



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104203581 B

(45)授权公告日 2017.03.01

(21)申请号 201380014963.0

(22)申请日 2013.03.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104203581 A

(43)申请公布日 2014.12.10

(30)优先权数据
13/424,436 2012.03.20 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.09.18

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/032881 2013.03.19

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/142451 EN 2013.09.26

(73)专利权人 伊斯曼柯达公司
地址 美国纽约州

(72)发明人 迈克尔·艾伦·马库斯

赫里希凯什·V·潘沙瓦格
沙希谢卡·P·阿迪加

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 康建峰 李春晖

(51)Int.Cl.
B41J 2/115(2006.01)
B41J 2/09(2006.01)

(56)对比文件
CN 1413834 A,2003.04.30,
CN 101610908 A,2009.12.23,
CN 1073464 A,1993.06.23,
CN 101678675 A,2010.03.24,
US 2006197803 A1,2006.09.07,
US 6450628 B1,2002.09.17,

审查员 刘献杰

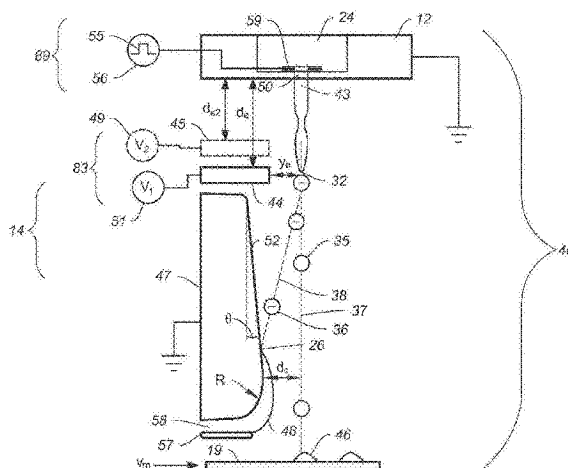
权利要求书2页 说明书23页 附图18页

(54)发明名称

静电打印机中的液滴布置误差减少

(57)摘要

为液滴形成设备设置用于调制液体喷射流的液滴形成波形的序列,以选择性地使得液体喷射流的各个部分分裂成具有打印液滴体积 V_p 的打印液滴和具有非打印液滴体积 V_{np} 的非打印液滴。打印液滴体积与非打印液滴体积彼此不同。定时延迟设备使供应给第一喷嘴组和第二喷嘴组的液滴形成设备的液滴形成波形的定时发生偏移,以使来自第一喷嘴组和第二喷嘴组的打印液滴相对于彼此不对准。充电设备包括充电电极,该充电电极被定位在液体喷射流的分裂的附近,以在体积为 V_p 的液滴上产生打印液滴电荷状态,并在体积为 V_{np} 的液滴上产生非打印液滴电荷状态。



1. 一种使用打印头进行打印的方法,包括:

向所述打印头提供在足以使液体喷射流通过所述打印头的液体腔的多个喷嘴喷射的压力下的液体,所述多个喷嘴沿形成喷嘴阵列的方向设置,所述多个喷嘴被设置成包括第一组喷嘴和第二组喷嘴,其中所述第一组中的喷嘴与所述第二组中的喷嘴交错,以使得所述第一组中的喷嘴位于所述第二组中的相邻喷嘴之间,并且所述第二组中的喷嘴位于所述第一组中的相邻喷嘴之间;

为所述打印头提供与所述多个喷嘴中的每个喷嘴相关联的液滴形成设备;

向所述打印头提供输入图像数据;

为所述液滴形成设备中的每个液滴形成设备提供液滴形成波形的序列,以调制所述液体喷射流,从而响应于所述输入图像数据,选择性地使得所述液体喷射流的部分分裂成具有打印液滴体积 V_p 的一个或多个打印液滴和具有非打印液滴体积 V_{np} 的一个或多个非打印液滴的流,其中所述打印液滴体积 V_p 与所述非打印液滴体积 V_{np} 彼此不同;

