

(19)



(11)

EP 3 693 610 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
22.12.2021 Patentblatt 2021/51

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

(21) Anmeldenummer: **20153779.2**

(22) Anmeldetag: **27.01.2020**

(54) **MOLEKULARVAKUUMPUMPE**

MOLECULAR VACUUM PUMP

POMPE À VIDE MOLÉCULAIRE

(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**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
12.08.2020 Patentblatt 2020/33

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

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

• **Bader, Florian
35625 Hüttenberg (DE)**
• **Birkenfeld, Maximilian
35649 Bischoffen (DE)**

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

(56) Entgegenhaltungen:
**EP-A1- 3 085 963 EP-A1- 3 085 964
EP-A2- 2 039 941 WO-A1-2006/048603
DE-A1- 4 228 313 US-A- 5 733 104**

EP 3 693 610 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 Molekularvakuumpumpe mit wenigstens einer molekularen Pumpstufe, nämlich einer Holweckpumpstufe, mittels derer ein Gas von einem Einlass zu einem Auslass der Molekularvakuumpumpe förderbar ist, wobei die Pumpstufe eine Pumprichtung und quer zur Pumprichtung einen Durchlassquerschnitt aufweist; und mit einem Zwischenanschluss, der innerhalb der Pumpstufe oder der Pumpstufe nachgeschaltet angeordnet ist.

[0002] Ein Durchlassquerschnitt ist die offene Fläche innerhalb einer Pumpstufe im Querschnitt gemessen an einem gewählten Punkt entlang der Pumprichtung. Der Durchlassquerschnitt ist also insbesondere durch die Summe der Öffnungen in dem betreffenden Querschnitt gebildet, durch die zu fördernde Gasteilchen hindurchtreten können. Bei einer rotorbetriebenen Molekularvakuumpumpe bezieht sich der Durchlassquerschnitt insbesondere auf einen Querschnitt an einem gewählten Punkt entlang der Rotorachse, wobei die Schnittebene insbesondere senkrecht zur Rotorachse verläuft.

[0003] Eine Molekularvakuumpumpe nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist in der WO 2006/048603 A1 offenbart. Weiteren Stand der Technik bilden die EP 3 085 963 A1, die US 5,733,104 A, die DE 42 28 313 A1, die EP 2 039 941 A2 und die EP 3 085 964 A1.

[0004] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, bei einer derartigen Vakuumpumpe das Abpumpen von am Zwischenanschluss anstehendem Gas zu verbessern und/oder ein Rückströmen von Gas ausgehend vom Zwischenanschluss entgegen der Pumprichtung zu reduzieren.

[0005] Diese Aufgabe wird durch eine Molekularvakuumpumpe mit den Merkmalen gemäß Anspruch 1 gelöst, und insbesondere dadurch, dass in Pumprichtung vor dem Zwischenanschluss ein, bevorzugt statisches, Blockierelement angeordnet ist, durch welches der Durchlassquerschnitt lokal reduziert ist.

[0006] Gemäß Anspruch 1 ist die Pumpstufe eine Holweckpumpstufe. Nachfolgend werden auch Beispiele beschrieben, bei denen eine Turbomolekularpumpstufe vorgesehen ist. Diese werden vorgestellt, weil - allerdings nicht im Rahmen der vorliegenden Erfindungszusätzlich zu der in Anspruch 1 definierten Holweckpumpstufe eine Turbomolekularpumpstufe mit Zwischenanschluss und Blockierelement vorgesehen sein kann.

[0007] Das Blockierelement vermindert auf konstruktiv einfache Weise ein Rückströmen von Gas ausgehend vom Zwischenanschluss entgegen der Pumprichtung bzw. in einen dem Zwischenanschluss in Pumprichtung vorgeordneten Bereich und die Pumpwirkung für das am Zwischenanschluss anstehende Gas wird verbessert. Insbesondere erweist es sich als vorteilhaft, wenn das Blockierelement ein statisches Element ist und/oder an einem Stator der Pumpe angeordnet ist, da insbesondere aufgrund von dynamischen Kräften am Rotor dessen konstruktive Änderung allgemein deutlich aufwendiger

wäre. Die Erfindung kann also durch Modifizieren einer bestehenden Pumpe realisiert werden, ohne deren Rotor verändern zu müssen. Grundsätzlich kann ein Blockierelement aber beispielsweise auch am Rotor angeordnet sein.

[0008] Das Blockierelement ist insbesondere unmittelbar vor dem Zwischenanschluss angeordnet. Somit kann das Blockierelement eine vorteilhafte Leitungswirkung und/oder Blendenwirkung für das Gas bzw. für die Teilchen aufweisen und/oder den Teilchen eine Vorzugsrichtung verleihen, die zumindest mit einer Komponente in Pumprichtung verläuft. Allgemein kann das Blockierelement beispielsweise ein Leit- und/oder Blendenelement bilden.

[0009] Der Durchlassquerschnitt der Pumpstufe ist insbesondere durch ein oder mehrere Statorelemente, im Falle einer nicht beanspruchten Turbomolekularpumpstufe insbesondere Statorscheiben, definiert, nämlich insbesondere ein oder mehrere Statorelemente, die dem Blockierelement in Pumprichtung vorgeordnet sind. Die Pumpstufe kann grundsätzlich entlang ihrer axialen Erstreckung einen variablen Durchlassquerschnitt aufweisen. Entscheidend ist die lokale Reduzierung vor dem Zwischenanschluss.

[0010] Die lokale Reduzierung oder Verkleinerung des Durchlassquerschnitts ist insbesondere derart ausgebildet, dass die Kompression der Pumpstufe vor dem Zwischenanschluss lokal erhöht ist. Dabei kann das Saugvermögen in diesem Bereich zwar lokal reduziert sein. Zumindest für bestimmte Anwendungen ist dies jedoch vertretbar angesichts der verbesserten Pumpwirkung für das am Zwischenanschluss anstehende Gas. Allgemein eignet sich die Erfindung besonders für kompressionskritische Anwendungen, die insbesondere kein besonders großes Saugvermögen am Haupteinlass benötigen, wie z.B. bei einem Lecksuchgerät. Der Durchlassquerschnitt wird durch das Blockierelement erfindungsgemäß lediglich reduziert, nicht aber gänzlich versperrt. Das Blockierelement kann also zum Beispiel einen Teil des Durchlassquerschnitts verdecken. Eine Förderung von Gas durch die Pumpstufe vorbei am Blockierelement und zur nächsten Pumpstufe bleibt somit möglich. Der reduzierte Durchlassquerschnitt verbindet also insbesondere die Pumpstufe mit dem Axialbereich des Zwischenanschlusses und/oder mit einer weiteren Pumpstufe, die dem Zwischenanschluss und/oder der Pumpstufe, insbesondere in Reihenschaltung, nachgeordnet ist.

[0011] Allgemein kann der Zwischenanschluss z.B., insbesondere axial, innerhalb der Pumpstufe zwischen einem ersten Abschnitt der Pumpstufe und einem in Reihe nachgeordneten, zweiten Abschnitt der Pumpstufe angeordnet sein. Alternativ kann der Zwischenanschluss z.B. der Pumpstufe, insbesondere axial, nachgeordnet und einer in Reihe nachgeordneten, zweiten Pumpstufe, insbesondere axial, vorgeordnet angeordnet sein. Die Pumpstufen bzw. Abschnitte von Pumpstufen können also allgemein insbesondere in Reihe geschaltet sein. Die Pumpstufen bzw. Abschnitte weisen insbesondere Ro-

toren bzw. Rotorabschnitte auf, die auf einer gemeinsamen Rotorwelle angeordnet sind.

[0012] Der Durchlassquerschnitt ist insbesondere durch den offenen Bereich eines Querschnitts durch einen Rotor der Pumpe im Bereich der Pumpstufe gebildet. Bei einer nicht beanspruchten Turbomolekularpumpe oder -pumpstufe ist ein Durchlassquerschnitt einer Turbostatorscheibe beispielsweise nach radial außen durch eine radial äußere Begrenzung der Turbostatorschaufeln begrenzt. Nach innen ist der Durchlassquerschnitt dabei durch eine radial innere Begrenzung der Turbostatorschaufeln, nämlich durch einen sogenannten Schaufelgrund, begrenzt. Der Durchlassquerschnitt weist in Umfangsrichtung durch die Schaufeln separierte, offene Abschnitte auf. Entsprechendes gilt für einen Turborotor bzw. eine Turborotorscheibe. Bei einer Holweckpumpe ist der Durchlassquerschnitt zum Beispiel nach außen oder nach innen von einem jeweiligen Grund mehrerer Holwecknuten begrenzt. In der entgegengesetzten Richtung, also nach innen bzw. nach außen, ist der Durchlassquerschnitt durch einen Holweckrotor begrenzt. Der Durchlassquerschnitt weist in Umfangsrichtung durch Stege separierte, offene Abschnitte auf, wobei die Stege die Holwecknuten trennen. Allgemein entspricht der Durchlassquerschnitt bei einer Holweckpumpstufe insbesondere im Wesentlichen der Summe der Querschnitte der Holwecknuten.

[0013] Insbesondere kann der Durchlassquerschnitt durch das Blockierelement um mindestens 20%, insbesondere mindestens 30%, reduziert sein, insbesondere bezogen auf die Querschnittsfläche des Durchlassquerschnitts der Pumpstufe vor und/oder nach dem Zwischenanschluss, im Fall einer nicht beanspruchten Turbomolekularpumpe insbesondere einer vorgeschalteten Statorscheibe.

[0014] Ein Zwischenanschluss einer mehrstufigen Molekularpumpe wird beispielsweise auch als "interstageport" bezeichnet und eine Molekularpumpe mit einem solchen Zwischenanschluss wird auch als "Splitflow-Vakuumpumpe" bezeichnet.

[0015] Insbesondere kann der Durchlassquerschnitt durch das Blockierelement lokal asymmetrisch, insbesondere in Bezug auf eine Rotorachse der Pumpstufe, sein. Z.B. kann das Blockierelement derart angeordnet sein, dass auf einer dem Zwischenanschluss zugewandten Seite einer Rotorwelle der Pumpstufe das Blockierelement einen größeren Anteil des Durchlassquerschnitts blockiert als auf einer dem Zwischenanschluss abgewandten Seite des Rotors. Allgemein bevorzugt kann das Blockierelement auf einer dem Zwischenanschluss zugewandten Seite der Rotorwelle angeordnet sein. Beispielsweise kann das Blockierelement lediglich in einem Teilwinkelbereich in Bezug auf die Rotorachse angeordnet sein, der insbesondere dem Zwischenanschluss zugeordnet ist. Das Blockierelement kann den Durchlassquerschnitt insbesondere in einem Bereich blockieren, der radial zwischen der Rotorachse und dem Zwischenanschluss liegt. Allgemein bewirkt die Anord-

nung des Blockierelements beim Zwischenanschluss neben einer verminderten Rückströmung vom Zwischenanschluss auch eine Verringerung der Wahrscheinlichkeit, dass Gasmoleküle aus der vorgeschalteten Pumpstufe durch den Zwischenanschluss austreten.

[0016] Beispielsweise kann es vorgesehen sein, dass das Blockierelement zumindest in einem dem Zwischenanschluss zugeordneten Umfangsabschnitt, insbesondere im Wesentlichen nur in diesem Umfangsabschnitt, undurchlässig ausgebildet ist. Ein dem Zwischenanschluss radial gegenüberliegender Bereich kann insbesondere frei vom Blockierelement sein bzw. der Durchlassquerschnitt kann hier offen sein. In dem dem Zwischenanschluss radial gegenüberliegenden Bereich kann der Stator insbesondere durchlässig und allgemein wie ein "normaler" Stator ausgebildet sein. Allgemein bevorzugt kann sich das Blockierelement über einen Umfangsbereich erstrecken, der mindestens dem Winkelbereich des Zwischenanschlusses und/oder höchstens 180° entspricht. In diesem Umfangsabschnitt kann der Durchlassquerschnitt durch das Blockierelement vollständig oder, insbesondere radial, teilweise blockiert sein.

[0017] Die Geometrie des Blockierelements kann beispielsweise veränderbar sein. So lässt sich je nach gewählter Geometrie eine unterschiedliche Performance bezüglich der Rückströmung vom Zwischenanschluss und auch bezüglich der Pumpstufe in der Pumprichtung einstellen.

[0018] Bei einigen Ausführungsformen erstreckt sich das Blockierelement in radialer Richtung nur über einen Teil des Durchlassquerschnitts der Pumpstufe, dies insbesondere in Bezug auf den benachbarten, insbesondere vor- und/oder nachgeordneten, Durchlassquerschnitt vor- bzw. nach der lokalen Reduzierung. Insbesondere kann sich das Blockierelement beispielsweise lediglich über einen radialen Teil des Durchlassquerschnitts mit geringerer Kompression als der jeweils andere Teil erstrecken. Ein vom Blockierelement freigelassener radialer Bereich weist insbesondere eine hohe Kompression aber ggf. ein geringes Saugvermögen auf. Die hohe Kompression begünstigt eine geringe Rückströmung, wobei ansonsten das Blockierelement ebenfalls die Rückströmung vermindert. Insbesondere kann das Blockierelement einen radial inneren Teil verdecken und/oder einen radial äußeren Teil nicht verdecken. Beispielsweise ist auch eine Kombination mit einem Blockierelement bzw. einem Abschnitt desselben Blockierelements in einem anderen Umfangsbereich mit Erstreckung über die gesamte radiale Breite möglich.

