



(11)

EP 1 650 441 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.07.2014 Patentblatt 2014/31

(51) Int Cl.:
F04D 29/66^(2006.01) F04D 19/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05021097.0**

(22) Anmeldetag: **28.09.2005**

(54) Vibrationsarme Vakuumpumpe

Low vibration vacuum pump

Pompe à vide à faible vibration

(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 NL PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorität: **19.10.2004 DE 102004050743**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.04.2006 Patentblatt 2006/17

(73) Patentinhaber: **Pfeiffer Vacuum GmbH**
35614 Asslar (DE)

(72) Erfinder:
• **Bernhardt, Helmut**
35584 Wetzlar (DE)
• **Blecker, Armin**
35614 Asslar (DE)
• **Reichhart, Anneliese**
35614 Asslar (DE)

- **Stanzel, Jörg**
35583 Wetzlar (DE)
- **Eberl, Wolfgang**
35606 Solms (DE)
- **Rippl, Christopher Mark**
35578 Wetzlar (DE)
- **Willig, Michael**
35633 Lahnau (DE)

(74) Vertreter: **Knefel, Cordula**
Patentanwälte Knefel & Knefel
Postfach 19 24
35529 Wetzlar (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 0 581 966 EP-A2- 1 293 682
DE-A1- 2 249 985 DE-A1- 2 412 584
DE-A1- 19 712 711 DE-U1- 8 608 801

EP 1 650 441 B1

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

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine vibrationsarme Vakuumpumpe nach dem Oberbegriff des ersten Anspruches.

[0002] Vakuumpumpen besitzen viele Bauteile, die mechanische Schwingungen bzw. Vibrationen der gesamten Pumpe erzeugen können. Diese Vibrationen können dann über den Flansch auf die Vakuumkammer oder andere angeschlossene Systeme übertragen werden.

[0003] Molekularpumpen und Turbomolekularpumpen dienen der Erzeugung von Hoch- und Ultrahochvakuum. Die Pumpwirkung wird in einer Turbomolekularpumpe durch eine Kombination aus sehr schnell drehenden und mit stehenden abwechselnden Flügelscheiben erzielt. Die schnelldrehenden Flügelscheiben sitzen auf einer Welle und bilden mit dieser zusammen den Rotor. Dieser rotiert mit einigen zehntausend Umdrehungen pro Minute um seine Achse. Die Unterstützung der Drehung erfolgt durch axiale und radiale Lager, beispielsweise Wälzlager und/oder Magnetlager. Die Drehung erzeugt überdies Schwingungen, beispielsweise durch geringe Unwuchten des Rotors, die einerseits durch die begrenzte Wuchtgenauigkeit bei der Herstellung und andererseits auch durch Ablagerung von Partikeln auf den Flügelscheiben entstehen können. Diese Schwingungen werden über die Lager an das Pumpengehäuse abgegeben.

[0004] Gerade wenn Turbomolekularpumpen in Analysegeräten zum Einsatz kommen, müssen Schwingungen unterdrückt werden, um Empfindlichkeitsverluste der Analysensysteme zu vermeiden. Der Fortschritt in den elektrischen und elektronischen Komponenten der Analysensysteme hat zu einer deutlichen Steigerung der Nachweisempfindlichkeit geführt. In der Umkehrung bedeutet dies, dass Schwingungen des Vakuumsystems, also beispielsweise der Turbomolekularpumpe, in immer geringerem Maße toleriert werden können.

[0005] Im Stand der Technik werden zwei Wege beschritten, um eine Übertragung der Schwingungen auf das Analysensystem zu vermeiden.

[0006] Der erste Weg, offenbart in DE-OS 101 17 075, versucht, die Vakuumpumpe über eine schwingungsentkoppelnde Komponente mit Flansch und Analysensystem oder Vakuumkammer zu verbinden. Dadurch soll eine Übertragung der Schwingungen vermieden werden. Diese Lösung erfordert allerdings zusätzlichen Bauraum, der in den heute immer kleiner werdenden Systemen nicht zur Verfügung steht. Außerdem führen zusätzliche Komponenten im Vakuumsystem insbesondere vor dem Ansaugflansch zu Leistungsverlusten. Auch diese sind im Zuge der Effizienzsteigerung und angestrebter sinkender Leistungsaufnahme nicht oder schwer tolerierbar.

[0007] In DE 35 37 822 wird daher eine Vakuumpumpe vorgestellt, in der die Lager des schnelldrehenden Rotors durch ein System aus Elastomerringen gegen das Pumpengehäuse abgestützt wird. Dadurch wird die Übertra-

gung von Schwingungen über die Lager reduziert. Leider zeigt sich, dass noch immer Schwingungen von der Vakuumpumpe übertragen werden.

