



(11) **EP 4 325 061 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

- (43) Veröffentlichungstag:
21.02.2024 Patentblatt 2024/08

(21) Anmeldenummer: **23218595.9**

(22) Anmeldetag: **20.12.2023**
- (51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F04D 19/04^(2006.01) F04D 29/54^(2006.01)
F04D 29/64^(2006.01)

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F04D 19/042; F04D 29/542; F04D 29/644

(84) Benannte Vertragsstaaten: AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR Benannte Erstreckungsstaaten: BA Benannte Validierungsstaaten: KH MA MD TN (71) Anmelder: Pfeiffer Vacuum Technology AG 35614 Asslar (DE) (72) Erfinder: • BADER, Florian 35625 Hüttenberg-Rechtenbach (DE)	• BIRKENFELD, Maximilian 35649 Bischoffen (DE) • HOFMANN, Jan 35305 Grünberg (DE) • MÄDLER, Matthias 35759 Driedorf (DE) (74) Vertreter: Manitz Finsterwald Patent- und Rechtsanwaltspartnerschaft mbB Martin-Greif-Strasse 1 80336 München (DE)
---	---

(54) **TURBOMOLEKULARVAKUUMPUMPE**

- (57) Eine Turbomolekularvakuumpumpe umfasst einen Stator, zumindest einen Rotor mit einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Rotor-schaufeln, der zu einer Rotation um eine Rotationsachse antreibbar ist, um eine Pumpwirkung zu erzeugen, und zumindest eine am Stator befestigte Statorscheibe, die mit dem Rotor zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirkt und eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Statorschaufeln umfasst, die eine
- Schaufelebene definieren, wobei die Statorscheibe zum Befestigen an dem Stator einen Befestigungsabschnitt mit einem Endabschnitt umfasst, mit dem die Stator-scheibe an dem Stator befestigt ist und der eine Befestigungsebene definiert, und wobei die Schaufelebene und die Befestigungsebene senkrecht zur Rotationsachse verlaufen und längs der Rotationsachse voneinander beabstandet sind.

EP 4 325 061 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbomolekularvakuumpumpe umfassend einen Stator, zumindest einen Rotor mit einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Rotorscheufeln, der zu einer Rotation um eine Rotationsachse antreibbar ist, um eine Pumpwirkung zu erzeugen, und zumindest eine am Stator befestigte Statorscheibe, die mit dem Rotor zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirkt und eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Statorschaufeln umfasst, die eine Schaufelebene definieren.

[0002] Unter der Schaufelebene ist eine senkrecht zur Rotationsachse verlaufende Ebene zu verstehen, in welcher die Statorschaufeln liegen. Das heißt die Schaufelebene kann durch einen beliebigen Abschnitt der Statorschaufeln definiert sein, solange sie die Statorschaufeln schneidet oder berührt. So kann die Schaufelebene beispielsweise bezogen auf die axiale, parallel zur Rotationsachse verlaufende Richtung mittig durch die Statorschaufeln verlaufen oder durch die oberen oder unteren Schaufelkanten definiert sein.

[0003] Turbomolekularvakuumpumpen sollen unter anderem ein möglichst hohes Saugvermögen aufweisen. In diesem Zusammenhang kommt insbesondere der Auslegung des Ansaugbereiches eine relevante Bedeutung zu, also des Bereiches nahe am Pumpeneinlass, der eine Einlassebene definiert. Hierbei ist unter anderem eine optimale Nutzung des Bauraums, welcher im Gehäuse der Pumpe zur Aufnahme pumpaktiver Komponenten, insbesondere des dem Pumpeneinlass am nächsten gelegenen Rotor-Stator-Pakets, zur Verfügung steht, von besonderer Bedeutung. Unter einem Rotor-Stator-Paket ist in diesem Zusammenhang ein Paket aus in axialer Richtung abwechselnd übereinander angeordneten Rotorscheiben und Statorscheiben zu verstehen.

[0004] Üblicherweise werden Statorscheiben durch Verspannen ihrer radial äußeren Bereiche an dem Stator befestigt, wobei das Verspannen oder Einklemmen mittels in das Pumpengehäuse eingesetzter Distanzringe erfolgt, und zwar in einer Ebene, die axial in Höhe der Schaufelebene liegt. Die Distanzringe und das Pumpengehäuse sind Bestandteile des Stators der Vakuumpumpe, d.h. im Rahmen der vorliegenden Offenbarung wird das Pumpengehäuse als ein Bestandteil des Stators angesehen. Dabei ist jeweils zwischen zwei axial unmittelbar aufeinanderfolgenden Distanzringen eine Statorscheibe eingeklemmt. Bei geböchten Statorscheiben ist beispielsweise ein radial außen umlaufender Bundbereich der Statorscheiben über Distanzringe axial verspannt. Bei gefrästen oder gesägten Statorscheiben hingegen können die Schaufeln mit ihren radial äußeren Blattspitzen, also ihren freien Endabschnitten, axial verspannt sein. Das axiale Verspannen der Statorscheiben am Stator benötigt radialen Bauraum im Pumpengehäuse.

[0005] Bei der Auslegung des Ansaugbereiches einer

Turbomolekularvakuumpumpe, also des dem Pumpeneinlass am nächsten gelegenen Bereiches der pumpaktiven Komponenten, ist man zur Erzielung eines möglichst hohen Saugvermögens bestrebt, das Rotor-Stator-Paket axial so nahe wie möglich am Pumpeneinlass zu platzieren, d.h. die ansaugseitig erste Statorscheibe sollte axial möglichst nahe am Pumpeneinlass liegen, um Strömungsverluste zu minimieren. Gleichzeitig sollte das Rotor-Stator-Paket und somit auch bereits die erste Statorscheibe einen - bezogen auf den dortigen Innendurchmesser des jeweiligen Pumpengehäuses - möglichst großen Außendurchmesser besitzen.

[0006] Hierbei wiederum ist zu beachten, dass im Bereich des Pumpeneinlasses der Bauraum durch den Pumpenflansch und durch die Mittel beschränkt ist, die zur Verbindung des Pumpenflansches mit dem Flansch eines Rezipienten dienen. Bei diesen Mitteln kann es sich insbesondere um Schrauben handeln, wobei auch zu berücksichtigen ist, dass für die Handhabung der Schrauben und für ein Werkzeug zum Betätigen der Schrauben ausreichend Platz im Flanschbereich zur Verfügung stehen muss. Zudem muss der Pumpenflansch insbesondere hinsichtlich seines Durchmessers bestimmten Vorgaben wie z.B. ISO-Normen genügen.

[0007] Die genannten Randbedingungen limitieren den für die Rotor- und Statorscheiben zur Verfügung stehenden Bauraum im Bereich des Pumpeneinlasses, so dass das Rotor-Stator-Paket nicht beliebig nahe am Pumpeneinlass angeordnet werden kann, wenn gleichzeitig der Außendurchmesser auch der ersten Statorscheibe möglichst groß sein soll.

[0008] Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, eine Turbomolekularvakuumpumpe bereitzustellen, die bezogen auf die jeweiligen Gegebenheiten im Bereich des Pumpeneinlasses ein verbessertes Saugvermögen aufweist.

[0009] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Turbomolekularvakuumpumpe gemäß dem Anspruch 1 und insbesondere dadurch gelöst, dass die Statorscheibe zum Befestigen an dem Stator einen Befestigungsabschnitt mit einem Endabschnitt umfasst, mit dem die Statorscheibe an dem Stator befestigt ist und der eine Befestigungsebene definiert, wobei die Schaufelebene und die Befestigungsebene senkrecht zur Rotationsachse verlaufen und längs der Rotationsachse voneinander beabstandet sind.

[0010] Der Endabschnitt ist der Abschnitt des Befestigungsabschnitts, welcher mit dem Stator (z.B. mit einem Distanzring und einem Schulterabschnitt des Pumpengehäuses oder mit zwei Distanzringen) unmittelbar zum Befestigen der Statorscheibe an dem Stator zusammenwirkt.

[0011] Die Befestigungsebene ist eine Ebene, in der zumindest ein Abschnitt des Endabschnitts liegt, welcher axial weiter von der Schaufelebene entfernt ist als andere Bereiche des Befestigungsabschnitts.

[0012] Dadurch, dass die Befestigungsebene und die Schaufelebene axial voneinander beabstandet sind,

kann die Schaufelebene bei gleicher Axialposition der Befestigung am Stator näher am Pumpeneinlass platziert werden. Strömungsverluste im Einlassbereich können so reduziert und das Saugvermögen verbessert werden. Berechnungen auf der Basis von Parametern existierender Turbomolekularvakuum pumpen haben ergeben, dass sich für ein in der Praxis relevante Gas, nämlich Stickstoff, Saugvermögensverbesserungen um mehr als 3% erreichen lassen. In einem Beispiel wurde bei der Berechnung davon ausgegangen, dass das dem Pumpeneinlass am nächsten gelegene Rotor-Stator-Paket 10 mm näher am Pumpeneinlass positioniert ist als ohne die erfindungsgemäße Ausgestaltung. Es ergab sich für das Gas Stickstoff eine Erhöhung von 240 Liter/Sekunde bei herkömmlicher Ausgestaltung auf 249 Liter/Sekunde bei erfindungsgemäßer Ausgestaltung.

[0013] Die Geometrie des Einlassbereiches, insbesondere des Pumpengehäuses und des Flanschbereiches, braucht für die Erfindung nicht modifiziert zu werden. Eine erfindungsgemäße Pumpe erfüllt daher weiterhin die jeweiligen Vorgaben wie z.B. ISO-Normen.

[0014] Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen, der Beschreibung sowie der Zeichnung angegeben.

[0015] Gemäß einer Ausführungsform ist die Schaufelebene axial näher an einem Pumpeneinlass gelegen als die Befestigungsebene. Hierdurch können bauliche Gegebenheiten existierender Turbomolekularvakuum pumpen, insbesondere ein im oder nahe am Einlassbereich vorhandener Schulterabschnitt des Pumpengehäuses, weiterhin zur Befestigung einer Statorscheibe, insbesondere der ersten Statorscheibe, genutzt werden.

[0016] Gemäß einer Ausführungsform ist die Statorscheibe einstückig ausgebildet.

[0017] Die Statorscheibe kann ein Stanz- und/oder Biegeteil aus Blech sein, d.h. eine sogenannte geblechte Statorscheibe, oder durch spanende Bearbeitung eines Ausgangsteils hergestellt sein. Diese Möglichkeiten zur Herstellung von Statorscheiben sind grundsätzlich bekannt und mit der Erfindung insofern kompatibel, als sie auch die Herstellung erfindungsgemäß ausgebildeter Statorscheiben mit axial voneinander beabstandeten Schaufel- und Befestigungsebenen gestatten.

[0018] Geblechte Statorscheiben bestehen in der Praxis meist aus zwei halbkreisförmigen bzw. halbkreisringförmigen Hälften, um die Montage zu erleichtern oder überhaupt erst zu ermöglichen. Wenn in diesem Fall von "der Statorscheibe" die Rede ist, dann sind damit deren beiden Hälften zusammen gemeint. Wenn also in der vorliegenden Offenbarung im Zusammenhang mit derartigen geblechten Statorscheiben von einer einstückigen oder einteiligen Ausgestaltung die Rede ist, dann ist darunter zu verstehen, dass die beiden Hälften der Statorscheibe jeweils einstückig sind.

[0019] Bei einer geblechten Statorscheibe kann der Befestigungsabschnitt von einem radial äußeren Bund der Statorscheibe gebildet sein, der radial außen den Endabschnitt aufweist und radial innen mit den Stator-

schaufeln verbunden ist. Während bekannte geblechte Statorscheiben über ihren gesamten Durchmesser, also einschließlich des radial äußeren Bundes, scheibenförmig sind, ist eine erfindungsgemäße geblechte Statorscheibe also radial außen mit einem Befestigungsabschnitt versehen, der von der Schaufelebene zu der von seinem Endabschnitt definierten Befestigungsebene führt.

[0020] Grundsätzlich ist es auch möglich, und zwar in Abhängigkeit von dem jeweiligen Aufbau der Turbomolekularvakuumpumpe, dass ein radial innerer Bund der Statorscheibe als Befestigungsabschnitt ausgebildet ist, so dass die Statorscheibe radial innen mit dem Stator verspannt werden kann.

[0021] Dabei kann der Befestigungsabschnitt einen radial äußeren bzw. radial inneren Bundabschnitt aufweisen, der in der Schaufelebene liegt und mit den Statorschaufeln verbunden ist.

[0022] Gemäß einer anderen Ausführungsform ist der Befestigungsabschnitt von freien Endabschnitten der Statorschaufeln gebildet. Insbesondere gesägte oder gefräste Statorscheiben können derart ausgebildet sein. Zumindest einige, bevorzugt alle, Statorschaufeln besitzen dann einen radialen, insbesondere radial äußeren, Endabschnitt, der von der Schaufelebene zur Befestigungsebene führt, wobei diese Endabschnitte gemeinsam den Befestigungsabschnitt der Statorscheibe bilden.

[0023] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Befestigungsabschnitt einen Übergangsabschnitt, der von der Schaufelebene zum Endabschnitt des Befestigungsabschnitts führt. Die Abmessungen und/oder die Form des Übergangsabschnitts können grundsätzlich beliebig gewählt werden, um insbesondere den axialen Abstand zwischen der Schaufelebene und der Befestigungsebene einzustellen. Der Übergangsabschnitt ist nicht unmittelbar am Stator befestigt, sondern die Befestigung der Statorscheibe am Stator z.B. durch Einklemmen erfolgt über den Endabschnitt.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform weist der Übergangsabschnitt zumindest abschnittsweise eine zylindrische oder konische Form mit der Rotationsachse als Mittelachse auf.

