

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.11.2011 Patentblatt 2011/45

(51) Int Cl.:
F04D 17/16^(2006.01) F04D 23/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11002911.3**

(22) Anmeldetag: **07.04.2011**

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

(72) Erfinder:
• **Conrad, Armin**
35745 Herborn (DE)
• **Shirinov, Aleksandr**
35578 Wetzlar (DE)

(30) Priorität: **08.05.2010 DE 102010019940**

(54) **Vakuumpumpstufe**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpstufe (100; 610) mit einem Einlass (104; 604), einem Auslass (106; 606), einem Rotor (112; 212; 312) und einem Kanal (108; 208; 308), wobei der Rotor mit einem Rotorabschnitt in den Kanal eintaucht und durch Zusammenwirken von Rotorabschnitt und Kanal eine Pumpwirkung erreicht wird, und mit einem zwischen Einlass und Auslass

angeordneten Abstreifer (110). Um eine Vakuumpumpstufe bereitzustellen, die sowohl im viskosen als auch im molekularen Strömungsbereich Kompression und Saugvermögen besitzt, wird vorgeschlagen, dass der Rotorabschnitt Gestaltungselemente (114, 116; 214; 314, 340) aufweist, durch die die Pumpwirkung im molekularen Strömungsbereich nach Gaede und im höheren Druckbereich nach dem Seitenkanalprinzip bewirkt wird.

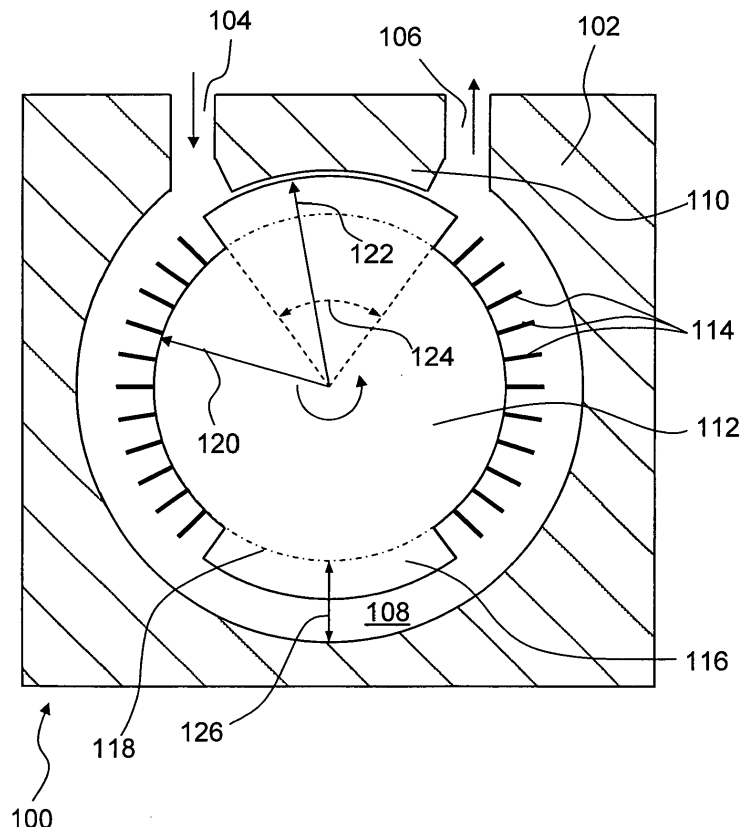


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vakuumpumpstufe nach dem Oberbegriff des ersten Anspruchs.

[0002] Viele industrielle Prozesse laufen unter Vakuumbedingungen im molekularen Strömungsbereich ab. Zur Erzeugung solcher Vakuumbedingungen werden Vakuumpumpen oder aus Vakuumpumpen zusammengesetzte Vakuumpumpstände eingesetzt. In den Vakuumpumpen kommen Vakuumpumpstufen nach unterschiedlichen Wirkprinzipien zum Einsatz, die unterschiedlichen Druckbereichen angepasst sind, um Gas vom gewünschten Endvakuum bis zur Atmosphäre zu verdichten.

[0003] Gegen Atmosphäre verdichtend werden beispielsweise Seitenkanalpumpstufen eingesetzt. In diesen laufen Schaufeln in einem Kanal um und fördern einen wirbelartigen Gasstrom zwischen Ein- und Auslass. Der Gasstrom folgt den Schaufeln beim Umlauf und wird an einem sogenannten Abstreifer abgelöst und dem Auslass zugeführt. Nachteilig ist, dass nach diesem Prinzip gestaltete Pumpstufen lediglich im viskosen Strömungsbereich arbeiten und beim Übergang zur molekularen Strömung sehr schnell Kompression und Saugvermögen verlieren, da kein wirbelartiger Gasstrom mehr erzeugt werden kann.

