



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03120709. X

[45] 授权公告日 2005 年 11 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1226145C

[22] 申请日 2003.3.18 [21] 申请号 03120709. X

[30] 优先权

[32] 2002.3.18 [33] JP [31] 075091/2002

[32] 2002.3.18 [33] JP [31] 075089/2002

[32] 2002.5.29 [33] JP [31] 156153/2002

[32] 2003.3.14 [33] JP [31] 070545/2003

[71] 专利权人 精工爱普生株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 张俊华 片仓孝浩 奥村资纪

审查员 王昉杰

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

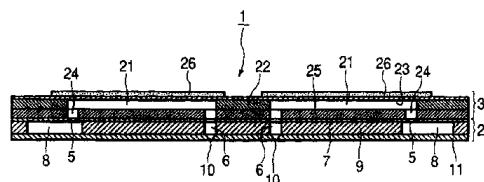
代理人 陆锦华

权利要求书 4 页 说明书 21 页 附图 9 页

[54] 发明名称 压电致动器、包含它的液体喷头、压电元件及其制造方法

[57] 摘要

一种压电致动器、包含它的液体喷头、压电元件及其制造方法。基片上具有带开口的腔，开口由沿第一方向延伸的第一边缘和沿垂直于第一方向的第二方向延伸的第二边缘确定，第二边缘的第二尺寸小于第一边缘的第一尺寸。在基片上配置振动板来密封开口。在振动板上形成保持在预定电位的第一公共电极。在第一公共电极上层叠第一压电层，与腔相对。第一压电层沿第一方向延伸，使其两个端部超过开口的第二边缘。在第一压电层上层叠驱动电极，从外部向其提供驱动信号。在驱动电极上层叠第二压电层，与腔相对。第二压电层沿第一方向延伸，使其两个端部在第一方向上超过开口的第二边缘。在第二压电层上层叠保持在预定电位的第二公共电极。



1. 一种压电致动器，其中包括：

一个基片，形成有具有一个开口的腔，开口由在第一方向上延伸的第一边缘和在垂直于第一方向的第二方向上延伸的第二边缘确定，第一边缘具有第一尺寸，第二边缘具有小于第一尺寸的第二尺寸；

一个振动板，配备在基片上面以密封开口；

第一公共电极，形成在振动板上并要被保持在预定的电位上；

第一压电层，层叠在第一公共电极上面，与腔相对，第一压电层在第一方向上延伸，使其两个端部在第一方向上超过开口的第二边缘；

一个驱动电极，层叠在第一压电层上面，从外部给它提供驱动信号；

第二压电层，层叠在驱动电极上面，与腔相对，第二压电层在第一方向上延伸，使其两个端部在第一方向上超过开口的第二边缘；以及

第二公共电极，层叠在第二压电层上并要被保持在预定的电位上。

2. 根据权利要求 1 所述的压电致动器，其中：

第一公共电极和第二公共电极在第一区域电气上连接，第一区域在第一方向上延伸超过第二边缘中的一条；以及

朝着第一区域延伸超过第二边缘中的一条的第一压电层的长度大于朝着第一区域方向延伸超过第二边缘中的一条的第二压电层的长度。

3. 根据权利要求 2 所述的压电致动器，其中，第一压电层的一个端面延伸超过第二边缘中的一条，第二压电层的一个端面也延伸超过第二边缘中的一条，第一压电层的端面和第二压电层的端面构成连续斜坡。

4. 一种压电致动器，包括：

一个基片，形成有具有一个开口的腔，开口由在第一方向上延

伸的第一边缘和在垂直于第一方向的第二方向上延伸的第二边缘确定，第一边缘具有第一尺寸，第二边缘具有小于第一尺寸的第二尺寸；

一个振动板，配备在基片上面以密封开口；

第一公共电极，形成在振动板上并要被保持在预定的电位上；

5 第一压电层，层叠在第一公共电极上面，与腔相对；

一个驱动电极，层叠在第一压电层上面，从外部给它提供驱动信号；

第二压电层，层叠在驱动电极上面，与腔相对，第二压电层在第一方向上延伸，使其端部中的每一个都在第一方向上覆盖住第一压电层在第一方向上的相应端部；以及

第二公共电极，层叠在第二压电层上并要被保持在预定的电位上。

5. 根据权利要求 4 所述的压电致动器，其中，第一压电层在第一方向上的每个端部的厚度都朝着其每一端逐渐减小。

15 6. 根据权利要求 4 所述的压电致动器，其中，第一压电层和第二压电层是在第一方向上延伸，使第一压电层和第二压电层在第一方向上的两个端部都是超过开口的第二边缘。

7. 根据权利要求 1 或 4 所述的压电致动器，其中，驱动电极在第一方向上延伸超过第二边缘中的一条。

20 8. 根据权利要求 7 所述的压电致动器，还包括一个连接电极，它形成在振动板上而且在一条第二边缘以外的区域内电气连接到驱动电极上，

其中，驱动信号通过连接电极提供给驱动电极。

9. 根据权利要求 8 所述的压电致动器，其中，连接电极的一部分被第一压电层所覆盖。

25 10. 根据权利要求 8 所述的压电致动器，其中，第一公共电极和连接电极由相同导电材料构成。

11. 根据权利要求 1 或 4 所述的压电致动器，其中，驱动电极、以及第一公共电极和第二公共电极中的至少一个电极在第一方向上延伸，使其两个端部在第一方向上至少到达开口的第二边缘。

12. 根据权利要求 1 或 4 所述的压电致动器，其中：

第一压电层在第二方向上的长度大于第一公共电极在第二方向上的长度；

5 第二压电层在第二方向上的长度大于驱动电极在第二方向上的长度；以及

第一压电层和第二压电层中的至少一个在第二方向上的每个端部的厚度小于其在第二方向上的中央部分的厚度。

13. 根据权利要求 1 或 4 所述的压电致动器，其中，多个压电元件，每个都含有第一公共电极、第一压电层、驱动电极、第二压电层 10 和第二公共电极，被排列在第二方向上。

14. 根据权利要求 13 所述的压电致动器，其中，还包括一个在第二方向上延伸的邻近公共电极，每个压电元件中的第一公共电极和第二公共电极都电气连接到邻近公共电极。

15. 一种液体喷头，包含根据权利要求 1 或 4 所述的压电致动器，从而，振动板变形引起容纳在腔内的液体的压力波动，以便从与腔连通的喷嘴喷射出液滴。

16. 一种压电元件，包括：

第一公共电极，要被保持在预定的电位上；

第一压电层，层叠在第一公共电极上，并在第一方向上延伸；

20 一个驱动电极，层叠在第一压电层上，从外部给它提供驱动信号；

第二压电层，层叠在驱动电极上并在第一方向上延伸，使其每一个端部都在第一方向上覆盖住第一压电层在第一方向上的相应端部；以及

25 第二公共电极，层叠在第二压电层上并要被保持在预定的电位上。

17. 根据权利要求 16 所述的压电元件，其中，第一压电层在第一方向上的每个端部的厚度都朝着其每一端逐渐减小。

18. 一种制造压电元件的方法，包括下列步骤：

30 制备第一电极；

将第一掩模放置在第一电极上，第一掩模有一个在第一方向上延伸的缝隙，缝隙具有第一尺寸；

通过第一掩模，将一种压电材料涂敷到第一电极上；

烘焙所涂敷的压电材料，以形成第一压电层；

5 将第二掩模放置在第一压电层上；

通过第二掩模，将一种电极材料涂敷到第一压电层上；

烘焙所涂敷的电极材料，以形成第二电极；

将第三掩模放置在第二电极上，第三掩模有一个在第一方向上延伸的缝隙，缝隙具有大于第一尺寸的第二尺寸；

10 通过第三掩模，将一种压电材料涂敷到第二电极上；以及

烘焙所涂敷的压电材料，以形成第二压电层。

压电致动器、包含它的液体喷头、 压电元件及其制造方法

5

技术领域

本发明涉及一种使用提供的驱动信号进行变形的压电元件作为驱动源的电致伸缩致动器、含有这种压电致动器的液体喷头以及该压电元件的制造方法。

10

背景技术

压电致动器是用于使用压电元件作为驱动源和使振动板发生弯曲，通过压电元件的变形来改变压力腔容积的构件，例如：它适于被用作液体喷头或微型泵的一个构件。这里，压电元件由表现出压电效应的压电材料构成，诸如通过压缩和烘烤金属氧化物粉末制成的压电陶瓷（例如， BaTiO_3 、 PbZrOP_3 、 PbTiO_3 ）、使用聚合物复合物的压电聚合物薄膜。液体喷头起到从喷嘴喷射出液滴的作用，并包括用于诸如打印机的图像记录设备的记录头、用于制造液晶显示器的液晶喷头以及用于制造滤色器的染色材料喷头。此外，微型泵是一种能够处理非常少量液体的微型化泵。

振动板是一个非常薄的构件，厚度约为 $5 \mu\text{m} \sim 6 \mu\text{m}$ ，而压电元件具有一种已实际使用的单层结构，厚度约为 $15 \mu\text{m}$ 。因此，振动板和压电元件的总厚度约为 $20 \mu\text{m}$ 。由于这个原因，压力腔变形部分的柔性，即振动板和压电元件的柔性变大。因此，压力腔容积有可能会随着压力腔内液体压力的微小变化而改变。此外，如果变形部分的柔性大，还会恶化压电元件对所提供的驱动信号的响应能力（变形响应），从而难以进行高频驱动。

可以假设：为了降低变形部分的柔性，给压电元件设定较大的厚度。如果简单地增大压电元件的厚度，则需要相应地升高驱动电压，不适于高频驱动。此外，变形部分难以弯曲。因此，液体压力的

