

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
25.03.2020 Patentblatt 2020/13

(51) Int Cl.: **F04D 19/04** ^(2006.01) **F04D 25/06** ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **19194646.6**

(22) Anmeldetag: 30.08.2019

(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

(71) Anmelder: **PFEIFFER VACUUM GMBH**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:
• **Wang, Jinou**
35606 Solms-Oberbiel (DE)

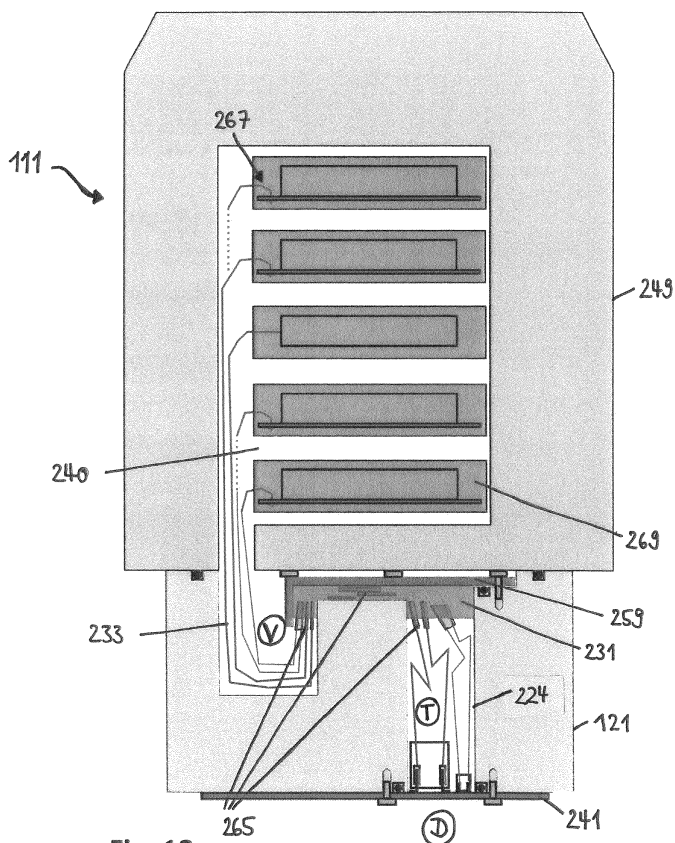
- Hopf, Dirk
35641 Schöffengrund-Oberwetz (DE)

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

(54) **VAKUUMPUMPE**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe (111), die einen durch ein Pumpengehäuse (119) begrenzten Vakuumraum (V) sowie eine Platine (241) umfasst, wobei des Pumpengehäuse eine Anschlussöffnung (225) aufweist,

die durch die Platine vakuumdicht verschlossen ist, so dass die Platine den Vakuumraum von einem Druckraum (D) trennt, und wobei der Platine vakuumseitig eine zu der Platine beabstandete Gassperre (231) ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, insbesondere eine Turbomolekularpumpe, mit einem Vakuumraum, der durch eine Platine vakuumdicht von einem Druckraum abgetrennt ist, sowie ein Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind Vakuumpumpen bekannt, die eine Glasdurchführung mit isolierten Lötverbindungen für die Durchführung von Signalen aus einem Vakuumraum in einen Druckraum aufweisen. Bei einer Vielzahl an durchzuführenden Signalen ist jedoch eine Platine als Vakuumdurchführung wesentlich günstiger. Eine Vakuumpumpe mit einer solchen Platine ist ebenfalls bekannt, kann beim Pumpen von Korrosivgasen jedoch nicht eingesetzt werden, da korrosives Prozessgas die Platine beschädigen könnte. Für derartige Anwendungen, wie sie z.B. in der Halbleiterindustrie relevant sind, muss daher auf eine aufwändigere Glasdurchführung mit Lötverbindungen zurückgegriffen werden.

[0003] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vakuumpumpe bereitzustellen, die wirtschaftlicher herstellbar sowie flexibler einsetzbar ist.

[0004] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe mit den Merkmalen des Anspruchs 13.

[0005] Eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe, umfasst einen durch ein Pumpengehäuse begrenzten Vakuumraum sowie eine Platine, wobei das Pumpengehäuse eine Anschlussöffnung aufweist, die durch die Platine vakuumdicht verschlossen ist, sodass die Platine den Vakuumraum von einem Druckraum trennt, wobei der Platine vakuumseitig eine zu der Platine beabstandete Gassperre vorgelagert ist.

[0006] Der Erfindung liegt der allgemeine Gedanke zugrunde, das Prozessgas von der Platine fernzuhalten. Dies hat den Vorteil, dass korrosives Prozessgas gepumpt werden kann, ohne dass es in Kontakt mit der Platine kommt und diese beschädigt. Dadurch weist die erfindungsgemäße Vakuumpumpe flexiblere Einsatzmöglichkeiten auf. In der erfindungsgemäßen Vakuumpumpe kann auch beim Pumpen von korrosiven Prozessgasen die Platine als Vakuumdurchführung eingesetzt werden, was eine einfachere und günstigere Lösung ist als eine Glasdurchführung mit Lötverbindungen. Somit ist die erfindungsgemäße Vakuumpumpe wirtschaftlicher herstellbar.

[0007] Die Gassperre ist zumindest annähernd gasdicht und verhindert zumindest im Wesentlichen das Hindurchtreten des gepumpten Gases. Sie ist in dem Vakuumraum der Vakuumpumpe so angeordnet, dass das Prozessgas von der Platine ferngehalten wird. Damit die Platine und gegebenenfalls deren elektrische Anschlussverbindungen nicht durch die Gassperre beeinträchtigt

werden, steht die Gassperre nicht in direktem Kontakt mit der Platine und/oder den Anschlussverbindungen. Dies hat zudem den Vorteil, dass Platine und Anschlussverbindungen auch in Gegenwart der Gassperre für Wartung, Modifikation und/oder Reparatur zugänglich sind, sodass beispielsweise die Platine einfach ausgetauscht werden kann.

[0008] Während in dem Vakuumraum im Betriebszustand der Vakuumpumpe ein durch mindestens eine Pumpstufe erzeugter Unterdruck vorliegen kann, trennt die Platine als Vakuumdurchführung den Vakuumraum von einem Druckraum ab, in dem beispielsweise Atmosphärendruck herrschen kann. Eine Leckrate der Platine als Vakuumdurchführung kann zumindest im Wesentlichen vernachlässigbar sein.

[0009] Vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen, der Beschreibung und der Zeichnung zu entnehmen.

[0010] Gemäß einer Ausführungsform weist die Gassperre der Vakuumpumpe eine Vergussmasse auf. Diese kann vorteilhaft zum Vergießen zumindest eines Abschnitts des Vakuumraums mit beliebiger Geometrie und mit gegebenenfalls darin umfassten Bauteilen verwendet werden. Eine Vergussmasse als Gassperre kann den Vakuumraum oder einen Abschnitt davon ohne den Einsatz zusätzlicher Dichtmittel zumindest annähernd gasdicht ausfüllen.

[0011] Das Ausbilden der Gassperre kann materialabhängig auf verschiedene Arten erfolgen. Beispielsweise kann eine Vergussmasse in einem fließfähigen Zustand in einen zur Aufnahme der Gassperre vorgesehenen Bereich des Vakuumraums eingegossen werden, wo die Vergussmasse anschließend aushärtet. Anders ausgebildete Gassperren können auf jeweils geeignete Weise in den Vakuumraum der Vakuumpumpe eingebracht werden. Beispielsweise kann die Gassperre der Vakuumpumpe eine selbstexpandierende Materialeigenschaft aufweisen. Weiterhin kann die Gassperre als Festkörper in einen Abschnitt des Vakuumraums eingebracht und dort expandiert werden. Dabei kann sowohl der Festkörper Formgedächtniseigenschaften aufweisen und zum Einbringen in den Vakuumraum komprimiert werden, um eine spätere eigenständige, passive Expansion zu ermöglichen, als auch ein Hilfsmittel oder -stoff eingesetzt werden, um eine erzwungene Expansion auszuführen.

[0012] Bevorzugt weist die Vakuumpumpe zumindest einen Anschlussleiter auf, der sich durch die Gassperre erstreckt und der mit der Platine verbunden ist, insbesondere mit einer der Gassperre zugewandten Seite der Platine. Das andere Ende des elektrischen Anschlussleiters kann an einen Motor, eine Aktorik und/oder eine Sensorik der Vakuumpumpe angeschlossen sein, sodass Signale durch die Gassperre zwischen der Platine und dem Motor, der Aktorik und/oder der Sensorik der Vakuumpumpe übermittelt werden können.

[0013] Vorteilhafterweise ist die Verbindung des Anschlussleiters mit der Platine eine Steckverbindung. Dies

ist, insbesondere bei einer Vielzahl von Anschlussleitern, günstig und zugleich komfortabler in der Handhabung als Lötverbindungen. Zudem sind Steckverbindungen vorteilhaft in Hinblick auf Montage, Reparatur und/oder Wartung der Vakuumpumpe, da sie zerstörungsfrei lösbar und wieder verbindbar sein können. Alternativ kann der Anschlussleiter auch unlösbar an der Platine angebracht sein, insbesondere kann er angelötet sein.

[0014] Der Anschlussleiter kann im Bereich der Gassperre zumindest abschnittsweise, insbesondere in einem Endbereich der Gassperre, eine zumindest annähernd gasdichte Umhüllung aufweisen. Insbesondere kann der Anschlussleiter bereichsweise entlang seines Umfangs von einem Material umgeben sein, das ein Eindringen von Gas in die Isolierung des Anschlussleiters oder ins Innere des Anschlussleiters verhindert. Dadurch kann ein Gasaustausch durch die Gassperre hindurch über die Oberfläche des Anschlussleiters bzw. gegebenenfalls über die Innen- oder Außenseite der Isolierung des Anschlussleiters noch wirksamer verhindert werden. Geeignet sind als Umhüllung beispielsweise Schrumpfschläuche, insbesondere mit Innenkleber oder auch andere Dichtmittel. Diese können insbesondere in einem Endbereich der Gassperre eingesetzt werden, d. h. in den Bereichen der Gassperre, die direkt mit dem platinenseitigen oder pumpbereichseitigen Bereich des Vakuumraums und gegebenenfalls den darin befindlichen Gasen in Kontakt stehen.

[0015] Die Gassperre ist gemäß einer Ausführungsform in einem ersten Pumpenteil der Pumpe angeordnet und steht nicht in Kontakt zu einem zweiten Pumpenteil der Pumpe, welcher einen Pumpbereich des Vakuumraums definiert. Insbesondere berührt die Gassperre gemäß dieser Ausführungsform nicht einen Teil des Pumpengehäuses des zweiten Pumpenteils. Die Pumpenteile können hierbei insbesondere separate Bauteile der Vakuumpumpe sein, die in der montierten Vakuumpumpe miteinander verbunden, beispielsweise verschraubt, sind. Der erste Pumpenteil kann beispielsweise ein Pumpenunterteil sein, der zweite Pumpenteil ein Pumpenoberenteil. Der Pumpbereich des Vakuumraums kann eine oder mehrere Pumpstufen der Vakuumpumpe beinhalten, sowie auch einen Motor, eine Aktorik und/oder eine Sensorik der Vakuumpumpe zumindest teilweise umfassen.

[0016] Ist die Gassperre nur in dem ersten Pumpenteil angeordnet, ohne in Kontakt mit dem zweiten Pumpenteil zu stehen, kann das einerseits das Einbringen der Gassperre erleichtern, andererseits auch die Montage und/oder Demontage der Vakuumpumpe und somit Wartung, Modifikation und/oder Reparatur der Pumpe erleichtern, da eine separate Handhabung der Pumpenteile sowie ein vereinfachter Austausch defekter Baugruppen erfolgen kann.

[0017] Gemäß einer Ausführungsform ist die Gassperre in einem Kanal angeordnet, der in dem Pumpengehäuse ausgebildet ist und mit dem Vakuumraum kommuniziert. Insbesondere kann der Kanal sich von der An-

schlussöffnung bis zu einem Pumpbereich der Vakuumpumpe durch das Pumpengehäuse erstrecken. Der Kanal kann so bemessen sein, dass er zusätzlich zu der Gassperre einen oder mehrere Anschlussleiter zur Verbindung der Platine mit einem Motor, einer Aktorik und/oder einer Sensorik aufnehmen kann. Der Kanal kann Abmessungen aufweisen, die auch ein Durchführen eines Steckverbinders eines Anschlussleiters zur Verbindung mit der Platine erlauben. Insbesondere kann der Kanal so weit sein, dass die Diagonalmäße der größten benötigten Platinen-Gegenstecker durchführbar sind.

