

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
B41J 2/045 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200310102954.5

[45] 授权公告日 2006 年 8 月 2 日

[11] 授权公告号 CN 1267276C

[22] 申请日 2003.10.30

[21] 申请号 200310102954.5

[30] 优先权

[32] 2002.11.1 [33] JP [31] 320086/2002

[71] 专利权人 东芝泰格有限公司

地址 日本东京

[72] 发明人 楠龙太郎

审查员 孙兰相

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所
代理人 何腾云

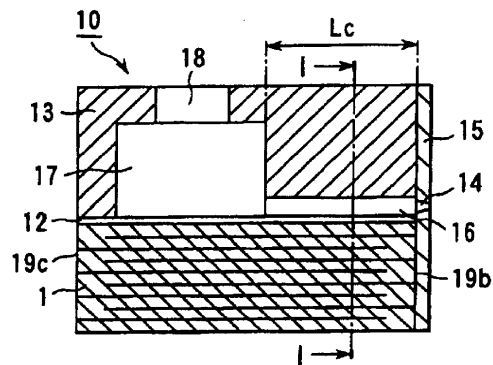
权利要求书 1 页 说明书 14 页 附图 4 页

[54] 发明名称

喷墨头和喷墨记录装置

[57] 摘要

一种喷墨头和喷墨记录装置，其中，当墨水充填在由一喷嘴(14)和一压力产生腔(16)构成的流道中时，假定流道中墨水的惯量为 M 、流道中墨水的粘性阻力为 R 、喷嘴中弯液面的返回力为 K ，则将墨水的物理性质和流道的形状设定成满足关系式 $0.2 \leq \gamma^2 / \omega^2 \leq 1.0$ ，其中 $\omega = \sqrt{K/M}$ ， $\gamma = R/2M$ 。



1、一种喷墨头，它包括：

多个流道，每个流道由一个喷射墨水的喷嘴（14）和一个与该喷嘴相通的压力产生腔（16）组成；

一个公共墨水腔（17），该公共墨水腔将墨水供应给每个流道；

一个驱动器（11），该驱动器使压力产生腔的容积膨胀/收缩，

其特征在于，墨水和流道的物理性质满足关系式

$$0.2 \leq \gamma^2 / \omega^2 \leq 1.0$$

其中， $\gamma = R/2M$, $\omega = \sqrt{K/M}$ ，

其中 M 是在流道中充填有墨水时墨水在流道中的惯量，R 是墨水在流道中的粘性阻力，K 是墨水弯液面在喷嘴中的返回力。

2、如权利要求 1 所述的喷墨头，其特征在于，一个流阻器（43）介于流道的压力产生腔（16）与公共墨水腔（17）之间。

3、一种喷墨记录装置，包括：

喷墨头，该喷墨头包括：多个流道，每个流道由一个喷射墨水的喷嘴（14）和一个与该喷嘴相通的压力产生腔（16）组成；一个公共墨水腔（17），该公共墨水腔将墨水供应给每个流道；一个驱动器（11），该驱动器使压力产生腔的容积膨胀/收缩，

喷墨头驱动电路（24），该喷墨头驱动电路（24）根据打印数据对喷墨头进行驱动，

其特征在于，墨水和流道的物理特性满足关系式

$$0.2 \leq \gamma^2 / \omega^2 \leq 1.0$$

其中， $\gamma = R/2M$, $\omega = \sqrt{K/M}$ ，

其中，M 是在流道中充填有墨水时墨水在流道中的惯量，R 是墨水在流道中的粘性阻力，K 是墨水弯液面在喷嘴中的返回力。

4、如权利要求 3 所述的喷墨记录装置，其特征在于，喷墨头还包括一个介于流道的压力产生腔（16）和公共墨水腔（17）之间的流阻器（43）。

喷墨头和喷墨记录装置

技术领域

本发明涉及一种按需 (on-demand) 喷墨头和一种其上装有该喷墨头的喷墨记录装置。

背景技术

已知有这样一种按需喷墨头, 它改变压力产生腔中的压力, 并从此压力产生腔相通的喷嘴的开口中喷射出墨滴, 其中, 墨水是通过向压电元件施加一个电压而充填在该压力产生腔中的。不过, 这种类型的喷墨头却难于在提高打印速度的同时提高墨水喷射操作的稳定性。墨水喷射操作的稳定性在此意味着要喷射墨滴的速度变化小或要喷射墨滴的容积小的性质。

为了使墨水喷射操作稳定, 需要减小喷嘴中墨水弯液面位置的变化, 并且在开始墨水喷射操作时使弯液面位置在喷嘴的开口附近稳定。

另一方面, 要喷射墨滴的频率仅是为了提高打印速度而增大的。为了增大要喷射墨滴的驱动频率, 需要提高经墨水喷射操作缩回的弯液面返回到初始位置的速度, 也就是弯液面返回速度。不过, 当弯液面返回速度增加时, 随着弯液面的返回, 弯液面会因为墨水流的惯量而溢出喷嘴的开口。因此, 弯液面位置在喷嘴的开口附近容易不稳定。当在弯液面位置不稳定的状态下开始墨水喷射操作时, 喷射速度或喷射容积发生波动, 或者在某些情况下出现不喷射墨水的现象, 这样就容易失去喷射操作的稳定性。这样一来, 就难于既实现弯液面位置的稳定性, 又提高弯液面返回速度。

为了解决这些问题, 公开有这样一种技术 (例如, 参见日本专利申请 (KOKAI) 公开 No.2000-117972), 其假定墨水性质与墨水流动形状之间的关系是预定的, 最大的驱动频率为 10kHz, 以便实现目标打印速度, 即便在环境温度改变时, 弯液面位置的稳定性和弯液面返

回速度的提高都可实现。

不过，在该专利参考文献中公开的常规技术中，经本发明人模拟可清楚地认识到，当最大目标驱动频率高于 10kHz 时，弯液面在很大程度上要溢出。

换句话说，本发明人通过在该常规技术中表示的数值范围内将下列数值用作特征值进行了喷射一个墨滴的模拟操作：

总声质量 $mT=9.8 \times 10^7 [\text{kg/m}^4]$

总声阻 $rT=6.7 \times 10^{12} [\text{Ns/m}^5]$

墨水的表面张力 $=30 [\text{mN/m}]$

当通过这种模拟得到完成墨水喷射操作后弯液面位置的变化时，获得图 12 中实线 P 表示的结果。

图 12 中的弯液面容积位置 $v(t)$ 是一个用容积来表示弯液面位置的值。如图 13A 所示，当墨水 1 的弯液面从喷嘴 2 的开口 2a 缩回时，将喷嘴 2 开口 2a 中的空气容积 V_i 假定为弯液面容积位置的负值。此外，如图 13B 所示，当墨水 1 的弯液面从喷嘴 2 的开口 2a 推进时，将突出于喷嘴 2 开口 2a 的墨水容积 V_o 假定为弯液面容积位置的正值。

