



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.11.2007 Patentblatt 2007/45**

(51) Int Cl.:  
**F04D 19/04<sup>(2006.01)</sup> F04D 29/60<sup>(2006.01)</sup>**

(21) Anmeldenummer: **07008039.5**

(22) Anmeldetag: **20.04.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA HR MK YU**

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

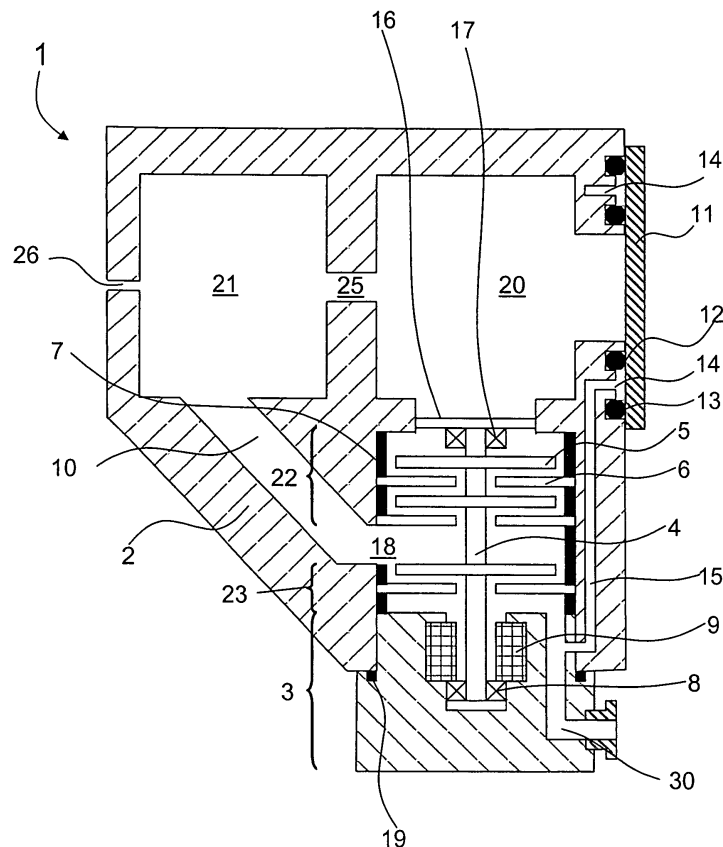
(72) Erfinder:  
• **Hofmann, Bernd**  
**35753 Greifenstein (DE)**  
• **Stoll, Tobias**  
**35719 Angelburg-Gönnern (DE)**

(30) Priorität: **04.05.2006 DE 102006020710**

(54) **Vakuumpumpe mit Gehäuse**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe (1) mit einem Gehäuse (2), mit einem Rotor, der eine Welle (4) und pumpaktive Rotorstrukturen (5) aufweist, einem pumpaktive Statorstrukturen (6) aufweisenden Stator, mit Lagermitteln (8) und Antriebsmitteln (9). Um eine

kompaktere Bauform mit weniger Bauteilen zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass das der Halterung der pumpaktiven Statorstrukturen dienende Gehäuse der Vakuumpumpe mindestens eine Vakuumkammer aufweist (20, 21, 31, 32, 33).



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe mit einem Gehäuse, mit einem Rotor, der eine Welle und pumpaktive Rotorstrukturen aufweist, einem pumpaktiven Statorstrukturen aufweisenden Stator, mit Lagermitteln und Antriebsmitteln.

**[0002]** Vakuumpumpen bilden zusammen mit Vakuumkammern Vakuumsysteme, mit denen vielfältige Aufgaben erledigt werden. Diese Aufgaben reichen von der Herstellung von Festkörperschichten über die Analyse von Gasen bis hin zu Optiksäulen von hochauflösenden Elektronenmikroskopen. Die technische Entwicklung stellt immer höher Anforderungen an Vakuumdichtheit und Kompaktheit der Vakuumsysteme.

**[0003]** Einige gängige Anwendungen benutzen das sogenannte differentielle Pumpen, bei dem ein System von Vakuumkammern miteinander in Verbindung steht, wobei die einzelnen Vakuumkammern auf unterschiedlichen Gasdrücken gehalten werden.