[0018] Der Kanal kann einen abgewinkelten oder gekrümmten Bereich aufweisen, der durch die Gassperre ausgefüllt ist. Eine derartige Kanalanordnung ist vorteilhaft, um die Gassperre von der Platine und/oder den Anschlussverbindungen fernzuhalten. Der abgewinkelte oder gekrümmte Bereich des Kanals kann siphonartig wirken, indem die Gassperre nur den gekrümmten oder abgewinkelten Bereich ausfüllt, während die an die Gassperre angrenzenden Bereiche des Kanals bzw. des Vakuumraums frei von dem Material der Gassperre bleiben. Beispielsweise kann ein Kanal einen V-förmigen oder U-förmigen Abschnitt aufweisen, der mit der Gassperre bis zu einem bestimmten Niveau aufgefüllt ist, wobei die Bereiche des Kanals vor und/oder hinter der Gassperre frei bleiben. Insbesondere wenn eine Vergussmasse zum Einsatz kommt, kann für den Arbeitsgang des Vergießens der Pumpenteil, der den Kanal umfasst, so in einer Vergießausrichtung orientiert werden, dass die Vergussmasse ausschließlich in den siphonartig abgewinkelten oder gekrümmten Bereich gelangt, bis der Kanal vollumfänglich mit der Gassperre ausgefüllt ist. Nach dem Aushärten der Vergussmasse kann der Pumpenteil mit der Gassperre im Betriebszustand der Pumpe beliebig positioniert werden.

[0019] Gemäß einer Ausführungsform ist der abgewinkelte Bereich des Kanals durch zumindest zwei sich kreuzende Bohrungen, insbesondere Sackbohrungen, und/oder Fräsungen in mindestens einem Teil der Pumpe gebildet. Auf diese Art kann der abgewinkelte Kanal auf einfache Weise in einem Pumpenteil ausgebildet werden. Die unterschiedlichen Bohrungen, Sackbohrungen und/oder Fräsungen können von derselben Oberfläche oder von verschiedenen Oberflächen des Pumpenteils ausgehen, wobei sich der resultierende Kanal von der an den Druckraum angrenzenden Anschlussöffnung zu einem Pumpbereich der Vakuumpumpe erstrecken kann. Zusätzliche Bohrungen, Sackbohrungen und/oder Fräsungen können den Verlauf des Kanals vorteilhaft ergänzen, sodass Anschlussleiter und/oder Steckverbinder in dem Kanal aufgenommen werden können. Alternativ oder zusätzlich kann der Kanal durch das Einbringen von separaten Bauelementen ausgeformt werden, beispielsweise mittels Winkelstücken oder anderen Elementen. Der abgewinkelte Bereich des Kanals kann labyrinthartig mehrfach abgewinkelt sein. Insbesondere kann der Kanal derart verlaufen, dass bei einem gedach-

ten Durchschreiten mehrfach die Richtung wesentlich geändert werden muss. Dabei können beispielsweise die Richtungen in jeweils rechten Winkeln zueinander stehen, wobei andere Winkel im Rahmen der konstruktiven Gegebenheiten möglich sind. Dadurch kann der Kanal wiederum bereichsweise wannenartig bzw. siphonartig ausgebildet sein, was das Durchführen des Anschlussleiters von der Platine zum Pumpbereich der Vakuumpumpe und ein gasdichtes Ausfüllen des Kanals oder eines Kanalabschnitts mit einer Gassperre erlaubt.

[0020] Der abgewinkelte Bereich des Kanals kann durch eine Oberfläche des Pumpengehäuses und ein an dem Pumpengehäuse befestigtes Winkelstück definiert sein. Insbesondere kann das Winkelstück ein separates Bauteil sein, das an dem Pumpengehäuse angebracht ist und das zumindest zwei Abschnitte aufweist, deren Oberflächen sich winklig zueinander erstrecken. Insbesondere können die Oberflächen einen rechten Winkel miteinander einschließen, wobei auch andere Winkel möglich sind.

[0021] Beispielsweise kann ein offener Kanal in dem Pumpengehäuse angeordnet sein, der durch die Montage eines separaten Bauteils, insbesondere eines Winkelstücks, zu einem Kanal mit abgewinkelter Geometrie weitergebildet ist. Zur Aufnahme einer abgewinkelten Oberfläche des Winkelstücks können zusätzlich zu dem offenen Kanal weitere Bohrungen, Sackbohrungen und/oder Fräsungen in dem Pumpengehäuse angeordnet sein. Dadurch kann vorteilhaft ein kompakterer Kanal Anwendung finden, da nur die Abmessungen des offenen Kanals gegebenenfalls groß genug zum Durchführen eines Steckverbinders eines Anschlussleiters sein müssen, während der abgewinkelte Bereich des Kanals nur den Anschlussleiter selbst, nicht aber den Stecker aufnehmen muss. Ein offener Kanal bietet zudem einfachen Zugang zu allen Kanten, die bei der Herstellung innerhalb des Kanals entstehen, sodass diese leicht entgratet und/oder abgerundet werden können. Dadurch kann vorteilhaft eine Beschädigung des Anschlussleiters bzw. dessen Isolierung vermieden werden.

[0022] Vorteilhafterweise ist ein Dichtelement zwischen dem Winkelstück und dem Pumpengehäuse angeordnet. Das Dichtelement kann beispielsweise ein O-Ring oder eine Dichtschnur sein. Hierdurch kann der abgewinkelte Kanal auch im Bereich des separat angebrachten Winkelstücks abgedichtet werden, sodass insbesondere bei Anwendung einer Vergussmasse als Gassperre ein Ausdringen der Vergussmasse während des Vergießens verhindert wird. Das Dichtelement kann bei Verwendung andersartiger Gassperren oder bei Verwendung hoch viskoser Vergussmasse weggelassen werden.

[0023] Ein zwischen Gassperre und Platine verbleibendes Raumvolumen des Vakuumbereichs kann beispielsweise zumindest annähernd weder mit einem Pumpbereich des Vakuumsraums noch mit dem Druckraum gasführend verbunden sein und wird daher im Folgenden auch als Totraum bezeichnet. Ein Druckunter-

schied zwischen dem Totraum und dem durch die Gassperre getrennten, daran angrenzenden Pumpbereich des Vakuumsraums und/oder ein Druckunterschied zwischen dem Totraum und dem durch die Platine getrennten, daran angrenzenden Druckraum führt entsprechend zu keiner unmittelbaren Druckangleichung zwischen dem Totraum und dem Pumpbereich des Vakuumsraums und/oder dem Druckraum. Unter Umständen kann ein verbleibender Leckgasstrom, der auf Basis einer Leckrate zwischen dem Pumpbereich des Vakuumsraums und dem Totraum bzw. zwischen dem Druckraum und dem Totraum bestimmbar ist, zu einem schleichenden Druckausgleich führen, der jedoch bei niedrigen Leckraten beispielsweise über mehrere Stunden oder auch mehrere Monate hinweg erfolgen kann.

[0024] Gemäß einer Ausführungsform ist ein durch die Gassperre und die Platine begrenzter Bereich des Vakuumsraums an eine sekundäre Gasquelle angeschlossen. Vorteilhafterweise stellt die sekundäre Gasquelle beispielsweise Sperrgas, Schutzgas, Inertgas oder Flutgas bereit, um eine definierte Atmosphäre innerhalb des Totraums zu schaffen, die frei von korrosiven Bestandteilen ist. Mittels einer solchen Schutzgasatmosphäre kann unerwünschte Gasdiffusion aus dem Pumpbereich des Vakuumsraums durch die Gassperre hindurch in den Totraum wirksam verhindert werden, selbst wenn die Gassperre eine nicht vernachlässigbare Leckrate aufweisen sollte.

[0025] In diesem Fall könnte sich der Druck in dem Totraum während des Betriebs der Vakuumpumpe dem des Pumpbereichs des Vakuumsraums angleichen, wobei beispielsweise ein in dem Totraum unter einem höheren Druck stehendes Gas langsam in den Pumpbereich des Vakuumsraums diffundieren kann. Bei einer anschließenden Abschaltung der Vakuumpumpe und einem Fluten des Pumpbereichs des Vakuumsraums kann beispielsweise erneut Gas entsprechend der Leckrate der Gassperre zurück aus dem Pumpbereich des Vakuumsraums in den Totraum diffundieren. Falls das in den Totraum diffundierende Gas noch Spuren von korrosiven Prozessgasen enthält, könnten diese eine Beschädigung der Platine als Vakuumdurchführung verursachen. Eine mittels einer sekundären Gasquelle erzeugte Schutzgasatmosphäre kann dies vorteilhafterweise verhindern.

[0026] Ohne Gassperre würden entlang der Kabelverbindungen große Mengen Schutzgas kontinuierlich während und nach dem Betrieb der Vakuumpumpe in Richtung des Pumpbereichs des Vakuumsraums strömen müssen, um einen ausreichenden Schutz der Platine zu gewährleisten. In Kombination mit der zumindest annähernd gasdichten Gassperre beläuft sich der Mehrverbrauch des Schutzgases für die Herstellung einer definierten Atmosphäre in dem Totraum auf sehr geringe bis vernachlässigbare Mengen.

[0027] Die sekundäre Gasquelle kann auf verschiedene Arten an den Totraum angeschlossen sein, beispielsweise durch eine Querverbindung in Form einer Bohrung

oder eines abgedeckten Kanals zu einem anderen, bereits in der Vakuumpumpe existierenden Gaseinlass einer sekundären Gasquelle und/oder durch eine Querverbindung zu einem anderen durch eine sekundäre Gasquelle flutbaren Bereich und/oder durch einen separaten Anschluss des Totraums an die sekundäre Gasquelle.

[0028] Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe. Dieses sieht vor, einen durch ein Pumpengehäuse begrenzten Vakuumraum sowie eine Platine bereitzustellen, eine Anschlussöffnung in dem Pumpengehäuse auszubilden, die Anschlussöffnung durch die Platine vakuumdicht zu verschließen, sodass die Platine den Vakuumraum von einem Druckraum trennt, und eine der Platine vakuumseitig vorgelagerte Gassperre auszubilden, die zu der Platine beabstandet ist. Durch die so hergestellte Vakuumpumpe lassen sich die voranstehend genannten Vorteile entsprechend erreichen.

[0029] Gemäß einer Ausführungsform kann ein Kanal mit einem abgewinkelten oder gekrümmten Bereich in dem Pumpengehäuse ausgebildet werden, zumindest ein Anschlussleiter durch den Kanal hindurch verlegt werden, eine Gassperre in dem abgewinkelten oder gekrümmten Bereich des Kanals ausgebildet werden, der Anschlussleiter mit der Platine verbunden werden, und die Platine vakuumdicht an dem Pumpengehäuse angebracht werden.

[0030] Dabei kann der Kanal einteilig durch das Pumpengehäuse oder mehrteilig durch das Pumpengehäuse und/oder zusätzliche Bauelemente, beispielsweise Winkelstücke, Hülselemente, oder ähnliches, ausgebildet werden.

[0031] Je nach konkreter Ausgestaltung des Kanals und der anderen Komponenten kann die Reihenfolge der Verfahrensschritte variiert werden. Bei Verwendung eines offenen Kanals mit Winkelstück kann beispielsweise erst der Anschlussleiter durch den offenen Kanal verlegt werden, bevor durch die Montage des Winkelstücks ein abgewinkelter Kanal ausgebildet wird. Entsprechendes gilt für alternativ oder zusätzlich für die anderen Verfahrensschritte.

[0032] Nachfolgend wird die Erfindung beispielhaft anhand vorteilhafter Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben. Die Zeichnungen, die Zeichnungsbeschreibung und die Ansprüche zeigen zahlreiche Merkmale in Kombination. Der Fachmann wird die Merkmale zweckmäßigerweise auch einzeln betrachten und zu sinnvollen weiteren Kombinationen zusammenfassen. 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

Fig. 4 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittrillinie A-A;

Fig. 5 eine Querschnittsansicht der Turbomolekularpumpe längs der in Fig. 2 gezeigten Schnittrillinie B-B;

Fig. 6 eine Querschnittsansicht eines Pumpenunterteils mit einem abgewinkelten Kanal, einer Gassperre sowie einer Platine als Vakuumdurchführung gemäß einer ersten Ausführungsform;

Fig. 7A eine Fertigungsskizze zur Herstellung des Kanals von Fig. 6;

Fig. 7B eine Querschnittsansicht des abgewinkelten Kanals von Fig. 6;

Fig. 7C eine Querschnittsansicht des Pumpenunterteils von Fig. 6 in einer Vergießausrichtung;

Fig. 8 eine Querschnittsansicht eines Pumpenunterteils mit einem abgewinkelten Kanal, einer Gassperre sowie einer Platine als Vakuumdurchführung gemäß einer zweiten Ausführungsform;

Fig. 9A eine Fertigungsskizze zur Herstellung des Kanals von Fig. 8;

Fig. 9B eine Querschnittsansicht des abgewinkelten Kanals von Fig. 8;

Fig. 9C eine Querschnittsansicht des Pumpenunterteils von Fig. 8 in einer Vergießausrichtung;

Fig. 10 eine Querschnittsansicht eines Pumpenunterteils mit einem abgewinkelten Kanal mit einem Winkelstück, einer Gassperre sowie einer Platine als Vakuumdurchführung gemäß einer dritten Ausführungsform;

Fig. 11A eine Draufsicht auf das Pumpenunterteil und das Winkelstück aus Fig. 10;

Fig. 11B eine Fertigungsskizze zur Herstellung des offenen Kanals von Fig. 10;

Fig. 11C eine Querschnittsansicht des abgewinkelten Kanals mit Winkelstück von Fig. 10;

Fig. 11D eine Querschnittsansicht des Pumpenunterteils von Fig. 10 in einer Vergießausrichtung;

Fig. 12 eine Querschnittsansicht einer Vakuumpumpe mit einem Pumpenunterteil der dritten Ausführungsform.

[0033] 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.

