



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03807999.2

[45] 授权公告日 2007 年 10 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 100340404C

[22] 申请日 2003.4.9 [21] 申请号 03807999.2

[30] 优先权

[32] 2002. 4. 9 [33] JP [31] 106567/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/004535 2003.4.9

[87] 国际公布 WO2003/084758 日 2003.10.16

[85] 进入国家阶段日期 2004.10.9

[73] 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

[56] 参考文献

JP11 - 129468A 1999.5.18

JP9 - 323410A 1997.12.16

JP11 - 320889A 1999.11.24

JP2000 - 218787A 2000.8.8

JP2000 - 117972A 2000.4.25

审查员 俞翰政

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有
限责任公司

代理人 柳春雷

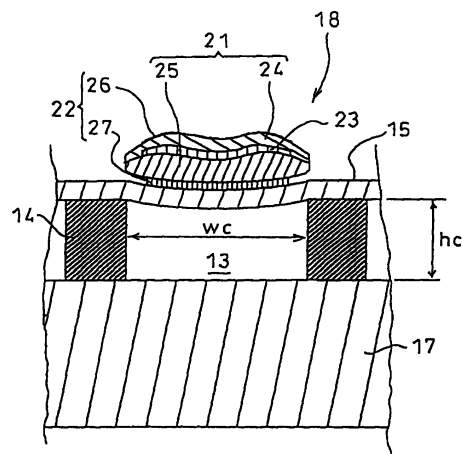
权利要求书 2 页 说明书 12 页 附图 4 页

[54] 发明名称

液体喷头

[57] 摘要

本发明提供一种可以以更高频率喷出液滴的液体喷头。即，本发明是由包括以下的多层结构的压电振动元件(18)来构成压电振动元件(18)的：彼此层积的上层压电体(24)及下层压电体(25)；形成于这些上层压电体(24)及下层压电体(25)的交界处且与驱动信号的供给源导通的驱动电极(23)；形成于上层压电体(24)的表面的共用上电极(26)；以及形成于下层压电体(25)的表面的共用下电极(27)，同时，将喷嘴开口(10)及供墨口(5)的惯量设定得比压力产生部分(6、13、16)的惯量大。



1. 一种液体喷头，包括：
液体室，在其中存储液体；
喷嘴开口，适于从其喷出液滴；
压力产生部分，被设于与所述液体室和所述喷嘴开口连通的液体流路中；
弹性板，用于限定所述压力产生部分的一部分；
压电振动元件，包括：
 第一共用电极，被设于所述弹性板的与面对所述压力产生部分的表面相对的表面上，并电连接到共用电势；
 第一压电层，被设于所述第一共用电极上；
 驱动电极，被设于所述第一压电层上，并电连接到提供驱动信号的信号源；
 第二压电层，被设置成覆盖所述驱动电极；和
 第二共用电极，被设于所述第二压电层上，并电连接到所述共用电势，所述压电振动元件根据向所述驱动电极提供的所述驱动信号来变形，以使得所述弹性板变形来改变所述压力产生部分的体积，由此从所述喷嘴开口喷出所述液滴；和
 供液口，被设置在所述液体室与所述压力产生部分之间，
 其中所述喷嘴开口的惯量及所述供液口的惯量大于所述压力产生部分的惯量。
2. 如权利要求 1 所述的液体喷头，其特征在于，
将所述喷嘴开口的惯量及所述供液口的惯量的每一个都设定得大于所述压力产生部分的惯量的两倍。
3. 如权利要求 1 所述的液体喷头，其中所述压力产生部分包括：
压力室，其体积根据所述压电振动元件的变形而变化；
喷嘴连通口，与所述压力室的第一纵向端和所述喷嘴开口连通；和
供给侧连通口，与所述压力室的第二纵向端和所述供液口连通；并且

其中将所述压力室的纵向尺寸设定在 1.1mm 以下。

4. 如权利要求 1 所述的液体喷头，其特征在于，
将所述压电振动元件的所述变形的量设定在 0.16 μm 以上。

5. 如权利要求 1 所述的液体喷头，其特征在于，
所述压电振动元件的柔量不大于液体的柔量。

6. 如权利要求 1 所述的液体喷头，其特征在于，
使从所述喷嘴开口喷出的液滴为 6pL 以上，使所述液滴的喷出频率为
50kHz 以上。

7. 如权利要求 1 所述的液体喷头，其特征在于，
使从所述喷嘴开口喷出的液滴为 3pL 以下，使所述液滴的喷出频率为
30kHz 以上。

8. 如权利要求 1 所述的液体喷头，其特征在于，
将所述压力产生部分的固有振动周期设定在 7 μs 以下。

液体喷头

技术领域

本发明涉及一种通过压电振动元件的变形而使压力室内的液体产生压力变动，并使其从喷嘴开口作为液滴喷出的液体喷头。

背景技术

作为通过使压力室内的液体产生压力变动而使液滴从喷嘴开口喷出的液体喷头，例如有记录头、液晶喷头、有色材料喷头等。记录头被安装在打印机、绘图仪等图像记录装置中，它将墨水液作为液滴喷出。液晶喷头被用于制造液晶显示器的显示器制造装置中。在这种显示器制造装置中，在具有多个栅格的显示器基体的预定栅格中注入从液晶喷头喷出的液滴状的液晶。有色材料喷头被用于制造滤色镜的滤色镜制造装置中，它将有色材料喷出到滤色镜基体的表面上。

