

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B41J 2/14 (2006.01)

B41J 2/16 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580023272.2

[43] 公开日 2008 年 1 月 16 日

[11] 公开号 CN 101107128A

[22] 申请日 2005.7.11

[21] 申请号 200580023272.2

[30] 优先权

[32] 2004.7.10 [33] GB [31] 0415529.7

[86] 国际申请 PCT/GB2005/002746 2005.7.11

[87] 国际公布 WO2006/005952 英 2006.1.19

[85] 进入国家阶段日期 2007.1.10

[71] 申请人 XAAR 科技有限公司

地址 英国剑桥郡

[72] 发明人 斯蒂芬·坦普尔

保罗·雷蒙德·特鲁里

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

代理人 党晓林

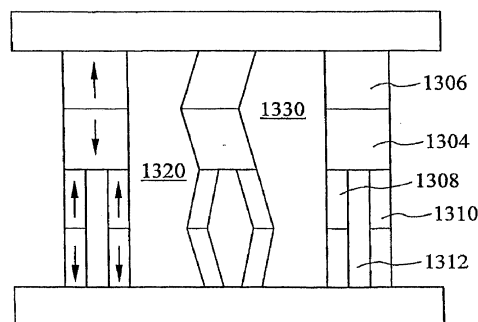
权利要求书 4 页 说明书 11 页 附图 8 页

[54] 发明名称

液滴沉积装置

[57] 摘要

本发明提供了一种液滴沉积装置。这种装置将两个腔室分隔开的压电壁形式的致动器利用两种致动模式。这两种致动模式引起在两个腔室中产生容积移位，但使得移位在一个腔室中彼此加强，而在另一腔室中彼此抵消。用于液滴沉积的流体泵具有被这样的致动器分开的通道阵列，可在每个通道基本独立于其相邻通道动作的情况下操作该流体泵。



- 1、一种用于液滴沉积的流体泵，该流体泵包括：
压力腔室阵列，所述压力腔室沿阵列方向并排布置；
可移位壁，该可移位壁将相邻的压力腔室分开，并包括沿与所述阵列方向平行的方向被极化的压电材料以及用于向所述可移位壁施加电场的电极装置；
并且其中，所述可移位壁布置成能够在施加于所述电极装置之间的电场的作用下，使所述相邻腔室的第一个腔室中的容积移位，该容积不同于在另一腔室即第二相邻腔室中移位的容积。
- 2、根据权利要求1所述的流体泵，其特征在于，所述压力腔室含有液体。
- 3、根据上述权利要求中任一项所述的流体泵，其特征在于，所述第二腔室中移位的容积大致为零。
- 4、根据上述权利要求中任一项所述的流体泵，其特征在于，所述可移位壁具有从其几何中心偏移的中性轴。
- 5、根据上述权利要求中任一项所述的流体泵，其特征在于，所述可移位壁在所述壁的一侧的刚度大于在所述壁的相对侧的刚度。
- 6、根据权利要求5所述的流体泵，其特征在于，所述壁的刚度较大的一侧与表现出较大容积移位的所述压力腔室相邻。
- 7、根据权利要求5或权利要求6所述的流体泵，其特征在于，所述壁侧的刚度通过形成在该侧上的涂层来实现。
- 8、根据权利要求7所述的流体泵，其特征在于，所述涂层是导电的。
- 9、根据权利要求8所述的流体泵，其特征在于，所述涂层通过非电解镀形成。
- 10、根据权利要求8或权利要求9所述的流体泵，其特征在于，所述涂层形成所述电极装置。
- 11、根据权利要求7、8、9或10所述的流体泵，其特征在于，所述涂层还包括非导电涂层。

12、根据权利要求 11 所述的流体泵，其特征在于，所述非导电涂层为无机的。

13、根据权利要求 7 所述的流体泵，其特征在于，在所述可移位壁的两侧上形成有涂层，每一侧的刚度由每一涂层的厚度决定。

14、根据上述权利要求中任一项所述的流体泵，其特征在于，所述第一相邻腔室包括喷嘴。

15、根据权利要求 14 所述的流体泵，其特征在于，所述第二相邻腔室包括喷嘴。

16、根据权利要求 1 至 15 中任一项所述的流体泵用于泵送流体的应用。

17、一种高密度多通道阵列、电脉冲液滴沉积装置，该液滴沉积装置包括多个平行的通道，所述多个平行的通道沿垂直于所述通道长度的阵列方向相互间隔开，所述通道具有：相应的侧壁，所述侧壁沿所述通道的长度方向和既与所述长度方向垂直又与所述阵列方向垂直的方向延伸；相应的喷嘴，所述喷嘴与所述通道连通，用于喷射液体液滴；连接装置，所述连接装置用于将所述通道连接到液滴沉积液体的源；以及可电致动的装置，该可电致动的装置被定位成与所述通道有关，在任何通道被选择致动时，该可电致动的装置与所选择通道的侧壁的至少一部分的所述阵列方向大致平行地进行横向移位，从而引起其中压力的变化，实现从与所述通道连通的所述喷嘴喷射液滴，所述部分沿所述通道的长度的至少相当大的部分延伸，并且其中涂层被施加到所述可电致动的装置的相对表面上，所述涂层为每个表面提供不同的净刚度。

18、一种形成用于流体泵装置的致动器的方法，该方法包括以下步骤：提供包括第一表面和第二表面的压电材料；在所述第一表面和所述第二表面上形成导电涂层，所述第一表面上的导电涂层比所述第二表面上的涂层刚硬；以及形成压力腔室，从而使得所述压电材料形成所述压力腔室的一个壁。

19、一种致动器，该致动器包括分隔两个致动区域的压电材料体，所述致动器具有两种致动模式，所述两种致动模式使得在两个致动区域

中产生移位，与所述各模式相关的移位在一个致动区域中被加强，而在另一致动区域中被抵消。

20、根据权利要求 19 所述的致动器，其特征在于，由每种模式引起的移位的大小上大致相等，从而在一个致动区域中基本没有由致动引起的净移位。

21、根据权利要求 19 或权利要求 20 所述的致动器，其特征在于，在所述致动器的每一侧上，所述两种致动器模式导致不同表面的移位。

22、根据权利要求 19 或权利要求 20 所述的致动器，其特征在于，在所述致动器的每一侧上，所述两种致动器模式导致相同表面的叠加移位。

23、根据上述权利要求中任一项所述的致动器，该致动器仅采用剪切模式偏移。

24、根据权利要求 22 所述的方法，其特征在于，所述两种致动模式与所述致动器的相同部分相关联。

25、根据权利要求 19 至 24 中任一项所述的致动器，其特征在于，所述致动器包括沿第一方向被极化的一部分压电材料以及用于沿平行于所述第一方向的第二方向施加场的电极，其中，所述第一模式对应于所述部分的使得在两个致动区域中产生相同移位的膨胀，所述移位的符号相同。