[0034] Der Einlassflansch 113 bildet bei der Ausrichtung der Vakuumpumpe gemäß Fig. 1 das obere Ende des Pumpengehäuses 119 der Vakuumpumpe 111. Das Pumpengehäuse 119 umfasst ein Pumpenunterteil 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. Außerdem sind eine Datenschnittstelle 129, z.B. gemäß dem RS485-Standard, und ein Stromversorgungsanschluss 131 am Elektronikgehäuse 123 angeordnet.

[0035] Am Pumpengehäuse 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 Pumpenunterteils 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 Pumpenunterteil 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.

[0036] 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.

[0037] 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.

[0038] An der Unterseite 141 sind außerdem Befestigungsbohrungen 147 angeordnet, über welche die Pumpe 111 beispielsweise an einer Auflagefläche befestigt werden kann.

[0039] In den Figuren 2 bis 5 ist eine Kühlmittelleitung 148 dargestellt, in welcher das über die Kühlmittelanschlüsse 139 ein- und ausgeleitete Kühlmittel zirkulieren kann.

[0040] 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.

[0041] In dem Pumpengehäuse 119 ist ein Rotor 149 angeordnet, der eine um eine Rotationsachse 151 drehbare Rotorwelle 153 aufweist.

[0042] 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 Pumpengehäuse 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] 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.

[0047] 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.

[0048] 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.

[0049] 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.

[0050] 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 sta-

torseitigen 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 Pumpengehäuses 119 aufgehängt ist. Parallel zu der Rotationsachse 151 sind die rotorseitigen Ringmagnete 195 durch ein mit dem Trägerabschnitt 203 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.

[0051] 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.

[0052] 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.

[0053] Der Motorstator 217 ist in dem Pumpengehäuse innerhalb des für den Elektromotor 125 vorgesehenen Motorraums 137 festgelegt. Über den Sperrgasan-

schluss 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.

[0054] 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.

[0055] Fig. 6 zeigt eine erste Ausführungsform eines Pumpenunterteils 121 der Turbomolekularpumpe 111 in einem montierten Betriebszustand. Die Turbomolekularpumpe 111 weist einen durch das Pumpengehäuse 119 begrenzten Vakuumraum V auf, der mittels einer Platine 241 als Vakuumdurchführung von einem Druckraum D getrennt ist. Die Platine 241 ist im Bereich einer Anschlussöffnung 225 unter Verwendung eines O-Rings 243 vakuumdicht an dem Pumpengehäuse 119 angebracht.

[0056] Der Vakuumraum V umfasst einen abgewinkelten Kanal 224, in dem eine Gassperre 231 angeordnet ist, die der Platine 241 vakuumseitig vorgelagert ist und das Prozessgas von der Platine 241 und den Anschlussverbindungen der Platine 241 fernhält. Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Gassperre 231 eine Vergussmasse, die einen siphonartig abgewinkelten Bereich 229 (Fig. 7B) des Kanals 224 gasdicht ausfüllt.

[0057] Die Platine 241 ist mit Anschlussleitern 233 verbunden, die sich durch die Gassperre 231 hindurch bis zu einer Öffnung 239 zu einem Pumpbereich 240 (Fig. 8) der Turbomolekularpumpe 111 erstrecken. Die Anschlussleiter 233 weisen Steckverbinder 235 auf, die mit der Platine 241 verbunden sind. Die Steckverbinder 235 und die daran anschließenden Abschnitte der Anschlussleiter 233 sind in einem Aufnahmeraum 226 des abgewinkelten Kanals 224 aufgenommen. An ihrem dem Pumpbereich 240 zugewandten Ende können die Anschlussleiter 233 mit einem Motor, einer Aktorik und/oder einer Sensorik der Turbomolekularpumpe 111 verbunden sein.

[0058] Die Vergussmasse 231 steht nicht in Kontakt mit der Platine 241 oder den Steckverbindern 235, so dass keine Beeinträchtigung der Kontakte durch die Gassperre 231, insbesondere durch die Vergussmasse, entstehen kann. Die Gassperre 231 und die Platine 241 definieren somit einen als Totraum T bezeichneten Bereich des Vakuumraums V, der zumindest im Wesentlichen nicht gasführend mit dem Pumpbereich 240 und dem Druckraum D verbunden ist. An den Totraum T kann eine sekundäre Gasquelle (nicht gezeigt) angeschlossen

werden, die ein Fluten des Totraums T mit einem Schutzgas ermöglichen kann, um korrosives Prozessgas noch wirksamer von der Platine 241 fernzuhalten. Das Pumpenunterteil 121 ist im Betriebszustand bedarfsgemäß ausgerichtet bzw. kann bedarfsgemäß in beliebiger Orientierung angeordnet werden, da die ausgehärtete Vergussmasse 231 als Gassperre unter allen Orientierungen wirksam bleibt.

[0059] Die Vergussmasse 231 ist in der gezeigten Ausführungsform ausschließlich im Pumpenunterteil 121 angeordnet und steht nicht in Kontakt mit einem Pumpenoberteil 249 (Fig. 8), das den Pumpbereich 240 des Vakuumraums definiert. Daher kann das Pumpenunterteil 121 vorteilhaft zu Service-, Wartungs- und Reparaturzwecken unkompliziert demontiert und separat gehandhabt werden. Zusätzliche Flexibilität bei der Montage und Demontage der Turbomolekularpumpe 111 ergibt sich dadurch, dass die Anschlussverbindungen der Platine 241 steckbar ausgeführt sind, was beispielsweise ein einfaches Austauschen der Platine 241 ermöglicht.

[0060] Fig. 7A bis 7C skizzieren die Fertigung der ersten Ausführungsform des Pumpenunterteils 121 aus Fig. 6. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind andere im Pumpenunterteil 121 angeordnete Komponenten der Turbomolekularpumpe 111 nicht gezeigt.

[0061] Fig. 7A zeigt, dass der zur Aufnahme der Gassperre 231 vorgesehene Abschnitt des Kanals 224 aus zwei sich kreuzenden Sackbohrungen 227a und 227b gefertigt ist, die von gegenüberliegenden Seiten des Pumpenunterteils 121 ausgehen und sich im gezeigten Ausführungsbeispiel unter einem Winkel von 90° schneiden. Es versteht sich, dass je nach den konstruktiven Randbedingungen grundsätzlich auch andere Winkel in Betracht kommen. Eine erste Sackbohrung 227a geht im Pumpengehäuse 119 von der Seite des designierten Druckraums D aus und definiert die Anschlussöffnung 225. Eine zweite Sackbohrung 227b definiert die Öffnung 239 zu dem Pumpbereich 240 der Turbomolekularpumpe 111. Das Pumpengehäuse 119 weist im Bereich der Anschlussöffnung 225 eine dritte Sackbohrung 227c auf, die den Kanal 224 um einen Aufnahmeraum 226 zur Aufnahme von elektrischen oder elektronischen Anschlusskomponenten erweitert. Im gezeigten Ausführungsbeispiel schneiden sich die dritte und erste Sackbohrung 227c, 227a unter einem Winkel von 45°, wobei auch hier andere Winkel möglich sind.

[0062] Fig. 7B zeigt den Gesamtquerschnitt des resultierenden Kanals 224. Im Bereich der sich kreuzenden ersten und zweiten Sackbohrung 227a, 227b weist der Kanal 224 einen Bereich mit abgewinkelter Kontur 229 auf, der in der gezeigten Orientierung des Pumpenunterteils 121 nach rechts orientiert ist.

[0063] Die Fig. 7C zeigt das Pumpenunterteil 121 während des Einbringens der Gassperre 231 in einer Verriegelungsrichtung, welche im gezeigten Ausführungsbeispiel einer Drehung des Pumpenunterteils 121 im Vergleich zum Betriebszustand aus Fig. 6 um 90° nach rechts entspricht. Durch den Kanal 224 hindurch werden

zuerst Anschlussleiter 233 verlegt, die seitens der Anschlussöffnung 225 Steckverbinder 235 zum Anschließen an die Platine 241 aufweisen. Die Abmessung des Kanals 224 ist hierbei so gewählt, dass die Anschlussleiter 233 und die Steckverbinder 235 durchgeführt werden können. Eine Dichtungsnut 237 ist zur Aufnahme des O-Rings 243 zur vakuumdichten Montage der Platine 241 vorgesehen.

[0064] Im gezeigten Ausführungsbeispiel ist die Gassperre 231 als Vergussmasse ausgebildet, die vorerst ausreichend fließfähig ist, um durch Vergießen in den Kanal 224 eingebracht zu werden, und die anschließend dort aushärtet. Zum Vergießen wird das Pumpenunterteil 121 wie gezeigt derart positioniert, dass der abgewinkelte Bereich 229 nach Art eines Siphons den tiefsten Punkt des Kanals 224 bildet. Durch die Anschlussöffnung 225 und/oder die Öffnung 239 zum Pumpbereich 240 wird die Vergussmasse 231 in den siphonartigen Bereich 229 des Kanals 224 eingebracht, bis der Kanal 224 gasdicht verschlossen ist. Dabei werden die Anschlussleiter 233 in der Vergussmasse 231 eingegossen. Die Bereiche vor und hinter der Vergussmasse bleiben frei von der Gassperre 231, sodass die Vergussmasse nicht in Kontakt mit der Platine 241 oder deren Anschlussverbindungen kommt. Bis zum Aushärten der Vergussmasse 231 verbleibt das Pumpenunterteil 121 in der gezeigten Orientierung.

[0065] Fig. 8 zeigt eine zweite Ausführungsform eines Pumpenunterteils 121 einer Turbomolekularpumpe 111 in einem montierten Betriebszustand und Fig. 9A bis 9C skizzieren die Fertigung der zweiten Ausführungsform. Die zweite Ausführungsform ist der in Fig. 6 gezeigten ersten Ausführungsform weitgehend ähnlich, weshalb im Folgenden insbesondere auf die Unterschiede zwischen den Ausführungsformen eingegangen wird.

[0066] Fig. 8 zeigt das Pumpenunterteil 121, das eine Platine 241 als Vakuumdurchführung und einen abgewinkelten Kanal 224 aufweist, in dem eine Gassperre 231 angeordnet ist. Ein weiterer Pumpenteil, hier ein Pumpenoberteil 249, das den Pumpbereich 240 der Turbomolekularpumpe 111 definiert, ist auf dem Pumpenunterteil 121 montiert und mit einem in einer Dichtungs-
nut 247 angeordneten O-Ring abgedichtet.

[0067] Wie Fig. 9A zeigt, ist der Kanal 224 aus zwei Sackbohrungen 227a und 227b gefertigt, die sich unter einem Winkel von 90° schneiden, wobei unter Berücksichtigung der konstruktiven Gegebenheiten auch andere Winkel gewählt werden können. Beide Sackbohrungen 227a, 227b sind von derselben Seite des Pumpenunterteils 121 her ausgeführt, hier von der Seite des Pumpbereichs 240 her, sodass die Bohrungen eine Öffnung 239 zum Pumpbereich 240 sowie eine weitere Bohröffnung 251 im Pumpengehäuse 119 definieren. Eine Fräsung 245 an der gegenüberliegenden Seite des Pumpenunterteils 121 vervollständigt die Durchführung des abgewinkelten Kanals 224 zur Seite der Anschlussöffnung 225. Im Vergleich zum Kanal 224 von Fig. 6 kann hier die Anschlussöffnung 225 für die Platine 241 als Va-

kuumdurchführung kleiner ausgeführt werden, da die Fräsung 245 in einem rechten Winkel zu der Oberfläche des Pumpengehäuses 119 steht.

[0068] Fig. 9B zeigt den Gesamtquerschnitt des resultierenden Kanals 224. Die sich kreuzenden Sackbohrungen 227a und 227b bilden einen siphonartig gewinkelten Bereich 229 des Kanals 224 aus.

[0069] Fig. 9C zeigt das Pumpenunterteil 121 in einer Orientierung während des Einbringens einer Vergussmasse als Gassperre 231 in einer Vergießausrichtung. Da beide Sackbohrungen 227a, 227b in Fig. 9A von derselben Seite des Pumpengehäuses 119 her ausgeführt sind, muss das Pumpenoberteil 249 bereits beim Vergießen montiert sein, um die Bohröffnung 251 mit der Vergussmasse 231 abzudichten. Die Öffnung 239 stellt die Kommunikation des Kanals 224 mit dem Pumpbereich 240 der Turbomolekularpumpe 111 her.

[0070] Zum Vergießen des Kanals 224 mit einer Gassperre 231 werden das Pumpenunterteil 121 und das Pumpenoberteil 249 mit den durchgeführten Anschlussleitern 233 derart platziert, dass der siphonartig abgewinkelte Bereich 229 von der Anschlussöffnung 225 her mit Vergussmasse 231 befüllt werden kann. Dabei wird die Bohröffnung 251 ebenfalls mit der Vergussmasse 231 aufgefüllt und durch den Kontakt mit dem Pumpenoberteil 249 abgedichtet.

[0071] Nach dem Aushärten der Vergussmasse 231 kann die Platine 241 mit den Steckverbindern 235 der Anschlussleiter 233 verbunden werden und vakuumdicht über der Anschlussöffnung 225 des Pumpenunterteils 121 montiert werden, sodass die Platine den Vakuumraum V von dem Druckraum D trennt. Das Pumpenunterteil 121 und das Pumpenoberteil 249 können dann für den Betrieb der Turbomolekularpumpe 111 bestimmungsgemäß ausgerichtet werden, insbesondere kann das Pumpenunterteil 121 nach unten und das Pumpenoberteil 249 nach oben ausgerichtet sein (Fig. 8).

