



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104114981 B

(45)授权公告日 2017.07.14

(21)申请号 201380008642.X

(22)申请日 2013.02.11

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104114981 A

(43)申请公布日 2014.10.22

(30)优先权数据

61/604,927 2012.02.29 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.08.08

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/025613 2013.02.11

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/130255 EN 2013.09.06

(73)专利权人 凯希特许有限公司

地址 美国得克萨斯州

(72)发明人 克里斯多佛·布赖恩·洛克

艾丹·马库斯·陶特

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

代理人 张瑞 郑霞

(51)Int.Cl.

G01F 1/36(2006.01)

F04B 43/04(2006.01)

F04B 45/04(2006.01)

G01F 1/38(2006.01)

G01F 1/40(2006.01)

F04F 7/00(2006.01)

F04B 19/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2003143122 A1,2003.07.31,

US 2003143122 A1,2003.07.31,

US 2004000843 A1,2004.01.01,

US 2012034109 A1,2012.02.09,

审查员 刘斌

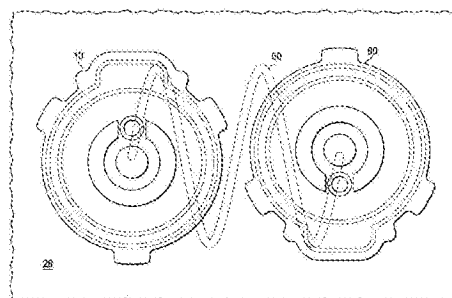
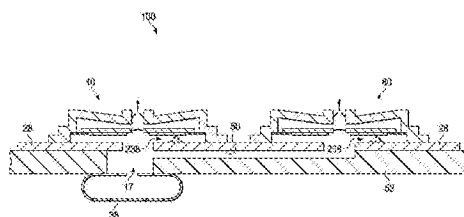
权利要求书3页 说明书16页 附图18页

(54)发明名称

使用盘泵系统来供应减压并测量流量的系统和方法

(57)摘要

多种盘泵系统和方法涉及以下一种盘泵系统,该盘泵系统包括一个具有第一致动器的第一盘泵以及一个具有第二致动器的第二盘泵。这些系统和方法利用传感器来测量这些致动器的位移并且利用一个处理器来根据这些致动器的所测量位移而确定跨过每个致动器的压差。这些盘泵通过一个已知限制装置流体性相联接,并且该处理器基于所确定的跨过每个致动器的压差以及该已知限制装置的特性来确定该盘泵系统的流速。



1. 一种盘泵系统,包括

具有一个第一致动器的一个第一盘泵;

具有一个第二致动器的一个第二盘泵;

具有一个已知限制装置的一个衬底,该第一盘泵和第二盘泵通过该已知限制装置流体性相联接;

一个第一光学接收器,该第一光学接收器可操作来接收一个指示了该第一致动器的位移的第一反射光学信号并且将一个第一位移信号传送至一个处理器;以及

一个第二光学接收器,该第二光学接收器可操作来接收一个指示了该第二致动器的位移的第二反射光学信号并且将一个第二位移信号传送至该处理器;

该处理器联接至该第一盘泵、该第二盘泵、该第一光学接收器、以及该第二光学接收器上,并且被配置成用于:

响应于接收到该第一位移信号来确定跨过该第一盘泵的第一压差;

响应于接收到该第二位移信号来确定跨过该第二盘泵的第二压差;并且

基于该第一压差和该第二压差来确定该盘泵系统的流体流速。

2. 如权利要求1所述的盘泵系统,其中,该处理器可操作来基于该盘泵系统的流体流速而确定是否存在泄露。

3. 如权利要求1所述的盘泵系统,进一步包括一个RF收发器。

4. 如权利要求1所述的盘泵系统,进一步包括一个第一光学发射器和一个第二光学发射器,其中:

该第一光学发射器可操作来发送一个第一光学信号,并且

该第二光学发射器可操作来发送一个第二光学信号。

5. 如权利要求1所述的盘泵系统,进一步包括一个驱动器,其中:

该处理器可操作来将一个第一控制信号和一个第二控制信号传送给该驱动器,

该驱动器可操作来将一个第一驱动信号传送给该第一盘泵并且将一个第二驱动信号传送给该第二盘泵,

该第一驱动信号使得该第一盘泵阻止跨过该第一盘泵的流体流动并且使得该第一光学接收器将该第一位移信号传送到该处理器,并且

该第二驱动信号使得该第二盘泵供应跨过该第二盘泵的流体流动并且使得该第二光学接收器将该第二位移信号传送到该处理器。

6. 一种盘泵系统,包括:

具有一个第一致动器的一个第一盘泵;

具有一个第二致动器的一个第二盘泵;以及

具有一个已知限制装置的一个衬底,其中该第一盘泵和该第二盘泵通过该已知限制装置流体性相联接。

7. 如权利要求6所述的盘泵系统,进一步包括一个负载,其中该负载被联接至该衬底上并且被流体性联接到该已知限制装置。

8. 如权利要求6所述的盘泵系统,其中该衬底是一个印刷电路板。

9. 如权利要求6所述的盘泵系统,其中该已知限制装置具有一种具有圆形截面的管状形状。

10. 如权利要求6所述的盘泵系统,其中该已知限制装置遵循一条迂回路径。
11. 如权利要求6所述的盘泵系统,其中该已知限制装置具有一种具有圆形截面的管状形状,并且其中该已知限制装置遵循一条迂回路径。
12. 如权利要求6所述的盘泵系统,其中该第一盘泵具有一个第一指定流速并且该第二盘泵具有一个第二指定流速,并且该第一指定流速大于该第二指定流速。
13. 如权利要求6所述的盘泵系统,其中该第一盘泵提供一个第一指定压差并且该第二盘泵提供一个第二指定压差,并且该第一指定压差小于该第二指定压差。
14. 如权利要求6所述的盘泵系统,其中:
 - 该第一盘泵具有一个第一指定流速;
 - 该第二盘泵具有一个第二指定流速;
 - 该第一指定流速大于该第二指定流速;
 - 该第一盘泵提供一个第一指定压差;
 - 该第二盘泵提供一个第二指定压差;并且
 - 该第一指定压差小于该第二指定压差。
15. 一种用于运行盘泵系统的方法,包括:
 - 将一个第一驱动信号传送至一个第一盘泵,该第一盘泵具有一个第一致动器;
 - 将一个第二驱动信号传送至一个第二盘泵,该第二盘泵具有一个第二致动器,其中该第一盘泵和第二盘泵经由一个孔口流体性联接到一个负载上,并且该第二盘泵经由一个已知限制装置被联接到该孔口上;
 - 使用该第二盘泵向该负载供应一个减压;
 - 接收一个指示了该第一致动器的位移的第一位移信号;
 - 接收一个指示了该第二致动器的位移的第二位移信号;
 - 响应于接收到该第一位移信号来确定跨过该第一盘泵的第一压差;
 - 响应于接收到该第二位移信号来确定跨过该第二盘泵的第二压差;并且
 - 基于该第一压差和该第二压差来确定该盘泵系统的流体流速。
16. 如权利要求15所述的方法,进一步包括基于该盘泵系统的流体流速、跨过该第一盘泵的第一压差、以及跨过该第二盘泵的第二压差来检测泄露。
17. 如权利要求16所述的方法,进一步包括响应于检测到泄露而停止该第一驱动信号和该第二驱动信号。
18. 如权利要求16所述的方法,进一步包括响应于检测到泄露而发送一个警报信号。
19. 如权利要求16所述的方法,进一步包括响应于检测到泄露而停止该第一驱动信号和该第二驱动信号并且发送一个警报信号。
20. 如权利要求16所述的方法,进一步包括响应于检测到泄露而执行一个诊断过程。
21. 如权利要求16所述的方法,进一步包括响应于检测到泄露而发送一个无线警告信号。
22. 一种盘泵系统,包括:
 - 具有一个第一致动器的一个第一盘泵;
 - 具有一个第二致动器的一个第二盘泵;以及
 - 具有一个流体流动限制装置的一个衬底,其中该第一盘泵和该第二盘泵的出口被流体

性联接到该流体流动限制装置的相反两端上。

23. 如权利要求22所述的盘泵系统,进一步包括一个负载,其中该负载在该流体流动限制装置的、与该第二盘泵相同的一端处被流体性联接至该流体流动限制装置。

24. 如权利要求22或23所述的盘泵系统,其中该衬底是一个印刷电路板。

25. 如权利要求22或23所述的盘泵系统,其中该流体流动限制装置具有一种具有圆形截面的管状形状。

26. 如权利要求22或23所述的盘泵系统,其中该流体流动限制装置遵循一条迂回路径。

27. 如权利要求22或23所述的盘泵系统,其中该第一盘泵具有一个第一指定流速并且该第二盘泵具有一个第二指定流速,并且该第一指定流速大于该第二指定流速。

28. 如权利要求22或23所述的盘泵系统,其中该第一盘泵提供一个第一指定压差并且该第二盘泵提供一个第二指定压差,并且该第一指定压差小于该第二指定压差。

29. 如权利要求22或23所述的盘泵系统,进一步包括用于测量该第一和第二致动器的位移的装置。

30. 如权利要求29所述的盘泵系统,进一步包括用于基于该第一和第二致动器的位移来计算跨过该第一和第二盘泵的压差的装置。

31. 如权利要求30所述的盘泵系统,进一步包括用于基于跨过该第一和第二盘泵的压差来计算流体流速的装置。

使用盘泵系统来供应减压并测量流量的系统和方法

[0001] 本发明根据35 USC§119(e) 要求洛克 (Locke) 等人在2012年2月29日提交的题为“使用盘泵系统来供应减压并测量流速的系统和方法 (Systems and Methods for Supplying Reduced Pressure and Measuring Flow using a Disc Pump System)”的美国临时专利申请序号61/604,927的提交的权益,出于所有目的将该文献通过引用结合在此。

[0002] 发明背景

[0003] 1.发明领域

[0004] 本发明的说明性实施例总体上涉及用于泵送流体的盘泵系统、并且更具体地涉及具有通过已知的限制装置流体性相联接的两个或更多个泵的一种盘泵系统。这些说明性实施例涉及以下一种盘泵系统,该盘泵系统测量该已知限制装置每端处的压力以确定由该盘泵系统所泵送的流体流速。

[0005] 2.相关技术说明

[0006] 密闭空腔中高幅压力振荡的产生已经在热声学 and 盘泵型压缩机领域中受到大量关注。非线性声学方面的新近发展已经允许具有比先前认为可能的振幅更高的振幅的压力波的产生。

[0007] 已知使用声共振来实现从所限定的入口和出口进行流体泵送。这可以使用在一端具有一个声学驱动器一个圆柱形空腔来实现,该声学驱动器驱动一个声学驻波。在这种圆柱形空腔中,声压波具有有限振幅。变化截面的空腔(如锥形、角锥形、以及球形)已被用于实现高幅压力振荡,由此显著提高泵送效果。在这类高幅波中,伴随能量耗散的非线性机制已被抑制。然而,高幅的声共振直到最近仍未被用于其中的径向压力振荡被激发的盘形空腔内。公开为WO 2006/111775的国际专利申请号PCT/GB 2006/001487披露了一种盘泵,该盘泵具有一个纵横比(即空腔的半径与空腔的高度的比率)较高的一个大体上盘形的空腔。

[0008] 这种盘泵具有一个大体上圆柱形的空腔,该圆柱形的空腔包括在每一端由端壁封闭的一个侧壁。该盘泵还包括一个致动器,该致动器这些驱动端壁中的任一者以便沿大体上垂直于被驱动端壁的表面一个方向振荡。被驱动端壁的运动的空间特征被描述为与空腔内的流体压力振荡的空间特征相匹配,这是一种在此被描述为模式匹配的状态。当该盘泵是模式匹配的时,致动器对空腔中的流体所做的功在被驱动端壁表面上有利地增加,由此增强该空腔中压力振荡的振幅并且传递较高盘泵效率。一个模式匹配的盘泵的效率取决于被驱动端壁与侧壁之间的界面。希望通过以下方式维持这种盘泵的效率:建构该界面以便不减小或抑制被驱动端壁的运动,由此减缓空腔内流体压力振荡的振幅方面的任何减小。

[0009] 上述盘泵的致动器引起被驱动端壁的沿大体上垂直于端壁或大体上平行于圆柱形空腔的纵轴线的一个方向的一种振荡运动(“位移振荡”),在下文中被称为在该空腔内被驱动端壁的“轴向振荡”。该被驱动端壁的轴向振荡在空腔内产生流体的大体上成比例的“压力振荡”,从而产生接近如国际专利申请号PCT/GB 2006/001487中所描述的第一类的贝

塞耳函数 (Bessel function) 的一种径向压力分布, 该申请通过引用结合在此。这类振荡在下文中被称为流体压力在空腔内的“径向振荡”。位于致动器与侧壁之间的被驱动端壁的一部分提供了与盘泵的侧壁的一个界面, 该界面减小位移振荡的阻尼, 以减缓空腔内的压力振荡的任何减小。被驱动端壁提供了此界面的这个部分在下文中被称为“隔离物”, 如在美国专利申请号 12/477, 594 中更确切地描述的, 该专利申请通过引用结合在此。隔离物的说明性实施例以可操作方式与被驱动端壁的外围部分相关联, 从而降低该位移振荡的阻尼。

[0010] 这类盘泵还具有用于控制穿过该盘泵的流体流动的一个或多个阀、以及更确切地说能够以较高频率操作的阀。常规的阀典型地针对多种应用以小于 500 Hz 的低频率操作。例如, 许多常规压缩机典型地以 50 Hz 或 60 Hz 操作。本领域中已知的线性共振压缩机在 150 Hz 与 350 Hz 之间操作。而许多便携式电子装置 (包括医疗装置在内) 需要盘泵来输送正压或提供真空。这些盘泵的大小较小, 并且有利的是此类盘泵在运行中是听不见的以便提供分立的操作。为了实现这些目标, 这类盘泵必须以极高频率操作, 从而需要能够在约 20 kHz 和更高下操作的阀。为了以这些高频率操作, 该阀必须对可以被校正以产生穿过该盘泵的流体净流动的一种高频振荡压力作出响应。这种阀在国际专利申请号 PCT/GB 2009/050614 中更确切地进行了描述, 该申请通过引用结合在此。

[0011] 阀可以被布置在一个第一孔口或第二孔口或这两个孔口中, 以用于控制穿过盘泵的流体的流动。每个阀都包括一个第一板, 该第一板具有总体上垂直延伸穿过其中的多个孔口; 以及一个第二板, 该第二板也具有总体上垂直延伸穿过其中的多个孔口, 其中该第二板的孔口大体上偏离该第一板的孔口。该阀进一步包括布置在该第一板和该第二板之间的一个侧壁, 其中该侧壁围绕该第一板和该第二板的周界是闭合的, 以形成在该第一板与该第二板之间、与该第一板和该第二板的孔口处于流体联通的一个空腔。该阀进一步包括布置于该第一板与第二板之间并且在其之间可移动的一个瓣, 其中该瓣具有大体上偏离该第一板的孔口并且与该第二板的孔口大体上对准的多个孔口。这个瓣响应于沿阀上流体差压的方向的变化而在该第一板与该第二板之间被促动。

