



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 60 2004 006 802 T2 2008.02.14**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 489 306 B1**

(51) Int Cl.⁸: **F04B 43/04 (2006.01)**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **60 2004 006 802.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **04 014 052.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.06.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **22.12.2004**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **06.06.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.02.2008**

(30) Unionspriorität:

2003172106 17.06.2003 JP

2003290659 08.08.2003 JP

2003348424 07.10.2003 JP

2004084638 23.03.2004 JP

(74) Vertreter:

Hoffmann, E., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 82166

Gräfelfing

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

Seiko Epson Corp., Tokyo, JP

(72) Erfinder:

Seto, Takeshi, Suwa-shi Nagano-ken 392-8502, JP;

Takagi, Kunihiko, Suwa-shi Nagano-ken 392-8502,

JP

(54) Bezeichnung: **Pumpe**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Pumpe zum Bewegen eines Arbeitsfluids durch Verändern des Volumens einer Pumpenkammer mittels eines Kolbens oder einer beweglichen Wand, beispielsweise einer Membran. Insbesondere betrifft die Erfindung eine kleine Hochleistungspumpe.

[0002] In einer bekannten Pumpe dieser Art sind Rückschlagventile zwischen einem Einlaßkanal und einer Pumpenkammer von veränderlichem Volumen sowie zwischen einem Auslaßkanal und der Pumpenkammer vorgesehen. Ferner ist eine Pumpe zum Übertragen von Flüssigkeit bekannt, in der ein dünner Wandbereich an einem Durchlaß einer Pumpenkammer an einer stromaufwärtsliegenden Seite oder einer stromabwärtsliegenden Seite vorgesehen ist, so daß eine Pulsierung aufgrund der intermittierend getriebenen Flüssigkeit durch Verformung des Durchlasses reduziert wird (siehe zum Beispiel JP-A-2000-265963).

[0003] Ferner ist schon eine Hochleistungspumpe von großer Zuverlässigkeit vorgeschlagen worden, die mit einem Hochbelastungsdruck und hochfrequentem Antrieb dadurch fertig werden kann, daß sie eine Kanalkonstruktion benutzt, die einen großen Inertanzwert anstelle eines Ventils in einem Auslaßkanal hat und folglich durch das Nutzen einer Kraft der Fluidträgheit. Bei dieser Pumpe wird im Einlaßkanal eine verformbare Struktur benutzt, um zu verhindern, daß die Saugwirksamkeit der Pumpe aufgrund des Pulsierens in einem Einlaßkanal abnimmt (siehe zum Beispiel JP-A-2002-322986).

[0004] Ferner offenbart JP-A-61-171891 eine Volumenpumpe mit einer Membran, die von einem piezoelektrischen Element, beispielsweise PZT angetrieben wird, und ferner mit einer Pumpenkammer, deren Volumen mittels der Membran verändert werden kann, einem Loch, durch das ein Fluid in die Pumpenkammer strömen kann, und einem Loch, durch das das Fluid aus der Pumpenkammer strömen kann, wobei Rückschlagventile in den jeweiligen Löchern vorgesehen sind.

[0005] Aber bei der Konstruktion gemäß JP-A-2000-265963 besteht die Schwierigkeit, daß sie nicht mit einem Hochlastdruck oder einem hochfrequenten Antrieb fertig wird, weil der Einlaßkanal und der Auslaßkanal Rückschlagventile erfordern, die als Fluidwiderstandselement dienen, wodurch der Druckverlust des Fluids durch die zwei Rückschlagventile groß ist. Für den Fall, daß Gasblasen in der Pumpenkammer verbleiben, ist es darüber hinaus nicht möglich, eine vorherbestimmte Fördermenge zu erhalten, weil der Druck der Flüssigkeit in der Pumpenkammer im Verlauf der Verringerung des Volumens der Pumpenkammer nicht stark genug ange-

hoben wird.

[0006] Bei den Pumpen gemäß JP-A-2002-322986 und JP-A-61-171891 wird der Druck der Flüssigkeit in der Pumpenkammer im Verlauf der Verringerung des Volumens der Pumpenkammer nicht ausreichend angehoben, wenn Gasblasen in der Pumpenkammer verbleiben, denn die Veränderung des Volumens der Pumpenkammer aufgrund der Verformung der Membran ist gering. Folglich werden die Strömungseigenschaften der Pumpe stark verschlechtert, und im schlimmsten Fall kann es unmöglich werden, die Flüssigkeit zu fördern.

[0007] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Pumpe zu schaffen, die Gasblasen abgeben und folglich eine Förderfähigkeit beibehalten kann, selbst wenn Gasblasen im Innern einer Pumpenkammer bleiben.

[0008] Diese Aufgabe wird mit einer Pumpe gemäß Anspruch 1 erreicht. Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind der Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0009] Eine Pumpe der Art, auf die im Oberbegriff von Anspruch 1 Bezug genommen wird, ist bekannt aus US 2002/0114716.

[0010] Eine Membran, die mit einer Betätigungsvorrichtung angetrieben wird, beispielsweise einem piezoelektrischen Element, kann als die bewegliche Wand benutzt werden. Ein Sperrventil kann als das Fluidwiderstandselement benutzt werden.

[0011] Ferner kann als eine Blasenabführeinrichtung, zu der Einzelheiten näher beschrieben werden, beispielsweise eine sekundäre Pumpenkammer, ein Druckerzeugungsmechanismus, ein Heizabschnitt usw., der zum Aufbringen von Druck auf die Pumpenkammer benutzt wird, verwendet werden. Gemäß der Erfindung ist in der Pumpenkammer ein Heizabschnitt vorgesehen, der als Blasenabführeinrichtung dient.

[0012] Da die Pumpe die Blasenabführeinrichtung aufweist, kann gemäß dieser Konstruktion die Pumpe selbst dann gestartet werden, wenn Gasblasen in der Pumpenkammer bleiben, das heißt selbst dann, wenn das Arbeitsfluid nicht in die Pumpenkammer gefüllt ist. Außerdem können die Gasblasen beim Antrieb der Pumpe abgeführt werden aufgrund der genannten Blasenabführeinrichtung, wenn Gasblasen in der Pumpenkammer bleiben, obwohl erwogen wird, daß der Druck in der Pumpenkammer nicht ausreichend angehoben ist. Folglich ist es möglich, die Leistung der Pumpe beizubehalten, insbesondere die Fördermenge des Arbeitsfluids.

[0013] Es sollen nun verschiedene Pumpsysteme

mit Blasenabföhreinrichtungen und Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben werden. Es zeigt:

[0014] [Fig. 1](#) eine senkrechte Schnittansicht einer Pumpe gemäß einem ersten Beispiel;

[0015] [Fig. 2](#) eine graphische Darstellung interner Zustände der Pumpe gemäß dem ersten Beispiel;

[0016] [Fig. 3](#) ein Blockschaltbild einer Antriebschaltung der Pumpe gemäß dem ersten Beispiel;

[0017] [Fig. 4](#) eine Draufsicht auf eine Membran für eine sekundäre Pumpenkammer einer Pumpe gemäß einem zweiten Beispiel;

[0018] [Fig. 5](#) eine senkrechte Schnittansicht eines Teils einer Pumpe gemäß einem dritten Beispiel;

[0019] [Fig. 6](#) ein Blockschaltbild einer Antriebschaltung der Pumpe gemäß dem dritten Beispiel;

[0020] [Fig. 7](#) eine senkrechte Schnittansicht einer Pumpe gemäß einem vierten Beispiel;

[0021] [Fig. 8](#) ein Blockschaltbild einer Antriebschaltung der Pumpe gemäß dem vierten Beispiel;

[0022] [Fig. 9](#) eine senkrechte Schnittansicht einer Pumpe gemäß einem fünften Beispiel;

[0023] [Fig. 10](#) eine senkrechte Schnittansicht eines Druckerzeugungsmechanismus gemäß einem sechsten Beispiel;

[0024] [Fig. 11](#) eine senkrechte Schnittansicht eines Teils einer Pumpe gemäß dem sechsten Beispiel;

[0025] [Fig. 12](#) eine Schnittansicht eines Teils einer Pumpe gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0026] [Fig. 13](#) eine Draufsicht auf eine Heizvorrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0027] [Fig. 14](#) eine Draufsicht auf ein abgewandeltes Beispiel der Heizvorrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0028] [Fig. 15](#) ein Blockschaltbild einer Antriebschaltung der Pumpe des Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

[0029] [Fig. 16](#) eine Draufsicht auf ein weiteres abgewandeltes Beispiel der Heizvorrichtung gemäß dem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

[0030] [Fig. 17](#) eine senkrechte Schnittansicht einer Pumpe gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Erstes Beispiel

[0031] Die [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#) zeigen eine Pumpe **10** gemäß einem ersten Beispiel.

[0032] [Fig. 1](#) ist ein senkrechter Schnitt, der einen Aufbau der Pumpe **10** zeigt. In [Fig. 1](#) weist die Pumpe **10** grundsätzlich ein becherförmiges Gehäuse **50** auf, an dem ein laminiertes piezoelektrisches Element **70** befestigt ist, sowie einen Einströmkanal **21** zum Einföhren eines Arbeitsfluids, einen Ausströmkanal **28** zur Abgabe des Arbeitsfluids und ein Pumpengehäuse **20** mit einer sekundären Pumpenkammer **24** und einer primären Pumpenkammer **27**.

[0033] Ein Ende des piezoelektrischen Elements **70** ist an einem Innenbodenbereich des Gehäuses **50** durch Befestigungsmittel, beispielsweise einen Klebstoff, befestigt, und eine Membran **60** der primären Pumpenkammer ist nahe sowohl einer Oberseite eines Randbereichs des Gehäuses **50** als auch einer Oberseite des anderen Endes des piezoelektrischen Elements **70** befestigt. Das Pumpengehäuse **20** ist an dem Umfangsrandbereich der Oberseite der Membran **60** so befestigt, daß die Luftdichtheit der befestigten Bereiche erhalten bleibt. Die primäre Pumpenkammer **27** ist in einem Raum zwischen der Membran **60** und einem ersten konkaven Bereich ausgebildet, der in einem unteren Bereich des Pumpengehäuses **20** gebildet ist.

[0034] Ein zweiter konkaver Bereich ist in einem oberen Bereich des Pumpengehäuses **20** vorgesehen, und eine Membran **45** der sekundären Pumpenkammer ist luftdicht an einer Oberseite eines Randbereichs dieses zweiten konkaven Bereichs befestigt, wodurch die sekundäre Pumpenkammer **24** gebildet ist. Die Membran **45** ist aus einem Blechteil geformt, welches dünner ist als die Membran **60**, und ist durch den Innendruck der sekundären Pumpenkammer **24** verformbar. Ein plattenförmiges piezoelektrisches Element **71** ist an der Oberseite der Membran **45** befestigt. Die Membran **45** und das piezoelektrische Element **71** bilden eine einförmige (unimorph) Betätigungsverrichtung.

[0035] Ein jeweiliges piezoelektrisches Element **71** kann an beiden Oberflächen der Membran **45** befestigt sein, um eine zweiförmige Betätigungsverrichtung (bimorph) zu bilden, und in diesem Fall ist auf die enge Anbringung des piezoelektrischen Elements **71** in Beröhhrung mit dem Arbeitsfluid hinzuweisen, während eine Betätigungsverrichtung mit größerer Verdrängung gebildet werden kann.

[0036] Als nächstes wird der Aufbau längs des Ströh-

mungskanals des Arbeitsfluids beschrieben. Der Einströmkanal **21** ist in einem vom Pumpengehäuse **20** vorstehenden Einlaßverbindungsrohr **30** gebildet und steht mit der sekundären Pumpenkammer **24** durch eine Einlaßventilöffnung **22** für die sekundäre Pumpenkammer und eine Einlaßventilpaßöffnung **23** für die sekundäre Pumpenkammer in Verbindung. Ein Einlaßsperrventil **41** für die sekundäre Pumpenkammer als Fluidwiderstandselement zum Öffnen und Schließen der Einlaßventilöffnung **22** ist am Rand der Einlaßventilpaßöffnung **23** befestigt. Eine Einlaßventilöffnung **25** für die primäre Pumpenkammer und eine Einlaßventilpaßöffnung **26** für die primäre Pumpenkammer sind zwischen der sekundären Pumpenkammer **24** und der primären Pumpenkammer **27** vorgesehen. Ein Einlaßsperrventil **42** für die primäre Pumpenkammer als ein Fluidwiderstandselement einschließlich eines Teils zum Öffnen und Schließen, mit dem die Einlaßventilöffnung **25** geöffnet und geschlossen werden kann, ist am Rand der Einlaßventilpaßöffnung **26** befestigt.

[0037] Die primäre Pumpenkammer **27** steht mit dem Ausströmkanal **28** in Verbindung. Der Ausströmkanal **28** hat einen engen Rohrbereich, der mit der primären Pumpenkammer **27** verbunden ist, und einen weiten Rohrbereich, dessen Querschnittsfläche größer ist als die des engen Rohrbereichs, wobei ein Zwischenbereich den engen Rohrbereich mit dem weiten Rohrbereich verbindet. Ein äußerer Umfangsbereich des Auslaßkanals bildet das Auslaßverbindungsrohr **31**.

[0038] Wenn die Pumpe in Gebrauch ist, werden hier nicht gezeigte Schläuche aus Siliziumgummi, die Elastizität aufweisen, an das Einlaßverbindungsrohr **30** und das Auslaßverbindungsrohr **31** angeschlossen.

[0039] Als nächstes wird ein Inertanzwert L eines Strömungskanals beschrieben. Angenommen, die Querschnittsfläche eines Strömungskanals sei S , die Länge des Strömungskanals sei r und die Dichte des Arbeitsfluids sei ρ , dann wird die folgende Gleichung erhalten: $L = \rho \times r/S$. Ferner sei angenommen, daß die Druckdifferenz über den Strömungskanal ΔP sei und das Strömungsvolumen des im Strömungskanal fließenden Arbeitsfluids sei Q , dann wird die folgende Gleichung durch Verformen einer dynamischen Gleichung des Fluids im Strömungskanal mit Hilfe des Inertanzwertes L : $\Delta P = L \, dQ/dt$ erhalten. Das bedeutet, daß der Inertanzwert L einen Grad an Einfluß einer Druckeinheit auf die Schwankung des Strömungsvolumens pro Zeiteinheit anzeigt, wobei die Änderung des Strömungsvolumens pro Zeiteinheit bei zunehmendem Inertanzwert L kleiner wird und die Änderung des Strömungsvolumens pro Zeiteinheit bei abnehmendem Inertanzwert L größer wird.

[0040] Der Gesamtinertanzwert einer parallelen

Verbindung einer Vielzahl von Strömungskanälen oder einer seriellen Verbindung einer Vielzahl von Strömungskanälen unterschiedlicher Formen kann durch Gesamtinertanzwerte der jeweiligen Strömungskanäle ähnlich wie bei der parallelen Verbindung bzw. der seriellen Verbindung von Induktivitäten in elektrischen Schaltkreisen berechnet werden. Wenn beispielsweise die beiden Strömungskanäle mit Inertanzwerten von L_1 bzw. L_2 seriell in Reihe verbunden sind, ergibt sich der Gesamtinertanzwert als $L_1 + L_2$.

[0041] Der nachfolgend beschriebene Einlaßkanal bezieht sich auf einen Strömungskanal, der sich vom Inneren der primären Pumpenkammer **27** zu einer Eingangsstirnfläche der Einlaßventilöffnung **25** erstreckt. Da sich beim ersten Beispiel der vorliegenden Erfindung die sekundäre Pumpenkammer **24**, welche die Membran **45** als Pulsationsabsorbiereinrichtung besitzt, mit einem Zwischenbereich des Strömungskanals in Verbindung befindet, bedeutet Einlaßkanal hier einen Strömungskanal, der sich vom Inneren der primären Pumpenkammer **27** bis zu einem Verbindungsbereich der Pulsationsabsorbierereinrichtung erstreckt.

[0042] Wenn die Membran **45** von großer Steifigkeit ist und infolgedessen eine geringe Absorptionswirkung für Pulsierungen hat, muß der Gesamtinertanzwert des Einlaßkanals der primären Pumpenkammer bis zum Ort der Pulsationsabsorbierereinrichtung, beispielsweise einem Rohr stromaufwärts der sekundären Pumpenkammer **24** gerechnet werden.

[0043] Die Ausgangskanaleinrichtung bezeichnet einen Strömungskanal, der sich bis zu einer Ausgangsstirnfläche des Ausströmkanals **28** erstreckt, denn der als Pulsationsabsorbierereinrichtung dienende Schlauch ist an das Auslaßverbindungsrohr **31** angeschlossen.

[0044] Als nächstes wird der Inertanzwert eines Öffnungs- und Schließteils des Sperrventils beschrieben. Der Inertanzwert des Öffnungs- und Schließteils steht in Verbindung mit der Masse des Öffnungs- und Schließteils und der Querschnittsfläche des Strömungskanals (eine Ventilöffnung), der vom Öffnungs- und Schließteil geschlossen wird, und ergibt sich als (Inertanzwert des Öffnungs- und Schließteils) = ((Masse des Öffnungs- und Schließteils)/(Querschnittsfläche des Strömungskanals, der vom Öffnungs- und Schließteil geschlossen wird)²). Für eine Zeit eines kleinen Strömungsvolumens, wenn der Strömungskanal aus einem Zustand geöffnet wird, bei dem das Öffnungs- und Schließteil den Strömungskanal vollständig verschließt, gibt der Inertanzwert des Öffnungs- und Schließteils den Einflußgrad einer Druckeinheit auf die Änderung des Strömungsvolumens pro Zeiteinheit an, ähnlich wie beim Inertanzwert des Strömungskanals, wo die Änderung

des Strömungsvolumens pro Zeiteinheit mit der Zunahme des Inertanzwertes kleiner wird und die Änderung des Strömungsvolumens pro Zeiteinheit mit Abnahme des Inertanzwertes größer wird.

