

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1930000 B

(45) 授权公告日 2010.06.02

(21) 申请号 200480038878.9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2004.11.29

B41J 2/06 (2006.01)

(30) 优先权数据

430729/2003 2003.12.25 JP

(56) 对比文件

(85) PCT申请进入国家阶段日

2006.06.23

US 5477249 A, 1995.12.19, 说明书第3栏第46-58行, 第4栏第1-66行、附图1-3.

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2004/017707 2004.11.29

JP 6-262770 A, 1994.09.20, 全文.

(87) PCT申请的公布数据

W02005/063491 JA 2005.07.14

JP 3-246050 A, 1991.11.01, 全文.

(73) 专利权人 柯尼卡美能达控股株式会社

WO 03070381 A1, 2003.08.28, 权利要求1.
US 6382754 B1, 2002.05.07, 说明书第9栏第42行到第10栏第7行, 第17栏第47-63行、附图2, 5(e), 6, 24(a)-24(d).

地址 日本东京都

US 6017112 A, 2000.01.25, 说明书第3栏第23-25行.

专利权人 夏普株式会社

审查员 王文静

独立行政法人产业技术综合研究所

(72) 发明人 山本和典 西泰男 岩下广信
西尾茂 村田和广(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 11038

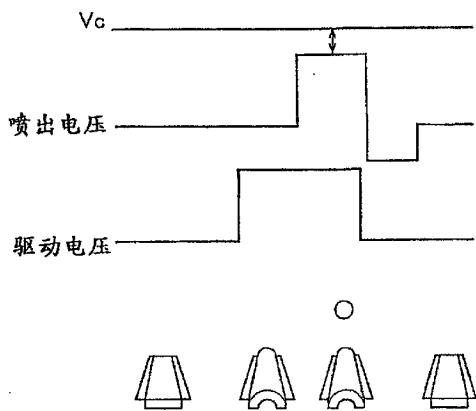
权利要求书 1 页 说明书 19 页 附图 15 页

(54) 发明名称

液体喷射装置

(57) 摘要

具备：液体喷射头(26)，具有对基体材料喷射带了电的溶液的液滴的内部直径小于等于15(μm)的喷嘴(21)；喷射电压施加单元(25)，对喷嘴内的溶液施加喷射电压；凸状弯液面形成单元(40)，形成喷嘴内的溶液从该喷嘴隆起为凸状的状态；以及工作控制单元(50)，控制驱动凸状弯液面形成单元的驱动电压的施加和喷射电压施加单元的喷射电压的施加，同时在与作为喷射电压施加单元的喷射电压的脉冲电压的施加重叠的时刻施加凸状弯液面形成单元的驱动电压。



1. 一种液体喷射装置,其特征在于,具备:

液体喷射头,具有将带电溶液的液滴喷射到基体材料上且内部直径小于等于 $15\mu\text{m}$ 的喷嘴;

与所述喷嘴内的溶液接触的电极;

与所述电极相连接的喷射电压施加单元,利用所述电极对上述喷嘴内的所述溶液施加喷射电压,以使对所述溶液进行充电;

凸状弯液面形成单元,形成上述喷嘴内的溶液从该喷嘴隆起为凸状的状态;以及

工作控制单元,控制驱动上述凸状弯液面形成单元的驱动电压的施加和喷射电压施加单元的喷射电压的施加,从而在与作为上述喷射电压施加单元的喷射电压的脉冲电压的施加重叠的时刻向上述凸状弯液面形成单元施加驱动电压,

其中,上述工作控制单元在对上述喷嘴内的所述溶液施加喷射电压之前或之后,施加与利用上述电极施加到上述喷嘴内的所述溶液的上述喷射电压极性相反的电压。

2. 如权利要求1中所述的液体喷射装置,其特征在于:

上述工作控制单元预先向上述凸状弯液面形成单元施加驱动电压,也在与上述喷射电压施加单元的喷射电压的施加重叠的时刻向上述凸状弯液面形成单元施加驱动电压。

3. 如权利要求1中所述的液体喷射装置,其特征在于:

上述液体喷射头包括多个喷嘴,每个喷嘴具备上述凸状弯液面形成单元。

4. 如权利要求2中所述的液体喷射装置,其特征在于:

上述液体喷射头包括多个喷嘴,每个喷嘴具备上述凸状弯液面形成单元。

5. 如权利要求1中所述的液体喷射装置,其特征在于:

所述喷嘴的内部直径在 $0.2\text{--}8\mu\text{m}$ 之间。

6. 如权利要求5中所述的液体喷射装置,其特征在于:

所述喷嘴的内部直径在 $0.2\text{--}4\mu\text{m}$ 之间。

7. 如权利要求1中所述的液体喷射装置,其特征在于:

还包括对置电极,该对置电极具有与所述喷嘴的前端部对置的对置面,并且该对置电极支撑上述基体材料。

8. 如权利要求3中所述的液体喷射装置,其特征在于:

还包括对置电极,该对置电极具有与所述喷嘴的前端部对置的对置面,并且该对置电极支撑上述基体材料。

9. 如权利要求8中所述的液体喷射装置,其特征在于:

对上述多个喷嘴共同设置上述对置电极,以使与多个上述喷嘴的前端部对置。

10. 如权利要求3中所述的液体喷射装置,其特征在于:

对多个上述喷嘴共同设置上述喷射电压施加单元,以使对多个喷嘴中的每一个喷嘴内的上述溶液施加喷射电压。

液体喷射装置

技术领域

[0001] 本发明涉及对基体材料喷射液体的液体喷射装置。

背景技术

[0002] 作为使液滴喷射的技术,已知有利用从喷射喷嘴与成为接受喷射液滴的对象物的各种基体材料之间形成的电场接受的静电吸引力使之喷射的所谓的静电吸引方式的液滴喷射技术。

[0003] 即使在这样的领域的液滴喷射技术中,也在谋求喷射喷嘴直径的微细化(小于等于 $20 \sim 30 (\mu\text{m})$)的同时,利用在喷嘴前端部中由表面张力形成的溶液的半球状的隆起状态的顶点部上产生的电场集中效应,可使微小的液滴喷射(例如,参照专利文献1),这在以前是没有的。

[0004] 专利文献1:国际公开第03/070381号单行本。

[0005] 发明的公开

[0006] 发明打算解决的课题

[0007] 但是,在上述以前例中存在以下的问题。

[0008] 即,即使将喷射喷嘴的直径作成微细的直径也能顺利地进行喷射这一点,以在喷射喷嘴的前端部上形成由带了电的溶液产生的大致半球状的弯液面并由此得到电场集中的效果为前提。但是,另一方面,在持续地进行溶液的带电的情况下,产生电润湿效应,喷射喷嘴的前端面的润湿性提高,本应形成与喷射喷嘴的内径相等的弯液面,溶液却在喷射喷嘴的前端面上扩展,存在产生喷射不良、液滴直径的不稳定等的喷射性能的下降的问题。

[0009] 再者,在喷射喷嘴为超微细直径化(小于等于 $15 (\mu\text{m})$)的条件下喷射的情况下,可实现液滴的超微小化和由电场集中效应产生的喷射高效化(低电压喷射),但因液滴的微小化的缘故,瑞利分裂的电压极限值下降,因为接近于可喷射的电压值,故为了抑制液滴的雾化,要求电荷量的精密控制(参照图9)。

[0010] 对于该问题,因为具有不是电荷的注入的凸状弯液面形成单元的方式的喷射可减少喷射用的电荷量并在液滴的雾化的抑制方面具有效果,故即使实现喷嘴的微小化,也能避免精密控制。

[0011] 但是,即使将喷嘴与基板间的间隙扩大或高速喷射等定为主要因素,也存在容易产生液滴的雾化的趋势,对于这样的间隙扩大的要求,存在只利用弯液面形成不能充分地谋求处置的问题。

[0012] 此外,因为喷射喷嘴的直径是微细的,故在将包含带电的粒状物的溶液作为喷射对象物并持续地进行溶液的带电的情况下,存在喷射喷嘴内的溶液的粒状物过度集中于喷射喷嘴的前端侧而产生堵塞的问题。

[0013] 再者,在持续地进行溶液的带电的情况下,有时在接受喷射液滴的基体材料中产生带电,但在该情况下,存在下述问题:不满足喷射所需要的电位差而产生喷射不良,或因为所喷射的液滴是微小的,故产生喷射位置精度的下降。

[0014] 因此,本发明以解决下述的微小液滴喷射中的课题从而稳定地顺利地喷射微小液滴为第一目的,上述课题是:1) 在持续地进行溶液的带电的情况下,产生电润湿效应,喷射喷嘴的前端面的润湿性提高,溶液使应形成与喷射喷嘴的内径相等的弯液面的部位在喷射喷嘴的前端面上扩展,产生喷射不良及液滴直径的不稳定等的喷射性能的下降这样的课题,2) 液滴的雾化的进一步的控制,3) 喷射喷嘴内的溶液的粒状物过度集中于喷射喷嘴内而产生堵塞。

[0015] 此外,以谋求微小喷射液滴直径的稳定为第二目的。再者,以谋求喷射位置精度的提高为第三目的。

[0016] 用于解决课题的方法

[0017] 液体喷射装置通过具备下述部分来谋求课题的解决:液体喷射头,具有将带电溶液的液滴喷射到基体材料上且内部直径小于等于 $15\text{ }(\mu\text{m})$ 的喷嘴;喷射电压施加单元,对上述喷嘴内的溶液施加喷射电压;凸状弯液面形成单元,形成上述喷嘴内的溶液从该喷嘴隆起为凸状的状态;以及工作控制单元,控制驱动上述凸状弯液面形成单元的驱动电压的施加和喷射电压施加单元的喷射电压的施加,从而在与作为上述喷射电压施加单元的喷射电压的脉冲电压的施加重叠的时刻向上述凸状弯液面形成单元施加驱动电压。

[0018] 以下,在称呼喷嘴直径的情况下,假定表示喷射液滴的喷嘴的内部直径(喷嘴的进行喷射的部分的内部直径)。再有,喷嘴内的液体喷射孔的剖面形状不限定于圆形。例如,在液体喷射孔的剖面形状为多角形、星形等其它的形状的情况下,假定表示该剖面形状外接圆直径小于等于 $15\text{ }(\mu\text{m})$ 。

[0019] 此外,在称呼喷嘴半径的情况下,假定表示该喷嘴直径(喷嘴的内部直径)的 $1/2$ 的长度。

[0020] 在本发明中,所谓「基体材料」,表示接受所喷射的溶液的喷射液滴的对象物,在材质方面,不作特别限定。因而,例如在将上述结构应用于喷射打印机的情况下,所用的纸或片等的记录媒体相当于基体材料,在使用导电性膏进行电路的形成的情况下,应形成电路的基底相当于基体材料。

[0021] 在上述结构中,以基体材料的液滴接受面与喷嘴对置的方式相对地来配置。

[0022] 而且,在液体喷射头内供给溶液。在这样的状态下,工作控制单元以对由压电元件、静电传动器、发热电阻体等形成的凸状弯液面形成单元的驱动电压的施加与喷射电极的喷射电压的施加产生重复的方式进行两者的电压施加。

[0023] 此时,利用凸状弯液面形成单元在喷嘴中形成溶液隆起的状态(凸状弯液面)。为了形成这样的凸状弯液面,采取在液滴不从喷嘴洒落的范围内提高喷嘴内压力等的方法。

[0024] 此外,关于喷射电压,不是维持持续地上升的状态,而是利用瞬间地上升的脉冲电压进行施加。

[0025] 再有,关于对凸状弯液面形成单元的驱动电压和喷射电极的喷射电压,各自在单独的施加中是不喷射液滴的范围,设定为以进行两者的施加为开始喷射液滴的电位。由此,如果利用形成凸状弯液面的驱动电压在喷嘴中形成凸状弯液面,则溶液的液滴从凸状弯液面的突出前端部起对于基体材料的接受面在垂直方向上飞翔,在基体材料的接受面上形成溶液的点。

[0026] 再有,在本发明中,通过与进行对溶液的电压的施加的喷射电压施加单元分开地

具备用于形成凸状弯液面的凸状弯液面形成单元,与单独用喷射电压施加单元进行弯液面形成和在液滴喷射中需要的电压施加的情况比较,可谋求低电压化。

[0027] 再者,因为喷射电压是脉冲电压,故对溶液的喷射电压的施加时间是瞬间性的,在因电润湿效应产生溶液对喷射喷嘴周围的扩展之前可进行喷射。

[0028] 此外,因为对溶液的喷射电压的施加时间是瞬间性的,故可防止溶液中的粒状物朝向喷射喷嘴一侧的过度的集中,减少了堵塞。

[0029] 再者,因为对溶液的喷射电压的施加时间是瞬间性的,故可抑制基体材料一侧的带电,在可进行稳定的喷射的同时,即使是微小液滴,也可在既定的方向上飞翔。

[0030] 此外,利用凸状弯液面形成单元,可谋求伴随对喷射电极的施加电压减少的溶液的电荷量的减少,可谋求因瑞利引起的液滴的雾化的抑制。再者,在对喷射电极的脉冲电压施加中,利用脉冲宽度的调整,可谋求液滴的电荷量的最佳化。而且,利用电荷量的最佳化,即使是可喷射电压值与瑞利极限电压值接近的情况,也可谋求进一步的雾化的抑制,即使是谋求喷嘴与基板间的间隙扩大的情况或进行高速喷射的情况,也可抑制液滴的雾化。

[0031] 此外,上述的工作控制单元可在对喷嘴内的溶液的喷射电压施加之前或之后进行施加与喷射电压极性相反的电压的控制。

[0032] 即,在喷射电压施加之前进行与喷射电压极性相反的电压的施加的情况下,可抵消、减少因上次的喷射时的喷射电压施加引起的喷嘴的电润湿效应、溶液中的粒状物朝向喷射喷嘴一侧的过度的集中、在基体材料一侧的充电的影响来进行该喷射。

[0033] 此外,在喷射电压施加之后进行与喷射电压极性相反的电压的施加的情况下,可抵消、减少因该喷射时的喷射电压施加引起的喷嘴的电润湿效应、溶液中的粒状物朝向喷射喷嘴一侧的过度的集中、在基体材料一侧的充电的影响来进行下一次的喷射。

[0034] 此外,上述工作控制单元预先向上述凸状弯液面形成单元施加驱动电压,也在与上述喷射电压施加单元的喷射电压的施加重叠的时刻向上述凸状弯液面形成单元施加驱动电压。

[0035] 在上述结构中,先进行凸状弯液面形成单元的驱动电压的施加,在施加持续中进行对喷射电极的喷射电压的施加。

[0036] 由此,即使产生凸状弯液面形成单元的响应性的延迟,也可消除该问题。

[0037] 再者,由于在形成了凸状弯液面的状态下对喷射电极进行喷射电压的施加,故即使将喷射电压的脉冲宽度设定得较短,也可容易地与凸状弯液面形成单元的驱动电压谋求同步。

