

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03822767.3

[51] Int. Cl.

B41J 2/06 (2006.01)

B41J 2/135 (2006.01)

B41J 2/16 (2006.01)

B05C 5/02 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 8 月 26 日

[11] 授权公告号 CN 100532103C

[22] 申请日 2003.9.22 [21] 申请号 03822767.3

[30] 优先权

[32] 2002.9.24 [33] JP [31] 278230/2002

[32] 2002.9.24 [33] JP [31] 278233/2002

[32] 2002.9.24 [33] JP [31] 278235/2002

[32] 2002.9.24 [33] JP [31] 278246/2002

[32] 2003.8.13 [33] JP [31] 293068/2003

[32] 2003.8.13 [33] JP [31] 293082/2003

[32] 2003.8.13 [33] JP [31] 293088/2003

[32] 2003.8.14 [33] JP [31] 293418/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2003/012101 2003.9.22

[87] 国际公布 WO2004/028815 日 2004.4.8

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.24

[73] 专利权人 柯尼卡美能达控股株式会社

地址 日本东京都

共同专利权人 夏普株式会社

独立行政法人产业技术综合研究所

[72] 发明人 西泰男 樋口馨 村田和广 横山浩

[56] 参考文献

JP2002-154211A 2002.5.28

JP5-278217A 1993.10.26

JP2000-15817A 2000.1.18

JP2-292049A 1990.12.3

US5477249A 1995.12.19

US6162589A 2000.12.19

审查员 王 芳

[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 寇英杰

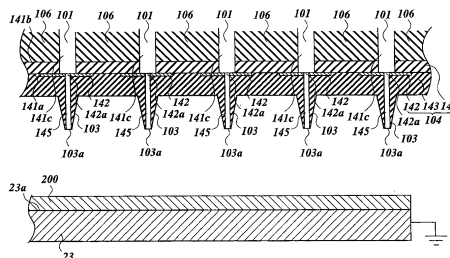
权利要求书 2 页 说明书 82 页 附图 44 页

[54] 发明名称

静电吸引式液体喷射头的制造方法,喷嘴板的  
制造方法,静电吸引式液体喷射装置

[57] 摘要

首先,经由涂覆步骤、照相平版印刷步骤和蚀刻步骤,在基板(141)上形成多个电极(142, 142...)。接着,在基板(141)上形成一种抗蚀剂层(143b)以覆盖所有电极(142, 142...),且通过对该抗蚀剂层(143b)进行曝光和显影,形成一种具有超微小直径且相对于该基板(141)竖立的喷嘴(103),以使该抗蚀剂层(143b)对应于每个电极(142),然后在每个喷嘴(103)内形成喷嘴内通道。



1.一种静电吸引式液体喷射头的制造方法，所述液体喷射头具有多个用于自喷嘴边缘喷射作为液滴的溶液的喷嘴，所述方法包括：

在基板上形成多个用于施加喷射电压的喷射电极；

在所述基板上形成感光树脂层以覆盖全部的所述多个喷射电极；

通过对所述感光树脂层进行曝光和显影，使所述感光树脂层相对于所述基板竖立以对应于每个所述喷射电极，以及使所述感光树脂层形成为喷嘴内径大于  $0.2\mu\text{m}$  而不大于  $4\mu\text{m}$  的喷嘴形状；

形成喷嘴内通道，以建立从所述喷嘴的边缘部至所述喷嘴内的所述喷射电极之间的连通；

在基板上形成多个通孔，所述通孔分别与所述多个喷嘴内通道连通；以及

使所述喷嘴内通道与同所述多个喷嘴相对应的溶液供给通道连接。

2.权利要求 1 所述的静电吸引式液体喷射头的制造方法，还包括：

使至少每条所述溶液供给通道的内表面绝缘；以及

在所述溶液供给通道内设置一控制电极，所述控制电极用于控制位于所述喷嘴的所述边缘部处的溶液的弯月面位置。

3.权利要求 2 所述的静电吸引式液体喷射头的制造方法，其特征在于，所述溶液供给通道由压电材料形成。

4.权利要求 1 所述的静电吸引式液体喷射头的制造方法，其特征在于，所述感光树脂层是含氟树脂。

5.一种具有利用权利要求 1 至 4 中任一项所述的制造方法制造的静电吸引式液体喷射头的静电吸引式液体喷射装置，其可将每个所述喷嘴的所述边缘部放置为面向基体件，包括：

溶液供给部，用于给每条喷嘴内通道供应可充电溶液；以及

喷射电压施加部，用于单独地给所述多个喷射电极施加喷射电压。

6.权利要求 5 所述的静电吸引式液体喷射装置，还包括凸状弯月

面成形部，用于形成一种每条所述喷嘴内通道中的溶液自所述喷嘴的边缘部凸状上升的状态。

7.权利要求 6 所述的静电吸引式液体喷射装置，其特征在于，当所述凸状弯月面成形部形成每条所述喷嘴内通道中的溶液自所述喷嘴的所述边缘部凸状上升的所述状态时，所述喷射电压施加部给所述喷射电极施加喷射电压。

8.权利要求 6 所述的静电吸引式液体喷射装置，其特征在于，所述凸状弯月面成形部包括压电元件，这样放置所述压电元件以对应于每个所述喷嘴，以及

所述压电元件改变其形状，以改变所述喷嘴内通道中的溶液的压力。

9.一种制造喷嘴板的制造方法，所述喷嘴板具有多个用于自喷嘴边缘喷射作为液滴的溶液的喷嘴，所述方法包括：

在基板上形成多个用于施加喷射电压的喷射电极；

在所述基板上形成感光树脂层以覆盖全部的所述多个喷射电极；

通过对所述感光树脂层进行曝光和显影，使所述感光树脂层相对于所述基板竖立以对应于每个所述喷射电极，以及使所述感光树脂层形成成为喷嘴内径大于  $0.2\mu\text{m}$  而不大于  $4\mu\text{m}$  的喷嘴形状；形成喷嘴内通道，以建立从所述喷嘴的边缘部至所述喷嘴内的所述喷射电极之间的连通；以及

在基板上形成多个通孔，所述通孔分别与所述多个喷嘴内通道连通。

10.权利要求 9 所述的喷嘴板的制造方法，其特征在于，所述感光树脂层是含氟树脂。

## 静电吸引式液体喷射头的制造方法，喷嘴板的 制造方法，静电吸引式液体喷射装置

### 发明领域

本发明涉及一种用于制造给基体件喷射液滴的喷嘴板的喷嘴板制造方法、一种包括该喷嘴板的静电吸引式液体喷射头的制造方法、一种用于驱动该静电吸引式液体喷射头的静电吸引式液体喷射头驱动方法、一种包括该静电吸引式液体喷射头的静电吸引式液体喷射装置以及一种用于给基体件喷射液体的液体喷射装置。

### 背景技术

作为传统喷墨记录方法，已知一种依据压电元件的振动来改变墨道形状以喷射墨滴的压电方法、一种使设在墨道中的热发生器加热至生成气泡并依据该墨道内气泡的压力变化喷射墨滴的热方法以及一种给墨道内的油墨充电以利用该油墨的静电吸引力喷射墨滴的静电吸引方法（例如，参见 JP 特开平 8-238774A、JP 特开 2000-127410 以及 JP 特开平 11-277747（图 2 和图 3））。

此外按照惯例，为防止堵塞，存在这样一种喷墨记录装置，该喷墨记录装置通过供应一种彩色物质分散在溶剂中的油墨、通过释放该油墨中彩色物质成分的静电力以及通过使墨滴飞向记录介质来形成图像，该喷墨记录装置包括一种用于给设在喷头基体上的多个电极施加电压的电压施加部，该电压搅动油墨中的彩色物质成分（例如，参见 JP 特开平 9-193392（第 3 至 6 页，图 2））。

但是，上述喷墨记录方法存在以下问题。

#### （1）微小液滴成形的限制和稳定性

由于喷嘴内径大，自喷嘴喷出的液滴形状不稳定，且限制使液滴微小。

## (2) 高施加电压

为喷射微小液滴，喷嘴喷孔的小型化是一重要因素。根据传统静电吸引方法的原理，由于喷嘴内径大，喷嘴边缘部的电场强度弱，因此为获得喷射液滴所需要的电场强度，有必要施加一高喷射电压（例如，接近 2000 [V] 的极高压）。相应的，为施加高电压，电压的驱动控制变得昂贵，此外在安全方面存在问题。

此外，一种用于表现为狭缝喷嘴的静电吸引式喷墨阵列的清洁机构包括至少一个用于改变公共开口部（狭缝）的油墨的弯月面位置的墨容器容积改变生成部，以及一种利用弹性清洁件沿狭缝方向定期地或者连续地刮除该公共开口部（狭缝）的刮除部，其中，在利用该刮除部进行刮除之前，增大该墨容器的容积，使弯月面位置从狭缝位置起被回拉大于狭缝宽度的长度，优选比该狭缝宽度大三倍，且该部在墨液不接触清洁件的条件下沿着狭缝方向执行刮除以清除存在于狭缝面上的污物和外来物，从而防止堵塞。在一种由微小喷嘴组成或者由其边缘部伸出的微小喷嘴组成的本发明静电吸引式喷墨阵列中，这种清洁方法导致清洗性能不均匀，因而其是不可取的，此外，其不能清洁微小喷嘴以及清洁通道。此外，对于喷孔状静电吸引式喷墨阵列，存在一种用于清洗喷嘴外表面的方法。但是，对于由微小喷嘴组成或者由其边缘部伸出的微小喷嘴组成的静电吸引式喷墨阵列，仅清洗外表面会类似地导致清洗不均匀，因而其是不可取的，不能用于清洗微小喷嘴以及清洗通道。由此，一个目的在于正确地清洗由微小喷嘴组成或者由其边缘部伸出的微小喷嘴组成的静电吸引式喷墨阵列，以不导致堵塞以及不影响液滴的着落准确性。

此外，若由于操作情况长期不用液体喷射装置或者长期不用特定喷嘴，就存在由于容纳在喷嘴内部或者容纳在将溶液供应给该喷嘴的供给通道内部的细颗粒凝聚而形成细颗粒凝聚体的情况。例如，当喷嘴内形成凝聚体时，该凝聚体堵塞喷嘴的溶液喷孔，从而发生喷嘴堵塞。此外，当供给通道内形成凝聚体时，该凝聚体与在图像形成等时供应给喷嘴的溶液一起运送至该喷嘴的溶液喷孔，且该凝聚体堵塞该

喷嘴喷孔。此外，由于凝聚体易于附着在供给通道的内表面上，就有可能由于附着在该供给通道的内表面上的凝聚体使该供给通道的截面积缩小而不能适当地将溶液供应给喷嘴。因此，存在不能适当地自喷嘴喷射溶液的问题。

特别的，由于近来与形成高分辨率图像协同的喷嘴超小型化正在进行中，所以存在由于溶液内的细颗粒凝聚体而容易发生喷嘴堵塞的情况。

因此，提供一种能够喷射微小液滴的液体喷射装置是第一目的。同时，提供一种能够喷射稳定液滴的液体喷射装置是第二目的。此外，提供一种能够喷射微小液滴且具有良好喷射准确性的液体喷射装置是第三目的。此外，提供一种可降低施加电压、廉价且安全性高的液体喷射装置是第四目的。此外，由于担心与微小内径喷嘴和大量喷嘴相连同地频繁发生喷嘴堵塞，通过抑制溶液附着在喷嘴周缘来防止该溶液固着在该喷嘴上从而防止喷嘴堵塞是第五目的。

#### 发明内容

依照本发明的第一方面，在制造一种静电吸引式液体喷射头时，该液体喷射头具有多个用于自喷嘴边缘喷射作为液滴的溶液的喷嘴，在基板上形成多个用于施加喷射电压的喷射电极；在该基板上形成感光树脂层以覆盖全部的该多个喷射电极；通过对该感光树脂层进行曝光和显影，使该感光树脂层相对于基板竖立以对应于每个喷射电极，以及使该感光树脂层形成为喷嘴内径不大于  $30\mu\text{m}$  的喷嘴形状；形成喷嘴内通道，以建立从喷嘴的边缘部至喷嘴内的喷射电极之间的连通；在基板上形成多个通孔，所述通孔分别与所述多个喷嘴内通道连通；以及使该喷嘴内通道与同多个喷嘴相对应的溶液供给通道连接。

如所述，仅通过对感光树脂层进行曝光和显影来形成喷嘴，考虑到喷嘴形状的灵活性、具有大量喷嘴的线性头的适配性以及制造成本，这是有利的。

以下，在说到喷嘴内径的情况中，指示自该处喷射液滴的边缘部的内径（喷嘴边缘部的内径）。另外，喷嘴内的液体喷孔的剖面形状不

限于圆形。例如，当液体喷孔的剖面形状是多边形、星爆形等时，表明了该剖面形状的周缘不大于  $30\mu\text{m}$  这个事实。以下，在说到喷嘴内径或者喷嘴边缘部的内径的情况中，限定另外值的情况是相同的。此外，在说到喷嘴半径的情况中，指示此喷嘴内径（喷嘴边缘部的内径）的  $1/2$  长度。

优选的，使至少每个溶液供给通道的内表面绝缘；以及在该溶液供给通道内提供一种控制电极，该控制电极用于控制位于喷嘴的边缘部处的溶液的弯月面位置。

用于控制弯月面位置的控制电极设在溶液供给通道内，并通过给该控制电极施加电压来改变该溶液供给通道的容量以控制喷嘴边缘部的弯月面位置。

此外，使溶液供给通道的内表面绝缘，以防止经由存在于喷射电极与控制电极之间的溶液发生闪击，且绝缘层覆盖设在该溶液供给通道内的该控制电极。有关绝缘层的一般标准，有必要考虑溶液的导电性和施加电压来确定材料和涂覆厚度。例如，蒸发聚对二甲苯基树脂、CVD 如  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  等都是可取的。

优选的，溶液供给通道由压电材料形成。

喷嘴的喷嘴内径优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、以及更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

如所述，通过使喷嘴的内径小于  $20\mu\text{m}$ ，电场强度分布变窄。因此，可使电场集中。结果，使所形成的液滴微小且具有稳定形状，并降低总施加电压。此外，在自喷嘴喷出之后，利用在电场与电荷之间起作用的静电力使液滴加速，且由于当该液滴脱离喷嘴时电场急剧减小，随后利用空气阻力使该液滴减速。但当该作为微小液滴且电场集中于其上的液滴越来越靠近基体件或反电极时，又利用像力使该液滴加速。通过在利用空气阻力减速与利用像力加速之间进行平衡，可稳定地飞射微小液滴，并提高着落准确性。

如所述，通过使喷嘴的内径不大于  $10\mu\text{m}$ ，可进一步地使电场集中，还可使液滴微小并降低在飞行时反电极的距离变化对电场强度分

布的影响。因此，可减少对反电极的位置精度、基体件的特性和液滴形状厚度的影响，以及对着落准确性的影响。

如所述，通过使喷嘴的内径不大于  $8\mu\text{m}$ ，可进一步地使电场集中，还可使液滴微小并降低在飞行时反电极的距离变化对电场强度分布的影响。因此，可减少对反电极的位置精度、基体件的特性和液滴形状厚度的影响，以及对着落准确性的影响。

如所述，通过使喷嘴的内径不大于  $4\mu\text{m}$ ，可使电场显著集中、增强最大电场、使液滴超微小且具有稳定形状、加快该液滴的初始喷射速度。因此，由于飞行稳定性增强，进一步地提高着落准确性并改善喷射响应性。

此外，优选的，喷嘴的内径不大于  $0.2\mu\text{m}$ 。由于通过使喷嘴的内径不大于  $0.2\mu\text{m}$  可提高液滴的充电效率，能够增强该液滴的喷射稳定性。

优选的，感光树脂层是含氟树脂。

依照本发明的第二方面，在驱动利用本发明第一方面的制造方法制造的静电吸引式液体喷射头时，每个喷嘴的边缘部被设置为面向基体件；给每条溶液供给通道供应可充电溶液；以及给多个喷射电极中的每个施加喷射电压。

另外，“基体件”是一种接收所喷射溶液的着落液滴的物质，且对其材料并未特别限制。因此，例如，当上述结构应用于喷墨打印机时，记录介质例如纸、薄片等相当于基体件，以及当利用导电膏剂形成电路时，将要在其上形成电路的基底相当于基体件。

优选的，每条喷嘴内通道中的溶液形成一种自该喷嘴的边缘部凸状上升的状态。

通过如上操作，由于喷嘴内通道中的溶液自每个喷嘴的边缘部凸状上升，电场集中在该溶液的凸状部，且电场强度显著增强。因此，即便施加给电极的电压低，也能克服溶液的表面张力自边缘部喷射液滴以实现该溶液的喷射。

优选的，当每个喷嘴内通道中的溶液形成自边缘部凸状上升的状

态时，给喷射电极施加喷射电压。

依照本发明的第三方面，一种静电吸引式液体喷射装置包括：利用本发明第一方面的制造方法制造的静电吸引式液体喷射头，可将每个喷嘴的边缘部放置为面向基体件；溶液供给部，用于给每个喷嘴内通道供应可充电溶液；以及喷射电压施加部，用于单独地给多个喷射电极施加喷射电压。

优选的，上述静电吸引式液体喷射装置还包括凸状弯月面成形部，用于形成每条喷嘴内通道中的溶液自喷嘴的边缘部凸状上升的一种状态。

通过如上操作，由于喷嘴内通道中的溶液自每个喷嘴的边缘部凸状上升，电场集中在该溶液的凸状部，且电场强度显著增强。因此，即便施加给电极的电压低，也能克服溶液的表面张力自边缘部喷射液滴以实现该溶液的喷射。

优选的，当凸状弯月面成形部形成每条喷嘴内通道中的溶液自喷嘴的边缘部凸状上升的状态时，喷射电压施加部给喷射电极施加喷射电压。

优选的，凸状弯月面成形部包括压电元件，这样放置该压电元件以对应于每个喷嘴，以及该压电元件改变其形状以改变喷嘴内通道中溶液的压力。

依照本发明的第四方面，在制造一种喷嘴板时，该喷嘴板具有多个用于自喷嘴边缘喷射作为液滴的溶液的喷嘴，在基板上形成多个用于施加喷射电压的喷射电极；在该基板上形成感光树脂层以覆盖全部的该多个喷射电极；通过对该感光树脂层进行曝光和显影，使该感光树脂层相对于基板竖立以分别对应于多个喷射电极，以及使该感光树脂层形成为喷嘴内径不大于  $30\mu\text{m}$  的喷嘴形状；形成喷嘴内通道，以建立从喷嘴的边缘部至喷嘴内的喷射电极之间的连通；在基板上形成多个通孔，所述通孔分别与所述多个喷嘴内通道连通。

如所述，仅通过对感光树脂层进行曝光和显影来形成喷嘴，考虑到喷嘴形状的灵活性、具有大量喷嘴的线性头的适配性以及制造成本，

这是有利的。

喷嘴的喷嘴内径优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、以及更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

优选的，感光树脂层是含氟树脂。

依照本发明的第五方面，一种液体喷射装置包括：喷嘴，具有面向一种基体件的边缘部且用于从该边缘部喷射液滴，该基体件具有用于接收可充电溶液的喷射液滴的接收面，该喷嘴具有不大于  $30\mu\text{m}$  的内径；喷射电压施加部，用于给该喷嘴内的溶液施加喷射电压；以及溶液供给部，用于通过给喷嘴内供应溶液来控制该溶液的供给压力以在该装置待命时使液面位于喷嘴内。

上述“具有用于接收可充电溶液的喷射液滴的接收面的基体件”是一种接收所喷射溶液的着落液滴的物质，且对其材料并未特别限制。因此，例如，当上述结构应用于喷墨打印机时，其是记录介质例如纸、薄片等，以及当利用导电膏剂形成电路时，其是将要在其上形成电路的基底。

上述“待命”是在液体喷射装置运行时用于预备下一喷射的时间。预备下一喷射的时间是在液体喷射装置暂时中止时等待直至喷射定时到来的状态、即等待喷射定时的状态，以及在该液体喷射装置具有大量喷嘴的情况中，预备下一喷射的时间是不需要进行喷射的喷嘴等待下一喷射定时的状态。

此外，此操作不一定要在待命所限定的整个期间内执行，可依据溶液性质适当地选择来执行该操作。例如，在溶液性质易于干燥或者溶液性质易于凝聚的情况中，优选在每次待命时执行该操作，以及在溶液性质不易于干燥或者溶液性质稳定的情况中，可以必要的定时执行该操作。

依照本发明的第五方面，这样放置喷嘴或基体件，使液滴的接收面面向该喷嘴的边缘部。可通过移动喷嘴或者移动基体件来进行定位操作以实现相互位置关系。

然后，溶液供给部给喷嘴内供应溶液。为执行喷射，喷嘴内的溶

液需要处于充电状态。另外，可提供一种用于给溶液施加充电所需要电压的充电专用电极。

依照本发明的第五方面，由于液面位于喷嘴内，可防止该溶液附着在喷嘴喷孔的周缘上。此外，可防止溶液干燥，防止溶液附着在喷嘴上。因此，可防止喷嘴堵塞。

优选的，上述液体喷射装置还包括一种搅动电压施加部，用于在该装置待命时给溶液施加一种用于搅动该溶液中的充电成分的电压。

通过如上操作，由于可维持一种溶液内的充电成分被均匀分散的状态，可防止该充电成分凝聚。此外，由于可持续地移动溶液，能够防止该溶液附着在喷嘴内以及防止该溶液固着在该喷嘴上。因此，可防止喷嘴堵塞。

优选的，搅动电压施加部经由构造一种与喷射电压施加部相同的构件构成，以能够执行这样一种操作，该操作是给溶液施加一种在比喷射启动电压小的电压范围内上下波动的反复电压。

通过如上操作，由于喷射电压施加部施加电压，可用一种简单结构给溶液施加电压。此外，由于施加一种在比喷射启动电压小的电压范围内上下波动的反复电压，可在未使液滴喷射的状态下搅动溶液中的充电成分，以及可防止该充电成分凝聚。此外，由于可持续地移动溶液，能够防止该溶液附着在喷嘴内以及防止该溶液固着在该喷嘴上。因此，可防止喷嘴堵塞。

优选的，喷嘴的渠道的内表面至少绝缘，以及一种流体供给电极设在渠道内的溶液周围以及该绝缘内表面的一部分的外部。

上述“一种流体供给电极设在绝缘部的外部”既指流体供给电极经由绝缘涂层设在整个喷嘴的内部，又指由绝缘材料形成整个喷嘴并将流体供给电极设在该喷嘴的外部。

一般，通过使一种利用令管状渠道的内表面绝缘并经由该绝缘部设置的电压与一种给该管状渠道的溶液侧施加电压的电压之间存在电位差，当给每个电极施加电压时，该溶液相对于该管状渠道的绝缘内表面的润湿性得到增强，换句话说，可获得所谓的电镀润湿现象的效

果。

通过如上操作，利用在由设在喷嘴内表面的绝缘部外侧的流体供给电极所施加的电压与喷射电压施加部所施加的电压之间提供电位差，可依据电镀润湿效果增强喷嘴内的润湿性，并可依照该电镀润湿效果实现向该喷嘴内平滑地供应溶液。

优选的，喷嘴的边缘部的内径优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、以及更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

优选的，一种疏水性高于喷嘴基材的涂层形成在该喷嘴的喷孔的周缘部处。

通过如上操作，由于可抑制溶液附着在喷嘴喷孔的周缘部上，能够防止该溶液固着在喷嘴上。因而，可防止喷嘴堵塞。

优选的，一种疏水性高于喷嘴基材的涂层形成在该喷嘴的内表面处。

通过如上操作，由于可抑制溶液附着在喷嘴喷孔的内表面上，能够防止该溶液固着在喷嘴上。因而，可防止喷嘴堵塞。

优选的，喷嘴由含氟感光树脂形成。

通过如上操作，由于可抑制溶液附着在喷嘴上，能够防止该溶液固着在喷嘴上。因而，可防止喷嘴堵塞。

依照本发明的第六方面，一种液体喷射装置包括：喷嘴，具有面向一种基体件的边缘部且用于从该边缘部喷射液滴，该基体件具有用于接收可充电溶液的喷射液滴的接收面，该喷嘴具有不大于  $30\mu\text{m}$  的内径；溶液供给部，用于给该喷嘴内供应溶液；喷射电压施加部，用于给该喷嘴内的溶液施加喷射电压；以及涂层，形成在该喷嘴的喷孔在其上敞开的该喷嘴的边缘面上，呈围绕该喷孔的环形，该涂层具有比喷嘴基材高的疏水性，其特征在于，当溶液的液面处于一种在喷嘴外部呈凸状弯月面形状的状态时，该装置喷射液滴，以使该液面的内径等于涂层的内径。

通过如上操作，在溶液的液面具有与涂层内径相等的内径且处于一种凸向喷嘴外部的弯月面形状的状态的同时，当喷射电压施加部施

加电压时，自该喷嘴喷出液滴。

“具有用于接收充电溶液的喷射液滴的接收面的基体件”是一种接收所喷射溶液的着落液滴的物质，且对其材料并未特别限制。例如，当上述结构应用于喷墨打印机时，其是记录介质例如纸、薄片等，以及当利用导电膏剂形成电路时，其是将要在其上形成电路的基底。

依照本发明的第六方面，这样放置喷嘴或基体件，使液滴的接收面面向该喷嘴的边缘部。可通过移动喷嘴或者移动基体件来进行定位操作以实现这些相互关系。

然后，溶液供给部给喷嘴内供应溶液。为执行喷射，喷嘴内的溶液需要处于充电状态。另外，还可提供一种用于给溶液施加充电所需要电压的充电专用电极。

当给喷嘴内的溶液施加喷射电压时，利用静电力将该溶液引导至该喷嘴的边缘侧，并形成向外凹陷的凸状弯月面。电场集中在此凸状弯月面的顶部，并克服溶液的表面张力喷射液滴。

当喷嘴喷孔周缘的疏水性低时，溶液扩散至该喷嘴的边缘面上，同时凸状弯月面的曲率小。

但依照本发明的第六方面，由于一种疏水性高于喷嘴基材的涂层围绕喷孔呈环状地形成在喷嘴喷孔敞开的喷嘴边缘面上，溶液不易于从该涂层的内侧扩散至外侧。因此，在喷嘴边缘部处，可使所形成的其内径等于涂层内径的凸状弯月面的曲率更大，并可使电场以更高的集中度集中在该弯月面的顶部。结果，使液滴微小。此外，由于可形成具有微小内径的弯月面，电场容易集中在该弯月面的顶部，能够使喷射电压变为低压。

为使所喷射的液滴微小，优选的，将呈环状围绕喷孔的涂层的内径设定为等于喷嘴的内径。

优选的，喷嘴的边缘部的内径优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、以及更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

依照本发明的第七方面，一种液体喷射装置包括：喷嘴，具有面向一种基体件的边缘部且用于从该边缘部喷射液滴，该基体件具有用

于接收可充电溶液的喷射液滴的接收面，该喷嘴具有不大于  $30\mu\text{m}$  的内径；溶液供给部，用于给该喷嘴内供应溶液；喷射电压施加部，用于给该喷嘴内的溶液施加喷射电压；以及涂层，形成在该喷嘴的喷孔在其上敞开的该喷嘴的边缘面上，呈围绕该喷孔的环形，该涂层具有比该喷嘴的内表面高的疏水性，其特征在于，当该溶液的液面处于一种在喷嘴外部呈凸状弯月面形状的状态时，该装置喷射液滴，以使该液面的内径等于涂层的内径。

通过如上操作，在溶液的液面具有与涂层内径相等的内径且处于一种凸向喷嘴外部的弯月面形状的状态的同时，当喷射电压施加部施加电压时，自该喷嘴喷出液滴。

依照本发明的第七方面，由于一种疏水性高于喷嘴的内表面的涂层围绕喷孔呈环状地形成在喷嘴喷孔敞开的喷嘴边缘面上，与喷嘴内表面的疏水性与该喷嘴边缘面的疏水性相等的情况相比，溶液不易于润湿并从该涂层的内径扩散至外侧。因此，在喷嘴边缘部处，可使所形成的其内径等于涂层内径的凸状弯月面的曲率更大，并可使电场以更高的集中度集中在该弯月面的顶部。结果，使液滴微小。此外，由于可形成具有微小内径的弯月面，电场容易集中在该弯月面的顶部，能够使喷射电压变为低压。

优选的，喷嘴的边缘部的内径优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、以及更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

依照本发明的第八方面，一种液体喷射装置包括：喷嘴，具有面向一种基体件的边缘部且用于从该边缘部喷射液滴，该基体件具有用于接收可充电溶液的喷射液滴的接收面，该喷嘴由含氟感光树脂形成且具有不大于  $30\mu\text{m}$  的内径；溶液供给部，用于给该喷嘴内供应溶液；以及喷射电压施加部，用于给该喷嘴内的溶液施加喷射电压。

依照本发明的第八方面，由于喷嘴由含氟树脂形成，溶液不易于润湿并扩散。因此，在喷嘴边缘部处，可使所形成的其内径等于涂层内径的凸状弯月面的曲率更大，并可使电场以更高的集中度集中在该弯月面的顶部。结果，使液滴微小。此外，由于可形成具有微小内径

的弯月面，电场容易集中在该弯月面的顶部，能够使喷射电压变为低压。此外，由于可抑制溶液附着在喷嘴，能够防止该溶液固着在喷嘴，并能够抑制该喷嘴堵塞。

优选的，喷嘴的边缘部的内径优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、以及更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

依照本发明的第九方面，一种液体喷射装置包括：喷嘴，具有面向一种基体件的边缘部且用于从该边缘部喷射液滴，该基体件具有用于接收可充电溶液的喷射液滴的接收面，该喷嘴具有不大于  $30\mu\text{m}$  的内径；溶液供给部，用于给该喷嘴内供应溶液；以及喷射电压施加部，用于给该喷嘴内的溶液施加喷射电压，其特征在于，该溶液相对于该喷孔的周缘材料呈不小于  $45^\circ$  的接触角。

依照本发明的第九方面，由于溶液与喷嘴喷孔的周围材料之间的接触角不小于  $45^\circ$ ，该溶液不易于润湿并扩散到该喷嘴喷孔的周缘。因此，在喷嘴边缘部处，可使所形成的其内径等于涂层内径的凸状弯月面的曲率更大，并可使电场以更高的集中度集中在该弯月面的顶部。结果，使液滴微小。此外，由于可形成具有微小内径的弯月面，电场容易集中在该弯月面的顶部，能够使喷射电压变为低压。

依照本发明的第十方面，一种液体喷射装置包括：喷嘴，具有面向一种基体件的边缘部且用于从该边缘部喷射液滴，该基体件具有用于接收可充电溶液的喷射液滴的接收面，该喷嘴具有不大于  $30\mu\text{m}$  的内径；溶液供给部，用于给该喷嘴内供应溶液；以及喷射电压施加部，用于给该喷嘴内的溶液施加喷射电压，其特征在于，该溶液相对于该喷孔的周缘材料呈不小于  $90^\circ$  的接触角。

依照本发明的第十方面，由于溶液与喷嘴喷孔的周围材料之间的接触角不小于  $90^\circ$ ，该溶液不易于润湿并扩散到该喷嘴喷孔的周缘。因此，在喷嘴边缘部处，可使所形成的其内径等于涂层内径的凸状弯月面的曲率更大，并可使电场以更高的集中度集中在该弯月面的顶部。结果，使液滴微小。此外，由于可形成具有微小内径的弯月面，电场容易集中在该弯月面的顶部，能够使喷射电压变为低压。此外，当接

触角变为小于 90 度时,弯月面形状的成形变得稳定且所喷射液滴量的稳定化变得容易。因此,响应性增强。

依照本发明的第十一方面,一种液体喷射装置包括:喷嘴,具有面向一种基体件的边缘部且用于从该边缘部喷射液滴,该基体件具有用于接收可充电溶液的喷射液滴的接收面,该喷嘴具有不大于  $30\mu\text{m}$  的内径; 溶液供给部,用于给该喷嘴内供应溶液; 以及喷射电压施加部,用于给该喷嘴内的溶液施加喷射电压,其特征在于,该溶液相对于该喷孔的周缘材料呈不小于 130 度的接触角。

依照本发明的第十一方面,由于溶液与喷嘴喷孔的周围材料之间的接触角不小于 130 度,该溶液不易于润湿并扩散到该喷嘴喷孔的周缘。因此,在喷嘴边缘部处,可使所形成的其内径等于涂层内径的凸状弯月面的曲率更大,并可使电场以更高的集中度集中在该弯月面的顶部。结果,使液滴微小。此外,由于可形成具有微小内径的弯月面,电场容易集中在该弯月面的顶部,能够使喷射电压变为低压。此外,当接触角变为小于 130 度时,弯月面形状的成形变得相当稳定且所喷射液滴量的稳定化变得更容易。因此,响应性进一步增强。

优选的,喷嘴的边缘部的内径优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、以及更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

依照本发明的第十二方面,一种液体喷射装置包括:喷嘴,具有不大于  $30\mu\text{m}$  的喷嘴内径; 供给通道,用于引导溶液至该喷嘴; 以及喷射电压施加部,用于给该喷嘴内的溶液施加喷射电压,其特征在于,该装置基于利用喷射电压施加部给喷嘴内的溶液施加喷射电压而自该喷嘴的边缘部给一种被放置为面向该边缘部的基体件喷射作为液滴的充电溶液,以及该装置还包括一种用于使清洗剂在喷嘴内部或者喷嘴内部和供给通道内部流通以利用该清洗剂清洗该喷嘴或者该喷嘴和供给通道的清洗设备。

“基体件”是一种接收所喷射溶液的着落液滴的物质,且对其材料并未特别限制。因此,例如,当上述结构应用于喷墨打印机时,记录介质例如纸、薄片等相当于基体件,以及当利用导电膏剂形成电路时,

将要在其上形成电路的基底相当于基体件。

这样放置喷嘴或基体件，使溶液接收面面向该喷嘴的边缘部。可通过移动喷嘴或者移动基体件来进行定位操作以实现相互位置关系。

然后，为执行喷射，喷嘴内的溶液需要处于充电状态。溶液的充电可通过利用一种充电专用电极施加处于这样一种范围内的电压来实现，在该范围内，施加喷射电压的喷射电压施加部不执行喷射。

依照本发明的第十二方面，提供一种用于清洗喷嘴或者喷嘴和供给通道的清洗设备。然后，利用该清洗设备，使清洗剂在喷嘴内或者喷嘴内和供给通道内流通。例如，当溶液包含细颗粒时，有可能由于凝聚在喷嘴内或者供给通道内的细颗粒凝聚体堵塞在喷射溶液的开口处而堵塞该喷嘴，该开口位于喷嘴的边缘部（以下称其为“喷孔”）。但通过使清洗剂在喷嘴内或者喷嘴内和供给通道内流通，存在于该喷嘴内和该供给通道内的细颗粒凝聚体被排到外部，从而能够清洗该喷嘴内和该供给通道内。此外，即便细颗粒凝聚体固着在供给通道的内表面或者喷嘴内，通过依据所流通清洗剂的清洗作用清除该供给通道的内表面的凝聚体，也能够清洗该内表面和喷嘴内部。此外，例如，即便在喷嘴内部或者供给通道内部存在杂质例如污染物、由于溶液固化生成的固态物质的情况下，也能利用清洗剂排除该杂质。

按照这种方式，由于可清洗喷嘴内部和供给通道内部，即便采用喷嘴内径不大于  $30\mu\text{m}$  的喷嘴，在喷射溶液时也不易于发生喷嘴堵塞，从而可防止该喷嘴堵塞。

优选的，清洗设备使清洗剂沿着一种给喷嘴供应溶液的供给方向流通。

通过如上操作，清洗设备使清洗剂沿着一种给喷嘴供应溶液的供给方向流通。换句话说，使清洗剂处于供给通道内并在此供给通道内流至喷嘴侧，然后自该喷嘴的边缘部排到外部。因此，例如，当供给通道内存在溶液时，所流通清洗剂把该供给通道内的溶液推至喷嘴侧，以从该喷嘴的边缘部将该溶液排到外部。

优选的，清洗设备包括：盖件，用于自边缘部的一侧覆盖喷嘴的

外表面；以及抽吸泵，用于经由该盖件抽吸喷嘴的内部。

通过如上操作，清洗设备包括一种用于自边缘部的一侧覆盖喷嘴的外表面的盖件，以及一种用于经由该盖件抽吸喷嘴的内部的抽吸泵。因此，抽吸泵经由盖件抽吸存在于喷嘴中的溶液、清洗剂等。换句话说，在清洗剂在喷嘴内部和供给通道内部流通的情况下，当该喷嘴内部或者该供给通道内部存在溶液，抽吸泵抽吸该溶液，并抽吸清洗剂以使该清洗剂在该喷嘴内部和该供给通道内部流通。

此外，抽吸泵用于给喷嘴内部供应溶液，在这种情况下，例如，该抽吸泵抽吸溶液以给该喷嘴内部供应其内容纳溶液的溶液容纳单元中的溶液。

这里，使清洗剂在喷嘴内部或者喷嘴内部和供给通道内部流通以及给该喷嘴内部供应溶液可由单个抽吸泵来完成。换句话说，例如，通过采用一种包括切换部的结构，该切换部可在流通清洗剂与供应溶液之间进行切换，可利用单个抽吸泵实现该清洗剂的流通和该溶液的供给。

优选的，清洗设备包括一种具有喷孔的头部，该头部可朝向喷嘴的外表面喷射清洗剂。

这里，重要的是喷射给喷嘴外表面的清洗剂在凸出式喷嘴形状的情况中近似垂直地至少喷向喷嘴边缘面、或者在平面式喷嘴形状的情况中近似垂直地喷向喷孔和该喷孔的周缘，且优选其速度快速。