**[0004]** Eine deutliche Vereinfachung des Aufbaus eines Pumpsystems für differentielles Pumpen wird in der DE-PS 4331589 vorgestellt. Anstelle einer Vielzahl von Pumpen übernimmt hier eine einzige Vakuumpumpe die Evakuierung der Vakuumkammern.

**[0005]** Das europäische Patent EP-PS 1090231 stellt eine Vakuumpumpe vor, die ein Doppelgehäuse besitzt. Ein inneres Gehäuse fasst den Rotor-/Statorbereich und den Antriebs-/Lagerbereich der Pumpe zusammen. Dieses Gehäuse wird dann in ein äußeres Gehäuse geschoben, welches an die Anwendung angepasst ist.

**[0006]** Diese Lösung weist schwerwiegende Nachteile auf: Das Doppelgehäuse ist teuer, da mehr Bauteile als bei einem Einfachgehäuse verwendet werden. Dies bringt sowohl einen sehr hohen Aufwand bei der Bauteilherstellung als auch der Bauteilmontage mit sich bringen. Die Flächen, an denen sich die Gehäuse berühren, müssen hochgenau bearbeitet werden. Die Gefahr von virtuellen Lecks steigt mit der Anzahl der für das Gehäuse notwendigen Bauteile. Zwischen den einzelnen Gehäusen müssen Dichtungen vorgesehen werden, die durch ihre hohe Anzahl das Risiko von Leckagen erhöhen. Für das doppelte Gehäuse muss zusätzlicher Bauraum vorgesehen werden, daher wird die Gasführung entsprechend aufwändiger. Diese Probleme bestehen unabhängig von der Anzahl der im Vakuumsystem vorgesehenen Vakuumkammern.

**[0007]** Aufgabe der Erfindung ist es, eine Vakuumpumpe vorzustellen, die die Probleme eines doppelten Gehäuses vermeidet, einen möglichst kompakten Aufbau aufweist, und einen geringen Teilebedarf besitzt.

**[0008]** Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des ersten Anspruchs. Dadurch, dass das der Halterung der pumpaktiven Statorstrukturen dienende Gehäuse der Vakuumpumpe mindestens eine Vakuumkammer aufweist, wird die Anzahl der notwendigen Bauteile deutlich reduziert. Weniger Flansche und andere Gehäuseübergänge werden benö-

tigt, so dass die Vakuumdichtheit erhöht wird und der Bauteilaufwand ebenfalls verringert wird. Insgesamt entsteht eine sehr kompakte Einheit. Da die Flanschverbindungen zwischen Vakuumkammer und Vakuumpumpe, wie sie im Stand der Technik notwendig sind, entfallen, ist die Vakuumdichtheit deutlich erhöht. Dies erlaubt es, niedrigere Enddrücke mit der Vakuumpumpe zu erreichen.

**[0009]** Die Ansprüche 2 bis 9 sind vorteilhafte Weiterbildungen der Vakuumpumpe.

**[0010]** Eine weitere Reduktion der Bauteilanzahl wird erzielt, wenn die Unterteilbaugruppe wenigstens einen Teil der Lager- und Antriebsmittel beinhaltet.

**[0011]** Die Maßnahmen der Ansprüche 3 und 4 erlauben es, differentielles Pumpen in der Vakuumpumpe durchzuführen. Dazu werden an der Vakuumpumpe mehrere Pumpstufen vorgesehen, mit der jeweils eine Vakuumkammer verbunden ist, wobei die Vakuumkammern untereinander verbunden sein können. Auf diese Weise ist nur ein Bauteil als Gehäuse für die verschiedenen Kammern und die Vakuumpumpe notwendig, der Aufwand also minimiert und die Dichtheit erhöht.

**[0012]** Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung liegt darin, eines der Lagermittel als Permanentmagnetlager auszubilden und damit ein Wellenende drehbar zu unterstützen. Diese Lager kommen ohne Schmierstoffe aus und sind verschleißfrei, so dass sie mit Vorteilen in einer hochvakuumtauglichen Vakuumpumpe eingesetzt werden können.

**[0013]** Eine Weiterbildung erhöht die Vorteile bei der Erzeugung von Hochvakuum, indem die pumpaktiven Strukturen an Rotor und Stator durch Schaufeln gebildet werden. Dieses Pumpprinzip ist besonders gut geeignet, niedrige Drücke zu erreichen.