[0045] Als nächstes wird unter Hinweis auf [Fig. 2](#) ein Innenzustand der Pumpe gemäß dem ersten Beispiel im Betrieb beschrieben. Es wird auch auf [Fig. 1](#) Bezug genommen.

[0046] [Fig. 2](#) ist eine graphische Darstellung von Beziehungen einer Antriebsspannung (V) des piezoelektrischen Elements **70** und eines Drucks (MPa) der primären Pumpenkammer **27** ausgedrückt als absoluter Druck gegenüber der Zeit (ms) als Wellenformen darstellt, wenn die primäre Pumpenkammer **27** und die sekundäre Pumpenkammer **24** mit dem Arbeitsfluid gefüllt sind, was im Fall der Pumpe **10** gemäß dem ersten Beispiel eine Flüssigkeit (Wasser) ist. Da das piezoelektrische Element **70** mit zunehmender Antriebsspannung expandiert, wird, was [Fig. 2](#) zeigt, die Membran **60** angehoben, wodurch das Volumen der primären Pumpenkammer **27** komprimiert wird. In [Fig. 2](#) ist sichtbar, daß der Druck mit dem Anstieg aufgrund der Kompression der primären Pumpenkammer **27** beginnt, nachdem ein Tal der Antriebsspannung durchlaufen wurde, und daß der Innendruck der primären Pumpenkammer **27** rasch abnimmt, nachdem der Punkt der höchsten Aufwärtsneigung der Antriebsspannung überschritten wurde, und daß er im wesentlichen auf einen absoluten Druck von 0 absinkt.

[0047] Wenn die primäre Pumpenkammer **27** in einem Zustand komprimiert wird, wo das Einlaßsperrventil **42** geschlossen ist, wird zunächst der Innendruck der primären Pumpenkammer **27** aufgrund der großen Inertanz des Ausströmkanals (Auslaßkanal) **28** stark erhöht. Mit dieser Zunahme des Innendrucks in der primären Pumpenkammer **27** wird das Arbeitsfluid im kleinen Rohrbereich beschleunigt und dadurch die eine Trägheitswirkung erzeugende kinetische Energie angesammelt. Wenn das Gefälle der Expansions- und Kontraktionsgeschwindigkeit des piezoelektrischen Elements **70** abnimmt, neigt das Arbeitsfluid zu einer kontinuierlichen Strömung aufgrund der in der Zwischenzeit angesammelten Trägheitswirkung von der kinetischen Energie des Arbeitsfluids im Auslaßkanal, so daß der Innendruck in der primären Pumpenkammer **27** rasch abfällt und damit kleiner wird als der Innendruck in der sekundären Pumpenkammer **24**.

[0048] Zu diesem Zeitpunkt wird das Einlaßsperrventil **42** aufgrund des Druckunterschieds geöffnet, so daß das Arbeitsfluid aus der sekundären Pumpenkammer **24** in die primäre Pumpenkammer **27** fließt. Da in diesem Zeitpunkt die Summe des Gesamtinertanzwertes des Einlaßkanals der primären Pumpenkammer **27** und des als Öffnungs- und Schließsteil

dienenden Einlaßsperrventils **42** ausreichend kleiner ist als der Inertanzwert des Auslaßkanals, wie vorstehend beschrieben, wird ein wirksames Einströmen des Arbeitsfluids veranlaßt.

[0049] Dieser Zustand, bei dem das Ausströmen und Einströmen in die primäre Pumpenkammer **27** gleichzeitig auftreten, setzt sich so lange fort, bis das piezoelektrische Element **70** komprimiert wird und dann wieder expandiert. Dies ist durch den ebenen Bereich des Innendrucks der primären Pumpenkammer **27** in [Fig. 2](#) angedeutet.

[0050] Da das Abgeben und Ansaugen in der Pumpe **10** gemäß dem ersten Beispiel über eine lange Zeit hinweg fortgesetzt werden, kann ein großes Strömungsvolumen fließen, und da im Innern der Pumpenkammer ein sehr hoher Druck herrscht, ist es möglich, mit einem hohen Lastdruck fertig zu werden.

[0051] In der sekundären Pumpenkammer **24** absorbiert derweil die Membran **45** das Pulsieren durch Verformung aufgrund des Innendrucks in der sekundären Pumpenkammer **24**. Folglich ist das Einströmen des Arbeitsfluids aus dem Einströmkanal **21**, der einen großen Inertanzwert hat, in die sekundäre Pumpenkammer **24**, eine statische Strömung mit geringer Pulsierung, und das Einlaßsperrventil **41** ist ständig offen. Damit bewirkt die Membran **45**, daß das Pulsieren im Einströmkanal **21** unterdrückt wird, während sie den Inertanzwert des Einströmkanals der primären Pumpenkammer **27** aufgrund ihrer Verformung klein hält. Da der Öffnungszustand des Einlaßsperrventils **41** anhält, kommt es nicht zu einem Problem wie der Erzeugung von Fluidwiderstand oder Versagen aufgrund von Ermüdung.

[0052] Als nächstes wird unter Hinweis auf die [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) ein Füllvorgang bei Ingangsetzen der Pumpe **10** beschrieben. [Fig. 3](#) ist ein Blockschaltbild eines Antriebsschaltkreissystems gemäß dem ersten Beispiel. Ein Füllvorgang ist ein Vorgang, bei dem im Fall verbliebener Gasblasen in der Pumpe eine Flüssigkeit mit Hilfe einer anderen Pumpe eingefüllt wird, wenn die primäre Pumpenkammer **27** gestartet wird, die nicht imstande ist, von sich aus die Flüssigkeit aufzunehmen. Wie [Fig. 3](#) zeigt, gehört zu dem Antriebsschaltkreissystem der Pumpe **10** das piezoelektrische Element **70** zum Ansteuern der Membran **60**, das piezoelektrische Element **71** zum Ansteuern der Membran **45**, ein Umschalter **85**, der als Antriebsschaltsteuereinheit zum Umschalten der Ansteuerung zwischen dem piezoelektrischen Element **70** und dem piezoelektrischen Element **71** dient, sowie eine Steuerschaltung **80** für den Pumpenantrieb auf, die das Ansteuern der Pumpe **10** steuert.

[0053] Wenn in die primäre Pumpenkammer **27** kein Arbeitsfluid gefüllt ist, wird eine von der Steuerschaltung **80** für den Pumpenantrieb erzeugte Ansteuer-

spannung in einem anfänglichen Stadium des Pumpenbetriebs mittels des Umschalters **85** an das an der Membran **45** befestigte piezoelektrische Element **71** angelegt. Die Antriebsspannung hat beispielsweise Sinuswellenform. Da die Membran **45** der sekundären Pumpenkammer ein dünnes Blechteil ist und gemeinsam mit dem piezoelektrischen Element **71** eine unimorphe Betätigungsverrichtung mit großer Verdrängung bildet, verursacht die zweite Pumpenkammer **24** eine große Volumenänderung mit der Antriebsspannung. Das Einlaßsperrventil **41** befindet sich an der Eingangsseite der sekundären Pumpenkammer **24**, und das Einlaßsperrventil **42** befindet sich an deren Auslaßseite. Das Einlaßsperrventil **42** funktioniert als Auslaßsperrventil der sekundären Pumpenkammer **24**.

[0054] Da die sekundäre Pumpenkammer **24** sowohl am Einlaß als auch Auslaß je ein Sperrventil aufweist und folglich eine starke Volumenänderung erfährt, wirkt die sekundäre Pumpenkammer als eine Pumpe, die sowohl Gas als auch Flüssigkeit fördern kann. Und da die sekundäre Pumpenkammer **24** und die primäre Pumpenkammer **27** das Gas abgeben und folglich mit der Flüssigkeit gefüllt werden, die das Arbeitsfluid ist, kann die Pumpe durch Volumenänderung der primären Pumpenkammer **27** arbeiten. Der Umschalter **85** wird umgelegt, um die Antriebsspannung an das piezoelektrische Element **70** anzulegen, wenn genügend Zeit vergangen ist, wie von einem nicht gezeigten Zeitgeber bestimmt. Hierdurch ist automatisch ein Hochleistungsbetrieb ermöglicht.

[0055] Während des Betriebs der primären Pumpenkammer **27** kann außerdem der Betriebszustand der Membran **45** durch Erfassen einer Anschlußspannung des piezoelektrischen Elements **71** festgestellt werden. Wenn noch Gasblasen im Arbeitsfluid in der primären Pumpenkammer **27** sind, was die Pumpfähigkeit verschlechtert, ist das Ausmaß der Betätigung der Membran **45** geringer. Wenn man dann die Membran **45** mit Hilfe des piezoelektrischen Elements **71** arbeiten läßt, wodurch die Gasblasen abgeführt werden, und danach die Antriebsspannung so schaltet, daß die Membran **60** mittels des piezoelektrischen Elements **70** angesteuert wird, kann das Pumpvermögen wieder hergestellt werden. Der Füllvorgang wird dadurch ausgeführt, daß die vorstehend beschriebene Antriebssteuerung durchgeführt wird.

[0056] Da der Einlaßkanal der primären Pumpenkammer der Auslaßkanal der sekundären Pumpenkammer ist und das Fluidwiderstandselement (Sperrventil **42**) zum Öffnen und Schließen des Einlaßkanals in die primäre Pumpenkammer das Fluidwiderstandselement zum Öffnen und Schließen des Auslaßkanals der sekundären Pumpenkammer ist, wird der Strömungskanal des Arbeitsfluids verkürzt, so daß es möglich ist, den Fluidwiderstand des Strö-

mungskanals zu verringern. Infolgedessen kann der Aufbau der Pumpe **10** vereinfacht und die Anzahl an Bauelementen verringert werden, was niedrige Kosten zur Folge hat.

[0057] Beim vorstehend beschriebenen ersten Beispiel wird eine Membran **60** als Einrichtung zum Hervorrufen der Volumenänderung der primären Pumpenkammer **27** benutzt; aber es kann statt dessen auch ein Kolben verwendet werden.

Zweites Beispiel

[0058] Als nächstes wird unter Hinweis auf [Fig. 4](#) ein zweites Beispiel beschrieben. Die Pumpe gemäß dem zweiten Beispiel ist in ihrem Grundaufbau ähnlich dem beschriebenen ersten Beispiel, unterscheidet sich davon aber dadurch, daß ein Teil einer am piezoelektrischen Element **71** der sekundären Pumpenkammer **24** befestigten Ansteuerelektrode **52** abgetrennt ist und eine Detektorelektrode **53** bildet.

[0059] [Fig. 4](#) ist eine Draufsicht auf die Pumpe gemäß dem zweiten Beispiel von seiten der Membran der sekundären Pumpenkammer aus gesehen. Ein Teil der Elektrode **52**, die auf dem an der Oberseite der Membran **45** befestigten piezoelektrischen Element **71** gebildet ist, ist abgetrennt, um die Detektorelektrode **53** zu bilden, wie [Fig. 4](#) zeigt.

[0060] Als nächstes wird die Funktion der Detektorelektrode beschrieben. Während des Füllvorganges, beispielsweise zum Zeitpunkt des Startens der Pumpe, wird beim vorstehend beschriebenen ersten Beispiel die Antriebsspannung an das piezoelektrische Element **71** angelegt. Beim zweiten Beispiel hingegen ist es wegen der isolierten Detektorelektrode **53** möglich, eine Bewegung der Membran **45** selbst während des Füllvorganges festzustellen (wenn die Antriebsspannung am piezoelektrischen Element **71** anliegt). Wenn Gas in der sekundären Pumpenkammer **24** durch die Betätigung der Membran **45** abgegeben und folglich Flüssigkeit in die sekundäre Pumpenkammer **24** eingefüllt wird, nimmt die Bewegung der Membran **45** aufgrund eines Unterschiedes in der Kompressionsgeschwindigkeit ab, und kurz danach wird infolgedessen die primäre Pumpenkammer **27** mit dem Arbeitsfluid gefüllt. Wenn an der Einströmseite ein langes Rohr oder Schlauch angeschlossen ist, kann daher der Zeitpunkt der Beendigung des Füllvorganges genauer festgestellt werden. Deshalb ist es möglich, die Ansteuerspannung zu dem an der Membran **60** befestigten piezoelektrischen Element **70** für eine kurze Zeit einzuschalten.

[0061] Durch das unabhängige Verbinden der Antriebsschaltkreise mit den jeweiligen piezoelektrischen Elementen der Membran **60** und der Membran **45** der zweiten Pumpenkammer und das ständige Überwachen der Detektorelektrode **53** kann außer-

dem der Füllvorgang ohne Umschalten der Schaltkreise selbst dann richtig durchgeführt werden, wenn es aufgrund eindiffundierender Gasblasen usw. während des Betriebs der Pumpe zu einem Betriebsausfall kommt.

[0062] Da die Detektorelektrode **53** isoliert ist, kann beim vorstehend beschriebenen zweiten Beispiel die Bewegung der Membran **45** während des Füllvorganges erfaßt werden und folglich der Zeitpunkt der Beendigung des Füllvorganges exakt festgestellt werden, so daß die Ansteuerspannung zum piezoelektrischen Element **70** der Membran **60** für eine kurze Zeit eingeschaltet werden kann.

Drittes Beispiel

[0063] Als nächstes wird ein drittes Beispiel unter Hinweis auf die [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) beschrieben. Die Pumpe gemäß dem dritten Beispiel hat einen ähnlichen Aufbau wie das erste Beispiel, unterscheidet sich davon aber insofern, als die Pumpe einen Drucksensor **90** in der primären Pumpenkammer **27** aufweist. Eine Beschreibung der dem ersten Beispiel gleichen Bauelemente wird weggelassen.

[0064] [Fig. 5](#) zeigt die Pumpe gemäß dem dritten Beispiel in einem senkrechten Schnitt, und [Fig. 6](#) ist ein Blockschaltbild des Antriebsschaltkreises der Pumpe gemäß dem dritten Beispiel. In [Fig. 5](#) ist ein zweistufiger, konkaver Bereich **35** in einer inneren oberen Wand der primären Pumpenkammer **27** gebildet. Der Drucksensor **90**, der aus dem gleichen Material wie das schon beschriebene piezoelektrische Element **71** besteht, ist an der Stufe des konkaven Bereichs **35** zur primären Druckkammer **27** hin befestigt. Eine nicht gezeigte Elektrode ist auf der Oberfläche des Drucksensors **90** gebildet, und der Drucksensor ist mit der Steuerschaltung **80** für den Pumpenantrieb (siehe [Fig. 6](#)) verbunden, wie nachfolgend beschrieben. Der konkave Bereich **35** hat einen Spalt, so daß der Drucksensor **90** nicht mit der Wand in Berührung gelangt, wenn er gebogen wird.

[0065] Wie [Fig. 6](#) zeigt, weist das Antriebsschaltkreissystem der Pumpe **10** das piezoelektrische Element **70** zum Ansteuern der Membran **60**, das piezoelektrische Element **71** zum Ansteuern der Membran **45**, den Drucksensor **90** zum Feststellen des Innendrucks in der primären Druckkammer **27** und die Steuerschaltung **80** zum Steuern des Antriebs der Pumpe **10** auf.

[0066] Wenn im Fall der [Fig. 5](#) und [Fig. 6](#) Gasblasen in der primären Pumpenkammer **27** bleiben, nimmt der Innendruck der primären Pumpenkammer **27** ab. Diesen Zustand nimmt der Drucksensor **90** wahr, und die Steuerschaltung **80** für den Pumpenantrieb gibt ein Ansteuersignal an das piezoelektrische Element **71** aus, so daß die Membran **45** angesteuert

wird, um den Innendruck in der sekundären Pumpenkammer **24** zu erhöhen. Folglich werden die in der primären Pumpenkammer **27** verbliebenen Gasblasen aus der Pumpenkammer ausgetrieben. Mit anderen Worten, das piezoelektrische Element **71** der Membran **45** wird synchronisiert mit der Änderung des Innendrucks in der primären Pumpenkammer **27** angesteuert.

[0067] Für das erste und dritte Beispiel ist eine Pumpe ohne ein Sperrventil auf seiten des Ausströmkanals **28** der primären Pumpenkammer **27** aufgebaut; aber es können ähnliche Vorteile mit einer Pumpe erzielt werden, die das Sperrventil aufweist und den Füllvorgang erfordert.

[0068] Da beim dritten Beispiel der Drucksensor **90** in der primären Pumpenkammer **27** vorgesehen ist, kann ein Betriebsversagen aufgrund einer Diffusion von Gasblasen in die primäre Pumpenkammer **27** genau erfaßt werden. Da beim dritten Beispiel das piezoelektrische Element **71** der Membran **45** synchronisiert mit der Membran **60** angesteuert werden kann, ist es ferner möglich, den Saugwirkungsgrad der primären Pumpenkammer **27** zu verbessern, so daß eine Pumpe mit höherer Leistung bereitgestellt werden kann.

Viertes Beispiel

[0069] Als nächstes wird unter Hinweis auf die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) eine Pumpe gemäß einem vierten Beispiel beschrieben. Dem vierten Beispiel liegt grundsätzlich der gleiche technische Gedanke zugrunde wie dem ersten Beispiel. Es unterscheidet sich aber vom ersten Beispiel dadurch, daß als Blasenentfernungseinheit statt der sekundären Pumpenkammer **24** (siehe [Fig. 1](#)) ein Druckerzeugungsmechanismus **150** vorgesehen ist.

[0070] [Fig. 7](#) zeigt einen senkrechten Schnitt durch die Pumpe gemäß dem vierten Beispiel. Wie [Fig. 7](#) zeigt, gehört zu der Pumpe **100** grundsätzlich das becherförmige Gehäuse **50**, an dem das piezoelektrische Element **70** befestigt ist, ein Einströmkanal **121** zum Einführen des Arbeitsfluids, ein Ausströmkanal **128** zum Abführen des Arbeitsfluids, ein Pumpengehäuse **120** mit einer Pumpenkammer **127** und ein Druckerzeugungsmechanismus **150** (in der Figur gestrichelt umrandet) zur Druckbeaufschlagung der Pumpenkammer **127**.