[0025] Gemäß einer Ausführungsform besitzt der Endabschnitt des Befestigungsabschnitts eine Kreisringform oder eine konische Form mit der Rotationsachse als Mittelachse oder weist in einer die Rotationsachse enthaltenden Schnittebene einen gekrümmten Verlauf auf. Die Form des Endabschnitts kann grundsätzlich beliebig und insbesondere abhängig von der jeweils gewünschten Art und Weise eines Verspannens am Stator gewählt werden.

[0026] Gemäß einer Ausführungsform umfasst oder besitzt der Befestigungsabschnitt in einer die Rotationsachse enthaltenden Schnittebene eine L-Form. Das heißt bildlich gesprochen kann die Statorscheibe topf- oder hutförmig ausgebildet sein.

[0027] Gemäß einer Ausführungsform ist die L-Form

von einem Übergangsabschnitt und dem Endabschnitt des Befestigungsabschnitts gebildet. Hierbei verläuft der Übergangsabschnitt parallel zur Rotationsachse, während sich der Endabschnitt senkrecht zur Rotationsachse und somit in der Befestigungsebene erstreckt, d.h. der die Befestigungsebene definierende Endabschnitt liegt vollständig in der Befestigungsebene.

[0028] Gemäß einer Ausführungsform ist die Statorscheibe ein Teil einer Turbomolekularpumpstufe, die eine Mehrzahl von Statorscheiben und eine Mehrzahl von jeweils mehrere Rotorscheaufeln umfassenden Rotorscheiben des Rotors umfasst, wobei die Statorscheiben und die Rotorscheiben zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirken. Die Turbomolekularpumpstufe kann ein oder mehrere Rotor-Stator-Pakete umfassen. Die Statorscheibe ist insbesondere ein Teil des ersten, d.h. des dem Pumpeneinlass am nächsten gelegenen Rotor-Stator-Paketes. Insbesondere ist die erste, also die dem Pumpeneinlass am nächsten gelegenen Statorscheibe des Rotor-Stator-Paketes in erfindungsgemäßer Weise ausgebildet.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform ist die Statorscheibe die einem Pumpeneinlass axial am nächsten gelegene Statorscheibe einer Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Statorscheiben des Stators. Zusätzlich oder alternativ können zusätzlich zu der Statorscheibe eine oder mehrere mit dieser baugleiche Statorscheiben vorgesehen sein, bei denen jeweils die Schaufelebene axial näher an einem Pumpeneinlass gelegen ist als die Befestigungsebene. Dabei kann der axiale Abstand zwischen Schaufelebene und Befestigungsebene bei allen erfindungsgemäß ausgebildeten Statorscheiben entweder gleich sein oder variieren, z.B. in Richtung des Pumpeneinlasses zunehmen oder abnehmen. Unter baugleichen Statorscheiben sind dabei solche zu verstehen, bei denen jeweils die Schaufelebene und die Befestigungsebene axial, also längs der Rotationsachse, voneinander beabstandet sind. In diesem Sinne baugleiche Statorscheiben können identisch sein, wobei dies aber nicht zwingend ist und sich die Statorscheiben in anderer Hinsicht voneinander unterscheiden können. Beispielsweise können baugleiche Statorscheiben unterschiedliche Durchmesser aufweisen. Auch der axiale Abstand zwischen Schaufelebene und Befestigungsebene kann bei baugleichen Statorscheiben unterschiedlich sein.

[0030] Gemäß einer Ausführungsform ist die Statorscheibe mit dem Endabschnitt des Befestigungsabschnitts am Stator axial eingeklemmt. Diese Möglichkeit zur Befestigung von Statorscheiben am Stator ist grundsätzlich bekannt und folglich mit der Erfindung kompatibel, d.h. die Erfindung erfordert nicht zwingend neue Befestigungsmethoden.

[0031] Gemäß einer Ausführungsform ist genau eine Statorscheibe zwischen zwei jeweils als separates Bauteil ausgebildeten Distanzringen eingeklemmt. Alternativ können aber auch zwei oder mehr Statorscheiben zwischen denselben zwei Distanzringen eingeklemmt sein.

Nur eine, mehrere oder alle der zwei oder mehr Statorscheiben können erfindungsgemäß ausgebildet sein, d.h. einen Abstand zwischen Schaufelebene und Befestigungsebene aufweisen.

[0032] Gemäß einer Ausführungsform ist genau eine Statorscheibe zwischen einem als separates Bauteil ausgebildeten Distanzring und einem Schulterabschnitt des Stators, insbesondere einem Schulterabschnitt eines einen Teil des Stators bildenden Pumpengehäuses, eingeklemmt. Alternativ können aber auch zwei oder mehr Statorscheiben zwischen dem Distanzring und dem Schulterabschnitt eingeklemmt sein. Nur eine, mehrere oder alle der zwei oder mehr Statorscheiben können erfindungsgemäß ausgebildet sein, d.h. einen Abstand zwischen Schaufelebene und Befestigungsebene aufweisen. Auch mit diesen grundsätzlich bekannten Befestigungsmethoden ist die Erfindung folglich kompatibel.

[0033] Gemäß einer Ausführungsform umfasst der Stator, insbesondere ein einen Teil des Stators bildendes Pumpengehäuse, im Bereich eines Pumpeneinlasses einen Flanschabschnitt zum Herstellen einer mechanischen Verbindung mit einem Rezipienten sowie einen axial vom Pumpeneinlass beabstandeten Schulterabschnitt, der zusammen mit dem Flanschabschnitt einen Montagebereich für zumindest ein am Flanschabschnitt anzusetzendes Verbindungselement, insbesondere zumindest eine Schraube, definiert, wobei genau eine Statorscheibe zwischen einem als separates Bauteil ausgebildeten Distanzring und dem Schulterabschnitt eingeklemmt ist, oder wobei zwei oder mehr Statorscheiben zwischen dem Distanzring und dem Schulterabschnitt eingeklemmt sind. Auch hier können nur eine, mehrere oder alle der zwei oder mehr Statorscheiben erfindungsgemäß ausgebildet sein, d.h. einen Abstand zwischen Schaufelebene und Befestigungsebene aufweisen.

[0034] Eine derartige Ausgestaltung des Einlassbereiches von Turbomolekularvakuumpumpen, also eine Ausgestaltung mit einem axial vom Flanschabschnitt beabstandeten Schulterabschnitt, ist grundsätzlich bekannt, d.h. auch mit derartigen Ausgestaltungen ist die Erfindung kompatibel. Die erfindungsgemäße Statorscheibe kann also insbesondere derart ausgebildet sein, dass sie an einem Schulterabschnitt des Stators, insbesondere des Pumpengehäuses, verspannt werden kann.

[0035] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist die zwischen Distanzring und Schulterabschnitt eingeklemmte Statorscheibe die dem Pumpeneinlass axial am nächsten gelegene Statorscheibe, deren Befestigungsebene im Bereich des Schulterabschnitts und deren Schaufelebene zwischen Pumpeneinlass und Schulterabschnitt gelegen ist.

[0036] Die Erfindung betrifft des Weiteren gemäß dem unabhängigen Anspruch 15 eine Statorscheibe für eine Turbomolekularvakuumpumpe, umfassend eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Statorschaufeln, die eine Schaufelebene definieren, und einen Befestigungsabschnitt mit einem Endabschnitt, mit dem die Statorscheibe an einem Stator der Turbomole-

kularvakuumpumpe befestigbar ist und der eine Befestigungsebene definiert, wobei die Statorscheibe eine Mittelachse definiert und die Schaufelebene und die Befestigungsebene senkrecht zur Mittelachse verlaufen und längs der Mittelachse voneinander beabstandet sind. Bei bestimmungsgemäßem Gebrauch der Statorscheibe in einer erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe fallen die Mittelachse der Statorscheibe und die Rotationsachse des Rotors zusammen.

[0037] Die Statorscheibe kann wie die Statorscheibe der vorstehend beschriebenen, erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe ausgebildet sein, d.h. die in Verbindung mit der Turbomolekularvakuumpumpe offenbaren Weiterbildungen der Statorscheibe gelten auch für die im unabhängigen Anspruch 15 beanspruchte Statorscheibe.

[0038] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben. Es zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Turbomolekularpumpe gemäß dem Stand der Technik,
- Fig. 2 eine Ansicht der Unterseite der Turbomolekularpumpe von Fig. 1,
- 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. 6A, 6B Statorscheiben des Standes der Technik jeweils in einer vereinfachten Seitenansicht,
- Fig. 7 eine vereinfachte Seitenansicht einer erfindungsgemäßen Statorscheibe,
- Fig. 8 eine vereinfachte Draufsicht auf die eine Hälfte einer aus zwei Hälften bestehenden erfindungsgemäßen Statorscheibe,
- Fig. 9A-9C jeweils eine vereinfachte Querschnittsansicht eines Teils einer erfindungsgemäßen Turbomolekularvakuumpumpe, und
- Fig. 1 0A-10E Ansichten entsprechend Fig. 9A zur Veranschaulichung alternativer Mög-

lichkeiten zur Befestigung der Statorscheibe am Stator.

[0039] Die in Fig. 1 gezeigte Turbomolekularpumpe 111 gemäß dem Stand der Technik 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.

[0040] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Gehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Gehäuse 119 umfasst ein Unterteil 121, an welchem seitlich ein Elektronikgehäuse 123 angeordnet ist. In dem Elektronikgehäuse 123 sind elektrische und/oder elektronische Komponenten der Vakuumpumpe 111 untergebracht, z. B. zum Betreiben eines in der Vakuumpumpe angeordneten Elektromotors 125 (vgl. auch Fig. 3). Am Elektronikgehäuse 123 sind mehrere Anschlüsse 127 für Zubehör vorgesehen. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0041] Es existieren auch Turbomolekularpumpen, die kein derartiges angebrachtes Elektronikgehäuse aufweisen, sondern an eine externe Antriebselektronik angeschlossen werden.

[0042] Am Gehäuse 119 der Turbomolekularpumpe 111 ist ein Fluteinlass 133, insbesondere in Form eines Flutventils, vorgesehen, über den die Vakuumpumpe 111 geflutet werden kann. Im Bereich des Unterteils 121 ist ferner noch ein Sperrgasanschluss 135, der auch als Spülgasanschluss bezeichnet wird, angeordnet, über welchen Spülgas zum Schutz des Elektromotors 125 (siehe z.B. Fig. 3) vor dem von der Pumpe geförderten Gas in den Motorraum 137, in welchem der Elektromotor 125 in der Vakuumpumpe 111 untergebracht ist, eingelassen werden kann. Im Unterteil 121 sind ferner noch zwei Kühlmittelanschlüsse 139 angeordnet, wobei einer der Kühlmittelanschlüsse als Einlass und der andere Kühlmittelanschluss als Auslass für Kühlmittel vorgesehen ist, das zu Kühlzwecken in die Vakuumpumpe geleitet werden kann. Andere existierende Turbomolekularvakuumumpen (nicht dargestellt) werden ausschließlich mit Luftkühlung betrieben.

[0043] Die untere Seite 141 der Vakuumpumpe kann als Standfläche dienen, sodass die Vakuumpumpe 111 auf der Unterseite 141 stehend betrieben werden kann. Die Vakuumpumpe 111 kann aber auch über den Einlassflansch 113 an einem Rezipienten befestigt werden und somit gewissermaßen hängend betrieben werden. Außerdem kann die Vakuumpumpe 111 so gestaltet sein, dass sie auch in Betrieb genommen werden kann, wenn sie auf andere Weise ausgerichtet ist als in Fig. 1

gezeigt ist. Es lassen sich auch Ausführungsformen der Vakuumpumpe realisieren, bei der die Unterseite 141 nicht nach unten, sondern zur Seite gewandt oder nach oben gerichtet angeordnet werden kann. Grundsätzlich sind dabei beliebige Winkel möglich.

[0044] Andere existierende Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, können nicht stehend betrieben werden.

[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.

[0046] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann. Dies ist bei anderen existierenden Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die insbesondere größer sind als die hier dargestellte Pumpe, nicht möglich.

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

[0048] Wie die Schnittdarstellungen der Figuren 3 bis 5 zeigen, umfasst die Vakuumpumpe mehrere Prozess-gaspumpstufen zur Förderung des an dem Pumpenein-las 115 anstehenden Prozessgases zu dem Pumpen-auslass 117.

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

[0050] Die Turbomolekularpumpe 111 umfasst meh-rere pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete tur-bomolekulare Pumpstufen mit mehreren an der Rotor-welle 153 befestigten radialen Rotorscheiben 155 und zwischen den Rotorscheiben 155 angeordneten und in dem Gehäuse 119 festgelegten Statorscheiben 157. Da-bei bilden eine Rotorscheibe 155 und eine benachbarte Statorscheibe 157 jeweils eine turbomolekulare Pump-stufe. Die Statorscheiben 157 sind durch Abstandsringe 159 in einem gewünschten axialen Abstand zueinander gehalten.

[0051] Die Vakuumpumpe umfasst außerdem in radi-aler Richtung ineinander angeordnete und pumpwirksam miteinander in Serie geschaltete Holweck-Pumpstufen. Es existieren andere Turbomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt), die keine Holweck-Pumpstufen auf-weisen.

[0052] Der Rotor der Holweck-Pumpstufen umfasst ei-ne 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-Stator-hülsen 167, 169 vorgesehen, die ebenfalls koaxial zu der

Rotationsachse 151 orientiert und in radialer Richtung gesehen ineinander geschachtelt sind.