[0012] 概述

[0013] 根据一个说明性实施例, 一种盘泵系统包括一个具有第一致动器的第一盘泵以及一个具有第二致动器的第二盘泵。该盘泵系统包括一个具有已知限制装置的衬底、一个第一光学接收器、以及一个第二光学接收器, 该衬底将该第一盘泵与第二盘泵相联接。该第一光学接收器可操作来接收一个指示了该第一致动器的位移的第一反射光学信号并且将一个第一位移信号传送至一个处理器。该第二光学接收器可操作来接收一个指示了该第二致动器的位移的第二反射光学信号并且将一个第二位移信号传送至该处理器。该处理器联接至该第一盘泵、该第二盘泵、该第一光学接收器、以及该第二光学接收器上。该处理器被配置成用于响应于接收到该第一位移信号而确定该第一盘泵上的第一压差、并且响应于接收到该第二位移信号而确定该第二盘泵上的第二压差。该处理器还被配置成基于该第一压差和第二压差来确定该盘泵系统的流体流速。

[0014] 根据另一个展示性实施例, 一种盘泵系统包括一个具有第一致动器的第一盘泵、一个具有第二致动器的第二盘泵、以及一个具有已知限制装置的衬底。该第一盘泵和第二盘泵通过该已知限制装置流体性相联接。

[0015] 一种用于操作盘泵系统的方法包括将一个第一驱动信号传送至一个第一盘泵(该第一盘泵具有一个第一致动器)并且将一个第二驱动信号传送至一个第二盘泵(该第二盘泵具有一个第二致动器)。该第一盘泵经由一个孔口流体性联接到一个负载上,并且该第二盘泵经由一个已知限制装置联接 to 该孔口。该方法包括使用该第二盘泵将一个减压供应到该负载、接收一个指示了该第一致动器的位移的第一位移信号、并且接收一个指示了该第二致动器的位移的第二位移信号。该方法进一步包括响应于接收到该第一位移信号而确定该第一盘泵上的第一压差、并且响应于接收到该第二位移信号而确定该第二盘泵上的第二压差。此外,该方法包括基于该第一压差和第二压差来确定该盘泵系统的流体流速。

[0016] 附图简要说明

[0017] 图1A是具有流体性联接至一个限制通道的两个盘泵的一个盘泵系统的截面视图;

[0018] 图1B示出了图1A的盘泵系统的俯视示意图;

[0019] 图2A是根据第一个说明性实施例具有展示为处于休止位置的一个致动器的一个第一盘泵的截面视图;

[0020] 图2B是图2A的第一盘泵的截面视图,示出了根据第一个说明性实施例该致动器处于一个偏置后位置;

[0021] 图3A示出图2A的第一盘泵的致动器的基本弯曲模式的轴向位移振荡的曲线图;

[0022] 图3B示出响应于图3A中所示的弯曲模式的图2A的第一盘泵的空腔内的流体的压力振荡的曲线图;

[0023] 图4是根据一个说明性实施例的用于测量第一盘泵的致动器的位移的一个第一传感器的详细视图;

[0024] 图4A是该第一传感器的说明性接收器的示意图,指示了该致动器在处于休止位置和被偏置位置时的位置;

[0025] 图5A示出图2A的第一盘泵的截面视图,其中这两个阀由图7A至图7D中所展示的一个单一阀表示;

[0026] 图5B是图7A至图7D的阀的一个中心部分的截面视图;

[0027] 图6示出了如图5A中所示的第一盘泵的空腔内的流体的压力振荡的曲线图,以展示如由虚线所指示的在图5B的阀上施加的压差;

[0028] 图7A示出处于闭合位置的一个阀的说明性实施例的截面视图;

[0029] 图7B示出了沿图7D中的线7B-7B取得的图7A的阀的详细截面视图;

[0030] 图7C示出了图7A的阀的透视图;

[0031] 图7D示出了图7B的阀的俯视图;

[0032] 图8A示出了处于打开位置的图7A中的阀在流体流过该阀时的截面视图;

[0033] 图8B示出了在打开与关闭位置之间的过渡状态下图7A中的阀的截面视图;

[0034] 图8C示出了处于闭合位置的图7B的阀在流体流被一个阀瓣阻断时的截面视图;

[0035] 图9A示出根据一个说明性实施例的在图7A的阀上施加的振荡差压的压力曲线图;

[0036] 图9B示出图7A的阀在一个打开位置与一个闭合位置之间的操作周期的流体流动曲线图;

[0037] 图10A和图10B示出了图2A的盘泵的截面视图,包括阀的中心部分的视图和对应地施加于空腔内的振荡压力波的正的和负的部分的曲线图;

[0038] 图11示出了该盘泵的阀的打开和闭合状态,并且图11A和11B分别示出了该盘泵处于自由流动模式时所得的流动和压力特征;

[0039] 图12示出了该盘泵在该盘泵达到停滞情形时所提供的最大差压的曲线图;并且

[0040] 图13是一个盘泵系统的用于测量和控制由该盘泵系统产生的一个减压的一个说明性电路的框图。

[0041] 说明性实施方式的详细说明

[0042] 在几个说明性实施例的以下详细说明中,参考形成详细说明的一部分的附图。借助于图示,附图示出本发明可被实践的具体的优选实施例。这些实施例足够详细地被描述以使本领域的普通技术人员能够实践本发明,并且应理解可以采用其他实施例,并且可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下做出逻辑结构、机械、电学以及化学变化。为了避免对于使得本领域的普通技术人员能够实践在此所描述的这些实施例来说所不必要的细节,本说明可能省略了本领域的普通技术人员已知的某些信息。因此,以下详细说明不应被视为限制性的,并且这些说明性实施例的范围仅由所附权利要求书限定。

[0043] 图1A示出了一种具有多个盘泵的盘泵系统100。该多个盘泵至少包括一个第一盘泵10和一个第二盘泵80,这两个盘泵可操作来将一个正压或负压供应给负载38以便对应地对负载38加压或减压。在图1A的说明性实施例中,这些盘泵被安装到一个共用衬底28、例如印刷电路板上。进而,衬底28安装到一个歧管52上,该歧管将盘泵10、80经由一个孔口17流体性联接到一个负载38。盘泵10流体性联接到该孔口17,而盘泵80经由歧管52与衬底28之间的一个通道、例如一个限制装置50而流体性联接到孔口17。该限制装置50可以是具有已知的尺寸并且容纳盘泵80与孔口17之间的流体流动的一个导管、流体路径或类似特征。这样,限制装置50是一个已知限制装置。在一个实施例中,限制装置50是具有已知尺寸的一个圆柱形腔室。该圆柱形腔室可以被适配成遵循一个如图1B所示的迂回路径来加长该限制装置50的轨迹并且适应可以应用于盘泵系统100的尺寸界限。

[0044] 盘泵10、80各自包括一个传感器238,用于测量在限制装置50的每端处盘泵10、80各自相关联的压力。在盘泵10、80各自处测量的压力之差指示了跨过该限制装置的压差、或压降。限制装置50上的压差可以被测量用于确定穿过孔口17到达或来自负载38的空气流。能够确定穿过孔口17的空气流有助于对于在负载38处的压力量值增大或减小时将负载38加压或减压的流体动力学特性进行控制。这个流动测量数据可以用于检测或定位负载38处的泄露并且收集使用数据。

[0045] 盘泵10、80可以各自针对将负载38加压或减压的预定性能特性来进行设计。例如,第二盘泵80可以被设计成用于在当负载38处于环境压力下时将较高空气流穿过限制装置50输送至孔口17,而第一盘泵10可以被设计成用于输送较高压差但较小的空气流至孔口17。因此,这两个盘泵10、80可以用作一个优化对负载38进行加压或减压的流体动力学特性的系统。盘泵10、80的功能性还可以根据所希望的性能特性来反转。即便如此,必须进一步描述盘泵10、80的操作,它们基本上是相似的,除了控制这些盘泵10、80的操作特性的多个阀的某些特征例外。因此,详细地描述盘泵10以支指出可以改变从而实现针对任一盘泵10、80的不同流动和压力特性的多个阀特征。

[0046] 为了描述盘泵10的、在图2A-12中所展示的特征的功能性,认为第二盘泵80是处于关掉状态,这样盘泵10仅提供了被供应到负载38或从该负载供应的空气流。在图2A中,盘泵

10包括一个盘泵体,该泵体具有大体上椭圆形的形状,该椭圆形形状包括在每一端由端板12、13闭合的一个圆柱形壁11。圆柱形壁11可以被安装到一个衬底28上,该衬底28形成端板13。衬底28可以是一个印刷电路板或另一种适合的材料。盘泵10进一步包括一对盘形内板14、15,这对盘形内板由附着到圆柱形壁11上的一个具有环形形状的隔离物30支撑于盘泵10内。圆柱形壁11的内表面、端板12、内板14以及隔离物30在盘泵10内形成一个空腔16。空腔16的内表面包括一个侧壁18,该侧壁18是在两端由端壁20、22闭合的圆柱形壁11的内表面的一个第一部分,其中端壁20是端板12的内表面并且端壁22包括内板14的内表面和隔离物30的一个第一侧。端壁22因此包括对应于内板14的内表面的一个中心部分和对应于隔离物30的内表面的一个外围部分。尽管盘泵10和其部件的形状大体上是椭圆形,但在此所披露的具体实施例是一种圆形、椭圆形形状。

[0047] 圆柱形壁11和端板12、13可以是包括盘泵体的单一部件或多个分离的部件。如图2A所示,端板13是由一个衬底形成,该衬底28可以是在其上安装盘泵10的一个印刷电路板、一个组装板、或印刷线组件(PWA)。尽管空腔16的形状大体上为圆形,但空腔16的形状还可能更一般地是椭圆形。在图2A中所示的实施例中,限定了空腔16的端壁20被示出为是总体上截头圆锥形的。在另一个实施例中,限定了空腔16的内表面的这个端壁20可以包括平行于致动器40的一个总体上平坦的表面,如以下所讨论的。一种包括截头圆锥形表面的盘泵在W02006/111775公开案中更详细地进行了描述,该公开案通过引用结合在此。盘泵体的端板12、13和圆柱形壁11可以由任何合适的刚性材料(包括但不限于金属、陶瓷、玻璃或塑料(包括但不限于注塑成型塑料))形成。

[0048] 盘泵10的内板14、15共同形成一个致动器40,该致动器40与形成空腔16的内表面的端壁22的中心部分操作性地相关联。内板14、15中的一者必须由一种压电材料形成,该压电材料可以包括响应于所施加的电信号展现出应变的任何电学活性材料,例如像一种电致伸缩或磁致伸缩材料。例如,在一个优选实施例中,内板15是由响应于所施加的电信号展现出应变的压电材料形成,即活性内板。内板14、15中的另一者优选地具有与该活性内板类似的一个弯曲刚度、并且可以由一种压电材料或一种电学非活性材料(如一种金属或陶瓷)形成。在这个实施例中,内板14具有与活性内板15类似的一个弯曲硬度、并且是由一种电学非活性材料(如一种金属或陶瓷)形成,即惰性内板。当活性内板15被电流激发时,活性内板15沿相对于空腔16的纵向轴线的一个径向方向膨胀和收缩,使得内板14、15弯曲,由此引发端壁22在大体上垂直于这些端壁22的方向上的轴向偏转(见图3A)。

[0049] 在未示出的其他实施例中,隔离物30可以取决于盘泵10的特定设计和取向从顶表面或底表面对内板14、15中的任一者进行支撑,不论是活性内板15还是惰性内板14。在另一实施例中,致动器40可以由仅与内板14、15中的一者处于力传输关系的装置(例如机械、磁性或静电装置)代替,其中选定的内板14、15可以被形成一个电学非活性或惰性材料层,该层以上文所描述方式被该装置(未示出)带动振荡。

[0050] 盘泵10进一步包括从空腔16延伸到盘泵10的外部的至少一个孔口,其中该至少一个孔口包括一个阀以控制穿过该孔口的流体的流动。该孔口可以位于空腔16中的任何位置处,在该位置中致动器40产生一个压差。图2A至图2B中所示的盘泵10的实施例包括大致位于端板12的中心并且延伸穿过该端板的一个孔口27。孔口27包括至少一个端阀29,该至少一个端阀调节沿如由箭头所指示的一个方向的流体流动,这样使得端阀29充当盘泵10的一

个出口阀。

[0051] 盘泵10进一步包括延伸穿过致动器40的至少一个孔口,其中该至少一个孔口包括一个阀以控制穿过该孔的流体的流动。该孔口可以位于致动器40上的任何位置处,在该位置中致动器40产生一个压差。然而,图2A至图2B中所示的盘泵10的说明性实施例包括大致位于内板14、15的中心并且延伸穿过内板14、15的一个致动器孔口31。致动器孔口31包括一个致动器阀32,该致动器阀调节沿如由箭头所指示的进入空腔16中的一个方向的流体流动,这样使得该致动器阀32充当到空腔16的一个入口阀。致动器阀32通过加强到空腔16中的流体流动并且对端阀29的操作进行补充来使盘泵10的输出量提高,如以下更详细地描述。

[0052] 在此描述的空腔16的尺寸应优选地满足相对于空腔16和侧壁18的高度(h)与其半径(r)之间的关系来说的某些不等式,该半径(r)是空腔16的纵轴线到侧壁18的距离。这些等式如下:

[0053] $r/h > 1.2$; 以及

[0054] $h^2/r > 4 \times 10^{-10}$ 米。

[0055] 在一个实施例中,当空腔16内的流体是一种气体时,空腔半径与空腔高度的比(r/h)是在约10与约50之间。在这个实例中,空腔16的体积可以是小于约10ml。另外,如果工作流体是与液体相对的一种气体,那么 h^2/r 的比优选地在约 10^{-6} 米与约 10^{-7} 米之间的范围内。

[0056] 此外,在此披露的空腔16应优选地满足与空腔半径(r)和工作频率(f)相关的以下不等式,该工作频率是致动器40振动以便产生端壁22的轴向位移的频率。该不等式是如下:

[0057]
$$\frac{k_0(c_s)}{2\pi f} \leq r \leq \frac{k_0(c_f)}{2\pi f} \quad [\text{等式1}]$$

[0058] 其中空腔16内工作流体的声速(c)可以是在一个约115m/s的慢速(c_s)与一个等于约1,970m/s的快速(c_f)之间的范围,如以上等式中所表达,并且 k_0 是一个常数($k_0=3.83$)。致动器40的振荡运动的频率优选地约等于空腔16中径向压力振荡的最低共振频率,但可以在该值的20%之内。空腔16中径向压力振荡的最低共振频率优选地是大于约500Hz。

[0059] 虽然优选的是在此披露的空腔16应分别地满足以上所确定的这些不等式,但空腔16的相对尺寸不应限于具有相同高度和半径的空腔。例如,空腔16可以具有要求产生不同频率响应的不同半径或高度的一个略微不同的形状,这样使得空腔16以一种所希望的方式共振以便产生自盘泵10的最佳输出。

[0060] 在操作中,盘泵10可以在负载38邻近于端阀29布置时充当一个正压源以便为负载38加压、或在负载38邻近于致动器入口阀32布置时充当一个负压或减压源以便为一个负载38减压,如由箭头所展示的。例如,该负载可以是使用负压进行治疗的一个组织治疗系统。如此处使用的,术语“减压”通常是指小于盘泵10所处的环境压力的一个压力。尽管术语“真空”和“负压”可以用于描述减压,但实际的压力减小可以显著地小于通常与完全真空相关联的压力降低。该压力就其为表压这一意义来说是“负的”,即该压力被减小到环境大气压以下。除非另外指明,否则在此所陈述的压力的值是表压。提及减压的增加典型地是指绝对压力的减小,而减压的减小典型地是指绝对压力的增加。

[0061] 如以上所指示,盘泵10包括至少一个致动器阀32和至少一个端阀29。在另一个实施例中,盘泵10可以包括在致动器40的每一侧上具有一个端阀29的一种两空腔盘泵。