这样的液体喷头有各种形式，其中一种是通过使形成于振动板表面上的压电振动元件弯曲变形来喷出液滴。这种液体喷头例如由包括压力室和压电振动元件的致动器单元、包括喷嘴开口和共用液体室的流路单元构成。在这种液体喷头中，通过使振动板上的压电振动元件变形而使压力室容积变化，从而使压力室内所存储的液体产生压力变动。然后，利用该压力变动使液滴从喷嘴开口喷出。例如，通过压力室的收缩向液体加压，从而将液体从喷嘴开口压出。

作为上述压电振动元件，一般是包括压电层、形成于该压电层的一个表面上并与驱动信号的供给源导通的驱动电极、和形成于该压电层的另一个表面上的共用电极的单层结构。因为该压电振动元件的大小是由压力室的开口面积确定的，所以液体喷头中压电振动元件的位移量的界限是 $0.11\mu\text{m}$ 左右。这是因为，若提高电极间的电位差以提高压电振动元件的位移量，压电振动元件和振动板之间的接合面就会产生应力集中，于是就存

在压电振动元件从该接合面上剥离的问题。为了使剥离难以产生，也考虑过将压电层构成得厚一些，但是因为制造耗时、成本增加的原因，所以不现实。

发明内容

然而，这种液体喷头对液滴的高频喷出有高的要求，但是为了实现高频喷出就需要缩短压力室的固有振动周期 T_c 。这是由于液滴的喷出时间是根据固有振动周期而规定的。

也就是，通过压力室容积的变动，液体中产生固有振动周期 T_c 的压力振动，从而弯月面（在喷嘴开口露出的液体的自由表面）也以该固有振动周期 T_c 振动。即，弯月面在喷嘴开口内在喷出方向和压力室方向上往复移动。然后，所喷出液滴的量和飞行速度根据压力室收缩时刻的弯月面状态（位置和移动方向）而变化。因此，为了喷出量和飞行速度一致的液滴，就需要使压力室收缩时刻的弯月面状态一致。其结果是，在连续喷出液滴时，其喷出时刻被规定为固有振动周期 T_c 的 n 倍，因而为了实现液滴的高频喷出，缩短固有振动周期 T_c 是必须的要素。

本发明鉴于上述情况，其目的在于提供一种可以实现以更高频率喷出液体的液体喷头。

为了达成该目的，本发明提供一种液体喷头，该液体喷头包括：压力产生部分，被设于从共用墨室到喷嘴开口的墨水流路的途中；和振动板，用于限定所述压力产生部分的一部分；和压电振动元件，被设于所述压力产生部分的相反一侧的振动板表面上，并且在共用墨室与压力产生部分之间设置作为孔起作用的供液口，并且通过振动板的变形可将压力产生部分内的液体作为液滴从喷嘴开口喷出，在该液体喷头中，

所述压电振动元件通过多层结构的压电振动元件而构成，所述多层结构的压电振动元件包括彼此层积的上层压电体及下层压电体；形成于这些上层压电体及下层压电体的交界处且与驱动信号的供给源导通的驱动电极；形成于上层压电体的表面的共用上电极；和形成于下层压电体的表面的共用下电极，

将所述喷嘴开口及供液口的惯量设定得比压力产生部分的惯量大。

通过该结构可以尽可能地缩短压力产生部分内的固有振动周期，进而可以实现液滴的高频驱动。

附图说明

图 1 是说明记录头的结构的分解立体图；

图 2 是说明致动器单元及流路单元的剖面图，以及说明喷嘴板的部分放大图；

图 3 是说明致动器单元及流路单元的剖面图；

图 4 是在压力室的宽度方向上切断了的致动器单元的剖面放大图。

具体实施方式

以下对用于实施本发明的最佳方式进行说明。在这里，作为液体喷头，以喷墨式记录头（以下称记录头）为例进行说明。该记录头被安装在打印机、绘图仪等图像记录装置中，例如，如图 1 所示，大体上由流路单元 2、致动器单元 3 和膜状的配线板 4 构成。而且，多个致动器单元 3 多行并排排列在流路单元 2 的表面上并与之接合，并且配线板 4 安装在致动器单元 3 与流路单元 2 相对侧的表面上。

如图 2 及图 3 的剖面图所示，流路单元 2 由供给口形成板 7、墨室形成板 9 和喷嘴板 11 构成，其中，所述供给口形成板 7 上开设了作为供墨口 5（本发明的供液口的一种）的通孔以及作为喷嘴连通口 6 的一部分的通孔，所述墨室形成板 9 上开设了作为共用墨室 8 的通孔以及作为喷嘴连通口 6 的一部分的通孔，所述喷嘴板 11 上沿着副扫描方向开设了喷嘴开口 10。这些供给口形成板 7、墨室形成板 9 以及喷嘴板 11 例如是通过对不锈钢板进行压制加工而制成。此外，关于这些各个部件 7、9、11 的板厚，在本实施方式中，供给口形成板 7 是 100 μm ，墨室形成板 9 是 150 μm ，喷嘴板 11 是 80 μm 。

