



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.10.2007 Patentblatt 2007/41

(51) Int Cl.:
F04D 17/16^(2006.01) F04D 19/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07006199.9**

(22) Anmeldetag: **27.03.2007**

(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:
 • **Birkenstock, Timo**
35745 Herborn (DE)
 • **Hopf, Dirk**
35641 Schöffengrund (DE)
 • **Stoll, Tobias**
35719 Angelburg-Gönnern (DE)

(30) Priorität: **07.04.2006 DE 102006016405**

(54) **Vakuumpumpe mit Antriebsgerät**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe (1), die in einer Umgebung angeordnet ist, mit einem Gehäuse (2), einem Innenraum (8) und einem Antriebsgerät (11), welches elektronische Schaltungen (16) zur Ansteuerung von im Innenraum (8) angeordneten elektronischen und elektrischen Komponenten (9) enthält, wobei im Innenraum Unterdruck herrscht, mit einem Tren-

nelement, welches Innenraum und Umgebung voneinander trennt. Um die Führung der elektrischen Signale in das Steuergerät einfacher und flexibler zu gestalten, wird vorgeschlagen dass das Trennelement eine gedruckte Schaltungsplatine (10) umfasst, welche Mittel (12) zur Durchführung elektrischer Ströme und Spannungen in den Innenraum aufweist.

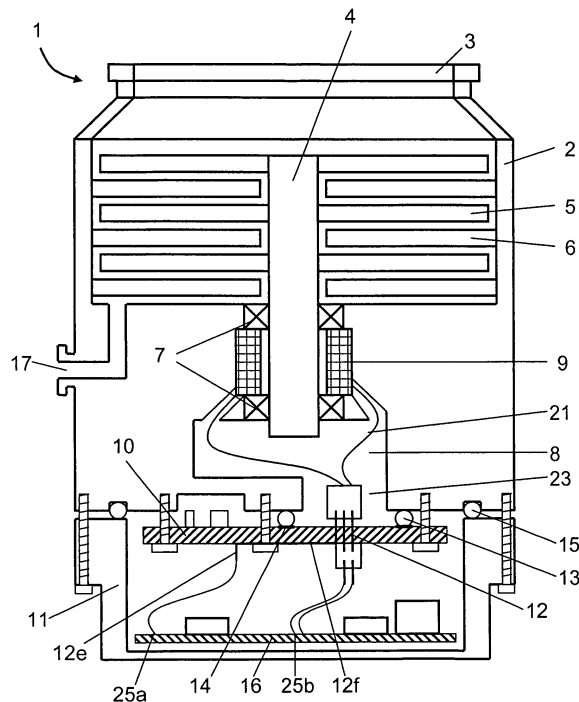


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpe, die in einer Umgebung angeordnet ist, mit einem Gehäuse, einem Innenraum und einem Antriebsgerät, welches elektronische Schaltungen zur Ansteuerung von im Innenraum angeordneten elektronischen und elektrischen Komponenten enthält, wobei im Innenraum Unterdruck herrscht, und mit einem Trennelement, welches Innenraum und Umgebung voneinander trennt.

[0002] Vakuumpumpen weisen einen Innenraum auf, in welchem eine zunehmende Zahl elektronischer Bauteile angeordnet ist. Solche Bauteile sind beispielsweise die elektrischen Spulen des Motors oder Hallsonden, die die Drehung der Welle nachweisen, und dergleichen. Diese innerhalb der Vakuumpumpe angeordneten Bauteile werden von außerhalb der Vakuumpumpe befindlichen, elektronischen Schaltungen angesteuert. Diese Schaltungen sind oft in einem Ansteuergerät platziert. Der Innenraum einer solchen Vakuumpumpe ist auf einem Druckniveau, welches unterhalb des Atmosphärendruckes liegt. Das bedeutet, dass die elektrischen Leitungen, die zwischen den elektronischen Schaltungen und den im Innenraum angeordneten Bauteilen einen elektrischen Kontakt herstellen, durch eine hermetisch dichte Durchführung vom Innenraum zum Außenraum geführt werden müssen.

