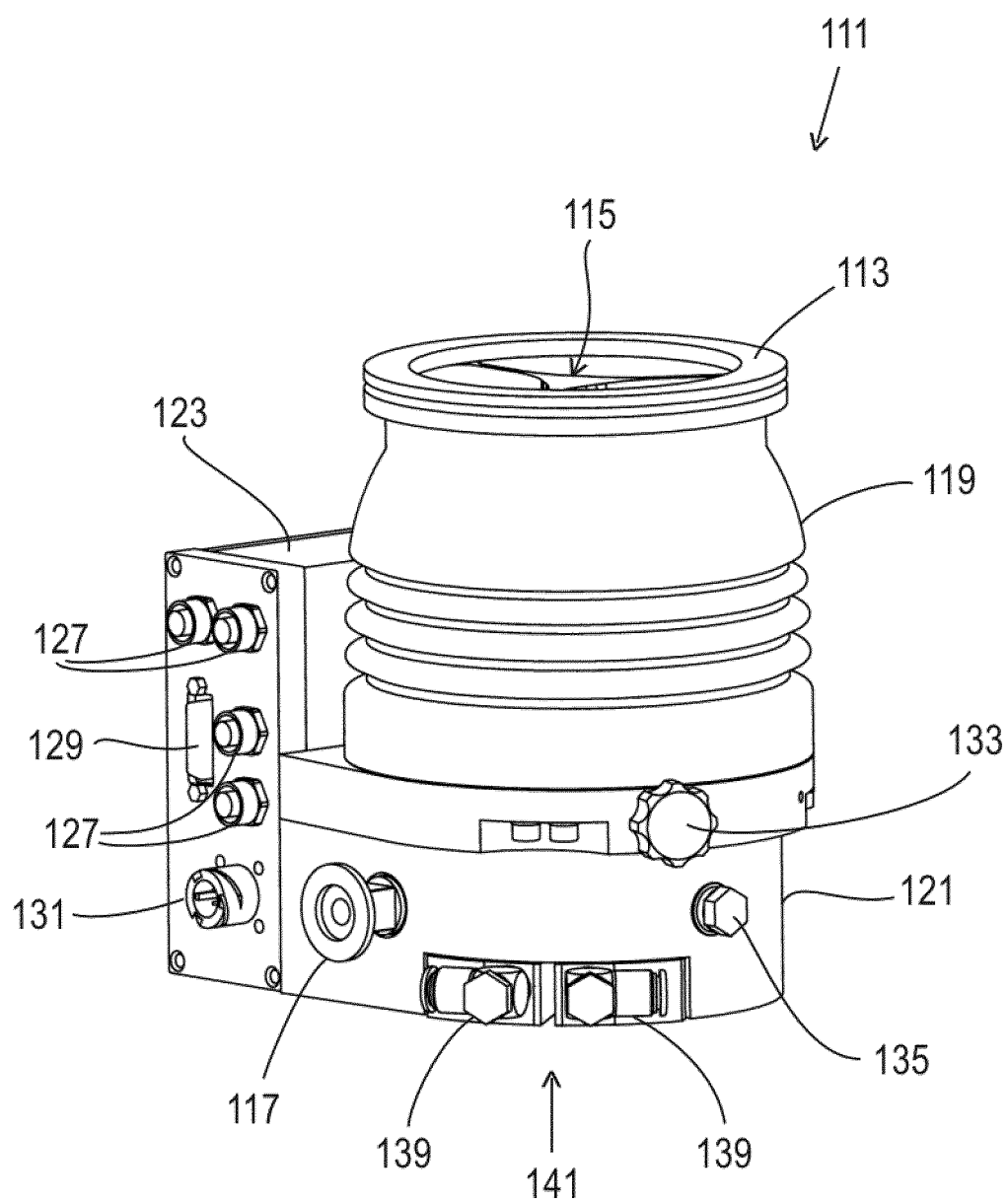


Fig. 1

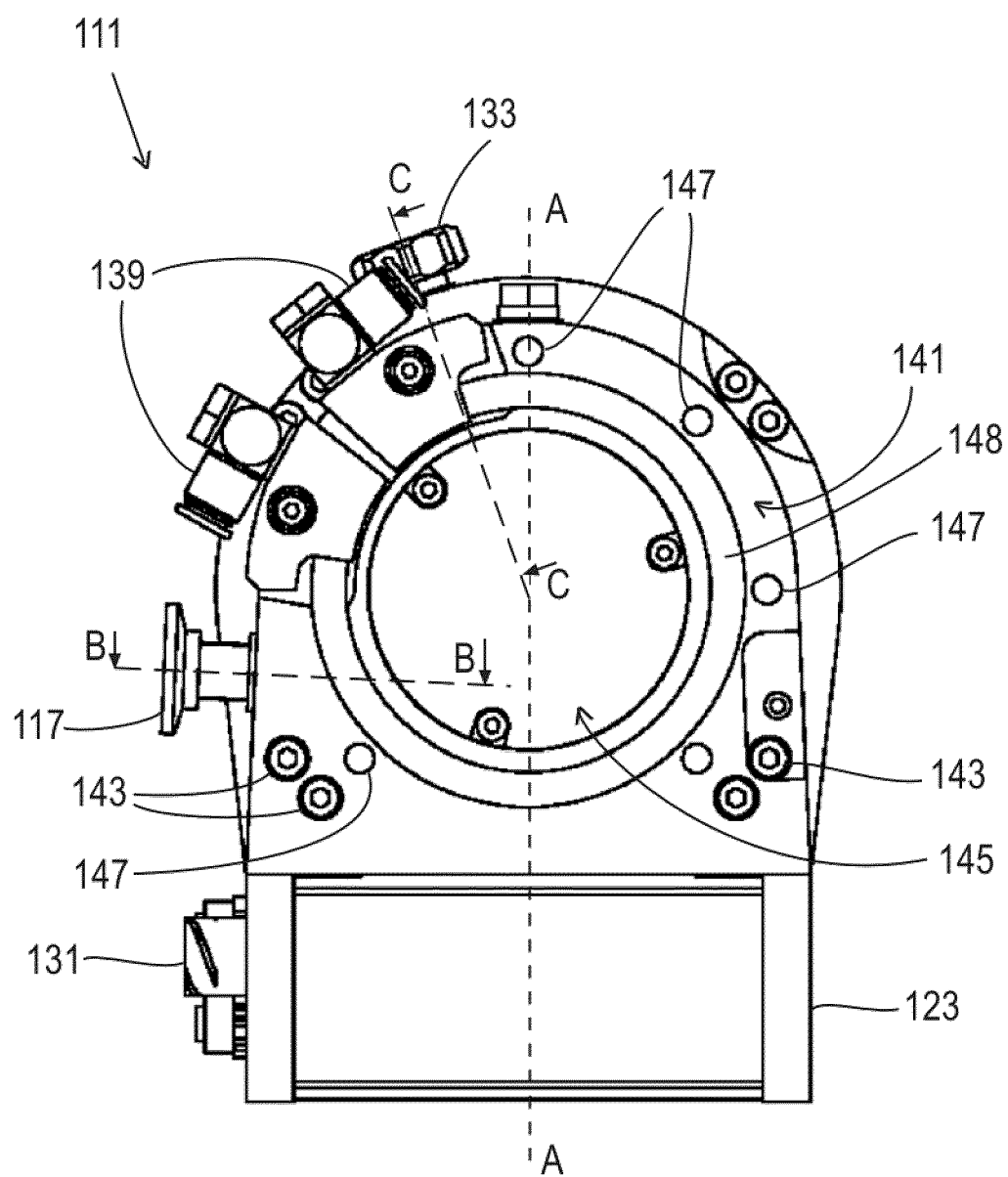