[0019] Zusätzlich zu der erfindungsgemäß vorgesehenen Holweckpumpstufe kann in einer nicht beanspruchten Ausführung eine Turbomolekularpumpe vorgesehen sein, mittels derer ein Gas vom Einlass zum Auslass der Molekularvakuumpumpe förderbar ist, wobei die Turbomolekularpumpe eine Pumprichtung und quer zur Pumprichtung einen Durchlassquerschnitt aufweist; wobei ein zweiter Zwischenanschluss innerhalb der Tur-

bomolekularpumpstufe oder der Turbomolekularpumpstufe nachgeschaltet angeordnet ist, wobei in Pumprichtung vor dem zweiten Zwischenanschluss ein, insbesondere statisches, zweites Blockierelement angeordnet ist, durch welches der Durchlassquerschnitt lokal reduziert ist. Die Turbomolekularpumpstufe kann beispielsweise ein oder mehrere Turborotorscheiben und/oder ein oder mehrere Turbostatorscheiben aufweisen. Der zweite Zwischenanschluss kann beispielsweise der Turbomolekularpumpstufe, insbesondere einer in Pumprichtung letzten Turbostator- oder Turborotorscheibe der Turbomolekularpumpstufe, nachgeordnet sein. Alternativ kann der zweite Zwischenanschluss beispielsweise auf axialer Höhe einer Turborotorscheibe angeordnet sein bzw. an einer solchen münden, also allgemein innerhalb der Turbomolekularpumpstufe angeordnet sein.

[0020] Das zweite Blockierelement kann beispielsweise als Wand und/oder als durchgehendes Flächenelement ausgebildet sein und/oder sich quer zur Pumprichtung erstrecken. Dies bildet eine konstruktiv einfache Möglichkeit. Das zweite Blockierelement kann sich insbesondere senkrecht und/oder quer zur Pumprichtung und/oder zur Rotorachse erstrecken. Ein Flächenelement bzw. eine Wand kann beispielsweise parallel zu einer Begrenzung des zweiten Zwischenanschlusses und/oder schräg oder senkrecht in Bezug auf die Rotorachse angeordnet sein.

[0021] Gemäß einer ebenfalls nicht beanspruchten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das zweite Blockierelement als Teil einer Turbostatorscheibe ausgebildet ist. Grundsätzlich kann das zweite Blockierelement beispielsweise unmittelbar mit einer Statorscheibe, insbesondere einer Teilstatorscheibe, verbunden und/oder einer solchen axial zugeordnet sein. Axial zugeordnet bedeutet, dass das zweite Blockierelement zumindest teilweise im selben Axialbereich wie die Statorscheibe bzw. Teilstatorscheibe angeordnet ist. Insbesondere kann das zweite Blockierelement einen dem zweiten Zwischenanschluss zugewandten Abschnitt der Turbostatorscheibe ersetzen. Im Querschnitt betrachtet und auf axialer Höhe des zweiten Blockierelements können beispielsweise auf der einen, insbesondere dem zweiten Zwischenanschluss abgewandten, Seite der Rotorwelle Statorschaufeln vorgesehen sein, während auf einer anderen, dem zweiten Zwischenanschluss zugewandten Seite der Rotorwelle das zweite Blockierelement und insbesondere keine Statorschaufeln vorgesehen sind.

[0022] Das zweite Blockierelement kann gemäß einem konstruktiv einfachen Ausführungsbeispiel als Blech ausgebildet sein. Turbostatorscheiben sind häufig ebenfalls als Blechteile ausgebildet und das zweite Blockierelement lässt sich allgemein auf ähnliche Weise wie eine Turbostatorscheibe herstellen bzw. ausbilden, wobei aber insbesondere keine separierten Schaufeln vorgesehen werden.

[0023] Bei einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass das zweite Blockierelement einen, insbesondere radial inneren, Schaufelgrund für einige oder alle Statorschau-

feln einer Turbostatorscheibe definiert. Insbesondere kann ein vom zweiten Blockierelement definierter Schaufelgrunddurchmesser größer sein als der Schaufelgrunddurchmesser einer vorgeordneten Rotor- und/oder Statorscheibe; insbesondere um wenigstens 20% größer.

[0024] Das zweite Blockierelement kann beispielsweise schalen- und/oder trichterförmig ausgebildet sein, insbesondere teilring-, teilschalen- und/oder teiltrichterförmig, wobei sich der Begriff "teil-" insbesondere auf einen Winkelbereich um die Rotorachse bezieht. Ein derartiges zweites Blockierelement kann insbesondere zwischen zwei beabstandeten Scheibenpaketen und/oder Pumpstufen angeordnet sein.

[0025] Die oben beschriebenen Beispiele mit einem zweiten Blockierelement sind nicht Teil der Erfindung.

[0026] Erfindungsgemäß ist die Pumpstufe eine Holweckpumpstufe.

[0027] Das Blockierelement ist als Querwand in wenigstens einer Holwecknut ausgebildet. Allgemein kann sich das Blockierelement beispielsweise senkrecht zur Nut bzw. zum Kanal, zur Pumprichtung oder zur Rotorachse erstrecken. Nachfolgend wird sich vereinfachend lediglich auf eine Holwecknut bezogen, wobei es sich versteht, dass die jeweiligen Merkmale auch allgemein in Bezug auf einen Holweckkanal Gültigkeit besitzen.

[0028] Gemäß einer Weiterbildung ist vorgesehen, dass wenigstens ein Steg, welcher eine Holwecknut seitlich begrenzt, in einem dem Zwischenanschluss in Pumprichtung nachgeordneten Bereich eine Freistellung gegenüber dem Zwischenanschluss aufweist. Der Steg reicht also insbesondere entgegen der Pumprichtung nicht bis zum Zwischenanschluss, zumindest nicht mit seiner vollen radialen Höhe, sondern das Stegende ist hiervon beabstandet. Die Freimachung erleichtert den Gaseinlass vom Zwischenanschluss in den dem Zwischenanschluss in Pumprichtung nachgeordneten Abschnitt der Holweckpumpstufe, indem ein besserer Leitwert für das Gas bereitgestellt wird.

[0029] Bei einer anderen Weiterbildung ist vorgesehen, dass wenigstens ein Steg, welcher eine Holwecknut seitlich begrenzt, in einem dem Blockierelement in Pumprichtung vorgeordneten Bereich eine Freistellung gegenüber dem Blockierelement aufweist. Diese Freistellung ermöglicht, dass zu fördernde Gasteilchen am Blockierelement entlang von der einen in die nächste Holwecknut gelangen können. Somit wird die Holwecknut, welche das Blockierelement aufweist, in Pumprichtung nicht im Sinne einer Sackgasse blockiert, sondern die Pumpwirkung der Holwecknut im dem Blockierelement vorgeordneten Bereich kann weiterhin ausgenutzt werden, indem die Teilchen durch die Freimachung in eine nächste Holwecknut gelangen und dort weiter gepumpt werden können. Somit wird insbesondere die Wahrscheinlichkeit, dass ein jeweiliges Teilchen zwischen dem Blockierelement und dem Holweckrotor hindurch von der betreffenden Holwecknut zu dem Zwischenanschluss gelangt, reduziert, wodurch eine Quer-

strömung vom Haupteinlass bzw. von der Holwecknut zu dem Zwischenanschluss vermieden wird. Die Freistellung verbindet insbesondere eine blockierte Nut mit einer in Drehrichtung des Holweckrotors nächsten Nut, wobei auch diese eine entsprechende Freistellung zur nächsten Nut aufweisen kann, und so weiter, bis eine den Zwischenanschluss passierende Nut erreicht ist.

[0030] Grundsätzlich kann sich der Zwischenanschluss mit seiner Begrenzung über mehrere Holwecknuten hinweg erstrecken und/oder mehreren Holwecknuten zugeordnet sein. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist der Zwischenanschluss mit seiner Begrenzung nur einer Holwecknut zugeordnet. Eine Zuordnung wird dabei darin gesehen, dass der Zwischenanschluss in die betreffende Holwecknut mündet. Ein Zwischenanschluss ist am Holweckstator grundsätzlich dadurch gebildet, dass der Nutgrund dort offen ist. Dabei ist der Nutgrund derjenigen Holwecknut, welcher der Zwischenanschluss zugeordnet ist, offen. Die Öffnung erstreckt sich, bei mehrfacher Zuordnung eines Zwischenanschlusses, über mehrere Holwecknuten, bei einfacher Zuordnung nur innerhalb einer Holwecknut. Die Begrenzung des Zwischenanschlusses kann insbesondere nur innerhalb einer Holwecknut vorgesehen sein. Grundsätzlich ist es aber auch denkbar, dass sich die Begrenzung bis in einen Stegbereich hinein erstreckt und/oder dass der Steg eine die Begrenzung definierende seitliche Ausnehmung aufweist.

[0031] Alternativ oder zusätzlich kann der Zwischenanschluss beispielsweise mit wenigstens einer Begrenzung und/oder einer Längserstreckung parallel zu einer Holwecknut ausgerichtet sein. Grundsätzlich kann der Zwischenanschluss mit wenigstens einer Begrenzung auch senkrecht und/oder parallel zur Rotorachse ausgerichtet sein.

[0032] Eine bevorzugte Ausführungsform sieht vor, dass der Zwischenanschluss mit seiner Begrenzung wenigstens einer ersten Holwecknut zugeordnet und wenigstens einer in Drehrichtung eines Holweckrotors nächsten, zweiten Holwecknut nicht zugeordnet ist, wobei ein Steg zwischen der ersten und der zweiten Holwecknut eine Ausnehmung aufweist, die den Zwischenanschluss mit der zweiten Holwecknut verbindet. Die Ausnehmung kann insbesondere benachbart zum Zwischenanschluss und/oder im axialen Bereich des Zwischenanschlusses angeordnet sein. Beispielsweise kann das Blockierelement als Querwand in der ersten Holwecknut ausgebildet sein. Insbesondere können die Teilchen frei vom Zwischenanschluss in Pumprichtung in die erste Holwecknut eintreten. Das Blockierelement blockiert insbesondere den Eintritt von Teilchen in die erste Holwecknut entgegen der Pumprichtung. Durch die Ausnehmung können die Teilchen insbesondere frei in die zweite Holwecknut eintreten, insbesondere zumindest mit einer Bewegungskomponente in Pumprichtung.

[0033] Die erste Holwecknut oder allgemein eine der Holwecknuten, denen der Zwischenanschluss mit seiner Begrenzung zugeordnet ist, kann allgemein bevorzugt

von einer entgegen der Drehrichtung des Holweckrotors nächsten, insbesondere dritten, Holwecknut getrennt sein, insbesondere durch einen Steg, zumindest in einem axialen Bereich des Zwischenanschlusses.

[0034] Allgemein können auch mehrere Zwischenanschlüsse an einer Pumpstufe oder auch zwischen oder an mehreren Pumpstufen, insbesondere Holweck- und/oder Turbomolekularpumpstufen, vorgesehen sein. Allgemein kann die Pumpe mehrere, insbesondere verschiedenartige, Pumpstufen aufweisen, die bevorzugt in Reihe geschaltet sind.

[0035] Weiter allgemein kann die Pumpe z.B. einen dem Zwischenanschluss in Bezug auf die Pumprichtung vorgeordneten pumpaktiven Rotorabschnitt und einen in Bezug auf die Pumprichtung nachgeordneten pumpaktiven Rotorabschnitt aufweisen, wobei insbesondere beide Rotorabschnitte mit derselben Rotorwelle verbunden und/oder in Reihe geschaltet sein können. Allgemein kann die Vakuumpumpe zum Beispiel nur eine Rotorwelle aufweisen, wobei insbesondere alle Pumpstufen und Pumpstufenabschnitte von der Rotorwelle angetrieben sein können und/oder in Reihe geschaltet sein können.

[0036] Generell kann der Zwischenanschluss bevorzugt in einen Axialbereich, insbesondere in einem Pumpengehäuse, münden, über den hinweg die dem Zwischenanschluss vorgeschaltete Pumpstufe bzw. der Pumpstufenabschnitt in Reihe mit einer bzw. der dem Zwischenanschluss nachgeschalteten Pumpstufe bzw. dem Pumpstufenabschnitt verbunden ist. Bei diesem Axialbereich kann es sich beispielsweise um einen Zwischenstufenbereich oder um einen Axialbereich innerhalb einer Pumpstufe, beispielsweise einen Axialbereich einer Turborotorscheibe, handeln. Allgemein kann die Förderung von Gas insbesondere über den Axialbereich, in den der Zwischenanschluss mündet, und/oder über den Zwischenstufenbereich hinweg erfolgen. Insbesondere wird das Blockierelement vom Gas durch den verbleibenden Durchlassquerschnitt in Pumprichtung passiert.

[0037] Gemäß einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Blockierelement und/oder ein am Zwischenanschluss angeordnetes Statorelement, welches das Blockierelement aufweist, mittels eines generativen Fertigungsverfahrens, insbesondere 3D-Druck, hergestellt ist. Dies ermöglicht eine weitgehend freie und gezielte Gestaltung des Blockierelements im Hinblick auf seine blockierende Wirkung, sodass die erfindungsgemäßen Vorteile mit einfachen Mitteln effektiv erreicht werden können. Unter generativen Fertigungsverfahren versteht man die Fertigung bzw. Formgebung eines Bauteils durch Aneinanderfügen von Volumenelementen, wie zum Beispiel von Schichten. Bevorzugt umfasst das generative Fertigungsverfahren, dass das Bauteil nach wenigstens einem der Verfahren Stereolithographie, Laserschmelzen, Lasersintern, selektives Lasersintern, Schicht-Laminat-Verfahren, Extrusion, Fused Deposition Modelling, Laminated Object Modelling oder 3D Druck hergestellt wird.

[0038] 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 Turbomolekularpumpe des Standes der Technik mit einem Zwischenanschluss,
- Fig. 7 einen Distanzring für eine Turbomolekularpumpe.