[0003] Eine im Stand der Technik übliche Lösung ist, einen hermetisch dichten Stecker an der Vakuumpumpe vorzusehen. Dieser Stecker weist in Richtung Innenraum der Vakuumpumpe Stifte auf, an die Kabel angelötet werden, welche zu den elektronischen Bauteilen führen. Die Größe und Form der Vakuumpumpe hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen. Obwohl die gewünschten Funktionen von Vakuumpumpe und Antriebsgerät umfangreicher geworden sind, soll sich in der Summe ein zunehmend kompakteres Gesamtsystem ergeben. Das Antriebsgerät soll sich an das Gehäuse der Vakuumpumpe anpassen, so dass es um dieses herum konstruiert werden muss. Andersherum gesagt: Das Gehäuse der Vakuumpumpe gibt die Rahmenbedingungen für das Antriebsgerät vor. Hierbei stellt sich der im Stand der Technik benutzte Stecker als nachteilig heraus, da er kompliziert aufgebaut ist und einen großen Platzbedarf hat.

[0004] Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vakuumpumpe mit einem Trennelement zwischen Innenraum und Umgebung vorzustellen, welches den Aufbau einer vakuumdichten und gegen Montagefehler weniger anfälligen Durchführung erlaubt, die eine flexiblere Gestaltung der elektrischen Signalführung gestattet.

[0005] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vakuumpumpe mit den Merkmalen des ersten Anspruches. Dadurch, dass eine gedruckte Schaltungsplatine in dem Trennelement verwendet wird, welches den Innenraum der Vakuumpumpe von der Umgebung trennt, kann die Signalführung wesentlich besser den räumlichen Vorgaben angepasst werden. Die Bestückung einer Platine ist

einfacher und aufgrund der großzügigeren Platzverhältnisse weniger fehleranfällig bei der Montage. Es ist möglich, Signale auf der Platine von der Stelle der Durchführung an einen anderen Punkt auf der Platine zu führen, um von diesem eine Verbindung zum Antriebsgerät aufzubauen. Platinen selbst sind einer weiten Bandbreite von geometrischen Formen kostengünstig erhältlich. Zudem sind sie in ausreichendem Maße vakuumdicht.

[0006] Die abhängigen Ansprüche 2 bis 11 stellen vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung dar.

[0007] Eine erste Weiterbildung bezieht sich auf die Gestaltung der Mittel zur Durchführung elektrischer Ströme und Spannungen. Eine technisch einfache und kostengünstige Lösung ist, die gedruckte Schaltungsplatine zu durchbohren, Stifte in diese Bohrungen zu stecken und zu verlöten. Dabei ist eine vakuumdichte Durchführung durch die Verlotung gewährleistet.

[0008] Eine andere Weiterbildung der Mittel zur Durchführung der elektrischen Ströme und Spannungen besteht darin, auf der Platine einen hermetisch dichten Stecker vorzusehen. Dieser weist Kontaktstifte in Richtung Innenraum der Vakuumpumpe auf. Auf der diesem Innenraum abgewandten Seite sind Kontakte in der gedruckten Schaltungsplatine eingelötet. Mit dieser Variante wird die Vakuumdichtheit weiter erhöht.

[0009] Die Erfindung lässt sich weiterbilden, indem die gedruckte Schaltungsplatine aus mindestens zwei Schichten aufgebaut ist. Dies erlaubt es, Steckverbinder auf der Oberfläche vorzusehen, die mit einer inneren, zwischen den Schichten befindlichen und elektrisch leitenden Schicht in elektrischem Kontakt stehen. Dies vermeidet es, für die Mittel zur Durchführung der elektrischen Ströme und Spannungen durchgehende Löcher in der gedruckten Schaltungsplatine vorzusehen. Es wird auf diese Weise die Vakuumdichtheit der Anordnung erhöht.

[0010] Durch das Anordnen eines Elastomerrings in dem Spalt zwischen Trennelement und Gehäuse kann eine einfache und sichere Abdichtung erreicht werden. Diese wird noch weiter verbessert, in dem auf der gedruckten Schaltungsplatine eine beschichtete Fläche vorgesehen wird, auf der der Elastomerring aufliegt. Diese Fläche ist eben ausgeführt, so dass Stellen vermieden werden, an denen der Elastomerring nur schlecht aufliegt. Die Beschichtung kann aus Gold oder einer Goldlegierung bestehen. Solche Beschichtungen sind im Herstellungsprozess der gedruckten Schaltungsplatinen üblich und daher kostengünstig.