提供定时延迟设备,以使供应给所述第一组或所述第二组之一的喷嘴的液滴形成设备的液滴形成波形的定时发生偏移,以使得由所述第一组中的喷嘴形成的打印液滴的定时与由所述第二组中的喷嘴形成的打印液滴的定时相对于彼此发生偏移以使得这些液滴沿所述形成喷嘴阵列的方向相对于彼此不对准;

提供充电设备,所述充电设备包括:

第一公用充电电极,与由所述第一组中的喷嘴和所述第二组中的喷嘴二者形成的液体喷射流相关联;以及

充电源,在所述第一公用充电电极与所述液体喷射流之间供应恒定电势;

使所述第一公用充电电极相对于液体喷射流的分裂附近定位,以在体积为 V_p 的液滴上产生打印液滴电荷状态,并在体积为 V_{np} 的液滴上产生非打印液滴电荷状态,所述非打印液滴电荷状态不同于所述打印液滴电荷状态;

提供偏转设备;

使用所述偏转设备使得具有所述打印液滴电荷状态的打印液滴和具有所述非打印液滴电荷状态的非打印液滴沿不同的路径行进;

提供捕集器;以及

使用所述捕集器拦截非打印液滴,并允许打印液滴沿着朝向记录介质的路径继续行进。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中多个喷嘴被设置成还包括第三组喷嘴,所述第三组中的喷嘴与所述第一组中的喷嘴和所述第二组中的喷嘴交错,其中提供所述定时延迟设备包括提供这样的定时延迟设备:其被配置成使所述第三组的液滴形成波形的定时相对于所述第一组和所述第二组发生偏移,以使得由所述第一组中的喷嘴形成的打印液滴、由所述第二组中的喷嘴形成的打印液滴以及由所述第三组中的喷嘴形成的打印液滴沿所述形成喷嘴阵列的方向相对于彼此不对准。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述打印液滴撞击所述记录介质,其中所述第一组中的喷嘴与所述第二组中的喷嘴、所述第二组中的喷嘴与所述第三组中的喷嘴以及所述第三组中的喷嘴与所述第一组中的喷嘴之间的定时偏移依赖于记录介质的速度,并且导致当独立于记录介质的速度沿着记录介质行进的方向观看时,在由所述第一组中的喷嘴、所述

第二组中的喷嘴及所述第三组中的喷嘴生成的打印液滴的位置之间产生固定的偏移。

4. 根据权利要求2所述的方法, 其中, 提供定时延迟设备, 以使供应给所述第一组或所述第二组之一的喷嘴的液滴形成设备的液滴形成波形的定时发生偏移还包括: 为所述第三组提供定时延迟设备, 以使得由所述第一组中的喷嘴形成的打印液滴、由所述第二组中的喷嘴形成的打印液滴以及由所述第三组中的喷嘴形成的打印液滴沿所述形成喷嘴阵列的方向相对于彼此不对准。

5. 根据权利要求4所述的方法, 其中, 在所述第一组中的喷嘴和所述第二组中的喷嘴之间的定时延迟与在所述第二组中的喷嘴和所述第三组中的喷嘴之间的定时延迟相同。

6. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述液滴形成设备包括与所述喷嘴中的每个喷嘴相关联的液滴形成转换器, 其中所述液滴形成转换器为热设备、压电设备、MEMS致动器、电流体动力设备、介电电泳调制器、光学设备、电致伸缩设备及其组合之一。

7. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述偏转设备还包括与电势源电通信的偏转电极, 所述偏转电极产生液滴偏转电场, 以使带电液滴偏转。

8. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述多个喷嘴、所述液滴形成设备以及所述定时延迟设备形成在单个MEMS CMOS芯片上。

9. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 由单个喷射流产生的每个打印液滴之前是非打印液滴, 之后也是非打印液滴。

10. 根据权利要求1所述的方法, 其中所述打印液滴撞击所述记录介质, 其中所述第一组中的喷嘴与所述第二组中的喷嘴之间的定时偏移依赖于相对于所述打印头的记录介质速度, 并导致当独立于记录介质速度沿记录介质行进的方向观看时在由所述第一组中的喷嘴与所述第二组中的喷嘴生成的打印液滴的位置之间产生固定的偏移。