Fig. 2

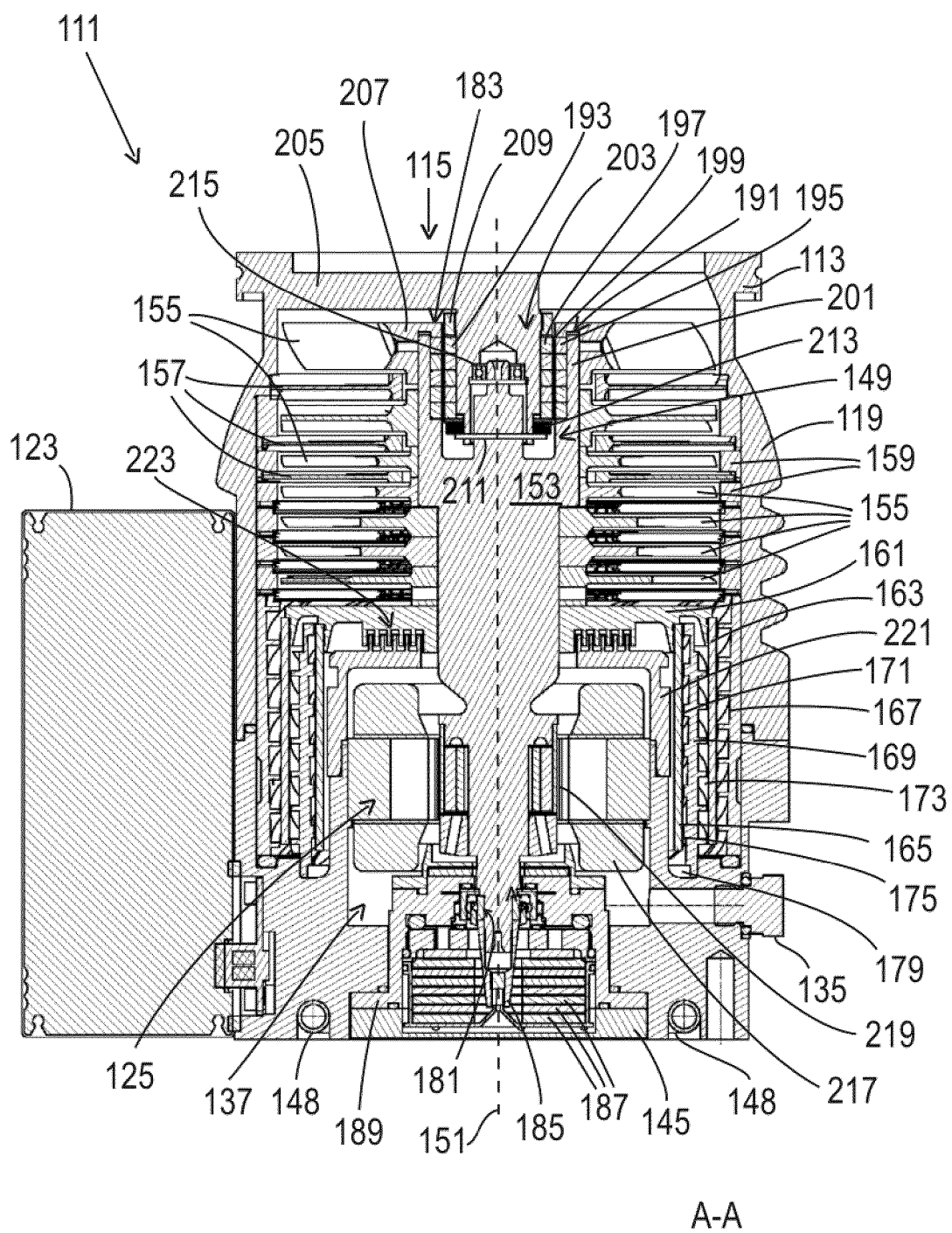


Fig. 3