[0011] Die Weiterbildung nach Anspruch 8, die weitere elektronische Bauteile auf der gedruckten Schaltungsplatine vorsieht, erlaubt es, die Vakuumpumpe mit zusätzlichen Funktionen auszustatten, ohne weitere Elektronikbauteile innerhalb des Unterdruckbereichs, dem Innenraum, anzuordnen. Funktionen wie Fehlerspeicher, Pumpentypenkennung, Temperaturmessung und ähnliches können verwirklicht werden, ohne elektrische Signale über eine vakuumdichte Durchführung zu führen. Es werden nur noch die unvermeidlichen Leitungen in

den Vorvakuumbereich der Vakuumpumpe geführt, beispielsweise für den Motor. Alles andere kann auf der Platine angeordnet werden, was kostengünstiger und technisch einfacher ist. Außerdem wird die Zahl der elektronischen Bauteile minimiert, die im Unterdruck betrieben werden.

[0012] In einer Weiterbildung dieses Gedankens wird ein Temperaturfühler auf der Platine angeordnet, der mit dem Gehäuse der Vakuumpumpe in thermischem Kontakt steht. Dieser kann durch einen direkten mechanischen Kontakt realisiert sein, auch ein mechanisch deformierbarer thermischer Leiter zwischen dem Temperaturfühler und dem Gehäuse stellt eine günstige Ausgestaltung dar. Eine aufwändige Verkabelung dieses Fühlers im Innenraum der Vakuumpumpe entfällt, ein defekter Temperaturfühler kann problemlos ausgetauscht werden. Eine sichere Überwachung der Pumpentemperatur und damit eine Vermeidung von überhohen Temperaturen kann so gewährleistet werden.

[0013] Eine vorteilhafte Weiterbildung besteht darin, das Antriebsgerät lösbar an der Vakuumpumpe zu befestigen, wobei es das Trennelement wenigstens teilweise abdeckt. Dadurch wird ein kompaktes Gesamtsystem geschaffen und gleichzeitig das Trennelement gegen äußere Einwirkungen geschützt.

[0014] Die Erfindung lässt sich weiterbilden, indem sie an einer Turbomolekularvakuum Pumpe eingesetzt wird, da diese besonders viele elektronische Komponenten aufweisen und eine aufwändige Ansteuerung benötigen.

[0015] Mit Hilfe der Abbildungen soll die Erfindung an Ausführungsbeispielen näher erläutert und ihre Vorteile vertieft werden. Die Abbildungen zeigen:

Fig. 1: Schnitt durch eine Turbomolekularvakuum Pumpe mit Antriebsgerät nach einem ersten Ausführungsbeispiel.

Fig. 2: Schnittdarstellung des Bereichs des Trennelements zwischen Innenraum der Vakuumpumpe und Umgebung gemäß eines zweiten Ausführungsbeispiels.

Fig. 3: Schnittdarstellung des Bereichs des Trennelements zwischen Innenraum der Vakuumpumpe und Umgebung gemäß eines dritten Ausführungsbeispiels.

[0016] Die erste Abbildung zeigt als Beispiel für eine Vakuumpumpe eine Turbomolekularvakuum Pumpe 1, kurz: Turbopumpe. Sie besitzt einen Ansaugflansch 3, über den sie mit einem Rezipienten verbunden wird, in dem ein Hochvakuum erzeugt werden soll. Das abgesaugte Gas wird durch Schaufeln tragende Rotorscheiben 5 und ebenfalls Schaufeln tragende Statorscheiben 6 verdichtet. Hierzu werden die Rotorscheiben 5 über eine Welle 4, an der sie befestigt sind, in schnelle Drehung versetzt. Das verdichtete Gas, welches meist noch immer einen Druck im Grob-/Feinvakuumbereich hat, wird über den Gasauslass 17 an eine Vorvakuum Pumpe abgegeben. Drehbar unterstützt wird die Welle von La-

gern 7, die beispielsweise als Kugellager oder Magnetlager ausgeführt sind. Die Drehung wird durch einen Antriebsmotor 9 bewirkt. Die Turbopumpe weist einen Innenraum 8 auf, in dem im Vergleich zur Umgebung der Pumpe ein Unterdruck herrscht. Dieser Unterdruck liegt oft im Bereich des Vorvakuums, welches am Gasauslass 17 herrscht, da Innenraum und Gasauslass über Motor- und Lagerspalte miteinander verbunden sind. In diesem Innenraum sind die elektrischen Leitungen angeordnet, über die die zur Erzeugung der Drehung benötigte elektrische Leistung in den Motor 9 übertragen wird.