[0038] 此外,可在上述的喷射头上设置多个喷嘴的同时,在各个喷嘴中设置凸状弯液面形成单元。

[0039] 在喷射头上设置了多个喷嘴的情况下,如果打算接近地配置各喷嘴来谋求高集成化,则由于各喷嘴中的喷射电极的喷射电压的施加的缘故,在电场强度分布中产生因不均匀引起的交扰,容易产生喷射不稳定、点直径不均匀、喷射精度的下降,但在上述结构中,由于可利用凸状弯液面形成单元谋求喷射电压的下降,故可抑制交扰,也可实现多喷嘴的高集成化。

[0040] 发明的效果

[0041] 液体喷射装置通过与进行对溶液的电压的施加的喷射电压施加单元分开地具备

用于形成凸状弯液面的凸状弯液面形成单元,与单独用喷射电压施加单元进行弯液面形成和在液滴喷射中需要的电压施加的情况比较,可谋求低电压化。因而,不需要高电压的施加电路或装置的耐高压化,可谋求因部件数目的减少、结构的简化导致的生产性的提高。

[0042] 再者,通过将对喷射电压施加单元施加的喷射电压定为脉冲电压,对溶液的喷射电压的施加时间成为瞬间的,可在产生因电润湿效应引起的喷射喷嘴周围的溶液的扩展之前进行喷射,可抑制喷射不良,谋求液滴直径的稳定化。

[0043] 此外,因为对溶液的喷射电压的施加时间是瞬间性的,故可避免象持续地施加喷射电压的情况那样溶液中的粒状物朝向喷射喷嘴一侧的过度地集中的事态,可减少因粒状物引起的堵塞,可谋求顺利的喷射。

[0044] 再者,因为对溶液的喷射电压的施加时间是瞬间性的,故可抑制在持续地施加喷射电压的情况下产生的基体材料一侧的带电,可稳定地维持喷射中需要的电位差,可谋求因喷射不良的减少导致的喷射稳定性的提高。此外,由于抑制基体材料一侧的带电,故即使是微小液滴,也可稳定地在既定的方向上飞翔,可谋求喷射位置精度的提高。

[0045] 再者,可谋求因对于瑞利极限的凸状弯液面形成单元引起的雾化的抑制,利用基于对喷射电极的脉冲电压施加的电荷量的最佳化,可谋求进一步的雾化的抑制。因此,即使是谋求喷嘴与基板间的间隙扩大的情况或进行高速喷射的情况,也可抑制液滴的雾化。

[0046] 此外,在工作控制单元控制喷射电压施加单元在喷射电压的施加之后进行反极性的电压施加的情况下,可抵消因该喷射电压施加引起的电润湿效应、溶液中的带电粒状物朝向喷嘴一侧的集中和对充电的影响,可将下一次的喷射维持为良好的状态。

[0047] 此外,在喷射电压的施加之前进行反极性的电压施加的情况下,可抵消、除去因上次的喷射的喷射电压的施加引起的电润湿效应、溶液中的带电粒状物朝向喷嘴一侧的集中和对充电的影响,可将该喷射维持为良好的状态。

[0048] 此外,在与喷射电压施加单元的喷射电压的施加相比、工作控制单元先进行凸状弯液面形成单元的驱动电压的施加的情况下,可消除因凸状弯液面形成单元的驱动引起的在喷嘴中形成的凸状弯液面形成的延迟的影响。

[0049] 此外,由于对预先处于弯液面形成状态的溶液施加带电用的喷射电压,故容易谋求同步,其结果,与凸状弯液面形成单元的驱动电压相比,可将喷射电压的脉冲宽度设定得较短,可更有效地实现电润湿效应的抑制、溶液中的带电粒状物朝向喷嘴一侧的集中和充电的抑制。

[0050] 此外,在喷射头上设置多个喷嘴并在各个喷嘴中具备凸状弯液面形成单元的情况下,可谋求喷射电压的减少,由此,可抑制在各喷嘴间产生的交扰的影响。因而,与以往相比,能以更高的密度在喷射头上设置喷嘴,可谋求喷射头的喷嘴的高集成化。

[0051] 附图的简单的说明

[0052] 图 1 是沿第一实施形态的液体喷射装置的喷嘴的剖面图。

[0053] 图 2A 是示出喷嘴内流路的另一形状的例子的切去一部分的剖面图,示出在溶液室一侧设置了圆角的例子。

[0054] 图 2B 是示出喷嘴内流路的另一形状的例子的切去一部分的剖面图,示出将流路内壁面作成锥形圆周面的例子。

[0055] 图 2C 是示出喷嘴内流路的另一形状的例子的切去一部分的剖面图,示出组合了

锥形圆周面与直线状的流路的例子。

[0056] 图 3A 是示出溶液的喷射工作与对溶液施加的电压的关系的说明图, 示出不进行喷射的状态。

[0057] 图 3B 是示出溶液的喷射工作与对溶液施加的电压的关系的说明图, 示出喷射状态。

[0058] 图 4 是喷射电压与压电元件的驱动电压的时序图。

[0059] 图 5 是对喷射电极连续地施加喷射电压 (直流电压) 的比较例的时序图。

[0060] 图 6 是示出根据在某一个喷嘴中是否进行喷射对在喷射头的喷射一侧的前面产生的电场强度分布的影响的说明图。

[0061] 图 7 是示出将对溶液赋予喷射空压的压力发生器作为凸状弯液面形成单元的例子的结构图。

[0062] 图 8 是用来说明喷嘴的电场强度的计算作为本发明的实施形态而示出的图。

[0063] 图 9 是示出喷嘴的喷嘴直径与在弯液面部中喷射的液滴开始飞翔的喷射开始电压、该初始喷射液滴的瑞利极限下的电压值和喷射开始电压与瑞利极限电压值之比的关系的线图。

[0064] 图 10 是示出喷嘴直径与到对置电极为止的距离和最大电场强度的关系的图表。

[0065] 图 11 是示出喷嘴的喷嘴直径的弯液面部的最大电场强度与强电场区域的关系的线图。

[0066] 图 12A 是表示喷嘴直径与喷嘴前端部的强电场的区域的关系的曲线图。

[0067] 图 12B 示出图 12A 中的喷嘴直径为微小的范围内的放大图。

[0068] 图 13 是示出使用了对溶液赋予喷射空压的凸状弯液面形成单元的情况的空气压的大小与此时的最低喷射电压的关系的线图。

[0069] 图 14A 是示出驱动延迟时间与此时需要的喷射电极的施加电压值的关系的线图。

[0070] 图 14B 是示出随着施加发生空气压的驱动电压之后的经过时间变长在喷嘴前端部产生的弯液面的发生状态的变化的说明图。

[0071] 图 15 是示出喷嘴 - 基体材料间的间隔与最低喷射电荷量的关系的线图。

[0072] 图 16 是示出表示因本发明和比较例中的喷嘴 - 基体材料间的间隔引起的对液滴的雾化的影响的比较试验结果的图表。

[0073] 图 17 是分别示出了对喷射电极施加脉冲电压的情况和施加偏置电压的情况的喷射中需要的最低电压值的曲线图。

[0074] 图 18 是对喷射电极施加了脉冲电压的情况和施加了偏置电压的情况的比较试验, 是示出观察了喷嘴的小直径化和在喷嘴前端面上产生的电润湿效应的影响的结果的图表。

[0075] 图 19 是对喷射电极施加了脉冲电压的情况和施加了偏置电压的情况的比较试验, 是示出观察了喷嘴的小直径化和在喷嘴前端面上产生的堵塞的影响的结果的图表。

[0076] 用于实施发明的最佳形态

[0077] (液体喷射装置的整体结构)

[0078] 以下, 根据图 1 至图 6, 说明作为本发明的实施形态的液体喷射装置 20。图 1 是沿后述的喷嘴 21 的液体喷射装置 20 的剖面图。

[0079] 该液体喷射装置 20 具备：从其前端部喷射可带电的溶液的液滴的超微细直径的喷嘴 21；支撑在具有与喷嘴 21 的前端部对置的对置面的同时在该对置面上接受喷射液滴的基本材料 K 的对置电极 23；对喷嘴 21 内的流路 22 供给溶液的溶液供给单元 29；对喷嘴 21 内的溶液施加喷射电压的喷射电压施加单元 25；使喷嘴 21 内的溶液从该喷嘴 21 的前端部形成以凸状隆起的状态的凸状弯液面形成单元 40；以及控制凸状弯液面形成单元 40 的驱动电压的施加和喷射电压施加单元 25 的喷射电压的施加的工作控制单元 50。

[0080] 再有，在喷射头 26 上在同一平面上朝向同一方向的状态下设置了多个上述喷嘴 21。而且，伴随于此，在喷射头 26 上在各个喷嘴 21 中形成溶液供给单元 29，此外，也在喷射头 26 上在各个喷嘴 21 中设置了凸状弯液面形成单元 40，喷射电压施加单元 25 和对置电极 23 只是一个，对于各喷嘴 21 共同地使用。

[0081] 再有，在图 1 中，为了说明的方便起见，以喷嘴 21 的前端部朝向上方、在喷嘴 21 的上方配置了对置电极 23 的状态进行了图示，但实际上在喷嘴 21 朝向水平方向或与其相比朝向下方、更希望的是在朝向垂直下方的状态下使用。

[0082] 此外，利用相对地对喷射头 26 和基本材料 K 进行移动定位的未图示的定位单元分别运送喷射头 26 和基本材料 K，由此可使从喷射头 26 的各喷嘴 21 喷射的液滴可以喷射在基本材料 K 的表面的任意的位置上。

[0083] (喷嘴)

[0084] 上述各喷嘴 21 与后述的喷嘴板 26c 一体地形成，从该喷嘴板 26c 的平板面上垂直地竖立设置。此外，在喷射液滴时，各喷嘴 21 垂直地朝向基本材料 K 的接受面（液滴喷射的面）来使用。再者，在各喷嘴 21 中形成了从其前端部起沿喷嘴的中心贯通的喷嘴内流路 22。

[0085] 更详细地说明各喷嘴 21。各喷嘴 21 的前端部中的开口直径与喷嘴内流路 22 是一致的，如上所述，用超微细直径来形成这些部分。如果举出具体的各部分的尺寸的一例，则喷嘴内流路 22 的内部直径小于等于 15 (μm)、进而小于等于 10 (μm)、进而小于等于 8 (μm)、进而小于等于 4 (μm) 是较为理想的，在本实施形态中，将喷嘴内流路 22 的内部直径设定为 1 (μm)。而且，将喷嘴 21 的前端部中的外部直径设定为 2 (μm)、将喷嘴 21 的根部的直径设定为 5 (μm)、将喷嘴 21 的高度设定为 100 (μm)，将其形状形成为非常接近于圆锥形的圆锥梯形。此外，喷嘴的内部直径最好比 0.2 (μm) 大。再有，喷嘴 21 的高度可以是 0 (μm)。即，用与其周围的平面相同的高度形成喷嘴 21，可以在平坦面上只形成喷射口，只形成在喷射口与溶液室 24 间通过的喷嘴内流路 22。但是，在将高度定为 0 (μm) 时，希望用绝缘性材料形成设置了喷嘴 21 的喷射侧开口部的喷射头 26 的端面一侧或在端面上设置绝缘性覆盖膜。

[0086] 再有，可不将喷嘴内流路 22 的形状形成为图 1 中示出的那样的内径恒定的直线状。例如，如图 2A 中所示，可带有圆角地形成喷嘴内流路 22 的后述的溶液室 24 一侧的端部的剖面形状。此外，如图 2B 中所示，也可将喷嘴内流路 22 的后述的溶液室 24 一侧的端部中的内径设定得比喷射侧端部中的内径大，将喷嘴内流路 22 的内面形成为锥形周面形状。再者，如图 2C 中所示，也可只将喷嘴内流路 22 的后述的溶液室 24 一侧的端部形成为锥形周面形状，同时将与该锥形周面相比靠近喷射端部的一侧形成为内径恒定的直线状。

[0087] (溶液供给单元)

[0088] 各溶液供给单元 29 具备：溶液室 24，处于液体喷射头 26 的内部，设置在对应的喷嘴 21 的基端部一侧，同时与喷嘴内流路 22 连通；供给路 27，将溶液从未图示的外部的溶液容器引导到溶液室 24 中；以及未图示的供给泵，对溶液室 24 的溶液赋予供给压力。

[0089] 上述供给泵供给溶液直到喷嘴 21 的前端部，在凸状弯液面形成单元 40 的非工作时且在喷射电压施加单元 25 的非工作时，维持不会从各喷嘴 21 的前端部出到外部的范围（不形成凸状弯液面的范围）的供给压力，进行溶液的供给。

[0090] 再有，所谓上述的供给泵，也包含利用因液体喷射头 26 与供给容器的配置位置引起的差压的情况，也可不另外设置溶液供给单元而只用溶液供给路来构成。虽然也依据泵系统的设计，但基本上在开始时在对液体喷射头 26 供给溶液时工作，从液体喷射头 26 喷射液体，与其对应的溶液的供给谋求由毛细管和凸状弯液面形成单元引起的液体喷射头 26 内的容积变化和供给泵的各压力的最佳化来实施溶液的供给。

[0091] （喷射电压施加单元）

[0092] 喷射电压施加单元 25 具备：处于液体喷射头 26 的内部并设置在溶液室 24 与喷嘴内流路 22 的边界位置上的喷射电压施加用的喷射电极 28；以及施加瞬间地上升的脉冲电压作为对该喷射电极 28 的喷射电压的脉冲电压电源 30。虽然在后面叙述其细节，但喷射头 26 具备形成各喷嘴 21 的层和形成各溶液室 24 和供给路 27 的层，在这些层的边界的整个面上设置了喷射电极 28。由此，单一喷射电极 28 与全部的溶液室 24 的溶液接触，通过对单一喷射电极 28 施加喷射电压，可使引导到全部的喷嘴 21 中的溶液带电。

[0093] 将脉冲电压电源 30 的喷射电压的值设置成能够在利用凸状弯液面形成单元 40 在喷嘴 21 的前端部形成了溶液的凸状弯液面的状态下施加进行喷射的范围的电压。

[0094] 理论上可利用下式（1）求出利用脉冲电压电源 30 进行施加的喷射电压。

[0095] （数学式 1）

$$[0096] h \sqrt{\frac{\gamma\pi}{\epsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma k d}{2 \epsilon_0}} \quad (1)$$

[0097] 其中， γ ：溶液的表面张力（N/m）， ϵ_0 ：真空的介电常数（F/m），d：喷嘴直径（m），h：喷嘴 - 基体材料间距离（m），k：依存于喷嘴形状的比例常数（ $1.5 < k < 8.5$ ）。

