



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**07.09.2011 Patentblatt 2011/36**

(51) Int Cl.:  
**F04B 35/04** <sup>(2006.01)</sup> **F04B 39/10** <sup>(2006.01)</sup>  
**F04B 49/06** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **11153770.0**

(22) Anmeldetag: **09.02.2011**

(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**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**

(71) Anmelder: **BSH Bosch und Siemens Hausgeräte GmbH**  
**81739 München (DE)**

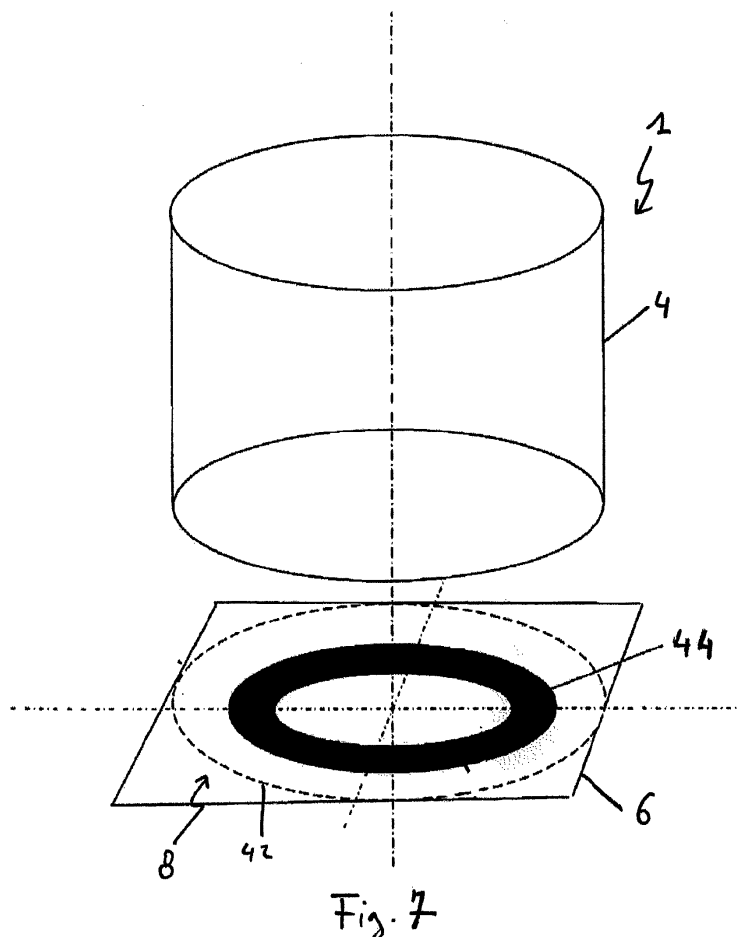
(72) Erfinder:  
• **Hofmeister, Bernhard**  
**92331, Parsberg (DE)**  
• **Klein, Hans-Wilhelm**  
**97076, Würzburg (DE)**

(30) Priorität: **03.03.2010 DE 102010002554**

(54) **Linearverdichter**

(57) Ein Linearverdichter umfasst eine Laufbuchse (2), einen in der Laufbuchse hin und her beweglichen Kolben (4), eine am einen Ende der Laufbuchse vorge-  
sehungene Ventilplatte (6), und einen induktiven Sensor (8),

welcher ein Signal ausgibt, dass eine Information über die Entfernung des Kolbens (4) von der Ventilplatte (6) enthält. Der induktive Sensor (8) ist als auf der Ventilplatte (6) angeordnete Flachspule ausgebildet.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft Linearverdichter, und insbesondere Linearverdichter mit einem induktiven Sensor, der die Bewegung eines Kolbens in einer Laufbuchse erfasst.

**[0002]** Typische Linearverdichter weisen eine Laufbuchse auf, in der ein Kolben hin und her bewegbar ist. Der Kolben begrenzt zu einer Seite hin einen Kolbenraum, in welchen über ein Einlassventil in einer Ventilplatte Gas eingelassen werden kann. Bei einem Kompressionshub des Kolbens wird das in den Kolbenraum eingelassene Gas verdichtet und über ein Auslassventil in der Ventilplatte ausgestoßen. Zur Regelung des Kolbenhubes in der Laufbuchse kann ein Sensor verwendet werden, der die Annäherung des Kolbens an die Ventilplatte erfasst.

**[0003]** Die WO 2004/025120 schlägt als Sensor einen induktiven Sensor vor, welcher in einer Durchgangsbohrung in der Ventilplatte vorgesehen ist. Als problematisch erweist sich hierbei jedoch, dass im Kolbenraum, also im Hochdruckbereich, im Betrieb erhebliche Drücke entstehen, die auf den Sensor wirken. Der Sensor kann zwar durch eine mechanische Verankerung in der Ventilplatte fixiert werden, dies führt jedoch zu einer vergleichsweise aufwendigen Anordnung. Der Sensor kann auch mit einer entsprechend leistungsfähigen Dichtung in die Durchgangsbohrung gepresst werden, was jedoch ein weiteres Bauteil erfordert. Weiterhin besteht die Gefahr, dass sich die Dichtung bei Alterserscheinungen löst, so dass der Sensor aus der Ventilplatte gedrückt wird.

**[0004]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist somit, einen Linearverdichter anzugeben, in welchem ein induktiver Sensor mit geringem Aufwand angeordnet werden kann und dessen Hochdruckbereich einfach und sicher abgedichtet werden kann.

**[0005]** Erfindungsgemäß umfasst ein Linearverdichter eine Laufbuchse, einen in der Laufbuchse hin und her beweglichen Kolben, eine am einen Ende der Laufbuchse vorgesehene Ventilplatte, einen induktiven Sensor, welcher ein Signal ausgibt, dass eine Information über die Entfernung des Kolbens von der Ventilplatte enthält, wobei der induktive Sensor als auf der Ventilplatte angeordnete Flachspule ausgebildet ist. Vorteilhafterweise kann die Ventilplatte somit durchgehend ausgebildet sein, weist also insbesondere keine Durchgangsbohrung mit dem Durchmesser des Sensors auf, so dass die Abdichtung des Kolbenraums vereinfacht wird.

**[0006]** Unter einer Flachspule ist hierbei eine Spule zu verstehen, deren Ausdehnung der Flachspule in der Ebene der Ventilplatte mindestens 5 mal, vorzugsweise mindestens 10 mal, besonders vorzugsweise mindestens 25 mal so groß ist wie in der Richtung senkrecht dazu, also in der Richtung in der der Kolben sich hin- und herbewegt.

**[0007]** Die Flachspule kann beispielsweise als Laminat aus mindestens zwei Kunststoffschichten und mindestens einer zwischen den Kunststoffschichten laminierten Metallschicht, insbesondere aus Kupfer ausge-

bildet sein. Somit lässt sich eine besonders flache Flachspule bei relativ großer Permeabilität verwirklichen.