[0008] Auch der Antrieb kann Quelle von Schwingungen sein (Journal of Vacuum Science and Technology A, 7 (1989) May/June, Nr. 311, New York, US, pp. 2377-2380). Die Motorgeometrie, also Rundheit und Ausrichtung der Komponenten, ist nach diesem Artikel maßgeblich für die Stärke der Schwingung und ebenso für eine erfolgreiche Unterdrückung.

[0009] Ein weiteres zum Stand der Technik gehörendes Dämpfungssystem für magnetisch gelagerte Rotoren (DE 197 12 711 A1) sieht ein Zwischenbauteil vor, welches schwingungsgedämpft gelagert ist. An dem Zwischenbauteil ist ein Statormagnet angeordnet. Dem Statormagnet gegenüberliegend ist ein Rotormagnet angeordnet. Diese zum Stand der Technik gehörende Vorrichtung weist den Nachteil auf, dass Schwingungen des Antriebes nicht gedämpft werden.

[0010] Weiterhin gehört zum Stand der Technik (DE 2 249 985 A1) eine Turbomolekularpumpe. Gemäß dieser Druckschrift ist zwar das Gehäuse des Antriebsmotors in einem Flanschteil des Pumpengehäuses elastisch gelagert. Weitere Lagerstellen der Rotorwelle können ebenfalls mit dämpfenden Federpaketen oder dergleichen versehen sein. Diese zum Stand der Technik gehörende Turbomolekularpumpe weist jedoch den Nachteil auf, dass die Dämpfung noch nicht optimiert ist

[0011] Die Aufgabe ist es, eine Vakuumpumpe vorzustellen, bei der die am Gehäuse auftretenden Schwingungen gegenüber dem Stand der Technik reduziert werden. Zusätzlicher Platzbedarf außerhalb der Pumpe und eine Vergrößerung des Gehäuses sollen vermieden werden.

[0012] Gelöst wird diese Aufgabe durch die kennzeichnenden Merkmale des ersten Anspruchs. Die weiteren Ansprüche stellen Ausgestaltungsformen dar.

[0013] Erfindungsgemäß werden die am Gehäuse auftretenden Schwingungen reduziert, indem mindestens ein Teil der elektrisch betriebenen Lager- und Antriebselemente schwingungstechnisch vom Gehäuse der Vakuumpumpe entkoppelt wird. Zu diesen elektrisch betriebenen Lager und Antriebselementen gehört der Motorstator. Die schwingungstechnische Entkopplung wird erreicht, indem der Stator des Antriebs, im Folgenden "Motorstator", elastisch im Gehäuse der Vakuumpumpe aufgehängt wird. Bei Vakuumpumpen mit konventioneller Lagerung kann die schwingungstechnische Entkopplung der Lager vom Gehäuse der Pumpe verbessert werden, indem zwischen Gehäuse und Lager ein Zwischenglied aus einem Material hoher Dichte in elastischem Material aufgehängt wird.

Bei solchen Vakuumpumpen, die einen Gleichstrommotor als Antrieb haben, der mit Pulsweitenmodulation (PWM) angesteuert wird, wird eine Übertragung der durch die PWM ausgelösten hochfrequenten Schwingungen auf das Gehäuse vermieden.

Bei leistungsstarken Antrieben muss die im Motorstator

auftretende Verlustwärme berücksichtigt werden. Daher wird gemäß der Erfindung der Motorstator schwingungstechnisch vom Gehäuse entkoppelt und trotzdem die wärmetechnische Ankopplung beibehalten. Dazu werden Elemente eingebaut, die keine Schwingungen aber Wärme übertragen. Hierdurch wird eine unzulässige Stauung der Wärme im Motorstator vermieden und trotzdem das am Gehäuse der Pumpe auftretende Maß an Schwingungen reduziert.

[0014] Die Erfindung soll am Beispiel einer erfindungsgemäß gestalteten Turbomolekularpumpe an Hand der Figuren dargestellt werden.

Es zeigen:

- Fig. 1 Senkrechter Schnitt durch eine Turbomolekularpumpe mit schwingungstechnischer Entkopplung des Antriebes;
- Fig. 2 schwingungstechnische Entkopplung eines der Rotorlager mit einem Zwischenglied;
- Fig. 3 schwingungstechnische Entkopplung bei wärmetechnischer Kopplung des Motorstators;
- Fig. 4 eine weitere Maßnahme zur Abführung der Wärme vom Motor;
- Fig. 5 vertikaler Schnitt durch ein aktiv geregeltes Radialmagnetlager.