[0098] 再有，上述条件是理论值，实际上也可进行在凸状弯液面形成时和非形成时的试验，求出适当的电压值。

[0099] 在本实施形态中，作为一例，将喷射电压定为 400（V）。

[0100] （液体喷射头）

[0101] 液体喷射头 26 在图 1 中位于最下层，具备：由具有可挠性的材料（例如金属、硅、树脂等）构成的可挠基层 26a；在该可挠基层 26a 的整个上面形成的由绝缘材料构成的绝缘层 26d；形成位于其上的溶液的供给路的流路层 26b；以及在该流路层 26b 之上形成的喷嘴板 26c，在流路层 26b 与喷嘴板 26c 之间插入了所述喷射电极 28。

[0102] 上述可挠基层 26a，如上所述，只要是具有可挠性的材料即可，例如，可使用金属薄板。之所以这样地要求可挠性，是由于在可挠基层 26a 外面且在与溶液室 24 对应的位置上设置后述的凸状弯液面形成单元 40 的压电元件 41，使可挠基层 26a 挠曲。即，对压电元件 41 施加既定的电压，通过使可挠基层 26a 在上述位置上在内侧或外侧的某一侧凹陷使溶液

室 24 的内部容积缩小或增加, 利用内压变化, 可在喷嘴 21 的前端部形成溶液的凸状弯液面或将液面引向内侧。

[0103] 在可挠基层 26a 的上面以膜状形成绝缘性高的树脂, 形成绝缘层 26d。将这样的绝缘层 26d 形成得充分地薄或使用更容易变形的树脂材料, 以免妨碍可挠基层 26a 凹陷。

[0104] 而且, 在绝缘层 26d 上形成可溶解的树脂层, 同时只留下与用于形成供给路 27 和溶液室 24 的既定的图案对应的部分而除去其它的部分, 在该残存部以外的被除去的部分上形成绝缘树脂层。该绝缘树脂层成为流路层 26b。而且, 在该绝缘树脂层的上面以面状扩展地利用导电材料(例如 NiP)的镀覆形成喷射电极 28, 再从其上起形成绝缘性的抗蚀剂树脂层或聚对亚苯基二甲基层。由于该抗蚀剂树脂层成为喷嘴板 26c, 故以考虑了喷嘴 21 的高度的厚度来形成该树脂层。然后, 利用电子束法或飞 (10^{-15}) 秒激光器对该绝缘性的抗蚀剂树脂层进行曝光, 形成喷嘴形状。也利用激光器加工形成喷嘴内流路 22。然后, 除去与供给路 27 和溶液室 24 的图案对应的可溶解的树脂层, 开通该供给路 27 和溶液室 24, 完成液体喷射头 26。

[0105] 再有, 喷嘴板 26c 和喷嘴 21 的材料具体地说, 除了环氧树脂、PMMA、苯酚、碱石灰玻璃、石英玻璃等的绝缘材料外, 可以是 Si 那样的半导体、Ni、SUS 等那样的导体。但是, 在利用导体形成喷嘴板 26c 和喷嘴 21 的情况下, 希望至少对于喷嘴 21 的前端部中的前端部端面、更希望对于前端部中的周面设置绝缘材料的覆盖膜。这是因为, 通过由绝缘材料形成喷嘴 21 或在其前端部表面上形成绝缘材料的覆盖膜, 在对于溶液施加喷射电加时, 可有效地抑制从喷嘴前端部向对置电极 23 的电流的漏泄。

[0106] 此外, 尽管进行了绝缘处理, 在各喷嘴 21 的前端面对于所使用的溶液润湿性高的情况下, 希望对该前端部进行疏水处理。这是因为, 可使在喷嘴 21 的前端部形成的凸状弯液面的曲率半径在任何时候都成为更接近于喷嘴直径的值。

[0107] 此外, 包含喷嘴 21 在内喷嘴板 26c 可具有疏水性(例如, 用含有氟的树脂来形成喷嘴板 26c), 也可在喷嘴 21 的表层形成具有疏水性的疏水膜(例如, 在喷嘴板 26c 的表面上形成金属膜, 再在该金属膜上形成由该金属与疏水性树脂的共析镀形成的疏水层)。在此, 所谓疏水性, 是对液体不沾的性质。此外, 通过选择与液体对应的疏水处理方法, 可控制喷嘴板 26c 的疏水性。作为疏水处理方法, 有阳离子或阴离子的含氟树脂的电着、氟高分子、硅酮树脂、聚二甲基硅氧烷的涂敷、烧结法、氟高分子的共析镀法、非晶合金薄膜的蒸镀法和使以通过利用等离子 CVD 法对作为单体的六甲基二硅氧烷进行等离子聚合形成的聚二甲基硅氧烷为中心的有机硅化合物或含有氟的硅化合物等的膜附着的方法。

[0108] (对置电极)

[0109] 对置电极 23 具备与喷嘴 21 的突出方向垂直的对置面, 以沿这样的对置面的方式进行基体材料 K 的支撑。从喷嘴 21 的前端部到对置电极 23 的对置面为止的距离小于等于 500 (μm) 较为理想, 小于等于 100 (μm) 更为理想, 作为一例, 设定为 100 (μm)。

[0110] 此外, 由于该对置电极 23 接地, 故常时地维持接地电位。因而, 将利用喷嘴 21 的前端部与对置面之间产生的电场的静电力喷射的液滴引导(感应)到对置电极 23 一侧。

[0111] 再有, 因为液体喷射装置 20 通过由喷嘴 21 的超微细化引起的该喷嘴 21 的前端部中的电场集中提高电场强度来喷射液滴, 故即使没有因对置电极 23 引起的感应, 也可喷射液滴, 但能进行由喷嘴 21 与对置电极 23 之间的静电力引起的感应是所希望的。此外, 利用

对置电极 23 的接地,也可使带了电的液滴的电荷散逸。

[0112] (凸状弯液面形成单元)

[0113] 各凸状弯液面形成单元 40 具备:在作为液体喷射头 26 的可挠基层 26a 的外侧面(图 1 中的下面)上且在与溶液室 24 对应的位置上设置的压电元件的压电元件 41;以及为了使该压电元件 41 变形而施加瞬间地上升的驱动脉冲电压的驱动电压电源 42。

[0114] 将上述压电元件 41 安装在该可挠基层 26a 上,以便接受驱动脉冲电压的施加使可挠基层 26a 在内侧或外侧的某一侧凹陷的方向上产生变形。

[0115] 驱动电压电源 42 利用工作控制单元 50 的控制,为了使喷嘴内流路 22 内的溶液在喷嘴 21 的前端部中从未形成凸状的弯液面的状态(参照图 3A)成为形成凸状的弯液面的状态(参照图 3B)而输出用于使压电元件 41 造成适当的溶液室 24 的容积的减少的适当的值的驱动脉冲电压(例如,10 (V))。

[0116] (溶液)

[0117] 用上述液体吐出装置 20 进行吐出的溶液的例子可以列举:无机液体:水、 COCl_2 、 HBr 、 HNO_3 、 H_3PO_4 、 H_2SO_4 、 SOCl_2 、 SO_2Cl_2 、 FSO_3H 等。有机液体:甲醇、n-丙醇、异丙醇、n-丁醇、2-甲基-1-丙醇、tert-丁醇、4-甲基-2-戊醇、苄醇、 α -松油醇、乙二醇、丙三醇、二甘醇、三甘醇等的醇类;苯酚、o-甲酚、m-甲酚、p-甲酚等的苯酚类;二噁烷、糠醛、乙二醇二甲醚、甲基溶纤剂、乙基溶纤剂、丁基溶纤剂、乙基卡必醇二、丁基卡必醇、丁基卡必醇乙酸酯、表氯醇等的醚类;丙酮、甲基乙基酮、2-甲基-4-戊酮、苯乙酮等的酮类;甲酸、乙酸、二氯乙酸、三氯乙酸等的脂肪酸类;甲酸甲酯、甲酸乙酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸异丁酯、乙酸-3-甲氧基丁酯、乙酸正戊酯、丙酸乙酯、乳酸乙酯、苯甲酸甲酯、丙二酸二乙酯、邻苯二甲酸二甲酯、苯二甲酸二乙酯、碳酸二乙酯、碳酸乙烯酯、碳酸丙烯酯、乙酸溶纤剂、二甘醇一丁醚乙酸酯、乙酰乙酸乙酯、氰基乙酸甲酯、氰基乙酸乙酯等的酯类;硝基甲烷、硝基苯、乙腈、丙腈、丁二腈、戊腈、卡腈、乙胺、二乙胺、乙二胺、苯胺、N-甲基苯胺、N,N-二甲基苯胺、o-甲基苯胺、p-甲基苯胺、哌啶、吡啶、 α -甲基吡啶、2,6-二甲基吡啶、喹啉、丙二胺、甲酰胺、N-甲基甲酰胺、N,N-二甲基甲酰胺、N,N-二乙基甲酰胺、乙酰胺、N-甲基乙酰胺、N-甲基丙酰胺、N,N,N',N'-四甲基尿素、N-甲基吡咯烷酮等的含氮化合物类;二甲亚砜、环丁砜等的含硫化合物类;苯、p-甲基异丙基甲苯、萘、环己基苯、环己烯等的烃类;1,1-二氯乙烷、1,2-二氯乙烷、1,1,1-三氯乙烷、1,1,1,2-四氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、五氯乙烷、1,2-二氯乙烯(cis-)、四氯乙烯、2-氯丁烷、1-氯-2-甲基丙烷、2-氯-2-甲基丙烷、溴甲烷、三溴甲烷、1-溴丙烷等的卤代烃类。此外,也可以将上述液体的两种以上进行混合作为溶液使用。

[0118] 此外,当以含有大量高导电率物质(银粉等)的导电性浆作为溶液使用,进行吐出时,对于上述液体中溶解或分散的目的物质,除使喷嘴发生堵塞的粗大粒子外,没有特别限定。作为 PDP、CRT、FED 等的荧光体,可使用现有公知的东西,没有特别限制。例如可以列举:红色荧光体:(Y, Gd) BO_3 :Eu、 YO_3 :Eu 等;绿色荧光体: Zn_2SiO_4 :Mn、 $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}$:Mn、(Ba, Sr, Mg) $\text{O} \cdot \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$:Mn 等;蓝色荧光体: $\text{BaMgAl}_{14}\text{O}_{23}$:Eu、 $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$:Eu 等。为了使上述目的物质强力粘接在记录介质上,优选添加各种粘合剂。作为能使用的粘合剂可列举例如:乙基纤维素、甲基纤维素、硝基纤维素、醋酸纤维素、羟乙基纤维素等的纤维素及其衍生物;醇酸树脂、?、聚甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸-2-乙基己酯·甲基丙烯酸共聚物、甲基丙烯酸月

桂酯·甲基丙烯酸-2-羟乙酯共聚物等的(甲基)丙烯酸树脂及其金属盐;聚N-异丙基丙烯酰胺、聚N,N-二甲基丙烯酰胺等的聚(甲基)丙烯酰胺树脂;聚苯乙烯、丙烯腈·苯乙烯共聚物、苯乙烯·马来酸共聚物、苯乙烯·异戊二烯共聚物等的苯乙烯类树脂;苯乙烯·甲基丙烯酸正丁酯共聚物等的苯乙烯·丙烯酸树脂;饱和、不饱和的各类聚酯树脂;聚丙烯等的聚烯烃类树脂;聚氯乙烯、聚偏氯乙烯等的卤化聚合物;聚醋酸乙烯酯、氯化乙烯·醋酸乙烯共聚物等的乙烯类树脂;聚碳酸酯树脂;环氧类树脂;聚氨酯类树脂;聚乙烯醇缩甲醛、聚乙烯醇缩丁醛、聚乙烯醇缩醛等的聚缩醛树脂;乙烯·醋酸乙烯酯共聚物、乙烯·丙烯酸乙酯共聚物树脂等的聚乙烯类树脂;苯并胍胺等的酰胺类树脂;尿素树脂;三聚氰胺树脂;聚乙烯醇树脂及其阴离子阳离子变性;聚乙烯吡咯烷酮及其共聚物;聚氧乙烯、羧基化聚氧乙烯等的烯化氧均聚物、共聚物及交联体;聚乙二醇、聚丙二醇等的聚亚烷基二醇;聚醚多元醇;SBR、NBR乳胶液;糊精;海藻酸钠;凝胶及其衍生物、酪蛋白、木槿根、黄蓍胶、苦参多糖、阿拉伯树胶、刺槐豆胶、愈疮胶、果胶、角叉菜胶、骨胶、清蛋白、各种淀粉类、玉米淀粉、蒟蒻、海萝属、琼脂、大豆蛋白等的天然或半合成树脂;萜烯树脂;松香及松香脂;聚乙烯甲醚、聚乙烯亚胺、聚苯乙烯磺酸、聚乙烯磺酸等。这些树脂,不仅仅是作为均聚物,也可在相溶范围内混合使用。

[0119] 在将液体喷射装置20作为构图方法使用的情况下,作为代表性的用途,可使用于显示器用途。具体地说,可举出等离子显示器的荧光体的形成、等离子显示器的肋条的形成、等离子显示器的电极的形成、CRT的荧光体的形成、FED(场发射型显示器)的荧光体的形成、FED的肋条的形成、液晶显示器用滤色层(RGB着色层、黑底层)、液晶显示器用衬垫(与黑底对应的图案、点图案)等。这里所谓的肋条,一般来说意味着障壁,如果以等离子显示器为例,则用于分离各色的等离子区域。作为其它的用途,可应用于微透镜、作为半导体用途,可应用于磁性体、强电介质、导电性膏(布线、天线)等的构图涂敷、作为绘图用途,可应用于通常印刷、对特殊媒体(膜、布、钢板等)的印刷、曲面印刷、各种印刷版的制版、作为加工用途,可应用于粘接材料、密封材料等的使用了本发明的涂敷、作为生物、医疗用途,可应用于医疗品(混合多种微量的成分那样的医疗品)、遗传因子诊断用试剂等的涂敷等。

[0120] (工作控制单元)

[0121] 工作控制单元50实际上是具有包含CPU51、ROM52、RAM53等的运算装置的结构,通过对这些部分输入既定的程序,实现下述中示出的功能的结构,同时执行后述的工作控制。

[0122] 上述工作控制单元50进行各凸状弯液面形成单元40的脉冲电压电源42的脉冲电压输出控制和喷射电压施加单元25的脉冲电压电源30的脉冲电压输出控制。

[0123] 首先,工作控制单元50的CPU51根据ROM52中存储的电源控制程序,在进行溶液的喷射的情况下,先使成为对象的凸状弯液面形成单元40的脉冲电压电源42工作,成为脉冲电压输出状态,其后,进行喷射电压施加单元25的脉冲电压电源30的成为脉冲电压输出状态的控制。此时,将作为先工作的凸状弯液面形成单元40的驱动电压的脉冲电压控制成与喷射电压施加单元25的脉冲电压重复(参照图4)。然后,在该重复的时刻喷射液滴。