在图 12 中，虚线 S1 和 S2 表示弯液面容积位置 $v(t)$ 的容许范围，其在开始下一个墨水喷射操作时不影响操作稳定性。在通常采用的打印条件的情况下，当容许范围相对于喷射容积为 $\pm 5\%$ 时，可实现喷射稳定性。此时， $\pm 5\%$ 的范围是以一个本领域的技术人员考虑了不损害图像质量的容许极限的数值范围为基础的。

因此，可从图 12 中看出，在该常规技术公开的喷墨头中，弯液面在墨水喷射后的溢出量较大，并且直到弯液面的变化落入预定容许范围内的时间，也就是弯液面返回时间较长。这样，就难于在提高喷射墨水的驱动频率的同时保持墨水喷射操作的稳定性。

与此同时，通常将一项连续喷射许多小墨滴的技术称作进行多级打印的技术（例如，参见日本专利申请（KOKAI）公开 No.2002-19103）。本发明人将该项技术应用到常规技术中的喷墨头上，并在连续喷放与多级打印中最大点直径相对应的 7 个墨滴时进行喷射操作的模拟以得

到完成墨水喷射操作后弯液面位置上的变化。因此，获得图 12 中双点划线 Q 表示的结果。

如图 12 所示，当连续喷射许多小墨滴时，与仅喷射一个墨滴的情况相比，弯液面返回速度要快一些。这样，弯液面在墨水喷射后的溢出量要比仅喷射一个墨滴的情况显著得多。因此，当连续喷射许多小墨滴以进行多级打印时，就更难减少弯液面返回时间了。

如上所述，在这种类型的传统喷墨头中，难于在提高打印速度即以高驱动频率喷射墨水的同时提高墨水喷射操作的稳定性。

发明内容

本发明的目的在于提供一种能提高墨水喷射操作的稳定性及以高驱动频率喷射墨水的喷墨头以及一种其上装有该喷墨头的喷墨记录装置。

根据本发明的一个方面，提供了一种喷墨头，它包括：多个流道，每个流道由一个喷射墨水的喷嘴和一个与该喷嘴相通的压力产生腔组成；一个公共墨水腔，其向每个流道供应墨水；以及一个驱动器，其使该压力产生腔的容积膨胀/收缩，其特征在于，墨水和流道的物理性质满足关系式

$$0.2 \leq \gamma^2 / \omega^2 \leq 1.0 \quad (\gamma = R/2M, \omega = \sqrt{K/M},$$

其中 M 是在流道中充填有墨水时墨水在流道中的惯量，R 是墨水在流道中的粘性阻力)。

本发明的其它目的和优点将在下面的说明中阐述，并将部分地从该说明中明显地看出或通过实践本发明而有所了解。本发明的目的和优点可通过下文特别指出的手段和组合实现并获得。

附图说明

引入并构成说明书一部分的附图示出了本发明目前优选的实施例，并与上述的一般性说明和下述优选实施例的详细说明一起用于解释本发明的原理。

图 1 是本发明第一实施例的喷墨头的纵向剖视图；

图 2 是沿图 1 中线 I-I 的剖视图；

图 3 是示出图 1 中喷嘴部分的详图;

图 4 是示出第一实施例的喷墨记录装置的主要结构的方框图;

图 5 是示出将一驱动波形施加到第一实施例的喷墨头上的波形图;

图 6A-6D 是示出第一实施例中 γ^2/ω^2 的值与弯液面的返回运动之间关系的视图;

图 7 是示出墨水粘性与 γ^2/ω^2 的值之间关系的视图;

图 8 是示出 γ^2/ω^2 的值与弯液面的返回时间之间关系的视图;

图 9 是示出将一驱动波形施加到本发明第二实施例的喷墨头上的波形图;

图 10 是本发明第三实施例的喷墨头的纵向剖视图;

图 11 是示出图 10 中孔口部分的详图;

图 12 是示出传统喷墨头中一弯液面的返回运动的视图;

图 13A 和 13B 是说明弯液面容积位置的示意图。

具体实施方式

在下文中, 将利用附图描述本发明的实施例。首先, 利用图 1-6 描述本发明的第一实施例。

图 1 是喷墨头 10 的纵向剖视图, 图 2 是沿图 1 中线 I-I 的剖视图。一个驱动器 11 固定在该喷墨头 10 上, 该驱动器 11 是由一个位于基底 (未示出) 上的压电元件构成的, 该压电元件用来使压力腔的容积膨胀/收缩。该驱动器 11 上装有一块振动板 12。一块顶板 13 固定在该振动板 12 上。此外, 一块形成有许多喷射墨水的喷嘴 14 的喷嘴板 15 与顶板 13 和驱动器 11 的前端相连。

图 3 示出了喷嘴 14 的详图。如图所示, 喷嘴 14 在喷嘴板 15 的正面和背面分别形成有一个直径为 D_o 的开口和一个直径为 D_i ($D_i > D_o$) 的开口, 两开口相通。

在顶板 13 中, 多个以长度 L_c 、宽度 W_c 和高度 H 表示的压力产生腔 16 相对应于喷嘴板 15 中的各个喷嘴 14 而成形。每个压力产生腔 16 的顶端与各相应喷嘴 14 的后端相通。此外, 一个用来向各压力产

生腔 16 供墨的公共墨水腔 17 形成在顶板 13 中, 并且各压力产生腔 16 的后端与该公共墨水腔 17 相通。一个墨水补充口 18 形成在该公共墨水腔 17 中。墨水借助于墨水补充装置(未示出)通过该墨水补充口 18 供应。

电极 19a 和 19b 被设置在驱动器 11 中。驱动器 11 是随施加到这些电极 19a 和 19b 上的电压而膨胀/收缩的。当驱动器 11 膨胀/收缩时, 压力产生腔 16 的容积就经由振动板 12 膨胀/收缩。当压力产生腔 16 的容积在膨胀之后收缩时, 填充在压力产生腔 16 中的墨水压力就改变, 从而使墨滴从喷嘴 14 中喷射出来。喷嘴 14 及与之对应的压力产生腔 16 就形成了供应自公共墨水腔 17 的墨水的流道。