[0039] Die Figuren 8 bis 13 illustrieren Beispiele von Turbomolekularpumpstufen mit Zwischenanschluss und Blockierelement. Diese Beispiele gehören als solche nicht zur Erfindung. Ihre Merkmale können aber bei einer erfindungsgemäßen Pumpe zusätzlich vorgesehen sein. Konkret zeigen:

- Fig. 8 eine weitere Turbomolekularpumpe,
- Fig. 9 eine weitere Turbomolekularpumpe,
- Fig. 10 eine übliche Turbostatorscheibe in einer Draufsicht,
- Fig. 11 ein Blockierelement für eine Turbomolekularpumpstufe in einer Draufsicht,
- Fig. 12 eine Auftragung der Kompression einer Turbostatorscheibe in Abhängigkeit von einer radialen Position,
- Fig. 13 eine Ausführungsform eines Blockierelements.

[0040] Weiter zeigen:

- Fig. 14 einen Stator einer bekannten Holweckpumpstufe,
- Fig. 15 einen Stator einer Holweckpumpstufe gemäß einer Ausführungsform der Erfindung,
- Fig. 16 einen Stator einer Holweckpumpstufe gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0041] 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.

5 **[0042]** 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. Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. 10 Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0043] 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, gebracht 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. 20 30

[0044] 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. 35 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. 40

[0045] 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. 45

[0046] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann. 50

[0047] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren

kann.

[0048] 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.

[0049] In dem Gehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0050] 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.

[0051] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radialer Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. 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.

[0052] 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.

[0053] 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.

[0054] Die vorstehend genannten pumpaktiven Oberflächen der Holweck-Statorhülsen 163, 165 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.

[0055] 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.

[0056] 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. Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0057] 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.

[0058] Das Permanentmagnetlager 183 umfasst eine rotorseitige Lagerhälfte 191 und eine statorseitige Lagerhälfte 193, welche jeweils einen Ringstapel aus mehreren in axialer Richtung aufeinander gestapelten permanentmagnetischen Ringen 195, 197 umfassen. Die Ringmagnete 195, 197 liegen einander unter Ausbildung eines radialen Lagerspalts 199 gegenüber, wobei die rotorseitigen Ringmagnete 195 radial außen und die statorseitigen Ringmagnete 197 radial innen angeordnet sind. Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205

des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 203 gekoppeltes Deckelement 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.

[0059] 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, da 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.

[0060] 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.

[0061] Der Motorstator 217 ist in dem Gehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasanschluss 135 kann ein Sperrgas, das auch als Spülgas bezeichnet wird, und bei dem es sich beispielsweise um Luft oder um Stickstoff handeln kann, in den Motorraum 137 gelangen. Über das Sperrgas kann der Elektromotor 125 vor Prozessgas, z.B. vor korrosiv wirkenden Anteilen des Prozessgases, geschützt werden. Der Motorraum 137 kann auch über den Pumpenauslass 117 evakuiert werden, d.h. im Motorraum 137 herrscht zumindest annäherungsweise der von der am Pumpenauslass 117 angeschlossenen Vorvakuumpumpe bewirkte Vakuumdruck.

[0062] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Mo-

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

[0063] Die nachfolgend beschriebenen Pumpen und Systeme sind teilweise stark schematisiert und vereinfacht dargestellt. Sie sind zwecks praktischer Umsetzung vorteilhaft mit einzelnen oder mehreren Merkmalen der vorstehend beschriebenen Pumpe ausführbar.

[0064] In Fig. 6 ist eine Vakuumpumpe 20 dargestellt, die als Turbomolekularvakuumpumpe ausgebildet ist. Die schematische Darstellung zeigt eine Rotorwelle 22, mit der mehrere Turborotorscheiben 24 verbunden sind und die im Betrieb zusammen mit den Turborotorscheiben 24 um eine hier senkrechte Rotorachse rotiert. Zwischen den Turborotorscheiben 24 sind Turbostatorscheiben 26 vorgesehen. Gemeinsam bewirken sie eine Förderung eines Gases entlang einer hier durch einen Pfeil angedeuteten Pumprichtung 28.

[0065] Die Vakuumpumpe 20 umfasst einen Zwischenanschluss 30, der hier vereinfacht als Pfeil angedeutet ist. Der Zwischenanschluss 30 ist in etwa auf axialer Höhe einer der Turborotorscheiben 24 angeordnet, mündet also in deren axialen bzw. wirksamen Bereich.

[0066] In Fig. 6 sind in Pumprichtung dem Zwischenanschluss 30 nachgeordnet keine Turbostatorscheiben 26 dargestellt. Es versteht sich jedoch, dass auch dort Turbostatorscheiben 26 vorgesehen sein können.

[0067] Dem Zwischenanschluss 30 ist in Pumprichtung 28 vorgeordnet eine bekannte Statorscheibe 24 angeordnet. Obwohl die Pumpe 20 in Pumprichtung 28 fördert, ist es in gewissem Umfang möglich, dass Teilchen eines am Zwischenanschluss 30 anstehenden Gases sich nach dem Eintritt in die Vakuumpumpe 20 entgegen der Pumprichtung 28 bewegen. Dabei können die Teilchen auch durch die dem Zwischenanschluss 30 vorgeordnete Turbostatorscheibe 26 und grundsätzlich auch durch weitere Turborotorscheiben 24 und Turbostatorscheiben 26 durchtreten. Es ergibt sich somit eine gewisse Rückströmung 32, die hier durch einen Pfeil angedeutet ist.

[0068] Fig. 7 zeigt einen Distanzring 34, der zum Beispiel zur beabstandeten Lagerung zweier Turbostatorscheiben 26 vorgesehen sein kann. Der Distanzring 34 weist eine Ausnehmung 36 auf, die eine Begrenzung für einen Zwischeneinlass definiert, beispielsweise den Zwischeneinlass 30 oder einen der nachstehend beschriebenen Zwischeneinlässe.

[0069] Es ist ein Ziel, die Rückströmung 32 zu reduzieren. Allgemein soll das Gas vom Zwischenanschluss 30 möglichst gut abgepumpt werden und/oder nicht zurückströmen. Insbesondere kann dabei eine konstruktive Änderung des Rotors, insbesondere der Turborotorscheiben 24, unerwünscht sein. Möglichst soll eine bestehende Rotorkonstruktion beibehalten werden können. Der vorliegende Ansatz verfolgt insbesondere den Ansatz, die interne Kompression zwischen dem Zwi-

schenanschluss und dem Haupteinlass, also dem in Pumprichtung ersten Einlass, zu erhöhen und eine konstruktive Änderung insbesondere an statischen Bauteilen vorzunehmen.

[0070] Auswertungen von Messungen haben gezeigt, dass die Einströmverteilung großen Einfluss auf die weitere Rückströmung hat. Meistens strömt bei der hier diskutierten Art von Zwischenanschlüssen das Gas radial auf eine Rotorscheibe, wie es in Fig. 6 der Fall ist. Wird nun beispielsweise die stromaufwärts gelegene Statorscheibe in dem dem Zwischenanschluss zugeordneten Winkelbereich durch ein Blockierelement, z.B. eine Teilschale, insbesondere Halbschale, oder einen Teilring, insbesondere Halbring, abgedeckt, kann deutlich weniger Gas zurückströmen und wird im Turboscheibenpaket eher stromabwärts geführt. Ein derartiger Ansatz ist in den Fig. 8, 9 und 11 veranschaulicht.

[0071] In Fig. 8 ist eine als Turbomolekularpumpe ausgeführte Vakuumpumpe 20 in einer der Fig. 6 ähnlichen Darstellungsart gezeigt, wobei die Bezugszeichen entsprechend verwendet sind. Dem Zwischenanschluss 30 in Pumprichtung 28 vorgeordnet ist ein Blockierelement 38 vorgesehen. Dieses ist beispielsweise als durchgehende Fläche oder Wand ausgebildet und erstreckt sich nur um einen Teilwinkelbereich der Rotorwelle 22 herum. Im übrigen Teilwinkelbereich des betreffenden Axialbereichs ist eine Turbostatorscheibe 26 vorgesehen.

[0072] Das Blockierelement 38 verhindert eine Rückströmung 32, wie sie in Fig. 6 angedeutet ist. Die Bewegung der Teilchen ist hier durch einen Pfeil 40 angedeutet. Solche Teilchen, die sich vom Zwischenanschluss 30 zunächst entgegen der Pumprichtung 28 bewegen, treffen auf das Blockierelement 38 und können sich nicht weiter entgegen der Pumprichtung 28 bewegen. Nach einer Desorption vom Blockierelement 38 weist ein jeweiliges Teilchen eine grundsätzlich statistisch verteilte Bewegungsrichtung auf, die aber insbesondere zumindest mit einer Komponente in Pumprichtung 28 verläuft. Es wird also durch das Blockierelement 38 die Wahrscheinlichkeit reduziert, dass sich ein jeweiliges Teilchen entgegen der Pumprichtung 28 in der Vakuumpumpe 20 bewegt.

[0073] Die Turbostatorscheiben 26 sind axial, also in Pumprichtung 28, durchlässig ausgebildet, zwar nicht derart, dass die Teilchen exakt axial hinfliegen können, jedoch so, dass eine axiale Förderung des Gases zwischen den angestellten Statorschaufeln hindurch möglich ist. Die Turbostatorscheiben 26 weisen also einen Durchlassquerschnitt auf. Der Durchlassquerschnitt der Turbostatorscheiben 26 ist über die axiale Erstreckung der hier einzigen Turbomolekularpumpestufe 41 konstant, jedoch mit Ausnahme desjenigen axialen Bereichs, in dem das Blockierelement 38 angeordnet ist. Das Blockierelement 38 ist undurchlässig und/oder geschlossen ausgebildet und reduziert daher den Durchlassquerschnitt der Pumpstufe in einem lokal begrenzten Axialbereich, nämlich in Pumprichtung 28 unmittelbar vor dem Zwischenanschluss 30.

[0074] Es sei angemerkt, dass das Blockierelement 28 hier deutlich dicker dargestellt ist, als die Turbostatorscheiben 26. Dies dient allerdings nur der unterscheidbaren Darstellung. Tatsächlich kann das Blockierelement 38 beispielsweise als, insbesondere dünnes, Blech ausgebildet sein, und insbesondere sogar dünner als die Statorscheiben 26 sein.

[0075] Die Vakuumpumpe 20 der Fig. 9 weist zwei axial beabstandete Scheibenpakete auf, die eine erste Turbomolekularpumpestufe 42 und eine zweite Turbomolekularpumpestufe 44 bilden. Zwischen den Pumpstufen 42 und 44 ist ein Zwischenstufenbereich 46 vorhanden, in dem der Zwischenanschluss 30 mündet. Anders als in Fig. 8 mündet der Zwischenanschluss 30 hier also beispielsweise nicht auf eine Turborotorscheibe 24, sondern in einen Freiraum zwischen den Pumpstufen 42 und 44. Dies ist im Hinblick auf den Leitwert und das Saugvermögen am Zwischenanschluss 30 vorteilhaft und kann insbesondere dann zum Einsatz kommen, wenn ein großes effektives Saugvermögen gewünscht ist und/oder der Leitwert im Bereich des Zwischenanschlusses 30 groß sein soll.

[0076] Ein Blockierelement 38 kann dabei beispielsweise in Bezug auf einen Längsschnitt schräg zur Rotorachse bzw. Rotorwelle 22 und/oder zur Pumprichtung 28 ausgerichtet sein. Grundsätzlich kann das Blockierelement 38 als Leitelement wirken, insbesondere als Leitblech ausgeführt sein. So können die Teilchen besonders vorteilhaft in Pumprichtung 28 geführt werden.

[0077] Ein Blockierelement 38, beispielsweise gemäß Fig. 8 oder Fig. 9, kann beispielsweise als Teilring, insbesondere Halbring, ausgebildet sein, der auf einer dem Zwischenanschluss 30 zugewandten Seite der Rotorachse bzw. der Rotorwelle 22 angeordnet und/oder in einem dem Zwischenanschluss 30 zugeordneten Winkelbereich in Bezug auf die Rotorachse angeordnet sein kann.

[0078] In Fig. 10 ist eine typische Turbostatorscheibe 26 dargestellt, die beispielsweise in den Fig. 8 und 9 einer der oberen beiden Turbostatorscheiben 26 bzw. in Fig. 6 einer der drei dargestellten Turbostatorscheiben 26 entsprechend kann. Die Turbostatorscheibe 26 der Fig. 10 ist in einer Draufsicht gezeigt, wobei die Blickrichtung parallel zur Pumprichtung und zur Rotorachse verläuft. Die Turbostatorscheibe 26 umfasst mehrere über ihren Umfang verteilt angeordnete Turbostatorschaufeln 48, zwischen denen die Teilchen des zu fördernden Gases hindurchtreten können. Die Zwischenräume zwischen den Turbostatorschaufeln 48 bilden somit einen Durchlassquerschnitt, allerdings sind die Zwischenräume nicht nur durch die hier sichtbaren, freien Bereiche zwischen den Statorschaufeln 48 gebildet, sondern erstrecken sich wegen des hier nicht sichtbaren Anstellwinkels der Statorschaufeln 48 auch teilweise unter- bzw. oberhalb der Statorschaufeln 48.

[0079] In Fig. 11 ist eine derjenigen der Fig. 10 ähnliche Perspektive gewählt, wobei eine Turbostatorscheibe 26 sichtbar ist, die hier nur einen Teilwinkelbereich ausfüllt.

Der übrige Teilwinkelbereich ist durch ein Blockierelement 38 verdeckt. Es ist ein Zwischenanschluss 30 angedeutet, wobei dem Zwischenanschluss 30 in Pumprichtung vorgeordnet das Blockierelement 38 vorgesehen ist. Die Pumprichtung verläuft hier also zum Betrachter hin.

[0080] Das Blockierelement 38 ist als durchgehendes Flächenelement, beispielsweise als Blech ausgebildet. Es bildet in diesem Beispiel einen Teilring, der sich hier beispielhaft über etwa 180° um die Rotorachse herum erstreckt.

[0081] Das Blockierelement 38 weist selbst keinen Durchlassquerschnitt auf bzw. ist undurchlässig ausgebildet. Der Durchlassquerschnitt der Pumpstufe ist daher lokal im hier dargestellten Axialbereich reduziert, nämlich beispielhaft auf denjenigen Winkelbereich, in dem das Blockierelement 38 nicht angeordnet ist bzw. den das Blockierelement 38 nicht überdeckt.