[0004] Im zu niedrigeren Absolutdrücken an den viskosen Strömungsbereich angrenzenden Molekularbereich werden unter anderem Gaedepumpstufen eingesetzt. Deren Nachteil ist, dass Kompression und Saugvermögen lediglich unter molekularen Bedingungen gut sind und im viskosen Bereich sehr schnell schlecht werden.

[0005] Die vorgenannten Nachteile werden verschärft, da Vakuumpumpen oft im Zyklusbetrieb eingesetzt werden, so dass die einzelnen Pumpstufen auf die Gesamtbetriebsdauer gesehen oft in einem Strömungsbereich arbeiten, für den sie nicht optimiert sind.

[0006] Aufgabe der Erfindung war es daher, eine Vakuumpumpstufe zu schaffen, die sowohl im viskosen als auch im molekularen Strömungsbereich Kompression und Saugvermögen bereitstellt.

[0007] Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Vakuumpumpstufe mit den Merkmalen des ersten Patentanspruchs. Die abhängigen Ansprüche 2 bis 7 geben vorteilhafte Weiterbildungen an.

[0008] Die Vakuumpumpstufe mit den Merkmalen des ersten Anspruchs stellt sowohl im viskosen als auch im molekularen Strömungsbereich Kompression und Saugvermögen bereit. Sie kann daher vorteilhaft in beiden Strömungsbereichen und im Übergangsbereich dazwischen eingesetzt werden.

[0009] Die Weiterbildungen gemäß der Ansprüche 2 bis 4 sind vorteilhaft, da die Gestaltungselemente kostengünstig herstellbar sind.

[0010] Die Anordnung der Gestaltungselemente des Rotorabschnitts in der Ebene einer Scheibe des Rotors nach Anspruch 5 ist neben Herstellungsvorteilen rotor-

dyamisch vorteilhaft, da eine günstige Massenverteilung vorliegt. Zudem treten symmetrische Kräfte durch den Gasstrom auf.

[0011] Die Vakuumpumpe nach Ansprüchen 6 und 7 zeichnet sich durch eine vorteilhafte Leistungsaufnahme aus, die gegenüber Vakuumpumpstufen mit Gaede- oder Seitenkanalstufen aufgrund von Kompressionsverlauf und Saugvermögenscharakteristik niedriger ausfällt.

[0012] An Hand von Ausführungsbeispielen und deren Weiterbildungen soll die Erfindung näher erläutert und die Darstellung ihrer Vorteile vertieft werden.

[0013] Es zeigen:

Fig. 1: Schnitt durch eine Vakuumpumpstufe mit Rotorabschnitt und Gestaltungselementen,

Fig. 2: Gestaltungselemente im Rotorabschnitt gemäß zweitem Ausführungsbeispiel, dargestellt in Abwicklung,

Fig. 3: Gestaltungselemente im Rotorabschnitt gemäß zweitem Ausführungsbeispiel, dargestellt im Querschnitt,

Fig. 4: Gestaltungselemente im Rotorabschnitt gemäß drittem Ausführungsbeispiel, dargestellt in Abwicklung,

Fig. 5: Gestaltungselemente im Rotorabschnitt gemäß drittem Ausführungsbeispiel, dargestellt im Querschnitt,

Fig. 6: Schematische Darstellung einer mehrstufigen Vakuumpumpe,

Fig. 7: Vergleich des Kompressionsverlaufes vom Stand der Technik und der Vakuumpumpstufe.

[0014] Die Vakuumpumpstufe 100 nach Figur 1 weist ein Gehäuse 102 auf. In diesem ist ein Einlass 104 vorgesehen, durch den Gas in die Vakuumpumpstufe angesaugt wird. Durch einen Auslass 106 wird das innerhalb der Vakuumpumpstufe geförderte Gas ausgestoßen. Einlass und Auslass sind durch einen Kanal 108 miteinander verbunden. In diesen Kanal taucht ein drehbar im Gehäuse angeordneter Rotor 112 mit einem Rotorabschnitt ein, wobei Kanal und Rotorabschnitt zum Erzeugen der Pumpwirkung zusammenwirken. Der Rotorabschnitt umfasst jenen Teil der Rotors, der von Drehachse des Rotors in radialer Richtung betrachtet über die innere Begrenzung 118 des Kanals hinaus in den Kanal hineinragt. Im Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 wird er durch die Gestaltungselemente Schaufeln 114 und wenigstens einem glatten Abschnitt 116 gebildet. Der glatte Abschnitt wird durch eine Zone des Rotors gebildet, die bis zu einem Außenradius 122 über den Schaufelgrundradius 120 hinausragt und sich entlang des Umfangs über einen Winkelbereich 124 erstreckt. Der Schaufelgrundradius liegt im Wesentlichen nahe des Radiuses der inneren Begrenzung des Kanals. Der Außenradius ist so gewählt, dass einerseits nur ein kleiner Spalt zu einem Abstreifer verbleibt, andererseits nur ein Teil der Kanaltiefe 126 ausgenutzt wird. Der Abstreifer trennt den am Rotorabschnitt mitgeführten Gasstrom