**[0014]** Die Weiterbildung nach Anspruch 7 sieht vor, eine durch einen Deckel verschließbare Öffnung vorzusehen. Diese erlaubt einen einfachen Zugang zu einer Vakuumkammer, so dass beispielsweise Wartungsarbeiten möglich sind oder in der Vakuumkammer angeordnete Komponenten, beispielsweise eines Experimentes, sehr leicht ausgetauscht werden können. Um die Vakuumdichtheit zu bewahren, sind zwei Dichtungen vorgesehen, wovon eine zwischen Öffnung und zweiter Dichtung angeordnet ist.

**[0015]** Diese Anordnung kann verbessert werden, in dem zwischen wenigstens zwei der Dichtungen ein Ringkanal vorgesehen ist, in dem Unterdruck erzeugt wird. Damit wird der Druckabfall zwischen Atmosphäre und Vakuum stufenweise über die Dichtungen abgebaut und damit die resultierenden Kräfte auf die Dichtungen verringert. Da in die Leckrate einer Leckage die Druckdifferenz zwischen Innen- und Außenseite eingeht und der stufenweise Druckabfall eine kleinere Druckdifferenz über die Dichtung bedeutet, spielen kleinere Leckagen eine geringere Rolle. Wird die Leistungsaufnahme der zur Unterdruckerzeugung genutzten Pumpe gemessen, können darüber Leckagen an den Dichtungen festgestellt werden.

**[0016]** Die Weiterbildung nach Anspruch 9 nutzt entweder die Vakuumpumpe selbst oder eine an den Gasauslass angeschlossene Vorpumpe, um den Unterdruck im Ringkanal zu erzeugen. Dabei kann die notwendige Verbindungsleitung im Gehäuse selbst angeordnet sein, so dass eine sehr kompakte Bauweise entsteht.

**[0017]** Die Weiterbildung nach Anspruch 10 sieht vor, wenigstens eine der Vakuumkammern in einem Einschub anzuordnen, der in eine Bohrung im Gehäuse der Vakuumpumpe eingeschoben wird und darin gehalten ist. Hierdurch ist es möglich, das Vakuumkammersystem einer bestehenden Vakuumpumpe auszuwechseln und sich ändernden Bedürfnisse neu anzupassen. Außerdem ist es möglich, Vakuumkammern und Vakuumpumpe von verschiedenen Herstellern fertigen zu lassen. Dies reduziert die Kosten, da Herstellungsschritte parallel zueinander stattfinden können und sichert die optimale Nutzung des jeweiligen Fachwissens.

**[0018]** Mit Hilfe der Abbildungen soll die Erfindung an zwei Ausführungsbeispielen näher erläutert und ihre Vorteile vertieft werden. Es zeigen:

Fig. 1: Schnitt durch eine erfindungsgemäße Vakuumpumpe gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels.

Fig. 2: Schnitt durch eine Vakuumpumpe gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels.

Fig. 3: Schnitt durch eine Vakuumpumpe gemäß eines dritten Ausführungsbeispiels.

**[0019]** Die in Abbildung 1 gezeigte Vakuumpumpe 1 weist eine Gehäuse 2 und eine Unterteilbaugruppe 3 auf. Eine Welle 4 ist durch an einem ersten Ende angeordnete Lagermittel 8 und einem am anderen Ende der Welle angeordneten Permanentmagnetlager 17 drehbar unterstützt. Dieses Permanentmagnetlager befindet sich auf der Hochvakuumseite des Pumpsystems und ist durch eine Trägerstruktur 16 im Gehäuse fixiert. Das Pumpsystem weist auf der Welle angeordnete pumpaktive Rotorstrukturen 5 und orsfest installierte pumpaktive Statorstrukturen 6 auf. Im Beispiel sind die pumpaktiven Rotor- und Statorstrukturen als Schaufeln tragende Scheiben ausgeführt, so dass eine Vakuumpumpe nach dem bekannten Bauprinzip der Turbomolekularpumpe entsteht. Die Erfindung ist nicht auf diesen Typ beschränkt sondern es kann auch eine Kombination verschiedener Typen realisiert werden, je nach Druckbereich, der erzeugt werden soll. Denkbar sind beispielsweise Holweckstufen und ähnliches. Der beispielhafte Stator weist neben der pumpaktiven Statorstrukturen noch Distanzstücke 7 auf, die einen axialen Abstand der Statorstrukturen zueinander festlegen. Die Statorbauteile werden erst durch das Gehäuse 2 der Vakuumpumpe zusammengefasst und in ihrer Position festgelegt und gehalten. Ohne das Gehäuse 2 ist diese Festlegung nicht gegeben, der verbleibende Pumpenteil wäre nicht in sich betriebsfähig.