[0053] 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 Au-ßenfläche der inneren Holweck-Statorhülse 169 unter Ausbildung eines radialen Holweck-Spalts 173 gegenü-ber 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 drit-te Holweck-Pumpstufe.

[0054] 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. Außer-dem kann am oberen Ende der inneren Holweck-Stator-hülse 169 ein radial verlaufender Kanal vorgesehen sein, über den der mittlere Holweck-Spalt 173 mit dem radial innenliegenden Holweck-Spalt 175 verbunden ist. Da-durch 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.

[0055] Die vorstehend genannten pumpaktiven Ober-flächen der Holweck-Statorhülsen 167, 169 weisen je-weils 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.

[0056] Zur drehbaren Lagerung der Rotorwelle 153 sind ein Wälzlager 181 im Bereich des Pumpenauslas-ses 117 und ein Permanentmagnetlager 183 im Bereich des Pumpeneinlasses 115 vorgesehen.

[0057] Im Bereich des Wälzlagers 181 ist an der Ro-torwelle 153 eine konische Spritzmutter 185 mit einem zu dem Wälzlager 181 hin zunehmenden Außendurch-messer vorgesehen. Die Spritzmutter 185 steht mit min-destens einem Abstreifer eines Betriebsmittelspeichers in gleitendem Kontakt. Bei anderen existierenden Tur-bomolekularvakuum-pumpen (nicht dargestellt) kann an-stelle einer Spritzmutter eine Spritzschraube vorgesehen sein. Da somit unterschiedliche Ausführungen möglich sind, wird in diesem Zusammenhang auch der Begriff "Spritzspitze" verwendet.

[0058] Der Betriebsmittelspeicher umfasst mehrere

aufeinander gestapelte saugfähige Scheiben 187, die mit einem Betriebsmittel für das Wälzlager 181, z.B. mit einem Schmiermittel, getränkt sind.

[0059] 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.

[0060] 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.

[0061] Das in dem Lagerspalt 199 vorhandene magnetische Feld ruft magnetische Abstoßungskräfte zwischen den Ringmagneten 195, 197 hervor, welche eine radiale Lagerung der Rotorwelle 153 bewirken. Die rotorseitigen Ringmagnete 195 sind von einem Trägerabschnitt 201 der Rotorwelle 153 getragen, welcher die Ringmagnete 195 radial außenseitig umgibt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind von einem statorseitigen Trägerabschnitt 203 getragen, welcher sich durch die Ringmagnete 197 hindurch erstreckt und an radialen Streben 205 des Gehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 201 gekoppeltes Deckelelement 207 festgelegt. Die statorseitigen Ringmagnete 197 sind parallel zu der Rotationsachse 151 in der einen Richtung durch einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 209 sowie einen mit dem Trägerabschnitt 203 verbundenen Befestigungsring 211 festgelegt. Zwischen dem Befestigungsring 211 und den Ringmagneten 197 kann außerdem eine Tellerfeder 213 vorgesehen sein.

[0062] Innerhalb des Magnetlagers ist ein Not- bzw. Fanglager 215 vorgesehen, welches im normalen Betrieb der Vakuumpumpe 111 ohne Berührung leer läuft und erst bei einer übermäßigen radialen Auslenkung des Rotors 149 relativ zu dem Stator in Eingriff gelangt, um einen radialen Anschlag für den Rotor 149 zu bilden, damit eine Kollision der rotorseitigen Strukturen mit den statorseitigen Strukturen verhindert wird. Das Fanglager 215 ist als ungeschmiertes Wälzlager ausgebildet und bildet mit dem Rotor 149 und/oder dem Stator einen radialen Spalt, welcher bewirkt, dass das Fanglager 215 im normalen Pumpbetrieb außer Eingriff ist. Die radiale Auslenkung, bei der das Fanglager 215 in Eingriff ge-

langt, 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.

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] Zwischen der Rotornabe 161 und einer den Motorraum 137 begrenzenden Wandung 221 kann außerdem eine sog. und an sich bekannte Labyrinthdichtung 223 vorgesehen sein, insbesondere um eine bessere Abdichtung des Motorraums 217 gegenüber den radial außerhalb liegenden Holweck-Pumpstufen zu erreichen.

[0066] Eine erfindungsgemäße Turbomolekularvakuumpumpe, wie sie nachstehend anhand der Fig. 7ff erläutert wird, kann hinsichtlich der in den Fig. 7ff nicht dargestellten Merkmale so ausgebildet sein, wie es vorstehend anhand der Fig. 1 bis 5 beschrieben worden ist.

[0067] Die Fig. 6A und 6B veranschaulichen in stark vereinfachter Seitenansicht gebrochene Statorscheiben 20 gemäß dem Stand der Technik, wie sie in einem herkömmlichen Ansaugbereich einer Turbomolekularvakuumpumpe eingesetzt werden.

[0068] Die durch Ausstanzen und Biegen hergestellten und somit einstückig ausgebildeten Statorscheiben 20 umfassen jeweils einen radial äußeren Bund 24 - im Folgenden auch Außenbund - und einen (nicht dargestellten) radial inneren Bund - im Folgenden auch Innenbund - sowie mehrere dazwischen befindliche Statorschaufeln 22, die gegenüber einer von den Bündeln definierten Schaufelebene 26 durch Biegen schräggestellt sind. Gemäß Fig. 6A stehen die Statorschaufeln 22 zu beiden

Seiten der Schaufelebene 26 vor, gemäß Fig. 6B nur zu einer Seite. Der Außenbund 24 dient zum Befestigen der Statorscheibe 20 an einem nicht gezeigten Stator, indem der Außenbund 24 zum Beispiel zwischen zwei Distanzringen eingeklemmt wird. Der Außenbund 24 definiert damit gleichzeitig auch eine Befestigungsebene 32, d.h. bei den bekannten Statorscheiben 20 fallen Schaufelebene 26 und Befestigungsebene 32 zusammen.

[0069] Die in Fig. 7 (vgl. auch Fig. 8 und 9A) dargestellte erfindungsgemäße geblechte Statorscheibe 20 umfasst entsprechend einer bekannten geblechten Statorscheibe (wie z.B. in Fig. 6B gezeigt) zwischen einem nicht dargestellten Innenbund und einem radial äußeren Bundabschnitt 24a - im Folgenden Außenbund 24a - zu einer Seite hin angestellte Statorschaufeln 22. Der in der Schaufelebene 26 liegende Außenbund 24a ist Bestandteil eines speziell ausgestalteten Befestigungsabschnitts 28, der zusätzlich zu dem Außenbund 24a einen Endabschnitt 30, der eine in einem axialen Abstand 52 von der Schaufelebene 26 verlaufende Befestigungsebene 32 definiert, und einen vom Außenbund 24a - also von der Schaufelebene 26 - zur Befestigungsebene 32 führenden, axial (also parallel zur axialen Richtung Z) verlaufenden Übergangsabschnitt 34 umfasst. Diese erfindungsgemäße geblechte Statorscheibe 20 kann entsprechend einer bekannten geblechten Statorscheibe ebenfalls durch Ausstanzen und Biegen hergestellt werden. Der Abstand 52 zwischen der Schaufelebene 26 und der Befestigungsebene 32 beträgt beispielsweise 10 mm.

[0070] Der Endabschnitt 30 dient zum Befestigen der Statorscheibe 20 an einem Stator einer Turbomolekularvakuumpumpe. Hierauf wird in Verbindung mit Fig. 9A näher eingegangen.

[0071] Fig. 8 ist zu entnehmen, dass die Hälften einer zweiteiligen erfindungsgemäßen geblechten Statorscheibe 20, von denen in Fig. 8 nur eine Hälfte dargestellt ist und die jeweils entsprechend Fig. 7 und Fig. 9A ausgebildet sind, jeweils eine Kreisringform besitzen, d.h. sowohl der Außenbund 24a als auch der in radialer Richtung R innenliegende Bundabschnitt 24b - im Folgenden Innenbund 24b - sind jeweils halbkreisförmig. Zwischen Innenbund 24b und Außenbund 24a befinden sich die schräg gestellten Statorschaufeln 22. Im montierten Zustand begrenzen die beiden Innenbünde 24b der beiden Hälften der Statorscheibe 20 eine kreisförmige Öffnung, durch die sich der Rotor (nicht gezeigt) der Turbomolekularpumpe hindurch erstreckt, dessen Rotationsachse dann mit der Mittelachse der durch die beiden Hälften gebildeten Statorscheibe 20 zusammenfällt. Zu erkennen sind in Fig. 8 außerdem der in axialer Richtung Z verlaufende Übergangsabschnitt 34 sowie der dazu senkrecht verlaufende, radial nach außen vom Übergangsabschnitt 34 abstehende Endabschnitt 30.

[0072] Wie in der Fig. 9A gezeigt ist, ist der Endabschnitt 30 des Befestigungsabschnitts 28 der dem Pumpeneinlass 36 am nächsten gelegenen Statorscheibe 20 zwischen einem Distanzring 50 und einem Schul-

terabschnitt 40 des Pumpengehäuses 38 eingeklemmt. Die Schaufelebene 26 liegt dadurch näher an der durch den Flanschabschnitt 42 und den Pumpeneinlass 36 definierten Einlassebene 54 als die Befestigungsebene 32. Dadurch kann ein Abstand 56 zwischen der Einlassebene 54 und der Schaufelebene 26 im Vergleich zu bekannten Pumpen reduziert werden, was sich positiv auf die Performance der Turbomolekularvakuumpumpe 10 auswirkt, da Strömungsverluste verringert werden.

[0073] Zwischen dem Schulterabschnitt 40 und dem Flanschabschnitt 42 befindet sich ein Montagebereich 44, über den die Köpfe 48 von in Umfangsrichtung verteilten Befestigungsschrauben 46 zugänglich sind, mit denen der Flanschabschnitt 42 mit einem nicht gezeigten Rezipienten verschraubt werden kann.

[0074] Die Schaufelebene 26 befindet sich in Höhe des Montagebereiches 44, der bislang aufgrund des dort reduzierten Innendurchmessers des Pumpengehäuses 12 für die Anordnung von Statorscheiben ungenutzt blieb.

[0075] Die in der Fig. 9A gezeigte Statorscheibe 20 ist die erste, also die dem Pumpeneinlass 36 am nächsten liegende Statorscheibe 20 und bildet einen Teil einer Turbomolekularpumpstufe, die eine Mehrzahl von Statorscheiben 20 und eine Mehrzahl von mit Rotorschaufeln 16 versehenen Rotorscheiben 58 des Rotors 14 umfasst. Nur die erste Rotorscheibe 58 ist in Fig. 9A dargestellt. Die weiteren, nicht gezeigten Statorscheiben sind jeweils zwischen zwei Distanzringen 50 eingeklemmt und können durchgehend scheibenförmig wie im Stand der Technik oder ebenfalls in erfindungsgemäßer Weise mit axial von der Schaufelebene beabstandeter Befestigungsebene ausgebildet sein.

[0076] Der Übergangsabschnitt 34 weist eine zylindrische Form auf, wobei der Außenbund 24a und der Übergangsabschnitt 34 sowie der Übergangsabschnitts 34 und der Endabschnitt 30 jeweils einen Winkel von zumindest im Wesentlichen 90° einschließen, sodass der Befestigungsabschnitt 28 in einer die Rotationsachse 18 enthaltenden Schnittebene eine L-Form aufweist und die Statorscheibe 20 insgesamt eine Hut- oder Topfform besitzt.

[0077] Die Fig. 9B und 9C zeigen, dass auch zwei oder mehr Statorscheiben 20 zwischen einem Distanzring 50 und dem Schulterabschnitt 40 eingeklemmt sein können. Zwischen der dem Pumpeneinlass 36 am nächsten liegenden Statorscheibe 20 und der weiteren bzw. darauffolgenden Statorscheibe 20 ist eine weitere Rotorscheibe 58 mit Rotorschaufeln 16 vorgesehen. Die weitere, zwischen dem Distanzring 50 und dem Schulterabschnitt 40 verklemmte Statorscheibe 20 kann in erfindungsgemäßer Weise mit axial von der Schaufelebene 26 beabstandeter Befestigungsebene 32 ausgebildet sein (siehe Fig. 9B). Die weitere Statorscheibe 20 kann aber auch durchgehend scheibenförmig wie im Stand der Technik ausgebildet sein (siehe Fig. 9C).

[0078] Fig. 10A zeigt, dass die Statorscheibe 20 mit dem Endabschnitt 30 ihres Befestigungsabschnitts 28 auch zwischen zwei Distanzringen 50 des Stators 12 ein-

geklemt sein kann.

[0079] Die Ausführungsbeispiele der Fig. 10B bis 10E unterscheiden sich von jenem der Fig. 9A durch die Form des Befestigungsabschnitts 28 einschließlich des Endabschnitts 30 sowie durch die Form der Klemmflächen der Distanzringe 50. Diese Ausführungsbeispiele veranschaulichen exemplarisch, dass die Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Statorscheibe 20 nicht auf die Hut- bzw. Topfform gemäß Fig. 9A beschränkt ist, sondern der Befestigungsabschnitt 28 grundsätzlich eine beliebige Form aufweisen kann.