[0015] Die erste Figur zeigt eine Turbomolekularpumpe 1 mit einem Gehäuse 2, welches einen Gaseintritt 3 und einen Gasaustritt 4 aufweist. Zwischen dem Gaseintritt und -austritt wird das Gas durch eine pumpaktive Struktur gefördert. Diese Struktur weist rotierende pumpaktive Bauteile 9 und stehende pumpaktive Bauteile 10 auf. Die rotierenden Bauteile 9 sind auf einer Rotorwelle 5 befestigt, beide Teile 5 und 9 bilden zusammen den Rotor der Pumpe. Der Rotor ist mit Lagern 8 drehbar unterstützt. Auf der Rotorwelle sitzt der Motorrotor 6, der zusammen mit dem Motorstator 7 den Antrieb bildet. Erfindungsgemäß ist der Motorstator in elastischen Bauteilen 11 im Gehäuse 2 aufgehängt. Diese elastischen Bauteile können Elastomerringe sein. Eine Verschiebung der Ringe in axialer Richtung kann vermieden werden, indem in Gehäuse und Motorstator Nuten vorgesehen sind, in denen die Ringe mit einem Teil ihres Durchmessers eintauchen.

Der Motorrotor kann als eine Anordnung von Permanentmagneten ausgebildet sein, so dass sich insgesamt ein Gleichstrommotor ergibt. Vorzugsweise wird die Bestromung des Motorstators dann mit Pulsweitenmodulation durchgeführt.

[0016] Die durch die Lager übertragenen Schwingungen sind abhängig von der Art der Lager. In Vakuumpumpen, insbesondere Molekularpumpen, kommen verschiedene Lager wie Magnetlager (aktiv und passiv) und Wälzlager zum Einsatz. Letztere erzeugen und übertragen Schwingungen auf das Pumpengehäuse. Eine Ausführungsform der Erfindung reduziert daher die am Lager übertragenen Schwingungen. In Figur 2 ist ein Ausschnitt aus der Vakuumpumpe 1 gezeigt. Die Rotorwelle 5 mit

den Permanentmagneten 6 ist durch ein Wälzlager drehbar unterstützt, welches einen auf der Rotorwelle sitzenden inneren Ring 17 und einen äußeren Ring 18 aufweist. Dieser Ring ist in einem Zwischenglied 12 gefasst, welches sich durch elastische Bauteile 11, z.B. Elastomerringe, im Gehäuse 2 abstützt. Dieses Zwischenglied ist aus Material mit hoher Dichte hergestellt, so dass es bei geringer Baugröße eine hohe Masse besitzt und damit schwingungsdämpfend wirkt. Im oberen Teil der Abbildung ist noch der Motorstator 7 zu sehen.

[0017] Figur 3 zeigt eine Ausführungsform der elastischen Aufhängung des Motorstators. Um den Rotor über den Antrieb in Drehung zu versetzen, muss Energie zugeführt werden, beispielsweise durch Bestromung der Spulen des Motorstators. Dabei wird nicht die gesamte zugeführte elektrische Energie in Rotationsenergie umgesetzt. Ein Teil wird als Verlustwärme frei. Bei Pumpen mit hohem Leistungsbedarf muss eine entsprechend hohe Verlustwärme abgeführt werden. In diesen Fällen ist eine wärmetechnische Ankopplung des Motorstators vorzusehen, bzw. die wärmetechnische Abkopplung zu vermeiden. Die notwendige Maßnahme ist in Figur 3 dargestellt: Zwischen Rotorwelle 5 und Gehäuse 2 der Vakuumpumpe sitzt der Motorstator 7. Die elastischen Bauteile 11 entkoppeln ihn schwingungstechnisch. Es entsteht ein Zwischenraum 15 im Bereich zwischen Motorstator 7, Gehäuse 2 und den elastischen Bauteilen 11. Dieser Bereich wird mit einem gut wärmeleitenden Material 16 gefüllt, das aber keine Schwingungen überträgt. Solche Mittel können beispielsweise hochviskose Flüssigkeiten sein.

[0018] In einer anderen Ausführungsform kann es sich bei diesen Mitteln um Wärmeleitpaste handeln.

[0019] In einer weiteren Ausführungsform handelt es sich bei diesen Mitteln um ein Gewebe oder ein Geflecht aus gut wärmeleitendem Material. Beispielsweise kann dieses Gewebe oder Geflecht aus Material mit hohen Kupfer- oder Aluminiumanteilen bestehen.

