

(19)



(11)

EP 3 608 545 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
17.02.2021 Patentblatt 2021/07

(51) Int Cl.:
F04D 19/04 ^(2006.01) **F04D 29/54** ^(2006.01)
F04D 29/16 ^(2006.01) **F04D 29/52** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19201021.3**

(22) Anmeldetag: **09.10.2014**

(54) **VAKUUMPUMPE**

VACUUM PUMP

POMPE À VIDE

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

(30) Priorität: **15.10.2013 DE 102013220879**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.02.2020 Patentblatt 2020/07

(62) Dokumentnummer(n) der früheren Anmeldung(en)
nach Art. 76 EPÜ:
14188325.6 / 2 863 063

(73) Patentinhaber: **PFEIFFER VACUUM GMBH
35614 Asslar (DE)**

(72) Erfinder: **Hofmann, Jan
35305 Grünberg (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A2- 0 568 069 EP-A2- 1 288 502
JP-A- S6 185 599 JP-A- S62 203 995
JP-U- H0 687 691**

EP 3 608 545 B1

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

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe.

[0002] Vakuumpumpen wie z.B. Turbomolekularpumpen werden in unterschiedlichen Bereichen der Technik eingesetzt, um ein für einen jeweiligen Prozess notwendiges Vakuum zu schaffen. Turbomolekularpumpen umfassen einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen, und einen relativ zu dem Stator um die Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen.

[0003] Konstruktionsbedingt weist eine solche Vakuumpumpe dynamische Dichtbereiche auf, zum Beispiel Dichtspalte zwischen den radialen äußeren Enden der Rotorscheiben und dem Stator bzw. zwischen den radialen inneren Enden der Statorscheiben und dem Rotor, welche infolge ihrer nur unzureichenden Dichtheit eine unerwünschte Rückströmung des Gases entgegen der Förderrichtung ermöglichen, welche die Saugleistung und die Kompression der Vakuumpumpe herabsetzt. Eine Verringerung der Spaltweiten bestehender Dichtspalte zur Reduzierung der Rückströmung ist nur bedingt möglich, da bei zu geringen Spaltweiten die Gefahr einer Kollision zwischen dem Rotor und dem Stator bei dem Betrieb der Vakuumpumpe besteht und der Aufwand für die Herstellung der Vakuumpumpe infolge der höheren Anforderungen an die Toleranzen der Bauteile steigt.

[0004] Aus DE 20 2010 011 796 U1 ist eine Turbomolekularpumpe bekannt, bei der zwischen mindestens einem Statorelement und mindestens einem benachbarten Rotorelement zur Verringerung der Gasrückströmung ein Blendenelement vorgesehen ist, welches einstückig mit dem Statorelement ausgebildet ist und zwischen dem Statorelement und dem in Förderrichtung auf das Statorelement folgenden Rotorelement angeordnet ist. Dadurch soll eine Rückströmung durch den zwischen der radialen Außenseite des stromaufwärtigen Rotorelements und dem Stator ausgebildeten radialen Dichtspalt reduziert werden. Das Gas soll dabei durch das Blendenelement in radialer Richtung nach innen umgelenkt werden, so dass es nicht durch den radial außen gelegenen Dichtspalt zwischen dem stromaufwärtigen Rotorelement und dem Stator gelangen kann.

[0005] Dennoch findet eine Rückströmung durch diesen Dichtspalt statt, da das zurückströmende Gas auf dem Weg durch die Statorscheibe hindurch in radialer Richtung nach außen strömen und dadurch in den Bereich des radialen Dichtspalts der stromaufwärtigen Rotorscheibe gelangen kann. Außerdem erhöhen die Blendenelemente die axiale Bauhöhe der Vakuumpumpe und müssen als zusätzliche Elemente vorgesehen und an den Statorelementen angebracht werden, wodurch

der Aufwand für die Bereitstellung der Vakuumpumpe erhöht wird.

[0006] Aus der EP 1 288 502 A2 ist eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt.

[0007] In der JP H06 87691 U ist eine ähnliche Vakuumpumpe beschrieben.

[0008] Eine Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vakuumpumpe anzugeben, welche eine verbesserte Pump-Performance, insbesondere ein hohes Saugvermögen und eine hohe Kompression, aufweist und mit geringem Aufwand bereitgestellt werden kann.

[0009] Die Aufgabe wird durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0010] Die Vakuumpumpe umfasst einen Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse aufeinanderfolgenden Statorscheiben, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen, und einen relativ zu dem Stator um die Rotationsachse drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle und mehrere auf der Rotorwelle angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben angeordnete Rotorscheiben umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur aufweisen. Zumindest eine Statorscheibe und zumindest eine Rotorscheibe begrenzen einen zwischen dem Stator und dem Rotor ausgebildeten radialen Dichtspalt. Der Dichtspalt verläuft zumindest abschnittsweise schräg zu der Rotationsachse.

[0011] Dadurch, dass der Dichtspalt zumindest abschnittsweise und insbesondere über seine gesamte Länge schräg zu der Rotationsachse verläuft, wird die Länge des Dichtspalts erhöht und dessen Dichtheit verbessert. Wie nachstehend im Einzelnen erläutert, lässt sich ein solcher schräger Dichtspalt außerdem besonders einfach realisieren, zum Beispiel indem der Dichtspalt zumindest abschnittsweise von einem Fußabschnitt oder Bundabschnitt der Rotorscheibe begrenzt ist, welcher schräg zu der Rotationsachse verläuft. Der schräge Dichtspalt bzw. ein oder jeder schräge Abschnitt des Dichtspalts kann eine gerade oder gekrümmte Form aufweisen oder sich stufenförmig in einer zu der Rotationsachse schrägen Richtung erstrecken.

[0012] Die den Dichtspalt begrenzende Statorscheibe und die den Dichtspalt begrenzende Rotorscheibe weisen jeweils einen Innenring auf, der die pumpaktive Struktur der jeweiligen Scheibe trägt, wobei zumindest ein Abschnitt des Dichtspalts, der schräg zu der Rotationsachse verläuft, durch den Innenring der Statorscheibe und durch den Innenring der Rotorscheibe begrenzt ist. Dadurch kann ohne zusätzliche Elemente ein Dichtspalt mit vorteilhaften Eigenschaften geschaffen werden. Den Dichtspalt begrenzende Oberflächen liegen in radialer Richtung einander gegenüber und sind zumindest näherungsweise parallel zueinander.

[0013] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Figuren beschrieben.

[0014] Der Spalt weist vorzugsweise eine zumindest

näherungsweise konstante Spaltweite auf.

[0015] Die Vakuumpumpe ist bevorzugt eine Turbomolekularpumpe. Die Vakuumpumpe kann auch eine Seitenkanalpumpe sein.

[0016] Der Ring der Rotorscheibe ist vorzugsweise auf der Rotorwelle angeordnet, um die Rotorscheibe mit der Rotorwelle zu verbinden.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform weist der den Dichtspalt begrenzender Innenring der Rotorscheibe einen in axialer Richtung vorstehenden Bundabschnitt auf, wobei zumindest ein Abschnitt des Dichtspalts, der schräg zu der Rotationsachse verläuft, durch den Bundabschnitt begrenzt ist. Der Bundabschnitt ist vorzugsweise mit der Rotorwelle verbunden und kann somit im Rahmen der Erfindung gleichzeitig zur Anbindung der Rotorscheibe an der Rotorwelle und zur Schaffung des zu der Rotationsachse schrägen Dichtspalts dienen.

[0018] Der Bundabschnitt kann entweder mit der Welle einstückig ausgebildet oder als separates Teilausgeführt und mit der Welle verbunden sein.

[0019] Der Bundabschnitt kann eine sich in radialer Richtung zu der Rotorwelle hin verbreiternde Form aufweisen, wodurch eine mechanisch besonders gute Verbindung der Rotorscheibe mit der Rotorwelle geschaffen werden kann. Eine im Bereich der Verbreiterung vorhandene Oberfläche des Bundabschnitts kann dabei zur Begrenzung zumindest eines zu der Rotationsachse schrägen Abschnitts des Dichtspalts dienen. Der schräge Abschnitt des Dichtspalts kann dabei in axialer Richtung von der Rotorscheibe zu der Statorscheibe gesehen in radialer Richtung zu der Rotorwelle hin verlaufen. Dadurch, dass der Zwischenraum zwischen dem sich verbreiternden Bundabschnitt und dem Stator als schräger Dichtspalt bzw. Dichtspaltabschnitt ausgebildet ist, wird in diesem Bereich eine gute Dichtwirkung erzielt und es wird das Problem vermieden, dass die sich verbreiternde Form des Bundabschnitts einen ausgedehnten Zwischenraum zwischen dem Rotor und dem Stator bedingt, der eine übermäßige Rückströmung zulässt.