**[0020]** In der Unterteilbaugruppe 3 sind neben Lager-

mitteln 8 noch die Antriebsmittel 9 vorgesehen, beispielsweise elektrische Spulen, die mit auf der Welle angeordneten Permanentmagneten zusammenwirken und die Welle in schnelle Drehung versetzen. Die Lagermittel 8 können als Kugellager, Magnetlager oder Gaslager ausgeführt sein. Die Unterteilbaugruppe weist außerdem noch den Gasauslasskanal 30 auf, der zu einem Gasauslassstutzen führt. Wenn die Vakuumpumpe selbst nicht bis zur Atmosphäre verdichtet, wird an diesen Gasauslassstutzen eine Vorvakuumpumpe angeschlossen.

**[0021]** Ebenfalls im Gehäuse angeordnet sind eine erste Vakuumkammer 20 und eine zweite Vakuumkammer 21, wobei in der ersten Vakuumkammer 20 ein niedrigerer Druck als in der zweiten Vakuumkammer 21 erzeugt wird. Hierzu ist die erste Vakuumkammer direkt mit der ersten Pumpstufe 22 des Pumpsystems verbunden. Die zweite Vakuumkammer ist über einen Saugkanal 10 mit einem Zwischeneinlass 18 verbunden. Über diesen Zwischeneinlass kann Gas in die zweite Pumpstufe 23 eingelassen werden. Gas aus der ersten Vakuumkammer wird also von der ersten und der zweiten Pumpstufe gefördert und verdichtet, Gas aus der zweiten Vakuumkammer nur von der zweiten Pumpstufe. Dieses Prinzip lässt sich noch erweitern, indem weitere Vakuumkammern im Gehäuse 2 vorgesehen werden. Diese können an weitere Zwischeneinlässe des Pumpsystems angeschlossen werden. Ebenfalls denkbar ist, eine der Kammern über einen im Gehäuse vorgesehenen Kanal mit dem Gasauslasskanal 30 zu verbinden. Erste und zweite Vakuumkammer sind über eine Verbindung 25 miteinander verbunden. Dies kann eine Bohrung im Gehäuse 2 oder eine Blende sein. Die zweite Vakuumkammer kann eine Öffnung 26 aufweisen, durch die beispielsweise ein zu analysierendes Gas oder ein Teilchenstrom eingelassen werden kann.

**[0022]** Das Gehäuse 2 weist eine Öffnung auf, die durch einen Deckel 11 verschlossen werden kann und mit der ersten Vakuumkammer verbunden ist. Dieser Deckel erlaubt es, Baugruppen zu warten, die in der ersten Vakuumkammer angeordnet sind. Um dieses Öffnung herum sind Dichtungen angeordnet, wobei die erste Dichtung 12 die Öffnung und die zweite Dichtung 13 die erste Dichtung umgibt. Zwischen den Dichtungen ist ein Ringkanal 14 vorgesehen, in dem Unterdruck erzeugt wird. Für diese Unterdruckerzeugung ist eine Verbindungsleitung 15 im Gehäuse vorgesehen, die entweder in einer der Pumpstufen der Vakuumpumpe oder am Gasauslasskanal 30 mündet. Wenn die Verbindungsleitung nicht vor der ersten Pumpstufe sondern an einer anderen Stelle im Pumpsystem mündet, liegt der zwischen den Dichtungen erzeugte Unterdruck zwischen dem Druck in der ersten Vakuumkammer 20 und der Umgebung der Vakuumpumpe. Hierdurch wird die Belastung der einzelnen Dichtungen deutlich reduziert, da der Druckabfall über die Dichtung geringer ist. Durch Messen der für die Erzeugung des Unterdrucks notwendigen Antriebsleistung der verwendeten Pumpe oder Pumpstufe ist es möglich, auf Leckagen und fehlerhafte

Dichtungen zu schließen.