[0080] Die Distanzringe 50 können jeweils mit ihren Klemmflächen an die Form des Endabschnitts 30 angepasst werden, wie dies den Fig. 10B bis 10E ebenfalls entnommen werden kann. Die Klemmflächen der Distanzringe 50 müssen dabei nicht exakt an die Form des jeweiligen Endabschnitts 30 angepasst sein. Es kann in einem jeweiligen konkreten Fall akzeptierbar oder erwünscht sein, dass sich der Endabschnitt 30 der Statorscheibe 20 beim Einklemmen verformt und so von selbst an die zusammenwirkenden Klemmflächen der Distanzringe 50 anpasst. Gemäß Fig. 10B ist der Übergangsabschnitt 34 konisch und geht in den ebenfalls konischen und den gleichen Konuswinkel aufweisenden Endabschnitt 30 über, dessen freies Ende hier die Befestigungsebene 32 definiert.

[0081] Beim Ausführungsbeispiel von Fig. 10C ist im Unterschied zu dem der Fig. 10B kein in der Schaufelebene 26 liegender Außenbund vorgesehen, d.h. der Übergangsabschnitt 34 führt direkt von den radial äußeren Enden der Schaufeln 22 zum Endabschnitt 30.

[0082] Gemäß Fig. 10D sind sowohl der Übergangsabschnitt 34 als auch der Endabschnitt 30 gekrümmt. Der gekrümmte Verlauf kann grundsätzlich beliebig gewählt werden. Die Befestigungsebene 32 ist hier durch den Scheitel des Endabschnitts 30 definiert.

[0083] Das Ausführungsbeispiel der Fig. 10E entspricht jenem der Fig. 10B, wobei jedoch kein Übergangsabschnitt vorhanden ist, sondern der zwischen den Distanzringen 50 eingeklemmte Endabschnitt 30 direkt an den Außenbund 24a anschließt.

Bezugszeichenliste

[0084]

10	Turbomolekularvakuumpumpe
12	Stator
14	Rotor
16	Rotorschaukeln
18	Rotationsachse
20	Statorscheibe
22	Statorschaukeln
24	Bund
24a, 24b	Bundabschnitt
26	Schaufelebene
28	Befestigungsabschnitt
30	Endabschnitt

32	Befestigungsebene
34	Übergangsabschnitt
36	Pumpeneinlass
38	Pumpengehäuse
5	40 Schulterabschnitt
42	Flanschabschnitt
44	Montagebereich
46	Schraube
48	Schraubenkopf
10	50 Distanzring
52	Abstand zwischen Schaufelebene und Befestigungsebene
54	Einlassebene am Pumpeneinlass
56	Abstand zwischen Einlassebene und Schaufelebene
15	58 Rotorscheibe
111	Turbomolekularpumpe
113	Einlassflansch
115	Pumpeneinlass
20	117 Pumpenauslass
119	Gehäuse
121	Unterteil
123	Elektronikgehäuse
125	Elektromotor
25	127 Zubehöranschluss
129	Datenschnittstelle
131	Stromversorgungsanschluss
133	Fluteinlass
135	Sperrgasanschluss
30	137 Motorraum
139	Kühlmittelanschluss
141	Unterseite
143	Schraube
145	Lagerdeckel
35	147 Befestigungsbohrung
148	Kühlmittelleitung
149	Rotor
151	Rotationsachse
153	Rotorwelle
40	155 Rotorscheibe
157	Statorscheibe
159	Abstandsring
161	Rotornabe
163	Holweck-Rotorhülse
45	165 Holweck-Rotorhülse
167	Holweck-Statorhülse
169	Holweck-Statorhülse
171	Holweck-Spalt
173	Holweck-Spalt
50	175 Holweck-Spalt
179	Verbindungskanal
181	Wälzlager
183	Permanentmagnetlager
185	Spritzmutter
55	187 Scheibe
189	Einsatz
191	rotorseitige Lagerhälfte
193	statorseitige Lagerhälfte

195 Ringmagnet
 197 Ringmagnet
 199 Lagerspalt
 201 Trägerabschnitt
 203 Trägerabschnitt
 205 radiale Strebe
 207 Deckelelement
 209 Stützring
 211 Befestigungsring
 213 Tellerfeder
 215 Not- bzw. Fanglager
 217 Motorstator
 219 Zwischenraum
 221 Wandung
 223 Labyrinthdichtung

Patentansprüche

1. Turbomolekularvakuumpumpe (10) umfassend:
 - einen Stator (12);
 - zumindest einen Rotor (14) mit einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Rotorscheaufeln (16), der zu einer Rotation um eine Rotationsachse (18) antreibbar ist, um eine Pumpwirkung zu erzeugen; und
 - zumindest eine am Stator (12) befestigte Statorscheibe (20), die mit dem Rotor (14) zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirkt und eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Statorschaufeln (22) umfasst, die eine Schaufelebene (26) definieren, wobei die Statorscheibe (20) zum Befestigen an dem Stator (12) einen Befestigungsabschnitt (28) mit einem Endabschnitt (30) umfasst, mit dem die Statorscheibe (20) an dem Stator (12) befestigt ist und der eine Befestigungsebene (32) definiert, und wobei die Schaufelebene (26) und die Befestigungsebene (32) senkrecht zur Rotationsachse (18) verlaufen und längs der Rotationsachse (18) voneinander beabstandet sind.
2. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 1, wobei die Schaufelebene (26) axial näher an einem Pumpeneinlass (36) gelegen ist als die Befestigungsebene (32).
3. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 1 oder 2,
 - wobei die Statorscheibe (20) einstückig ausgebildet ist, und/oder
 - wobei die Statorscheibe (20) ein Stanz- und/oder Biegeteil aus Blech ist oder durch spanende Bearbeitung eines Ausgangsteils hergestellt ist, insbesondere durch Sägen und/oder Fräsen des Ausgangsteils.

4. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Befestigungsabschnitt (28) von einem Bund (24) der Statorscheibe (20) gebildet ist, der radial außen den Endabschnitt (30) aufweist und radial innen mit den Statorschaufeln (22) verbunden ist, oder umgekehrt, und/oder wobei der Befestigungsabschnitt (28) einen radial äußeren oder radial inneren Bundabschnitt (24a, 24b) umfasst, der in der Schaufelebene (26) liegt und mit den Statorschaufeln (22) verbunden ist.
5. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Befestigungsabschnitt (28) von freien Endabschnitten der Statorschaufeln (20) gebildet ist.
6. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,
 - wobei der Befestigungsabschnitt (28) einen Übergangsabschnitt (34) umfasst, der von der Schaufelebene (26) zum Endabschnitt (30) des Befestigungsabschnitts (28) führt, insbesondere wobei der Übergangsabschnitt (34) zumindest abschnittsweise eine zylindrische oder konische Form mit der Rotationsachse (18) als Mittelachse aufweist.
7. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Endabschnitt (30) des Befestigungsabschnitts (28) eine Kreisringform oder eine konische Form mit der Rotationsachse (18) als Mittelachse besitzt oder in einer die Rotationsachse (18) enthaltenden Schnittebene einen gekrümmten Verlauf aufweist.
8. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Befestigungsabschnitt (28) in einer die Rotationsachse (18) enthaltenden Schnittebene eine L-Form besitzt oder umfasst, insbesondere wobei die L-Form von einem von der Schaufelebene (26) zum Endabschnitt (30) des Befestigungsabschnitts (28) führenden Übergangsabschnitt (34) und dem Endabschnitt (30) des Befestigungsabschnitts (28) gebildet ist.
9. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Statorscheibe (20) ein Teil einer Turbomolekularpumpstufe ist, die eine Mehrzahl von Statorscheiben (20) und eine Mehrzahl von jeweils mehrere Rotorscheaufeln (16) umfassenden Rotorscheiben (58) des Rotors (14) umfasst, wobei die Statorscheiben (20) und die Rotorscheiben (58) zur Erzeugung der Pumpwirkung zusammenwirken.
10. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Statorscheibe (20) die

einem Pumpeneinlass (36) axial am nächsten gelegene Statorscheibe (20) einer Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Statorscheiben (20) des Stators (12) ist und/oder wobei zusätzlich zu der Statorscheibe (20) eine oder mehrere mit dieser baugleiche Statorscheiben (20) vorgesehen sind, bei denen jeweils die Schaufelebene (26) axial näher an einem Pumpeneinlass (36) gelegen ist als die Befestigungsebene (32).

11. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Statorscheibe (20) mit dem Endabschnitt (30) des Befestigungsabschnitts (28) am Stator (12) axial eingeklemmt ist.

12. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,

wobei genau eine Statorscheibe (20) zwischen zwei jeweils als separates Bauteil ausgebildeten Distanzringen (50) eingeklemmt ist, oder wobei zwei oder mehr Statorscheiben (20) zwischen zwei jeweils als separates Bauteil ausgebildeten Distanzringen (50) eingeklemmt sind, und/oder wobei genau eine Statorscheibe (20) zwischen einem als separates Bauteil ausgebildeten Distanzring (50) und einem Schulterabschnitt (40) des Stators (12), insbesondere einem Schulterabschnitt (40) eines einen Teil des Stators (12) bildenden Pumpengehäuses (38), eingeklemmt ist, oder wobei zwei oder mehr Statorscheiben (20) zwischen einem als separates Bauteil ausgebildeten Distanzring (50) und einem Schulterabschnitt (40) des Stators (12), insbesondere einem Schulterabschnitt (40) eines einen Teil des Stators (12) bildenden Pumpengehäuses (38), eingeklemmt sind.

13. Vakuumpumpe (10) nach zumindest einem der vorherigen Ansprüche,

wobei der Stator (12), insbesondere ein einen Teil des Stators (12) bildendes Pumpengehäuse (38), im Bereich eines Pumpeneinlasses (36) einen Flanschabschnitt (42) zum Herstellen einer mechanischen Verbindung mit einem Rezipienten sowie einen axial vom Pumpeneinlass (36) beabstandeten Schulterabschnitt (40) umfasst, der zusammen mit dem Flanschabschnitt (42) einen Montagebereich (44) für zumindest ein am Flanschabschnitt (42) anzusetzendes Verbindungselement, insbesondere zumindest eine Schraube (46), definiert, und wobei genau eine Statorscheibe (20) zwischen einem als separates Bauteil ausgebildeten Distanzring (50) und dem Schulterabschnitt (40) eingeklemmt ist, oder wobei zwei oder mehr Statorscheiben (20) zwischen einem als separates

Bauteil ausgebildeten Distanzring (50) und dem Schulterabschnitt (40) eingeklemmt sind.

14. Vakuumpumpe (10) nach Anspruch 13, wobei die Statorscheibe (20) die dem Pumpeneinlass (36) axial am nächsten gelegene Statorscheibe (20) ist, deren Befestigungsebene (32) im Bereich des Schulterabschnitts (40) und deren Schaufelebene (26) zwischen dem Pumpeneinlass (36) und dem Schulterabschnitt (40) gelegen ist.

15. Statorscheibe (20) für eine Turbomolekularvakuumpumpe (10), umfassend eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Statorschaufeln (22), die eine Schaufelebene (26) definieren, und einen Befestigungsabschnitt (28) mit einem Endabschnitt (30), mit dem die Statorscheibe (20) an einem Stator (12) der Turbomolekularvakuumpumpe (10) befestigbar ist und der eine Befestigungsebene (32) definiert, wobei die Statorscheibe (20) eine Mittelachse definiert und die Schaufelebene (26) und die Befestigungsebene (32) senkrecht zur Mittelachse verlaufen und längs der Mittelachse voneinander beabstandet sind.

