

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F04B 43/02

F04B 43/04 F04B 53/10

F04B 53/16



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410048313.0

[43] 公开日 2005年2月2日

[11] 公开号 CN 1573102A

[22] 申请日 2004.6.17

[21] 申请号 200410048313.0

[30] 优先权

[32] 2003.6.17 [33] JP [31] 172106/2003

[32] 2003.8.8 [33] JP [31] 290659/2003

[32] 2003.10.7 [33] JP [31] 348424/2003

[32] 2004.3.23 [33] JP [31] 084638/2004

[71] 申请人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京

[72] 发明人 濑户毅 高城邦彦

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

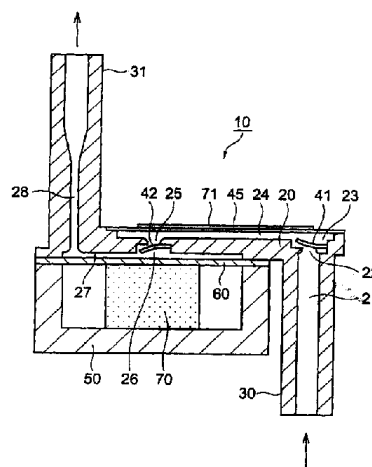
代理人 陈 坚

权利要求书 3 页 说明书 34 页 附图 15 页

[54] 发明名称 泵

[57] 摘要

本发明的目的是为了提供一种即使当气泡存留于泵室中时也能够排出气泡，并因此保持排出能力的泵。泵(10)包括：泵室(27)，该泵室的容积可以通过驱动隔膜(60)而变化；进口通道，用于使工作流体能够流入主泵室(27)；出口通道，用于使工作流体能够流出主泵室(27)；以及止回阀(41、42)，用于打开和关闭至少进口通道；其中，进口通道的合成惯性值设置成小于出口通道的合成惯性值；且还设置有气泡排出装置，用于将存留于泵室中的气泡排出。因此，可以提供即使当主泵室(27)中存留有气泡时也能够利用气泡排出装置排出气泡并因此保持排出能力的泵。



ISSN 1008-4274

1. 一种泵，包括：泵室，所述泵室的容积可以通过驱动活塞或活动壁而变化；进口通道，用于使工作流体能够流入所述泵室；出口通道，
5 用于使所述工作流体能够流出所述泵室；以及流体阻挡元件，用于打开和关闭至少所述进口通道；

其特征在于，所述进口通道的合成惯性值设置成小于所述出口通道的合成惯性值；以及

还提供有气泡排出装置，用于将存留于所述泵室中的气泡排出。

- 10 2. 根据权利要求 1 所述的泵，其特征在于，

所述泵室包括：主泵室，所述主泵室与所述出口通道连通，且所述主泵室的容积可通过驱动活塞或活动壁而变化；以及副泵室，所述副泵室与所述进口通道连通，并作为所述气泡排出装置，且所述副泵室的容积可通过驱动活动壁而变化。

- 15 3. 根据权利要求 2 所述的泵，包括：

主泵室进口通道，用于使所述工作流体能够流入所述主泵室；

主泵室出口通道，用于使所述工作流体能够流出所述主泵室；

副泵室进口通道，用于使所述工作流体能够流入所述副泵室；以及

副泵室出口通道，用于使所述工作流体能够流出所述副泵室；

- 20 其中，所述主泵室进口通道也作为所述副泵室出口通道。

4. 根据权利要求 3 所述的泵，还包括：

用于打开和关闭所述主泵室进口通道的流体阻挡元件；

用于打开和关闭所述副泵室进口通道的流体阻挡元件；以及

用于打开和关闭所述副泵室出口通道的流体阻挡元件；

- 25 其中，用于打开和关闭所述主泵室进口通道的流体阻挡元件也作为用于打开和关闭所述副泵室出口通道的流体阻挡元件。

5. 根据权利要求 2 所述的泵，其特征在于，

布置在所述副泵室中的所述活动壁是隔膜，其中，在所述隔膜的至少一个表面上贴附有压电元件，且所述副泵室和所述隔膜构成单压电晶

片泵或双压电晶片泵。

6. 根据权利要求2所述的泵，还包括：驱动转换控制单元，用于在所述副泵室和所述主泵室之间转换驱动。

5 7. 根据权利要求5所述的泵，其特征在于，
所述压电元件中形成有驱动电极和检测电极。

8. 根据权利要求2所述的泵，还包括：压力检测部分，用于检测所述主泵室的内部压力。

9. 根据权利要求1所述的泵，还包括：作为所述气泡排出装置的增压机构，用于升高和保持所述泵室中的所述工作流体的压力。

10 10. 根据权利要求9所述的泵，其特征在于，
所述增压机构包括可变容积腔室以及用于使所述可变容积腔室和所述出口通道能够彼此连通的流动通道。

11. 根据权利要求10所述的泵，其特征在于，
所述可变容积腔室由弹性部件形成。

15 12. 根据权利要求10所述的泵，其特征在于，
所述增压机构还包括容积改变机构，用于施加压力以便改变所述可变容积腔室的容积。

13. 根据权利要求9所述的泵，其特征在于，
所述增压机构包括通道转换部分，用于在第一模式和第二模式之间
20 转换，在该第一模式，流出所述泵室的所述工作流体被引入所述可变容积腔室内，而在该第二模式，流出所述泵室的所述工作流体与所述可变容积腔室隔离。

14. 根据权利要求10所述的泵，还包括：压力检测部分，用于检测所述可变容积腔室的内部压力。

25 15. 根据权利要求9所述的泵，其特征在于，
在所述泵室中布置有压力检测装置。

16. 根据权利要求12所述的泵，其特征在于，
通过所述增压机构增压的所述可变容积腔室的内部压力的范围在大约一个大气压至大约五个大气压之间。

17. 根据权利要求9所述的泵，其特征在于，
所述增压机构包括可变容积腔室、与所述出口通道连通的流动通道、
以及用于打开和关闭所述流动通道的打开和关闭部件；以及
所述增压机构可从所述出口通道中拆卸，且所述可变容积腔室和所
5 述出口通道能够通过将所述增压机构装入所述出口通道内而彼此连通。
18. 根据权利要求1所述的泵，其特征在于，
在所述泵室中布置有作为所述气泡排出装置的加热部分。
19. 根据权利要求18所述的泵，其特征在于，
所述加热部分被接纳在所述泵室壁的内部，或者布置在所述泵室的
10 拐角位置处。
20. 根据权利要求18所述的泵，其特征在于，
设置有多个所述加热部分。
21. 根据权利要求18所述的泵，还包括：用于检测所述泵室的内部
压力的压力检测部分。
- 15 22. 根据权利要求18所述的泵，其特征在于，
当驱动所述活塞或所述活动壁时，向所述加热部分输入一加热信号。
23. 根据权利要求18所述的泵，其特征在于，
向所述加热部分输入一脉冲形加热信号，且与所述加热信号同步地
驱动所述活塞或所述活动壁。
- 20 24. 根据权利要求19所述的泵，其特征在于，
所述加热部分加热所述工作流体，以便改变与所述加热部分接触的
所述工作流体的相。

泵

5 技术领域

本发明涉及一种通过用活塞或活动壁例如隔膜来改变泵室的容积，从而使工作流体运动的泵，尤其是涉及一种较小的高功率泵。

背景技术

10 通常，这种泵有这样的结构，其中，止回阀分别布置在进口通道和可变容积的泵室之间以及布置在出口通道和泵室之间。而且，当泵的目的为转移流体时，提出了这样的结构，即薄壁部分布置在泵室的上游测或下游测通道，因此，通过通道的变形，由于液体间歇驱动引起的脉冲减小（例如见专利文献1）。

15 而且，还提出了一种具有很高可靠性的高功率泵，这种泵由本申请人等提出，且通过采用具有较大惯性值的通道结构来代替在出口通道中的阀并因此使用流体惯性力，从而能够处理高负载压力和高频驱动。在具有该结构的泵中，为了防止由于进口通道中的脉冲而降低泵的抽吸效率，在进口通道中使用可变形结构（例如见专利文献2）。

20 而且，还提出了一种容积泵，该容积泵包括：隔膜，该隔膜将由压电元件例如 PZT 驱动；泵室，该泵室的容积可以通过该隔膜而改变；用于使流体能够流入泵室的孔；以及用于使流体能够流出泵室的孔，其中，止回阀布置在各孔中（例如见专利文献3）。

专利文献1：日本专利申请公报特开 2000-265963

25 专利文献2：日本专利申请公报特开 2002-322986

专利文献3：日本专利申请公报特开昭 61-171891

发明内容

但是，在专利文献 1 的结构中，存在的问题是不能处理高负载压力或高频驱动，这是因为进口通道和出口通道都需要作为流体阻挡元件的止回阀，因此，通过两个止回阀的流体压力损失较大。此外，当泵室中存留有气泡时，有这样的问题，即不能获得预定的排量，这是因为在使
5 泵室容积减小的过程中，泵室中的液体压力不能足够升高。

而且，在具有专利文献 2 和 3 的结构的泵中，因为由于隔膜变形产生的泵室容积变化较小，因此，当泵室中存留有气泡时，在使泵室容积减小的过程中泵室中的液体压力不能足够升高。因此，泵的流动特征大大恶化，且更坏的情况是不能排出液体。

10 本发明的目的是提供一种泵，该泵即使在气泡存留于泵室中时也能够排出气泡并因此保持排出能力的。

根据本发明的泵包括：泵室，该泵室的容积可以通过驱动活塞或活动壁而变化；进口通道，用于使工作流体能够流入泵室；出口通道，用于使工作流体能够流出泵室；以及流体阻挡元件，用于打开和关闭至少
15 进口通道；其中，进口通道的合成惯性值设置成小于出口通道的合成惯性值；以及还提供有气泡排出装置，用于将存留于泵室中的气泡排出。

其中，通过促动器例如压电元件驱动的隔膜可以用作活动壁。而且，止回阀可以用作流体阻挡元件。

而且，作为气泡排出装置（它的详细情况将在后面介绍），例如可以
20 使用副泵室、增压机构、加热部分等，它用于向泵室施加压力。

根据该结构，因为泵包括气泡排出装置，因此即使当泵室中存留有气泡时，也就是即使当工作流体并没有充满泵室时，也可以起该泵。而且，当气泡存留有泵室内时，尽管考虑到泵室压力并不充分升高，但是由于上述气泡排出装置，存留的气泡可以在驱动泵时排出，从而可以
25 保持泵的性能，特别是保持工作流体的排出量。

而且，在前述结构中，优选是泵室包括：主泵室，该主泵室与出口通道连通，且该主泵室的容积可通过驱动活塞或活动壁而变化；以及副泵室，该副泵室与进口通道连通，并作为气泡排出装置，且该副泵室的容积可通过活塞或活动壁而变化。

根据该结构，因为在进口通道侧设置有作为气泡排出装置的副泵室，因此，进口通道的工作流体能够通过驱动副泵室而传送给主泵室，从而使主泵室中的压力能够升高，这样，可以排出主泵室中的气泡。

优选是，具有上述结构的泵包括：主泵室进口通道，用于使工作流
5 体能够流入该主泵室；主泵室出口通道，用于使工作流体能够流出该主泵室；副泵室进口通道，用于使工作流体能够流入该副泵室；以及副泵室出口通道，用于使工作流体能够流出该副泵室；且主泵室进口通道作为副泵室出口通道。

根据该结构，因为主泵室进口通道也用作副泵室出口通道，因此工
10 作流体的流动通道缩短，从而可以减小泵的尺寸，这样，可以减小流动通道的流阻。

还优选是，本发明的泵还包括：用于打开和关闭主泵室进口通道的流体阻挡元件；用于打开和关闭副泵室进口通道的流体阻挡元件；以及用于打开和关闭副泵室出口通道的流体阻挡元件；且用于打开和关闭主
15 泵室进口通道的流体阻挡元件也作为用于打开和关闭副泵室出口通道的流体阻挡元件。

根据该结构，例如当驱动副泵室的活动壁时，作为副泵室进口通道的流体阻挡元件的止回阀关闭，因此，在副泵室中压力升高的工作流体流入主泵室中。而且，当工作流体从主泵室排出时，作为主泵室进口通
20 道的流体阻挡元件的止回阀关闭。这样，因为主泵室的内部压力可以升高，因此可以压缩存留于两个泵室中的气泡，然后排出至泵室外部。

而且，因为用于打开和关闭主泵室进口通道的流体阻挡元件是用于打开和关闭副泵室出口通道的流体阻挡元件，因此，两个作为流体阻挡元件的止回阀足够用于两个泵室，这样，可以简化泵的结构，以便减小
25 部件说明，并因此实现低成本。而且，还可以减小流阻。

在上述结构的泵中，优选是，布置在副泵室中的活动壁是隔膜，其中，压电元件安装在该隔膜的至少一个表面上，且该副泵室和该隔膜构成单压电晶片泵或双压电晶片泵。

根据该结构，副泵室可以通过将压电元件贴附在用作流动通道的一

个普通脉冲减小装置的隔膜上。而且，因为单压电晶片和双压电晶片即使在低压下也有较大的隔膜位移量，因此它们可以组合作为脉冲减小装置的副泵室以及前述气泡排出装置的功能。

还优选是，具有上述结构的泵还包括驱动转换控制单元，用于在副
5 泵室和主泵室之间转换驱动。

通过驱动转换控制单元，例如当开始泵的驱动时，通过首先驱动副泵室和然后驱动主泵室而将内部气泡排出，然后持续驱动主泵室，或者可以交替驱动主泵室和副泵室，从而可以在泵的驱动过程中获得稳定的工作流体排出量。

10 而且，优选是驱动电极和检测电极形成于压电元件中。

根据该结构，可以检测副泵室的状态。特别是，副泵室的内部压力变化可以作为压电元件的位移来检测，因此可以通过利用上述驱动转换控制单元而根据压力变化控制主泵室和副泵室。