und verhindert eine direkte Strömung zwischen Ein- und Auslass. Der glatte Abschnitt erzeugt zusammen mit dem Kanal im molekularen Strömungsbereich Kompression und Saugvermögen und wirkt nach dem Gaedepprinzip. Die Schaufeln 114 wirken im viskosen Strömungsbereich als Seitenkanalpumpstrukturen, die mit dem Kanal zusammenwirken.

[0015] Vorteilhaft werden mehrere glatte Abschnitte derart über den Umfang des Rotors verteilt, dass sich ein Massenausgleich ergibt. Dies wird beispielsweise durch zwei sich gegenüberliegende glatte Abschnitte erreicht. Weiterhin lässt sich diese Gestaltung vorteilhaft weiterbilden, indem Schaufeln und glatte Abschnitte so bemessen werden, dass sich jeweils gegenüberliegende Massen im Wert entsprechen.

[0016] Die Herstellung eines solchen Rotors ist kostengünstig, da beispielsweise zunächst eine Vollscheibe hergestellt wird, aus der eine Anzahl Schaufeln herausgesägt wird. In dem Bereich des glatten Abschnitts wird auf das Heraussägen verzichtet.

[0017] In einer abgewandelten Ausführung ist der Kanal nicht wie gezeigt in der Scheibenebene angeordnet sondern axial dazu versetzt. Die Schaufeln und der glatte Abschnitt stehen dann aus der Zeichenebene heraus.

[0018] Ein zweites Ausführungsbeispiel wird im Folgenden anhand der Figuren 2 und 3 beschrieben. In Fig. 2 sind Kanal und Rotorabschnitt in einer Abwicklung dargestellt, Fig. 3 zeigt den Schnitt entlang der Linie I-I'.

[0019] Im Gehäuse 202 ist der Kanal 208 mit einer Kanaltiefe 226 vorgesehen. Über die innere Begrenzung 218 des Kanals hinaus ragt der Rotorabschnitt in den Kanal hinein. In ihm sind als Gestaltungselemente Schaufeln 214 vorgesehen, die durch Drehung des Rotors im Kanal umlaufen. Die Schaufeln weisen eine Dicke 228 in Bewegungsrichtung auf. Wenigstens eine der Schaufeln besitzt eine Dicke, die größer als etwa ein Fünftel des Abstandes 230 zur nachfolgenden Schaufel ist. Durch diese Dicke wird erreicht, dass die den Kanalwänden 240, 242 und 244 zugewandten Schaufeloberflächen 250, 252 und 254 im molekularen Strömungsbereich wie Gaedepumpstrukturen wirken. Im viskosen Strömungsbereich wirkt der Rotorabschnitt aufgrund der Schaufeln als Seitenkanalpumpstufe. Der Kanal kann auch hier, wie bereits bei den anderen beiden Beispielen erwähnt, axial zur Ebene des Rotors 234 versetzt angeordnet sein. Die Gestaltungselemente sind dann in der Figur links oder rechts neben dem Rotor angeordnet. Zur Verbesserung der rotodynamischen Eigenschaften ist jedoch vorteilhaft, die Gestaltungselemente, namentlich die Schaufeln 214, in der Ebene 234 des Rotors 212 liegend anzuordnen. Dies ist vorteilhaft in Bezug auf die Massenverteilung und die einwirkenden Kräfte.

[0020] In einer Weiterbildung besitzt wenigstens eine Schaufel (214) eine Dicke, die gleichgroß oder größer als etwa der Abstand (230) zur nachfolgenden Schaufel ist.

[0021] Ein weiteres Ausführungsbeispiel ist in den Figuren 4 und 5 gezeigt. In Fig. 4 sind Kanal und Rotorab-

schnitt in einer Abwicklung dargestellt, Fig. 5 zeigt den Schnitt entlang der Linie II-II'.