波动量变得不足。

因此，假设压电元件采用日本特许公开 No.2-289352A 和日本特许公开 No.10-34924A 所揭示的多层结构。在压电元件中，压电层为具有一个上压电层和一个下压电层的双层结构，而且驱动电极是
5 形成在上压电层与下压电层之间的边界上，此外，一个上公共电极形成在上压电层的外表面，而一个下公共电极形成在下压电层的外表面。

该压电元件具有位于上压电层与下压电层之间的边界上的驱动电极。由于这个原因，一个电场施加于每一层的压电元件上，电场的
10 强度取决于驱动电极到每个公共电极之间的距离（每个压电层的厚度）和驱动电极与每个公共电极之间的电位差。因此，与在公共电极与驱动电极之间有单个压电层的单层结构的传统压电元件相比，即与已实际使用的压电元件相比，该压电元件，即使为了提高刚性而整个压电元件厚度有稍许增大，在与传统元件相同的驱动电压下，也能够
15 发生大的变形。

但是，简单地使用每个公开中所描述的具有多层结构的压电元件，很难获得理想的特性。例如，液体的喷射特性或馈送特性被改变，或在压电元件的高频驱动与液体的喷射量（馈送量）之间不能取得平衡。此外，还有一个问题就是在电极上易于导致断路。由于这个
20 原因，在公共电极与驱动电极之间插入一个具有包含单个压电层的单层结构的压电元件不可避免地被用作了实际产品。

发明内容

因此，本发明的一个目的是提供一种压电致动器，其中，能够
25 稳定液体喷射（馈送）特性。本发明的另一个目的是提供一种压电致动器，其中，在进行高频驱动时，能够获得必要的喷射量（馈送量）。此外，本发明还有一个目的是提供一种压电致动器，其中，能够提高在制造中的成品率和可靠性。

为了实现上述目的，根据本发明，提供了一种压电致动器，包
30 括：

一个基片，形成有具有一个开口的腔，开口由在第一方向上延伸的第一边缘和在垂直于第一方向的第二方向上延伸的第二边缘确定，第一边缘具有第一尺寸，第二边缘具有小于第一尺寸的第二尺寸；

- 5 一个振动板，配备在基片上面，用来密封开口；
第一公共电极，形成在振动板上并要被保持在预定的电位上；
第一压电层，层叠在第一公共电极上面，与腔相对，第一压电层在第一方向上延伸，使其两个端部在第一方向上超过开口的第二边缘；
10 一个驱动电极，层叠在第一压电层上面，从外部给它提供驱动信号；
第二压电层，层叠在驱动电极上面，与腔相对，第二压电层在第一方向上延伸，使其两个端部在第一方向上超过开口的第二边缘；以及
15 第二公共电极，层叠在第二压电层上并要被保持在预定的电位上。

在这种结构中，有可能减小由振动板和压电元件所构成的腔的变形部分的柔性，借此可靠地抑制在稳态下腔容积的波动。因此，能够稳定液体喷射特性和馈送特性。此外，由于能够减小变形部分的柔20 性，因此，本发明还适用于高频驱动。

此外，由于压电元件具有多层结构，还有可能提高变形效率。因此，能够补偿变形部分因为柔性降低所造成的变形量的减小。因此，有可能在进行高频驱动时，喷射或输送必需量的液体。

最好是：第一公共电极和第二公共电极在第一区域电气上连接，第一区域在第一方向上延伸超过第二边缘中的一条；而且朝着第一区域延伸超过第二边缘中的一条的第一压电层的长度大于朝着第一区域方向延伸超过第二边缘中的一条的第二压电层的长度。

在这种结构中，能够防止第二公共电极的断路，而且能够提高成品率。

30 此外，第一区域还能够在非变形区域形成，从而，能够长期保

持连接的可靠性。

此外，最好是：第一压电层的一个端面延伸超过第二边缘中的一条，第二压电层的一个端面也延伸超过第二边缘中的一条，第一压电层的端面和第二压电层的端面构成连续斜坡。

5 根据本发明，还提供了一种压电致动器，包括：

一个基片，形成有具有一个开口的腔，开口由在第一方向上延伸的第一边缘和在垂直于第一方向的第二方向上延伸的第二边缘确定，第一边缘具有第一尺寸，第二边缘具有小于第一尺寸的第二尺寸；

10 一个振动板，配备在基片上面以密封开口；

第一公共电极，形成在振动板上并要被保持在预定的电位上；

第一压电层，层叠在第一公共电极上面，与腔相对；

一个驱动电极，层叠在第一压电层上面，从外部给它提供驱动信号；

15 第二压电层，层叠在驱动电极上面，与腔相对，第二压电层在第一方向上延伸，使其端部中的每一个都在第一方向上覆盖住第一压电层在第一方向上的相应端部；以及

第二公共电极，层叠在第二压电层上并要被保持在预定的电位上。

20 在这样的结构中，在形成第二公共电极的第二压电层的表面上，很难产生一个阶梯，因此，能够保证形成同一个平滑表面。从而，能够均匀配备第二公共电极，而且能够防止产生缺陷区域，从而能够提高制造的可靠性。

最好是，第一压电层在第一方向上的每个端部的厚度都朝着其每一端逐渐减小。

最好是，第一压电层和第二压电层在第一方向上延伸，使第一压电层和第二压电层在第一方向上的两个端部都超过开口的第二边缘。

30 在上述结构中，最好是驱动电极在第一方向上延伸超过第二边缘中的一条。

在此，最好是压电致动器还包括一个连接电极，它形成在振动板上，而且在一条第二边缘以外的区域内电气连接到驱动电极上。驱动信号通过连接电极提供给驱动电极。

在这种结构中，由于连接电极和驱动电极在在非变形区域电气
5 连接，因此，能够防止断路，从而，能够长期保持连接的可靠性。

还最好是，连接电极的一部分被第一压电层所覆盖。

还最好是，第一公共电极和连接电极由相同导电材料构成。

在上述结构中，最好是：驱动电极、以及第一公共电极和第二
10 公共电极中的至少一个电极在第一方向上延伸，使其两个端部在第一
方向上至少到达开口的第二边缘。

在这种结构中，面对开口的整个振动板能够发生变形，而且能
够确保足够的喷射量（液体馈送量）。

在上述结构中，最好是：第一压电层在第二方向上的长度大于
15 第一公共电极在第二方向上的长度；第二压电层在第二方向上的长度
大于驱动电极在第二方向上的长度；而且第一压电层和第二压电层中的
至少一个在第二方向上的每个端部的厚度小于其在第二方向上的中央部分的厚度。

在这种结构中，能够提高变形部分的变形效率，而且能够确保
足够的喷射量（液体馈送量）。

20 在上述结构中，最好是：多个压电元件，每个都含有第一公共
电极、第一压电层、驱动电极、第二压电层和第二公共电极，被排列
在第二方向上。

此外，还最好是：压电致动器还含有一个在第二方向上延伸的
25 邻近公共电极，每个压电元件中的第一公共电极和第二公共电极都电
气连接到邻近公共电极。

根据本发明，还提供了一种液体喷头，它含有上述压电致动器，从而，振动板变形引起容纳在腔内的液体的压力波动，以便从与
腔连通的喷嘴喷射出液滴。

根据本发明，还提供了一种压电元件，包括：
30 第一公共电极，要被保持在预定的电位上；

第一压电层，层叠在第一公共电极上，并在第一方向上延伸；
一个驱动电极，层叠在第一压电层上，从外部给它提供驱动信号；

第二压电层，层叠在驱动电极上并在第一方向上延伸，使其每一个端部都在第一方向上覆盖住第一压电层在第一方向上的相应端部；以及

第二公共电极，层叠在第二压电层上并要被保持在预定的电位上。

最好是，第一压电层在第一方向上的每个端部的厚度都朝着其每一端逐渐减小。

根据本发明，还提供了一种制造压电元件的方法，包括下列步骤：

制备第一电极；

将第一掩模放置在第一电极上，第一掩模有一个在第一方向上延伸的缝隙，缝隙具有第一尺寸；

通过第一掩模，将一种压电材料涂敷到第一电极上；

烘焙所涂敷的压电材料，以形成第一压电层；

将第二掩模放置在第一压电层上；

通过第二掩模，将一种电极材料涂敷到第一压电层上；

烘焙所涂敷的电极材料，以形成第二电极；

将第三掩模放置在第二电极上，第三掩模有一个在第一方向上延伸的缝隙，缝隙具有大于第一尺寸的第二尺寸；

通过第三掩模，将一种压电材料涂敷到第二电极上；和

烘焙所涂敷的压电材料，以形成第二压电层。

25

附图说明

通过参照附图来对最佳实施例进行详细说明，本发明的上述目的和优点将会变得更为显著，其中：

图1为分解透视图，用于说明一种记录头的结构；

30 图2为剖视图，用于说明一种致动单元和一种流道单元；

- 图 3 为局部放大视图，用于说明一种喷嘴板；
图 4 为透视图，示出了从压电元件一侧所看到的致动单元；
图 5A 为俯视图，示出了本发明第一实施例的一种压电元件；
图 5B 为剖视图，示出了压电元件的纵向剖面；
5 图 6A 为局部放大视图，示出了在供电端子那一侧的压电元件的端部结构；
图 6B 为局部放大视图，示出了在邻近公共电极那一侧的压电元件的端部结构；
图 7A 为压电元件沿着其横向的剖视图；
10 图 7B 为图 7A 的放大视图；
图 8A 为局部放大剖视图，示出了本发明第二实施例的压电元件在供电端子那一侧的端部结构；
图 8B 为局部放大视图，示出了本发明第二实施例的压电元件在邻近公共电极那一侧的端部结构；
15 图 9A 和图 9B 为掩模的视图，说明用于制造第二实施例的压电元件的掩模；
图 10A 为局部放大剖视图，示出了本发明第三实施例的压电元件在供电端子那一侧的端部结构；
图 10B 为局部放大剖视图，示出了本发明第四实施例的压电元件在邻近公共电极那一侧的端部结构。
20