[0062] 图3A示出说明空腔16的被驱动端壁22的轴向振荡的一种可能的位移分布。实心曲线和箭头表示在一个时间点处被驱动端壁22的位移,并且虚短划曲线表示半个周期后被驱动端壁22的位移。如此图和其他图中所示的位移被夸大。因为致动器40是由隔离物30悬挂而不是刚性地安装的,因此致动器40以其基本模式围绕其质心自由振荡。在这种基本模式中,致动器40的位移振荡的振幅在一个环状位移波节42处大体上是零,该环状位移波节位于被驱动端壁22的中心与侧壁18之间。端壁22上其他点处的位移振荡的振幅大于零,如由竖直箭头所表示。一个中心位移波腹43存在于致动器40的中心附近,并且一个外围位移波腹43'存在于致动器40的外围附近。中心位移波腹43在半个周期后由虚线曲线表示。

[0063] 图3B示出一种可能的压力振荡分布,其说明因图3A中所示的轴向位移振荡而引起的空腔16内的压力振荡。实曲线和箭头表示在一个时间点处的压力。在此模式和更高阶模式中,压力振荡的振幅具有靠近空腔16的侧壁18的一个外围压力波腹45'。压力振荡的振幅在中心压力波腹45与外围压力波腹45'之间的环状压力波节44处大体上是零。同时,如由虚线表示的压力振荡的振幅具有一个靠近空腔16的中心的负的中心压力波腹47和一个外围压力波腹47'以及相同的环状压力波节44。对于一个圆柱形空腔来说,空腔16中压力振荡的振幅的径向依赖性可以通过一种第一类贝塞尔函数来进行近似。上述压力振荡起因于空腔16中的流体的径向移动并且因此将被称为空腔16内的流体的“径向压力振荡”,以便区别于致动器40的轴向位移振荡。

[0064] 进一步参见图3A和图3B,可以看出致动器40的轴向位移振荡的振幅的径向相关性(致动器40的“模式形状”)应近似一种第一类贝塞尔函数,以便更密切地匹配空腔16中所希望的压力振荡的振幅的径向相关性(压力振荡的“模式形状”)。通过在其外围处非刚性地安装该致动器40并且允许致动器40围绕其质心更自由地振动,位移振荡的模式形状大体上匹配空腔16中压力振荡的模式形状,因此实现了模式形状匹配或更简单地说,模式匹配。虽然在此方面模式匹配并不总是完美的,但致动器40的轴向位移振荡以及空腔16中的对应的压力振荡在致动器40的整个表面上具有大体上相同的相对相位。在这个实施例中,空腔16中的压力振荡的环状压力波节44的径向位置与致动器40的轴向位移振荡的环状位移波节42的径向位置是大体上重合的。

[0065] 因为致动器40围绕其质心振动,所以当致动器40以如图3A中所图解的其基本弯曲模式振动时,环状位移节点42的径向位置将必然位于致动器40的半径内。因此,为了确保环状位移节点42与环状压力节点44一致,致动器的半径(r_{act})应优选地大于环状压力节点44的半径以优化模式匹配。再次假定空腔16中的压力振荡近似一种第一类贝塞尔函数,环状压力节点44的半径将是端壁22的中心到侧壁18的半径(即,空腔16的半径(r))的约0.63,如图2A中所示。因此,致动器40的半径(r_{act})应优选地满足以下不等式: $r_{act} \geq 0.63r$ 。

[0066] 隔离物30可以是一种柔性膜,该柔性膜通过响应于如图3A中外围位移波腹43'处的位移所示的致动器40振动而得到的弯曲和伸展而使致动器40的边缘能够如以上所描述更自由地移动。隔离物30通过在盘泵10的致动器40与圆柱形壁11之间提供一种低机械阻抗支撑而克服侧壁18在致动器40上的潜在阻尼效应,由此减小致动器40的外围位移波腹43'处的轴向振荡的阻尼。基本上,隔离物30使从致动器40传递到侧壁18上的能量最小化,其中隔离物30的外围边缘大体上保持静止。因此,环状位移波节42将保持大体上与环状压力波节44对准,以便维持盘泵10的模式匹配情形。因此,被驱动端壁22的轴向位移振荡持续有效

地产生从中心压力波腹45、47到侧壁18处的外围压力波腹45'、47'的在空腔16内的压力的振荡,如图3B中所示。

[0067] 图4示出了安装在衬底28(可以是一个电路板)上的一个传感器238,该传感器面向致动器40并且测量盘泵10的致动器40的位移。传感器238也称为光学传感器、包括在测量致动器40的位移(δy)的过程中使用的一个光学发射器240以及光学接收器242。为了测量位移,光学发射器240传播可以是可见光谱或不可见光谱中的光波的一个光学信号244。光学信号244从致动器40的内板15的表面被反射走,这样使得反射信号由光学接收器242接收,而不管如图4A中所示的致动器40的位移(δy)如何。在致动器40处于休止位置34中时,第一反射信号246在图4和图4A中所示的位置处冲击光学接收器242。在致动器40从休止位置34被移位到被偏置位置36时,第一反射信号246取决于致动器40的位移(δy)而被相应地移位一个相应的被反射位移(δx)从而成为第二反射信号248。基本上,冲击光学接收器242的反射信号的图像遵循从休止位置34至完全被偏置位置36的路线,如图4A中所示。

[0068] 被反射位移(δx)与致动器40的位移(δy)成比例,该致动器的位移是由盘泵10提供的压力的一个函数。更具体地,在环状压力波节44处致动器40的位移(δy)是致动器40任一侧上的压力差的函数。致动器40的与压力相关的位移(δy)可以被看成一种随着盘泵10将压力供应至负载38(或从该负载去除压力)而逐渐变好的类静态位移。因此,位移(δy)或(δx)可以被测量并用来计算致动器40上的压差,方法是通过建立致动器40的与压力相关的位移(δy)同致动器40上的压差(以及由盘泵10提供的对应压力)之间的相关性。

[0069] 在一个实施例中,光学发射器240可以是激光器、发光二极管(LED)、竖直腔表面发射激光器(VCSEL)或其他发光元件。光学发射器240可以被定位在衬底28上并且被定向成用于将光学信号244从致动器40的内板15的任一点反射走,只要第一反射信号246和第二反射信号248仍被光学接收器242接收和测量即可。当致动器40以基本模式振荡而产生如图2A中所述和所示的气流时,致动器40的位移振荡的幅度在任何环形位移波节42处可大体上是零。因此,沿着致动器40的其他各点处的位移振荡的幅度均大于零,同样如所述。因此,光学发射器240应被安放并定向成使得光学信号244是从靠近环形位移波节42的一个位置被反射,以便最小化致动器40的高频率振荡的影响、并且在致动器40更为缓慢地从休止位置34移动至被偏置位置36时更为准确地测量该致动器40的位移(δy)。

[0070] 在一个实施例中,光学接收器242可以包括形成传感器阵列的多个像素。光学接收器242可以被配置成感测处于一种或多种波长的一个或多个被反射光束的位置。因此,光学接收器242可以被配置成感测在第一反射信号246与第二反射信号248之间的被反射位移(δx)。光学接收器242可以被配置成通过光学接收器242的这些对应的像素将光学接收器242感测到的反射信号246和248转化成电信号。可以实时测量或计算被反射位移(δx)或者利用一个特定的采样频率来测定致动器40相对于衬底28的位置。在一个实施例中,致动器40的位置被计算成在一个给定时期内的一个平均或均值位置。可以对光学接收器242的像素定大小以便提供额外的灵敏度来检测致动器40的相对较小的位移(δy),从而更好地监测盘泵10所提供的压力,这样使得可以对盘泵10进行实时控制。

[0071] 可以根据上述原理来利用计算致动器40的位移的多种替代方法。应理解的是,可以相对于盘泵10中的任何其他位置固定的元件来完成致动器40的位移确定。虽然大体上成比例,但被反射位移(δx)可以等于致动器40的位移(δy)乘以一个比例因子,其中该比例因

子可以是基于盘泵10的构型或多个其他对齐因子来预定的。因此,盘泵10的空腔16内的减压可以通过感测致动器40的位移(δy)来确定,而无需直接地测量被提供到一个负载的压力的压力传感器。这可能是令人希望的,因为直接测量压力的压力传感器对于(例如)测量由一个减压系统内的盘泵10提供的压力的应用来说可能是体积太大或昂贵的。这些说明性实施例在不会干扰到盘泵10的空腔16内产生的压力振荡的情况下优化盘泵10内的空间利用。

[0072] 参见图5A,图1A的盘泵10被示出为具有阀29、32,这两个阀在结构上大体上相似,并且是例如由图7A至图7D中所示并且具有图5B中所示的一个中心部分111的一个阀110所表示。关于图5A至图9B的以下描述全部都是基于可以被定位于盘泵10的孔口27、31中的任一者中的一个单一阀110的功能。图6示出了盘泵10内的流体压力振荡的曲线图并且示出了阀110是位于如图3B所示的中心压力波腹45之处或附近。阀110允许流体仅沿如图5B所描述的一个方向流动。阀110可以是一个止回阀或允许流体仅沿一个方向流动的任何其他阀。一些阀类型可以通过在一个打开与闭合位置之间转换来调节流体流动。对于以由致动器40产生的高频率操作的这类阀来说,阀29、32必须具有一个极快的响应时间,这样使得它们能够以比压力变化的时间尺度明显短的一个时间尺度打开和闭合。阀29、32的一个实施例通过采用一个极轻的瓣阀来实现这一点,该瓣阀具有较低惯性并且因此能够响应于该阀结构上的相对压力的变化快速移动。

[0073] 参见图5B和7A至7D,阀110是一个瓣阀。阀110包括一个大体上圆柱形的壁112,该圆柱形壁112是环形的并且在一端由一个固位板114闭合并且在另一端由一个密封板116闭合。壁112的内表面、固位板114、以及密封板116在阀110内形成一个空腔115。阀110进一步包括一个大体上圆形的阀瓣117,该大体上圆形的阀瓣被布置在固位板114与密封板116之间、但邻近于密封板116。圆形阀瓣117在另一个实施例中可邻近于固位板114布置,并且在这个意义上,阀瓣117被视为相对于密封板116或固位板114中的任一者“偏置”。阀瓣117的外围部分被包夹在密封板116与壁112之间,这样使得阀瓣117的运动被限制在大体上垂直于阀瓣117的表面的平面中。阀瓣117在这种平面中的运动还可以由于阀瓣117的外围部分直接附接到密封板116或壁112上而被限制、或因为阀瓣117紧密配合在壁112内而被限制。阀瓣117的其余部分是足够柔性的并且沿大体上垂直于阀瓣117的表面的一个方向是可移动的,这样使得施加到阀瓣117的任一表面上的力将在密封板116与固位板114之间促动阀瓣117。

[0074] 固位板114和密封板116二者分别具有孔118和120,这些孔延伸穿过每个板。阀瓣117还具有总体上与固位板114的孔118对准的孔122,以提供流体可穿过其中流动的一个通道,如图5B和图8A中的虚线箭头124所指示。阀瓣117中的孔122还可以与固位板114中的孔118部分地对准,即仅具有部分重叠。尽管孔118、120、122被示出为具有大体上均匀的大小和形状,但在不限制本发明的范围的情况下它们可以具有不同直径或甚至不同形状。在本发明的一个实施例中,孔118和120在这些板的表面上形成一个交替式图案,如由图7D中的实线圆圈和虚线圆圈分别所示。在其他实施例中,孔118、120、122可以安排成不同图案,而不影响相对于单独的成对孔118、120、122(如由单独组的虚线箭头124所图解)的功能而言阀110的操作。孔118、120、122的图案可以被设计以增加或减少孔的数目,从而根据需要控制穿过阀110的流体的总流动。例如,孔118、120、122的数目可以被增加以减小阀110的流动阻力,从而提高阀110的总流速。

[0075] 还参见图8A至图8C, 阀110的中心部分111展示了当一个力施加到阀瓣117的任一表面上时阀瓣117如何在密封板116与固位板114之间被促动。当没有力施加到阀瓣117的任一表面上以克服阀瓣117的偏置时, 阀110处于“常闭”位置, 因为阀瓣117是邻近于密封板116布置的, 其中该瓣的孔122偏离或未对准密封板116的孔118。在这一“常闭”位置中, 穿过密封板116的流体流动大体上被如图7A和图7B中所示的阀瓣117的未穿孔部分阻断或覆盖。当压力被施加于阀瓣117的任一侧时 (这克服了阀瓣117的偏置并且促动阀瓣117离开密封板116朝向固位板114, 如图5B和图8A中所示), 阀110在一个时间段内 (即一个打开时间延迟 (T_o)) 从常闭位置移动到一个“打开”位置, 从而允许流体沿由虚线箭头124所指示的方向流动。当压力改变方向 (如图8B中所示) 时, 阀瓣117将被反向促动朝向密封板116而到达常闭位置。当这发生时, 流体将沿如由虚线箭头132所指示的相反方向流动而持续一个较短时间段 (即一个闭合时间延迟 (T_c)), 直到阀瓣117将密封板116的孔120密封而大体上阻断穿过密封板116的流体流动, 如图8C中所示。在本发明的其他实施例中, 阀瓣117可以相对于固位板114偏置, 其中孔118、122在“常开”位置中对准。在这一实施例中, 对阀瓣117施加正压将是促动阀瓣117进入一个“闭合”位置所必需的。应注意, 如在此使用的关于阀操作的术语“密封”和“阻断”旨在包括以下情况: 发生大体上 (但不完全) 的密封或阻断, 这样使得阀的流动阻力在“闭合”位置中比在“打开”位置中大。

[0076] 阀110的操作是沿阀110上流体的差压 (ΔP) 的方向的变化函数的一个函数。在图8B中, 该差压已经被指定为一个负值 ($-\Delta P$), 如由指向下的箭头所指示。当该差压具有一个负值 ($-\Delta P$) 时, 固位板114的外表面处的流体压力大于密封板116的外表面处的流体压力。这一负差压 ($-\Delta P$) 驱动阀瓣117进入如以上所描述的完全闭合位置, 其中阀瓣117被压在密封板116上以阻断密封板116中的孔120, 由此大体上防止流体流过阀110。当阀110上的差压逆转而变成如由图8A中指向上的箭头所指示的一个正差压 ($+\Delta P$) 时, 阀瓣117被促动离开密封板116并且朝向固位板114进入打开位置。当该差压具有一个正值 ($+\Delta P$) 时, 密封板116的外表面处的流体压力大于固位板114的外表面处的流体压力。在打开位置中, 阀瓣117的移动使密封板116的孔120解除阻断, 这样使得流体能够流动穿过它们并且对应地与阀瓣117的孔122和固位板114的孔118对准, 如由虚线箭头124所指示。

[0077] 当阀110上的差压从一个正差压 ($+\Delta P$) 变回如由图8B中指向下的箭头所指示的一个负差压 ($-\Delta P$) 时, 流体开始沿如由虚线箭头132所指示的穿过阀110的相反方向流动, 该流动迫使阀瓣117回到图8C中所示的闭合位置。在图8B中, 阀瓣117与密封板116之间的流体压力小于阀瓣117与固位板114之间的流体压力。因此, 阀瓣117经历由箭头138所表示的一个净力, 该净力使阀瓣117加速朝向密封板116以闭合该阀110。以这种方式, 改变差压使阀110基于阀110上差压的方向 (即正的或负的) 而在闭合位置与打开位置之间循环。应理解, 当没有差压被施加在阀110上时, 阀瓣117可以相对于处于打开位置的固位板114偏置, 即阀110将随后处于“常开”位置。