[0124] 此外,工作控制单元50在作为喷射电压施加单元25的喷射电压的以矩形上升的脉冲电压的施加之后进行输出反极性的电压的控制。该反极性的电压是比脉冲电压的非施加时低的电位,显示以矩形塌陷的波形。

[0125] (由液体喷射装置进行的微小喷射液滴工作)

[0126] 利用图 1、图 3A、图 3B 和图 4 进行液体喷射装置 20 的工作说明。图 3A 是凸状弯液面形成单元 40 中的工作说明图，示出了驱动电压的非施加时，图 3B 示出了驱动电压的施加时。图 4 示出喷射电压和压电元件 41 的驱动电压的时序图。再有，在图 4 的最上部示出了没有凸状弯液面形成单元 40 的情况下需要的喷射电压电位，在最下部示出了伴随各施加电压的施加的喷嘴 21 的前端部的溶液的状态变化。

[0127] 由于溶液供给单元 29 的供给泵的缘故，处于对各喷嘴内流路 22、溶液室 24 和喷嘴 21 供给了溶液的状态。然后，如果工作控制单元 50 从外部接受例如使某一个喷嘴 21 喷射溶液的指令，则首先对于喷嘴 21 的凸状弯液面形成单元 40，从脉冲电压电源 42 对其压电元件 41 施加作为脉冲电压的驱动电压。由此，在该喷嘴 21 的前端部中，从图 3A 的状态转移到图 3B 的凸状弯液面形成状态以便压出溶液。

[0128] 在这样的转移过程中，工作控制单元 50 对于喷射电压施加单元 25，从脉冲电压电源 30 对喷射电极 28 施加作为脉冲电压的喷射电压。

[0129] 如图 4 中所示，将凸状弯液面形成单元 40 的驱动电压和比其延迟地施加的喷射电压施加单元 25 的喷射电压控制成两者的上升状态在时间上重复。因此，在凸状弯液面形成状态下溶液带电，利用在凸状弯液面的前端部中产生的电场集中效应，使微小液滴飞翔。

[0130] (液体喷射装置的效果说明)

[0131] 因为液体喷射装置 20 除了进行对溶液的喷射电压的施加的喷射电压施加单元 25 以外还具备凸状弯液面形成单元 40，故与单独用喷射电压施加单元 25 进行弯液面形成和在液滴喷射中需要的电压施加的情况相比，可谋求低电压化。因而，不需要高电压的施加电路或装置的耐高压化，可谋求因部件数目的减少及结构的简化导致的生产性的提高。

[0132] 再者，因为将对喷射电极 28 的喷射电压定为脉冲电压，故可缩短其电压施加时间。图 5 示出对喷射电极连续地施加喷射电压（直流电压）的比较例的时序图。在这样的图 5 的例子中，持续地施加与对喷射电极 28 施加的脉冲电压的上升状态的电位相等的电位的直流电压。

[0133] 与上述比较例相比，在本实施形态中，对溶液的喷射电压的施加时间是瞬间性的，在产生因带了电的液体中产生的电润湿效应引起的喷嘴 21 的前端面中的溶液的扩展之前可进行喷射，可抑制喷射不良，谋求液滴直径的稳定化。

[0134] 此外，因为对溶液的喷射电压的施加时间是瞬间性的，故可避免如比较例那样持续地施加喷射电压的情况下产生的基体材料 K 一侧的带电，可稳定地维持喷射中需要的电位差，可谋求因喷射不良的减少导致的喷射稳定性的提高。此外，由于抑制基体材料一侧的带电，故即使是微小液滴，也可稳定地在既定的方向上飞翔，可谋求喷射位置精度的提高。

[0136] 再者，工作控制单元 50 通过在喷射电压施加单元 25 的脉冲电压的施加时刻之前先进行凸状弯液面形成单元 40 中的脉冲电压的施加，可消除因凸状弯液面形成单元 40 的驱动引起的在喷嘴 21 的前端部中形成的凸状弯液面形成的延迟的影响。

[0137] 此外，对预先处于弯液面形成状态的溶液施加带电用的喷射电压，故容易谋求同

步,其结果,与对于压电元件的驱动电压的脉冲宽度相比,可将对喷射电极的脉冲电压的脉冲宽度设定得较短。因此,在电润湿效应的抑制、溶液中的带电粒状物朝向喷嘴前端部一侧的集中的抑制和充电的抑制中更有贡献。

[0138] 此外,因为工作控制单元 50 在对喷射电极 28 的喷射电压的施加之后立刻进行反极性的电压施加,故可抵消因该喷射电压施加引起的电润湿效应、溶液中的带电粒状物朝向喷嘴前端部一侧的集中和对充电的影响,可将下一次的喷射维持为良好的状态。

[0139] 再有,在本实施形态中,在喷射电压的施加之后立刻进行了反极性的电压施加,但也可在喷射电压的施加之前进行反极性的电压施加。在该情况下,可减少、除去因上次的喷射的喷射电压的施加引起的电润湿效应、溶液中的带电粒状物朝向喷嘴一侧的集中和对充电的影响,可将该喷射维持为良好的状态。

[0140] 根据图 6 说明在具备多个喷嘴的液体喷射头 26 中固有的凸状弯液面形成单元 40 的效果。图 6 是示出根据在某一个喷嘴 21 中是否进行喷射对在喷射头 26 的喷射侧前面产生的电场强度分布的影响的说明图。P1 表示除图示了的三个喷嘴 21 内的正中间的喷嘴外进行喷射的情况的电场强度分布, P2 表示在全部的喷嘴 21 中进行喷射的情况的电场强度分布。再有,假定由 P1、P2 表示的电场强度随着朝向图的上方而提高。

[0141] 首先,在只是正中间的喷嘴 21 不进行喷射的情况下,电场强度分布是这样的,对于不进行喷射的中央的位置,电场强度降低。如果产生这样的分布,则在两侧的喷嘴 21 中,在该喷嘴 21 的左右两侧就产生电场强度的差,已喷射的液滴不是直接行进,而是分别在左右两侧扩展的方向上进行喷射。此外,从不打算进行喷射的中央的喷嘴 21 接受引出溶液的力,有时在喷嘴 21 前端产生溶液漏泄。

[0142] 其次,在用全部的喷嘴 21 进行喷射的情况下,电场强度是一样的,但与在近邻存在不进行喷射的喷嘴 21 的情况相比,成为电场强度一样地过高的状态。因此,从各喷嘴 21 喷射的液滴的直径变大,在喷射直径方面有时产生偏差。

[0143] 这样,在安装多个喷嘴 21 的喷射头 26 中,将因进行喷射的喷嘴与不进行喷射的喷嘴引起的电场强度的不均衡状态称为交扰,喷射电压越高且各喷嘴 21 越密集,就越显著地发生该影响。而且,该交扰成为在利用静电吸引力的喷射头整体中多喷嘴的高集成化的妨碍。

[0144] 在液体喷射装置 20 中,具备凸状弯液面形成单元 40,由于作成了不是用静电吸引力而是用压电元件等的传动器进行凸状弯液面的形成的结构,故可谋求相应的喷射电压的减少,其结果,可减少交扰的影响,可谋求在使多个喷嘴 21 接近的状态下具备的喷射头的高集成化。

[0145] 特别是,由于在上述的喷射头 26 中关于各喷嘴 21 共用单一喷射电极 28,故可有效地消除各个喷嘴 21 的电场强度分布中的差异,进一步减少交扰的影响,可谋求多个喷嘴 21 的进一步的高集成化。

[0146] (其它)

[0147] 上述凸状弯液面形成单元并不限于使用压电元件的单元,当然也可以是在保持溶液的同时利用其液压变化在喷嘴 21 的前端部形成凸状弯液面的其它的单元。

[0148] 例如,如图 7 中所示,也可作成将在能从喷嘴喷射的密闭容器内保持溶液并对该溶液赋予喷射空压的压力发生器 40A 作为凸状弯液面形成单元来设置的结构。再有,在该

图 7 中示出的喷射头中, 关于喷嘴形状、各部的尺寸、材质等, 与上述的喷射头 26 是同样的。 [0149] 再有, 作为在以上的说明中记载了的脉冲电压的波形, 例示了矩形波, 但也可适当地使用其它的形态的波形的脉冲电压。例如, 可以是三角波或梯形波、圆形波、正弦波等的形态或脉冲波形的上升的波形与下降的波形呈非对称的波形或不同的形态的脉冲电压。此外, 这一点在以下的记载中也是同样的。

[0150] (由微小喷嘴引起的微小液滴喷射的理论说明)

[0151] 以下进行本发明的液体喷射的理论说明和基于该理论的基本例的说明。再有, 以下说明的理论和基本例中的喷嘴的结构、各部的材料和喷射液体的特性、在喷嘴周围附加的结构、关于喷射工作的控制条件等全部的内容, 只要可能, 当然可适用于上述的各实施形态。

[0152] (施加电压下降和微小液滴量的稳定喷射实现的方案)

[0153] 以前认为, 超过由以下的条件式确定的范围就不可能喷射液滴。

[0154] (数学式 2)

$$[0155] d < \frac{\lambda_c}{2} \quad (2)$$

[0156] λ_c 是用于利用静电吸引力可进行来自喷嘴前端部的喷射液滴的溶液液面中的生长波长 (m), 用 $\lambda_c = 2\pi\gamma h^2 / \epsilon_0 V^2$ 来求出。

[0157] (数学式 3)

$$[0158] d < \frac{\pi \gamma h^2}{\epsilon_0 V^2} \quad (3)$$

[0159] (数学式 4)

$$[0160] V < h \sqrt{\frac{\pi \gamma}{\epsilon_0 d}} \quad (4)$$

[0161] 本发明中, 再次考察在静电吸引型喷射方式中的喷嘴的作用, 在以前作为不可能喷射而未试验的领域中, 通过利用 Maxwell 力等, 可形成微小液滴。

[0162] 以下叙述导出近似地表示用于这样的驱动电压下降和微小量喷射实现的方案的喷射条件等。

[0163] 以下的说明可适用于在上述各本发明的实施形态中说明了的液体喷射装置。

[0164] 现在, 假定在内径 d 的喷嘴中注入导电性溶液, 垂直地位于从作为基体材料的无限平板导体算起为 h 的高度上。在图 8 中示出该状况。此时, 在喷嘴前端部上感应的电荷假定集中于喷嘴前端的半球部, 用以下的式近似地表示。

[0165] (数学式 5)

$$[0166] Q = 2\pi\epsilon_0\alpha Vd \quad (5)$$

[0167] 在此, Q :在喷嘴前端部上感应的电荷 (C), ϵ_0 :真空的介电常数 (F/m), α :基体材料的介电常数 (F/m), h :喷嘴-基体材料间距离 (m), d :喷嘴内部的直径 (m), V :对喷嘴施加的总电压 (V)。 α :是依存于喷嘴形状等的比例常数, 取约 1 ~ 1.5 的值, 特别是在 $d << h$ 时, 大致约为 1。

[0168] 此外,在作为基体材料的基板是导体基板的情况下,在表面附近感应出抵消因电荷 Q 引起的电位的反电荷,根据该电荷分布,可认为与在基板内的对称位置上感应出具有相反的符号的镜像电荷 Q' 的状态等效。此外,在基板是绝缘体的情况下,在基板表面上因极化在表面一侧感应出反电荷,可认为与在由介电常数确定的对称位置上同样地感应出相反符号的映像电荷 Q' 的状态等效。

[0169] 但是,如果将凸状弯液面前端部的曲率半径假定为 R (m),则喷嘴前端部中的凸状弯液面的前端部的电场强度 E_{loc} (V/m) 由下式来给出。

[0170] (数学式 6)

$$[0171] E_{loc} = \frac{V}{kR} \quad (6)$$

[0172] 在此, k : 是比例常数, 根据喷嘴形状等不同而不同, 但取约 $1.5 \sim 8.5$ 的值, 在大多数的情况下, 可认为约为 5。(P. J. Birdseye and D. A. Smith, Surface Science, 23 (1970) 198-210)。

[0173] 为了简单起见, 假定 $d/2 = R$ 。这相当于在喷嘴前端部中因表面张力导电性溶液以具有与喷嘴的半径相同的半径的半球形状隆起的状态。

[0174] 考虑对喷嘴前端的液体起作用的压力的平衡。首先, 如果假定喷嘴前端部的液面面积为 S (m^2), 则静电的压力如下式所示。

[0175] (数学式 7)

$$[0176] P_e = \frac{Q}{S} E_{loc} \approx \frac{Q}{\pi d^2 / 2} E_{loc} \quad (7)$$

[0177] 根据 (5)、(6)、(7), 定为 $\alpha = 1$, 静电的压力如下式所示。

[0178] (数学式 8)

$$[0179] P_e = \frac{2\epsilon_0 V}{d/2} \cdot \frac{V}{k \cdot d/2} = \frac{8\epsilon_0 V^2}{k \cdot d^2} \quad (8)$$

[0180] 另一方面, 如果将喷嘴前端部的液体的表面张力定为 P_s , 则静电的压力如下式所示。

[0181] (数学式 9)

$$[0182] P_s = \frac{4\gamma}{d} \quad (9)$$

[0183] 在此, γ : 表面张力 (N/m)。

[0184] 利用静电的力引起液体的喷射的条件是静电的力超过表面张力的条件, 故成为下式。

[0185] (数学式 10)

$$[0186] P_e > P_s \quad (10)$$

[0187] 通过使用充分地小的直径 d , 可使静电的压力超过表面张力。如果根据该关系式求出 V 与 d 的关系, 则下式给出喷射的最低电压。

[0188] (数学式 11)

[0189] $V > \sqrt{\frac{\gamma kd}{2\epsilon_0}}$ (11)

[0190] 即,根据式(4)和式(11),下式的V成为本发明的工作电压。

[0191] (数学式12)

[0192] $h \sqrt{\frac{\gamma \pi}{\epsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma kd}{2\epsilon_0}}$ (1)

[0193] 对于某个内径d的喷嘴,在上述的图9中示出喷射极限电压Vc的依存性。根据该图,如果考虑因微细喷嘴引起的电场的集中效应,则可明白,喷射开始电压伴随喷嘴直径的减少而下降。

[0194] 关于以前的对电场的考虑方法。即,在只考虑由对喷嘴施加的电压和对置电极间的距离定义的电场的情况下,伴随喷嘴变得微细化,在喷射中必要的电压增加。另一方面,如果着眼于局部电场强度,则随着喷嘴的微细化,可降低喷射电压。

[0195] 关于由静电吸引引起的喷射,喷嘴端部中的液体(溶液)的带电是基本的。可认为带电的速度约为由介电缓和决定的时间常数。

[0196] (数学式13)

[0197] $\tau = \frac{\epsilon}{\sigma}$ (12)

[0198] 在此, ϵ :基体材料的介电常数(F/m), σ :溶液的导电率(S/m)。如果假定溶液的相对介电常数为10、导电率为 10^{-6} S/m,则 $\tau = 1.854 \times 10^{-5}$ 秒。或者,如果将临界频率定为fc(Hz),则成为下式。