通过如上操作，清洗设备包括一种具有喷孔的头部，该头部可朝向喷嘴的外表面喷射清洗剂。因此，由于从头部的喷孔朝向喷嘴的外表面喷射清洗剂，就利用该清洗剂清洗该外表面。换句话说，例如，通过重复地自喷嘴喷射溶液，在喷嘴的外表面、尤其是喷嘴的边缘部侧的外表面，溶液附着并固着而产生固着物质。然后，由于溶液重复地附着并固着，固着物质在边缘部一直固着到溶液喷孔，就有可能发生喷嘴堵塞。但通过朝向喷嘴的边缘部喷射清洗剂，依据该清洗剂的清洗作用，可以清除存在于该喷嘴的边缘部侧的外表面的溶液固着物质以及存在于溶液喷孔的固着物质。因此，可防止喷嘴堵塞。

优选的，一种可朝向喷嘴的外表面喷射清洗剂的喷孔设在盖件上，以及抽吸泵自该喷孔抽吸被喷射给外表面的清洗剂。

通过如上操作，可从由盖件提供的喷孔抽吸喷射给喷嘴外表面的清洗剂。换句话说，可经由单个盖件把清洗剂喷射给喷嘴的外表面以及利用抽吸泵抽吸所喷射的清洗剂。即，通过从盖件朝向喷孔喷射的清洗剂，可清洗并清除易于发生堵塞的喷嘴边缘部的固着物质，并依据抽吸泵的抽吸操作顺畅地清洗该喷嘴内部和供给通道内部。

优选的，给清洗剂提供高频振动。

通过如上操作，例如，由于给清洗剂提供兆赫兹的高频振动，通过使水颗粒加速，能够容易地清洗并清除用普通液态清洗剂难以清除的亚微细颗粒。

优选的，液体喷射装置包括：溶液容纳部，用于容纳将经由供给通道供应给喷嘴的溶液；以及振动生成设备，用于通过给容纳在该溶液容纳部中的溶液提供振动来分散包含在该溶液中的细颗粒。

这里，细颗粒是包含在构成溶液的溶质中的各种细颗粒，当溶液是油墨时，该细颗粒相当于构成例如着色剂、添加剂、分散剂等成分的各种颗粒，当溶液是导电膏剂时，该细颗粒相当于各种金属颗粒如Ag（银）、Au（金）等。

通过如上操作，提供一种用于容纳将经由供给通道供应给喷嘴的溶液的溶液容纳单元。此外，提供一种通过给容纳在溶液容纳单元中的溶液提供振动来分散包含在该溶液中的细颗粒的振动生成设备。因此，由于振动生成设备给容纳在溶液容纳单元中的溶液提供振动以搅动和分散该溶液中的细颗粒，该溶液中细颗粒的密度处于均匀状态。换句话说，细颗粒不易于凝聚而形成凝聚体。因此，例如，当溶液从溶液容纳单元供应给喷嘴时，可减少凝聚体堵塞喷嘴的可能性，以及减少细颗粒凝聚体堵塞喷嘴或者供给通道的可能性。

此外，由于振动生成设备通过辐射超声波给溶液提供振动，可经由溶剂给该溶液中的细颗粒提供基于超声波辐射而生成的细微振动，以有效地搅动和分散该细颗粒，并提供该细颗粒密度的均匀状态。

此外，通过从溶液容纳单元的外部辐射超声波，可给溶液提供振动而不接触该溶液，并适当地分散该溶液中的细颗粒。因此，可提高有关细颗粒在溶液中的分散操作的效率。

优选的，在停止自喷嘴喷射溶液时，清洗设备可在清洗剂填充该喷嘴或者该喷嘴和供给通道的状态下停止流通该清洗剂。

通过如上操作，由于在喷嘴不喷射溶液时以及在清洗剂填充该喷嘴或者该喷嘴和供给通道的状态下清洗设备停止流通该清洗剂，例如，即便在细颗粒的凝聚体、杂质等固着在该供给通道内部或者该喷嘴内部的情况下，也能够确保该清洗剂有充足的时间作用于该细颗粒的凝聚体、杂质等。因此，可有效地清洗喷嘴内部或者供给通道内部。

优选的，喷嘴内径优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、以及更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

依照本发明，其特征在于提供一种具有传统未发现的超微小内径的喷嘴，以使电场集中在该喷嘴边缘部并增强电场强度。有关使喷嘴内径小型化，随后将详细说明。在这种情况下，可喷射液滴而不需要面向喷嘴边缘部的反电极。例如，在不存在反电极且基体件设置为面向喷嘴边缘部的状态下，当该基体件是导电材料时，在相对于该基体件的接收面与该喷嘴边缘部平面对称的位置感生具有相反极性的镜像电荷，以及当该基体件是绝缘材料时，在相对于该基体件的接收面依据该基体件的导电性所确定的对称位置感生具有相反极性的镜像电荷。于是，利用在喷嘴边缘部感生的电荷与镜像电荷之间的静电力，执行液滴喷射。

但是，尽管可不需要反电极，但该反电极可同时使用。当同时使用反电极时，期望沿着该反电极的面向表面放置基体件，并垂直于自喷嘴的液滴喷射方向放置该反电极的面向表面。可利用喷嘴与反电极之间电场的静电力来引导飞行液滴，以及通过使反电极接地，可经由该反电极使充电液滴放电，并可获得减少电荷积聚的效果。因此，同时采用反电极是更优选的结构。

(1) 优选的，喷嘴由电绝缘材料形成，且一种用于施加喷射电

压的电极插入该喷嘴内部或者形成一种作为该电极的电镀层。

(2) 优选的, 喷嘴由电绝缘材料形成, 且电极插入该喷嘴内部或者形成作为该电极的镀层, 以及一种用于喷射的电极还设在该喷嘴的外部。

位于喷嘴外部的喷射用电极例如设在喷嘴边缘侧的端面处且在该喷嘴边缘部侧的侧表面的整个周缘上或者其一部分上。

通过如(1)和(2)操作, 除了上述本发明效果外, 可增强喷射力。因此, 即便喷嘴内径进一步地小型化, 也能够以低压喷射液滴。

(3) 优选的, 基体件由导电材料或者绝缘材料形成。

(4) 优选的, 施加给喷射电极的喷射电压  $V$  满足以下方程(1)的范围。

$$h\sqrt{\frac{\gamma\pi}{\varepsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma kd}{2\varepsilon_0}} \quad (1)$$

其中,  $\gamma$ : 溶液的表面张力  $\text{N/m}$ ,  $\varepsilon_0$ : 电常数  $[\text{F/m}]$ ,  $d$ : 喷嘴内径  $\text{m}$ ,  $h$ : 喷嘴与基体件之间的距离  $\text{m}$ , 以及  $k$ : 取决于喷嘴形状的比例常数( $1.5 < k < 8.5$ )。

(5) 优选的, 所施加的喷射电压不大于  $1000\text{V}$ 。

通过这样设定喷射电压的上限, 能够使喷射控制变得容易, 并通过增强装置耐用性以及通过执行安全措施而容易增强可靠性

(6) 优选的, 所施加的喷射电压不大于  $500\text{V}$ 。

通过这样设定喷射电压的上限, 能够使喷射控制变得容易, 并通过进一步增强装置耐用性以及通过执行安全措施而更容易增强可靠性

(7) 优选将喷嘴与基体件之间的距离设定为不大于  $500\mu\text{m}$ , 因为这样即便使喷嘴内径微小也可获得高着落准确度。

(8) 优选的, 给喷嘴内的溶液施加压力。

(9) 当以单脉冲执行喷射时, 可采用这样一种脉冲宽度  $\Delta t$ , 其不小于由以下方程(2)确定的时间常数  $\tau$ 。

$$\tau = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad (2)$$

这里,  $\varepsilon$ : 溶液的介电常数  $\text{F/m}$ , 以及  $\sigma$ : 溶液导电率  $\text{S/m}$ 。

## 附图的简要说明

图 1A 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 0.2\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $2000\mu\text{m}$ ,

图 1B 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 0.2\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $100\mu\text{m}$ ,

图 2A 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 0.4\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $2000\mu\text{m}$ ,

图 2B 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 0.4\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $100\mu\text{m}$ ,

图 3A 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 1\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $2000\mu\text{m}$ ,

图 3B 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 1\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $100\mu\text{m}$ ,

图 4A 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 8\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $2000\mu\text{m}$ ,

图 4B 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 8\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $100\mu\text{m}$ ,

图 5A 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 20\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $2000\mu\text{m}$ ,

图 5B 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 20\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $100\mu\text{m}$ ,

图 6A 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 50\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $2000\mu\text{m}$ ,

图 6B 是表示一种电场强度分布的示图,其中,喷嘴内径为  $\Phi 50\mu\text{m}$  且喷嘴至反电极的距离设定为  $100\mu\text{m}$ ,

图 7 是表示在图 1 至图 6 所示每种条件下的最大电场强度的表格,

图 8 是表示喷嘴的喷嘴内径与当液面位于该喷嘴的边缘位置时的最大电场强度之间关系的图表,

图 9 是表示喷嘴的喷嘴内径、在喷嘴边缘部喷射的液滴开始飞行时的喷射开始电压、在初始喷射液滴的瑞利极限时的电压值以及该喷射开始电压与瑞利极限电压的比之间关系的图表，

图 10 是一幅用喷嘴内径与强电场区域之间关系描绘的图表，

图 11 是表示第一实施例中的静电吸引式液体喷射头 100 的透视图，其中，该液体喷射头 100 的一部分被切除，

图 12 是表示一种设在液体喷射头 100 内的液室结构从底面看的剖视图，

图 13 是表示一种设在液体喷射头 100 内的喷嘴板 104 的示图，

图 14 是沿图 13 所示切割线 XIV-XIV 的剖视图，

图 15A 是表示在一种液体溶液室侧具有圆形的例子中喷嘴内通道形状的透视图，其中，该喷嘴内通道的一部分被切除，

图 15B 是表示在一种通道侧表面为锥形圆周面的例子中喷嘴内通道形状的透视图，其中，该喷嘴内通道的一部分被切除，

图 15C 是表示在一种锥形圆周面与线性通道相结合的例子中喷嘴内通道形状的透视图，其中，该喷嘴内通道的一部分被切除，

图 16 是表示上述液体喷射头 100 的制造方法的一步骤的示图，

图 17A 是表示上述液体喷射头 100 的制造方法的一步骤的俯视图，

图 17B 是沿线 XVII-XVII 的一部分的剖视图，

图 18 是表示上述液体喷射头 100 的制造方法的一步骤的示图，

图 19 是表示上述液体喷射头 100 的制造方法的一步骤的示图，

图 20 是表示上述液体喷射头 100 的制造方法的一步骤的示图，

图 21 是表示上述液体喷射头 100 的制造方法的一步骤的示图，

图 22A 是表示在不喷射情况下的时间与施加给溶液的电压之间关系的图表，

图 22B 是表示在不喷射情况下的喷嘴 103 的状态的剖视图，

图 22C 是表示在喷射情况下的时间与施加给溶液的电压之间关系的图表，

图 22D 是表示在喷射情况下的喷嘴 103 的状态的剖视图，

图 23 是表示第二实施例的液体喷射装置 1020 的简图，

图 24A 是表示在不喷射情况下的时间与施加给溶液的电压之间关系的图表，

图 24B 是表示在不喷射情况下的喷嘴 1021 的状态的剖视图，

图 24C 是表示在喷射情况下的时间与施加给溶液的电压之间关系的图表，

图 24D 是表示在喷射情况下的喷嘴 1021 的状态的剖视图，

图 25 是表示第二实施例中液体喷射装置 1020 的喷嘴 1021 的剖视图，

图 26 是表示当第二实施例中的液体喷射装置 1020 待命进行喷射时的电压施加图形的示图，

图 27 是表示第二实施例中的液体喷射装置 1020 的一种测试驱动图形的示图，

图 28 是表示采用第二实施例的液体喷射装置 1020 作为试验例的试验条件与试验结果的表格，

图 29 是表示第三实施例的液体喷射装置 1040 的示图，

图 30A 是表示第三实施例的液体喷射装置 1040 的喷嘴内通道 1022 中的溶液在喷嘴 1021 的边缘部处形成凹状弯月面的状态的示图，

图 30B 是表示第三实施例的液体喷射装置 1040 的喷嘴内通道 1022 中的溶液在喷嘴 1021 的边缘部处形成凸状弯月面的状态的示图，

图 30C 是表示第三实施例的液体喷射装置的喷嘴内通道 1022 中的溶液的液面被拉入达一预定距离的状态的示图，

图 31 是表示第四实施例的液体喷射装置的示图。

图 32A 是表示在不喷射情况下的时间与施加给溶液的电压之间关系的图表，

图 32B 是表示在不喷射情况下的喷嘴 2021 的状态的剖视图，

图 32C 是表示在喷射情况下的时间与施加给溶液的电压之间关系的图表，

图 32D 是表示在喷射情况下的喷嘴 2021 的状态的剖视图，

图 33A 是表示从喷孔侧看的第四实施例的液体喷射装置 2020 的喷嘴 2021 的俯视图，

图 33B 是表示第四实施例的液体喷射装置 2020 的喷嘴 2021 的剖视图，

图 34A 是表示作为第四实施例的液体喷射装置 2020 的比较例，在不提供疏水涂层的情况下喷嘴 2104 的边缘处形成凹状弯月面的状态的剖视图，

图 34B 是表示在喷嘴 2104 边缘处形成凹状弯月面之后形成凸状弯月面的状态的剖视图，

图 34C 是表示在喷嘴 2104 边缘处形成凸状弯月面之后溶液在该喷嘴 2104 处铺展的状态的剖视图，

图 35A 是表示在第四实施例的液体喷射装置 2020 的喷嘴 2021 边缘处形成凹状弯月面的状态的剖视图，

图 35B 是表示在喷嘴 2021 边缘处形成凹状弯月面之后形成凸状弯月面的状态的剖视图，

图 35C 是表示在喷嘴 2021 边缘处形成凸状弯月面之后该弯月面的曲率变得更大的状态的剖视图，

图 36A 是表示自喷嘴侧看的另一种喷嘴 2021 的俯视图，

图 36B 表示另一种喷嘴 2021 的剖视图，

图 37 是表示第五实施例的液体喷射装置的喷嘴 2021 的剖视图，

图 38 是表示一种试验的条件和结果的表格，该试验用于比较喷嘴处疏水涂覆处理的效果，

图 39 是表示第六实施例中的液体喷射装置 3100 的简图，

图 40 是表示在液体喷射装置 3100 的构造中与溶液喷射操作直接相关的构造的示图，

图 41A 是表示在不喷射情况下的时间与施加给溶液的电压之间关系的图表，

图 41B 是表示在不喷射情况下的喷嘴 3050 的状态的剖视图，

图 41C 是表示在喷射情况下的时间与施加给溶液的电压之间关系的图表,

图 41D 是表示在喷射情况下的喷嘴 3050 的状态的剖视图,

图 42 是用于说明每个实施例的喷嘴的电场强度的计算的示图,

图 43 是一种液体喷射机构的侧剖视图, 以及

图 44 是说明依据每个实施例的液体喷射装置中的距离-电压关系的喷射状态的示图。

### 具体实施方式

以下, 将利用附图描述实施本发明的最佳方式。在下述实施例中, 尽管提供了技术上适于实施本发明的各种限定, 但这些限定不用于在以下实施例和所示例子中限制本发明的范围。

设在下述实施例的静电吸引式液体喷射装置和液体喷射装置中的每个喷嘴的喷嘴内径优选不大于  $30\mu\text{m}$ 、更优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。参照图 1A 至图 6A 以及图 1B 至图 6B 说明喷嘴内径与电场强度之间的关系。对应于图 1A 至图 6A, 表示在喷嘴内径为  $\Phi 0.2$ ,  $0.2$ ,  $1$ ,  $8$  和  $20\mu\text{m}$  的情况下以及作为参照的一种传统使用的喷嘴内径为  $50\mu\text{m}$  的情况下的电场强度分布。对应于图 1B 至图 6B, 表示在喷嘴内径为  $\Phi 0.2$ ,  $0.2$ ,  $1$ ,  $8$  和  $20\mu\text{m}$  的情况下以及作为参照的一种传统使用的喷嘴内径为  $50\mu\text{m}$  的情况下的电场强度分布。

这里在每幅图中, 喷嘴中心位置指示位于喷嘴边缘处的液体喷射孔的液体喷射面的中心位置。此外, 图 1A 至图 6A 表示当喷嘴与反电极之间距离设定为  $2000\mu\text{m}$  时的电场强度分布, 以及图 1B 至图 6B 表示当喷嘴与反电极之间距离设定为  $100\mu\text{m}$  时的电场强度分布。这里, 施加电压被设定为在每种情况中都恒定为  $200\text{V}$ 。图中的分导线指示电场强度从  $1\times 10^6\text{V/m}$  到  $1\times 10^7\text{V/m}$  的范围。

图 7 表示在每种情况下的最大电场的表格。

根据图 1A 至图 6A 以及图 1B 至图 6B, 认识到若喷嘴内径不小于

$\Phi 20\mu\text{m}$  则电场强度分布会扩散至一大区域这个事实 (参见图 5A 和图 5B)。此外, 根据图 7 的表格, 认识到喷嘴与反电极之间距离影响电场强度这个事实。

由这些事情, 当喷嘴内径不大于  $\Phi 8\mu\text{m}$  时 (参见图 4A 和图 4B), 电场强度集中且至反电极的距离变化几乎不影响电场强度分布。因此, 当喷嘴内径不大于  $\Phi 8\mu\text{m}$  时, 可以执行稳定喷射而不受到该反电极的位置准确度以及基体件的性质和厚度的不均匀性的影响。

接着, 在图 8 中表示喷嘴的喷嘴内径与当液面位于该喷嘴的边缘位置时的最大电场强度之间的关系。

根据图 8 所示图表, 认识到当喷嘴内径不大于  $\Phi 4\mu\text{m}$  时, 电场集中变得极大且最大电场强度变高。因此, 由于可使溶液的初始喷射速度变大, 液滴的喷射稳定性增强且喷嘴边缘部处电荷的移动速度加快, 于是喷射响应性得到改进。

接着, 以下说明可充给所喷射液滴的最大电荷量。考虑到液滴的瑞利分裂 (瑞利极限), 可充给液滴的电荷量表示为以下方程 (3)。

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

其中,  $q$ : 提供瑞利极限的电荷量 C,  $\epsilon_0$ : 电常数 [F/m],  $\gamma$ : 溶液的表面张力 N/m, 以及  $d_0$ : 滴径 m。

利用上述方程 (3) 算得的电荷量  $q$  越靠近瑞利极限值, 静电力越强且喷射稳定性越好。但当其太靠近瑞利极限值时, 溶液会在喷嘴的液体喷射孔处扩散, 从而缺乏喷射稳定性。

这里, 图 9 是表示喷嘴的喷嘴内径、在喷嘴边缘部喷射的液滴开始飞行时的喷射开始电压、在初始喷射液滴的瑞利极限时的电压值以及该喷射开始电压与瑞利极限电压的比之间关系的图表。

由图 9 所示图表, 在喷嘴内径从  $\Phi 0.2\mu\text{m}$  到  $\Phi 4\mu\text{m}$  的范围内, 喷射开始电压与瑞利极限电压的比超过 0.6, 获得的液滴充电效率的结果有利, 因而认为在该范围内可以执行稳定喷射。

例如, 在一种表示喷嘴内径与强电场 (不小于  $1 \times 10^6 \text{V/m}$ ) 区域之

间关系的图表中,显示了当该喷嘴内径不大于  $\Phi 0.2\mu\text{m}$  时电场集中区域变得极窄这个事实。由此,表明了所喷射液滴不能够充分地接收用于加速的能量且飞行稳定性降低这个事实。因而,喷嘴内径优选设定为大于  $\Phi 0.2\mu\text{m}$ 。

以下描述采用本发明的六个实施例。

#### [ 第一实施例 ]

参照图 11 至图 21 描述第一实施例。作为采用本发明的一种实施例,如图 11 所示,一种静电吸引式液滴喷射装置包括具有第一液室隔离件 106,106...和第二液室隔离件 107,107...且作为凸状弯月面成形部的静电吸引式液体喷射头 100;给该液体喷射头 100 的每条溶液供给通道 101 提供溶液供给压力的供给泵;以及用于驱动该液体喷射头 100 的电路(图 13 和 14 中表示的喷射电压施加部 25 和反电极 23)。

利用图 11 说明液体喷射头 100。这里,图 11 是表示作为采用本发明的实施例的液体喷射头 100 的底面的透视图,该底面位于纸张的前侧且该底面的一部分被切除。如图 11 所示,液体喷射头 100 包括液室结构 102 和喷嘴板 104,在该液室结构 102 内,多条溶液供给通道形成为液室,该喷嘴板 104 具有与该液室结构 102 的底部连接、自其边缘部喷射作为液滴的可充电溶液、具有超微小内径且与各条溶液供给通道 101 对应的喷嘴 103。

以下说明液室结构 102。图 12 是从一条溶液供给通道 101 的底面方向看的主要表示该溶液供给通道 101 的剖视图。如图 11 和图 12 所示,液室结构 102 包括液室侧壁 105,其中,相对于该液室侧壁 105 凸出形成的多个第一液室隔离件 106,106...相互平行地设在该液室侧壁 105 上。第二液室隔离件 107 分别叠置在第一液室隔离件 106 上,且该第二液室隔离件 107 经由粘接层 108 粘接并固定到第一液室隔离件 106 上。于是,在液室侧壁 105 上,通过相互平行地设置多对均由第一液室隔离件 106 和第二液室隔离件 107 组成的凸出件形成多个槽。然后,一种盖板 110 经由粘接层 109 粘接并固定到第二液室隔离件 107,107...上,以面对液室侧壁 105 并覆盖多个槽。于是,就利用一对

第一液室隔离件 106、一对第二液室隔离件 107、液室侧壁 105 以及盖板 110 形成多条分隔的溶液供给通道 101。每条溶液供给通道 101 的底部在此液室结构 102 的底面处敞开，且通过使随后将要描述的一种喷嘴板 104 粘接并固定到该液室结构 102 的底面上来封阻每条溶液供给通道 101。喷嘴 103 对应于每条溶液供给通道 101 地形成在喷嘴板 104 上。

每条溶液供给通道 101 在靠近液室侧壁 105 的顶缘面 111 时变窄，在该顶缘面 111 附近形成窄槽 118。在盖板 110 的顶部处，形成有液体入口 119 和与其连接的歧管 120。于是，对于用盖板 110 覆盖的每条溶液供给通道 101，每条溶液供给通道 101 的顶缘部经由歧管 120 和液体入口 119 与一种其内储存溶液的液体供给源连接。此液体喷射头 100 包括一种用于给每条溶液供给通道 101 提供溶液供给压力的供给泵（溶液供给部），液体供给源利用此供给泵提供的压力给每条溶液供给通道 101 供应溶液。此供给泵通过维持供给压力在溶液不会从喷嘴 103 边缘部溢出的范围内来供给该溶液，如随后将要描述的。

控制电极 121 设在液室隔离件 106 和 107 的侧壁上，以及绝缘层 125 设在该控制电极 121 上。用绝缘层 125 覆盖控制电极 121 以使溶液供给通道 101 的内壁绝缘能防止经由存在于随后将要描述的喷嘴板 104 的喷射电极与该控制电极 121 之间的溶液发生闪击。有关绝缘层 125 的材料和厚度，有必要考虑溶液的导电性和施加电压来确定它们。作为绝缘层 125，一种依据蒸发法由聚对二甲苯基树脂形成的绝缘层以及一种依据 CVD 方法由  $\text{SiO}_2$ ， $\text{Si}_3\text{N}_4$  形成的绝缘层是适合的。

在一种与液室侧壁 105 的一个表面连接的驱动基板 122 处形成有对应于每条溶液供给通道 101 的导电图形 123，该表面与该液室侧壁 105 的提供有第一液体隔离件 106 的那个表面相对，以及该导电图形 123 和控制电极 121 依据引线结合法经由导线 124 连接。

液室隔离件 106 和 107 是由压电陶瓷材料形成且沿叠置方向和相互相反的方向电介质极化的压电陶瓷板，该压电陶瓷材料是具有铁电性的锆钛酸铅（PZT）。通过给控制电极 121 施加电压，液室隔离件

106 和 107 改变形状并给溶液供给通道 101 中的溶液提供压力。但是，利用液室隔离件 106 和 107 自身的压力，不能从随后将要描述的喷嘴 103 的边缘部喷射液滴，只是形成从该喷嘴 103 的边缘部起凸出至外部的凸状弯月面。换句话说，这些液室隔离件 106,106...和液室隔离件 107,107...构成一种凸状弯月面形成部，该凸状弯月面形成部用于形成每条喷嘴内通道 145 的溶液呈凸状隆起的状态。

接着，说明喷嘴板 104。图 13 是表示喷嘴板 104 的底面的示图，以及图 14 是沿图 13 所示切割线 XIV-XIV 的剖视图。喷嘴板 104 包括作为基体且电绝缘的基板 141；形成在该基板 141 的表面 141a 上的多个喷射电极 142,142...；以及经由该多个喷射电极 142,142...叠置在该基板 141 的整个表面 141a 上的喷嘴层 143。

基板 141 的背面 141b 经由粘接剂或其类似物固定在上述液室结构 102 的底面上。此外，多个通孔 141c,141c...形成在基板 141 上，这些通孔 141c,141c...布置为分别对应于溶液供给通道 101，从而与各条溶液供给通道 101 连通。换句话说，通孔 141c 构成溶液供给通道 101 的底部。

喷射电极 142,142...形成为对应于各个通孔 141c。每个喷射电极 142 都形成在基板的表面 141a 上以封阻对应的通孔 141c，且当从底面看时每个喷射电极 142 都与对应通孔 141c 交叠。换句话说，每个喷射电极 142 都面对对应的溶液供给通道 101 并构成对应溶液供给通道 101 的底面。通孔 142a 形成在喷射电极 142 的交叠部处，且此通孔 142a 与对应溶液供给通道 101 连通。此外，整体成形导线 144 与每个喷射电极 142 连接，且每条导线 144 都与一种随后将要描述的偏压电源 30 连接。尽管在此图中当从底面看时喷射电极 142 呈环形且导线 144 呈矩形，但本发明并不限于此形状。

多个喷嘴 103,103...整体成形在喷嘴层 143 上，且该多个喷嘴 103,103...排列成一行。每个喷嘴 103 形成为相对于基板 141 垂直竖立（垂下）。这些喷嘴 103,103...设置为分别对应于溶液供给通道 101，且当从底面看时每个喷嘴 103 与对应通孔 141c 交叠。每个喷嘴形成有

一种从其边缘部起沿着其中心线穿入的喷嘴内通道 145, 且一种作为该喷嘴内通道 145 的一端的喷孔 103a 形成在每个喷嘴 103 的该边缘部处。喷嘴内通道 145 经由喷射电极 142 的通孔 142a 与对应的溶液供给通道 101 连通, 且该喷射电极 142 面对该喷嘴内通道 145。供应给每条溶液供给通道 101 的溶液也供应给通孔 141c 和喷嘴内通道 145, 并直接与每条溶液供给通道 101 和喷嘴内通道 145 中的喷射电极 142 接触。这里, 在图中, 多个喷嘴 103, 103... 排列成一行。但是, 它们也可排列成两行或者排列成矩阵形状。

包括这些喷嘴 103, 103... 的喷嘴层 143 具有电绝缘性, 且喷嘴内通道 145 的内表面也具有电绝缘性。此外, 包括这些喷嘴 103, 103... 的喷嘴层 143 具有疏水性 (例如, 喷嘴层 14 由含氟树脂形成), 或者一种具有疏水性的疏水层可形成在该喷嘴 103, 103... 的表面层上 (例如, 一种金属层形成在该喷嘴 103, 103... 的表面层上, 此外在该金属层上, 通过对该金属与疏水树脂之间进行共析电镀形成疏水层)。这里, 疏水性是排斥由喷嘴 103 喷射的溶液的特性。此外, 通过选择与溶液对应的疏水处理方法, 可以控制喷嘴层的疏水性。作为疏水处理方法, 一种电沉积包含氟的阳离子或阴离子树脂的方法、一种涂覆或烧结氟化高聚物、硅树脂和聚甲基硅氧烷的方法、一种共析电镀氟化高聚物的方法、一种非晶合金膜蒸发方法、以及一种使例如有机硅化合物层、氟化含硅化合物层或其类似层居中粘接在依据等离子 CVD 方法等离子聚合作为单体的六甲基二硅氧烷形成的二甲基聚硅氧烷系统上的方法都是可适用的。

以下将更详细地说明各个喷嘴 103。对于喷嘴 103, 其边缘部和喷嘴内通道 145 的孔径是不变的, 且如所述, 其形成一种超微小内径。喷嘴 103 形成为使其内径朝向边缘部变窄, 且形成为一种无限接近圆锥形的截头圆锥形。作为每个部分尺寸的一个具体例子, 喷嘴内通道 145 的内径 (即, 喷孔 103a 的内径) 优选不大于  $30\mu\text{m}$ 、进一步地小于  $20\mu\text{m}$ 、进一步地不大于  $10\mu\text{m}$ 、进一步地不大于  $8\mu\text{m}$  以及进一步地不大于  $4\mu\text{m}$ , 在本实施例中该喷嘴内通道 145 的内径设定为  $1\mu\text{m}$ 。

然后,喷嘴 103 的边缘部外径设定为  $2\mu\text{m}$ ,该喷嘴 103 的根部内径设定为  $5\mu\text{m}$ ,以及该喷嘴 103 的高度设定为  $100\mu\text{m}$ 。

这里,喷嘴 103 的每个尺寸都不限于上述一个例子。具体的,喷嘴内径在用于实现喷射电压不小于  $1000\text{V}$  的范围内,这种喷射电压能利用随后将要描述的电场集中效应喷射液滴,例如,该喷嘴内径不大于  $70\mu\text{m}$ 、更优选地,该内径不大于  $20\mu\text{m}$ ,该内径被设定为根据目前喷嘴成形技术可以形成供溶液通过的通孔的其下限值。此外,尽管这些喷嘴 103,103...的形状优选相等,但不同形状也是可允许的。

这里,喷嘴内通道 145 的形状可以不如图 14 所示形成内径恒定的直线。例如,如图 15A 所示,其可这样形成以给位于喷嘴内通道 145 的溶液供给通道 101 侧的边缘部处的剖面形状提供圆度。此外,如图 15B 所示,可使位于喷嘴内通道 145 的溶液供给通道 101 侧的边缘部处的内径大于喷射侧的边缘部的内径,且该喷嘴内通道 145 的内表面形成锥形圆周面形状。此外,如图 15C 所示,仅喷嘴内通道 145 的后述溶液供给通道 101 侧的边缘部形成锥形圆周面形状,而与该锥形圆周面相对的喷射边缘部侧形成内径恒定的直线。

接着,说明一种用于驱动此液体喷射头 100 的电路结构。此用于驱动液体喷射头 100 的电路包括一种用于给每个上述喷射电极 142,142...施加喷射电压的喷射电压施加部 25(表示在图 13 中);一种面对上述喷嘴 103,103...的面对表面 23a 以及一种用于支承基体件 200 的反电极 23(表示在图 14 中),该基体件 200 接收该面对表面 23a 处的液滴。

对应于每个喷射电极 142,喷射电压施加部 25 包括一种用于给喷射电极 142 施加直流偏压电压的偏压电源 30;以及一种用于给该喷射电极 142 施加脉冲电压的喷射电源 29,该脉冲电压与该偏压电压叠加以具备喷射所需要的电位。偏压电源 30 和喷射电源 29 可以为所有喷射电极 142,142...共用,在这种情况下,该喷射电源 29 分别给这些喷射电极 142,142...施加脉冲电压。

有关偏压电源 30 的偏压电压,通过施加一种总在不执行溶液喷射

范围内的电压，预先降低了喷射时施加的电压宽度，从而改进喷射时的响应性。

喷射电源 29 仅在执行溶液喷射时使脉冲电压与偏压电压叠加，并将其分别施加给喷射电极 142,142...。脉冲电压的值被设定为使此时的叠加电压  $V$  满足以下方程 (1) 的条件。

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

其中， $\gamma$ : 溶液的表面张力  $\text{N/m}$ ， $\epsilon_0$ : 电常数  $[\text{F/m}]$ ， $d$ : 喷嘴内径  $\text{m}$ ， $h$ : 喷嘴与基体件之间的距离  $\text{m}$ ，以及  $k$ : 取决于喷嘴形状的比例常数 ( $1.5 < k < 8.5$ )。

对于一个引用的例子，所施加的偏压电压为  $\text{DC}300\text{V}$ ，所施加的脉冲电压为  $100\text{V}$ 。因此，喷射时的叠加电压将是  $400\text{V}$ 。

反电极 23 包括垂直于喷嘴 103,103... 的面对表面 23a，且沿着该面对表面 23a 支承基体件 200。作为一个例子，喷嘴 103,103... 的边缘部至反电极 23 的面对表面 23a 的距离被设定为  $100\mu\text{m}$ 。

此外，由于反电极 23 接地，该反电极 23 总是维持大地电位。因此，在施加脉冲电压时，利用产生在每个喷嘴 103 的边缘部与面对表面 23a 之间的电场，将依据静电力喷射的液滴引导至反电极 23。

这里，由于液体喷射头 100 通过使喷嘴 103,103... 小型化导致与该各个喷嘴 103,103... 的边缘部处的电场集中相对应的电场强度增大来喷射液滴，所以可以喷射液滴而不利用反电极 23 进行引导。但是，优选在喷嘴 103,103... 与反电极 23 之间利用静电力进行引导。此外，通过将反电极 23 接地，可使充电液滴放电。

以下将说明供应给此液体喷射头 100 且从该液体喷射头 100 喷出的溶液。

作为该溶液的例子，对于有机液体，可采用水、 $\text{COCl}_2$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{SOCl}_2$ 、 $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{FSO}_2\text{H}$  等。对于无机液体，可采用醇类如甲醇、 $n$ -丙醇、异丙醇、 $n$ -丁醇、2-甲基-1-丙醇、叔丁醇、4-甲基-2-戊醇、苯甲醇、 $\alpha$ -萜品醇、乙二醇、丙三醇、二乙二醇、

三乙二醇等；酚类如苯酚、邻甲酚、间甲酚、对甲酚等；醚类如二恶烷、糠醛、乙二醇二甲醚、乙二醇一甲醚、乙二醇一乙醚、乙二醇一丁醚、二甘醇一乙醚、二甘醇一丁醚、二甘醇一丁醚乙酸酯、氯四甲代氧丙烷等；酮类如丙酮、乙基-甲基酮、2-甲基-4-戊酮、苯乙酮等；脂肪酸类如甲酸、乙酸、二氯乙酸盐、三氯乙酸盐等；酯类如甲酸甲酯、甲酸乙酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸异丁酯、3-甲氧丁基乙酸酯、乙酸正戊酯、丙酸乙酯、乳酸乙酯、苯甲酸甲酯、丙二酸二乙酯、酞酸二甲酯、酞酸二乙酯、碳酸二乙酯、碳酸乙二酯、碳酸丙二酯、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；含氮化合物如硝基甲烷、硝基苯、乙腈、丙腈、丁二腈、戊腈、苯基腈、乙胺、二乙胺、乙二胺、苯胺、N-甲基苯胺、N,N-二甲基苯胺、邻甲苯胺、对甲苯胺、吡啶、吡啶、 $\alpha$ -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'-四甲基脲、N-甲基吡咯烷酮等；含硫化合物如二甲亚砷、环丁砷等；烃类如苯、对甲基异丙基苯、萘、环己基苯、环己撑等；卤代烃类如 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（顺式）、四氯乙烯、2-氯丁烷、1-氯-2-甲基丙烷、2-氯-2-甲基丙烷、溴代甲烷、三溴代甲烷、1-溴代丙烷等。此外，两或多种上述每种液体可混合用作所述溶液。

此外，采用包含大量高导电性材料（银颜料等）的导电膏剂，以及在执行喷射的情况下，对于将溶解或分散到上述液体中且不包括使喷嘴堵塞的粗颗粒在内的目标材料，没有特别限制。对于荧光材料例如 PDP、CRT、FED 等，可采用传统已知的而没有任何特别限制。例如，作为红色荧光材料，可采用  $(Y,Gd)BO_3:Eu$ ， $YO_3:Eu$  等，作为红色荧光材料，可采用  $Zn_2SiO_4:Mn$ ， $BaAl_{12}O_{19}:Mn$ ， $(Ba,Sr,Mg)O \cdot \alpha-Al_2O_3:Mn$  等，作为蓝色荧光材料，可采用  $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu$ ， $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$  等。为使上述目标材料牢固地附

着在记录介质上,优选添加各种粘接剂。作为所采用的粘接剂,例如,可采用纤维素及其衍生物如乙基纤维素、甲基纤维素、硝化纤维素、醋酸纤维素、羟乙基纤维素等;醇酸树脂;(甲基)丙烯酸树脂及其金属盐如聚甲基丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、2-乙基己基甲基丙烯酸甲酯·甲基丙烯酸的共聚物、甲基丙烯酸月桂酯·甲基丙烯酸-2-羟乙酯的共聚物等;聚(甲基)丙烯酰胺树脂如聚-N-异丙基丙烯酰胺、聚-N,N-二甲基丙烯酰胺等;苯乙烯树脂如聚苯乙烯、丙烯腈·苯乙烯的共聚物、苯乙烯·马来酸的共聚物、苯乙烯·异戊二烯的共聚物等;各种饱和或不饱和聚酯树脂;聚烯烃树脂如聚丙烯等;卤代聚合物如聚氯乙烯、聚偏氯乙烯等;乙烯树脂如聚乙烯乙酸酯、氯乙烯·聚乙烯乙酸的共聚物等;聚碳酸酯树脂;环氧树脂;聚氨酯树脂;聚缩醛树脂如聚乙烯醇缩甲醛、聚乙烯醇缩丁醛、聚乙烯醇缩乙醛等;聚乙烯树脂如乙烯·乙酸乙烯的共聚物、乙烯·丙烯酸乙酯的聚合树脂等;酰胺树脂如苯代三聚氰胺等;尿素树脂;密胺树脂;聚乙烯醇树脂及其阴离子阳离子退化物;聚乙烯基砒络烷酮及其共聚物;烯化氧的均聚物、共聚物及交联物如聚环氧乙烷、聚环氧乙基羧酸酯等;聚亚烷基二醇如聚乙二醇、聚丙二醇等;聚醚多醇;SBR, NBR 乳胶;糊精;海藻酸钠;天然或半合成树脂如明胶及其衍生物、酪蛋白、木槿属木薯、胺黄树胶、支链淀粉、阿拉伯树胶、角豆荚胶、瓜尔胶、果胶、角叉菜胶、动物胶、白蛋白、各种淀粉、玉米淀粉、海芋根、富诺林、琼脂、大豆蛋白等;萜烯树脂;酮类树脂;松香和松香脂;聚乙烯基甲基醚、聚乙烯亚胺、聚磺苯乙烯、聚磺乙烯等。这些树脂不仅能用作均聚物,而且能在相互可溶的范围内混和使用。