**[0008]** Dabei kann sich das Laminat über die von der Laufbuchse abgegrenzte Fläche hinaus entlang der Ventilplatte erstrecken. In diesem Fall erstreckt sich das Kunststofflaminat entlang der Kontaktfläche zwischen Laufbuchse und Ventilplatte, so dass das Kunststofflaminat gleichzeitig auch die Funktion einer Dichtung zwischen Laufbuchse und Ventilplatte annimmt. Somit wird die Abdichtung des Kolbenraums weiter vereinfacht.

**[0009]** Alternativ zum Kunststofflaminat kann die Flachspule auch in LTCC-Technologie gefertigt sein (LTCC: low temperature co-fired ceramic).

**[0010]** Die Flachspule kann mindestens eine in der Ventilplatte vorgesehene Ventilöffnung, beispielsweise eines Einlassventils und/oder eines Auslassventils, umschließen. Somit wird der Raum im Kolbenraum besonders effizient genutzt.

**[0011]** Gemäß einer ersten alternativen Ausführungsform umfasst ein Linearverdichter eine Laufbuchse, einen in der Laufbuchse hin und her beweglichen Kolben, eine am einen Ende der Laufbuchse vorgesehene Ventilplatte, und einen induktiven Sensor auf, welcher ein Signal ausgibt, dass eine Information über die Entfernung des Kolbens bzw. des Kolbenbodens von der Ventilplatte enthält, wobei der induktive Sensor in einer sacklochartigen Ausnehmung in der Ventilplatte angeordnet ist. An der Stelle, an der der Sensor in der Ventilplatte gelagert ist, kann die Ventilplatte somit durchgehend ausgebildet sein, weist also insbesondere keine Durchgangsbohrung mit dem Durchmesser des Sensors auf, so dass die Abdichtung des Kolbenraums vereinfacht wird. Insbesondere müssen keine zusätzlichen Elemente vorgesehen werden, um den Sensor in der Ausnehmung zu fixieren.

**[0012]** Die den Sensor aufnehmende Ausnehmung kann auf der dem Kolben abgewandten Seite der Ventilplatte vorgesehen ist. Somit ist der Sensor auf der Niederdruckseite der Ventilplatte angeordnet, so dass in der Ventilplatte keine Bohrung zur Durchführung von Anschlussleitungen zum Sensor vorgesehen werden muss, was die Abdichtung des Kolbenraums weiter vereinfacht.

**[0013]** Gemäß einer zweiten alternativen Ausführungsform umfasst ein Linearverdichter eine Laufbuchse, einen in der Laufbuchse hin und her beweglichen Kolben, eine am einen Ende der Laufbuchse vorgesehene Ventilplatte, und einen induktiven Sensor, welcher ein Signal ausgibt, dass eine Information über die Entfernung des Kolbens von der Ventilplatte enthält, wobei der induktive Sensor auf der dem Kolben zugewandten Seite der Ventilplatte angeordnet ist, und am dem induktiven Sensor zugewandten Ende des Kolbens eine Ausnehmung vorgesehen ist, in welcher der Sensor bei Annäherung des Kolbens an die Ventilplatte aufnehmbar ist. Auch hierbei ergibt sich aus den oben genannten Gründen eine Vereinfachung der Abdichtung des Kolbenraums. Die Ausnehmung im Kolben kann dabei beispielsweise dadurch realisiert werden, dass am Ende

des Kolbens eine Hülse befestigt ist.

**[0014]** Gemäß einer dritten alternativen Ausführungsform umfasst ein Linearverdichter eine Laufbuchse, einen in der Laufbuchse hin und her beweglichen Kolben, eine am einen Ende der Laufbuchse vorgesehene Ventilplatte, die mit einer Bohrung versehen ist, einen Stößel, der am dem Sensor zugewandten Ende des Kolbens derart angeordnet ist, dass er bei einem Kompressionshub des Kolbens von der Bohrung aufgenommen wird, und einen induktiven Sensor, welcher ein Signal ausgibt, dass eine Information über die Eindringtiefe des Stößels in die Ventilplatte enthält. Auch hierbei ergibt sich aus den oben genannten Gründen eine Vereinfachung der Abdichtung des Kolbenraums. Dabei kann auf der dem Kolben abgewandten Seite der Ventilplatte eine Sensorhalterung vorgesehen sein, an der der Sensor befestigt ist.

**[0015]** Der erfindungsgemäße Linearverdichter kann insbesondere in einem Kältegerät zum Verdichten eines Kältemittels eingesetzt werden. Unter einem Kältegerät wird insbesondere ein Haushaltskältegerät verstanden, also ein Kältegerät das zur Haushaltsführung in Haushalten oder eventuell auch im Gastronomiebereich eingesetzt wird, und insbesondere dazu dient Lebensmittel und/oder Getränke in haushaltsüblichen Mengen bei bestimmten Temperaturen zu lagern, wie beispielsweise ein Kühlschrank, ein Gefrierschrank, eine Kühlgefrierkombination, eine Gefriertruhe oder ein Weinkühlschrank.

**[0016]** Weitere Ausführungsbeispiele werden Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Querschnittsansicht eines Linearverdichters;
- Fig. 2 schematisch ein Ersatzschaltbild eines induktiven Sensors und dessen Sensorelektronik;
- Fig. 3 eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Kolbenraums eines Linearverdichters gemäß einer ersten alternativen Ausführungsform;
- Fig. 4 eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Kolbenraums eines Linearverdichters gemäß einer zweiten alternativen Ausführungsform;
- Fig. 5 eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Kolbenraums eines Linearverdichters gemäß einer dritten alternativen Ausführungsform;
- Fig. 6 eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Kolbenraums eines Linearverdichters gemäß einer vierten alternativen Ausführungsform; und
- Fig. 7 eine schematische Darstellung des Kolbens und der Ventilplatte eines Linearverdichters gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung.

**[0017]** Falls nichts anderes angegeben ist, bezeichnen gleiche Bezugszeichen in den Figuren gleiche oder funktionsgleiche Elemente.

**[0018]** Fig. 1 zeigt eine schematische Querschnittsan-

sicht eines Linearverdichters 1. Der Linearverdichter 1 weist einen Kolben 4 auf, der in einer beispielsweise zylindrischen Laufbuchse 2 hin und her bewegbar ist.

**[0019]** Die Laufbuchse 2 wird von einer Ventilplatte 6 abgeschlossen, mit der die Laufbuchse 2 durch Verschrauben, Verschweißen, Verkleben oder dergl. verbunden ist. Die Ventilplatte 6, die Laufbuchse 2 und der Kolben 4 schließen einen Kolbenraum 10 ein, welcher als Hochdruckbereich dient. In der Ventilplatte 6 sind ein Einlass- und ein Auslassventil 7a, 7b vorgesehen. Bei einem Expansionshub des Kolbens 4 wird Gas durch das Einlassventil 7a in den Kolbenraum 10 angesaugt, welches bei einem Kompressionshub des Kolbens 4 komprimiert und durch das Auslassventil 7b ausgestoßen wird. Ein solcher Linearverdichter 1 kann beispielsweise in Kühlgeräten verwendet werden.