[0199] (数学式14)

[0200] $f_c = \frac{\sigma}{\epsilon}$ (13)

[0201] 对于比该fc快的频率的电场的变化,可认为不能响应,不能喷射。如果关于上述的例子来估计,则作为频率约为10kHz。此时,在喷嘴半径为 $2\mu m$ 、电压比500V弱的情况下,可估计喷嘴内流量G为 $10^{-13}m^3/s$,但在上述的例子的液体的情况下,可进行10kHz下的喷射,1周期中的最小喷射量可达到 $10f_1$ (飞升, $1f_1 : 10^{-15}l$)。

[0202] 再有,在各上述本实施形态中,如图8中所示,以喷嘴前端部中的电场的集中效应和在对置基板中感应的镜像力的作用为特征。因此,不一定需要象先行技术那样将基板或基板支撑体作成导电性的或对该基板或基板支撑体的电压的施加。即,可使用绝缘性的玻璃基板、聚酰亚胺等的塑料基板、陶瓷基板、半导体基板等作为基板。

[0203] 此外,在上述各实施形态中,对电极的施加电压可以是正、负的任一种。

[0204] 再者,通过将喷嘴与基体材料的距离保持为小于等于500(μm),可容易地进行溶液的喷射。此外,虽然未图示,但可进行喷嘴位置检测的反馈控制,可使喷嘴对于基体材料的距离保持为恒定。

[0205] 此外,可在导电性或绝缘性的基体材料托上放置并保持基体材料。

[0206] (基于实测值的合适的喷嘴直径的考察)

[0207] 在图 10 中示出表示各条件下的最大电场强度的图表。根据该图表可知, 喷嘴与对置电极的距离对电场强度有影响。即, 从喷嘴直径 $\phi 20$ (μm) 与 $\phi 8$ (μm) 之间的 $\phi 15$ (μm) 起, 可看到电场强度的增加, 如果小于等于 $\phi 10$ (μm)、进而小于等于 $\phi 8$ (μm), 则电场强度交通部集中, 同时对置电极的距离的变动对电场强度分布几乎没有影响。因而, 如果喷嘴直径小于等于 $\phi 15$ (μm)、较为理想的是喷嘴直径小于等于 $\phi 10$ (μm)、更为理想的是喷嘴直径小于等于 $\phi 8$ (μm), 可不受到对置电极的位置精度和基体材料的材料特性的偏差或厚度的偏差的影响, 可稳定地喷射。

[0208] 其次, 在图 11 中示出上述喷嘴的喷嘴直径与假定液面处于喷嘴的前端位置上时的最大电场强度和强电场区域的关系。

[0209] 从图 11 示出的曲线图可知, 如果喷嘴直径小于等于 $\phi 4$ (μm), 则电场集中极端地变大, 可提高最大电场强度。由此, 由于可增大溶液的初始喷射速度, 故由于在液滴的飞翔稳定性增加的同时, 喷嘴的前端部中的电荷的移动速度增加, 故喷射响应性提高。

[0210] 接着, 以下说明已喷射的液滴中的可带电的最大电荷量。用考虑了液滴的瑞利分裂 (瑞利极限) 的以下的式来示出在液滴中可带电的电荷量。

[0211] (数学式 15)

$$[0212] q = 8 \times \pi \times \sqrt{\epsilon_0 \times \gamma \times \frac{d_0^3}{8}} \quad (14)$$

[0213] 在此, q 是供给瑞利极限的电荷量 (C), ϵ_0 是真空的介电常数 (F/m), γ 是表面张力 (N/m), d_0 是液滴的直径 (m)。

[0214] 用上述 (14) 式求出的电荷量 q 越接近于瑞利极限值, 即使是相同的电场强度, 静电力越强, 喷射的稳定性越高, 但如果过分接近于瑞利极限值, 则相反地在喷嘴的液体喷射孔中发生了溶液的雾散, 在喷射稳定性方面有欠缺。

[0215] 在此, 参照示出喷嘴的喷嘴直径与喷嘴的前端部中喷射的液滴开始飞翔的喷射开始电压、该初始喷射液滴的瑞利极限下的电压值和喷射开始电压与瑞利极限电压值之比的关系的前述的图 9 的曲线图。

[0216] 从图 9 中示出的曲线图可知, 在喷嘴直径从 $\phi 0.2$ (μm) 至 $\phi 4$ (μm) 的范围内, 喷射开始电压与瑞利极限电压值之比超过 0.6, 即使是低的喷射电压, 也能对液滴供给比较大的带电量, 成为液滴的带电效率良好的结果, 在该范围内可进行稳定的喷射。

[0217] 例如, 在用与喷嘴的中心位置的距离示出的距离的值的关系表示图 12A 和图 12B 中示出的喷嘴直径和喷嘴的前端部的强电场 (大于等于 1×10^6 (V/m)) 的区域的曲线图中, 示出了如果喷嘴直径小于等于 $\phi 0.2$ (μm) 则电场集中的区域极端地变窄。根据这一点显示出, 喷射的液滴不能充分地接受用于加速的能量, 飞翔稳定性下降。于是, 最好将喷嘴直径设定得比 $\phi 0.2$ (μm) 大。

[0218] (由凸状弯液面形成单元进行的喷射电压减少效果试验)

[0219] 图 13 是关于将上述的图 7 中示出的对喷嘴赋予喷射空压的压力发生器用作凸状弯液面形成单元的情况的液体喷射装置在使施加弯液面控制用的空气压的时间为恒定时将该空气压的大小定为横轴、将某个空气压时的最低喷射电压取作纵轴的线图。

[0220] 曲线 C1 示出了对三乙烯乙二醇施加 DC 电压（连续的偏置电压）的情况，曲线 C2 示出了施加 AC 电压（脉冲电压）的情况。此外，曲线 C3 示出了对丁基卡必醇施加 AC 电压（脉冲电压）的情况，曲线 C4 示出了对丁基卡必醇 +PVP（含有 10wt%（百分比）的聚乙烯苯酚的丁基卡必醇溶液）施加 AC 电压（脉冲电压）的情况。

[0221] 如这些线图 C1 ~ C4 中示出的那样，随着弯液面形成用的空气压变大，显示出减少喷射电压的趋势，观察到因弯液面形成引起的喷射电压减少的效果。

[0222] （由凸状弯液面形成单元进行的喷射电压减少效果试验）

[0223] 图 14A 是关于将上述的图 7 中示出的对喷嘴赋予喷射空压的压力发生器用作凸状弯液面形成单元的情况的液体喷射装置示出在施加发生弯液面控制用的空气压的驱动电压之后到对喷射电极施加喷射电压为止的间隔（驱动延迟时间）与此时需要的喷射电极的施加电压值的关系的线图，图 14B 是示出随着施加发生空气压的驱动电压之后的经过时间变长在喷嘴前端部中产生的弯液面的发生状态的变化的说明图。图 14B 示出随着从左转移到右施加驱动电压之后的经过时间变长的状态。

[0224] 如图 14A 中所示，随着驱动延迟时间从 0 增加到 100（毫秒），最低喷射电压下降，如果驱动延迟时间大于等于上述的值，则观察到最低喷射电压再次增加的趋势。

[0225] 另一方面，在图 14B 中，如果从驱动电压的施加算起的经过时间变长，则观察到弯液面的投射量逐渐变大，终于达到从喷嘴前端溢出的状态，观察了从驱动电压的施加起经过 100（毫秒）后的弯液面形成状态，如图 14B 中的从左算起第三个所示那样，曲率半径为最小。

[0226] 即，通过使弯液面的曲率半径为最小的时刻与驱动延迟时间一致，可谋求驱动延迟时间的恰当，观察到可有效地减少最低喷射电压。

[0227] （由凸状弯液面形成单元进行的起因于瑞利极限的雾化抑制效果试验）

[0228] 根据图 9 中示出的曲线图可知，不雾化可喷射的电压值（瑞利极限电压）随着因喷嘴直径的微细化引起的液滴的微小化的进展而越来越接近于喷射开始电压。因此，在微小液滴区域中，难以进行不雾化的稳定的喷射。

[0229] 与此不同，在喷射状态下，根据式 (14) 可知，电荷量 q 越小，越难以雾化。按照本发明中使用的凸状弯液面形成单元，如果在喷嘴前端部中形成了弯液面的状态下施加电压，则根据电场集中的效应，与只用电场来喷射的情况相比，根据式 (7)，作为喷射条件，可减少 q （在式 (7) 中用 Q 来标记）。特别是，通过以适当的脉冲宽度对喷射电极施加脉冲电压，不会对液滴过度地注入电荷，可接近于喷射中需要的最小限度的电荷量，可容易地谋求电荷量的最佳化。

[0230] 因此，可谋求对瑞利极限的由凸状弯液面形成单元引起的雾化的抑制以及基于对喷射电极的脉冲电压施加的电荷量的最佳化引起的雾化的抑制。

[0231] 此外，如果扩展喷嘴 - 基体材料间的间隔 (Gap)，则喷射中必要的电荷量变大，产生容易发生雾化的趋势。在此，用下式表示喷嘴前端的电场 E (V/m) (d 是喷嘴前端的内部直径)。

[0232] $E = f(\text{Gap}, V, d)$

[0233] 即，用喷嘴 - 基体材料间的间隔、施加电压值和喷嘴前端直径的函数来表示喷嘴前端的电场 E 。而且，在喷嘴前端应感应的电荷 Q (C) 的值必须满足下式的条件 (γ : 溶液

的表面张力 (N/m))。

[0234] $Q > 2 \gamma \pi d/E$

[0235] 在图 15 中示出表示将喷嘴直径定为 10 (μm)、喷射电压定为 1000 (V) 的情况的喷嘴 - 基体材料间的间隔与在喷嘴前端应感应的电荷量的关系的曲线图。从该图 15 可知, 如果扩展喷嘴 - 基体材料间的间隔, 则由于最低喷射电荷量提高, 故液滴超过瑞利极限, 容易产生雾化。

[0236] 因此, 进行对于喷嘴 - 基体材料间的间隔的扩大的本发明的雾化的抑制效果试验, 以下说明其结果。

[0237] 图 16 示出了在将上述的图 7 中示出的对喷嘴赋予喷射空压的压力发生器用作凸状弯液面形成单元的情况的液体喷射装置中 (1) 对喷射电极施加了喷射电压的情况、(2) 施加了直流电压的情况、进而 (3) 不使用凸状弯液面形成单元的液体喷射装置这三种情况下的比较试验的结果。此外, 关于间隔 (Gap), 以 50 (μm)、100 (μm)、1000 (μm) 这三个阶段使其变化, 在连续地喷射了的情况下, 观察了是否产生溶液的雾散 (飞散)。

[0238] 在图 16 中, ◎ (二重圆圈) 表示即使进行连续喷射也未观察到飞散的情况, ○ (一重圆圈) 表示在进行了连续喷射的情况下观察到若干的液滴的飞散的情况, × 表示在连续喷射中观察到雾化状态的情况。

[0239] 按照上述试验, 对于 Gap50 (μm) 来说, 都未发生飞散, 可喷射, 而如果超过 Gap100 (μm), 则没有凸状弯液面形成单元的液体喷射装置因雾化而不能喷射。此外, 在虽然具备凸状弯液面形成单元但对喷射电极施加直流电压的液体喷射装置中, 如果超过 Gap100 (μm), 则虽然可喷射, 但观察到伴随液滴的飞散状态的状态。

[0240] 然后, 在具备凸状弯液面形成单元且对喷射电极施加脉冲电压的液体喷射装置中, 即使将 Gap 扩展到 1000 (μm), 也观察到良好的喷射状态而不产生溶液的飞散。

[0241] 根据以上的结果, 凸状弯液面形成单元具有溶液的雾化的抑制效果, 进而, 通过对喷射电极施加脉冲电压, 可得到因电荷量的最佳化引起的进一步的雾化的抑制效果, 即使在 Gap 的扩大环境下, 也观察到能谋求雾化的抑制。

[0242] (将喷射电压定为脉冲电压的情况的效果试验 (1))

[0243] 图 17 是分别示出了关于将上述的图 7 中示出的对喷嘴赋予喷射空压的压力发生器用作凸状弯液面形成单元的情况的液体喷射装置对喷射电极施加了脉冲电压的情况和施加了作为一定期间的直流恒定电压施加的偏置电压的情况的喷射中需要的最低电压值的曲线图。再有, 成为喷射对象的基体材料 K 使用了绝缘体。在图 17 中, ○ 表示施加了脉冲电压的结果, × 表示施加了偏置电压的结果。

[0244] 在对绝缘体进行喷射的情况下, 容易产生绝缘体表面中的充电的影响, 但如上述的线图中所示那样, 因为脉冲电压与偏置电压相比施加时间短, 故观察到可谋求减少在该喷射中需要的电压值。

[0245] (将喷射电压定为脉冲电压的情况的效果试验 (2))

[0246] 图 18 是关于将上述的图 7 中示出的对喷嘴赋予喷射空压的压力发生器用作凸状弯液面形成单元的情况的液体喷射装置对喷射电极施加了脉冲电压的情况和施加了作为一定期间的直流恒定电压施加的偏置电压的情况的比较试验, 是示出观察了喷嘴的小直径化和在喷嘴前端面上产生的电润湿效应的影响的结果的图表。

[0247] 在比较试验中使用了的喷嘴的内部直径是 30、10、1(μm)，溶液使用了三乙烯乙二醇。此外，脉冲电压和偏置电压的值都定为 1000 (V)。

[0248] 在施加了偏置电压的情况下，在喷嘴直径小于等于 10 (μm) 的情况下，在喷嘴前端面上发生了因电润湿效应引起的溶液弯液面的扩展（渗出）。

[0249] 另一方面，在使用了脉冲电压的情况下，由于其电压施加时间的缩短的缘故，即使是将喷嘴直径定为 1 (μm) 的情况，也观察到在喷嘴前端面上不发生因电润湿效应引起的溶液弯液面的扩展（渗出）。

[0250] (将喷射电压定为脉冲电压的情况的效果试验 (3))

[0251] 图 19 是关于将上述的图 7 中示出的对喷嘴赋予喷射空压的压力发生器用作凸状弯液面形成单元的情况的液体喷射装置对喷射电极施加了脉冲电压的情况和施加了作为一定期间的直流恒定电压施加的偏置电压的情况的比较试验，是示出观察了喷嘴的小直径化和在喷嘴前端面上产生的堵塞的影响的结果的图表。