**[0023]** Dieses erste Ausführungsbeispiel zeigt bereits einen weiteren Vorteil auf, der durch die Erfindung erreicht werden kann: Wenn alle Vakuumleitungen zwischen den Kammern, den Kammern und den Pumpstufen sowie zum Ringkanal im Gehäuse integriert sind, ist nur ein Vorvakuumflansch notwendig. Aufwändige zusätzliche Leitungen, die nachträglich außen angebracht werden müssen, entfallen.

**[0024]** Die zweite Abbildung zeigt wie die Erfindung auf ein Dreikammersystem angewendet werden kann. In dem Gehäuse 2 der Vakuumpumpe sind eine erste Kammer 31, in der Hochvakuum erzeugt wird, eine zweite Kammer 32, in der ein mittleres Vakuum vorliegt, und eine dritte Kammer 33 vorgesehen. Diese dritte Kammer wird auf einem Vorvakuumdruckniveau gehalten. Hierzu ist sie über einen Vorvakuumeinlass 37 mit dem Gasauslasskanal 30 der Vakuumpumpe verbunden. Die zweite Kammer ist über einen mittleren Einlass 36 mit dem Pumpsystem der Vakuumpumpe verbunden. Über einen Hochvakuumeinlass 35 besteht eine Verbindung zwischen dem Pumpsystem und der ersten Kammer 31. Gas, welches über den Hochvakuumeinlass 35 in das Pumpsystem gelangt, muss alle Teile des Pumpsystems durchströmen. Die Statorbauteile, hier Statorscheiben 6 und Distanzstücke 7, werden nur durch das Gehäuse 2 in ihrer Position festgelegt und gehalten. Ohne das Gehäuse 2 ist dieser Festlegung nicht gegeben, der verbleibende Pumpenteil wäre nicht in sich betriebsfähig. In der Regel ist es notwendig, die Leitwerte zwischen den Kammern und den jeweiligen Teilen des Pumpsystems zu optimieren. Ein Parameter zur Erlangung der Optimierung ist dabei der Winkel  $\alpha$  zwischen der Rotorachse 40 und der Kammerachse 41. Dieser Parameter kann zwischen  $0^\circ$ , d.h. einer parallelen Anordnung, und  $90^\circ$ , d.h. einer senkrechten Anordnung, variieren.

**[0025]** Ein drittes Ausführungsbeispiel zeigt Abbildung 3. Die Besonderheit dieses Beispiels liegt gegenüber den oben dargestellten Beispielen in den Vakuumkammern. Wenigstens eine der Vakuumkammern, im vorliegenden Fall sogar die beiden Kammern 32 und 33, sind in einem Einschub 44 angeordnet. Dieser Einschub wird in eine im Gehäuse 2 der Vakuumpumpe 1 vorgesehene Bohrung eingeschoben und fixiert. Sind Wartungsarbeiten oder ein Wechsel des Einschubes zu erwarten, kann diese Fixierung lösbar gestaltet werden, beispielsweise mit Schrauben. Dichtungen 45 sorgen für eine Abdichtung gegenüber dem Gehäuse. Die Vakuumkammern 32 und 33 sind untereinander verbunden, ebenso die Vakuumkammer 32 und die bereits im Gehäuse 2 vorgesehene Vakuumkammer 31. Es können alle oder, wie in der Abbildung gezeigt, nur ein Teil der Vakuumkammern in dem Einschub 44 vorgesehen sein. Die Vakuumkammern 32 und 33 sind über Saugkanäle 42 und 43 mit verschiedenen Teilen des Pumpsystems der Vakuumpumpe verbunden, so dass unterschiedliche Drücke in den Vakuumkammern erreicht werden.

## Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1) mit einem Gehäuse (2), mit einem Rotor, der eine Welle (4) und pumpaktive Rotorstrukturen (5) aufweist, einem pumpaktiven Statorstrukturen (6) aufweisenden Stator, mit Lagermitteln (8, 17) und Antriebsmitteln (9), **dadurch gekennzeichnet, dass** das der Halterung der pumpaktiven Statorstrukturen dienende Gehäuse der Vakuumpumpe mindestens eine Vakuumkammer (20, 21, 31, 32, 33) aufweist.
2. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Unterteilbaugruppe (3) aufweist, die wenigstens einen Teil der Lagermittel (8, 17) und Antriebsmittel (9) beinhaltet.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe zwei oder mehr Pumpstufen (22, 23) aufweist und im ersten Gehäuse zwei oder mehr Kammern (20, 21, 31, 32, 33) vorgesehen sind, die untereinander und jeweils mit einer Pumpstufe (22, 23) verbunden sind.
4. Vakuumpumpe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Gasdruck in mindestens zwei der Kammern (20, 21) ungleich ist.
5. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Lagermittel (8, 17) ein im Gehäuse (2) angeordnetes Permanentmagnetlager (17) umfassen, welches ein Wellenende drehbar unterstützt.
6. Vakuumpumpe nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die pumpaktiven Rotorstrukturen (5) und pumpaktiven Statorstrukturen (6) wenigstens einer Pumpstufe (22, 23) durch Schaufeln gebildet werden.
7. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine Kammer (20, 21) eine durch einen lösbaren Deckel (11) verschließbare Öffnung aufweist, die von wenigstens zwei Dichtungen (12, 13) abgedichtet wird.
8. Vakuumpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** in einem zwischen den beiden Dichtungen (12, 13) angeordneten Ringkanal (14) Unterdruck erzeugt wird.
9. Vakuumpumpe nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen Ringkanal (14) und einer Pumpstufe (22, 23) oder einem Gasauslasskanal (30) eine im Gehäuse integrierte Verbindungsleitung (15) vorgesehen ist.

10. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens eine der Vakuumkammern (20, 21, 31, 32, 33) in einem Einschub (44) angeordnet ist, der im Gehäuse (2) gehalten ist.