作为一种代表性例子,当本实施例的液体喷射装置用作图案形成方法时,其可用于显示用途。具体的,其可用于等离子体显示器的荧光材料的成形、等离子体显示器的肋条的成形、等离子体显示器的电极的成形、CRT 的荧光材料的成形、FED(场致发射式显示器)的荧光材料的成形、FED 的肋条的成形、液晶显示器用滤色器(RGB 彩色层,黑基质层)、液晶显示器用间隔件(与黑基质对应的图案、网点

图案等)。这里所述的肋条一般指隔离件,取等离子体显示器作为例子,该肋条用于分隔每种颜色的等离子体区域。对于其它用途,其可用于显微镜、图形涂覆作半导体用途的磁性材料、铁磁介质物质、导电膏剂(导线、天线)等,作为图形显示用途,其可用于普通印刷、特定介质(膜、织物、钢板)上的印刷、曲面印刷、各种印刷版的平版,作为处理用途,可采用本实施例涂覆粘接剂、密封剂等,作为生物工艺、医学用途,其可用于医药品(例如一种混合多种小量成分的医药品)、试样涂覆以供基因诊断等。

接着,说明液体喷射头 100 的一种制造方法。

为制造液体喷射头 100,在单独制造液室结构 102 和喷嘴板 104 之后,将该喷嘴板 104 粘接并固定到该液室结构 102 的底面上。

为制造液室结构 102,首先预备由构成液室侧壁 105 的锆钛酸盐(PZT)制成的压电材料、第一液体隔离件 106 和第二液室隔离件 107,以及通过采用刮刀法、丝网印刷法等,形成具有预定厚度的片状。通过使用粘接

接着,通过使用将成为粘接层 108 的粘接剂叠置一对片材,形成压电叠置件,随后,依据已知方法执行极化处理,从而沿着上侧片材和下侧片材的厚度方向以及它们相互相反的方向对它们进行极化。

接着,利用工具(例如,金刚石板)研磨上述通过叠置片材对构成的压电叠置件,从而在上述压电叠置件上平行地形成多个将构成溶液供给通道 101 的槽部。

随后,依据已知方法例如电镀等给构成槽部的液室隔离件 106 和 107 形成电极。这里,在该槽部的底面处,未形成电极。于是,当将作为粘接层 109 的粘接剂涂覆到液室隔离件 107 的顶部上并施加盖板 110 时,就制成了用相互平行形成的多条溶液供给通道 101 构成的液室结构 102。然后,一种驱动基板 122 与液室侧壁 105 连接,导线 124 的一个端部与每个电极 121 连接,该导线 124 的另一个端部与导电图形 123 连接。

另一方面,为制造喷嘴板 104,如图 16 所示,首先准备一种具有

扁平板状的基板 141(这里,多个通孔 141c 还未形成在该基板 141 上),依据涂层形成方法如 PVD 方法、CVD 方法、电镀方法等在该基板 141 的表面 141a 的整个面上形成导电涂层 142b,以及依据照相平版印刷方法在该导电涂层 142b 上形成抗蚀剂 150,150...。这里,抗蚀剂 150 在平面图中的形状为一种从底视图中看的喷射电极 142 与导线 144 相结合的形状。另外,基板 141 可以是玻璃基板、硅片或树脂基板,但具有电绝缘性。

接着,当利用作为掩膜的抗蚀剂 150,150...在导电涂层 142b 上进行蚀刻时,该导电涂层 142b 就具有其经处理的形状,并随后除去该抗蚀剂 150,150...(参照图 17A 和图 17B)。按照这种方式,由于经由涂覆步骤、掩膜步骤和形状处理步骤同时形成多个喷射电极 142,142...,喷嘴板 104 的生产率高。

接着,在基板 141 的整个表面 141a 上形成抗蚀剂层(感光树脂层) 143b,以覆盖所有这些喷射电极 142,142...和这些导线 144,144...(参见图 18)。这些抗蚀剂层 143b 可是正类型或者负类型。抗蚀剂层 143b 具有感光树脂的性质,对于其组成,PMMA, SU8 等是优选的。

接着,依据将要形成的多个喷嘴 103,103...的形状利用电子束、毫微微秒激光器等对抗蚀剂层 143b 进行曝光。换句话说,当抗蚀剂层 143b 是正类型时,该抗蚀剂层的与喷射电极 142,142...的通孔 142a 相交叠的一部分被曝光至深层,以及位于多个喷嘴 103,103...之间的一部分被曝光至中层。另一方面,当抗蚀剂层 143b 是负类型时,该抗蚀剂层 143b 的将成为多个喷嘴 103,103...的一部分被曝光。这里,抗蚀剂层 143b 可不经由电子束或毫微微秒激光器来曝光,而经由可见光、紫外光、准分子激光器、i-线、g-线等来曝光。换句话说,用于曝光的电磁辐射(广泛意义的光)都可用于对抗蚀剂层 143b 进行曝光。

接着,通过在抗蚀剂层 143b 上涂覆显影剂,依据曝光形状除去该抗蚀剂层 143b,并形成相对于基板 141 竖立的多个喷嘴 103,103...(参见图 19)。另外,在图 19 中,喷嘴形状为圆锥形或截头圆锥形。但其也可为平面形状而不突出。

这里,若抗蚀剂层 143b 为正类型且具有感光树脂的性质,由于辐射能在其靠近被曝光的抗蚀剂层 143b 的表面侧时变大且相反在其靠近基板 141 侧时变小,所以显影剂的溶解性在其靠近基板 141 侧时变小。因此,若抗蚀剂层 143b 为正类型,可容易地形成一种在靠近基板 141 侧时内径变大且呈近似圆锥形或截头圆锥形的喷嘴 103,103…。此外,由于通过在抗蚀剂层 143b 上形成涂层并随后通过仅对该抗蚀剂层 143b 进行曝光/显影来同时形成多个喷嘴 103,103…,所以该液体喷射头的生产率高。

接着,依据照相平版印刷方法在基板 141 的背面 141b 处形成抗蚀涂层 151 (参见图 20)。这里,该抗蚀涂层在平面图中看的形状是一种在将成为通孔 141c,141c…的一部分处具有开口的形状。然后,当以抗蚀涂层 151 作为掩膜在基板 141 上进行蚀刻时,就在该基板 141 上形成多个通孔 141c,141c…,之后除去抗蚀涂层 151 (参见图 21)。于是,制得喷嘴板 104。

接着,通过使形成在基板 141 上的通孔 141c,141c…面向液室结构 102 的各条溶液供给通道 101,将该基板的背面 141b 连接到该液室结构 102 的底面上 (参见图 21)。此外,使偏压电源 30 和喷射电压源 29 与每条导线 144,144…电连接。于是,制得液体喷射头 100。

另外,根据需要,对喷嘴 103,103…的表面进行疏水处理。例如,通过由具有疏水性的感光树脂 (含氟感光树脂) 形成抗蚀剂层 143b,将喷嘴 103,103…的表面构造为具有疏水性,或者通过在形成喷嘴 103,103…之后在用抗蚀剂遮掩每个喷孔 103a 的喷嘴 103 的表面上形成金属涂层 (例如, Ni, Au, Pt 等) 并通过依据共析电镀在该金属涂层与含氟树脂之间形成疏水涂层 (遮掩该喷孔 103a 的抗蚀剂最后将被除去), 将喷嘴 103,103…的表面构造为具有疏水性。该具有疏水性的感光树脂是这样一种感光树脂, 其中, 利用溶解在 PTFE、FEP 分散体系中的氟树脂或者平均粒径约 0.2 $\mu\text{m}$  的全氟溶剂形成的且由 Asahi Glass Co., Ltd 制造的从百分之几到百分之几十的 Cytop 分散并混和到一种紫外光敏树脂中, 在该分散体系中, 更优选采用具有低熔点的

FEP。此外，在该分散体系中，可采用由 DuPont Co., Ltd 制造的 MDF FEP 120-J (54wt%，水分散型)、由 Asahi Glass Co., Ltd 制造的 Fluon×AD911 (60wt%，水分散型) 等。此外，用于二代平版印刷术用抗蚀剂的聚合物也可是含氟感光树脂，例如氟被引入聚合物主链的聚合物以及氟被引入支链的聚合物。

如上所述的制造方法，由于仅通过对抗蚀剂层 143b 进行曝光和显影来形成喷嘴 103,103...，考虑到该喷嘴 103 的形状灵活性、制造成本以及与长尺寸线性头的对应，这是有利的。例如，为制造日本专利申请公报 No. 2001-68827 中公开的那种喷头，由于以硅基板为基体且微孔形成在该硅基板上，可认为本实施例的制造方法能更方便地灵活改变喷嘴的形状，本实施例的制造方法还利于制造长尺寸线性头以及本实施例还利于降低喷头 100 的制造成本。

接着，说明液体喷射头 100 的驱动方法和该液体喷射头 100 的液滴喷射操作。图 22A 是表示在不喷射情况下的时间（水平轴）与施加给溶液的电压（垂直轴）之间关系的图表，图 22B 是表示在不喷射情况下的喷嘴 103 的状态的剖视图，图 22C 是表示在喷射情况下的时间（水平轴）与施加给溶液的电压（垂直轴）之间关系的图表，图 22D 是表示在喷射情况下的喷嘴 103 的状态的剖视图。

在可充电溶液通过供给泵且经由液体入口 119 和歧管 120 供应给喷嘴内通道 145 的状态下，偏压电压通过每个偏压电源 30 且经由每个喷射电极 142 供应给该溶液（参见图 22A）。在这种状态下，溶液被充电，且在每个喷嘴 103 的边缘部处形成溶液呈凹状凹进的弯月面（参见图 22B）。

然后，对于喷嘴 103,103...中将喷射液滴的喷嘴 103，喷射电压源 29 经由喷射电极 142 给溶液施加脉冲电压，与此脉冲电压同步地还将脉冲电压施加给控制电极 121（参见图 22C）。当脉冲电压施加给控制电极 121 时，液室隔离件 106 和 107 膨大且溶液供给通道 101 的容量减小，因此该溶液供给通道 101 内的溶液压力增大。相应的，在喷嘴 103 的边缘部处形成呈凸状伸至外部的弯月面。此外，由于几乎在给

喷射电极 142 施加脉冲电压的同时给控制电极 121 施加脉冲电压, 电场就在该呈凸状伸至外部的弯月面的顶部处集中, 最终, 微小液滴克服溶液的表面张力被喷射至反电极侧 (参见图 22D)。

接着, 当施加给喷射电极 142 的脉冲电压终止且施加给控制电极 121 的脉冲电压终止时, 通过增大溶液供给通道 101 的容量在喷嘴 103 的边缘部处形成溶液呈凹状凹进的弯月面, 且溶液经由液体入口 119 和歧管 120 供应给该已喷射液体的喷嘴 103 的喷嘴内通道 145。

另外, 在以上说明书中, 利用施加给控制电极 121 的脉冲电压, 液室隔离件 106 和 107 膨大且溶液供给通道 101 的容量增大。但相反, 可利用施加给控制电极 121 的脉冲电压收缩液室隔离件 106 和 107, 从而减小溶液供给通道 101 的容量。但在这种情况中, 在喷射的时候, 当给喷射电极 142 施加脉冲电压时, 不给控制电极 121 施加脉冲电压, 而在不喷射的时候, 当给喷射电极 142 施加偏压电压时, 给控制电极 121 施加脉冲电压。此外, 作为另一种喷头驱动方法, 利用喷射电压依据喷嘴 103 的弯月面位置而不同这个事实, 当弯月面位置低于该喷嘴 103 的边缘时给喷射电极 142 施加一种不喷射电压  $V_0$ , 并通过给控制电极 121 施加脉冲电压, 改变溶液供给通道 101 的容量, 由此通过控制从可在该电压  $V_0$  下喷射的喷嘴 103 的边缘喷出的弯月面位置来控制喷射。

此外, 在喷射的时候, 通过经由作为压电元件的液室隔离件 106 和 107 给溶液供给通道 101 内的溶液施加压力, 来形成呈凸状的弯月面。但是, 也可利用加热器等使溶液供给通道 101 内的溶液薄膜沸腾以给溶液施加压力, 来形成呈凸状的弯月面。由于凸状弯月面成形部要改变喷嘴内通道 145 中溶液的压力, 所以该弯月面成形部可以是一种改变溶液供给通道 101 的容量的方法, 一种通过利用静电力弯曲溶液供给通道 101 的壁来改变容量的静电吸引法也是可以的。另外, 尽管可在不形成凸状弯月面的情况下执行喷射, 但考虑到使喷射电压恒定, 在形成凸状弯月面的情况下执行喷射能可靠地控制液滴喷射以及控制成本。

作为一种使用上述液体喷射头 100 的方法,例如,当上述液体喷射头 100 (主要的,液室结构 102 和喷嘴板 104)在与基体件 200 平行的平面内相对于该基体件 200 相对移动时,液滴选择性地从每个喷嘴 103 的边缘部喷出,从而在该基体件 200 的表面上形成一种由落在该基体件 200 表面上的液滴变为点所构成的图形。此外,由于多个喷嘴 103,103...排列成一行,通过沿着与喷嘴 103,103...行垂直的方向移动基体件 200 以及通过选择性地从每个喷嘴 103 的边缘部喷射液滴,可在该基体件 200 的表面上形成一种由落在该基体件 200 表面上的液滴变为点所构成的图形。由于液体喷射头 100 包括多个喷嘴 103,103...,可快速地形成图形。此外,可将液体喷射头 100 用于以下任一用途:电路布线图的形成;金属超细颗粒布线图的形成;碳纳米管、其前驱体及催化装置的形成;铁电陶瓷及其前驱体的布线图案的形成;高聚物分子及其前驱体的高定向;区域提纯;微珠控制;放射钻孔;特定构造的形成。

如所述,由于上述液体喷射头 100 经由喷嘴 103 喷射液滴,该喷嘴 103 具有传统不能实现的微小内径,所以就利用喷嘴内通道 145 中处于充电状态的溶液使电场集中,从而增强电场强度。因此,现在可用比传统更低的电压、经由具有微小内径(例如,内径  $100\mu\text{m}$ )的喷嘴喷射溶液,这被传统认为是几乎不可能的,因为采用未执行电场集中的这种结构喷嘴,喷射所需要的电压变得过高。

接着,由于其具有微小内径,可进行控制以在低喷嘴传导性的作用下容易地减少每单位时间的喷射量,实现以足够小的滴径(依据每个上述条件为  $0.8\mu\text{m}$ )喷射溶液而不缩小脉冲宽度。

此外,由于所喷射液滴是充电的,即便其是微小液滴,蒸汽压也会降低且汽化受到抑制,从而减少液滴量的损失,实现飞行稳定性并防止液滴的着落准确性降低。

此外,由于喷嘴 103,103...的表面具有疏水性,在不应喷射溶液时,该喷嘴 103,103...内的溶液不会滴落或者流出。此外,由于喷嘴 103,103...的表面具有疏水性,不会由于附着在喷孔 103a 周缘的溶液

而对液滴喷射造成负面影响。此外，由于喷嘴 103,103...的表面具有疏水性，喷射时形成的弯月面成形为一种精确凸状，从而稳定地喷射液滴。

此外，由于在给每个喷嘴 103 内的溶液施加脉冲电压的几乎同时，给该喷嘴 103 内的溶液施加压力，即便施加给喷射电极 142 的脉冲电压是低压，也喷射液滴。换句话说，现在可用比传统更低的电压、经由具有微小内径的喷嘴喷射溶液，这被认为是几乎不可能的，因为喷射所需要的电压变得过高。

另外，为给喷嘴 103 提供电镀润湿效果（electrowetting effect），电极（例如，在上述疏水涂层之下形成的金属涂层）可设在喷嘴 103 的周缘，或者电极可设在喷嘴内通道 145 的内表面处且介电涂层覆盖于其上。然后，通过给此电极施加电压，可依据电镀润湿效果增强喷嘴内通道 145 的内表面相对于喷射电极 142 给其施加电压的溶液的润湿性，从而可适当地执行喷射并增强该喷射的响应性。

此外，喷射电压施加部 25 总是给每个喷射电极 142 施加偏压电压，并以脉冲电压作为触发器来喷射液滴。但是，也可以采用这样一种结构，其中，通过总是给每个喷射电极 142 施加具有喷射所需要振幅的交流电或者连续矩形波以及通过改变其频率的高低来执行喷射。必要的是给溶液充电以喷射液滴，以及当以超过溶液充电速度的频率施加喷射电压时不执行喷射，而当其切换至一种能够充分地给该溶液充电的频率时执行喷射。因此，通过进行控制以用一种比在不执行喷射时可进行喷射的频率更大的频率施加喷射电压以及以降低该频率至仅当要执行喷射时才进行喷射的频率带，可以控制溶液的喷射。在这种情况下，由于施加给溶液的电位本身没有发生变化，还可增强时间响应性，从而可改善液滴的着落准确性。

### 〔第二实施例〕

参照图 23 至图 28 说明采用本发明的第二实施例。

### 〔液体喷射装置的整体结构〕

图 23 是表示采用本发明液体喷射装置的第二实施例中的液体喷

射装置 1020 的整体结构。在图 23 中, 该装置被表示为沿着喷嘴 1021 切除该装置的一部分。首先, 参照图 23 说明液体喷射装置 1020 的整体结构。

此液体喷射装置 1020 包括: 喷嘴 1021, 具有超微小内径且用于自其边缘部喷射可充电溶液的液滴; 反电极 1023, 具有面对该喷嘴 1021 的边缘部的面对表面并支承一种用于接收着落液滴的基体件 1099; 溶液供给通道 1031, 用于给该喷嘴 1021 内的通道 1022 供应溶液; 喷射电压施加部 1025, 用于给该喷嘴 1021 内的溶液施加喷射电压; 以及操作控制部 1050, 用于控制利用该喷射电压施加部 1025 施加喷射电压的操作。上述喷嘴 1021、溶液供给部 1031 的部分结构以及喷射电压施加部 1025 的部分结构利用喷嘴板 1026 一体形成。

在图 23 中, 为便于说明, 表示了这样一种状态, 其中, 喷嘴 1021 的边缘部面向上且反电极 1023 设在该喷嘴 1021 的上方。但实际上, 这样使用该装置使喷嘴 1021 面向水平方向或者面向比该水平方向更优选的下方, 该喷嘴 1021 垂直面向下。

#### [ 溶液 ]

作为利用上述液体喷射装置 1020 喷射的溶液例子, 对于有机液体, 可采用水、 $\text{COCl}_2$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{SOCl}_2$ 、 $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{FSO}_2\text{H}$  等。对于无机液体, 可采用醇类如甲醇、n-丙醇、异丙醇、n-丁醇、2-甲基-1-丙醇、叔丁醇、4-甲基-2-戊醇、苯甲醇、 $\alpha$ -萜品醇、乙二醇、丙三醇、二乙二醇、三乙二醇等; 酚类如苯酚、邻甲酚、间甲酚、对甲酚等; 醚类如二恶烷、糠醛、乙二醇二甲醚、乙二醇一甲醚、乙二醇一乙醚、乙二醇一丁醚、二甘醇一乙醚、二甘醇一丁醚、二甘醇一丁醚乙酸酯、氯四甲代氧丙烷等; 酮类如丙酮、乙基-甲基酮、2-甲基-4-戊酮、苯乙酮等; 脂肪酸类如甲酸、乙酸、二氯乙酸盐、三氯乙酸盐等; 酯类如甲酸甲酯、甲酸乙酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸异丁酯、3-甲氧丁基乙酸酯、乙酸正戊酯、丙酸乙酯、乳酸乙酯、苯甲酸甲酯、丙二酸二乙酯、酞酸二甲酯、酞酸二乙酯、碳酸二乙酯、碳酸乙二酯、碳酸丙二酯、乙酸溶纤剂、二甘醇一丁醚

乙酸酯、乙酰乙酸乙酯、氟基乙酸甲酯、氟基乙酸乙酯等；含氮化合物如硝基甲烷、硝基苯、乙腈、丙腈、丁二腈、戊腈、苯基腈、乙胺、二乙胺、乙二胺、苯胺、N-甲基苯胺、N,N-二甲基苯胺、邻甲苯胺、对甲苯胺、吡啶、 $\alpha$ -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'-四甲基脲、N-甲基吡咯烷酮等；含硫化合物如二甲亚砷、环丁砷等；烃类如苯、对甲基异丙基苯、萘、环己基苯、环己撑等；卤代烃类如 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（顺式）、四氯乙烯、2-氯丁烷、1-氯-2-甲基丙烷、2-氯-2-甲基丙烷、溴代甲烷、三溴代甲烷、1-溴代丙烷等。此外，两或多种上述每种液体可混合用作所述溶液。

此外，采用包含大量高导电性材料（银颜料等）的导电膏剂，以及在执行喷射的情况下，对于将溶解或分散到上述液体中且不包括使喷嘴堵塞的粗颗粒在内的目标材料，没有特别限制。对于荧光材料例如 PDP、CRT、FED 等，可采用传统已知的而没有任何特别限制。例如，作为红色荧光材料，可采用  $(Y,Gd)BO_3:Eu$ ， $YO_3:Eu$  等，作为红色荧光材料，可采用  $Zn_2SiO_4:Mn$ ， $BaAl_{12}O_{19}:Mn$ ， $(Ba,Sr,Mg)O \cdot \alpha-Al_2O_3:Mn$  等，作为蓝色荧光材料，可采用  $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu$ ， $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$  等。为使上述目标材料牢固地附着在记录介质上，优选添加各种粘接剂。作为所采用的粘接剂，例如，可采用纤维素及其衍生物如乙基纤维素、甲基纤维素、硝化纤维素、醋酸纤维素、羟乙基纤维素等；醇酸树脂；（甲基）丙烯酸树脂及其金属盐如聚甲基丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、2-乙基己基甲基丙烯酸甲酯·甲基丙烯酸的共聚物、甲基丙烯酸月桂酯·甲基丙烯酸-2-羟乙酯的共聚物等；聚（甲基）丙烯酰胺树脂如聚-N-异丙基丙烯酰胺、聚-N,N-二甲基丙烯酰胺等；苯乙烯树脂如聚苯乙烯、丙烯腈·苯乙烯的共聚物、苯乙烯·马来酸的共聚物、苯乙烯·异戊二烯的共聚物等；各种饱和或不饱和聚酯树脂；聚烯烃树脂如聚丙烯等；卤代聚合物如聚氯乙烯、聚

偏氯乙烯等；乙烯树脂如聚乙烯乙酸酯、氯乙烯·聚乙烯乙酸的共聚物等；聚碳酸酯树脂；环氧树脂；聚氨酯树脂；聚缩醛树脂如聚乙烯醇缩甲醛、聚乙烯醇缩丁醛、聚乙烯醇缩乙醛等；聚乙烯树脂如乙烯·乙酸乙烯的共聚物、乙烯·丙烯酸乙酯的聚合树脂等；酰胺树脂如苯代三聚氰胺等；尿素树脂；密胺树脂；聚乙烯醇树脂及其阴离子阳离子退化物；聚乙烯基砒络烷酮及其共聚物；烯化氧的均聚物、共聚物及交联物如聚环氧乙烷、聚环氧乙烯羧酸酯等；聚亚烷基二醇如聚乙二醇、聚丙二醇等；聚醚多醇；SBR, NBR 乳胶；糊精；海藻酸钠；天然或半合成树脂如明胶及其衍生物、酪蛋白、木槿属木薯、胶黄树胶、支链淀粉、阿拉伯树胶、角豆荚胶、瓜尔胶、果胶、角叉菜胶、动物胶、白蛋白、各种淀粉、玉米淀粉、海芋根、富诺林、琼脂、大豆蛋白等；萜烯树脂；酮类树脂；松香和松香脂；聚乙烯基甲基醚、聚乙烯亚胺、聚磺苯乙烯、聚磺乙烯等。这些树脂不仅能用作均聚物，而且能在相互可溶的范围内混和使用。

作为一种代表性例子，当液体喷射装置 1020 用作图案形成方法时，其可用于显示用途。具体的，其可用于等离子体显示器的荧光材料的成形、等离子体显示器的肋条的成形、等离子体显示器的电极的成形、CRT 的荧光材料的成形、FED（场致发射式显示器）的荧光材料的成形、FED 的肋条的成形、液晶显示器用滤色器（RGB 彩色层，黑基质层）、液晶显示器用间隔件（与黑基质对应的图案、网点图案等）。这里所述的肋条一般指隔离件，取等离子体显示器作为例子，该肋条用于分隔每种颜色的等离子体区域。对于其它用途，其可用于显微镜、图形涂覆作半导体用途的磁性材料、铁磁介质物质、导电膏剂（导线、天线）等，作为图形显示用途，其可用于普通印刷、特定介质（膜、织物、钢板）上的印刷、曲面印刷、各种印刷版的平版，作为处理用途，可采用本实施例涂覆粘接剂、密封剂等，作为生物工艺、医学用途，其可用于医药品（例如一种混合多种小量成分的医药品）、试样涂覆以供基因诊断等。

[喷嘴]

上述喷嘴 1021 与随后将要描述的喷嘴板 1026 的上表面层 1026c 形成一体,且相对于该喷嘴板 1026 的扁平板面垂直竖立。此外,在喷射液滴时,这样喷嘴 1021 使其垂直面向基体件 1099 的接收面(液滴的着落面)。此外,在喷嘴 1021 内,形成有一种从该喷嘴 1021 的边缘部起沿着喷嘴中心穿入的喷嘴内通道 1022。喷嘴内通道 1022 在喷嘴 1021 的边缘处敞开,从而在该喷嘴 1021 的边缘处形成作为该喷嘴内通道 1022 的一端的喷孔。喷嘴 1021 处形成的喷孔的内径(即,喷嘴 1021 的内径)不大于  $30\mu\text{m}$ 、更优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。

以下将更详细地说明喷嘴 1021。在喷嘴 1021 内,其边缘部和喷嘴内通道 1022 的内径是一致的,且如所述,它们形成为具有超微小内径。作为每个部分尺寸的一个具体例子,喷嘴内通道 1022 的内径设定为  $1\mu\text{m}$ ,喷嘴 1021 的边缘部外径设定为  $2\mu\text{m}$ ,该喷嘴 1021 的根部内径设定为  $5\mu\text{m}$ ,以及该喷嘴 1021 的高度设定为  $100\mu\text{m}$ ,且其形成为一种无限接近圆锥形的截头圆锥形。另外,喷嘴 1021 的高度可以是  $0\mu\text{m}$ 。

另外,喷嘴内通道 1022 的形状可以不如图 23 所示形成内径恒定的直线。例如,如图 15A 所示,其可这样形成以给位于喷嘴内通道 1022 的随后将要描述的溶液室 1024 侧的边缘部处的剖面形状提供圆度。此外,如图 15B 所示,可将位于喷嘴内通道 1022 的随后将要描述的溶液室 1024 侧的边缘部处的内径设定得大于喷射侧的边缘部的内径,且该喷嘴内通道 1022 的内表面形成为锥形圆周面形状。此外,如图 15C 所示,仅喷嘴内通道 1022 的随后将要描述的溶液室 1024 侧的边缘部形成为锥形圆周面形状,而与该锥形圆周面相对的喷射边缘部侧形成内径恒定的直线。

#### [溶液供给部]

液体供给部 1031 设在作为喷嘴板 1026 内部的位置处以及喷嘴 1021 的根部处,且包括与喷嘴内通道 1022 连通的溶液室 1024;将溶液从外部溶液槽引导至该溶液室 1024 的供给通道 1027,省略表示该

外部溶液槽；以及给溶液室 1024 提供溶液供给压力的供给泵。上述供给泵给喷嘴 1021 的边缘部供应溶液，且在供应该溶液的同时维持供给压力在不滴落溶液的范围（参见图 24A 和图 24B）。此外，此供给泵可以是依据溶液槽与喷嘴 1021 所处的位置利用压力差的供给泵。此外，如第三实施例中所描述的，溶液供给部 1031 包括一种用于改变溶液室 1024 的容量并控制溶液的供给压力的机构（参见图 29）。作为此用于控制溶液的供给压力的机构，一种改变电压并改变溶液室壁的形状的机构例如压电元件、一种通过采用加热器生成气泡来改变溶液室容量的机构、或者一种利用静电力改变溶液室壁的机构都是可适用的。

#### [ 喷射电压施加部 ]

喷射电压施加部 1025 包括：用于施加喷射电压的喷射电极 1028，该喷射电极 1028 设在喷嘴板 1026 的内部以及溶液室 1024 与喷嘴内通道 1022 之间的边界位置处；总是给该喷射电极 1028 施加直流偏压电压的偏压电源 1030；以及给该喷射电极 1028 施加脉冲电压的喷射电压源 1029，该脉冲电压与该偏压电压相叠加得到喷射用电位。

上述喷射电极 1028 与溶液室 1024 中的溶液直接接触以给该溶液充电并施加喷射电压。

有关偏压电源 1030 施加的偏压电压，通过总是施加一种在不执行溶液喷射范围内的电压，预先缩小喷射时施加的电压宽度，由此喷射时的响应性提高。

喷射电压源 1029 受操作控制部 1050 的控制以仅在执行溶液喷射时使脉冲电压与偏压电压叠加。脉冲电压的值被设定为使此时的叠加电压  $V$  满足以下方程 (1) 的条件。

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

其中， $\gamma$ ：溶液的表面张力  $\text{N/m}$ ， $\epsilon_0$ ：电常数  $[\text{F/m}]$ ， $d$ ：喷嘴内径  $\text{m}$ ， $h$ ：喷嘴与基体件之间的距离  $\text{m}$  以及  $k$ ：取决于喷嘴形状的比例常数 ( $1.5 < k < 8.5$ )。

当叠加电压  $V$  不小于喷射启动电压  $V_c$  时，溶液就自喷嘴喷出。

作为一个例子，所施加的偏压电压为 DC300V，所施加的脉冲电压为 100V。因此，喷射时的叠加电压将是 400V。

### 〔喷嘴板〕

喷嘴板 1026 包括：设在图 23 所示最底层处的基底层 1026a；设在该基底层 1026a 上的通道层 1026b，该通道层 1026b 形成溶液的供给通道；以及进一步形成在此通道层 1026b 上的顶面层 1026c。上述喷射电极 1028 插入通道层 1026b 与顶面层 1026c 之间。

由硅基板、高绝缘树脂或陶瓷形成上述基底层 1026a，且一种可溶解树脂层形成于其上，除了与一种用于形成供给通道 1027 和溶液室 1024 的预定图形相对应的部分以外除去该可溶解树脂，然后在该被除去部分处形成绝缘树脂层。此绝缘树脂层成为通道层 1026b。然后，通过无电电镀一种导电元件（例如，NiP）在此绝缘树脂层的顶面上形成喷射电极 1028，并进一步地在该喷射电极 1028 上形成具有绝缘性的抗蚀树脂层。由于此抗蚀树脂层将成为顶面层 1026c，所以考虑到喷嘴 1021 的高度使该树脂层形成为具有一定厚度。接着，依据电子束方法或者毫微微秒激光器对此绝缘抗蚀树脂层进行曝光以形成喷嘴形状。还依据激光加工形成喷嘴内通道 1022。然后，除去与供给通道 1027 和溶液室 1024 的图形相对应的可溶解树脂层，这些供给通道 1027 和溶液室 1024 相互连通，于是完成喷嘴板 1026 的制造。

另外具体的，顶面层 1026c 和喷嘴 1021 的材料可以是半导体如 Si 等、导电材料如 Ni，SUS 等、其它绝缘材料如环氧树脂、PMMA、苯酚、钠玻璃。

在对由抗蚀树脂层形成的喷嘴基材进行无电 Ni-P 处理之后，利用氟化沥青的共析体形成一种疏水性高于该喷嘴基材的涂层。图 25 是喷嘴 1021 的垂直剖视图。如图 25 所示，疏水涂层 1101 形成在喷嘴 1021 喷孔的周缘面处，以及疏水涂层 1102 形成在该喷嘴 1021 的内表面处。

此外，在对喷嘴基材进行无电 Ni-P 处理之后，依照由 C. Uemura & Co., Ltd 制造的 Metaflon NF 电镀，使 PTFE 颗粒共析为镀层以形成疏水涂层，或者涂覆由 Asahi Glass Co., Ltd 等制造的产品名 Cytop

(注册商标)以形成该疏水涂层。此外,阳离子或阴离子含氟树脂的电涂;氟化高聚物、硅树脂和聚二甲基硅氧烷的涂覆;烧结;氟化高聚物的共析电镀方法;非晶质合金膜的蒸发法;使涂层如有机硅化合物、含氟硅化合物等居中位于依据等离子 CVD 方法等离子聚合作为单体的六甲基二硅氧烷形成的聚二甲基硅氧烷上都是可适用的。通过选择与溶液对应的处理方法,可控制喷嘴的疏水性。

此外,不在喷嘴表面上形成疏水涂层,通过由含氟感光树脂形成该喷嘴,也可获得类似效果。含氟感光树脂是这样一种感光树脂,其中,利用溶解在 PTFE、FEP 分散体系中的氟树脂或者平均粒径约  $0.2\mu\text{m}$  的全氟溶剂形成的且由 Asahi Glass Co., Ltd 制造的从百分之几到百分之几十的 Cytop 分散并混和到一种紫外光敏树脂中,在该分散体系中,更优选采用具有低熔点的 FEP。此外,在该分散体系中,可采用由 DuPont Co., Ltd 制造的 MDF FEP 120-J (54wt%,水分散型)、由 Asahi Glass Co., Ltd 制造的 Fluon $\times$ AD911 (60wt%,水分散型)等。此外,用于二代平版印刷术用抗蚀剂的聚合物也可是含氟感光树脂,例如氟被引入聚合物主链的聚合物以及氟被引入支链的聚合物。

#### [反电极]

如图 23 所示,反电极 1023 包括与喷嘴 1021 的伸出方向垂直的面对表面,该面对表面沿着其支承基体件 1099。作为一个例子,从喷嘴 1021 的边缘部至反电极 1023 的面对表面的距离被设定为  $100\mu\text{m}$ 。

此外,由于此反电极 1023 接地,该反电极 1023 总是维持大地电位。因此,在施加脉冲电压时,利用产生在喷嘴 1021 的边缘部与面对表面之间的电场,将依据静电力喷射的液滴引导至反电极 1023 侧。

另外,由于液体喷射装置 1020 通过使喷嘴 1021 超小型化导致与该喷嘴 1021 的边缘部处的电场集中相对应的电场强度增大来喷射液滴,所以可以喷射液滴而不利用反电极 1023 进行引导。但是,优选在喷嘴 1021 与反电极 1023 之间利用静电力进行引导。此外,通过将反电极 1023 接地,可使充电液滴放电。

### [ 操作控制部 ]

操作控制部 1050 实际上由一种包括 CPU、ROM、RAM 等的计算设备组成。上述操作控制部 1050 使偏压电源 1030 持续施加电压，并使喷射电压源 1029 在自外部接收到喷射指令的输入时施加驱动脉冲电压。

### [ 利用液体喷射装置喷射微小液滴的操作 ]

参照图 23 和图 24 说明液体喷射装置 1020 的操作。

这里，图 24A 是表示在不喷射情况下的时间（水平轴）与施加给溶液的电压（垂直轴）之间关系的图表，图 24B 是表示在不喷射情况下的喷嘴 1021 的状态的垂直剖视图，图 24C 是表示在喷射情况下的时间（水平轴）与施加给溶液的电压（垂直轴）之间关系的图表，图 24D 是表示在喷射情况下的喷嘴 1021 的状态的垂直剖视图。

在可充电溶液通过溶液供给部 1031 供应给喷嘴内通道 1022 的状态下，偏压电压通过偏压电源 1030 且经由喷射电极 1028 供应给该溶液（参见图 24A）。在这种状态下，溶液被充电，且在每个喷嘴 1021 的边缘部处形成溶液呈凹状凹进的弯月面（参见图 24B）。

然后，给操作控制部 1050 输入喷射指令信号，当喷射电压源 1029 施加脉冲电压时（参见图 24C），就依据喷嘴 1021 边缘部处的集中电场的电场强度利用静电力引导溶液至该喷嘴 1021 的边缘部侧，形成突至外部的凸状弯月面，电场就在该凸状弯月面的顶部处集中，最终，微小液滴克服该溶液的表面张力被喷射至反电极侧（参见图 24D）。

由于上述液体喷射装置 1020 经由喷嘴 1021 喷射液滴，该喷嘴 1021 具有传统不能实现的微小内径，所以就利用喷嘴内通道 1022 中处于充电状态的溶液使电场集中，从而增强电场强度。因此，现在可用比传统更低的电压、经由具有微小内径（例如，内径  $100\mu\text{m}$ ）的喷嘴喷射溶液，这被传统认为是几乎不可能的，因为采用未执行电场集中的这种结构喷嘴，喷射所需要的电压变得过高。