[0071] In dem becherförmigen Gehäuse **50** ist ein Ende des piezoelektrischen Elements **70** an einem Innenbodenbereich desselben befestigt, und die Membran **60** ist am Randbereich des Gehäuses **50** und einer Oberseite des anderen Endes des piezoelektrischen Elements **70** befestigt. An der Oberseite der Membran **60** ist ein Pumpengehäuse **120** luftdicht befestigt, und die Pumpenkammer **127** ist in einem

Raum zwischen der Membran **60** und dem Boden des Pumpengehäuses **120** gebildet.

[0072] Der Einströmkanal **121** und der Ausströmkanal **128** sind in Richtung zur Pumpenkammer **127** ausgebildet. Im Einströmkanal **121** ist in einem Verbindungsbereich mit der Pumpenkammer **127** ein Sperrventil **122** als Fluidwiderstandselement zum Öffnen und Schließen des Einströmkanals **121** vorgesehen. Ein Teil des Außenumfangs eines den Einströmkanal **121** bildenden zylindrischen Bereichs wirkt als Einlaßverbindungsrohr **130** zum Anschluß an ein nicht gezeigtes äußeres Rohr oder Schlauch. Der Ausströmkanal **128** weist einen engen Rohrbereich im Anschluß an die Pumpenkammer **127** und einen weiten Rohrbereich auf, dessen Querschnittsfläche größer ist als die des engen Rohrbereichs. Beide Rohrbereiche sind durch einen kontinuierlich ausgebildeten Zwischenbereich verbunden, dessen Querschnittsfläche sich allmählich von der des engen Rohrbereichs zu der des weiten Rohrbereichs ändert. Der Außenumfang eines zylindrischen Bereichs, der den Ausströmkanal **128** darstellt, dient als Auslaßanschlußrohr **131**, an das ein nicht gezeigtes externes Rohr oder Schlauch angeschlossen wird. Als externe Rohre oder Schläuche können solche beispielsweise aus Siliziumgummi benutzt werden.

[0073] Der Drucksensor **90** als Druckerfassungsabschnitt zum Feststellen des Innendrucks der Pumpenkammer **127** ist an der inneren oberen Wand der Pumpenkammer **127** befestigt.

[0074] Zu dem Druckerzeugungsmechanismus **150** gehört als elastisches Element ein metallischer Balg **151**, eine aus einem piezoelektrischen Element gebildete Betätigungsvorrichtung **170** als Mechanismus zum Ändern des Volumens des Balges sowie ein Blockierventil **140** zum Unterbinden der Bewegung des Arbeitsfluids im Ausströmkanal **128**. Der Balg **151** ist an einer Seitenfläche des Auslaßverbindungsrohres **131** eng befestigt und sein Öffnungsbereich **152** ist mit dem Strömungsdurchlaß **132** verbunden, der mit dem Ausströmkanal **128** in Verbindung steht.

[0075] Im Balg **151** ist eine Kammer mit veränderlichem Volumen gebildet, und es ist im Innern des Balges ein Drucksensor **91** als den Druck erfassender Abschnitt zum Feststellen des Innendrucks des Balges **151** vorgesehen. Das Volumen des Balges **151** wird mittels der Betätigungsvorrichtung **170** geändert.

[0076] Im vierten Beispiel ist ein Ende der Betätigungsvorrichtung **170** dem Balg **151** gegenüber an der Seite des Einlaßverbindungsrohres **130** befestigt, und die Betätigungsvorrichtung wird mittels eines nicht gezeigten Antriebsabschnitts hin- und herbewegt. Die Betätigungsvorrichtung weist einen Andrückabschnitt **171** zum Zusammendrücken des Bal-

ges **151** auf, und dieser Andrückabschnitt wird mittels der Steuerschaltung **180** (siehe [Fig. 8](#)) für den Pumpenantrieb angesteuert.

[0077] Ferner ist die Querschnittsfläche des weiten Rohrbereichs des Ausströmkanals **128** an einer mit dem Balg **151** verbundenen Stelle doppelt so groß wie die Querschnittsfläche des engen Rohrbereichs. Aus diesem Grund nimmt die Durchflußleistung des durch den mit dem Balg **151** verbundenen Strömungsdurchlaß **132** strömenden Fluids ab, so daß der Energieverlust des Fluids auf seinem Weg durch den Strömungsdurchlaß verringert werden kann.

[0078] Das für den Antrieb der Pumpe wichtige Verhältnis des Inertanzwertes ist beim ersten Beispiel beschrieben worden, und deshalb wird hier die Beschreibung weggelassen. Der Einströmkanal und der Ausströmkanal des vierten Beispiels wird beschrieben.

[0079] Im Strömungsdurchlaß, der das Arbeitsfluid in die Pumpenkammer **127** fließen läßt, ist der Strömungskanal, der sich vom Öffnungsbereich der Pumpenkammer **127** bis zur Verbindung mit der Pulsationsabsorbierereinrichtung erstreckt, als Einlaßkanal definiert. Hier ist die Pulsationsabsorbierereinrichtung die Einrichtung zur wirksamen Reduzierung der Schwankung des Innendrucks im Strömungskanal. Darüber hinaus entsprechen der Pulsationsabsorbierereinrichtung ein Strömungskanal aus einem Material wie Siliziumgummi, Harz, dünnem Metall usw., der sich leicht mit dem Innendruck verformen läßt, ein an den Strömungskanal angeschlossener Sammelbehälter, ein Zusammensetzungsströmungskanal zum Zusammensetzen von Druckschwankungen mit einer Vielzahl unterschiedlicher Phasen usw.

[0080] Da beim vierten Beispiel der externe Schlauch, beispielsweise ein Siliziumgummischlauch an das Einlaßverbindungsrohr **130** angeschlossen ist, ist der Strömungskanal, der sich vom Öffnungsbereich der Pumpenkammer **127** zur Stirnfläche der Verbindungsseite des Siliziumgummischlauchs in dem Einströmkanal **121** erstreckt, das heißt der Einströmkanal **121** selbst als Einlaßkanal definiert.

[0081] Der Auslaßkanal ist auf ähnliche Weise bestimmt wie der Einlaßkanal. Mit anderen Worten, im Strömungskanal, in den das Arbeitsfluid von der Pumpenkammer **127** abgegeben wird, ist ein Strömungskanal, der vom Öffnungsbereich der Pumpenkammer **127** bis zu einem Verbindungsbereich mit der Pulsationsabsorbierereinrichtung reicht, als Auslaßkanal definiert. Da beim vierten Beispiel der Balg **151** im Wege des Ausströmkanals **128** eine Funktion zum Absorbieren der Druckpulsierung im Fördermodus hat, was nachfolgend noch beschrieben wird, ist der Ausströmkanal **128**, der sich vom Öffnungsbereich der Pumpenkammer **127** zum Verbindungsbe-

reich mit dem Balg **151** erstreckt, als Auslaßkanal definiert.

[0082] Als nächstes wird beschrieben, wie die Pumpe **100** gemäß dem vierten Beispiel im Abgabemodus angetrieben wird.

[0083] Abgabemodus bedeutet eine Betriebsweise, bei der das Arbeitsfluid in Richtung stromabwärts des Ausströmkanals **128** fließen kann, und er wird ausgeführt, wenn das Arbeitsfluid in die Pumpenkammer **127** gefüllt ist und infolgedessen darin keine Gasblasen bleiben. Hierbei wird der Ausströmkanal **128** nicht vom Blockierventil **140** abgesperrt. Der Andruckabschnitt **171** der Betätigungsvorrichtung **170** ist vom Balg **151** getrennt, wie [Fig. 7](#) zeigt. Infolgedessen kann der Balg **151** mit dem Innendruck frei elastisch verformt werden, und der Balg **151** wirkt im Sinne einer Reduzierung der Druckpulsierung im Ausströmkanal **128**. Selbst wenn dann ein externer Schlauch aus irgendeinem Material an das Auslaßverbindungsrohr **131** angeschlossen ist, hat dies keinen Einfluß auf den Inertanzwert des Auslaßkanals, so daß eine Änderung der Pumpfähigkeit aufgrund des Außenanschlusses verhindert werden kann. Nur wenn statt des Balges **151** eine Kammer mit veränderlichem Volumen aus einem elastischen Teil gebildet ist, kann der gleiche Vorteil erhalten werden.

[0084] Als nächstes wird der Innenzustand der Pumpe **100** gemäß dem vierten Beispiel bei ihrer Ansteuerung beschrieben. Der Innenzustand der Pumpe **100** ähnelt dem des vorstehend beschriebenen ersten Beispiels (siehe [Fig. 2](#)). Da dessen Beschreibung weggelassen wurde, werden die Merkmale des vierten Beispiels nachfolgend im einzelnen beschrieben. Die Merkmale werden unter Hinweis auf die [Fig. 2](#) und [Fig. 7](#) beschrieben. Wie in [Fig. 2](#) anhand der Tatsache zu erkennen ist, daß der Innendruck der Pumpenkammer **127** auf etwa 2 MPa angehoben wird, verursacht die Pumpe **100** gemäß dem vierten Beispiel einen hohen Druck in der Pumpenkammer **127**, wodurch eine hohe Leistung erzielt wird. Aus diesem Grund wird, insbesondere wenn Gasblasen in der Pumpenkammer **127** zurückbleiben, die Volumenschwankung (anschließend als Ausschlußvolumen bezeichnet) der Pumpenkammer **127**, die aufgrund der Verformung der Membran **60** erzeugt wird, dazu benutzt, die Gasblasen während derjenigen Zeit zu komprimieren, während der das piezoelektrische Element **70** in den Zustand übergeht, der seine größte Expansion gegenüber dem am stärksten kontrahierten Zustand bedeutet. Folglich trägt es nicht zu einem Anstieg des Innendrucks der Pumpenkammer **127** bei, so daß die Pumpe nicht ordnungsgemäß arbeiten kann. Aus diesem Grund ist es wichtig, Gasblasen rasch zu entfernen.

[0085] Es soll nun unter Hinweis auf die [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#) ein Fall beschrieben werden, bei dem die Pum-

pe **100** gemäß dem vierten Beispiel in einem Blasenabgabemodus betrieben wird.

[0086] [Fig. 8](#) ist ein Blockschaltbild des Antriebschaltkreises der Pumpe **100** gemäß dem vierten Beispiel. Hierbei bedeutet Blasenabgabemodus eine Betriebsweise, die durchzuführen ist, wenn Gasblasen in der Pumpenkammer **127** bleiben. Wie [Fig. 8](#) zeigt, weist das Antriebsschaltkreissystem der Pumpe **100** den Drucksensor **90** (siehe [Fig. 7](#)) zum Erfassen des Innendrucks in der Pumpenkammer **127**, den Drucksensor **91** zum Erfassen des Innendrucks im Balg **151**, den Druckerzeugungsmechanismus **150** und eine Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb zum Steuern derselben auf.

[0087] Als nächstes soll die Abgabe von Gasblasen mittels des Druckerzeugungsmechanismus **150** beschrieben werden, wenn die Pumpe im Blasenabgabemodus betrieben wird.

[0088] Wenn der vom Drucksensor **90** erfaßte maximale Innendruck in der Pumpenkammer kleiner, insbesondere die Hälfte oder weniger des maximalen Innendrucks in der Pumpenkammer im normalen Antrieb unter Antriebsbedingung ist, stellt die Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb fest, daß Gasblasen in der Pumpenkammer **127** verblieben sind. Dann gibt die Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb eine Anweisung an den Druckerzeugungsmechanismus **150**. Als Reaktion auf diese Anweisung wird zunächst das Blockierventil **140** so geschaltet, daß es den Ausströmkanal **128** nicht versperrt. Als nächstes ermöglicht es die Betätigungsvorrichtung **170** in [Fig. 7](#) dem Andruckabschnitt **171**, nach links auszufahren, um mit dem Balg **151** in Berührung zu gelangen und drückt dann den Balg **151** in Richtung nach links zusammen, so daß das Volumen der vom Balg **151** gebildeten Kammer weitgehend reduziert wird. Infolgedessen können Gasblasen, die in der vom Balg **151** gebildeten Kammer verblieben sind, in Stromabwärtsrichtung vom Blockierventil **140** abfließen.

[0089] Als nächstes versperrt das Blockierventil **140** den Ausströmkanal **128**, und die Betätigungsvorrichtung **170** ermöglicht es dem Andruckabschnitt **171** sich zurückzuziehen und vom Balg **151** zu trennen. Da der Balg **151** ein elastisches Teil ist, nimmt er aufgrund seiner eigenen Elastizität wieder seinen ursprünglichen Zustand an. Auf diese Weise wird Arbeitsfluid in den Balg **151** gefüllt. Danach ist es der Betätigungsvorrichtung **170** möglich, den Balg **151** wieder zusammenzupressen. Infolgedessen kann der Druck des Arbeitsfluids, der von der Innenseite des Balges **151** zur Pumpenkammer **127** besteht, angehoben werden.

[0090] Das Volumen der in der Pumpenkammer **127** verbliebenen Gasblasen wird durch das Andrücken

verkleinert, und das Volumen der Gasblasen kann beträchtlich kleiner als das Ausschlußvolumen gemacht werden. Dabei ist es nötig, die Kammer des Balges **151** auf einen Druck von etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) oder mehr zu setzen, vorzugsweise auf einen Druck zwischen etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) und fünf Atmosphären (506.625 kPa). Da man es der Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb erlaubt, die Betätigungsvorrichtung **170** zum Zusammendrücken des Balges **151** auf der Basis des vom Drucksensor **91** für die Feststellung des Drucks in der vom Balg **151** gebildeten Kammer erfaßten Wertes zu steuern, kann der Innendruck im Balg **151** auf einen angemessenen Druck angehoben werden.

[0091] Wenn anschließend das piezoelektrische Element **70** angesteuert wird, wie im Abgabemodus, wird der Innendruck in der Pumpenkammer **127** ausreichend gesteigert und das Arbeitsfluid aus der Pumpenkammer **127** zum Ausströmkanal **128** abgegeben. Die in der Pumpenkammer **127** verbliebenen Gasblasen fließen mit der Strömung des Arbeitsfluids aus der Pumpenkammer **127** in den Balg **151**.

[0092] Die Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb weist einen nicht gezeigten Zeitgeber auf, der die Zeit zählt, während der das piezoelektrische Element **70** nach dem Versperren des Ausströmkanals **128** durch das Blockierventil **140** angesteuert wird. Nachdem der Zeitgeber ein vorherbestimmtes Zeitintervall gezählt hat, welches zur Abgabe der in der Pumpenkammer **127** verbliebenen Gasblasen ausreicht, gibt das Blockierventil **140** die Absperrung des Ausströmkanals **128** auf, und die Betätigungsvorrichtung **170** wird bis zu der Stellung zurückgezogen, bei der sie vom Balg **151** getrennt ist. Danach ist der Blasenabgabemodus beendet.

[0093] Dabei wird der Innendruck des Balges **151** aufgrund des aus der Pumpenkammer **127** abgegebenen Arbeitsfluids erhöht; aber der Balg ist so konstruiert, daß die Verformung aufgrund des Drucks innerhalb eines erlaubten Bereichs elastischer Verformung unterdrückt ist. Auf diese Weise kann durch das Vorsehen der Kammer mit veränderlichem Volumen als elastisches Bauelement der Druck veranlaßt werden, durch das Einlassen des Arbeitsfluids sanft zu steigen, so daß eine Zerstörung der Bauteile der Pumpe **100** vermieden werden kann.

[0094] Außerdem kann man die Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb die Betätigungsvorrichtung **170** mit Werten steuern lassen, die von dem im Balg **151** vorgesehenen Drucksensor **91** festgestellt wurden, so daß der Innendruck im Balg **151** mit Sicherheit unterdrückt und nicht gesteigert werden kann.

[0095] Die Pumpe kann so aufgebaut sein, daß im

Balg **151** ein Entlüftungsventil vorgesehen wird, und dann ist es möglich, mit Sicherheit einen Anstieg des Innendrucks im Balg **151** durch das Öffnen des Entlüftungsventils zu verhindern, wenn der Innendruck im Balg **151** zu hoch wird.

[0096] Da beim vierten Beispiel ein Druckerzeugungsmechanismus **150** zum Steigern und Beibehalten des Drucks des in der Pumpenkammer **127** vorhandenen Arbeitsfluids vorgesehen ist, kann der Druck des Arbeitsfluids, der in der Pumpenkammer **127** herrscht, angehoben und aufrechterhalten werden. Wenn Gasblasen in der Pumpenkammer **127** verbleiben, wird der Innendruck der Pumpenkammer **127** verringert, und infolgedessen ist es nicht möglich, das Arbeitsfluid abzugeben. Folglich wird das Volumen der Gasblasen verkleinert, so daß die Gasblasen in der Pumpenkammer durch das Komprimieren des Volumens der Pumpenkammer **127** mittels Betätigung der Membran **60** abgegeben werden können.

[0097] Der Druckerzeugungsmechanismus **150** drückt auf den Balg **151**; aber da die Kammer mit veränderlichem Volumen des Balges **151** mit dem Ausströmkanal **128** in Verbindung steht, ist es möglich, einfach einen hohen Druck in der Pumpenkammer **127** zu erzeugen, die mit dem Ausströmkanal **128** in Verbindung steht.

[0098] Dadurch, daß die Kammer mit variablem Volumen aus einem elastischen Teil besteht, wird ferner der Druckanstieg aufgrund des Einlasses des Arbeitsfluids in die Kammer mit variablem Volumen geglättet, so daß verhindert werden kann, daß Bestandteile der Pumpe aufgrund des Drucks beschädigt werden. Ferner kann, da die Kammer mit veränderlichem Volumen aus einem elastischen Teil besteht, diese Kammer eine Funktion haben, gemäß der sie das Pulsieren des Drucks im Auslaßkanal verringert. Infolgedessen kann eine Änderung der Pumpfähigkeit aufgrund des Einflusses eines an den Auslaßkanal angeschlossenen externen Schlauchs verhindert werden.