[0082] Wie anhand von Fig. 11 gut ersichtlich, ist der Durchlassquerschnitt hier insbesondere lokal asymmetrisch in Bezug auf die Rotorachse. Auf einer dem Zwischenanschluss 30 zugewandten Seite der Rotorachse blockiert das Blockierelement 38 einen größeren Anteil des Durchlassquerschnitts als auf einer dem Zwischenanschluss 30 abgewandten Seite des Rotors. Der Winkelbereich, den das Blockierelement 38 abdeckt, ist insbesondere derart angeordnet, dass der Zwischenanschluss 30 zumindest im Wesentlichen in der Mitte des Winkelbereichs angeordnet ist.

[0083] Das Blockierelement 38 gemäß Fig. 11 kann beispielsweise in Bezug auf einen Längsschnitt gemäß Fig. 8 oder Fig. 9 ausgebildet sein. Insbesondere kann das Blockierelement 38 beispielsweise als ebenes Flächenelement ausgebildet sein und/oder sich senkrecht zur Rotorachse erstrecken. Alternativ kann das Blockierelement 38 sich verjüngen, beispielsweise trichterförmig und/oder teilschalenförmig ausgebildet sein, insbesondere als Halbtrichter oder Halbschale. Allgemein kann das Blockierelement 38 insbesondere teilringförmig ausgebildet sein.

[0084] Grundsätzlich kann das Blockierelement 38 beispielsweise einfach eine normale Turbostatorscheibe, wie z.B. diejenige der Fig. 10, abdecken oder aber den entsprechenden Querschnittsbereich ersetzen. Im letzteren Fall ist insbesondere eine Teilstatorscheibe 26 vorgesehen, die insbesondere mit dem Blockierelement 38 verbunden und/oder diesem axial zugeordnet ist.

[0085] Ein weiterer Ansatz zur Reduktion der Rückströmung besteht darin, in dem betreffenden Abschnitt eine Statorscheibe zu verwenden, die eine besonders hohe Kompression und somit eine Sperrwirkung aufweist. In Fig. 12 ist qualitativ der Verlauf der Kompression für eine typische Turbostatorscheibe entlang der radialen Erstreckung einer jeweiligen Turbostatorschaufel aufgetragen. Die horizontale Achse zeigt den Radius R einer radialen Position und die vertikale Achse zeigt die Kompression K. Die Kurve, die hier vereinfacht als gerade Linie dargestellt ist, illustriert, dass die Kompression K in

einem radial äußeren Bereich 49 am größten ist.

[0086] Beispielsweise kann nur der radial äußere Bereich 49 einer Statorscheibe genutzt werden. In diesen Bereich treten nur Teilchen mit einem sehr großen Impuls durch die Rotorscheibe hindurch, es handelt sich um einen Bereich mit einer hohen Kompression. Der radial innenliegende Bereich weist im Gegensatz dazu, insbesondere wegen der geringeren Umfangsgeschwindigkeit, eine niedrigere Kompression auf. Es wird also bevorzugt durch Ausnutzung eines bestimmten radialen Bereiches nur eine hohe Kompression zugelassen.

[0087] Den in Fig. 12 illustrierten Zusammenhang nutzt das Beispiel der Fig. 13 aus. Hier deckt ein Blockierelement 38 einen radial inneren Bereich der Rotorscheaufeln 48 ab, wenn davon ausgegangen wird, dass die Statorscheibe 26 ansonsten wie diejenige der Fig. 10 aufgebaut ist. Grundsätzlich müssen sich die Statorschaufeln 48 aber nicht in den Radialbereich des Blockierelements 38 hinein erstrecken. Vielmehr soll illustriert werden, dass hier vorteilhaft durch das Blockierelement 38 der Durchlassquerschnitt lokal auf einen Durchlassquerschnitt reduziert wird, der einen größeren Innendurchmesser aufweist, als der sonstige Durchlassquerschnitt der Pumpstufe bzw. als der Durchlassquerschnitt einer vorgeschalteten Turborotor- oder Turbostatorscheibe. Das Blockierelement 38 definiert also in diesem Beispiel effektiv den Innendurchmesser des Durchlassquerschnitts und die jeweiligen Schaufelgründe 51 zwischen den Turbostatorschaufeln 48.

[0088] Auch dieses Beispiel vermindert eine Rückströmung von Gasteilchen aus dem Zwischenanschluss 30. Während in den Fig. 8, 9 und 11 ein Blockierelement 38 jeweils insbesondere "im Weg" der Teilchen angeordnet wird, um ein Rückströmen zu vermindern, wird hier insbesondere ein Durchlassquerschnitt mit geringer Kompression verdeckt bzw. lediglich ein Durchlassquerschnitt mit hoher Kompression belassen, auch wenn dieser sich unmittelbar oberhalb des Zwischenanschlusses erstreckt. Die hohe Kompression sorgt selbst für eine geringe Wahrscheinlichkeit, dass ein Teilchen entgegen der Pumprichtung durch den Durchlassquerschnitt hindurchtritt. Ein Bereich mit geringerer Kompression, nämlich der radial innere Bereich, würde eine relativ hohe Wahrscheinlichkeit für eine Passage eines Teilchens aufweisen, ist aber vom Blockierelement 38 verdeckt.

[0089] Typischerweise liegen die Schaufelgründe der einzelnen Turborotor- und Turbostatorscheiben einer Pumpstufe und/oder eines einander zugeordneten Paares von Rotorscheibe und Statorscheibe bei vergleichbaren Durchmessern. Insbesondere ein Schaufelgrunddurchmesser ist also im Wesentlichen gleich oder ähnlich. Grundsätzlich sind die Durchlassquerschnitte innerhalb einer Pumpstufe häufig ähnlich. Dies ist insbesondere deshalb sinnvoll, damit die Scheiben in etwa das gleiche Saugvermögen besitzen. Für Anwendungen, bei denen lediglich oder vornehmlich eine hohe Kompression und/oder nur ein geringes Saugvermögen gefordert sind, kann bevorzugt nur der radial äußere Bereich 49

der Statorscheiben genutzt werden. Dies ist beispielhaft in der Fig. 13 der Fall. Grundsätzlich ist es zu diesem Zweck möglich, bestehende Statorscheiben, beispielsweise wie in Fig. 10 veranschaulicht, einfach abzudecken. Alternativ kann eine Statorscheibe bereitgestellt werden, deren Statorschaufeln sich nur über den gewünschten Radialbereich erstrecken. Allgemein kann sich der, insbesondere effektive, Schaufelgrunddurchmesser der dem Zwischenanschluss 30 vorgeordneten Statorscheibe, bevorzugt deutlich, von demjenigen einer anderen, insbesondere der dieser Statorscheibe vorgeordneten Stator- und/oder Rotorscheibe, unterscheiden.

[0090] In Fig. 14 ist eine Holweckpumpstufe 50 derart vereinfacht dargestellt, dass ein Holweckstator 52 gedanklich abgewickelt und als ebene Fläche gezeigt ist. Der Holweckstator 52 umfasst mehrere Holwecknuten 54, die durch Stege 56 seitlich begrenzt und voneinander getrennt sind. Relativ zum Holweckstator 52 rotiert ein hier nicht dargestellter Holweckrotor, insbesondere eine Holweckhülse, mit einer durch einen Pfeil angedeuteten Drehrichtung 58. Der Holweckrotor bewegt sich also bei dieser idealisierten Betrachtung von rechts nach links über den Stator 52 hinweg. Hierdurch wird eine Pumpwirkung entlang einer Pumprichtung 28 erzeugt.

[0091] Innerhalb der Holweckpumpstufe 50 ist ein Zwischenanschluss 30 vorgesehen, der als Ausnehmung, insbesondere als ausgefrästes Langloch, im Holweckstator 52 ausgebildet ist. Der Zwischenanschluss 30 ist einem in Pumprichtung 28 ersten Abschnitt der Holweckpumpstufe 50 nachgeordnet und einem in Pumprichtung 28 zweiten Abschnitt der Pumpstufe 50 vorgeordnet angeordnet.

[0092] Obwohl die Holweckpumpstufe 50 eine Förderung von Gas entlang der Pumprichtung 28 bewirkt, ist eine Bewegung von Gasteilchen ausgehend vom Zwischenanschluss 30 in den ersten Abschnitt der Holweckpumpstufe 50 und somit entgegen der Pumprichtung 28 grundsätzlich möglich. Die Pumpstufe 50 der Fig. 14 weist also - ähnlich derjenigen der Fig. 6 - die Gefahr einer Rückströmung 32 auf, welche vermieden werden soll.

[0093] Zu diesem Zweck weist die Holweckpumpstufe 50 der Fig. 15 ein Blockierelement 38 auf. Ansonsten sind die ähnlich dargestellten Elemente mit den gleichen Bezugszeichen entsprechend aufgebaut. Die Pumprichtung 28 und die Drehrichtung 58 verlaufen entsprechend den Pfeilen in Fig. 14.

[0094] Das Blockierelement 38 ist hier als Querwand ausgeführt, welche mehrere Holwecknuten 54 blockiert, nämlich diejenigen, denen der Zwischenanschluss 30 mit seiner Begrenzung zugeordnet ist. Eine Teilchenbewegung ausgehend vom Zwischenanschluss 30 entgegen der Pumprichtung 28 und in die dem Zwischenanschluss 30 vorgeordneten Abschnitte der Holwecknuten 54 ist somit wirksam eingeschränkt.

[0095] Grundsätzlich kann das Blockierelement 38 beispielsweise als ein horizontaler Steg ausgebildet sein und/oder die direkt an den Zwischenanschluss 30 an-

grenzenden Holwecknuten 54 gegenüber dem Zwischenanschluss absperren.

[0096] Durch das Blockierelement 38 besteht eine deutlich verringerte Wahrscheinlichkeit für Teilchen, direkt vom Zwischenanschluss 30 entgegen der Pumprichtung 28 zurückzuströmen. Insbesondere und generell kann stromaufwärts einer Holweckpumpstufe 50 eine Turbomolekularpumpstufe vorgesehen sein. Somit wird durch das Blockierelement 38 in der Holweckpumpstufe 50 die Gefahr eines Rückströmens zu der Turbomolekularpumpstufe reduziert. Einer der Effekte ist beispielsweise eine Erhöhung des Druckverhältnisses zwischen dem Zwischenanschluss und dem entgegen der Pumprichtung 28 nächsten Anschluss bzw. Port. Dies kann beispielsweise ein Zwischenanschluss an oder nach einer Turbomolekularpumpstufe oder grundsätzlich auch ein Haupteinlass sein.

[0097] Ein Durchlassquerschnitt der Pumpstufe 50 ist für einen gegebenen axialen Bereich durch die Summe der Querschnitte der Holwecknuten 54 gebildet. Einige der Holwecknuten 54 bzw. ihrer Querschnitte sind durch das Blockierelement 38 blockiert. Die übrigen Holwecknuten 54 bleiben dagegen offen. In diesem Zusammenhang sei erwähnt, dass Fig. 14 bis 16 den abgewickelten Holweckstator 52 insbesondere nur teilweise zeigen und dass bevorzugt noch weitere Holwecknuten 54 und Stege 56 vorgesehen sind. Die Darstellungen konzentrieren sich vielmehr auf den Bereich des Zwischenanschlusses 30, der sich aber insbesondere nicht um fast den gesamten Holweckstator 52 herum erstrecken muss.

[0098] Das Blockierelement 38 blockiert den Durchlassquerschnitt insbesondere in einem dem Zwischenanschluss 30 zugeordneten Winkelbereich in Bezug auf die Rotorachse.

[0099] Der Zwischenanschluss 30 ist in dieser Ausführungsform mit wenigstens einer seiner Begrenzungen und mit seiner Längserstreckung senkrecht zur Rotorachse ausgerichtet. Auch andere Ausrichtungen, beispielsweise senkrecht zu den Stegen 56 sind möglich.

[0100] In einem dem Zwischenanschluss 30 in Pumprichtung 28 nachgeordneten Bereich 60 weisen mehrere Stege 56 eine Freistellung gegenüber dem Zwischenanschluss 30 auf, reichen also nicht bis zum Zwischenanschluss 30, sondern enden mit einem gewissen Abstand zum Zwischenanschluss 30, der der Breite des hier gekennzeichneten Bereichs 60 entspricht. Die Freistellungen bzw. der freie Bereich 60 ermöglichen ein erleichtertes Einströmen des Gases vom Zwischenanschluss 30 in die nachgeordneten Abschnitte der Holwecknuten 54, indem der Leitwert erhöht ist. Dies verbessert ebenfalls die Pumpwirkung sowie die Gefahr einer Rückströmung und ergänzt sich vorteilhaft mit der Wirkung des Blockierelements 38.

[0101] Im Bereich 60 sind insbesondere die Holweckstege direkt unterhalb des Zwischenanschlusses gezielt entfernt. Dadurch wird das dort zu erreichende Saugvermögen erhöht, indem die Einströmfläche in den dem Zwischenanschluss nachgeordneten Abschnitt der Hol-

weckpumpstufe 50 vergrößert wird.

[0102] Mehrere der Stege 56 weisen zudem in einem dem Blockierelement 38 vorgeordneten Bereich eine Freistellung 62 gegenüber dem Blockierelement 38 auf. Die Stege 56 reichen also in Pumprichtung 28 nicht bis zum Blockierelement 38 bzw. enden mit einem gewissen Abstand hierzu. Die Freistellungen 62 bilden eine Verbindung zwischen einer vom Blockierelement 38 blockierten Holwecknut 54 und einer in Drehrichtung 58 des Holweckrotors 52 nächsten Holwecknut 54.