[0022] Im Gehäuse 302 ist hier der Kanal 308 vorgesehen, der durch die innere Begrenzung 318 in Richtung Drehachse begrenzt wird. Im Rotorabschnitt sind als Gestaltungselemente Schaufeln 314 vorgesehen, die im viskosen Strömungsbereich zu einer Seitenkanalpumpwirkung führen. Der Rotorabschnitt weist außerdem einen Grundsteg 340 auf, der über die innere Begrenzung hinaus in den Kanal hineinragt. Im Schnitt nach Figur 5 ist dargestellt, dass der Grundsteg mit der Grundsteghöhe 332 über die innere Begrenzung hinausragt. Hierdurch läuft im Kanal die Seitenfläche 342 des Grundsteges um. Diese wirkt zusammen mit der Kanalwand im molekularen Strömungsbereich als Gaedepumpstufe. Der Kanal kann auch hier, wie bereits bei den anderen beiden Beispielen erwähnt, axial zur Ebene des Rotors 334 versetzt angeordnet sein. Die Gestaltungselemente sind dann in der Figur links oder rechts neben dem Rotor angeordnet. Vorteilhaft liegen die Gestaltungselemente, also Grundsteg und Schaufeln, jedoch in der Ebene 334 des scheibenartigen Rotors 312, wodurch die rotodynamischen Eigenschaften verbessert sind.

[0023] In einer Weiterbildung ist der Grundsteg nur entlang eines Teils des Umfangs des Rotors vorgesehen.

[0024] Die einzelnen Maßnahmen der Ausführungsbeispiele können kombiniert werden. So kann ein Grundsteg mit den dickeren Schaufeln und/oder einem glatten Abschnitt zusammen benutzt werden, um im Rotorabschnitt Gestaltungselemente zu erreichen, durch die die Pumpwirkung im molekularen Strömungsbereich nach Gaede und im höheren Druckbereich nach dem Seitenkanalprinzip bewirkt wird.

[0025] Die vorteilhafte Wirkung der beschriebenen Gestaltungen wird anhand von Messkurven in Fig. 7 deutlich. Gezeigt sind vier Messkurven, die jeweils auf ihren Maximalwert normiert wurden. Dargestellt ist die Kompression bei Nulldurchsatz, also das Verhältnis aus Druck am Auslass zu Druck am Einlass über dem Vorvakuumdruck, gemessen ohne Gasfluss durch den Pumpstufeneinlass.

[0026] Kurve 70 zeigt den Verlauf für eine reine Gaedepumpstufe. Es wird ein starker Anstieg im molekularen Strömungsbereich beobachtet, während zu höheren Drücken hin, insbesondere oberhalb 1 hPa, keine nennenswerte Kompression auftritt.

[0027] Kurve 72 zeigt den Verlauf einer reinen Seitenkanalpumpstufe. Hier erreicht die Kompression zu höheren Drücken hin ihr Maximum.

[0028] Kurve 74 zeigt den Kompressionsverlauf für das Ausführungsbeispiel mit glattem Abschnitt nach Figur 1, Kurve 76 den Verlauf für das Ausführungsbeispiel mit dicken Schaufeln nach Figuren 2 und 3.

[0029] Die Kurvenverläufe belegen, dass durch Verwendung der Geometrien gemäß der Ausführungsbeispiele vorteilhaft sowohl im molekularen Strömungsbereich 78 als auch im viskosen Strömungsbereich 80 Kompression erreicht wird. Diese ist im molekularen Bereich

besser als die einer reinen Seitenkanalpumpstufe und im viskosen Bereich besser als die einer reinen Gaedestufe.

[0030] In Fig. 6 ist eine Vakuumpumpe 600 im prinzipiellen Aufbau dargestellt, in der die Vorteile der oben beschriebenen Vakuumpumpstufe besonders gut zur Geltung kommen.

[0031] Im Gehäuse 602 der Vakuumpumpe ist eine Welle 640 vorgesehen, die mittels Lagern 650 und 652 drehbar unterstützt wird. Hierbei kann es sich um fett- oder ölgeschmierte Wälzlager, Gas-, Gleit- oder Magnetlager handeln. Diese Lagerbauformen können gemischt verwendet werden, wobei Schmiermittel wie Öl oder dergleichen eher im Bereich des Vorvakuums eingesetzt werden, welcher auf der Seite des Lagers 652 zu finden ist.

[0032] Durch einen Pumpeneinlass 680 tritt Gas in die Vakuumpumpe ein und gelangt zur Hochvakuumstufestufe 620. Diese ist vorteilhaft als Holweck- oder Turbomolekularpumpstufe gestaltet und kann ihrerseits mehrstufig aufgebaut sein. In diesen einzelnen Stufen können unterschiedliche Pumpprinzipien Anwendung finden. Durch einen Auslass 622 der Hochvakuumstufestufe tritt Gas aus und gelang zum Einlass 604 der Mehrbereichsstufe 610, welche gemäß der zu den Figuren 1 bis 5 beschriebenen Vorgaben gestaltet ist.