Erste Abwandlung des vierten Beispiels

[0099] Bei einer Abwandlung des vorstehend beschriebenen vierten Beispiels kann der vom Drucksensor **90** in der Pumpenkammer **127** erfaßte Wert beispielsweise dadurch geprüft werden, daß das Zeitintervall, welches der Zeitgeber der Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb zählt, willkürlich festgesetzt wird und es der Pumpe ermöglicht wird, im Abgabemodus zu arbeiten, nachdem der Blasenabgabemodus beendet ist.

[0100] Wenn der Vorgang im Blasenabgabemodus wiederholt durchgeführt wird, bis die Gasblasen entfernt sind, ist es gemäß dieser Abwandlung möglich,

die Gasblasen sicher zu beseitigen.

[0101] Da der Betrieb im Blasenabgabemodus bei dem vierten Beispiel dann ausgeführt wird, wenn mittels des Drucksensors **90** in der Pumpenkammer **127** das Vorhandensein von Gasblasen festgestellt wird, wird der Betrieb im Blasenabgabemodus nicht verschwenderisch ausgeführt, sondern kann stattdessen in den richtigen Zeitintervallen vorgenommen werden. In diesem Fall kann der Drucksensor **90** weggelassen werden, was den Aufbau vereinfacht.

[0102] Wenn der Einströmkanal **121** und der Ausströmkanal **128** an externe Schläuche angeschlossen sind, ist es außerdem möglich, den Innendruck in der Pumpenkammer **127** anzuheben und zu halten, wenn der Balg **151** mit der Betätigungsvorrichtung **170** ohne das Blockierventil **140** gedrückt wird. Hiermit wird der gleiche Vorteil erhalten. Auch wenn die Betätigungsvorrichtung **170** zum Drücken auf den Balg **151** vorgesehen ist, kann der gleiche Vorteil ferner selbst dann erhalten werden, wenn eine Anzeigeeinrichtung vorgesehen ist, durch die ein Benutzer die Ausgabe des Drucksensors betrachten kann und der Benutzer das Blockierventil **140** zum Drücken auf den Balg **151** betätigt.

Zweite Abwandlung des vierten Beispiels

[0103] Im vierten Beispiel ist der Drucksensor **90** als Druckerfassungsmittel für die Pumpenkammer in der Pumpenkammer **127** vorgesehen. Es kann aber auch eine andere Einrichtung verwendet werden. Beispielsweise kann der Innendruck in der Pumpenkammer **127** durch Messen der Verformung der Membran **60** mit einem Dehnungsmesser oder einem Verdrängungssensor berechnet werden. Ferner kann der Innendruck in der Pumpenkammer **127** durch Messen der Verformung des Gehäuses **50** mit einem Dehnungsmesser berechnet werden. Außerdem kann der Innendruck in der Pumpenkammer **127** durch Messen der Verformung des Öffnungs- und Schließteils in einem Zustand bei geschlossenem Sperrventil **122** mit einem Dehnungsmesser oder einem Verdrängungssensor berechnet werden. Und der Innendruck in der Pumpenkammer **127** kann auch durch Messen von Strom zum Ansteuern des piezoelektrischen Elements **70** mit einem Strommeßfühler berechnet werden. Durch Anordnen eines Dehnungsmeßstreifens im piezoelektrischen Element **70** kann ferner der Innendruck in der Pumpenkammer **127** auf der Basis einer an das piezoelektrische Element **70** angelegten Spannung und dem Meßwert des Dehnungsmeßstreifens berechnet werden. Dabei kann als Dehnungsmeßstreifen irgendeine Art von Dehnungsmeßstreifen benutzt werden, der die Verformungsgröße durch eine Änderung im Widerstand, eine Änderung in der Kapazität oder eine Änderung in der Spannung feststellte. Als Innendruckfassungseinrichtung des Balges **151** kann

eine Methode der Druckberechnung durch das Feststellen der Verformung des Balges **151** mit einem Dehnungsmeßstreifen angewandt werden.

Dritte Abwandlung des vierten Beispiels

[0104] In dem vorstehend beschriebenen vierten Beispiel wurde ein piezoelektrisches Element als Betätigungsvorrichtung **170** benutzt; aber statt des piezoelektrischen Elements kann auch eine Betätigungsvorrichtung elektromagnetischer Art oder nach Art einer Legierung mit Formgedächtnis usw. benutzt werden. Vorzuziehen ist eine Art von Betätigungsvorrichtung mit einer Formgedächtnislegierung, da sie bei einfachem Aufbau ein großes Maß an Verformung verwirklichen kann.

[0105] Das elastische Teil, welches die Kammer mit veränderlichem Volumen bildet, kann auch aus einem Gummi- oder Harzmaterial gemacht sein; aber ein elastisches Teil aus Metall ist speziell zu bevorzugen, weil es eine Verdampfung des Arbeitsfluids verhüten kann. Die Kammer von veränderlichem Volumen kann außerdem die Gestalt einer Folie oder Membran haben; aber da der beim vierten Beispiel beschriebene Balg ein großes Maß an Verformung erlaubt und das piezoelektrische Element **70** über längere Zeit kontinuierlich im Blasenabgabemodus angesteuert werden kann, ist dies vorzuziehen, denn so können Gasblasen leicht entfernt werden.

[0106] Mit dem Aufbau gemäß den Abwandlungen des vierten Beispiels kann also ein Vorteil ähnlich dem des vierten Beispiels erhalten werden.

Fünftes Beispiel

[0107] Als nächstes wird unter Hinweis auf [Fig. 9](#) eine Pumpe gemäß einem fünften Beispiel beschrieben. Die Pumpe gemäß dem fünften Beispiel hat einen Grundaufbau ähnlich dem des vierten Beispiels (siehe [Fig. 7](#)), unterscheidet sich aber von diesem dadurch, daß die Pumpe einen Aufbau zum Umschalten zwischen einer ersten Arbeitsweise, bei der das aus der Pumpenkammer **127** strömende Arbeitsfluid in die aus dem Balg **151** gebildete Kammer eingeleitet wird, und einer zweiten Arbeitsweise hat, bei der die aus dem Balg **151** gebildete Kammer gegenüber der Strömung des aus der Pumpenkammer **127** austretenden Arbeitsfluids blockiert ist. Entsprechende Funktionsteile sind mit den gleichen Bezugszeichen wie beim vierten Beispiel bezeichnet (siehe [Fig. 7](#)).

[0108] [Fig. 9](#) ist ein senkrechter Schnitt durch die Pumpe **100** gemäß dem fünften Beispiel. Wie [Fig. 9](#) zeigt, ist der Druckerzeugungsmechanismus **150**, der mit gestrichelter Linie umrandet ist, im Ausströmkanal **128** vorgesehen. Der Druckerzeugungsmechanismus **150** weist den in Form eines elastischen Teils

gestalteten metallischen Balg **151** sowie ein Umschaltventil **190** (in der Zeichnung von einer strichpunktierten Linie umgeben) als Durchlaßumschalt-einrichtung auf. Das Umschaltventil **190** weist ein Umschaltventil **182** zum Öffnen und Schließen des Strömungsdurchlasses **132**, der mit dem Ausströmkanal **128** im Öffnungsbereich **152** der aus dem Balg **151** gebildeten Kammer in Verbindung steht, sowie ein zweites Umschaltventil **183** zum Öffnen und Schließen des Ausströmkanals **128** hat.

[0109] Das Umschaltventil **190** bewirkt ein Umschalten zwischen einem ersten Verbindungszustand und einem zweiten Verbindungszustand. Im ersten Verbindungszustand stehen der sich von der Pumpenkammer **127** zum Umschaltventil **182** erstreckende Ausströmkanal **128** und der Ausströmkanal **128** stromabwärts davon durch das Öffnen des Umschaltventils **183** miteinander in Verbindung, und die aus dem Balg **151** gebildete Kammer ist gegenüber dem Ausströmkanal **128** durch das Schließen des Umschaltventils **182** abgesperrt. Im zweiten Verbindungszustand stehen der sich von der Pumpenkammer **127** zum Umschaltventil **182** erstreckende Ausströmkanal und die aus dem Balg **151** gebildete Kammer miteinander in Verbindung, und der Ausströmkanal **128** am weiter stromabwärts liegenden Ende als das Umschaltventil **183** ist durch das Schließen des Umschaltventils **183** abgesperrt.

[0110] Im Ausströmkanal **128** ist die Querschnittsfläche des Ausströmkanals **128** an der Stelle, an der das Umschaltventil **183** angeordnet ist, doppelt so groß wie die Querschnittsfläche des engen Strömungskanalbereichs des Ausströmkanals **128**, der mit der Pumpenkammer **127** verbunden ist. Der Grund dafür wurde im Zusammenhang mit dem vierten Beispiel beschrieben. Im Balg **151** ist der Drucksensor **91** als Erfassungseinrichtung für den Innendruck des Balges vorgesehen, um den Druck in der aus dem Balg **151** gebildeten Kammer festzustellen.

[0111] Die Festlegungen des Einlaßkanals und des Auslaßkanals und die Verhältnisse der Inertanzwerte beim fünften Beispiel ähneln denen des vierten Beispiels.

[0112] Als nächstes soll ein Fall beschrieben werden, bei dem die Pumpe **100** gemäß dem fünften Beispiel im Abgabemodus betrieben wird. Im Fall des fünften Beispiels ist das Umschaltventil **190** im Abgabemodus in den ersten Verbindungszustand geschaltet, damit Arbeitsfluid zur stromabwärtsliegenden Seite des Ausströmkanals **128** ausströmen kann. Hierbei ähnelt die Wellenform des Drucks in der Pumpenkammer **127** bei angesteuertem piezoelektrischem Element **70** der des ersten Beispiels (siehe [Fig. 2](#)). Da das Abgeben und Absorbieren gleichzeitig erfolgt, kann aus diesem Grund, ähnlich wie beim ersten Beispiel, ein großes Strömungsvolumen über-

tragen werden, und da die Pumpenkammer einen sehr hohen Innendruck hat, kann ein hoher Lastdruck bewältigt werden. Wenn andererseits Gasblasen in der Pumpenkammer **127** bleiben, ist bereits beim ersten Beispiel beschrieben worden, daß die Pumpe nicht ordnungsgemäß arbeitet.

[0113] Als nächstes wird der Blasenabgabemodus beschrieben, der ausgeführt wird, wenn Gasblasen in der Pumpenkammer bleiben. Auch wenn es nicht gezeigt ist, gibt im Umschaltventilsteuersystem die die Steuerschaltung treibende Pumpe eine Anweisung an das Umschaltventil **190**, wenn die Steuerschaltung für den Pumpenantrieb feststellt, daß in der Pumpenkammer **127** Gasblasen vorhanden sind. Folglich wird das Umschaltventil **190** aus dem ersten Verbindungszustand in den zweiten Verbindungszustand geschaltet. Da das Innere des Balges **151** auf einen Meßdruck von bis zu etwa einer Atmosphäre (101,325 kPa) oder mehr druckbeaufschlagt ist, vorzugsweise auf einen Druck zwischen etwa einer Atmosphäre (101,325 kPa) und fünf Atmosphären (506,625 kPa), wird die Pumpenkammer **127** nahezu bis auf den obigen Druck beaufschlagt. Da die Kammer mit veränderlichem Volumen aus einem elastischen Teil besteht, ist es möglich, den Druck allein mittels der elastischen Kraft des elastischen Teils aufzubringen.

[0114] Da das Volumen der Gasblasen in der Pumpenkammer **127** durch das Drücken kleiner wird als das Ausschlußvolumen der Pumpenkammer **127**, werden die Gasblasen durch das Ansteuern des piezoelektrischen Elements **70** in den Balg **151** abgegeben, wie im vierten Beispiel beschrieben. Da die Steuerschaltung für den Pumpenantrieb einen nicht gezeigten Zeitgeber aufweist, um das Zeitintervall zu zählen, wenn das piezoelektrische Element angesteuert wird, nachdem das Umschaltventil **190** in den zweiten Verbindungszustand geschaltet wurde, wird ein vorherbestimmtes Zeitintervall, welches ausreicht, um die in der Pumpenkammer **127** verbliebenen Gasblasen abzuführen, mittels des Zeitgebers gezählt, und dann wird das Umschaltventil **190** in den ersten Verbindungszustand umgeschaltet, und dann ist der Blasenabgabemodus beendet.

[0115] Der Innendruck des Balges **151** wird hierbei von dem aus der Pumpenkammer **127** abgegebenen Arbeitsfluid angehoben, aber der Balg ist so ausgelegt, daß die Verformung aufgrund des Innendrucks innerhalb eines zulässigen Bereichs elastischer Verformung unterdrückt wird. Außerdem kann die Pumpe so aufgebaut sein, daß ein nicht gezeigtes Entlüftungsventil im Balg **151** vorgesehen ist, und es ist möglich, den Innendruck im Balg **151** zu unterdrücken, damit er nicht durch das Öffnen des Entlüftungsventils angehoben wird, wenn der Innendruck des Balges **151** zu sehr angehoben ist. Damit ist es möglich, den Innendruck auf einem konstanten Wert

von etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) oder mehr eines Meßdrucks und vorzugsweise auf einem konstanten Wert zwischen etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) und fünf Atmosphären (506.625 kPa) zu halten. Im Blasenabgabemodus werden die Gasblasen entfernt, so daß es möglich ist, die Pumpfähigkeit wiederherzustellen.

[0116] Als nächstes wird ein Balgdrückmodus beschrieben, der durchgeführt wird, um den Innendruck des Balges **151** auf einem Meßdruck von etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) oder mehr, vorzugsweise einem Wert zwischen etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) und fünf Atmosphären (506.625 kPa) zu halten. Hierzu wird auf [Fig. 8](#) verwiesen.

[0117] Der Innendruck im Balg **151** wird von dem im Balg **151** vorgesehenen Drucksensor **91** festgestellt. Wenn der festgestellte Druck kleiner ist als etwa eine Atmosphäre (101.325 kPa) Meßdruck, wird dem Druckerzeugungsmechanismus **150** von der Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb eine Anweisung gegeben, so daß das Umschaltventil **190** in den zweiten Verbindungszustand umgeschaltet wird. Als nächstes wird die Membran **60** mittels des piezoelektrischen Elements **70** angesteuert, so daß das Fluid aus der Pumpenkammer **127** zum Ausströmkanal **128** fließen kann, ähnlich wie bei der Arbeitsweise der Abgabe.

[0118] Dann fließt das Arbeitsfluid durch das Umschaltventil **182** in den Balg **151**, so daß das Innere der vom Balg **151** gebildeten Kammer zusammengedrückt wird. Wenn die Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb auf der Basis des vom Drucksensor **91** festgestellten Wertes bestätigt, daß der Innendruck des Balges **151** etwa eine Atmosphäre (101.325 kPa) oder mehr Meßdruck erreicht, vorzugsweise einen Wert zwischen etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) und fünf Atmosphären (506.625 kPa) wird dem Druckerzeugungsmechanismus **150** von der Steuerschaltung **180** für den Pumpenantrieb eine Anweisung gegeben, das Umschaltventil **190** folglich in den ersten Verbindungszustand umgeschaltet, und dann ist der Balgdrückmodus beendet. Durch das Ausführen dieser Arbeitsweise kann das Innere des Balges **151**, selbst wenn im Umschaltventil **190** ein Leck auftritt usw., immer auf dem eingestellten Druck gehalten werden, so daß es möglich ist, auf den Blasenabgabemodus zu warten.

[0119] Bei dem beschriebenen fünften Beispiel weist das Umschaltventil **190** zwei Ventile auf; aber es kann auch ein integriertes Dreiwegeventil usw. benutzt werden. Da ein in den Zeichnungen nicht dargestelltes Loch, das luftdicht verschließbar ist, im Balg **151** vorgesehen ist, können die Gasblasen selbst dann durch das Loch abgeführt werden, wenn zu viele Gasblasen sich im Balg **151** angesammelt haben.

[0120] Bei einer Abwandlung des obigen fünften Beispiels kann bei bekanntem Verhältnis zwischen der Zeit und der Leckagemenge aus dem Balg **151** der Balgdrückmodus in jedem jeweils vorherbestimmten Zeitintervall durchgeführt werden, ohne daß der Drucksensor **91** im Balg vorgesehen ist. Hierbei kann durch Umwandeln der Leckagemenge ab der Zeit bis zum Beginn des aktuellen Balgdrückmodus nach Beendigung des vorhergehenden Balgdrückmodus das piezoelektrische Element **70** während der erforderlichen Zeit angesteuert werden, damit das Arbeitsfluid, welches das gleiche Volumen wie die Leckagemenge hat, aus der Pumpenkammer **127** in den Balg **151** fließen kann.

[0121] Wenn man in der vom Balg **151** gebildeten Kammer ein nicht gezeigtes Entlüftungsventil vorsieht, ohne daß der Drucksensor **91** vorhanden ist, kann ferner der Balgdrückmodus zu jedem vorherbestimmten Zeitintervall durchgeführt werden. Wenn beim Durchführen des Balgdrückmodus das Innere des Balges **151** oberhalb des mit dem Entlüftungsventil eingestellten Drucks komprimiert wird, erfolgt deshalb ein Öffnen des Entlüftungsventils, so daß das Arbeitsfluid ausleckt und es möglich ist, das Innere des Balges **151** auf gleichbleibendem Druck zu halten.

[0122] In der obigen Beschreibung können die beim vierten Beispiel beschriebenen Drucksensoren ähnlich auch als Drucksensor **90** in der Pumpenkammer **127** zum Erfassen des Innendrucks der Pumpenkammer **127** und der Drucksensor **91** im Balg **151** verwendet werden.