具体实施方式

下面将参照附图对本发明的优选实施例进行详细说明。在此，将以一种使用压电元件的记录头（一种液体喷头）为例来进行说明。
25 如图 1 所示，记录头 1 示意性地由一个流道单元 2、多个致动单元 3 及一个薄膜形接线板 4 所组成。致动单元 3 横向粘结到流道单元 2 的表面上，而接线板 4 在流道单元 2 相反的一侧安装到致动单元 3 的表面上。

流道单元 2 的组成如下：一个配备有若干通孔的供应端口形成
30 基片 7，通孔作为供墨端口 5 和喷嘴贯通端口 6 的组成部分；一个储

存器形成基片 9，配备有一个作为公共储存器 8 的通孔和一个作为喷嘴贯通端口 6 的组成部分的通孔；以及一个喷嘴板 11，配备有多个喷嘴 10。例如，供应端口形成基片 7、储存器形成基片 9 以及喷嘴板 11 是不锈钢板经过冲压而成。在本实施例中，三个致动单元 3 被粘 5 结到一个流道单元 2 上。因此，针对各个致动单元 3，一共形成三套供墨端口 5、喷嘴贯通端口 6、供应端口形成基片 7 和公用储存器 8。

流道单元 2 中具有喷嘴板 11 和供应端口形成基片 7，在储存器形成基片 9 的一个表面上（图中下侧）配备喷嘴板 11，在储存器形成基片 9 的另一个表面上（上侧）配备供应端口形成基片 7，流道单元 2 是通过粘结供应端口形成基片 7、储存器形成基片 9 和喷嘴板 11 来制成。例如，使用一种片形粘结剂，将每个构件粘结起来，制成流道单元 2。

如图 3 所示，排列喷嘴 10 以便以预订间距形成多个喷嘴排 12。 15 例如，一个喷嘴排 12 是由 92 个喷嘴 10 所组成。此外，针对每一个致动单元 3，喷嘴排 12 分成两排形成。由于根据本实施例的记录头 1 含有三个致动单元 3，因此，在横向方向上一共设置有六个喷嘴排 12。

致动单元 3 是也被称之为头芯片的构件。如图 2 所示，致动单元 3 的组成如下：一个压力腔形成基片 22，配备一个作为压力腔 21 的通孔；一个振动板 23，用于确定压力腔 21 的一部分；一个覆盖构件 25，配备一个作为供应侧贯通端口 24 的通孔和一个作为喷嘴贯通端口 6 的一部分的通孔；以及一个压电元件 26，它在振动板 23 的表面上形成，用作驱动源。在本实施例中，就这些构件 22、23 及 25 的 20 厚度而言，压力腔形成基片 22 和覆盖构件 25 的厚度以 50um 或更大为好，大于等于 100um 更佳；而振动板 23 的厚度最好是约为 3 到 12um，本实施例中为 4 到 6um。

在致动单元 3 中，压力腔形成基片 22、振动板 23 及压电元件 26，起到根据本发明的压电致动器的作用。而且，振动板 23 和压电元件 26 组成了压电致动器，并且振动板 23 是一种配备了压电元件 30

26 的支撑基片。

为了制造致动单元 3，首先，要在压力腔形成基片 22 的一个表面上配备覆盖构件 25，在另一个表面上配备振动板 23，并且将上述元件 22、23 及 25 整合起来。压力腔形成基片 22、振动板 23 及覆盖元件 25 是用陶瓷材料制成，例如氧化铝或氧化锆。例如，一个未经过处理的板件（一个没有烘焙的板构件）要经受诸如切削或冲孔之类的处理，以获得所需要的通孔。这样，形成了压力腔形成基片 22、振动板 23 及覆盖构件 25 的片形前体（precursors）。通过层叠并烘焙每个片形前体，片形前体被整合形成一个片形构件。给这个烘焙的片形元件制作压电元件 26，这样，就制成一个陶瓷片。

在这种情况下，每个片形前体和压电元件 26，都通过烘焙被整合在一起。因此，不需要特殊的粘结处理。此外，还可能在构件的粘结表面内获得高的密封性能。

一个陶瓷片上配备有供多个单元使用的压力腔 21 及喷嘴贯通端口 6。也就是说，这个陶瓷片成为一个还没有被分割成致动单元 3 的致动器坯构件。例如，在一个陶瓷片上，要作为致动单元 3 的多个芯片区域被排列成矩阵，并在每个芯片区域内形成一个例如压电元件 26 的必要元件。然后，针对每个芯片区域，分割陶瓷片。从而制成多个致动单元 3。

压力腔 21 是一个在垂直于喷嘴排 12 的方向上的拉长的中空部分。对应于这些喷嘴 10，形成多个压力腔 21。更具体地说，如图 3 所示，压力腔 21 是排列在平行于喷嘴排的方向上。每个压力腔 21 的一端，都通过供应侧贯通端口 24 和供墨端口 5，与公共墨水储存器 8 相连通。此外，压力腔 21 在与供应侧贯通端口 24 相反一侧的另一端，通过喷嘴贯通端口 6 与对应的喷嘴 10 相连通。而且，压力腔 21 的一部分（上表面）是由振动板 23 来确定的。

压电元件 26 是一个处于所谓的柔性振动模式下的元件，而且对于每个压力腔 21，它形成在与压力腔 21 相反一侧的振动板 23 的表面上。压电元件 26 在压力腔 21 的纵向方向上，呈细长块形状。在压力腔 21 的横向方向上，排列多个压电元件 26。构成公共电极的一部

分的临近公共电极 27 沿着喷嘴排的方向延伸，接近压电元件 26 在纵向上的一个端部。此外，供电端子 28 被配备在靠近压电元件 26 纵向方向上的另一端。供电端子 28 是这样的一个构件：通过供电端子 28，接线板 4 的接触端子（未示出）被电气连接，而且为每个压电元件 26 都配备有供电端子 28。

如图 5A 和图 5B 所示，根据本发明第一实施例的压电元件 26，具有由一个压电层 31、一个分路公共电极 32 以及一个驱动电极 33 构成的多层结构。压电层 31 插入驱动电极 33 与分路公共电极 32 之间。下面将详细描述压电元件 26 的结构。

例如，驱动信号的供应源（未示出）通过供电端子 28 电气连接到驱动电极 33 上，而且分路公共电极 32 通过例如邻近公共电极 27 被调整到大地电位。当一个驱动信号被提供给驱动电极 33 时，在驱动电极 33 与分路公共电极 32 之间，产生一个电场，电场具有对应于电位差的强度。当电场施加于压电层 31 时，压电层 31 对应于电场强度产生变形。更具体地说，当驱动电极 33 的电位升高时，压电层 31 在垂直于电场的方向上紧缩，使振动板 23 产生变形，以减小压力腔 21 的容积。另一方面，当驱动电极 33 的电位降低时，压电层 31 在垂直于电场的方向上膨胀，使振动板 23 产生变形，以增大压力腔 21 的容积。

致动单元 3 和流道单元 2 被彼此粘结在一起。例如，为了实现粘结，在供应端口形成基片 7 和覆盖元件 25 之间，提供一种片形粘结剂，然后，朝着流道单元 2 一侧挤压致动单元 3。

在具有上述结构的记录头 1 中，针对每个喷嘴 10，形成一个从公共墨水储存器 8 经过供墨端口 5、供应侧贯通端口 24、压力腔 21 和喷嘴贯通端口 6，抵达喷嘴 10 的串行墨水流道。在使用中，墨水通道中充满墨水（液态墨水，即一种液体），并且对应的压力腔 21 通过使压电单元 26 弯曲而产生紧缩或膨胀，从而使压力腔 21 内的墨水压力发生波动。通过控制墨水压力，能够从喷嘴 10 中喷出墨滴。例如，当使得具有稳态容积的压力腔 21 一旦先扩展然后迅速地紧缩时，墨水随着压力腔 21 的膨胀被注入，并且压力腔 21 内的墨水通过

随后的快速紧缩受到挤压，从而喷出墨滴。

为了稳定墨滴的喷射量、喷射速度及喷射方向，即为了稳定墨滴的喷射特性，需要保持压力腔 21 的容积在稳定状态下（稳态容积）是恒定不变的。稳态容积确定了压力腔 21 的膨胀宽度。因此，
5 如果稳态容积出现波动，则墨滴的喷射量和喷射速度也会改变。为了使喷射特性稳定，最好应当减小压力腔 21 变形部分的柔性（即整个振动板 23 和压电元件 26 的柔性），以便在稳态下不易受到墨水压力波动的影响。

此外，为了以高频率喷射墨滴，也最好应当减小变形部分的柔
10 性。原因是如果柔性小的话，压电元件 26 的变形响应能力得到提
高。为了经受更高频率的驱动，也必需提高压电元件 26 的刚性。

从这些观点出发，在本实施例中采用了具有多层结构的压电元件 26。下面将描述这个方案。

首先，将对压电元件 26 的结构进行详细描述。如图 5A 和图 5B
15 所示，块状压电元件 26 具有几乎等于压力腔 21 的宽度的宽度 W
(见图 7B) 和稍微大于压力腔 21 的长度的长度。压电层 31 由一个
上压电层（外压电层）34 和一个下压电层（内压电层）35 组成。此外，
分路公共电极 32 由一个上公共电极（外公共电极）36 和一个下
公共电极（内公共电极）37 组成。分路公共电极 32 和驱动电极 33
20 构成电极层。

术语“上（外）”或“下（内）”代表基于振动板 23 的位置关
系。更具体地说，“上（外）”表示远离振动板 23 的那一侧，而
“下（内）”表示靠近振动板 23 的那一侧。