26、根据权利要求 19 至 24 中任一项所述的致动器，其特征在于，所述致动器包括：并排布置并沿第一方向被极化的两部分压电材料，一部分靠近所述致动区域中的第一致动区域，另一部分靠近所述第二致动区域；以及用于沿垂直于所述第一方向的第二方向施加场的电极，其中，所述第一模式对应于使所述部分运动分开的剪切变形，从而使得在两个致动区域中产生相同的移位，所述移位的符号相同。

27、根据权利要求 26 所述的致动器，其特征在于，每个所述部分都包括在相反意义下被极化的两个区域，并且其中，所述部分都偏移为相对的人字形结构。

28、根据权利要求 19 至 27 中任一项所述的致动器，其特征在于，

所述致动器包括适于在致动时沿第一方向发生应变的一部分压电材料，其中所述部分沿所述方向的所述中性轴偏离所述部分的几何中心，其中所述第二模式对应于所述部分的使得在两个致动区域中产生相同移位的弯曲，所述移位的符号相反。

29、根据权利要求 19 至 27 中任一项所述的致动器，其特征在于，所述致动器包括沿第一方向被极化的一部分压电材料以及用于沿垂直于所述第一方向的第二方向施加场的电极，其中，所述第二模式对应于所述部分的在两个致动区域中引起相同移位的剪切变形，所述移位的符号相反。

30、根据权利要求 19 至 27 中任一项所述的致动器，其特征在于，所述致动器包括沿第一方向被极化并具有两个相邻区域的一部分压电材料以及用于沿垂直于所述第一方向的第二方向施加场的电极，每个区域在相反意义下被极化，其中，所述第二模式对应于所述部分变成人字形结构从而在两个致动区域中产生相等移位的偏移，所述移位的符号相反。

31、一种液滴沉积装置，该液滴沉积装置包括被根据权利要求 19 至 30 中任一项所述的致动器分隔开的压力腔室的阵列，由于所述通道中的移位引起的所述腔室中的压力变化导致从与所述腔室连通的喷嘴有选择地喷射液滴。

液滴沉积装置

技术领域

本发明涉及致动器，具体而言涉及用于液滴沉积装置的致动器。

背景技术

液滴沉积装置或喷墨打印头能将小的流体液滴布置到基板上。该装置（以下将称为喷墨打印头，尽管该装置还能喷射除墨水之外的多种流体）从与喷射腔室连通的喷嘴将所述流体压出。与喷射腔室对应的致动器施加喷射所述流体的力。这些致动器采取多种不同的形式，但往往属于两类中的一类。两类中第一类是机械式的，其中电脉冲使致动器变形，第一类例如包括诸如静电、热弯曲或压电的技术。第二类为热致动器或气泡致动器，其中施加热以使流体达到其核化点。所产生的气泡使腔室中的墨水加压，从而通过喷嘴压出一些墨水。

压电性是某些类型的晶体材料（包括天然石英晶体、罗谢尔盐和电气石，以及诸如钛酸钡和锆钛酸铅（PZT）的人造陶瓷）的性质。诸如 PVDF 的某些塑料也可表现出压电特性。

当向这些材料中的一种材料施加机械压力时，晶体结构产生与所述压力成比例的电压。相反地，当施加电场时，结构使形状发生改变，从而产生材料尺寸上的变化。

给定物体的压电效应取决于压电材料的种类以及操作的机械轴和电轴。对某些种类的压电材料而言（特别是对 PZT 而言），这些轴在“极化”（在陶瓷中引发压电性质的过程）期间设定，且极化场的取向决定了这些轴的取向。

在极化过程结束后，只要施加比极化电压低的电压，该电压就会改变陶瓷的尺寸。

与极化电压的极性相同的电压使沿着极化轴产生额外膨胀而垂直于

极化轴产生收缩。极性相反的电压具有相反的效应：沿着极化轴收缩，而垂直于极化轴膨胀。在这两种情况下，当从电极移除电压时，压电元件恢复到其极化（poled）尺寸。当沿着垂直于极化方向的方向施加电压时，压电元件以厚度剪切或表面剪切的方式运动。

通常同时出现两种或更多种这样的作用。在一些情况下，一种类型的膨胀伴随着另一种类型的收缩，扩展和收缩彼此补偿从而使容积不变。例如，板的长度膨胀可能由相等的宽度或厚度的收缩来补偿。然而，在一些材料中，补偿效应的大小并不相等，因此还是会发生净容积变化。在所有情况下，如果不涉及机械共振所造成的放大，则变形非常小。

图 1 描绘了压电材料的标准方向。所述三个垂直轴称为 1、2 和 3。极（或 3）轴总是取为平行于陶瓷内的极化方向。标号 4、5 和 6 分别表示绕 1、2 和 3 轴的剪切运动。极化方向是在极化过程中通过施加在两个电极之间的较强电场而建立的。为了联系电量和力学量，引入双下标（例如， d_{ij} ）。第一下标给出激励的方向，第二下标表示系统响应的方向。例如，当电场沿极化轴（方向 3）且应变（偏移（deflect））沿相同轴时，记为 d_{33} 。如果电场沿上述相同方向但应变沿 1 轴（垂直于极化轴），则记为 d_{31} 。

在现有技术已经提出用压电材料制造液滴沉积装置或流体泵。例如在 US 4,842,493 中描述的一种结构设置有由彼此平行布置的第一和第二压电部分形成的泵通道。所述部分被极化，从而使得极化方向平行于由电极产生的场。在施加场时，压电部分以 d_{31} 和 d_{33} 两种模式膨胀，从而影响喷射腔室的压力。例如，在电场沿极化轴（方向 3）且应变（偏移）沿相同轴时，记为 d_{33} 。如果电场沿与上述相同的方向但应变沿 1 轴（垂直于极化轴），则记为 d_{31} 。