接着，由于其具有微小内径，在低传导性的作用下限制喷嘴内通道 1022 中的溶液流。因而，可容易地进行控制以减少每单位时间的喷

射流量，实现以足够小的滴径（依据每个上述条件为  $0.8\mu\text{m}$ ）喷射溶液而不缩小脉冲宽度。

此外，由于所喷射液滴是充电的，即便是微小液滴，蒸汽压也会降低且汽化受到抑制。因而，减少液滴量的损失，实现飞行稳定性并防止液滴的着落准确性降低。

图 26 表示当本实施例的液体喷射装置 1020 等待喷射时的电压施加图形。这里，等待喷射是液体喷射装置 1020 在运行的同时预备进行下一喷射的时间。在图 26 中，垂直轴表示所施加的电压  $V$ ，水平轴表示时程  $t$ 。当其等待喷射时，交替地施加相互不同且小于喷射启动电压  $V_c$  的电压  $V_a$  和  $V_b$ 。施加  $V_a$  的时间  $T_1$  和施加  $V_b$  的时间  $T_2$  可满足以下任一： $T_1 = T_2$ ， $T_1 > T_2$  和  $T_1 < T_2$ 。电压施加图形可以是图 26 所示的脉冲波或者正弦波。于是，溶液内的充电成分被搅动，液面在喷嘴内振动。结果，溶液内的充电成分不易凝集，该溶液不易附着在喷嘴上，从而可防止该喷嘴 1021 堵塞。

图 28 是表示采用第二实施例的液体喷射装置 1020 作为试验例的试验条件与试验结果的表格。如图 28 所示，情况分为：喷嘴未形成疏水涂层的情况；在喷嘴喷孔的周缘面上（疏水剂涂覆区域 1）形成疏水涂层 1101 的情况；在喷嘴喷孔的周缘面和该喷嘴的内表面上（疏水剂涂覆区域 2）形成疏水涂层 1101 和 1102 的情况；在等待喷射时未施加图 26 所示电压的情况；以及施加该电压的情况。在条件 1-6 下，进行有关响应性和堵塞的试验。作为测试油墨，采用一种粘度为 8 [Cp]、电阻率为  $10^8$  [ $\Omega\text{cm}$ ] 且表面张力为 30 [mN/m] 的油墨。图 27 表示一种测试驱动图形。在图 27 中，水平轴表示时间。如图 27 所示，交替地重复喷射 10 分钟的状态和待命状态，其持续 5 小时。 $T_1 = 1$  [second]， $T_2 = 1$  [second]。此外， $V_a = 380\text{V}$ ， $V_b = 300\text{V}$ 。

经过五小时后，在玻璃板上连续绘制 100 个点，并通过主观评价其形状清晰度和均匀度来评价响应性，该评价分 5 个等级进行，即，5：极好，4：良好，3：一般，2：有点差，以及 1：差。

进行堵塞的评价，若经过五小时后能执行喷射，则为 OK。

在喷嘴表面上无疏水涂层且在待命时不施加图 26 所示等待喷射的电压施加图形的条件 1 的情况下,自启动起过 30 分钟发生喷嘴堵塞,无法继续试验。

如图 28 所示,比较条件 3 和 5,与喷嘴喷孔的周缘面上形成疏水涂层 1101 的情况相比,在该喷嘴喷孔的周缘面处以及该喷嘴的内表面处形成疏水涂层 1101 和 1102 的情况在响应性方面得到更好的结果。

此外,比较条件 1 和 2,在待命的同时施加等待喷射的电压施加图形的情况在响应性方面得到更好的结果。此外,在这次试验中,喷嘴喷孔的周缘面处形成疏水涂层 1101 的条件 4 的情况具有较好的响应性,以及在该喷嘴喷孔的周缘面处以及该喷嘴的内表面处形成疏水涂层 1101 和 1102 的条件 6 的情况具有最好的响应性。

当溶液固着到喷嘴的喷孔上或者该喷嘴的内侧时,就出现所喷射点的不均匀,且形状变得不均匀。因此,可认为响应性是一种指示堵塞程度的指标。由本试验的结果可以认为,为防止喷嘴堵塞,有效的是在喷嘴处形成疏水涂层以及在等待喷射时给该喷嘴内的溶液施加比喷射启动电压  $V_c$  小的变化电压。

因此,依据第二实施例的液体喷射装置 1020,由于在待命的同时振动喷嘴内的液面以及搅动该溶液中的充电成分,所以可以维持该溶液中的充电成分被均匀分散的状态,可以抑制该充电成分凝集。此外,由于能够始终移动溶液,可以抑制该溶液附着在喷嘴上、防止该溶液固着在该喷嘴 1021 上以及防止该喷嘴 1021 堵塞。

此外,由于使喷嘴 1021 的喷孔周缘的疏水性高于该喷嘴材料的疏水性,所以溶液不易附着在该喷嘴 1021 上且该溶液不易固着在该喷嘴 1021,可防止该喷嘴 1021 堵塞。

### [ 第三实施例 ]

参照图 29,图 30A,图 30B 和图 30C 说明采用本发明的第三实施例。

图 29 是表示采用本发明液体喷射装置的第三实施例中的液体喷射装置 1040 的整体结构。在图 29 中,沿着所示喷嘴 1021 切除液体喷

射装置 1040 的一部分。图 30A 是表示喷嘴内通道中的溶液在喷嘴 1021 的边缘部处形成凹状弯月面的状态的示图。图 30B 是表示喷嘴内通道 1022 中的溶液在喷嘴 1021 的边缘部处形成凸状弯月面的状态的示图。图 30C 是表示喷嘴内通道 1022 中的溶液的液面被拉入达一预定距离的状态的示图。如图 29, 图 30A, 图 30B 和图 30C 所示, 在液体喷射装置 1040 中, 给与第二实施例的液体喷射装置 1020 相同的任何部分附加相同标记, 且有关该相关部分的说明被省略。

如图 29 所示, 位于喷嘴板 1026 的最底层的基底层 1026a 由金属板形成, 在该基底层 1026a 的整个顶面上形成高绝缘树脂的涂层以形成绝缘层 1026b。

作为溶液供给部 1031, 还提供压电元件 1041 和一种用于施加驱动电压以改变该压电元件 1041 的形状的驱动电压源 1042。依据操作控制部 1050 的控制, 驱动电压源 1042 输出与这样一种电压值对应的驱动电压, 该电压值适于使压电元件 1041 减小溶液室 1024 的容量以从喷嘴内通道 1022 中的溶液形成凹状弯月面的状态 (参照图 30A) 转变为形成凸状弯月面的状态 (参照图 30B)。此外, 依据操作控制部 1050 的控制, 驱动电压源 1042 输出与这样一种电压值对应的驱动电压, 该电压值适于使压电元件 1041 增大溶液室 1024 的容量以从喷嘴内通道 1022 中的溶液形成凹状弯月面的状态 (参照图 30A) 转变为液面被拉入达一预定距离的状态 (参照图 30C)。换句话说, 通过给压电元件 1041 施加一预定电压以及通过使基底层 1026a 在图 29 所示位置向内或向外凹陷, 减小或增大溶液室 1024 的内部容量, 由此, 依据内压的变化, 可在喷嘴 1021 的边缘部处形成凸状的溶液弯月面或者向内拉液面。

当其等待喷射时, 依据操作控制部 1050 的控制, 给压电元件 1041 施加一预定电压, 且如图 30A 和图 30B 所示, 这样进行控制以使溶液的液面位于喷嘴内。

在第二实施例中, 通过在喷嘴等待喷射时给该喷嘴内的溶液施加一变化电压且使该变化电压小于喷射启动电压  $V_c$ , 来获得防止堵塞的

效果。但在第三实施例中，当其待命时，通过利用溶液供给部 1031 控制溶液的供给压力以使液面位于喷嘴内，来防止堵塞。

此外，可利用溶液供给部 1031 的供给泵控制溶液的供给压力以使液面位于喷嘴内。

依据第三实施例的液体喷射装置 1040，由于液面位于喷嘴内，可防止溶液附着在喷嘴 1021 周缘。此外，可防止溶液干燥，从而可防止该溶液固着在喷嘴 1021 上。由此，可防止喷嘴 1021 堵塞。

#### [ 第四实施例 ]

参照图 31 至图 36 说明采用本发明的第四实施例。

#### [ 液体喷射装置的整体结构 ]

图 31 是表示采用本发明液体喷射装置的第四实施例中的液体喷射装置 2020 的整体结构。在图 31 中，沿着所示喷嘴 2021 切除液体喷射装置 2020 的一部分。首先，参照图 31 说明液体喷射装置 2020 的整体结构。

此液体喷射装置 2020 包括：喷嘴 2021，具有超微小内径且用于自其边缘部喷射可充电溶液的液滴；反电极 2023，具有面对该喷嘴 2021 的边缘部的面对表面并在该面对表面处支承一种用于接收着落液滴的基体件 2099；溶液供给部 2031，用于给该喷嘴 2021 内的通道 2022 供应溶液；喷射电压施加部 2025，用于给该喷嘴 2021 内的溶液施加喷射电压；以及操作控制部 2050，用于控制利用该喷射电压施加部 2025 施加喷射电压的操作。上述喷嘴 2021、溶液供给部 2031 的部分结构以及喷射电压施加部 2025 的部分结构利用喷嘴板 2026 一体形成。

另外，在图 31 中，为便于说明，表示了这样一种情况，其中，喷嘴 2021 的边缘部面向上且反电极 2023 设在该喷嘴 2021 的上方。但实际上，这样构造该装置使喷嘴 2021 面向水平方向或者面向比该水平方向更优选的下方，该喷嘴 2021 垂直面向下。

#### [ 溶液 ]

作为利用上述液体喷射装置 1020 喷射的溶液例子，对于有机液

体,可采用水、 $\text{COCl}_2$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{SOCl}_2$ 、 $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{FSO}_2\text{H}$ 等。对于无机液体,可采用醇类如甲醇、*n*-丙醇、异丙醇、*n*-丁醇、2-甲基-1-丙醇、叔丁醇、4-甲基-2-戊醇、苯甲醇、 $\alpha$ -萜品醇、乙二醇、丙三醇、二乙二醇、三乙二醇等;酚类如苯酚、邻甲酚、间甲酚、对甲酚等;醚类如二恶烷、糠醛、乙二醇二甲醚、乙二醇一甲醚、乙二醇一乙醚、乙二醇一丁醚、二甘醇一乙醚、二甘醇一丁醚、二甘醇一丁醚乙酸酯、氯四甲代氧丙烷等;酮类如丙酮、乙基-甲基酮、2-甲基-4-戊酮、苯乙酮等;脂肪酸类如甲酸、乙酸、二氯乙酸盐、三氯乙酸盐等;酯类如甲酸甲酯、甲酸乙酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸异丁酯、3-甲氧丁基乙酸酯、乙酸正戊酯、丙酸乙酯、乳酸乙酯、苯甲酸甲酯、丙二酸二乙酯、酞酸二甲酯、酞酸二乙酯、碳酸二乙酯、碳酸乙二酯、碳酸丙二酯、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;含氮化合物如硝基甲烷、硝基苯、乙腈、丙腈、丁二腈、戊腈、苯基腈、乙胺、二乙胺、乙二胺、苯胺、*N*-甲基苯胺、*N,N*-二甲基苯胺、邻甲苯胺、对甲苯胺、吡啶、 $\alpha$ -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'*-四甲基脌、*N*-甲基吡咯烷酮等;含硫化合物如二甲亚砷、环丁砷等;烃类如苯、对甲基异丙基苯、萘、环己基苯、环己撑等;卤代烃类如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(顺式)、四氯乙烯、2-氯丁烷、1-氯-2-甲基丙烷、2-氯-2-甲基丙烷、溴代甲烷、三溴代甲烷、1-溴代丙烷等。此外,两或多种上述每种液体可混合用作所述溶液。

此外,采用包含大量高导电性材料(银颜料等)的导电膏剂,以及在执行喷射的情况下,对于将溶解或分散到上述液体中且不包括使喷嘴堵塞的粗颗粒在内的目标材料,没有特别限制。对于荧光材料例如PDP、CRT、FED等,可采用传统已知的而没有任何特别限制。例如,作为红色荧光材料,可采用 $(\text{Y,Gd})\text{BO}_3:\text{Eu}$ 、 $\text{YO}_3:\text{Eu}$ 等,作为

红色荧光材料，可采用  $\text{Zn}_2\text{SiO}_4:\text{Mn}$ ， $\text{BaAl}_{12}\text{O}_{19}:\text{Mn}$ ， $(\text{Ba},\text{Sr},\text{Mg})\text{O}\cdot\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3:\text{Mn}$  等，作为蓝色荧光材料，可采用  $\text{BaMgAl}_{14}\text{O}_{23}:\text{Eu}$ ， $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}$  等。为使上述目标材料牢固地附着在记录介质上，优选添加各种粘接剂。作为所采用的粘接剂，例如，可采用纤维素及其衍生物如乙基纤维素、甲基纤维素、硝化纤维素、醋酸纤维素、羟乙基纤维素等；醇酸树脂；（甲基）丙烯酸树脂及其金属盐如聚甲基丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、2-乙基己基甲基丙烯酸甲酯·甲基丙烯酸的共聚物、甲基丙烯酸月桂酯·甲基丙烯酸-2-羟乙酯的共聚物等；聚（甲基）丙烯酸树脂如聚-N-异丙基丙烯酸酯、聚-N,N-二甲基丙烯酸酯等；苯乙烯树脂如聚苯乙烯、丙烯腈·苯乙烯的共聚物、苯乙烯·马来酸的共聚物、苯乙烯·异戊二烯的共聚物等；各种饱和或不饱和聚酯树脂；聚烯烃树脂如聚丙烯等；卤代聚合物如聚氯乙烯、聚偏氯乙烯等；乙烯树脂如聚乙烯乙酸酯、氯乙烯·聚乙烯乙酸的共聚物等；聚碳酸酯树脂；环氧树脂；聚氨酯树脂；聚缩醛树脂如聚乙烯醇缩甲醛、聚乙烯醇缩丁醛、聚乙烯醇缩乙醛等；聚乙烯树脂如乙烯·乙酸乙烯的共聚物、乙烯·丙烯酸乙酯的共聚树脂等；酰胺树脂如苯代三聚氰胺等；尿素树脂；密胺树脂；聚乙烯醇树脂及其阴离子阳离子退化物；聚乙烯基砜酮及其共聚物；烯化氧的均聚物、共聚物及交联物如聚环氧乙烷、聚环氧乙基羧酸酯等；聚亚烷基二醇如聚乙二醇、聚丙二醇等；聚醚多醇；SBR，NBR 乳胶；糊精；海藻酸钠；天然或半合成树脂如明胶及其衍生物、酪蛋白、木槿属木薯、胶黄树胶、支链淀粉、阿拉伯树胶、角豆荚胶、瓜尔胶、果胶、角叉菜胶、动物胶、白蛋白、各种淀粉、玉米淀粉、海芋根、富诺林、琼脂、大豆蛋白等；萜烯树脂；酮类树脂；松香和松香脂；聚乙烯基甲基醚、聚乙烯亚胺、聚磺苯乙烯、聚磺乙烯等。这些树脂不仅能用作均聚物，而且能在相互可溶的范围内混和使用。

作为一种代表性例子，当液体喷射装置 2020 用作图案形成方法时，其可用于显示用途。具体的，其可用于等离子体显示器的荧光材料的成形、等离子体显示器的肋条的成形、等离子体显示器的电极的

成形、CRT 的荧光材料的成形、FED（场致发射式显示器）的荧光材料的成形、FED 的肋条的成形、液晶显示器用滤色器（RGB 彩色层、黑基质层）、液晶显示器用间隔件（与黑基质对应的图案、网点图案等）。这里所述的肋条一般指隔离件，取等离子体显示器作为例子，该肋条用于分隔每种颜色的等离子体区域。对于其它用途，其可用于显微镜、图形涂覆作半导体用途的磁性材料、铁磁介质物质、导电膏剂（导线、天线）等，作为图形显示用途，其可用于普通印刷、特定介质（膜、织物、钢板）上的印刷、曲面印刷、各种印刷版的平版，作为处理用途，可采用本实施例涂覆粘接剂、密封剂等，作为生物工艺、医学用途，其可用于医药品（例如一种混合多种小量成分的医药品）、试样涂覆以供基因诊断等。

#### 〔喷嘴〕

上述喷嘴 2021 与随后将要描述的喷嘴板 2026 的上表面层 2026c 形成一体，且相对于该喷嘴板 2026 的扁平板面垂直竖立。此外，在喷射液滴时，这样使用喷嘴 2021 使其垂直面向基体件 2099 的接收面（液滴的着落面）。此外，在喷嘴 2021 内，形成有一种从该喷嘴 2021 的边缘部起沿着喷嘴中心穿入的喷嘴内通道 2022。喷嘴内通道 2022 在喷嘴 2021 的边缘处敞开，从而在该喷嘴 2021 的边缘处形成喷孔。

以下将更详细地说明喷嘴 2021。在喷嘴 2021 内，其边缘部和喷嘴内通道 2022 的内径是一致的，且如所述，它们形成为具有超微小内径。喷嘴 2021 处形成的喷孔的内径（即，喷嘴 2021 的内径）不大于  $30\mu\text{m}$ 、更优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $4\mu\text{m}$ 。作为每个部分尺寸的一个具体例子，喷嘴内通道 2022 的内径设定为  $1\mu\text{m}$ ，喷嘴 2021 的边缘部外径设定为  $2\mu\text{m}$ ，该喷嘴 2021 的根部内径设定为  $5\mu\text{m}$ ，以及该喷嘴 2021 的高度设定为  $100\mu\text{m}$ ，且其形成成为一种无限接近圆锥形的截头圆锥形。另外，喷嘴 2021 的高度可以是  $0\mu\text{m}$ 。

另外，喷嘴内通道 2022 的形状可以不如图 31 所示形成内径恒定的直线。例如，如图 15A 所示，其可这样形成以给位于喷嘴内通道 2022

的随后将要描述的溶液室 2024 侧的边缘部处的剖面形状提供圆度。此外,如图 15B 所示,可将位于喷嘴内通道 2022 的随后将要描述的溶液室 2024 侧的边缘部处的内径设定得大于喷射侧的边缘部的内径,且该喷嘴内通道 2022 的内表面形成为锥形圆周面形状。此外,如图 15C 所示,仅喷嘴内通道 2022 的随后将要描述的溶液室 2024 侧的边缘部形成为锥形圆周面形状,而与该锥形圆周面相对的喷射边缘部侧形成内径恒定的直线。

#### [ 溶液供给部 ]

液体供给部 2031 设在作为喷嘴板 2026 内部的位置处以及喷嘴 2021 的根部处,且包括与喷嘴内通道 2022 连通的溶液室 2024;将溶液从外部溶液槽引导至该溶液室 2024 的供给通道 2027,省略表示该外部溶液槽;以及给溶液室 2024 提供液体供给压力的供给泵。

上述供给泵给喷嘴 2021 的边缘部供应溶液,且在供应该溶液的同时维持供给压力在滴落的范围内(参见图 32A)。

此外,供给泵可构造为包括一种仅通过溶液供给通道而不单独提供溶液供给部、依据溶液槽与喷嘴 2021 所处的位置且利用压力差的供给泵。

#### [ 喷射电压施加部 ]

喷射电压施加部 2025 包括:用于施加喷射电压的喷射电极 2028,该喷射电极 2028 设在喷嘴板 2026 的内部以及溶液室 2024 与喷嘴内通道 2022 之间的边界位置处;总是给该喷射电极 2028 施加直流偏压电压的偏压电源 2030;以及给该喷射电极 2028 施加脉冲电压的喷射电压源 2029,该脉冲电压与该偏压电压相叠加得到喷射用电位。

上述喷射电极 2028 与溶液室 2024 中的溶液直接接触以给该溶液充电并施加喷射电压。

有关偏压电源 2030 施加的偏压电压,通过总是施加一种在不执行溶液喷射范围内的电压,预先缩小喷射时施加的电压宽度,由此喷射时的响应性提高。

喷射电压源 2029 受操作控制部 2050 的控制以仅在执行溶液喷射

时使脉冲电压与偏压电压叠加。脉冲电压的值被设定为使此时的叠加电压  $V$  满足以下方程 (1) 的条件。

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

其中,  $\gamma$ : 溶液的表面张力  $\text{N/m}$ ,  $\epsilon_0$ : 电常数  $[\text{F/m}]$ ,  $d$ : 喷嘴内径  $\text{m}$ ,  $h$ : 喷嘴与基体件之间的距离  $\text{m}$  以及  $k$ : 取决于喷嘴形状的比例常数 ( $1.5 < k < 8.5$ )。

作为一个例子, 所施加的偏压电压为  $\text{DC300V}$ , 所施加的脉冲电压为  $100\text{V}$ 。因此, 喷射时的叠加电压将是  $400\text{V}$ 。

#### [ 喷嘴板 ]

喷嘴板 2026 包括: 设在图 31 所示最底层处的基底层 2026a; 设在该基底层 2026a 上的通道层 2026b, 该通道层 2026b 形成溶液的供给通道; 以及进一步形成在此通道层 2026b 上的顶面层 2026c。上述喷射电极 2028 插入通道层 2026b 与顶面层 2026c 之间。

由硅基板、高绝缘树脂或陶瓷形成上述基底层 2026a, 且一种可溶解树脂层形成于其上, 除了与一种用于形成供给通道 2027 和溶液室 2024 的预定图形相对应的部分以外除去该可溶解树脂, 然后在该被除去部分处形成绝缘树脂层。此绝缘树脂层成为通道层 2026b。然后, 通过无电电镀一种导电元件 (例如,  $\text{NiP}$ ) 在此绝缘树脂层的顶面上形成喷射电极 2028, 并进一步地在该喷射电极 2028 上形成具有绝缘性的抗蚀树脂层。由于此抗蚀树脂层将成为顶面层 2026c, 所以考虑到喷嘴 2021 的高度使该树脂层形成具有一定厚度。接着, 依据电子束方法或者毫微微秒激光器对此绝缘抗蚀树脂层进行曝光以形成喷嘴形状。还依据激光加工形成喷嘴内通道 2022。然后, 除去与供给通道 2027 和溶液室 2024 的图形相对应的可溶解树脂层, 这些供给通道 2027 和溶液室 2024 相互连通, 于是完成喷嘴板 2026 的制造。

另外具体的, 顶面层 2026c 和喷嘴 2021 的材料可以是半导体如  $\text{Si}$  等、导电材料如  $\text{Ni}$ ,  $\text{SUS}$  等、其它绝缘材料如环氧树脂、 $\text{PMMA}$ 、苯酚、钠玻璃。

在对由抗蚀树脂层形成的喷嘴基材进行无电 Ni-P 处理之后,利用氟化沥青的共析体形成一种疏水性高于该喷嘴基材的涂层。图 33B 是喷嘴 2021 的垂直剖视图。如图 33A 和 33B 所示,喷孔形成在喷嘴 2021 的边缘部处。在环绕喷孔的喷嘴 2021 的边缘面上,形成疏水涂层 2101。疏水涂层 2101 形成为环绕喷孔的环形。由于喷嘴的内表面 2102 是按照现在的样子对喷嘴基材 2100 进行曝光形成的,所以疏水涂层 2101 具有比该喷嘴 2021 的内表面 2102 更高的疏水性。喷嘴 2021 的内表面是喷嘴内通道 2022 的壁面。

此外,可涂覆由 Asahi Glass Co., Ltd 等制造的产品名 Cytop (注册商标)以形成疏水涂层,或者在对喷嘴基材进行无电 Ni-P 处理之后,依照由 C. Uemura & Co., Ltd 制造的 Metaflon NF 电镀,使 PTFE 颗粒共析为镀层以形成该疏水涂层。此外,阳离子或阴离子含氟树脂的电涂;氟化高聚物、硅树脂和聚二甲基硅氧烷的涂覆;烧结;氟化高聚物的共析电镀方法;非晶质合金膜的蒸发法;使涂层如有机硅化合物、含氟硅化合物等居中位于依据等离子 CVD 方法等离子聚合作为单体的六甲基二硅氧烷形成的聚二甲基硅氧烷上都是可适用的。

通过选择与溶液对应的处理方法,可控制喷嘴 2021 的疏水性。优选对溶液和疏水处理方法进行选择,以将该溶液与喷嘴 2021 的喷孔周缘材料之间的接触角设定为不小于 45 度。由此,可提供一种溶液不易扩散至喷嘴 2021 的喷孔周缘的状态,可增大位于喷嘴 2021 边缘部处的凸状弯月面的曲率至更高程度。结果,可使液滴微小。此外,由于可形成具有微小内径的弯月面,电场易集中在该弯月面的顶部,从而可使喷射电压变为低压。此外优选的,溶液以不小于 90 度的接触角润湿其边缘部形成喷孔的喷嘴 2021 的材料,更优选的,其以不小于 130 度的接触角润湿。

此外,不在喷嘴 2021 的表面上形成疏水涂层,通过由含氟感光树脂形成该喷嘴 2021,也可获得类似效果。含氟感光树脂是这样一种感光树脂,其中,利用溶解在 PTFE、FEP 分散体系中的氟树脂或者平均粒径约 0.2 $\mu\text{m}$  的全氟溶剂形成的且由 Asahi Glass Co., Ltd 制造的

从百分之几到百分之几十的 Cytop 分散并混和到一种紫外光敏树脂中,在该分散体系中,具有低熔点的 FEP 是优选的。此外,在该分散体系中,可采用由 DuPont Co., Ltd 制造的 MDF FEP 120-J (54wt%,水分散型)、由 Asahi Glass Co., Ltd 制造的 Fluon×AD911 (60wt%,水分散型)等。此外,用于二代平版印刷术用抗蚀剂的聚合物也可是含氟感光树脂,例如氟被引入聚合物主链的聚合物以及氟被引入支链的聚合物。

#### [反电极]

如图 31 所示,反电极 2023 包括与喷嘴 2021 的伸出方向垂直的面对表面,该面对表面沿着其支承基体件 2099。作为一个例子,从喷嘴 2021 的边缘部至反电极 2023 的面对表面的距离被设定为 100 $\mu$ m。

此外,由于此反电极 2023 接地,其总是维持大地电位。因此,在施加脉冲电压时,利用产生在喷嘴 2021 的边缘部与面对表面之间的电场,将依据静电力喷射的液滴引导至反电极 2023 侧。

另外,由于液体喷射装置 2020 通过使喷嘴 2021 超小型化导致与该喷嘴 2021 的边缘部处的电场集中相对应的电场强度增大来喷射液滴,所以可以喷射液滴而不利用反电极 2023 进行引导。但是,优选在喷嘴 2021 与反电极 2023 之间利用静电力进行引导。此外,通过将反电极 2023 接地,可使充电液滴放电。

#### [操作控制部]

操作控制部 2050 实际上由一种包括 CPU、ROM、RAM 等的计算设备组成。上述操作控制部 2050 使偏压电源 2030 持续施加电压,并使喷射电压源 2029 在自外部接收到喷射指令的输入时施加驱动脉冲电压。

#### [利用液体喷射装置喷射微小液滴的操作]

参照图 31 和图 32 说明液体喷射装置 2020 的操作。

这里,图 32A 是表示在不喷射情况下的时间(水平轴)与施加给溶液的电压(垂直轴)之间关系的图表,图 32B 是表示在不喷射情况下的喷嘴 2021 的状态的垂直剖视图,图 32C 是表示在喷射情况下的

时间（水平轴）与施加给溶液的电压（垂直轴）之间关系的图表，图 32D 是表示在喷射情况下的喷嘴 2021 的状态的垂直剖视图。

在可充电溶液通过溶液供给部 2031 供应给喷嘴内通道 2022 的状态下，偏压电压通过偏压电源 2030 且经由喷射电极 2028 供应给该溶液（参见图 32A）。在这种状态下，溶液被充电，且在每个喷嘴 2021 的边缘部处形成溶液呈凹状凹进的弯月面（参见图 32B）。

然后，给操作控制部 2050 输入喷射指令信号，当喷射电压源 2029 施加脉冲电压时（参见图 32C），就依据喷嘴 2021 边缘部处的集中电场的电场强度利用静电力引导溶液至该喷嘴 2021 的边缘部侧，形成突至外部的凸状弯月面，电场就在该凸状弯月面的顶部处集中，最终，微小液滴克服该溶液的表面张力被喷射至反电极侧（参见图 32D）。

由于上述液体喷射装置 2020 经由喷嘴 2021 喷射液滴，该喷嘴 2021 具有传统不能实现的微小内径，所以就利用喷嘴内通道 2022 中处于充电状态的溶液使电场集中，从而增强电场强度。因此，现在可用比传统更低的电压、经由具有微小内径（例如，内径  $100\mu\text{m}$ ）的喷嘴喷射溶液，这被传统认为是几乎不可能的，因为采用未执行电场集中的这种结构喷嘴，喷射所需要的电压变得过高。

接着，由于其具有微小内径，在低传导性的作用下限制喷嘴内通道 2022 中的溶液流。因而，可容易地进行控制以减少每单位时间的喷射流量，实现以足够小的滴径（依据每个上述条件为  $0.8\mu\text{m}$ ）喷射溶液而不缩小脉冲宽度。

此外，由于所喷射液滴是充电的，即便是微小液滴，蒸汽压也会降低且汽化受到抑制。因而，减少液滴量的损失，实现飞行稳定性并防止液滴的着落准确性降低。

作为本实施例中液体喷射装置 2020 的比较例，图 34A，图 34B 和图 34C 是在不提供疏水涂层情况下的喷嘴 2104 的垂直剖视图。按照图 34A，图 34B 和图 34C 的顺序表示在喷嘴边缘处形成凸状弯月面的过程。在图 34A，图 34B 和图 34C 中，喷嘴 2104 的边缘面 2105 的疏水性与该喷嘴 2104 的内表面 2106 的疏水性相等。当溶液 2107 移向

喷孔时,如图 34A 所示呈凹状凹进的弯月面变成如图 34B 所示的凸状弯月面,因此曲率变大。但是,由于喷嘴 2104 的边缘面 2105 的疏水性与该喷嘴 2104 的内表面 2106 的疏水性相等,溶液易于润湿并从该喷嘴 2104 的喷孔扩散,对用于以喷嘴内径作为弯月面内径来形成该弯月面的曲率限制小。因此,如图 34C 所示,在弯月面的曲率变大之前,溶液 2107 润湿并从喷嘴 2104 的喷孔扩散,从而难以喷射微小液滴。

图 35A,图 35B 和图 35C 是本实施例中液体喷射装置 2020 的喷嘴 2021 的垂直剖视图。按照图 35A,图 35B 和图 35C 的顺序表示在液体喷射装置 2020 的喷嘴边缘处形成凸状弯月面的过程。在喷嘴 2021 的边缘面处,形成疏水涂层 2101。由于形成在喷嘴边缘面处的疏水涂层 2101 具有比该喷嘴 2021 的内表面 2102 更高的疏水性,溶液 2103 不易附着在喷嘴边缘面上,因此该溶液 2103 不润湿以及从喷嘴 2021 的喷孔扩散。当溶液移向喷孔时,如图 35A 所示呈凹状凹进的弯月面变成如图 35B 所示的凸状弯月面,且曲率变大。如图 35C 所示,与图 34 所示未提供疏水涂层的情况相比,以更高的程度增大弯月面的曲率。因此,电场依据弯月面的顶部以更高的集中度集中以喷射液滴。由此,对于本实施例,在喷嘴 2021 的边缘面处形成疏水性比喷嘴材料 2100 高的涂层能有效地使液滴微小。

此外,由于可形成具有微小内径的弯月面,电场易于集中在该弯月面的顶部,从而可使喷射电压变为低压。

图 36A 和图 36B 表示不同于图 33A 和图 33B 所示喷嘴 2021 的喷嘴 2021。图 36A 和图 36B 所示喷嘴能用作图 31 所示液体喷射装置 2020 的喷嘴 2021。图 36A 表示从喷嘴侧看的喷嘴 2021 的俯视图。图 36B 表示喷嘴 2021 的剖视图。在图 33A 和图 33B 所示喷嘴 2021 中,疏水性比喷嘴材料 2100 高的涂层 2101 形成在喷嘴 2021 的整个边缘面上,该喷嘴 2021 的喷孔在该边缘面上敞开。在图 36A 和图 36B 所示喷嘴 2021 中,疏水性比喷嘴材料 2100 高的疏水涂层 2101 仅形成在喷嘴 2021 的边缘面的内部处。

在任何情况中,为使所喷射的液滴微小,围绕喷孔的环形涂层的

内径优选等于喷嘴 2021 的内径。

此外，与形成在喷嘴 2021 边缘面处的疏水涂层连续的，还可在该喷嘴 2021 的外围面处形成疏水涂层。

这里，为给喷嘴 2021 提供电镀润湿（Electrowetting）效果，电极可设在喷嘴 2021 的周缘，或者电极可设在喷嘴内通道 2022 的内表面处且介电涂层覆盖于其上。然后，通过给此电极施加电压，可依据电镀润湿效果增强喷嘴内通道的内表面相对于喷射电极 2028 给其施加电压的溶液的润湿性，从而可顺畅地给该喷嘴内通道 2022 供应溶液。由此，稳定地执行喷射并增强该喷射的响应性。

此外，喷射电压施加部 2025 不变地施加偏压电压，并通过以脉冲电压作为触发器来喷射液滴。但是，也可以采用这样一种结构，其中，通过总是施加具有喷射所需要振幅的交流电或者连续矩形波以及通过改变其频率的高低来执行喷射。必要的是给溶液充电以喷射液滴，以及当以超过溶液充电速度的频率施加喷射电压时不执行喷射，而当其切换至一种能够充分地给该溶液充电的频率时执行喷射。因此，通过进行控制以用一种比在不执行喷射时可进行喷射的频率更大的频率施加喷射电压以及以降低该频率至仅当要执行喷射时才喷射的频率带，可以控制溶液的喷射。在这种情况下，由于施加给溶液的电位本身没有发生变化，还可增强时间响应性，从而可改善液滴的着落准确性。

#### 〔第五实施例〕

参照图 37 说明采用本发明的第五实施例。

图 37 是采用本发明液体喷射装置的第五实施例中液体喷射装置的喷嘴 2021 的垂直剖视图。第五实施例中的液体喷射装置包括图 37 所示的喷嘴 2021，以取代图 33A 和图 33B 所示的喷嘴 2021。对于第五实施例的液体喷射装置中与第四实施例的液体喷射装置 2020 的任何部分相同的部分，省略其说明。

在第四实施例中，如图 33B 所示，一种围绕喷孔呈环状的疏水涂层 2101 形成该喷嘴 2021 的边缘面上，该喷嘴 2021 的喷孔在该边缘面上敞开，此外，疏水涂层 2108 形成在该喷嘴 2021 的内表面处。

图 38 表示一种试验的条件与结果,该试验用于比较喷嘴处疏水剂涂覆处理的效果。如图 38 所示,情况分为:喷嘴 2021 处未形成疏水涂层的情况;在喷嘴 2021 喷孔的周缘面处(疏水剂涂覆区域 1)形成疏水涂层 2101 的情况;以及在喷嘴 2021 喷孔的周缘面和该喷嘴的内表面处(疏水剂涂覆区域 2)形成疏水涂层 2101 和 2108 的情况,对于形成疏水涂层的情况,通过依据活化剂和载液的类型调节测试墨液的润湿性,来改变该测试墨液与喷嘴 2021 喷孔的周缘材料之间的接触角  $\theta$ ,在条件 1 至 9 下,进行有关最小喷射压和响应性的试验。

作为测试墨液,采用一种粘度为  $8 [\text{Cp}]$ 、电阻率为  $10^8 [\Omega\text{cm}]$  且表面张力为  $30 [\text{mN/m}]$  的墨液。作为对喷嘴 2021 的疏水处理,一种涂层例如聚二甲基硅氧烷等的含氟硅化合物多达几十 nm 地固着在一种内径为  $1\mu\text{m}$  且外径为  $2\mu\text{m}$  的玻璃毛细管喷嘴上,该聚二甲基硅氧烷是依据等离子 CVD 方法等离子聚合作为单体的六甲基二硅氧烷形成的。喷射条件是喷向一种距离:  $200\mu\text{m}$  的 Si 基板。最小喷射压设定为启动液滴喷射的电压,通过主观评价其形状清晰度和均匀度来评价响应性,该评价分 5 个等级进行,即,5: 极好,4: 良好,3: 一般,2: 有点差,以及 1: 差。

如图 38 所示,当测试墨液与喷嘴 2021 喷孔的周缘材料之间的接触角  $\theta$  变大时,最小喷射压降低,且响应性变得更好。接触角  $\theta$  优选为  $45^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ 、更优选  $130^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ 。此外,疏水剂涂覆区域 2 处形成疏水涂层的情况与疏水剂涂覆区域 1 处形成疏水涂层的情况相比最小喷射压更低,响应性的评估结果也更好。

如试验结果所示,当接触角  $\theta$  变大时,由于测试墨液不易于润湿和扩散至喷嘴 2021 的喷孔周缘,可以更高程度地增大喷嘴边缘部处凸状弯月面的曲率,从而可使电场以更高的集中度集中在该弯月面的顶部。因此,可使液滴微小,并可使喷射压变为低压。

此外,在除喷嘴 2021 喷孔的周缘面以外又在该喷嘴 2021 的内表面处形成疏水涂层 2108 的情况中,由于测试墨液不易于润湿和在该喷嘴内扩散,可使喷射压变为更低的电压。此外,由于可抑制溶液附着

在喷嘴 2021 的内表面上,可防止该喷嘴 2021 堵塞。

#### [ 第六实施例 ]

参照图 39 至图 41 说明采用本发明的第六实施例。

#### [ 液体喷射装置的整体结构 ]

图 39 表示第六实施例中的液体喷射装置 3100 的整体结构。图 40 表示与液体喷射装置 3100 的喷射操作直接相关的结构。在图 40 中,表示了一种液体喷射装置 3100 的一部分被沿着喷嘴 3051 切除的状态。首先,参照图 39 和图 40 说明液体喷射装置 3100 的整体结构。