[0103] Das Blockierelement 38 erstreckt sich hier über mehrere Holwecknuten 54 und es sind so viele Freistellungen 62 vorgesehen, dass alle vom Blockierelement 38 blockierten Holwecknuten 54 mit einer nicht blockierten bzw. freien Holwecknut 54 verbunden sind. Die Holwecknuten 54, die durch das Blockierelement 38 blockiert sind, bilden also keine Sackgasse, sondern die durch sie geförderten Teilchen können zu einer durchgehenden Holwecknut 54 abfließen und dort weiter gepumpt werden. Auf diese Weise kann insbesondere der aus dem Blockierelement 38 gegebenenfalls resultierende Verlust an Saugvermögen zumindest teilweise kompensiert werden.

[0104] Insbesondere in Kombination führen das Blockierelement 38, die Freistellungen im Bereich 60 und die Freistellungen 62 zu einer besonders starken Verringerung der Rückströmung vom Zwischenanschluss 30 in Richtung zur Hochvakuumseite, also entgegen der Pumprichtung 28, bei gleichzeitiger Erhöhung des Saugvermögens am Zwischenanschluss 30.

[0105] Fig. 16 zeigt eine weitere Ausführungsform einer Holweckpumpstufe 50 mit mehreren Holwecknuten 54, die durch Stege 56 seitlich begrenzt bzw. getrennt sind. Die Pumprichtung 28 und die Drehrichtung 58 des hier nicht dargestellten Holweckrotors sind durch Pfeile angedeutet und verlaufen entsprechend den Fig. 14 und 15.

[0106] Die Ausführungsform der Fig. 16 umfasst zwei Zwischenanschlüsse 30, die ähnlich angeordnet und ausgebildet sind, weshalb die nachfolgenden Ausführungen auf den linken der hier dargestellten Zwischenanschlüsse 30 beschränkt werden. Es versteht sich aber, dass grundsätzlich ein oder mehrere derartige Zwischenanschlüsse 30 vorgesehen sein können und die hier gewählte Anzahl beispielhaft ist.

[0107] Der Zwischenanschluss 30 ist in dieser Ausführungsform nur einer Holwecknut 54 zugeordnet. Seine Begrenzung verläuft also nicht über mehrere Holwecknuten 54 hinweg. Dabei ist der Zwischenanschluss 30 vorteilhaft mit seiner Begrenzung im Wesentlichen parallel zu dieser Holwecknut 54 angeordnet.

[0108] In Pumprichtung 28 dem Zwischenanschluss 30 vorgeordnet, ist ein Blockierelement 38 vorgesehen, welches ein Rückströmen entlang der betreffenden Holwecknut 54 einschränkt. Die betreffende Holwecknut 54 ist über eine Freistellung 62 eines die Nut 54 seitlich begrenzenden Steges 56 mit der in Drehrichtung 58 nächsten Holwecknut 54 verbunden, sodass Gasteilchen von

der Holwecknut 54, welche durch das Blockierelement 38 blockiert ist und welcher der Zwischenanschluss 30 zugeordnet ist, nicht in eine Sackgasse gelangen, sondern durch die nächste Holwecknut 54 abgepumpt werden.

[0109] Die Bewegung der Gasteilchen ist hier schematisch durch gepunktete Pfeile angedeutet. Vom Zwischenanschluss 30 können die Teilchen einerseits in einen dem Zwischenanschluss 30 nachgeordneten Abschnitt der Holwecknut 54, welcher der Zwischenanschluss 30 zugeordnet ist, strömen. Der Steg 56, der zwischen der betreffenden Holwecknut 54 und der in Drehrichtung 58 nächsten Holwecknut 54 angeordnet ist, weist eine Ausnehmung 64 auf, die die Holwecknuten 54 miteinander verbindet. Andererseits kann also ein jeweiliges Teilchen vom Zwischenanschluss 30 auch in die in Drehrichtung 58 nächste Holwecknut 54 gelangen. Dem Zwischenanschluss 30 stellt sich somit ein geringer Leitwert entgegen, sodass ein Einströmen von Gas in die Holweckpumpstufe 50 erleichtert ist.

[0110] Prinzipiell ist es insbesondere das Ziel, die Wahrscheinlichkeit des Eintritts und wieder sofortigen Austritts durch denselben Zwischenanschluss 30 zu verringern. Je schräger die Zwischenanschlüsse 30 angeordnet sind, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Teilchen den Zwischenanschluss 30 direkt nach Auftreffen auf die rotierende Holweckhülse wieder verlässt, da die horizontale Breite des Kanals geringer ist, als bei einem Zwischenanschluss gemäß Fig. 14 oder 15. Vorteilhaft ist neben der Schrägstellung des Zwischenanschlusses, dass die Stege in Richtung der gewünschten Förderrichtung entfernt wurden. In der linken Hälfte der Fig. 16 ist anhand der Pfeile zu erkennen, dass sich die Mehrzahl der Teilchen so für den Weg in Pumprichtung entscheidet. Die Teilchen bewegen sich entweder direkt in die zugeordnete Holwecknut 54 oder durch die Vorzugsrichtung nach Auftreffen auf die Holweckhülse in die benachbarte Holwecknut 54. Rechts und oberhalb des jeweiligen Zwischenanschlusses 30 verhindert das Blockierelement 38, dass ein Teilchen in Richtung der Hochvakuumseite transportiert wird. Die Freistellung 62 dient vorteilhaft dazu, dass Teilchen aus der durch das Blockierelement 38 abgesperrten Holwecknut 54 in die benachbarte Holwecknut 54 gelangen, und dass somit die Förderung in Pumprichtung beibehalten werden kann.

[0111] Generell ist es möglich, die Geometrie eines Blockierelements 38 veränderbar ausführen, insbesondere um eine wahlweise unterschiedliche Performance bezüglich Rückströmung zu realisieren.

[0112] Insbesondere die Holweckstatoren 52 der Fig. 15 und 16 weisen eine recht komplexe Geometrie auf und können daher bevorzugt auf besonders einfache Weise mittels 3D-Druck oder allgemein durch ein generatives Fertigungsverfahren hergestellt werden. Grundsätzlich können auch die übrigen hier vorgestellten Statoren und/oder Blockierelemente mittels eines generativen Verfahrens, wie zum Beispiel 3D-Druck hergestellt

werden.

Bezugszeichenliste

[0113]

111 Turbomolekularpumpe
 113 Einlassflansch
 115 Pumpeneinlass
 117 Pumpenauslass
 119 Gehäuse
 121 Unterteil
 123 Elektronikgehäuse
 125 Elektromotor
 127 Zubehöranschluss
 129 Datenschnittstelle
 131 Stromversorgungsanschluss
 133 Fluteinlass
 135 Sperrgasanschluss
 137 Motorraum
 139 Kühlmittelanschluss
 141 Unterseite
 143 Schraube
 145 Lagerdeckel
 147 Befestigungsbohrung
 148 Kühlmittleitung
 149 Rotor
 151 Rotationsachse
 153 Rotorwelle
 155 Rotorscheibe
 157 Statorscheibe
 159 Abstandsring
 161 Rotornabe
 163 Holweck-Rotorhülse
 165 Holweck-Rotorhülse
 167 Holweck-Statorhülse
 169 Holweck-Statorhülse
 171 Holweck-Spalt
 173 Holweck-Spalt
 175 Holweck-Spalt
 179 Verbindungskanal
 181 Wälzlager
 183 Permanentmagnetlager
 185 Spritzmutter
 187 Scheibe
 189 Einsatz
 191 rotorseitige Lagerhälfte
 193 statorseitige Lagerhälfte
 195 Ringmagnet
 197 Ringmagnet
 199 Lagerspalt
 201 Trägerabschnitt
 203 Trägerabschnitt
 205 radiale Strebe
 207 Deckelelement
 209 Stützring
 211 Befestigungsring
 213 Tellerfeder

215 Not-bzw. Fanglager
 217 Motorstator
 219 Zwischenraum
 221 Wandung
 5 223 Labyrinthdichtung
 20 Vakuumpumpe
 22 Rotorwelle
 24 Turborotorscheibe
 26 Turbostatorscheibe
 10 28 Pumprichtung
 30 Zwischenanschluss
 32 Rückströmung
 34 Zwischenanschluss
 36 Ausnehmung/Begrenzung
 15 38 Blockierelement
 40 Teilchenbewegung
 41 Turbomolekularpumpe
 42 erste Pumpstufe
 44 zweite Pumpstufe
 20 46 Zwischenstufenbereich
 48 Turbostatorschaufel
 49 Bereich
 50 Holweckpumpe
 51 Schaufelgrund
 25 52 Holweckstator
 54 Holwecknut
 56 Steg
 58 Drehrichtung
 60 Bereich/Freistellung
 30 62 Freistellung

Patentansprüche

35 1. Molekularvakuumpumpe (20) mit

wenigstens einer molekularen Pumpstufe (50), nämlich einer Holweckpumpe, mittels derer ein Gas von einem Einlass zu einem Auslass der Molekularvakuumpumpe (20) förderbar ist, wobei die Pumpstufe (50) eine Pumprichtung (28) und quer zur Pumprichtung (28) einen Durchlassquerschnitt aufweist; und einem Zwischenanschluss (30), der innerhalb der Pumpstufe (50) oder der Pumpstufe nachgeschaltet angeordnet ist, wobei in Pumprichtung (28) vor dem Zwischenanschluss (30) ein, insbesondere statisches, Blockierelement (38) angeordnet ist, durch welches der Durchlassquerschnitt lokal reduziert ist,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Blockierelement (38) als Querwand in wenigstens einer Holwecknut (54) ausgebildet ist.

55 2. Molekularvakuumpumpe (20) nach Anspruch 1, wobei das Blockierelement (38) auf einer dem Zwi-

schenanschluss (30) zugewandten Seite einer Rotorwelle (22) der Pumpstufe angeordnet ist; und/oder wobei die Geometrie des Blockierelements (38) veränderbar ist.

3. Molekularvakuumpumpe (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei sich das Blockierelement (38) in radialer Richtung nur über einen Teil des Durchlassquerschnitts der Pumpstufe erstreckt. 10
4. Molekularvakuumpumpe (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei wenigstens ein Steg (56), welcher eine Holwecknut (54) seitlich begrenzt und/oder benachbarte Holwecknuten (54) voneinander trennt, in einem dem Zwischenanschluss (30) in Pumprichtung (28) nachgeordneten Bereich (60) eine Freistellung gegenüber dem Zwischenanschluss (30) aufweist. 15
5. Molekularvakuumpumpe (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei wenigstens ein Steg (56), welcher eine Holwecknut (54) seitlich begrenzt und/oder benachbarte Holwecknuten (54) voneinander trennt, in einem dem Blockierelement (38) in Pumprichtung (28) vorgeordneten Bereich eine Freistellung (62) gegenüber dem Blockierelement (38) aufweist. 20
6. Molekularvakuumpumpe (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, 25

wobei der Zwischenanschluss (30) mit seiner Begrenzung nur einer Holwecknut (54) zugeordnet ist; 30

und/oder wobei der Zwischenanschluss (30) mit wenigstens einer Begrenzung und/oder einer Längserstreckung zumindest im Wesentlichen parallel zu einer Holwecknut (54) ausgerichtet ist. 35
7. Molekularvakuumpumpe (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei der Zwischenanschluss (30) mit seiner Begrenzung wenigstens einer ersten Holwecknut (54) zugeordnet und wenigstens einer in Drehrichtung eines Holweckrotors nächsten, zweiten Holwecknut (54) nicht zugeordnet ist, wobei ein Steg (56) zwischen der ersten und der zweiten Holwecknut eine Ausnehmung aufweist, die den Zwischenanschluss (30) mit der zweiten Holwecknut (54) verbindet. 40
8. Molekularvakuumpumpe (20) nach wenigstens einem der vorstehenden Ansprüche, wobei das Blockierelement (38) und/oder ein am Zwischenanschluss (30) angeordnetes Statorelement (52) welches das Blockierelement (38) aufweist, mittels eines generativen Fertigungsverfahrens, insbesondere 3D-Druck, hergestellt ist. 45

rens, insbesondere 3D-Druck, hergestellt ist.

Claims

1. A molecular vacuum pump (20) comprising 5

at least one molecular pump stage (50), namely a Holweck pump stage, by means of which a gas can be conveyed from an inlet to an outlet of the molecular vacuum pump (20), wherein the pump stage (50) has a pump direction (28) and a passage cross-section transverse to the pump direction (28); and an intermediate connection (30) which is arranged within the pump stage (50) or which is arranged downstream of the pump stage (42), wherein a blocking element (38), in particular a static blocking element (38), by which the passage cross-section is locally reduced, is arranged upstream of the intermediate connection (30) in the pump direction (28), **characterized in that** 10

the blocking element (38) is configured as a transverse wall in at least one Holweck groove (54). 15
2. A molecular vacuum pump (20) in accordance with claim 1, 20

wherein the blocking element (38) is arranged on a side of a rotor shaft (22) of the pump stage facing the intermediate connection (30); and/or wherein the geometry of the blocking element (38) is variable. 25
3. A molecular vacuum pump (20) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the blocking element (38) extends only over a part of the passage cross-section of the pump stage in the radial direction. 30
4. A molecular vacuum pump (20) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein at least one web (56), which laterally bounds a Holweck groove (54) and/or separates adjacent Holweck grooves (54) from one another, has a clearance with respect to the intermediate connection (30) in a region (60) arranged downstream of the intermediate connection (30) in the pump direction (28). 35
5. A molecular vacuum pump (20) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein at least one web (56), which laterally bounds a Holweck groove (54) and/or separates adjacent Holweck grooves (54) from one another, has a clearance (62) with respect to the blocking element (38) in a region arranged upstream of the blocking ele- 40

ment (38) in the pump direction (28).

6. A molecular vacuum pump (20) in accordance with at least one of the preceding claims,

wherein the intermediate connection (30), with its boundary, is associated with only one Holweck groove (54);
and/or wherein the intermediate connection (30), with at least one boundary and/or a longitudinal extent, is aligned at least substantially in parallel with a Holweck groove (54).