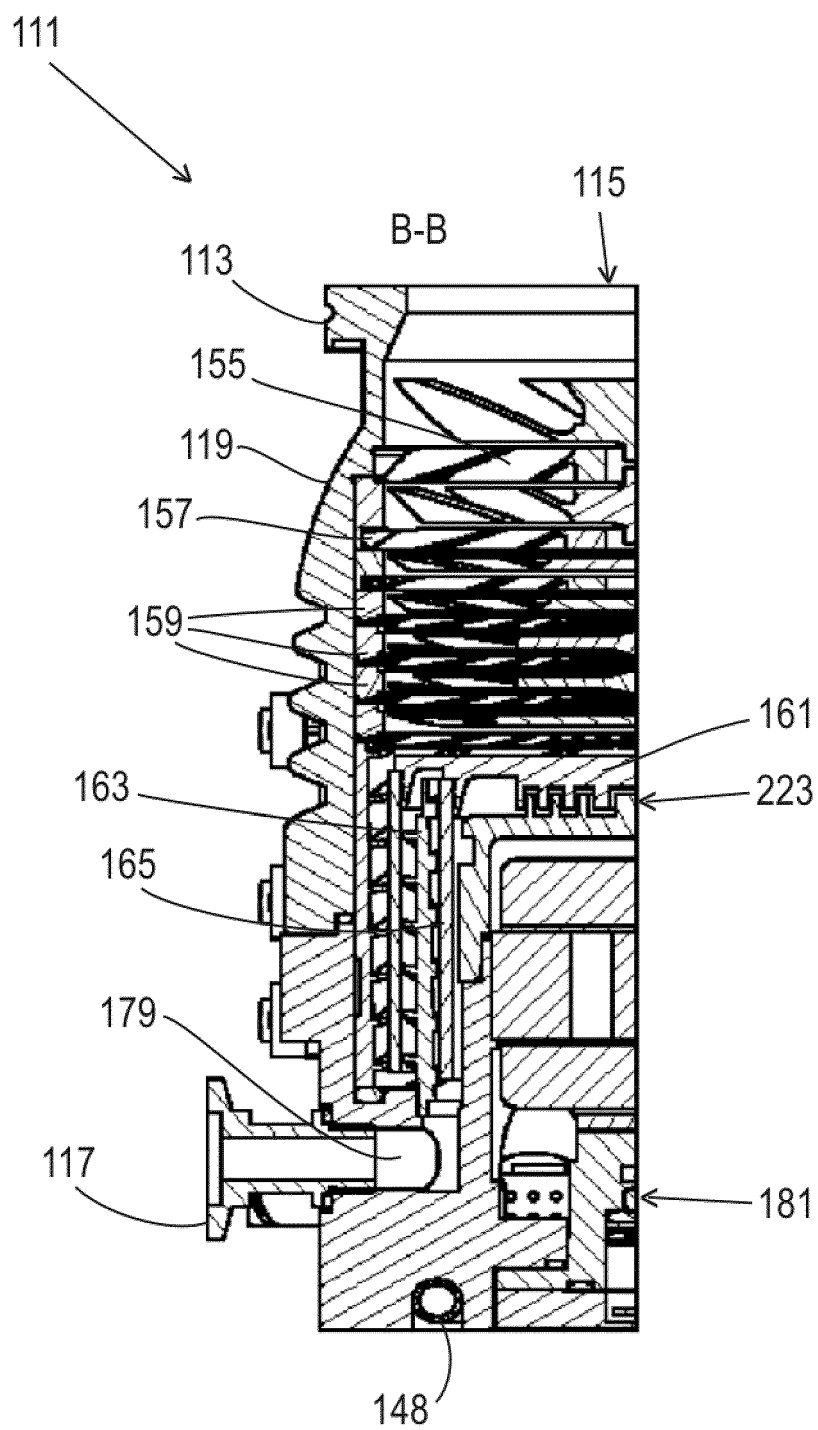


Fig. 4

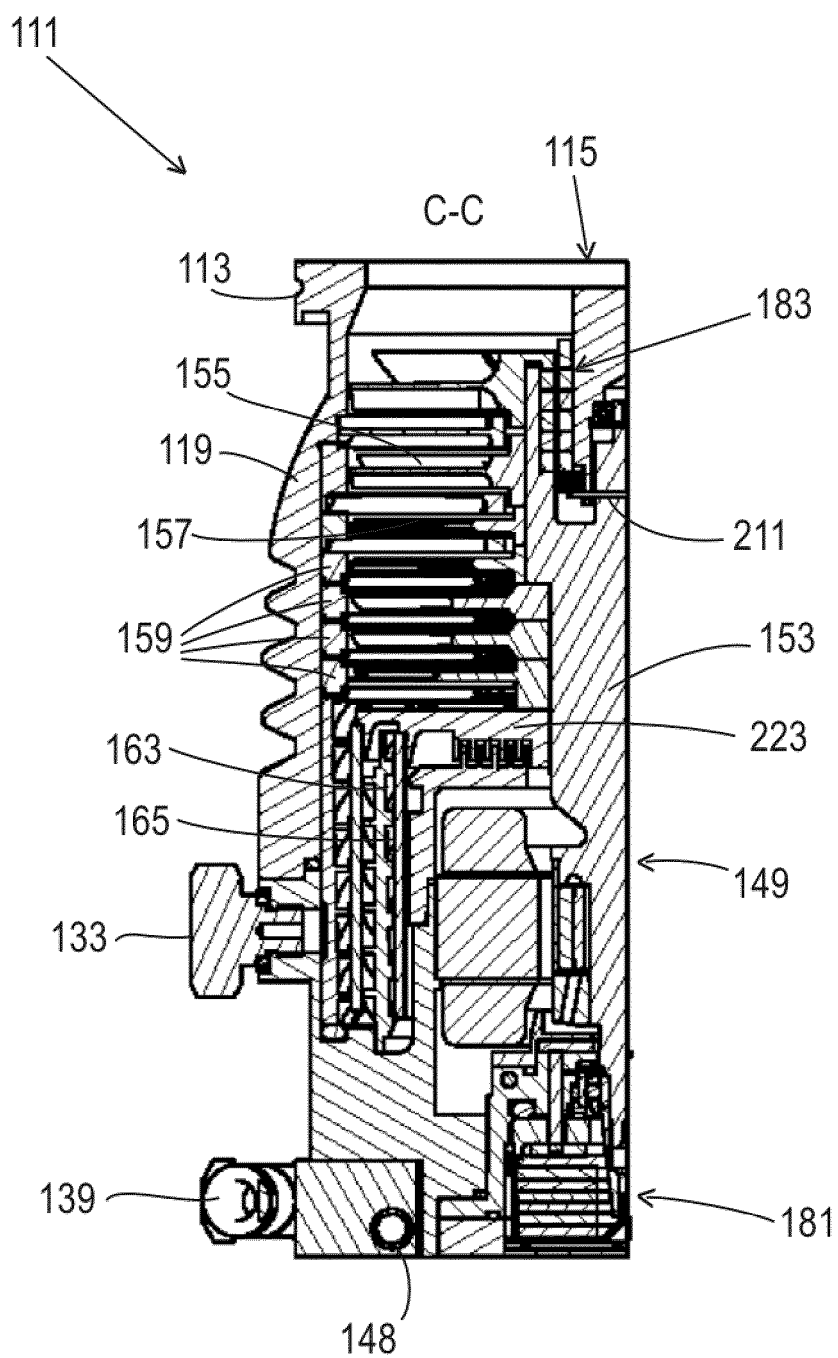