[0017] An dem dem Ansaugflansch gegenüberliegenden Ende der Turbopumpe ist das Antriebsgerät 11 angeordnet, welches über beispielsweise Schrauben lösbar mit dem Gehäuse der Turbopumpe verbunden ist. In diesem Antriebsgerät sind elektronische Schaltungen 16 vorgesehen. Diese Schaltungen übernehmen vielfältige Aufgaben, beispielsweise die Erzeugung der Ströme und Spannungen mit denen die Spulen des Motors angesteuert werden. Es kann auch eine Netzspannungsaufbereitung vorgesehen sein, hinzu kommen Integrierte Schaltungen und/oder Controller, die Peripheriegeräte, wie beispielsweise Lüfter und dergleichen, ansteuern. Es können auch Betriebsdaten der Turbopumpe überwacht werden oder Flutvorgänge und ähnliches gesteuert werden. Das Gehäuse kann über eine äußere Dichtung 15 abgedichtet werden. Hierdurch ist es möglich, die elektronische Schaltung vor Spritzwasser zu schützen, die äußere Dichtung dient nicht dem Erreichen einer Vakuumdichtheit.

[0018] Das Antriebsgerät weist dieselben Bedingungen wie die Umgebung auf, also im Normalfall Luft unter Atmosphärendruck. Von den Schaltungen 16 innerhalb des Antriebsgeräts müssen elektrische Ströme und Spannungen in den Innenraum 8 der Turbopumpe geführt werden. Dabei muss der Druckunterschied zwischen Umgebung und Innenraum aufrecht erhalten werden. Hierzu dient ein Trennelement, welches mit Mitteln 12 zur Durchführung elektrischer Ströme und Spannungen versehen ist und die Öffnung 23 im Gehäuse der Turbopumpe abdeckt. Ein Teil dieses Trennelements ist eine gedruckte Schaltungsplatine 10. Diese Schaltungsplatine ist an einigen Stellen durchbohrt. Durch die Bohrungen sind elektrisch leitende Stifte gesteckt und anschließend eingelötet, so dass die Bohrungen vakuumdicht verschlossen sind. Die Stifte werden an der dem Antriebsgerät zugewandten Seite mit elektrischen Leitern verbunden, die den elektrischen Kontakt zu den Schaltungen 16 herstellen. Diese elektrischen Leiter enden an verschiedenen, von einander beabstandeten Kontaktierungsstellen 25a, 25b. Statt eine direkte Verbindung der Stifte und elektrischen Leiter herzustellen, kann auch für einen Teil der notwendigen Verbindungen eine Leiterbahn 12f vorgesehen sein, über die die elektrische Ströme und Spannungen an einen anderen Punkt der gedruckten Schaltungsplatine geführt wird. Dies erlaubt eine optimale, flexible räumliche Anordnung der verschiedenen Schaltungsteile im Antriebsgerät. Für die

Kontakt Herstellung zwischen Leitungen und Stiften können beispielsweise einfache Steckkontakte verwendet werden. Auf der dem Innenraum der Turbopumpe zugewandten Seite werden Stecker auf die Stifte gesteckt, die an den Enden von Leitungen 21 vorgesehen sind. Diese Leitungen führen zu den elektronischen und elektrischen Komponenten im Innenraum der Turbopumpe, beispielsweise dem Motor. Solche Steckkontakte vereinfachen die Montage und Demontage des Trennelements an der Pumpe. Die gedruckte Schaltungsplatine des Trennelements ist mit Schrauben am Pumpengehäuse 2 festgeschraubt. Um die Vakuumdichtheit der Anordnung zu erhöhen, umgibt ein Elastomerdichtring 13 die Öffnung 23. Die Vakuumdichtheit kann weiter verbessert werden, indem eine Beschichtung 14 in dem Bereich vorgesehen ist, in dem die Elastomerdichtung auf der gedruckten Schaltungsplatine aufliegt.