[0072] Eine dritte Ausführungsform eines Pumpenunterteils 121 ist in Fig. 10 im Querschnitt gezeigt, die Schritte zur Fertigung eines derartigen Pumpenunterteils 121 sind in Fig. 11A bis 11C skizziert. Die gezeigte Ausführungsform weist einen Kanal 224 auf, der labyrinthartig mehrfach abgewinkelt ist. Der abgewinkelte Bereich wird dabei bereichsweise durch die Oberfläche des Pumpengehäuses 119 begrenzt, bereichsweise durch ein an dem Pumpengehäuse 119 befestigtes Winkelstück 259.

[0073] Fig. 11A zeigt das Pumpenunterteil 121 in Draufsicht vonseiten des Pumpbereichs 240 der Turbomolekularpumpe 111 her betrachtet sowie das Winkelstück 259 vor der Montage. Das Pumpenunterteil 121 ist mit einem offenen Kanal 253 durchbohrt und weist daran angrenzend zusätzlich eine erste Aussparung 255a und eine zweite Aussparung 255b zur Aufnahme von Anschlussleitern 233 auf. Zur Montage des Winkelstücks 259 am Pumpenunterteil 121 ist ein Befestigungsbereich 260 vorgesehen. Eine Dichtungs-
nut 257 umgibt den offenen Kanal 253 und die Aussparungen 255a, 255b, sodass ein Dichtelement 261 zwischen dem Win-

kelstück 259 und dem Pumpengehäuse 119 angeordnet werden kann.

[0074] Fig. 11B zeigt einen Querschnitt durch das Pumpenunterteil 121 mit dem offenen Kanal 253 und den Aussparungen 255a, 255b. Durch die offene Bauweise sind alle Kanten 262 gut zugänglich für eine Bearbeitung. Insbesondere können sie entgratet oder abgerundet werden, sodass die Anschlussleiter 233 bzw. deren Isolierung nicht beschädigt werden.

[0075] Wie in Fig. 11C gezeigt, bilden der offene Kanal 253 sowie die Aussparungen 255a, 255b und das montierte Winkelstück 259 einen labyrinthartigen Kanal 224 aus, dessen Wandungen durch das Pumpengehäuse 119 und das daran befestigte Winkelstück 259 gebildet werden. Der Kanal 224 weist einen abgewinkelten Bereich 229 auf, der dazu vorgesehen ist, eine Gassperre 231, beispielsweise eine Vergussmasse, aufzunehmen. Im Vergleich zu der in Fig. 6 bzw. Fig. 8 gezeigten ersten und zweiten Ausführungsform des Kanals 224 muss der offen ausgestaltete Kanal 253 nicht über seine Gesamterstreckung hinweg eine Abmessung aufweisen, die das Durchführen der Steckverbinder 235 erlaubt. Vielmehr muss der abgewinkelte Bereich 229 lediglich Platz für die Anschlussleiter 233 bieten, was eine kompakte Abmessung des Kanals erlaubt. Eine in der Dichtungsnut 257 zwischen Winkelstück 259 und Pumpengehäuse 119 geführte Dichtschnur 261 dichtet den Kanal 224 ab.

[0076] Zum Vergießen mit einer Vergussmasse als Gassperre 231 wird das Pumpenunterteil 121 nach Durchführen der Anschlussleiter 233 durch den offenen Kanal 253 und Montage des Winkelstücks 259 zur Ausbildung des labyrinthartigen Kanals 224 in einer Vergießausrichtung positioniert, sodass ein Vergießen des abgewinkelten Bereichs 229 von der Anschlussöffnung 225 her erfolgen kann (Fig. 11D). Die Dichtschnur 261 dichtet den Bereich 229 bei Verwendung einer geringer viskosen Vergussmasse ab, kann für eine höher viskose Vergussmasse aber weggelassen werden.

[0077] Nach dem Aushärten der Vergussmasse 231 können die Anschlussleiter 233 mittels der Steckverbinder 235 mit der Platine 241 verbunden werden, die Platine 241 kann vakuumdicht an dem Pumpengehäuse 119 über der Anschlussöffnung 225 montiert werden und das Pumpenunterteil 121 kann für den Betrieb der Turbomolekularpumpe 111 bestimmungsgemäß ausgerichtet werden und mit einem Pumpenoberteil 249 der Pumpe verbunden werden.

[0078] Um einen Gasaustausch über die innere und/oder äußere Oberfläche der Isolierung der Anschlussleiter 233 durch die Vergussmasse 231 hindurch zwischen dem Pumpbereich 240 der Turbomolekularpumpe 111 und der Platine 241 zu vermeiden, weisen die Anschlussleiter 233 in Fig. 12 im Bereich der Gassperre 231 zumindest abschnittsweise eine zumindest annähernd gasdichte Umhüllung 265 auf. Insbesondere in den Endbereichen der Gassperre 231, die in direktem Kontakt mit dem Vakuumbereich V aufseiten des Pump-

bereichs 240 oder aufseiten der Platine 241 stehen, verhindert eine gasdichte Umhüllung 265 einen Gaseintritt in die Oberfläche bzw. Isolierung der Anschlussleiter 233 und damit einen möglichen Gasdurchtritt durch die Vergussmasse 231 entlang der Anschlussleiter 233. Wie hier gezeigt, kann eine gasdichte Umhüllung 265 durch Schrumpfschläuche, insbesondere Schrumpfschläuche mit Innenkleber erzielt werden.

[0079] Um einen Gasaustausch über das Innere der Anschlussleiter 233 zu verhindern, können an dem der Platine 241 abgewandten Ende der Anschlussleiter 233 die Verbindungsstellen 267 zu einem Motor, einer Aktorik und/oder einer Sensorik der Turbomolekularpumpe 111 ebenfalls in eine Vergussmasse 269 eingebettet werden, wie in Fig. 12 gezeigt ist.

Bezugszeichenliste

[0080]

111	Turbomolekularpumpe
113	Einlassflansch
115	Pumpeneinlass
117	Pumpenauslass
119	Pumpengehäuse
121	Pumpenunterteil
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	Kühlmittelleitung
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
223	Labyrinthdichtung
224	Kanal
225	Anschlussöffnung
226	Aufnahmeraum
227a	erste Sackbohrung
227b	zweite Sackbohrung
227c	dritte Sackbohrung
229	siphonartig abgewinkelter Bereich
231	Gassperre
233	Anschlussleiter
235	Steckverbinder
237	Dichtungsnut für Platine
239	Öffnung zum Pumpbereich
240	Pumpbereich
241	Platine
243	O-Ring
245	Fräsung
247	Dichtungsnut für das Pumpenoberteil
249	Pumpenoberteil
251	Bohröffnung
253	offener Kanal
255a	erste Aussparung
255b	zweite Aussparung
257	Dichtungsnut für Winkelstück
259	Winkelstück
260	Befestigungsbereich
261	Dichtschnur
262	Kanten
265	gasdichte Umhüllung
267	Verbindungsstellen mit Motor, Aktorik und/oder Sensorik
269	Vergussmasse der Verbindungsstellen
V	Vakuumraum
D	Druckraum
T	Totraum

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe, insbesondere Turbomolekularpumpe

pe (111), umfassend

- einen durch ein Pumpengehäuse (119) begrenzten Vakuumraum (V) sowie
- 5 eine Platine (241),
- wobei das Pumpengehäuse (119) eine Anschlussöffnung (225) aufweist, die durch die Platine (241) vakuumdicht verschlossen ist, so-
- 10 dass die Platine (241) den Vakuumraum (V) von einem Druckraum (D) trennt,
- wobei der Platine (241) vakuumseitig eine zu der Platine (241) beabstandete Gassperre (231) vorgelagert ist.
- 15 2. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gassperre (231) eine Vergussmasse aufweist.
3. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass**
- 20 sich zumindest ein Anschlussleiter (233) durch die Gassperre (231) erstreckt und mit der Platine (241) verbunden ist.
4. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung des Anschlussleiters (233) mit der Platine (241) eine Steckverbindung ist.
- 30 5. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Anschlussleiter (233) im Bereich der Gassperre (231) zumindest abschnittsweise, insbesondere in einem Endbereich der Gassperre (231), eine zumindest annähernd gasdichte Umhüllung (265) aufweist.
- 35 6. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gassperre (231) in einem ersten Pumpenteil (121) der Vakuumpumpe (111) angeordnet ist und nicht in Kontakt mit einem zweiten Pumpenteil (249) der Vakuumpumpe (111) steht, welcher einen Pumpbereich (240) des Vakuumraums (V) definiert.
- 40 7. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gassperre (231) in einem Kanal (224) angeordnet ist, der in dem Pumpengehäuse (119) ausgebildet ist und mit dem Vakuumraum (V) kommuniziert.
- 45 8. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Kanal (224) einen abgewinkelten oder gekrümmten Bereich (229) aufweist, der durch die Gassperre (231) ausgefüllt ist.
- 50

9. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der abgewinkelte Bereich (229) des Kanals (224)
 durch zumindest zwei sich kreuzende Bohrungen,
 insbesondere Sackbohrungen (227a, 227b, 227c),
 und/oder Fräsungen (245) gebildet ist. 5
10. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der abgewinkelte Bereich (229) des Kanals (224) la- 10
 byrinthartig mehrfach abgewinkelt ist.
11. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der abgewinkelte Bereich (229) des Kanals (224) 15
 durch eine Oberfläche des Pumpengehäuses (119)
 und ein an dem Pumpengehäuse (119) befestigtes
 Winkelstück (259) definiert ist.
12. Vakuumpumpe (111) nach Anspruch 11, 20
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein Dichtelement (261) zwischen dem Winkelstück
 (259) und dem Pumpengehäuse (119) angeordnet
 ist. 25
13. Vakuumpumpe (111) nach zumindest einem der vor-
 stehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
 ein durch die Gassperre (231) und die Platine (241)
 begrenzter Bereich des Vakuumraums (V) an eine 30
 sekundäre Gasquelle angeschlossen ist.
14. Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe
 (111), bei dem
 ein durch ein Pumpengehäuse (119) begrenzter Va- 35
 kuumraum (V) sowie eine Platine (241) bereitgestellt
 werden,
 eine Anschlussöffnung (225) in dem Pumpengehäu-
 se (119) ausgebildet wird,
 die Anschlussöffnung (225) durch die Platine (241) 40
 vakuumdicht verschlossen wird, sodass die Platine
 (241) den Vakuumraum (V) von einem Druckraum
 (D) trennt, und
 eine der Platine (241) vakuumseitig vorgelagerte
 Gassperre (231) ausgebildet wird, die zu der Platine 45
 (241) beabstandet ist.
15. Verfahren zur Herstellung einer Vakuumpumpe
 (111) nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass 50
 ein Kanal (224) mit einem abgewinkelten oder ge-
 krümmten Bereich (249) in dem Pumpengehäuse
 (119) ausgebildet wird,
 zumindest ein Anschlussleiter (233) durch den Kanal
 (224) hindurch verlegt wird, 55
 eine Gassperre (231) in dem abgewinkelten oder ge-
 krümmten Bereich (229) des Kanals (224) ausgebil-
 det wird,

der Anschlussleiter (233) mit einer Platine (241) ver-
 bunden wird, und die Platine (241) vakuumdicht an
 dem Pumpengehäuse (119) angebracht wird.