另外，在这些图中示意了流路单元 2 的一部分。即，示意了对应于一个致动器单元 3 的部分。在本实施方式中，因为一个流路单元 2 上接合有

三个致动器单元 3，所以，每个致动器单元都形成有供墨口 5、喷嘴连通口 6、供给口形成板 7、共用墨室 8 等，在一个流路单元 2 上共有 3 组。

而且，分别在墨室形成板 9 的一个表面（图中下侧）上配置喷嘴板 11，在另一个表面上（同上侧）配置供给口形成板 7，并通过接合这些供给口形成板 7、墨室形成板 9 以及喷嘴板 11 而制成流路单元 2。例如，通过采用片状的粘着剂接合各个部件 7、9、11 而制成。

上述喷嘴开口 10 是直径极小的环形流路，是朝向喷嘴面（喷嘴板 11 的外表面）直径渐缩的锥形流路。在本实施方式中，喷嘴面一侧的外侧开口直径为 $20\mu\text{m}$ ，流路长度和喷嘴板 11 的厚度同为 $80\mu\text{m}$ ，锥形角度为 35° 。

如图 2 (b) 所示，以规定的间隔开设多个成列的该喷嘴开口 10。然后，通过成列设置的多个喷嘴开口 10 构成喷嘴列 12。例如，通过 92 个喷嘴开口 10 构成一列喷嘴列 12。而且，对应一个致动器单元 3 形成 2 列该喷嘴列 12。因此，在本实施方式中，一个流路单元 2 上并排形成共计 6 列的喷嘴列 12。

所述供墨口 5 是与喷嘴开口 10 同样的具有极小直径的环形流路，起孔的作用。该供墨口 5 压力室一侧（供给一侧的连通口一侧）的开口直径比共用墨室 8 一侧的开口直径大，是越靠共用墨室 8 一侧直径越小的锥形流路。在本实施方式中，共用墨室 8 的外侧的开口直径为 $20\mu\text{m}$ ，流路长度与供给口形成板 7 的厚度同为 $100\mu\text{m}$ ，锥形角度为 35° 。

致动器单元 3 又称为喷头芯片（head chip），是压电致动器的一种。如图 2 (a) 所示，该致动器单元 3 由压力室形成板 14、振动板 15、盖部件 17 和压电振动元件 18 构成，其中，所述压力室形成板 14 开设了作为压力室 13 的通孔，所述振动板 15 限定压力室 13 的一部分，所述盖部分 17 开设了作为供给侧连通口 16 的通孔以及作为喷嘴连通口 6 的一部分的通孔。关于这些各个部件 14、15、17 的板厚，压力室形成板 14 及盖部件 17 为 $50\mu\text{m}$ 以上为好，优选 $100\mu\text{m}$ 以上。在本实施方式中，取压力室形成板 14 的厚度为 $80\mu\text{m}$ ，盖部件 17 的厚度为 $150\mu\text{m}$ 。而且，振动板 15 为 $50\mu\text{m}$ 以下为好，优选在 $3\sim 12\mu\text{m}$ 的范围内。在本实施方式中，取振动板

15 的厚度为 $6\mu\text{m}$ 。

而且，分别在压力室形成板 14 的一个表面上设置盖部件 17，在另一表面上设置振动板 15，并通过将这些各个部件 14、15、17 一体化来制成该致动器单元 3。也就是，通过氧化铝、氧化锆等陶瓷来制成这些压力室形成板 14、振动板 15 以及盖部件 17，并通过烧结将其一体化。

例如，对于印刷电路基板（未烧结的片材），通过进行切削或冲孔等加工来形成必要的通孔，从而形成压力室形成板 14、振动板 15 以及盖部件 17 的各片状前体。然后，通过层积及烧结各片状前体，使各片状前体一体化从而形成一张陶瓷片。此时，因为各陶瓷片被烧结成一体，所以不需要特别的接合处理。而且，还可以在各片状前体的接合面上得到高密封性。

此外，在一张陶瓷片上形成有与多个单元数量相应的压力室 13 和喷嘴连通口 6 等。换言之，由一张陶瓷片制成多个致动器单元 3（喷头芯片）。例如，在一张陶瓷片内呈矩阵状设定多个各作为一个致动器单元 3 的芯片区域。然后，在各芯片区域内形成压电振动元件 18 等必需部件后，将该陶瓷片按芯片区域切割，从而得到多个致动器单元 3。

上述压力室 13 是在与喷嘴列 12 正交的方向上细长的长方体形状的空间部分，并与喷嘴开口 10 相对应地形成有多个。即，如图 2 (b) 所示，在喷嘴列的方向上成列设置。如图 3 及图 4 所示，本实施方式的压力室 13 的高度 h_c 为 $80\mu\text{m}$ ，宽度 w_c 为 $160\mu\text{m}$ ，长度 L_c 为 1.1mm 。换言之，将高与宽与长的比大约设为 1: 2: 14。此处，将压力室 13 的长度 L_c 设定为 1.1mm 是因为压电振动元件 18 的位移量为 $0.17\mu\text{m}$ 。即，随着将压电振动元件 18 的位移量规定为 $0.17\mu\text{m}$ ，通过考虑所喷出墨滴的量（ 3pL 以下。后述）而将长度 L_c 设定为 1.1mm 。而且，各压力室 13 的长度方向的一端通过喷嘴连通口 6 与对应的喷嘴开口 10 连通。另一方面，各压力室 13 的长度方向的另一端通过供给侧连通口 16 以及供墨口 5 而与共用墨室 8 连通。此外，该压力室 13 的一部分（上表面）由振动板 15 来限定。