[0078] 当阀110上的差压逆转变成为如图5B和图8A中所示的一个正差压 ($+\Delta P$) 时, 偏置的阀瓣117相对于固位板114被促动离开密封板116进入打开位置。在这一位置中, 阀瓣117的移动使密封板116的孔120解除阻断, 这样使得流体被允许流动穿过它们并且固位板114的孔118与阀瓣117的孔122对准, 如由虚线箭头124所指示。当差压从正差压 ($+\Delta P$) 变回负差压 ($-\Delta P$) 时, 流体开始沿相反方向流动穿过阀110 (参见图8B), 该流动迫使阀瓣117回到闭

合位置(参见图8C)。因此,因为空腔16中的压力振荡使阀110在关闭位置与打开位置之间循环,所以盘泵10在阀110处于打开位置时的每半个循环中提供减压。

[0079] 如以上所指示,阀110的操作是沿阀110上流体的差压(ΔP)的方向的变化函数的。假定差压(ΔP)在固位板114的整个表面上是大体上均匀的,因为(1)固位板114的直径相对于空腔115中的压力振荡的波长较小,并且(2)阀110位于空腔16的中心附近,其中正的中心压力波腹45的振幅相对恒定,如由图6中所示的正的中心压力波腹45的正的方形部分55和负的中心压力波腹47的负的方形部分65所指示。因此,阀110的中心部分111上的压力中几乎不存在空间变化。

[0080] 图9进一步展示了在阀110经受随时间在一个正值($+\Delta P$)与一个负值($-\Delta P$)之间变化的一个差压时阀110的动态操作。尽管实际上跨越阀110的差压的时间依赖性可以是近似正弦的,但跨越阀110的差压的时间相依赖性被近似为如图9A中所示的以正方形波形变化,以有助于解释阀的操作。正差压55在正压时间段(t_{p+})时被施加在阀110上,并且负差压65在方波的负压时间段(t_{p-})时被施加在阀110上。图9B展示了响应于这一随时间变化的压力的瓣117运动。随着差压(ΔP)从负的65转换成正的55,阀110开始打开并且在一个打开时间延迟(T_o)内持续打开,直到阀瓣117与固位板114相接,也如以上所描述并且如图9B中的曲线图所示。随着差压(ΔP)随后从正差压55转换回负差压65,阀110开始闭合并且在一个闭合时间延迟(T_c)内持续闭合,也如以上所描述并且如图9B中所示。

[0081] 固位板114和密封板116应足够坚固以承受其所经历的流体压力振荡而无显著机械变形。固位板114和密封板116可以由任何合适的刚性材料(如玻璃、硅、陶瓷或金属)形成。固位板114和密封板116中的孔118、120可以通过任何合适的方法(包括化学蚀刻、激光机械加工、机械钻孔、粉末喷砂以及冲压)形成。在一个实施例中,固位板114和密封板116是由在100与200微米厚之间的钢板形成,并且其中的孔118、120是通过化学蚀刻形成。阀瓣117可以由任何轻质材料(如一种金属或聚合物膜)形成。在一个实施例中,当20kHz或更大的流体压力振荡存在于阀110的固位板侧或密封板侧上时,阀瓣117可以由厚度在1微米与20微米之间的一个聚合物薄片形成。例如,阀瓣117可以由聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)或厚度约3微米的一种液晶聚合物薄膜形成。

[0082] 现在参见图10A和图10B,示出两阀盘泵10的一个分解视图,该两阀盘泵10使用阀110作为阀29和32。在这一实施例中,致动器阀32对盘泵10的致动器孔口31与空腔16之间的空气流232进行门控(图10A),而端阀29对盘泵10的空腔16与孔口27之间的空气流进行门控(图10B)。在此,孔口27充当了一个泵出口。这些图中的每一者还示出了当致动器40振荡时在空腔16中产生的压力。阀29和32两者都位于靠近空腔16的中心处,其中分别为正的和负的中心压力波腹45和47的振幅相对较恒定,如分别为正的和负的方形部分55和65(如上文所述)所示。在这一实施例中,阀29和32两者都被偏置在如由阀瓣117所示的闭合位置中并且在阀瓣117被促动到如由阀瓣117'所示的打开位置时如上文所描述地进行操作。这些图还示出中心压力波腹45、47的正的和负的方形部分55、65、对阀29、32两者的操作以及对应地通过每一者产生的相应空气流229和232的同步影响的一个分解视图。

[0083] 还参见图11、图11A以及图11B的相关部分,阀29和32的打开状态和闭合状态(图11)和每一者的所得流动特征(图11A)被示出为与空腔16中的压力相关(图11B)。当盘泵10的致动器孔口31和孔口27都处于环境压力下并且致动器40开始振动而如上文所述在空腔

16内产生压力振荡时,空气开始交替地流过阀29、32,从而使得空气从致动器孔口31流到盘泵10的孔口27,即盘泵10开始以一种“自由流动”模式操作。在一个实施例中,盘泵10的致动器孔口31可以被供以环境压力下的空气,而盘泵10的孔口27气动联接到一个负载(未示出)上,该负载通过盘泵10的作用而变得被加压。在另一个实施例中,盘泵10的致动器孔口31可以气动联接到一个负载(未示出)上,该负载通过盘泵10的作用变得减压以在该负载(如伤口敷料)中产生一个负压。

[0084] 正的中心压力波腹45的正方形部分55在如以上所描述的盘泵循环的一半期间通过致动器40的振动在空腔16内产生。当盘泵10的致动器孔口31和孔口27都在环境压力下时,正的中心波腹45的方形部分55在端阀29上产生一个正差压并且在致动器阀32上产生一个负差压。因此,致动器阀32开始闭合并且端阀29开始打开,这样使得致动器阀32阻断空气流232x穿过致动器孔口31,而端阀29打开以将空气从空腔16内释放,从而允许空气流229穿过孔口27离开空腔16。随着致动器阀32闭合并且端阀29打开(图11),盘泵10的孔口27处的空气流229取决于端阀29的设计特征而上升到一个最大值(图11A)。打开的端阀29允许空气流229离开盘泵空腔16(图11B)而致动器阀32是闭合的。当端阀29上的正差压开始减小时,空气流229开始下降直到端阀29上的差压达到零。当端阀29上的差压降到零以下时,端阀29开始闭合,从而允许一些空气回流329穿过端阀29,直到端阀29完全闭合,以便阻断如图10B中所示的空气流229x。

[0085] 更确切参见图10B以及图11、图11A和图11B的相关部分,负的中心压力波腹47的正方形部分65在如以上所描述的盘泵循环的第二半期间通过致动器40的振动在空腔16内产生。当盘泵10的致动器孔口31和孔口27都在环境压力下时,负的中心波腹47的方形部分65在端阀29上产生一个负差压并且在致动器阀32上产生一个正差压。因此,致动器阀32开始打开并且端阀29开始闭合,这样使得端阀29阻断穿过孔口27的空气流229x,而致动器阀32打开,从而允许空气流入空腔16中,如由穿过致动器孔口31的空气流232所示。随着致动器阀32打开并且端阀29闭合(图11),盘泵10的孔口27处的空气流除了如以上所描述的少量回流329以外大体上是零(图11A)。打开的致动器阀32允许空气流232进入盘泵空腔16中(图11B)而端阀29是闭合的。当致动器阀32上的正差压开始减小时,空气流232开始下降直到致动器阀32上的差压达到零。当致动器阀32上的差压上升到零以上时,致动器阀32再次开始闭合,从而允许一些空气回流332穿过致动器阀32,直到致动器阀32完全闭合,以便阻断如图10A中所示的空气流232x。该循环随后重复,如以上关于图10A所描述。因此,随着盘泵10的致动器40在以上关于图10A和图10B所描述的两个半循环期间振动,阀29和阀32上的差压致使空气从致动器孔口31流到盘泵10的孔口27,如对应地由空气流232、229所示。

[0086] 在盘泵10的致动器孔口31保持在环境压力下并且盘泵10的孔口27被气动地联接到通过盘泵10的作用而被加压的一个负载上的情况下,盘泵10的孔口27处的压力开始增加,直到盘泵10的孔口27达到一个最大压力,此时从致动器孔口31到孔口27的空气流是可忽略的,即“停滞”情形。图12展示了当盘泵10处于停滞情形时致动器孔口31和孔口27处空腔16内和空腔16外的压力。更确切地说,空腔16中的平均压力在入口压力以上约1P(即环境压力以上1P),并且空腔16的中心处的压力在约环境压力与约环境压力加2P之间变化。在该停滞情形下,不存在以下时间点:在该时间点时空腔16中的压力振荡在致动器阀32或端阀29处产生一个足够正差压以便显著打开任一阀从而允许任何空气流穿过盘泵10。因为盘泵

10使用了两个阀,所以以上所描述的两个阀29、32的协同作用能够使孔口27与致动器孔口31之间的差压增加到为2P的最大差压(一个单阀式盘泵的差压的两倍)。因此,在前一段落中所描述的情形下,当盘泵10达到停滞情形时,两阀式盘泵10的出口压力从自由流动模式中的环境压力提高到约环境压力加2P的一个压力。

[0087] 再次参见图1A和1B,盘泵系统100包括盘泵10、80,这两个盘泵采用了上文中关于图2A至图12所描述的特征来将空气流供应到一个负载38并且测量负载38处所得的压力增大或减小。在一个说明性实现方式中,盘泵10、80的阀被配置成用于提供来自孔口17的空气流来将负载38抽空,由此减小来自环境压力的压力,即在负载38内创建一个负压。例如,负载38可以是一个向伤口提供负压以增强愈合的负压伤口治疗装置的歧管。在一个传统的实现方式中,与一个分开的压力传感器装置平行地安排了一个或多个盘泵以便测量由这两个盘泵所提供的压力,从而确定被供应至负载38的空气流。此类压力传感器装置典型地对于伤口治疗系统而言体积太大并且难以整合,并且是有待包括在伤口治疗系统中的非常昂贵的部件。图1A的盘泵系统100的构型排除了对分开的压力传感器装置的需要,因为盘泵10、80各自包括上文描述的整合式压力传感器238,这些传感器通过测量致动器40的位移来间接地测量与各个盘泵10、80相关联的压力。在这两个盘泵10、80之间具有预定义尺寸的该限制装置50提供了一个压降,从这个压降可以计算空气流,从而排除了对于直接测量压力的一个分开的压力传感器装置的需要。

[0088] 在一个实施例中,第二盘泵80可操作来测量其致动器40的位移以便确定与其致动器孔口31相关联的压差。在图1A的说明性实施例中,这些盘泵10、80被安装到共用衬底28上,该衬底进而粘附到歧管52上。相应地,具有预定尺寸的该限制装置50可以在歧管52的顶表面中形成。如上所述,图1A的限制装置50可以是由衬底28的底侧和歧管52形成的一个密闭腔室,衬底28被放置在该歧管上。该限制装置50可以非常小并且可以容易地装配到一个小空间中。

[0089] 使用图1A的系统,盘泵10、80可以用来通过测量跨过该限制装置50的压降而测量穿过盘泵系统100的流动。在一个实施例中,该限制装置50被近似为一个具有圆形截面的管。假定穿过限制装置50的流动是完全紊流,则可以基于以下等式来计算压降:

$$[0090] \quad p_1^2 - p_2^2 = \left[\lambda \frac{L}{D} * \rho_1 * \frac{\omega}{2} \frac{1}{T_1} * \frac{\bar{T}}{T_1} \right] 2 * f_1$$

[0091] 其中管道摩擦系数是

$$[0092] \quad \frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \ln \left[\frac{2.51}{\text{Re} * \sqrt{\lambda}} + \frac{\kappa}{D} * 0.269 \right]$$

[0093] 在以上等式中, ω 是流动速度; p_1 是进入压力; p_2 是离开压力; T_1 是流体的进入温度; T_2 是流体的离开温度; f_1 是该限制装置的摩擦系数; Re 是雷诺数; κ 是该限制装置的绝对粗糙度; D 是该限制装置的直径;并且 ρ_2 是流体(或进入气体)的密度。管道摩擦系数随着该路径的表面发生改变但在其他方面是恒定的。当第一盘泵10和第二盘泵80二者处的压力都已知时,可以对以上等式求解从而确定流动速度或流速。要注意,为了使得测量的流速代表的是由盘泵系统100所提供的流动,盘泵10、80之一应该被暂时停止并且仅用于测量压力

(并且不提供流动)。

[0094] 总体上,盘泵系统100所提供的预期流量和相关联的压力范围是已知的设计参数。这样,该限制装置50可以被调谐以使得使用上述方法论进行的测量将具有所希望的精确度水平。例如,可以对该限制装置的长度、直径和表面粗糙度进行调节。在一个示例性实施例中,该限制装置50可以具有小于或等于约10mm的长度以及大于或等于约0.5mm的直径。因此得到,一个短的、窄的且粗糙的限制装置是最适合小空间的,但这样一个限制装置更可能遇到冷凝物聚集或被外来碎屑阻塞的问题。进一步,较小限制装置的制造公差被缩窄并且是更加关键的。一个较长、较宽且较光滑的限制装置可以更可靠地制造并且较不易堵塞。一个较长的已知限制装置可以通过将该已知限制装置安排在如图1B所示的迂回路径中而在较小空间内形成。

[0095] 如果具有迂回路径的限制装置50被形成在如图1B所示的盘泵10、80之间,则穿过盘泵10、80之一的流动将需要被停止以便对这两个盘泵10、80之间的流动进行准确测量,即,对穿过该限制装置50的流动进行测量。为了使穿过一个泵10、80的流动代表穿过了盘泵系统100的流动,希望的是将盘泵10、80偏置。例如,可以将第一盘泵10偏置以便提供与一个较高压差相关联的较低流速,并且可以将第二盘泵80偏置以便提供与一个较低压差相关联的较高流速。在一个实施例中,第二泵80是位于该限制装置的远端处的一个高流量泵。在该实施例中,第二盘泵80在测量流量时继续运行。当盘泵10、80如上所述被偏置时,在盘泵系统100提供增大的流量时(例如,在起动时或在存在泄露时)第一盘泵10的运行对于盘泵系统100的运行是较不关键的。这些偏置的盘泵构型将临时中止第一盘泵10的运行而使得第一盘泵10可以充当流量传感器的影响最小化,因为第二盘泵80提供了大部分流量。相反,当负载38被抽空并且希望增大的压差时,该高流速的偏置第二盘泵80可以被关掉并且高压的第一盘泵10可以在测量流速时起作用。

[0096] 图13是一个框图,展示了图1A的盘泵系统的功能性。盘泵系统100包括一个第一盘泵10和第二盘泵80。盘泵10、80各自包括一个传感器238,该传感器可操作来测量一个致动器40的位移,如上文关于图4所描述的。应理解的是,其他传感器也可以用作盘泵系统100的一部分以代替这些传感器238。盘泵系统100包括一个电池60以便为盘泵系统100供电。盘泵系统100的这些元件是互连的并且通过导线、路径、轨迹、导程以及其他导电元件进行通信。盘泵系统100还包括一个控制器或处理器56和一个驱动器58,该驱动器可以包括两个相异的驱动器58a、58b。处理器56被适配成与驱动器58进行通信。驱动器58的功能是接收来自处理器56的一个控制信号62。控制信号62可以包括两个相异的控制信号62a、62b。驱动器58产生一个激励第一盘泵10中的致动器40的第一驱动信号64a以及一个激励第二盘泵80中的致动器40的第二驱动信号64b。在一个替代性实施例中,该处理器将第一和第二控制信号62a、62b对应地传送至第一和第二驱动器58a、58b。第一和第二驱动器58a、58b接着产生第一和第二驱动信号64a和64b来激励盘泵10、80的致动器40。第一和第二控制信号62a、62b以及对应的驱动信号64a、64b可以是相同或不同的。