[0020] Eine wirksame Kühlung des Motorstators kann auch erreicht werden, indem mindestens ein Kühlkanal im Bereich des Motorstators vorgesehen ist, in dem ein Kühlmittel zirkuliert. Dies ist in Figur 4 dargestellt. Auf dem Motorstator 7 sitzt eine Hülse 19 mit einem gewindeartig um den Motorstator geführten Kühlkanal 20. In diesem Kanal zirkuliert ein Kühlmittel, beispielsweise Wasser, welches durch den Einlass 25 in den Kanal oder die Kanäle ein- und durch den Auslass 26 wieder austritt. Statt dem einfachen Kanal können auch mehrere parallele Kanäle angeordnet sein. Der Motorstator selbst ist mit den elastischen Bauelementen 11 im Gehäuse 2 der Vakuumpumpe aufgehängt.

[0021] Eine weitere Ausführungsform betrifft solche Vakuumpumpen, deren Lager 8 aktive Magnetlager sind, wobei diese sowohl in axialer als auch in radialer Richtung aktiv sein können. Diese Lager gehören ebenfalls zu den elektrisch betriebenen Lager- und Antriebselementen. Gezeigt ist dies beispielhaft an einem aktiven radialen Magnetlager 24 in Figur 5. In aktiven Magnetla-

ger findet eine Regelung des Stromes in den Steuerspulen 21 statt, wobei mit diesem Strom magnetische Rückstellkräfte erzeugt werden. Diese Kräfte sollen der durch einen Sensor 23 gemessenen Auslenkung der Rotorwelle 5 entgegenwirken. Ein gängiges Verfahren ist die Stromregelung per Pulsweitenmodulation. Die Frequenz dieser Pulsweitenmodulation ist den Stellkräften angepasst, wodurch mechanische Schwingungen an dem Lagerstator 22 auftreten, die auf das Pumpengehäuse 2 übertragen werden. Erfindungsgemäß können diese Schwingungen vermieden werden, indem der Lagerstator in elastischen Bauteilen 11 gelagert wird. Die Amplituden jener Schwingungen, die durch den Lagerstator erzeugt werden, müssen nicht mit denjenigen des Motorstators vergleichbar sein. Abhängig vom gegebenen [0022] Fall kann es daher sinnvoll sein, Motorstator und Lagerstator in elastischen Bauelementen (wie bspw. Elastomerringe, Vitonringe, etc.) zu lagern.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1) mit einem Gehäuse (2), welches mindestens einen Gaseintritt (3) und Gasaustritt (4) besitzt, mit einer Rotorwelle (5), mit einem Antrieb, der die Rotorwelle in Drehung versetzt und einen Motorrotor (6) auf der Rotorwelle und einen Motorstator (7) umfasst, mit Lagern (8), die die Rotorwelle drehbar unterstützen, mit rotierenden (9) und stehenden (10) pumpaktiven Bauteilen, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Motorstator ein elektrisch betriebenes Antriebselement ist und durch elastische Bauelemente (11) im Gehäuse gehalten wird, und dass im Zwischenraum (15) zwischen Motorstator (7) und Gehäuse (2) Mittel (16) zur thermischen Ankopplung vorgesehen sind.
2. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eines der Lager (8) in einem durch elastische Bauelemente gehaltenem Zwischenglied (12) sitzt.
3. Vakuumpumpe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Zwischenglied (12) aus einem Material hoher Dichte besteht.
4. Vakuumpumpe nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eines der Lager (8) ein Wälzlager ist.
5. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eines der Lager (8) ein aktiv geregeltes Magnetlager ist und zu den elektrisch betriebenen Lager- und Antriebselementen gehört.
6. Vakuumpumpe nach einem der vorherigen Ansprü-

che, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elastischen Bauelemente (11) Elastomerringe sind.

7. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel (16) zur thermischen Ankopplung hochviskose Flüssigkeiten sind.
8. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel Wärmeleitpaste sind.
9. Vakuumpumpe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel Gewebe oder Geflechte aus gut wärmeleitendem Material sind.
10. Vakuumpumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material Kupfer enthält.
11. Vakuumpumpe nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Material Aluminium enthält.
12. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe (1) eine Turbomolekularpumpe ist.
13. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Motorrotor (6) eine Anordnung von Permanentmagneten ist.
14. Vakuumpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens ein Kühlkanal (20) im Bereich des Motorstators (7) angeordnet ist.

Claims

1. A vacuum pump (1), having a casing (2) which has at least one gas inlet (3) and gas outlet (4), having a rotor shaft (5), having a drive which rotates the rotor shaft and includes a motor rotor (6) on the rotor shaft and a motor stator (7), having bearings (8) which rotatably support the rotor shaft, having rotating components (9) and stationary components (10) which are active in pumping, **characterised in that** the motor stator is an electrically operated drive element and is retained in the casing by resilient structural elements (11), and in that means (16) for thermal coupling are provided in the intermediate space (15) between the motor stator (7) and the casing (2).
2. A vacuum pump according to Claim 1, **characterised in that** at least one of the bearings (8) is seated in an intermediate member (12) that is retained by resilient structural elements.