[0252] 在比较试验中使用了的喷嘴的内部直径是 30、10、1(μm)，溶液使用了金属膏。此外，脉冲电压和偏置电压的值都定为 1000 (V)。

[0253] 在施加了偏置电压的情况下，在喷嘴直径小于等于 10 (μm) 的情况下，在喷嘴中发生了堵塞。

[0254] 另一方面，在使用了脉冲电压的情况下，由于其电压施加时间的缩短的缘故，即使是将喷嘴直径定为 1 (μm) 的情况，也观察到不发生堵塞。

[0255] 产业上利用的可能性

[0256] 如上所述，与本发明有关的液体喷射装置在作为图形用途的通常印刷、对特殊媒体（膜、布、钢板等）的印刷或液体状或膏状的导电性物质的布线、天线等的构图涂敷、作为加工用途的粘接材料、密封材料等的涂敷、作为生物、医疗用途的医疗品（混合多种微量的成分那样的情况）、遗传因子诊断用试剂等的涂敷等中，适合于与各用途对应的液体的喷射。

[0257] 符号的说明

[0258] 20 液体喷射装置

[0259] 21 喷嘴

[0260] 25 喷射电压施加单元

[0261] 26 液体喷射头

[0262] 40 凸状弯液面形成单元

[0263] 50 工作控制单元

[0264] K 基体材料

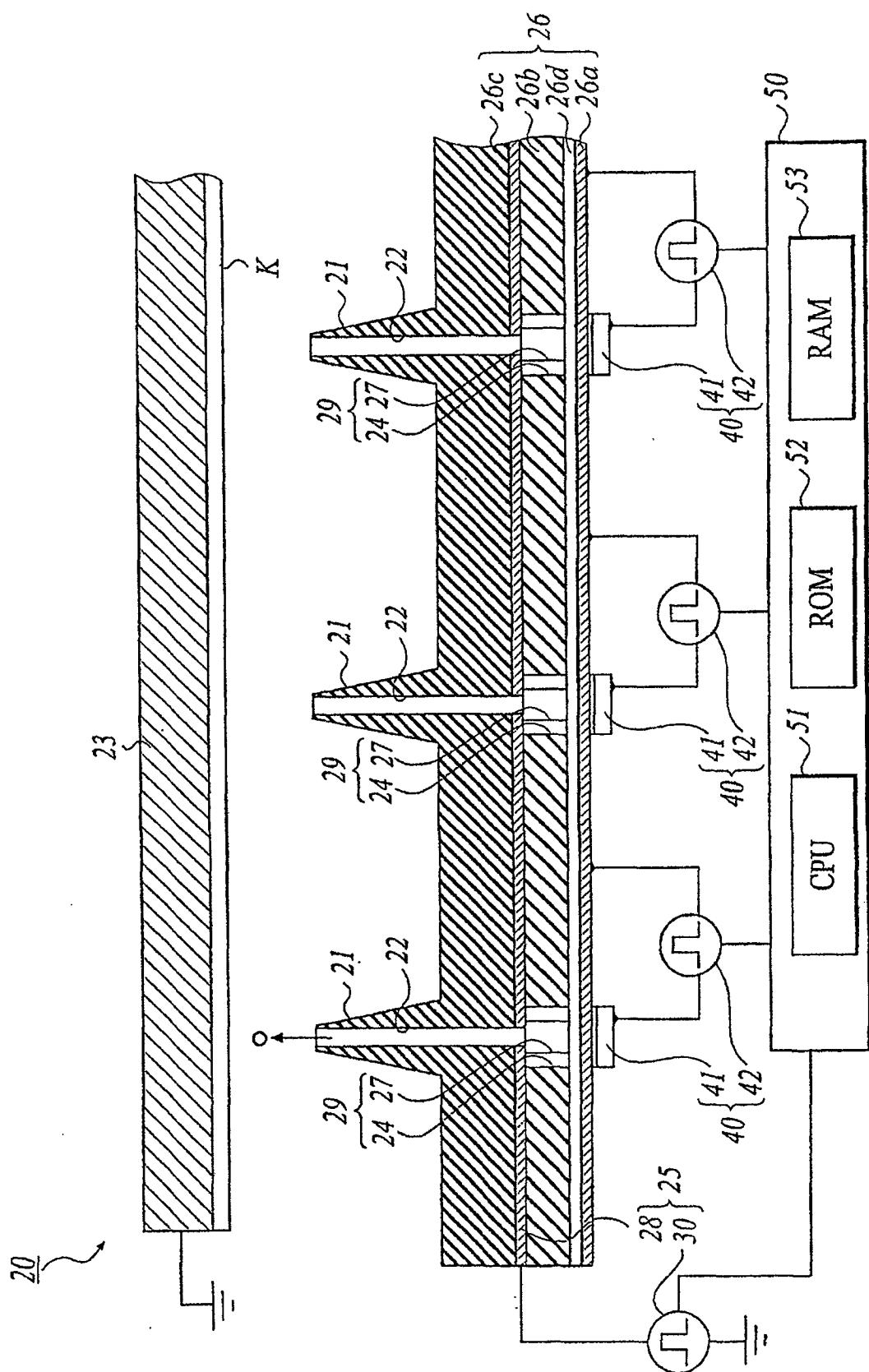


图 1

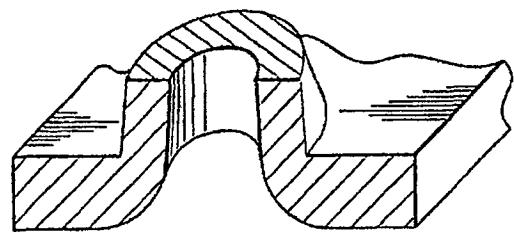


图 2A

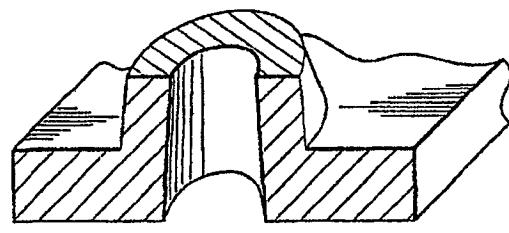


图 2B

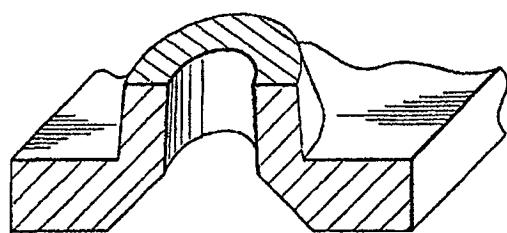


图 2C

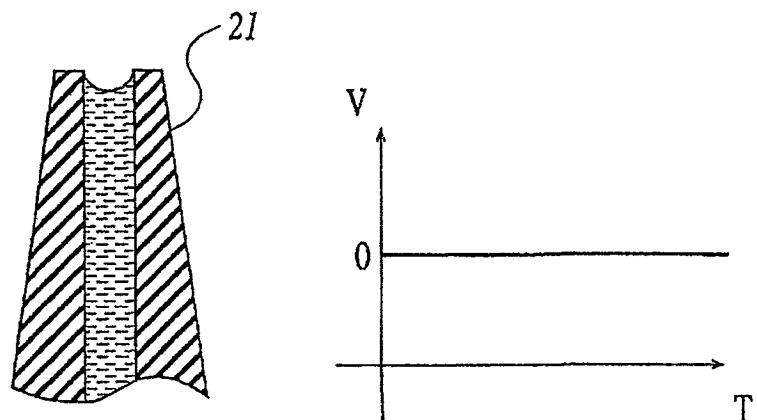


图 3A

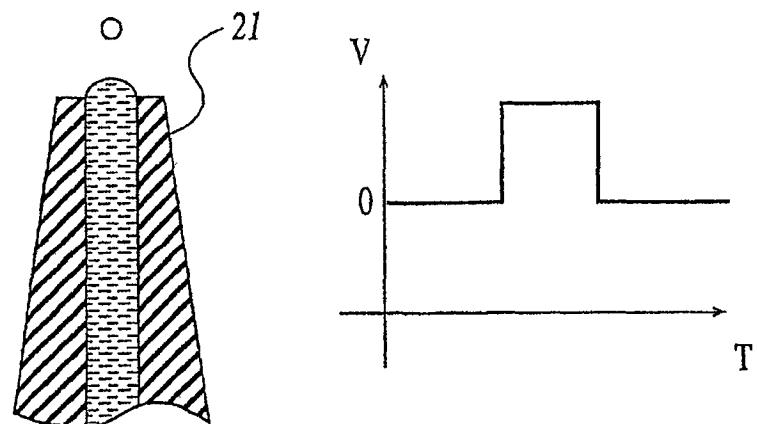