而且，还优选是，本发明的泵还包括压力检测部分，用于检测主泵
15 室的内部压力。

根据该结构，可以检测主泵室内部的状态，因此可以根据主泵室内部的状态来高效驱动泵。

而且，通过将主泵室内部的状态与由副泵室的检测电极检测的、副泵室内部的状态进行组合，与根据两个泵室的两个状态驱动泵的情况相
20 比可以更高效地驱动泵。

本发明的上述泵还包括作为气泡排出装置的增压机构，用于升高和保持泵室中的工作流体的压力。

根据该结构，当由于泵室中存留有气泡而使泵室的内部压力降低，并因此不能排出工作流体时，在泵室中的工作流体的压力可以通过增压
25 机构而升高和保持。因为气泡容积减小，因此，可以通过驱动活塞或活动壁例如隔膜而压缩泵室的容积，从而排出泵室中的气泡。

在上述结构中，优选是增压机构包括可变容积腔室以及用于使该可变容积腔室和出口通道能够彼此连通的流动通道。

根据该结构，因为可变容积腔室与出口通道连通，因此，通过按压

可变容积腔室，增压机构可以简单地在与出口通道连通的泵室中产生高压。

在上述结构中，优选是可变容积腔室由弹性部件形成。

5 根据该结构，通过由弹性部件形成可变容积腔室，由于工作流体引入可变容积腔室而使得压力平稳升高，并能够防止由于压力而损坏构成泵的部件。而且，可变容积腔室还起到减小出口通道中的压力脉冲的作用。因此，可以防止由于与出口通道连接的外部管的影响而使泵能力产生变化。

而且，在上述结构中，优选是增压机构还包括容积改变机构，用于
10 施加压力以便改变该可变容积腔室的容积。

这时，促动器可以用作容积变化机构。

根据该结构，因为提供有用于改变可变容积腔室的容积的容积改变机构，因此可以根据泵室的状态控制可变容积腔室的容积。

在本发明中，优选是增压机构包括通道转换部分，用于在第一模式
15 和第二模式之间转换，在该第一模式中，流出泵室的工作流体引入该可变容积腔室内，而在该第二模式中，流出泵室的工作流体与可变容积腔室隔离。

根据该结构，例如当检测到在泵室中有气泡时，可以通过设置成使
20 流出泵室的工作流体引入该可变容积腔室内的第一模式而利用构成可变容积腔室的弹性部件的弹力来确实按压泵室中的工作流体。另一方面，当泵室中没有气泡时，工作流体控制成并不引入可变容积腔室内，而是排出至泵室外部，这样，可以高效驱动泵。

优选是，具有上述结构的泵还包括压力检测部分，用于检测可变容积腔室的内部压力。

25 这样，通过提供用于检测可变容积腔室的内部压力的压力检测装置，可以将可变容积腔室的内部压力控制在合适的压力范围内。

在上述泵中，优选是压力检测部分布置在泵室中。

因此，通过检测泵室的内部压力并判断在泵室中是否存留有气泡，可以合适控制泵室和增压机构的驱动。

在上述结构中，优选是通过增压机构增压的可变容积腔室的内部压力的表压范围在大约一个大气压至大约五个大气压之间。

根据该结构，可以尽可能减小存留于泵室中的气泡的容积，以便在使得构成泵的部件不会由压力损坏的情况下排出该气泡。

- 5 而且，优选是增压机构包括可变容积腔室、与出口通道连通的流动通道、以及用于打开和关闭流动通道的打开和关闭部件；且增压机构可从出口通道中拆卸，且可变容积腔室和出口通道能够通过将增压机构装入出口通道内而彼此连通。

- 10 这样，当可拆卸的增压机构装入出口通道中时，出口通道和增压机构彼此连通，因此，可变容积腔室中的压力升高，从而排出泵室中的气泡。当气泡并不存留于泵室中时，可以在拆下增压机构的状态下形成较小和较轻的泵。

而且，本发明的泵还包括加热部分，该加热部分作为气泡排出装置布置在泵室中。

- 15 根据该结构，通过用泵室中的加热部分加热存留的气泡，可以使气泡离开泵室中的停滞点，从而可以很容易排出气泡。

也优选地，加热部分装入泵室壁的内部，或者布置在泵室的拐角位置处。

- 20 在泵室中，已知气泡很容易存留于泵室的拐角部分或者在泵室的凸出壁部分处。因此，通过将加热部分装入泵室的壁内部而不产生任何凸出部分，或者通过将加热部分至少布置在泵室的拐角部分处，可以使气泡不能存留，或者使存留的气泡从气泡容易存留的泵室拐角部分排出。

而且，优选是提供有多个加热部分。

- 25 这样，通过布置多个加热装置，可以减小单位时间供给加热装置的能量大小，还可以快速排出存留的气泡，同时防止损坏泵。

而且，优选是上述泵还包括用于检测泵室的内部压力的压力检测部分。

因此，通过检测泵室的内部压力，并确实检查在泵室中是否存留有气泡，可以合适控制泵的驱动。

而且, 优选是当驱动活塞或活动壁时, 加热信号输入加热部分。

因此, 通过用加热部分加热泵室中的工作流体, 同时允许活塞或隔膜工作, 可以升高泵室的内部压力, 从而排出存留于泵室中的气泡。

在上述结构中, 还优选是将脉冲形加热信号输入加热部分, 且与该
5 加热信号同步地驱动活塞或活动壁。

而且, 因为前述泵使得加热部分能够以脉冲形状加热工作流体, 并使得隔膜能够与该脉冲同步工作, 因此可以减小加热部分中的能量消耗, 并有效排出存留于泵室中的气泡。

在上述泵中, 优选是加热部分加热工作流体, 以便改变与加热部分
10 接触的工作流体的相。

因为由于相变而可以在泵室中产生气泡, 且可以在泵室中引起复杂和无停滞的、流出出口通道的流动, 因此可以很容易排出存留于泵室中的气泡。

15 附图说明

图 1 是表示本发明第一实施例的泵的垂直剖视图。

图 2 是表示本发明第一实施例的泵的内部状态的曲线图。

图 3 是表示本发明第一实施例的泵的驱动电路的方框图。

图 4 是表示用于本发明第二实施例的泵的副泵室的隔膜的平面图。

20 图 5 是表示本发明第三实施例的泵的一部分的垂直剖视图。

图 6 是表示本发明第三实施例的泵的驱动电路的方框图。

图 7 是表示本发明第四实施例的泵的垂直剖视图。

图 8 是表示本发明第四实施例的泵的驱动电路的方框图。

图 9 是表示本发明第五实施例的泵的垂直剖视图。

25 图 10 是表示本发明第六实施例的增压机构的垂直剖视图。

图 11 是表示本发明第六实施例的泵的一部分的垂直剖视图。

图 12 是表示本发明第七实施例的泵的一部分的垂直剖视图。

图 13 是表示本发明第七实施例的加热器的平面图。

图 14 是表示本发明第七实施例的加热器的变化实例的平面图。

图 15 是表示本发明第七实施例的泵的驱动电路的方框图。

图 16 是表示本发明第七实施例的加热器的另一变化实例的平面图。

图 17 是表示本发明另一实施例的泵的垂直剖视图。

参考标号

- | | |
|----|---------------|
| 5 | 10、100、200： 泵 |
| | 20： 泵壳体 |
| | 21： 流入通道 |
| | 24： 副泵室 |
| | 27： 主泵室 |
| 10 | 28： 流出通道 |
| | 30： 进口连接管 |
| | 31： 出口连接管 |
| | 41、42： 止回阀 |
| | 50： 壳体 |
| 15 | 45、60： 隔膜 |
| | 70： 压电元件 |
| | 71： 板形压电元件 |

具体实施方式

20 下面将参考附图介绍本发明的实施例。

图 1 至 17 中表示了本发明的实施例。

第一实施例

图 1 至 3 表示了第一实施例的泵 10。

25 图 1 是表示本发明第一实施例的泵 10 的结构的垂直剖视图。在图 1 中，泵 10 基本包括：杯形壳体 50，层叠压电元件 70 固定在该杯形壳体 50 上；流入通道 21，用于引入工作流体；流出通道 28，用于排出工作流体；以及泵壳体 20，该泵壳体 20 具有副泵室 24 和主泵室 27。

层叠压电元件 70 的一端通过固定装置（例如粘接剂）而固定在壳体 50 的内侧底部上，且主泵室隔膜 60 紧密固定在壳体 50 的边缘部分的顶

表面以及层叠压电元件 70 的另一端的顶表面上。泵壳体 20 固定在主泵室隔膜 60 的顶表面的外周边缘部分上，这样，固定部分保持气密密封。主泵室 27 形成于主泵室隔膜 60 和凹部之间的空间内，该凹部形成于泵壳体 20 的底部中。

5 另一方面，在泵壳体 20 的上部有凹部，且副泵室隔膜 45 气密固定在该凹部的边缘部分的顶表面上，由此形成副腔室 24。副泵室隔膜 45 由比主泵室隔膜 60 更薄的板部件形成，并可通过副泵室 24 的内部压力而变形。板形压电元件 71 固定在副泵室隔膜 45 的顶表面上。副泵室隔膜 45 和板形压电元件 71 形成单压电晶片促动器。

10 板形压电元件 71 可以贴附在副泵室隔膜 45 的两个表面上，以便形成双压电晶片促动器，这时应当知道，板形压电元件 71 与工作流体接触地紧密安装，同时可以形成具有较大位移的促动器。

下面将介绍沿工作流体流动通道的结构。流入通道 21 形成从泵壳体 20 凸出的进口连接管 30，并通过副泵室的进口阀孔 22 以及副泵室的进口阀安装孔 23 而与副泵室 24 连通。副泵室的进口止回阀 42 固定在副泵室的进口阀安装孔 23 的边缘上，该进口止回阀 42 作为用于打开和关闭副泵室的进口阀安装孔 23 的流体阻挡元件。主泵室的进口阀孔 25 以及主泵室的进口阀安装孔 26 布置在副泵室 24 和主泵室 27 之间。主泵室的进口止回阀 42 固定在主泵室的进口阀安装孔 26 的边缘上，该进口止回
20 阀 42 作为流体阻挡元件，包括能够打开和关闭主泵室的进口阀孔 25 的打开和关闭部件。

主泵室 27 与流出通道 28 连通。流出通道 28 具有：较窄管部分，该较窄管部分与主泵室 27 相连；以及较宽管部分，该较宽管部分的截面面积从较窄管部分的中间部分开始变大，该较窄管部分和较宽管部分连续
25 形成。出口通道的外周部分构成出口连接管 31。

而且，尽管未示出，由具有弹性的硅橡胶制成的管与进口连接管 30 和出口连接管 31 连接。

下面定义流动通道的惯性值。假定流动通道的截面面积为 S ，流动通道的长度为 r ，且工作流体的密度为 ρ ，则获得下面的等式： $L = \rho \times r/s$ 。

假定流动通道的压力差为 ΔP ，在流动通道中流动的工作流体的容积流量为 Q ，那么通过利用惯性值 L 对流动通道中的流体气动等式进行变形，可以获得下面的等式： $\Delta P=L \times dQ/dt$ 。

也就是，惯性值 L 表示单位压力对单位时间容积流量变化的影响程度，其中，当惯性值 L 增加时，单位时间容积流量变化变得更小，且当惯性值 L 减小时，单位时间容积流量的变化变得更大。

具有不同形状的多个流动通道的并联连接或具有不同形状的多个流动通道的串联连接可以这样计算，即，通过类似于电路中的电感的并联连接或串联连接的方式对各流动通道的惯性值进行组合。例如，当惯性值分别是 L_1 和 L_2 的两个流动通道串联连接时，合成的惯性值表示为 L_1+L_2 。

下文中所述的进口通道的意思是从主泵室 27 的内部延伸至主泵室的进口阀孔 25 的进口端表面的流动通道。在本发明的第一实施例中，因为有副泵室隔膜 45（作为脉冲吸收装置）的副泵室 24 与流动通道的中间部分连接，因此，进口通道的意思是从主泵室 27 的内部延伸至脉冲吸收装置的连接部分的流动通道。

因此，当副泵室隔膜 45 具有较高刚性，因此具有较小脉冲吸收效果时，需要计算直到脉冲吸收装置（例如在副泵室 24 的上游的管）的主泵室进口通道的合成惯性值。

出口通道的意思是延伸至流出通道 28 的出口端表面的流动通道，因为作为脉冲吸收装置的管与出口连接管 31 连接。

然后，确定止回阀的打开和关闭部件的惯性值。打开和关闭装置的惯性值总是与该打开和关闭部件的质量以及由该打开和关闭部件关闭的流动通道（阀孔）的截面面积相关，表示为：（打开和关闭部件的惯性值） $= ((\text{打开和关闭部件的质量}) / (\text{由打开和关闭部件关闭的流动通道的截面面积})^2)$ 。当通过使流动通道从打开和关闭部件整个关闭流动通道的状态打开而有较小流量时，该打开和关闭部件的惯性值表示单位压力对单位时间容积流量变化的影响程度，与流动通道的惯性值类似，其中，当惯性值增大时，单位时间容积流量变化变得更小，而当惯性值降低时，

单位时间容积流量变化变得更大。

下面将参考图 2 介绍第一实施例的泵在工作时的内部状态。其中还参考图 1。

图 2 是曲线图，表示当主泵室 27 和副泵室 24 充满工作流体（在本发明第一实施例的泵 10 中，该工作流体是液体（水））时，层叠压电元件 70 的驱动电压（V）与主泵室 27 的压力（MPa）（表示为关于时间的绝对压力）的波形关系。在图 2 中，因为层叠压电元件 70 随驱动电压增大而膨胀，因此，主泵室隔膜 60 升高，从而压缩主泵室 27 的容积。在图 2 中可以看见，在经过驱动电压的波谷后，由于主泵室 27 压缩，因此压力开始增加，且在经过具有最大向上斜率的驱动电压点之后，主泵室 27 的内部压力快速降低，并基本回落至 0 绝对压力。