[0020] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist ein den Dichtspalt begrenzender Ring, insbesondere der Statorscheibe, einen in radialer Richtung abstehenden Fortsatz auf, wobei zumindest ein Abschnitt des Dichtspalts, der schräg zu der Rotationsachse verläuft, durch den Fortsatz begrenzt ist. Vorzugsweise begrenzt ein Fortsatz der Statorscheibe den schrägen Abschnitt des Dichtspalts gemeinsam mit einem wie vorstehend beschriebenen Bundabschnitt der Rotorscheibe. Wie vorstehend beschrieben, wird durch die Ausgestaltung des Zwischenraums zwischen dem Bundabschnitt und dem Stator als Dichtspalt bzw. Dichtspaltabschnitt eine hohe Rückströmung im Bereich des sich verbreiternden Bundabschnitts verhindert. Die Statorscheibe mit dem Ring und dem Fortsatz ist bevorzugt einteilig durch einen einzigen Körper gebildet.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weist der Dichtspalt zumindest zwei Abschnitte auf, die schräg zu der Rotationsachse und in einem Winkel zu-

einander verlaufen, wobei vorzugsweise beide Abschnitte jeweils durch eine Statorscheibe einerseits und jeweils eine von zwei zu der Statorscheibe benachbarten Rotorscheiben andererseits begrenzt sind. Die beiden Abschnitte können einen V-förmigen Dichtspalt bilden. Beide Abschnitte können durch einen wie vorstehend beschriebenen radial abstehenden Fortsatz der Statorscheibe einerseits und einen Bundabschnitt der jeweiligen Rotorscheibe andererseits begrenzt sein. Die beiden Abschnitte des Dichtspalts können in axialer Richtung von der jeweiligen Rotorscheibe zu der Statorscheibe hin gesehen in radialer Richtung nach innen verlaufen bzw. der Scheitel der V-Form des Dichtspalts kann zu der Rotorwelle hin weisen.

[0022] Gemäß einem Beispiel kann ferner zumindest ein statorseitiger Dichtabschnitt vorgesehen sein, der den Dichtspalt in axialer Richtung entgegen der Förderichtung betrachtet zumindest teilweise abdeckt und bezogen auf die Förderrichtung vor und/oder neben der pumpaktiven Struktur der in Förderrichtung auf die Rotorscheibe folgenden Statorscheibe angeordnet ist.

[0023] Der Dichtabschnitt stellt dadurch ein Hindernis für eine durch den Dichtspalt gehende axiale Rückströmung des Gases dar. Da der Dichtabschnitt bezogen auf die Förderrichtung vor und/oder neben der pumpaktiven Struktur der stromabwärtigen Statorscheibe angeordnet sein kann, kann der Dichtabschnitt verhindern, dass im Bereich der pumpaktiven Struktur der Statorscheibe vorhandenes zurückströmendes Gas auf seinem Rückweg durch die Statorscheibe in radialer Richtung zu dem Dichtspalt der stromaufwärtigen Rotorscheibe hin strömt und folglich nach dem Durchgang durch die Statorscheibe in den Dichtspalt gelangen und durch den Dichtspalt weiter zurückströmen kann. Stattdessen kann das Gas allenfalls in einem von dem Dichtspalt entfernten Bereich durch die Statorscheibe zurückströmen und wird daher nach einem etwaigen Rückströmen durch die Statorscheibe von der pumpaktiven Struktur der stromaufwärtigen Rotorscheibe erfasst, welche das Gas wieder in Förderrichtung umlenkt. Der Dichtabschnitt kann somit die Rückströmung reduzieren und die Pumpperformance erhöhen.

[0024] Gemäß einem weiteren Beispiel kann der Dichtabschnitt den Dichtspalt über dessen gesamte radiale Spaltweite hinweg abdecken. Dadurch wird eine besonders wirksame Abdichtung erreicht, welche ein hohes Saugvermögen und eine hohe Kompression der Vakuumpumpe gewährleistet. Die Rotorscheibe kann den Dichtabschnitt in radialer Richtung hintergreifen, insbesondere um ein Abdecken des Dichtspalts durch den Dichtabschnitt über die gesamte Spaltweite des Dichtspalts hinweg zu gewährleisten.

[0025] Der Dichtabschnitt kann vorzugsweise ringförmig ausgebildet sein. Der Dichtabschnitt kann den Dichtspalt über zumindest annähernd den gesamten Umfang der Rotorscheibe hinweg abdecken.

[0026] Gemäß einem weiteren Beispiel kann die Statorscheibe einen Ring, insbesondere einen Außenring,

aufweisen, der die pumpaktive Struktur der Statorscheibe trägt, wobei der Dichtabschnitt durch den Ring der Statorscheibe gebildet sein kann. Wenn ein die pumpaktive Struktur tragender Ring der Statorscheibe als Dichtabschnitt ausgebildet wird, wird ein zusätzlicher Aufwand für die Bereitstellung des Dichtabschnitts und ein zusätzlicher Bauraumbedarf für den Dichtabschnitt weitestgehend vermieden. Zur Bildung des Dichtabschnitts kann beispielsweise einfach eine Statorscheibe mit einem Außenring eingesetzt werden, welcher eine relativ große radiale Breite aufweist und den radialen Dichtspalt der vorhergehenden Rotorscheibe abdeckt.

[0027] Ein weiteres Beispiel sieht vor, dass der Dichtabschnitt durch einen Distanzring gebildet sein kann, der zwei in axialer Richtung aufeinanderfolgende Statorscheiben in einem axialen Abstand zueinander hält. Derartige Distanzringe sind ohnehin günstig, um einen vorgegebenen axialen Abstand zwischen den Statorscheiben aufrecht zu erhalten, und können in einfacher Weise so abgewandelt werden, dass sie einen Dichtabschnitt zum Abdecken des radialen Dichtspalts der stromaufwärtigen Rotorscheibe bilden. Der radiale Dichtspalt kann dabei durch einen Abschnitt des Distanzrings begrenzt sein und der Dichtabschnitt kann durch einen Abschnitt des Distanzrings gebildet sein, der gegenüber dem Abschnitt des Distanzrings, der den Dichtspalt begrenzt, in radialer Richtung hervorsteht und insbesondere eine Schulter des Distanzrings bildet.

[0028] Die Ausbildung des Dichtabschnitts durch einen Distanzring ist insbesondere dann vorteilhaft, wenn die in Förderrichtung auf die Rotorscheibe folgende Statorscheibe keinen im Bereich des Dichtspalts angeordneten Ring, das heißt zum Beispiel keinen Außenring, aufweist. Eine derartige Statorscheibe kann zum Beispiel aus einem Vollkörper durch Materialentfernung herausgearbeitet sein, während eine Statorscheibe mit einem Außenring z.B. als geblechte Statorscheibe ausgebildet sein kann, d.h. als Statorscheibe, welche durch Verformung eines durch ein Blech gebildeten Grundkörpers hergestellt ist.

[0029] Gemäß einem weiteren Beispiel kann der Dichtabschnitt des Distanzrings eine Nut begrenzen, die sich in radialer Richtung in den Distanzring hinein erstreckt. Die Rotorscheibe kann dabei, vorzugsweise in radialer Richtung, in die Nut eingreifen. Der radiale Dichtspalt kann dabei durch die Rotorscheibe und durch den Nutgrund begrenzt sein. Die Seitenwände der Nut decken den Dichtspalt vorzugsweise jeweils in axialer Richtung ab. Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass der Dichtspalt bezogen auf die axiale Richtung nicht nur einseitig, sondern beidseitig, das heißt sowohl in stromabwärtiger Richtung als auch in stromaufwärtiger Richtung, durch jeweils eine Seitenwand der Nut abgedeckt ist. Die Seitenwände der Nut können mit der Rotorscheibe jeweils einen von zwei sich beidseitig an den radialen Dichtspalt anschließenden axialen Dichtspalten begrenzen. Dadurch wird eine besonders wirksame Abdichtung des radialen Dichtspalts erreicht.

[0030] Gemäß einem weiteren Beispiel kann der Distanzring derart in radialer Richtung geteilt sein, dass der Distanzring und die Rotorscheibe in axialer Richtung zusammensetzbar sind. Dies ist insbesondere vorteilhaft, wenn der Distanzring, wie vorstehend beschrieben, eine radiale Nut aufweist, in die die Rotorscheibe radial eingreift. In diesem Fall kann der Distanzring im Bereich der Nut in radialer Richtung geteilt sein, um ein axiales Zusammensetzen zu ermöglichen. Durch die Möglichkeit des axialen Zusammensetzens wird der für die Herstellung der Vakuumpumpe erforderliche Aufwand erheblich reduziert.

[0031] Gemäß einem weiteren Beispiel kann die Rotorscheibe zumindest einen radialen Fortsatz aufweisen, der vorzugsweise von der pumpaktiven Struktur der Rotorscheibe in radialer Richtung absteht, wobei der radiale Dichtspalt zumindest abschnittsweise durch den Fortsatz begrenzt ist. Ein solcher Fortsatz kann angepasst sein, um eine besonders gute Abdichtung des Dichtspalts zu gewährleisten, so dass eine Rückströmung besonders zuverlässig vermieden wird. Der Fortsatz ist bevorzugt durchgehend gasdicht ausgebildet, um eine möglichst gute Abdichtung zu gewährleisten. Bevorzugt ist es, wenn die Rotorscheibe mit dem Fortsatz in eine wie vorstehend beschriebene radiale Nut eines Distanzrings eingreift. Beispielsweise kann der Fortsatz ringförmig ausgebildet sein und/oder sich über zumindest annähernd den gesamten Umfang der Rotorscheibe erstrecken. Die pumpaktive Struktur kann mehrere pumpaktive Elemente, insbesondere Schaufeln, aufweisen, wobei ein sich insbesondere über den gesamten Umfang der Rotorscheibe erstreckender radialer Fortsatz von mehreren pumpaktiven Elementen getragen sein kann und/oder mehrere voneinander getrennte radiale Fortsätze der beschriebenen Art vorgesehen sein können, die von verschiedenen pumpaktiven Elementen abstehen. Der radiale Fortsatz kann aber auch als radiale Verlängerung der Schaufeln im Bereich der Nut ausgeführt sein.