如图 39 和图 40 所示,液体喷射装置 3100 包括:喷嘴 3051,具有超微小内径且用于自其边缘部喷射可充电溶液的液滴;反电极 3023,具有面对该喷嘴 3051 的边缘部的面对表面并支承一种用于接收着落液滴的基体件 3099;溶液供给部 3053,用于给该喷嘴 3051 内供应溶液;喷射电压施加部 3035,用于给该喷嘴 3051 内的溶液施加喷射电压;操作控制部 3050,用于控制利用该喷射电压施加部 3035 施加喷射电压的操作;清洗设备 3200,利用清洗剂清洗该喷嘴 3051 和供给通道 3060;以及振动生成设备 3300,给溶液中的细颗粒提供振动。另外,上述喷嘴 3051、溶液供给部 3053 的部分结构以及喷射电压施加部 3035 的部分结构利用喷嘴板 3056 一体形成。

此外,为便于说明,其状态为喷嘴 3051 的边缘部在图 39 中面向侧方,以及该喷嘴 3051 的边缘部在图 40 中面向上。但实际上,这样使用以使喷嘴 3051 面向水平方向或者面向比该水平方向更优选的下方,更优选的,该喷嘴 3051 垂直面向下。

这里,基于图 40 预先说明与利用液体喷射装置 3100 喷射液滴直接相关的结构(不包括清洗设备 3200 和振动生成设备 3300 的结构)。

#### [ 溶液 ]

作为利用上述液体喷射装置 3100 喷射的溶液例子,对于有机液体,可采用水、 $\text{COCl}_2$ 、 $\text{HBr}$ 、 $\text{HNO}_3$ 、 $\text{H}_3\text{PO}_4$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{SOCl}_2$ 、 $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ 、 $\text{FSO}_2\text{H}$  等。对于无机液体,可采用醇类如甲醇、n-丙醇、异丙醇、n-丁醇、2-甲基-1-丙醇、叔丁醇、4-甲基-2-戊醇、苯甲醇、 $\alpha$ -萜品醇、

乙二醇、丙三醇、二乙二醇、三乙二醇等；酚类如苯酚、邻甲酚、间甲酚、对甲酚等；醚类如二恶烷、糠醛、乙二醇二甲醚、乙二醇一甲醚、乙二醇一乙醚、乙二醇一丁醚、二甘醇一乙醚、二甘醇一丁醚、二甘醇一丁醚乙酸酯、氯四甲代氧丙烷等；酮类如丙酮、乙基-甲基酮、2-甲基-4-戊酮、苯乙酮等；脂肪酸类如甲酸、乙酸、二氯乙酸盐、三氯乙酸盐等；酯类如甲酸甲酯、甲酸乙酯、乙酸甲酯、乙酸乙酯、乙酸正丁酯、乙酸异丁酯、3-甲氧丁基乙酸酯、乙酸正戊酯、丙酸乙酯、乳酸乙酯、苯甲酸甲酯、丙二酸二乙酯、酞酸二甲酯、酞酸二乙酯、碳酸二乙酯、碳酸乙二酯、碳酸丙二酯、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；含氮化合物如硝基甲烷、硝基苯、乙腈、丙腈、丁二腈、戊腈、苯基腈、乙胺、二乙胺、乙二胺、苯胺、N-甲基苯胺、N,N-二甲基苯胺、邻甲苯胺、对甲苯胺、吡啶、吡啶、 $\alpha$ -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'-四甲基脲、N-甲基吡咯烷酮等；含硫化合物如二甲亚砷、环丁砷等；烃类如苯、对甲基异丙基苯、萘、环己基苯、环己撑等；卤代烃类如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（顺式）、四氯乙烯、2-氯丁烷、1-氯-2-甲基丙烷、2-氯-2-甲基丙烷、溴代甲烷、三溴代甲烷、1-溴代丙烷等。此外，两或多种上述每种液体可混合用作所述溶液。

此外，采用包含大量高导电性材料（银颜料等）的导电膏剂，以及在执行喷射的情况下，对于将溶解或分散到上述液体中且不包括使喷嘴堵塞的粗颗粒在内的目标材料，没有特别限制。对于荧光材料例如PDP、CRT、FED等，可采用传统已知的而没有任何特别限制。例如，作为红色荧光材料，可采用 $(Y,Gd)BO_3:Eu$ ， $YO_3:Eu$ 等，作为红色荧光材料，可采用 $Zn_2SiO_4:Mn$ ， $BaAl_{12}O_{19}:Mn$ ， $(Ba,Sr,Mg)O \cdot \alpha-Al_2O_3:Mn$ 等，作为蓝色荧光材料，可采用 $BaMgAl_{14}O_{23}:Eu$ ， $BaMgAl_{10}O_{17}:Eu$ 等。为使上述目标材料牢固地附

着在记录介质上,优选添加各种粘接剂。作为所采用的粘接剂,例如,可采用纤维素及其衍生物如乙基纤维素、甲基纤维素、硝化纤维素、醋酸纤维素、羟乙基纤维素等;醇酸树脂;(甲基)丙烯酸树脂及其金属盐如聚甲基丙烯酸酯、聚甲基丙烯酸甲酯、2-乙基己基甲基丙烯酸甲酯·甲基丙烯酸的共聚物、甲基丙烯酸月桂酯·甲基丙烯酸-2-羟乙酯的共聚物等;聚(甲基)丙烯酰胺树脂如聚-N-异丙基丙烯酰胺、聚-N,N-二甲基丙烯酰胺等;苯乙烯树脂如聚苯乙烯、丙烯腈·苯乙烯的共聚物、苯乙烯·马来酸的共聚物、苯乙烯·异戊二烯的共聚物等;各种饱和或不饱和聚酯树脂;聚烯烃树脂如聚丙烯等;卤代聚合物如聚氯乙烯、聚偏氯乙烯等;乙烯树脂如聚乙烯乙酸酯、氯乙烯·聚乙烯乙酸的共聚物等;聚碳酸酯树脂;环氧树脂;聚氨酯树脂;聚缩醛树脂如聚乙烯醇缩甲醛、聚乙烯醇缩丁醛、聚乙烯醇缩乙醛等;聚乙烯树脂如乙烯·乙酸乙烯的共聚物、乙烯·丙烯酸乙酯的聚合树脂等;酰胺树脂如苯代三聚氰胺等;尿素树脂;密胺树脂;聚乙烯醇树脂及其阴离子阳离子退化物;聚乙烯基砒咯烷酮及其共聚物;烯化氧的均聚物、共聚物及交联物如聚环氧乙烷、聚环氧乙烯羧酸酯等;聚亚烷基二醇如聚乙二醇、聚丙二醇等;聚醚多醇;SBR, NBR 乳胶;糊精;海藻酸钠;天然或半合成树脂如明胶及其衍生物、酪蛋白、木槿属木薯、胺黄树胶、支链淀粉、阿拉伯树胶、角豆荚胶、瓜尔胶、果胶、角叉菜胶、动物胶、白蛋白、各种淀粉、玉米淀粉、海芋根、富诺林、琼脂、大豆蛋白等;萜烯树脂;酮类树脂;松香和松香脂;聚乙烯基甲基醚、聚乙烯亚胺、聚磺苯乙烯、聚磺乙烯等。这些树脂不仅能用作均聚物,而且能在相互可溶的范围内混和使用。

作为一种代表性例子,当液体喷射装置 3100 用作图案形成方法时,其可用于显示用途。具体的,其可用于等离子体显示器的荧光材料的成形、等离子体显示器的肋条的成形、等离子体显示器的电极的成形、CRT 的荧光材料的成形、FED(场致发射式显示器)的荧光材料的成形、FED 的肋条的成形、液晶显示器用滤色器(RGB 彩色层,黑基质层)、液晶显示器用间隔件(与黑基质对应的图案、网点图案等)。

这里所述的肋条一般指隔离件，取等离子体显示器作为例子，该肋条用于分隔每种颜色的等离子体区域。对于其它用途，其可用于显微镜、图形涂覆作半导体用途的磁性材料、铁磁介质物质、导电膏剂（导线、天线）等，作为图形显示用途，其可用于普通印刷、特定介质（膜、织物、钢板）上的印刷、曲面印刷、各种印刷版的平版，作为处理用途，可采用本实施例涂覆粘接剂、密封剂等，作为生物工艺、医学用途，其可用于医药品（例如一种混合多种小量成分的医药品）、试样涂覆以供基因诊断等。

### 〔喷嘴〕

上述喷嘴 3051 与随后将要描述的喷嘴板 3056 的上表面层 3056c 形成一体，且相对于该喷嘴板 3056 的扁平板面垂直竖立。此外，在喷嘴 3051 内，形成有一种从该喷嘴 3051 的边缘部起沿着喷嘴中心穿入的喷嘴内通道 3052。喷嘴内通道 3052 在喷嘴 3051 的边缘处敞开，从而在该喷嘴 3051 的边缘处形成作为该喷嘴内通道 3052 的一端的喷孔。

以下将更详细地说明喷嘴 3051。在喷嘴 3051 内，其边缘部和喷嘴内通道 3052 的内径是一致的，且如所述，它们形成为具有超微小内径。作为每个部分尺寸的一个具体例子，喷嘴内通道 3052 的内径（即，形成在喷嘴 3052 边缘处的喷孔的内径）不大于  $30\mu\text{m}$ 、更优选小于  $20\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $10\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $8\mu\text{m}$ 、更优选不大于  $4\mu\text{m}$ ，且在本实施例中，该喷嘴内通道 3052 的内径设定为  $1\mu\text{m}$ 。然后，喷嘴 3051 的边缘部外径设定为  $2\mu\text{m}$ ，该喷嘴 3051 的根部内径设定为  $5\mu\text{m}$ ，以及该喷嘴 3051 的高度设定为  $100\mu\text{m}$ ，且其形成成为一种无限接近圆锥形的截头圆锥形。另外，喷嘴 3051 的高度可以是  $0\mu\text{m}$ 。

另外，喷嘴内通道 3052 的形状可以不如图 40 所示形成内径恒定的直线。例如，如图 15A 所示，其可这样形成以给位于喷嘴内通道 3052 的随后将要描述的溶液室 3054 侧的边缘部处的剖面形状提供圆度。此外，如图 15B 所示，可将位于喷嘴内通道 3052 的随后将要描述的溶液室 3054 侧的边缘部处的内径设定得大于喷射侧的边缘部的内径，且该喷嘴内通道 3052 的内表面形成为锥形圆周面形状。此外，如图 15C

所示,仅喷嘴内通道 3052 的随后将要描述的溶液室 3054 侧的边缘部形成为锥形圆周面形状,而与该锥形圆周面相对的喷射边缘部侧形成内径恒定的直线。

#### [ 溶液供给单元 ]

溶液供给单元 3053 包括溶液容纳单元 3061 和供给管 3062,还包括喷嘴板 3056 内的溶液室 3054 和连接通道 3057。

这里,供给通道 3060 由供给管 3062、连接通道 3057 和溶液室 3054 构成。

溶液容纳单元 3061 容纳将供应给喷嘴 3051 的溶液。此外,溶液容纳单元 3061 利用与溶液自身重量相应的适当压力给溶液室 3054 供应该溶液。但是,由于超微小内径导致的低传导性,溶液容纳单元 3061 不能给喷嘴内通道 3052 供应溶液。与附图不同,通常为提供与溶液自身重量相应的流压,溶液容纳单元 3061 放置在高于喷嘴板 3056 的位置。这里,也可利用随后将要描述的抽吸泵 3208 从溶液容纳单元 3061 给喷嘴 3051 供应溶液。

供给管 3062 具有与溶液容纳单元 3061 连接的一个端部和与连接通道 3057 连接的另一个端部,以将该溶液容纳单元 3061 中的溶液供应给该连接通道 3057。此外,在供给管 3062 的中部,提供一种构成清洗设备 3200 的三向切换阀 3209 (随后将要描述)。

连接通道 3057 与供给管 3062 连通,并给溶液室 3054 供应溶液。

溶液室 3054 设在作为喷嘴 3051 根部的位置处,且与连接通道 3057 和喷嘴内通道 3052 连通,以将供应给该连接通道 3057 的溶液供应给该喷嘴内通道 3052。

#### [ 喷射电压施加部 ]

喷射电压施加部 3055 包括:用于施加喷射电压的喷射电极 3058,该喷射电极 3058 设在喷嘴板 3056 的内部以及溶液室 3054 与喷嘴内通道 3052 之间的边界位置处;总是给该喷射电极 3058 施加直流偏压电压的偏压电源 3030;以及给该喷射电极 3058 施加脉冲电压的喷射电压源 3031,该脉冲电压与该偏压电压相叠加得到喷射用电位。

上述喷射电极 3058 与溶液室 3054 中的溶液直接接触以给该溶液充电并施加喷射电压。

有关偏压电源 3030 施加的偏压电压,通过总是施加一种在不执行溶液喷射范围内的电压,预先缩小喷射时施加的电压宽度,由此喷射时的响应性提高。

喷射电压源 3031 受操作控制部 3050 的控制以仅在执行溶液喷射时使脉冲电压与偏压电压叠加。脉冲电压的值被设定为使此时的叠加电压  $V$  满足以下方程 (1) 的条件。

$$h\sqrt{\frac{\gamma\pi}{\varepsilon_0 d}} > V > \sqrt{\frac{\gamma kd}{2\varepsilon_0}} \quad (1)$$

其中,  $\gamma$ : 溶液的表面张力 N/m,  $\varepsilon_0$ : 电常数 [F/m],  $d$ : 喷嘴内径 m,  $h$ : 喷嘴与基体件之间的距离 m 以及  $k$ : 取决于喷嘴形状的比例常数( $1.5 < k < 8.5$ )。

作为一个例子,所施加的偏压电压为 DC300V,所施加的脉冲电压为 100V。因此,喷射时的叠加电压将是 400V。

#### [喷嘴板]

喷嘴板 3056 包括:设在图 40 所示最底层处的基底层 3056a;设在该基底层 3056a 上的通道层 3056b,该通道层 3056b 形成溶液的供给通道;以及进一步形成在此通道层 3056b 上的顶面层 3056c。上述喷射电极 3058 插入通道层 3056b 与顶面层 3056c 之间。

由硅基板、高绝缘树脂或陶瓷形成上述基底层 3056a,且一种可溶解树脂层形成于其上,除了与一种用于形成连接通道 3057 和溶液室 3054 的预定图形相对应的部分以外除去该可溶解树脂,然后在该被除去部分处形成绝缘树脂层。此绝缘树脂层成为通道层 3056b。然后,通过无电电镀一种导电元件(例如, NiP)在此绝缘树脂层的顶面上形成喷射电极 3058,并进一步地在该喷射电极 3058 上形成具有绝缘性的抗蚀树脂层。由于此抗蚀树脂层将成为顶面层 3056c,所以考虑到喷嘴 3051 的高度使该树脂层形成具有一定厚度。接着,依据电子束方法或者毫微微秒激光器对此绝缘抗蚀树脂层进行曝光以形成喷嘴

形状。还依据激光加工形成喷嘴内通道 3052。然后，除去与连接通道 3057 和溶液室 3054 的图形相对应的可溶解树脂层，这些连接通道 3057 和溶液室 3054 相互连通，于是完成喷嘴板 3056 的制造。

另外具体的，喷嘴板 3056 和喷嘴 3051 的材料可以是半导体如 Si 等、导电材料如 Ni, SUS 等、其它绝缘材料如环氧树脂、PMMA、苯酚、钠玻璃、石英玻璃等。但是，在由导电材料形成喷嘴板 3056 和喷嘴 3051 的情况中，优选至少在该喷嘴 3051 边缘部的边缘面处、更优选在该边缘部的周缘面处提供一种绝缘材料涂层。这是因为通过用绝缘材料形成喷嘴 3051 或者通过在其边缘面处形成绝缘材料涂层，在给溶液施加喷射电压时，可有效地抑制电流从喷嘴边缘部泄漏给反电极 3023。

#### [ 反电极 ]

反电极 3023 包括与喷嘴 3051 的伸出方向垂直的面对表面，该面对表面沿着其支承基体件 3099。作为一个例子，从喷嘴 3051 的边缘部至反电极 3023 的面对表面的距离被设定为 100 $\mu$ m。

此外，由于此反电极 3023 接地，其总是维持大地电位。因此，在施加脉冲电压时，利用产生在喷嘴 3051 的边缘部与面对表面之间的电场，将依据静电力喷射的液滴引导至反电极 3023 侧。

另外，由于液体喷射装置 3100 通过使喷嘴 3051 超小型化导致与该喷嘴 3051 的边缘部处的电场集中相对应的电场强度增大来喷射液滴，所以可以喷射液滴而不利用反电极 3023 进行引导。但是，优选在喷嘴 3051 与反电极 3023 之间利用静电力进行引导。此外，通过将反电极 3023 接地，可使充电液滴放电。

#### [ 操作控制部 ]

操作控制部 3050 实际上由一种包括 CPU、ROM、RAM 等的计算设备组成。上述操作控制部 3050 使偏压电源 3030 持续施加电压，并使喷射电压源 3031 在自外部接收到喷射指令的输入时施加驱动脉冲电压。

#### [ 利用液体喷射装置喷射微小液滴的操作 ]

参照图 40, 图 41A, 图 41B, 图 41C 和图 41D 说明液体喷射装置 3100 的操作。

在可充电溶液通过抽吸泵 3208 供应给喷嘴内通道 3052 的状态下, 偏压电压通过偏压电源 3030 且经由喷射电极 3058 供应给该溶液 (参见图 41A)。在这种状态下, 溶液被充电, 且在每个喷嘴 3051 的边缘部处形成溶液呈凹状凹进的弯月面 (参见图 41B)。

然后, 喷射指令信号从操作控制部 3050 输入给喷射电压源 3031, 当喷射电压源 3031 施加脉冲电压时 (参见图 41C), 就依据喷嘴 3051 边缘部处的集中电场的电场强度利用静电力引导溶液至该喷嘴 3051 的边缘部侧, 形成突至外部的凸状弯月面, 电场就在该凸状弯月面的顶部处集中, 最终, 微小液滴克服该溶液的表面张力被喷射至反电极侧 (参见图 41D)。

由于上述液体喷射装置 3100 经由喷嘴 3051 喷射液滴, 该喷嘴 3051 具有传统不能实现的微小内径, 所以就利用喷嘴内通道 3052 中处于充电状态的溶液使电场集中, 从而增强电场强度。因此, 现在可用比传统更低的电压、经由具有微小内径 (例如, 内径  $100\mu\text{m}$ ) 的喷嘴喷射溶液, 这被传统认为是几乎不可能的, 因为采用未执行电场集中的这种结构喷嘴, 喷射所需要的电压变得过高。

接着, 由于其具有微小内径, 在低传导性的作用下可容易地进行控制以减少每单位时间的喷射流量, 实现以足够小的滴径 (依据每个上述条件为  $0.8\mu\text{m}$ ) 喷射溶液而不缩小脉冲宽度。

此外, 由于所喷射液滴是充电的, 即便是微小液滴, 蒸汽压也会降低且汽化受到抑制。因而, 减少液滴量的损失, 实现飞行稳定性并防止液滴的着落准确性降低。

#### [ 清洗设备 ]

接着, 参照图 39 和图 41 说明清洗设备 3200。

清洗设备 3200 包括: 清洗剂容纳单元 3201; 第一供给通道 3202; 第二供给通道 3203; 上游侧泵 3204; 开关阀 3205; 盖件 3206; 连通管 3207; 抽吸泵 3208; 以及三向切换阀 3209。

清洗剂容纳单元 3201 容纳用于清洗喷嘴 3051 和供给通道 3060 的清洗剂。

第一供给通道 3202 具有与清洗剂容纳单元 3201 连通的一个端部和与盖件 3206 连通的另一个端部,且构成了一种用于将该清洗剂容纳单元 3201 内的清洗剂供应给该盖件 3206 的通道。此外,在第一供给通道 3202 的中部,提供了上游侧泵 3204 和开关阀 3205。

沿着第一供给通道 3202 的清洗剂供给方向,上游侧泵 3204 设在相对于开关阀 3205 处于上游侧的位置,并产生用于将该清洗剂供应给盖件 3206 的抽吸力。

开关阀 3205 可在清洗剂容纳单元 3201 与盖件 3206 之间进行开关切换。

盖件 3206 包括一种成形为与喷嘴 3051 的轮廓形状相对应的凹进部 3042b 以及一种形成在该凹进部 3042b 的周缘处的密封垫 3042a。

凹进部 3042b 在其面向喷嘴 3051 的外表面 3051a 的表面处具有预定数量的喷孔(省略表示)。这些喷孔与第一供给通道 3202 连通,并可将经由该第一供给通道 3202 供应的清洗剂喷向喷嘴 3051 的外表面 3051a。换句话说,盖件 3206 构成了一种具有喷孔的喷头,该喷孔可朝向喷嘴外表面 3051a 喷射清洗剂。

此外,在凹进部 3042b 的最深部分处,形成有一种与连通管 3207 连通的抽吸孔 3042c。

因而,当盖件 3206 附加到喷嘴板 3056 上时,在这种状态下喷嘴 3051 插入凹进部 3042b 内,实现相对于外部的高气密性,从而可有效地抽吸该喷嘴 3051 内的空气。此外,可利用抽吸泵 3208(随后将要描述)且经由单个盖件 3206 执行朝向喷嘴外表面 3051a 的清洗剂的喷射以及所喷射清洗剂的抽吸。

抽吸泵 3208 设在连通管 3207 的中部,且产生用于抽吸溶液和清洗剂的抽吸力。换句话说,经由在清洗喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部时执行抽吸操作,抽吸泵 3208 作为一种通过自清洗剂容纳单元 3201 抽吸清洗剂来使该喷嘴 3051 内部和该供给通道 3060 内部的清洗

剂流通的清洗剂流通部,还作为一种通过自溶液容纳单元 3061 抽吸溶液来沿着供给方向  $\alpha$  给喷嘴 3051 供应该溶液的溶液供给部。

另外,利用抽吸泵 3208 抽吸的溶液或清洗剂沿着  $\beta$  方向从连通管 3207 的与抽吸孔 3042c 相对一侧的端部排到外部。

第二供给通道 3203 具有与清洗剂容纳单元 3201 连通的一个端部和与三向切换阀 3209 连通的另一个端部,且构成一种用于将该清洗剂容纳单元 3201 中的清洗剂供应给该三向切换阀 3209 的通道。

三向切换阀 3209 可在清洗剂容纳单元 3201 与喷嘴 3051 之间进行开关切换。换句话说,在使供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部的清洗剂流通时,三向切换阀 3209 开启清洗剂容纳单元 3201 与喷嘴 3051 之间的连通,以及在给该喷嘴 3051 供应溶液时,三向切换阀 3209 开启溶液容纳单元 3061 与喷嘴 3051 之间的连通。从而可容易地在利用单个抽吸泵 3208 给喷嘴 3051 供应溶液与使该喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部的清洗剂流通之间切换。

#### [ 振动生成设备 ]

接着,说明振动生成设备 3300。

振动生成设备 3300 设在溶液容纳单元 3061 附近,例如图 39 所示,该振动生成设备 3300 设在该溶液容纳单元 3061 的下方。然后,通过给溶液容纳单元 3061 中的溶液辐射超声波以给该溶液提供振动,振动生成设备 3300 使包括在该溶液内的细颗粒处于悬浮状态。

#### [ 液体喷射装置的维护 ]

接着,说明利用清洗设备 3200 和振动生成设备 3300 对液体喷射装置 3100 进行维护。

这里,通过在停止从喷嘴 3051 喷射溶液时、尤其是在长期不执行溶液喷射时执行液体喷射装置 3100 的维护,可改善该溶液的喷射状态。此外,当由于喷嘴 3051 发生堵塞而不适于执行溶液喷射时或者当液体喷射装置 3100 处于自制造以来该液体喷射装置 3100 还未使用的状态时,可执行上述维护。

对于液体喷射装置 3100 的维护,具体分为三类:清洗喷嘴 3051

和供给通道 3060; 清洗喷嘴外表面 3051a; 以及振动溶液中的细颗粒都可采用。

[ 喷嘴内部和供给通道内部的清洗 ]

以下, 说明喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部的清洗。

在清洗喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部的情况中, 首先, 三向切换阀 3209 使清洗剂容纳单元 3201 与喷嘴 3051 之间的连通处于开启状态。此外, 通过把盖件 3206 附加到喷嘴 3051 上, 使该喷嘴 3051 的外表面 3051a 处于被该盖件 3206 覆盖的状态。

接着, 通过驱动抽吸泵 3208 以经由盖件 3206 抽吸喷嘴 3051 内部, 存在于供给通道 3060 内部和该喷嘴 3051 内部的溶液被抽除, 并抽吸清洗剂容纳单元 3201 中的清洗剂以使该清洗剂沿着与溶液供给方向  $\alpha$  相同的方向在该供给通道 3060 内部和该喷嘴 3051 内部流通。由此, 存在于供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部的溶液中细颗粒的凝集体、杂质如污染物、该溶液中的固体成分等与该溶液一起从连通管 3207 排至外部, 且清洗剂取代该溶液填满该供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部。此时, 即便由于供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部的固化溶液而使该供给通道 3060 的内表面处或者喷嘴 3051 内部产生凝聚物质, 也可利用清洗剂依据清洗效果清除该凝聚物质。

这里, 通过不断地驱动抽吸泵 3208, 使清洗剂持续地在供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部流通 (这种状态以下称为“流通状态”), 或者可提供这样一种状态, 其中, 通过以预定时限停止驱动抽吸泵 3208, 使清洗剂填充供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部 (以下, 称其为“填充状态”)。例如, 通过使其处于填充状态, 可提供清洗剂停留在供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部的状态, 从而充分确保该清洗剂作用于细颗粒凝集体、杂质等的时间。由此, 使清洗剂有效地作用于供给通道 3060 内表面处或者喷嘴 3051 内部的凝聚物质, 从而与总是流通清洗剂的情况相比不需要采用大量清洗剂。

另外, 填充状态可持续预定时间段直至重新启动利用液体喷射装置 3100 的溶液喷射, 或者可依照预定的时限切换至流通状态以交替地

重复该流通状态和填充状态。因此,由于重复地利用流通状态下清洗剂的移动以及停留在填充状态的清洗剂对凝聚物质的清洗作用将该凝聚物质推至外部,可有效地清洗供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部。

按照这种方式,由于可清洗喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部,即便该喷嘴 3051 是一种具有超微小内径的喷嘴 3051,该喷嘴 3051 在喷射溶液时也不易于发生堵塞,从而可防止该喷嘴 3051 堵塞。

另外,为清洗供给通道 3060 内部,三向切换阀 3209 优选设置在尽可能靠近供给管 3062 的溶液容纳单元 3061 一侧。换句话说,这是因为与将三向切换阀 3209 设置在供给管 3062 的喷嘴 3051 一侧的情况相比,可通过使清洗剂流通至供给管 3062 内更大的区域来进行清洗。

#### [喷嘴外表面的清洗]

以下,说明喷嘴外表面 3051a 的清洗。

在上述对喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部进行清洗之后,对该喷嘴 3051 的外表面 3051a 进行清洗。换句话说,在盖件 3206 附加在喷嘴 3051 上的状态下,三向切换阀 3209 使清洗剂容纳单元 3201 与该喷嘴 3051 之间的连通处于关闭状态,且开关阀 3205 使盖件 3206 与该清洗剂容纳单元 3201 之间的连通处于开启状态。

接着,通过驱动上游侧泵 3204,经由第一供给通道 3202 抽吸清洗剂容纳单元 3201 内的清洗剂,并自盖件 3206 的喷射孔朝向喷嘴 3051 的外表面 3051a 喷射该清洗剂,以及通过驱动抽吸泵 3208,经由抽吸孔 3042c 抽吸自该喷射孔喷出且停留在凹进部 3042b 内的清洗剂。因此,由于使清洗剂作用于通过重复地从喷嘴 3051 喷射溶液而处于这样一种状态的凝聚物质,该凝聚物质固着在该喷嘴 3051 的外表面 3051a 上、尤其是该喷嘴 3051 的溶液喷孔 3051b (参见图 2) 处,所以可依据清洗剂的清洗作用通过清除该凝聚物质来清洗该喷嘴 3051 的外表面 3051a。

按照这种方式,通过自盖件 3206 朝向喷孔喷射清洗剂进行清洗,能够清除位于容易发生堵塞的喷嘴 3051 边缘部处的凝聚物质,以及通过利用抽吸泵 3208 连续地进行抽吸操作,能够顺畅地清洗该喷嘴 3051

内部和所喷射溶液的供给通道。

这里，可在使清洗剂在喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部流通以进行清洗的同时，执行该喷嘴 3051 的外表面 3051a 的清洗，从而在考虑到防止喷嘴 3051 堵塞而进行维护时，能够提高操作效率。

此外，重要的是至少相对于具有突出型喷嘴形状的喷嘴边缘面垂直地给喷嘴 3051 的外表面喷射清洗剂，更优选的是加快流通。

#### [ 溶液中细颗粒的振动 ]

以下，说明溶液中细颗粒的振动。

在使溶液中的细颗粒振动的情况中，通过驱动振动生成设备 3300，给溶液容纳单元 3061 中的溶液辐射超声波。于是，利用提供给溶液的振动使包含在该溶液中的细颗粒分散，并使该溶液中的细颗粒密度处于不偏向状态。换句话说，例如，即便溶液中形成细颗粒的凝聚体，由于超声波的辐射粉碎了该凝聚体，消除了该溶液中细颗粒密度的偏向。

按照这种方式，不易于生成由于溶液中的细颗粒凝聚形成的该细颗粒的凝聚体，在从溶液容纳单元 3061 给喷嘴 3051 供应溶液时，可减少该凝聚体在喷嘴 3051 处堵塞的可能性，还可减少该细颗粒的凝聚体固着在喷嘴 3051 或者供给通道 3060 上的可能性。

此外，通过从溶液容纳单元 3061 的外部辐射超声波，可给溶液提供振动而不接触该溶液，从而适当地分散该溶液中的细颗粒。由此，鉴于细颗粒在溶液内分散，可提高操作效率。

另外，可以预定的时限或者在每次给喷嘴 3051 供应溶液时，振动该溶液中的细颗粒。此外，可在不给喷嘴 3051 供应溶液的状态下、尤其是在清洗该喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部或者清洗喷嘴外表面 3051a 时，振动该溶液中的细颗粒。换句话说，在通过预先振动溶液中的细颗粒以当完成对喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部的清洗时执行溶液喷射的情况下，可以有效地将其内不存在细颗粒凝聚体的溶液供应给该喷嘴 3051。

此外，本发明并不限于上述实施例，可对其设计采取多种改进和

变化，而不脱离本发明的要旨。

例如，通过采取这样一种结构，其中，在利用一种预定的振动生成部给第一供给通道 3202 内或供给管 3062 内的清洗剂提供千兆赫的高频振动之后，再将该清洗剂供应给喷嘴 3051 的外表面或者供应给供给通道 3060 内部和喷嘴 3051 内部，可容易地清洗并清除用普通流动清洗剂难以清除的亚微细颗粒。

另外，在上述实施例中，用清洗剂执行对喷嘴 3051 内部和供给通道 3060 内部的清洗。但本发明并不限于此，可通过至少使清洗剂在喷嘴 3051 内流通以执行清洗来防止该喷嘴 3051 堵塞。换句话说，容纳在清洗剂容纳单元 3201 中的清洗剂可直接引入喷嘴 3051 内而不介入供给通道 3060 来进行流通。

此外，在清洗喷嘴外表面 3051a 时，通过驱动上游侧泵 3204 将清洗剂供应给盖件 3206。但本发明并不限于此。例如，可通过仅提供抽吸泵 3208 而不提供上游侧泵 3204 来向喷嘴外表面 3051a 喷射清洗剂并抽吸所喷射的清洗剂。因此，由于可简化清洗设备 3200 的结构，能够容易地利用该清洗设备 3200 执行有关清洗的操作。

#### [ 利用液体喷射装置喷射液体的理论说明 ]

以下，说明上述每个实施例中的液体喷射的理论，并基于该理论说明一种基本例。另外不用说，下述理论中的全部内容例如喷嘴结构、每个部分的材料、所喷射液体的性质，围绕该喷嘴附加的结构、有关喷射操作的控制条件等以及基本例尽可能地应用于上述每个实施例中。

#### [ 降低施加电压和稳定喷射微小液滴量的方法 ]

以前，超出以下条件方程所确定的范围，被认为是不可能喷射液滴的。

$$d < \frac{\lambda_c}{2} \quad (4)$$

其中， $\lambda_c$  是可利用静电吸引力自喷嘴边缘部喷射液滴的溶液液面处的增长波长  $m$ ，其可利用  $\lambda_c = 2\pi\gamma h^2/\epsilon_0 V^2$  来计算。

$$d < \frac{\pi \gamma h^2}{\epsilon_0 V^2} \quad (5)$$

$$V < h \sqrt{\frac{\pi \gamma}{\epsilon_0 d}} \quad (6)$$

在采用本发明的每个实施例中，在由于被传统认为不能进行喷射而未进行尝试的区域内重新考虑喷嘴在静电吸引式喷射方法中的作用，可通过采用麦克斯韦力等形成微小液滴。

一种用于近似表示为降低驱动电压以及实现喷射微小液滴量的方法的喷射条件等的方程被导出并因而在随后进行描述。

以下说明可应用于上述每个实施例中描述的液体喷射装置。

假定此时导电溶液填充喷嘴内部，该喷嘴垂直放置且相对于一种作为基体件的无限平面导体的高度为  $h$ 。这种状态表示在图 42 中。此时，假定在喷嘴边缘部感生的电荷集中在该喷嘴边缘的半球部，且近似用以下方程表达。

$$Q = 2\pi\epsilon_0\alpha Vd \quad (7)$$

这里， $Q$ ：在喷嘴边缘部感生的电荷  $C$ ， $\epsilon_0$ ：电常数  $[F/m]$ ， $h$ ：喷嘴与基体件之间的距离  $m$ ， $r$ ：喷嘴内部半径  $m$ ，以及  $V$ ：给喷嘴施加的总电压。 $\alpha$ ：取决于喷嘴形状等的比例常数，当  $d \ll h$  时，其取大约 1 至 1.5、尤其取近似 1。

此外，当作为基体件的基板是导电基板时，认为在该基板的对称位置将感生具有异号的镜像电荷  $Q'$ 。类似的，当基板是绝缘材料时，在由电导率所确定的对称位置感生具有异号的镜像电荷  $Q'$ 。

顺便一提地，当假定凸状弯月面的曲率半径为  $R_m$  时，位于喷嘴边缘部处的凸状弯月面边缘部的电场强度  $E_{loc} V/m$  由下式给出

$$E_{loc} = \frac{V}{kR} \quad (8)$$

这里， $k$ ：比例常数，但取决于喷嘴形状等而不同，取大约 1.5 至 8.5，在绝大多数情况中认为近似为 5 (P. J. Birdseye and D. A. Smith, Surface Science, 23(1970) 198-210)。

现在为简单起见，我们假定  $d/2 = R$ 。这相当于这样一种状态，其

中, 导电溶液依据表面张力升高为半径与喷嘴半径相同的半球状。

我们认为压力对喷嘴边缘液体的作用平衡。首先, 当喷嘴边缘部的液体面积假定为  $S\text{m}^2$  时, 静电压由下式给出

$$P_c = \frac{Q}{S} E_{\text{loc}} \approx \frac{Q}{\pi d^2 / 2} E_{\text{loc}} \quad (9)$$

自方程 (7)、(8) 和 (9), 假定  $\alpha = 1$ ,

$$P_c = \frac{2\epsilon_0 V}{d/2} \cdot \frac{V}{k \cdot d/2} = \frac{8\epsilon_0 V^2}{k \cdot d^2} \quad (10)$$

同时, 当喷嘴边缘部的液体表面张力为  $P_s$  时,

$$P_s = \frac{4\gamma}{d} \quad (11)$$

这里,  $\lambda$ : 表面张力  $\text{N/m}$ 。

发生液体喷射的条件即静电压超过表面张力的条件由下式给出,

$$P_c > P_s \quad (12)$$

通过采用足够小的喷嘴内径, 可使静电压超过表面张力。依据此关系方程, 当  $V$  与  $d$  之间的关系计算出下式时,

$$V > \sqrt{\frac{\gamma k d}{2\epsilon_0}} \quad (13)$$

给出最小喷射压。换句话说, 自方程 (6) 和方程 (13),

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

给出本发明实施例中的操作电压。

喷射极限电压  $V_c$  与一定喷嘴半径  $d$  的相关性表示在上述图 9 中。由此图, 显示了当考虑微小喷嘴对电场的集中作用时, 喷射启动电压随着喷嘴内径的减小而降低这个事实。

在对电场进行传统考虑的情况中, 即, 电场仅由施加给喷嘴的电压以及反电极之间距离来限定的情况中, 当喷嘴变小时, 喷射所需要的电压增大。另一方面, 集中于定域电场强度, 由于喷嘴小型化, 可降低喷射电压。

依据静电吸引的喷射操作基于喷嘴边缘部处液体(溶液)的充电。充电速度被认为是一种近似由介电弛豫确定的时间常数。

$$\tau = \frac{\varepsilon}{\sigma} \quad (2)$$

当假定溶液的介电常数  $\varepsilon$  为  $10\text{F/m}$  且溶液导电率  $\sigma$  为  $10^{-6}\text{S/m}$  时, 得到  $\tau = 1.854 \times 10^{-6}\text{sec}$ 。选择性的, 当临界频率设定为  $f_c\text{Hz}$  时, 获得

$$f_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (14)$$

因为不能对比此  $f_c$  频率更快的电场的变化作出反应, 所以认为不能进行喷射。当对上述例子进行估计时, 频率取大约  $10\text{kHz}$ 。此时, 在喷嘴半径为  $2\mu\text{m}$  且电压略小于  $500\text{V}$  的情况下, 可估计喷嘴内的电流  $G$  为  $10^{-13}\text{m}^3/\text{s}$ 。在上述例子的液体情况中, 由于可以  $10\text{kHz}$  执行喷射, 能够实现一周期大约  $10\text{fl}$  (毫微微,  $1\text{fl} = 10^{-16}\text{l}$ ) 的最小喷射量。