7. A molecular vacuum pump (20) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the intermediate connection (30), with its boundary, is associated with at least a first Holweck groove (54) and is not associated with at least a second Holweck groove (54) which is next in the direction of rotation of a Holweck rotor, wherein a web (56) between the first and the second Holweck groove has a recess which connects the intermediate connection (30) to the second Holweck groove (54).

8. A molecular vacuum pump (20) in accordance with at least one of the preceding claims, wherein the blocking element (38) and/or a stator element (52), which is arranged at the intermediate connection (30) and which has the blocking element (38), is/are produced by means of a generative manufacturing process, in particular 3D printing.

Revendications

1. Pompe à vide moléculaire (20) comprenant

au moins un étage de pompe moléculaire (50), à savoir un étage de pompe Holweck, au moyen duquel un gaz peut être transporté d'une entrée à une sortie de la pompe à vide moléculaire (20), l'étage de pompe (50) ayant une direction de pompage (28) et une section transversale de passage transversalement à la direction de pompage (28) ; et

un raccord intermédiaire (30) disposé à l'intérieur de l'étage de pompe (50) ou en aval de l'étage de pompe, un élément de blocage (38), en particulier statique, étant disposé en amont du raccord intermédiaire (30) dans la direction de pompage (28) et réduisant localement la section transversale de passage,

caractérisée en ce que

l'élément de blocage (38) est réalisé sous forme de paroi transversale dans au moins une rainure Holweck (54).

2. Pompe à vide moléculaire (20) selon la revendication 1,

dans laquelle l'élément de blocage (38) est disposé sur un côté d'un arbre de rotor (22) de l'étage de pompe tourné vers le raccord intermédiaire (30) ; et/ou

la géométrie de l'élément de blocage (38) est variable.

3. Pompe à vide moléculaire (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle l'élément de blocage (38) s'étend en direction radiale uniquement sur une partie de la section transversale de passage de l'étage de pompe.

4. Pompe à vide moléculaire (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle au moins une barrette (56), qui délimite latéralement une rainure Holweck (54) et/ou qui sépare des rainures Holweck (54) voisines les unes des autres, présente un dégagement par rapport au raccord intermédiaire (30) dans une zone (60) disposée en aval du raccord intermédiaire (30) dans la direction de pompage (28).

5. Pompe à vide moléculaire (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle au moins une barrette (56), qui délimite latéralement une rainure Holweck (54) et/ou qui sépare des rainures Holweck (54) voisines les unes des autres, présente un dégagement (62) par rapport à l'élément de blocage (38) dans une zone disposée en amont de l'élément de blocage (38) dans la direction de pompage (28).

6. Pompe à vide moléculaire (20) selon l'une au moins des revendications précédentes,

dans laquelle le raccord intermédiaire (30) est associé, avec sa délimitation, à une seule rainure Holweck (54) ;

et/ou le raccord intermédiaire (30) est orienté, avec au moins une délimitation et/ou avec une extension longitudinale, au moins sensiblement parallèlement à une rainure Holweck (54).

7. Pompe à vide moléculaire (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle le raccord intermédiaire (30) est associé, avec sa délimitation, à au moins une première rainure Holweck (54) et n'est pas associé à au moins une deuxième rainure Holweck (54) suivante dans le sens de rotation d'un rotor Holweck, et une barrette (56) entre la première et la deuxième rainure Holweck présente un évidement qui relie le raccord intermédiaire (30) à la deuxième rainure Holweck (54).

8. Pompe à vide moléculaire (20) selon l'une au moins des revendications précédentes, dans laquelle l'élément de blocage (38) et/ou un élément de stator (52) disposé au niveau du raccord intermédiaire (30) et comprenant l'élément de blocage (38) est réalisé par un procédé de fabrication additive, en particulier une impression 3D.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