在 US 4,887,100 中描述了以剪切或 d_{15} 模式操作的共用壁装置。两个相邻压力腔室由单个可移位壁分开，该可移位壁可向着或背离各个腔室偏移。当所述壁向着相邻腔室中的第一个腔室偏移时，该腔室中的压力增加，而另一腔室中的压力降低。同样地，当所述壁向着第二腔室偏移时，该腔室中的压力增加，而所述第一腔室内的压力相应降低。压力

的变化主要是由于该运动壁引起的容积变化。

设置共用壁使得可增加腔室密度，从而减小用于给定数量的喷射腔室的打印头的尺寸。然而，因为每个壁都同时作用在两个腔室上，从而不可能同时从每个喷射腔室喷出液滴，因此降低了喷射液滴的速度。

发明内容

本发明的目的旨在提供一种改进的装置，并解决这些和其它问题。

根据本发明的一个方面，提供了一种用于液滴沉积的流体泵，该流体泵包括：压力腔室的阵列，所述压力腔室沿阵列方向并排布置；

可移位（displaceable）壁，该可移位壁将相邻压力腔室分开，并包括沿与所述阵列方向平行的方向被极化的压电材料以及用于向所述可移位壁施加电场的电极装置；

并且其中，所述可移位壁被布置成能够在施加于所述电极装置之间的电场的作用下，将所述相邻腔室的一个腔室中的容积移位，该容积不同于在另一相邻腔室中移位的容积。

在所述压力腔室中移位的容积还使相应容积的流体移位。该流体优选为液体形式但也可以是气体。

优选的是，在第二相邻腔室中移位的容积大致为零。这就是说，所述移位对所述相邻腔室的操作没有显著影响。

优选将所述可移位壁布置成具有偏离所述可移位壁的几何中心的中性轴。当这样的布置经受平行于所述（偏移）中性轴的应变时，产生弯矩，从而导致弯曲应变。所述可移位壁可具有这样的刚度，即所述壁的一侧上的刚度大于所述壁的相对侧上的刚度。优选的是，所述壁的不同表面具有通过施加到所述壁的每一侧上的涂层而实现的不同刚度，然而，可通过可选方式（例如通过沿一侧设置削弱槽口）改变所述壁的结构以使所述中性轴偏移。除了仅仅加强所述壁的部分之外，所述涂层可具有其它的功能特征，例如，钝化功能或导电功能。可以按分层布置在所述壁的任一侧或两侧上设置两种或更多种不同的涂覆材料。可在所述壁的两侧上以不同的厚度设置相同的涂覆材料或多种材料，所述侧或每一侧

上的厚度被选择成提供刚度上的相对差别。

优选的是，通过位于所述壁的相对表面上的电极来提供所述电极装置，从而使得在所述电极装置之间产生的场与所述阵列方向平行。在一优选实施例中，所述电极具有不同厚度，以提供刚度上的相对差别。

所述电极可通过非电解镀形成。可利用诸如真空镀的定向技术在每个壁的一侧上沉积种子层。然后通过合适的非电镀处理镀所述种子层，从而在所述壁的一侧上形成镀层，而在另一侧上不形成镀层。然后在每个壁的另一侧上沉积种子层，并继续该非电解镀处理。尽管现在所述壁的两侧都被镀，但一侧上的初始层只会导致保持不同的厚度。

可选的是，可通过例如利用湿化学处理在每个壁的两侧上设置种子层而形成所述电极。然后进行构图（patterning）以将第一组中的每个壁的第一侧连接在一起，并单独地将第二组中的每个壁的第二侧连接在一起。然后对所述壁进行差别电镀，所述第一组镀的时间比所述第二组镀的时间长，或者相反。

在一优选实施例中，所述压力腔室大致是相同的。例如，每个压力腔室可具有相同的尺寸，并包括通过其喷射流体的喷嘴。在替换实施例中，可将所述压力腔室中的一些压力腔室指定为通过喷嘴从其喷射液滴的喷射腔室，而将其余的腔室指定为不从其喷射流体的虚设（dummy）腔室。所述虚设腔室可含有液体或空气。

所述虚设腔室和所述压力腔室都可以是细长的通道，且伸长方向垂直于所述阵列方向。

可设置在所述通道的顶部上延伸从而关闭所述顶部的盖。在一个实施例中，所述盖包括通过其喷射液滴的所述喷嘴。在可选实施例中，在安装到所述压力腔室的前表面上的喷嘴板中形成所述喷嘴。所述虚设通道可以具有或不具有关闭它们的顶面的盖。

所述盖可以是刚性的，或者优选具有一定程度的柔性以允许所述可移位壁进行挠曲。可例如通过柔性粘合剂层提供柔性铰链，该柔性粘合剂层可粘着地连接所述可移位壁的顶部与所述盖。

模制或锯或者这两者的组合可形成所述流体泵。

附图说明

现在将参照图 1 至图 12 仅以示例的方式描述本发明，在附图中：

图 1 表示一块压电材料的标准方向；

图 2 和图 3 表示采用剪切模式致动的喷墨打印头的布置；

图 4 和图 5 表示采用直接模式致动的喷墨打印头；

图 6 和图 7 表示在致动中使用弯曲；

图 8 表示其中可基本独立地致动的通道的布置；

图 9 至图 12 表示允许同时致动相邻通道的可选结构。

具体实施方式

参照图 2，喷墨打印头 10 包括形成一阵列的多个平行墨通道 12，在该阵列中，所述通道沿与所述通道的长度垂直的阵列方向相互间隔开。所述通道以每 mm 两个或更多个通道的密度形成在由压电材料（适当地为 PZT）制成的层压片 14 中，该压电材料沿箭头 15、15' 的方向被极化，并且每个通道都由侧壁 16 和底面限定，PZT 的厚度大于通道的深度。通道 12 顶部开口，并且在打印头中由绝缘材料的顶片 20 关闭，该顶片 20 与片 14 热匹配，并布置成平行于通道的底面，并结合到壁 16 的顶部 22 上。通道 12 在它们的侧壁和底面上衬有金属化电极层 24。因此，在向两个相邻的壁 16 中的每个壁的相对表面上的电极施加大小相似但符号相反的电位差时，所述壁显然会受到与极化方向 15 垂直的电场的作用。所述壁因而以剪切模式偏移，并移位到由虚线 28 所示的位置处。