[0019] Ein zweites Beispiel eines Trennelements zeigt die Abbildung 2, in der nur der untere Teil der Pumpe und der obere Teil des Antriebsgeräts im Schnitt gezeigt sind. Das Trennelement weist hier eine gedruckte Schaltungsplatine 10 und einen hermetisch dichten Stecker 12c als Mittel zur Durchführung elektrischer Ströme und Spannungen auf. Dieser Stecker besitzt Kontaktstifte, die in Bohrungen der Schaltungsplatine sitzen und darin verlötet sind. Die Kontaktstifte führen auf die der Öffnung 23 zugewandten Seite und sind dort mit den Leitungen 21 verbunden. Eine elastomere Dichtring 24 ist zwischen Stecker und Gehäuse 2 der Turbopumpe angeordnet und dichtet den Innenraum ab. Um die mechanische Sicherheit und Vakuumdichtheit zu gewährleisten, ist der Stecker selbst mit dem Pumpengehäuse verschraubt. Die gedruckte Schaltungsplatine ist ebenfalls mit Schrauben lösbar mit dem Gehäuse der Vakuumpumpe verbunden. Auf der Schaltungsplatine sind weitere elektronische Bauteile 31 angeordnet. Diese können beispielsweise der Speicherung von pumpenbezogenen Daten dienen, wie Pumpentyp, Seriennummer, etc.

[0020] Ein weiteres Beispiel eines Trennelements zeigt die Abbildung 3, in der nur der untere Teil der Pumpe und der obere Teil des Antriebsgeräts im Schnitt gezeigt sind. Die im Trennelement enthaltene gedruckte Schaltungsplatine 10 ist hier aus zwei Schichten 10a und 10b aufgebaut, wobei auch eine höhere Schichtzahl verwendet werden kann. Zwischen den Schichten ist eine innere, elektrisch leitende Schicht vorgesehen, d.h. es sind zwischen den Schichten 10a und 10b Leiterbahnen vorhanden. Die Mittel zur Durchführung elektrischer Ströme und Spannungen umfassen hier auf der Oberfläche der gedruckten Schaltungsplatine montierte Steckverbinder 12f, die beispielsweise in "surface mounting technology" (SMT) Technologie hergestellt sind. Diese Steckverbinder werden in dem Bereich der Platine eingesetzt, die Unterdruck ausgesetzt ist. Die Anordnungen an die mechanische Stabilität sind an dieser Stelle gering. Generell können die "surface mounted device" (SMD)-Stecker überall dort eingesetzt werden, wo keine hohe mechanische Stabilität gefragt ist. Auf die Steckverbinder 12f wird

ein passender Stecker 20 aufgesteckt, der an den Enden der Leitungen 21 sitzt, welche zu den elektrischen und elektronischen Komponenten im Innenraum der Turbopumpe führen. Nur eine Schicht 10a oder 10b durchsetzende Sacklöcher 12d stellen eine elektrische Verbindung zu einer zwischen den Schichten befindlichen Leiterbahn 12b her. Von dieser Leiterbahn kann eine elektrische Verbindung über weitere Blindlöcher und Sacklöcher an die dem Antriebsgerät zugewandten Oberfläche der Schaltungsplatine geführt werden. Wenn Steckverbinder auf der dem Antriebsgerät zugewandten Oberfläche verwendet werden sollen, ist es vorteilhaft, die elektrischen Ströme und Spannungen zunächst über die Leiterbahn 12b aus dem Bereich des Elastomerrings 13 herauszuführen und an Stifte 12e heranzuführen, die in durchgehende Bohrungen eingelötet sind. Die Leiterbahn 12b endet dann in einem Bereich, in dem es keinen Unterschied zwischen dem Gasdruck auf die Oberflächen der Schichten 10a und 10b gibt, bzw. keine der Oberflächen einem Unterdruck ausgesetzt ist. In diesem Bereich können durchgehende Bohrungen problemlos eingesetzt werden. Hierdurch ist es möglich, mechanisch stark belastbare Steckverbindungen für die Verbindung zu den Schaltungen 16 herzustellen. Mit den in diesem Beispiel vorgestellten Maßnahmen ist es möglich, Bohrungen zu vermeiden, die die gesamte gedruckte Schaltungsplatine im vakuumtechnisch kritischen Bereich innerhalb der Elastomerdichtung 13 durchsetzen. Die Vakuumdichtheit des in diesem Beispiel vorgestellten Trennelements ist es sehr hoch. Gleichzeitig ist es leicht möglich, die Leiterbahnen zwischen den Schichten so zu legen, dass die Kontakte auf der Seite des Antriebsgeräts an solche Kontaktierungsstellen 25a, 25b, 25c geführt werden, an denen sie den Schaltungsteilen im Antriebsgerät räumlich nahe sind.