特别是，首先，当在主泵室的进口止回阀 42 关闭的状态下压缩主泵室 27 时，由于流出通道（出口通道）28 的较大惯性而使主泵室 27 的内部压力大大增加。通过增加主泵室 27 的内部压力，在较小管部分中的工作流体加速，因此积累产生惯性效应的动能。当层叠压电元件 70 的膨胀和收缩速度的斜率降低时，由于在出口通道中的工作流体积累的动能所形成的惯性效应，工作流体将连续流动，因此，主泵室 27 的内部压力快速降低，从而变得小于副泵室 24 的内部压力。

这时，主泵室的进口止回阀 42 由于压力差而打开，因此，工作流体从副泵室 24 流入主泵室 27 内。这时，因为主泵室 27 的进口通道的合成惯性值以及主泵室的进口止回阀 42（作为打开和关闭部件）的惯性值足够小于上述出口通道的惯性值，因此导致工作流体高效流入。

主泵室 27 的流出和流入同时发生的该状态持续，直到层叠压电元件压缩和然后再次膨胀。这表示为图 2 中的主泵室 27 的内部压力的扁平部分。

也就是，在本发明第一实施例的泵 10 中，因为长时间持续排出和吸入，因此允许较大容积流量流动，且因为泵室内部有非常高的压力，因此可以处理高负载压力。

这时，在副泵室 24 中，副泵室隔膜 45 通过变形来吸收副泵室 24 的

内部压力脉冲。因此，从具有较大惯性值的流入通道 21 流向副泵室 24 的工作流体流入是具有很小脉冲的静态流，且副泵室的进口止回阀 41 持续打开。这样，副泵室隔膜 45 的效果是抑制流入通道 21 的脉冲，同时通过它的变形而使主泵室 27 的进口通道的惯性值较小。这时，因为副
5 泵室的进口止回阀 41 持续为打开状态，因此不会出现例如产生流阻或疲劳失效的问题。

下面将参考图 1 和 3 介绍当泵 10 开始它的操作时的起动作用 (priming action)。

图 3 是本发明第一实施例的驱动电路系统的方框图。起动作用是这
10 样的作用，即在空气泡存留于泵内的情况下，当起动还没有自动吸收液体的能力的主泵室时，液体利用另一泵来充装。在图 3 中，泵 10 的驱动电路系统包括：层叠压电元件 70，用于驱动主泵室隔膜 60；板形压电元件 71，用于驱动副泵室隔膜 45；转换电路 85，该转换电路 85 作为驱动
15 转换控制单元，用于在层叠压电元件 70 和板形压电元件 71 之间转换驱动；以及泵驱动控制电路 80，用于控制泵 10 的驱动。

在工作流体并没有装满主泵室 27 的情况下，在泵操作的开始阶段，由泵驱动控制电路 80 产生的驱动电压通过转换电路 85 而施加在板形压电元件 71（该板形压电元件 71 安装在副泵室隔膜 45 上）上。该驱动电压例如是正弦波。因为副泵室隔膜 45 由薄板部件形成，并构成具有较大
20 位移量的单压电晶片促动器，因此，副泵室 24 通过驱动电压而产生较大容积变化。副泵室的进口止回阀 41 布置在副泵室 24 的进口侧，且主泵室的进口止回阀 42 布置在该副泵室 24 的出口侧。主泵室的进口止回阀 42 起到副泵室 24 的出口止回阀的功能。

因为副泵室 24 包括在进口和出口的止回阀，并因此具有较大的容积
25 变化量，所以，该副泵室起到能够传送气体和液体的泵的功能，且因为副泵室 24 和主泵室 27 排出气体，并从而充满作为工作流体的液体，因此，该泵可以通过主泵室 27 的容积变化而工作。在通过定时器（未示出）而过去足够时间后，转换电路 85 转换成向层叠压电元件 70 施加驱动电压，从而能够自动进行高功率操作。

而且，在主泵室 27 的工作过程中，可以通过检测板形压电元件 71 的端电压来检测副泵室隔膜 45 的工作状态。当在主泵室 27 的工作流体中存留有气泡而削弱泵的能力时，副泵室隔膜 45 的操作量减小。这时，通过利用板形压电元件 71 使副泵室隔膜 45 工作，从而排出气泡，然后
5 转换驱动电压，这样，主泵室隔膜 60 由层叠压电元件 70 驱动，可以恢复泵能力。起动作用通过执行前述驱动控制来实现。

在前述第一实施例中，因为副泵室 24 包括在进口和出口处的止回阀 41、42，并从而有较大容积变化量，因此，该副泵室能够起到传送气体和液体的泵的功能，且因为副泵室 24 和主泵室 27 排出气体，并从而充
10 满作为工作流体的液体，因此，该泵可以通过主泵室 27 的容积变化而工作。

在通过定时器计时而过去足够时间后，转换电路 85 转换成向主泵室 27 的层叠压电元件 70 施加驱动电压，从而能够自动进行高功率操作。

而且，在主泵室 27 的工作过程中，可以通过检测板形压电元件 71
15 的端电压来检测副泵室隔膜 45 的工作状态。当在主泵室 27 的工作流体中存留有气泡而削弱泵的能力时，副泵室隔膜的操作量减小。这时，通过利用板形压电元件 71 使副泵室隔膜 45 工作，从而排出气泡，然后转换驱动电压，这样，主泵室隔膜 60 由层叠压电元件 70 驱动，可以恢复泵能力。

而且，因为主泵室进口通道是副泵室出口通道，且用于打开和关闭主泵室进口通道的流体阻挡元件（止回阀 42）是用于打开和关闭副泵室出口通道的流体阻挡元件，因此，工作流体的流动通道缩短，这样，可以减小流动通道的流阻。因此，可以简化泵 10 的结构，并减少部件数目，
20 从而实现低成本。

在上述第一实施例中，已经介绍了当隔膜 60 用作使主泵室 27 的容积变化的装置时的情况，但是本发明的目的也可以通过使用活塞来实现。

第二实施例

下面将参考图 4 介绍本发明的第二实施例。

第二实施例的泵的基本结构与前述第一实施例类似，但是与第一实

施例的区别在于：贴附在副泵室 24 的板形压电元件 71 上的驱动电极 52 的一部分为分开的，并形成检测电极 53。

图 4 是本发明第二实施例的泵在从副泵室隔膜侧看时的平面图。在图 4 中，形成于板形压电元件 71 上的电极 52 的一部分是分开的，以便
5 形成检测电极 53，该板形压电元件 71 贴附在副泵室隔膜 45 的顶表面上。

下面将介绍该检测电极的功能。在起动作用过程中例如起动泵时，在前述第一实施例中，驱动电压施加在板形压电元件上。不过，在第二实施例中，因为检测电极 53 隔离开，因此，即使在起动作用过程中（当驱动电压施加在板形压电元件 71 上时），也可以检测副泵室隔膜 45 的运
10 动。当副泵室 24 中的气体通过副泵室隔膜 45 的操作而排出，从而使液体充满副泵室 24 时，由于副泵室的压缩比差，因此不久之后主腔室 27 中充满工作流体，由此副泵室隔膜 45 的运动减小。因此，当长管与流入侧连接时，与进行时间管理的情况相比，可以更准确地检测起动作用结束时的正时，因此，可以在很短时间内将驱动电压转换至安装在主泵室
15 隔膜 60 上的层叠压电元件 70。

而且，通过使驱动电路与主泵室隔膜 60 和副泵室隔膜 45 的各压电元件独立连接，并一直监测检测电极 53，从而即使在泵工作过程中由于混入气泡等而使操作失效，也可以在不转换电路的情况下正确执行起动作用。

20 因此，根据上述第二实施例，因为检测电极 53 隔离开，因此，在起动作用过程中也可以检测副泵室隔膜 45 的运动，并可以准确地检测起动作用结束时的正时，因此，可以在很短时间内将驱动电压转换至安装在主泵室隔膜 60 上的层叠压电元件 70。

而且，通过使驱动电路与主泵室隔膜 60 和副泵室隔膜 45 的各压电
25 元件独立连接，并一直监测检测电极，从而即使在泵工作过程中由于混入气泡等而使操作失效，也可以在不转换电路的情况下正确执行起动作用。

第三实施例

下面将参考图 5 和 6 介绍本发明的第三实施例。第三实施例的泵的

基本结构与前述第一实施例类似，但是与该第一实施例的区别在于该泵包括在主泵室 27 中的压力传感器 90。与第一实施例相同的构成元件的说明将省略。

图 5 是本发明第三实施例的泵的垂直剖视图，而图 6 是本发明第三实施例的泵的驱动电路的方框图。在图 5 中，两个台阶形凹部 35 形成于主泵室 27 的内部顶壁中。由与前述板形压电元件 71 相同的材料制成的压力传感器 90 固定在该凹部 35 的、靠近主泵室 27 的台阶上。未示出的电极形成于压力传感器 90 的表面上，且该压力传感器与后面将介绍的泵驱动控制电路 80（见图 6）连接。凹部 35 有间隙，这样，该压力传感器 90 在弯曲时不会与壁接触。

在图 6 中，泵 10 的驱动电路系统包括：层叠压电元件 70，用于驱动主泵室隔膜 60；板形压电元件 71，用于驱动副泵室隔膜 45；压力传感器 90，用于检测主泵室 27 的内部压力；以及泵驱动控制电路 80，用于控制泵 10 的驱动。

在图 5 和 6 中，当气泡存留于主泵室 27 中时，主泵室 27 的内部压力降低。该状态由压力传感器 90 检测到，且驱动信号从泵驱动控制电路 80 输出至板形压电元件 71，从而驱动副泵室隔膜 45，以便增加副泵室 24 的内部压力。因此，存留于主泵室 27 中的气泡从泵室排出。也就是，副泵室隔膜 45 的板形压电元件 71 随主泵室 27 的内部压力变化同步驱动。

在第一至第三实施例中，所构成的泵并不包括在主泵室 27 的流出通道 28 侧的止回阀，但是在包括止回阀和所需起动作用的泵中，可以获得类似优点。

因此，根据第三实施例，因为压力传感器 90 布置在主泵室 27 中，因此可以准确检测由于气泡混入主泵室 27 中而引起的工作故障。而且，在本发明的第三实施例中，因为副泵室隔膜 45 的板形压电元件 71 可以与主泵室隔膜 60 同步驱动，因此可以进一步提高主泵室 27 的抽吸效率，从而可以提供更高功率的泵。

第四实施例

下面将参考图 7 和 8 介绍本发明的第四实施例。第四实施例基本有

第一实施例的技术精神，但是与第一实施例的区别在于设有增压机构 150，该增压机构 150 作为气泡排除单元代替副泵室 24（见图 1）。

图 7 是本发明第四实施例的泵的垂直剖视图。在图 7 中，泵 100 基本包括：杯形壳体 50，层叠压电元件 70 固定在该杯形壳体 50 上；流入通道 121，用于引入工作流体；流出通道 128，用于排出工作流体；泵壳体 120，该泵壳体 120 有泵室 127；以及增压机构 150（在图中以虚线包围），用于向泵室 127 施压。

在杯形壳体 50 中，层叠压电元件 70 的一端固定在该杯形壳体 50 的内侧底部上，隔膜 60 固定在壳体 50 的边缘部分以及层叠压电元件 70 的另一端的顶表面上。泵壳体 120 气密固定在隔膜 60 的顶表面上，且泵室 127 形成于在隔膜 60 和泵壳体 120 的底部之间的空间内。

流入通道 121 和流出通道 128 形成为通向泵室 127。在流入通道 121 中，作为用于打开和关闭流入通道 121 的流体阻挡元件的止回阀 122 布置在与泵室 127 连接的部分处。构成流入通道 121 的柱形部分的外周的一部分起到进口连接管 130 的作用，将与未示出的外部管连接。流出通道 128 包括：较窄管形部分，该较窄管形部分与泵室 127 相连；较宽管形部分，该较宽管形部分的截面面积以连续形成方式变大。构成流出通道 128 的柱形部分的外周起到出口连接管 131 的作用，将与未示出的外部管连接。例如，由硅橡胶制成的管可以用作外部管。

压力传感器 90 固定在泵室 127 的内部顶壁上，该压力传感器 90 作为用于检测泵室 127 的内部压力的压力检测部分。

泵 100 设置有增压机构 150，在图中，该增压机构由虚线包围。

增压机构 150 包括：金属波纹管 151，该金属波纹管为弹性部件；促动器 170，该促动器 170 由作为波纹管 151 的容积变化机构的压电元件而形成；以及断流阀 140，用于切断在流出通道 128 中的工作流体的运动。波纹管 151 紧密固定在出口连接管 131 的侧表面上，且它的开口部分 152 与流动通道 132 连接，该流动通道 132 与流出通道 128 连通。

可变容积腔室形成于波纹管 151 内部，且压力传感器 91 布置在该波纹管 151 内部，该压力传感器 91 作为用于检测波纹管 151 的内部压力的

压力检测部分。波纹管 151 的容积通过促动器 170 而变化。

在第四实施例中，促动器 170 的、与波纹管 151 相反侧的端部固定在进口连接管 130 的侧部，且该促动器通过未示出的驱动部分而往复运动。促动器包括用于压缩波纹管 151 的按压部分 171，且该按压部分由泵
5 驱动控制电路 180（见图 8）驱动。

此外，流出通道 128 的较宽管部分的、在与波纹管 151 连接的位置处的截面面积是较窄管部分的截面面积的两倍。因此，流过与波纹管 151 连接的流动通道 132 的流体的速率降低，从而可以使流体在经过流动通道时的能量损失减小。

10 在第一实施例中已经介绍了对驱动本发明的泵很重要的惯性值关系，因此省略对它的说明。在第四实施例中的进口通道和出口通道将进行定义。

在用于使工作流体流入泵室 127 的流动通道中，从泵室 127 的开口部分延伸至与脉冲吸收装置连接处的流动通道定义为进口通道。这里，
15 脉冲吸收装置是充分减小流动通道的内部压力变化的装置。此外，由例如硅橡胶、树脂、薄金属等材料（这些材料可以很容易地通过内部压力而变形）制成的流动通道、与流动通道相连的储能器、用于组合具有多个不同相位的压力变化的组合流动通道等都相当于脉冲吸收装置。

在第四实施例中，因为外部管例如硅橡胶管与进口连接管 130 连接，
20 从泵室 127 的开口部分延伸至流入通道 121 中的硅橡胶管（即该流入通道 121 自身）的连接侧端表面的流入通道定义为进口通道。