**[0020]** Der Kolben 4 kann beispielsweise als Hohlzylinder ausgebildet sein, an dessen der Ventilplatte 6 zugewandten Ende eine Stützscheibe 12 vorgesehen und z.B. eingepresst oder verschweißt ist. Alternativ dazu kann der Kolben auch einteilig ausgebildet sein. In der Mitte der Stützscheibe 12 ist eine Kolbenstange 14 befestigt, welche auf ihrer anderen Seite aus der Laufbuchse 2 herausgeführt ist. Der Kolben 4 wird über die Kolbenstange 14 durch einen nicht dargestellten Linearmotor oder dergleichen angetrieben. Hierzu kann beispielsweise an der Kolbenstange 14 ein Magnet vorgesehen sein, auf den eine gehäuseseitig vorgesehene stromdurchflossene Spule wirkt und somit die Kolbenstange 14 entlang der Laufbuchse 2 vor bzw. zurück bewegt. Es kann ferner um die Kolbenstange 14 eine Feder vorgesehen sein, welche die Oszillation des Kolbens 4 unterstützt. Ein energetisch besonders vorteilhafter Zustand ergibt sich, wenn der Kolben 4 mit der Resonanzfrequenz der Feder in der Laufbuchse 2 oszilliert. Die durchgezogene Linie zeigt den Kolben schematisch in seinem oberen Totpunkt und die gestrichelte Linie zeigt den Kolben schematisch in seinem unteren Totpunkt.

**[0021]** Gegenüber Kolbenverdichtern mit einem rotatorischen Antrieb, z.B. über eine von einem Drehmotor angetriebene Pleuelstange, haben Linearverdichter den Vorteil, dass der Kolbenhub verändert werden kann. Zur Regelung des Kolbenhubs ist der Linearverdichter 1 mit einem induktiven Sensor 8 versehen, der in der Ventilplatte 6 vorgesehen ist, und mit welchem die Annäherung des Kolbens 4 an die Ventilplatte 6 erfasst wird.

**[0022]** Fig. 2 zeigt schematisch ein Ersatzschaltbild, welches die Wirkungsweise des induktiven Sensors illustriert. Der Sensor 8 umfasst eine Spulenspule, die eine Induktivität L und einen ohmschen Spulenwiderstand  $R_{Cu}$  aufweist. Wird ein zu erfassendes Objekt in das von der Spule erzeugte Magnetfeld gebracht, so entstehen in dem Objekt Wirbelströme, wodurch in Wärme umgesetzte Leistung verbraucht wird. Das Objekt wirkt also wie ein zugeschalteter Verbraucher, dessen Verbraucherleistung mit zunehmender Nähe immer größer wird. Dies wird im Ersatzschaltbild durch den Widerstand  $R_{Ta}$  parallel zur Spule modelliert.

**[0023]** Der Sensor 8 wird von einer Sensorsteuerung 20 angesteuert, welche einen variablen Sinusoszillator 22 und eine Auswerteschaltung 24 umfasst. Der Sinusoszillator 22 setzt ein Versorgungsspannungssignal  $U_v$  in eine einstellbare Wechselspannung  $U_{ac}$  um und speist den Sensor 8.

**[0024]** Abhängig von der Frequenz dieser Wechselspannung  $U_{ac}$  sowie den Materialeigenschaften des zu detektierenden Objekts, auch "Target" genannt, ergeben sich unterschiedlich große Änderungen der Induktivität  $L$  und des ohmschen Ersatzwiderstandes  $R_{Ta}$ . Wird als Target ein Material mit großen relativen Permeabilitätswerten, z.B.  $\mu_r = 200 \dots 2000$ , und geringem elektrischen Leitwert verwendet, dann lässt sich eine große Änderung der Induktivität erzielen. Es handelt sich dann um einen rein oder hauptsächlich induktiv arbeitenden Sensor. Ein Beispiel für ein solches Material ist Ferrit, welches folglich als Werkstoff für den Kolben 4, die Stützplatte 12 oder Teile davon geeignet ist. Ist dagegen der elektrische Leitwert groß und die relative Permeabilität mit  $\mu_r \approx 1$  relativ gering, dann werden durch das Magnetfeld der Spule hohe Wirbelstromverluste erzeugt, die den Ersatzwiderstand  $R_{Ta}$  ansteigen lassen und sich auf die Güte bzw. Dämpfung des Sensors auswirken. Wird der Sensor als Teil eines frei schwingenden LC-Oszillators betrieben, dann wirkt sich diese Änderung der Güte auf die Schwingamplitude und die Resonanzfrequenz aus. Die elektronische Auswerteschaltung 24 erfasst mindestens eine dieser beiden Größen und erzeugt als Ausgangssignal ein positionsabhängiges Gleichspannungssignal  $U_m$ , welches eine Information über die Entfernung des Sensors 8 vom Target, und somit die Entfernung des Kolbens 4 von der Ventilplatte 6 enthält. Dieses Sensorsignal  $U_m$  wird einer nicht näher dargestellten Regelung zugeführt, die in Abhängigkeit von diesem Sensorsignal  $U_m$  die Energiezufuhr zu dem nicht näher dargestellten Linearmotor regelt, der die Kolbenstange 14 antreibt. Durch eine geeignete Regelung kann einerseits sichergestellt werden, dass der Kolben 4 nicht gegen die Ventilplatte 6 stößt, und andererseits, dass ein den Betriebsbedingungen entsprechender optimaler Wirkungsgrad eingestellt wird.

**[0025]** Fig. 3 ist eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Kolbenraums 2 eines Linearverdichters 1 gemäß einer ersten alternativen Ausführungsform. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Ventilplatte 6 mit einer Vertiefung versehen, die eine Ausnehmung 9 bildet, in welcher der Sensor 8 aufgenommen ist. Die Ausnehmung 9 ist dabei auf der dem Kolbenraum 10 zugewandten Seite vorgesehen. In der in Fig. 3 dargestellten Ausführungsform hat die Ventilplatte 6 in dem Bereich, auf dem der Sensor 8 gelagert ist, dieselbe Dicke wie der Bereich außerhalb des Sensors. Folglich ist auf der Niederdruckseite der Ventilplatte 6 eine stufenartige Erhebung ausgebildet. Es ist jedoch ebenso möglich, dass die Niederdruckseite der Ventilplatte 6 planar ausgebildet ist. Dazu muss die Ventilplatte 6 dicker als die vertikale Abmessung des Sensors sein.

**[0026]** Durch die Vertiefung in der Ventilplatte 6 ist ein seitlicher Wandabschnitt 6a und ein Bodenabschnitt 6b ausgebildet. Im seitlichen Wandabschnitt 6a ist eine Durchgangsbohrung 16 gebildet, durch welche eine elektrische Leitung 17 zur Ansteuerung des Sensors 8 geführt ist. Alternativ dazu kann die Durchgangsbohrung auch im Bodenabschnitt 6b vorgesehen sein.