[0021] Ebenfalls auf der Platine vorgesehen ist ein Temperaturfühler 30. Dieser Temperaturfühler erlaubt die sichere Überwachung der Pumpentemperatur, so dass eine zu hohe Betriebstemperatur der Pumpe detektiert und Gegenmaßnahmen ergriffen werden können. Beispielsweise kann die in den Antrieb eingespeiste Leistung reduziert oder die Pumpe sogar angehalten werden. Der Temperaturfühler steht in thermischem Kontakt mit dem Gehäuse 2. Dieser Kontakt kann auf verschiedene Weisen erreicht werden. So ist es denkbar, den Temperaturfühler in direkten mechanischen Kontakt zu bringen, ihn gegen das Gehäuse zu drücken. Auch ist es denkbar, thermisch gut leitfähige Mittel 32 zwischen dem Temperaturfühler und dem Gehäuse vorzusehen. Günstig ist es, diese Mittel mechanisch elastisch deformierbar zu gestalten, so dass ein sicherer thermischer Übergang von Temperaturfühler zu Mittel und von Mittel zu Gehäuse besteht.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpe (1), die in einer Umgebung angeord-

- net ist, mit einem Gehäuse (2), einem Innenraum (8) und einem Antriebsgerät (11), welches elektronische Schaltungen (16) zur Ansteuerung von im Innenraum (8) angeordneten elektronischen und elektrischen Komponenten (9) enthält, wobei im Innenraum Unterdruck herrscht, mit einem Trennelement, welches Innenraum und Umgebung voneinander trennt, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement eine gedruckte Schaltungsplatine (10) umfasst, welche Mittel (12) zur Durchführung elektrischer Ströme und Spannungen in den Innenraum aufweist.
2. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel (12) zur Durchführung einen in einer Bohrung der gedruckten Schaltungsplatine (10) eingelöteten Stift umfassen.
3. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Durchführung einen hermetisch dichten Stecker (12c) umfassen.
4. Vakuumpumpe (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gedruckte Schaltungsplatine (10) mindestens zwei Schichten (10a, 10b) aufweist.
5. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Durchführung einen auf der Oberfläche befestigte Steckverbinder (12f) umfassen, der mit einer inneren, elektrisch leitenden Schicht (12b) in elektrischem Kontakt steht.
6. Vakuumpumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement durch einen Elastomerring (13) gegen das Gehäuse (2) abgedichtet ist.
7. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Elastomerring (13) auf einer beschichteten Fläche (14) des Trennelements aufliegt.
8. Vakuumpumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trennelement auf der dem Gehäuse (2) zugewandten Seite mindestens ein weiteres elektronisches Bauteil (31) aufweist.
9. Vakuumpumpe (1) nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das weitere elektronische Bauteil ein Temperaturfühler (30) ist, der mit dem Gehäuse (2) in thermischem Kontakt steht.
10. Vakuumpumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche **dadurch gekennzeichnet, dass** das Antriebsgerät (11) lösbar an der Vakuumpumpe (1) befestigt ist und das Trennelement wenigstens teilweise abdeckt.
11. Vakuumpumpe (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpe (1) eine Turbomolekularpumpe ist.