此外，出口通道的定义类似于进口通道。也就是，在工作流体从泵室 127 排入的流动通道中，从泵室 127 的开口部分延伸至与脉冲吸收装置连接的部分的流动通道定义为出口通道。在本发明的第四实施例中，
25 因为在流出通道 128 途中的波纹管 151 具有在后面所述的排出模式中吸收压力脉冲的功能，因此，从泵室 127 的开口部分延伸至与波纹管 151 连接的部分的流出通道 128 定义为出口通道。

下面将介绍第四实施例的泵 100 以排出模式驱动时的情况。

排出模式的意思是当工作流体能够朝着流出通道 128 的下游流出时

的工作模式，并在工作流体充满泵室 127 的情况下进行，因此气泡不会存留在泵室 127 中。这时，断流阀 140 并不断开流出通道 128。促动器 170 的按压部分 171 与波纹管 151 分离，如图 7 所示。因此，波纹管 151 可以通过内部压力而自由变形，且该波纹管 151 起到减小在流出通道 128 中的压力脉冲的功能。因此，即使当由任意材料制成的外部管与出口连接管 131 相连时，出口通道的惯性值也不受影响，因此，可以防止泵的能力由于外部管而变化。仅仅将弹性部件形成的可变容积腔室代替波纹管 151 时，也可以获得相同的优点。

下面将介绍第四实施例的泵 100 在驱动时的内部状态。泵 100 的内部状态与上述第一实施例（见图 2）类似，它们的说明将省略，因此将详细介绍第四实施例的特征。

下面将参考图 2 和 7 介绍特征。在图 2 中，可以看见，泵室 127 的内部压力升高至大约 2 MPa，第四实施例的泵 100 使泵室 127 中产生高压，从而获得高功率。因此，特别当气泡存留于泵室 127 中时，在层叠压电元件 70 从它的最大收缩状态变成它的最大膨胀状态的过程中，由于隔膜 60 的变形而产生的泵室 127 容积变化（下文中称为排斥容积）用于压缩该气泡，因此无助于增加泵室 127 的内部压力，从而使泵不能合适工作。因此，重要的是快速排除存留的气泡。

下面将参考图 7 和 8 介绍第四实施例的泵 100 以气泡排出模式驱动时的情况。

图 8 是第四实施例的泵 100 的驱动电路的方框图。其中，气泡排出模式的意思是当在泵室 127 中存留有气泡时将执行的工作模式。在图 8 中，泵 100 的驱动电路系统包括：压力传感器 90（见图 7），用于检测泵室 127 的内部压力；压力传感器 91，用于检测波纹管 151 的内部压力；增压机构 150；以及用于控制它们的泵驱动控制电路。

下面将介绍当泵以气泡排出模式驱动时已有气泡通过增压机构 150 的排出。

当在驱动状态下、压力传感器 90 检测的泵室最大内部压力小于泵室在正常驱动时的最大内部压力时，特别是为该最大内部压力的一半或更

小时，泵驱动控制电路 180 判断在泵室 127 中存留有气泡。然后，泵驱动控制电路 180 向增压机构 150 发出指令。根据该指令，首先，断流阀 140 转换成并不断开流出通道 128。然后，图 7 中的促动器 170 允许按压部分 171 向左伸展，并与波纹管 151 接触，然后沿向左方向压缩波纹管 151，这样，由波纹管 151 形成的腔室的容积大大减小。因此，存留于由波纹管 151 形成的腔室中的气泡能够从断流阀 140 向下游流出。

然后，断流阀 140 断开流出通道 128，促动器 170 使得按压部分 171 缩回并与波纹管 151 分离。因为波纹管 151 由弹性部件形成，它通过自身弹力而恢复至初始状态。这样，工作流体充满波纹管 151。随后，促动器 170 能够再次压缩波纹管 151。因此，从波纹管 151 内部至泵室 127 的工作流体的压力可以升高。

存留于泵室 127 中的气泡容积通过按压而减小，且气泡的容积可以充分小于排斥容积 (exclusion volume)。这时，需要将波纹管 151 的腔室设置成大约一个大气压或更大表压，优选是压力在大约一个大气压和五个大气压之间。通过使泵驱动控制电路 180 能够根据由压力传感器 91 (该压力传感器 91 用于检测由波纹管 151 形成的腔室的压力)检测的值，来控制用于压缩波纹管 151 的促动器 170，可以升高波纹管 151 的内部压力直到合适压力。

随后，当驱动层叠压电元件 70 时，与排出模式类似，泵室 127 的内部压力足够升高，工作流体从泵室 127 排出至流出通道 128。存留于泵室 127 中的气泡通过泵室 127 中的工作流体的流动而流入波纹管 151 中。

泵驱动控制电路 180 包括定时器 (未示出)，用于计数在断流阀 140 断开流出通道 128 之后驱动层叠压电元件 70 的时间。在由定时器计数预定时间间隔 (该预定时间间隔作为足以排出存留于泵室 127 中的气泡的时间) 之后，断流阀 140 解除流出通道 128 的断开，且促动器 170 缩回至与波纹管 151 分开的位置。然后结束气泡排出模式。

这时，由于从泵室 127 排出的工作流体，波纹管 151 的内部压力升高，但是该波纹管设计成这样，即由于压力的变形限制在弹性变形的允许范围内。这样，通过由弹性部件形成可变容积腔室，压力可以由于引

入工作流体而平滑升高，从而可以防止破坏泵 100 的构成元件。

此外，泵驱动控制电路 180 能够通过利用由布置在波纹管 151 中的压力传感器 91 检测的值来控制促动器 170，因此可以确实抑制波纹管 151 的内部压力升高。

- 5 泵可以构成这样，即释放阀布置在波纹管 151 中，且可以在波纹管 151 的内部压力升高太大时通过打开释放阀而确实抑制波纹管 151 的内部压力升高。

因此，在第四实施例中，因为设置了用于升高和保持泵室 127 中的工作流体压力的增压机构 150，因此，当在泵室 127 中存留有气泡，且泵
10 室 127 的内部压力减小、并因此不能排出工作流体时，可以升高和保持泵室 127 中的工作流体压力。因此，气泡的容积减小，这样，可以通过利用隔膜 60 的操作来压缩泵室 127 容积，从而可以排出泵室中的气泡。

增压机构 150 按压波纹管 151，但是因为波纹管 151 的可变容积腔室与流出通道 128 连通，因此可以在与流出通道 128 连通的泵室 127 中简
15 单地产生高压。

因此，通过由弹性部件形成可变容积腔室，由于工作流体引入可变容积腔室而引起的压力增加平滑。因此，可以防止泵的构成元件由于压力而损坏。而且，通过由弹性部件形成可变容积腔室，可变容积腔室能够有减小在出口通道中的压力脉冲。因此，可以防止泵能力由于与出口
20 通道连接的外部管的影响而变化。

第四实施例的第一变化实例

在上述第四实施例的变化实例中，例如可以通过任意设定由泵驱动控制电路 180 的定时器计数的时间间隔，以及通过使泵在气泡排出模式结束后以排出模式工作，从而检查泵室 127 中的压力传感器 90 的检测值。

- 25 根据该变化实例，通过重复进行气泡排出模式工作，直到气泡排出，这可以确实排出气泡。

在上述第四实施例中，因为当利用泵室 127 中的压力传感器 90 判断存留有气泡时才执行气泡排出模式工作，该气泡排出模式工作并不是浪费地进行，而是可以以合适的时间间隔执行气泡排出模式工作。

这时，可以省略压力传感器 90，从而可以简化结构。

而且，当流出通道 121 和流出通道 128 与外部管连接时，可以在没有断流阀 140 的情况下通过用促动器 170 按压波纹管 151 而升高和保持泵室 127 的内部压力，从而有相同的优点。而且，尽管设置有促动器 170 5 以便按压波纹管 151，但是即使当设置有显示装置，用户可以通过该显示装置观察压力传感器 91 的输出，且用户可操作断流阀 140 以便按压波纹管 151 时，也可以获得相同的优点。

第四实施例的第二变化实例

在第四实施例中，压力传感器 90 作为泵室 127 中的泵室压力检测装置，但是也可以采用不同装置。10

例如，泵室 127 的内部压力可以通过用应变仪或位移传感器测量隔膜 60 的变形来计算。

而且，泵室 127 的内部压力可以通过用应变仪测量壳体 50 的变形来计算。

15 而且，泵室 127 的内部压力可以通过用应变仪或位移传感器测量当止回阀 122 关闭时打开和关闭部件的变形来计算。

而且，泵室 127 的内部压力可以通过用电流传感器测量用于驱动层叠压电元件 70 的电流来计算。而且，通过在层叠压电元件 70 中设置应变仪，泵室 127 的内部压力可以根据施加给层叠压电元件 70 的电压以及 20 应变仪的测量值来计算。这时，通过使用电阻变化、电容变化或电压变化检测变形量的任意类型应变仪都可以使用。作为波纹管 151 的内部压力检测装置，可以采用通过由应变仪检测波纹管 151 的变形而计算压力的结构。

第四实施例的第三变化实例

25 在上述第四实施例中，压电元件用作促动器 170，但是除了压电元件外，也可以采用电磁型促动器、形状记忆金属型促动器等。因为形状记忆金属型促动器可以利用简单结构实现较大量的变形，因此为优选。

而且，形成可变容积腔室的弹性部件可以由橡胶或树脂材料制成，但是由金属制成的弹性部件特别优选，因为它能够防止工作流体的蒸发。

而且，可变容积腔室可以为薄膜形或隔膜形，但是因为在第四实施例中所述的波纹管形可以引起较大的变形，且层叠压电元件 70 可以在气泡排出模式下驱动很长时间，因此，它的优点是使气泡能够很容易排出。

因此，根据第四实施例的变化实例的结构，可以获得与第四实施例 5 类似的优点。

下面将参考图 9 介绍本发明第五实施例的泵。

第五实施例的泵的基本结构类似于第四实施例（见图 7），但是与该第四实施例的区别在于该泵有在第一模式和第二模式之间转换的结构，在该第一模式中，流出泵室 127 的工作流体引入由波纹管 151 形成的腔室内，而在该第二模式，由波纹管 151 形成的腔室与流出泵室 127 的工作流体流断开。因此主要介绍该区别点。相同功能部件以与第四实施例（见图 7）相同的参考标号表示。

图 9 表示了第五实施例的泵 100 的垂直剖视图。在图 9 中，由虚线包围的增压机构 150 布置在流出通道 128 中。该增压机构 150 包括：金属波纹管 151，该金属波纹管 151 由弹性部件形成；以及转换阀 190（在图中由双点划线包围），该转换阀 190 是通道转换装置。转换阀 190 包括：转换阀 182，用于打开和关闭流动通道 132，该流动通道 132 在由波纹管 151 形成的腔室的开口部分 152 处与流出通道 128 连通；以及转换阀 183，用于打开和关闭流出通道 128。

转换阀 190 的作用是在第一连接状态和第二连接状态之间转换，在该第一连接状态，通过打开转换阀 183 而使从泵室 127 延伸至转换阀 182 的流出通道 128 与在下游侧的流出通道 128 彼此连通，且通过关闭转换阀 182 而使由波纹管 151 形成的腔室与流出通道 128 断开；而在该第二连接状态，从泵室 127 延伸至转换阀 182 的流出通道 128 与由波纹管 151 形成的腔室彼此连通，且在转换阀 183 下游侧的流出通道 128 通过关闭转换阀 183 而断开。

在流出通道 128 中，流出通道 128 的、在布置转换阀 183 的位置处的截面面积是流出通道 128 的、与泵室 127 连接的较窄流动通道部分的截面面积的两倍。原因已经在第四实施例中介绍。作为波纹管的内部压

力检测装置的压力传感器 91 布置在波纹管 151 内,用于检测由波纹管 151 形成的腔室的压力。

这里,在第五实施例中,进口通道和出口通道的定义以及惯性值的关系都与第四实施例相同。

5 下面将介绍第五实施例的泵 100 以排出模式驱动时的情况。在第五实施例中,在排出模式下,转换阀 190 转换至第一连接状态,以便使工作流体能够朝着流出通道 128 的下游侧流出。这时,当驱动层叠压电元件 70 时,在泵室 127 中的压力板形与第一实施例(见图 2)类似。因此,与第一实施例类似,因为排出和吸收同时进行,因此可以传送较大容积
10 流量,且因为泵室有非常高的内部压力,因此可以处理很高负载压力。另一方面,当在泵室 127 中存留有气泡时,在第一实施例中已经说明该泵不能合适工作。

下面将介绍气泡排出模式,当在泵室中存留有气泡时执行该气泡排出模式。而且,尽管未示出,在转换阀控制系统中,当泵驱动控制电路
15 判断在泵室 127 中存留有气泡时,泵驱动控制电路向转换阀 190 发出指令,从而使转换阀 190 从第一连接状态转换至第二连接状态。

这时,因为波纹管 151 的内部增压至大约一个大气压或更高表压(优选是增加至大约一个大气压和五个大气压之间),泵室 127 基本增压至上述压力。这样,通过由弹性部件形成可变容积腔室,可以只通过弹性部
20 件的弹性力来施加压力。

因为通过按压使得存留在泵室 127 中的气泡容积变得小于泵室 127 的排斥容积,气泡通过层叠压电元件 70 的驱动而排出至波纹管 151 内,如第四实施例所述。因为泵驱动控制电路包括定时器(未示出),该定时器用于计数在转换阀 190 转换至第二连接状态之后驱动层叠压电元件 70
25 时的时间间隔,通过使用定时器,计数的预定时间间隔为足以排出存留于泵室 127 中的气泡的时间间隔,然后,转换阀 190 转换至第一连接状态,气泡排出模式结束。

这时,波纹管 151 的内部压力通过从泵室 127 排出的工作流体而升高,但是该波纹管设计成将由于内部压力引起的变形限制在弹性变形的

允许范围内。而且，泵可以构成这样，即未示出的释放阀布置在波纹管 151 中，且可以在波纹管 151 的内部压力升高太大时通过打开释放阀而抑制波纹管 151 的内部压力升高，从而可以将内部压力保持为大约一个大气压或更高表压的恒定值，且优选是该恒定值在大约一个大气压和五个大气压之间。在气泡排出模式中，排出存留的气泡，从而可以恢复泵能力。