[0032] Bevorzugt erstreckt sich der Fortsatz nur über einen Teil der axialen Erstreckung der pumpaktiven Struktur der Rotorscheibe. Dadurch kann der zusätzliche Materialaufwand und das zusätzliche durch den Fortsatz gebildete Gewicht der Rotorscheibe gering gehalten werden und dennoch eine gezielte und äußerst wirksame Abdichtung des Dichtspalts erreicht werden. Wenn der Dichtabschnitt, wie vorstehend beschrieben, durch einen Distanzring mit einer Nut gebildet ist, in die der Fortsatz eingreift, erstreckt sich vorzugsweise auch die Nut nur über einen Teil der axialen Erstreckung der pumpaktiven Elemente der Rotorscheibe. Dadurch kann erreicht werden, dass die Nutwände den Fortsatz auf allen Seiten eng umschließen, so dass der radiale Dichtspalt bevorzugt nur über axiale Spalte zugänglich ist, wodurch die Rückströmung weiter reduziert wird.

[0033] Gemäß einem weiteren Beispiel können die pumpaktiven Strukturen der Statorscheiben und Rotorscheiben zur Bereitstellung einer in einer Förderrichtung

orientierten Pumpwirkung für ein in einem Schöpfbereich vorhandenes Gas ausgebildet sein. Es kann ein zu dem Schöpfbereich benachbarter Dichtbereich vorhanden sein, der zumindest teilweise durch eine Statorscheibe und eine zu der Statorscheibe benachbarte Rotorscheibe begrenzt ist. Einander gegenüberliegende und den Dichtbereich begrenzende Oberflächen des Rotors und des Stators können dabei wenigstens eine Pumpstufe zur Bereitstellung einer Pumpwirkung für das in dem Dichtbereich vorhandene Gas bilden, die einer Rückströmung des Gases durch den Dichtbereich entgegenwirkt.

[0034] Unter dem Schöpfbereich wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung generell der Bereich verstanden, in dem die pumpaktiven Strukturen der Statorscheiben und Rotorscheiben eine in einer Förderrichtung orientierte Pumpwirkung für das dort vorhandene Gas bereitstellen. Unter einem Dichtbereich wird ein Bereich verstanden, der an den Schöpfbereich angrenzt und durch den prinzipiell eine entgegen der Förderrichtung gerichtete Rückströmung des Gases erfolgen kann.

[0035] Dadurch, dass einander gegenüberliegende und den Dichtbereich begrenzende Oberflächen des Rotors und des Stators wenigstens eine Pumpstufe zur Bereitstellung einer Pumpwirkung für das in dem Dichtbereich vorhandene Gas bilden können, die einer Rückströmung des Gases durch den Dichtbereich entgegenwirkt, kann die Rückströmung reduziert und die Pumpleistung der Vakuumpumpe verbessert werden.

[0036] In einer möglichen Weiterbildung dieses Beispiels kann vorgesehen sein, dass zumindest eine der die Pumpstufe bildenden Oberflächen schräg zur Rotationsachse verläuft.

[0037] Die die Pumpstufe bildenden Oberflächen sind vorzugsweise durch die Statorscheibe und die benachbarte Rotorscheibe gebildet. Die Pumpstufe lässt sich somit einfach durch entsprechende Anpassung der Oberflächen der Statorscheibe und der Rotorscheibe realisieren.

[0038] Gemäß der Erfindung sind die die Pumpstufe bildenden Oberflächen durch die Innenringe der Statorscheibe und der Rotorscheibe gebildet. Diese Oberflächen eignen sich besonders, um eine Pumpstufe zu realisieren, die die Rückströmung verringert.

[0039] Die die Pumpstufe bildenden Oberflächen liegen einander in axialer Richtung gegenüber. Die Oberflächen begrenzen einen axialen Dichtspalt, welcher Teil des Dichtbereichs ist.

[0040] Der Dichtbereich umfasst einen radialen Dichtspalt zwischen dem Rotor und dem Stator sowie zwei beidseitig an den radialen Dichtspalt angrenzende axiale Dichtspalte. Die axialen Dichtspalte sind durch dieselbe Stator- oder Rotorscheibe und jeweils eine von zwei zu der Stator- bzw. Rotorscheibe benachbarten Rotor- bzw. Statorscheiben begrenzt oder durch Ringe der Stator- und Rotorscheiben, welche die pumpaktiven Strukturen der Stator- und Rotorscheiben tragen. Nach der Erfindung sind zwei Pumpstufen vorgesehen, die jeweils durch die Oberflächen gebildet sind, die einen der

axialen Dichtspalte begrenzen, und die einer Rückströmung entgegenwirken.

[0041] Beispielsweise ist die Pumpstufe eine Siegbahnpumpstufe. Eine solche Pumpstufe ist einfach realisierbar und wirkt einer Rückströmung wirksam entgegen. Beispielsweise kann eine der die Pumpstufe bildenden Oberflächen glatt ausgebildet sein und die gegenüberliegende Oberfläche kann zumindest eine schrauben- bzw. schneckenlinienförmige Nut aufweisen, in der das gepumpte Gas geführt wird. Es können auch mehrere und insbesondere zwei Siegbahnpumpstufen vorgesehen sein, die beispielsweise, wie vorstehend beschrieben, jeweils einem axialen Dichtspalt des Dichtbereichs zugeordnet sind.

[0042] Bei allen Pumpen der vorliegenden Beschreibung sind die Rotorscheiben und die Statorscheiben vorzugsweise in axialer Richtung abwechselnd angeordnet.

[0043] Der Rotor kann einteilig oder mehrteilig ausgebildet sein. Bei einem mehrteiligen Rotor können die Rotorwelle einerseits und die mit der Rotorwelle verbundenen Rotorscheiben andererseits als getrennte Teile ausgebildet sein. Der Stator kann ebenfalls mehrteilig ausgebildet sein. Insbesondere kann der Stator ein Gehäuse, mehrere mit dem Gehäuse verbundene und als von dem Gehäuse getrennte Teile ausgebildete Rotorscheiben und vorzugsweise mehrere mit dem Gehäuse verbundene und als von dem Gehäuse und den Rotorscheiben getrennte Teile ausgebildete Distanzringe aufweisen.

[0044] Die Statorscheiben, Rotorscheiben und/oder Distanzringe können jeweils eine im Wesentlichen kreisringförmige Grundform aufweisen und/oder einteilig oder mehrteilig ausgebildet sein. Eine mehrteilige Stator- bzw. Rotorscheibe oder ein mehrteiliger Distanzring kann insbesondere mehrere und insbesondere zwei teilkreisförmige Teile umfassen, die zusammen die jeweilige Scheibe bzw. den Distanzring bilden.

[0045] Die Statorscheiben und Rotorscheiben können als turbomolekulare Stator- und Rotorscheiben mit einer turbomolekularen pumpaktiven Struktur ausgebildet sein. Die pumpaktiven Strukturen der Rotorscheiben und der Statorscheiben weisen bevorzugt mehrere als Schaufeln ausgebildete pumpaktive Elemente auf, die vorzugsweise von einem Außenring und/oder von einem Innenring der jeweiligen Scheibe getragen sind. Die Schaufeln können gegenüber der axialen Richtung eine Schrägstellung aufweisen, welche dazu dient, die mit den Schaufeln in Kontakt tretenden Gasmoleküle in Förderrichtung abzulenken, wobei die Schrägstellung der Schaufeln der Statorscheiben und der Rotorscheiben vorzugsweise spiegelbildlich zueinander ist.

[0046] Bei einer Seitenkanalpumpe weisen die Rotorscheiben als pumpaktive Struktur vorzugsweise im Bereich ihrer radialen Außenseite Rotorschaukeln auf, welche in einem durch die Statorscheiben gebildeten Seitenkanal umlaufen, welcher gegenüber den Rotorschaukeln verbreitert ist. Die pumpaktiven Strukturen der Statorscheiben sind dabei durch den Seitenkanal begrenzt.

ende Abschnitte der Statorscheiben gebildet. Ein Seitenkanal kann durch zwei in axialer Richtung aufeinanderfolgende Statorscheiben begrenzt sein, zwischen denen eine Rotorscheibe mit Rotorscheaufeln angeordnet ist.

[0047] Unter einem Spalt bzw. Dichtspalt wird im Rahmen der vorliegenden Beschreibung ein Zwischenraum verstanden, der in einer vorgegebenen Richtung schmal ausgebildet ist und in den anderen Richtungen eine größere Ausdehnung besitzt. Ein Spalt bzw. Dichtspalt kann im Rahmen der Erfindung prinzipiell eine zumindest näherungsweise konstante Spaltweite aufweisen.