[0123] Deshalb ist beim fünften Beispiel der Druckerzeugungsmechanismus **150** mit der Durchlaßumschalteinrichtung versehen, um zwischen der ersten Arbeitsweise, bei der das aus der Pumpenkammer **127** strömende Arbeitsfluid in die Kammer des Balges **151** eingeleitet wird, und der zweiten Arbeitsweise umzuschalten, bei der die Kammer des Balges **151** gegenüber der Strömung des Arbeitsfluids aus der Pumpenkammer **127** blockiert ist. Folglich ist es möglich, das Arbeitsfluid in der Pumpenkammer **127** mit der elastischen Kraft des die Kammer mit veränderlichem Volumen bildenden elastischen Teils mit Sicherheit zu komprimieren.

[0124] Da der Drucksensor **91** zum Erfassen des Innendrucks der Kammer von veränderlichem Volumen vorgesehen ist, kann außerdem der Innendruck der Kammer mit veränderlichem Volumen innerhalb eines richtigen Druckbereichs gesteuert werden. Da der Drucksensor **90** in der Pumpenkammer **127** vorgesehen ist, ist es ferner möglich, festzustellen, ob Gasblasen in der Pumpenkammer **127** bleiben.

[0125] Da der vom Druckerzeugungsmechanismus **150** aufgebrachte Druck auf einen Wert zwischen

etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) und fünf Atmosphären (506.625 kPa) Meßdruck gesetzt ist, ist es ferner möglich, das Volumen der in der Pumpenkammer verbleibenden Gasblasen zum Abführen so stark wie möglich zu verringern, ohne die Bestandteile der Pumpe aufgrund des Drucks zu beschädigen.

Sechstes Beispiel

[0126] Als nächstes wird unter Hinweis auf die [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) eine Pumpe gemäß einem sechsten Beispiel beschrieben. Das sechste Beispiel hat einen Grundaufbau ähnlich dem obigen vierten Beispiel, mit Ausnahme des druckerzeugenden Mechanismus, und es werden nur die Unterschiede zwischen ihnen im einzelnen beschrieben. Die Pumpe gemäß dem sechsten Beispiel wird ohne Anschließen eines externen Schlauchs an den Ausströmkanal **128** benutzt, ihr Aufbau erfordert kein Umschaltventil (siehe [Fig. 7](#) und [Fig. 9](#)), welches für das vierte und fünfte Beispiel beschrieben wurde, und zeichnet sich dadurch aus, daß der Druckerzeugungsmechanismus **150** vom Ausströmkanal **128** abnehmbar ist.

[0127] [Fig. 10](#) zeigt einen senkrechten Schnitt durch den unabhängigen Druckerzeugungsmechanismus gemäß dem sechsten Beispiel. In [Fig. 10](#) weist der Druckerzeugungsmechanismus **150** den Balg **151** und ein Ventilgehäuse **153** auf, an dem der Balg **151** befestigt und in dem ein Ventil **156** aufgenommen ist.

[0128] Wie beim vierten Beispiel schon beschrieben, ist im Balg **151** eine Kammer von veränderlichem Volumen, in der das Arbeitsfluid bleibt, und ein Öffnungsbereich **152** ausgebildet, und der Balg ist an einem Ende des Ventilgehäuses **153** eng befestigt. Das Ventilgehäuse **153** weist den mit dem Balg **151** in Verbindung stehenden Öffnungsbereich **152** auf, sowie eine Eintrittsöffnung **155**, in die das Auslaßverbindungsrohr **131** (siehe [Fig. 11](#)) der Pumpe **100** eingesetzt ist, eine Ventilpaßöffnung **154**, die mit dem Öffnungsbereich **152** in Verbindung steht, und eine Eintrittsöffnung **155**, in die das Ventil **156** eingepaßt ist, und eine Stangeneinsetzöffnung **160**, in die eine Stange **159** des Ventils **156** eingesetzt ist. In einen Zwischenbereich der Eintrittsöffnung **155** ist ein Dichtungselement **165** eingesetzt, um zu verhindern, daß Arbeitsfluid aus dem verbundenen Bereich des Auslaßverbindungsrohrs **131** und der Eintrittsöffnung **155** leckt.

[0129] Das Ventil **156** ist mit der Stange **159** mit der Stangeneinsetzöffnung **160** dazwischen und einer Beilagscheibe **157** zum Befestigen der Stange **159** verbunden. In der Beilagscheibe **157** sind Durchgangslöcher **158** vorgesehen, durch die das Arbeitsfluid hindurchtritt. Zusätzlich ist zwischen der Beilagscheibe **157** und der Innenwand der Eintrittsöffnung **155** eine Schraubenfeder **161** vorgesehen, die Kraft

auf das Ventil **156** ausübt, um die Stangeneinsetzöffnung **160** abzudichten.

[0130] Die Kammer von veränderlichem Volumen des Balges **151** ist innerhalb eines Bereichs von etwa einer Atmosphäre (101.325 kPa) bis fünf Atmosphären (506.625 kPa) Meßdruck mittels der elastischen Kraft des Balges **150** komprimiert, ähnlich wie beim vierten und fünften Beispiel.

[0131] [Fig. 11](#) ist eine Teilansicht in senkrechtem Schnitt und zeigt einen Zustand, bei dem der oben genannte Druckerzeugungsmechanismus **150** am Auslaßverbindungsrohr **131** der Pumpe **100** angesetzt ist. In [Fig. 11](#) ist die Eintrittsöffnung **155** des Druckerzeugungsmechanismus **150** auf das Auslaßverbindungsrohr **131** aufgeschoben. Hierbei kommt der Stirnendbereich des Auslaßverbindungsrohrs **131** mit der Beilagscheibe **157** in Berührung und drückt die Schraubenfeder **161** zusammen, so daß das Ventil **156** in eine Position zum Öffnen der Stangeneinsetzöffnung **160** bewegt wird. Dabei stehen der Ausströmkanal **128** und die vom Balg **151** umgebene Kammer miteinander in Verbindung, so daß das Arbeitsfluid durch die Durchgangslöcher **158** zwischen ihnen fließen kann.

[0132] Als nächstes wird unter Hinweis auf die [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) ein Fall beschrieben, bei dem Gasblasen nicht in der Pumpe **100** bleiben, gemäß dem sechsten Beispiel.

[0133] In einem Normalzustand, wo Gasblasen nicht in der Pumpe **100** gemäß dem sechsten Beispiel bleiben, ist der Druckerzeugungsmechanismus **150** von dem Ausströmkanal **128** getrennt, um das Arbeitsfluid aus dem Ausströmkanal **128** abzugeben. Hierbei ist das Prinzip der Abgabe des Arbeitsfluids zum Ausströmkanal **128** ähnlich dem des ersten Beispiels. Wenn also Gasblasen in der Pumpenkammer **127** bleiben, wird ein Anstieg des Drucks der Pumpenkammer behindert und die Pumpfähigkeit folglich stark verschlechtert, so daß es wichtig ist, die Gasblasen rasch zu beseitigen.

[0134] Als nächstes wird ein Fall beschrieben, bei dem Gasblasen in der Pumpenkammer **127** bleiben.

[0135] Wenn es Gasblasen gibt, ist die Ausströmmenge des Arbeitsfluids aus dem Ausströmkanal **128** stark verringert. Wenn also ein Benutzer das Gerinwerden der Ausströmmenge aus dem Ausströmkanal **128** beobachtet, setzt der Benutzer den Druckerzeugungsmechanismus **150** auf das Auslaßverbindungsrohr **131** auf (siehe [Fig. 11](#)). Wenn man mit dem Endbereich des Auslaßverbindungsrohrs **131** mit größerer Kraft als der Elastizität der Schraubenfeder **161** auf die Beilagscheibe **157** drückt, wird die Schraubenfeder **161** zusammengepreßt und das Ventil **156** folglich geöffnet. Die in der Beilagscheibe

157 vorgesehenen Durchgangslöcher **158** für das Arbeitsfluid und das geöffnete Ventil **156** stehen miteinander in Verbindung, so daß der Ausströmkanal **128** an das Innere (die Kammer) des Balges **151** angeschlossen ist.

[0136] Da das Volumen der Gasblasen in der Pumpenkammer **127** durch die Komprimierung der Innenseite der Pumpenkammer **127** verringert wird, können die Gasblasen aus dem Ausströmkanal **128** in den Balg **151** abgegeben werden, wie beim vierten und fünften Beispiel beschrieben. Hierbei kann ein Verriegelungsmechanismus vorgesehen sein, um zu verhindern, daß die Verbindung zwischen dem Ausströmkanal **128** und dem Balg **151** verloren geht.

[0137] Bei diesem Beispiel kann der Innendruck im Balg durch das Vorsehen eines Entlüftungsventils im Balg **151** an einem Ansteigen gehindert werden. Ferner können im Balg verbliebene Gasblasen dadurch abgeführt werden, daß der Balg **151** ein Loch hat, welches luftdicht verschließbar ist. Bei dem sechsten Beispiel ist also der Druckerzeugungsmechanismus frei abnehmbar, und wenn der Druckerzeugungsmechanismus in den Ausströmkanal eingepaßt ist, steht der Ausströmkanal mit dem Druckerzeugungsmechanismus in Verbindung und der Innendruck der Kammer mit veränderlichem Volumen steigt, wodurch die Gasblasen in der Pumpenkammer abgeführt werden. Wenn es in der Pumpenkammer keine Gasblasen gibt, ist es wegen der Trennung des Druckerzeugungsmechanismus möglich, eine kleine und leichte Pumpe zu verwirklichen.

Ausführungsbeispiel der Erfindung

[0138] Als nächstes wird unter Hinweis auf die [Fig. 12](#) bis [Fig. 14](#) eine Pumpe gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben. Dieses Ausführungsbeispiel hat den gleichen Grundaufbau und Förderbetrieb für Arbeitsfluid wie die vorstehend beschriebenen Beispiele eins bis sechs, unterscheidet sich von ihnen aber dadurch, daß ein Heizabschnitt als Blasenabführeinrichtung der Pumpenkammer vorgesehen ist. Deshalb wird das Verhältnis zwischen dem Heizabschnitt und dem Abführen der Blasen im einzelnen beschrieben.

[0139] [Fig. 12](#) zeigt einen senkrechten Schnitt durch die Pumpe **200** gemäß der Erfindung. In [Fig. 12](#) weist die Pumpe **200** grundsätzlich ein becherförmiges Gehäuse **50** auf, an dem ein piezoelektrisches Element **70** befestigt ist, sowie einen Einströmkanal **221** zum Einführen eines Arbeitsfluids, einen Ausströmkanal **228** zum Abgeben des Arbeitsfluids, ein Pumpengehäuse **220** mit einer Pumpenkammer **227** sowie eine in der Pumpenkammer **227** vorgesehene, ringförmige Heizvorrichtung **212**. In dem Gehäuse **50** ist ein Endbereich des piezoelektrischen Elements **70** an einem inneren Bodenbereich befestigt, und eine Membran **60** ist sowohl am Randbereich des Gehäuses **50** als auch am anderen Endbereich des piezoelektrischen Elements **70** befestigt. Das Pumpengehäuse **220** ist an der Oberseite der Membran **60** luftdicht befestigt, und die Pumpenkammer **227** ist in einem Raum zwischen der Membran **60** und dem Bodenbereich des Pumpengehäuses **220** gebildet.

[0140] Der Einströmkanal **221** und der Ausströmkanal **228** sind in Richtung zur Pumpenkammer **227** ausgebildet. Im Einströmkanal **221** ist ein Sperrventil **222** als Fluidwiderstandselement zum Öffnen und Schließen des Einströmkanals **221** in einem Verbindungsbereich mit der Pumpenkammer **127** vorgesehen. Ein Teil des Außenumfangs eines zylindrischen Bereichs, der den Einströmkanal **221** bildet, dient als Einlaßverbindungsrohr **230** für den Anschluß eines nicht gezeigten äußeren Rohrs oder Schlauchs. Ein Teil des Außenumfangs eines zylindrischen Bereichs, der den Ausströmkanal **228** bildet, dient als Auslaßverbindungsrohr **231** für den Anschluß eines nicht gezeigten äußeren Rohrs oder Schlauchs. Schläuche aus Siliziumgummi können beispielsweise als ein solcher externer Anschluß benutzt werden.

[0141] Der Einströmkanal **221** selbst ist als Einlaßkanal und der Ausströmkanal **228** selbst ist als Auslaßkanal definiert. Wie vorstehend beschrieben, ist in einem Verhältnis von Inertanzwerten der Gesamtinertanzwert der Einlaßkanalseite so gesetzt, daß er kleiner ist als der Inertanzwert der Auslaßkanalseite.

[0142] Darüber hinaus ist die ringförmige Heizvorrichtung **212** am äußeren Umfangseckenbereich der inneren oberen Wand der Pumpenkammer **227** befestigt. Die Heizvorrichtung **212** ist in diesem Eckbereich luftdicht eingesetzt und befestigt, so daß die Heizvorrichtung nicht über die Oberfläche der oberen Wand der Pumpenkammer **227** in Richtung zur Pumpenkammer vorsteht.

[0143] [Fig. 13](#) ist eine Draufsicht auf das in [Fig. 12](#) gezeigte Pumpengehäuse **220** von seiten der Pumpenkammer gesehen. In [Fig. 13](#) befindet sich die Heizvorrichtung **212** an einem Ort im Eckbereich der Pumpenkammer **227**, wo leicht Gasblasen bleiben. Die Heizvorrichtung **212** ist dadurch gebildet, daß ein Widerstandselement an einem Keramiksubstrat aus Aluminiumoxyd usw. befestigt und dann mit einem Isolierfilm beschichtet ist. Als Widerstandsglied können verschiedene Glieder benutzt werden, aber vorzugsweise werden Glieder mit einem hohen Schmelzpunkt, insbesondere Platin oder eine Platinlegierung benutzt. Obwohl in der Zeichnung nicht dargestellt, führt ein Draht zur Stromversorgung der Heizvorrichtung **212** durch das Pumpengehäuse **220** nach außen.

[0144] Im Inneren der Pumpenkammer **227** ist ein

nicht gezeigter Drucksensor **90** vorgesehen (siehe [Fig. 15](#)).

[0145] Als nächstes wird ein abgewandeltes Beispiel der Heizvorrichtung **212** gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Hinweis auf [Fig. 14](#) beschrieben. In [Fig. 14](#) ist die Heizvorrichtung **212** als dünne Platte von kreisförmiger Gestalt gebildet und an einem großen Bereich der Oberfläche der oberen Wand der Pumpenkammer **227** statt am Umfangsbereich des Einströmkanals **221** und des Ausströmkanals **228** befestigt. Die Heizvorrichtung **212** ist in die obere Wand der Pumpenkammer **227** so eingefügt, daß sie nicht über deren Oberfläche vorsteht.

[0146] Als nächstes wird ein Fall beschrieben, bei dem die Pumpe **200** gemäß der Erfindung in einem Abgabemodus des Arbeitsfluids betrieben wird. Der Abgabemodus ist eine Arbeitsweise, bei der die Heizvorrichtung **212** nicht mit Strom versorgt wird und eine Spannung nur an das piezoelektrische Element **70** angelegt wird. Da der Abgabemodus bereits bei den Beispielen eins bis sechs vorstehend beschrieben wurde, wird dessen Beschreibung hier weggelassen. Wie vorstehend beschrieben, wird dabei im Falle eines Verbleibs von Gasblasen in der Pumpenkammer **227** der Innendruck der Pumpe erniedrigt und die Pumpfähigkeit verschlechtert, so daß ein Blasenabführmodus durchgeführt wird.

[0147] Als nächstes wird unter Hinweis auf [Fig. 15](#) (siehe auch [Fig. 12](#)) ein Fall beschrieben, bei dem die Pumpe **200** gemäß der Erfindung im Blasenabführmodus betrieben wird.

[0148] [Fig. 15](#) ist ein Blockschaltbild eines Antriebsschaltkreissystems der Pumpe **200**. Wie [Fig. 15](#) zeigt, weist das Antriebsschaltkreissystem der Pumpe **200** den Drucksensor **90** als Druckerfassungseinrichtung in der Pumpenkammer **227**, die Heizvorrichtung **212**, eine Leistungsverteilerschaltung **265** zum Steuern der Heizvorrichtung **212** und eine Steuerschaltung **280** für den Pumpenantrieb auf, um das Ansteuern der Pumpe **200** zu steuern.

[0149] Wenn der vom Drucksensor **90** festgestellte maximale Innendruck in der Pumpenkammer beim Betrieb der Pumpe **200** im Abgabemodus kleiner ist, insbesondere 50% oder weniger als der maximale Innendruck der Pumpenkammer bei normalem Betrieb der Pumpe, bestimmt die Steuerschaltung **280** für den Pumpenantrieb, daß in der Pumpenkammer **227** Gasblasen verblieben sind und schaltet folglich die Ansteuerarbeitsweise vom Abgabemodus auf den Blasenabführmodus. Dann sendet die Steuerschaltung **280** für den Pumpenantrieb ein Signal an die Leistungsverteilerschaltung **265**, und die Leistungsverteilerschaltung **265** beginnt dann als Reaktion auf das Signal mit der Leistungsverteilung zur Heizvor-

richtung **212**.

[0150] Da die Heizvorrichtung **212** im Eckbereich angeordnet ist, in dem, wie vorstehend beschrieben, die Strömung stagniert und die Gasblasen leicht zurückbleiben, werden in der Nachbarschaft bestehende Gasblasen mittels der Heizvorrichtung **212** erwärmt, so daß es möglich ist, das Volumen der Gasblasen zu erweitern. Wenn also die Größe der Gasblasen so zunimmt, daß die Gasblasen nicht mehr vollständig im Stagnationsbereich aufgenommen werden können, werden die Gasblasen wegen des Ansteuerns der Membran **60** mit der Strömung in der Pumpenkammer **227** bewegt und können folglich aus dem Ausströmkanal **128** abgeführt werden. Der Blasenabführmodus ist so eingestellt, daß er nach einem vorherbestimmten Zeitintervall beendet wird.