**[0027]** Der Sensor 8 ist in die Ausnehmung 9 gepresst. Die Höhe des Sensors 8 ist nicht größer als die Tiefe der Vertiefung, so dass die Oberseite des Sensors 8 bündig mit der Oberseite der Ventilplatte 6 abschließt, zumindest jedoch nicht darüber hinaus in den Kolbenraum 10 ragt. Somit wird sichergestellt, dass der Sensor nicht beschädigt wird, auch wenn der Kolben 4 über den oberen Totpunkt hinaus bewegt wird und gegen die Ventilplatte 4 stößt. Da der Sensor 8 durch die Ventilplatte 6 gestützt wird, kann eine große Dichtheit auch bei hohen Drücken im Kolbenraum 12 ohne besondere Dichtsmaßnahmen gewährleistet werden. Der Druck im Kolbenraum 12 drückt den Sensor 8 nämlich gegen den Bodenabschnitt 6b, so dass nicht die Gefahr besteht, dass sich der Sensor 8 aus der Ventilplatte 6 löst.

**[0028]** Neben dem Einlass- und dem Auslassventil ist lediglich die Durchgangsbohrung 16 in der Ventilplatte 6 vorgesehen, deren Durchmesser jedoch wesentlich kleiner als der Durchmesser des Sensors 8 ist, so dass diese Durchgangsbohrung 16 durch vergleichsweise einfache Maßnahmen verlässlich abgedichtet werden kann.

**[0029]** Fig. 4 ist eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Kolbenraums 2 eines Linearverdichters 1 gemäß einer zweiten alternativen Ausführungsform.

**[0030]** Der Linearverdichter 1 gemäß dieser Ausführungsform unterscheidet sich von dem Linearverdichter gemäß der ersten Ausführungsform dadurch, dass der Sensor 8 in einer Ausnehmung 9 auf der Niederdruckseite in der Ventilplatte 6, also auf der dem Kolbenraum 10 abgewandten Seite der Ventilplatte 6 vorgesehen ist. Auch die Anschlussleitungen 17 zum Sensor 8 sind auf der Niederdruckseite angeordnet und nicht durch die Ventilplatte 6 geführt. Bei der Anordnung in Fig. 4 ragt der Sensor 8 aus der Ventilplatte 6 hervor, es ist jedoch ebenso möglich, eine Ventilplatte 6 vorzusehen, in die der Sensor 8 vollkommen aufgenommen wird.

**[0031]** Im Betrieb erzeugt der Sensor 8 ein Magnetfeld, welches sich durch die Ventilplatte 6 in den Kolbenraum 10 erstreckt. Das Magnetfeld wird in der oben beschriebenen Weise von dem sich in der Nähe der Ventilplatte 6 befindlichen Kolben 4 beeinflusst. Es ist dabei vorteilhaft, wenn die Ventilplatte aus einem Material gefertigt ist, das von dem Sensor-Magnetfeld ausreichend durchdrungen werden kann.

**[0032]** Andere Aspekte dieser Ausführungsform gleichen denen der ersten Ausführungsform und werden daher nicht näher beschrieben.

**[0033]** Der Linearverdichter 1 gemäß dieser Ausführungsform hat den Vorteil, dass die Ventilplatte 6 keine Bohrung zum Einsatz des Sensors 8 oder zur Durchführung von Anschlussleitungen 17 aufweist. Dies verein-

facht die Abdichtung des Kolbenraums 10. Ferner ist der Sensor 8 keinen hohen Drücken und auch keinen hohen Druckunterschieden innerhalb der Kolbenkammer 10 ausgesetzt. Weiterhin ist die Ventilplatte 6 einfacher zu fertigen, da die Ausnehmung 9 für den Sensor 8 in einem Arbeitsschritt mittels einer einfachen Bohrung gefertigt werden kann.

**[0034]** Fig. 5 ist eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Kolbenraums 2 eines Linearverdichters 1 gemäß einer dritten alternativen Ausführungsform.

**[0035]** In dem Linearverdichter 1 gemäß dieser Ausführungsform ist der Sensor 8 innerhalb des Kolbenraums 10 auf der Ventilplatte 6 befestigt. Der Sensor 8 kann beispielsweise auf die Ventilplatte 6 geklebt sein. Die Ventilplatte 6 weist eine Bohrung auf, durch die die Anschlussleitung 17 zum Sensor 8 geführt ist.

**[0036]** Der Kolben 4 weist eine Ausnehmung auf, die in ihren Abmessungen denen des Sensors 8 entspricht, so dass der Sensor 8 darin aufgenommen wird, wenn der Kolben 4 bei einem Kompressionshub bis in die Nähe der Ventilplatte 6 gefahren wird. In der dargestellten Ausnehmungsform ist diese Ausnehmung durch eine Hülse 13 verwirklicht, die am Ende des Kolbens 4 befestigt, z.B. geschweißt, gelötet, geschraubt oder geklebt ist. Vorteilhafterweise besteht die Hülse aus einem Target-Material, also aus einem Material, welches bei einer Annäherung des Kolbens 4 an die Ventilplatte 6 wie oben beschrieben eine große Änderung einer Messgröße des Sensors 8 verursacht.

**[0037]** Andere Aspekte dieser Ausführungsform gleichen denen der ersten Ausführungsform und werden daher nicht näher beschrieben.

**[0038]** Auch bei dieser Ausführungsform ist in der Ventilplatte 6 kein Durchgangsloch zur Aufnahme des Sensors vorgesehen, so dass die Abdichtung des Kolbenraums 10 vereinfacht ist. Ferner umgibt bei dieser Ausführungsform die Hülse 13 den Sensor 8, so dass die Annäherung des Kolbens 4 an die Ventilplatte 6 zuverlässiger erfasst werden kann.

**[0039]** Alternativ zu der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsform ist es auch möglich, dass anstelle der Hülse 13 eine Ausnehmung als Sacklochbohrung in einem massiven Kolben vorgesehen ist.

**[0040]** Fig. 6 ist eine vergrößerte Querschnittsdarstellung des Kolbenraums 2 eines Linearverdichters 1 gemäß einer vierten alternativen Ausführungsform.

**[0041]** In dieser Ausführungsform ist auf der Niederdruckseite der Ventilplatte 6 eine Sensorhalterung 18 vorgesehen. Die Sensorhalterung 8 hat im Wesentlichen die Form eines rotationssymmetrischen Deckels, wobei in der Mitte der Sensorhalterung 8 eine Ausnehmung zur Aufnahme des Sensors 8 vorgesehen ist. Auf der der Ventilplatte 6 zugewandten Seite ist umlaufend um den äußeren Rand eine erste Seitenwand 18a vorgesehen, und an einem inneren Rand näher der Mitte der Sensorhalterung 8 ist eine zweite Seitenwand 18b vorgesehen, die ein Durchgangsloch definiert. Dieses Durchgangsloch schließt sich an eine Durchgangsbohrung in der

Ventilplatte 6 an.

**[0042]** Die Innenseite der Sensorhalterung 8, die Rückseite der Ventilplatte 6 und die Seitenwände 18a und 18b definieren, ggf. mit weiteren, nicht näher dargestellten Trennwänden, einen Niederdruckraum 30 und einen Hochdruckraum 31. Der Niederdruckraum 30 ist einerseits mit einer nicht näher dargestellten Gaszuleitung des Linearverdichters 1 verbunden und andererseits über ein nicht näher dargestelltes Einlassventil in der Ventilplatte 6 mit dem Kolbenraum 10. Der Hochdruckraum 31 ist einerseits mit einer nicht näher dargestellten Gasableitung des Linearverdichters 1 verbunden und andererseits über ein nicht näher dargestelltes Auslassventil in der Ventilplatte 6 mit dem Kolbenraum 10. Das zu verdichtende Gas wird über den Niederdruckraum 30 und das Einlassventil in den Kolbenraum 10 angesaugt, dort verdichtet und über den Hochdruckraum 31 in die Gasableitung ausgestoßen. Der Sensorträger 18 kann beispielsweise an die Ventilplatte 6 gelötet oder geschweißt sein. Der Sensor 8 kann beispielsweise in den Sensorträger 18 geschraubt oder gepresst sein.