图 4 是示出了喷墨记录装置 20 的主要结构的方框图, 该喷墨记录装置 20 装有具有该结构的喷墨头 10。喷墨记录装置 20 包括一个控制每一部分的打印机控制器 21、一个在其内储存来自该打印机控制器 21 的打印数据的图像存储器 22 以及一个用来读取储存在该图像存储器 22 中的打印数据并将它传送给喷墨头驱动电路 24 的打印数据传送电路 23。喷墨头驱动电路 24 被构造成基于从打印数据传送电路 23 传送来的打印数据驱动喷墨头 10。喷墨头驱动电路 24 驱动喷墨头 10 时的驱动波形是由驱动波形控制电路 25 控制的。驱动波形控制电路 25 被构造成由打印机控制器 21 控制。而且, 记录介质(未示出)的输送也由打印机控制器 21 控制。

根据第一实施例, 图 5 示出了施加到喷墨头 10 上的驱动波形。该驱动波形是由一个膨胀脉冲 31 和一个收缩脉冲 32 组成的, 膨胀脉冲 31 用来使喷墨头 10 的压力产生腔 16 膨胀, 而收缩脉冲 32 用来使压力产生腔 16 收缩。当这些脉冲被施加到喷墨头 10 的电极 19a 和 19b 上时, 就执行喷射一个墨滴的操作。

在此, 膨胀脉冲 31 的中心与收缩脉冲 32 的中心之间的时差与墨水的主声共振周期 T_c 相一致。此外, 膨胀脉冲 31 的脉冲宽度与收缩脉冲 32 的脉冲宽度之间的比例被调节成使声剩余振动几乎消除。这样一来, 墨水喷射操作后弯液面位置的变化就不会因剩余压力振动受到

干扰, 并且弯液面位置的变化仅仅是由墨水表面张力引起的相对低速的运动。

在装于喷墨记录装置上具有该结构的喷墨头 10 中, 将在下面描述弯液面在喷射墨滴之后直到弯液面返回的运动。

假定时间 t 的弯液面容积位置为 $v(t)$, 下列方程式 (1) 表示了与 $v(t)$ 有关的运动方程式:

$$M \frac{d^2 v(t)}{dt^2} = -Kv(t) - R \frac{dv(t)}{dt} \quad \dots (1)$$

在此这样假定弯液面容积位置, 即, 当墨水 1 的弯液面从喷嘴 2 的开口 2a 缩回时, 喷嘴 2 开口 2a 中空气的容积 V_i 为弯液面容积位置的负值, 而当墨水 1 的弯液面从喷嘴 2 的开口 2a 推进时, 与从喷嘴 2 的开口 2a 突出的量相等的墨水容积 V_o 为弯液面容积位置的正值。

在方程式 (1) 中, M 表示流道中墨水的惯量。假定 ρ 为墨水的密度, L_c 为压力产生腔 16 的长度, L_n 为喷嘴 14 的长度, $S(x)$ 为位置 x 处流道的截面积, M 值由下列方程式 (2) 给定:

$$M = \rho \int_0^{L_c+L_n} \frac{dx}{S(x)} \quad \dots (2)$$

此外, K 表示弯液面的返回力, 并由下列方程式 (3) 限定, 在方程式 (3) 中将弯液面容积位置假定为 V , 将由墨水的表面张力产生于弯液面表面上的压力假定为 P_s :

$$K = \lim_{v \rightarrow 0} \frac{P_s}{v} \quad \dots (3)$$

假定墨水的表面张力为 σ , 弯液面的曲率半径为 r , 则从下列方程式 (4) 中计算出压力 P_s :

$$P_s = \frac{2\sigma}{r} \quad \dots (4)$$

假定喷嘴的出口直径为 D_o , 则从下列作为弯液面容积位置 v 函数的方程式 (5) 中计算出弯液面的曲率半径 r :

$$r = \frac{1}{192v} \left(\sqrt[3]{\frac{\xi}{\pi}} + \frac{D_o^8 \pi^{7/3}}{\sqrt[3]{\xi}} + D_o^4 \pi \right) \quad \dots (5)$$

ξ 由下列方程式 (6) 表达:

$$\xi = \pi^4 Do^{12} + 4608\pi^2 v^2 Do^6 + 2654208v^4 + 96(\pi^2 v Do^6 + 1152v^3)\sqrt{\pi^2 Do^6 + 576v^2} \quad \dots (6)$$

可从上述方程式 (3) - (6) 将弯液面的返回力 K 计算为下列方程式 (7):

$$K = \frac{384\sigma}{3\pi Do^4} \quad \dots (7)$$

此外, R 表示流道中墨水的粘性阻力。假定位置 x 处每单位流量的粘性压力梯度为 $r(x)$, R 值由下列方程式 (8) 给定:

$$R = \int_0^{Lc+Ln} r(x)dx \quad \dots (8)$$

方程式 (2) 和 (8) 的右项是特别针对喷墨头 10 计算的。首先, 在位置 x 为 0 至 Lc 即在流道的压力产生腔 16 的部分中的范围内由下列方程式 (9) 表示方程式 (2) 的右项, 而由下列方程式 (10) 表示方程式 (8) 的右项:

$$\int_0^{Lc} \frac{dx}{S(x)} = \frac{Lc}{WcH} \quad \dots (9)$$

$$\int_0^{Lc} r(x)dx = \frac{12\mu Lc}{WcH^3} \quad \dots (10)$$

此外, 在位置 x 为 Lc 至 $Lc+Ln$ 即在流道的喷嘴 14 的部分中的范围内由下列方程式 (11) 表示方程式 (2) 的右项, 而由下列方程式 (12) 表示方程式 (8) 的右项:

$$\int_{Lc}^{Lc+Ln} \frac{dx}{S(x)} = \frac{4Ln}{\pi Di Do} \quad \dots (11)$$

$$\int_{Lc}^{Lc+Ln} r(x)dx = \frac{128\mu(Di^2 + DiDo + Do^2)Ln}{3\pi(DiDo)^3} \quad \dots (12)$$

可根据上述方程式 (9)、(10)、(11) 和 (12) 由下列方程式 (13) 表示方程式 (2) 中的墨水惯量 M , 并由下列方程式 (14) 表示方程式 (8) 中的墨水粘性阻力 R :

$$M = \rho \left(\frac{Lc}{WcH} + \frac{4Ln}{\pi Di Do} \right) \quad \dots (13)$$

$$R = \mu \left\{ \frac{12Lc}{WcH^3} + \frac{128(Di^2 + DiDo + Do^2)Ln}{3\pi(DiDo)^3} \right\} \quad \dots (14)$$