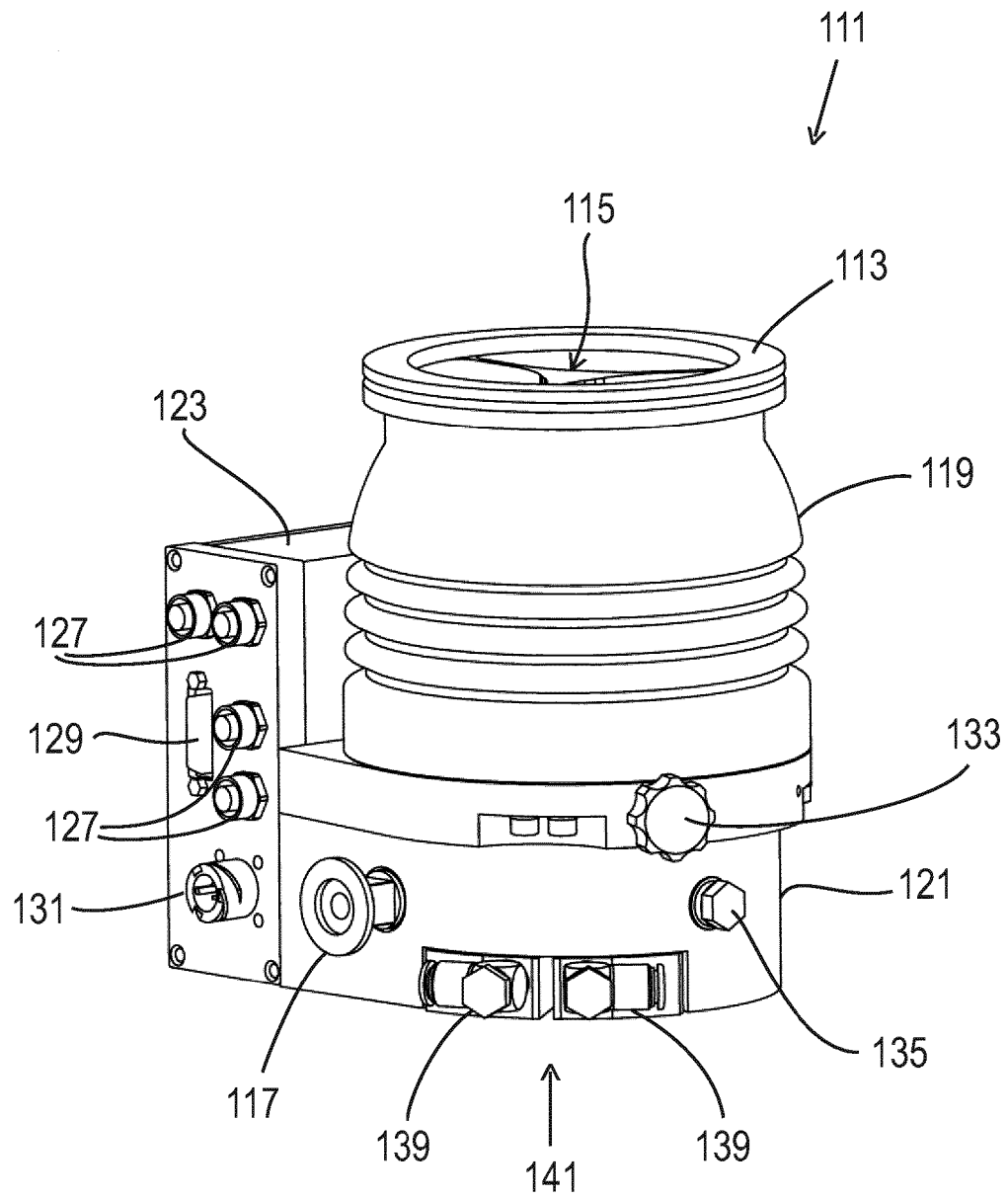


Fig. 1

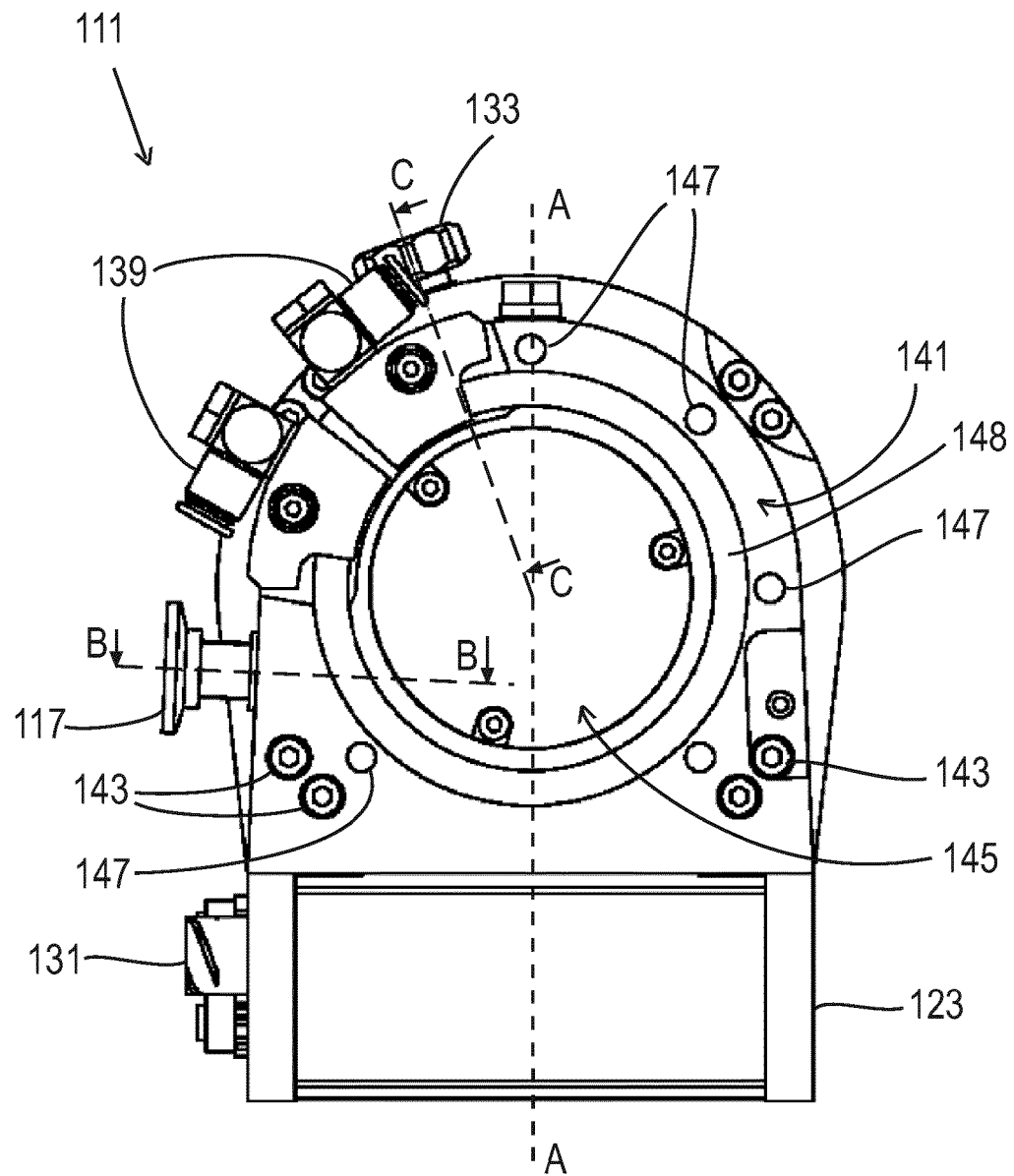


Fig. 2

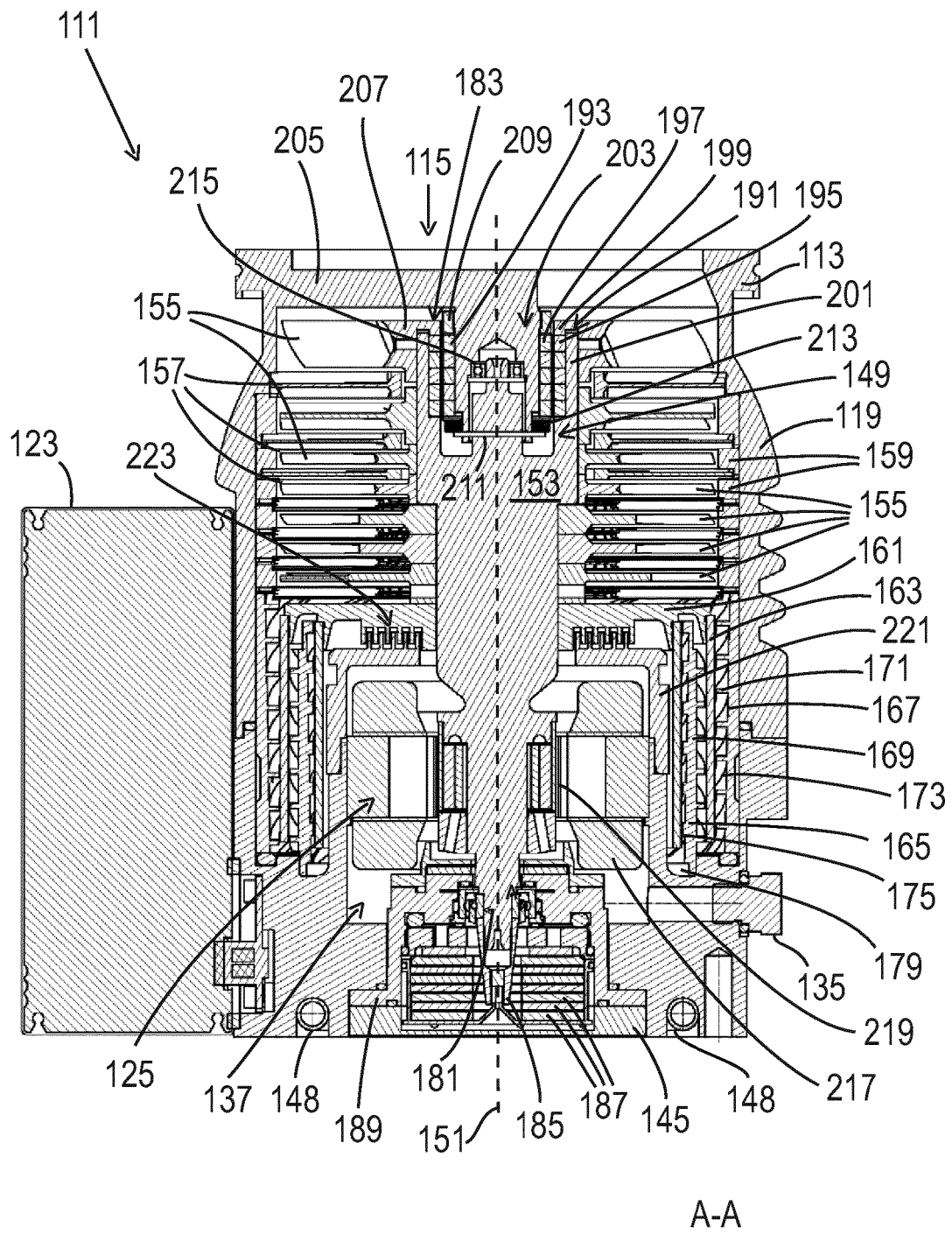


Fig. 3

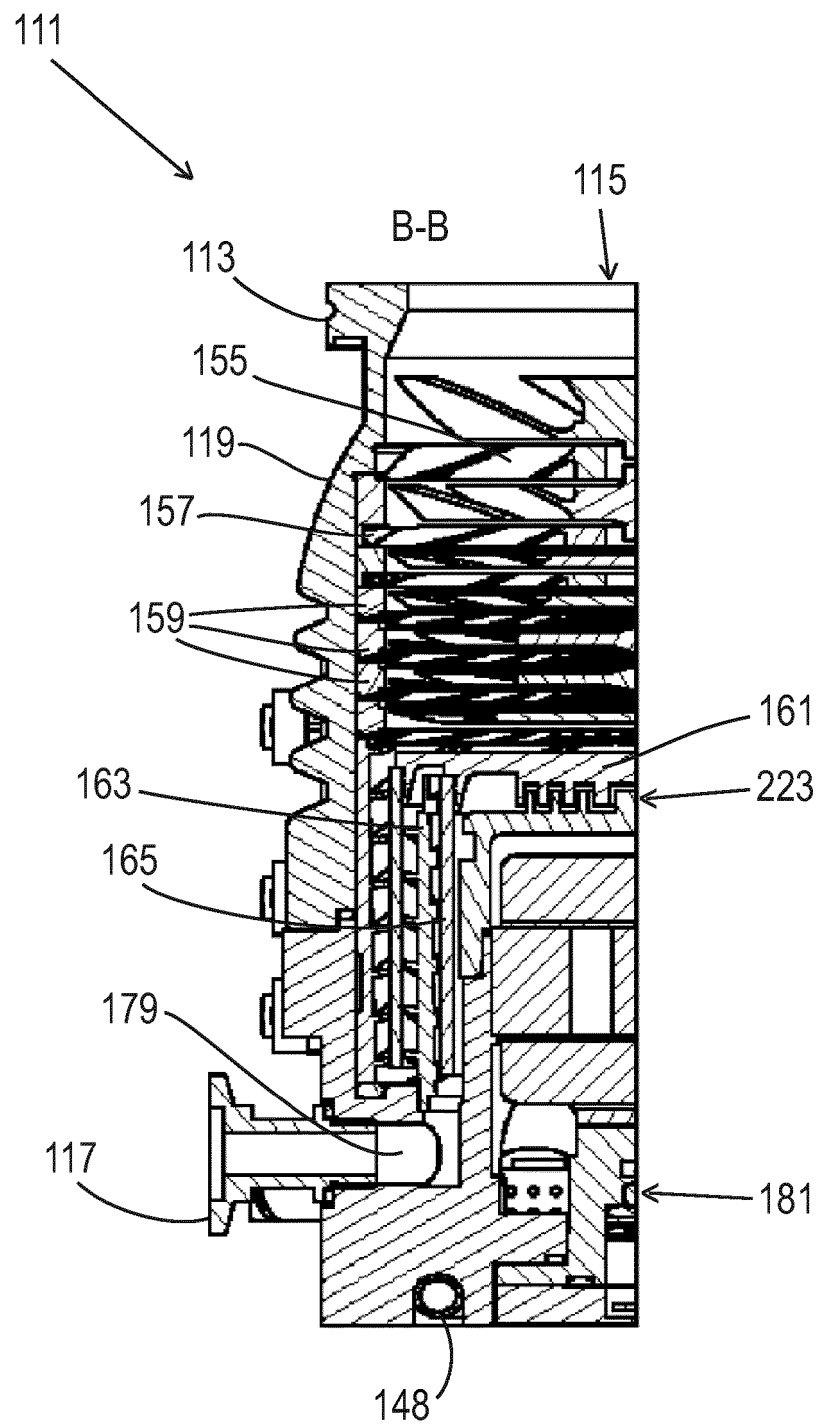


Fig. 4

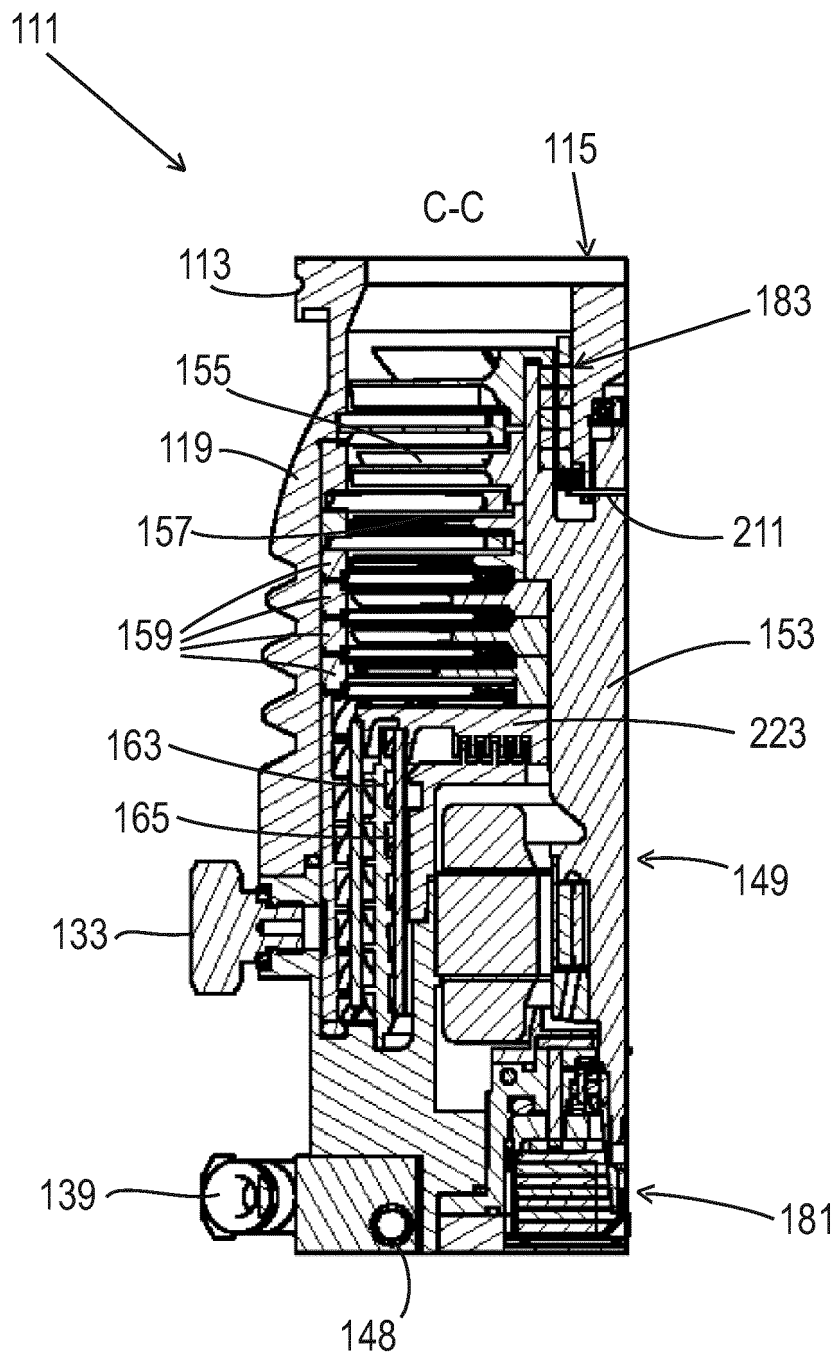
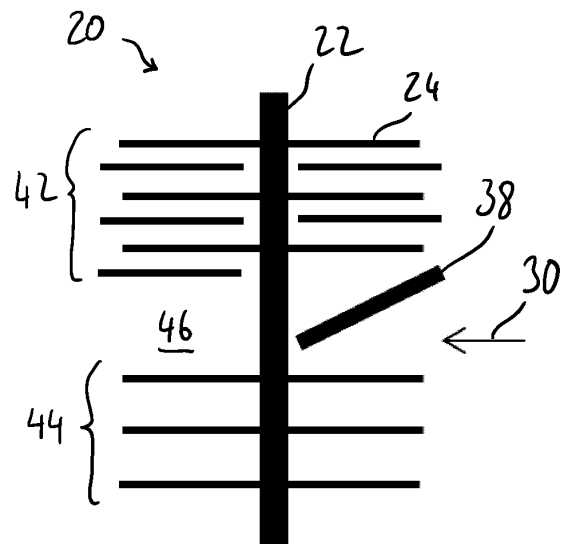
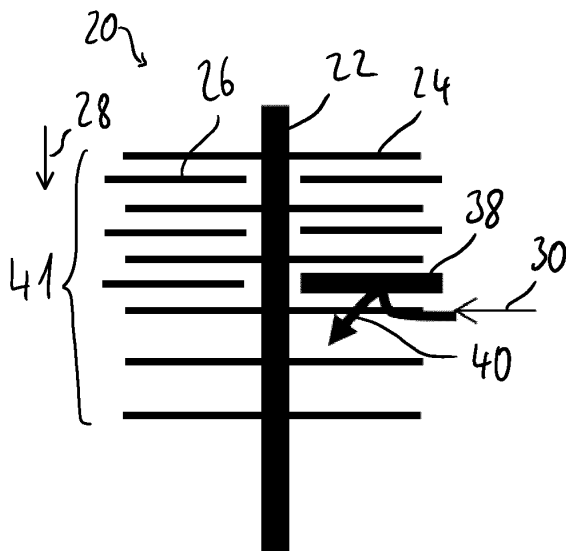
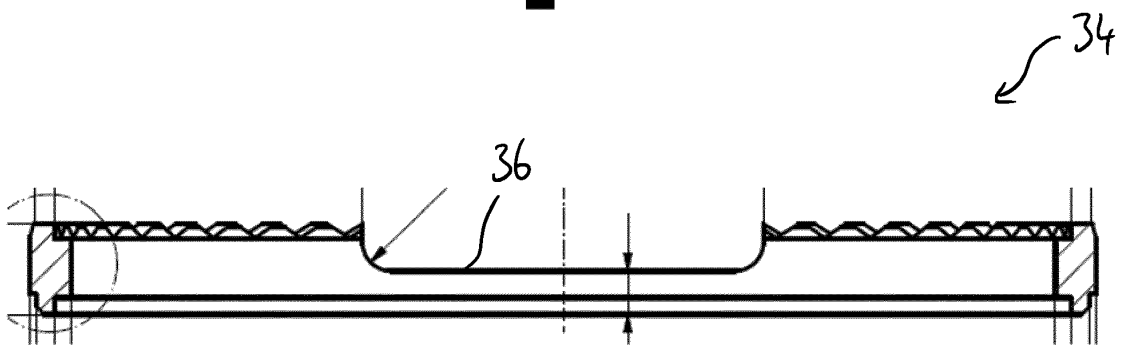
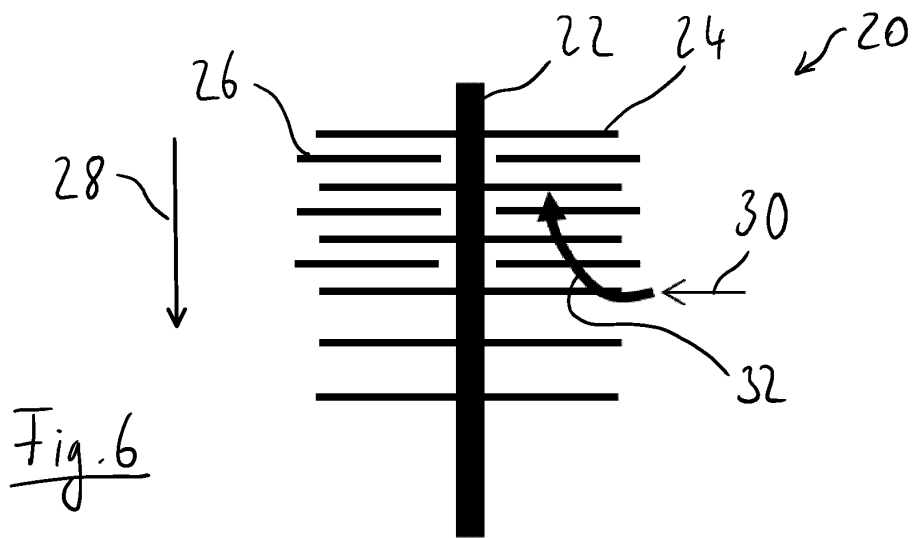