Fig. 5

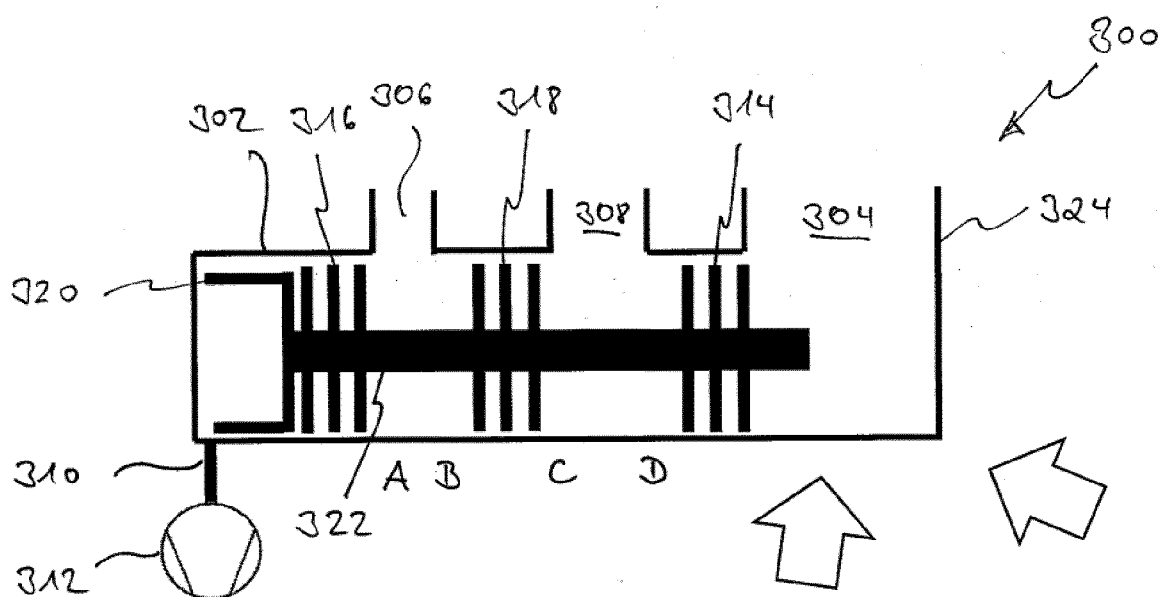


Fig. 6

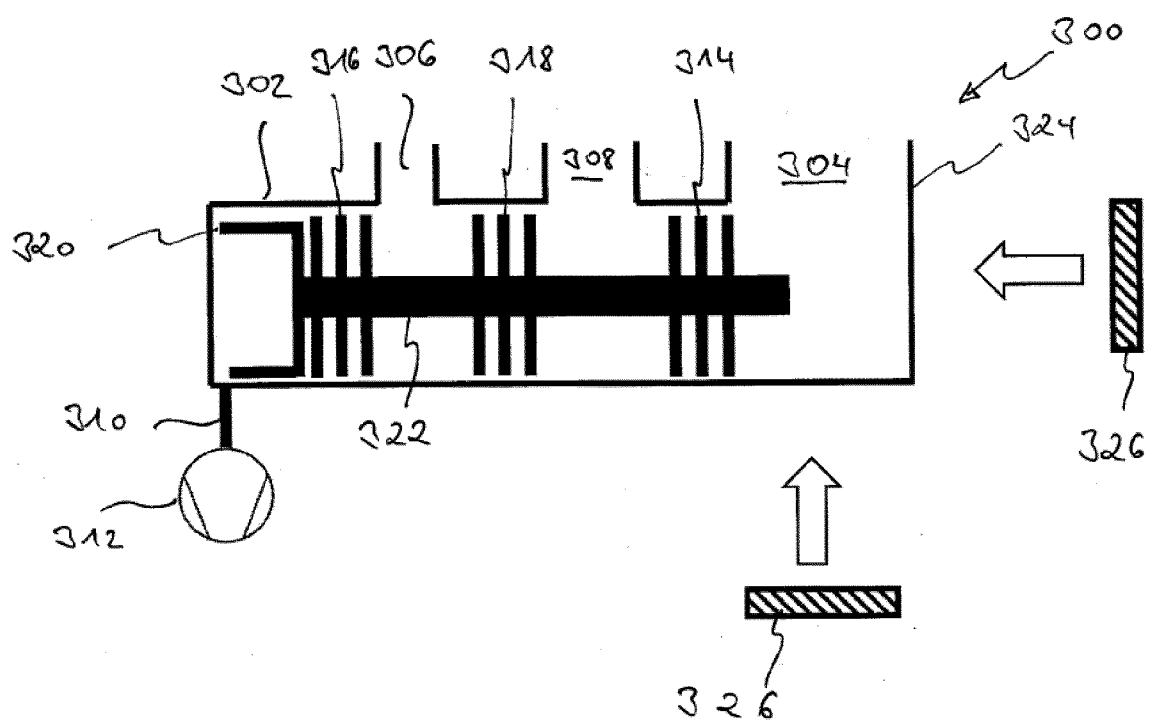