基于以上述方式限定的墨水惯量 M 、弯液面返回力 K 以及墨水粘

性阻力 R ，系数 ω 被限定为下列方程式 (15)，而系数 γ 被限定为下列方程式 (16)：

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{M}} \quad \dots (15)$$

$$\gamma = \frac{R}{2M} \quad \dots (16)$$

这样，就可由下列方程式 (17) 表示弯液面运动方程式的上述方程式 (1)：

$$\frac{d^2 v(t)}{dt^2} + 2\gamma \frac{dv(t)}{dt} + \omega^2 v(t) = 0 \quad \dots (17)$$

该方程式 (17) 中弯液面容积位置 $v(t)$ 的解为下列方程式 (18)，其中 A 和 B 为任意常数：

$$v(t) = Ae^{(-\gamma + \sqrt{\gamma^2 - \omega^2})t} + Be^{(-\gamma - \sqrt{\gamma^2 - \omega^2})t} \quad \dots (18)$$

根据该方程式 (18)，由于弯液面容积位置 $v(t)$ 在 $\gamma^2 - \omega^2 < 0$ 的情况下获得振动解，可看出弯液面溢出了。

作为 $\gamma^2 - \omega^2 < 0$ 的一个示例，当假定 $\gamma^2 / \omega^2 = 0.1$ 得到在进行喷射一个墨滴的模拟操作时完成墨水喷射操作后弯液面位置的变化时，获得图 6A 中实线 P1 所示的结果。此外，作为 $\gamma^2 - \omega^2 < 0$ 的另一个示例，当假定 $\gamma^2 / \omega^2 = 0.5$ 得到在进行相似模拟时完成墨水喷射操作后弯液面位置的变化时，获得图 6B 中实线 P2 所示的结果。而且，当假定 $\gamma^2 = \omega^2$ 即 $\gamma^2 / \omega^2 = 1.0$ 得到在进行相似模拟时完成墨水喷射操作后弯液面位置的变化时，获得图 6C 中实线 P3 所示的结果。另外，作为 $\gamma^2 - \omega^2 > 0$ 的一个示例，当假定 $\gamma^2 / \omega^2 = 2.0$ 得到在进行相似模拟时完成墨水喷射操作后弯液面位置的变化时，获得图 6D 中实线 P4 所示的结果。

图 6 中的虚线 S1 和 S2 表示弯液面变化的容许范围，其在墨水喷射操作开始时不影响操作的稳定性，且该范围相对于喷射容积位于 $\pm 5\%$ 内。这是因为，当该容许范围相对于喷射容积位于 $\pm 5\%$ 内时，可在通常使用的打印条件下获得喷射稳定性。

如图 6D 所示，在 $\gamma^2 - \omega^2 > 0$ ，即 $\gamma^2 / \omega^2 > 1$ 的情况下，弯液面容积位置 $v(t)$ 处于过阻尼的状态下，并且尽管弯液面并未溢出，弯液面的

返回速度也延迟了。此外,如图 6A 和 6B 所示,在 $\gamma^2-\omega^2<0$, 即 $\gamma^2/\omega^2<1$ 的情况下,弯液面容积位置 $v(t)$ 处于阻尼振动状态下,并且尽管弯液面的返回速度很快,弯液面仍溢出。相反,在 $\gamma^2=\omega^2$, 即 $\gamma^2/\omega^2=1$ 的情况下,弯液面容积位置 $v(t)$ 处于临界阻尼状态下,并且弯液面的返回速度在弯液面并未溢出的情况下达到最快。

因此可看出,弯液面的返回速度可在弯液面不在 $\gamma^2=\omega^2$ 时溢出的范围内达到最快。不过,实际上,正如在 $\gamma^2/\omega^2=0.5$ 的情况下,当溢出程度微小时,它是可容许的。这样就可减少直到弯液面的变化落入容许值的时间,也即弯液面的返回时间。

如图 7 中的曲线 C1 所示,当通过改变墨水粘性以改变 γ^2/ω^2 的值来检查弯液面的返回时间时,获取图 8 中由“○”表示的值。从该值可看出,在第一实施例中,当 γ^2/ω^2 为 0.4 时弯液面的返回时间最短。

因此,根据该第一实施例,为了实现 $\gamma^2/\omega^2=0.4$,这样设定墨水的物理性质和流道的形状,即将喷墨头 10 构造成使墨水惯量 M 、墨水粘性阻力 R 、弯液面的返回力 K 分别具有下列值,从而减少弯液面的返回时间。

$$\text{墨水惯量 } M=9.82\times 10^7\text{kg/m}^4$$

$$\text{墨水粘性阻力 } R=1.90\times 10^{13}\text{Ns/m}^5$$

$$\text{弯液面的返回力 } K=2.30\times 10^{18}\text{N/m}^5$$

因此,墨水喷射操作的稳定性和驱动频率的提高即打印速度的加速均可实现。

换句话说,根据本发明,将通常不予考虑的弯液面的返回力 K 用作一个优化墨水惯量 M 和墨水粘性阻力 R 的参数,这样通过进行上述的模拟操作,就可导出既能实现墨水喷射操作的稳定性又能实现驱动频率的提高即打印速度加速的墨水和流道的物理性质之间的关系。

此外,由于模拟操作采用了上述常规技术中公开的数值,得到墨水惯量 $M=9.82\times 10^7\text{kg/m}^4$,墨水粘性阻力 $R=6.94\times 10^{12}\text{Ns/m}^5$,弯液面的返回力 $K=2.30\times 10^{18}\text{N/m}^5$ 。根据这些值可得到 $\gamma^2/\omega^2=0.05$ 。该值对应于墨水喷射时弯液面返回时间是图 8 中第一实施例系列值中

$\gamma^2/\omega^2=0.05$ 的情况。

因此,可从图 8 看出,显然,在 γ^2/ω^2 被设定在 0.2-1.0 的范围内,与常规技术相比本发明明显地减少了弯液面的返回时间,从而在提高打印速度的同时,保持了墨水喷射操作的稳定性。

接下来,将描述本发明的第二实施例。在该第二实施例中,喷墨头和喷墨记录装置的结构与第一实施例中的相同,通过采用图 1-4 将省略对其的说明。

根据第二实施例,通过驱动波形控制电路 25 的控制施加到喷墨头 10 上的驱动波形被设定成图 9 中所示的波形,该驱动波形控制电路 25 为驱动信号产生装置。该波形是通过连续地连接第一实施例中使用的 7 个驱动波形而形成的。换句话说,膨胀脉冲 31-1 至 31-7 使压力产生腔 16 膨胀,而收缩脉冲 32-1 至 32-7 使压力产生腔 16 收缩。当将该驱动波形施加到喷墨头 10 的电极 19a 和 19b 上时,7 个小墨滴从喷嘴 14 中连续地喷射出来并沉积在记录介质上相同的像素中。如果改变小墨滴的数量来改变沉积在记录介质上相同像素中的墨水量,就可进行多级打印。