[0033] Der Einlass 604 steht mit einer Ansaugöffnung 612 in Gasflussverbindung, so dass die Mehrbereichsstufe 610 Gas sowohl durch diese Ansaugöffnung als auch vom Auslass 622 der Hochvakuumstufestufe ansaugt. Das in ihr verdichtete Gas wird durch den Auslass 606 ausgestoßen und einer Vorvakuumstufe 630 zugeführt. Diese kann vorteilhaft als Seitenkanalpumpstufe gestaltet sein und ihrerseits mehrere Pumpstufen umfassen. Durch einen Pumpenauslass 682 wird das Gas aus der Vakuumpumpe ausgestoßen, beispielsweise gegen Atmosphäre oder in die Zuleitung zu einer Vorvakuumpumpe.

[0034] Die Pumpstufen 610, 620 und 630 werden durch die Antriebsmittel 660 gemeinsam angetrieben.

[0035] Durch diese Anordnung arbeitet die Mehrbereichsstufe vorteilhaft in einem Druck- und Strömungsbereich, in dem sie bessere Kompressions- und Saugvermögens-eigenschaften pro aufgenommener Leistung als reine Gaede- oder Seitenkanalpumpstufen besitzt.

mente (114, 116; 214; 314, 340) aufweist, durch die die Pumpwirkung im molekularen Strömungsbereich nach Gaede und im höheren Druckbereich nach dem Seitenkanalprinzip bewirkt wird.

2. Vakuumpumpstufe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gestaltungselemente Schaufeln (114; 214; 314) umfassen, wobei wenigstens eine Schaufel (214) eine Dicke besitzt, die größer als etwa ein Fünftel des Abstandes (230) zur nachfolgenden Schaufel ist.
3. Vakuumpumpstufe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gestaltungselemente Schaufeln (114; 214; 314) umfassen, wobei wenigstens eine Schaufel (214) eine Dicke besitzt, die gleichgroß oder größer als etwa der Abstand (230) zur nachfolgenden Schaufel ist.
4. Vakuumpumpstufe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gestaltungselemente einen Grundsteg (340) umfassen, welcher in den Kanal eintaucht.
5. Vakuumpumpstufe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gestaltungselemente (114, 116; 214; 314, 340) im wesentlichen in der Ebene (234; 334) des Rotor (112; 212; 312) liegend angeordnet sind.
6. Vakuumpumpe (600), **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Vakuumpumpstufe (610) nach einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst, welche im Gasstrom zwischen einer hochvakuumseitigen Pumpstufe (620) und einer atmosphärenseitigen Pumpstufe (630) angeordnet ist.
7. Vakuumpumpe nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vakuumpumpstufe (610) mit einer Ansaugöffnung (612) und einem Auslass (622) der hochvakuumseitigen Pumpstufe (620) in Gasflussverbindung steht.

Patentansprüche

1. Vakuumpumpstufe (100; 610) mit einem Einlass (104; 604), einem Auslass (106; 606), einem Rotor (112; 212; 312) und einem Kanal (108; 208; 308), wobei der Rotor mit einem Rotorabschnitt in den Kanal eintaucht und durch Zusammenwirken von Rotorabschnitt und Kanal eine Pumpwirkung erreicht wird, und mit einem zwischen Einlass und Auslass angeordneten Abstreifer (110), **dadurch gekennzeichnet, dass** der Rotorabschnitt Gestaltungsele-