[0048] Nachfolgend werden die Ausführungsformen der Erfindung und Beispiele unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine Vakuumpumpe gemäß einem Beispiel in einer geschnittenen Darstellung,
- Fig. 2 den Bereich A der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe,
- Fig. 3 eine Statorscheibe der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe in Draufsicht in einem unfertigen Herstellungszustand,
- Fig. 4 einen Ausschnitt der in Fig. 3 gezeigten Statorscheibe,
- Fig. 5 die in Fig. 3 und 4 gezeigte Statorscheibe im fertigen Zustand in perspektivischer Darstellung,
- Fig. 6 den Bereich B der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe,
- Fig. 7 den Bereich C der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe,
- Fig. 8 einen Ausschnitt einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer geschnittenen Darstellung, und
- Fig. 9 den Bereich D der in Fig. 8 gezeigten Vakuumpumpe.

[0049] Die in Fig. 1 gezeigte Vakuumpumpe umfasst einen von einem Einlassflansch 68 umgebenen Pumpeneinlass 70 sowie mehrere Pumpstufen zur Förderung des an dem Pumpeneinlass 70 anstehenden Gases zu einem in Fig. 1 nicht dargestellten Pumpenauslass. Die Vakuumpumpe umfasst einen Stator mit einem statischen Gehäuse 72 und einen in dem Gehäuse 72 angeordneten Rotor mit einer um eine Rotationsachse 14 drehbar gelagerten Rotorwelle 12.

[0050] Die Vakuumpumpe ist als Turbomolekularpumpe ausgebildet und umfasst mehrere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete turbomolekulare Pumpstufen mit mehreren mit der Rotorwelle 12 verbundenen turbomolekularen Rotorscheiben 16 und mehreren in axialer Richtung zwischen den Rotorscheiben 16 angeordneten und in dem Gehäuse 72 festgelegten turbomolekularen Statorscheiben 26, die durch Distanzringe 36 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten sind. Die Rotorscheiben 16 und Statorscheiben 26 stellen in dem Schöpfbereich 50 eine in Richtung des Pfeils 58 gerichtete axiale Pumpwirkung bereit.

[0051] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem drei in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Der rotorseitige Teil der Holweck-Pumpstufen umfasst eine mit der Rotorwelle 12 verbundene Rotornabe 74 und zwei an der Rotornabe 74 befestigte und von dieser getragene zylindermantelförmige Holweck-Rotorhülsen 76, 78, die koaxial zu der Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Ferner sind zwei zylindermantelförmige Holweck-Statorhülsen 80, 82 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der Rotationsachse 14 orientiert und in radialer Richtung ineinander geschachtelt sind. Die pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Pumpstufen sind jeweils durch die einander unter Ausbildung eines engen radialen Holweck-Spalts gegenüberliegenden radialen Mantelflächen jeweils einer Holweck-Rotorhülse 76, 78 und einer Holweck-Statorhülse 80, 82 gebildet. Dabei ist jeweils eine der pumpaktiven Oberflächen glatt ausgebildet - vorliegend diejenige der Holweck-Rotorhülse 76 bzw. 78 - und die gegenüberliegende pumpaktive Oberfläche der Holweck-Statorhülse 80, 82 weist eine Strukturierung mit schraubenlinienförmig um die Rotationsachse 14 herum in axialer Richtung verlaufenden Nuten auf, in denen durch die Rotation des Rotors das Gas vorangetrieben und dadurch gepumpt wird.

[0052] Die drehbare Lagerung der Rotorwelle 12 wird durch ein Wälzlager 84 im Bereich des Pumpenauslasses und ein Permanentmagnetlager 86 im Bereich des Pumpeneinlasses 70 bewirkt.

[0053] Das Permanentmagnetlager 86 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 88 und eine statorseitige Lagerhälfte 90, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinandergestapelten permanentmagnetischen Ringen 92, 94 umfassen, wobei sich die Magnetringe 92, 94 unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 96 gegenüberliegen.

[0054] Innerhalb des Magnetlagers 86 ist ein Not- bzw. Fanglager 98 vorgesehen, welches als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet ist und im normalen Betrieb der Vakuumpumpe ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors gegenüber dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor zu bilden, der eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert.

[0055] Im Bereich des Wälzlagers 84 ist an der Rotorwelle 12 eine konische Spritzmutter 100 mit einem zu dem Wälzlager 84 hin zunehmenden Außendurchmesser vorgesehen, die mit zumindest einem Abstreifer eines mehrere mit einem Betriebsmittel, wie zum Beispiel einem Schmiermittel, getränkte saugfähige Scheiben 102 umfassenden Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt steht. Im Betrieb wird das Betriebsmittel durch kapillare Wirkung von dem Betriebsmittelspeicher über den Abstreifer auf die rotierende Spritzmutter 100 übertragen und infolge der Zentrifugalkraft entlang der Spritzmutter 100 in Richtung des größer werdenden Außen-

durchmessers der Spritzmutter 100 zu dem Wälzlager 84 hin gefördert, wo es zum Beispiel eine schmierende Funktion erfüllt.

[0056] Die Vakuumpumpe umfasst einen Antriebsmotor 104 zum drehenden Antreiben des Rotors, dessen Läufer durch die Rotorwelle 12 gebildet ist. Eine Steuereinheit 106 steuert den Motor 104 an.

[0057] Die turbomolekularen Pumpstufen stellen in dem Schöpfbereich 50 eine Pumpwirkung in Richtung des Pfeils 58 bereit. Nachfolgend sind anhand der Fig. 2 bis 7 die in der Vakuumpumpe von Fig. 1 realisierten Maßnahmen zur Verhinderung einer Rückströmung des Gases entgegen der Förderrichtung beschrieben. Einander entsprechende Bestandteile sind prinzipiell in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

[0058] Fig. 2 zeigt den in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen A bezeichneten Bereich mit einer Rotorscheibe 16 und zwei benachbarten Statorscheiben 26 im Detail.

[0059] Jede Rotorscheibe 16 weist mehrere Schaufeln 22 auf, die von einem in Fig. 2 nicht dargestellten Innenring der Rotorscheibe 16 getragen sind. Zwischen den äußeren radialen Enden der Schaufeln 22 und den in radialer Richtung gegenüberliegenden Distanzringen 36 ist jeweils ein radialer Dichtspalt 42 ausgebildet.

[0060] Die Statorscheibe 26 weist mehrere Schaufeln 32 auf, die von einem Außenring 30 und einem in Fig. 2 nicht dargestellten Innenring getragen sind. Der Außenring 30 der Statorscheibe 26 erstreckt sich in radialer Richtung so weit nach innen, dass er den Dichtspalt 42 der bezogen auf die Förderrichtung vorhergehenden Rotorscheibe 16 in axialer Richtung betrachtet abdeckt und damit eine Rückströmung durch den Dichtspalt 42 verhindert. Der den Dichtspalt 42 abdeckende Bereich des Außenrings 30 bildet somit einen Dichtabschnitt 34 für den Dichtspalt 42. Der Dichtabschnitt 34 ist bezogen auf die Förderrichtung neben der durch die Schaufeln 32 gebildeten pumpaktiven Struktur der Statorscheibe 26 angeordnet und verhindert somit, dass im Bereich der pumpaktiven Struktur vorhandenes Gas in radialer Richtung nach außen zu dem in Förderrichtung vorhergehenden Dichtspalt 42 hin strömt und durch den Dichtspalt 42 entgegen der Förderrichtung weiter zurückströmt.

[0061] Stattdessen wird das Gas durch den Dichtabschnitt 34 in radialer Richtung nach innen umgelenkt, so dass es nach einem etwaigen Rückströmen durch die Statorscheibe 26 auf die durch die Schaufeln 22 der stromaufwärtigen Rotorscheibe 16 gebildete pumpaktive Struktur trifft und durch diese wieder in Förderrichtung gepumpt wird.

[0062] Fig. 3 bis 5 zeigen die in Fig. 2 gezeigte Statorscheibe 26 im Detail. Die Statorscheibe 26 besteht im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus zwei halbkreisförmigen Teilen 26a, 26b.

[0063] Es handelt sich um eine geblechte, das heißt um eine aus einem blechförmigen Grundkörper durch Verformung des Grundkörpers hergestellte bzw. herzustellende Statorscheibe 26. Zwischen dem Innenring 28 und dem Außenring 30 der Statorscheibe 26 sind durch

Stanzen und Schlitzen des blechförmigen Grundkörpers die Schaufeln 32 der Statorscheibe 26 herausgebildet. Fig. 3 und 4 zeigen die Statorscheibe 26 insofern in einem unfertigen Zustand, als die Statorscheibe 26 noch in ihrem unverformten ebenen Zustand vorliegt und die Schaufeln 32 noch nicht durch Verbiegen des Grundkörpers in ihre geneigte Position gebracht sind. Fig. 5 zeigt die fertige Statorscheibe 26 nach dem Verbringen der Schaufeln 32 in ihre geneigte Position.

[0064] Der Außenring 30 der Statorscheibe 26 mit dem Dichtabschnitt 34 bildet eine durchgehend geschlossene ringförmige Fläche, welche den Dichtspalt 42 der in Förderrichtung vorhergehenden Rotorscheibe 16 über bevorzugt den gesamten Umfang der Rotorscheibe 16 hinweg abdeckt.