所述压电振动元件 18 是所谓的弯曲振动模式的压电振动元件 18，对每个压力室在与压力室 13 相对一侧的振动板表面上形成该压电振动元件

18, 如图 3 及图 4 所示, 该压电振动元件 18 是在压力室的长度方向上细长的块状, 其宽度大致等于压力室 13 的宽度, 在本实施方式中为 $160\mu\text{m}$ 。而且, 压电振动元件 18 的长度稍微比压力室 13 的长度长, 因而被设置得其两端部分超出压力室 13 的长度方向上的端部。

如图 4 所示, 本实施方式中的压电振动元件 18 由压电层 21、共用电极 22 和驱动电极 23 (单独电极) 等构成, 并且由共用电极 22 和驱动电极 23 夹持压电层 21。驱动电极 23 通过单独端子与驱动信号的供给源 (未图示) 导通, 共用电极 22 例如被调整为接地电位。而且, 若将驱动信号供给驱动电极 23, 则产生强度与驱动电极 23 和共用电极 22 之间的电位差相对应的电场。若将该电场施加给压电层 21, 则压电层 21 根据电场的强度而变形。

在本实施方式的压电振动元件 18 中, 压电层 21 由彼此层积的上层压电体 (外侧压电体) 24 及下层压电体 (内侧压电体) 25 构成。此外, 共用电极 22 由共用上电极 (共用外电极) 26 及共用下电极 (共用内电极) 27 构成。而且, 该共用电极 22 和驱动电极 23 (单独电极) 构成电极层。

另外, 这里所说的“上(外)”“下(内)”表示的是以振动板 15 为基准的位置关系。即, “上(外)”表示远离振动板 15 的一侧, “下(内)”表示靠近振动板 15 的一侧。

上述驱动电极 23 被形成在上层压电体 24 和下层压电体 25 的交界处, 共用电极 27 被形成在下层压电体 25 和振动板 15 之间。而且, 共用上电极 26 形成在上层压电体 24 的与下层压电体 25 相对一侧的表面上。即, 该压电振动元件 18 是从振动板 15 依次由共用下电极 27、下层压电体 25、驱动电极 23、上层压电体 24、共用上电极 26 层积而成的多层结构。

而且, 关于压电层 21 的厚度, 上层压电体 24 及下层压电体 25 的厚度都设定在 $10\mu\text{m}$ 以下。在本实施方式中, 将上层压电体 24 的厚度设定为 $8\mu\text{m}$, 将下层压电体 25 的厚度设定为 $9\mu\text{m}$, 从而将总厚度设定为 $17\mu\text{m}$ 。此外, 包括共用电极 22 的压电振动元件 18 的整体厚度大约为 $20\mu\text{m}$ 。因为可以这样设定压电振动元件 18 的厚度, 所以可以获得必需的刚性, 从而可以减小振动板 15 的柔量。

上述共用上电极 26 和共用下电极 27 被调整为与驱动信号无关的恒定电位。在本实施方式中，该共用上电极 26 和共用下电极 27 被互相导通，并被调整为接地电位。上述驱动电极 23 与驱动信号的供给源导通，从而响应所供给的驱动信号来改变电位。因此，通过供给驱动信号而在驱动电极 23 与共用上电极 26 之间，以及驱动电极 23 与共用下电极 27 之间分别产生方向相反的电场。

而且，作为构成这些各个电极 23、26、27 的材料，例如金属单体、合金、电绝缘的陶瓷与金属的混合物等各种导体可被选择，但是，要求在烧结温度下不产生变质等不好的情况。在本实施方式中，共用上电极 26 采用的是金，共用下电极 27 及驱动电极 23 采用的是白金。

上述上层压电体 24 和下层压电体 25 都是由以锆钛酸铅（PZT）为主要成分的压电材料制成的。而且，上层压电体 24 和下层压电体 25 的极化方向相反。因此，施加驱动信号时的伸缩方向在上层压电体 24 和下层压电体 25 上是一致的，从而可以无障碍地变形。即，上层压电体 24 及下层压电体 25 使振动板 15 变形，使得驱动电极 23 的电位升高，则压力室 13 的容积减小，而驱动电极 23 的电位降低，则压力室 13 的容积增加。

而且，通过使用这样的多层结构的压电振动元件 18，使得随着驱动信号的供给而产生的压电振动元件 18 的位移量为 $0.16\mu\text{m}$ 以上。在本实施方式中，位移量为 $0.17\mu\text{m}$ 。通过该结构形成可从喷嘴开口 10 喷出记录所需的量的墨滴的结构。

而且，通过使用多层结构的压电振动元件 18，将压电振动元件 18 的柔量设定在墨水的柔量（后述的 C_i ）以下。这样，可以减小由制造引起的压电振动元件 18 的柔量偏差的影响，从而可以以各压力室 13 之间一致的飞行速度和量地喷出墨水。

而且，在使用了多层结构的压电振动元件 18 时，在各层的压电体 24、25 上施加有电场，该电场强度是由从驱动电极 23 到各共用电极 26、27 的间隔（即各层压电体的厚度）和驱动电极 23 与各共用电极 26、27 的电位差确定的。因此，与通过驱动电极和共用电极夹持单层压电体的单层结构的压电振动元件相比，各层的压电体 24、25 可以构成得比单层压电