驱动电极 33 用做一个分立的电极，而且是在上压电层 34 与下
25 压电层 35 之间的边界上形成。此外，上公共电极 36 和下公共电极
37 和邻近公共电极 27 一起构成公共电极。更具体地说，公共电极梳
状插入从邻近公共电极 27 伸出的多个分路公共电极 32（上公共电极
36 和下公共电极 37）。在驱动电极 33 的相反一侧，下公共电极 37
形成在下压电层 35 与振动板 23 之间的下压电层 35 的下部；而上公
30 共电极 36 在驱动电极 33 的相反一侧，形成在上压电层 34 的上部。

更具体地说，压电元件 26 具有一个多层结构，其中，按照下公共电极 37、下压电层 35、驱动电极 33、上压电层 34 和上公共电极 36 的顺序从振动板 23 一侧层叠。

根据本实施例，压电层 31 的厚度，是将上压电层 34 和下压电层 35 在其横向方向上的中央部分的厚度加起来，大约为 $17 \mu\text{m}$ 。压电元件 26 的整个厚度，包括分路公共电极 32，大约为 $20 \mu\text{m}$ 。更具体地说，下公共电极 37 的厚度大约为 $3 \mu\text{m}$ ，上公共电极 36 的厚度大约为 $0.3 \mu\text{m}$ 。上公共电极 36 被做得非常薄，以防止阻碍压电元件 26 变形。驱动电极 33 的厚度大约为 $2 \mu\text{m}$ ，并被埋在上压电层 34 与下压电层 35 之间。

在具有单层结构的传统压电元件中，整个元件的厚度大约为 $15 \mu\text{m}$ 。因此，在本实施例中，对应于压电元件 26 的厚度的提高，减小了变形部分的柔性。因此，能够抑制因为墨水压力变化而引起的压力腔 21 的容积的波动，从而，即使压电元件 26 是在高频下被驱动，变形部分也能够跟得上。

上公共电极 36 和下公共电极 37 被调整到一个恒定电位，例如：与驱动信号无关的大地电位。驱动电极 33 响应所供给的驱动信号改变电位。因此，通过提供驱动信号，在驱动电极 33 与上公共电极 36 之间和在驱动电极 33 与下公共电极 37 之间产生了彼此反向的电场。

就构成每个电极的材料而言，可以选择各种导体，例如：金属单质、合金、绝缘陶瓷和金属的混合物。要求在烘焙温度下不引起例如退化的缺陷。在本实施例中，金用于上公共电极 36，铂用于下公共电极 37 和驱动电极 33。

上压电层 34 和下压电层 35 都是用压电材料所制成，例如：一种含有锆钛酸铅（PZT）作为主要成分的压电材料。上压电层 34 和下压电层 35 的极化方向彼此相反。由于这个原因，在施加驱动信号期间，上压电层 34 和下压电层 35 的膨胀和紧缩方向是一致的，从而，能够无阻碍的进行变形。更具体地说，上压电层 34 和下压电层 35 使振动板 23 发生弯曲，以减小压力腔 21 的容积，从而升高驱动

电极 33 的电位，并使振动板 23 发生弯曲以增大压力腔 21 的容积，从而降低驱动电极 33 的电位。

在这种情况下，压电元件 26 具有多层结构。因此，施加于压电层 34 和 35 中的每一个的电场是由从驱动电极 33 到上公共电极 36 之间的距离或从驱动电极 33 到下公共电极 37 之间的距离确定。由于这个原因，即使驱动电压相同，也能够给压电层 34 和 35 中的每一个施加于一个大于具有单层结构的压电元件所具有的电场。因此，压电元件 26 能够有效地变形，以便能够提高对应于所施加电压的变形量。

此外，在本实施例中，压电元件 26 在纵向方向上的两端都向外延伸超出了压力腔 21 在纵向方向上的两端，以便使稳态下的压力腔的容积恒定。更具体地说，如图 5A 和图 5B 所示，下压电层 35 在纵向方向上的两端，向外延伸超出了压力腔 21 在纵向方向上的两端，并且上压电层 34 在纵向方向上的两端，也向外延伸超出了压力腔 21 在纵向方向上的两端。置于从压力腔 21 的纵向方向上外侧的压电元件 26 的两端（此后，压电层 31 的两端将被称之为延伸部分），是由压力腔形成基片 2 和覆盖元件 25 所支撑的振动板 23 的非变形部分，而且被粘结到振动板 23 上。具体来说，它们通过例如下公共电极 37 的电极层，被整合在一起。

这样，延伸部分被粘结在振动板 23 的非变形部分上。因此，压力腔 21 的整个变形部分具有双层结构，包括振动板 23 和压电元件 26。由于这个原因，进一步减小了变形部分的柔性，在稳态下，更加不易受到墨水压力波动的影响。因此，压力腔 21 的容积是由压电元件 26 的弯曲量来确定，并且能够对容积实现更精确的控制。

借助于这种结构，变形部分有一个包括振动板 23 和压电元件 26 的双层结构，因此不易发生变形。但是，压电元件 26 具有一个多层结构，因此能够获得必要的和足够的变形量。

此外，在本实施例中，压电元件 26 的形状，特别是在纵向方向上的端部的形状经过精心设计，以使得电极不易断路。下面进行详细说明这个方面。

首先，将对上公共电极 36 进行描述。如图 5A 到图 6B 所示，上

公共电极 36 和下公共电极 37 在元件的纵向方向上向外延伸，并在位于超出压电元件 26 端部的位置彼此电气连接在一起。更具体地说，下公共电极 37 在振动板 23 的表面上一直延伸到邻近公共电极 27 的形成位置，而上公共电极 36 通过上压电层 34 的元件纵向方向上的一个端面和下压电层 35 的元件纵向方向上的一个端面配备在下公共电极 37 上。在本实施例中，上公共电极 36 也一直延伸到邻近公共电极 27 的形成位置。

因此，上公共电极 36 和下公共电极 37 在位于超出下压电层 35 端部的位置被彼此电气连接，即振动板 23 的非变形部分。由于这个原因，机械应力很难作用于上公共电极 36 和下公共电极 37 的电气连接部分，从而，能够长期保证导电的可靠性。此外，在电气连接区域，压力腔形成基片 22 位于振动板 23 的背面（即压电元件形成表面的相反一侧），借此支撑振动板 23。因此，振动板 23 的平整度能够设定得高于对应于压力腔 21 的部分，从而，电极 36 和 37 都能够均匀形成，也就是说，不会产生缺陷部分。最终电极 36 和 37 的可靠性都能够提高，并且能够提高成品率。

就上公共电极 36 和下公共电极 37 而言，下压电层 35 外侧的一个部分用做公共导电区域 38。公共导电区域 38 和邻近公共电极 27 彼此电气连接。更具体地说，一个公共电位通过公共导电区域 38 施加于分路公共电极 32 (36、37)。公共导电区域 38 在振动板 23 的非变形部分形成。因此，能够长期保证与邻近公共电极 27 的导电可靠性。此外，多个压电元件 26 按照前面所描述的那样以元件的横向方向排列，而且公共导电区域 38 的形状彼此相同。由于这个原因，邻近公共电极 27 能够以易于制作的条形导体图形形成。此外，由于在邻近公共电极 27 内不需要被弯曲部分，因此不易引起断路。

在本实施例中，就配备在公共导电区域 38 那一侧的压电层 31 的形状而言，下压电层 35 的纵向端向外延伸超出了上压电层 34 的纵向端部。原因为了防止上公共电极 36 的断路。更具体地说，上公共电极 36 在上压电层 34 上形成，因此，上公共电极 36 也要在元件纵向方向的端面上均匀形成，以便电气连接到下公共电极 37。

由于压电元件 26 具有多层结构，因此，整个元件的厚度大于具有单层结构的传统压电元件。此外，上公共电极 36 非常的薄，以便使压电元件 26 有效地变形。因此，当上压电层 34 的端面和下压电层 35 的端面对齐时，如果涂敷电极材料的方法不被精心设计，则难以 5 在端面上均匀地形成上公共电极 36。

根据上面的阶梯状结构，每个垂直端面都具有和单压电层相等的尺寸。在这种结构中，即使是采用所谓的印刷方法（厚膜印刷方法），上公共电极 36 也能够均匀地形成在压电层的任何表面上，在这种印刷方法中，掩模图形被从振动板 23 之上放置，用来涂敷电极 10 材料。因此，制造能够通过简单的方法进行，以便在增强导电可靠性的同时，提高生产效率。

接着，将对驱动电极 33 进行描述。驱动电极 33 也在元件的纵向方向上向外延伸（朝着公共导电区域 38 相反一侧延伸），而且配备在下压电层 35 外侧的一个部分被设定为驱动导电部分 39。驱动导电部分 39 一直延伸到形成供电端子 28 的位置，并被电气连接到供电端子 28。 15

在本实施例中，电气连接到供电端子 28 的连接电极 40 在振动板 23 的表面上形成，而驱动导电部分 39 是形成在连接电极 40 的表面上。原因是提高驱动导电部分 39 和供电端子 28 的导电可靠性。 20 更具体地说，下压电层 35 的外侧端面和振动板 23 的表面形成了不易充分填充电极材料的拐角区域，因此存在导致断路的可能性。

如本实施例中那样，当连接电极 40 先形成在振动板 23 的表面上，而驱动电极 33 形成在连接电极 40 的表面上时，驱动电极 33 和供电端子 28 通过驱动电极 33 和连接电极 40 的接触（contact）彼此 25 电气连接。因此，能够进一步提高导电的可靠性。

为了获得上述各种优点，连接电极 40 可以至少一直延伸到下压电层 35 的纵向端部部分。在这个实施例中，连接电极 40 的尖端延伸超出了下压电层 35 的纵向端部，同时，相对于下公共电极 37，提供了一个绝缘区域 X，从而，使它们彼此电气绝缘。