Fig. 7

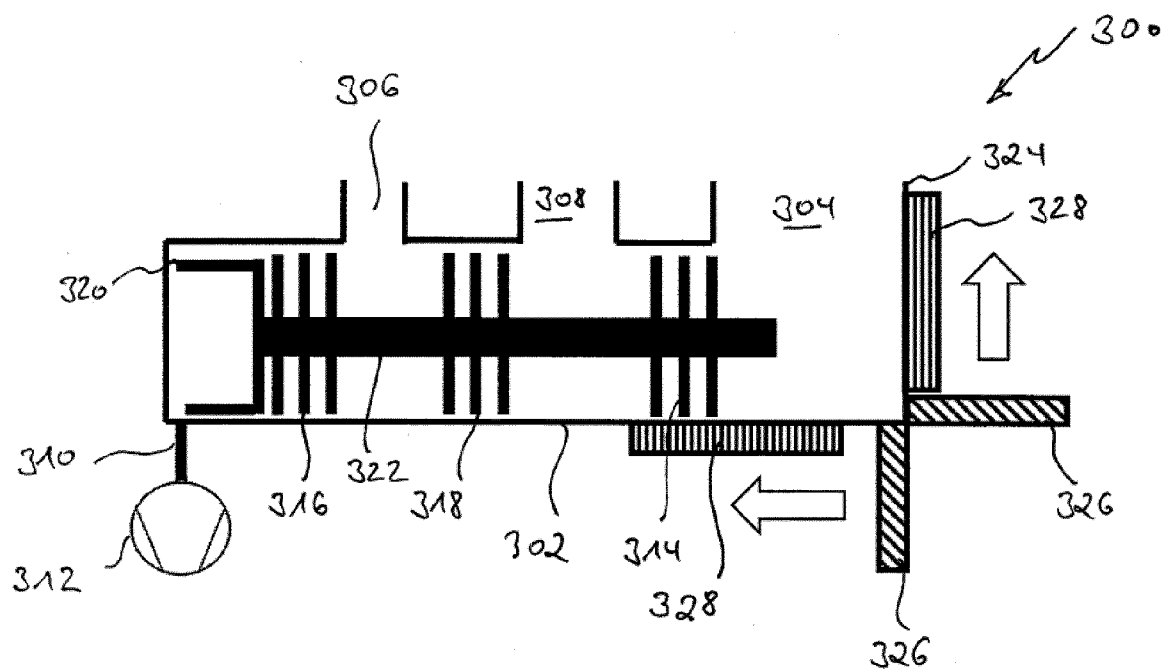


Fig. 8