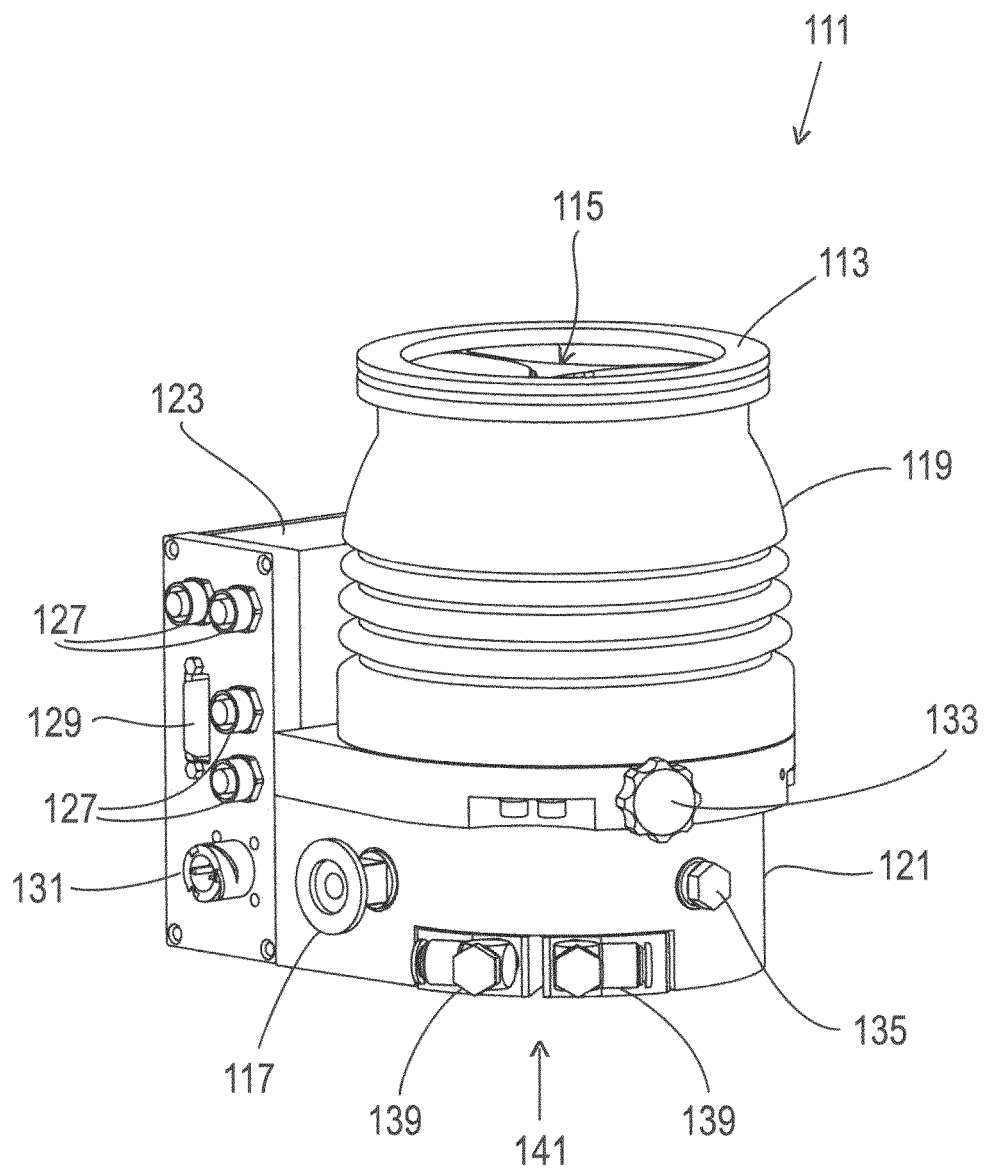


Fig. 1

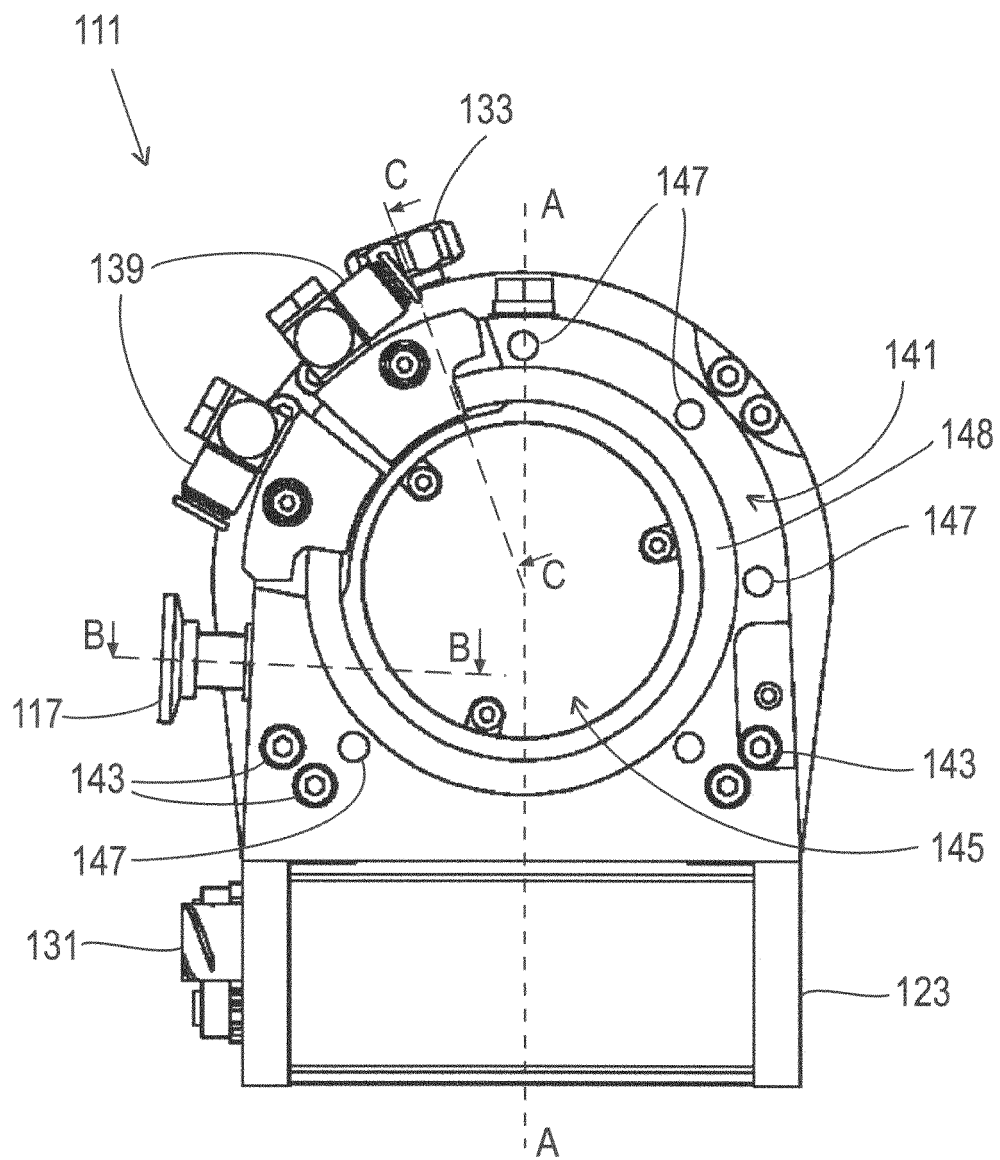


Fig. 2

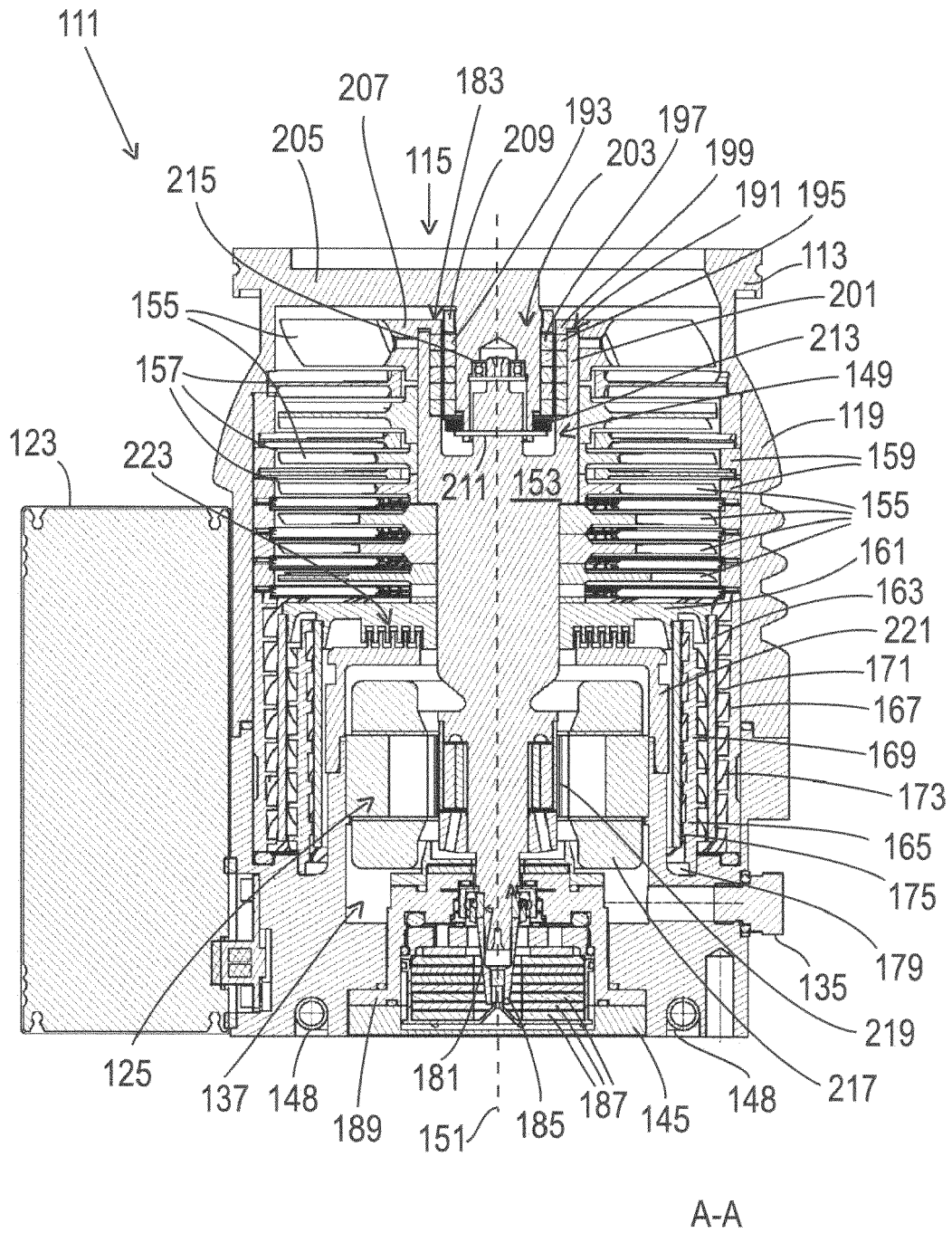


Fig. 3

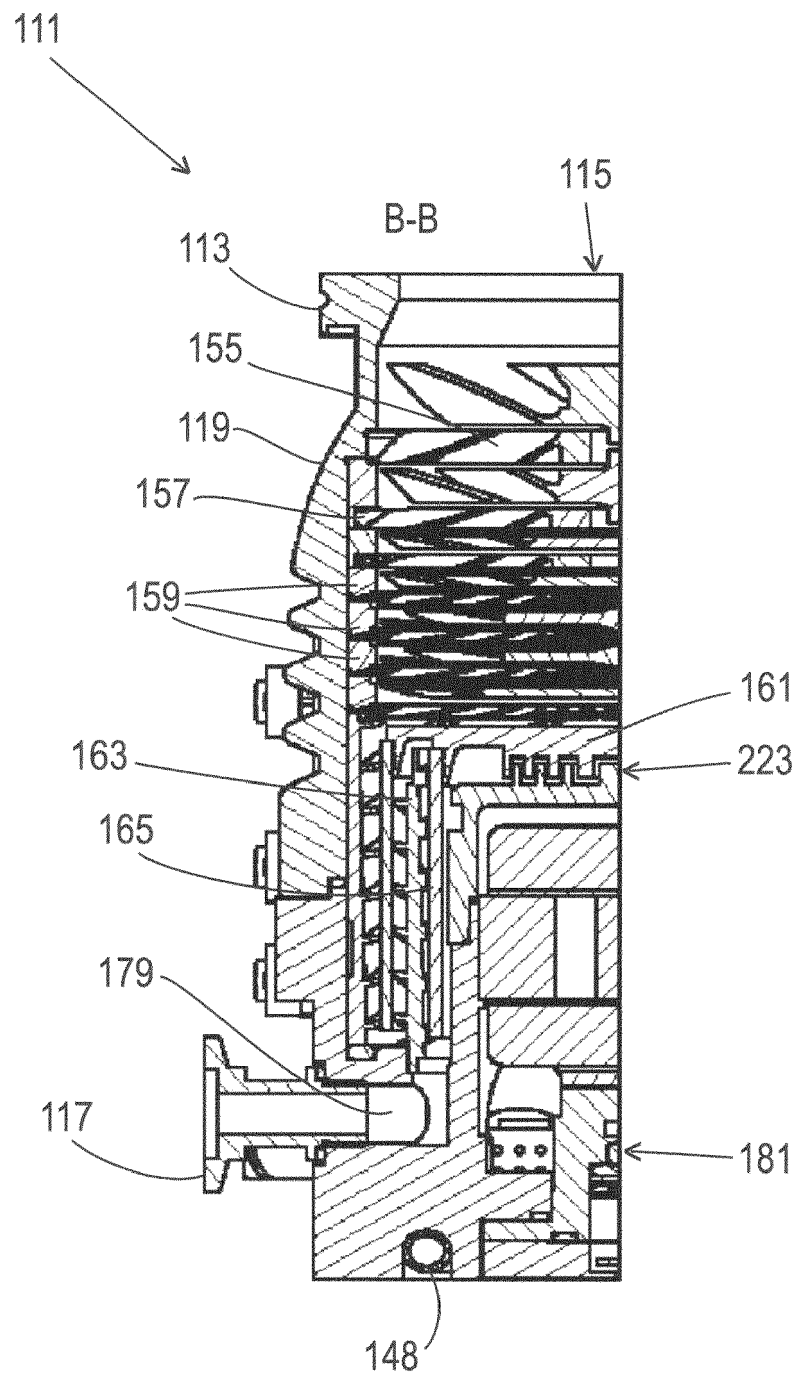


Fig. 4

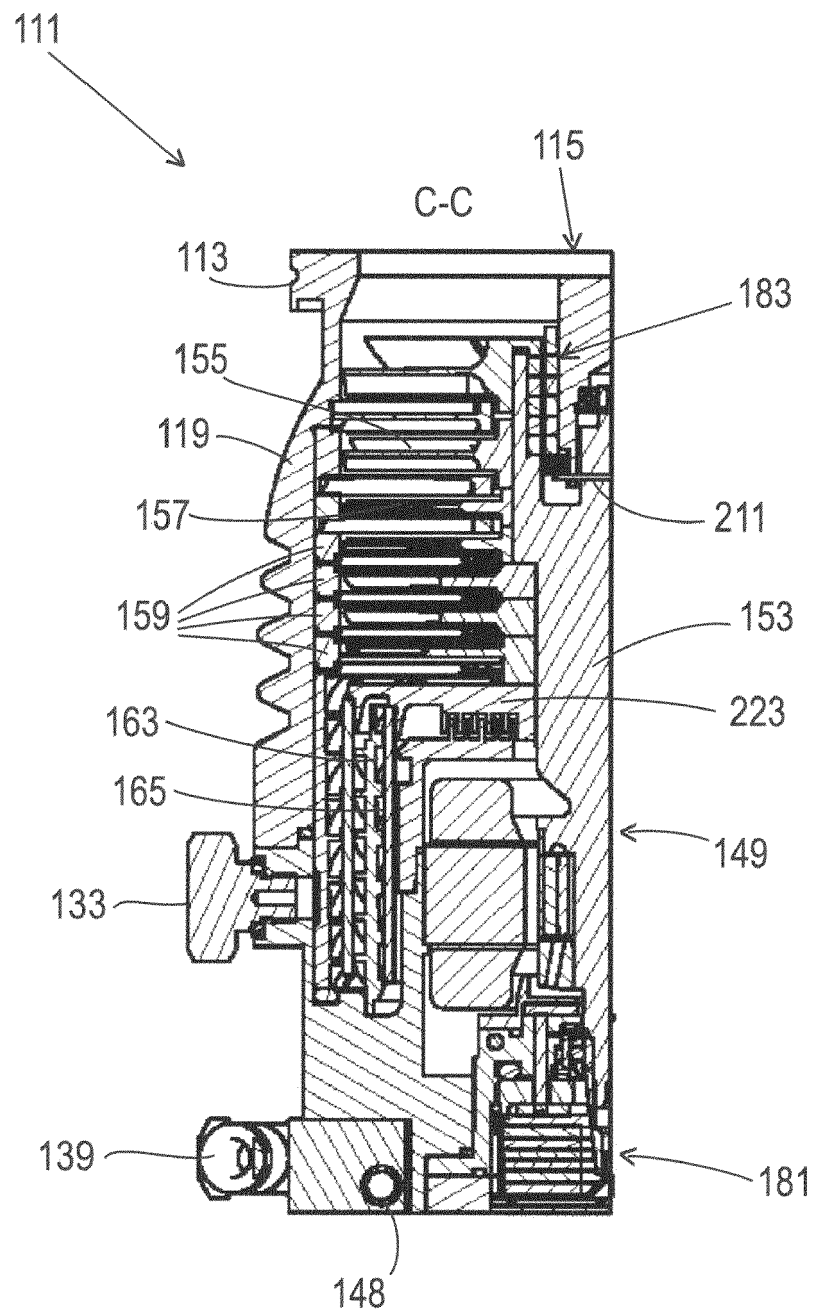


Fig. 5

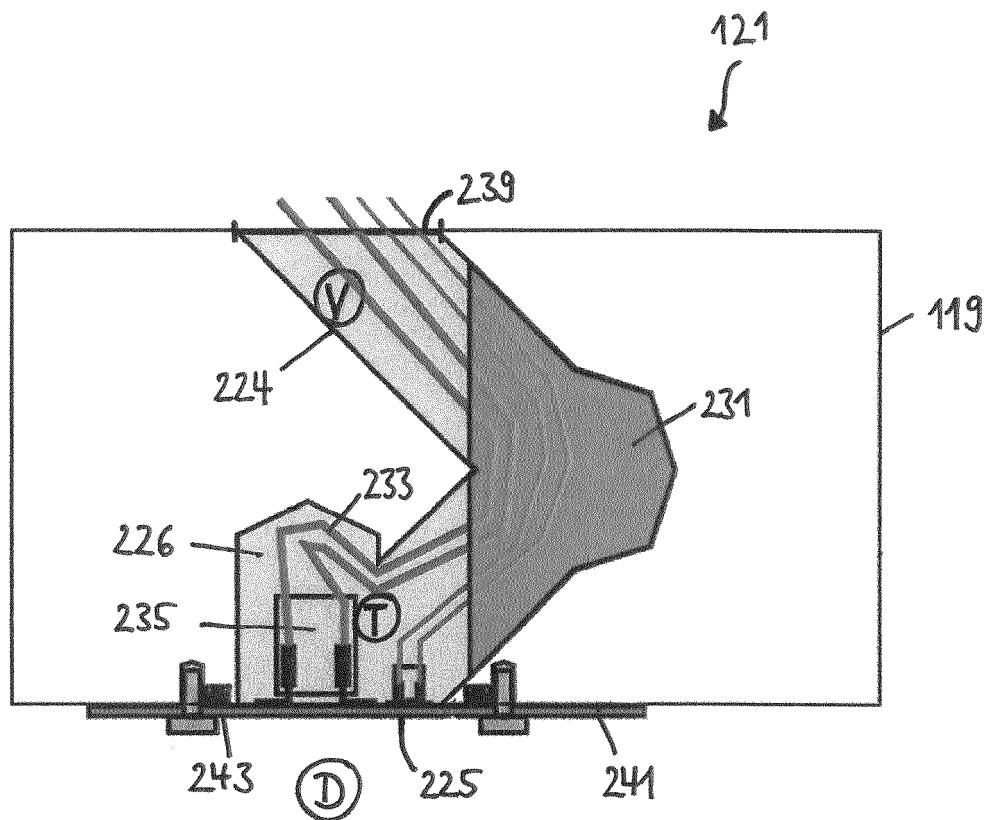


Fig. 6

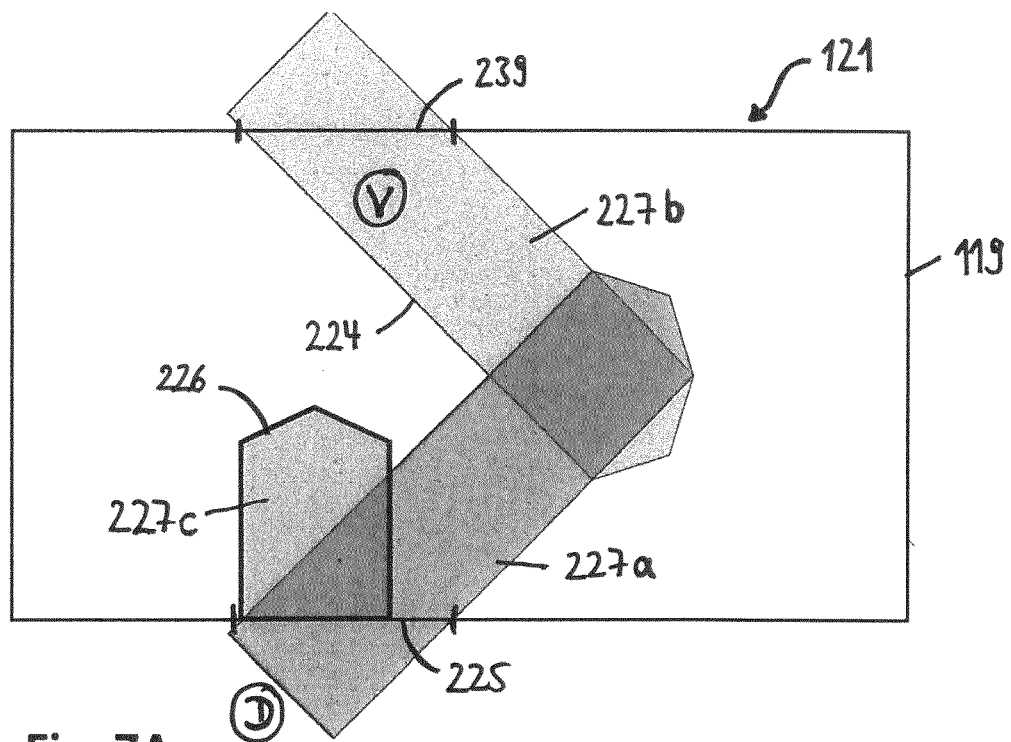


Fig. 7A

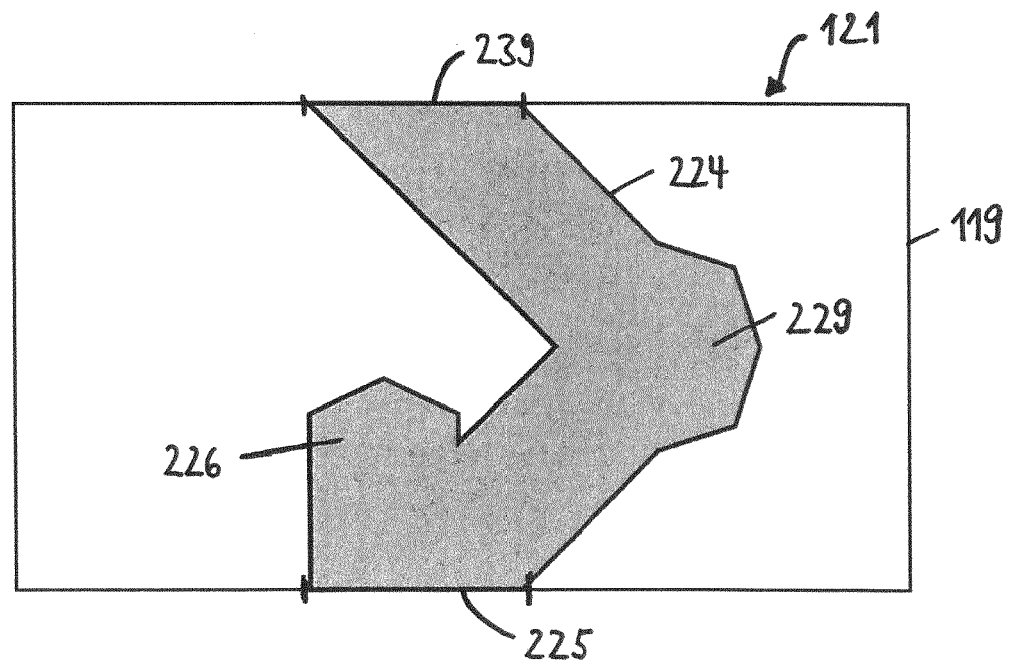


Fig. 7B

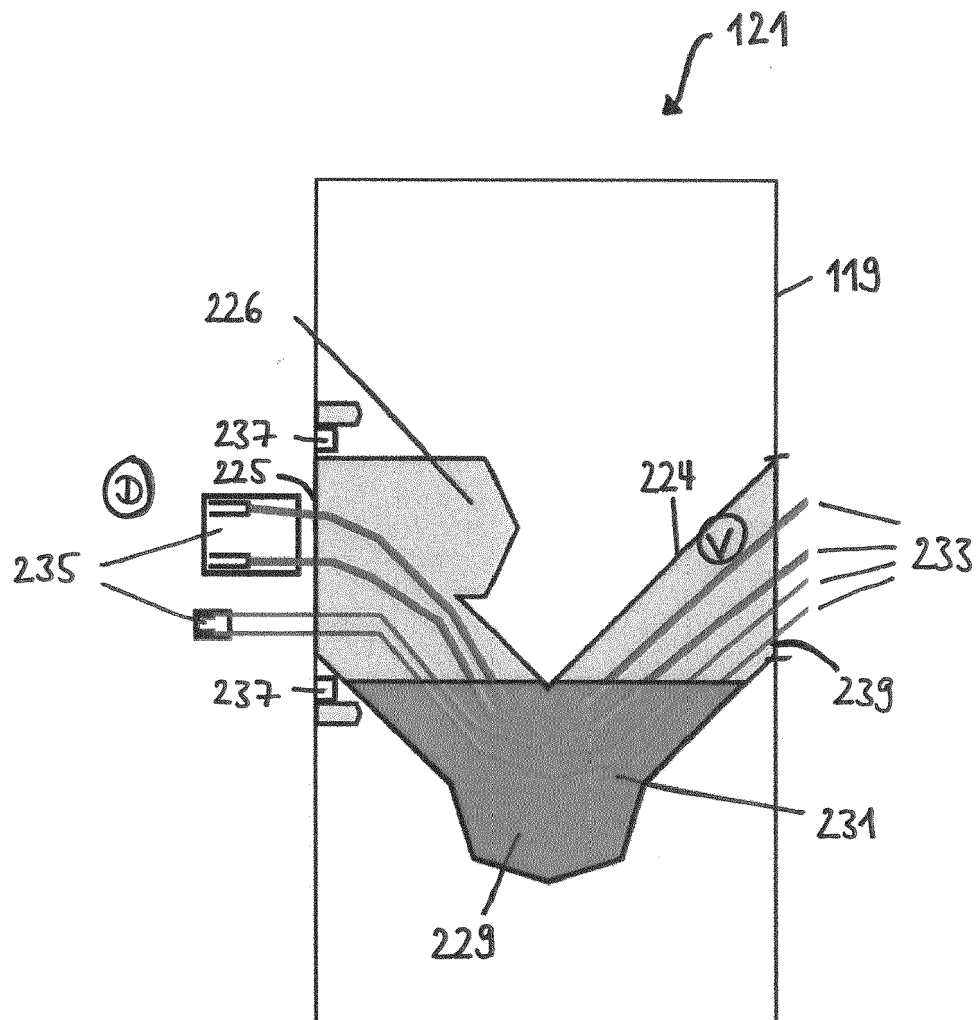


Fig. 7C

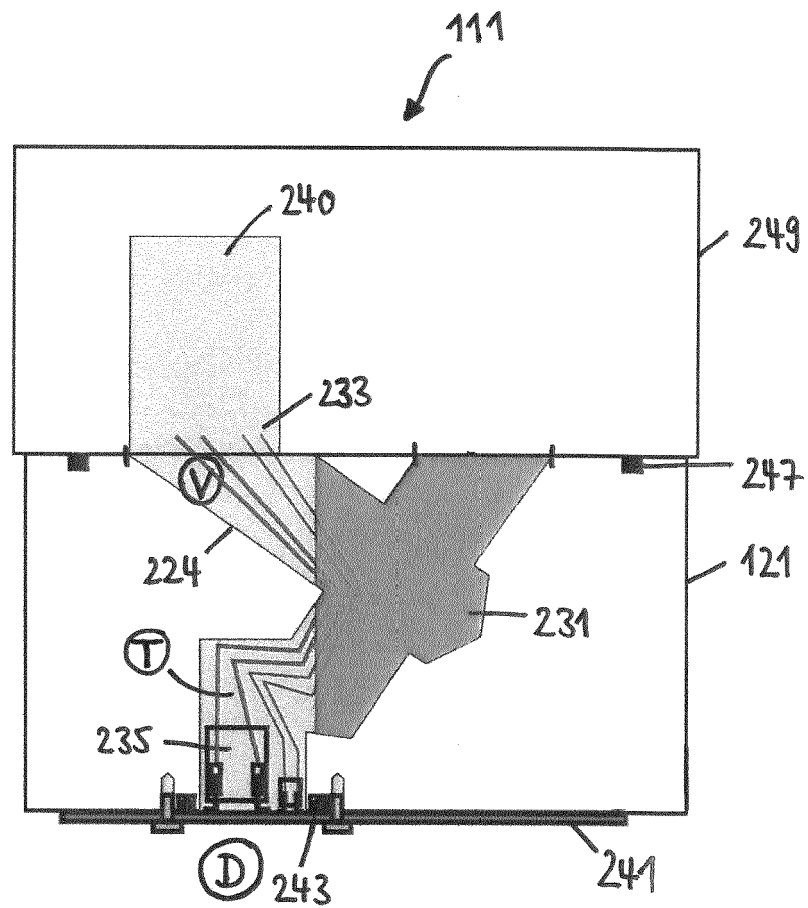


Fig. 8

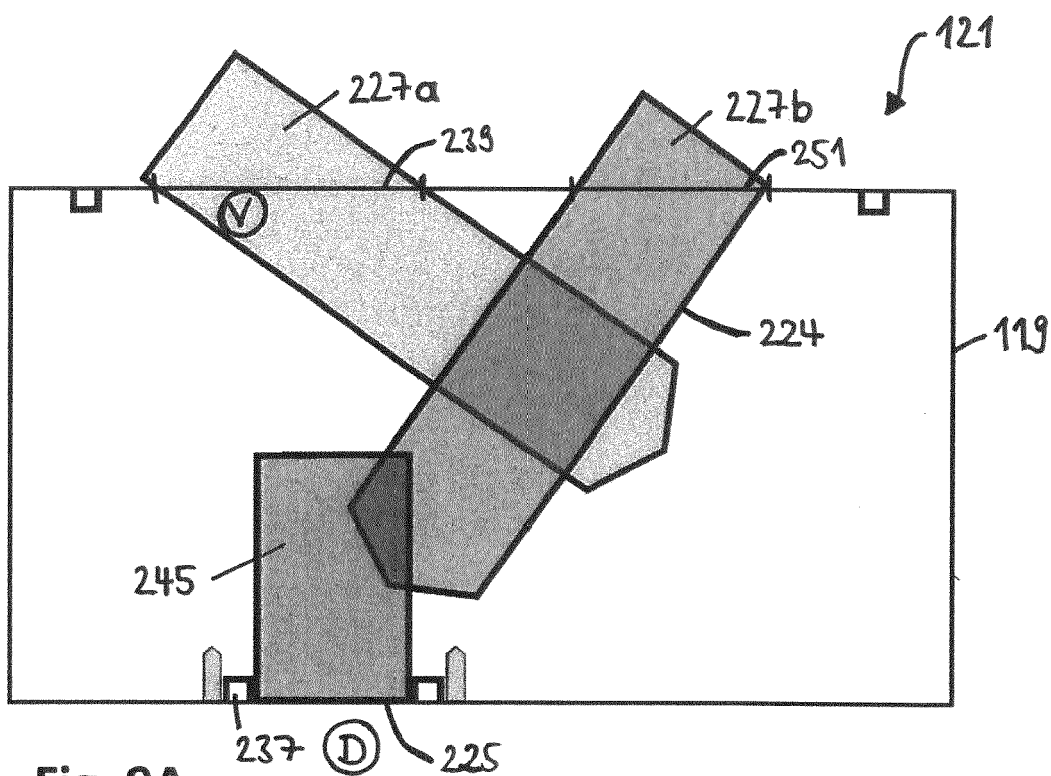


Fig. 9A

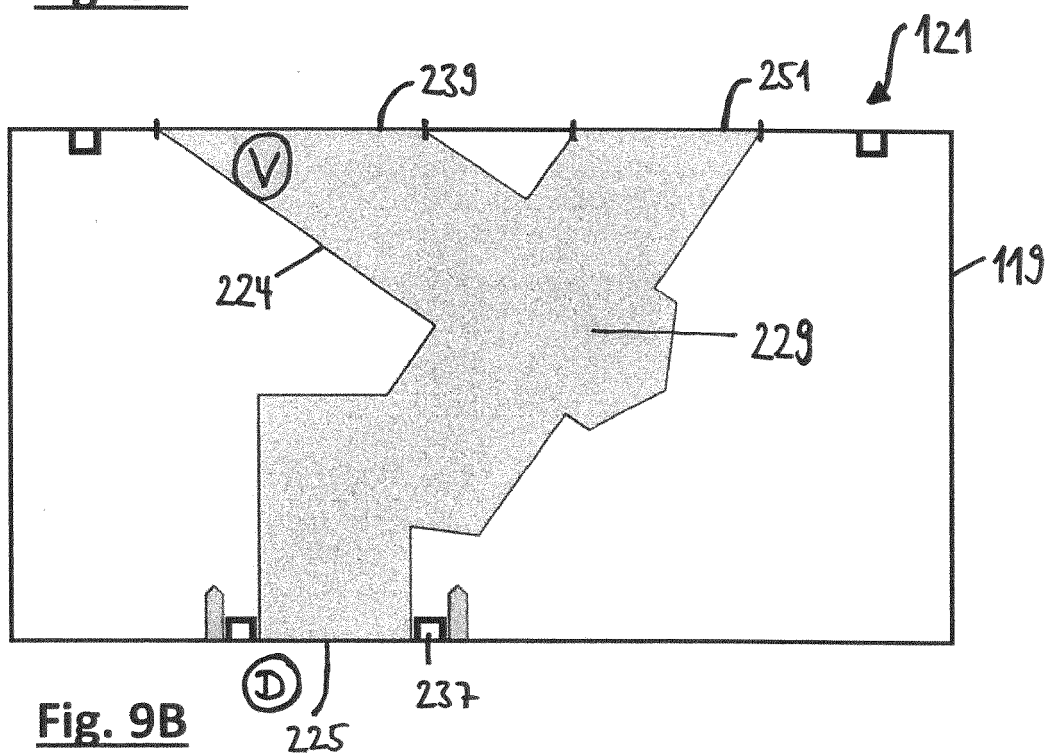


Fig. 9B

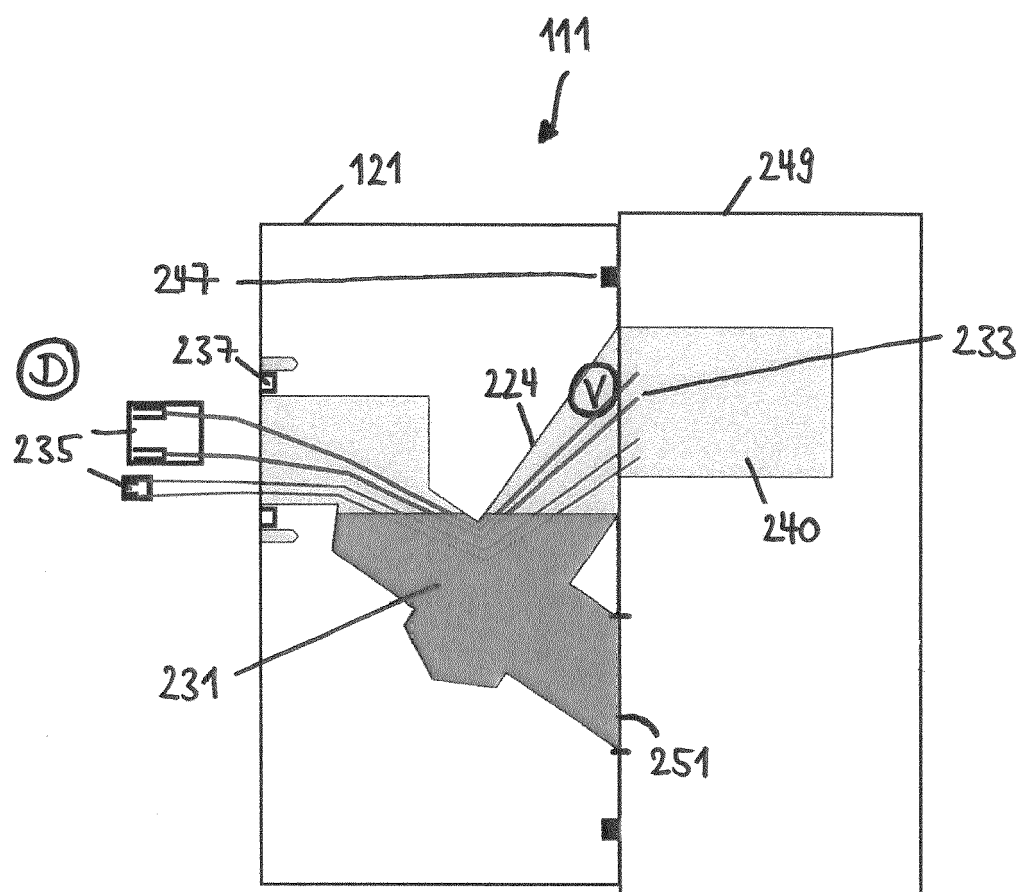


Fig. 9C

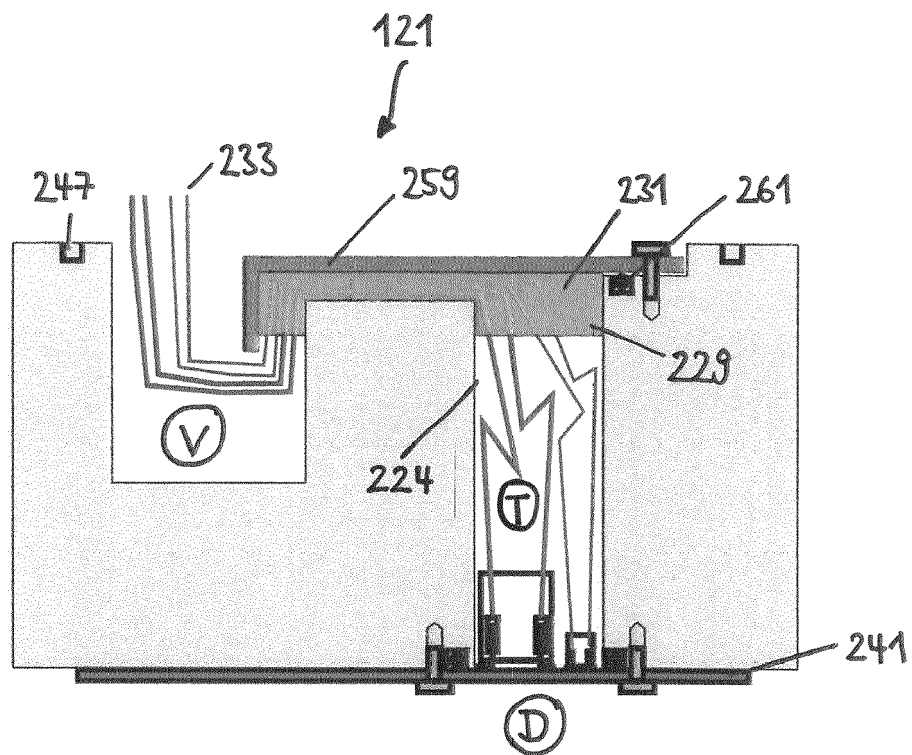