30 这样，考虑到要形成每个压电元件 26 的位置的公差，连接电极

40 的一部分在下压电层 35 与振动板 23 之间形成。更具体地说，压电元件 26 是通过使用掩模的印刷方法来制作。例如，要作为下公共电极 37 的电极材料按照预定图形被印刷在振动板 23 的表面上，然后被烘焙。接着，要作为下压电层 35 的压电材料印刷被印刷和烘焙，
5 以被配备在下公共电极 37 上。接着，按照同样的程序，顺序印刷和烘焙驱动电极 33、上压电层 34 及上公共电极 36。

这样，用印刷方法形成了压电元件 26。由于这个原因，在下压电层 35 纵向端面要形成的位置，产生一个微小偏移（公差）。在本实施例中，由于使用了这样一种结构：连接电极 40 的一部分是形成
10 在下压电层 35 与振动板 23 之间，因此，即使下压电层 35 要形成的位置发生微小偏移，驱动电极 33 和连接电极 40 也被可靠地彼此电气连接。

虽然连接电极 40 能够使用各种电极材料形成，但最好应当使用与下公共电极 37 相同的电极材料。原因是能够提高生产效率。如前所述，
15 压电元件 26 是通过反复印刷、烘焙电极材料和压电材料来制成。当连接电极 40 用与下公共电极 37 相同的电极材料形成时，能够同时形成下公共电极 37 和连接电极 40。更具体地说，下公共电极 37 和连接电极 40 的图形能够在一个图形中形成。因此，有可能在同一
20 步骤内来共同制作下公共电极 37 和连接电极 40。因此，能够提高生产效率。

此外，在本实施例中，为了提高变形效率，采用了这样一种结构，其中，分路公共电极 32 和驱动电极 33 的形成范围及压电元件 26 在横向方向上的形状，是经过精心设计的。下面，将详细描述这个方面。

25 首先，将对分路公共电极 32 和驱动电极 33 的形成范围进行描述。在本实施例中，驱动电极 33、上公共电极 36 和下公共电极 37 中的每一个都在纵向方向上延伸以覆盖住压力腔 21。也就是说，如图 5A 到图 6B 所示，驱动电极 33 具有设定为大于压力腔 21 的长度，而且在远离供电端子 28 的一侧（驱动导电部分 39）一直延伸到
30 超出压力腔 21 的端面的位置。此外，上公共电极 36 和下公共电极

37 具有被设定为大于压力腔 21 的长度，而且在离开邻近公共电极 27 的一侧（公共导电部分 39）一直延伸到超出压力腔 21 的端面的位置。因此，压力腔 21 位于这些电极的叠加区域之内，即压电层 31 能够发生变形的有源区域 LA 之内。也就是说，压力腔 21 从电极叠加 5 方向上看，在有源区域 LA 范围之内处于叠加状态。

这样当压力腔 21 被置于有源区域 LA 范围之内时，变形部分是整体弯曲（即在确定压力腔 21 的部分内）。也就是说，变形部分在振动板 23 的非变形部分的内侧，在压力腔 21 内弯曲。因此，能够尽可能地提高压力腔 21 的容积的变化量，借此有助于提高墨滴的喷射 10 量和高粘度墨水的可喷射性。

虽然在本实施例中，上公共电极 36 和下公共电极 37 都是在纵向方向上形成以覆盖住压力腔 21，但可以将至少一个电极在纵向方向上形成以覆盖住压力腔 21。此外，虽然每个电极都延伸超过了压力腔 21 的端面，但是，如果每个电极从电极叠加的方向上看都形成 15 在一直到达压力腔 21 的端面水平的位置，也能够产生同样的优点。

接着，将对压电元件 26 在横向方向上的形状进行描述。本实施例具有的一个特点是：位于驱动电极 33 横向方向外侧的横向端部区域的厚度，被设定为小于位于驱动电极 33 宽度上的横向中央区域的厚度。

20 图 7A 为一个剖视图，示出压电元件 26 沿着电极横向方向（较短方向）上的剖面。在压电元件 26 中，下公共电极 37 在其整个宽度上被下压电层 35 所超出覆盖，而且驱动电极 33 在其整个宽度上被上压电层 34 所超出覆盖。因此，驱动电极 33 几乎被埋在压电层 34 和压电层 35 的里面。此外，具有绝缘性质的下压电层 35 位于驱动电极 25 33 与下公共电极 37 之间。因此，还有可能可靠地避免驱动电极 33 和下公共电极 37 短路。

如图 7B 所示，在压电元件 26 中，在横向方向上位于驱动电极 33 外侧的横向端部区域 WL 和 WR 的厚度，被设定为小于位于驱动电极 33 宽度内的横向中央区域 WC 的厚度。横向中央区域 WC 表示 30 一对第一虚线 L1 范围之内的部分，第一虚线 L1 分别在从驱动电极

33 的两个横向端部的垂直方向上设定。此外，横向端部区域 WL 和 WR 表示横向方向上在第一虚线 L1 之外配备的部分。在图 7B 中，横向中央区域 WC 的左侧部分是左侧横向端部区域 WL，横向中央区域 WC 的右侧部分是右侧横向端部区域 WR。

5 如果左上部端部区域 34L 的厚度和右上部端部区域 34R 的厚度被设定为小于上部横向中央区域 34C 的厚度，而左下部端部区域 35L 的厚度和右下部端部区域 35R 的厚度被设定为小于下部横向中央区域 35C 的厚度，则压电层 34 和压电层 35 在横向端部区域 WL 和 WR 内的应力小于压电层 34 和压电层 35 在横向中央区域 WC 的应力。因此，横向端部区域 WL 和 WR 比横向中央区域 WC 更易于弯曲，从而压电元件 26 能够有效地变形。

本发明不局限于本实施例，基于从属权利要求的描述，可进行各种改进。

例如，根据图 8A 和图 8B 所示的第二实施例，上压电层 34' 的整个长度可以被设定为大于下压电层 35' 的整个长度，从而下压电层 35' 被上压电层 34' 覆盖，覆盖范围超出下压电层 35' 的纵向两端。

在这种结构中，在公共导电部分 38 那一侧，上压电层 34' 的端部表面构成一个相对平缓和的斜坡（一个曲面）。更具体地讲，由于 20 在形成上公共电极 36 的表面上难于产生阶梯形部分，因此，能够配备平滑的上公共电极 36。因此，上公共电极 36 能够被均匀地配备在上压电层 34' 的端部表面，从而能够防止产生缺陷部分而且能够提高制造的可靠性。为了使上压电层 34' 的端部表面平滑，最好是向着下压电层 35' 的纵向端减小下压电层 35' 的厚度。

25 另一方面，上压电层 34' 在连接电极 40 和驱动电极 33 叠加的位置上（更具体地说，是位于刚刚超过下压电层 35' 的位置上），覆盖着驱动电极 33。因此，上压电层 34' 的端部表面也起到驱动电极 33 的保护层的作用，防止驱动电极 33 劣化或剥落。这样，能够使驱动电极 33 和连接电极 40 的导电状态更可靠。相似的是，最好将下压电层 35' 的厚度向着其纵向端减小。原因是驱动电极 33 和连接电

极 40 要可靠地电气连接。更具体地说，下压电层 35' 的端部渐渐变薄以使下压电层 35' 的端部表面变为一个光滑的斜坡，并且易于在其上面均匀地配备驱动电极 33。因此，能够提高制造的可靠性。

为了制造根据变体 (variant) 的压电元件 26，便利的是使用两种具有不同形状的印刷图形（即开口）的掩模。例如，如图 9A 和图 9B 所示，使用了带有对应于下压电层 35' 的多个拉长印刷图形 P1 的第一掩模 M1 和带有对应于上压电层 34' 的多个拉长印刷图形 P2 的第二掩模 M2。

印刷图形 P1 是一个长方形（拉长的条形）开口，具有被设定为下压电层 35' 元件纵向长度的长度 PL1，和被设定为压电元件 26 的宽度的宽度 PW。多个印刷图形 P1 被排列在其横向方向上。此外，印刷图形 P2 也是一个长方形开口，具有被设定为上压电层 34' 元件纵向长度的长度 LP2 和被设定为压电元件 26 的宽度的宽度 PW。也就是说，印刷图形 P2 是这样一个长方形开口：其长度 LP2 被设定为大于印刷图形 P1 的长度 PL1，而宽度 PW 被设定为与印刷图形 P1 的宽度相等。多个印刷图形 P2 也是以和印刷图形 P1 同样的方式被排列在其横向方向上。

接着，对根据第二实施例，通过使用掩模 M1 和掩模 M2 制造压电元件 26 的程序进行说明。

首先，在下公共电极形成步骤，将下公共电极 37 制成一个经过烘焙的片形构件。例如，将配备有下公共电极 37 和连接电极 40 的印刷图形的掩模安装在经过烘焙的片形构件上的振动板的表面上，并通过同一掩模将糊状电极材料涂敷到振动板的表面上。在涂敷电极材料之后，将其烘焙，形成下公共电极 37 和连接电极 40。

在下公共电极 37 和连接电极 40 形成之后，执行下压电层形成步骤，以形成下压电层 35。在下压电层形成步骤，以将印刷图形 P1 叠加在电极 37 和电极 40 上的方式安装第一掩模 M1，并通过掩模 M 涂敷糊状压电材料。在压电材料涂敷到电极 37 和电极 40 上之后，将其烘焙，形成下压电层 35'。

在下压电层 35' 形成之后，执行驱动电极形成步骤以形成驱动

电极 33。在驱动电极形成步骤，以将驱动电极印刷图形叠加在下压电层 35’ 上的方式安装掩模，并通过同一掩模涂敷糊状电极材料。在将电极材料涂敷到下压电层 35’ 上之后，将其烘焙，形成驱动电极 33。