体薄，而且，即使稍微增厚压电振动元件整体的厚度而减小了变形部分的柔量，也可以在相同的驱动电压下进行较大变形。而且，因为各层压电体 24、25 可以构成得比单层压电体薄，所以可以降低应力。

而且，该致动器单元 3 和上述流路单元 2 互相接合。例如，使片状接合剂位于供给口形成板 7 和盖部件 17 之间，并通过在该状态下对致动器 3 向着流路 2 一侧加压而将其接合。

通过接合，使压力室 13 的一端和喷嘴开口 10 之间通过连通口 6 而连通。而且，压力室 13 的另一端与供墨水 5 之间通过供给侧连通口 16 而连通。这些喷嘴连通口 6 及供给侧连通口 16 由截面为环形的流路构成。本实施方式的喷嘴连通口 6 由直径为 125 μm 、流路长度为 400 μm 的流路构成。而且，供给侧连通口 16 由直径为 125 μm 、流路长度为 150 μm 的流路构成。

上述结构的记录头 1 中，每个喷嘴开口 10 都形成有一连串从共用墨室 8 开始，经过供墨口 5、供给侧连通口 16、压力室 13 以及喷嘴连通口 6，直到喷嘴开口 10 的墨水流路。使用时，该墨水流路内被充满墨水，通过使压电振动元件 18 变形来使对应的压力室 13 收缩或膨胀，从而使压力室 13 内的墨水产生压力变动。通过这样控制墨水压力可以使墨滴从喷嘴开口 10 喷出。例如，若在使恒定体积的压力室 13 膨胀后使其急剧收缩，则随着压力室 13 的膨胀来填充墨水，再通过之后的急剧收缩而给压力室 13 内的墨水加压，从而喷出墨滴。进一步地，若墨滴被从喷嘴开口 10 喷出，则由于从共用墨室 8 向墨水流路内供给新的墨水，所以可以连续喷出墨滴。

在通过使压力室 13 内的墨水如此产生压力变动而从喷嘴开口 10 喷出墨滴的记录头 1 中，随着压力室 13 内的墨水的压力变动而在压力室 13 内激起了如同音响管的振动一样的压力振动（墨水的固有振动）。

此处，为了使记录高速化就需要使更多的墨滴在短时间内喷出。为了满足这个要求，就需要将压力室 13 内的墨水的固有振动周期 T_c 设定得尽可能的短。因此，该固有振动周期 T_c 可以通过式（1）表示。

$$T_c = 2\pi\sqrt{(C_i + C_v)\left[M_n + (M_c/2)\right]\left[M_s + (M_c/2)\right]/(M_n + M_s + M_c)} \quad \dots\dots (1)$$

其中， C_i ：压力产生部分内的墨水的柔量， C_v ：压力室形成板 14 的刚性柔量， M_n ：喷嘴开口 10 的惯量， M_s ：供墨口 5 的惯量， M_c ：压力产生部的惯量。

此处，所谓压力产生部分是喷嘴开口 10 和供墨口 5 之间的一连串空间部分，在该例子中是指由压力室 13、喷嘴连通口 6 和供给侧连通口 16 构成的一连串空间部分。在本实施方式中，因为压力室 13 的截面积、喷嘴连通口 6 的截面积以及供给侧连通口 16 的截面积大致相等，所以压力产生部分的惯量可以通过式（2）表示。

$$M_c = \rho \times L_c / S_c \quad \dots\dots (2)$$

其中， ρ ：墨水密度， L_c ：压力室 13 的长度， S_c ：压力室 13 的截面积。

另外，供墨口 5 的惯量 M_s 可以通过式（3）表示。

$$M_s = \rho \times L_s / S_s \quad \dots\dots (3)$$

其中， ρ ：墨水密度， L_s ：供墨口 5 的长度， S_s ：供墨口 5 的截面积。

同样，喷嘴开口 10 的惯量 M_n 可以通过式（4）表示。

$$M_n = \rho \times L_n / S_n \quad \dots\dots (4)$$

其中， ρ ：墨水密度， L_n ：喷嘴开口 10 的长度， S_n ：喷嘴开口 10 的截面积。

此处，关于压力产生部分的流路长度，是因为各个基板被大体设定为规定的厚度，所以，供给侧连通口 16 的长度以及喷嘴连通口 6 的长度基本为恒定值。因此，压力产生部分的惯量 M_c 实际上是由压力室 13 的长度 L_c 来决定。

另外，压力室形成板 14 的刚性柔量 C_v 是支配性地规定压力室 13 的柔量的要素。该刚性柔量 C_v 是相对于压力变化 ΔP 的容积变化 ΔV ，可以如下式（5）所示。

$$C_v = \Delta V / \Delta P \quad \dots\dots (5)$$

此处，从减少压力室 13 的容量偏差的观点来看，在本实施方式中，将刚性柔量 C_v 设定在墨水的柔量 C_i 以下。这样，若将刚性柔量 C_v 设定在墨水的柔量 C_i 以下，则墨水的柔量 C_i 占压力室 13 的柔量的比例比刚性柔量 C_v 的比例相对更大，所以，用于将相邻压力室 13、13 之间予以划分