5

10

15

20

25

30

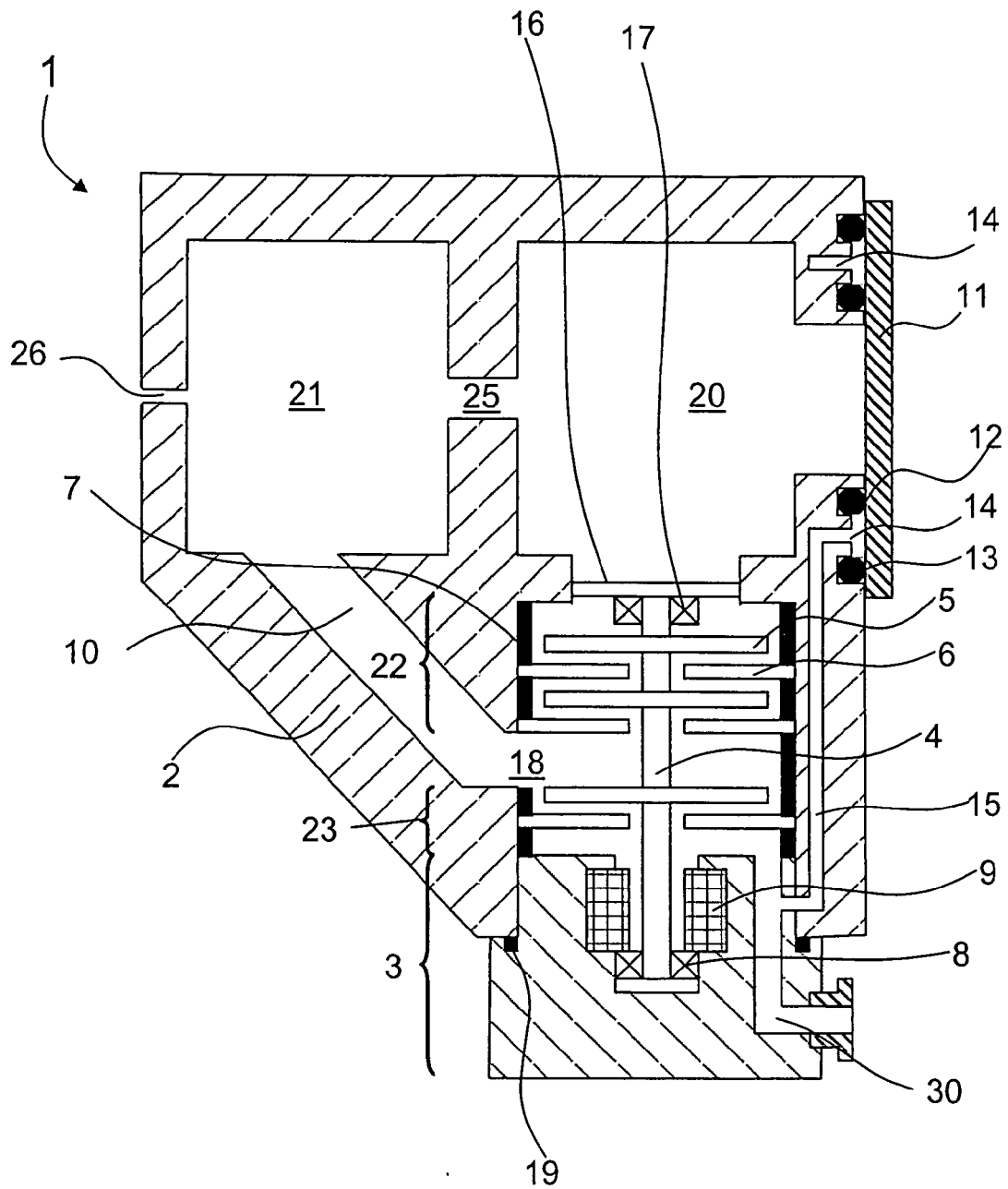
35

40

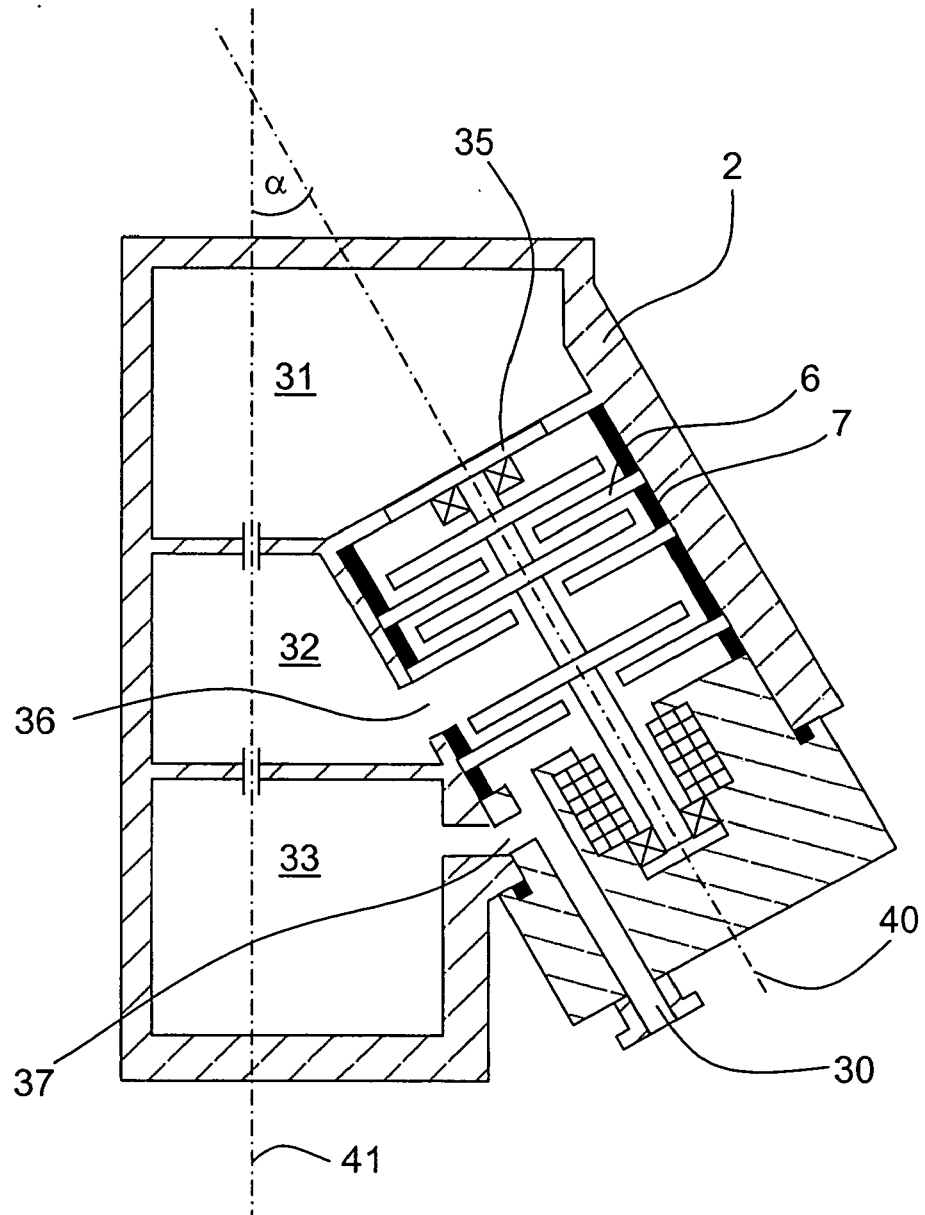
45

50

55