下面将参考图 8 介绍波纹管按压模式，该波纹管按压模式将执行为使波纹管 151 的内部压力保持大约一个大气压或更高表压，优选是在大约一个大气压和五个大气压之间的值。

10 波纹管 151 的内部压力通过布置在波纹管 151 中的压力传感器 91 来检测。当检测的压力小于大约一个大气压的表压时，由泵驱动控制电路 180 向增压机构 150 发出指令，从而使转换阀 190 转换至第二连接状态。然后，通过层叠压电元件 70 驱动隔膜 60，从而使流体能够流出泵室 127 并流向流出通道 128，类似于排出模式。

15 然后，工作流体通过转换阀 182 流入波纹管 151 中，从而压缩由波纹管 151 形成的腔室的内部。当泵驱动控制电路 180 根据压力传感器 91 的检测值确认波纹管 151 的内部压力达到大约一个大气压或更高表压，且优选是在大约一个大气压和五个大气压之间的值时，由泵驱动控制电路 180 向增压机构 150 发出指令，从而使转换阀 190 转换至第一连接状态，并结束波纹管按压模式。通过执行该工作模式，即使当转换阀 190
20 等中产生泄漏时，波纹管 151 的内部也可以总是保持设定压力，从而可以等待气泡排出模式。

在上述第五实施例中，转换阀 190 包括两个阀，但是也可以使用集成的三通阀等。因为可以气密关闭的孔（未示出）布置在波纹管 151 中，
25 因此，当太多气泡收集在波纹管 151 中时，可以通过该孔排出气泡。

在上述第五实施例的变化实例中，当时间和波纹管 151 的泄漏量之间的关系为已知时，在波纹管中没有设置压力传感器 91 的情况下，可以每隔预定时间间隔执行波纹管按压模式。这样，通过由先前的波纹管按压模式结束之后直到当前波纹管按压模式开始之前的时间而得出泄漏

量，可以驱动层叠压电元件维持所需时间，以便使得容积与泄漏量相同的工作流体能够从泵室 127 流入波纹管 151 内。

而且，通过在没有设置压力传感器 91 的情况下，在由波纹管 151 形成的腔室中设有未示出的释放阀，可以每隔预定时间间隔执行波纹管
5 5 压模式。因此，如果在执行波纹管按压模式时波纹管 151 的内部压缩至高于由释放阀设定的压力，释放阀将打开，从而使工作流体泄漏，这样，可以使波纹管 151 的内部保持恒定压力。

在上述说明中，在第四实施例中所述的压力传感器可以同样用作在泵室 127 中用于检测泵室 127 内部压力的压力传感器 90 以及在波纹管 151
10 10 中的压力传感器 91。

因此，根据第五实施例，增压机构 150 设置有通道转换装置，用于在第一模式和第二模式之间转换，在该第一模式中，流出泵室 127 的工作流体引入波纹管 151 的腔室内，而在该第二模式中，波纹管 151 的腔室与流出泵室 127 的工作流体流断开。因此，可以通过构成可变容积腔
15 15 室的弹性部件的弹性力而确实压缩泵室 127 中的工作流体。

而且，因为设置了用于检测可变容积腔室的内部压力的压力传感器 91，因此可以将可变容积腔室的内部压力控制在合适压力范围内。而且，因为压力传感器 90 布置在泵室 127 中，因此可以检测在泵室 127 中是否存留有气泡。

而且，因为由增压机构 150 施加的压力设置成在大约一个大气压和五个大气压的表压之间的值，因此可以使存留于泵室中的气泡容积尽可能减小以便排出，同时不会由于该压力而损坏泵的结构部件。

第六实施例

下面将参考图 10 和 11 来介绍本发明第六实施例的泵。

25 25 本发明第六实施例的基本结构与上述第四实施例类似，除了增压机构，因此将详细介绍它们之间的区别。第六实施例的泵在不使外部管与流出通道 128 连接的情况下使用，它的结构并不需要在第四和第五实施例中所述的转换阀（见图 7 和 9），且它的特征在于增压机构 150 可从出口通道 128 上拆卸。

图 10 表示了第六实施例的单独增压机构的垂直剖视图。在图 10 中，增压机构 150 包括波纹管 151 和阀壳体 153，波纹管 151 固定在该阀壳体 153 上，且该增压机构 150 装有阀 156。

如上面第四实施例所述，存留工作流体的可变容积腔室以及开口部分 152 形成于波纹管 151 内，该波纹管紧密固定在阀壳体 153 的端部。

阀壳体 153 包括：开口部分 152，该开口部分 152 与波纹管 151 连通；进入孔 155，泵 100 的出口连接管 131（见图 11）插入该进入孔 155 内；阀安装孔 154，该阀安装孔 154 与开口部分 152 以及进入孔 155 连通，且阀 156 安装在该阀安装孔 154 中；以及杆插入孔 160，阀 156 的杆 159 插入该杆插入孔 160 内。用于防止工作流体从出口连接管 131 和进入孔 155 的连接部分处泄漏的密封部件 165 配合装入该进入孔 155 的中间部分处。

阀 156 与杆 159 连接，杆插入孔 160 在它们之前，且有固定该杆 159 的垫片 157。工作流体可通过的通孔 158 形成于垫片 157 中。此外，线圈弹簧 161 用于向阀 156 施力以便密封杆插入孔 160，线圈弹簧 161 布置在垫片 157 和进入孔 155 的内壁之间。

波纹管 151 的可变容积腔室通过波纹管 151 的弹性力压缩在大约一个大气压至五个大气压的表压范围内，与第四和第五实施例类似。

图 11 是表示上述增压机构 150 装入泵 100 的出口连接管 131 中的状态的局部垂直剖视图。在图 11 中，增压机构 150 的进入孔 155 插入出口连接管 131 中。这时，出口连接管 131 的前端部分与垫片 157 接触，并压缩线圈弹簧 161，从而使阀 156 运动至打开杆插入孔 160 的位置。这时，出口通道 128 与由波纹管 151 包围的腔室彼此连通，从而使工作流体能够流过它们之间的通孔 158。

下面将介绍在第六实施例的泵 100 中没有存留气泡时的情况。该情况将参考图 10 和 11 介绍。

在第六实施例的泵 100 中没有存留气泡时的正常状态下，增压机构 150 与出口通道 128 分离，以便是工作流体从流出通道 128 排出。这时，使工作流体排出至流出通道 128 的原理与第一实施例类似。因此，当气泡存留于泵室 127 中时，将阻碍泵室中的压力增加，因此大大降低泵能

力，因此，重要的是快速排除气泡。

下面将介绍在泵室 127 中存留有气泡时的情况。

当存留有气泡时，工作流体从流出通道 128 流出的量大大减小。因此，当用户观察到从流出通道 128 流出的量减小时，用户将增压机构 150
5 安装在出口连接管 131 上（见图 11）。在图 11 中，通过由出口连接管 131 的端部以比线圈弹簧 161 的弹性力更大的力来按压垫片 157，从而使线圈弹簧 161 收缩，因此使阀 156 打开，且在垫片 157 中用于工作流体的通孔 158 与打开的阀 156 彼此连通，因此，流出通道 128 与波纹管 151 的内部（腔室）连接。

10 这样，因为存留于泵室 127 中的气泡容积通过压缩泵室 127 的内部而减小，因此，存留的气泡可以通过流出通道 128 而排出至波纹管 151 内，如第四和第五实施例所述。这时，设置有用于防止出口通道 128 和波纹管 151 错误连接的锁定机构。

在本实施例中，通过在波纹管 151 中设置释放阀而抑制波纹管的内部
15 部压力升高。而且，通过在波纹管 151 中设置可以气密密封的孔，可以排出存留于波纹管中的气泡。

因此，根据第六实施例，因为增压机构可自由拆卸，因此当增压机构配合安装在出口通道中时，出口通道和增压机构彼此连通，且可变容积腔室的内部压力升高，从而排出泵室中的气泡。当在泵室中没有气泡
20 时，通过分离增压机构，可以形成较小和较轻的泵。

第七实施例

下面将参考图 12 至 14 介绍本发明的第七实施例。该第七实施例具有与上述第一至第六实施例相同的基本结构和工作流体排出操作，但是与它们的区别在于设置有加热部分作为泵室的气泡排出装置。

25 因此，将详细介绍在加热部分和气泡排出之间的关系。

图 12 表示了第七实施例的泵 200 的垂直剖视图。在图 12 中，泵 200 基本包括：杯形壳体 50，层叠压电元件 70 固定在该杯形壳体 50 上；流入通道 221，用于引入工作流体；流出通道 228，用于排出工作流体；泵壳体 220，该泵壳体 220 有泵室 227；以及环形加热器 212，该环形加热

器 212 布置在泵室 227 内。

在壳体 50 中，层叠压电元件 70 的一端部固定在内侧底部上，隔膜 60 固定在壳体 50 的两个边缘部分以及层叠压电元件 70 的另一端部上。泵壳体 220 气密固定在隔膜 60 的顶表面上，且泵室 227 形成于在隔膜 60 和泵壳体 220 的底部之间的空间内。

流入通道 221 和流出通道 228 形成为朝着泵室 227。在流入通道 221 中，作为用于打开和关闭流入通道 221 的流体阻挡元件的止回阀 222 布置在与泵室 227 连接的部分处。构成流入通道 221 的柱形部分的外周的一部分起到进口连接管 230 的作用，将与未示出的外部管连接。构成流出通道 228 的柱形部分的外周的一部分起到出口连接管 231 的作用，将与未示出的外部管连接。这里，作为未示出的外部管，例如可以使用由硅橡胶制成的管。

流入通道 221 自身定义为进口通道，流出通道 228 自身定义为出口通道。在惯性值的关系中，如上所述，进口通道侧的合成惯性值设置成小于出口通道侧的惯性值。

此外，环形加热器 212 固定在泵室 227 的内部顶壁的外周拐角部分上。该加热器 212 气密插入和固定在泵室 227 的顶壁的拐角部分上，因此，该加热器并不从泵室 227 的顶壁表面朝着泵室凸出。

图 13 是图 12 中所示的泵壳体 220 从泵室侧看时的平面图。

在图 13 中，加热器 212 布置在泵室 227 的拐角部分很容易存留气泡的位置。加热器 212 通过将电阻部件固定在氧化铝等陶瓷基质上，然后上面涂覆绝缘膜而形成。各种部件可以用作电阻部件，但是优选是使用具有高熔点的部件，特别是铂或铂合金。尽管未示出，用于向加热器 212 供电的引线通过泵壳体 220 引出。

泵室 227 的内部设置有未示出的压力传感器 90（见图 15）。

下面将参考图 14 介绍第七实施例的加热器 212 的变化实例。

在图 14 中，加热器 212 形成为圆板形状的薄板，并固定在泵室 227 的顶壁表面的较宽范围上，但是除了流入通道 221 和流出通道 228 的周围部分。加热器 212 插入泵室 227 的顶壁内，从而使它并不从顶壁表面

凸出。

下面将介绍第七实施例的泵 200 以工作流体排出模式进行驱动时的情况。

5 排出模式是并不向加热器 212 供电，且电压只施加在压电元件 70 上的模式。因为排出模式已经在上述第一至第六实施例中介绍，因此将省略对它的说明。这时，如上所述，当在泵室 227 中存留有气泡时，泵室的内部压力降低，泵能力降低，因此执行气泡排出模式。

下面将参考图 15（也见图 12）介绍第七实施例的泵 200 在气泡排出模式下驱动时的情况。

10 图 15 是泵 200 的驱动电路系统的方框图。在图 15 中，泵 200 的驱动电路系统包括：压力传感器 90，该压力传感器 90 作为泵室 227 中的压力检测装置；加热器 212；供电电路 265，用于控制加热器 212；以及泵驱动控制电路 280，用于控制泵 200 的驱动。

15 当泵 200 以排出模式驱动时，由压力传感器 90 检测的泵室最大内部压力小于当泵正常驱动时的泵室最大内部压力（特别是为 50%或更小），在这种情况下，泵驱动控制电路 280 判断在泵室 227 中存留有气泡，因此将驱动模式从排出模式转换成气泡排出模式。然后，泵驱动控制电路 280 向供电电路 265 发送信号，该供电电路 265 响应该信号而开始向加热器 212 供电。

20 因为加热器 212 布置在拐角部分，在该拐角部分处，流动停滞且容易存留气泡（如上所述），因此，在该加热器附近的存留气泡将由该加热器 212 加热，从而可以使气泡的容积膨胀。因此，当存留气泡的尺寸使它并不能完全容纳于停滞区域中时，该存留气泡将由于隔膜 60 的驱动而与泵室 227 内部的流动一起运动，从而可以从流出通道 128 排出。气泡
25 排出模式设置成在预定时间间隔后结束。

这时，在设有多个加热器 212 的情况下，通过使供电电路 265 构成成为根据时间将供电顺序转换至各加热器，可以在不改变供电的加热器的热量的情况下减小供电电流，因此可以使供电电路 265 减小。

另一方面，通过产生使得在加热器表面上的工作流体相变的热量，

由于该相变而可以从加热器 212 的各个表面部分产生气泡。在该方法中，与所产生气泡的容积相当的工作流体排出至流出通道 228。当给加热器 212 的供电停止时，相变结束，与排出工作流体容积相当量的工作流体通过止回阀 222 从流入通道 221 引入泵室 227 中。这时，因为由于相变而
5 从加热器 212 的各表面部分产生气泡，因此泵室 227 内部的流动复杂且不会停滞，因此可以排出在泵室的拐角部分收集的存留气泡，在排出模式中，该拐角部分是停滞区域。

而且，通过由来自供电电路 265 的供电产生足以使加热器 212 的表面上工作流体达到过热状态的热量，从而可以引起膜状沸腾 (film boiling)，即从加热器 212 的整个表面产生膜状气泡。该方法为优选，
10 因为由于相变产生的气泡容积增加，通过一次供电而从泵室 227 排出至流出通道 228 的工作流体的容积增加，因此很容易排出气泡。