5 在驱动电极 33 形成之后，执行上压电层形成步骤以形成上压电层 34’。在上压电层形成步骤，以将下压电层 35’ 在纵向方向上的两端置于印刷图形 P2 在纵向方向上的内部的方式，安装第二掩模 M2，并通过掩模 M2 涂敷糊状压电材料。更具体地说，下压电层 35’ 在纵向方向上的两端都被覆盖，以便用涂敷的压电材料掩埋。当 10 涂敷压电材料之后，将其烘焙，形成上压电层 34’。

随后，按照同样的程序，形成上公共电极 36、邻近公共电极 27 和供电端子 28。在这种情况下，下压电层 35’ 在纵向方向上的两端均被上压电层 34’ 所覆盖。因此，如上所述，上压电层 34’ 的两端的表面是相对光滑的，并且能够均匀地配备上公共电极 36（在必要部分没有缺陷）。此外，由于驱动电极 33 被从上覆盖所以能够提高 15 驱动电极 33 和连接电极 40 的导电可靠性。

根据本发明的第三实施例，如图 10A 所示，供电端子 28 和连接电极 40’ 更靠近供电端子 28 那一侧的一部分可以在端子基片 41 上形成。在这种情况下，端子基片 41 最好通过烘焙例如银膏的具有导 20 电性的材料来制作。

此外，在供电端子 28 那一侧，上压电层 34 的端面可以被制成与下压电层 35 的端面相齐平。

根据本发明的第四实施例，如图 10B 所示，下压电层 35 和上压电层 34 在邻近公共电极 27（公共导电区域 38）那一侧的纵向端面可以形成一个连续的斜坡 Y。利用这种结构，不容易产生成为易于产生断路的因素的不平整部分（或阶梯）。因此，在斜坡 Y 上容易均匀地形成上公共电极 36。因此，能够防止驱动导电区域 38（上公共电极 36）的断路。