图 3B

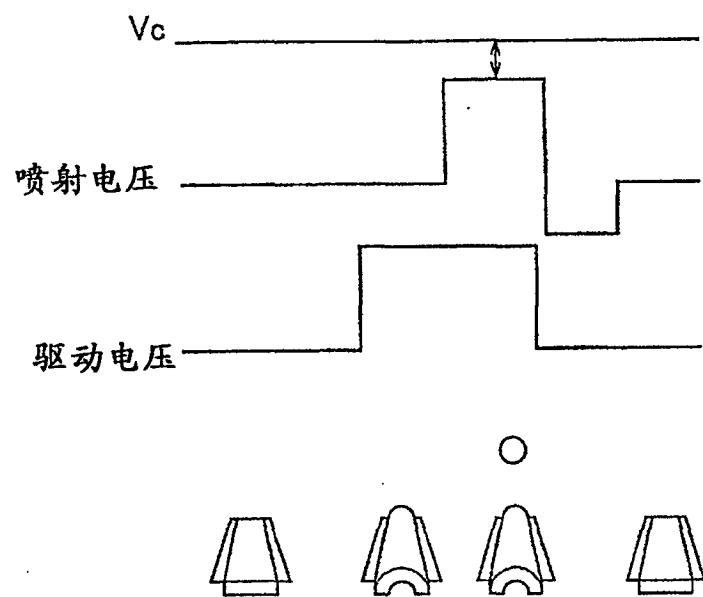


图 4

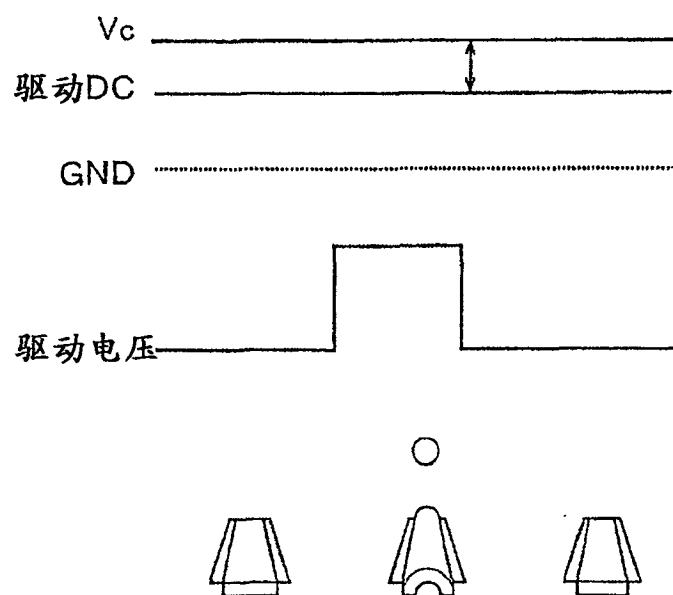


图 5

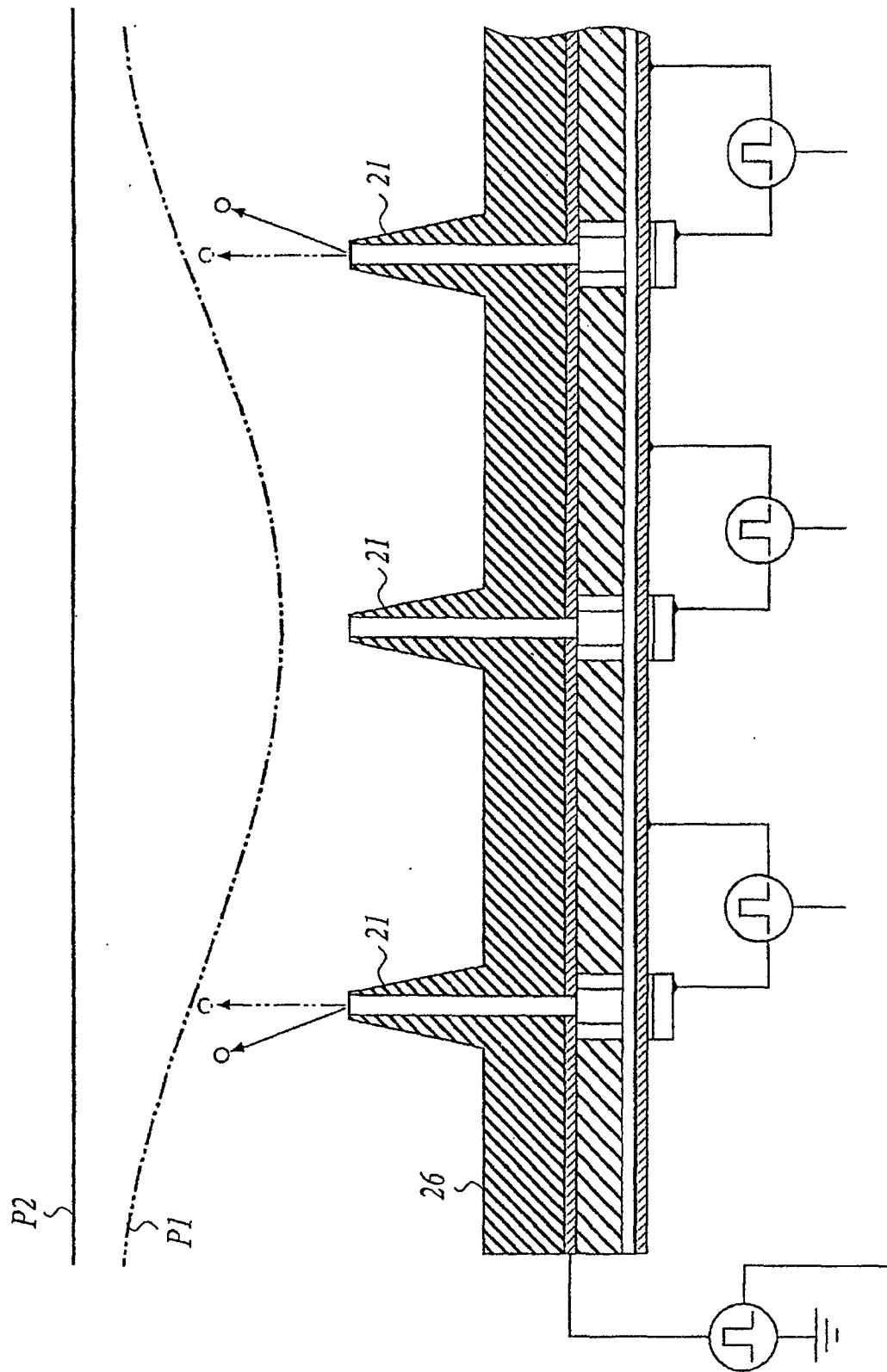


图 6

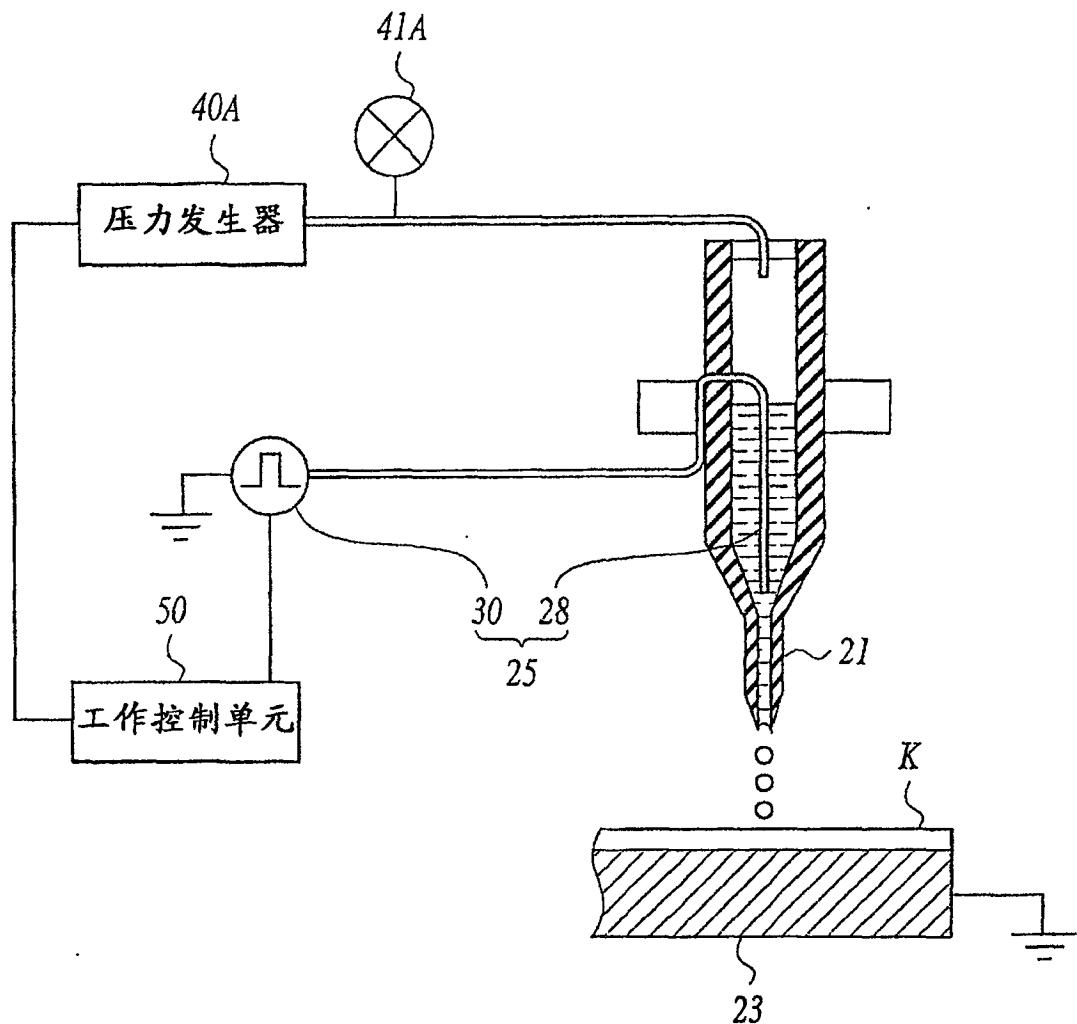


图 7

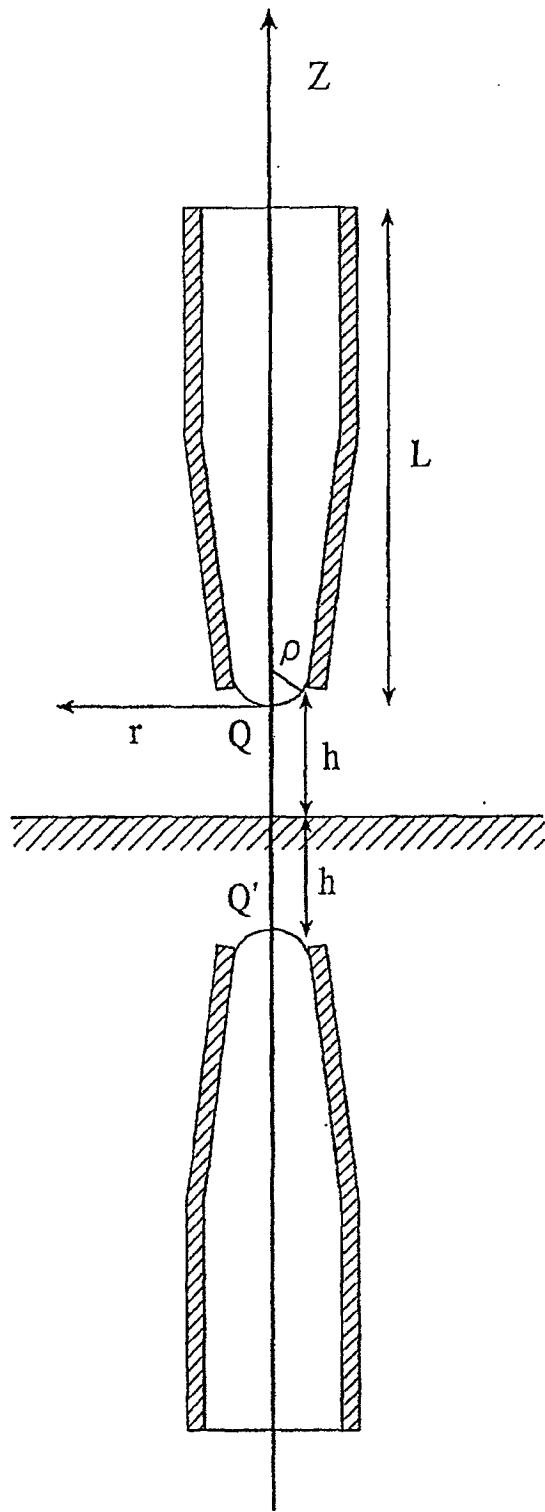


图 8

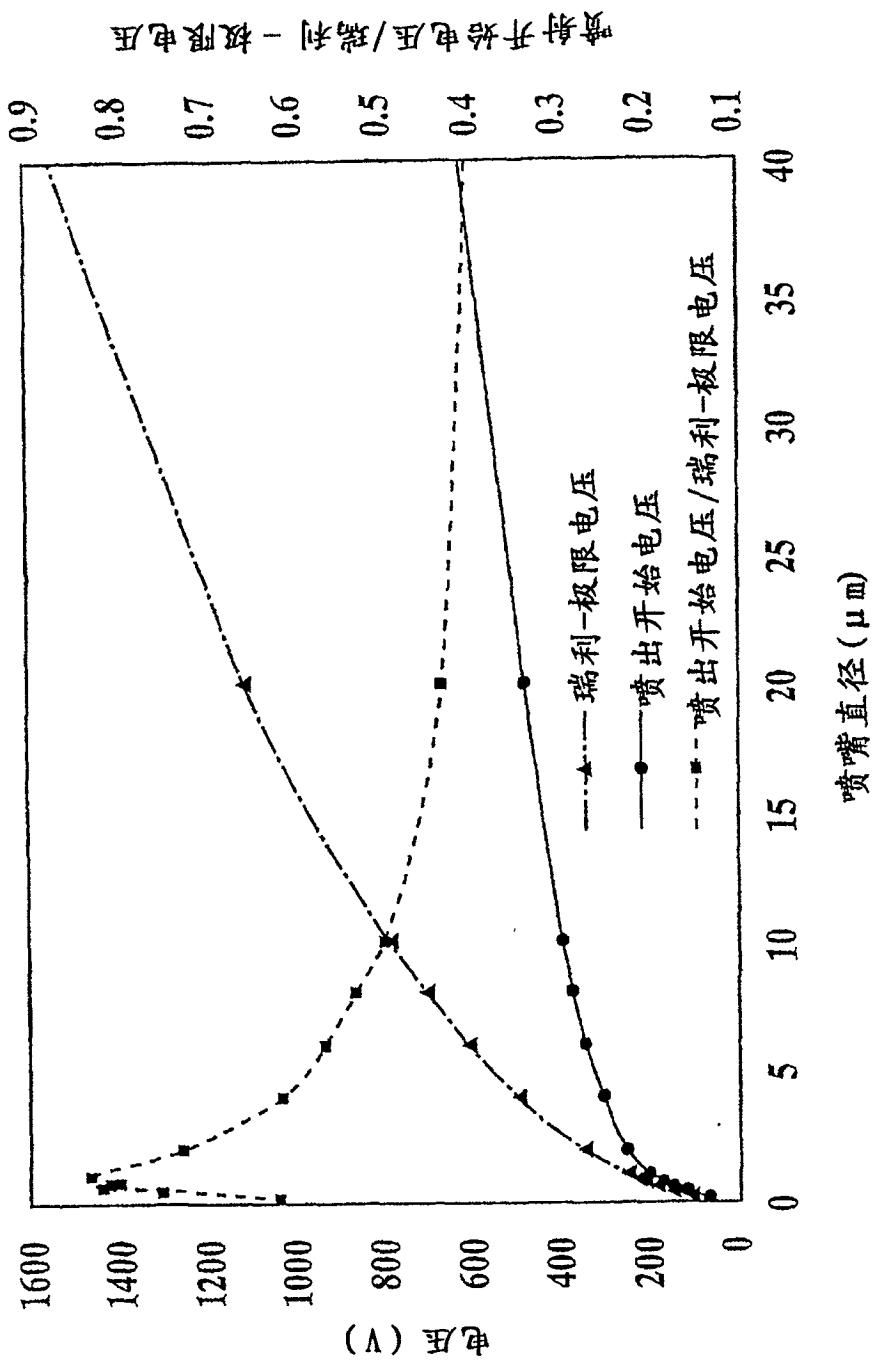


图 9

喷嘴直径 (μm)	最大电场强度 (V/m)		变化率 (%)
	间隙100 (μm)	间隙2000 (μm)	
0.2	2.001×10^9	2.00005×10^9	0.05
0.4	1.001×10^9	1.00005×10^9	0.09
1	0.401002×10^9	0.40005×10^9	0.24
4	0.1010903×10^9	0.100112×10^9	0.97
8	0.0510196×10^9	0.05005×10^9	1.94
10	0.0410563×10^9	0.0400661×10^9	2.47
15	0.0277099×10^9	0.0267170×10^9	3.72
20	0.0210476×10^9	0.0200501×10^9	4.98
50	0.0091111×10^9	0.00805×10^9	13.18

图 10

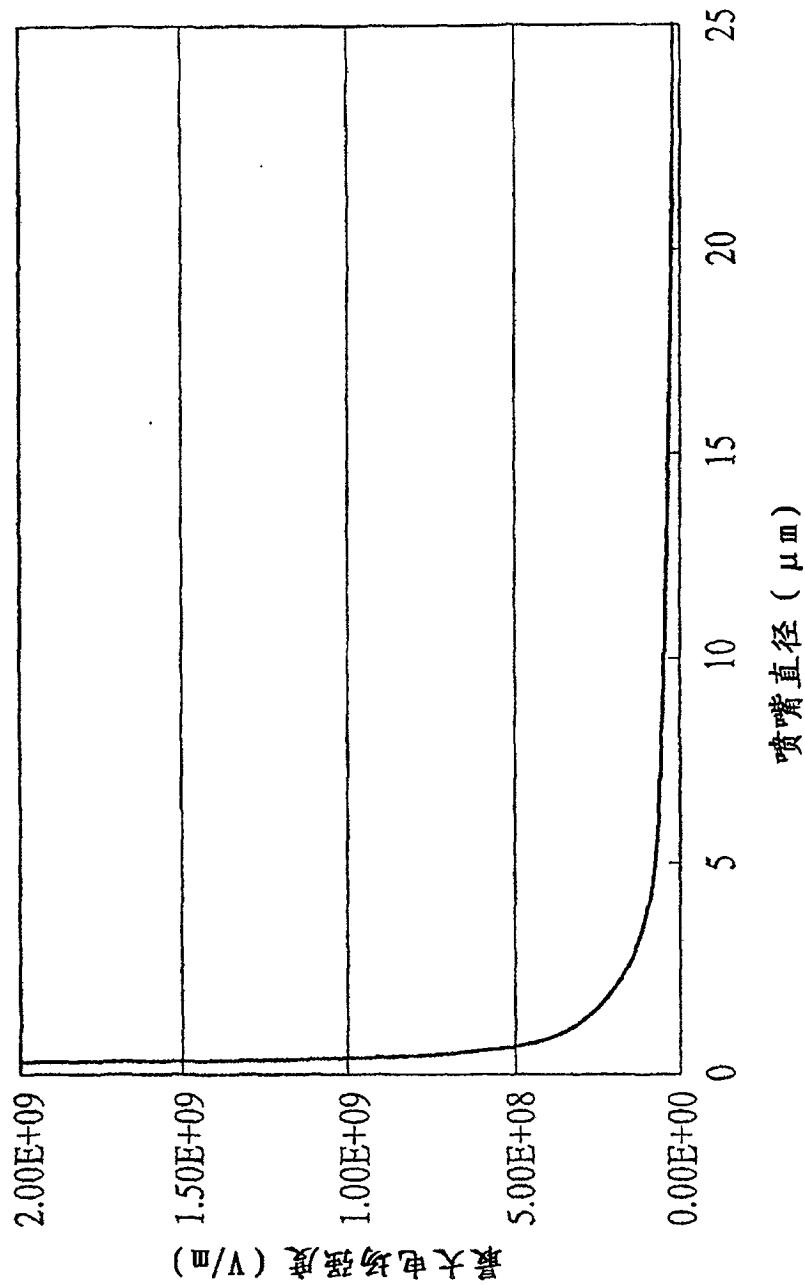
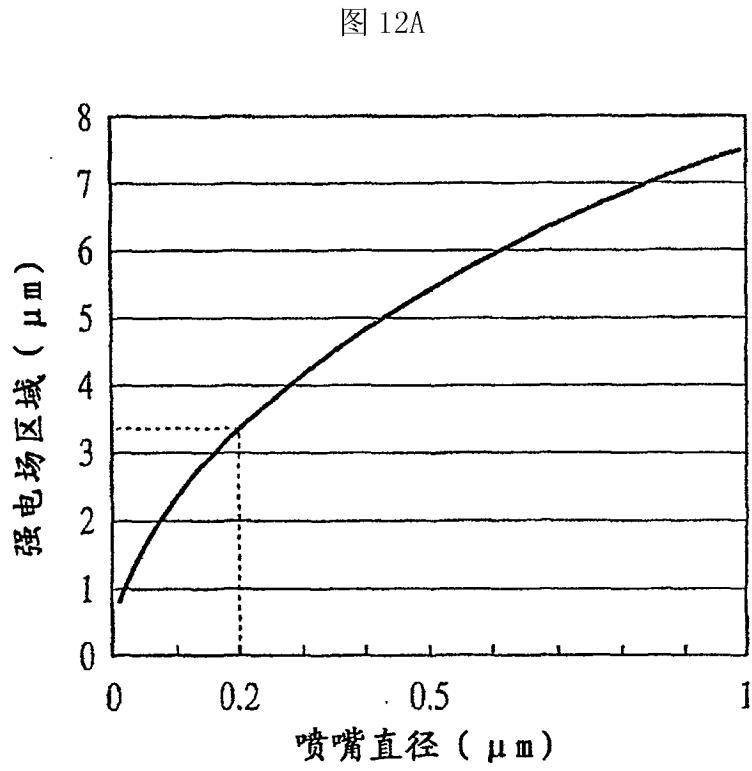
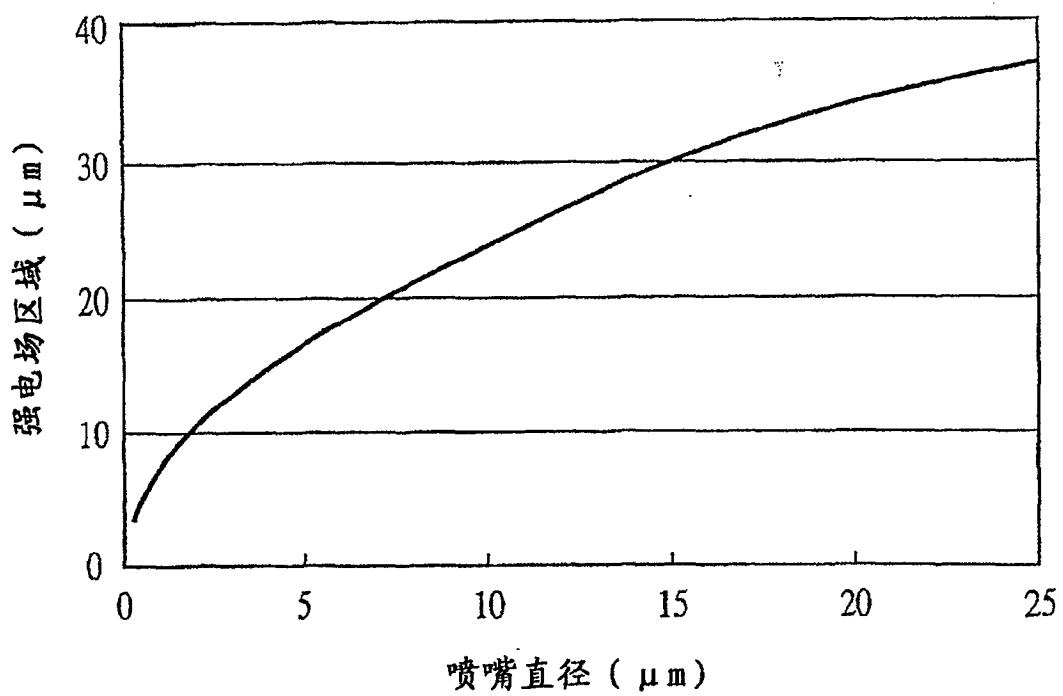