Fig. 10

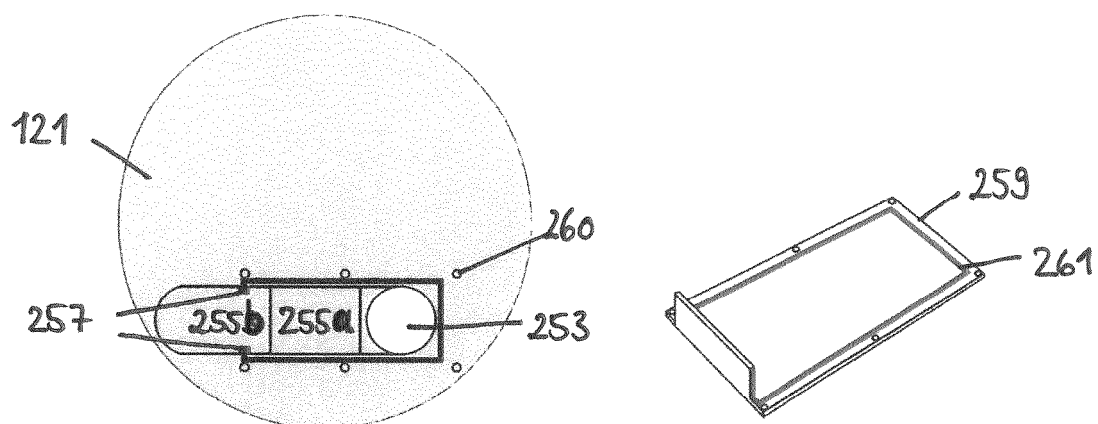


Fig. 11A

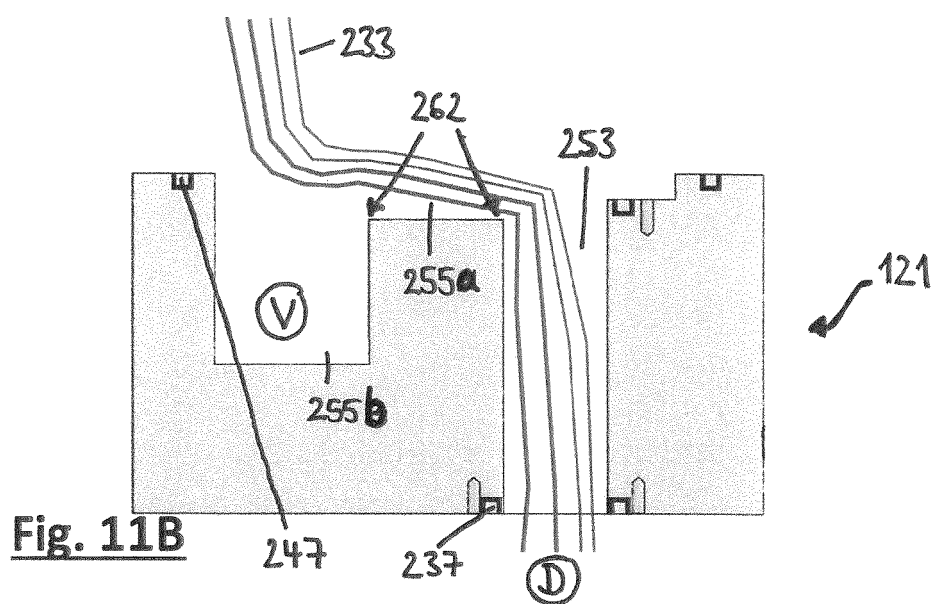


Fig. 11B

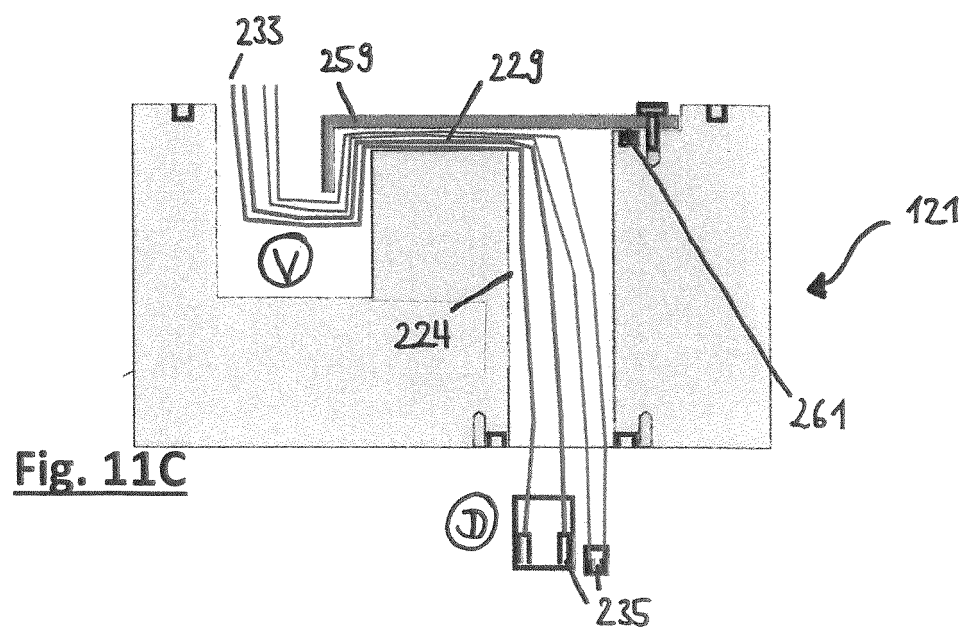


Fig. 11C

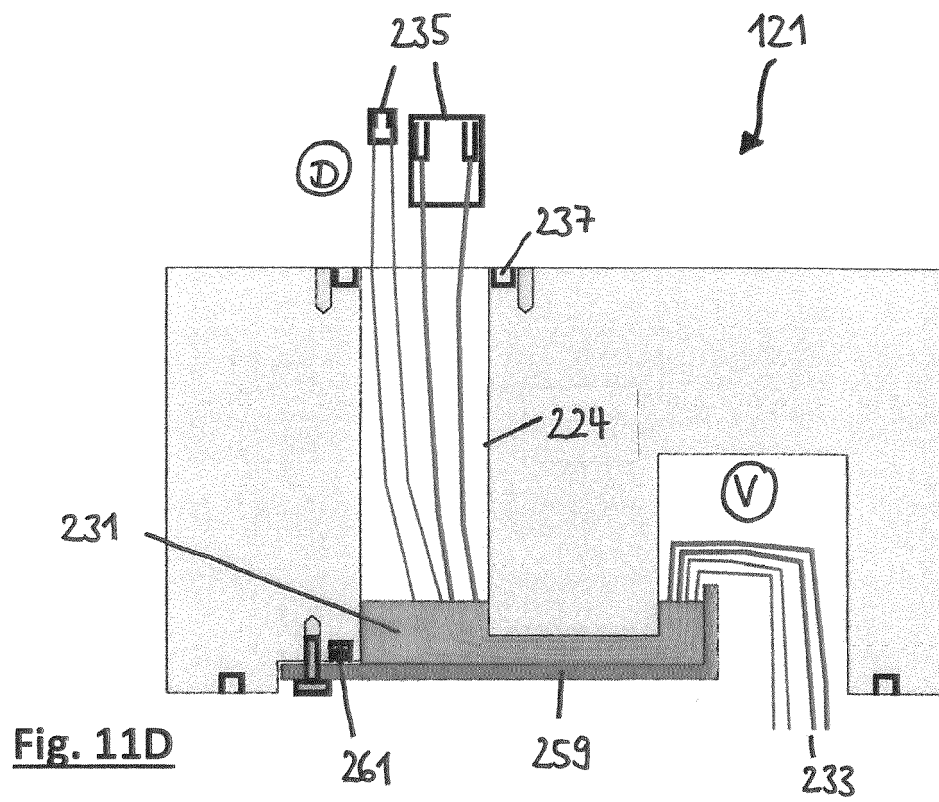


Fig. 11D

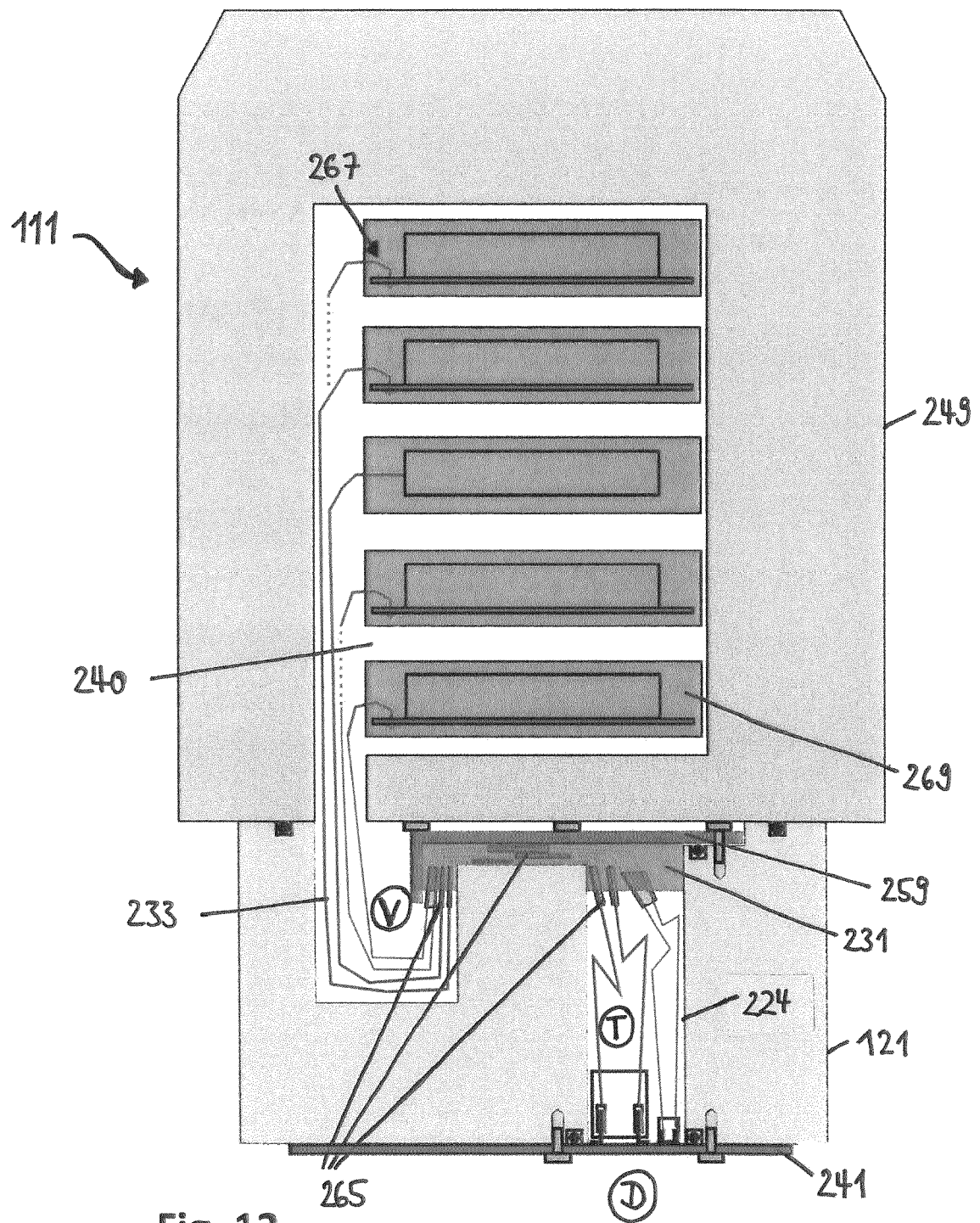


Fig. 12



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 19 19 4646

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	EP 3 431 769 A1 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 23. Januar 2019 (2019-01-23) * Absätze [0050] - [0060]; Abbildungen 3,4 *	1-5,7-9, 14,15	INV. F04D19/04 F04D25/06
A	EP 1 843 043 A2 (PFEIFFER VACUUM GMBH [DE]) 10. Oktober 2007 (2007-10-10) * Absätze [0016] - [0021]; Abbildungen 1-3 *	1-15	