Fig. 5



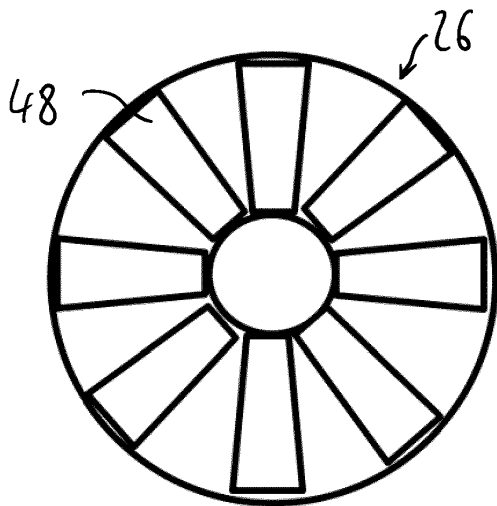


Fig. 10

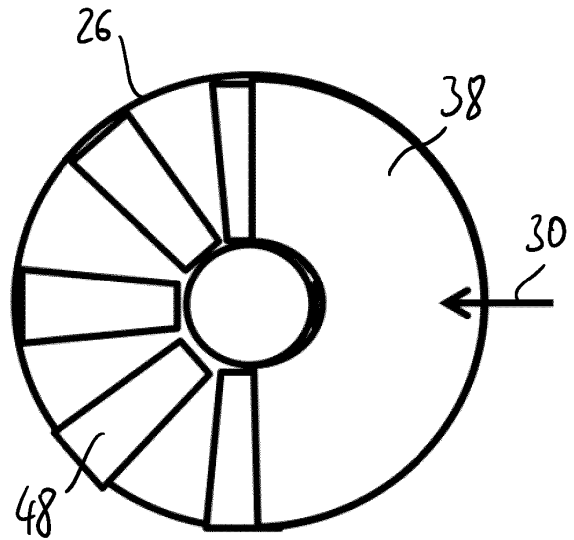


Fig. 11

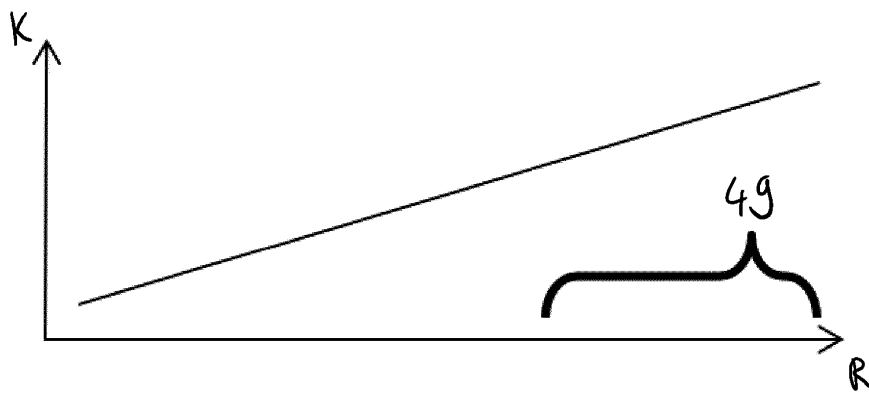


Fig. 12

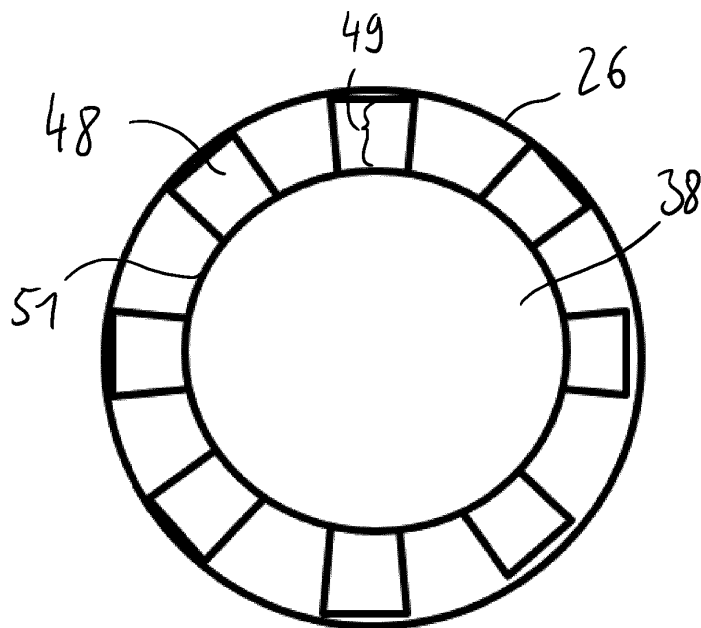
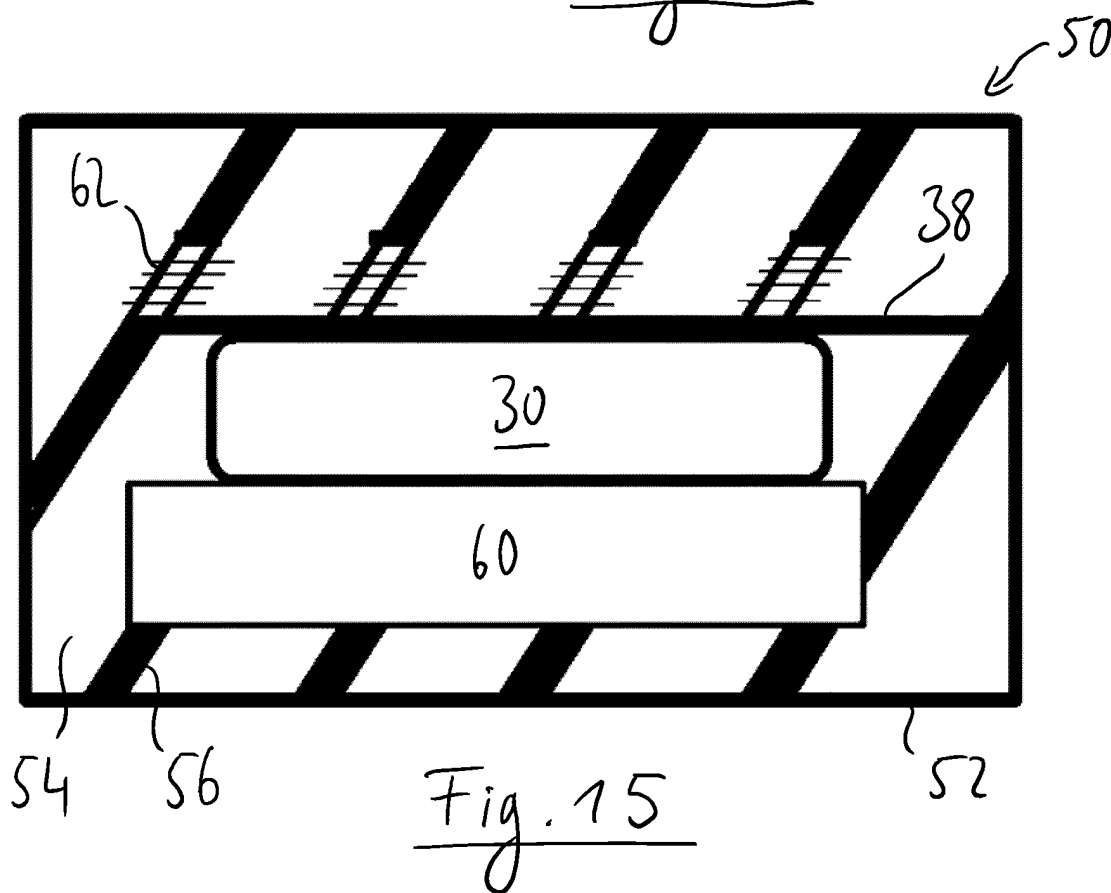
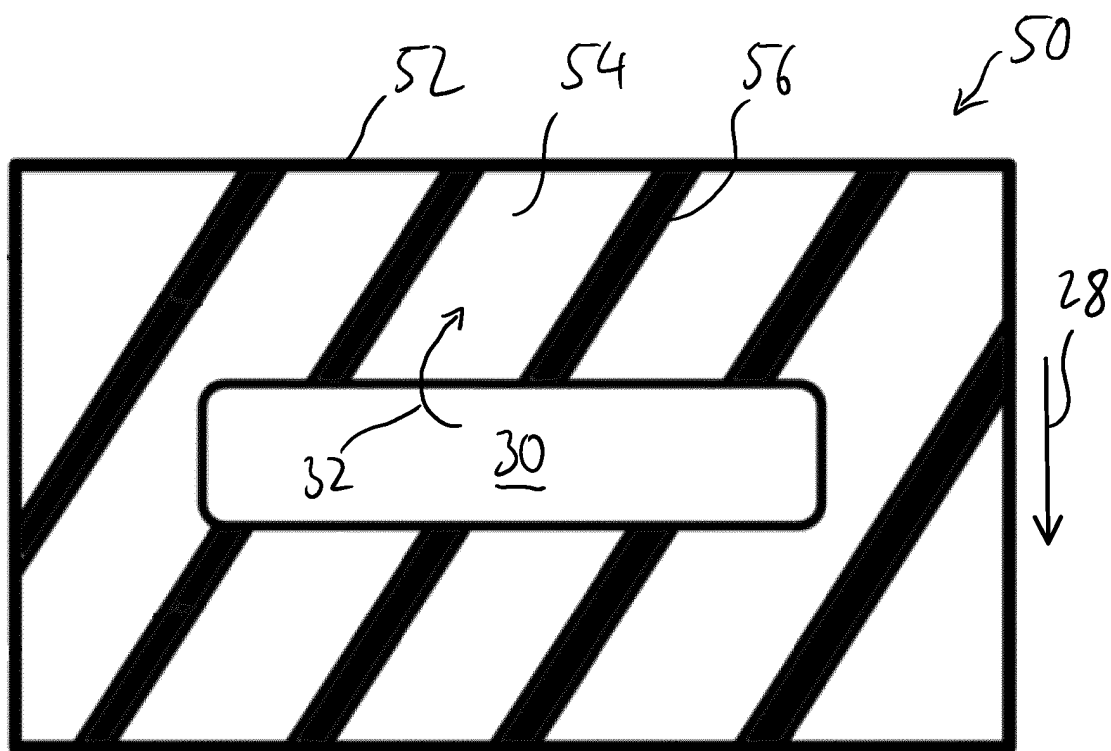


Fig. 13



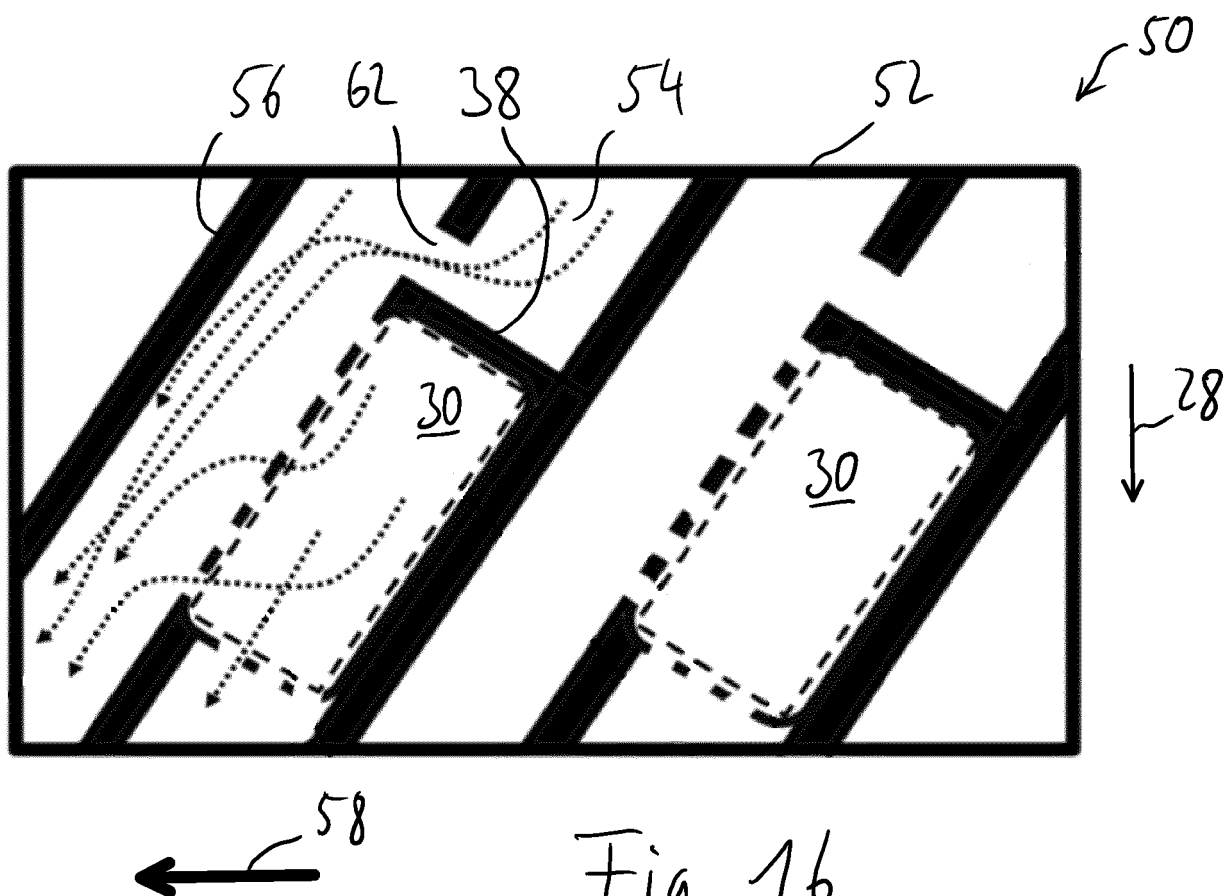


Fig. 16

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

- WO 2006048603 A1 **[0003]**
- EP 3085963 A1 **[0003]**
- US 5733104 A **[0003]**
- DE 4228313 A1 **[0003]**
- EP 2039941 A2 **[0003]**
- EP 3085964 A1 **[0003]**