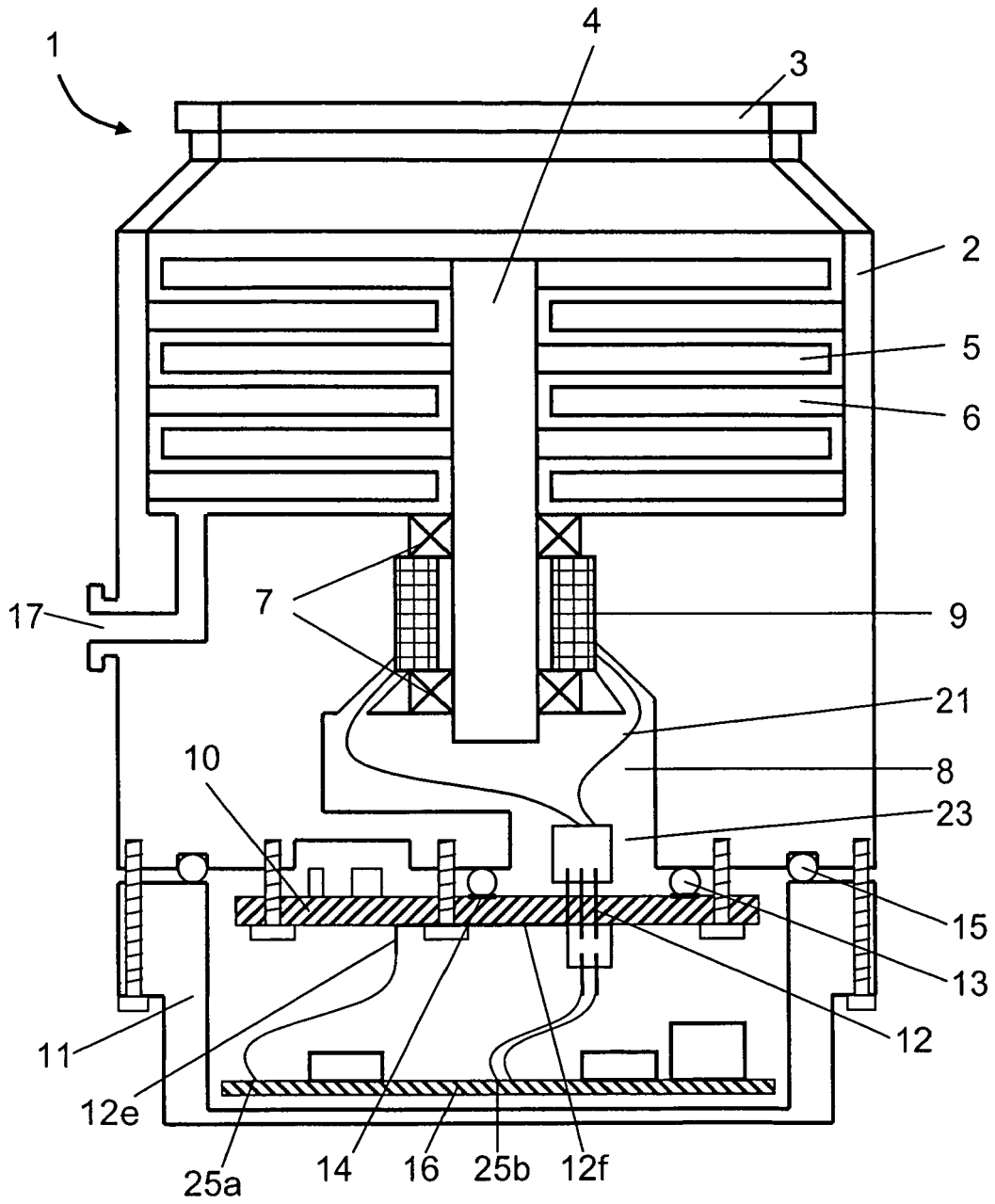


Fig. 1

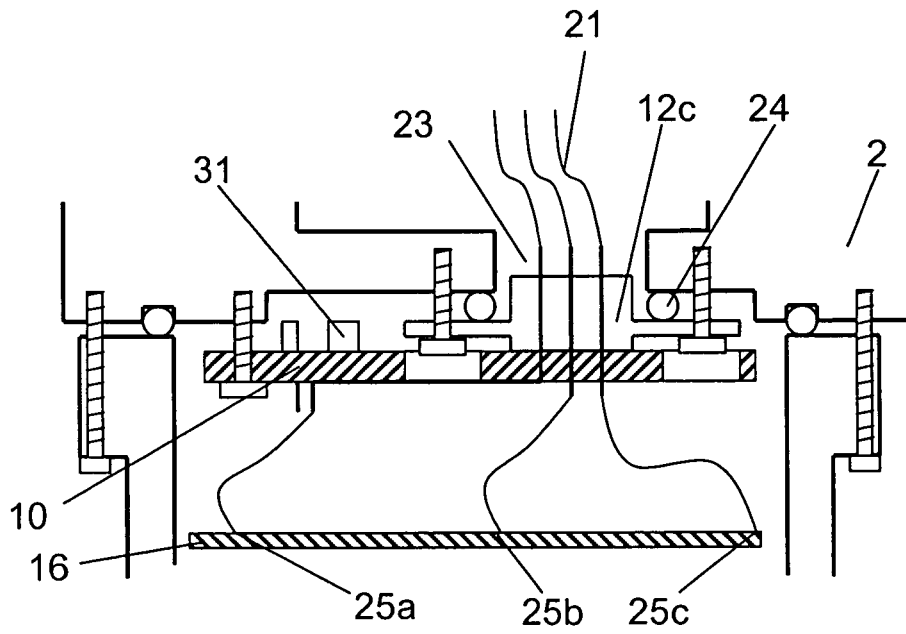