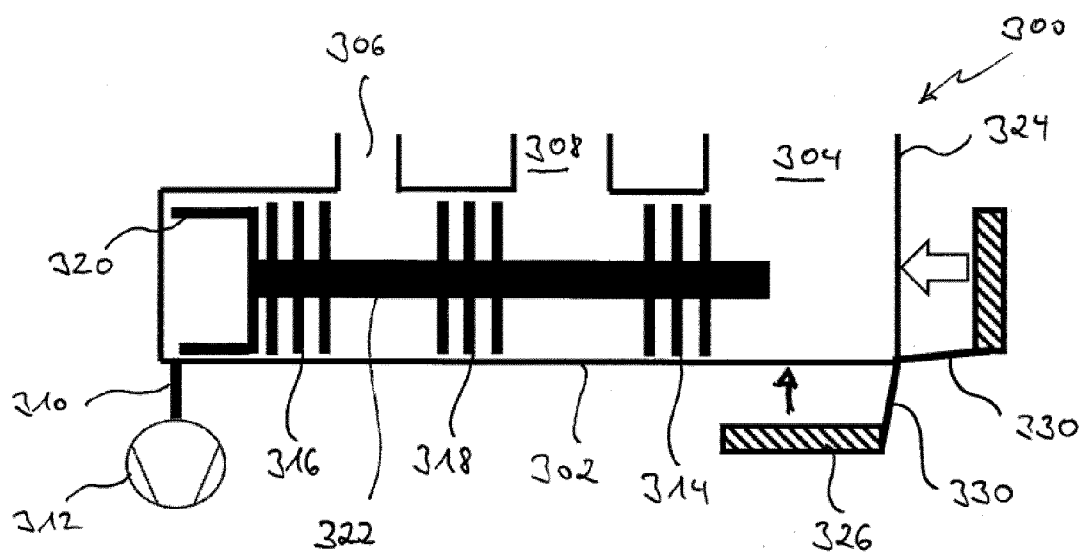


Fig. 9

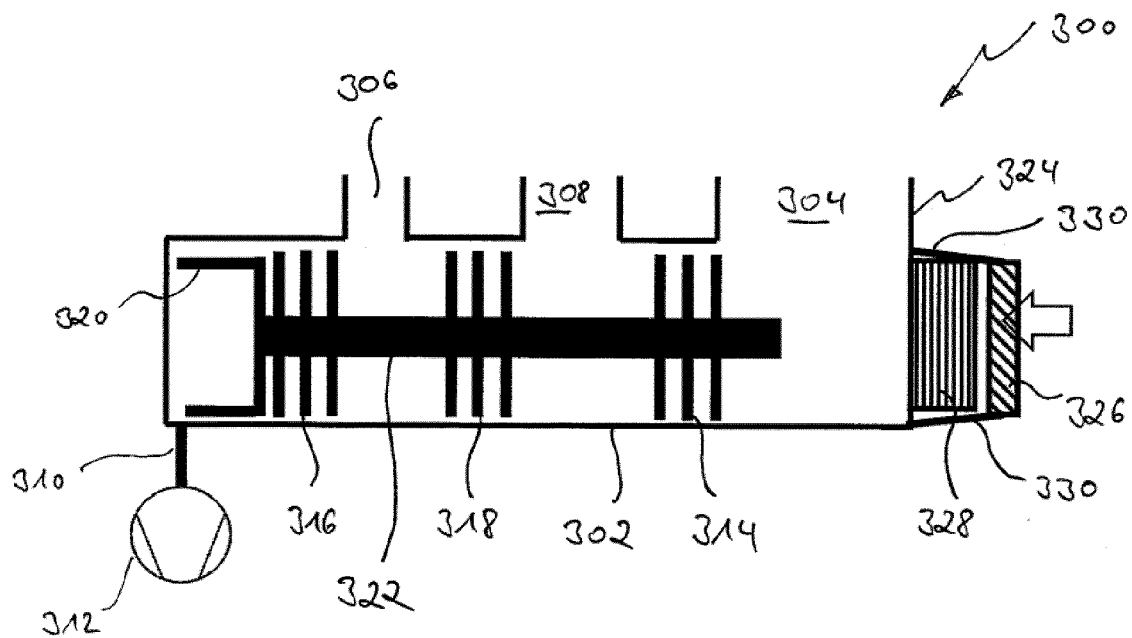