并且在该第二实施例中,当进行与第一实施例中相似的模拟操作时,如图 7 中的曲线 C1 所示,改变墨水粘性以改变 γ^2/ω^2 的值,并检查弯液面的返回时间,获取图 8 中由符号“□”表示的值。可根据该值看出,在第二实施例中 γ^2/ω^2 为 0.5 时,弯液面的返回时间最短。

因此,根据第二实施例,为了实现 $\gamma^2/\omega^2=0.5$,这样设定墨水的物理性质和流道的形状,即,将喷墨头 10 构造成使墨水惯量 M 、墨水粘性阻力 R 以及弯液面的返回力 K 分别具有下列值,从而减少弯液面的返回时间并同时实现墨水喷射操作的稳定性和打印速度的加速。

墨水惯量 $M=9.82 \times 10^7 \text{ kg/m}^4$

墨水粘性阻力 $R=2.13 \times 10^{13} \text{ Ns/m}^5$

弯液面的返回力 $K=2.30 \times 10^{18} \text{ N/m}^5$

采用这样的方式,根据多个墨滴从喷嘴 14 中连续喷射的第二实施例,与喷射一个墨滴的第一实施例相比,可减少弯液面的返回时间。

这缘于下面的事实，即，当多个墨滴连续喷射时，弯液面的返回速度要比仅喷射一个墨滴的情况大。在常规技术中，弯液面的返回速度大到与仅喷射一个墨滴的情况相比，溢出程度要大，弯液面的返回时间要长。但是，由于弯液面的溢出在本实施例中受到限制，可实现使弯液面的返回时间要短于仅喷射一个墨滴情况中的协同效应。

由于模拟操作采用了上述常规技术中公开的数值，就如同第一实施例所述的那样，实现了 $\gamma^2/\omega^2=0.05$ 。

从该喷墨头喷射多个墨滴时的弯液面返回时间对应于图 8 中第二实施例系列值中 $\gamma^2/\omega^2=0.05$ 的情况。

因此，可从图 8 看出，显然，在 γ^2/ω^2 被设定在 0.2 至 1.0 的范围内，与常规技术相比本发明明显地减少了弯液面的返回时间，从而提高打印速度的同时，保持了墨水喷射操作的稳定性。

接下来，将描述本发明的第三实施例。

图 10 是第三实施例中喷墨头 100 的纵向剖视图，其中与图 1 中的功能相同的部分采用相同的标号表示。由于沿喷墨头 100 的图 10 中线 I-I 所示的剖视图与第一和第二实施例中的喷墨头 10 相同，所以通过采用图 2 省略了对它的说明。

由一个基底（未示出）上的压电元件构成的驱动器 11 固定在该喷墨头 100 上，振动板 12 安装在驱动器 11 上，而顶板 13 固定在振动板 12 上。此外，形成了多个喷射墨水的喷嘴 14 的喷嘴板 15 与顶板 13 和驱动器 11 的前端相连。多个压力产生腔 16 形成在顶板 13 中与喷嘴板 15 中各个喷嘴 14 相对应的位置，每个压力产生腔 16 的顶端与相应的各个喷嘴 14 的后端相通。

一块侧板 42 通过一孔板 41 固定在顶板 13 和驱动器 11 的后端上。在孔板 41 中钻有一个孔口 43，它在与各压力产生腔 16 对应的位置上具有小孔。该孔口 43 的详图在图 11 中示出。如图所示，这样形成孔口 43，即，它从板厚为 L_m 的孔板的背面贯穿到其固定直径为 D_m 的正面。

将墨水供应给各压力产生腔 16 的公共墨水腔 17 形成在侧板 42

中,而各压力产生腔 16 的后端通过孔口 43 与公共墨水腔 17 相通。墨水补充口 18 形成在公共墨水腔 17 中,墨水是由墨水补充装置(未示出)经该墨水补充口 18 供应的。在此,孔口 43 形成了供应自公共墨水腔 17 的墨水流道的一部分,并充当了一个流阻器(fluid resistor)。

装有喷墨头 100 的喷墨记录装置 20 的主要结构与图 4 中的相同。根据第三实施例,图 9 中所示的驱动波形被施加到喷墨头 100 上,7 个小墨滴被连续地从喷嘴 14 中喷射出来,这样就可如同第二实施例那样,进行多级打印。

在这种情况下,当计算好墨水惯量 M 和墨水粘性阻力 R 时,需要添加由孔口 43 产生的阻力分量。换句话说,假定孔口 43 的长度为 L_m ,墨水惯量 M 由下列方程式(19)而非上述方程式(2)给定:

$$M = \rho \int_0^{L_m+L_c+L_n} \frac{dx}{S(x)} \quad \dots (19)$$

此外,墨水粘性阻力 R 由下列方程式(20)而非上述方程式(8)给定:

$$R = \int_0^{L_m+L_c+L_n} r(x)dx \quad \dots (20)$$

方程式(19)和方程式(20)的右项是特别针对喷墨头 100 计算的。首先,假定孔口 43 的孔径为 D_m ,则在位置 x 为 0 至 L_m 即在流道的孔口 43 的部分中的范围内,由下列方程式(21)表示方程式(19)的右项,而由下列方程式(22)表示方程式(20)的右项:

$$\int_0^{L_m} \frac{dx}{S(x)} = \frac{4L_m}{\pi D_m^4} \quad \dots (21)$$

$$\int_0^{L_m} r(x)dx = \frac{128\mu L_m}{\pi D_m^4} \quad \dots (22)$$

此外,由于在位置 x 为 L_m 至 L_m+L_c 即在流道的压力产生腔 16 的部分中的范围内和在位置 x 为 L_m+L_c 至 $L_m+L_c+L_n$ 即在流道的喷嘴 14 的部分中的范围内,方程式(19)和方程式(20)的右项与第一实施例中的相同,所以由上述方程式(9)和(11)表示 x 为 L_m 至 $L_m+L_c+L_n$ 的方程式(19)的右项,而由上述方程式(10)和(12)表示 x 为 L_m 至 $L_m+L_c+L_n$ 的方程式(20)的右项。

根据上述方程式 (21)、(22)、(9)、(10)、(11) 和 (12), 由下列方程式 (23) 表示方程式 (19) 中的墨水惯量 M , 而由下列方程式 (24) 表示方程式 (20) 中的墨水粘性阻力 R :

$$M = \rho \left(\frac{4Lm}{\pi Dm^2} + \frac{Lc}{WcH} + \frac{4Ln}{\pi DiDo} \right) \quad \dots (23)$$

$$R = \mu \left\{ \frac{128Lm}{\pi Dm^4} + \frac{12Lc}{WcH^3} + \frac{128(Di^2 + DiDo + Do^2)Ln}{3\pi(DiDo)^3} \right\} \quad \dots (24)$$