在图 3 中可看到，通道 12 包括深度均匀的前部，该前部在其前端处由其中形成有喷嘴 40 的喷嘴板 38 关闭，通道中的墨滴通过通道的面向致动器的壁 16 的致动而被从喷嘴 40 排出。通道 12 还具有从壁 16 的顶部延伸的深度较小的部分。位于壁 16 的相对表面上的金属化镀层 24 占据了通道侧壁的深度，但并没有延伸通道的长度，以使打印头的电容性负荷最小。采用的合适电极金属为镍和铬的合金，即，镍铬铁合金或电镀或非电镀的镍。首先采用一镀角（plating angle）来沉积所述电极，

以使得可以在侧壁是整个深度上进行电极沉积。采用掩模来防止在分叉 (manifold) 区域中的壁上出现沉积。重复该步骤以在每个壁的两侧上形成电极。第三步骤为垂直于通道的基部进行沉积, 从而在每个通道的底部以及除分叉区域的通道上产生沉积。

通过向壁 16 的任一侧上的电极 24 施加合适的波形而从各个通道喷射液滴。特别优选的波形公知为拉-释放-加强(draw-release-reinforce) 波形。最初通过向外拉动限制所选通道的两个壁而使所选通道的容积增加, 并使所述壁保持在该位置一段时间。在经过这段时间之后, 使所述壁向内运动, 以减小所选通道的容积, 从而通过喷嘴喷射液滴。显然, 由于每个壁都作用在相邻的通道上, 因此不可能同时从两个相邻的通道喷射液滴。还必须注意不能从没有选择的通道喷射液滴。这两个特征组合起来就降低了可从通道喷射液滴的最大频率。

在每个活动通道之间设置“气隙”能提高图 2 和图 3 的打印头的操作频率。气隙可比喷射通道窄, 但可看到, 这会使通道密度降低高达 50%。

参照图 4 描述致动器的另一形式。同样形成多个平行通道, 这些通道被压电陶瓷的平行壁彼此分开。然而, 极化方向垂直于参照图 2 描述的极化方向。壁被沿阵列方向极化, 并且设置在壁的任一侧上的电极沿平行于极化方向的方向横跨壁施加场。通道 12 形成在 PZT 的一侧中, 并具有相关的喷嘴 50。电极 24 设置在通道的内侧壁上。

更详细地观察作为图 4 的致动器的放大图的图 5, 还采用了驱动电极 24 来施加使 PZT 如图 3 的箭头 15 所示那样被极化的场。壁的任一侧都和基部上的电极具有相同的厚度。当在电极之间施加驱动场时, 壁 16 将如虚线所示那样以 d_{33} 的方式变厚, 而高度将以 d_{31} 的方式收缩。给定通道沿这些方向的净移位由符号 δ_{31wall} 和 δ_{33wall} 表示。因此, 总的净移位由方程

$$\delta_{total} = \delta_{31wall} + \delta_{33wall}$$

给出。

参照图 6 描述根据本发明的致动器。通过在驱动电极之间施加极化场而使压电材料极化。然而, 电极的厚度不同, 这取决于它们是在喷射

腔室 12 的内侧还是外侧。这为壁的相对侧提供了不同的刚度，申请人发现这可提高喷射效率。

因为不同的刚度使致动器壁产生弯矩，这使移位的容积增加了值 δ_{bending} ，因此提高了喷射效率。壁移位到如虚线所示的位置。因此，总的净移位由方程：

$$\delta_{\text{total}} = \delta_{31\text{wall}} + \delta_{33\text{wall}} + \delta_{\text{bending}}$$

给出。

然而，基部 18 的刚度会抑制壁的弯曲运动，因此可修改设计以进一步提高喷射效率。例如，可使基部中的极化方向反向，或减小基部的厚度。

例如，图 7 中示出了在设置有较薄基部情况下的偏移。 δ_{bending} 增加了，从而提高了总的移位容积。

申请人还意识到，由于压电材料的膨胀或收缩而移位的容积以及由弯曲运动（尤其在设置于压电材料相对表面上的不同刚度而引起弯曲的情况下）而移位的容积能一起作用以增加或减小腔室内总的净容积移位。

如果反向进行差别镀，则在相反的意义（sense）下产生弯曲，并使移位 $\delta_{31\text{wall}}$ 和 $\delta_{33\text{wall}}$ 相反，从而腔室中的净容积移位为：

$$\delta_{\text{total}} = \delta_{33} + \delta_{31} - \delta_{\text{Bending}}$$

通过选择 δ_{Bending} 的合适值并在该值下操作，在 $\delta_{\text{Bending}} = \delta_{33} + \delta_{11}$ 情况下，可以在通道中基本没有净容积移位的情况下操作致动器。

有利的是，通过在此情形下或接近此情形进行操作，可提供共用壁液滴沉积装置，其中可同时致动每个通道以喷射液滴。

可通过致动每个通道的仅仅一个壁来实现这一点，如图 8 所示，图 8 中以虚线示出了移位壁的结构。在该布置中，每个壁的差别镀是相同“意义”的，如示出的那样，较薄的镀层 1102 位于右侧而较厚的镀层 1104 位于左侧。在此布置中，通过单个壁的偏移致动各通道。通道 1108 的致动仅通过壁 1106 的偏移而实现。尽管只有一个壁偏移，但通道中的净移位为压电膨胀/收缩和弯曲效应的和。如以上说明的那样，壁 1106 的致动基本上不会在通道 1112 中引起任何净移位。应意识到，相邻的通道 1112

因此可基本独立于通道 1108 而致动（即，如果需要，可同时致动这两个相邻的通道）。

为了如图所示那样发生弯曲，结构应在壁的顶部或底部（或者在顶部和底部）足够柔顺，从而允许在该处进行所需的壁转动。例如，顶板 1114 可由足够柔顺的材料制成。可选的是，可在壁与顶板或底板相交处采用机械铰链。

图 9 至图 12 中示出了允许相邻通道同时致动的可选壁结构。这些图中的每个图都示出了限定了两个通道的三个壁。壁的极化模式由左边壁中的箭头表示，然而根据电极布置和施加的驱动信号，不同的极化结构可实现相同的致动结构。所有情况下都是通过横跨壁或壁部分（如图所示，从左至右或从右至左）施加电场进行致动的。示出的中间壁处于其被致动的结构中，壁变形使得左边的通道具有净移位，而右边的通道基本没有净移位。在这些图中没有示出喷嘴，但喷嘴可位于通道的顶部或位于通道端部处。