已经将记录头 1 以一种液体喷头为例进行了说明。本发明也适用于其他液体喷头，例如：液晶喷头和染色材料喷头或用于这些液体

喷头的压电致动器和压电元件。此外，本发明还适用于在例如微型泵的各种设备中所使用的压电致动器和压电元件。

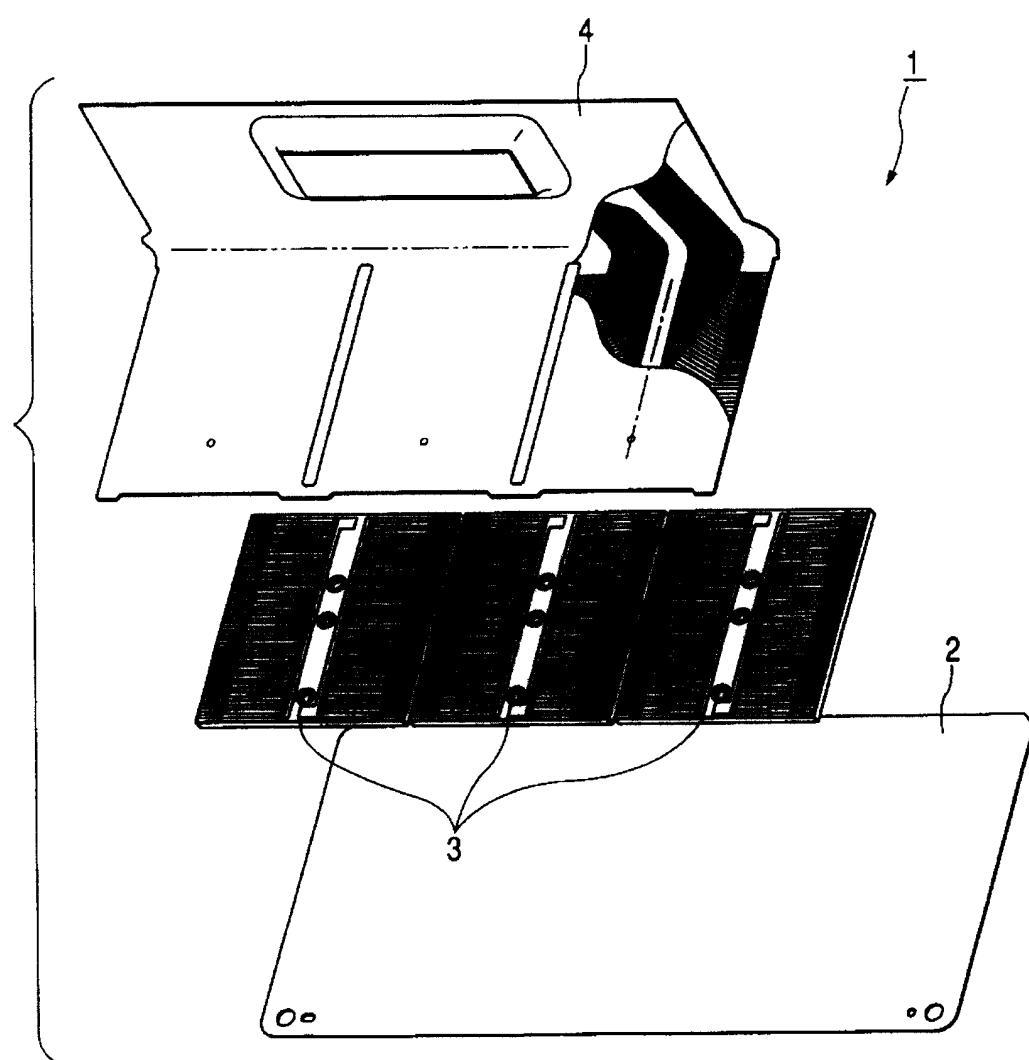


图1

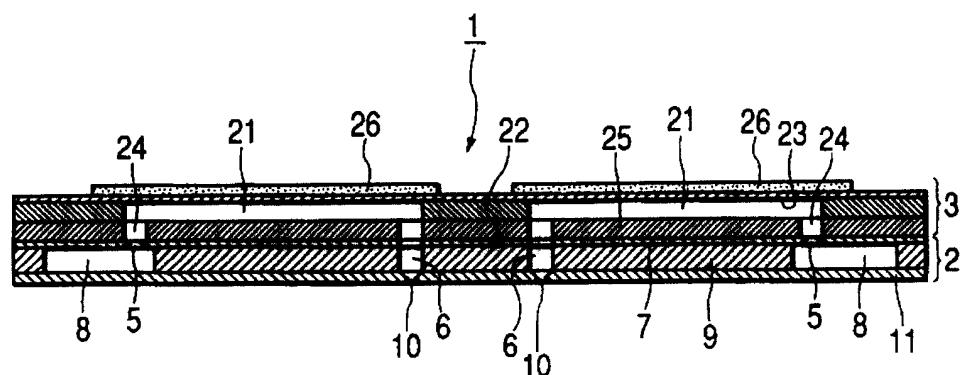


图2

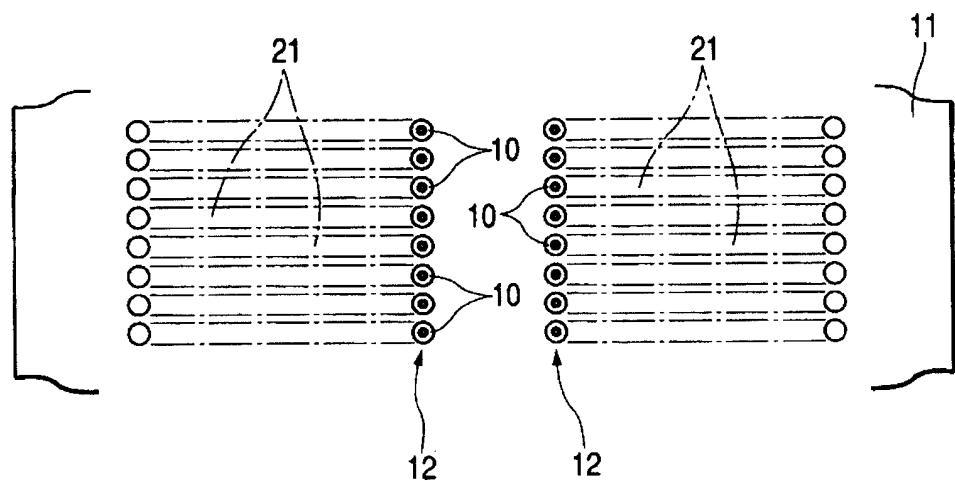


图3

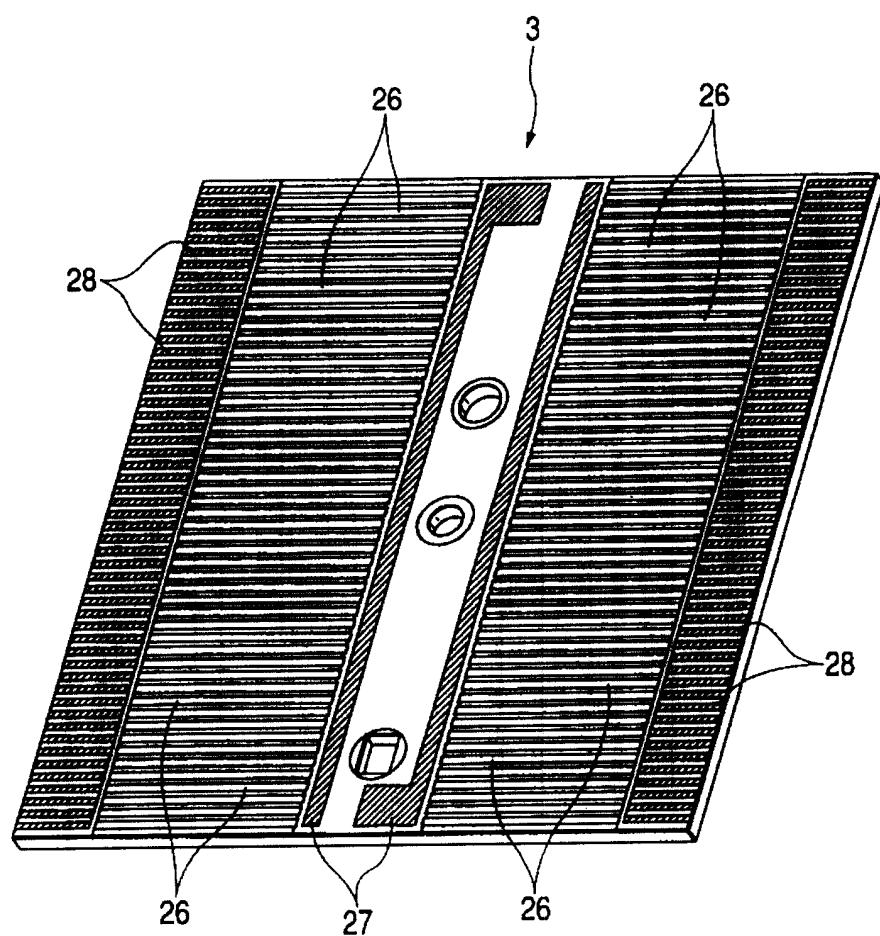


图 4

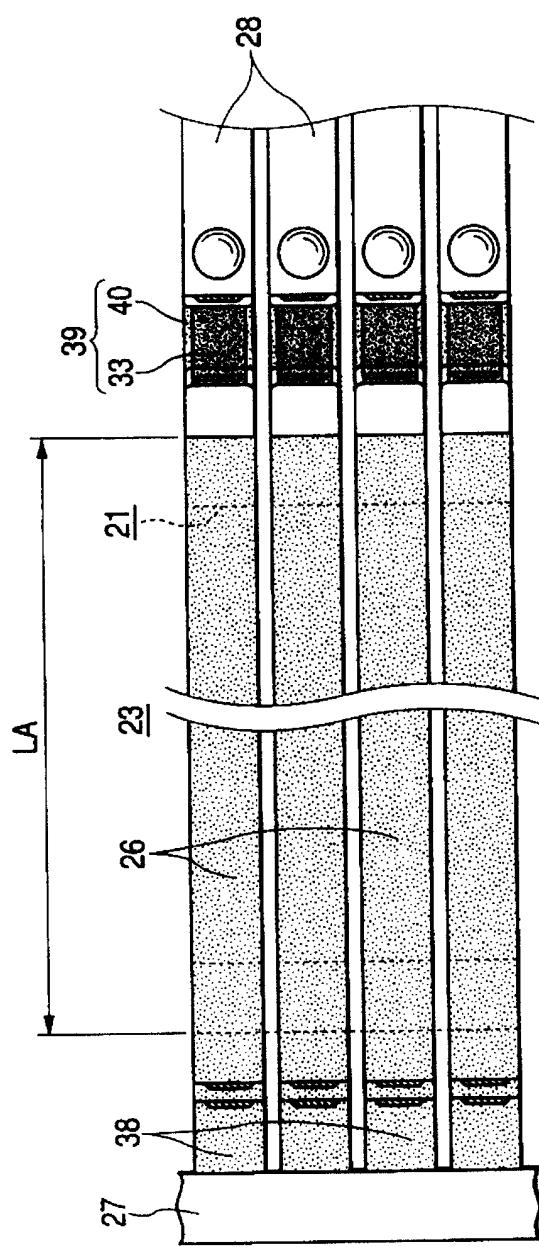


图5A

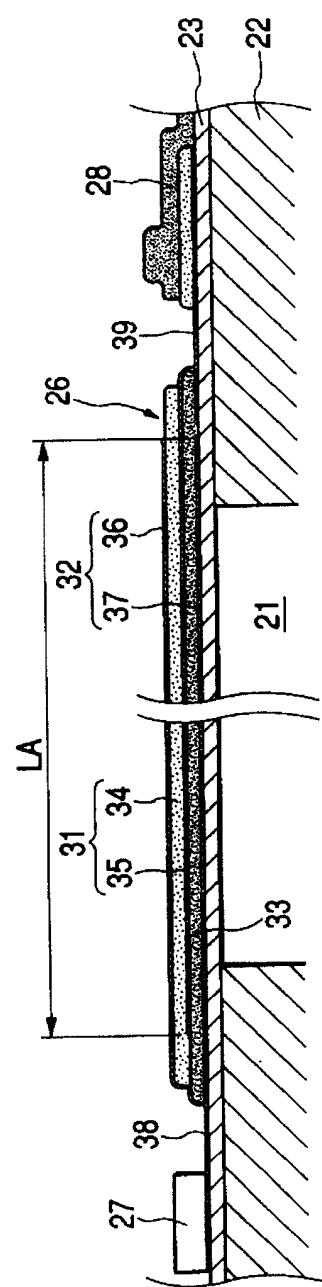


图5B

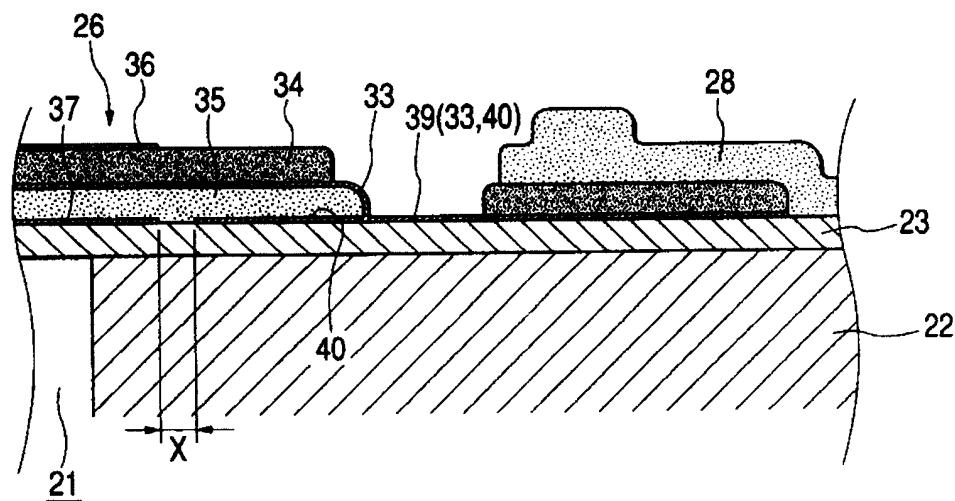