[0065] Fig. 6 zeigt den in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen B bezeichneten Bereich der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe im Detail. Die Rotorscheibe 16 weist einen an den äußeren radialen Enden ihrer Schaufeln 22 angeordneten und in radialer Richtung abstehenden Fortsatz 20 auf, der sich in eine radiale Nut 38 des in radialer Richtung zu der Rotorscheibe 16 benachbarten und aus den beiden Teilen 36a, 36b bestehenden Distanzrings 36 hinein erstreckt.

[0066] Durch den Fortsatz 20 und den Distanzring 36 wird ein radialer Dichtspalt 44 begrenzt, an den sich beidseitig jeweils ein durch den Fortsatz 20 und den Distanzring 36 begrenzter axialer Dichtspalt 45 anschließt. Der untere Teil 36b des Distanzrings 36 bildet einen Dichtabschnitt 40, der den radialen Dichtspalt 44 abdeckt und eine durch den Dichtspalt 42 gerichtete Rückströmung reduziert. Der Fortsatz 20 ist im vorliegenden Ausführungsbeispiel als über den gesamten Umfang der Rotorscheibe 16 umlaufender und von den Schaufeln 22 der Rotorscheibe 16 getragener geschlossener Ring ausgebildet. Durch die radiale Zerteilung des Distanzrings 36 in die beiden Teile 36a, 36b wird es ermöglicht, die Rotorscheibe 26 und den Distanzring 36 trotz der durch den Eingriff des Fortsatzes 20 in die Nut 38 gebildeten axialen Hinterschneidung in axialer Richtung zusammenzusetzen.

[0067] Fig. 7 zeigt den in Fig. 1 mit dem Bezugszeichen C bezeichneten Bereich der in Fig. 1 gezeigten Vakuumpumpe im Detail. Die Schaufeln 22 der Rotorscheiben 16 und die Schaufeln 32 der zwischen den Rotorscheiben 16 angeordneten Statorscheibe 26 stellen eine Pumpwirkung für ein in dem Schöpfbereich 50 vorhandenes Gas in Richtung des Pfeils 58 bereit, während der Innenring 28 der Statorscheibe 26 mit den Innenringen 18 der Rotorscheiben 16 einen Dichtbereich begrenzt, welcher einen radialen Dichtspalt 46 und zwei axiale Dichtspalte 48 umfasst.

[0068] Diejenigen einander gegenüberliegenden Oberflächen der Innenringe 18 der Rotorscheiben 16 und des Innenrings 28 der Statorscheibe 26, die jeweils einen der axialen Dichtspalte 48 begrenzen, bilden dabei jeweils eine Siegbahnpumpstufe, die eine Pumpwirkung bereitstellt, die einer Rückströmung des Gases durch

den Dichtbereich entgegenwirkt. Die Oberflächen des Innenrings 28 der Statorscheibe 26 weisen dazu jeweils eine Strukturierung mit einer spirallinienförmig in radialer Richtung verlaufenden Nut 52 auf, in der das vorangetriebene Gas geführt wird. Die gegenüberliegenden Oberflächen der Innenringe 18 der Rotorscheiben 16 sind glatt ausgebildet. Durch einer Rückströmung durch den radialen Dichtspalt 46 und die axialen Dichtspalte 48 entgegengerichtete Pumpwirkung der Siegbahnpumpstufen wird verhindert, dass das Gas an den Schaufeln 32 der Statorscheibe 26 vorbei durch den Dichtbereich zurückströmt, so dass die Pumpleistung der Vakuumpumpe verbessert wird.

[0069] Fig. 8 zeigt einen Ausschnitt einer Vakuumpumpe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung in einer geschnittenen Darstellung. Fig. 9 zeigt den in Fig. 8 mit dem Bezugszeichen D bezeichneten Bereich im Detail. Die in Fig. 8 und 9 gezeigte Vakuumpumpe entspricht abgesehen von den nachstehend im Einzelnen beschriebenen Besonderheiten der in Fig. 1 beschriebenen Vakuumpumpe.

[0070] Die Rotorscheiben 16 der in Fig. 8 und 9 gezeigten Vakuumpumpe umfassen jeweils einen Innenring 18 mit einem sich in radialer Richtung zu der Rotorwelle 12 hin verbreiternden Bundabschnitt 24, über den die Rotorscheiben 16 mit der Rotorwelle 12 verbunden sind. Die Statorscheibe 26 weist einen Innenring 28 auf, der einen in radialer Richtung vorstehenden Fortsatz 35 aufweist. Gemeinsam begrenzen der Innenring 28 der Statorscheibe 26 und die Innenringe 18 der Rotorscheiben 16 zwei axiale Dichtspalte 49. Der Fortsatz 35 des Innenrings 28 der Statorscheibe 26 und die Bundabschnitte 24 begrenzen darüber hinaus einen die axialen Dichtspalte 49 verbindenden radialen Dichtspalt 47, der V-förmig ausgebildet ist und zwei zu der Rotationsachse 14 schräge Abschnitte 47a, 47b umfasst. Im Vergleich zu einer Ausgestaltung, welche keinen radialen Fortsatz 35 und keinen von dem Fortsatz 35 begrenzten schräg zu der Rotationsachse 14 verlaufenden radialen Dichtspalt 46 aufweist, sondern stattdessen einen ausgedehnten Zwischenraum zwischen den Bundabschnitten 24 und dem Innenring 28 aufweist, ist die Rückströmung bei der in Fig. 8 und 9 gezeigten Vakuumpumpe erheblich reduziert und die erreichbare Pumpleistung erhöht.

Bezugszeichenliste

[0071]

12	Rotorwelle
14	Rotationsachse
16	Rotorscheibe
18	Innenring
20	Fortsatz
22	Schaufel
24	Bundabschnitt
26	Statorscheibe

26a, 26b	Teil einer Statorscheibe
28	Innenring
30	Außenring
32	Schaufel
5 34	Dichtabschnitt
35	Fortsatz
36	Distanzring
36a, 36b	Teil eines Distanzrings
38	Nut
10 40	Dichtabschnitt
42, 44, 46, 47	radialer Dichtspalt
46a, 46b	Abschnitt Dichtspalt
45, 48, 49	axialer Dichtspalt
50	Schöpfbereich
15 52	Nut
58	Pfeil
68	Einlassflansch
70	Pumpeneinlass
72	Gehäuse
20 74	Rotornabe
76, 78	Holweck-Rotorhülse
80, 82	Holweck-Statorhülse
84	Wälzlager
86	Permanentmagnetlager
25 88	rotorseitige Lagerhälfte
90	statorseitige Lagerhälfte
92, 94	permanentmagnetischer Ring
96	radialer Lagerspalt
98	Fanglager
30 100	Spritzmutter
102	saugfähige Scheibe
104	Antriebsmotor
106	Steuereinheit

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe,

- mit einem Stator mit mehreren in Richtung einer Rotationsachse (14) aufeinanderfolgenden Statorscheiben (26), die jeweils eine pumpaktive Struktur (32) aufweisen, und

- mit einem relativ zu dem Stator um die Rotationsachse (14) drehbar gelagerten Rotor, der eine Rotorwelle (12) und mehrere auf der Rotorwelle (12) angeordnete, in axialer Richtung aufeinanderfolgende und zwischen den Statorscheiben (26) angeordnete Rotorscheiben (16) umfasst, die jeweils eine pumpaktive Struktur (22) aufweisen,

wobei zumindest eine Statorscheibe (26) und zumindest eine Rotorscheibe (16) einen zwischen dem Stator und dem Rotor ausgebildeten radialen Dichtspalt (47) begrenzen, wobei der Dichtspalt (47) zumindest abschnittsweise