3. A vacuum pump according to Claim 2, **characterised in that** the intermediate member (12) is made from a material of high density.
4. A vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** at least one of the bearings (8) is a roller bearing.
5. A vacuum pump according to Claim 1, **characterised in that** at least one of the bearings (8) is an actively regulated magnetic bearing and is part of the electrically operated bearing and drive elements.
6. A vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** the resilient structural elements (11) are elastomer rings.
7. A vacuum pump according to Claim 1, **characterised in that** the means (16) for thermal coupling are highly viscous fluids.
8. A vacuum pump according to Claim 1, **characterised in that** the means comprise thermally conductive paste.
9. A vacuum pump according to Claim 1, **characterised in that** the means are fabrics or braids made from material which has good thermal conductivity.
10. A vacuum pump according to Claim 9, **characterised in that** the material contains copper.
11. A vacuum pump according to Claim 9, **characterised in that** the material contains aluminium.
12. A vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** the vacuum pump (1) is a turbomolecular pump.
13. A vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** the motor rotor (6) is an arrangement of permanent magnets.
14. A vacuum pump according to one of the preceding claims, **characterised in that** at least one cooling duct (20) is arranged in the region of the motor stator (7).

Revendications

1. Pompe à vide (1) avec un boîtier (2), qui possède au moins une entrée de gaz (3) et une sortie de gaz (4), avec un arbre de rotor (5), avec un entraînement qui met l'arbre de rotor en rotation, et comprend un rotor de moteur (6) sur l'arbre de rotor et un stator de moteur (7), avec des paliers (8) qui supportent de manière rotative l'arbre de rotor, avec des com-

posants actifs de pompe rotatifs (9) et fixes (10), **caractérisée en ce que** le stator de moteur est un élément d'entraînement à commande électrique et est retenu dans le boîtier par des éléments élastiques (11), et **en ce que** des moyens (16) d'accouplement thermique sont prévus dans l'espace intermédiaire (15) entre le stator de moteur (7) et le boîtier (2).

2. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**au moins l'un des paliers (8) repose dans un organe intermédiaire (12) retenu par des éléments élastiques.
3. Pompe à vide selon la revendication 2, **caractérisée en ce que** l'organe intermédiaire (12) se compose d'un matériau de grande densité.
4. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins l'un des paliers (8) est un palier à roulement.
5. Pompe à vide (1) selon la revendication 1, **caractérisée en ce qu'**au moins l'un des paliers (8) est un palier magnétique à régulation active et appartient aux éléments d'entraînement et de palier à commande électrique.
6. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les éléments élastiques (11) sont des bagues élastomères.
7. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les moyens (16) pour l'accouplement thermique sont des liquides de haute viscosité.
8. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les moyens sont des pâtes thermoconductrices.
9. Pompe à vide selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** les moyens sont des tissus ou des treillis en matériau bon conducteur thermique.
10. Pompe à vide selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** le matériau contient du cuivre.
11. Pompe à vide selon la revendication 9, **caractérisée en ce que** le matériau contient de l'aluminium.
12. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la pompe à vide (1) est une pompe turbomoléculaire.
13. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le rotor de moteur (6) est un agencement d'aimants per-

manents.

14. Pompe à vide selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**au moins un canal de refroidissement (20) est disposé dans la région du stator de moteur (7).