此外, 可由上述方程式 (7) 获得弯液面的返回力 K 。

并且, 在第三实施例中, 当进行与第一和第二实施例中相似的模拟操作时, 如图 7 中的曲线 C2 所示, 改变墨水粘性以改变 γ^2/ω^2 的值, 并检查弯液面的返回时间, 获取图 8 中由符号“ $\triangle$ ”表示的值。可根据该值看出, 在第三实施例中 γ^2/ω^2 为 0.5 时, 弯液面的返回时间最短。

因此, 根据第三实施例, 为了实现 $\gamma^2/\omega^2=0.5$, 这样设定墨水的物理性质和流道的形状, 即, 将喷墨头 100 构造成使墨水惯量 M 、墨水粘性阻力 R 以及弯液面的返回力 K 分别具有下列值, 从而进一步减少弯液面的返回时间并同时实现墨水喷射操作的稳定性和打印速度的加速。

墨水惯量 $M=1.13 \times 10^8 \text{ kg/m}^4$

墨水粘性阻力 $R=2.28 \times 10^{13} \text{ Ns/m}^5$

弯液面的返回力 $K=2.30 \times 10^{18} \text{ N/m}^5$

采用这样的方式, 根据充当流阻器的孔口 43 介于与公共墨水腔 17 和压力产生腔 16 相通的通路中的第三实施例, 与第一和第二实施例相比, 可减少弯液面的返回时间。这是因为, 即便在墨水惯量 M 不因孔口 43 的作用而变得太大时, 墨水粘性阻力 R 也会较大, γ 的值也会相对容易地变大。因此, 与第一和第二实施例相比, 可通过低粘性的墨水实现最佳的 γ^2/ω^2 。

通常, 当墨水粘性大时, 墨雾容易在墨水喷射时出现。墨雾的出现污染了喷嘴 14 或记录介质的附近, 这是不希望的。因此, 在第三实施例中设置了该流阻器, 从而在打印时减少了墨雾的出现机率。

尽管在上述的第一至第三实施例中, 将 γ^2/ω^2 选定成使弯液面的返

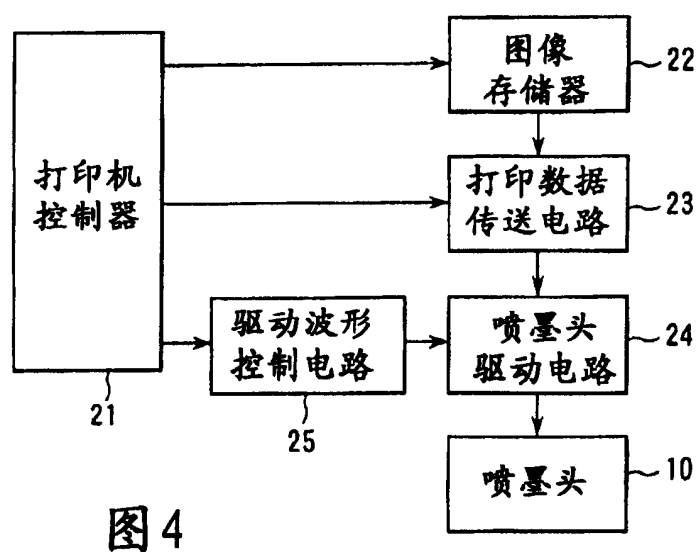
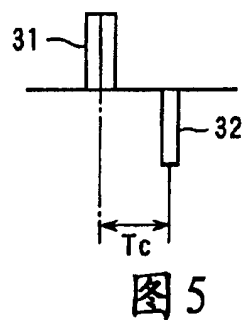
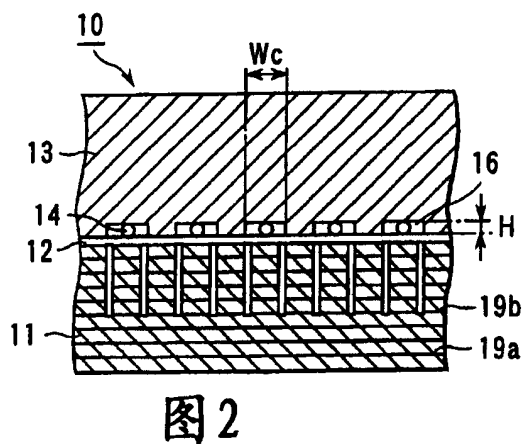
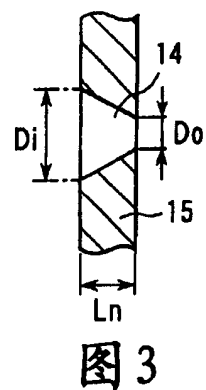
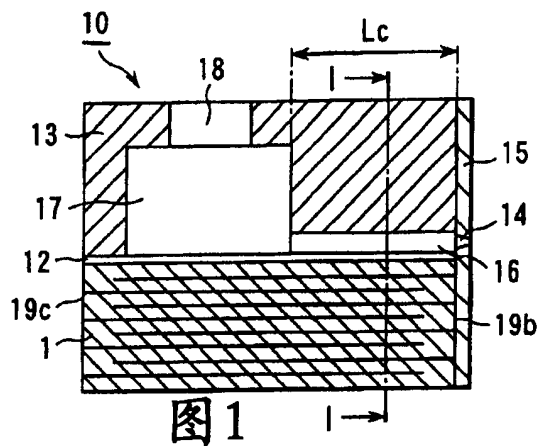
回时间为最短，墨水粘性和 γ^2/ω^2 也会随喷墨头 10、100 操作时的空气温度而改变。或者，会存在不一定根据喷墨头 10、100 的设计来选定使弯液面的返回时间为最短的 γ^2/ω^2 的情况。即便在这样的情况下，如图 8 所示，当 γ^2/ω^2 处于 0.2 至 1.0 的范围内时，可减少弯液面的返回时间，并同时实现墨水喷射操作的稳定性和打印速度的加速。