Fig. 1

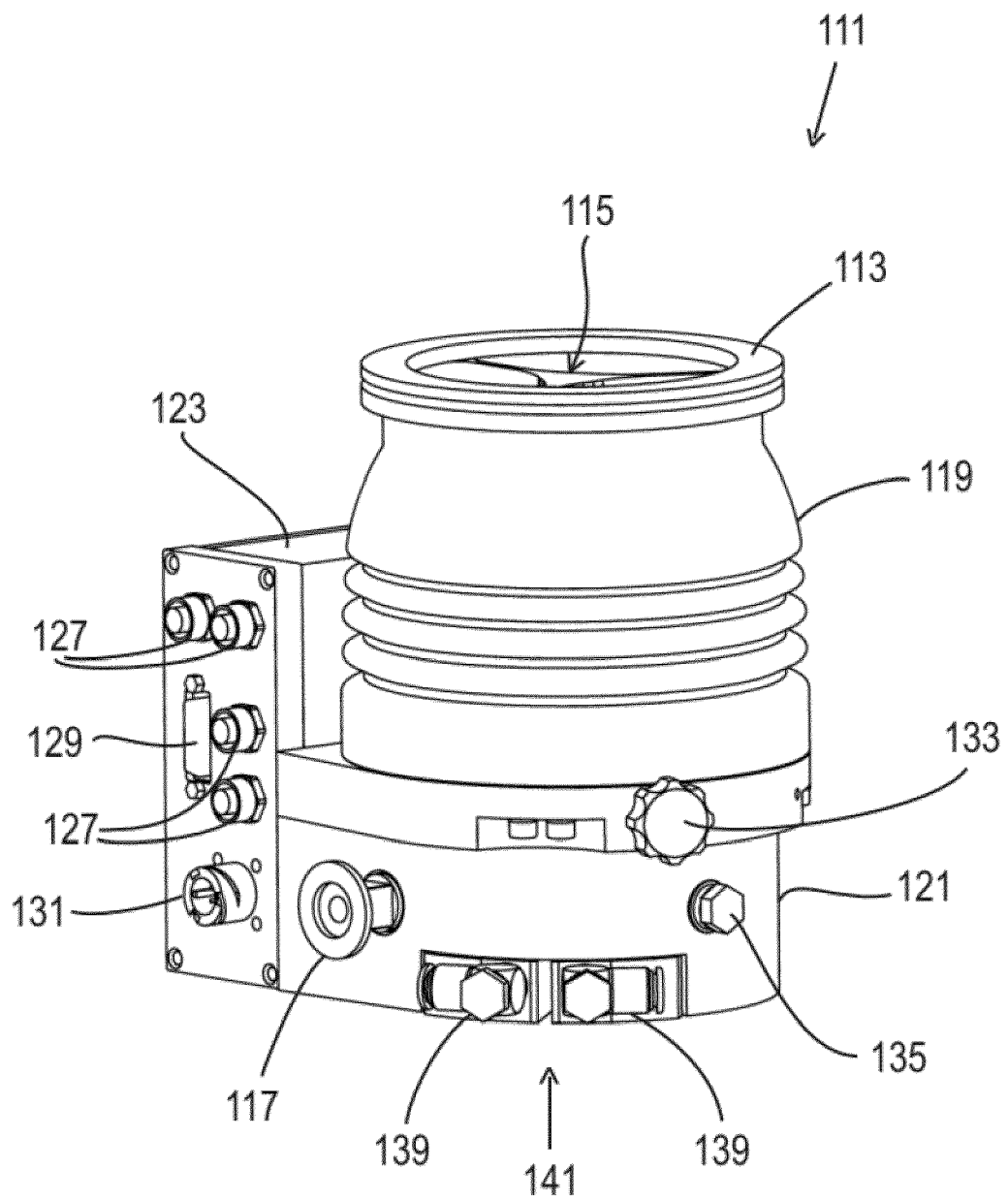


Fig. 2

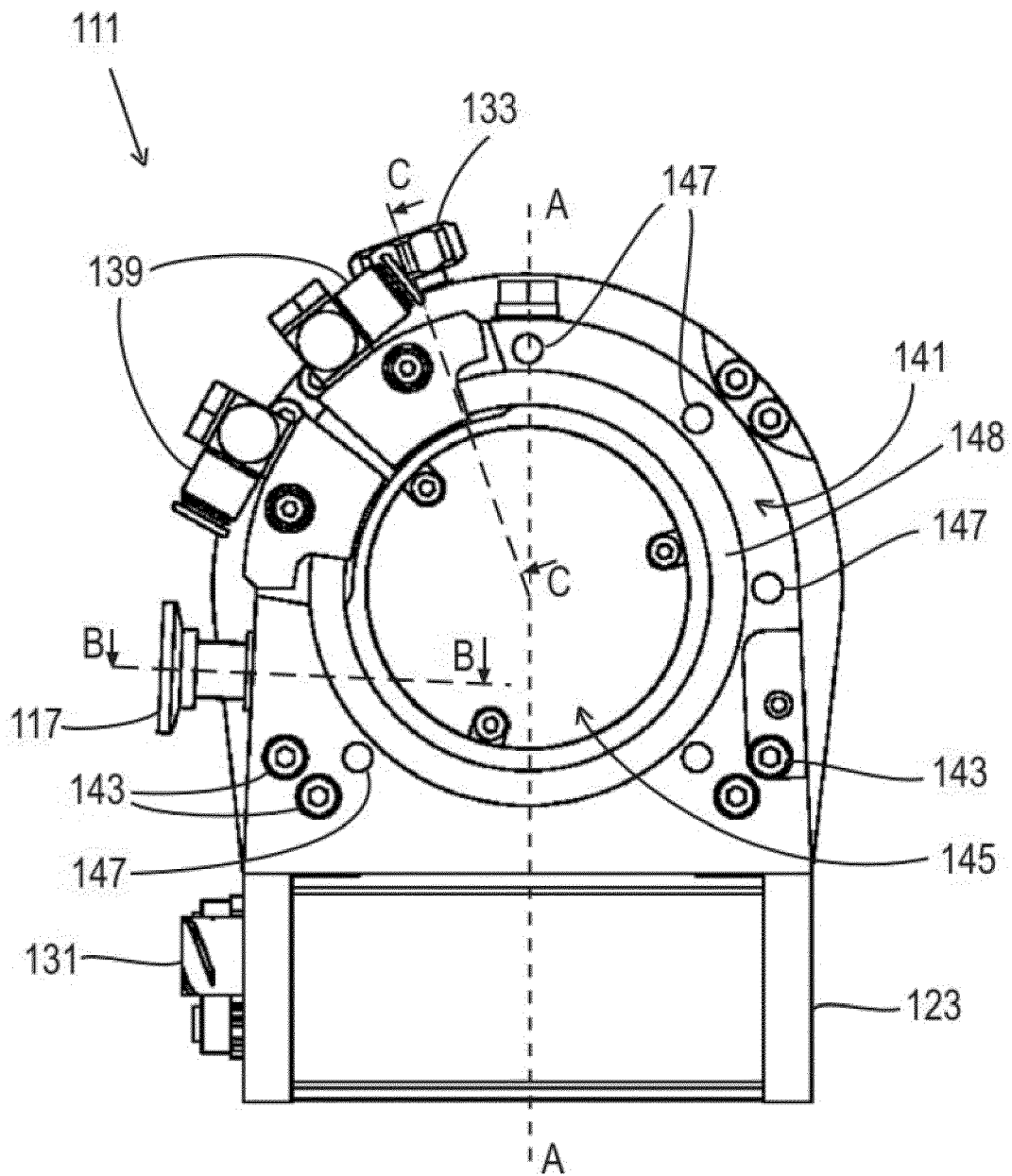
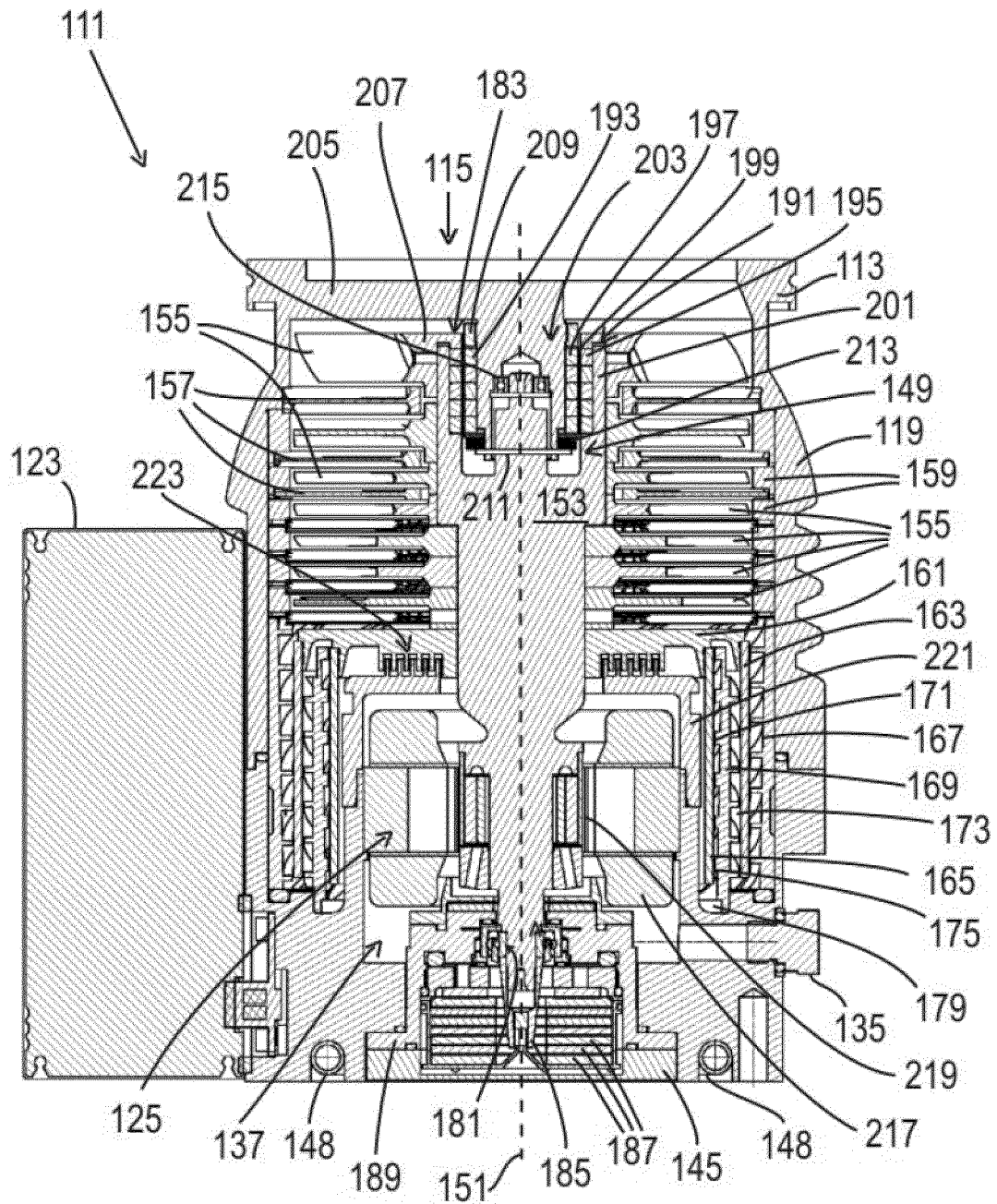