[0151] Für den Fall, daß eine Vielzahl von Heizvorrichtungen **212** vorhanden sind und die Leistungsverteilerschaltung **265** so konstruiert ist, daß sie die Leistungsverteilung der Reihe nach im Verlauf der Zeit zu den jeweiligen Heizvorrichtungen schaltet, kann der verteilte Strom ohne Änderung der Wärmemenge der mit Elektrizität versorgten Heizvorrichtungen reduziert und folglich die Leistungsverteilerschaltung **265** miniaturisiert werden.

[0152] Wenn andererseits eine Wärmemenge erzeugt wird, mit der das auf der Oberfläche der Heizvorrichtungen **212** vorhandene Arbeitsfluid seine Phase ändert, können aufgrund der Phasenänderung von den jeweiligen Oberflächenbereichen der Heizvorrichtungen **212** Gasblasen erzeugt werden. Bei diesem Verfahren wird das dem Volumen der erzeugten Gasblasen entsprechende Arbeitsfluid zum Ausströmkanal **228** abgegeben. Wenn die Leistungsverteilung zu den Heizvorrichtungen **212** angehalten wird und die Phasenänderung beendet ist, wird Arbeitsfluid in einer dem Volumen des abgegebenen Arbeitsfluids entsprechenden Menge aus dem Einströmkanal **221** durch das Sperrventil **222** in die Pumpenkammer **227** eingeführt. Da die Gasblasen aufgrund der Phasenänderung von den jeweiligen Oberflächenbereichen der Heizvorrichtungen **212** erzeugt werden, ist zu dieser Zeit die Strömung im Innern der Pumpenkammer **227** komplex und stagniert nicht, so daß ein Abführen der Gasblasen möglich ist, die sich in den Eckbereichen der Pumpenkammer angesammelt haben, der beim Abgabemodus der Stagnationsbereich ist.

[0153] Wenn man durch die Leistungsverteilung von seiten der Leistungsverteilerschaltung **265** eine so große Wärmemenge erzeugt, daß das auf der Oberfläche der Heizvorrichtung **212** vorhandene Arbeitsfluid einen Überhitzungszustand erreicht, kann ein Kochen des Films verursacht werden, d.h. eine Erzeugung von filmförmigen Gasblasen über die gesamte Oberfläche der Heizvorrichtung **212**. Dieses

Verfahren ist bevorzugt, denn das Volumen der aufgrund der Phasenänderung erzeugten Gasblasen ist erhöht, und das Volumen an Arbeitsfluid, welches mit einer Leistungsverteilung aus der Pumpenkammer **227** zum Ausströmkanal **228** abgegeben wird, ist erhöht. Deshalb ist es leicht, die Gasblasen zu beseitigen.

[0154] **Fig. 16** zeigt ein weiteres abgewandeltes Beispiel der Heizvorrichtung **212**. In **Fig. 16** weist die Heizvorrichtung **212** zwei Heizvorrichtungen auf, nämlich eine auf seiten des Einströmkanals **221** angeordnete Heizvorrichtung **213** und eine auf seiten des Ausströmkanals **228** angeordnete Heizvorrichtung **214**. Durch die Verwendung der Leistungsverteilerschaltung **265** (siehe **Fig. 15**), werden hierbei die Phasen des verteilten Stroms zu den jeweiligen Heizvorrichtungen abgeleitet. Nachdem der Innendruck der Gasblasen, die durch das Filmkochen auf der Oberfläche der einen Heizvorrichtung erzeugt werden, den Höchstwert überschreitet, erreicht der Innendruck der durch das Filmkochen auf der Oberfläche der anderen Heizvorrichtung erzeugten Gasblasen den Höchstwert. Vorzugsweise ist ferner die Heizvorrichtung **213** nahe am Öffnungsbereich der Pumpenkammer **227** des Ausströmkanals **228** vorgesehen, und die Heizvorrichtung **214** entfernt von demselben. Dann wird die Leistungsverteilung zu der entfernten Heizvorrichtung **214** zuerst gestartet, und die Leistungsverteilung zu der Heizvorrichtung **213** wird später gestartet, so daß die Strömung vom Eckbereich der Pumpenkammer **227** zum Ausströmkanal **228** leicht hervorgerufen werden kann. Natürlich kann die Anzahl Heizvorrichtungen **212** zwei oder mehr betragen.

[0155] Wenn die Phase des Arbeitsfluids auf der Oberfläche der Heizvorrichtung **212** sich ändert, kann die Membran **60** sich entweder in angehaltenem oder in angesteuertem Zustand befinden. Vorzugsweise ist jedoch die Membran **60** angesteuert, so daß die Strömung innerhalb der Pumpenkammer komplex wird und infolgedessen die Gasblasen leicht abgeführt werden können.

[0156] In dem Ausführungsbeispiel der Erfindung kann die Steuerschaltung **280** für den Pumpenantrieb und die Leistungsverteilerschaltung **265** so gesteuert werden, daß die Heizvorrichtung **212** Wärme impulsartig abgeben kann. Hierzu erfolgt die Leistungsverteilung zur Heizvorrichtung **212** mit pulsierendem Strom, und die Membran **60** wird in einer Richtung angesteuert, in der das Volumen der Pumpenkammer **227** synchronisiert mit der Wärmeabgabe verringert wird. Folglich ist es möglich, die in der Pumpenkammer verbliebenen Gasblasen wirksam abzuführen und dabei den Energieverbrauch des Heizabschnitts zu verringern.

[0157] Ferner ist es vorteilhaft, daß bei mehreren

Wiederholungen des Ein- und Ausschaltens der Leistungsverteilung zur Heizvorrichtung **212** während eines Blasenabführmodus eine komplexere Strömung im Innern der Pumpenkammer erzeugt wird und infolgedessen die Gasblasen leichter abgeführt werden. Ferner wird bevorzugt, daß der vom Drucksensor **91** erfaßte Wert durch Ansteuern der Pumpe im Abgabemodus geprüft wird, nachdem der Blasenabführmodus beendet ist, so daß es möglich ist, das Ansteuern des Blasenabführmodus zu wiederholen, bis die Gasblasen mit Sicherheit entfernt sind.

[0158] Da der Innendruck in der Pumpenkammer **227** durch das Vorsehen der Heizvorrichtung **212** im Innern der Pumpenkammer **227** angehoben und folglich das Volumen der Gasblasen komprimiert wird, ist es gemäß dem Ausführungsbeispiel der Erfindung möglich, die Gasblasen in der Pumpenkammer **227** abzugeben.

[0159] Da die Heizvorrichtung **212** an der Wand der Pumpenkammer **227** so angebracht ist, daß die Heizvorrichtung nicht von der Wand vorsteht, und da die Heizvorrichtung mindestens im Eckbereich der Pumpenkammer **227** angeordnet ist, können die Gasblasen daran gehindert werden, in einem vorstehenden Bereich zu bleiben, in welchem die Gasblasen leicht stagnieren. Und außerdem ist es möglich, die Gasblasen im Eckbereich der Pumpenkammer **227** abzuführen.

[0160] Ist eine Vielzahl von Heizvorrichtungen **212** vorgesehen, dann kann außerdem die Energiemenge pro Zeiteinheit, die den Heizvorrichtungen **212** zugeführt wird, verringert werden, und die Gasblasen können rasch abgeführt werden, wobei eine Zerstörung der Pumpe verhindert wird.

[0161] Da der Drucksensor **90** in der Pumpenkammer **227** vorgesehen ist, ist es ferner möglich, mit Sicherheit festzustellen, ob Gasblasen in der Pumpenkammer **227** verblieben sind, und die Gasblasen aus der Pumpenkammer **227** abzuführen, wie vorstehend beschrieben.

[0162] Da die Heizvorrichtung **212** die Wärme impulsartig abgibt und die Membran **60** synchronisiert mit dem Impuls angesteuert wird, können die in der Pumpenkammer **227** vorhandenen Gasblasen wirksam abgegeben und dabei der Energieverbrauch der Heizvorrichtung **212** verringert werden.

[0163] Weil das Heizverfahren zum Erzeugen der Wärmemenge so durchgeführt wird, daß das Arbeitsfluid in Berührung mit der Heizvorrichtung **212** seine Phase ändert, werden aufgrund der Phasenänderung in der Pumpenkammer **227** Gasblasen erzeugt, so daß in der Pumpenkammer **227** eine komplexe und nicht stagnierende Strömung erzeugt werden kann, die zum Auslaßkanal **228** gerichtet ist. infolge-

dessen können die in der Pumpenkammer **227** vorhandenen Gasblasen abgeführt werden.

[0164] Da der Blasenabführmodus durchgeführt wird, wenn mittels des Drucksensors **91** festgestellt wird, daß Gasblasen vorhanden sind, wird, wie schon beschrieben, der Blasenabführmodus nicht schwächer durchgeföhrt, sondern der Blasenabführmodus kann statt dessen immer in jedem vorherbestimmten Zeitintervall durchgeföhrt werden. Da in diesem Fall der Drucksensor **91** weggelassen werden kann, kann der Aufbau vereinfacht werden.

[0165] Es ist auch ein Aufbau beschrieben worden, bei dem der Drucksensor als Druckerfassungseinrichtung für die Pumpenkammer in der Pumpenkammer **227** vorgesehen ist. Es können aber auch andere Konstruktionen angewandt werden. Bei einer anderen Konstruktion kann beispielsweise der Innendruck der Pumpenkammer **227** dadurch berechnet werden, daß die Verformung der Membran **60** mit einem Dehnungsmeßstreifen oder einem Verdrängungsmeßfühler gemessen wird. Ferner kann der Innendruck der Pumpenkammer **227** dadurch berechnet werden, daß die Verformung des Ventilschließkörpers in einem Zustand bei geschlossenem Sperrventil **222** mit einem Dehnungsmeßstreifen oder einem Verdrängungsmeßfühler gemessen wird. Ferner kann der Innendruck der Pumpenkammer **227** durch das Messen eines Stroms zum Ansteuern des piezoelektrischen Elements **70** mit einem Strommeßfühler berechnet werden. Wenn man im piezoelektrischen Element **70** einen Dehnungsmeßstreifen vorsieht, kann außerdem der Innendruck in der Pumpenkammer **227** auf der Basis der am piezoelektrischen Element **70** anliegenden Spannung und des Meßwertes des Dehnungsmeßstreifens berechnet werden. Hierzu kann als Dehnungsmeßstreifen jede beliebige Art von Dehnungsmeßstreifen verwendet werden, welche die Verformungsgröße anhand einer Änderung im Widerstand, in der Kapazität oder in der Spannung erfassen.

[0166] Außerdem ist die Gestalt der Membran **60** nicht auf die kreisförmige Gestalt beschränkt. Das Sperrventil **222** ist nicht auf ein passives Ventil beschränkt, welches das Öffnen und Schließen aufgrund des Druckunterschieds des Fluids bewirkt; als Sperrventil kann auch ein aktives Ventil benutzt werden, welches das Öffnen und Schließen mit anderen Kräften bewerkstelligt.

[0167] Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die vorstehenden Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern umfaßt auch Abwandlungen und Verbesserungen innerhalb eines Bereichs, in dem das Ziel der vorliegenden Erfindung so wie durch den Anspruch festgelegt erzielt werden kann.

[0168] Im Ausführungsbeispiel der Erfindung ist der

Gesamtinertanzwert der Einlaßkanalseite beispielsweise kleiner als der Gesamtinertanzwert der Auslaßkanalseite, und die Heizvorrichtung **212** ist als Blasenabführreinrichtung in der kleinen Hochdruckpumpe benutzt, die eine Trägheitswirkung des Arbeitsfluids hat. Aber die Blasenabführreinrichtung kann beispielsweise auch in einer Pumpe mit einer unimorphen Membran verwendet werden, wie [Fig. 17](#) zeigt.

[0169] [Fig. 17](#) ist ein senkrechter Schnitt durch die Pumpe mit einer Membran des unimorphen Typs. Unter Hinweis auf [Fig. 17](#) werden Bauelemente im einzelnen beschrieben, die sich vom Ausführungsbeispiel der Erfindung unterscheiden. Die Pumpe **200** weist eine unimorphe Membran **260** als Membran auf und als Fluidwiderstandselemente Sperrventile **222**, **242**, die im Einströmkanal **221** bzw. im Ausströmkanal **228** vorgesehen sind. Wie [Fig. 17](#) zeigt, ist die Membran **260** am Randbereich des becherförmigen Gehäuses **250** luftdicht befestigt, und das piezoelektrische Element **71** ist an der dem Gehäuse **250** zugewandten Oberfläche der Membran **260** befestigt. Das Pumpengehäuse **220** ist an der Oberseite der Membran **260** luftdicht befestigt, und die Pumpenkammer **227** ist zwischen der Membran **260** und dem Pumpengehäuse **220** gebildet.

[0170] Mit der Pumpenkammer **227** steht der Einströmkanal **221** und der Ausströmkanal **228** in Verbindung, das Sperrventil **222** als Fluidwiderstandselement ist im Einströmkanal **221** vorgesehen, und das Sperrventil **242** als Fluidwiderstandselement ist im Ausströmkanal **228** vorgesehen. Die planare Heizvorrichtung **212** ist auf der Oberfläche der oberen Wand der Pumpenkammer **227** des Pumpengehäuses **220** vorgesehen. Die Heizvorrichtung **212** ist am Pumpengehäuse **220** luftdicht so angebracht, daß die Heizvorrichtung nicht in Richtung zur Pumpenkammer aus dem Pumpengehäuse **220** vorsteht.

[0171] Gestalt und Material der Heizvorrichtung **212** und die Lage, in der die Heizvorrichtung in das Pumpengehäuse **220** eingebaut ist, sind ähnlich wie beim Ausführungsbeispiel der Erfindung und dem abgewandelten Beispiel des Ausführungsbeispiels der Erfindung, so daß die entsprechenden Beschreibungen weggelassen werden.

[0172] Es wird der Abgabemodus der Pumpe beschrieben.

[0173] Beim Anlegen einer Spannung an das piezoelektrische Element **71** wird die Membran **260** so verformt, daß sie eine konvexe Oberfläche in Richtung zur Pumpenkammer **227** hat, weil das piezoelektrische Element **71** diametral verformt wird. Hört die Zufuhr der Spannung auf, so nimmt die Membran ihre ursprüngliche Gestalt wieder an. Wenn bei dieser Pumpe die Sperrventile **222** und **242** den Strömungs-

kanal schließen, wird die Membran **260** in der Richtung verformt, in der das Volumen der Pumpenkammer **227** durch die Verformung der Membran **226** verkleinert wird. Hierdurch wird auf die Flüssigkeit in der Pumpenkammer **227** Druck ausgeübt. Wenn der Innendruck in der Pumpenkammer **227** größer wird als der Druck stromabwärts vom Sperrventil **242**, öffnet sich das Sperrventil **222**, und infolgedessen wird die Flüssigkeit zum Ausströmkanal **228** gefördert.

[0174] Durch das Verformen der Membran **260** in Richtung zum Vergrößern des Volumens der Pumpenkammer **227** nimmt der Innendruck in der Pumpenkammer **227** ab. Dann wird das Sperrventil **242** zuerst geschlossen, und wenn der Innendruck in der Pumpenkammer **227** unter den Druck stromaufwärts vom Sperrventil **222** sinkt, wird das Sperrventil **222** geöffnet, so daß die Flüssigkeit aus dem Einströmkanal **221** in die Pumpenkammer **227** gelassen wird. Durch Wiederholen der vorstehenden Vorgänge wird das Arbeitsfluid übertragen.

[0175] Durch das Anordnen der Heizvorrichtung **212** als Blasenabführeinrichtung in der Pumpe mit dem oben beschriebenen Aufbau ist es möglich, daß die Gasblasen im Innern der Pumpenkammer hinausfließen können und der Innendruck in der Pumpenkammer in geeigneter Weise erhalten bleibt, so daß die abzugebende Arbeitsfluidmenge sichergestellt werden kann.

[0176] Bei den vorstehenden Ausführungsbeispielen haben die Membrane **60**, **45** kreisförmige Gestalt, aber die Gestalt ist nicht auf die Kreisform beschränkt. Ferner sind die Sperrventile **41**, **42** nicht auf passive Ventile beschränkt, die den Öffnungs- und Schließprozeß aufgrund des Druckunterschieds des Fluids durchführen. Es können auch aktive Ventile, die den Öffnungs- und Schließprozeß mit anderen Kräften steuern, als Sperrventile Verwendung finden. Ferner kann jedes beliebige Element als piezoelektrisches Element zum Ansteuern der Membran **60** benutzt werden, vorausgesetzt, daß eine Kontraktion und Expansion möglich ist. Da aber bei diesem Pumpenaufbau das piezoelektrische Element und die Membran miteinander ohne einen die Verdrängung vergrößernden Mechanismus verbunden sind und die Membran folglich mit hoher Frequenz angesteuert werden kann, kann das Strömungsvolumen mit einer hochfrequenten Ansteuerung vergrößert werden, wenn ein piezoelektrisches Element benutzt wird, das einen hohen Frequenzgang hat, wie bei den Ausführungsbeispielen. Damit kann eine kleine und hochleistungsfähige Pumpe verwirklicht werden. Ähnlich kann ein supermagnetisches Verformungselement mit Hochfrequenzeigenschaften verwendet werden. Zusätzlich zum Wasser kann als Arbeitsfluid auch eine andere Flüssigkeit, beispielsweise Öl benutzt werden.

[0177] Gemäß den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen ist es also aufgrund der Anordnung der Blasenabführeinrichtung möglich, eine Pumpe zu schaffen, die Gasblasen abführen und folglich ihre Förderfähigkeit aufrechterhalten kann, selbst wenn die Gasblasen in der Pumpenkammer bleiben.