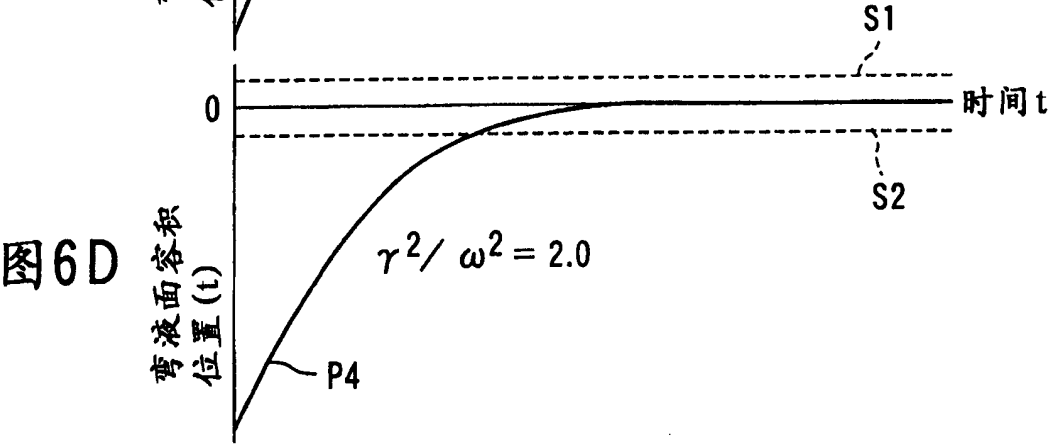
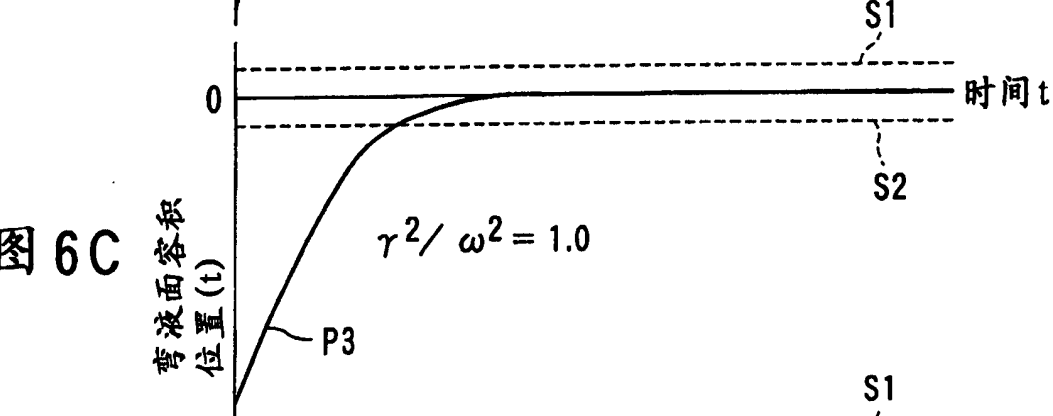
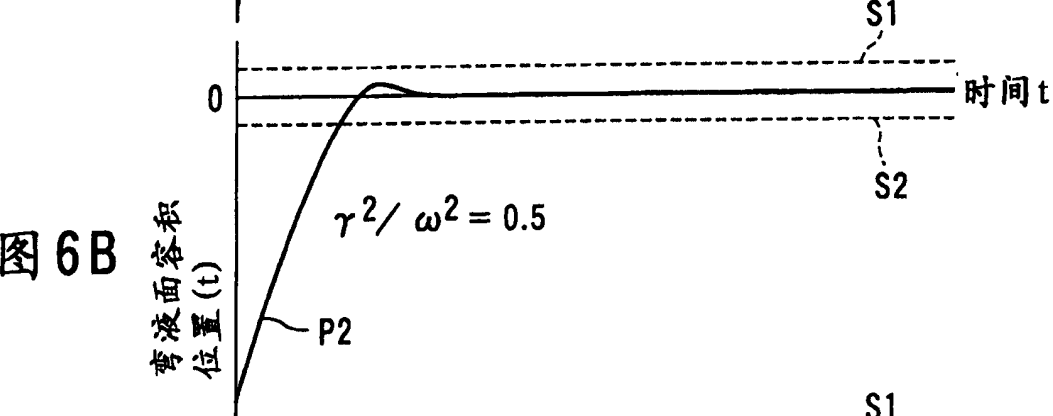
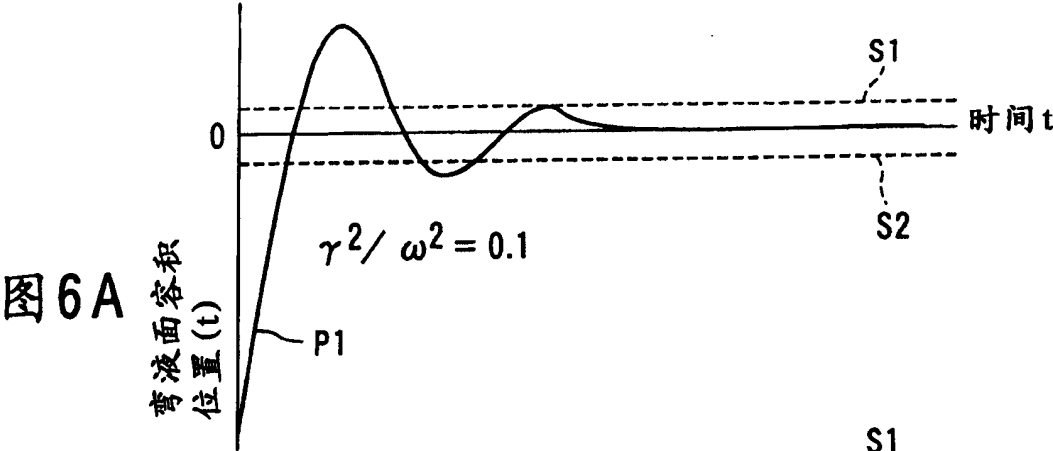
此外，墨水惯量 M 和墨水粘性阻力 R 是采用各实施例中相对简单的方程式计算的，但这些值的计算在某些情况下是困难的。即便在这种情况下，墨水惯量 M 或墨水粘性阻力 R 也可通过采用市场上可得到的数值流体分析程序来得到。

例如，Sung-Cheon Jung 等人在改进喷墨头性能方面的论文(Final Program and Proceedings of IS & T's NIP15:数字打印技术国际会议，1999)公开了一种采用数值流体分析程序来得到墨水惯量 M 或墨水粘性阻力 R 的方法。

而且，虽在各实施例中将具有小孔的孔口 43 用作流阻器，但也可在墨水从公共墨水腔 17 流到各压力产生腔 16 的位置将不同类型的部件比如网眼件、多孔件等用作流阻器。

对于本领域的技术人员来说，将容易认识到其它优点和改进之处。因此，本发明在其较宽方面并不局限于在此示出并描述的特定细节和典型实施例。因此，可在不脱离由随附权利要求及其等价物限定的总发明构思的精神或范围内作出各种改进。