- schräg zu der Rotationsachse (14) verläuft, wobei die den Dichtspalt (47) begrenzende Statorscheibe (26) und die den Dichtspalt (47) begrenzende Rotorscheibe (16) jeweils einen Innenring (18, 28) aufweisen, der die pumpaktive Struktur (22, 32) der jeweiligen Scheibe (16, 26) trägt, und wobei zumindest ein Abschnitt (47a, 47b) des Dichtspalts (47), der schräg zu der Rotationsachse (14) verläuft, durch den Innenring (28) der Statorscheibe (26) und durch den Innenring (18) der Rotorscheibe (16) begrenzt ist, dadurch **gekennzeichnet**, dass den Dichtspalt (47) begrenzende Oberflächen einander in radialer Richtung gegenüberliegen und zumindest näherungsweise parallel zueinander sind.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, dadurch **gekennzeichnet**, dass der Dichtspalt (47) eine zumindest näherungsweise konstante Spaltweite aufweist.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innenring (18) der Rotorscheibe (16) auf der Rotorwelle (12) angeordnet ist, um die Rotorscheibe (16) mit der Rotorwelle (12) zu verbinden.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innenring (18) der Rotorscheibe (16) einen in axialer Richtung vorstehenden Bundabschnitt (24) aufweist, wobei zumindest ein Abschnitt (47a, 47b) des Dichtspalts (47), der schräg zu der Rotationsachse (14) verläuft, durch den Bundabschnitt (24) begrenzt ist.
5. Vakuumpumpe nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bundabschnitt (24) mit der Rotorwelle (12) verbunden ist.
6. Vakuumpumpe nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bundabschnitt (24) eine sich in radialer Richtung zu der Rotorwelle (12) hin verbreiternde Form aufweist.
7. Vakuumpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine im Bereich der Verbreiterung vorhandene Oberfläche des Bundabschnitts (24) zur Begrenzung zumindest eines zu der Rotationsachse schrägen Abschnitts des Dichtspalts (47) dient, wobei insbesondere der schräge Abschnitt des Dichtspalts (47) in axialer Richtung von der Rotorscheibe (16) zu der Statorscheibe (26) gesehen in radialer Richtung zu der Rotorwelle (12) hin verläuft.
8. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Innenring (28) der Statorscheibe (26) einen in radialer Richtung abstehenden Fortsatz (35) aufweist, wobei zumindest ein Abschnitt (47a, 47b) des Dichtspalts (47), der schräg zu der Rotationsachse (14) verläuft, durch den Fortsatz (35) begrenzt ist.
9. Vakuumpumpe nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Dichtspalt (47) zumindest zwei Abschnitte (47a, 47b) aufweist, die schräg zu der Rotationsachse (14) und in einem Winkel zueinander verlaufen.
10. Vakuumpumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** beide Abschnitte (47a, 47b) jeweils durch eine Statorscheibe (26) einerseits und eine von zwei zu der Statorscheibe (26) benachbarten Rotorscheiben (16) andererseits begrenzt sind.
11. Vakuumpumpe nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Abschnitte (47a, 47b) einen V-förmigen Dichtspalt (47) bilden.
12. Vakuumpumpe nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Scheitel der V-Form des Dichtspalts (47) zu der Rotorwelle (12) hin weist.
13. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 9 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Abschnitte (47a, 47b) des Dichtspalts (47) in axialer Richtung von der jeweiligen Rotorscheibe (16) zu der Statorscheibe (26) hin gesehen in radialer Richtung nach innen verlaufen.

Claims

1. A vacuum pump, in particular a turbomolecular pump,
- having a stator with a plurality of stator disks (26) which follow one another in the direction of an axis of rotation (14) and which each have a pump-active structure (32); and
 - having a rotor which is rotatably supported about the axis of rotation (14) relative to the stator and which comprises a rotor shaft (12) and a plurality of rotor disks (16) which are arranged on the rotor shaft (12), which follow one another in the axial direction, which are arranged between the stator disks (26) and which each have a pump-active structure (22),

wherein at least one stator disk (26) and at least one rotor disk (16) bound a radial sealing gap (47) formed between the stator and the rotor; wherein the sealing gap (47) extends at least sectionally obliquely to the axis of rotation (14);

wherein the stator disk (26) bounding the sealing gap (47) and the rotor disk (16) bounding the sealing gap (47) each have an inner ring (18, 28) which supports the pump-active structure (22, 32) of the respective disk (16, 26); and

wherein at least one section (47a, 47b) of the sealing gap (47), which extends obliquely to the axis of rotation (14), is bounded by the inner ring (28) of the stator disk (26) and by the inner ring (18) of the rotor disk (16), **characterized in that**

surfaces bounding the sealing gap (47) are disposed opposite one another in the radial direction and are at least approximately in parallel with one another.

2. A vacuum pump in accordance with claim 1, **characterized in that** the sealing gap (47) has an at least approximately constant gap width.

3. A vacuum pump in accordance with claim 1 or claim 2, **characterized in that** the inner ring (18) of the rotor disk (16) is arranged on the rotor shaft (12) to connect the rotor disk (16) to the rotor shaft (12).

4. A vacuum pump in accordance with any one of the preceding claims, **characterized in that** the inner ring (18) of the rotor disk (16) has a collar section (24) projecting in the axial direction, with at least one section (47a, 47b) of the sealing gap (47), which extends obliquely to the axis of rotation (14), being bounded by the collar section (24).

5. A vacuum pump in accordance with claim 4, **characterized in that** the collar section (24) is connected to the rotor shaft (12).

6. A vacuum pump in accordance with claim 4 or claim 5, **characterized in that** the collar section (24) has a shape which widens in the radial direction toward the rotor shaft (12).

7. A vacuum pump in accordance with claim 6, **characterized in that** a surface of the collar section (24) present in the region of the widened portion serves for the bounding of at least one section of the sealing gap (47) which is oblique with respect to the axis of rotation, with in particular the oblique section of the sealing gap (47),

viewed in the axial direction from the rotor disk (16) to the stator disk (26), extending in the radial direction toward the rotor shaft (12).

8. A vacuum pump in accordance with any one of the preceding claims, **characterized in that** the inner ring (28) of the stator disk (26) has a prolongation (35) projecting in the radial direction, with at least one section (47a, 47b) of the sealing gap (47), which extends obliquely to the axis of rotation (14), being bounded by the prolongation (35).

9. A vacuum pump in accordance with any one of the preceding claims, **characterized in that** the sealing gap (47) has at least two sections (47a, 47b) which extend obliquely to the axis of rotation (14) and at an angle to one another.

10. A vacuum pump in accordance with claim 9, **characterized in that** both sections (47a, 47b) are each bounded by a stator disk (26), on the one hand, and by one of two rotor disks (16) adjacent to the stator disk (26), on the other hand.

11. A vacuum pump in accordance with claim 9 or claim 10, **characterized in that** the two sections (47a, 47b) form a V-shaped sealing gap (47).

12. A vacuum pump in accordance with claim 11, **characterized in that** the apex of the V shape of the sealing gap (47) faces toward the rotor shaft (12).

13. A vacuum pump in accordance with any one of the claims 9 to 12, **characterized in that** the two sections (47a, 47b) of the sealing gap (47), viewed in the axial direction from the respective rotor disk (16) toward the stator disk (26), extend inwardly in the radial direction.

Revendications

1. Pompe à vide, en particulier pompe turbomoléculaire, comprenant

- un stator pourvu de plusieurs disques de stator (26) successifs en direction d'un axe de rotation (14) et comprenant chacun une structure active en pompage (32), et

- un rotor monté mobile en rotation autour de l'axe de rotation (14) par rapport au stator et

comprenant un arbre de rotor (12) et plusieurs disques de rotor (16) disposés sur l'arbre de rotor (12), successifs en direction axiale, interposés entre les disques de stator (26) et comprenant chacun une structure active en pompage (22),

dans laquelle

au moins un disque de stator (26) et au moins un disque de rotor (16) délimitent un intervalle d'étanchéité (44) radial ménagé entre le stator et le rotor, l'intervalle d'étanchéité (44) s'étend au moins localement en oblique par rapport à l'axe de rotation (14), le disque de stator (26) délimitant l'intervalle d'étanchéité (47) et le disque de rotor (16) délimitant l'intervalle d'étanchéité (47) comprennent chacun un anneau intérieur (18, 28) portant la structure active en pompage (22, 32) du disque respectif (16, 26), et au moins une portion (47a, 47b) de l'intervalle d'étanchéité (47) s'étendant en oblique par rapport à l'axe de rotation (14) est délimitée par l'anneau intérieur (28) du disque de stator (26) et par l'anneau intérieur (18) du disque de rotor (16),

caractérisée en ce que

des surfaces délimitant l'intervalle d'étanchéité (47) sont opposées l'une à l'autre en direction radiale et sont au moins approximativement parallèles l'une à l'autre.

2. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** l'intervalle d'étanchéité (47) présente une largeur d'intervalle au moins approximativement constante.
3. Pompe à vide selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** l'anneau intérieur (18) du disque de rotor (16) est disposé sur l'arbre de rotor (12) pour relier le disque de rotor (16) à l'arbre de rotor (12).
4. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'anneau intérieur (18) du disque de rotor (16) comprend une portion de collerette (24) faisant saillie en direction axiale, et au moins une portion (47a, 47b) de l'intervalle d'étanchéité (47) s'étendant en oblique par rapport à l'axe de rotation (14) est délimitée par la portion de collerette (24).
5. Pompe à vide selon la revendication 4, **caractérisée en ce que** la portion de collerette (24) est reliée à l'arbre de rotor (12).
6. Pompe à vide selon la revendication 4 ou 5, **caractérisée en ce que**

la portion de collerette (24) présente une forme qui va en s'élargissant en direction radiale vers l'arbre de rotor (12).

7. Pompe à vide selon la revendication 6, **caractérisée en ce que** une surface de la portion de collerette (24) prévue au niveau de l'élargissement sert à délimiter au moins une portion de l'intervalle d'étanchéité (47) oblique par rapport à l'axe de rotation, et en particulier la portion oblique de l'intervalle d'étanchéité (47), vue en direction axiale du disque de rotor (16) vers le disque de stator (26), s'étend en direction radiale vers l'arbre de rotor (12).
8. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'anneau intérieur (28) du disque de stator (26) présente un prolongement (35) faisant saillie en direction radiale, et au moins une portion (47a, 47b) de l'intervalle d'étanchéité (47) s'étendant en oblique par rapport à l'axe de rotation (14) est délimitée par le prolongement (35).
9. Pompe à vide selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'intervalle d'étanchéité (47) comprend au moins deux portions (47a, 47b) qui s'étendent en oblique par rapport à l'axe de rotation (14) et selon un angle l'une par rapport à l'autre.
10. Pompe à vide selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** les deux portions (47a, 47b) sont délimitées chacune par un disque de stator (26) d'une part et par l'un des deux disques de rotor (16) voisins du disque de stator (26) d'autre part.
11. Pompe à vide selon la revendication 9 ou 10, **caractérisée en ce que** les deux portions (47a, 47b) forment un intervalle d'étanchéité (47) en forme de V.
12. Pompe à vide selon la revendication 11, **caractérisée en ce que** le sommet de la forme en V de l'intervalle d'étanchéité (47) est dirigé vers l'arbre de rotor (12).
13. Pompe à vide selon l'une des revendications 9 à 12, **caractérisée en ce que** les deux portions (47a, 47b) de l'intervalle d'étanchéité (47), vu en direction axiale du disque de rotor respectif (16) vers le disque de stator (26), s'étendent en direction radiale vers l'intérieur.