Patentansprüche

1. Pumpe mit einer Pumpenkammer (**227**), deren Volumen durch Ansteuern eines Kolbens oder einer beweglichen Wand (**60**) veränderbar ist, einem Einlaßkanal, der ein Arbeitsfluid in die Pumpenkammer fließen läßt, einem Auslaßkanal, der das Arbeitsfluid aus der Pumpenkammer fließen läßt, und einem Fluidwiderstandselement (**222**) zum Öffnen und Schließen mindestens des Einlaßkanals, wobei ein Gesamtinertanzwert des Einlaßkanals so gesetzt ist, daß er kleiner ist als ein Gesamtinertanzwert des Auslaßkanals, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Pumpenkammer ein Heizabschnitt (**212**) vorgesehen ist, der als Blasenabführeinrichtung zum Abführen von in der Pumpenkammer bleibenden Gasblasen dient.

2. Pumpe nach Anspruch 1, bei der der Heizabschnitt (**212**) innerhalb der Wand der Pumpenkammer (**227**) aufgenommen oder in einem Eckbereich der Pumpenkammer (**227**) angeordnet ist.

3. Pumpe nach Anspruch 1, bei der eine Vielzahl von Heizbereichen (**213**, **214**) vorgesehen ist.

4. Pumpe nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner mit einem Druckerfassungsabschnitt zum Feststellen eines Innendrucks der Pumpenkammer (**227**).

5. Pumpe nach Anspruch 1, bei der während des Ansteuerns des Kolbens oder der beweglichen Wand (**60**) ein Heizsignal in den Heizabschnitt (**212**) eingegeben wird.

6. Pumpe nach Anspruch 1, bei der ein impulsförmiges Heizsignal in den Heizabschnitt (**212**) eingegeben wird und der Kolben oder die bewegliche Wand (**60**) synchronisiert mit dem Heizsignal angesteuert wird.

7. Pumpe nach Anspruch 2, bei der der Heizabschnitt (**212**) das Arbeitsfluid erwärmt, um die Phase des den Heizabschnitt berührenden Arbeitsfluids zu ändern.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