Fig. 3



A-A

Fig. 4

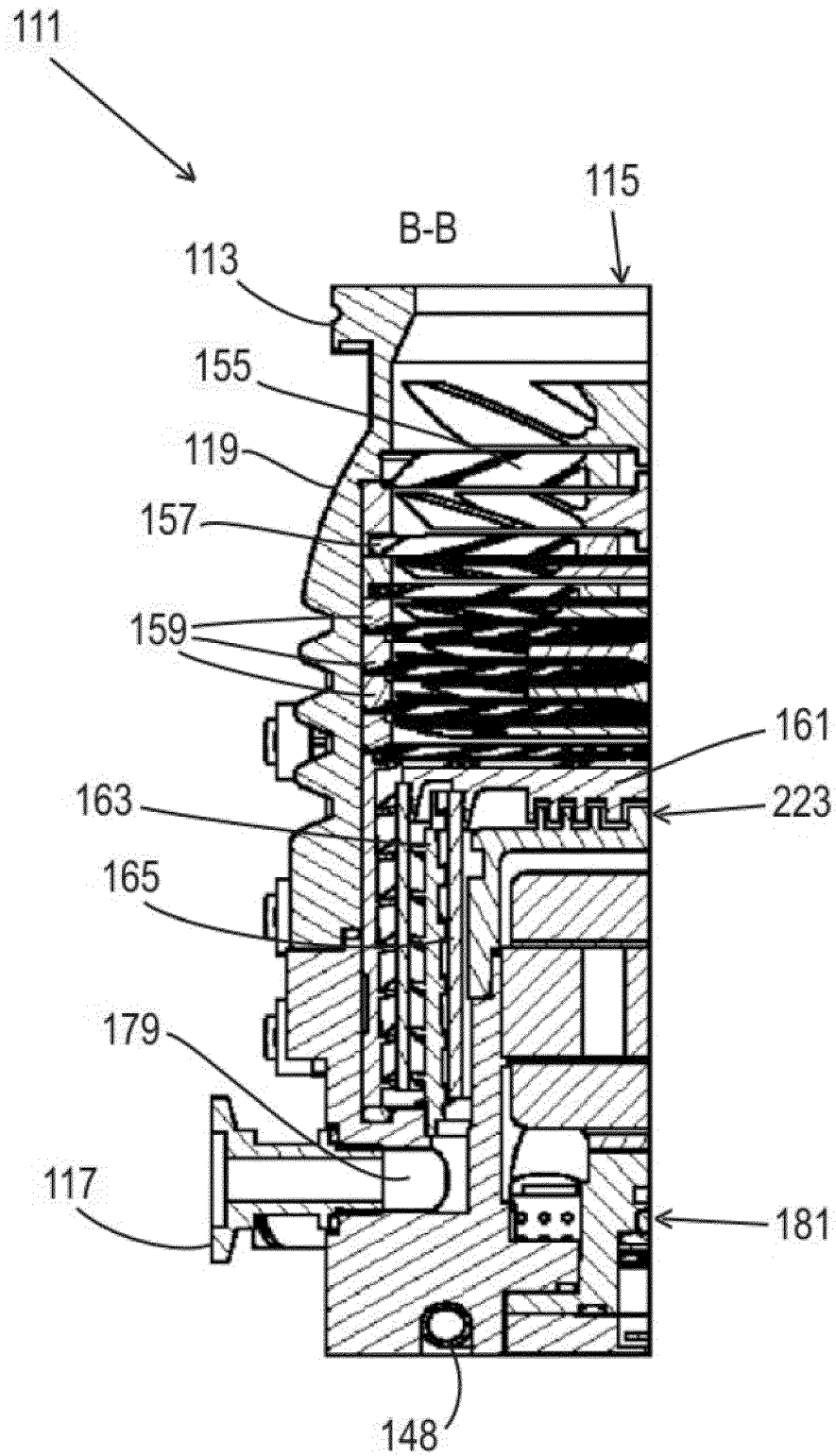


Fig. 5

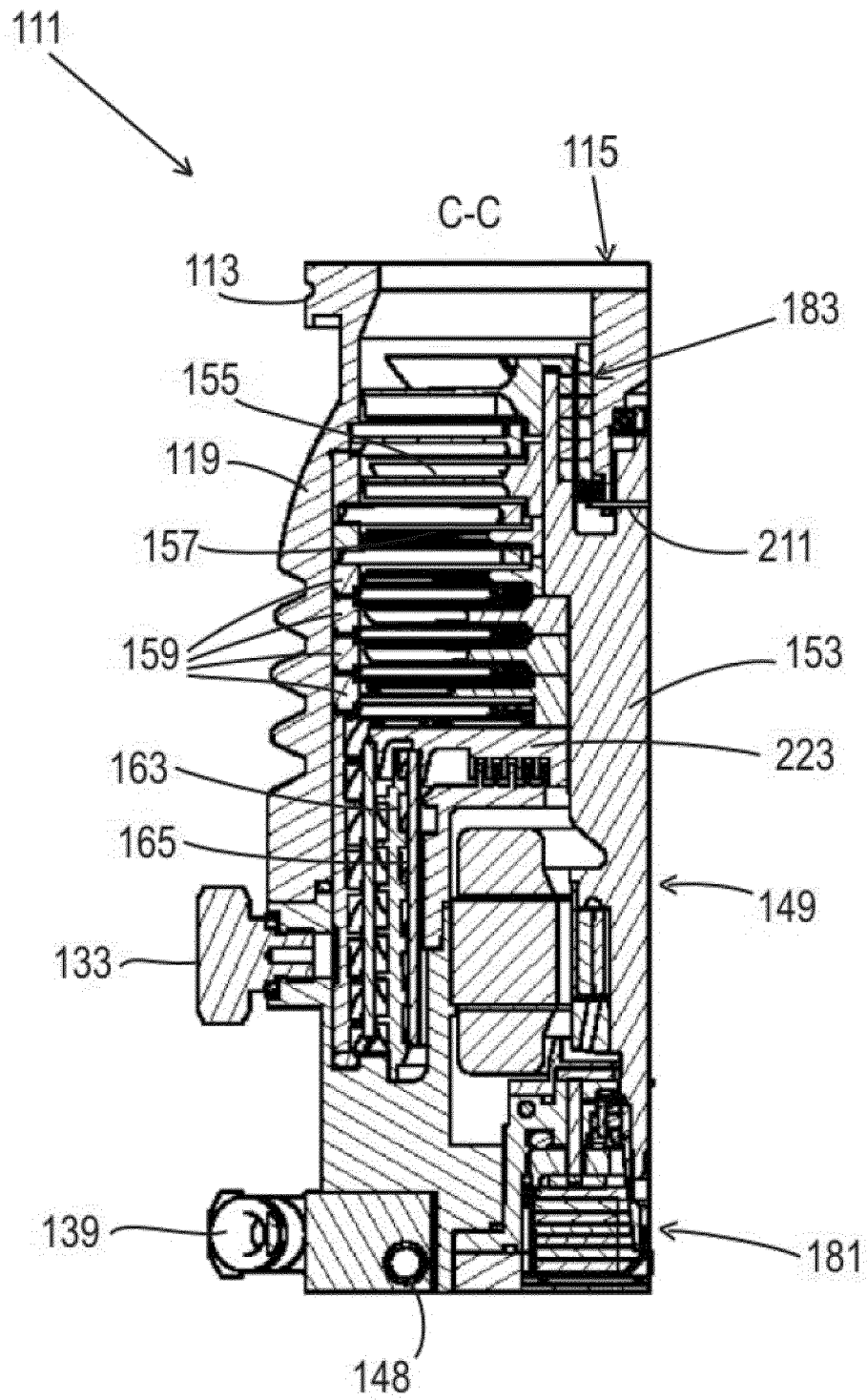
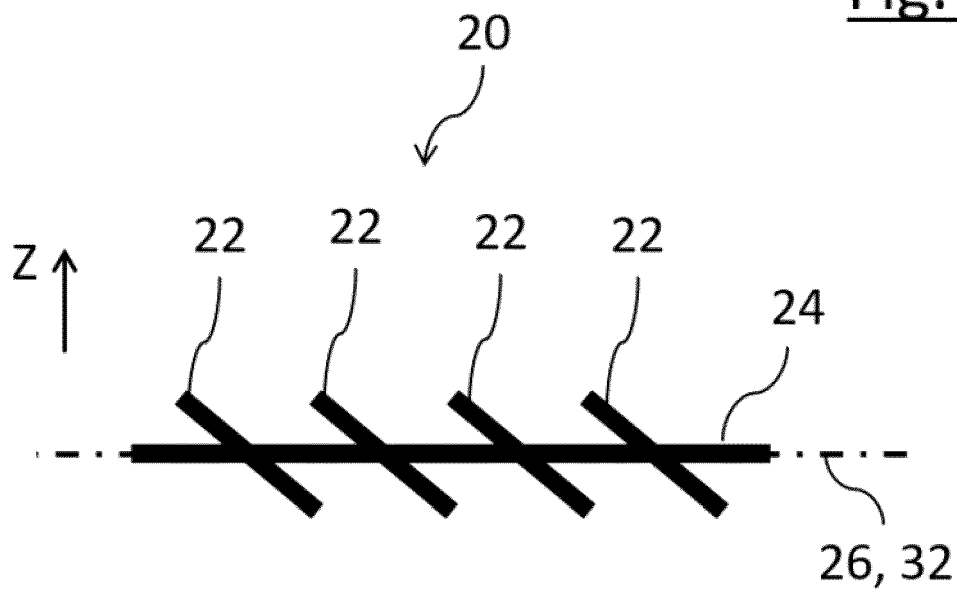
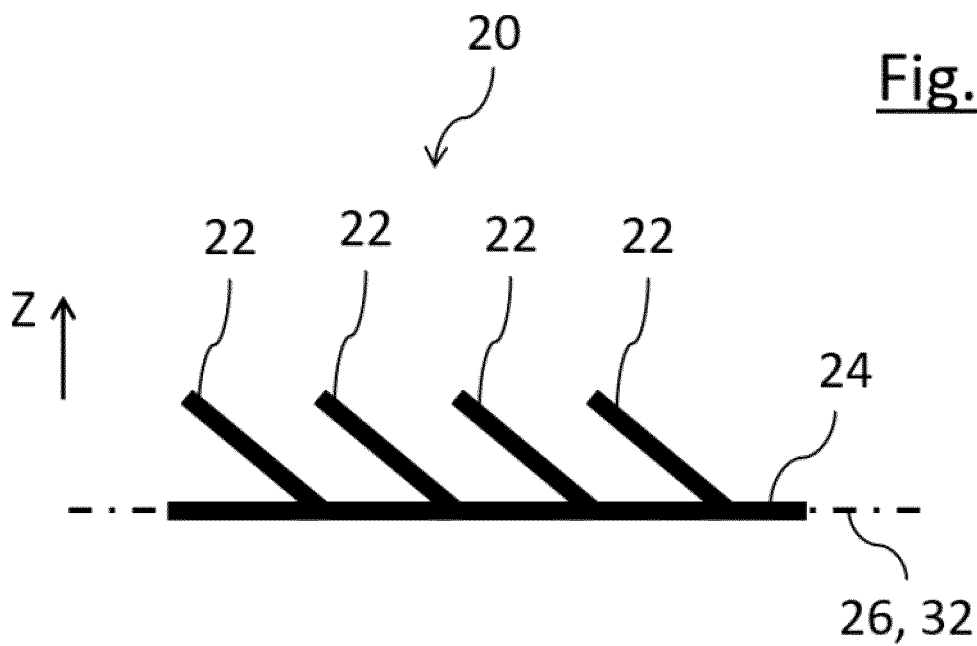