Fig. 1

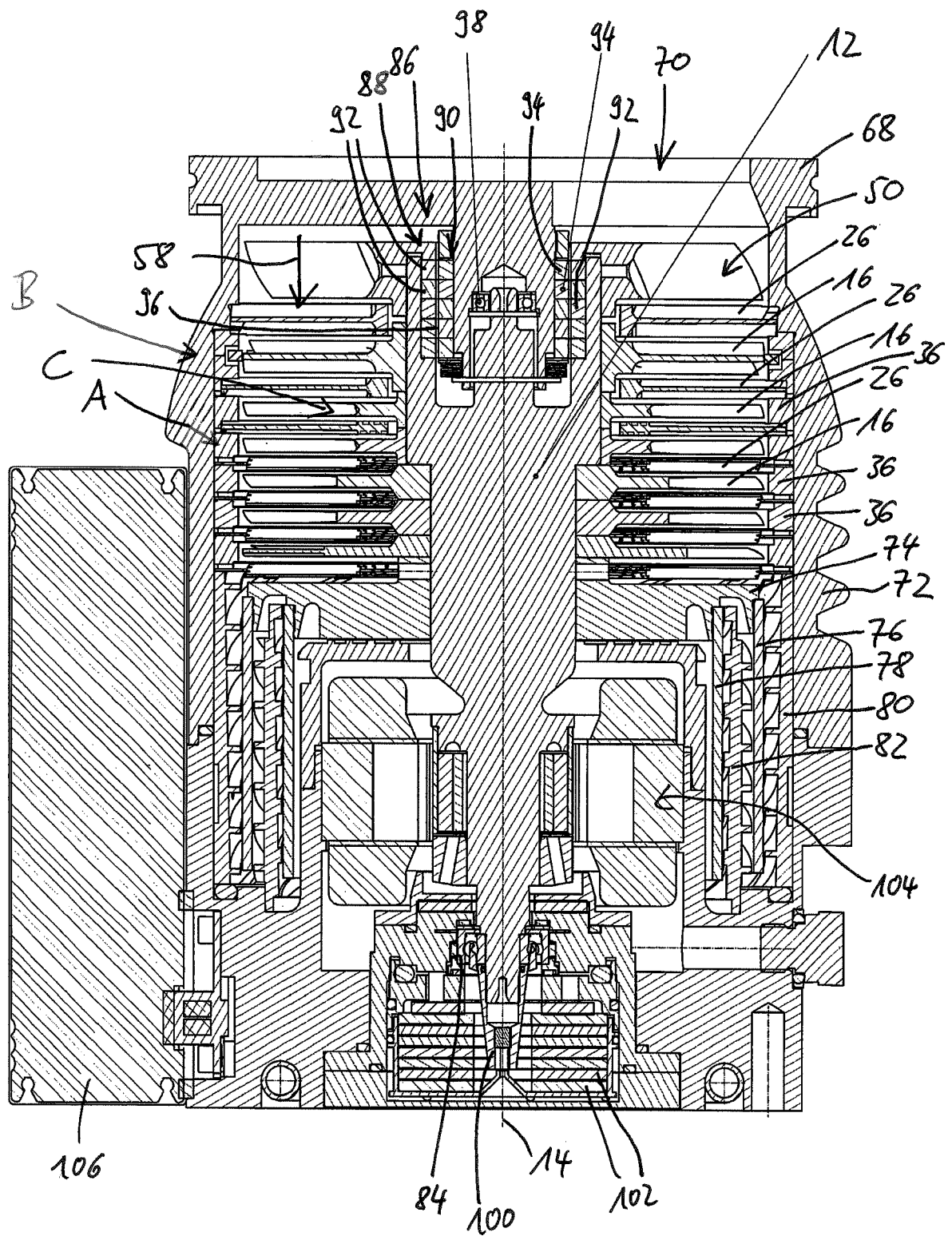


Fig. 2

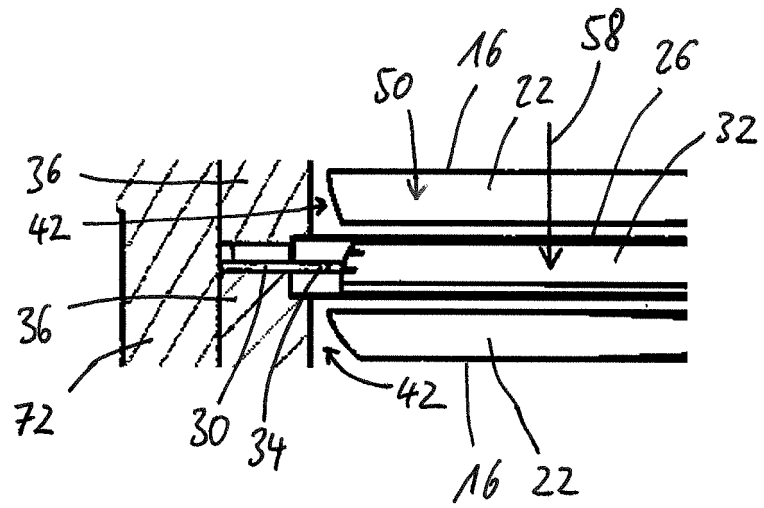


Fig. 3

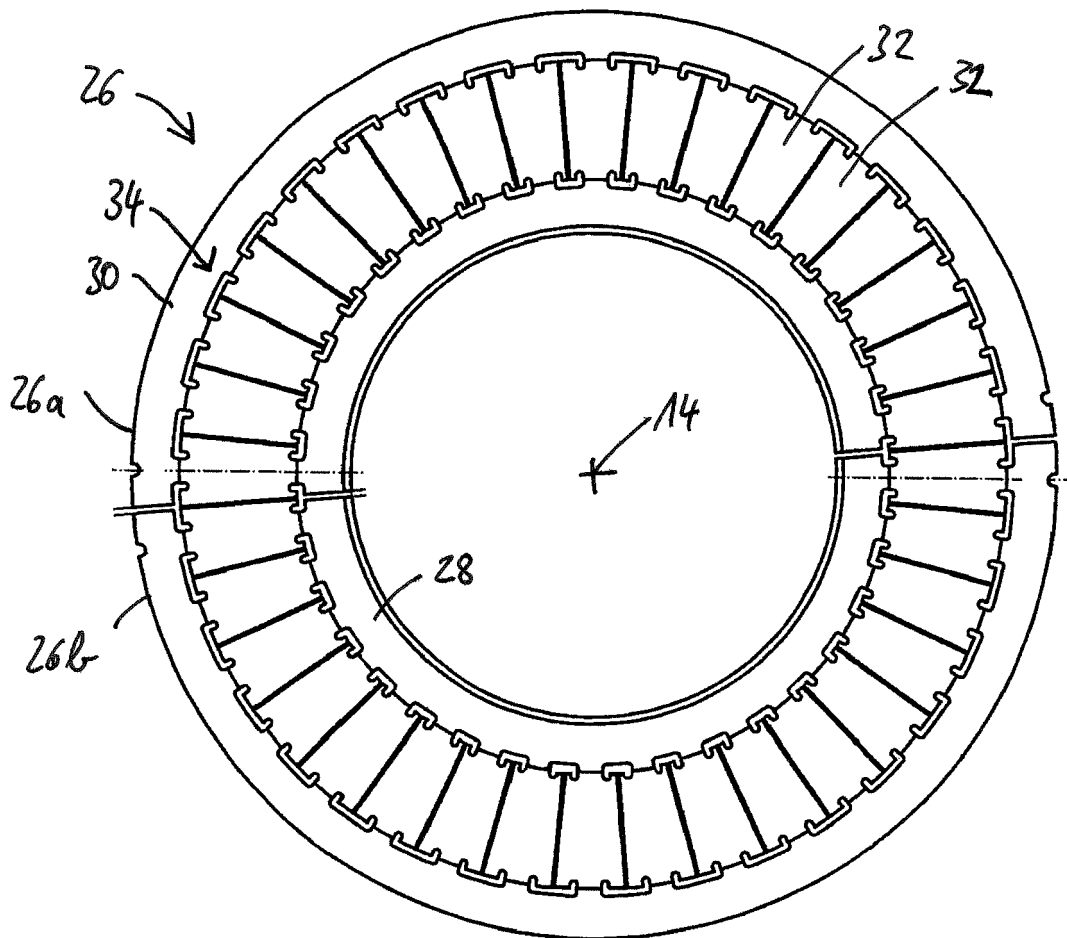


Fig. 4

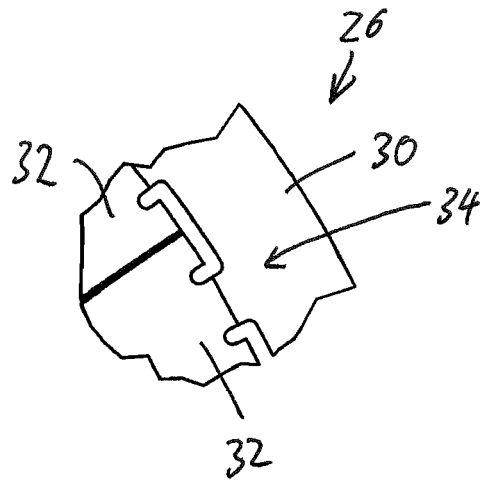


Fig. 5

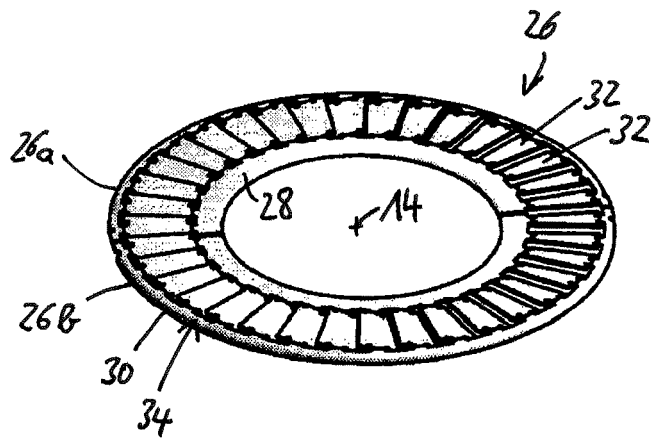


Fig. 6

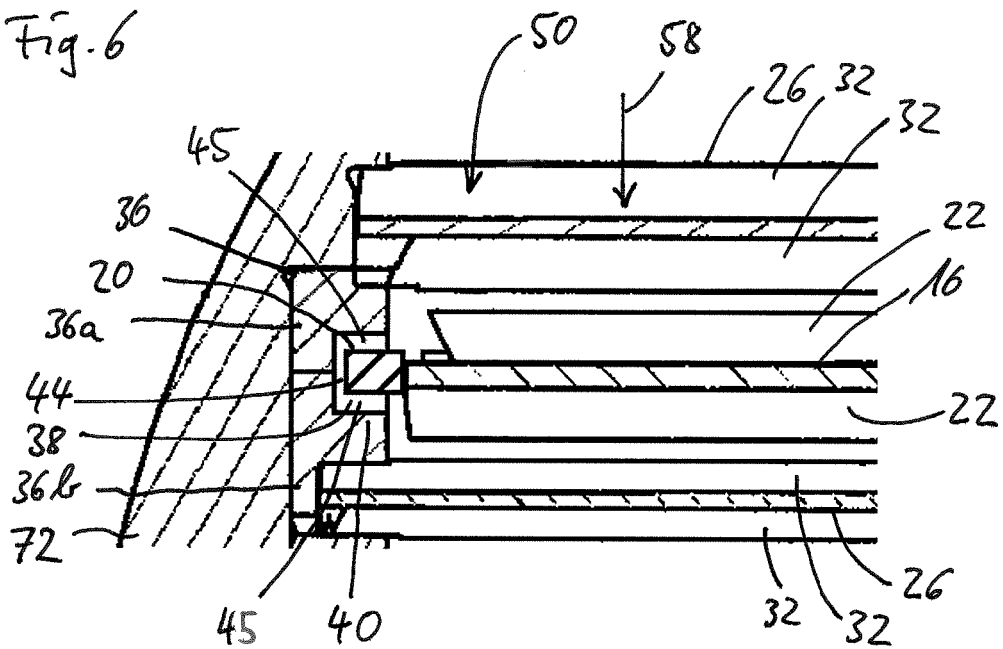