另外, 如图 23 所示, 每个上述实施例的特征在于: 电场在喷嘴边缘部的集中作用以及在反基板感生的像力作用。因此, 没有必要使基板或基板支承件像传统那样导电, 或者给这些基板或基板支承件施加电压。换句话说, 作为基板, 可采用电绝缘的玻璃基板、塑料基板如聚酰亚胺、陶瓷基板, 半导体基板等。

此外, 在每个上述实施例中, 给电极的施加电压可正可负。

此外, 通过维持喷嘴与基板之间的距离不超过  $500\mu\text{m}$ , 可使溶液喷射变得容易。此外优选的, 通过依据喷嘴位置检测进行反馈控制, 维持喷嘴相对于基体件不变。

此外, 基体件可安装在一种维持导电或者绝缘的基体件支承物上。

图 43 表示作为采用本发明的另一基本例的液体喷射装置的喷嘴部分的侧剖视图。在喷嘴 1 的侧表面部, 提供了电极 15, 且一种受控电压施加给该电极 15 与喷嘴内溶液 3 之间。此电极 15 的用途是一种控制电镀润湿效果的电极。当足够电场覆盖构成喷嘴的绝缘体时, 预计即便没有此电极也能出现电镀润湿效果。但在本基本例中, 通过利用此电极更积极地进行控制, 还实现喷射控制的作用。在喷嘴 1 由绝缘材料构成的情况下, 喷嘴边缘部的喷嘴管为  $1\mu\text{m}$ , 喷嘴内径为  $2\mu\text{m}$  且施加电压为  $300\text{V}$ , 其发生近似  $30$  大气压的电镀润湿效果。这种压力不足以喷射, 但对于将溶液供应给喷嘴边缘部具有一定意义, 且认

为可利用此控制电极控制喷射。

上述图 9 表示在采用本发明的实施例中喷射启动电压与喷嘴内径的相关性。作为液体喷射装置的喷嘴，采用表示在图 11 所示液体喷射头 100 中的喷嘴、图 23 中所示的喷嘴、图 31 中所示的喷嘴以及图 40 中所示的喷嘴。当喷嘴变小时，喷射启动电压降低，揭示了可用比传统更低的电压执行喷射这个事实。

在每个上述实施例中，喷射溶液的条件是喷嘴与基板之间距离(h)；施加电压的振幅(V)；以及施加电压频率(f)的各自函数，有必要分别满足作为喷射条件的一定条件。相反，当任一条件不满足时，有必要改变其它参数。

参照图 44 说明此情形。

首先，为喷射，存在一定的临界电场  $E_c$ ，除非电场不小于该临界电场  $E_c$ ，否则不执行喷射。此临界电场是一种随喷嘴内径、溶液的表面张力、粘度等而变化的值，当该值不大于  $E_c$  时，难以执行喷射。在不小于临界电场  $E_c$  处，即，在可喷射电场强度处，喷嘴与基板之间距离(h)同施加电压的振幅(V)之间出现近似比例关系，且当该喷嘴与基板之间距离压缩时，使临界施加电压 V 变小。

相反，当使喷嘴与基体件之间极端分离以使喷射电压 V 更大时，即便维持相同电场强度，也会依据电晕放电等作用而出现液滴爆裂即分裂。

### 工业实用性

依照本发明，由于仅通过对感光树脂层进行曝光并显影来形成喷嘴，考虑到喷嘴形状的灵活性、具有大量喷嘴的线性头的适配性以及制造成本，这是有利的。

此外，由于形成多个喷嘴形状且各自的喷嘴内通道与电极连通，可经由该电极给供应给各自喷嘴内通道的溶液施加喷射电压。通过给电极施加喷射电压，液滴自喷嘴形状的边缘部喷出，并在该基体件上形成一种图形，该图形对应于由落在基体件上的液滴所形成的点。由

于在基板上形成多个这种喷嘴形状，可迅速地形成图形。

在这种情况下，可喷射液滴而不提供面向该喷嘴边缘部的反电极。例如，在不存在反电极的状态下，当基体件被放置为面向喷嘴边缘部时，若该基体件是导电材料，在相对于该基体件的接收面与该喷嘴边缘部平面对称的位置感生极性相反的镜像电荷，若该基体件是绝缘材料，在相对于该基体件的接收面依据该基体件的介电常数所确定的对称位置感生极性相反的镜像电荷。于是，根据在喷嘴边缘部感生的电荷与镜像电荷之间的静电力，执行液滴喷射。

此外，由于喷嘴内通道中的溶液在各个喷嘴形状的边缘部处上升为凸状，即便在施加给电极的电压低时电场也集中在该溶液的凸状部，且电场强度显著增强。因此，即便施加给电极的电压低，也能自喷嘴形状的边缘部喷射液滴。

此外，依照本发明，由于液面位于喷嘴内，可抑制溶液附着在喷嘴的喷孔周围，从而防止该溶液干燥。此外，由于可维持一种充电成分均匀分散在溶液中的状态，能够防止该充电成分凝聚，并一贯地移动该溶液。此外，由于施加一种在比喷射启动电压小的电压范围内上下波动的反复电压，可在不喷射液滴的状态下搅动溶液中的充电成分，抑制该充电成分凝聚，并一贯地移动该溶液。如上，能够防止溶液附着在喷嘴上，并防止该喷嘴堵塞。

此外，依照本发明，由于一种具有高疏水剂的涂层围绕喷嘴的喷孔形成，能够获得溶液不易于润湿以及从该涂层的内径扩散到外部的效果。此外，由于喷嘴由含氟感光树脂形成，能够获得溶液不易于润湿和扩散的效果。由于溶液与喷嘴喷孔的周围材料之间的接触角不小于45度、进一步地不小于90度或者进一步地不小于130度，能够获得溶液不易于润湿和扩散至该喷嘴喷孔周缘的效果。如上，在喷嘴边缘部，能够生成更高程度的大曲率凸状弯月面，并使电场以更高的集中度集中在该弯月面的顶部。结果，可使液滴微小。此外，由于可形成具有微小内径的弯月面，电场易于集中在弯月面的顶部，从而使喷射电压变为低压。

此外，依照本发明，由于使清洗剂在喷嘴内部或者在该喷嘴内部和供给通道内部流通，例如，存在于该喷嘴内部或者该供给通道内部的细颗粒的凝聚体被排到外部，可清洗该喷嘴内部或者该供给通道内部。此外，即便在细颗粒的凝聚体附着在供给通道的内表面或者喷嘴内部的状态下，通过利用流通清洗剂的清洗效果清除该供给通道内表面的凝聚体，可清洗该供给通道的内表面和该喷嘴内部。此外，例如，可利用清洗剂清除存在于喷嘴内部或者供给通道内部的杂质、由于溶液固化产生的固态物质等。如上，由于能够清洗喷嘴内部和供给通道内部，即便采用喷嘴内径不大于  $30\mu\text{m}$  的喷嘴，喷射溶液时也不易于发生喷嘴堵塞，能够防止喷嘴堵塞。

此外，依照本发明，通过采用传统不可用的内径超微小的喷嘴，可使电场集中在喷嘴边缘部并增强电场强度。在这种情况下，可喷射液滴而不提供面向喷嘴边缘部的反电极。根据在喷嘴边缘部感生的电荷与在基体件侧的镜像电荷之间的静电力，实现液滴喷射。

因此，无论基体件是导电材料还是绝缘材料，都可适当地喷射液滴。此外，反电极的存在变得不再必要。此外，能够减少装置构造中的设备数目。因此，当本发明应用于商用喷墨系统时，有助于提高整体系统的生产率，并可降低成本。

此外，由于经由喷射电压施加部施加电压，可用简单的结构给溶液施加电压。此外，通过使液体供给用电极的施加电压与喷射电压施加部所施加的电压之间存在电位差，可获得电镀润湿效果，通过改善喷嘴内部的润湿性，可使对具有超微小内径的喷嘴的溶液供给变得平滑，其中，该液体供给用电极设在该喷嘴的内表面绝缘的一部分的外部。

此外，通过使喷嘴更微小，可进一步地将电场集中在喷嘴边缘部。结果，可使所形成液滴微小并具有稳定形状，还可降低总施加电压。

图1A

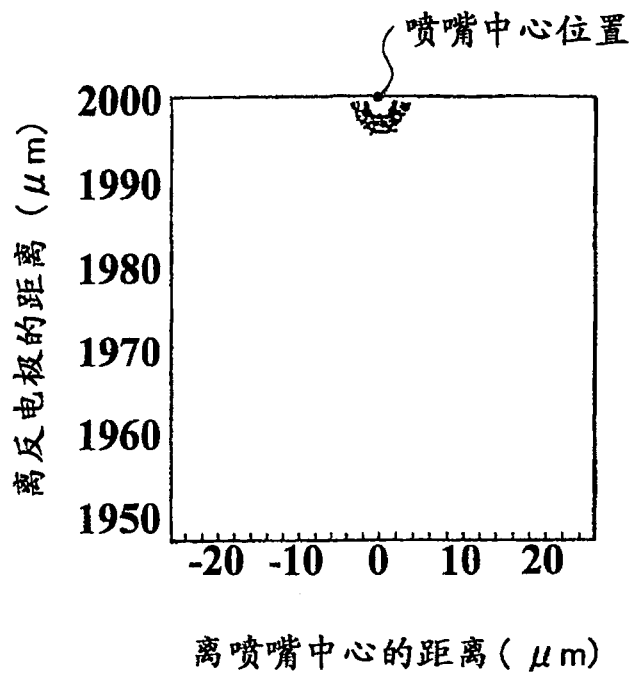


图1B

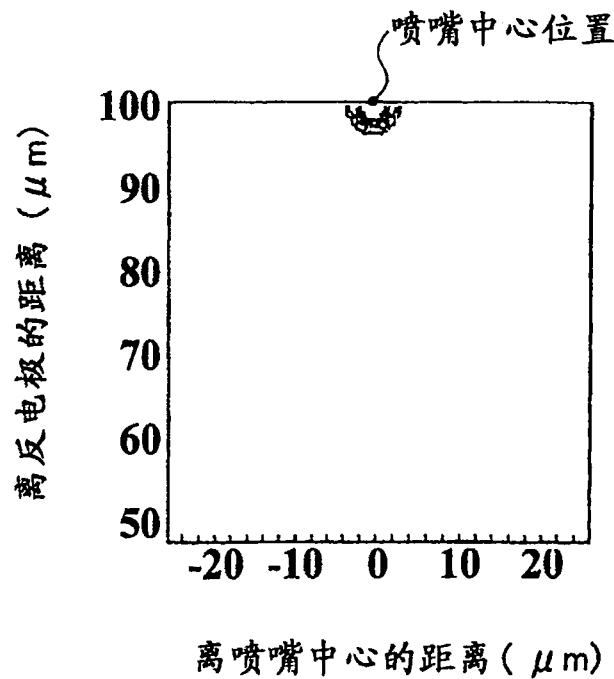


图 2A

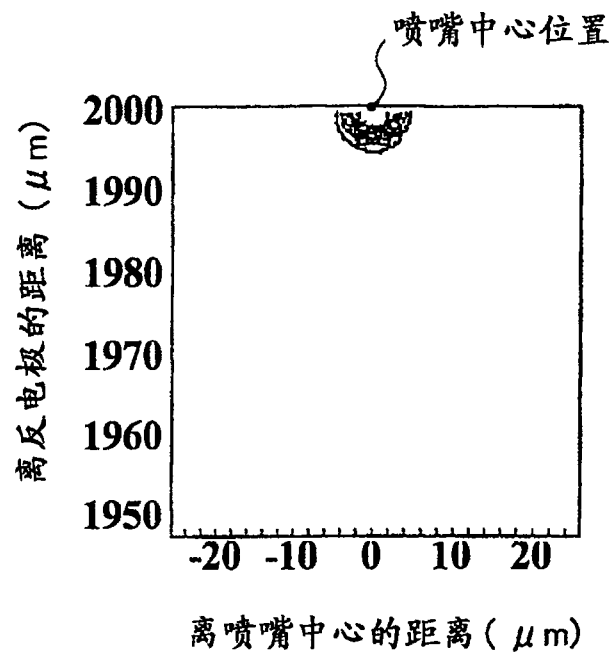


图 2B

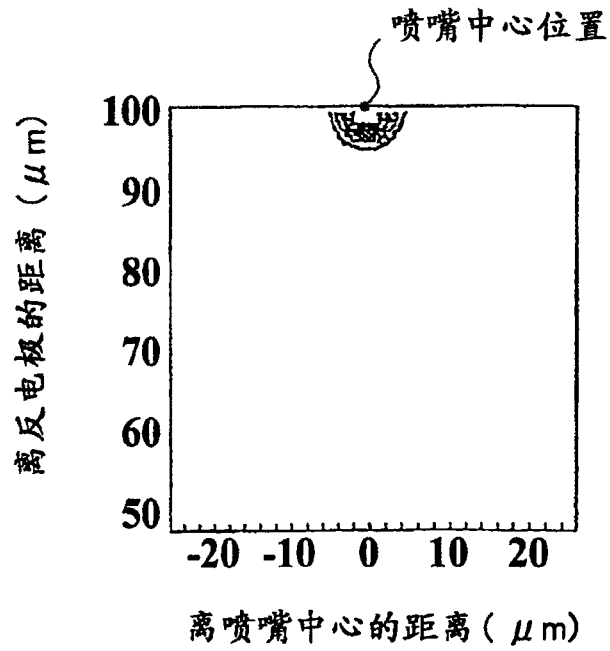


图3A

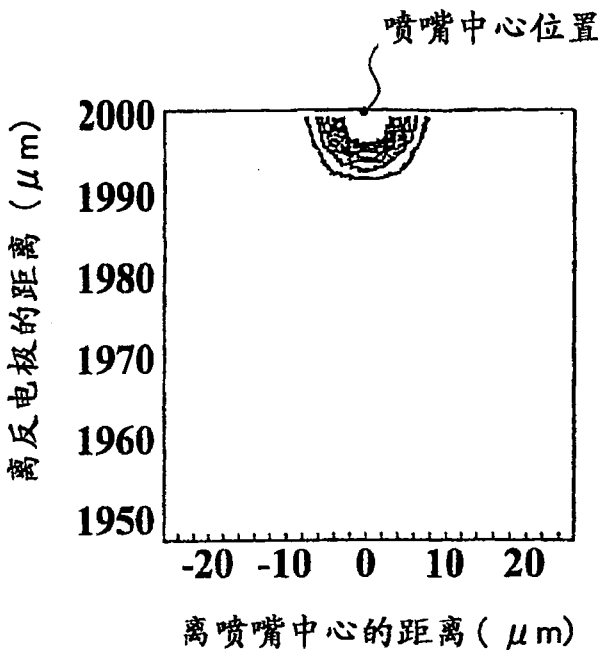


图3B

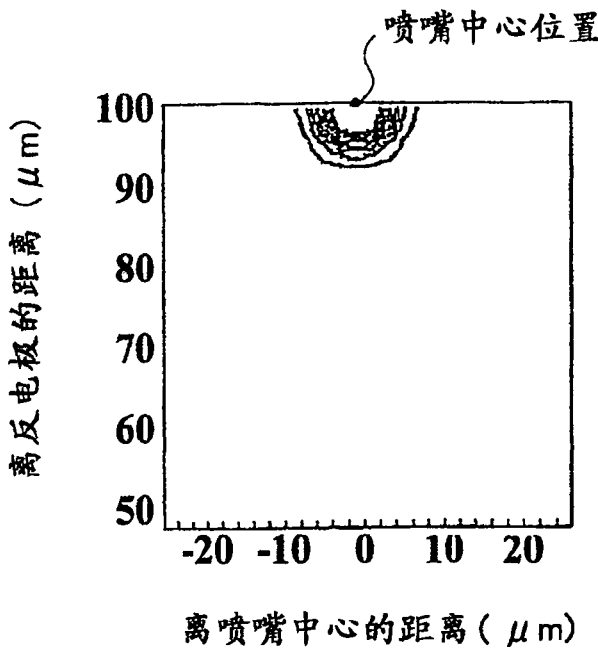


图4A

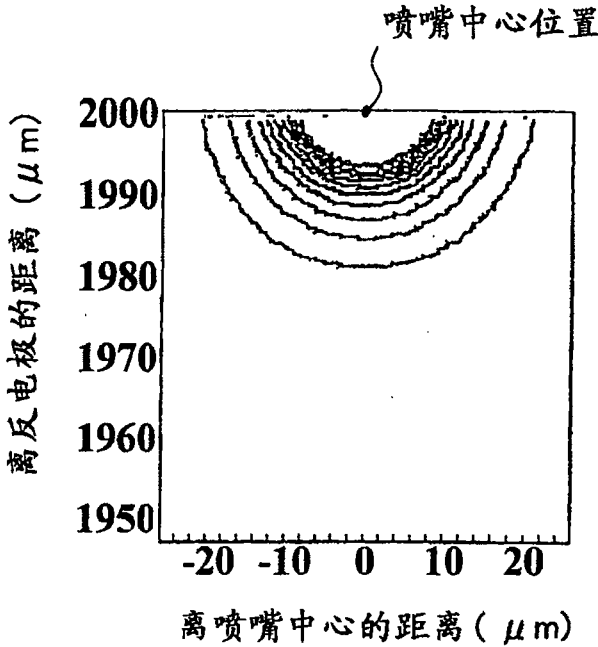


图4B

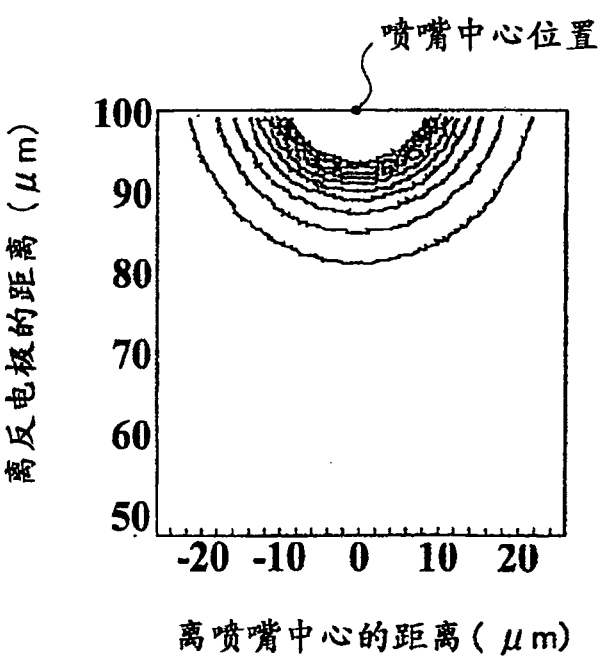


图5A

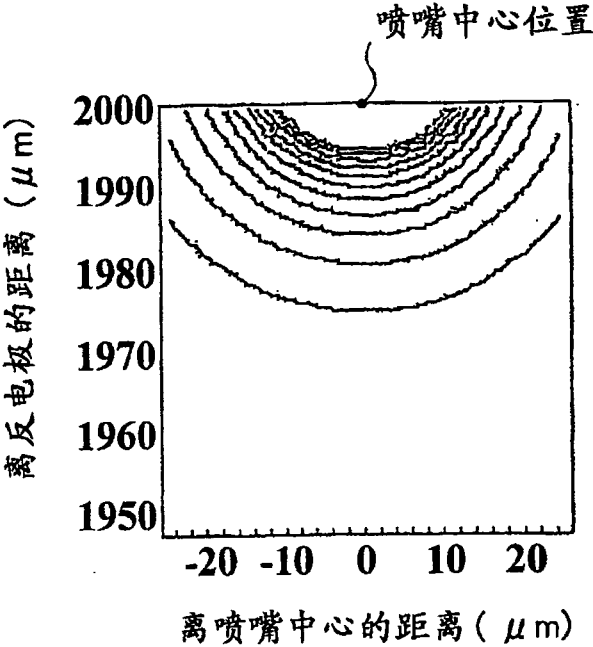


图5B

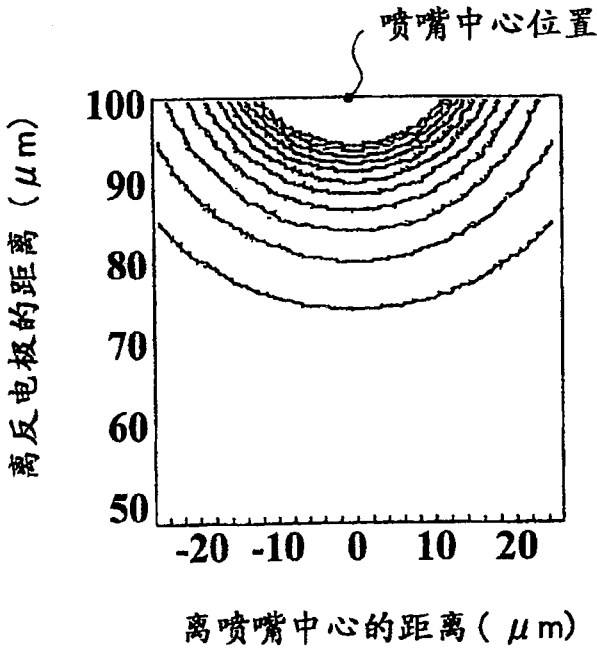


图6A

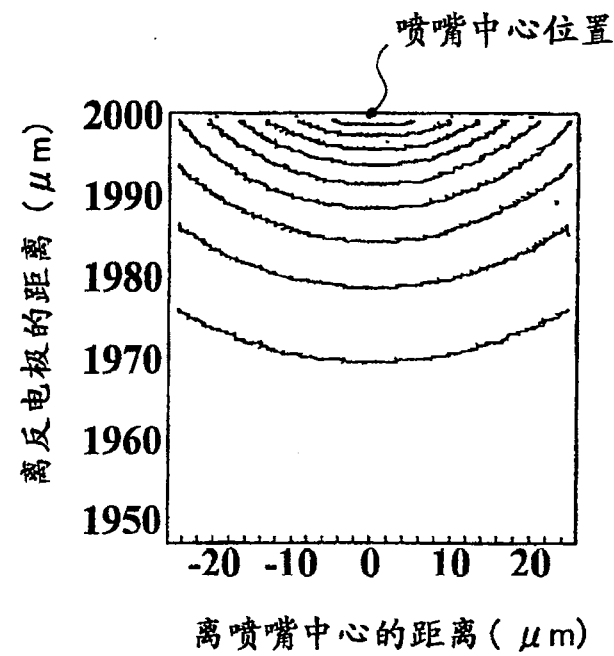


图6B

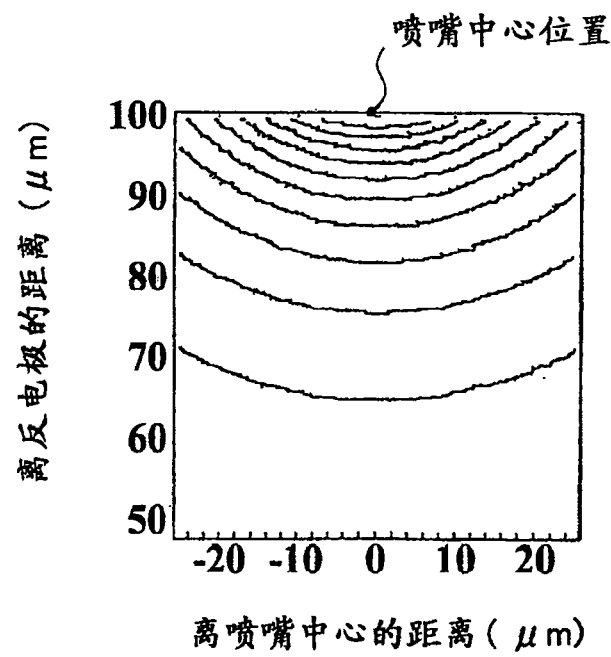


图7

| 喷嘴直径<br>( $\mu\text{m}$ ) | 最大电场强度 (V/m)             |                          | 波动系数<br>(%) |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------|
|                           | 间距100 ( $\mu\text{m}$ )  | 间距2000 ( $\mu\text{m}$ ) |             |
| 0.2                       | $2.001 \times 10^9$      | $2.00005 \times 10^9$    | 0.05        |
| 0.4                       | $1.001 \times 10^9$      | $1.00005 \times 10^9$    | 0.09        |
| 1                         | $0.401002 \times 10^9$   | $0.40005 \times 10^9$    | 0.24        |
| 8                         | $0.0510196 \times 10^9$  | $0.05005 \times 10^9$    | 1.94        |
| 20                        | $0.0210476 \times 10^9$  | $0.0200501 \times 10^9$  | 4.98        |
| 50                        | $0.00911111 \times 10^9$ | $0.00805 \times 10^9$    | 13.18       |