Fig. 10

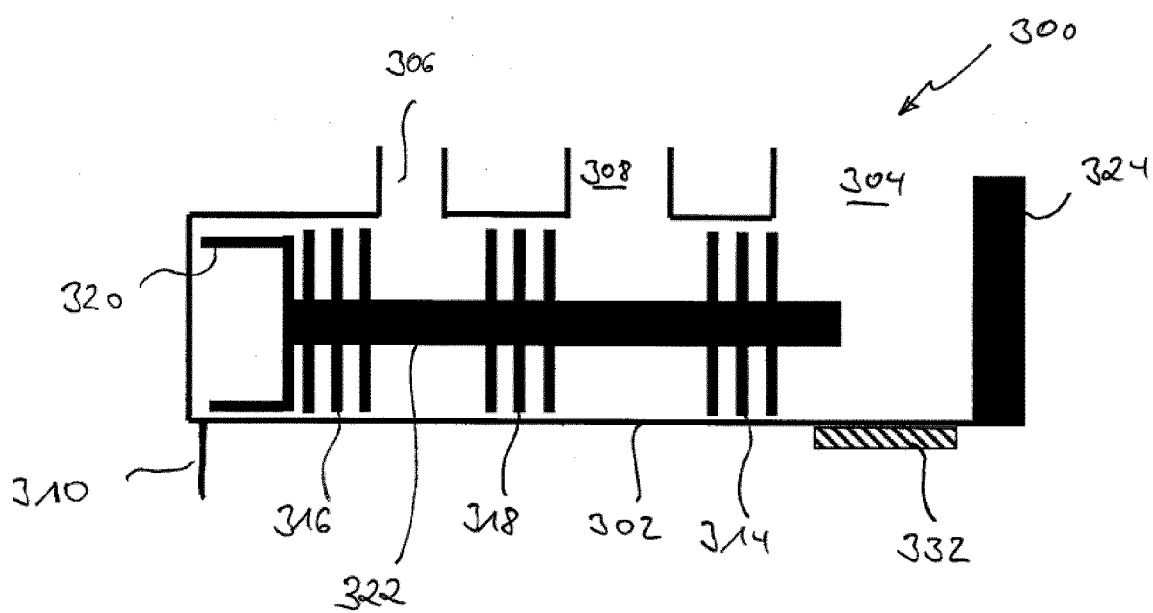


Fig. 11