的分隔壁和振动板 15 等压力室构成部件的加工精度的偏差难以影响墨滴的喷出特性。

而且,从尽可能地缩短固有振动周期 T_c 的观点出发,将喷嘴开口 10 以及供墨口 15 的惯量 M_n 、 M_s 设定得比压力产生部分的惯量 M_c 大。而且,如上所述,通过尽可能地减小压力室 13 的长度 L_c ,使压力产生部分的惯量 M_c 比喷嘴开口 10 的惯量 M_n 和供墨口 5 的惯量 M_s 小。这样,若惯量 M_c 小,则墨水的柔量 C_i 及刚性柔量 C_v 与压力室 13 的长度 L_c 成正比地变化,所以也可以同时减小墨水的柔量 C_i 及刚性柔量 C_v 。其结果是,可以缩短固有振动周期 T_c 。此外,虽然也考虑过为了减小惯量 M_c 而比以往还增大压力室 13 的截面积的结构,但是这种情况下,因为增加了墨水的惯量 C_i 及刚性惯量 C_v ,所以无法缩短固有振动周期 T_c 。

而且,由于通过缩短压力室 13 的长度 L_c 而减小惯量 M_c ,所以,压电振动元件 18 的位移量(变形量)相应减小,墨滴的量就减少。因此可以记录极小的点。而且,在本实施方式中,如上所述,将喷嘴开口 10 的直径设定为比以往(例如 $25\mu\text{m}$)小的 $20\mu\text{m}$,从而增大喷嘴开口 10 的惯量 M_n ,所以,可以高速喷出墨滴。

另外,在本实施方式中,将喷嘴开口 10 及供墨口 5 的惯量 M_n 、 M_s 设定为压力产生部分的惯量 M_c 的 2 倍以上。这是为了可靠地将压力产生部分所引起的对固有振动周期 T_c 的影响无效化。

即,若设定压力室 13 的长度,使得 $M_n \geq 2 \times M_c$ 以及 $M_s \geq 2 \times M_c$ 的关系成立,具体而言,若将压力室 13 的长度设定为 1.1mm 以下的长度,则固有振动周期 T_c 的值是依赖于喷嘴开口 10 及供墨口 5 的惯量 M_n 、 M_s 而被规定的。

因此,即使压力室 13 产生了形状偏差,也可以通过高尺寸精度地制造喷嘴开口 10 和喷嘴连通口 16 来使固有振动周期 T_c 的偏差极小。这样,可以使每个压力室 13 的墨滴的特性偏差极低。

另外,如上所述,由于通过缩短压力室 13 的长度 L_c 来减小惯量 M_c ,所以压电振动元件 18 的位移量(变形量)相应减小。鉴于这一点,在本实施方式中,采用上述的多层结构的压电振动元件 18,以加强从压电

振动元件 18 所产生的力。通过这一点还可以高速喷出极少量的墨滴（例如 6pL~3pL）。

其结果是，可以将固有振动周期 T_c 缩短到 $7\mu\text{s}$ 以下（本实施方式中是 $6.5\mu\text{s}$ ）。通过这样可以以 50kHz 以上的频率喷出 6pL 以上的墨滴。而且可以以 30kHz 以上的频率喷出 3pL 以下的墨滴。因此，一方面可以使 1 滴的墨水量比以往少，另一方面还可以使墨滴的喷出频率比以往高，所以既可以以高水平实现记录图像的高画质，又可以以高水平实现记录的高速化。

而且，因为可以将压力室 13 的长度缩短得比以往短，所以可以实现低成本化。即，因为将压力室 13 的长度缩短得比以往短，所以可布置在 1 片陶瓷片内的致动器单元 3 的数量可以增加，所以，即使通过相同的制造工艺（操作内容）也可以制造比以往多的致动器单元 3。而且，可以由等量的原材料制造出比以往多的致动器单元 3。这样，可以提高制造效率，可以节约原材料费用，从而可以实现记录头 1 的低成本化。

另外，即使压力室 13 的尺寸精度设定得比以往粗糙，也可以以高精度实现一致的固有振动周期 T_c ，从而可以提高成品率。通过这一点也可以实现记录头 1 的低成本化。

工业上的可利用性

如上所述，本发明可适用于可喷出墨滴的记录头。而且也可适用于液晶喷头、有色材料喷头等其他液体喷头。

符号说明

- 1 喷墨式记录头
- 2 流路单元
- 3 致动器单元
- 4 配线板
- 5 供墨口
- 6 喷嘴连通口

-
- 7 供给口形成板
 - 8 共用墨室
 - 9 墨室形成板
 - 10 喷嘴开口
 - 11 喷嘴板
 - 12 喷嘴列
 - 13 压力室
 - 14 压力室形成板
 - 15 振动板
 - 16 供给侧连通口
 - 17 盖部件
 - 18 压电振动元件
 - 21 压电层
 - 22 共用电极
 - 23 驱动电极
 - 24 上层压电体
 - 25 下层压电体
 - 26 共用上电极
 - 27 共用下电极