图 8

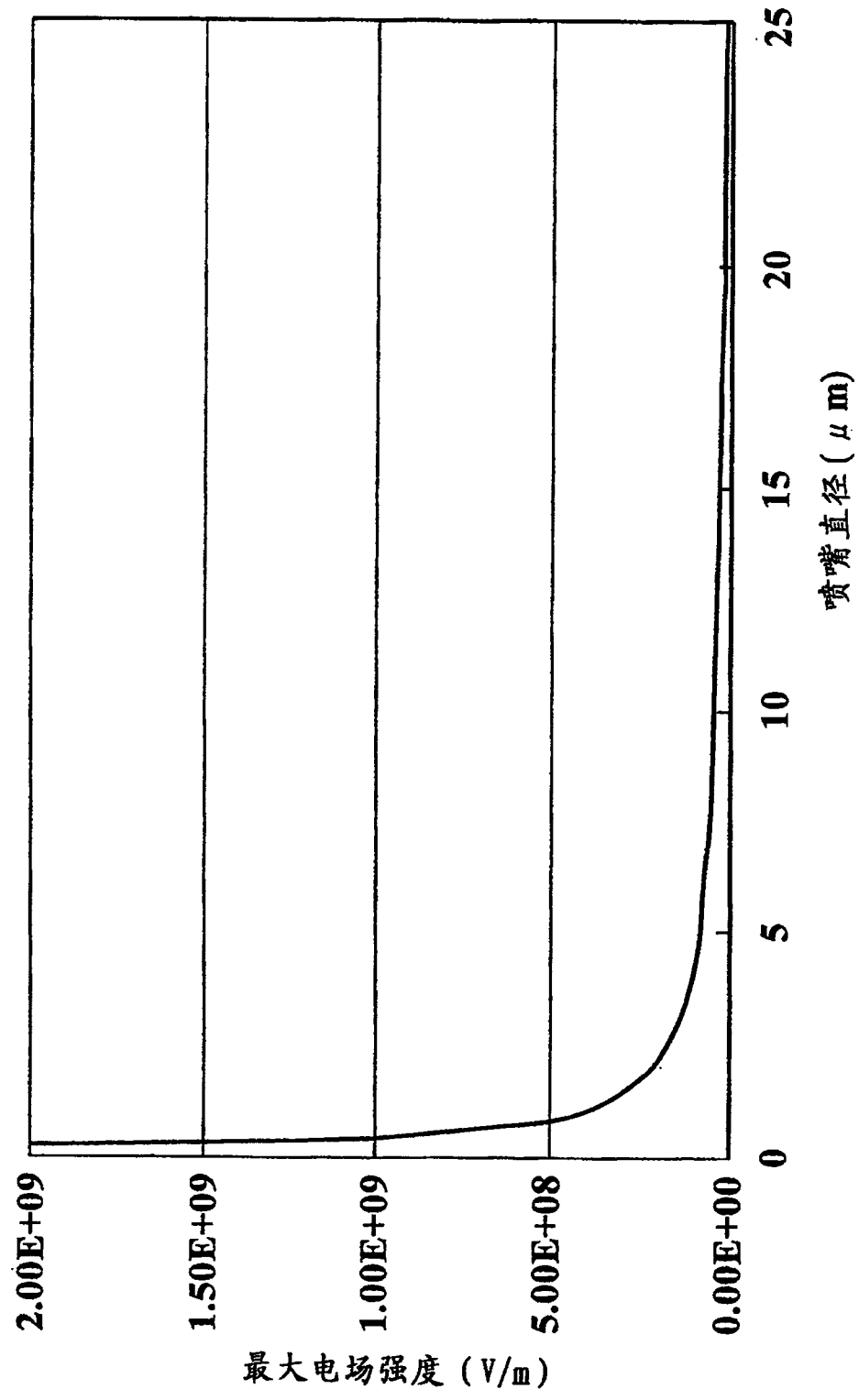


图9

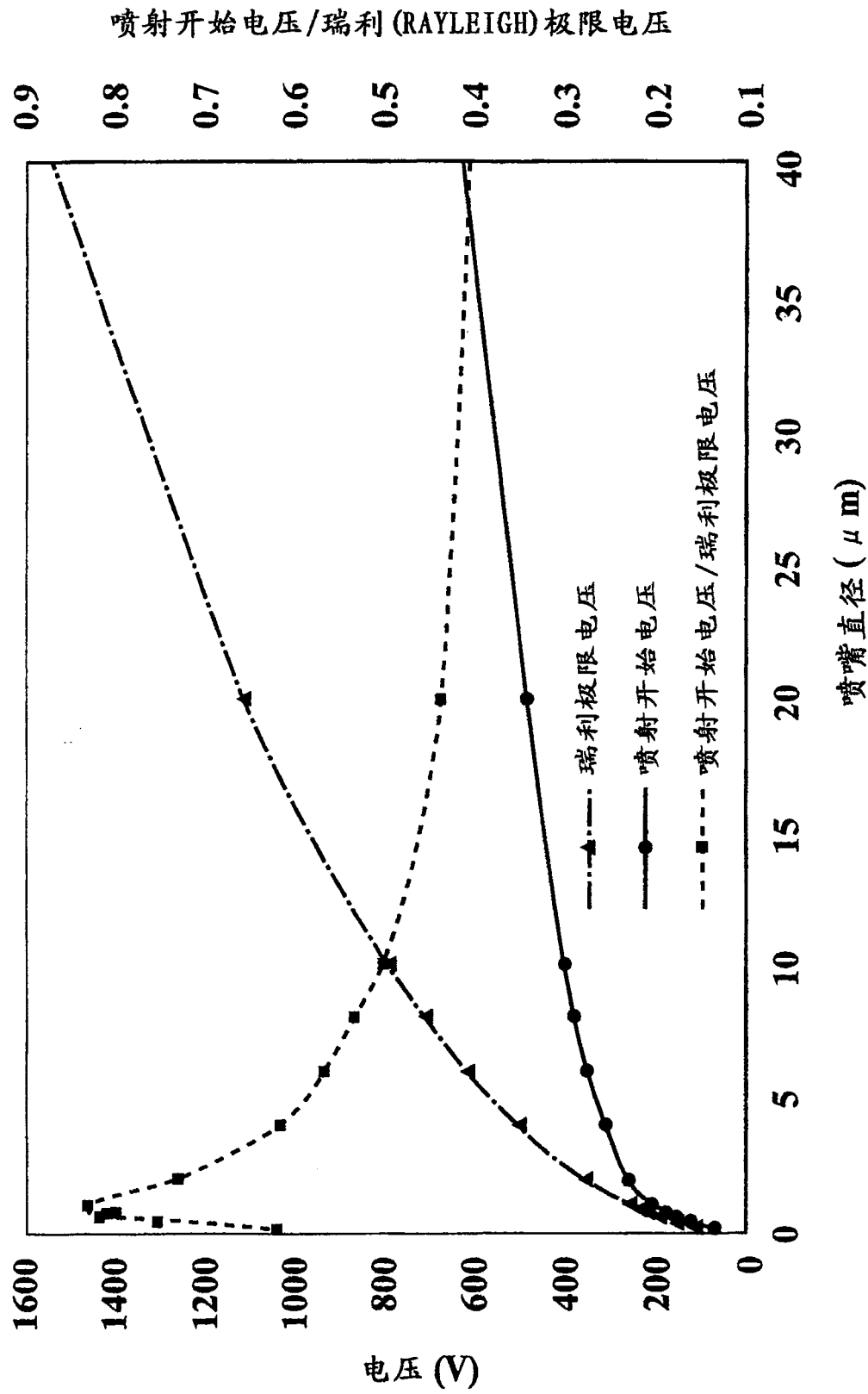


图 10

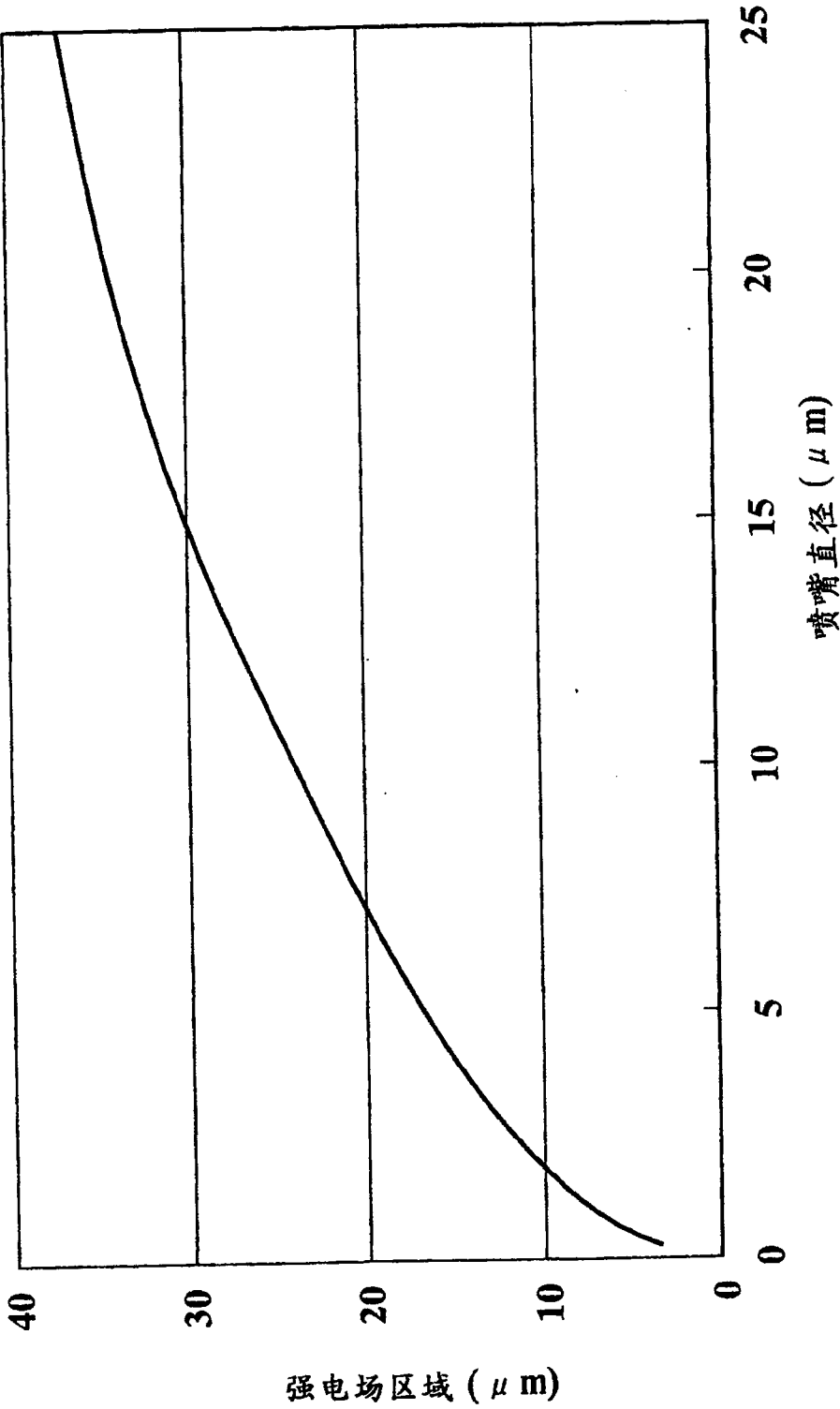


图 11

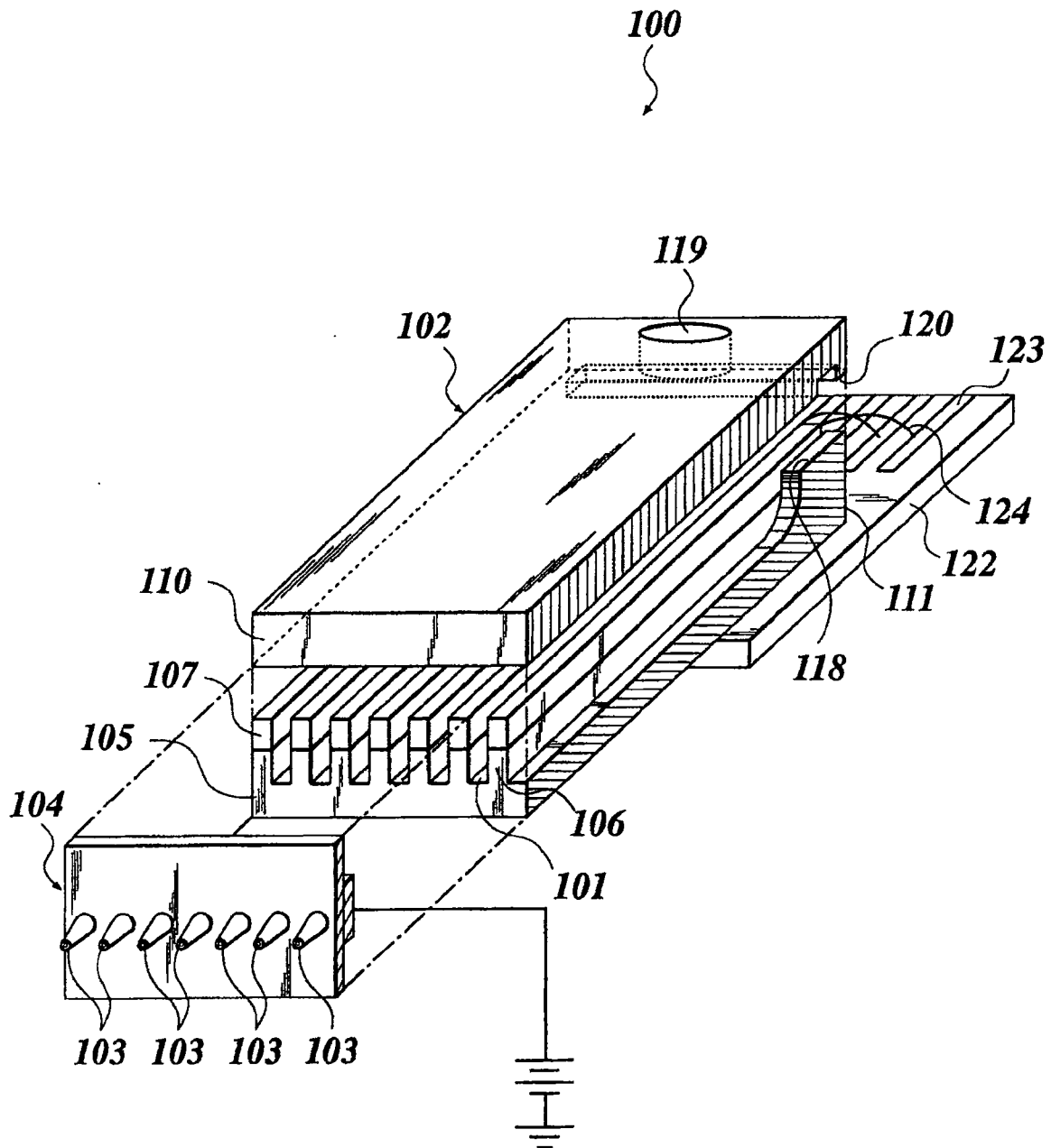


图 12

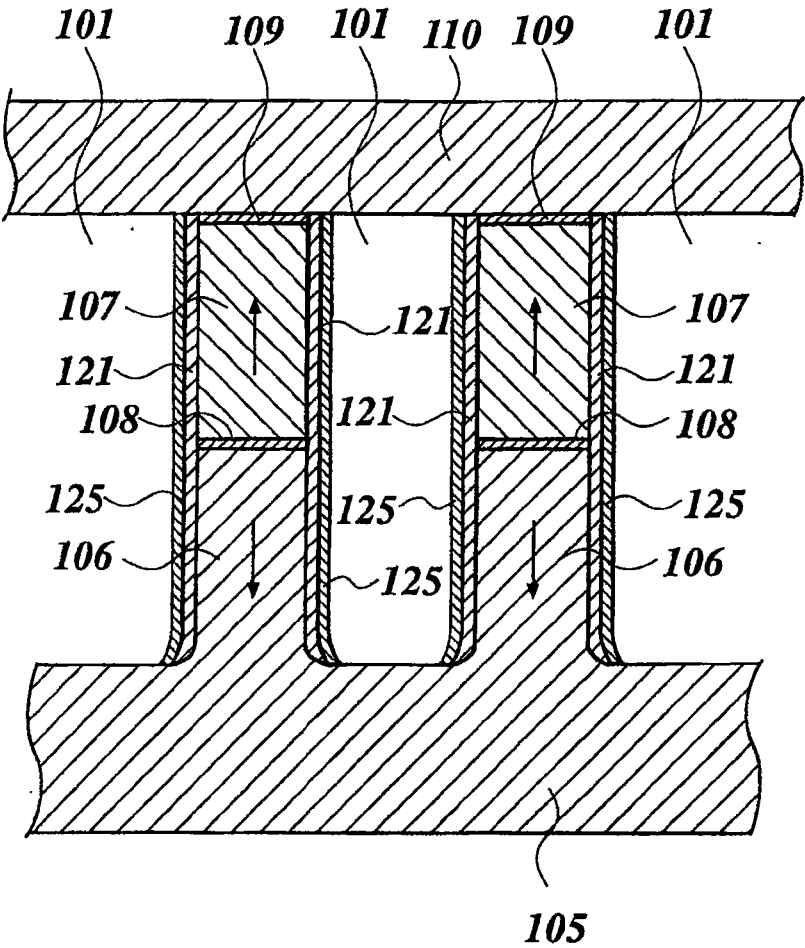


图13

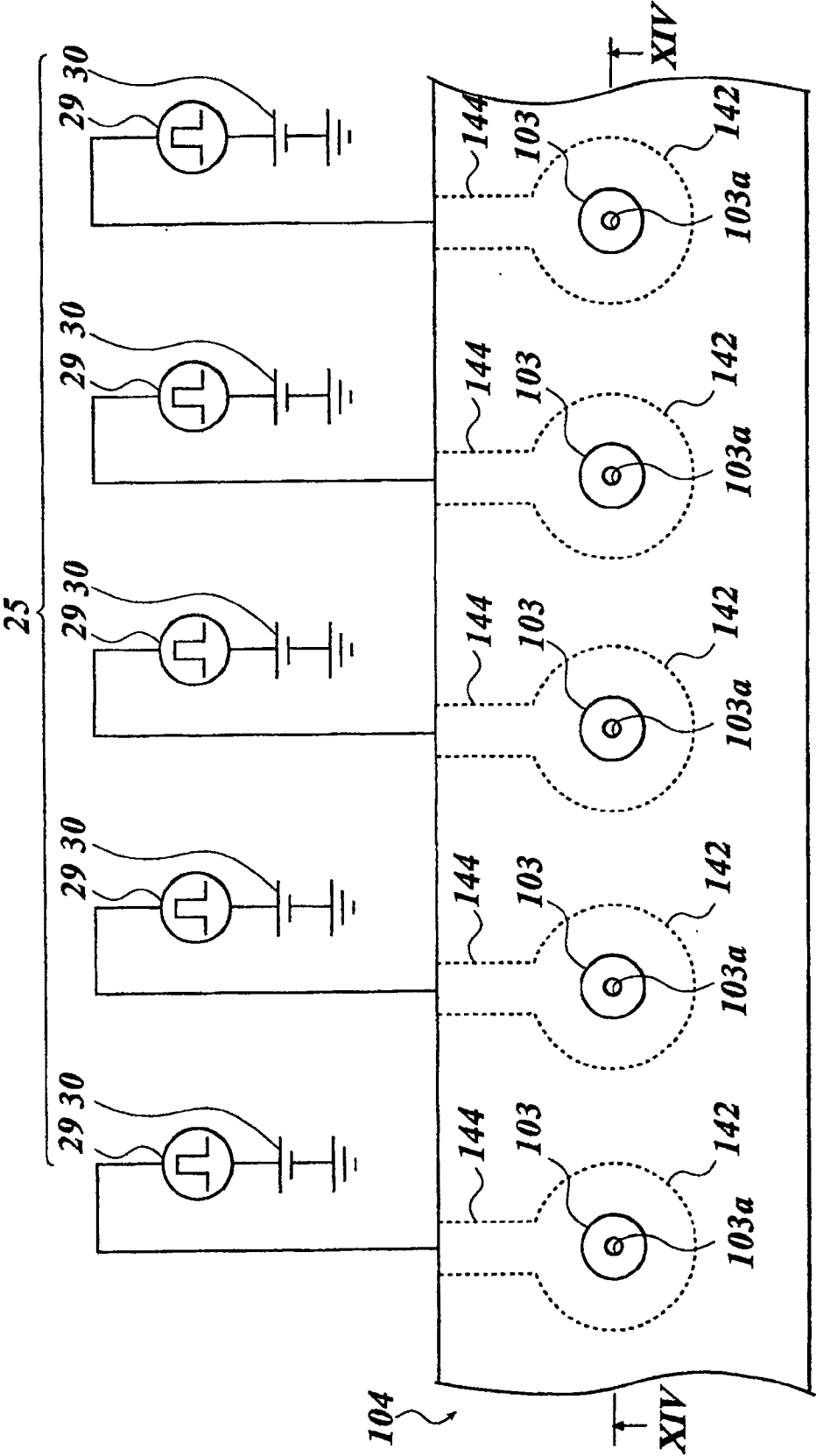


图 14

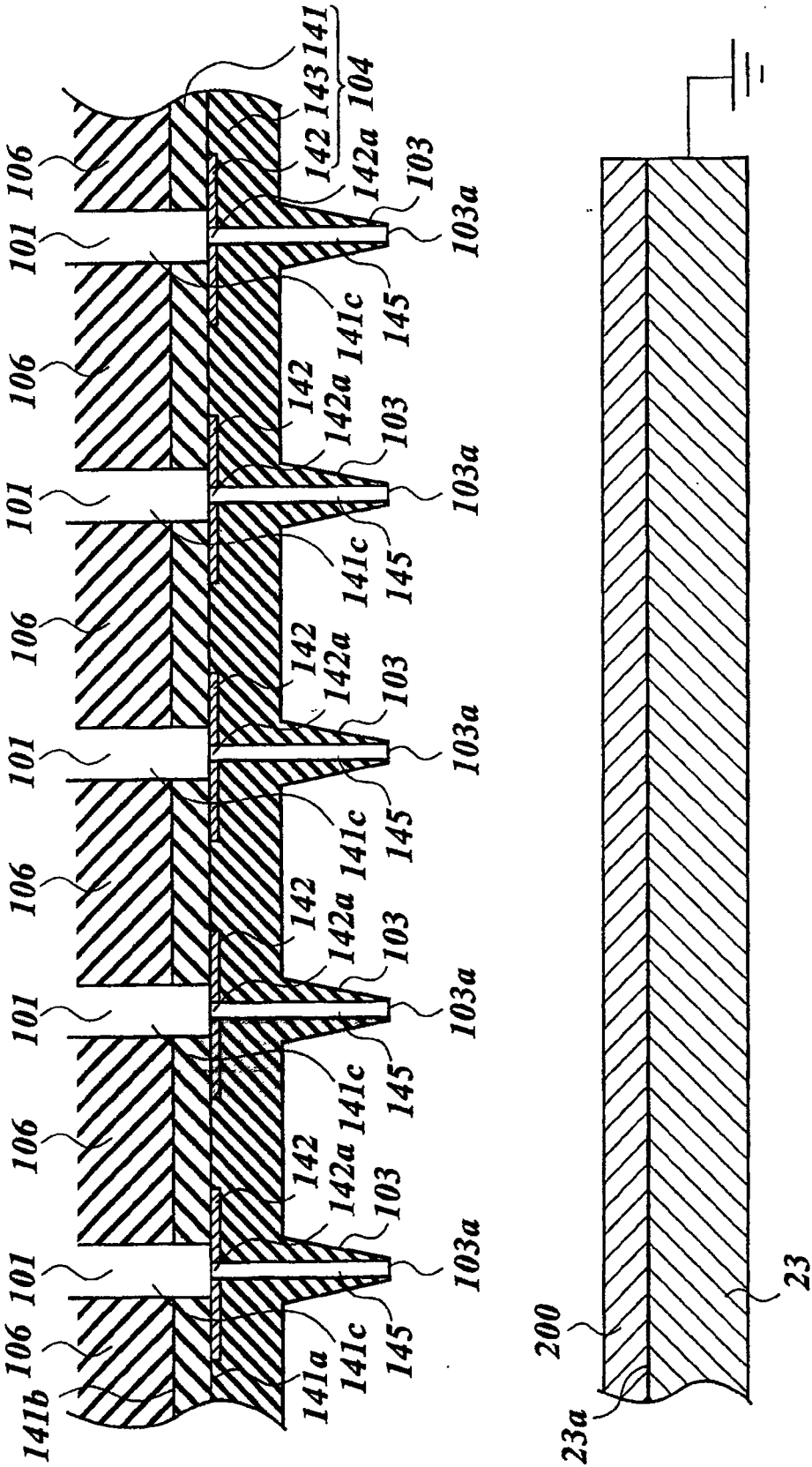


图15A

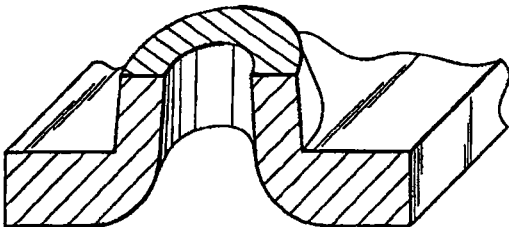


图15B

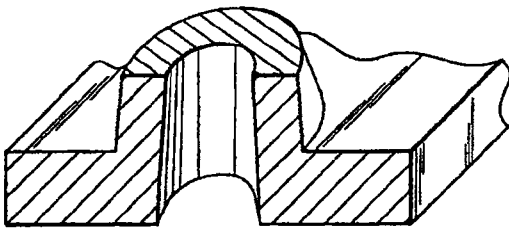


图15C

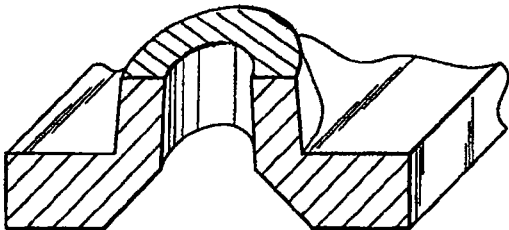


图 16

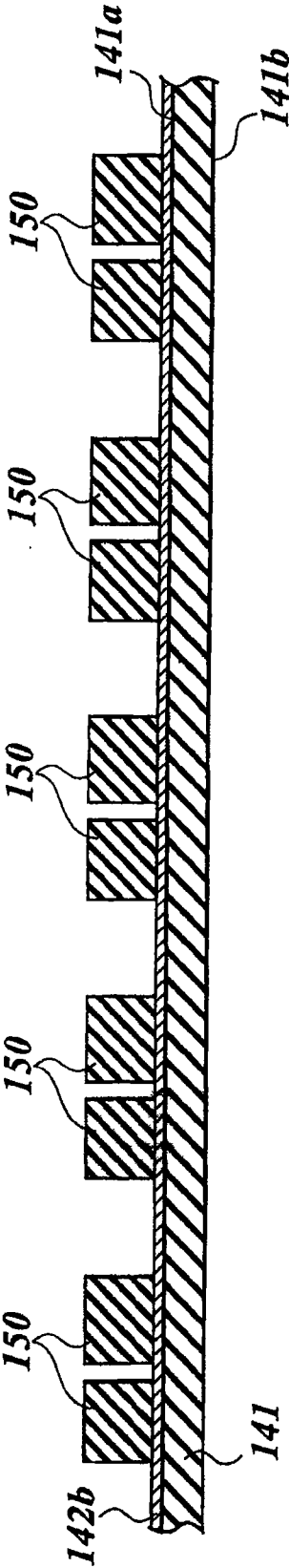


图 17A

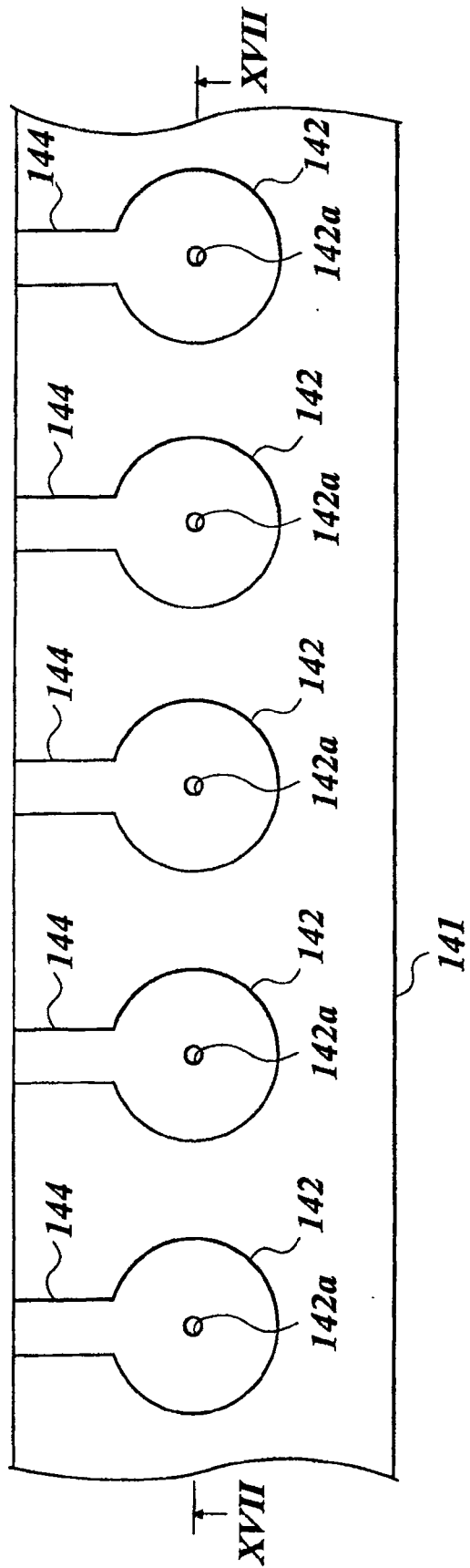


图 17B

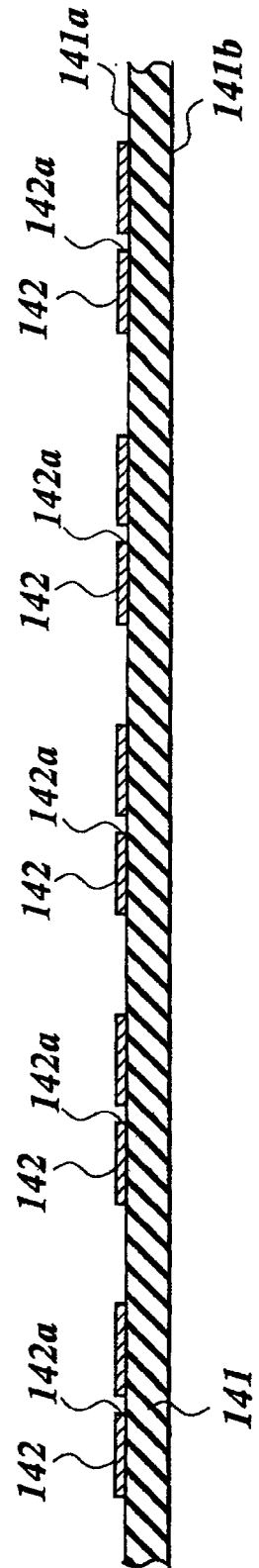
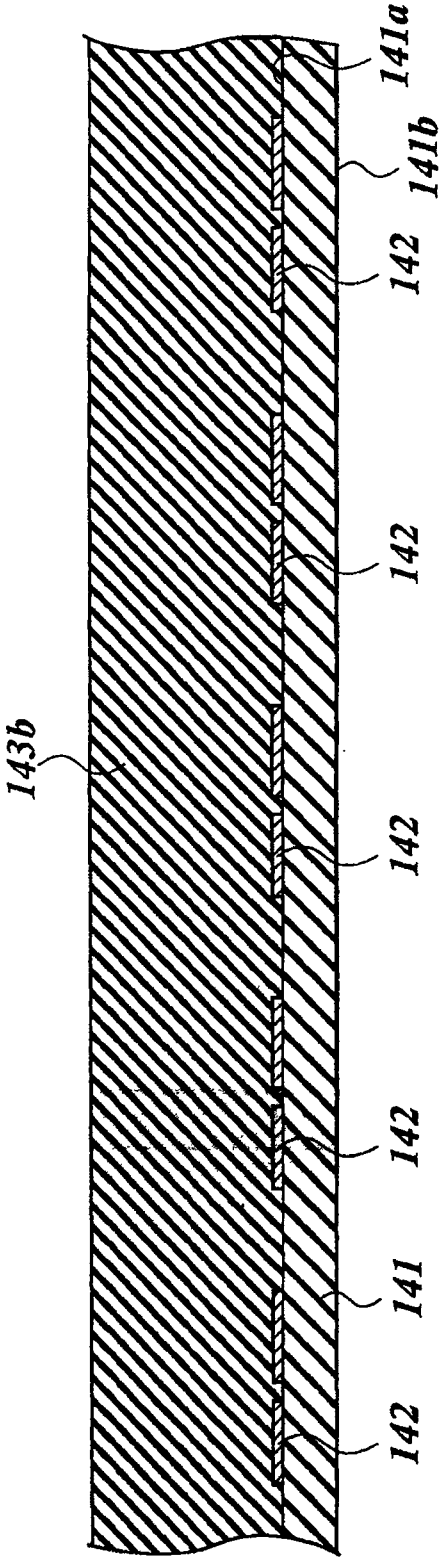


图 18



19

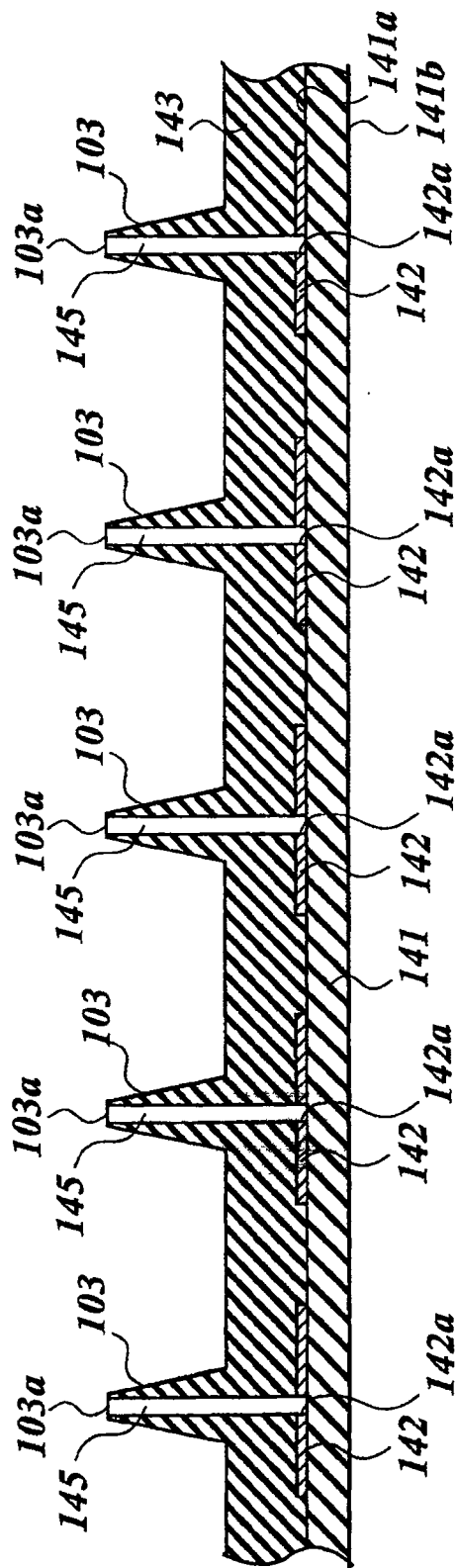


图 20

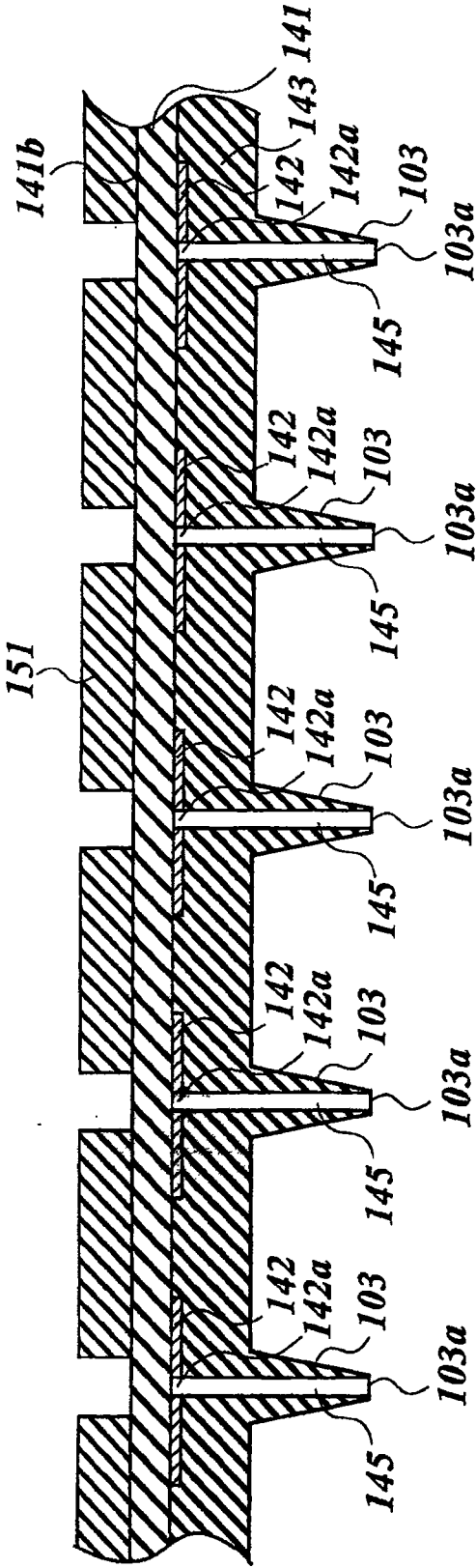




图 22A

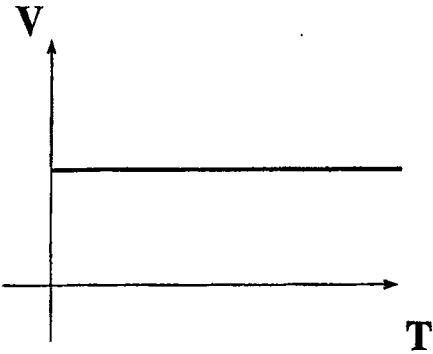


图 22B

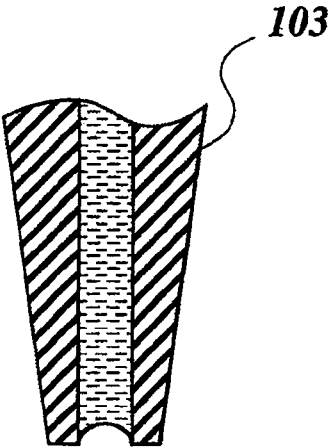


图 22C

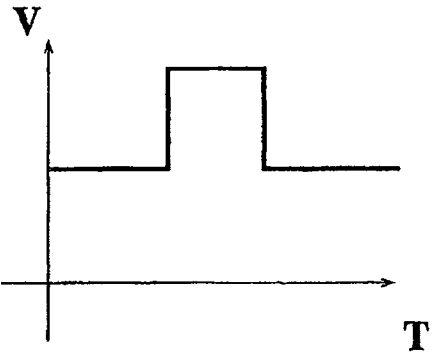


图 22D

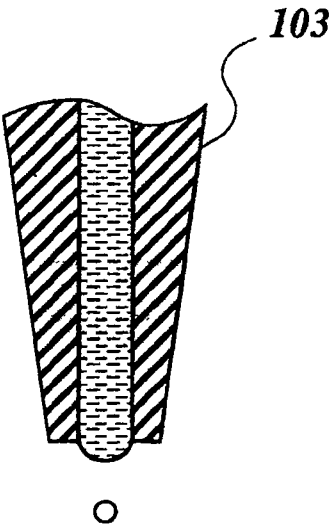


图 23

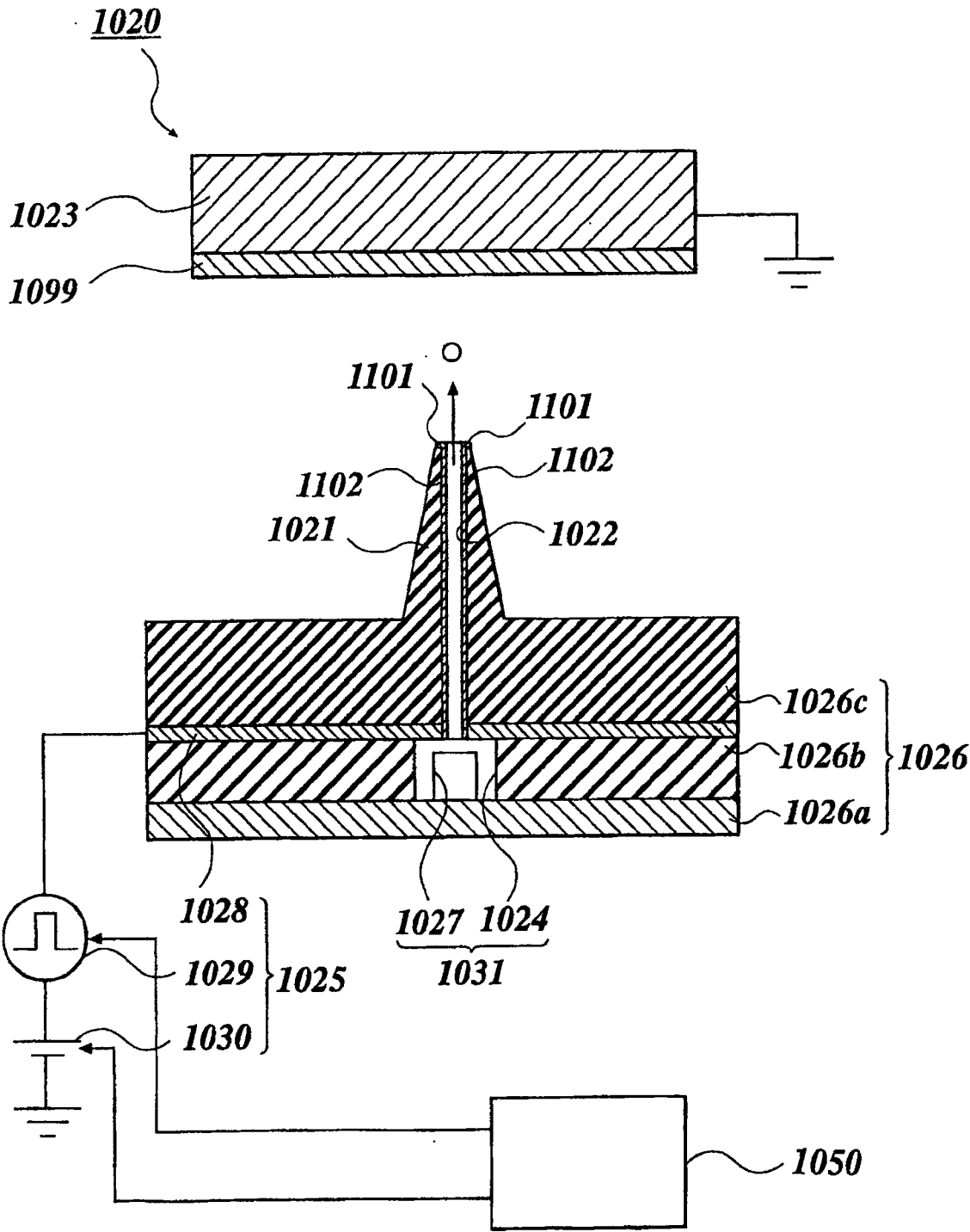


图24A

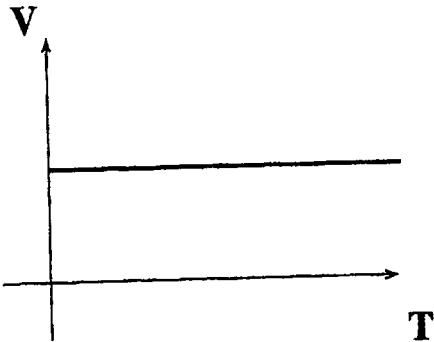


图24B

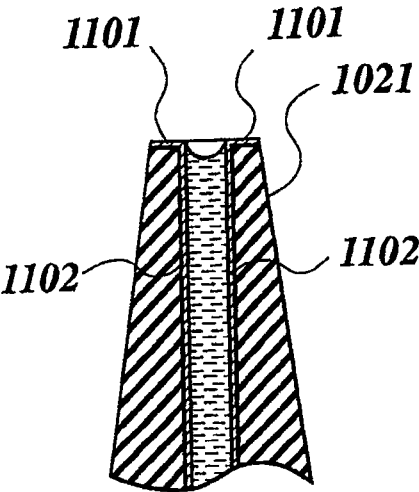


图24C

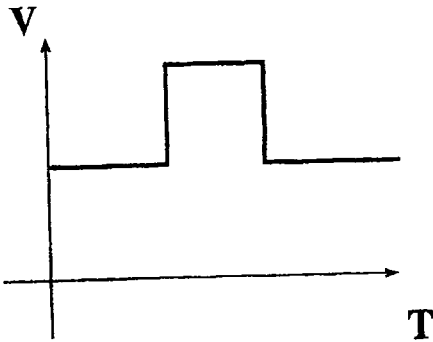
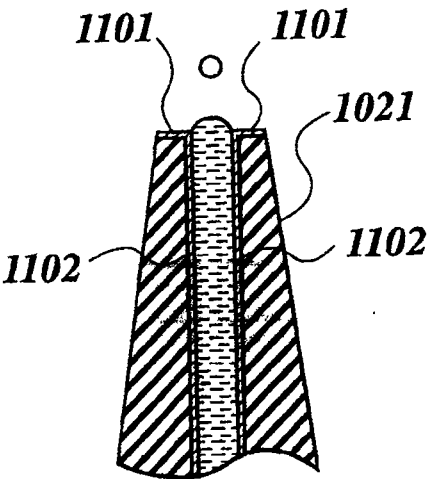


图24D



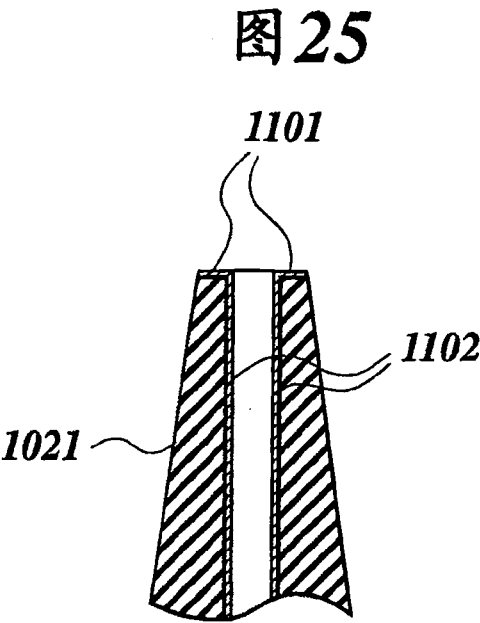


图 26

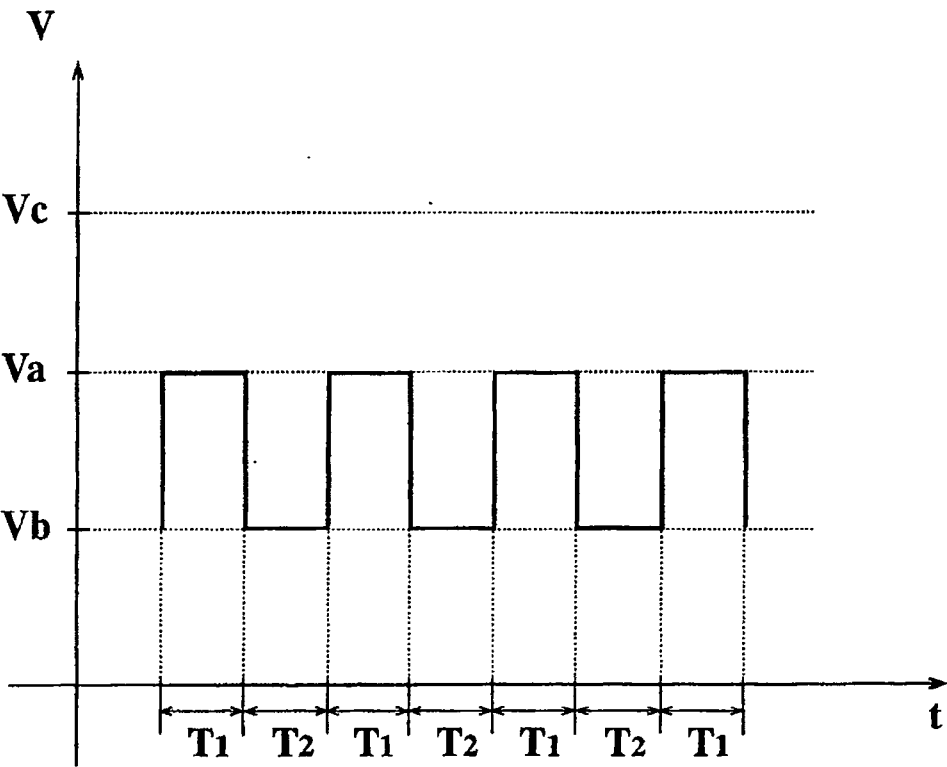


图 27

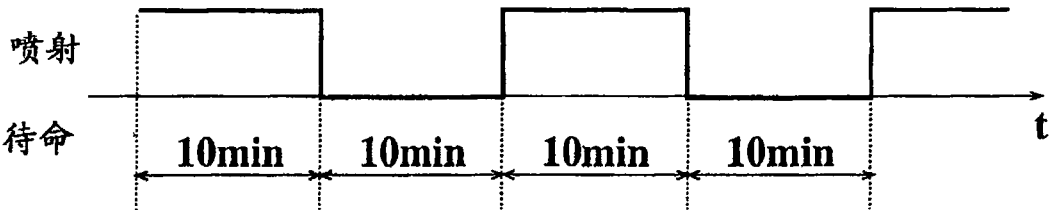


图 28

| No. | 疏水涂层 | 等待喷射时的<br>电压施加图形 | 响应性 | 堵塞 |
|-----|------|------------------|-----|----|
| 1   | 无    | 无                | -   | NG |
| 2   | 无    | 有                | 3   | OK |
| 3   | 区域1有 | 无                | 1   | OK |
| 4   | 区域1有 | 有                | 4   | OK |
| 5   | 区域2有 | 无                | 2   | OK |
| 6   | 区域2有 | 有                | 5   | OK |