在图 9 中，通道壁 1202 的下部以所谓的直接模式动作，所施加的电场以及沿相同方向的极化使得壁的这一部分膨胀。壁的两个上部 1204 和 1206 垂直于所施加的场而沿相反的方向被极化，并在被致动时以剪切方式动作，从而产生人字形形状。可以看到，在被致动时，部分 1202 膨胀，从而使得两个通道 1220 和 1230 的容积都减小。然而，上部 1204 和 1206 的人字形结构使得通道 1220 的容积减小，而使得通道 1230 的容积增加。可使通道 1230 中的移位相互抵消，从而使通道 1230 中的容积没有净变化，而通道 1220 中的移位加强，从而从该通道喷射液滴。在该实施例中，通过横跨壁的整个高度施加单一场来实现致动。

在优选实施例中，需要使直接模式的壁部分 1202 具有增大的活性，以便平衡部分 1204 和 1206 的活性。可通过横跨这一部分的较大电场、活性较高的压电材料、这一部分的较大壁高或这些方面的任意组合来实现这一点。可选的或者附加的是，可向通道的基部或顶部施加直接模式操作。但可看到，以直接模式动作的壁部分的高度的收缩往往会使基部 1240 偏移，从而在两个相邻的通道中引起一定的移位。

参照图 10，上壁部分 1304 和 1306 以与上述参照图 9 描述相同的方式动作。壁的下部由两对被间隙 1312 分开的人字形致动部分 1308 和 1310 形成。间隙可填充有墨水或空气。当被致动的下部 1308 和 1310 在相反意义下偏移时，使得两个相邻的通道 1320 和 1330 的容积都减小。如图 9 所示，这一结构可布置成这样，即，对通道 1320 的致动基本不会使通道 1330 中的净容积变化。该结构比图 9 中的结构复杂，并且可能导致喷嘴间距增加，从而导致较低的分辨率。然而剪切模式致动与直接模式致动相比通常具有较长的寿命周期，所以只使用剪切模式致动的实施例具有优势。

在这样的“双壁”结构中，电极通常形成在每个壁的内侧表面和外侧表面上，并且壁中的极化方向将取决于电极如何连接和驱动信号如何施加。这样的布置可包括电极层，该电极层截止在壁的高度之上的一点部分处。

同样采用被间隙 1512 分开的两对人字形致动部分 1508 和 1510 作为图 11 的壁结构的下部。上部 1516 由沿相同方向极化的单一部分 PZT 形成。横跨上部施加电场时，该上部如同一半人字形布置那样以剪切模式变形。这如同悬臂梁一样作用，使得壁的中心侧向移位，并使壁的下部同样侧向移位。下部 1508 和 1510 以如前所述那样向外膨胀的人字形方式移位，但此外它们上面还叠加有剪切或偏斜。

应指出，在图 11 的实施例中，在通道 1518 的顶部处的构件应相对刚硬，从而提供对如同悬臂梁那样作用的部分 1516 引起的弯矩的抵抗。

图 12 的实施例采用垂直于所施加场沿相反方向被极化的壁部分 1604 和 1606，这两个壁部分在致动时变形为人字形。这些部分基本与在图 12 和图 13 中描述的部分相同，但它们用于壁的底部而不是顶部。壁的顶部采用双壁的形式，具有由空腔分开的两个壁部分 1608 和 1610。部分 1608 和 1610 均都具有与所施加的场垂直的单一极化方向，但在相反的意义下被极化（例如可通过利用电极的极化而实现）。在被致动时，这些部分都象悬臂梁那样作用，沿相反的方向向外偏斜。应理解，为了允许这一变形，需要构件 1618 表现出一定程度的柔顺性，该构件 1618 在

某些实施例中可以为盖或喷嘴板。

应理解，图 8 至图 12 的实施例都采用了两种不同的致动模式，一种致动模式使得在两个相邻通道中产生符号相同的移位（即，两个通道的容积都减小或者两个通道的容积都增加），一种致动模式使得在两个相邻通道中产生符号相反的移位（即，一个通道的容积减小而另一通道的容积增加）。在图 8 中，两种不同的致动模式叠加在相同的壁部分上，即，单一致动表面经受两种不同的偏移模式。在图 9 至图 12 中，可认为所述两种致动模式来自于具有不同致动模式的不同壁部分。在图 11 中，壁的上部和下部具有与不同致动模式相关联的不同结构，然而，如上所述，下部中存在致动模式的某种叠加。

应理解，尽管已经描述了不同致动模式的许多组合，但还可进行更多的组合。

现在将参照图 8 描述制造部件的方法。首先将 PZT 片和基板支承件层压在一起。锯出通道 1108、1112 等，并施加种子镀层。对镀层进行构图并通过电镀形成电极。在电极上施加钝化涂层，然后极化压电材料。每个壁都可极化到不同的程度，由于活性较高的壁可极化至较低的程度，因此使得致动器活性中的一致变化均匀。在处理中稍后进行极化的优点在于可采用高温处理。

特别优选的钝化形式为法拉第笼。例如当非导电层沉积在电极上而导电层沉积在所述非导电层上时形成法拉第笼。

优选地是，每一层都是共形的（conformal）并覆盖整个致动器。采用合适的例如环氧树脂、热压、共晶、阳极等的安装机构将喷嘴安装到外导电层上。

可通过蚀刻外导电层而留下内绝缘层的处理对连接的喷嘴板进行再加工。例如，绝缘层可以是聚对二甲苯，而外导电层可以是铜。可采用氯化铁或硫酸铵的蚀刻剂来迅速蚀刻铜，而不影响聚对二甲苯。