**Fig. 1**



**Fig. 2**

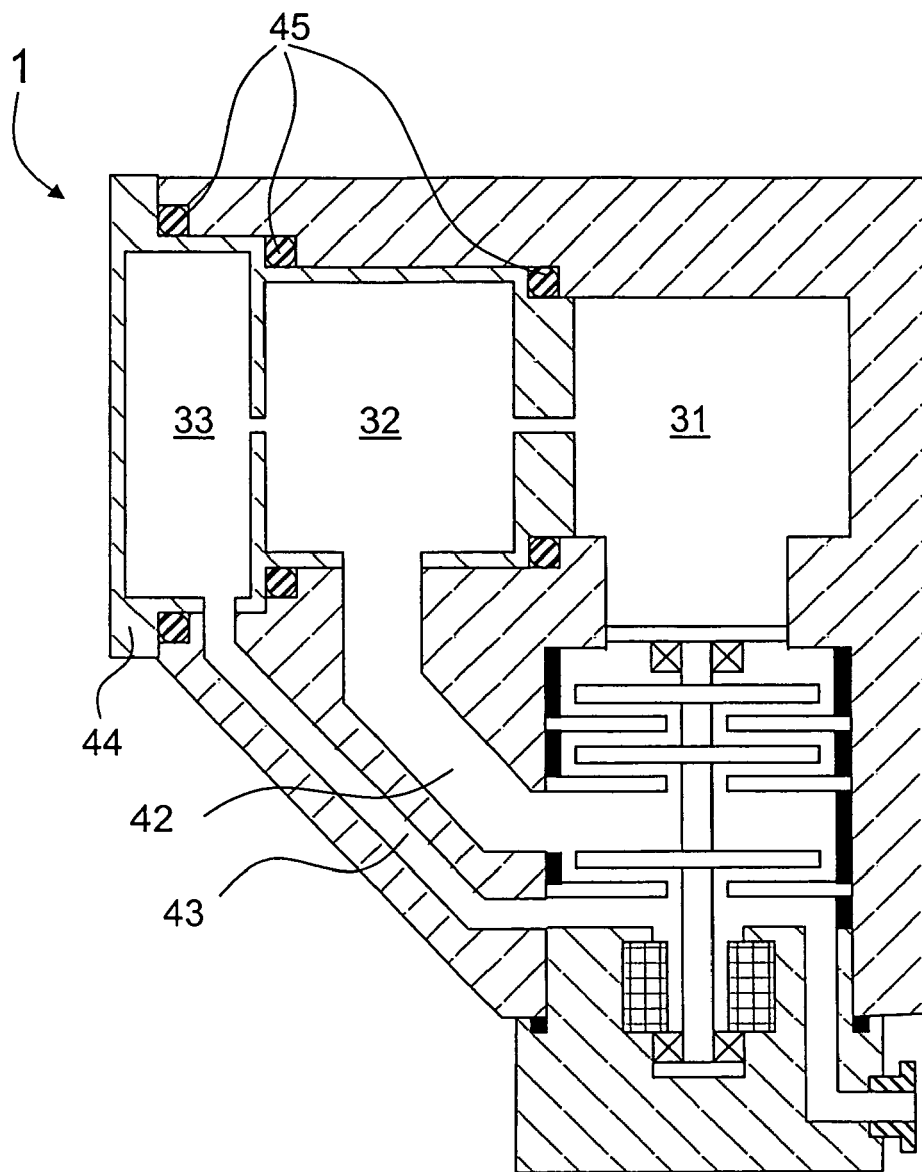


Fig. 3



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 4331589 C [0004]
- EP 1090231 A [0005]