A	JP 2014 011120 A (SHIMADZU CORP) 20. Januar 2014 (2014-01-20) * Absätze [0008] - [0013]; Abbildung 2 *	1-15	
A	WO 2009/027485 A1 (OERLIKON LEYBOLD VACUUM GMBH [DE]; ENGLAENDER HEINRICH [DE]) 5. März 2009 (2009-03-05) * Seite 3, Absatz 5 - Seite 5, Absatz 5; Abbildungen 1,2 *	1-15	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F04D F04B H01R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 12. Februar 2020	Prüfer Nobre Correia, S
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 : mündliche 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 19 19 4646

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

12-02-2020

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 3431769 A1	23-01-2019	EP 3431769 A1	23-01-2019
		JP 2019023469 A	14-02-2019
EP 1843043 A2	10-10-2007	DE 102006016405 A1	11-10-2007
		EP 1843043 A2	10-10-2007
		JP 5303114 B2	02-10-2013
		JP 2007278278 A	25-10-2007
		US 2007237650 A1	11-10-2007
JP 2014011120 A	20-01-2014	KEINE	
WO 2009027485 A1	05-03-2009	CA 2695506 A1	05-03-2009
		CN 101796302 A	04-08-2010
		DE 202007012070 U1	08-01-2009
		EP 2183486 A1	12-05-2010
		JP 5456674 B2	02-04-2014
		JP 2010537122 A	02-12-2010
		KR 20100058524 A	03-06-2010
		RU 2010111847 A	10-10-2011
		TW 200909688 A	01-03-2009
		US 2010303650 A1	02-12-2010
		WO 2009027485 A1	05-03-2009

EPO FORM P0461

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