蚀刻完成后释放喷嘴板，从而可对该喷嘴板进行再加工或更换。然后在绝缘层上沉积新的外导电层，随后安装更换的喷嘴板。

此外，可采用本发明来提供例如用于扩音器等的其它致动器。将本

发明的致动器用于扩音器的一个特别的优点在于，由于在相对侧上致动器不存在显著的净移位，因此基本没有声音反向反射。

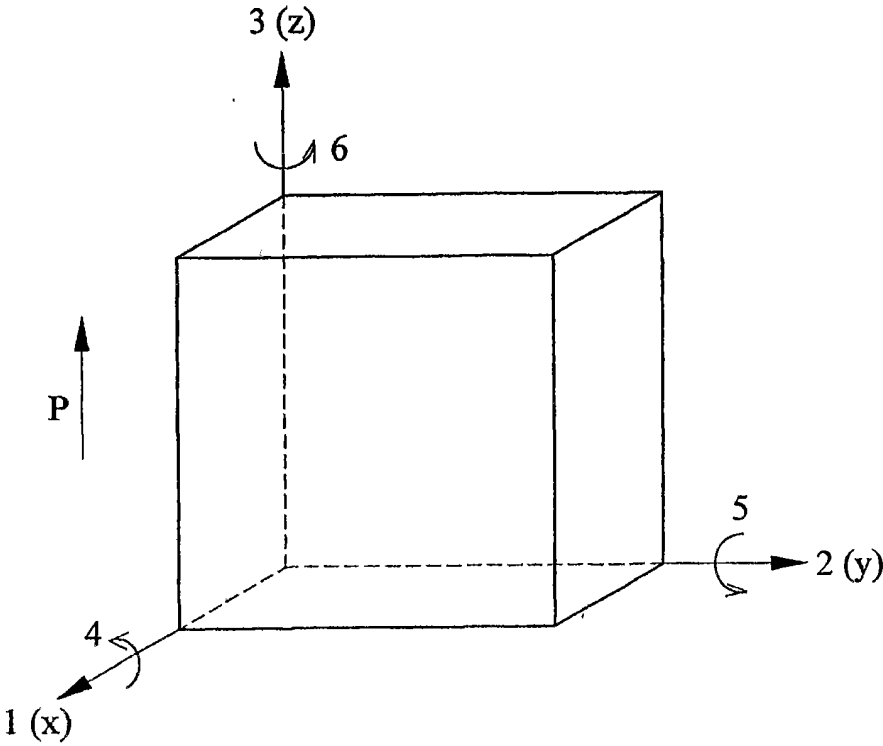


图 1

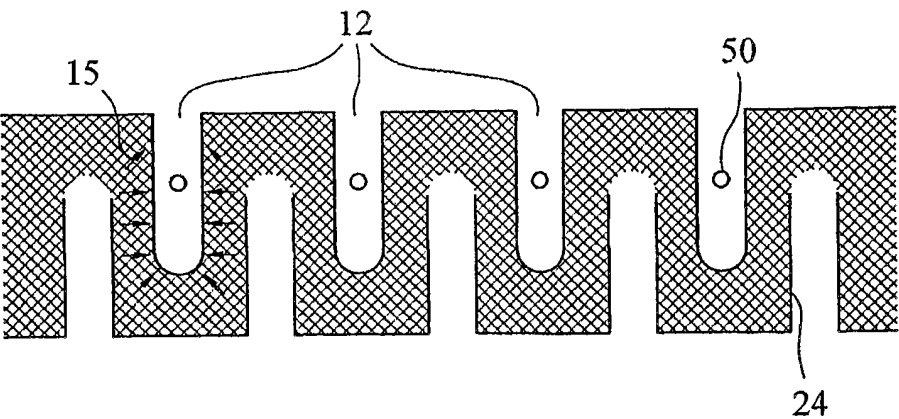


图 4