图29

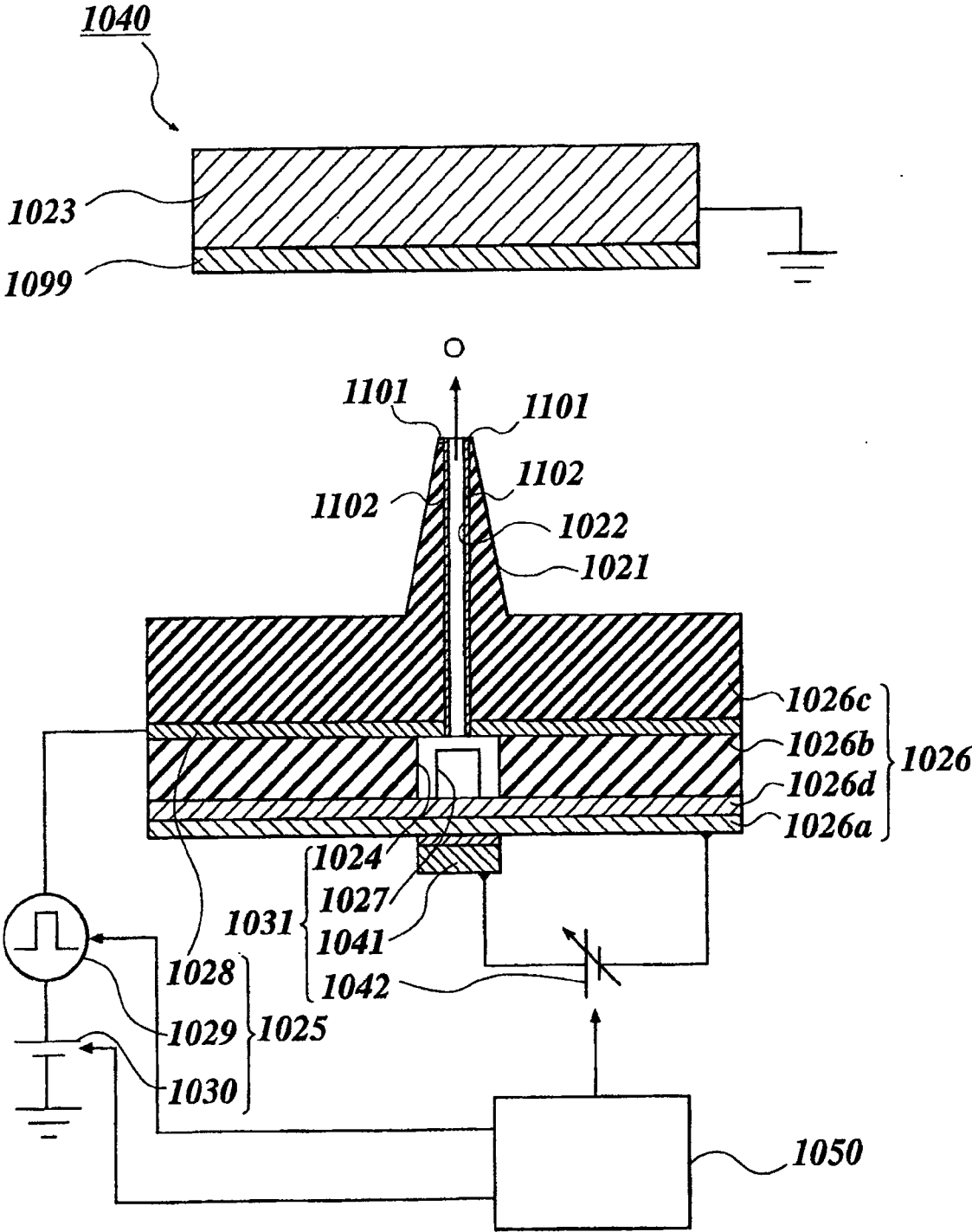


图30A

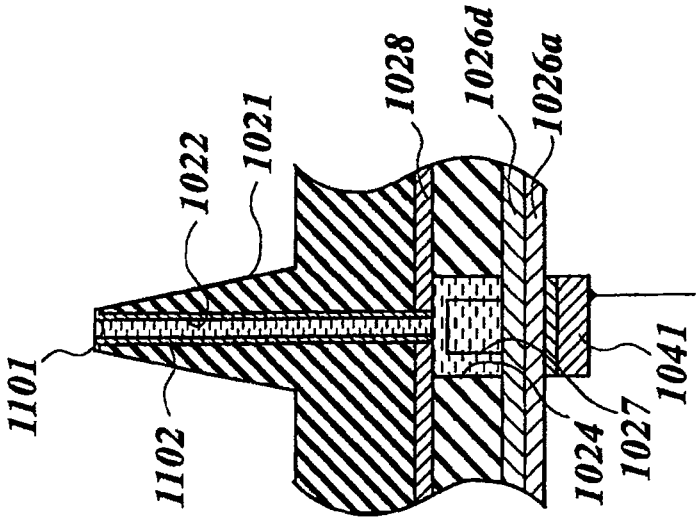


图30B

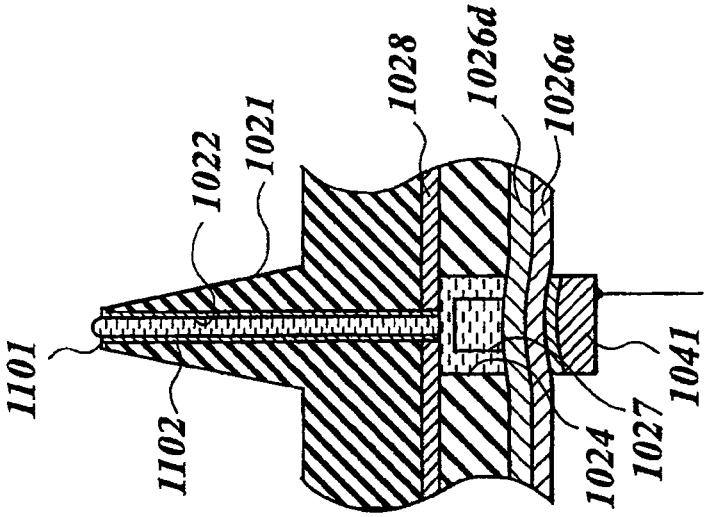


图30C

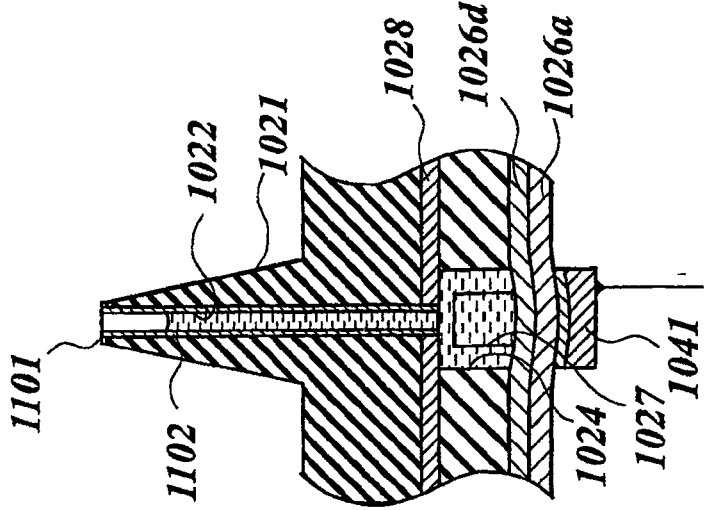


图31

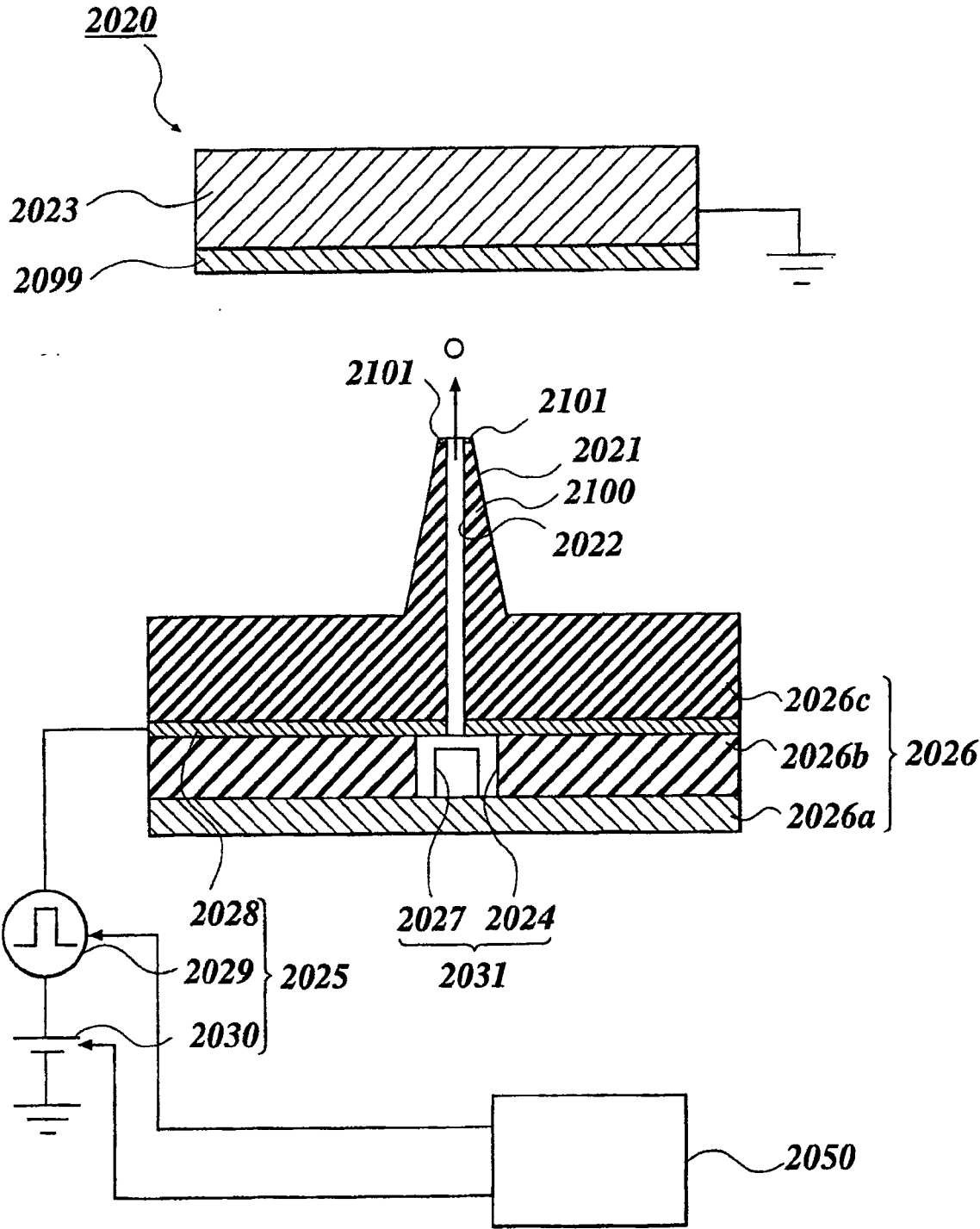


图32A

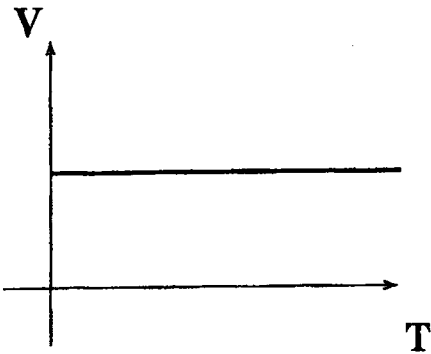


图32B

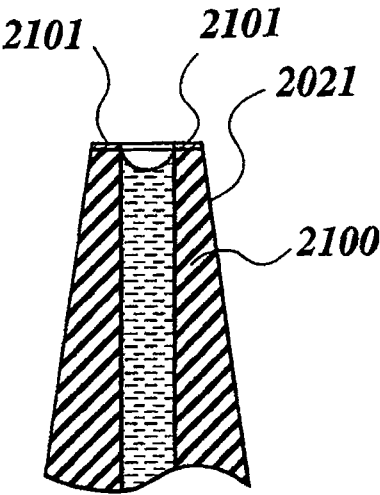


图32C

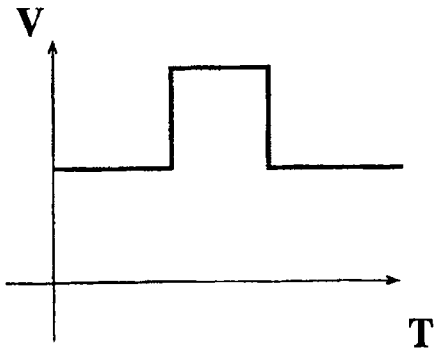


图32D

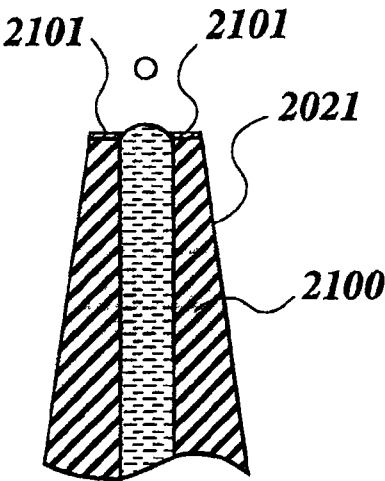


图33A

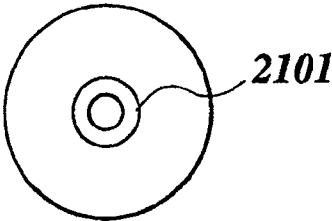


图33B

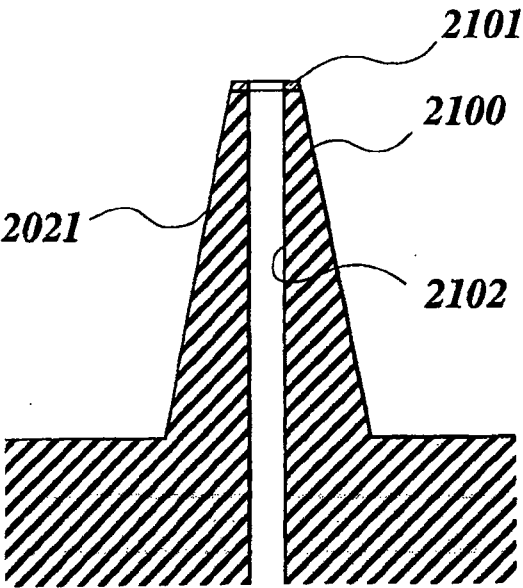


图34A

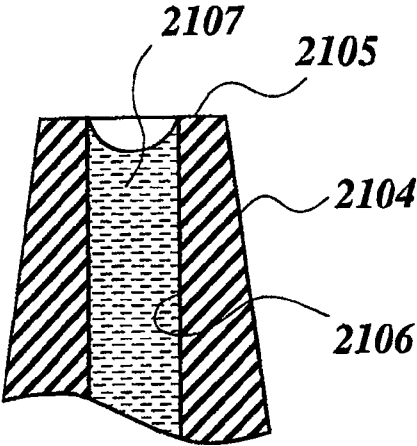


图34B

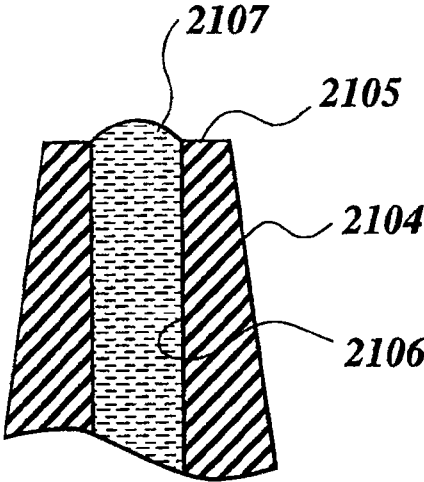


图34C

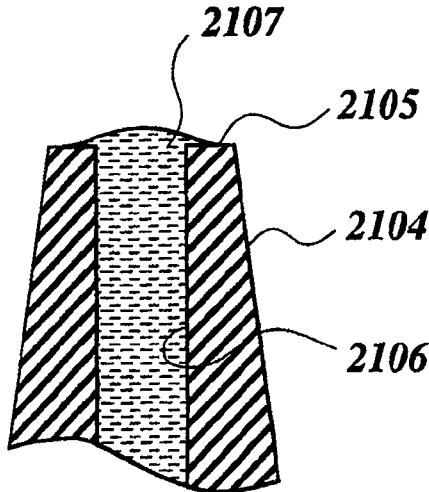


图35A

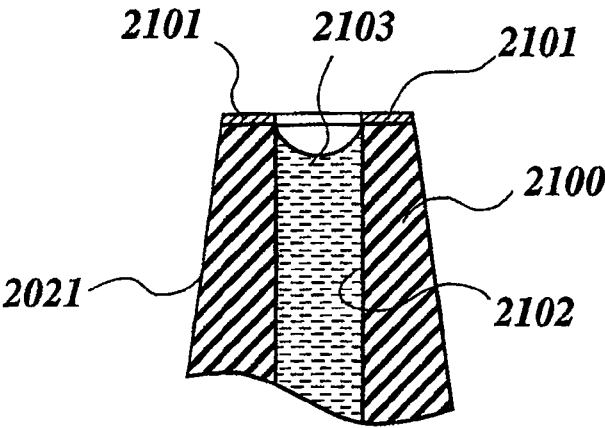


图35B

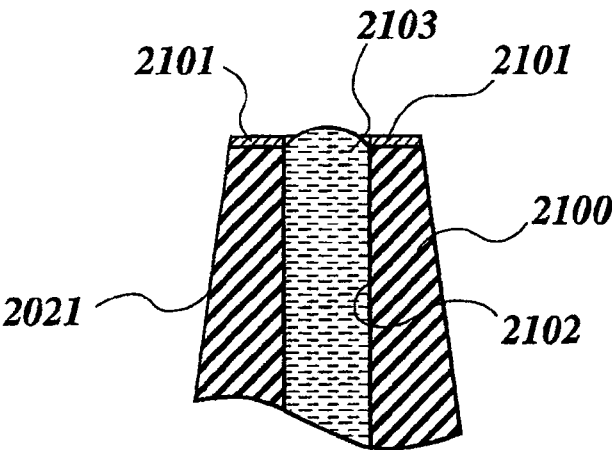


图35C

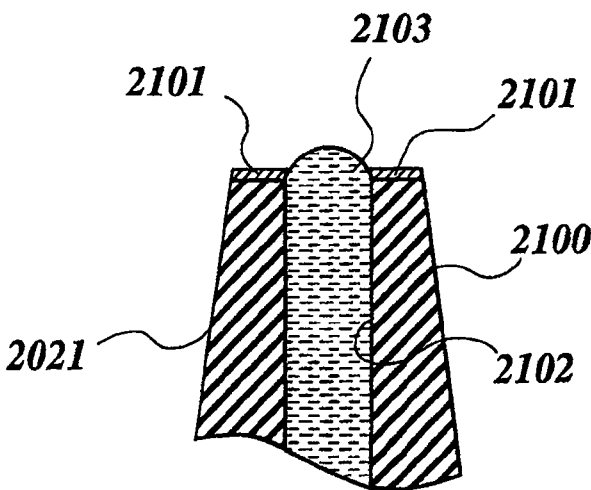


图36A

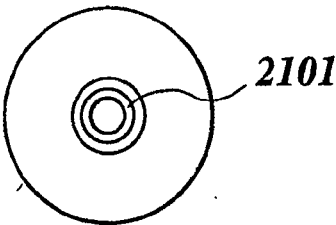


图36 B

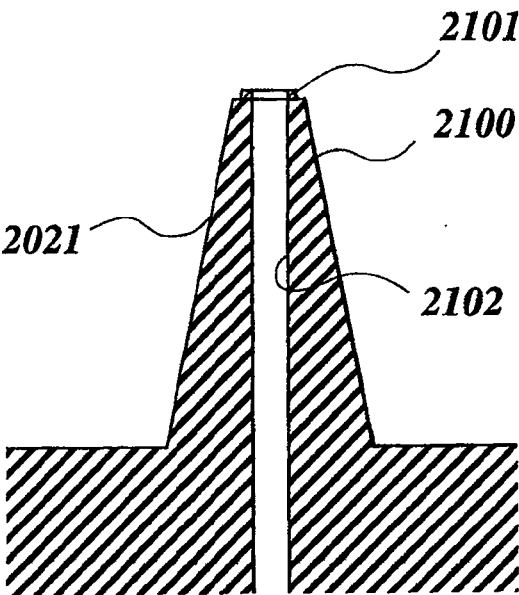


图37

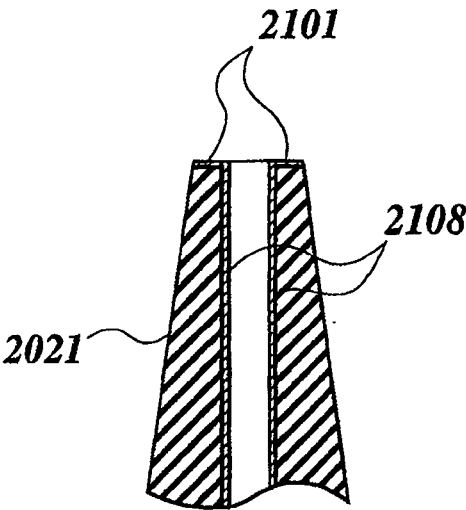


图 38

|   | 喷嘴喷孔的<br>外围材料<br>与溶液之间<br>的接触角<br><br>$\theta (^{\circ})$ | 疏水涂层<br>位置 | 最小喷<br>射电压<br>(V) | 响应性 |
|---|-----------------------------------------------------------|------------|-------------------|-----|
| 1 | 0                                                         | 无          | 300               | 1   |
| 2 | 30                                                        | 区域 1       | 300               | 1   |
| 3 | 45                                                        | 区域 1       | 280               | 2   |
| 4 | 90                                                        | 区域 1       | 260               | 3   |
| 5 | 130                                                       | 区域 1       | 250               | 4   |
| 6 | 30                                                        | 区域 2       | 300               | 1   |
| 7 | 45                                                        | 区域 2       | 270               | 2   |
| 8 | 90                                                        | 区域 2       | 250               | 4   |
| 9 | 130                                                       | 区域 2       | 240               | 4   |

图 39

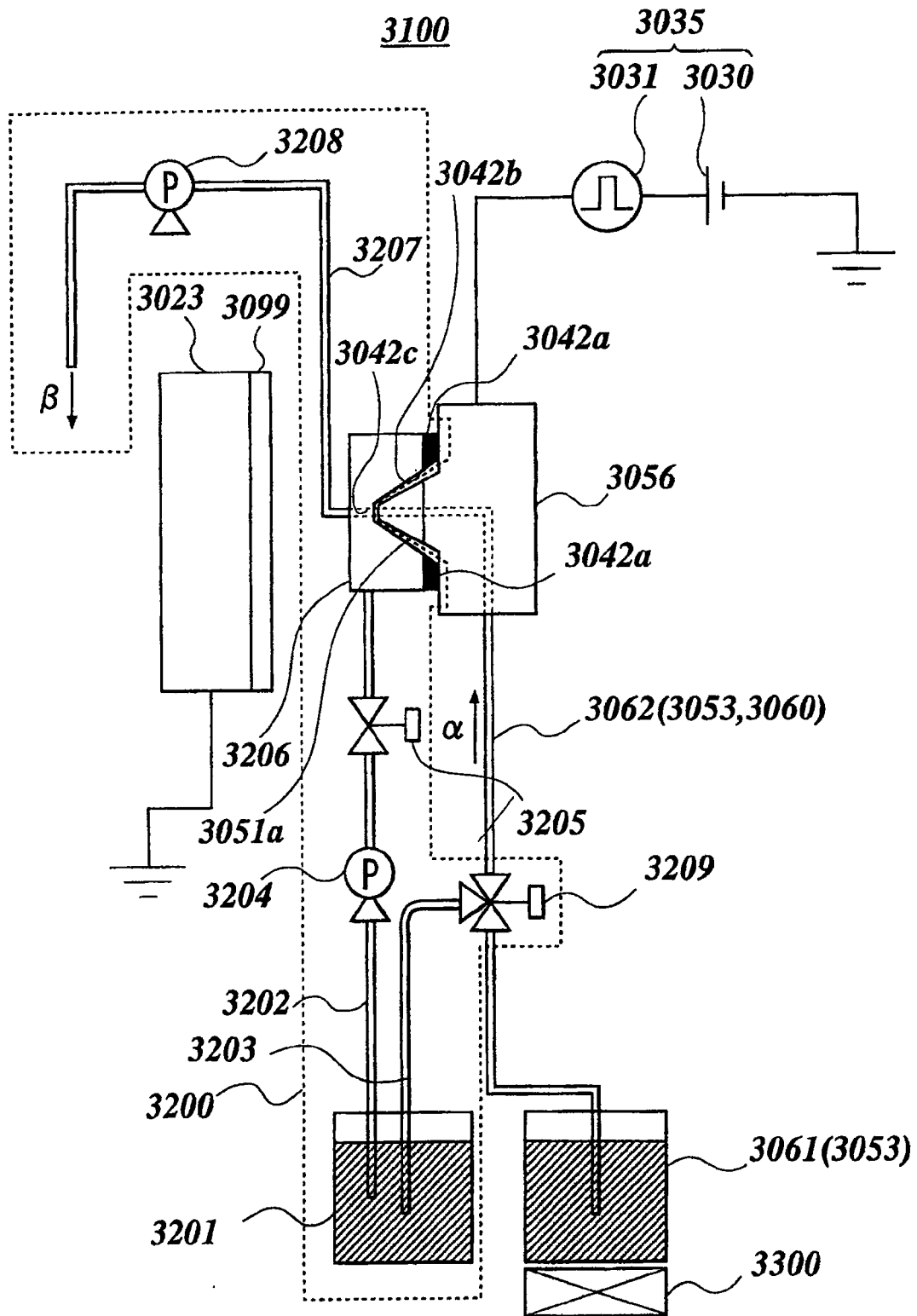


图40

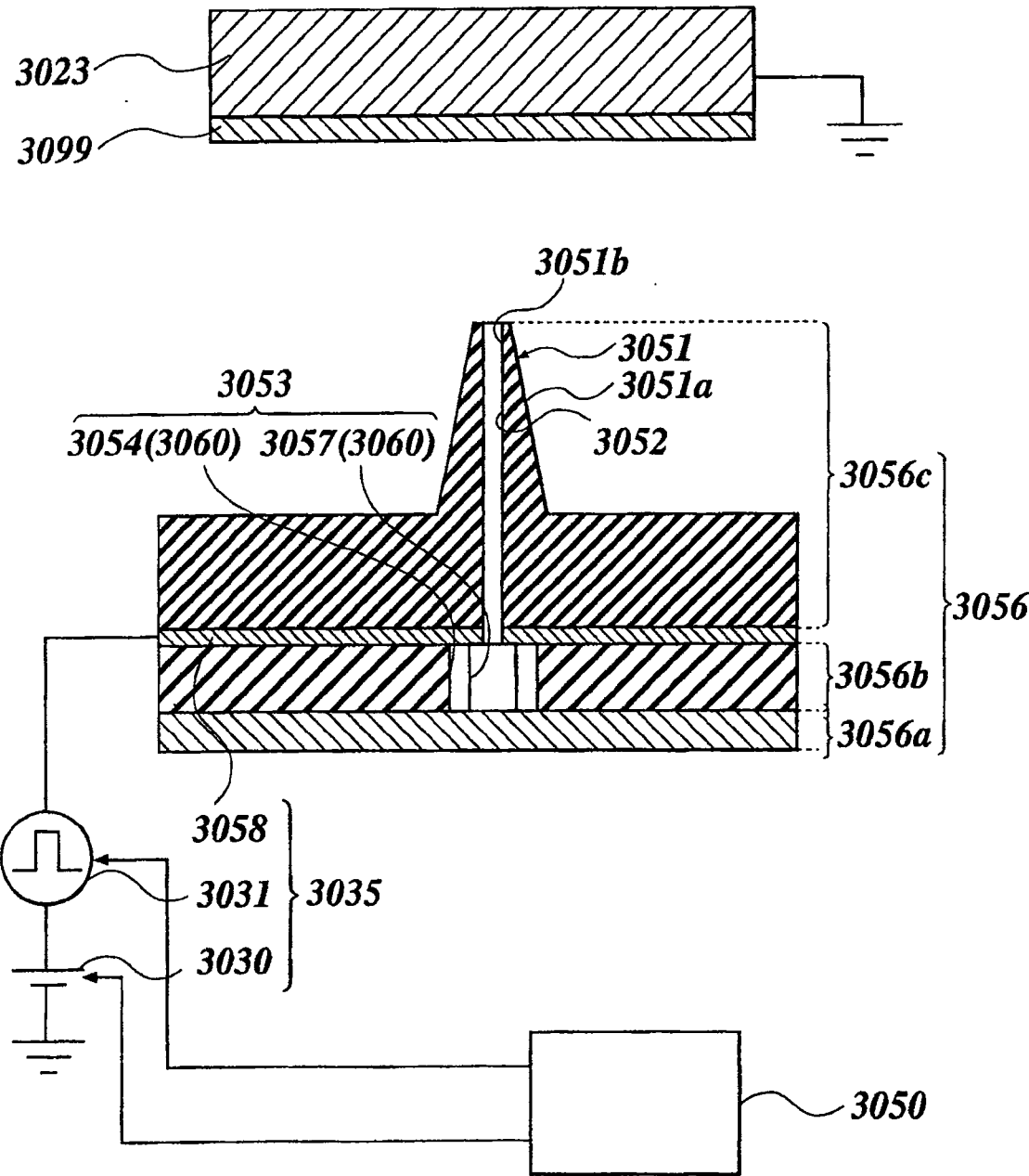


图41A

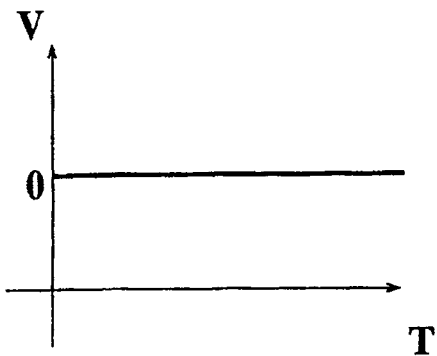


图41B

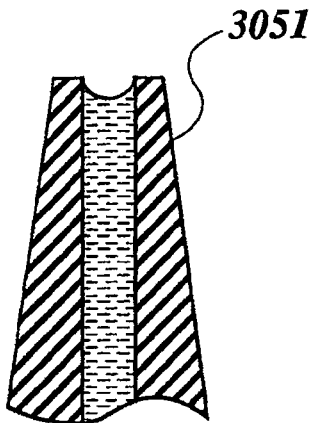


图41C

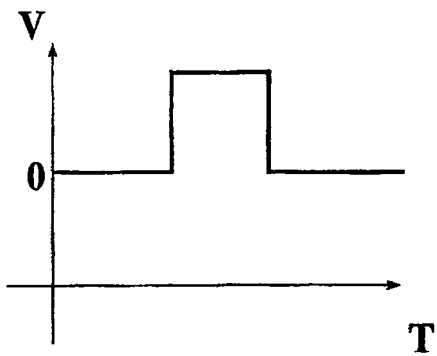


图41D

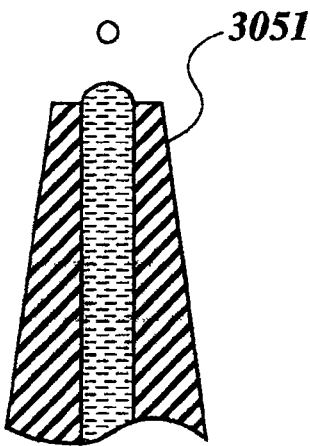


图 42

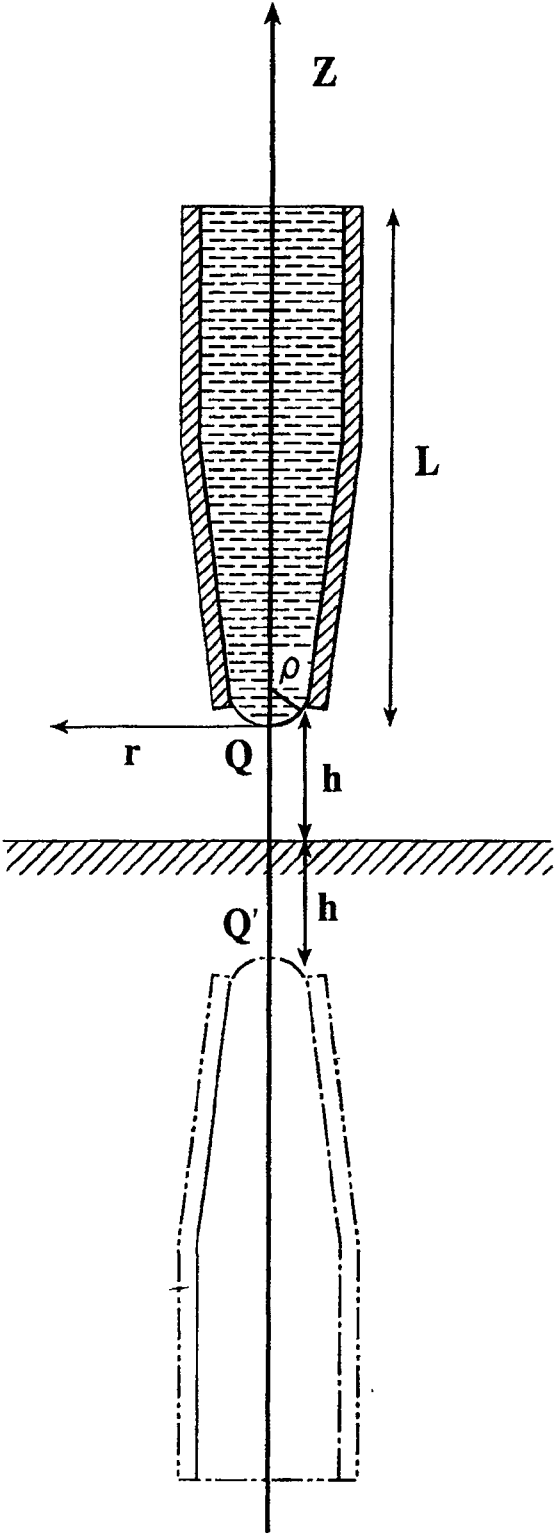


图 43

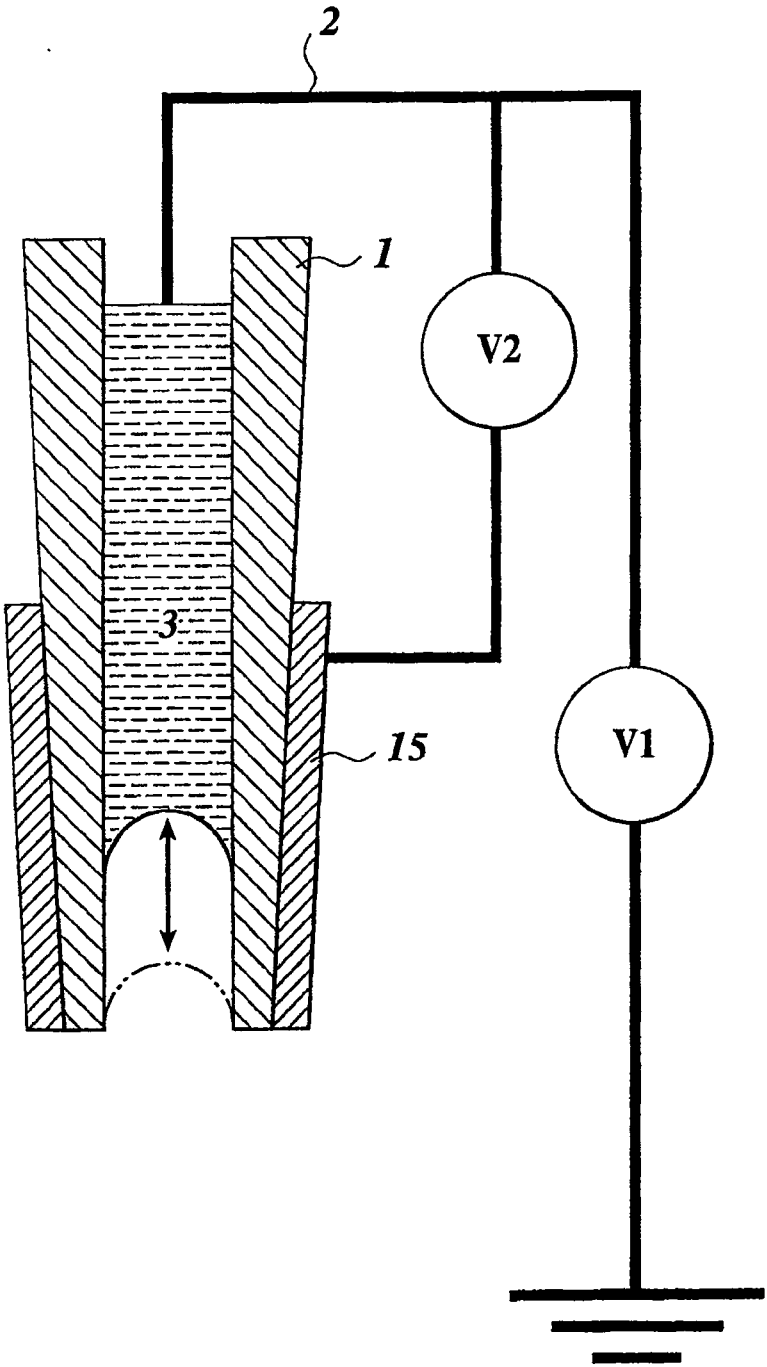


图 44