[0097] 处理器56还可以将照明信号66a、66b提供到发射器240,以便使用光学信号244来照射这些致动器40。光学信号244被这些致动器40反射到光学接收器242,如由反射的信号248所展示的、而且在上文关于图4和图4A进行了描述。在这些反射信号248冲击光学接收器242时,光学接收器242将对应于致动器40的位移(δy)的位移信号68a、68b提供给处理器56。处

理器56被配置成按照由位移信号68a、68b表示的致动器40的位移(δy)的一个函数来计算该负载38处由盘泵10、80各自产生的压力。在一个实施例中,处理器56可以被配置成均分多个反射信号248以便确定致动器40随着时间推移的平均位移。在另一个实施例中,处理器56可以将位移信号68a、68b用作反馈以便调节控制信号62和相应的驱动信号64a、64b,以用于调节在该负载38处的压力。在一个实施例中,处理器56将由盘泵系统100所提供的流速计算为在盘泵10、80各自处产生的确定压力的函数,如以上所描述。

[0098] 处理器56、驱动器58、以及盘泵系统100的其他控制电路可以被称为一个电子电路。处理器56可以是能够控制盘泵10、80的功能性的电路或逻辑。处理器56可以用作或包括微处理器、数字信号处理器、专用集成电路(ASIC)、中央处理单元、数字逻辑或其他装置,这些其他装置适于:控制包括一个或多个硬件元件和软件元件在内的电子装置;执行软件、指令、程序和应用;转化和处理信号和信息;并且执行其他相关任务。处理器56可以是一个单一芯片或与其他计算或通信元件相集成。在一个实施例中,处理器56可以包括一个存储器或与一个存储器进行通信。该存储器可以是配置成存储数据以用于随后的检索或稍后的存取的一个硬件元件、装置或记录介质。该存储器可以是处于随机存取存储器、缓存或适于存储数据、指令以及信息的小型化的存储介质形式的静态或动态存储器。在一个替代实施例中,该电子电路可以是模拟电路,该模拟电路被配置成用于执行相同的或类似的功能性以用于测量压力并且控制盘泵10、80的空腔内的致动器40的位移,如以上所描述的。

[0099] 盘泵系统100还可以包括一个RF收发器70,该收发器用于经由RF收发器70所发射并且接收的无线信号72和74传达与盘泵系统100的性能有关的信息和数据,包括(例如)流速、当前的压力测量值、致动器40的实际位移(δy)、以及电池60的当前使用寿命。盘泵系统100可以利用一个通信接口,该通信接口包括RF收发器70、红外线或其他有线或无线信号来与一个或多个外部装置进行通信。RF收发器70可以利用蓝牙、WiFi、WiMAX或多种其他通信标准或专有通信系统。关于更为具体的使用,RF收发器70可以将这些信号72发送到一个计算装置,该计算装置存储一个压力读数数据库以供医学专业人士参阅。该计算装置可以是执行本地处理或另外将信息传达给用于处理信息和数据的一个中央或远程计算机的一个计算机、移动装置、或医疗设备装置。类似地,RF收发器70可以接收信号72以用于基于致动器40的运动来外部调节由盘泵系统100在负载38处产生的压力。

[0100] 驱动器58是激发和控制致动器40的一个电路。例如,驱动器58可以是用于产生作为驱动信号64a、64b的一部分的一个具体波形的一个大功率晶体管、放大器、桥和/或过滤器。这种波形可以通过处理器56和驱动器58进行配置以便提供驱动信号64a、64b,该驱动信号使这些致动器40以频率(f)进行处于一种振荡运动形式的振动,如以上更详细地描述。响应于驱动信号64a、64b,这些致动器40的振荡位移运动在盘泵10、80的空腔内产生流体的径向压力振荡,从而在负载38处提供空气流并产生压力。

[0101] 在另一个实施例中,盘泵系统100可以包括用于向用户显示信息的一个用户界面。该用户界面可以包括用于向用户提供信息、数据或信号的一个显示器、音频界面或触觉式界面。例如,一个小型LED屏幕可以显示由盘泵系统100产生的压力。该用户界面还可以包括按钮、调控盘、旋钮或用于调节盘泵的性能并且特别是所产生的减压的其他电学或机械界面。例如,可以通过调节旋钮或作为用户界面的一部分的其他控制元件来增加或减小压力。

[0102] 能够测量盘泵系统100中的流速提供了若干优点。不需要另外的部件或花费就能

测量盘泵系统100的流速,并且只需要较小的占地。此外,流速数据可以用于确定负载38处的条件。例如,测量的流速可以用来确定在负载38处是否有泄露并且用来收集关于盘泵系统100的性能的数据。

[0103] 在一个实施例中,盘泵系统100基于所测量的流速和压力来确定在负载38处是否存在泄露。例如,盘泵系统100可以在泵10、80处的流速在一个时间区间内保持相对恒定时确定在负载38处存在泄露。响应于确定了存在着泄露,盘泵系统100可以关小或者经由音频接口而传送一个警报或警告信号。在一个实施例中,响应于确定了存在着泄露,盘泵系统100可以执行一个诊断过程以确定泄露的原因。这样一个过程可以包括确定盘泵10、80各自是否恰当地起作用、并且负载38处的压力是否得以维持。

[0104] 根据上述内容应清楚,已提供了具有显著优点的一个发明。虽然本发明仅以少量的其形式被示出,但它并非仅限于此,而是可以在不脱离其精神的情况下易于进行各种变化和修改。