图 16 表示了加热器 212 的变化实例。在图 16 中，加热器 212 包括两个加热器：布置在流入通道 221 侧的加热器 213 以及布置在流出通道
15 228 侧的加热器 214。

这时，通过利用供电电路 265 (见图 15) 而使通向各加热器的供电电流的相位偏移。因此，当通过一个加热器表面上的膜状沸腾产生的气泡内部压力超过最大值之后，通过另一加热器的表面上的膜状沸腾产生的气泡内部压力超过最大值。

而且，优选是布置成使加热器 213 靠近流出通道 228 的泵室 227 的开口部分，而使加热器 214 远离该开口部分，首先开始给远侧的加热器 214 供电，然后开始给加热器 213 供电，因此，可以很容易地产生从泵室 227 的拐角部分流向流出通道 228 的流动。当然，加热器 212 的数目可以为两个或更多。

当加热器 212 表面上的工作流体的相变时，隔膜 60 可以为停止状态和驱动状态中的任意一种，但优选是该隔膜 60 正在被驱动，因此，泵室内部的流动复杂，从而很容易排除存留的气泡。

在第七实施例中，泵驱动控制电路 280 和供电电路 265 可以控制成这样，即通过利用脉冲电流向加热器 212 进行供电而使得加热器 212 能

够以脉冲形状发热，并与发热同步地沿使泵室 227 容积减小的方向驱动隔膜 60。

因此，可以有效排出存留在泵室中的气泡，同时减小加热部分的能量消耗。

5 而且，优选是，当在一个气泡排出模式中重复几次开始和停止向加热器 212 供电时，将在泵室内部产生更复杂的流动，因此，存留的气泡能够更容易排出。而且，优选是通过在气泡排出模式结束之后以排出模式驱动该泵，从而检查由压力传感器 91 检测的值，这样，可以重复进行气泡排出模式的驱动，直到存留的气泡确实排出。

10 根据第七实施例，因为泵室 227 的内部压力通过在泵室 227 内部设置加热器 212 而升高，且气泡容积因而压缩，因此可以排出泵室 227 中的气泡。

而且，因为加热器 212 装入泵室 227 的壁内，因此加热器并不从壁中凸出，且该加热器至少布置在泵室 227 的拐角部分，因此，可以防止
15 气泡存留在凸出部分中（气泡很容易存留在该凸出部分中），还可以排出在泵室 227 的拐角部分处的存留气泡。

而且，当设置有多个加热器 212 时，可以减小单位时间供给加热器 212 的能量，并可以快速排出存留的气泡，同时防止破坏泵。

而且，因为压力传感器 90 布置在泵室 227 中，因此可以确实判断在
20 泵室 227 中是否存留有气泡，从而如上述排出在泵室 227 中的气泡。

而且，因为加热器 212 以脉冲形状发热，且与该脉冲同步地驱动隔膜 60，因此可以有效排出存留于泵室 227 中的气泡，同时减小加热器 212 的能量消耗。

而且，通过进行加热处理，以便产生使得与加热器 212 接触的工作
25 流体相变的热量，在泵室 227 中由于相变而产生气泡，因此可以在泵室 227 中产生流向流出通道 228 的复杂的和非停滞的流动。因此，可以排出存留于泵室 227 中的气泡。

而且，在上述说明中，因为当通过压力传感器 91 而判断存留有气泡时执行气泡排出模式，因此气泡排出模式不会浪费地执行，但是气泡排

出模式也可以每隔预定时间间隔来进行。这时，因为压力传感器 91 可以省略，因此可以简化结构。

而且，在上述说明中，已经介绍了布置在泵室 227 中的、作为用于泵室的压力检测装置的压力传感器的结构，但是也可以采用不同结构。

5 例如在一个不同结构中，泵室 227 的内部压力可以通过用应变仪或位移传感器测量隔膜 60 的变形来计算。而且，泵室 227 的内部压力可以通过用应变仪或位移传感器测量当止回阀 222 关闭时阀部件的变形来计算。而且，泵室 227 的内部压力可以通过用电流传感器测量用于驱动压电元件 70 的电流来计算。而且，通过在压电元件 70 中设置应变仪，泵室 227

10 的内部压力可以根据施加给层叠压电元件 70 的电压以及应变仪的测量值来计算。这时，通过使用电阻变化、电容变化或电压变化检测变形量的任意类型应变仪都可以使用。

此外，隔膜 60 的形状并不局限于圆形。而且，止回阀 222 并不局限于被动式阀（该被动式阀由于流体的压力差而进行打开和关闭），主动式

15 阀（该主动式阀利用不同的力来控制打开和关闭）也可以用作止回阀。

本发明并不局限于上述实施例，而是在可以实现本发明目的范围内，本发明可以进行变化和改进。

例如，在第七实施例中，进口通道侧的惯性值小于出口通道侧的合成惯性值，且作为气泡排出装置的加热器 212 用于较小的高压泵中，该

20 高压泵具有工作流体的惯性效应。不过，气泡排出装置例如可以用在使用单压电晶片类型隔膜的泵中，如图 17 中所示。

图 17 是使用单压电晶片类型隔膜的泵的垂直剖视图。在图 17 中，与第七实施例不同的构成元件将详细介绍。泵 200 包括：作为隔膜的单压电晶片类型隔膜 260；以及止回阀 222、242，该止回阀 222、242 作为

25 布置在流入通道 221 和流出通道 228 中的流体阻挡元件。在图 17 中，隔膜 260 气密固定在杯形壳体 250 的边缘部分上，且板形压电元件 71 固定在隔膜 260 的、对着壳体 250 的表面上。泵壳体 220 气密固定在隔膜 260 的顶部，且泵室 227 形成于隔膜 260 和泵壳体 220 之间。

流入通道 221 和流出通道 228 与泵室 227 连通，作为流体阻挡元件

的止回阀 222 布置在流入通道 221 中,而作为流体阻挡元件的止回阀 242 布置在流出通道 228 中。作为加热部分的板形加热器 212 布置在构成泵壳体 220 的泵室 227 的顶壁表面上。加热器 212 气密装入泵壳体 220 内,因此该加热器不会从泵壳体 220 朝着泵室凸出。

- 5 加热器 212 的形状和材料以及该加热器装入泵壳体 220 中的位置都与第七实施例以及第七实施例的变化实例相同,因此将省略对它们的说明。

下面将介绍泵的排出模式。

- 当电压施加给板形压电元件 71 时,隔膜 260 通过板形压电元件 71 的径向变形而变形成具有朝着泵室 227 的凸形表面,且当电压施加停止时,隔膜恢复至初始形状。在该泵中,当止回阀 222 和 242 关闭流动通道时,隔膜 260 沿这样的方向变形,即沿该方向,通过利用隔膜 226 的变形而减小泵室 227 的容积,从而按压泵室 227 内部的液体。当泵室 227 的内部压力变得高于止回阀 242 的下游压力时,止回阀 222 打开,从而使液体排向流出通道 228。

- 15 然后,通过使隔膜 260 沿使得泵室 227 的容积增大的方向变形,泵室 227 的内部压力减小。然后,止回阀 242 首先关闭,且当泵室 227 的内部压力变得低于止回阀 222 的上游压力时,止回阀 222 打开,这样,液体从流入通道 221 引入泵室 227 中。通过重复上述作用,将传送工作流体。

20 通过在具有上述结构的泵中设置作为气泡排出装置的加热器 212,可以使泵室内部的气泡流出,并合适保持泵室的内部压力,因此可以固定要排出的工作流体的量。

- 在上述实施例中,隔膜 60、45 为圆形,但是该形状并不局限于圆形。而且,止回阀 41、42 并不局限于被动式阀(该被动式阀由于流体的压力差而进行打开和关闭),主动式阀(该主动式阀利用不同的力来控制打开和关闭)也可以用作止回阀。任何元件都可以用作驱动隔膜 60 的压电元件,只要它能够收缩和膨胀。不过,在该泵结构中,因为压电元件和隔膜在没有位移放大机构的情况下彼此连接,因此可以以很高频率驱动隔

膜，并可以如实施例一样通过利用具有高响应频率的压电元件进行高频驱动而增加容积流量，这样，可以实现较小和高功率的泵。同样，可以使用具有高频特征的超级磁性变形元件。除了水，不同液体例如油可以用作工作流体。