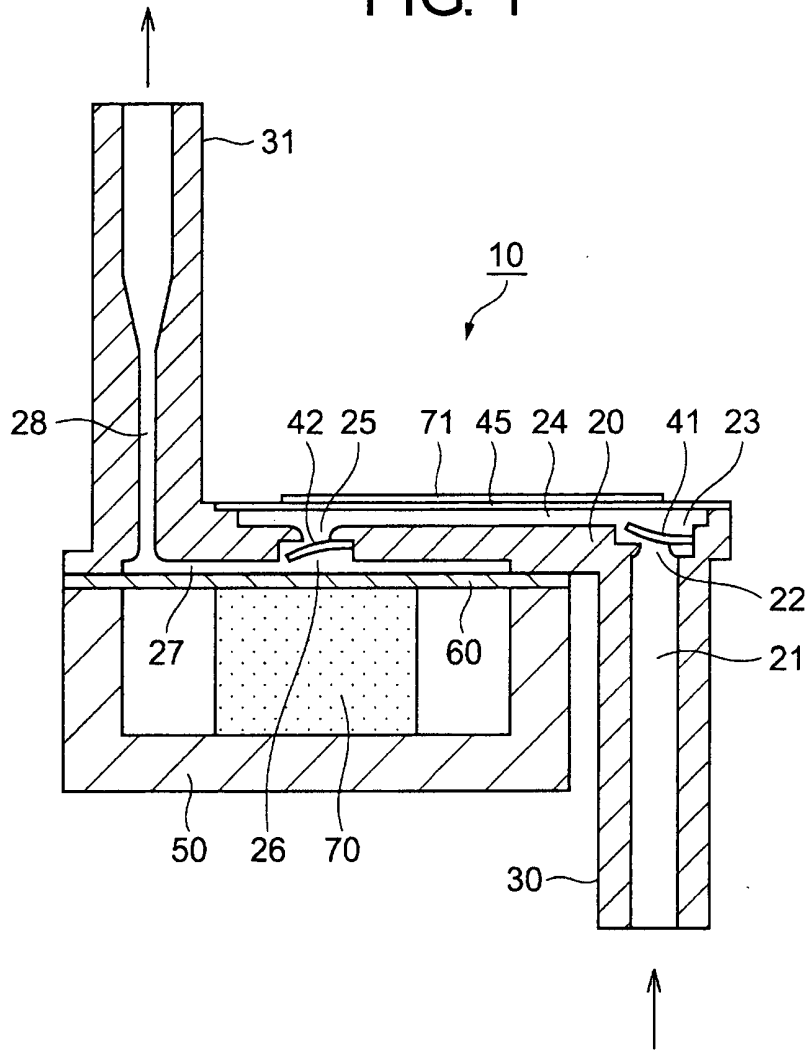


FIG. 2

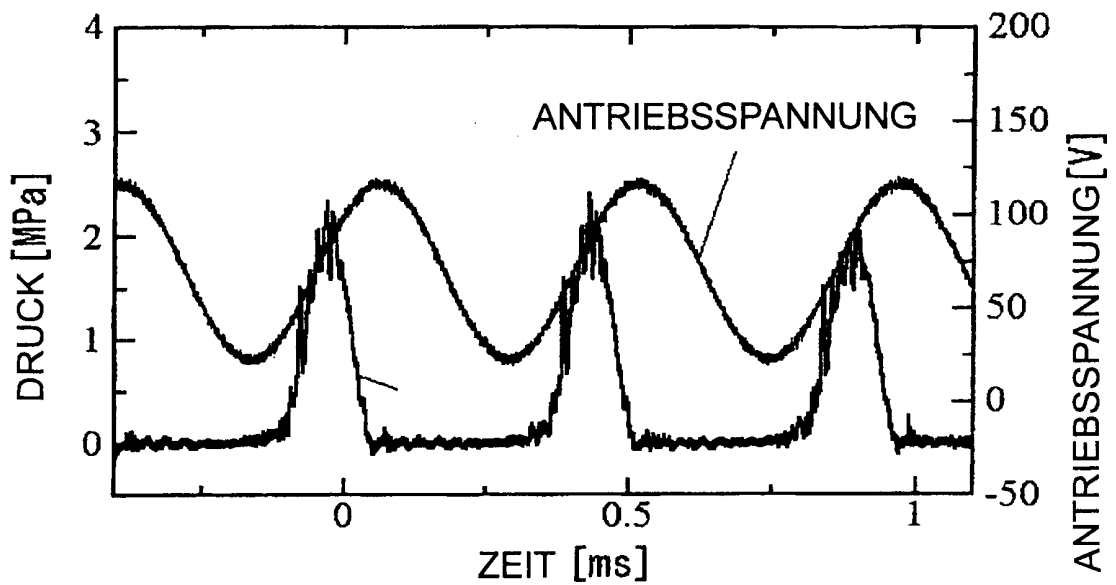


FIG. 3

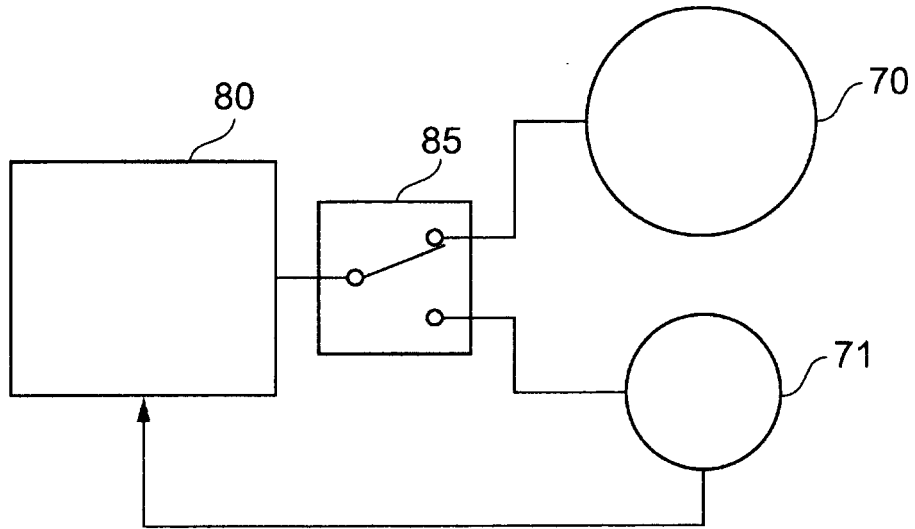


FIG. 4

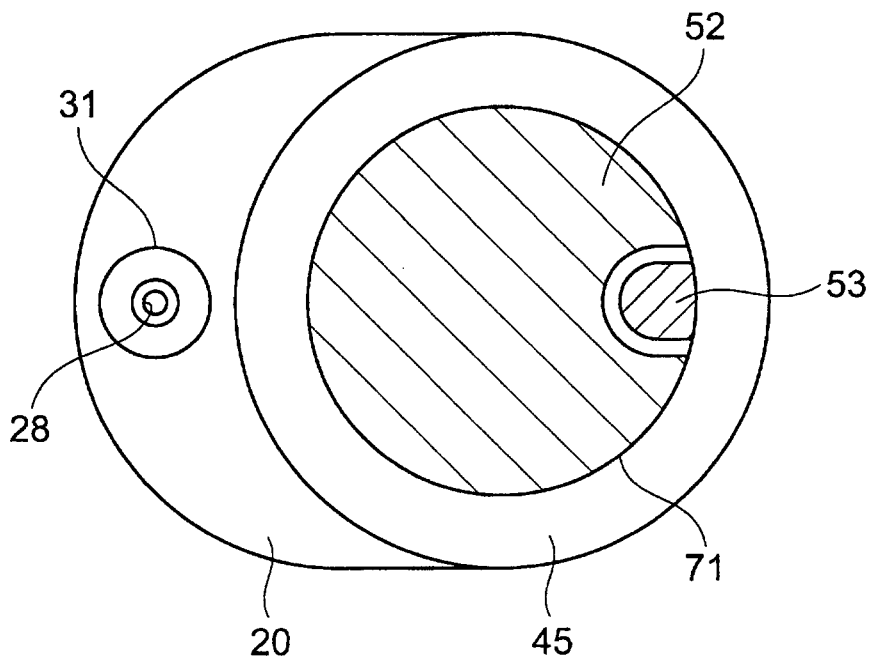


FIG. 5

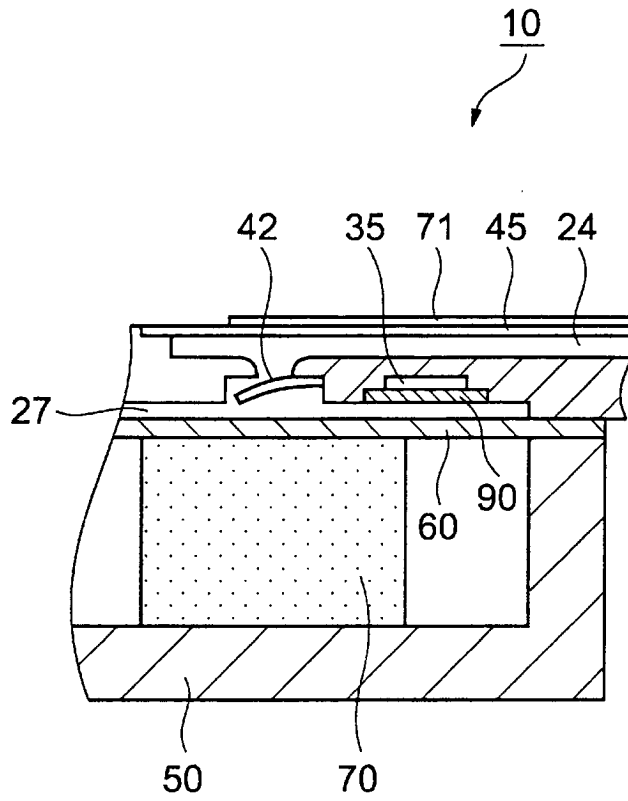


FIG. 6

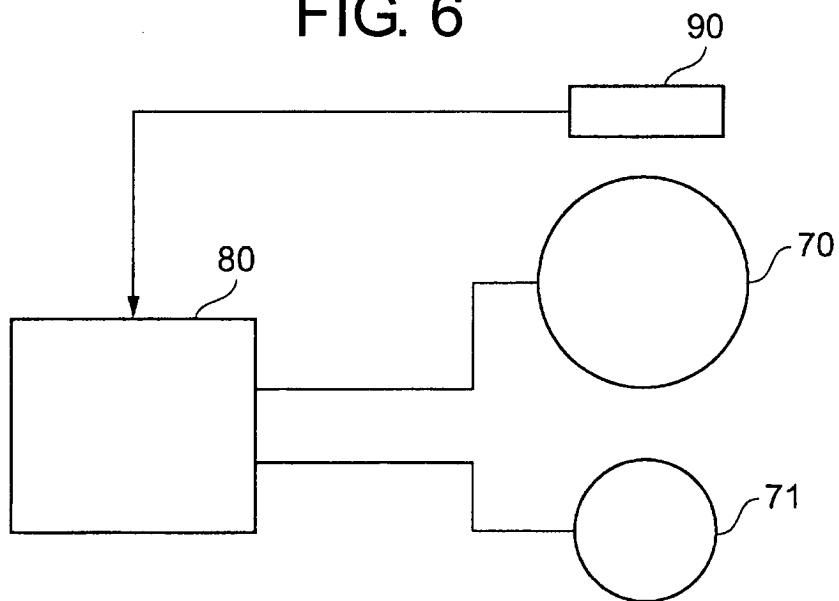


FIG. 7

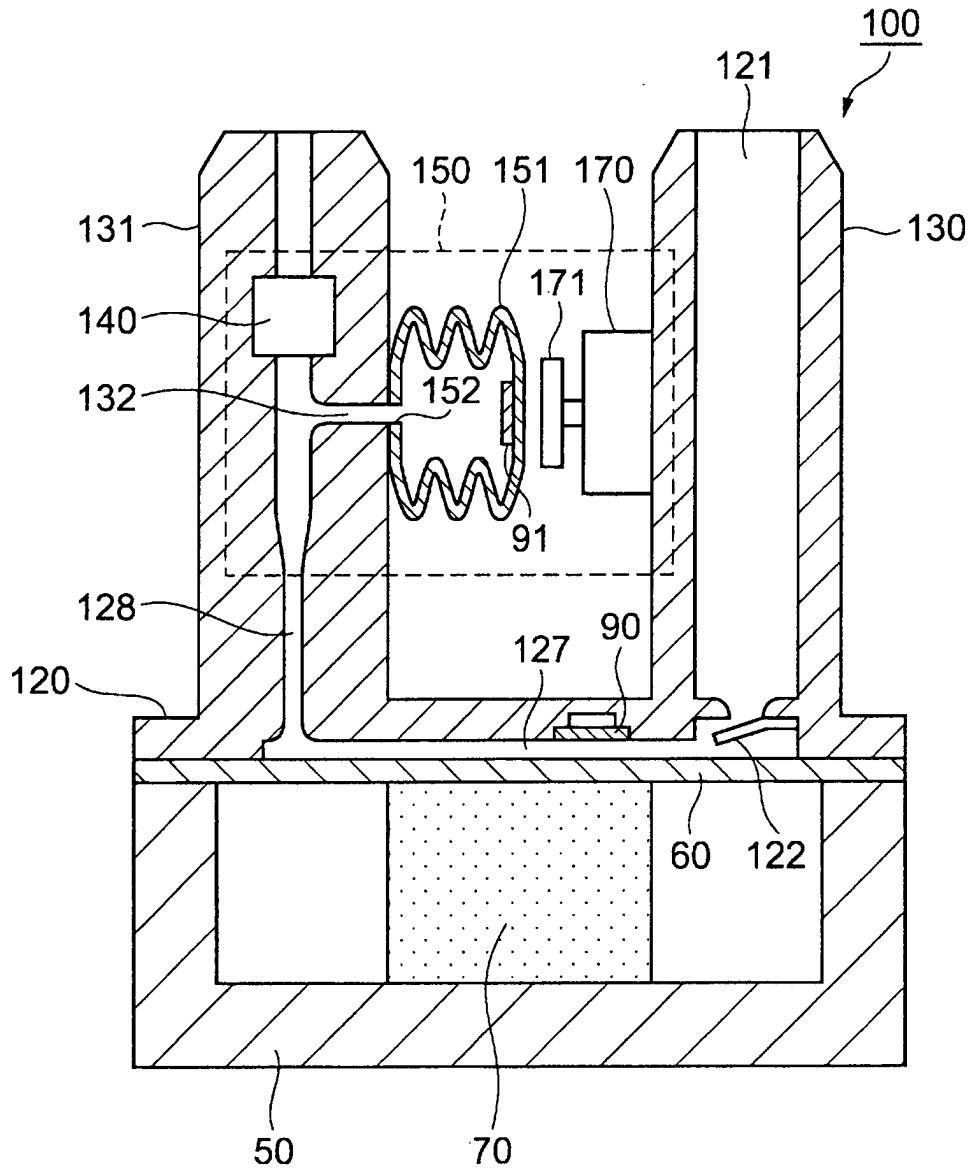


FIG. 8

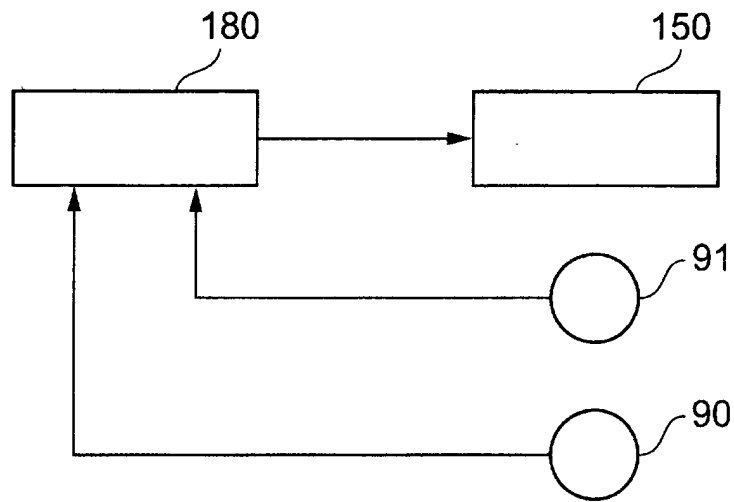


FIG. 9

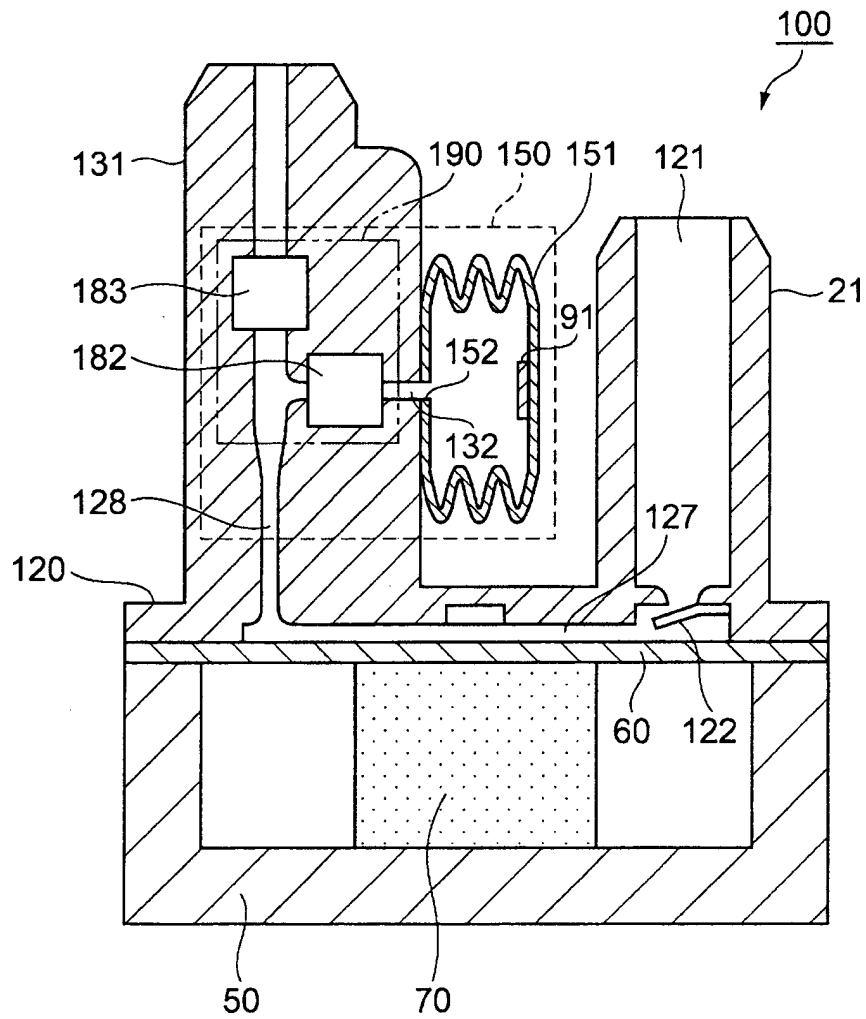


FIG .10

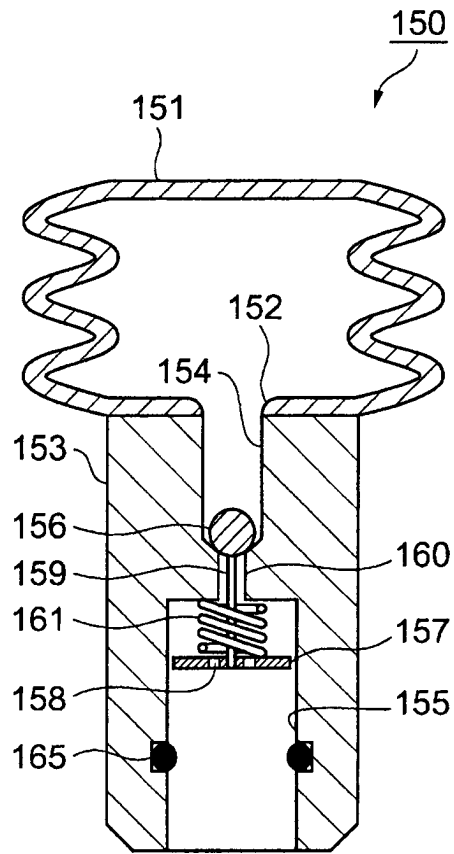


FIG. 11

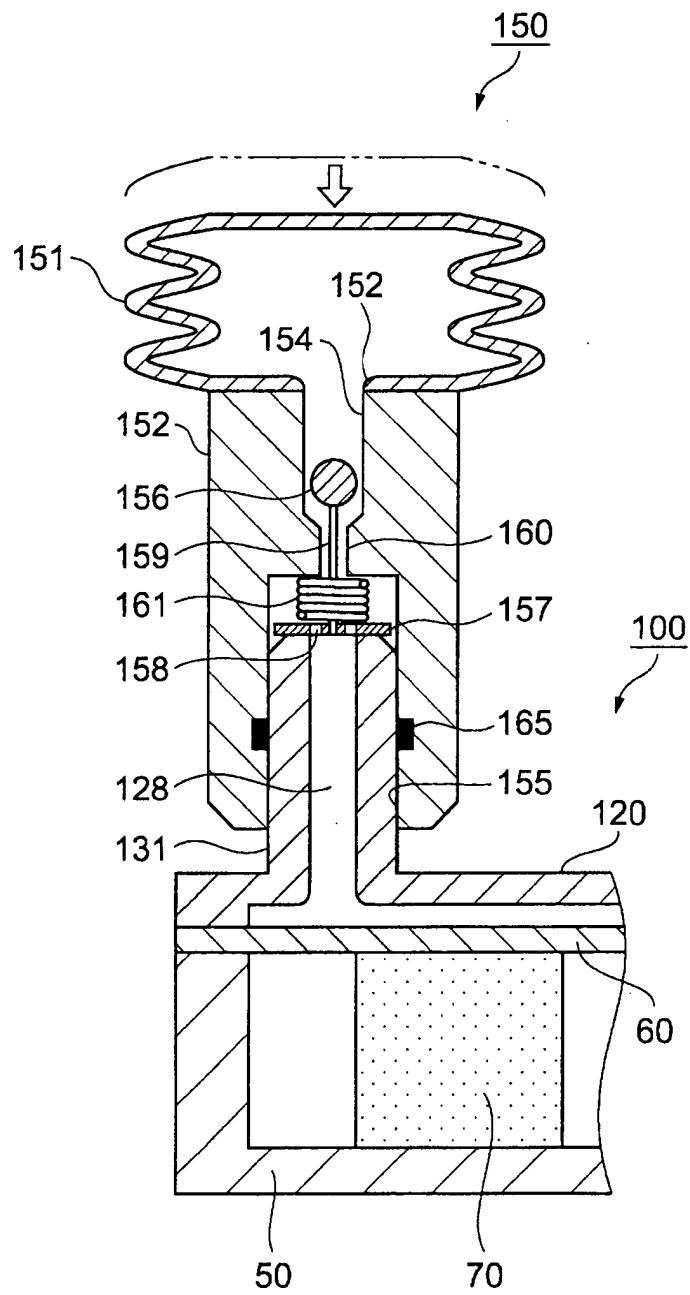


FIG. 12

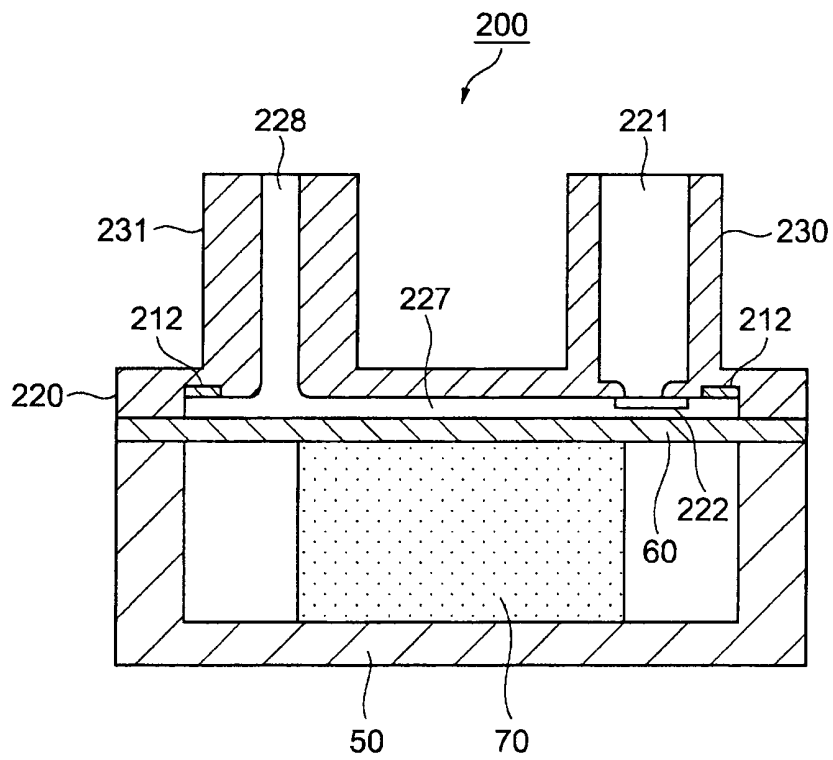


FIG. 13

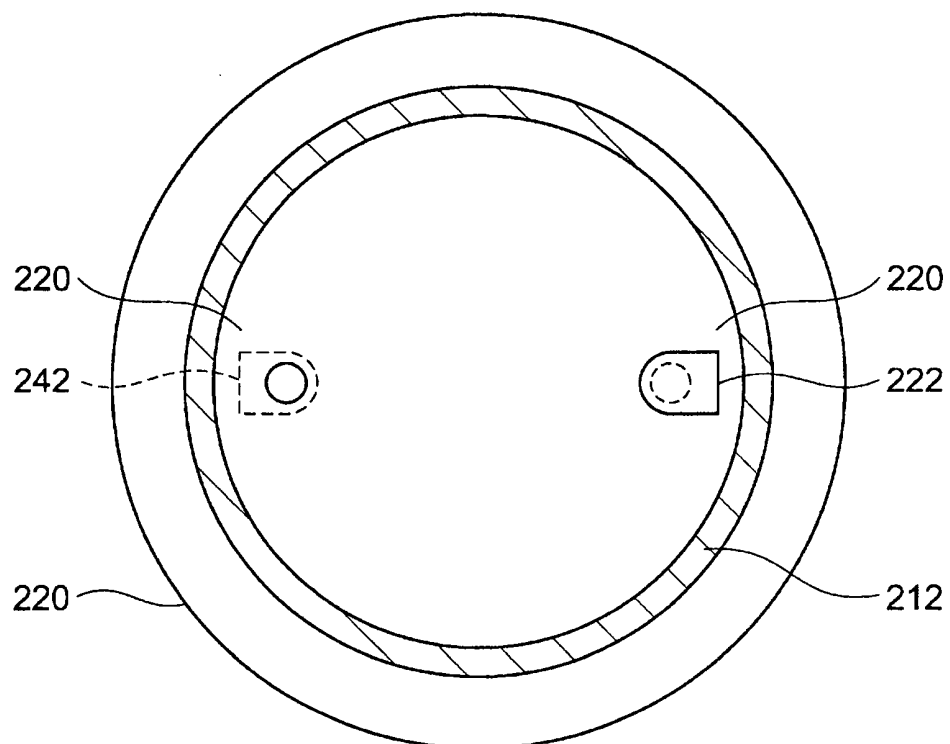


FIG. 14

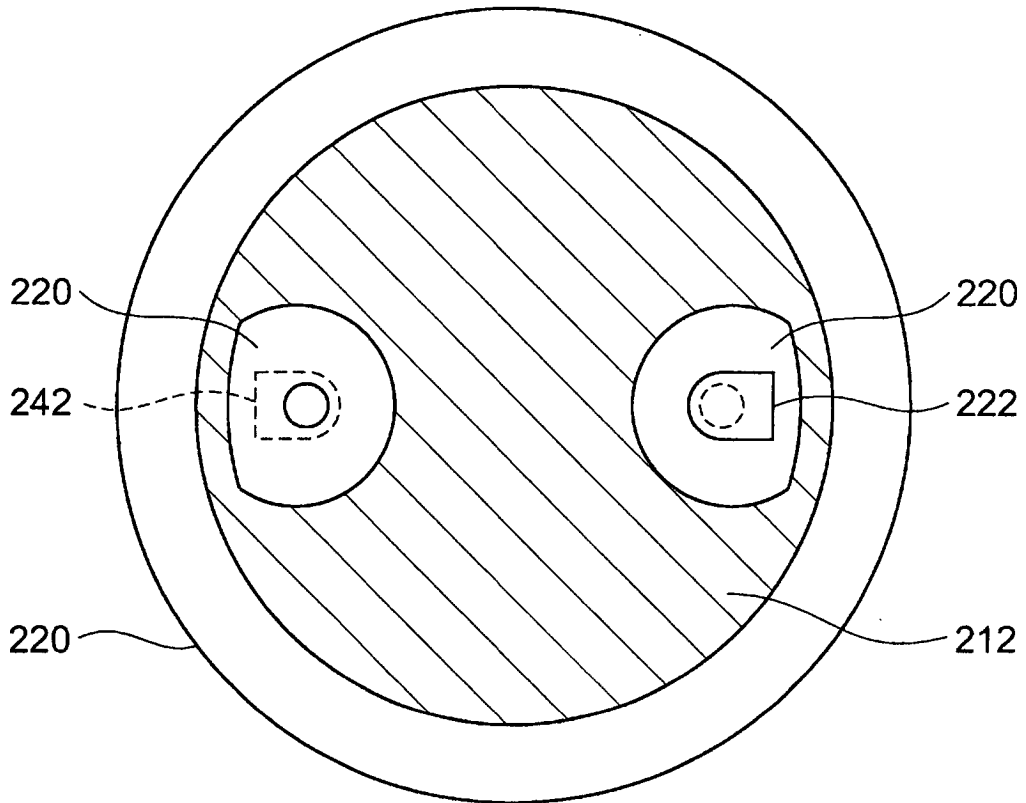


FIG. 15

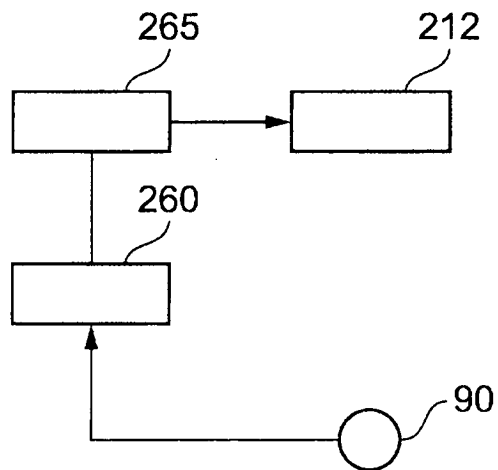


FIG. 16

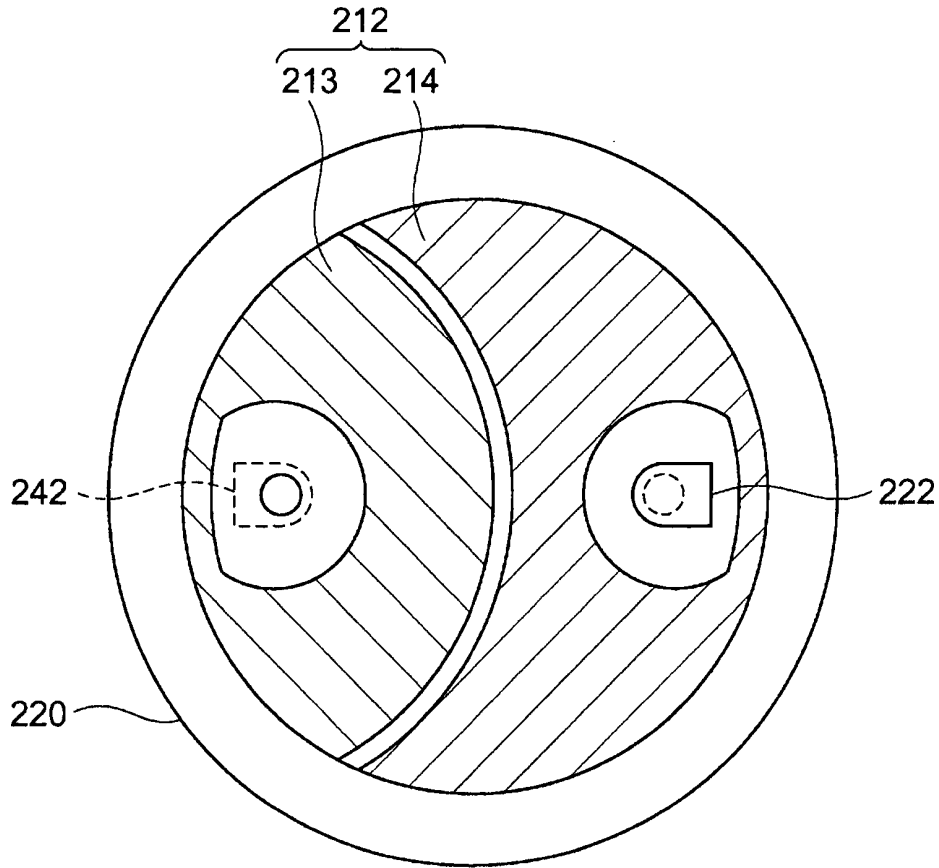


FIG. 17