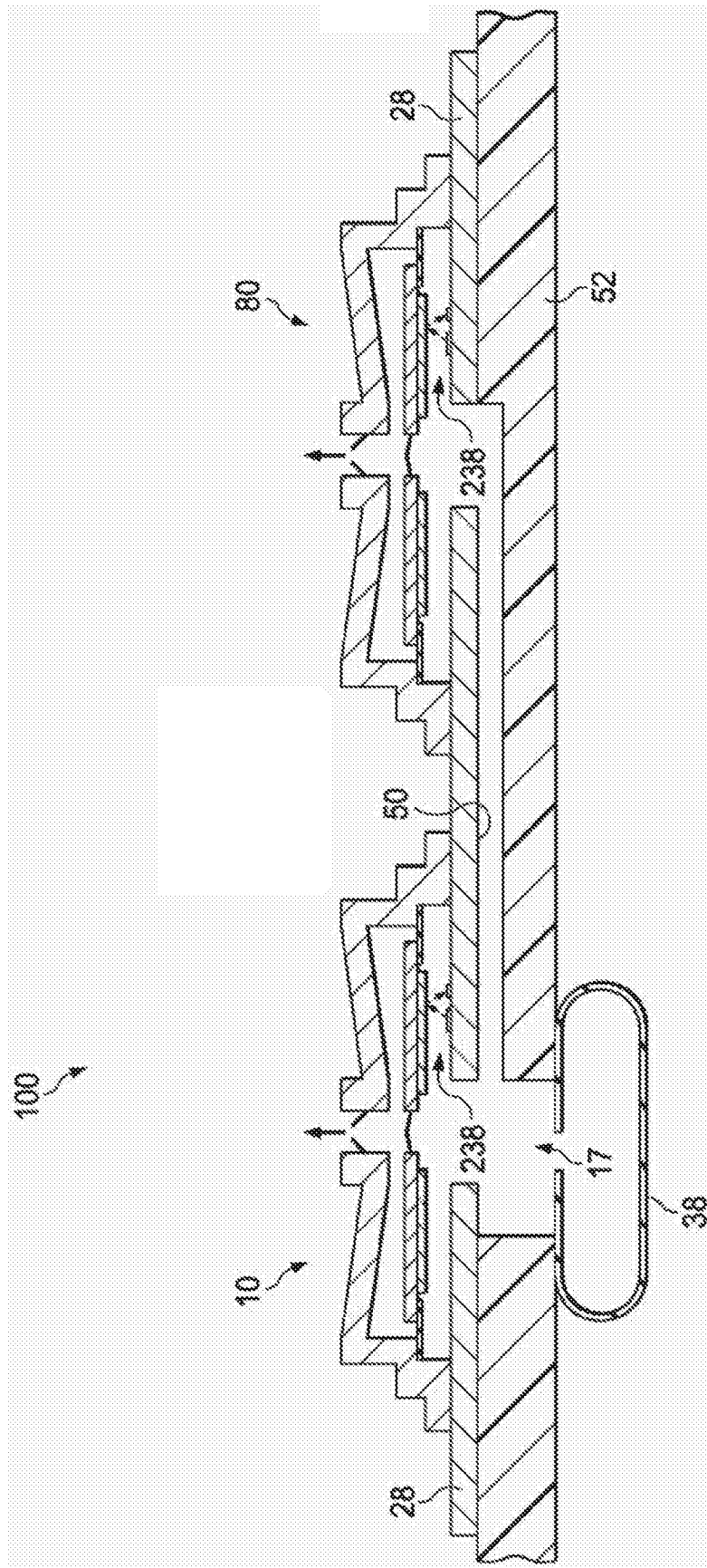


图1A

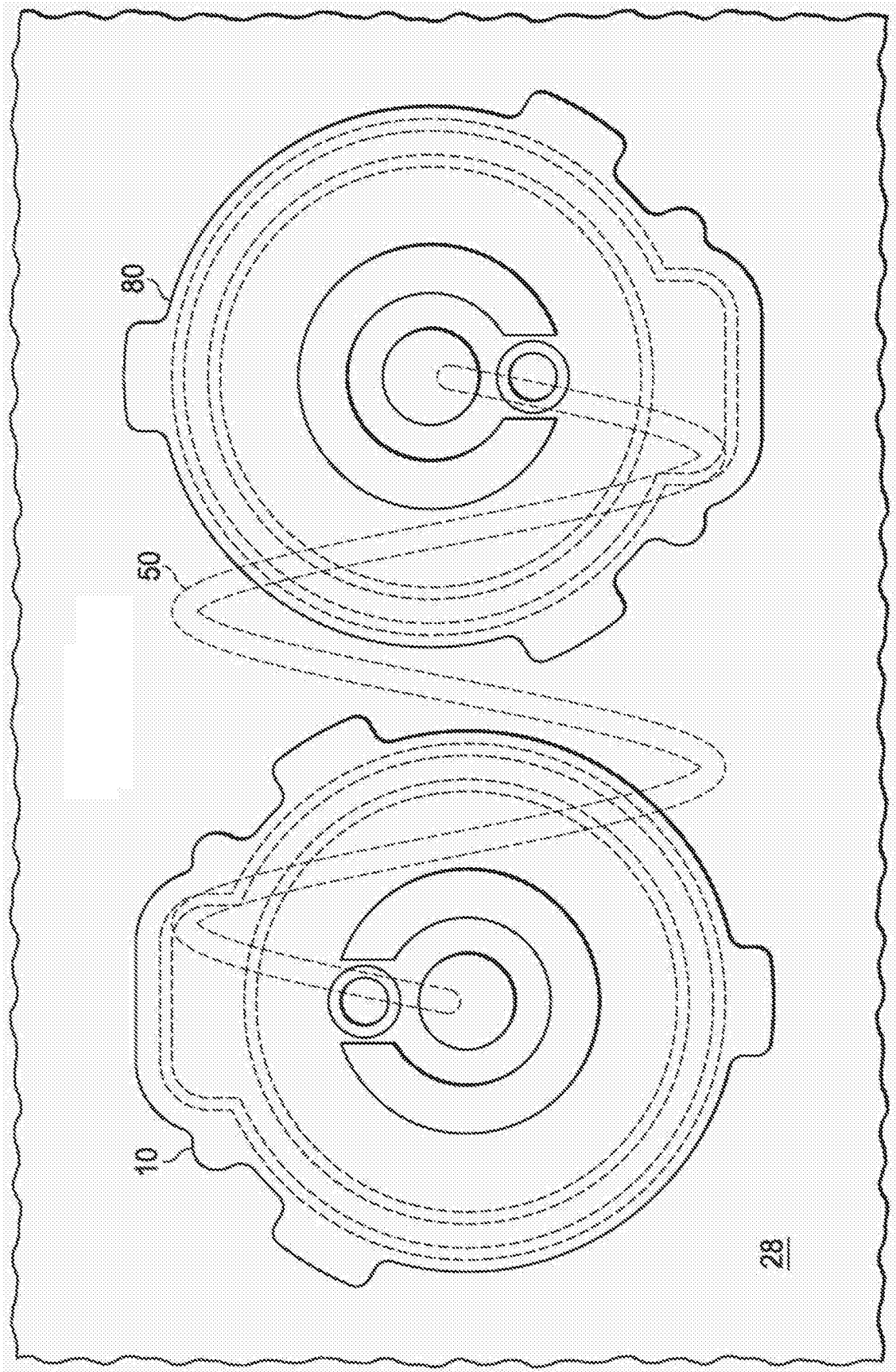


图1B

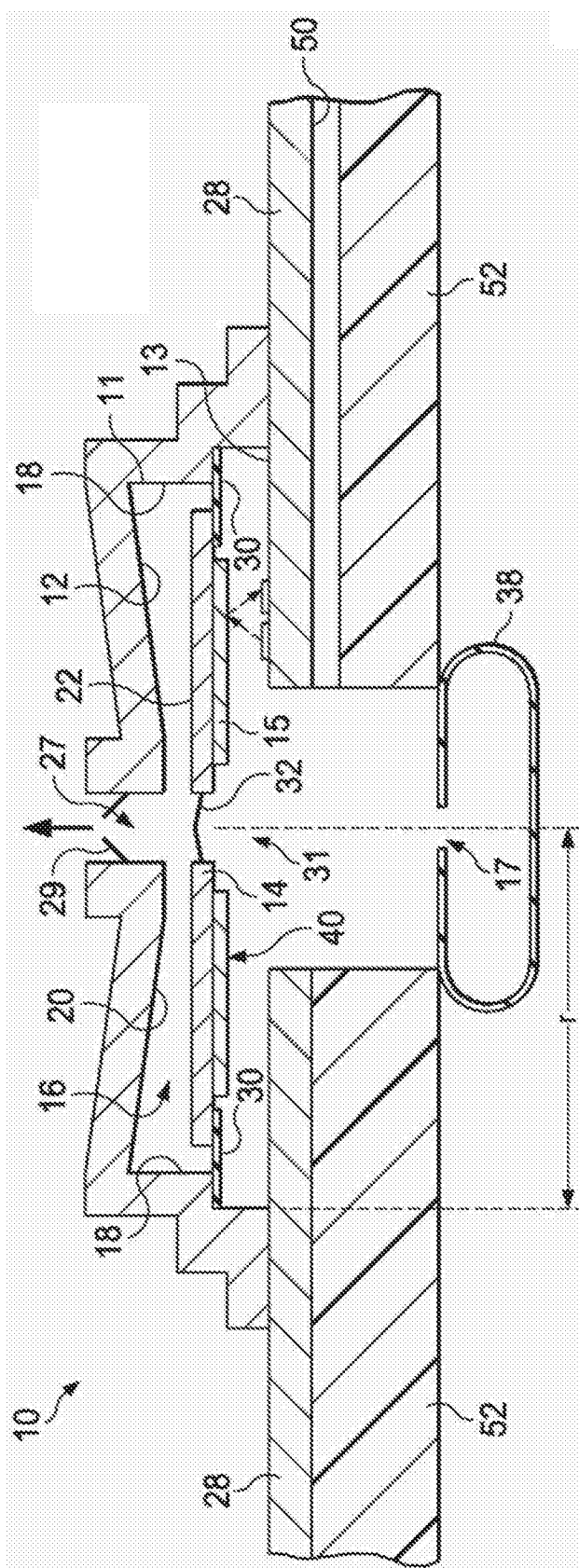


图 2A

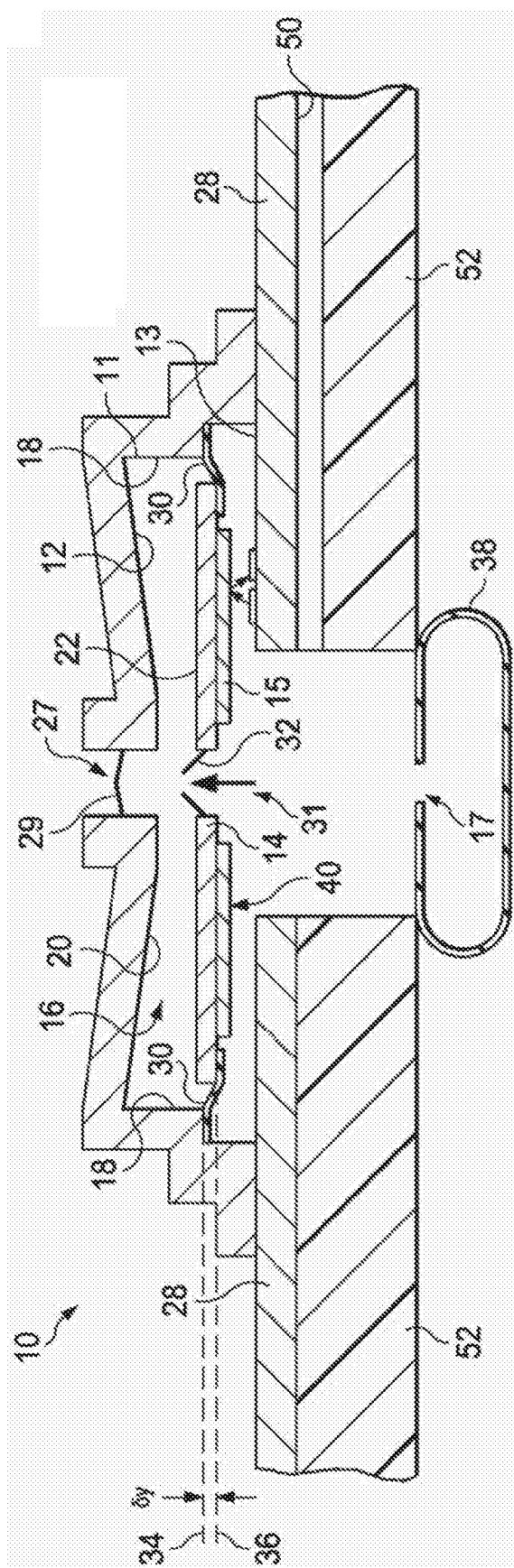


图 2B

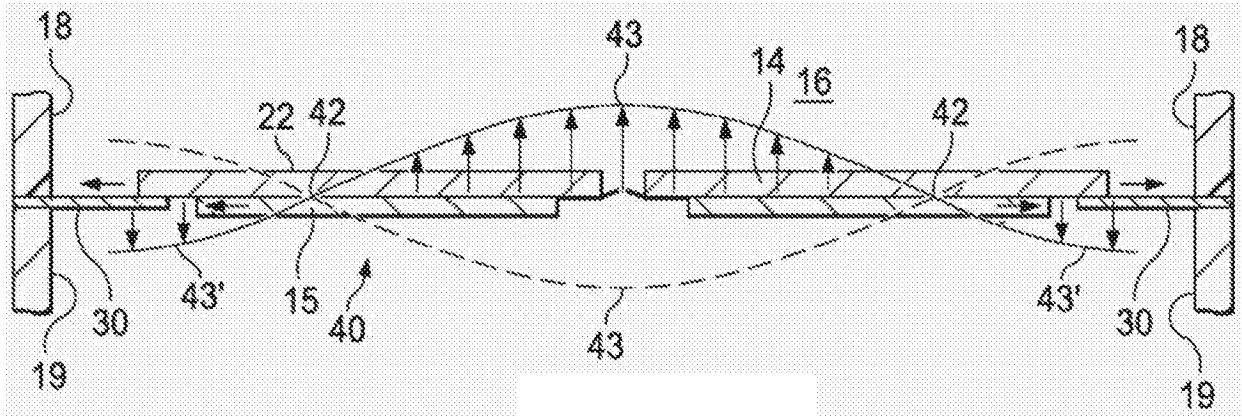


图3A

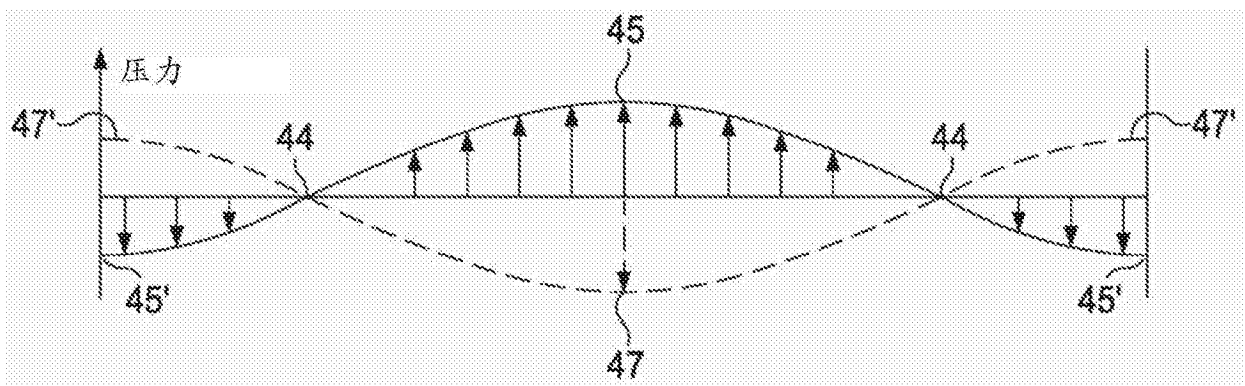


图3B

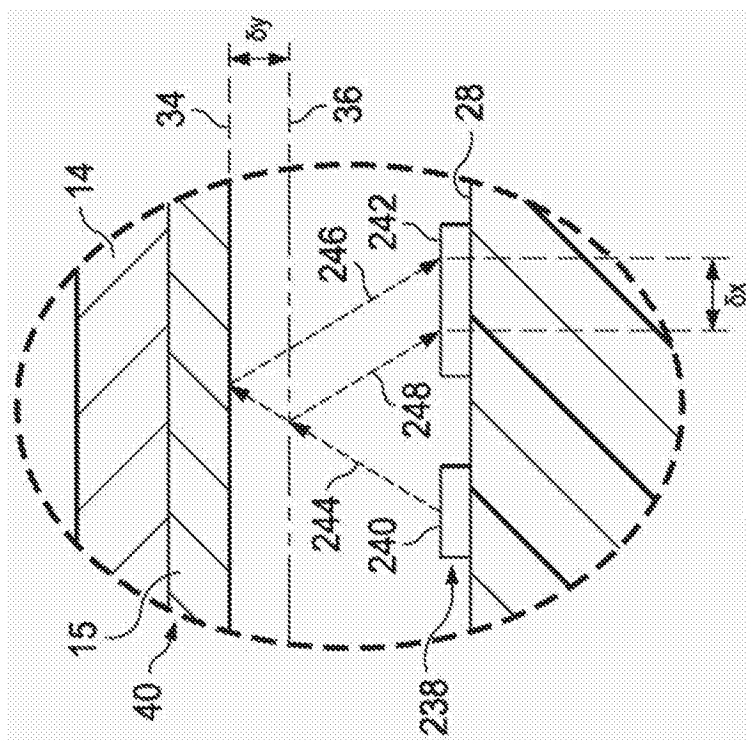


图4

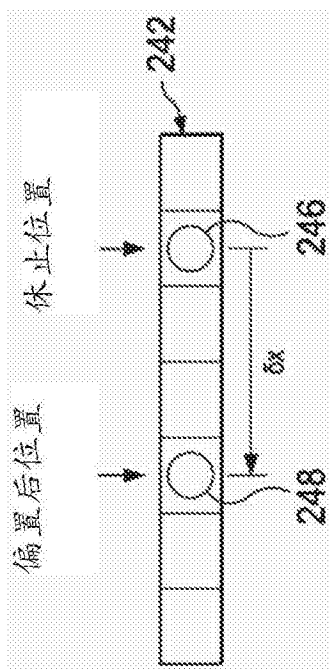
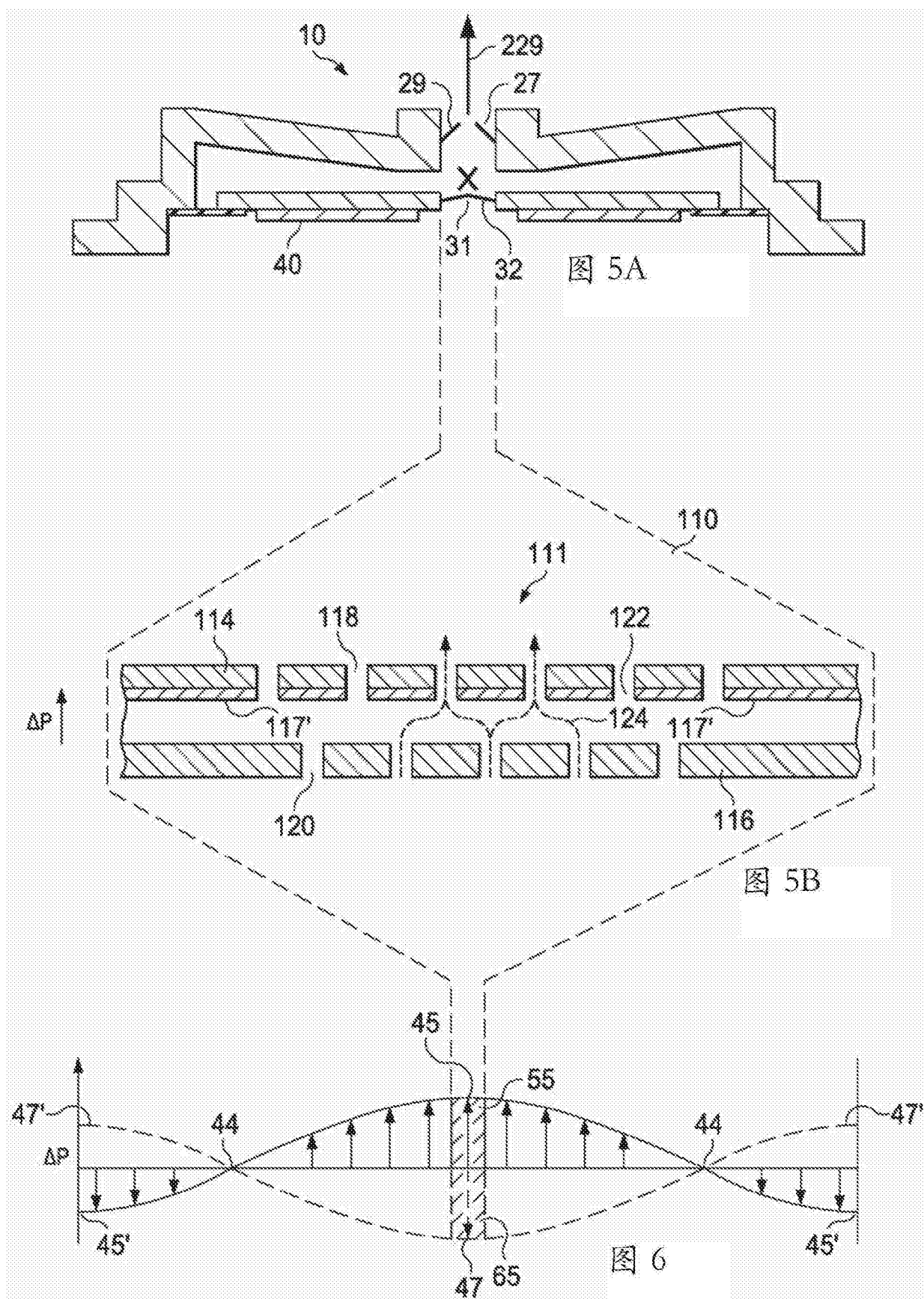