图6A

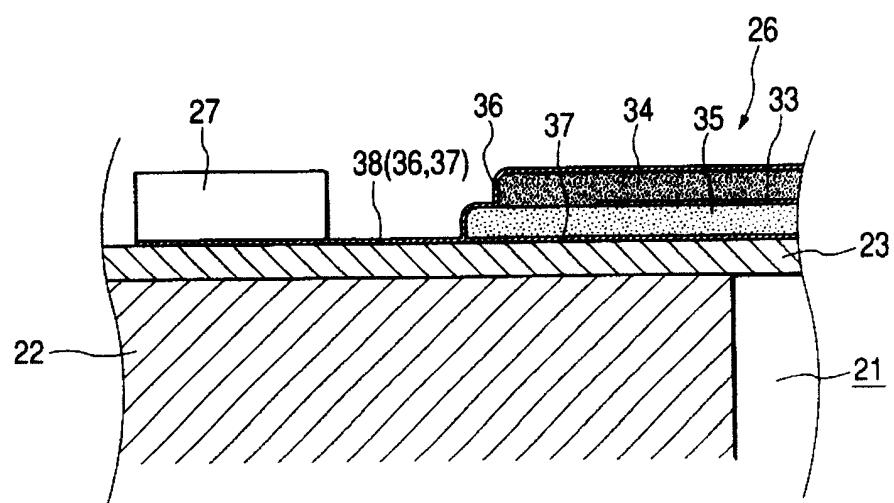


图6B

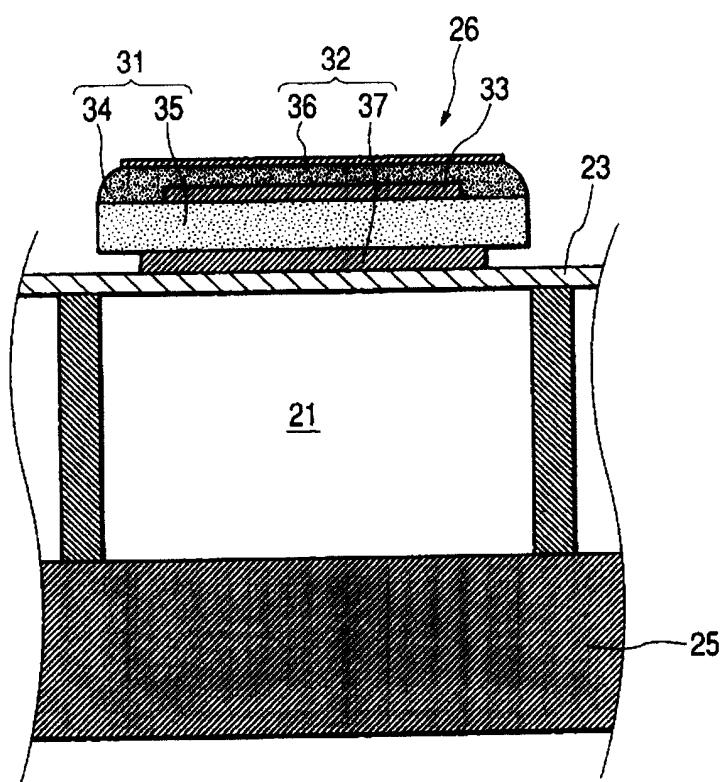


图7A

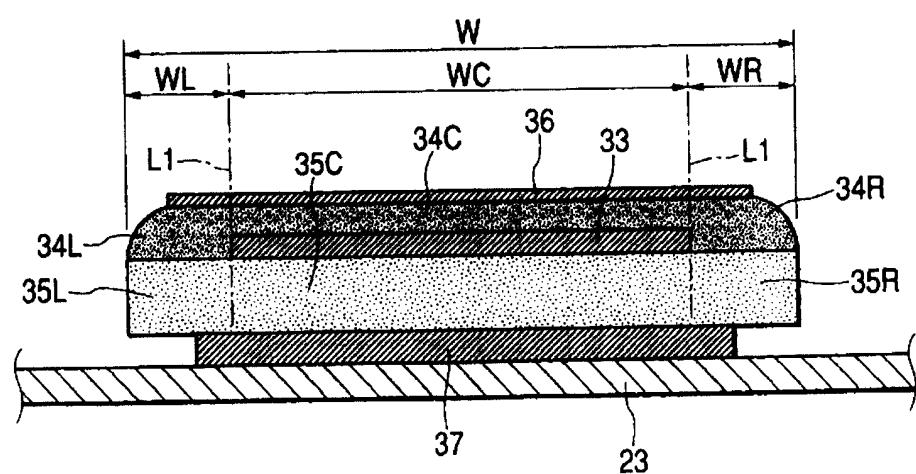


图7B

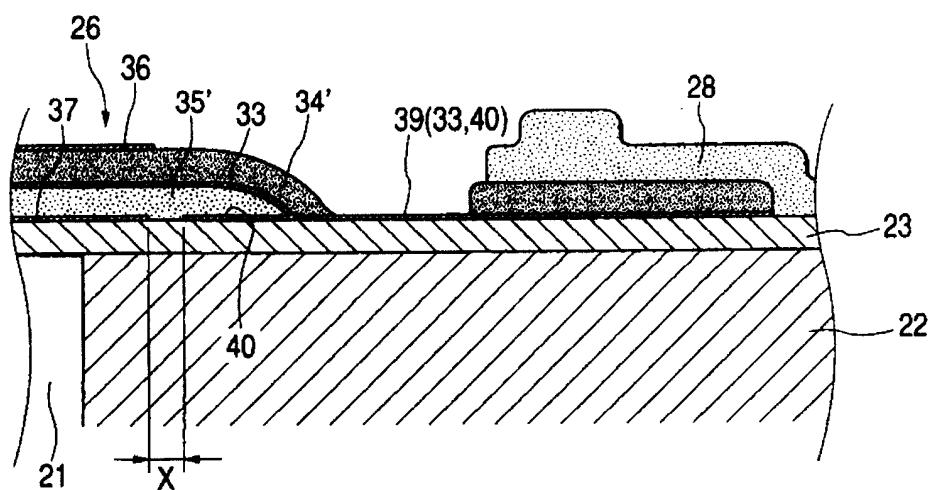


图8A

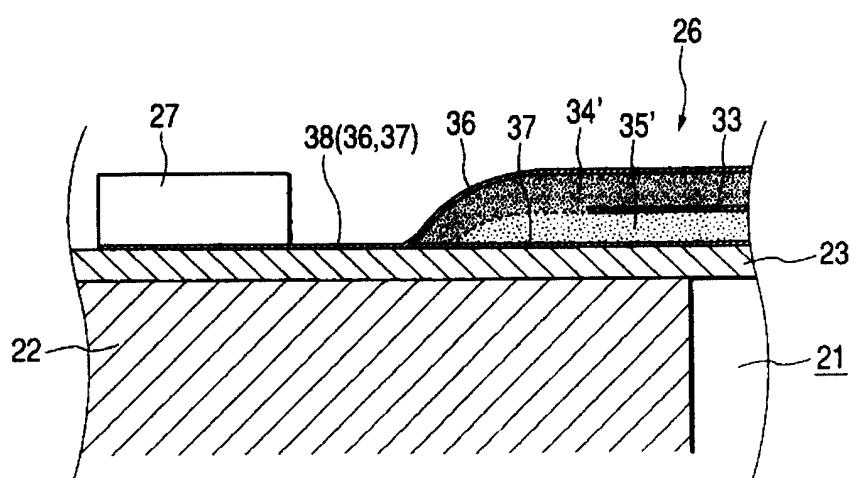


图8B

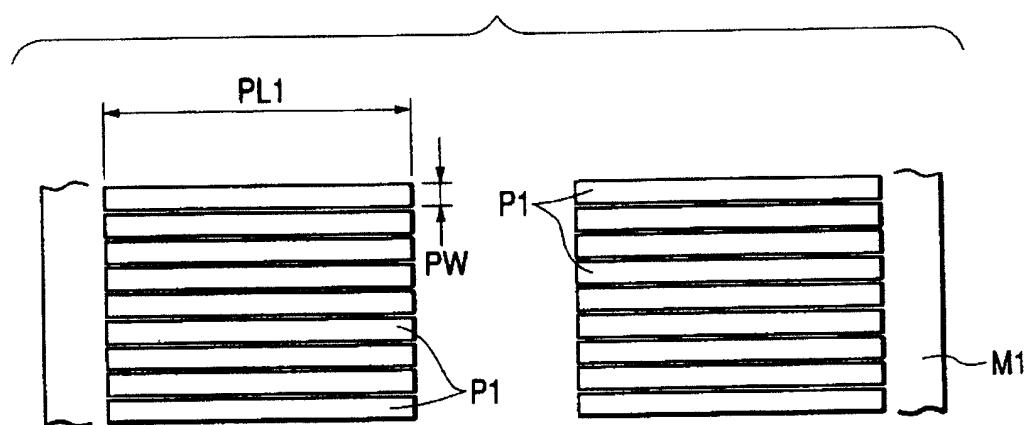


图9A

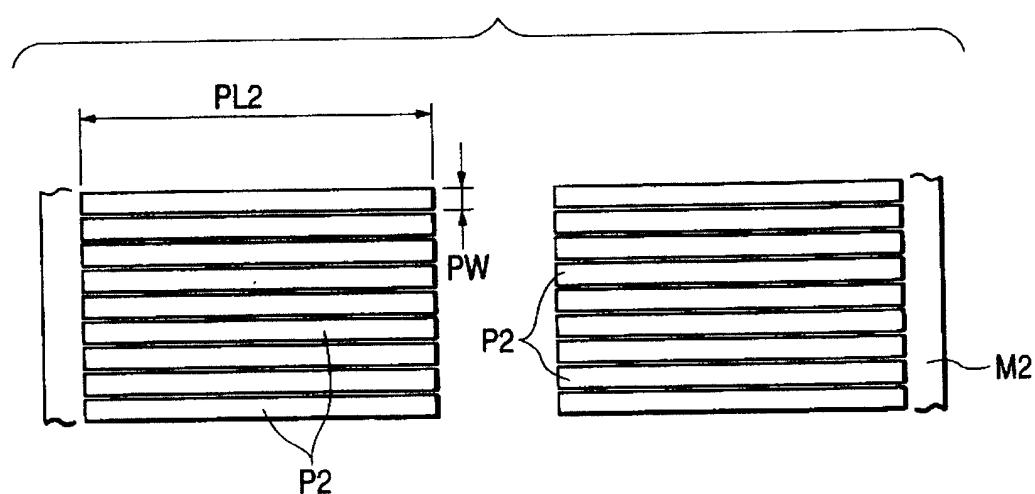


图9B

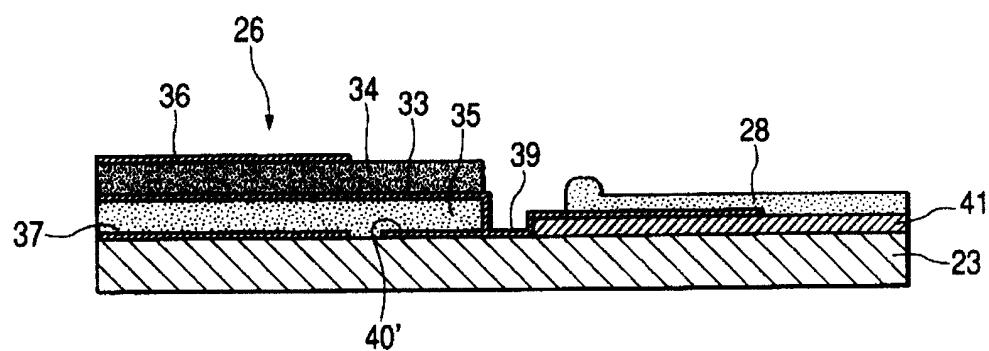


图10A

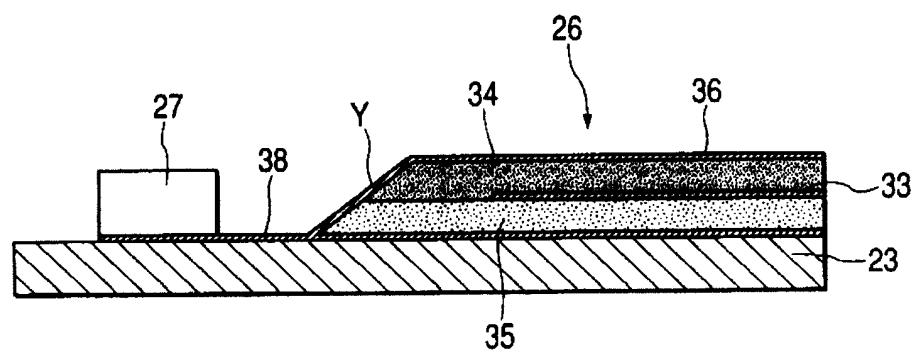


图10B