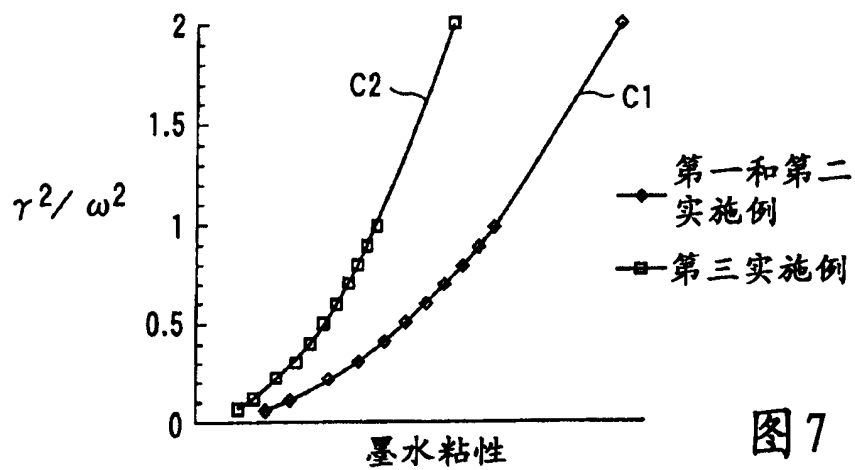


图7

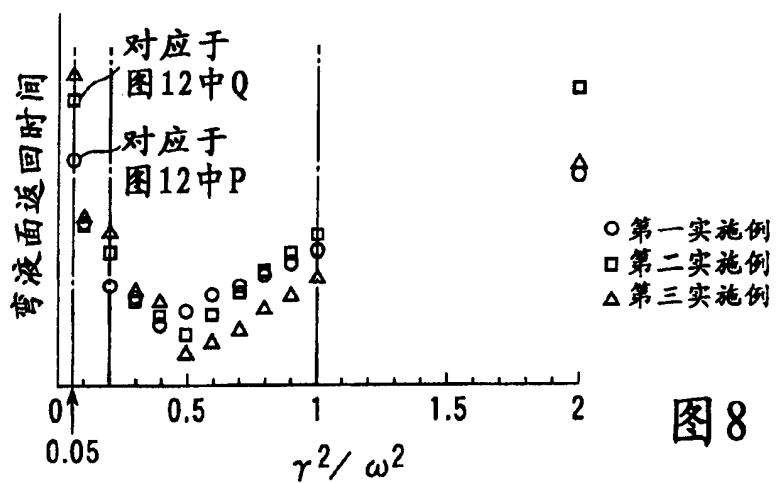


图8

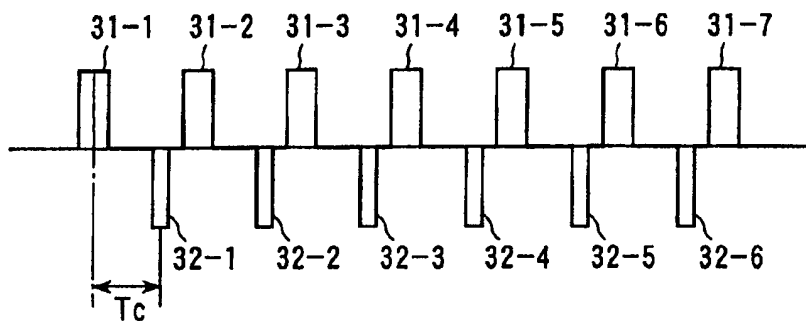


图9

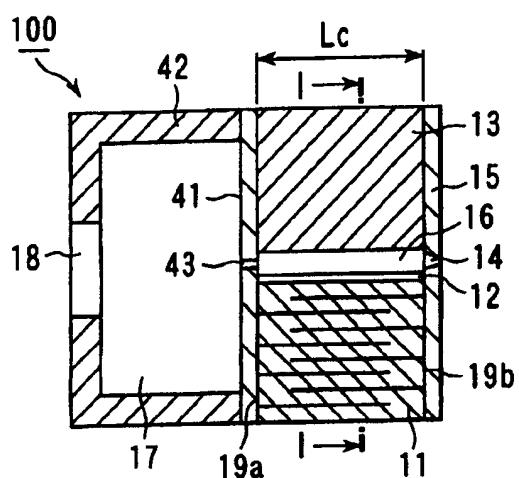


图 10

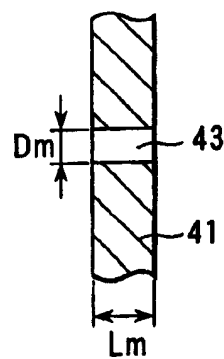


图 11

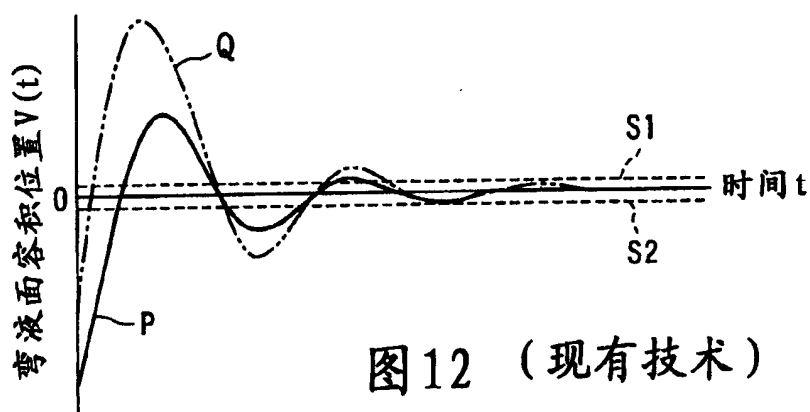


图 12 (现有技术)

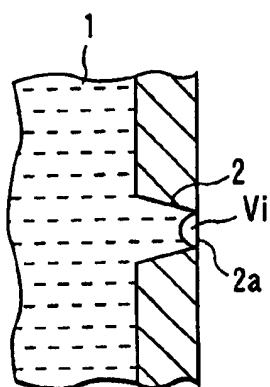


图 13A

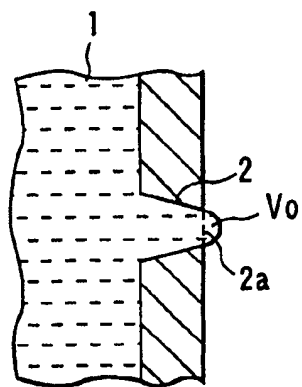


图 13B