图4A



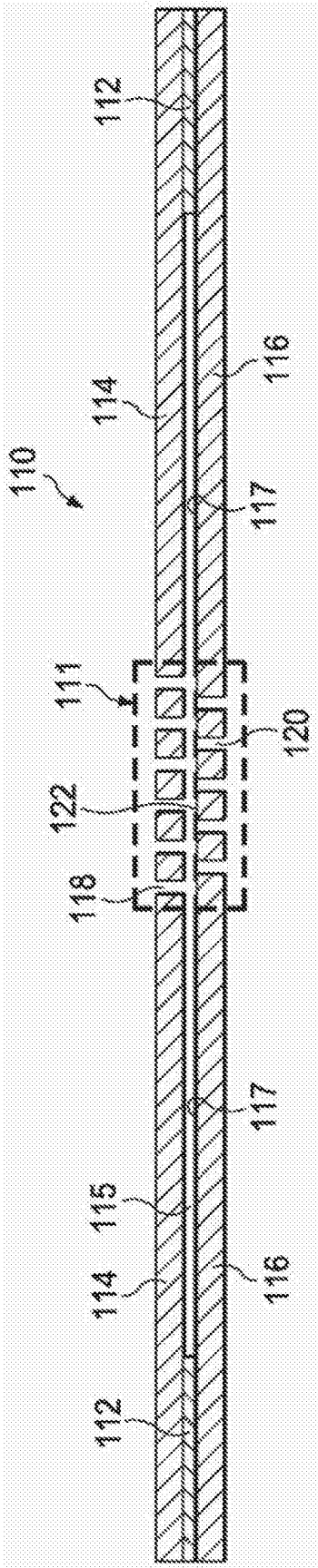


图7A

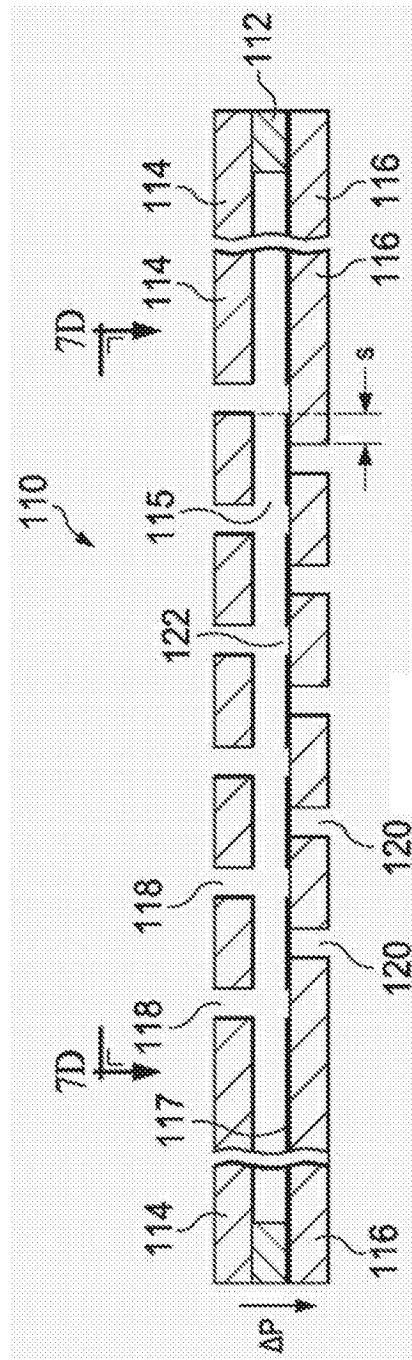


图7B

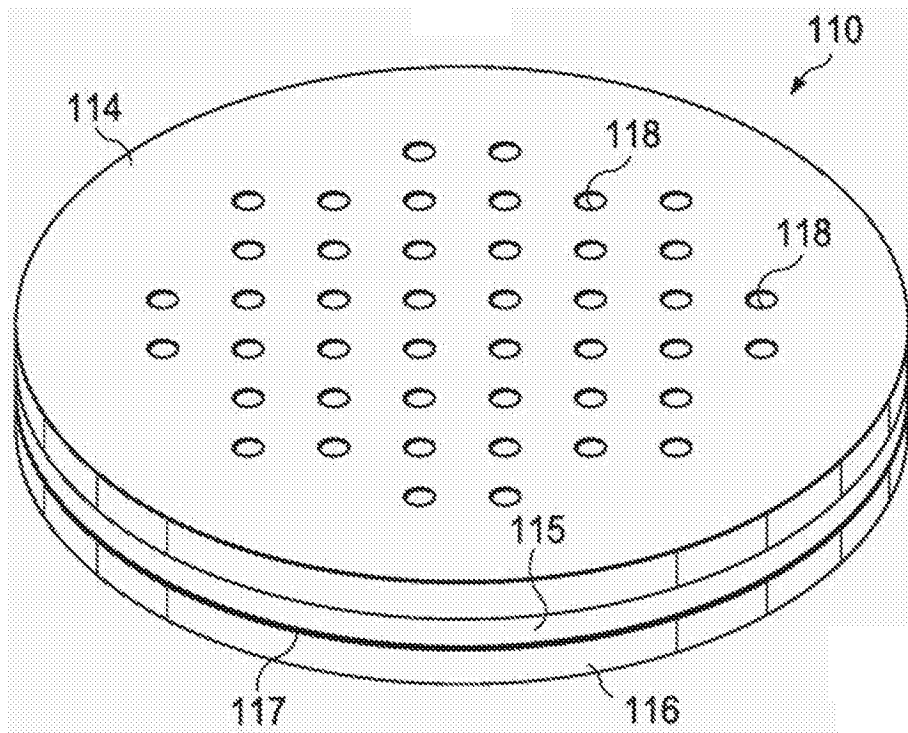


图7C

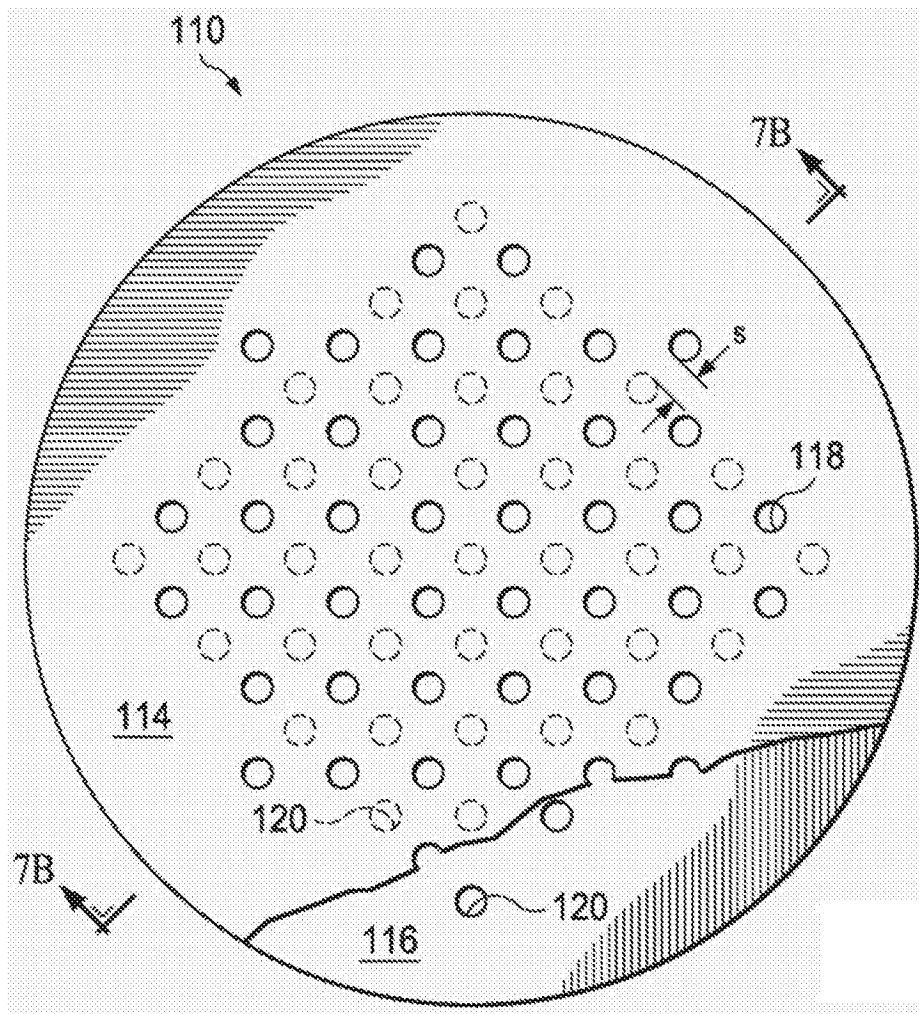


图7D

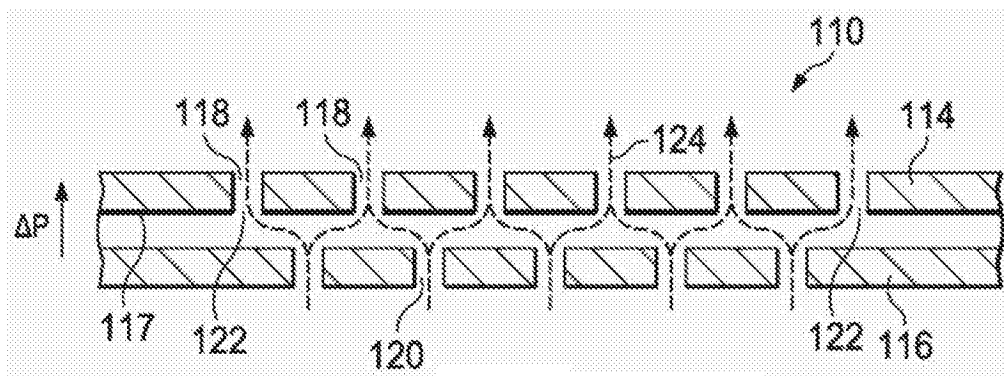


图8A

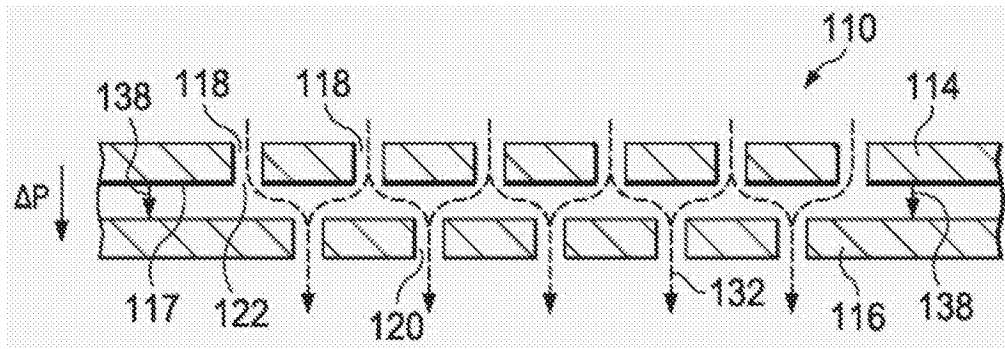


图8B

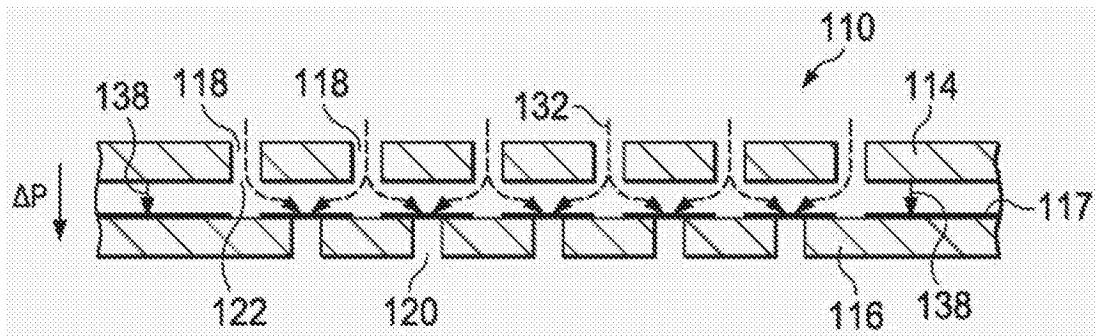
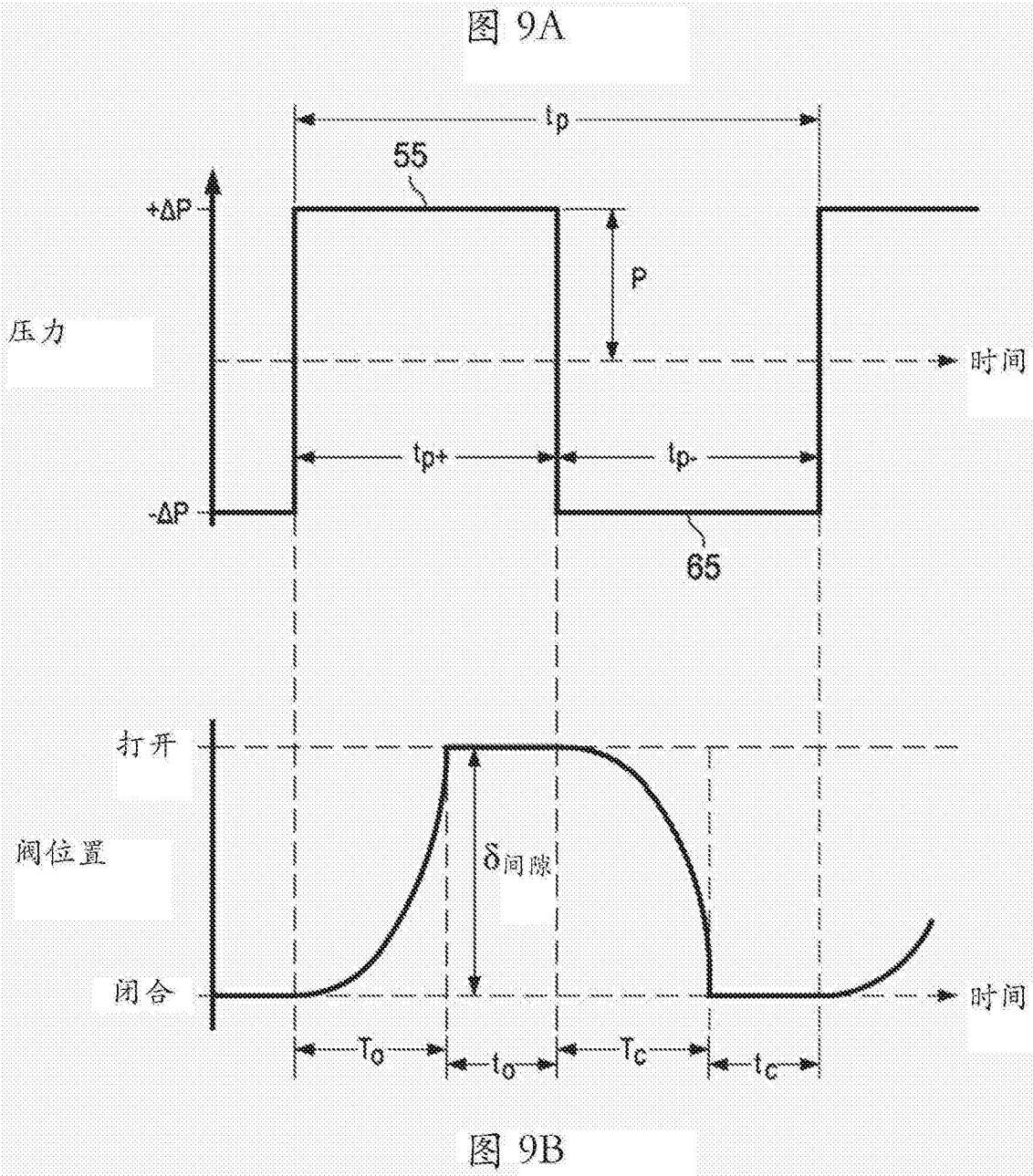