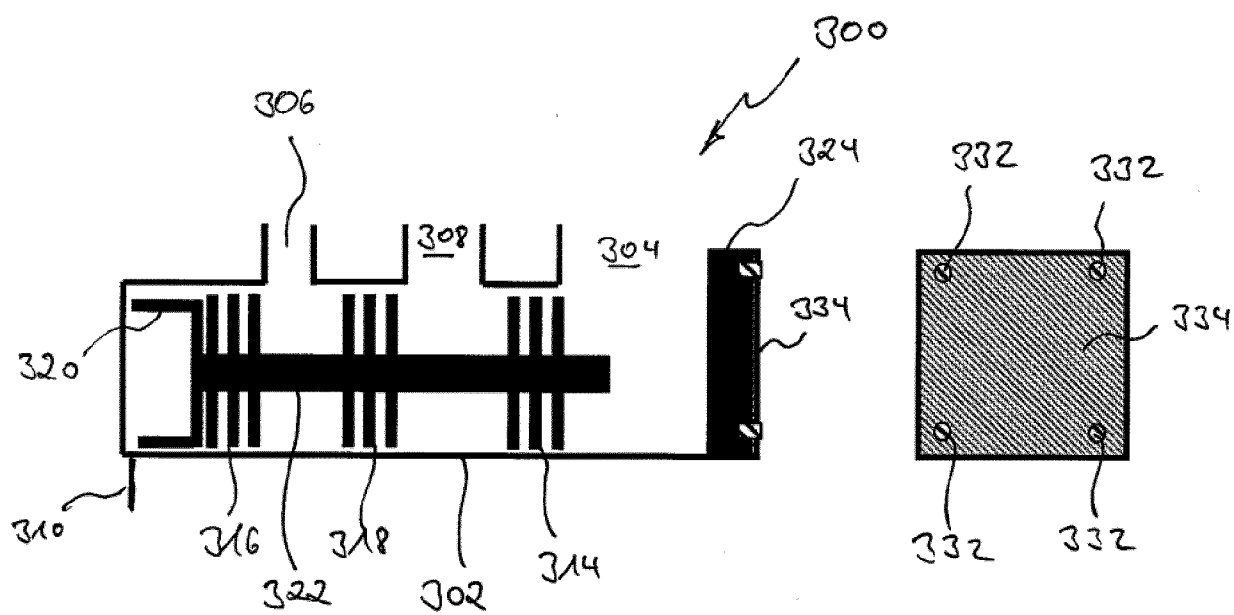


Fig. 12

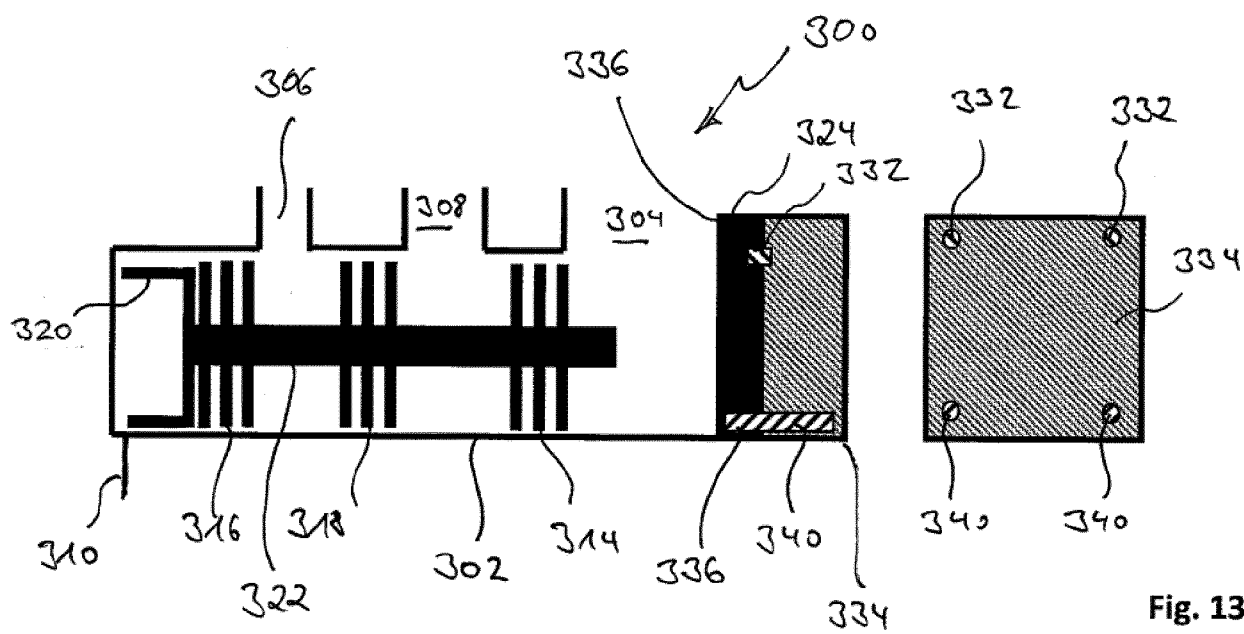


Fig. 13