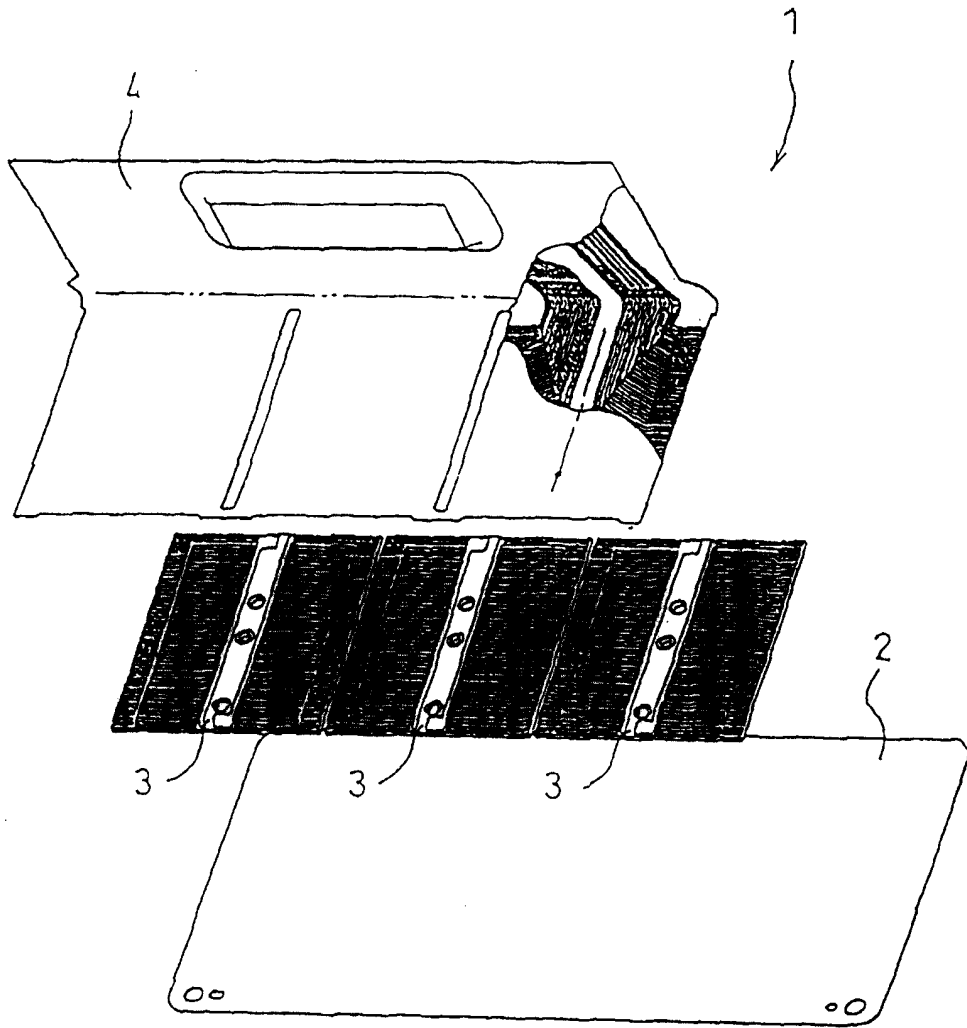


图1

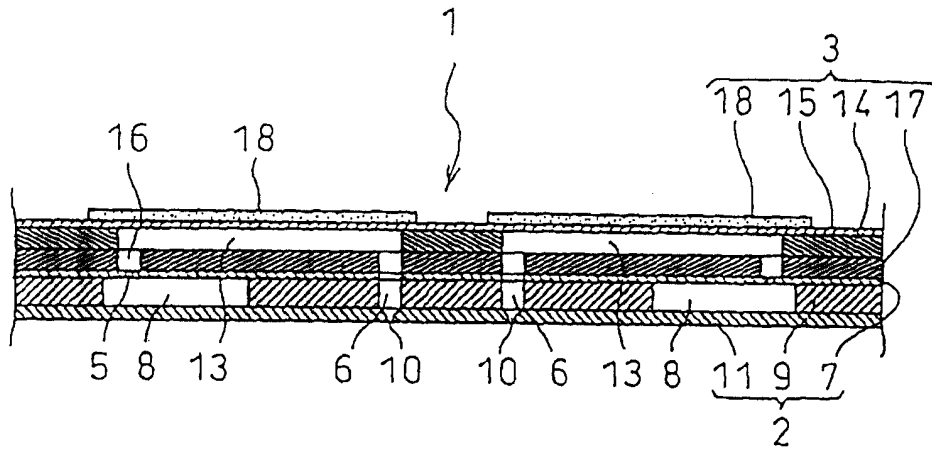


图2A

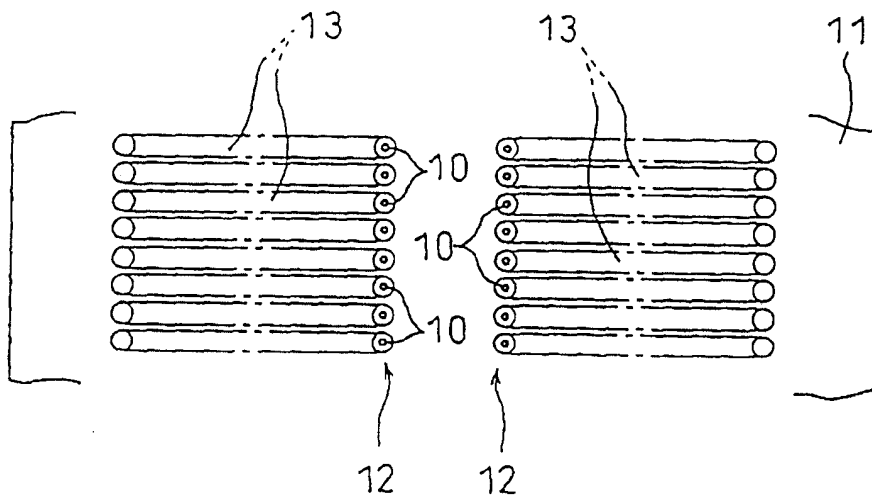