Fig. 7

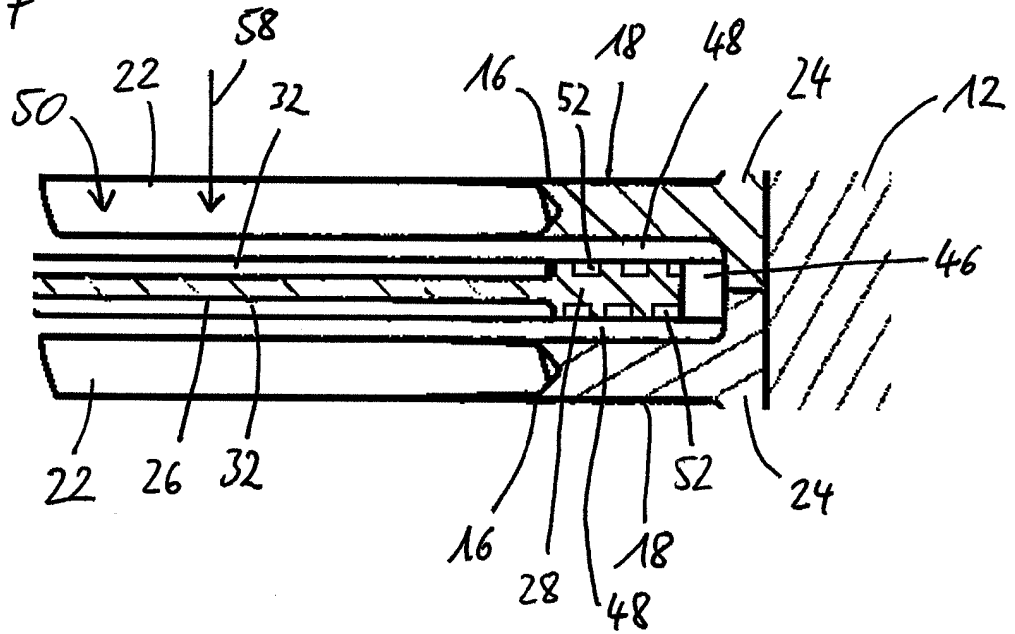


Fig. 8

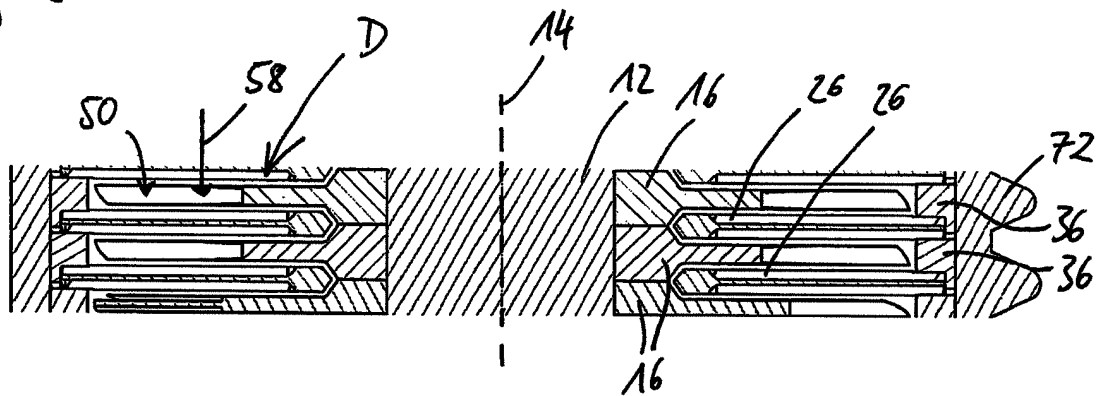
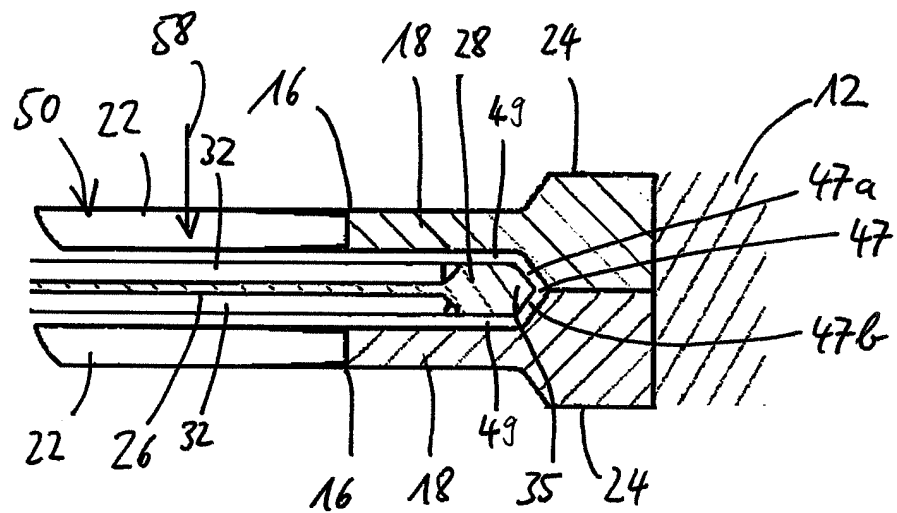


Fig. 9



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 202010011796 U1 [0004]
- EP 1288502 A2 [0006]
- JP H0687691 U [0007]