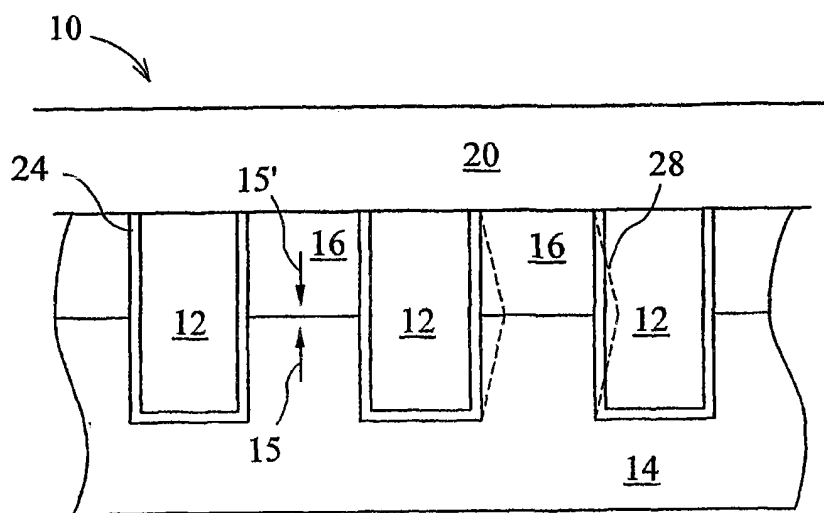


图 2

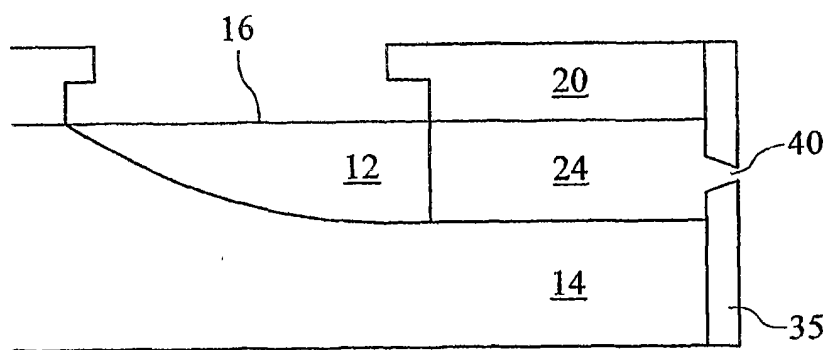


图 3

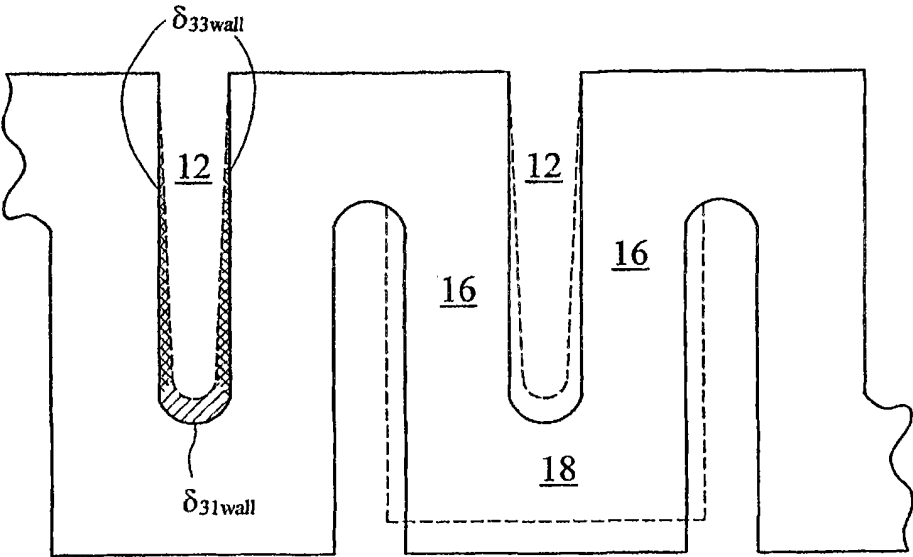


图 5

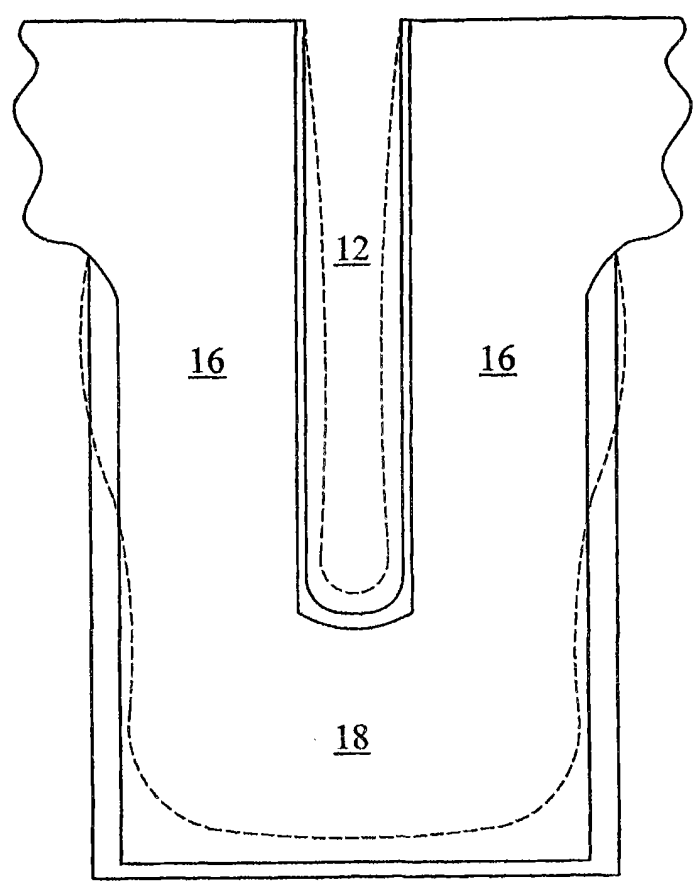


图 6

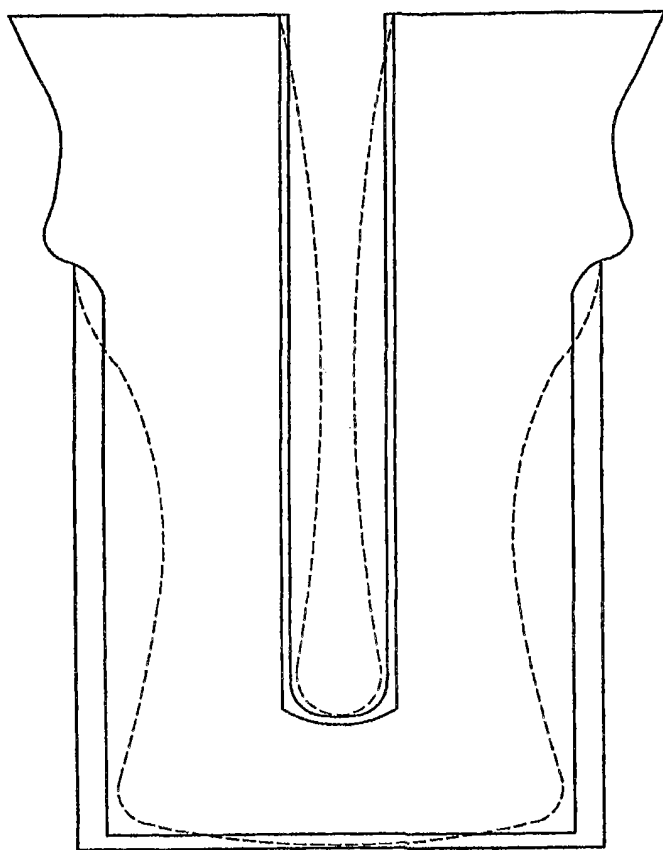


图 7