**[0043]** Am der Ventilplatte 6 zugewandten Ende des Kolbens 4 ist ein Stößel 19 vorgesehen, welcher vom Kolben 4 abragt. Nähert sich der Kolben 4 an die Ventilplatte 6 an, dann dringt der Stößel 19 in die Durchgangsbohrung in der Ventilplatte 6 und weiter in das Durchgangsloch des Sensorhalters 18 ein. Der Stößel 19 ist aus einem Target-Material gefertigt, so dass der induktive Sensor 8 die Eindringtiefe des Stößels 19 erfasst, und wie in den oben beschriebenen Ausführungsformen die Energiezufuhr für den Verdichtungsprozess regelt.

**[0044]** In der in Fig. 6 gezeigten Ausführungsform ist der Stößel 19 als separates Element am Kolben 4 vorgesehen, er kann jedoch auch einstückig mit dem Kolben 4 ausgebildet sein. Ferner kann der Stößel 19 aus demselben Material wie der Kolben 4 oder aus einem unterschiedlichen Material gefertigt sein.

**[0045]** Auch gemäß dieser Ausführungsform ist der Sensor 8 nicht in einer Durchgangsbohrung der Ventilplatte 6 vorgesehen, so dass sich Vorteile hinsichtlich der Abdichtung ergeben.

**[0046]** Fig. 7 ist eine schematische Darstellung des Kolbens 4 und der Ventilplatte 6 eines Linearverdichters 1 gemäß eines Ausführungsbeispiels der Erfindung.

**[0047]** Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist der induktive Sensor 8 als Flachspule ausgebildet, die auf der Ventilplatte 6 angeordnet ist. Unter Flachspule ist hierbei eine Spule zu verstehen, deren Ausdehnung in der Ebene der Ventilplatte 6 ein Vielfaches, z.B. ein 10-faches oder vorzugsweise ein 25-faches, ihrer Ausdehnung in einer Richtung senkrecht dazu umfasst. Die Flachspule umfasst beispielsweise mehrere z.B. als Folie ausgebildete Kunststoffschichten 42, zwischen denen eine spiralförmige Kupferspule 44 laminiert ist. Es ist auch möglich, dass mehrere Kupferspulen 44 in mehreren Lagen übereinandergeschichtet sind, wobei zwischen jeder Kupferspulen-Lage eine Kunststoffschicht zur Isolierung laminiert ist und die einzelnen Kupferspulen miteinander

in Reihe verbunden sind. Auf diese Weise kann die Induktivität der Kupferspule erhöht werden. Die Dicke dieser Spulenanordnung beträgt typischerweise mehrere Zehntel Millimeter. Die unterste Kunststoffschicht kann beispielsweise auf die Ventilplatte 6 geklebt sein, was eine stabile Anordnung ergibt. Die Anschlüsse der Flachspule können seitlich zwischen Ventilplatte 4 und Laufbuchse 2 aus dem Kolbenraum 10 geführt werden, oder durch eine separate in der Ventilplatte 6 vorgesehene Durchgangsbohrung. Die Funktionsweise des Sensors 8 entspricht der in den obigen Ausführungsformen, wobei die Ventilplatte 6 als Träger des Sensors 8 und zur Flussführung dient.

**[0048]** Auch bei diesem Ausführungsbeispiel ergeben sich somit Vorteile hinsichtlich der Abdichtung, da der Sensor 8 nicht in einer Durchgangsbohrung in der Ventilplatte 6 vorgesehen ist.

**[0049]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung ragt mindestens eine der Kunststoffschichten 42 über die von der Laufbuchse 2 abgegrenzte Fläche hervor, also seitlich aus der Laufbuchse 2 heraus. Dabei kann die Laufbuchse 2 mittels nicht näher dargestellten winkelförmigen Flanschen mit der Ventilplatte 6 verschraubt sein.

**[0050]** Mit dieser Anordnung übernimmt diese Kunststoffschicht 42 eine Dichtungsfunktion, so dass die Abdichtung des Kolbenraums 10 vereinfacht wird. Besonders vorteilhaft ist es dabei, die Anschlussleitungen zur Kupferspule 44 zwischen den Kunststoffschichten 42 zwischen Ventilplatte 6 und Laufbuchse 2 aus dem Kolbenraum zu führen, da somit die Anschlussleitungen der Kupferspule 44 abgedichtet aus dem Kolbenraum 10 geführt werden, ohne dass zusätzliche Bohrungen vorgesehen werden müssen.

**[0051]** Die Flachspule ist in dem in Fig. 7 dargestellten Ausführungsbeispiel der Erfindung zylindrisch, kann jedoch auch andere Formen haben. Die Flachspule kann konzentrisch oder exzentrisch zur Mittelachse des Kolbens angeordnet sein.

**[0052]** Die Flachspule kann zwischen Ein- und Auslassventil angeordnet sein. In einer vorteilhaften Ausführungsform umschließt die Flachspule das Einlassventil und/oder das Auslassventil in der Ventilplatte. Somit kann die Ausdehnung der Spule vergrößert werden und der Raum im Kolbenraum 10 besonders effizient genutzt werden. In diesem Falle sind oberhalb der Ventile Durchbrechungen in der Kunststoffolie der Flachspule vorgesehen, um den Gasfluss zu ermöglichen.

**[0053]** Die Flachspule des Sensors 8 kann auf eine flache Ventilplatte 6 auflaminiert werden, es ist jedoch ebenso möglich, in der Ventilplatte 6 eine Vertiefung vorzusehen, in welcher die Flachspule aufgenommen ist. Die Ventilplatte 6 kann beispielsweise ganz oder teilweise aus Ferrit gefertigt sein, was die Wirbelstromverluste in der Flussführung verringert. Wie auch in den anderen Ausführungsbeispielen kann in der Bodenfläche des Kolbens ein Target-Material, z.B. Aluminium, eingelassen bzw. eingebettet sein.

**[0054]** Alternativ zu einer zwischen Kunststoffschich-

ten laminierten Kupferspule ist es auch möglich, die Flachspule in der sogenannten LTCC-Technologie zu fertigen. Hierbei wird eine leitende Paste in Spiralf orm auf ein isolierendes Substrat aufgebracht und anschließend gebrannt. Auch andere Druckverfahren sind denkbar.

**[0055]** In den vorstehenden Ausführungsbeispielen wurde der Kolben 4 als Hohlkolben dargestellt, er kann jedoch ebenso als Massivkolben ausgebildet sein.