Fig. 2

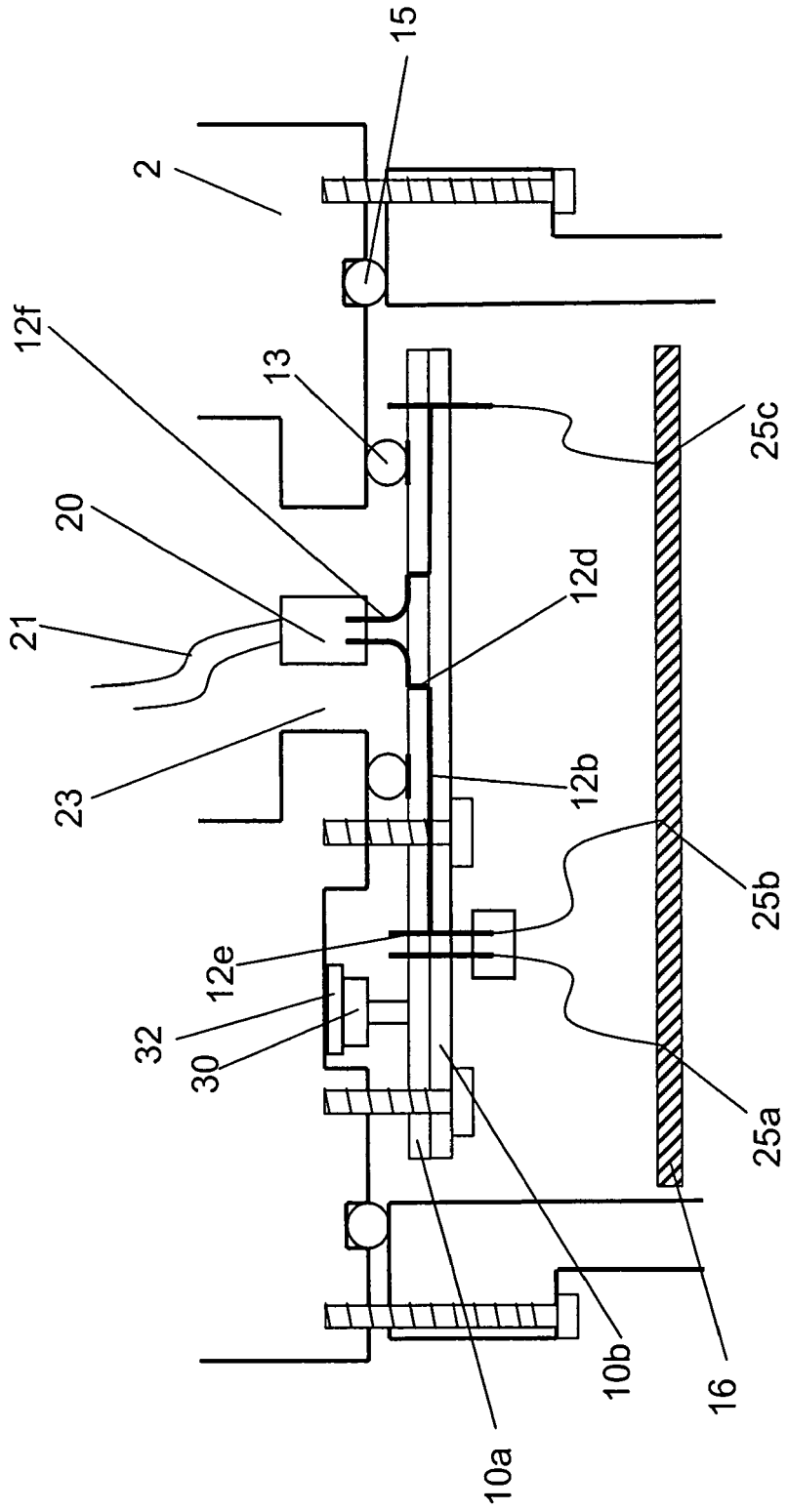


Fig. 3