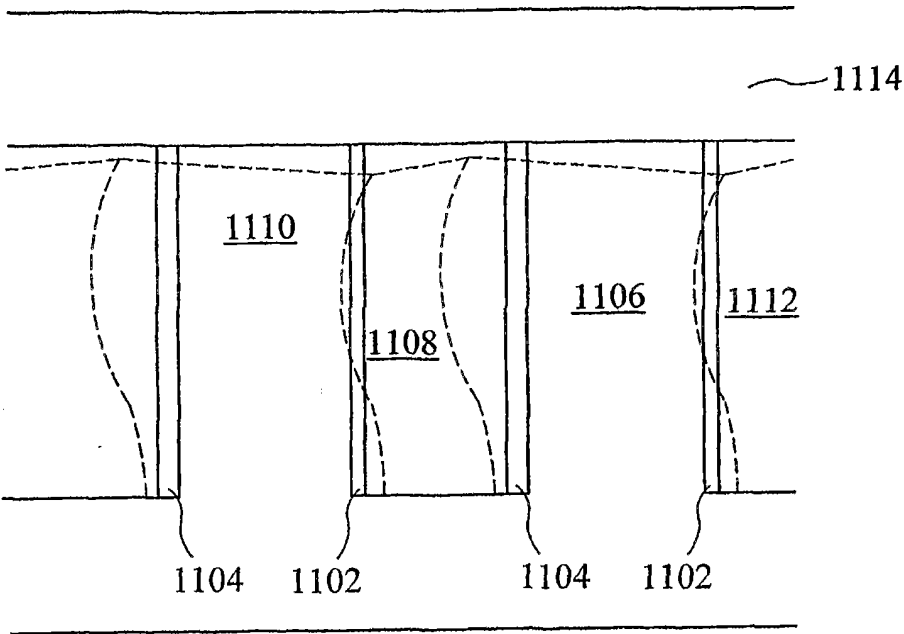


图 8

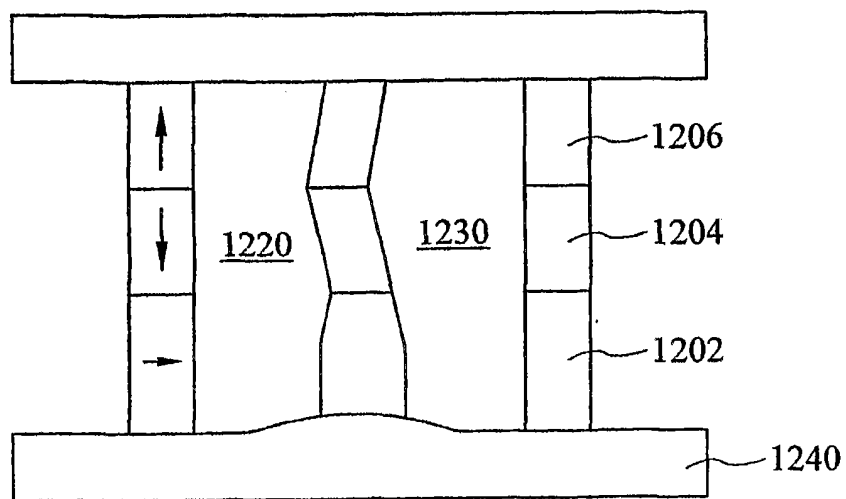


图 9

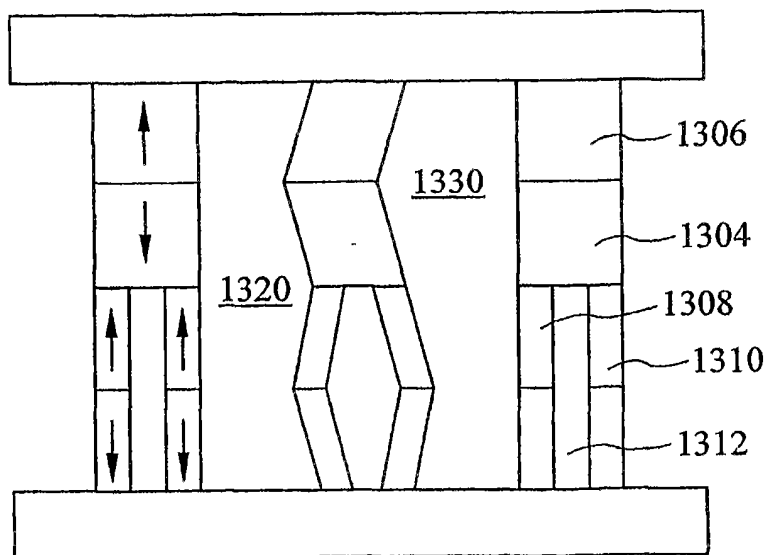


图 10

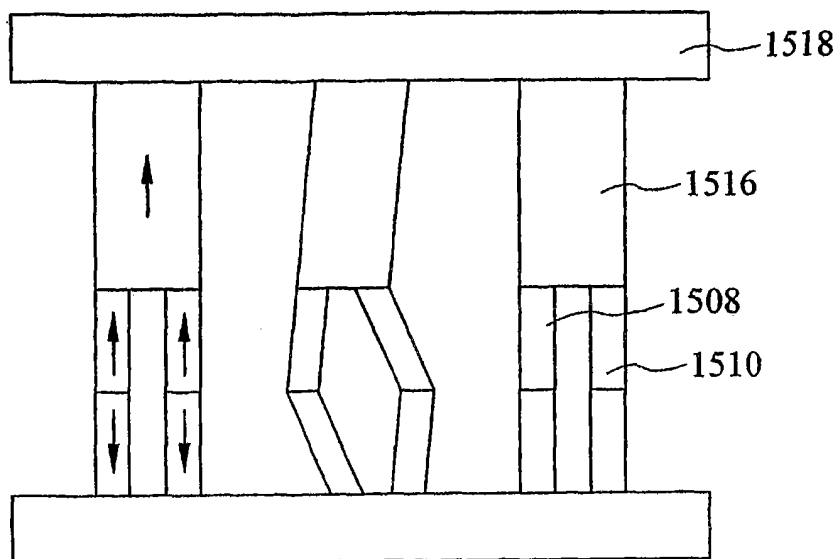


图 11

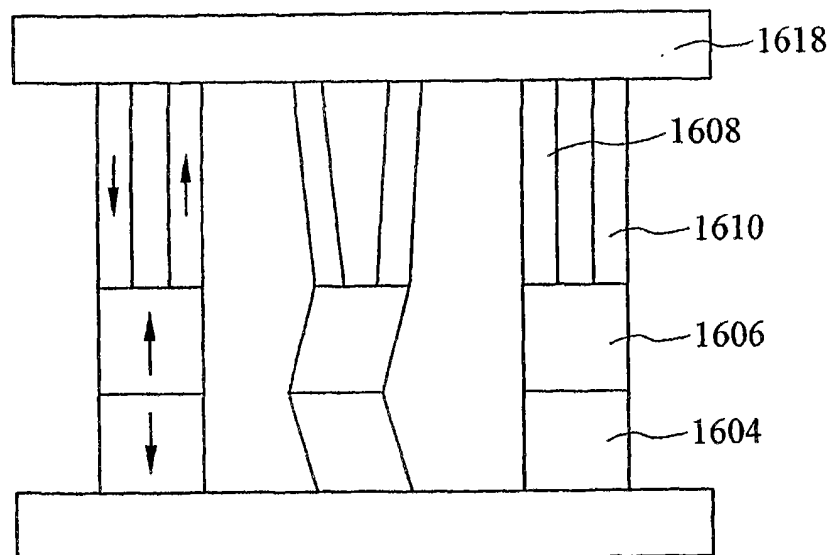


图 12