## Bezugszeichenliste

### [0056]

|     |                     |
|-----|---------------------|
| 1   | Linearverdichter    |
| 2   | Laufbuchse          |
| 4   | Kolben              |
| 6   | Ventilplatte        |
| 7a  | Einlassventil       |
| 7b  | Auslassventil       |
| 8   | induktiver Sensor   |
| 9   | Ausnehmung          |
| 10  | Kolbenraum          |
| 12  | Stützscheibe        |
| 13  | Hülse               |
| 14  | Kolbenstange        |
| 16  | Durchgangsbohrung   |
| 17  | elektrische Leitung |
| 18  | Sensorhalterung     |
| 18a | erste Seitenwand    |
| 18b | zweite Seitenwand   |
| 20  | Sensorsteuerung     |
| 22  | Sinusoszillator     |
| 24  | Auswerteschaltung   |

## Patentansprüche

1. Linearverdichter, aufweisend:

eine Laufbuchse (2);  
 einen in der Laufbuchse (2) hin und her beweg-  
 lichen Kolben (4);  
 eine am einen Ende der Laufbuchse (2) vorge-  
 sehene Ventilplatte (6); und 5  
 einen induktiven Sensor (8), welcher ein Signal  
 ausgibt, dass eine Information über die Entfer-  
 nung des Kolbens (4) von der Ventilplatte (6)  
 enthält,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der induktive 10  
 Sensor (8) als auf der Ventilplatte (6) angeord-  
 nete Flachspule ausgebildet ist.

2. Linearverdichter nach Anspruch 1, **dadurch ge-  
 kennzeichnet, dass** die Ausdehnung der Flachspu- 15  
 le in der Ebene der Ventilplatte (6) mindestens 5 mal,  
 vorzugsweise mindestens 10 mal, besonders vor-  
 zugsweise mindestens 25 mal so groß ist wie in der  
 Richtung senkrecht dazu. 20
3. Linearverdichter nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch  
 gekennzeichnet, dass** die Flachspule als Laminat  
 aus mindestens zwei Kunststoffschichten (42) und  
 mindestens einer zwischen den Kunststoffschichten  
 (42) laminierten Metallschicht (44) ausgebildet ist. 25
4. Linearverdichter nach Anspruch 3, **dadurch ge-  
 kennzeichnet, dass** das Laminat sich über die von  
 der Laufbuchse (2) abgegrenzte Fläche hinaus ent-  
 lang der Ventilplatte (6) erstreckt. 30
5. Linearverdichter nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch  
 gekennzeichnet, dass** die Flachspule in LTCC-  
 Technologie gefertigt ist. 35
6. Linearverdichter nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Flachspule  
 mindestens eine in der Ventilplatte (6) vorgesehene  
 Ventilöffnung umschließt. 40