- 5 因此，根据上述第一至第七实施例，因为设置了气泡排出装置，因此可以提供即使当气泡存留于泵室中时也能够排出气泡并因此保持排出能力的泵。

工业实用性

- 10 本发明的泵可以用于需要小型液体传送泵的各个行业。

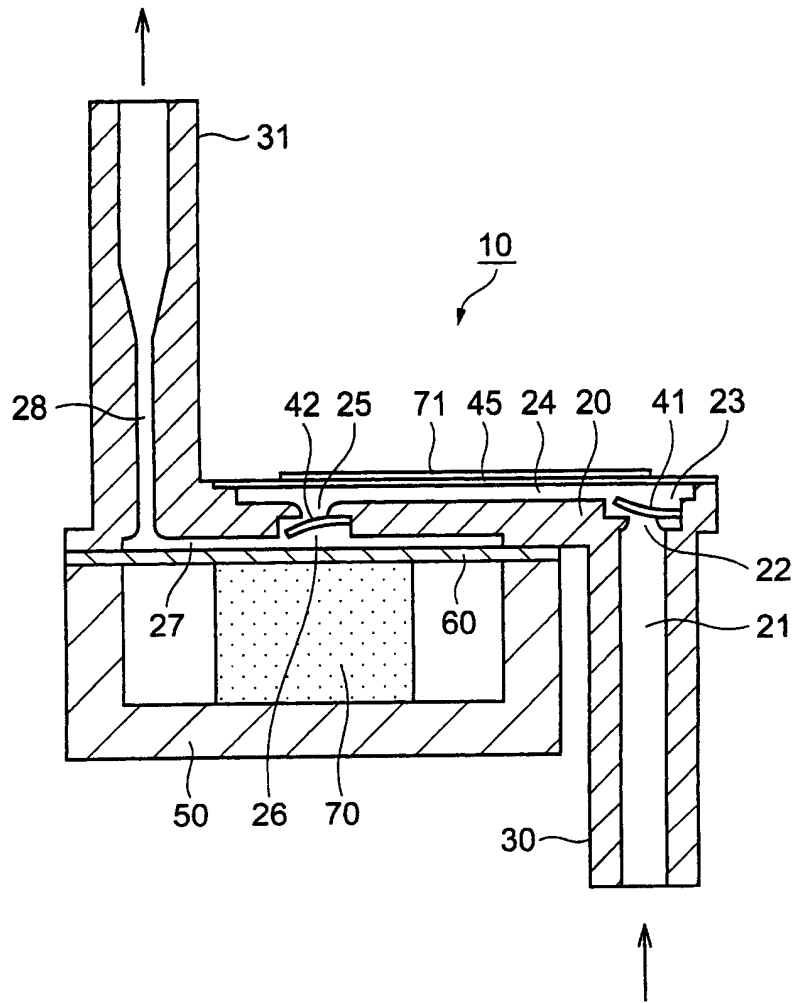


图 1

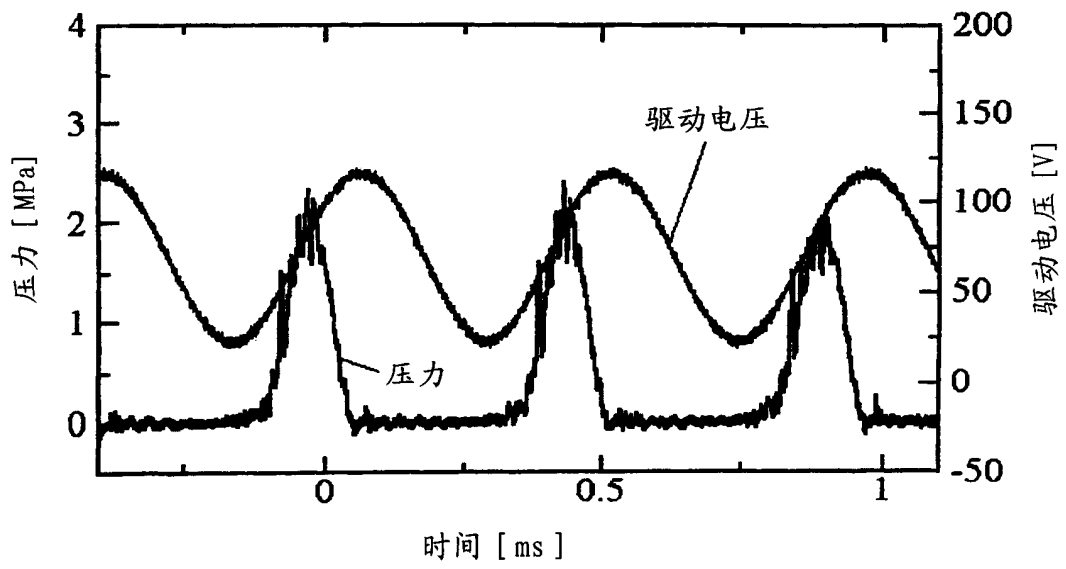


图 2

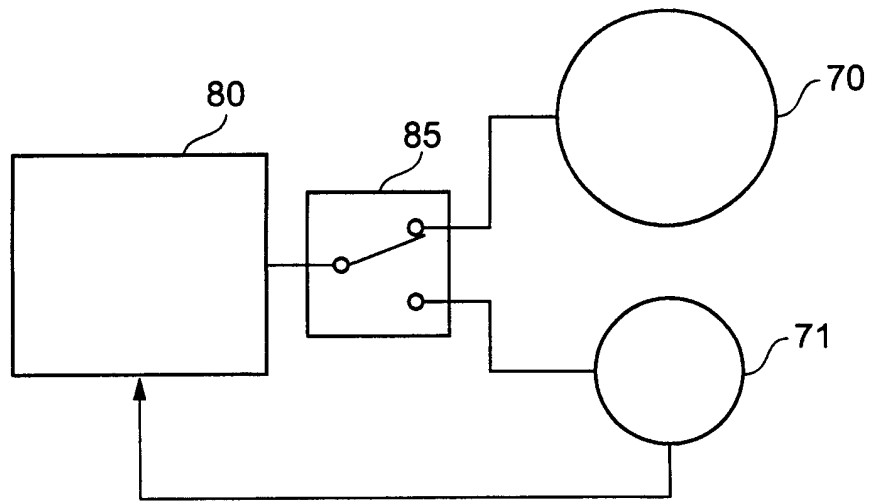


图 3

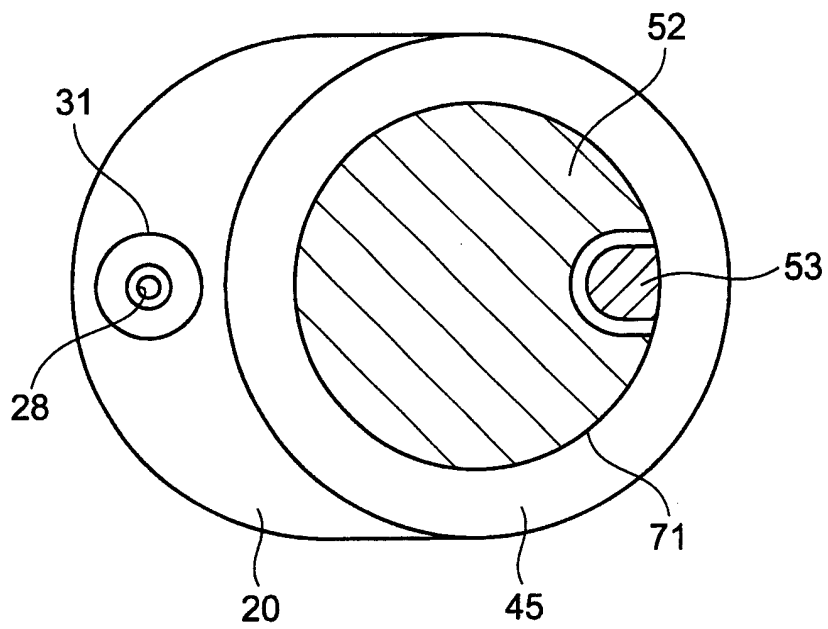


图 4

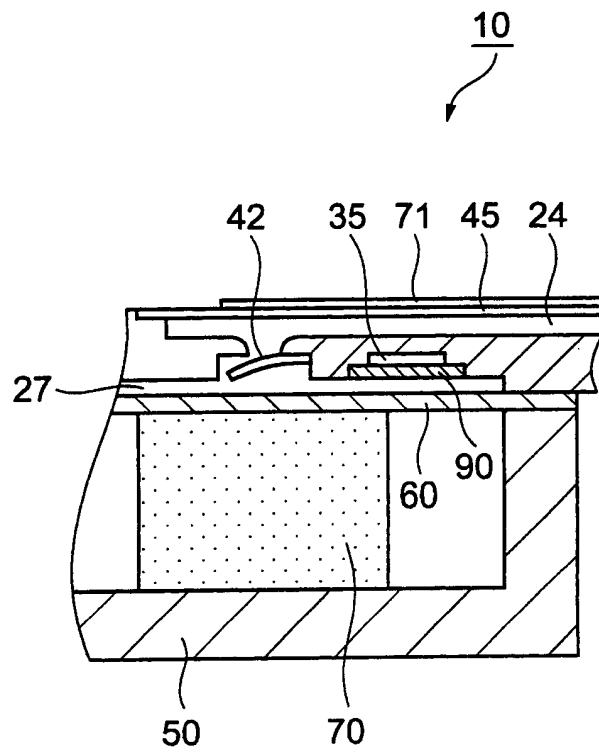


图 5

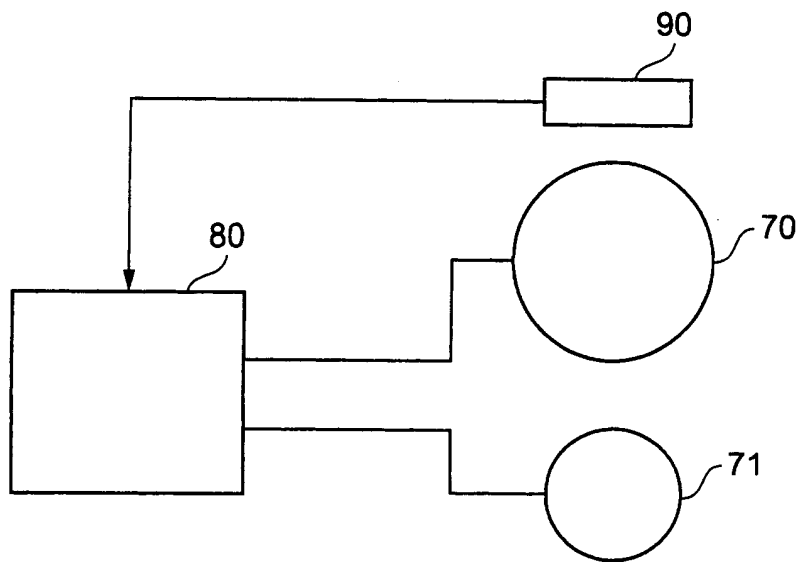


图 6

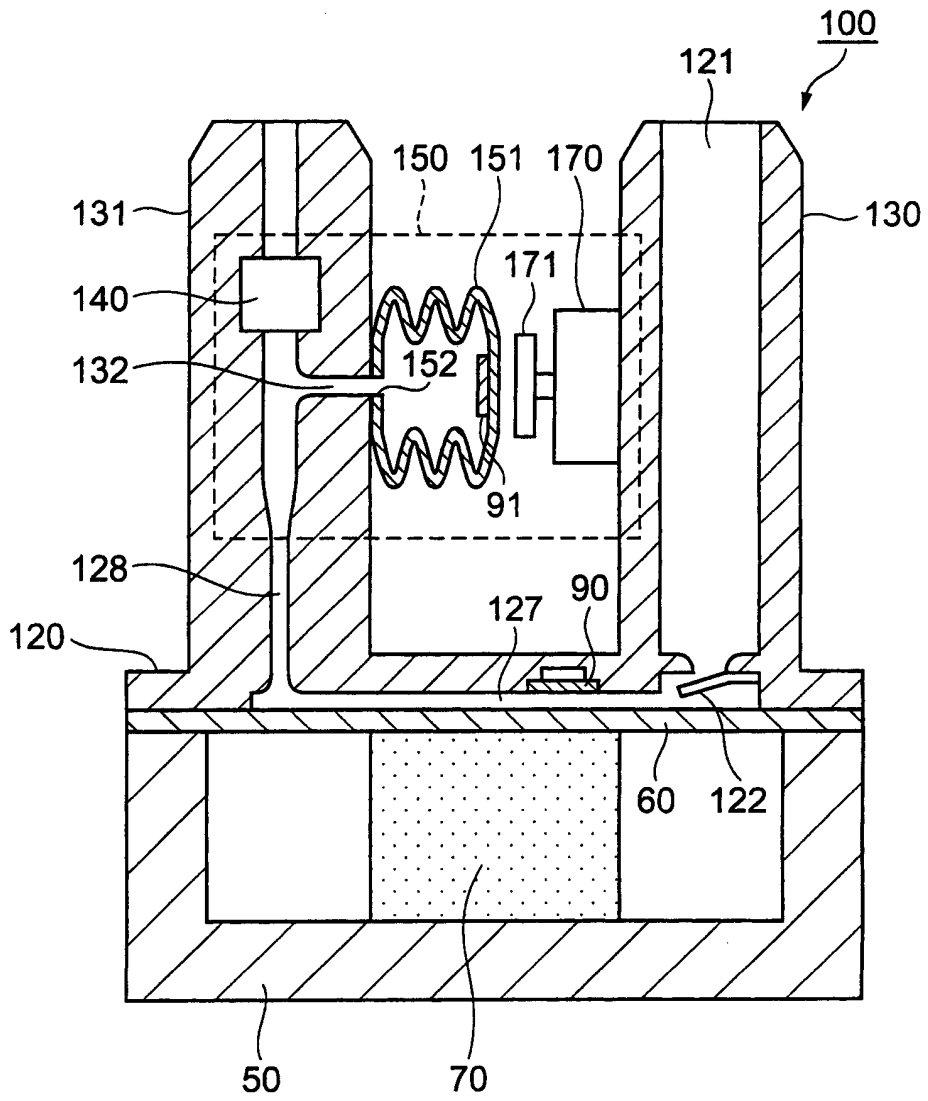


图 7