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

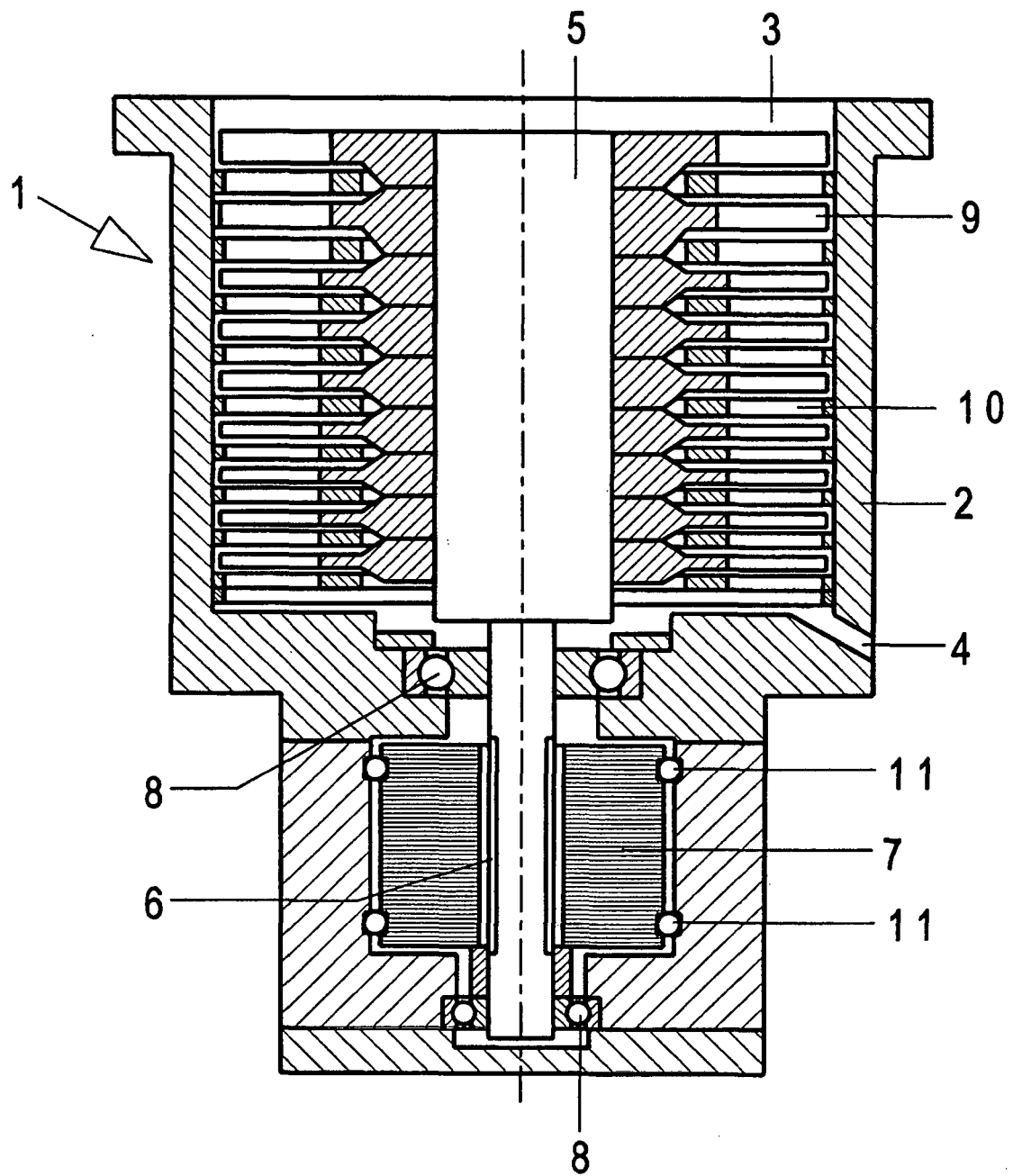


Fig. 1

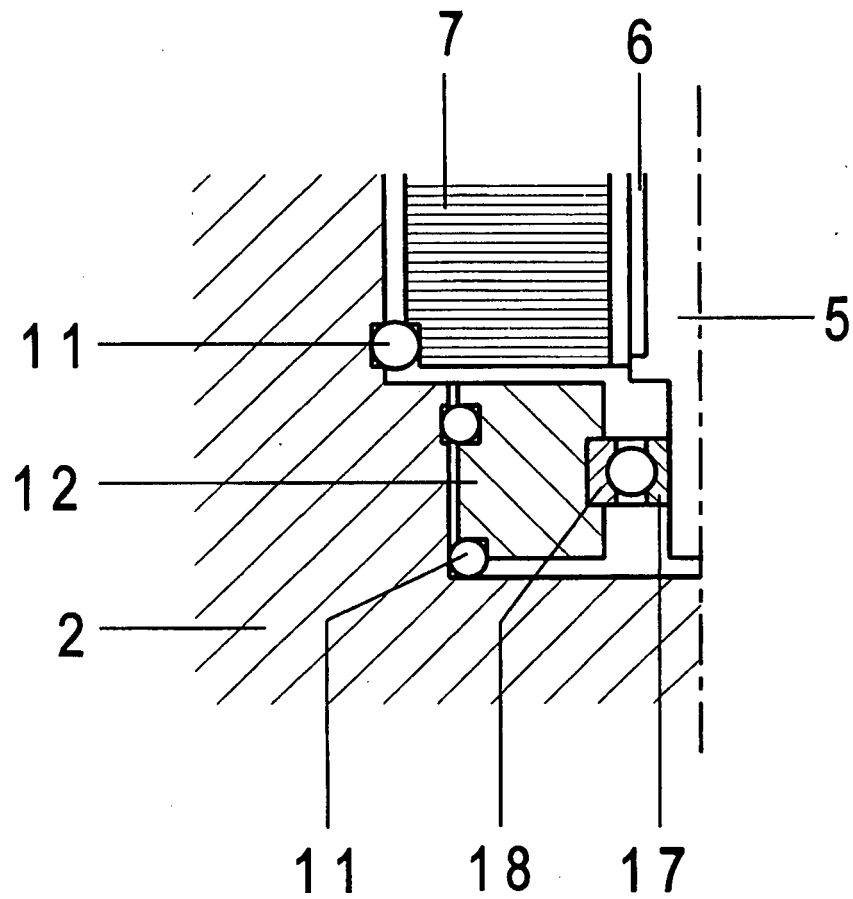


Fig. 2

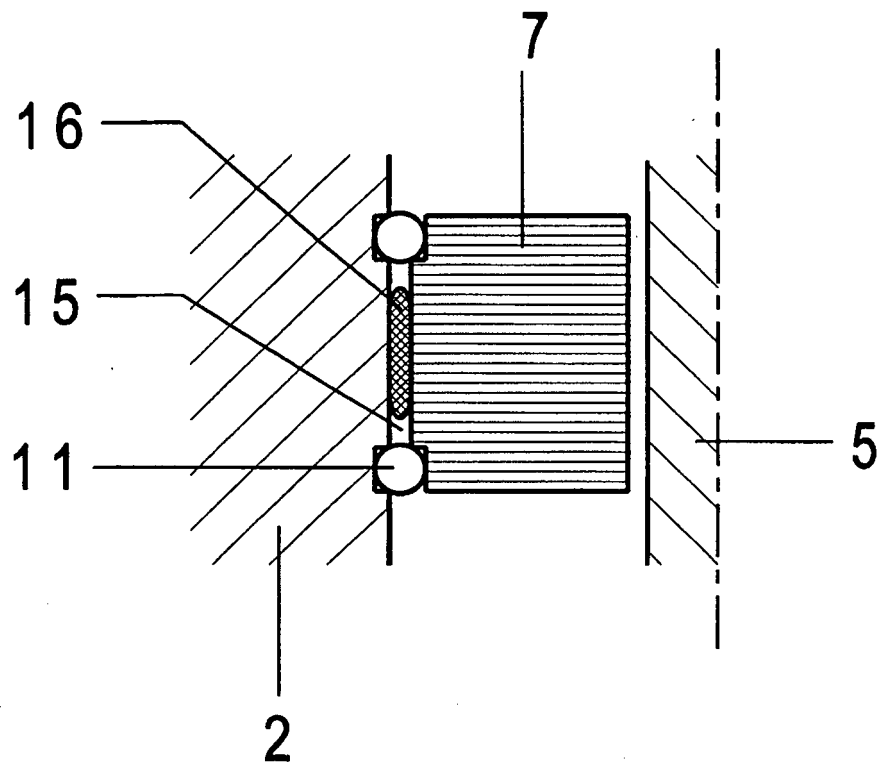