45

50

55

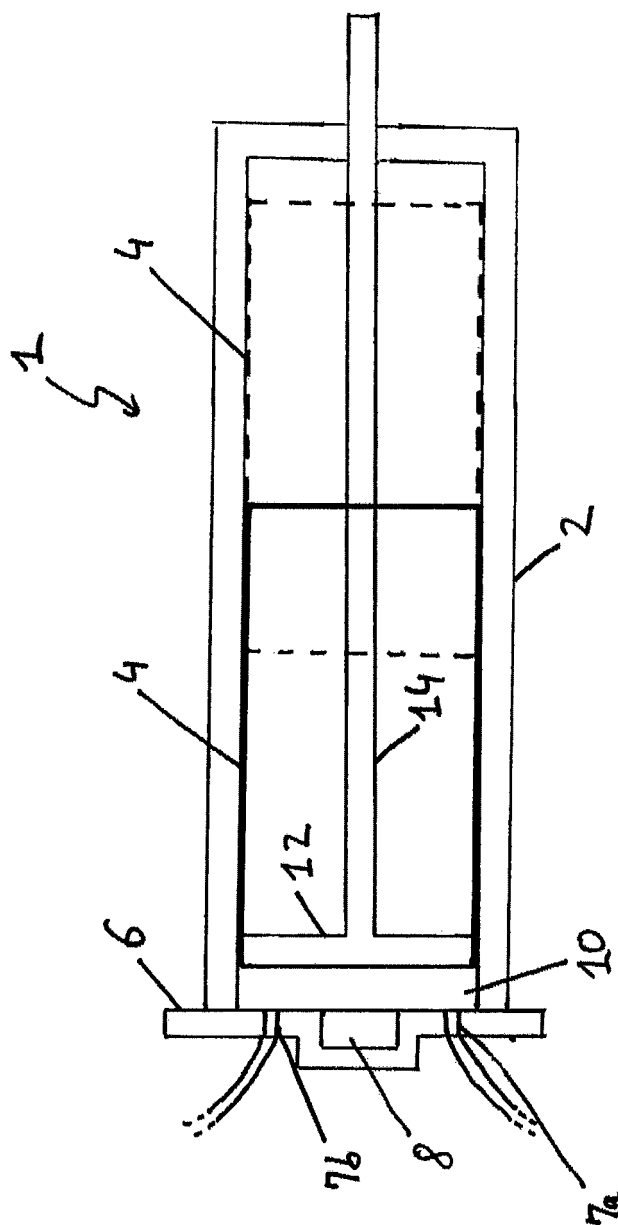


Fig. 1

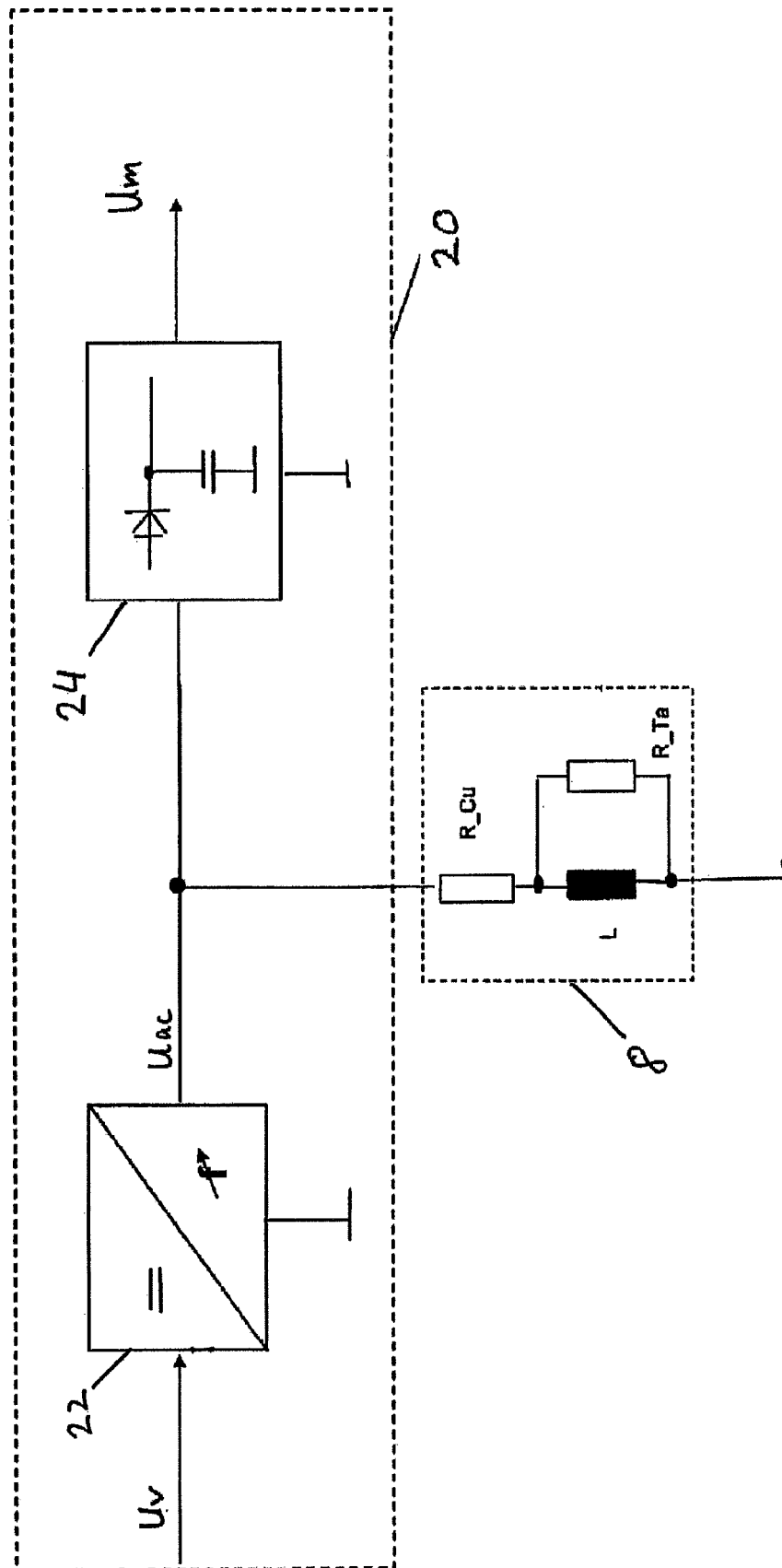


Fig. 2

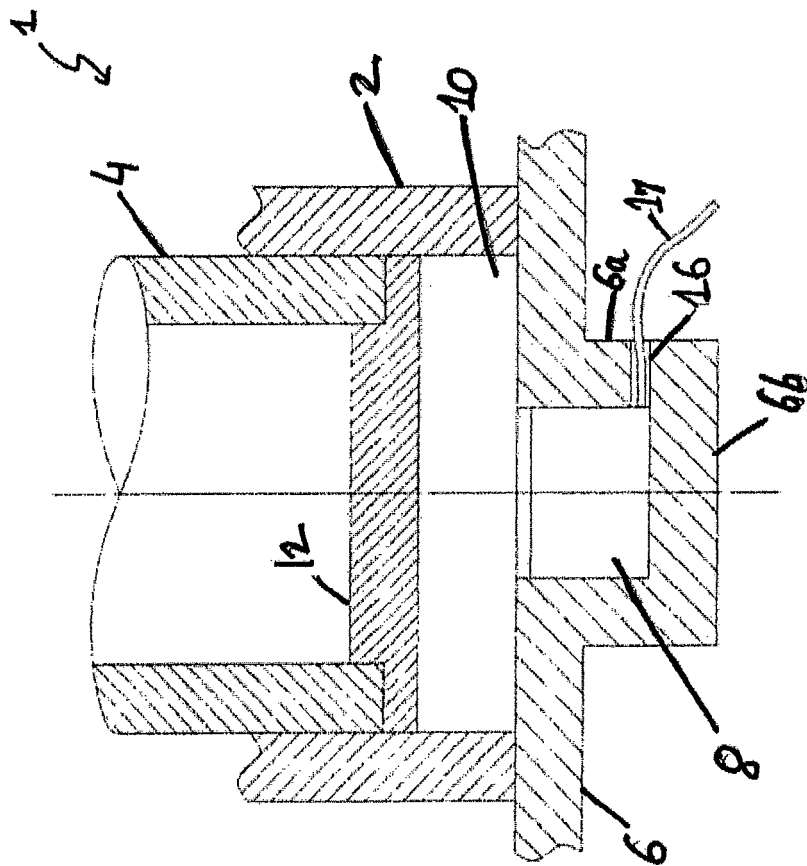


Fig. 3

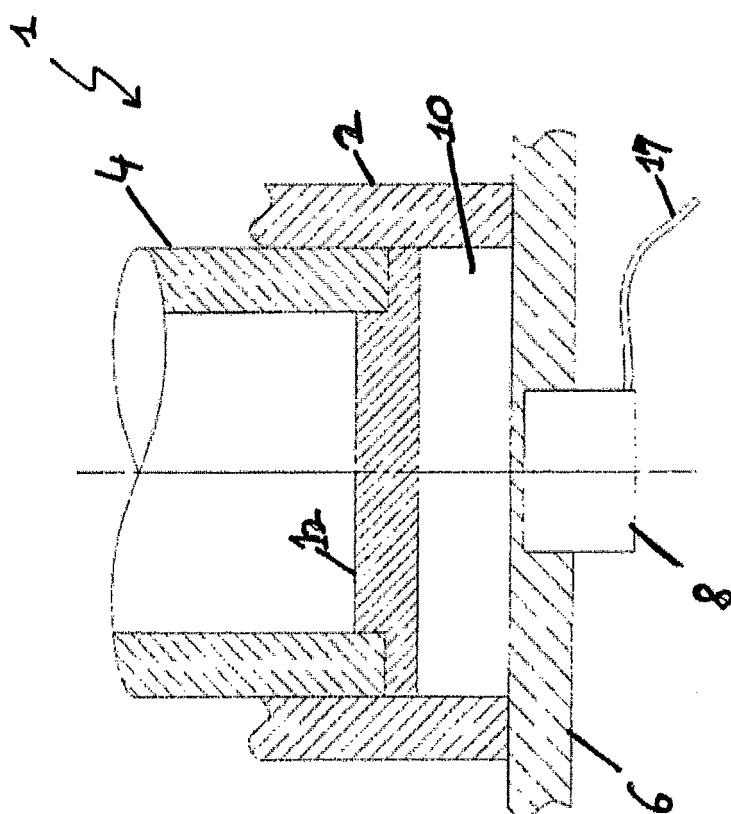


Fig. 4