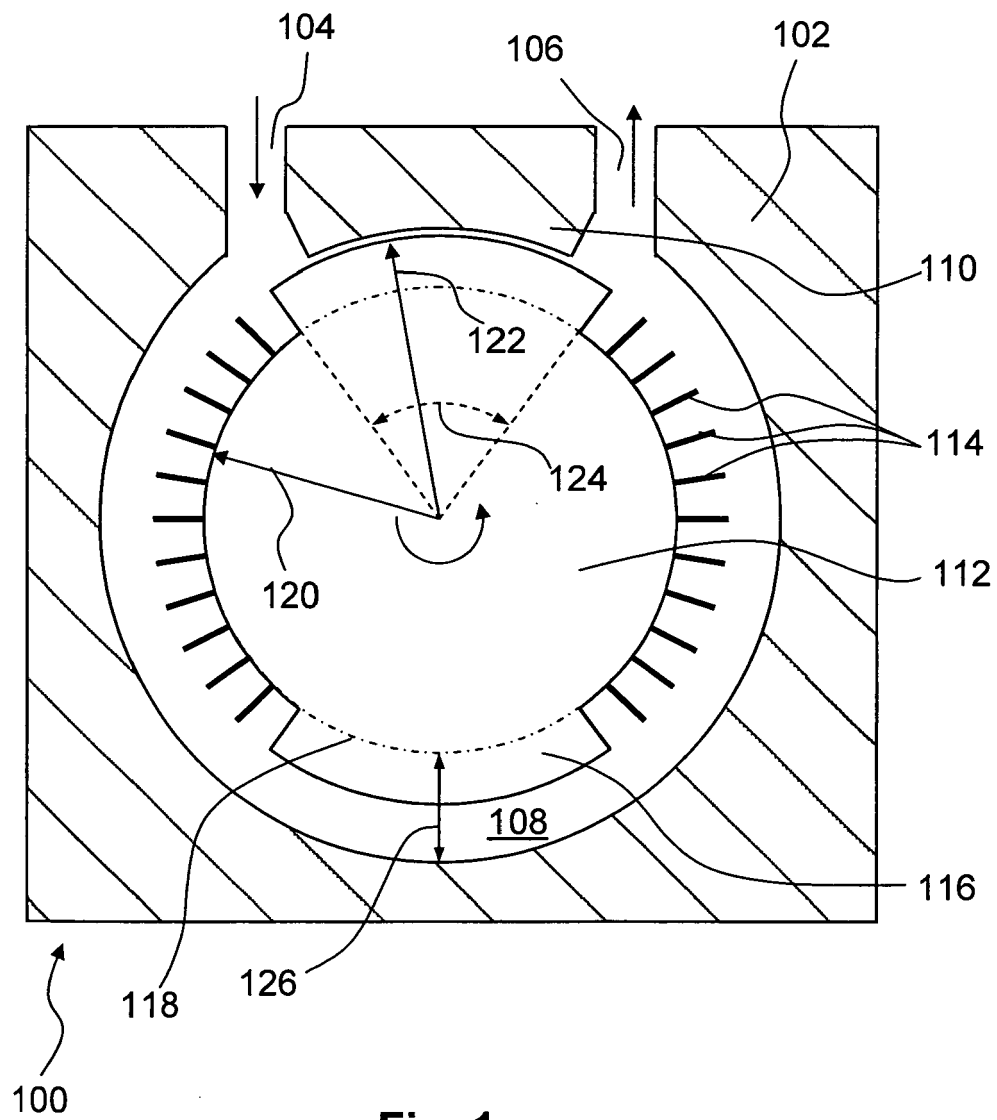


Fig. 1

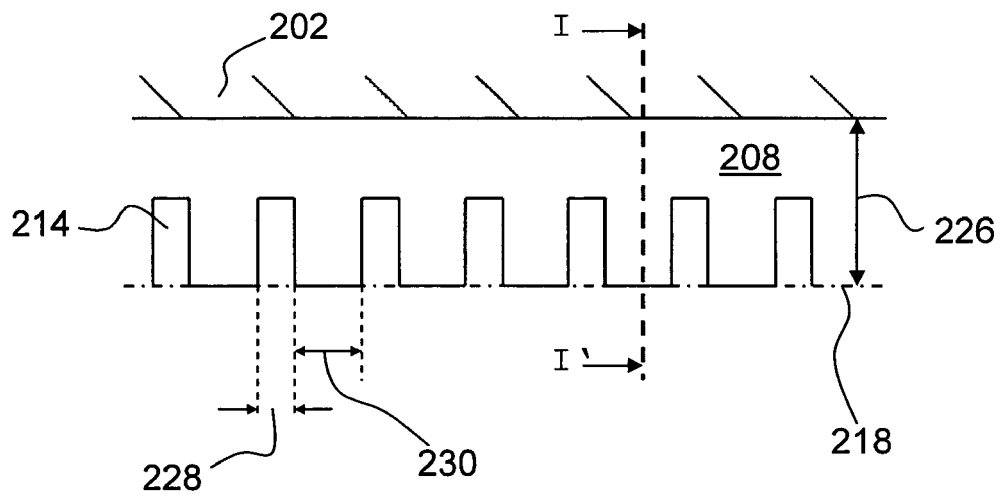


Fig. 2