Fig. 3

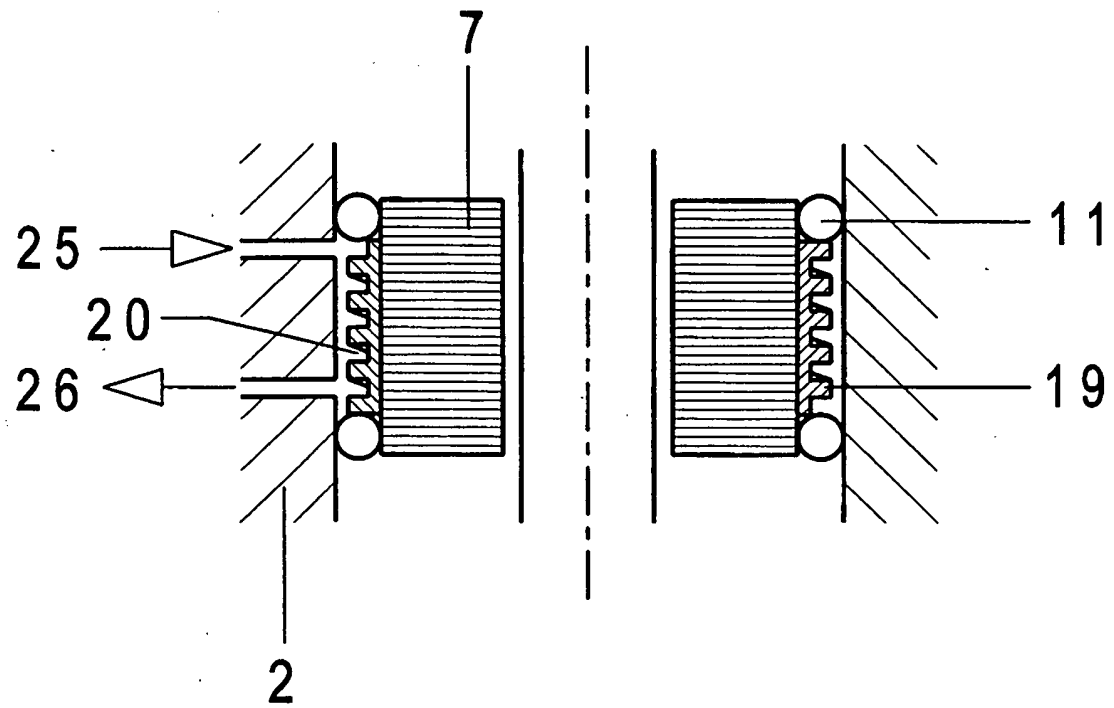


Fig. 4

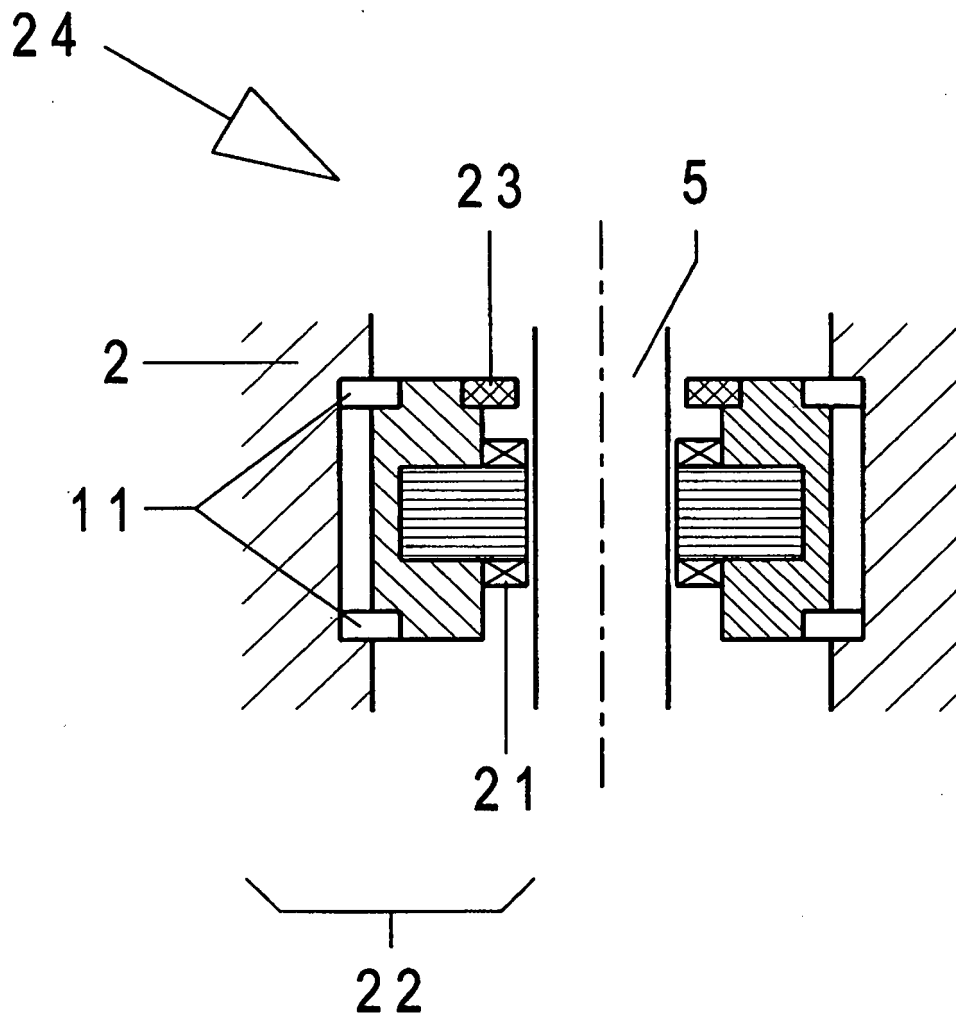


Fig. 5

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 OS10117075 A [0006]
- DE 3537822 [0007]
- DE 19712711 A1 [0009]
- DE 2249985 A1 [0010]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- *Journal of Vacuum Science and Technology A*, Mai 1989, vol. 7 (311), 2377-2380 [0008]