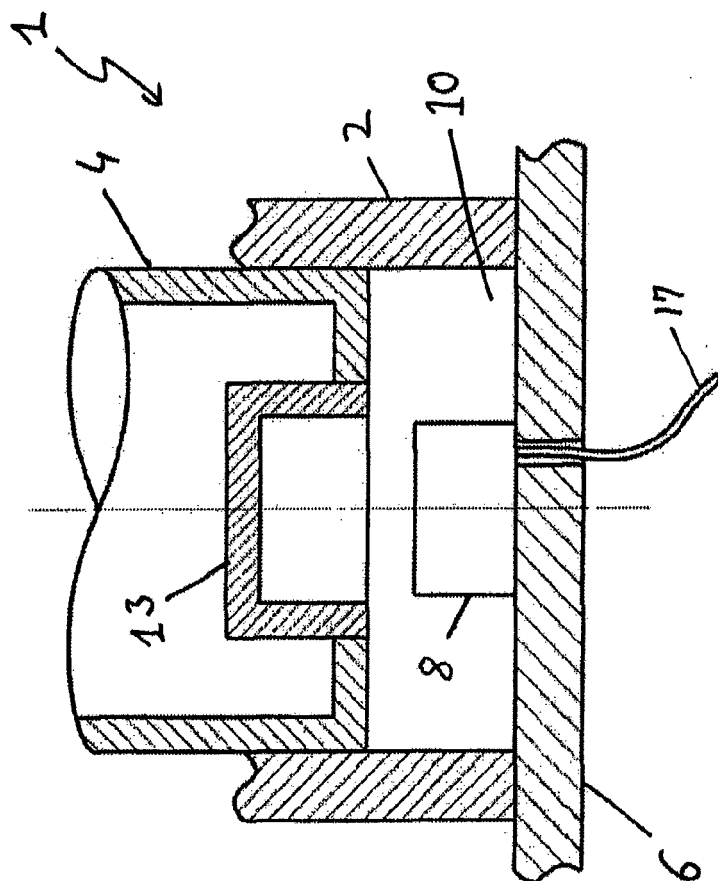


Fig. 5

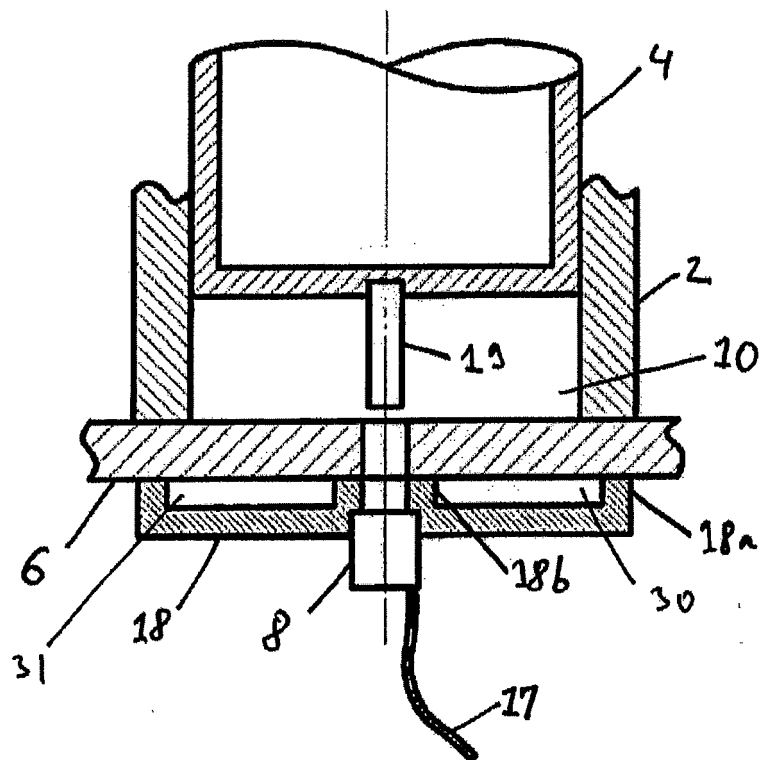


Fig. 6

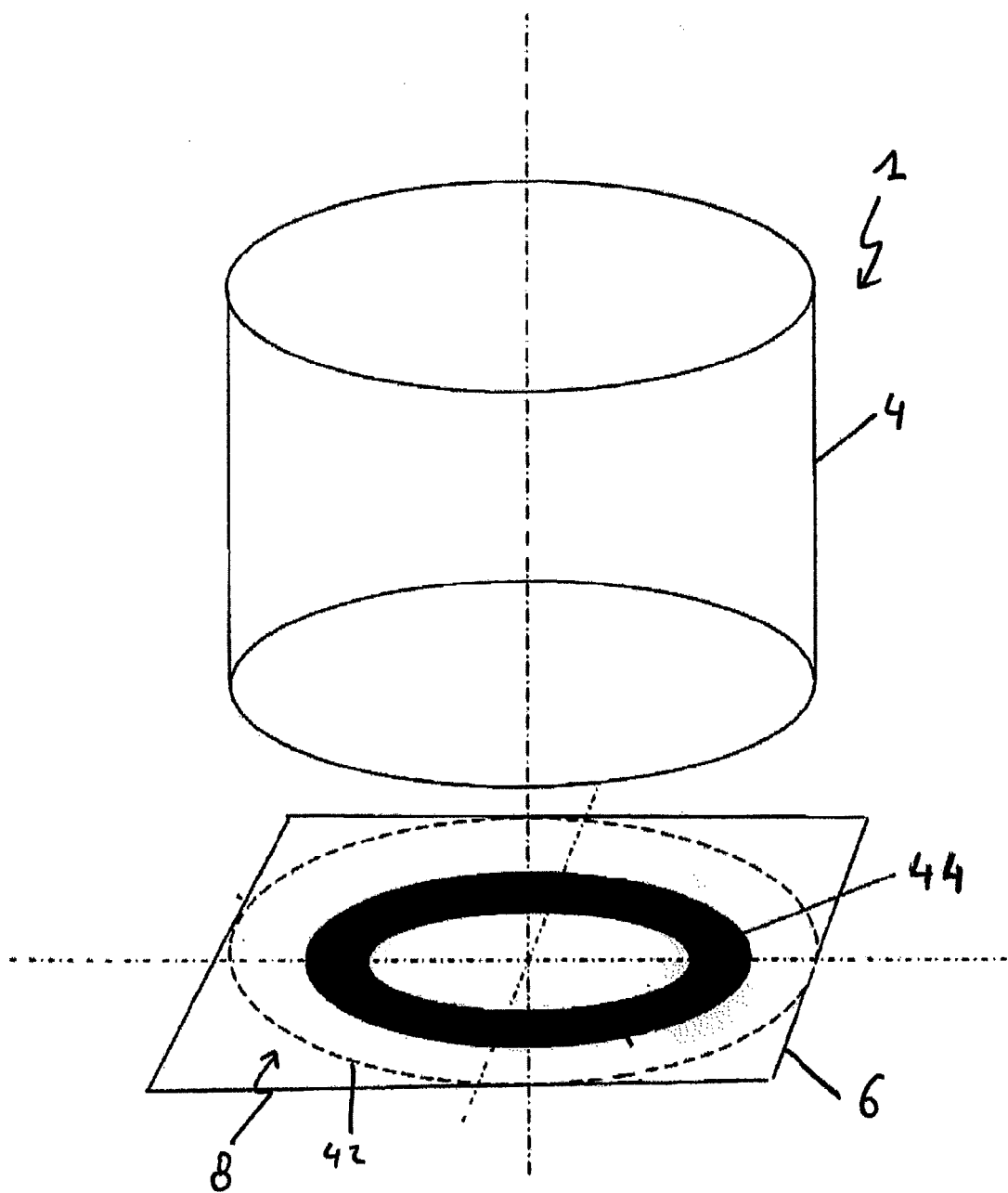


Fig. 7

**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**

- WO 2004025120 A [0003]