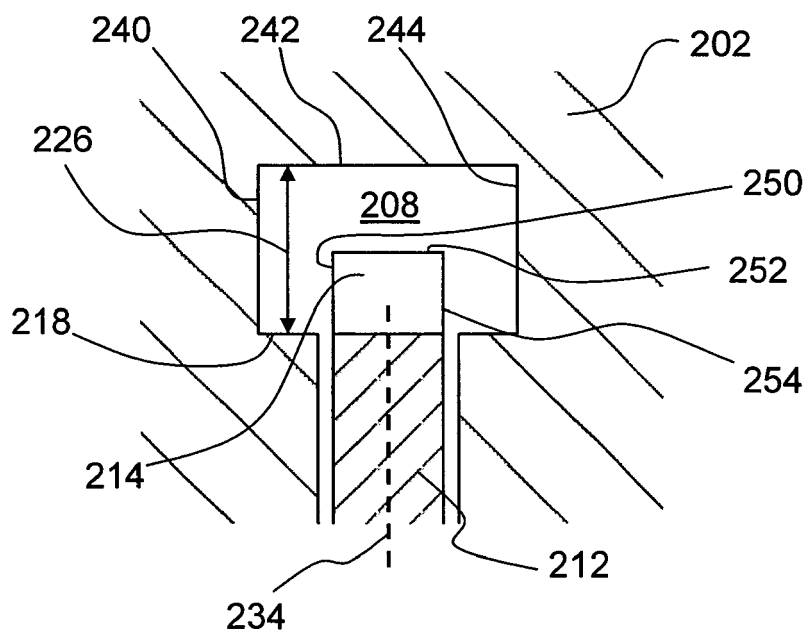


Fig. 3

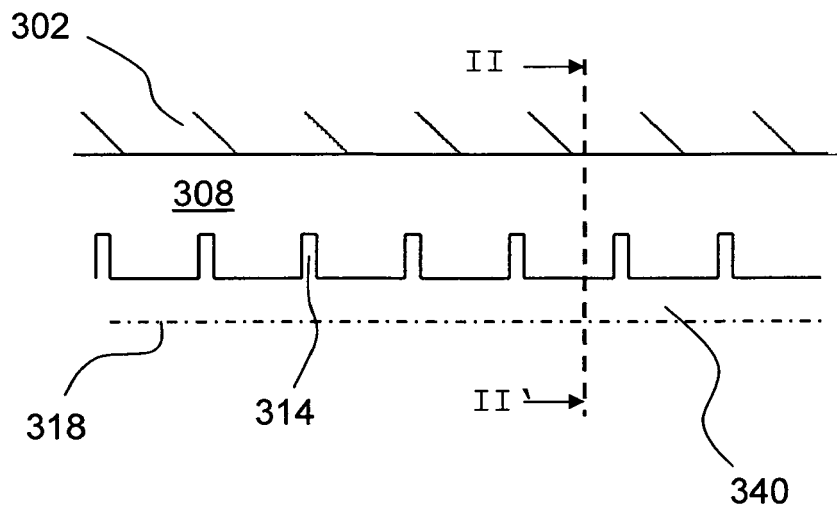


Fig. 4

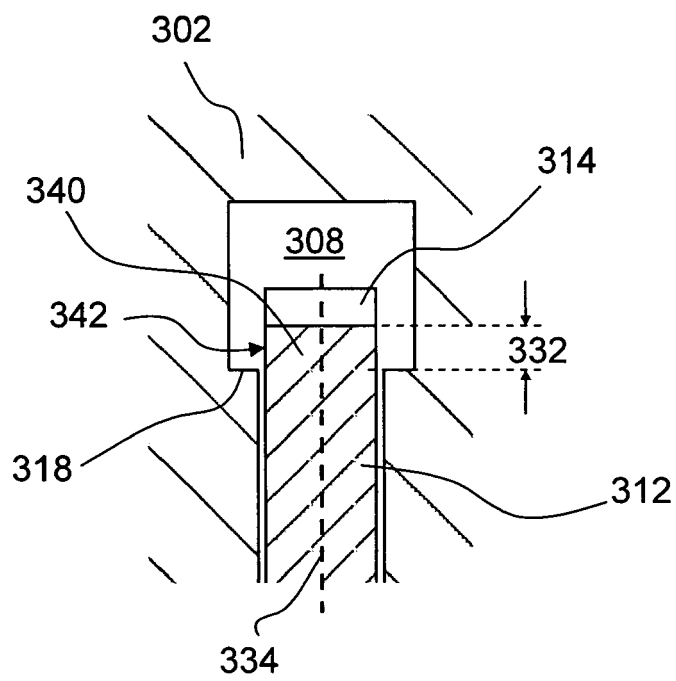