Fig. 6A



Stand der Technik

Fig. 6B



Stand der Technik

Fig. 7

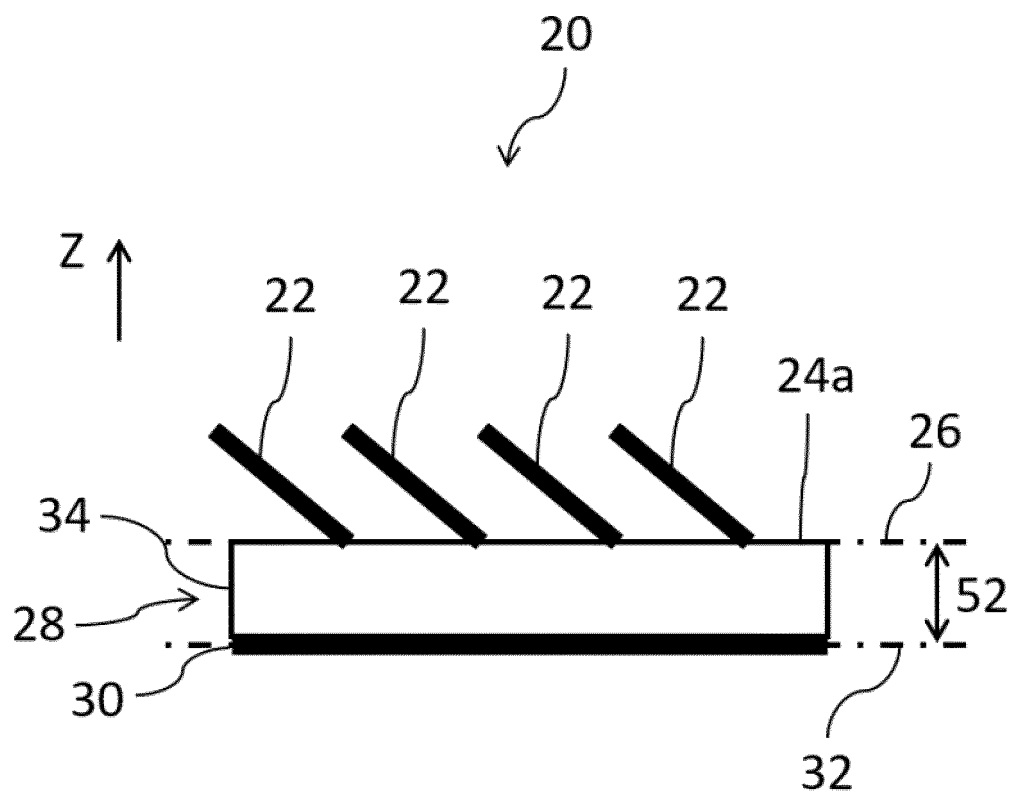


Fig. 8

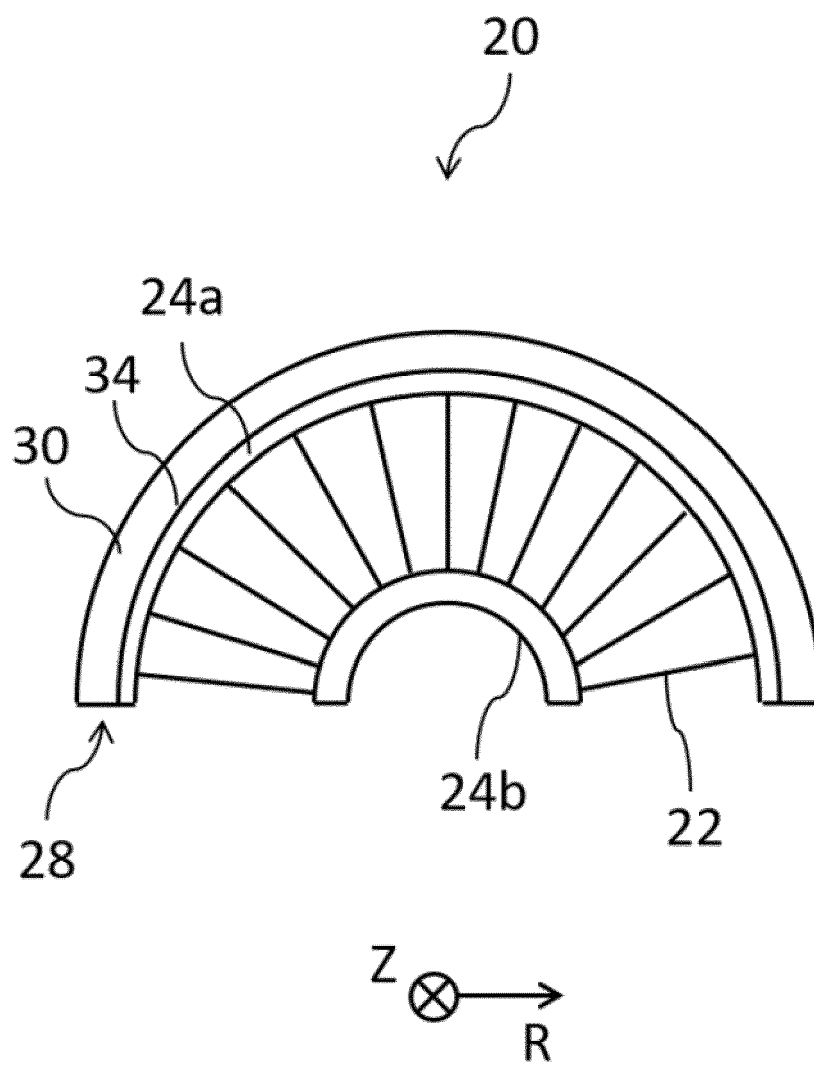


Fig. 9A

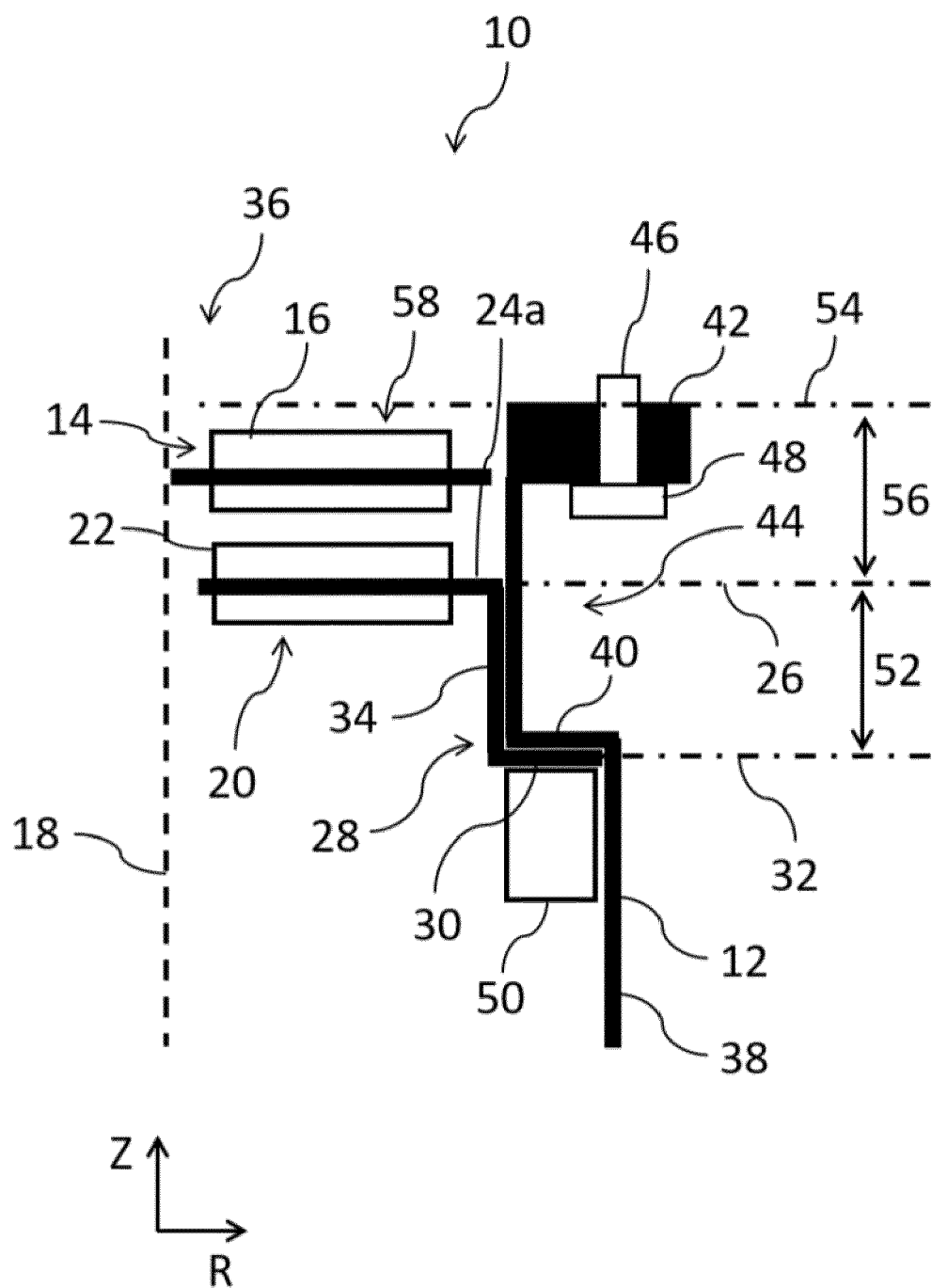


Fig. 9B

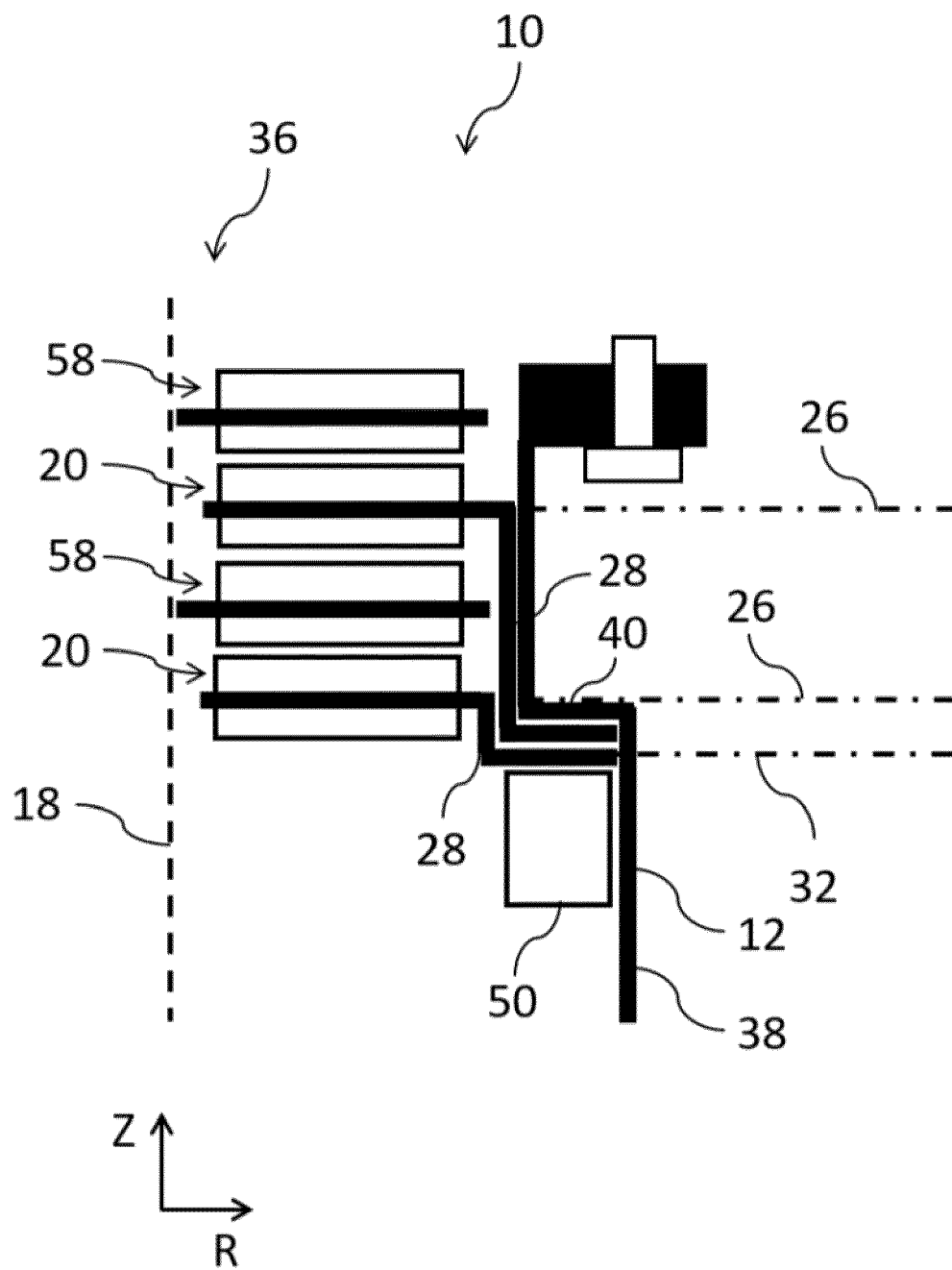


Fig. 9C

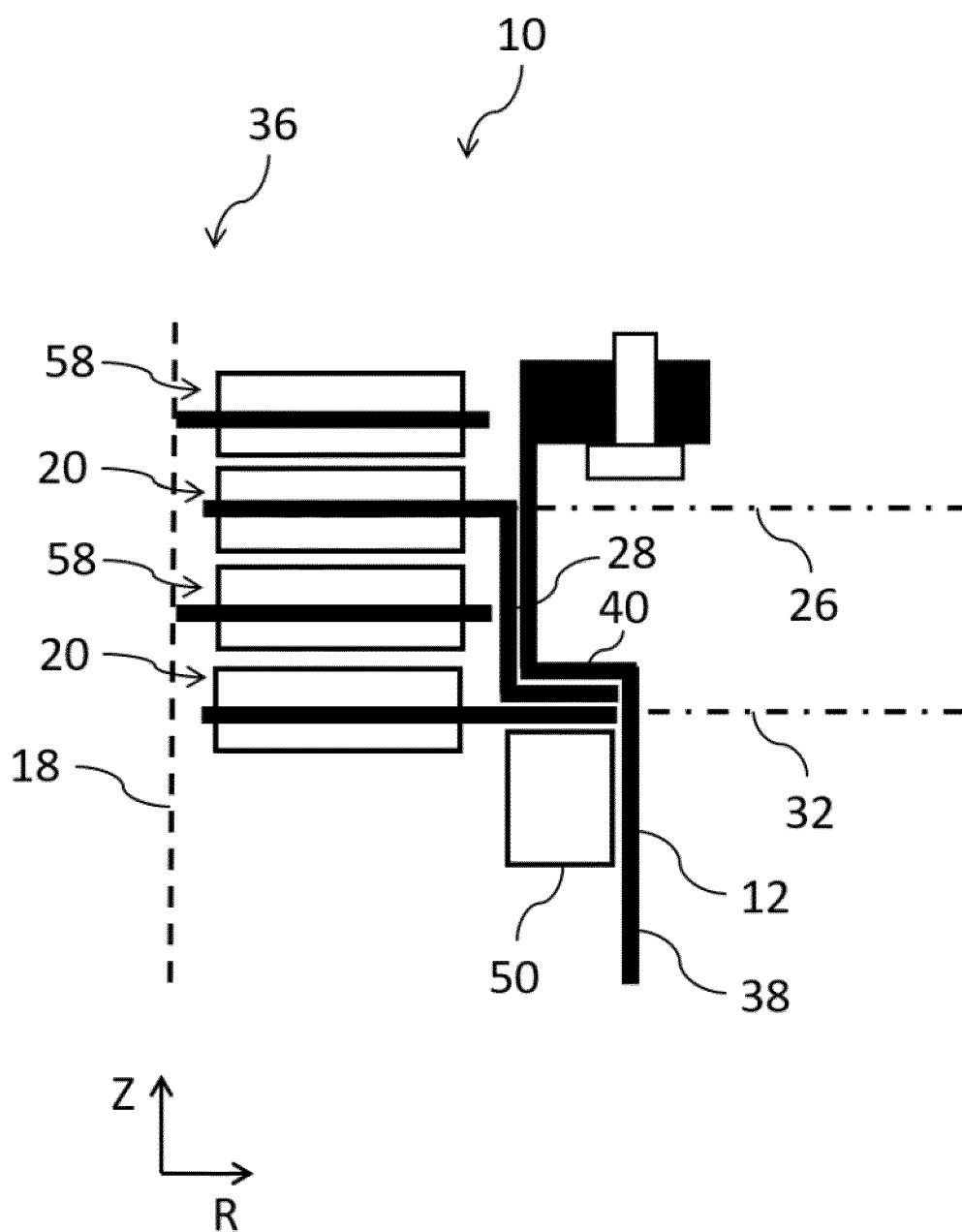


Fig. 10A

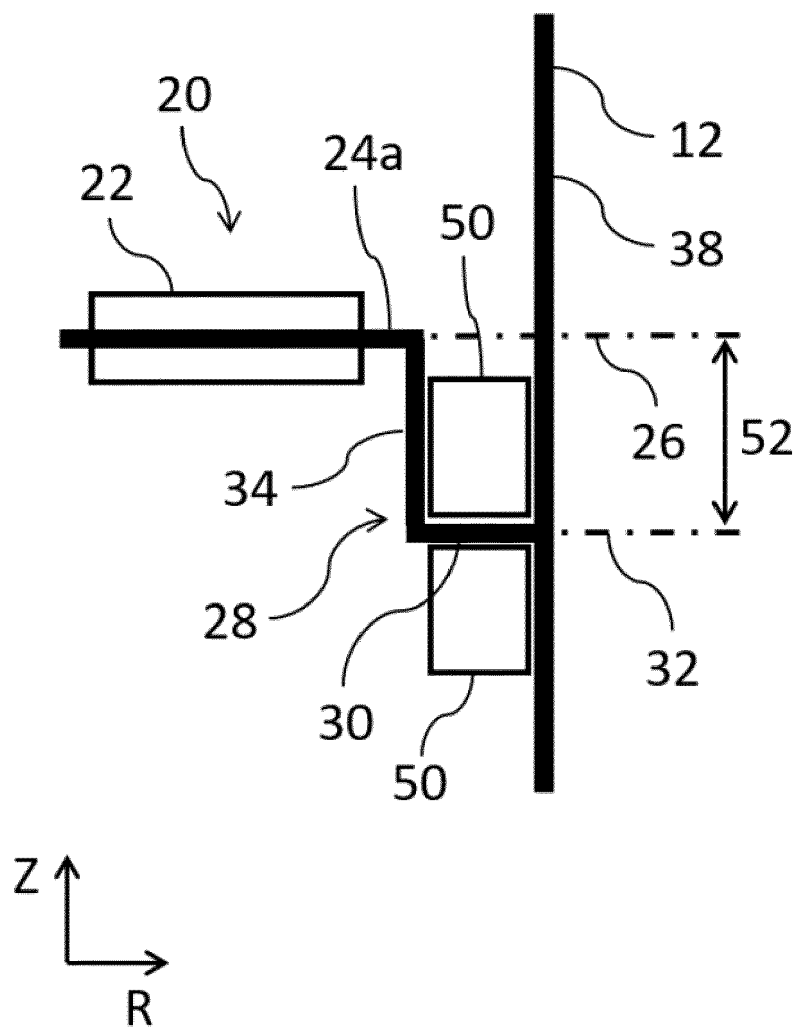


Fig. 10B

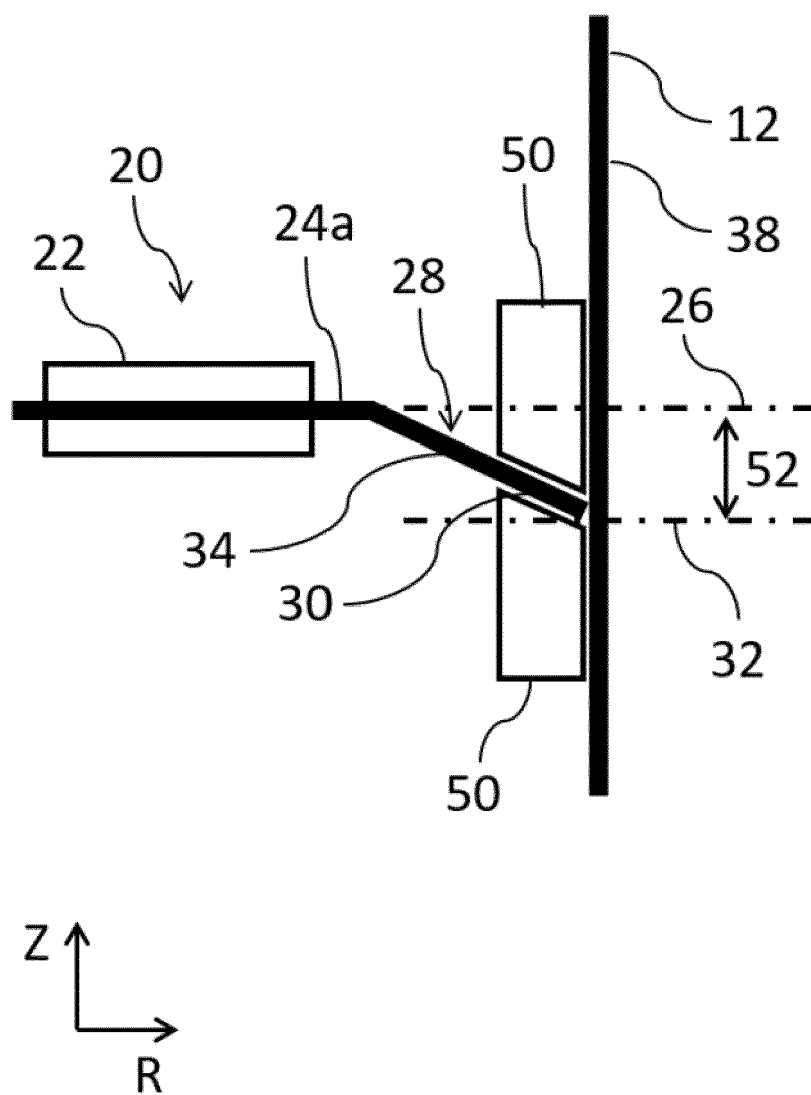


Fig. 10C

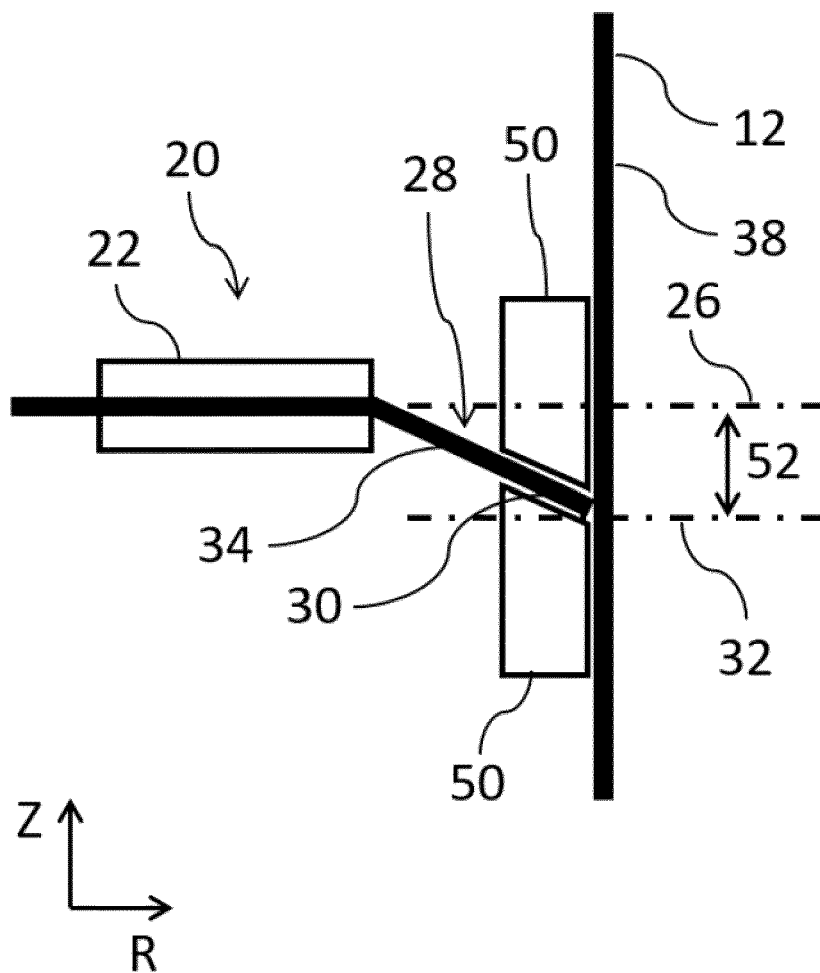


Fig. 10D

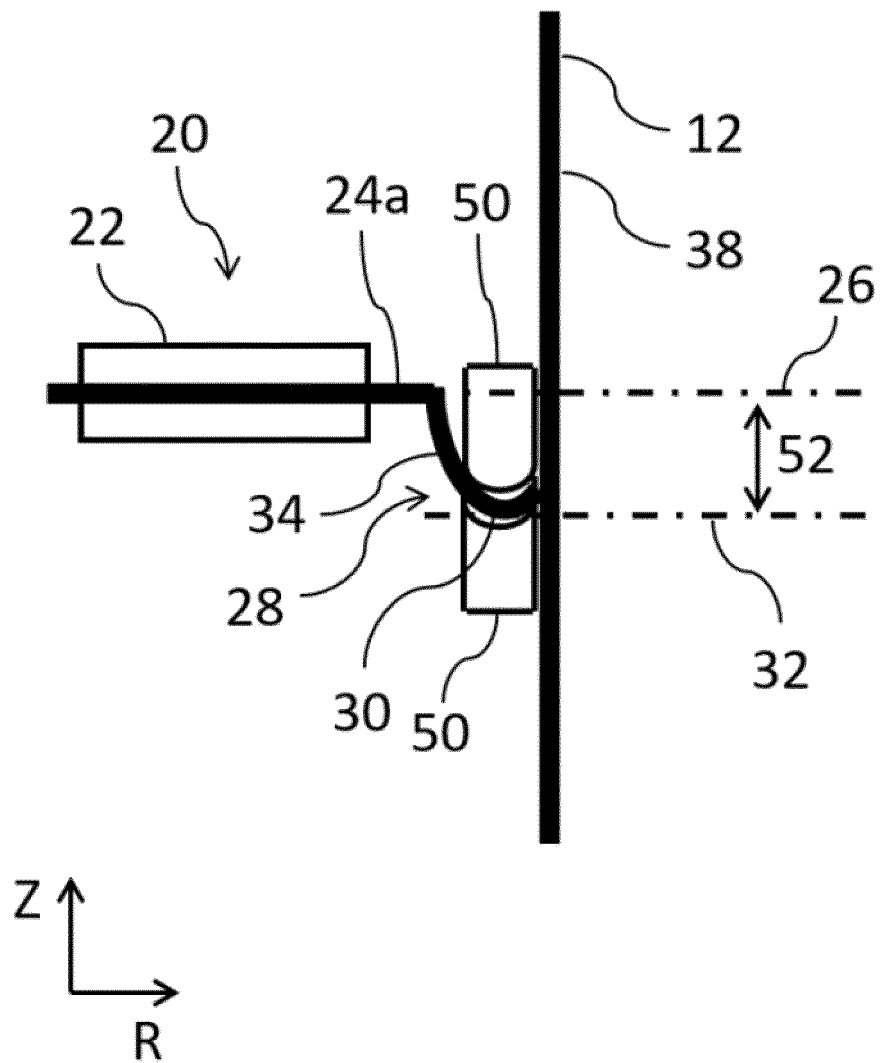
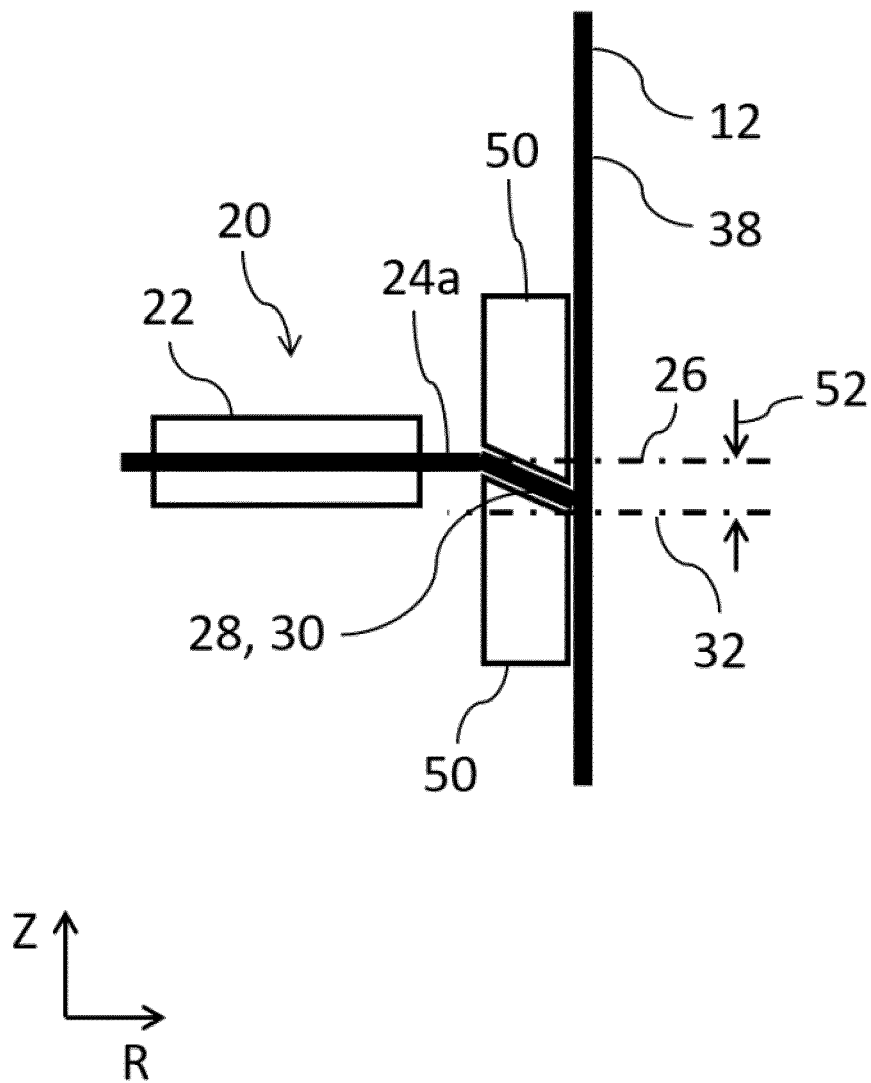


Fig. 10E





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 23 21 8595

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 0 967 395 A2 (SEIKO SEIKI KK [JP]) 29. Dezember 1999 (1999-12-29)	1-13, 15	INV. F04D19/04
A	* Absätze [0031] - [0035], [0054] - [0056], [0091] - [0112] * * Abbildungen 1, 2a, 7-10 *	14	F04D29/54 F04D29/64
X	EP 3 734 078 A2 (PFEIFFER VACUUM TECH AG [DE]) 4. November 2020 (2020-11-04)	1-5, 7, 9-13, 15	
A	* Absätze [0035], [0036], [0046], [0061], [0063] - [0065], [0082] - [0084] * * Abbildungen 3, 4, 11 *	14	
X	EP 1 918 588 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 7. Mai 2008 (2008-05-07)	1, 3, 4, 6-9, 15	