图2B

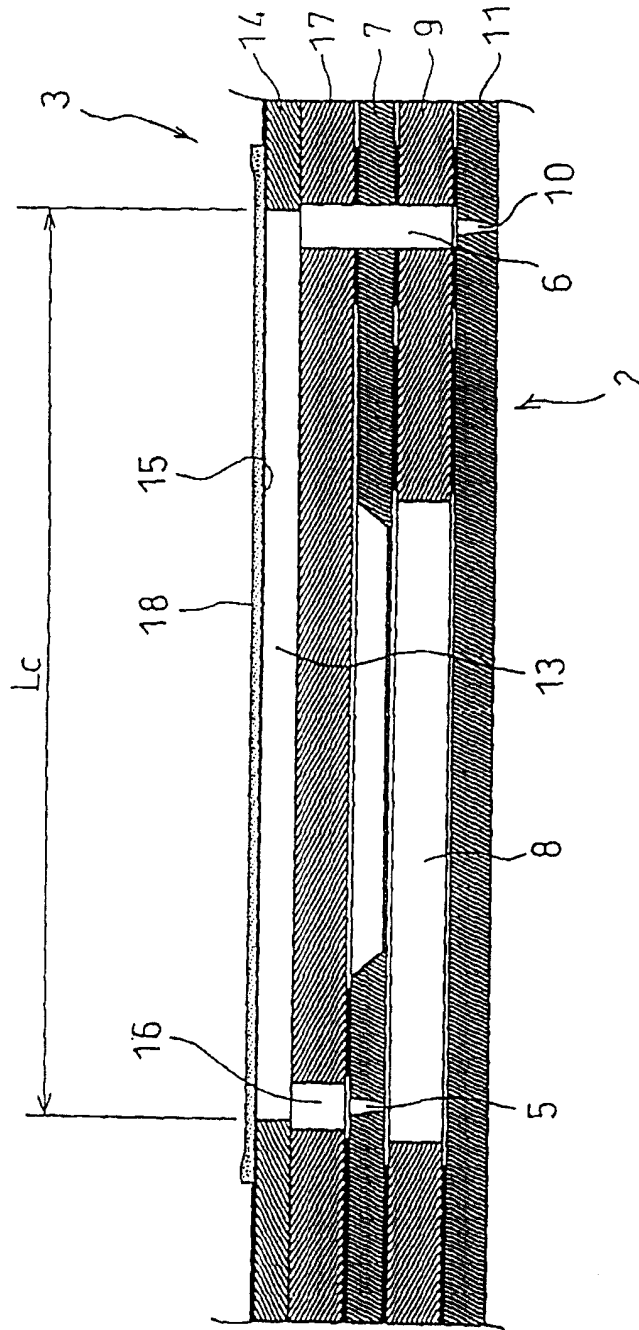


图3

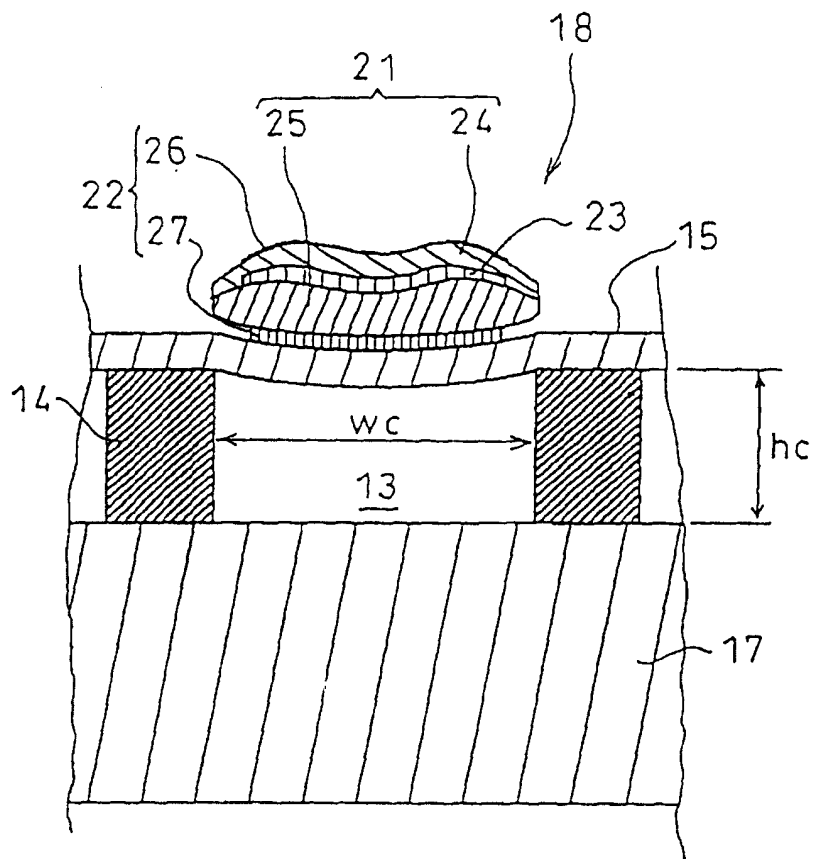


图4