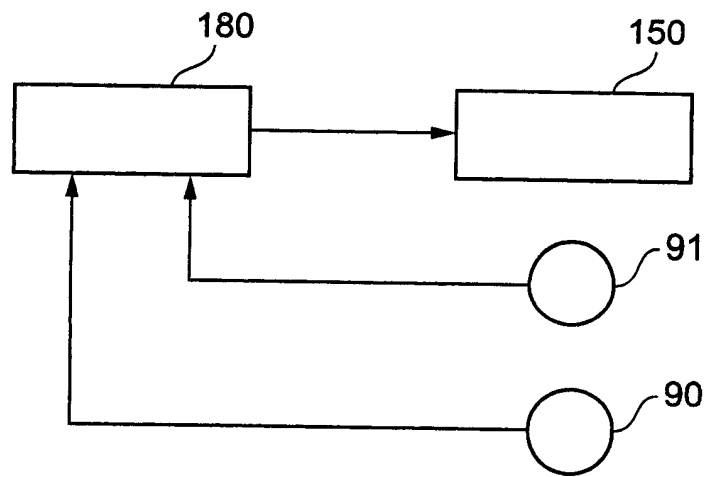


图 8

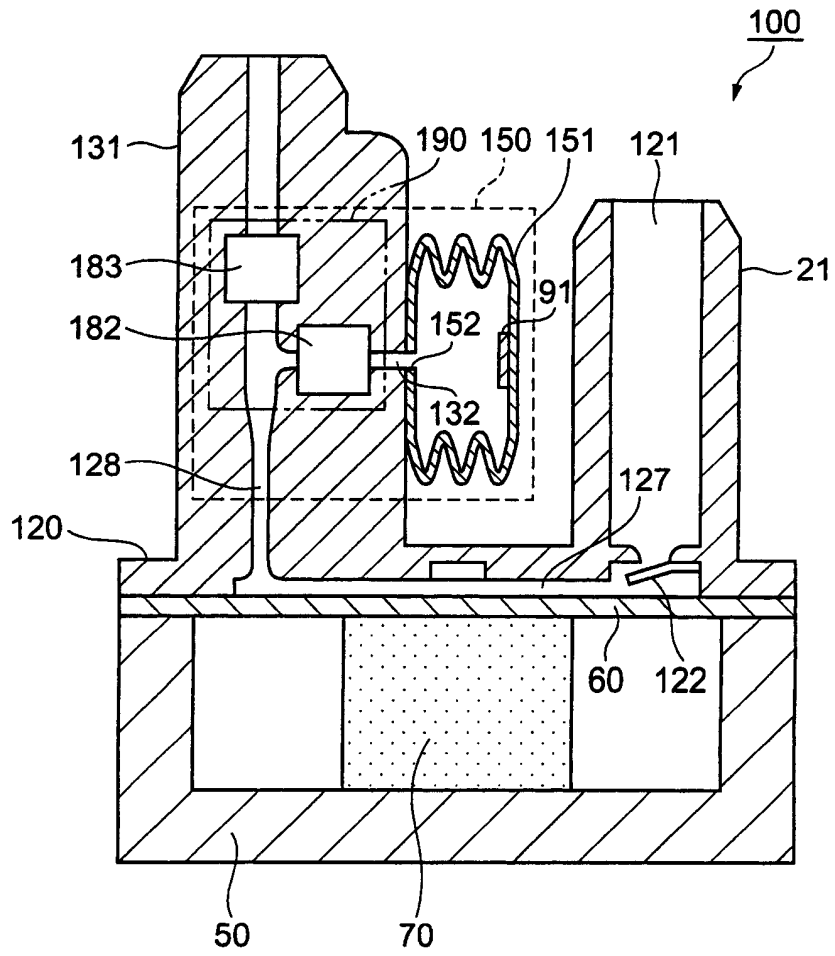


图 9

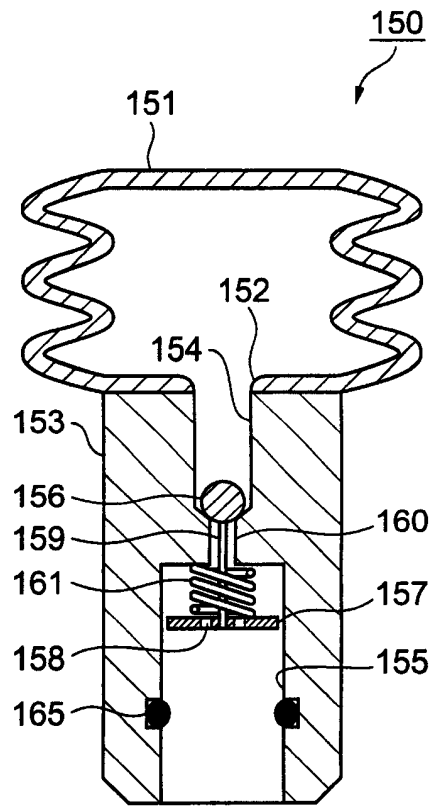


图 10

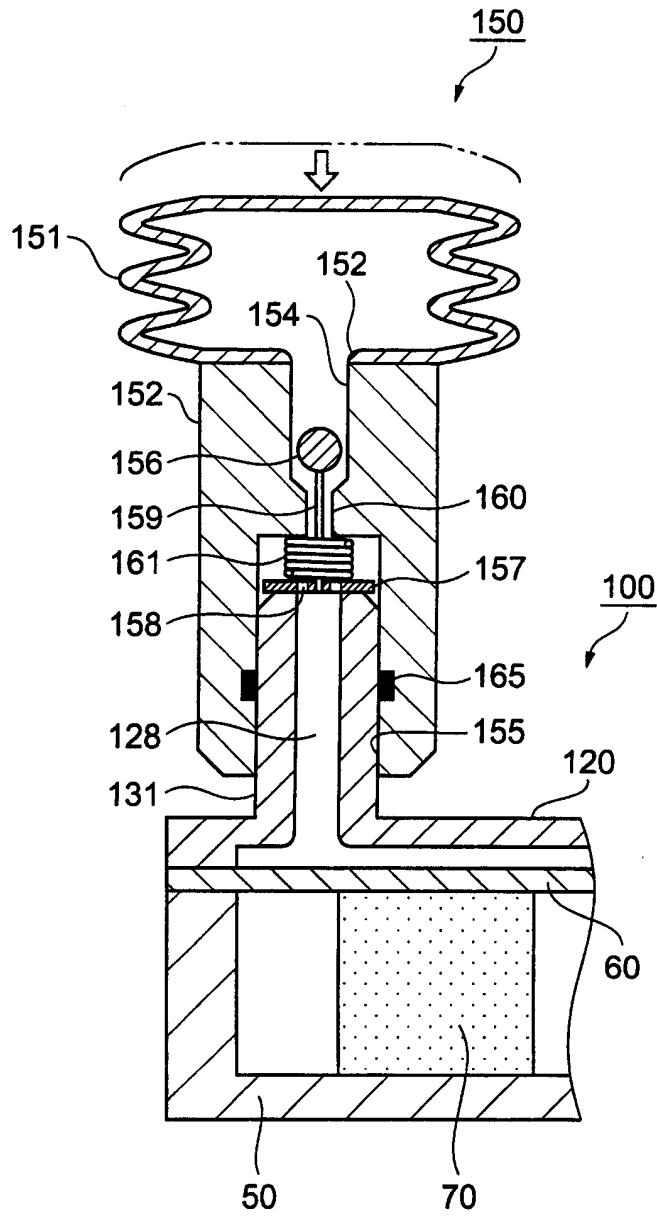


图 11

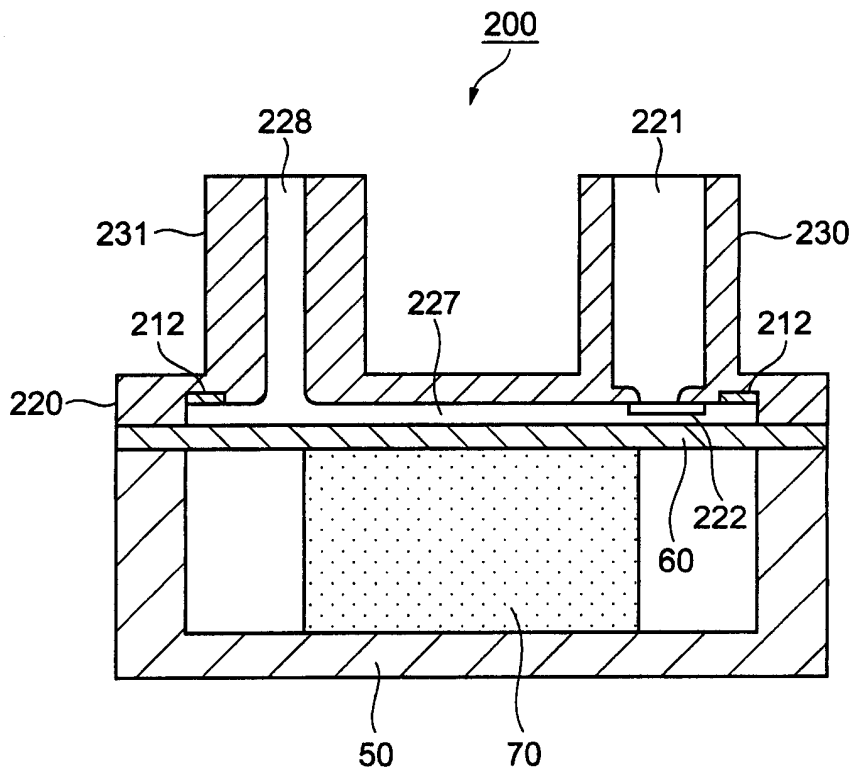


图 12

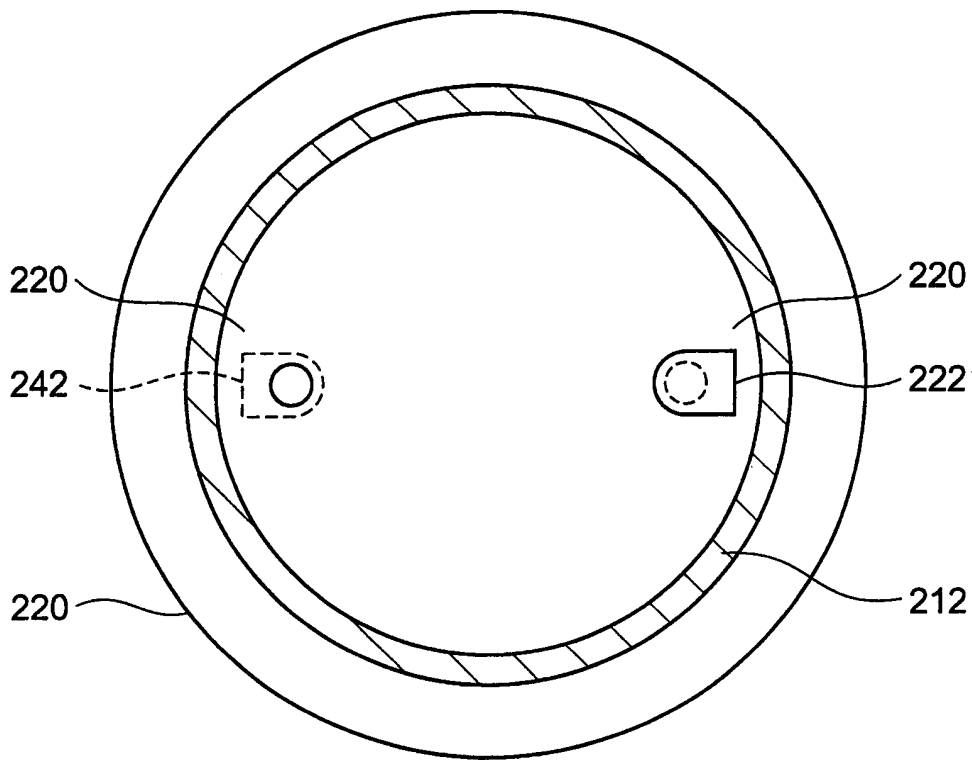


图 13

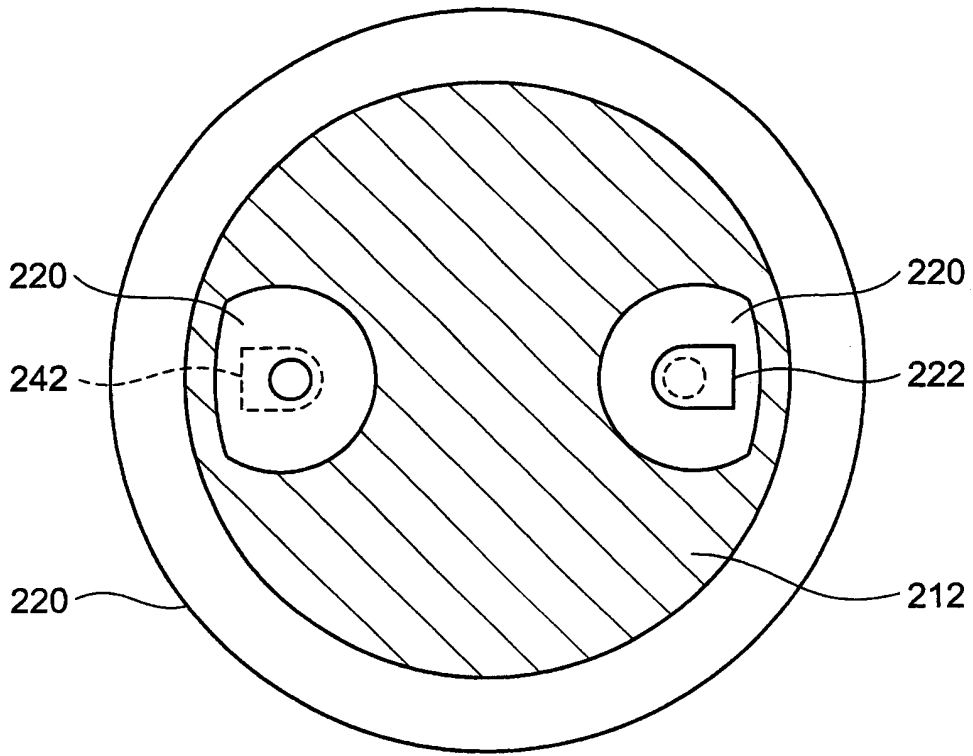


图 14

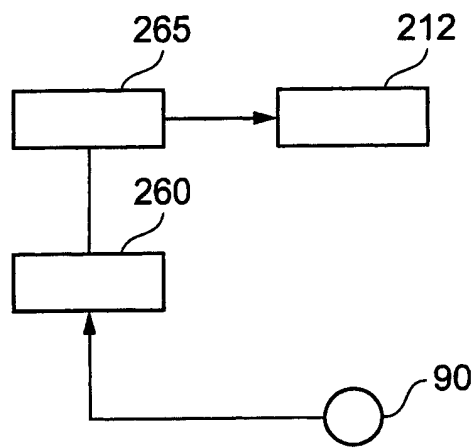


图 15

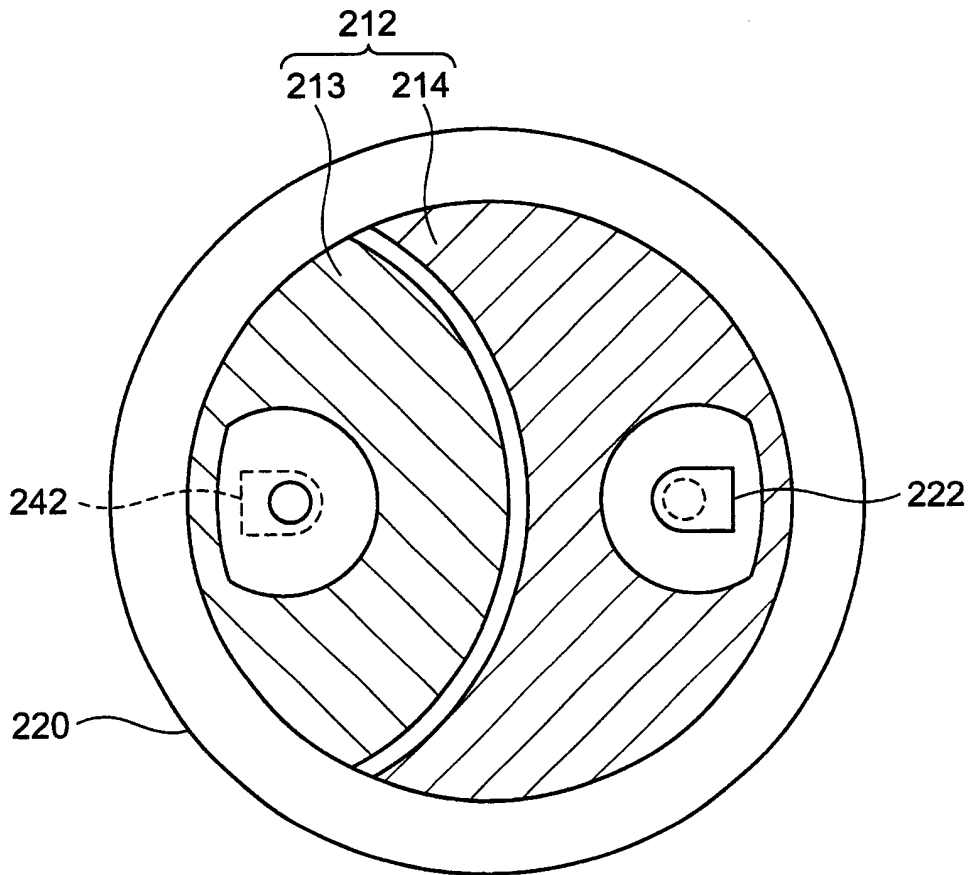


图 16

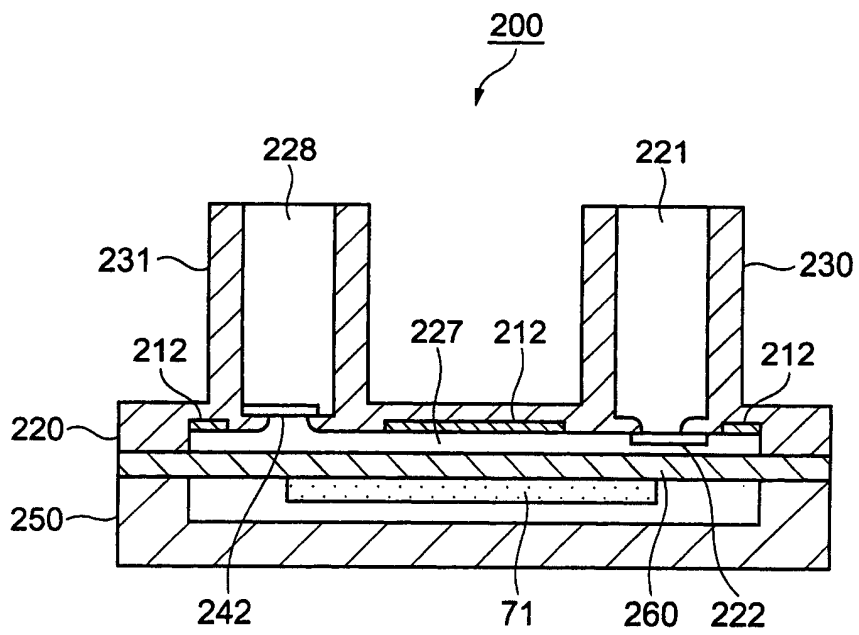


图 17