Fig. 5

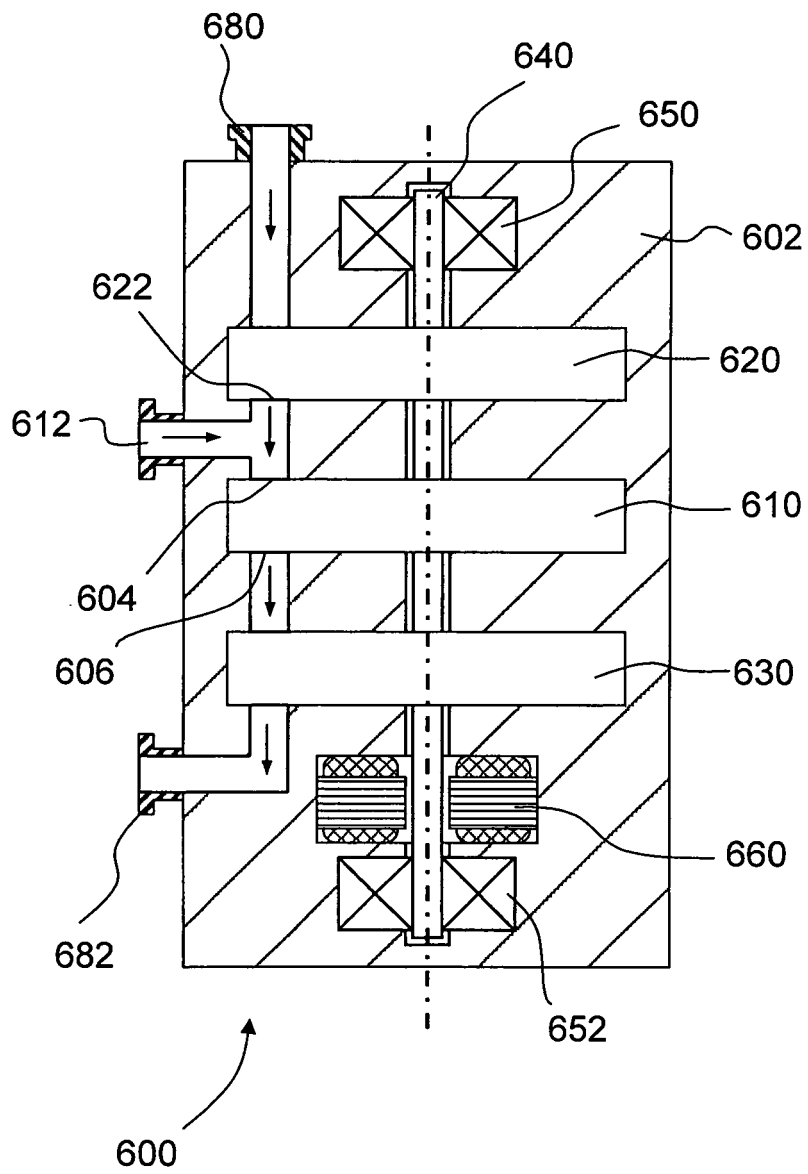
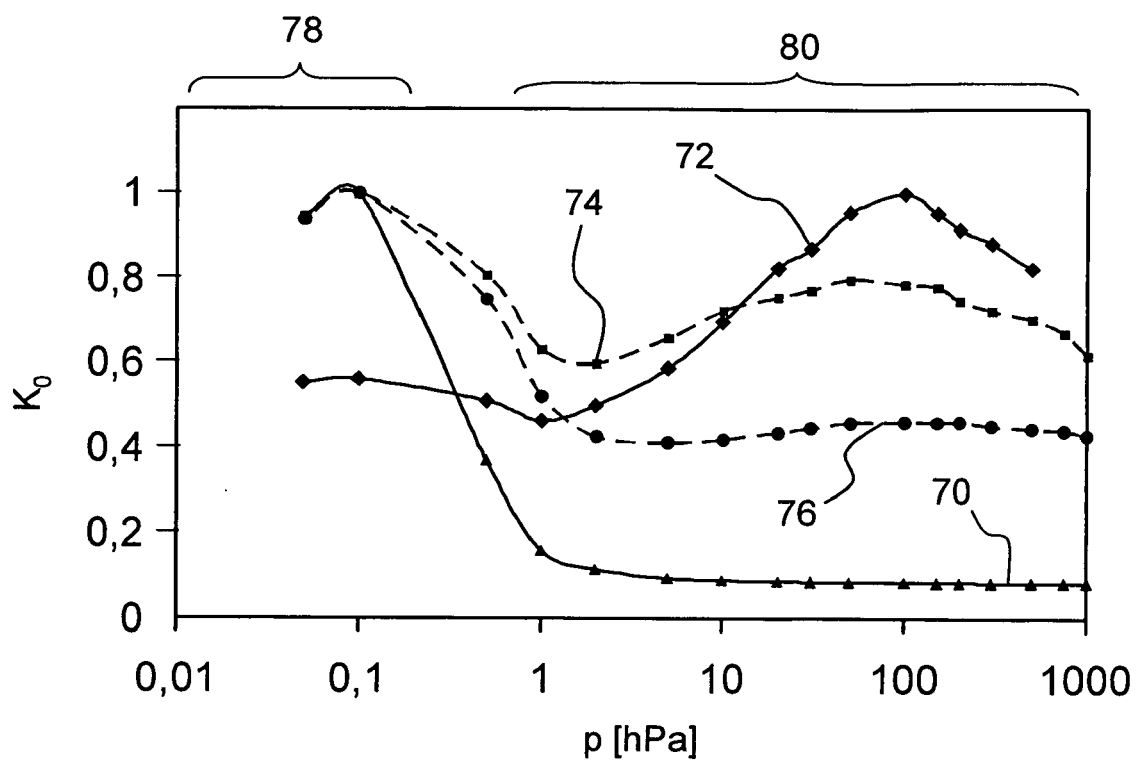


Fig. 6

**Fig. 7**