图8C



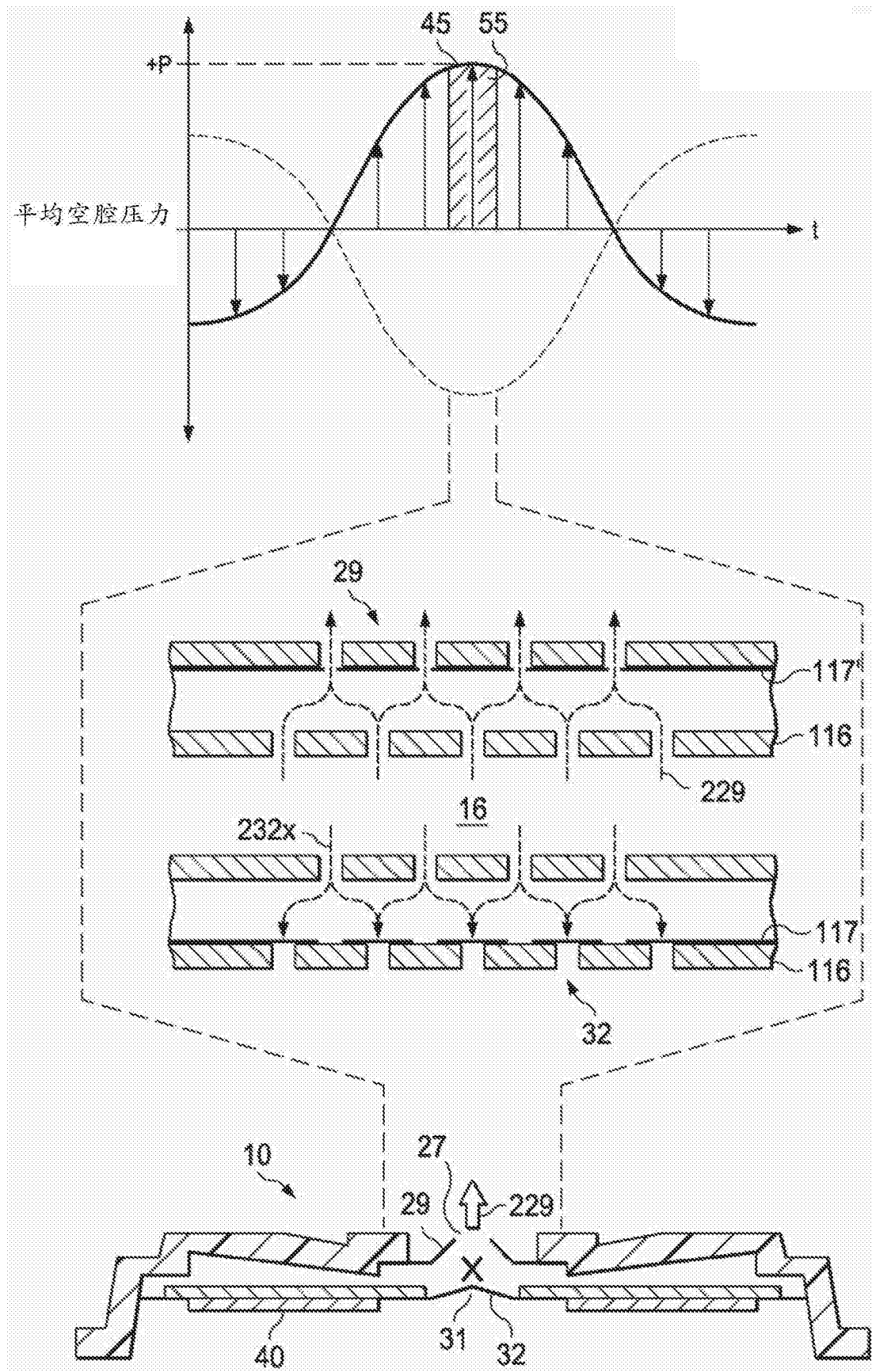


图10A

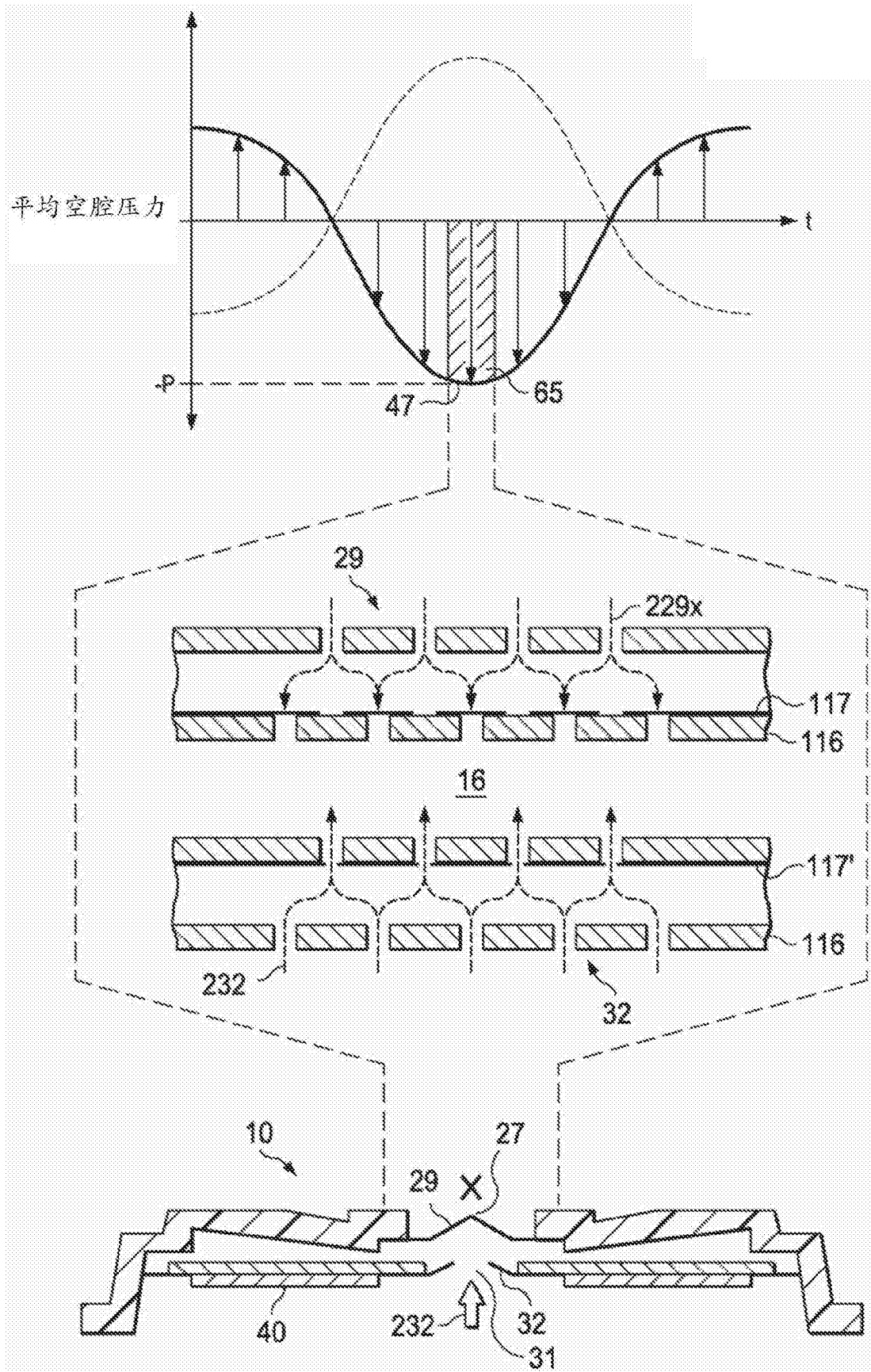
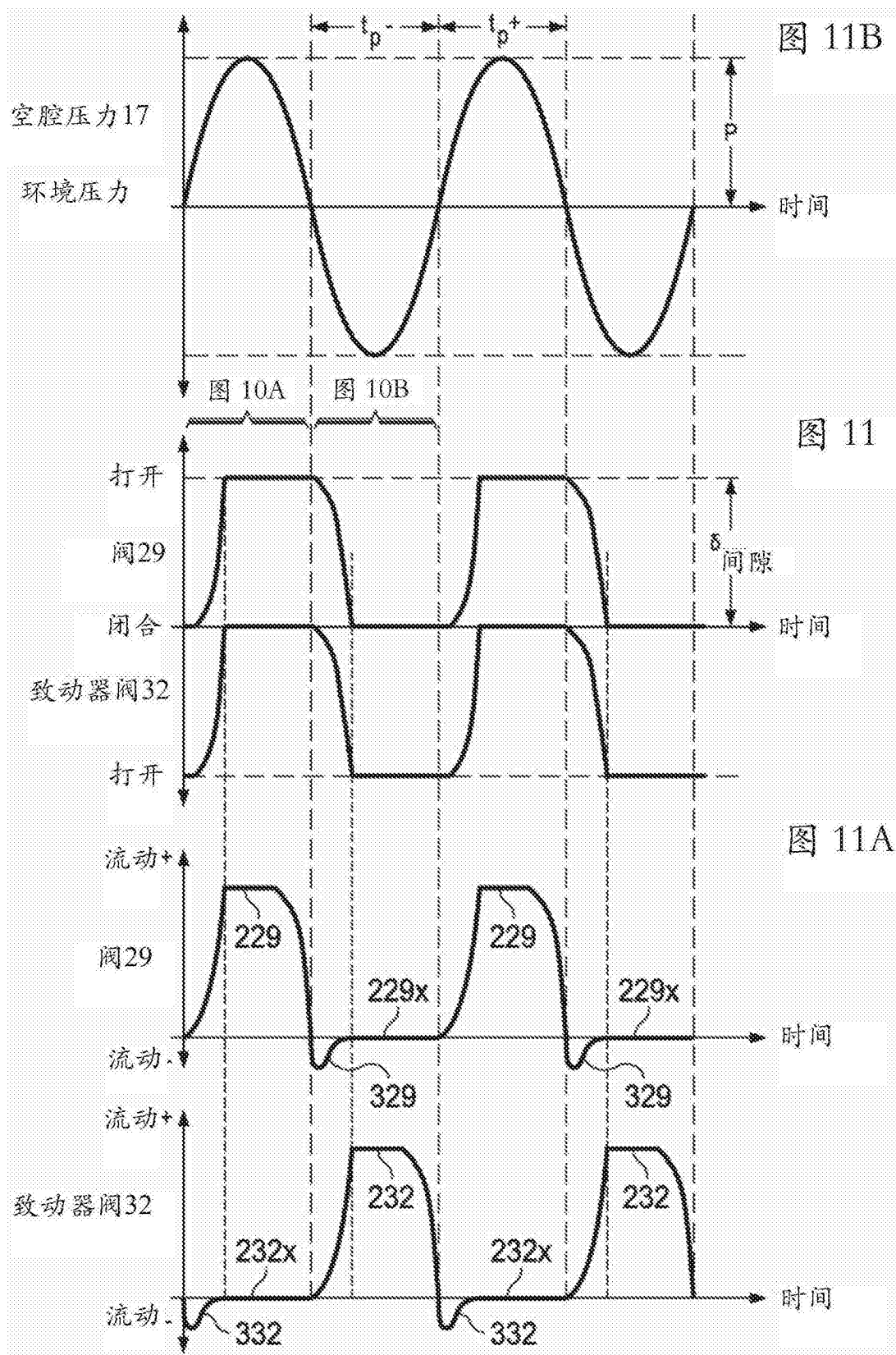


图10B



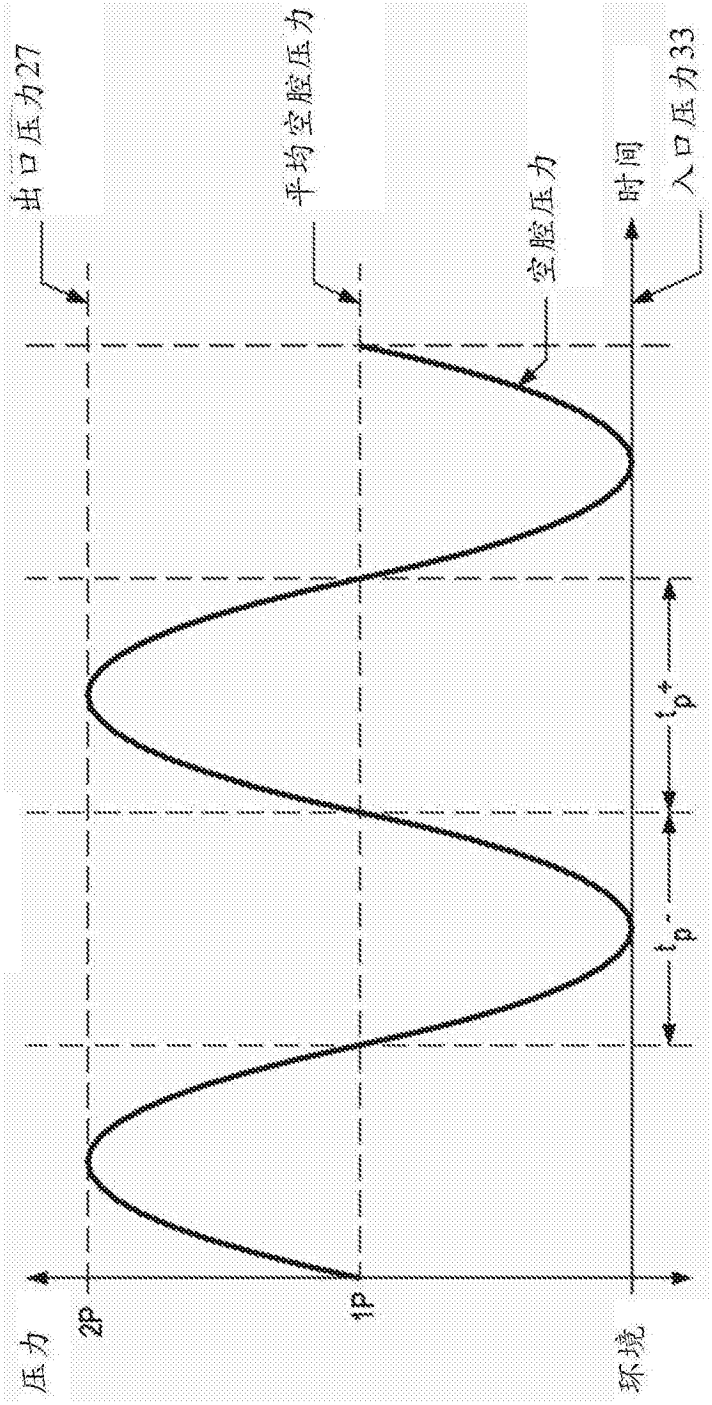


图12

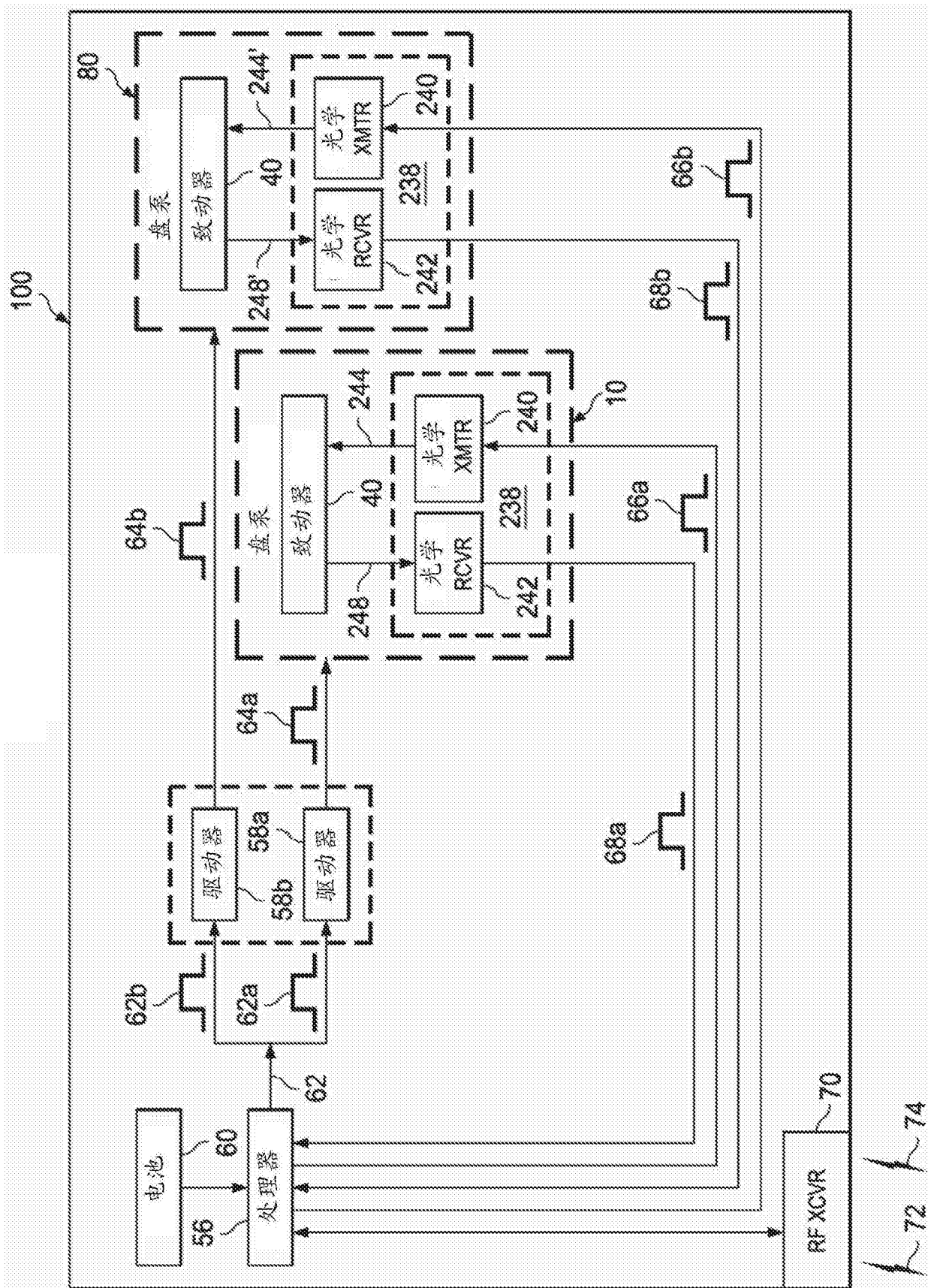


图13