A	* Absätze [0017] - [0026] * * Abbildungen 1-6 *		
A	DE 102 11 134 C1 (SCHWERIONENFORSCH GMBH [DE]) 14. August 2003 (2003-08-14)	1, 4	
	* Abbildung 3 *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F04D
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 10. Januar 2024	Prüfer Gombert, Ralf
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

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

EP 23 21 8595

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

10-01-2024

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0967395 A2	29-12-1999	DE 69928866 T2	06-07-2006
		EP 0967395 A2	29-12-1999
		JP 3013083 B2	28-02-2000
		JP 2000009088 A	11-01-2000
		KR 20000006393 A	25-01-2000
		US 6334754 B1	01-01-2002
EP 3734078 A2	04-11-2020	EP 3734078 A2	04-11-2020
		JP 7016398 B2	04-02-2022
		JP 2021139361 A	16-09-2021
EP 1918588 A2	07-05-2008	DE 102006050565 A1	30-04-2008
		EP 1918588 A2	07-05-2008
DE 10211134 C1	14-08-2003	AU 2003218667 A1	22-09-2003
		DE 10211134 C1	14-08-2003
		EP 1483506 A1	08-12-2004
		JP 2005520090 A	07-07-2005
		US 2005106005 A1	19-05-2005
		WO 03076810 A1	18-09-2003

EPO FORM P0461

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