图 11



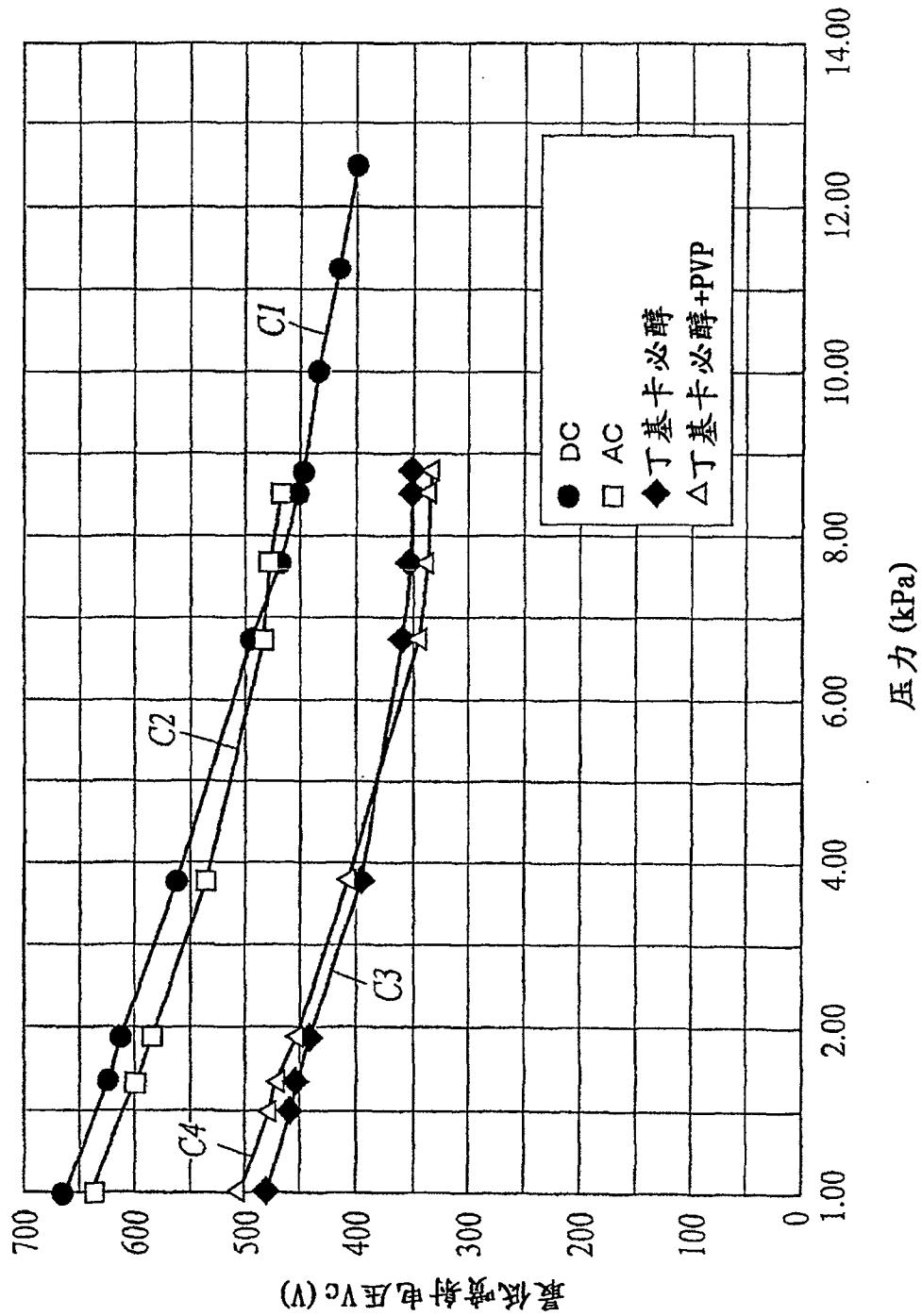


图 13

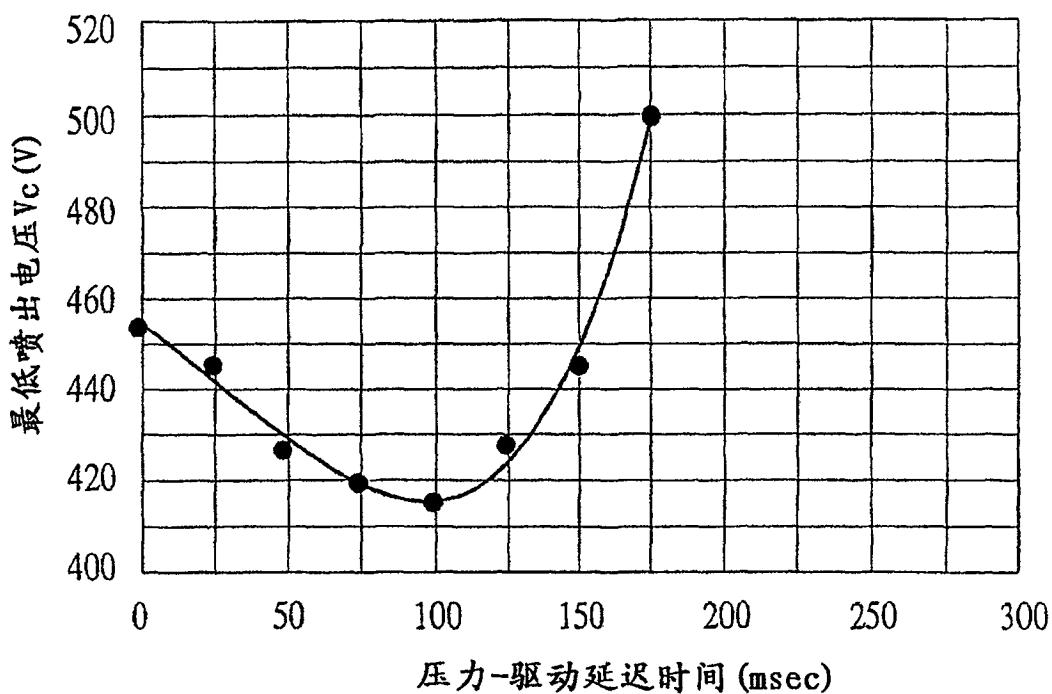


图 14A

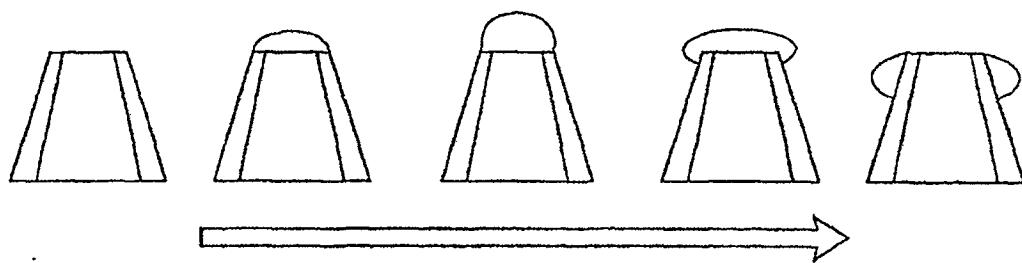


图 14B

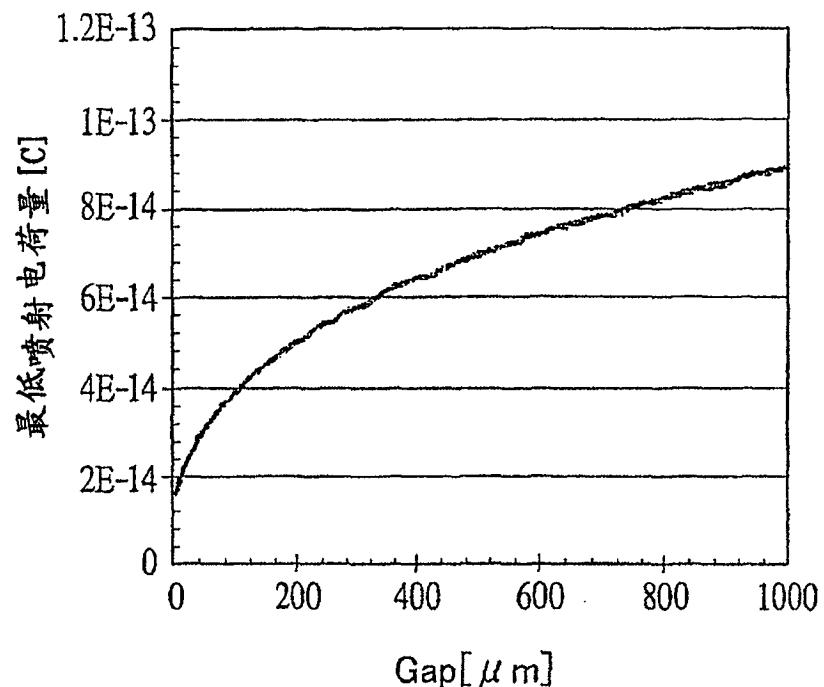


图 15

喷嘴~基体材料间 Gap	弯液面控制		
	无	有	
		现有技术 (DC驱动)	本发明 (脉冲驱动)
50 μm	◎	◎	◎
100 μm	×: 雾化	○	◎
1000 μm	×: 雾化	○	◎

图 16

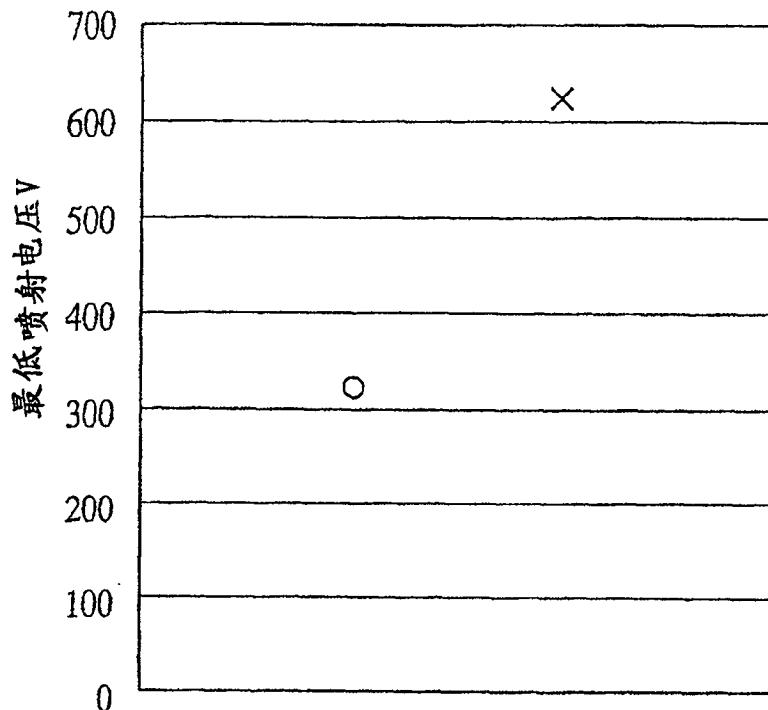


图 17

喷嘴直径	DC偏置电压施加	脉冲电压施加
$30 \mu m$	无渗出	无渗出
$10 \mu m$	有渗出	无渗出
$1 \mu m$	有渗出	无渗出

图 18

喷嘴直径	DC偏置电压施加	脉冲电压施加
$30 \mu m$	无堵塞	无堵塞
$10 \mu m$	有堵塞	无堵塞
$1 \mu m$	有堵塞	无堵塞

图 19