11. 根据权利要求1所述的方法, 其中, 所述第二组中的交替的相邻喷嘴形成第三组, 其中提供定时延迟设备, 以使供应给所述第一组或所述第二组之一的喷嘴的液滴形成设备的液滴形成波形的定时发生偏移还包括: 为所述第三组提供定时延迟设备, 以使得由所述第一组中的喷嘴形成的打印液滴、由所述第二组中的喷嘴形成的打印液滴以及由所述第三组中的喷嘴形成的打印液滴沿所述形成喷嘴阵列的方向相对于彼此不对准。

12. 根据权利要求11所述的方法, 其中, 在所述第一组中的喷嘴和所述第二组中的喷嘴之间的定时延迟与在所述第一组中的喷嘴和所述第三组中的喷嘴之间的定时延迟具有相同的幅度。

静电打印机中的液滴布置误差减少

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及数控打印系统领域,并且特别地涉及连续打印系统,其中液流分裂成液滴,该液滴中的一些液滴被静电偏转。

背景技术

[0002] 喷墨打印由于例如其非击打且低噪声特性、其使用普通纸张并且其避免墨粉的传送和固定,已被认为是数控、电子打印领域的突出竞争者。可以按照技术将喷墨打印机构分类为按需喷墨(DOD)或连续喷墨(CIJ)。

[0003] 第一技术——“按需”喷墨打印通过使用加压致动器(热、压电等)提供击打在记录表面上的墨滴。一种通常实施的按需喷墨技术使用热致动从喷嘴喷射墨滴。位于或靠近喷嘴的加热器将墨充分加热至沸腾,形成产生足够的内部压力来喷射墨滴的蒸汽泡。这种形式的喷墨通常被称为“热喷墨(TIJ)。”

[0004] 通常被称为“连续”喷墨(CIJ)打印的第二技术使用加压的墨源,以通过迫使墨在压力下通过喷嘴来产生墨的连续液体喷射流。可以以这样一种方式来扰动墨流,使得液体喷射物以可预测的方式分裂成墨滴。通过对不希望的墨滴进行选择性的偏转和捕捉来进行打印。已开发了用于使墨滴选择性地偏转的多种方法,包括使用静电偏转机构、空气偏转机构以及热偏转机构。

[0005] 在基于第一静电偏转的CIJ方法中,以某些方式扰动液体喷射流,使得该液体喷射流在距喷嘴的标称恒定距离(分裂长度)处分裂成均匀大小的液滴。充电电极结构被定位在标称恒定分裂位置处,以在分裂时刻在液滴上感应出依赖于输入图像数据的电荷量。然后,引导带电液滴通过固定的静电场区域,使得每个小液滴偏转依赖于其荷质比的量。在分裂点处确立的电荷电平使得液滴行进到记录介质上的特定位置,或行进到通常被称为捕集器的槽(gutter),以进行收集和再循环。该方法由R. Sweet在于1971年7月27日公告的美国专利No. 3,596,275中公开,该专利在下文中被称为Sweet'275。由Sweet'275公开的CIJ装置包括单喷射流,即单液滴生成液体腔和单喷嘴结构。利用该方法的多喷射CIJ打印头的形式也已由Sweet等人在于1968年3月12日公告的美国专利No. 3,373,437中公开,该专利在下文中被称为Sweet'437。Sweet'437公开了具有公共液滴生成器腔的CIJ打印头,该液滴生成器腔与一行液滴出射喷嘴(线性阵列)连通,每个喷嘴均具有其自身的充电电极。该方法要求每个喷嘴具有其自身的充电电极,其中为各个电极中的每个电极供应有依赖于待打印的图像数据的电波形。

[0006] 这些传统CIJ打印机具有的一个已知问题是由来自与邻近喷射流关联的相邻电极的依赖于图像数据的静电场所引起的液滴上的电荷变化。这些依赖于输入图像数据的变化被称为静电串扰。这样的静电串扰能够在打印的图像中产生可见的伪像。Katerberg在美国专利No. 4,613,871中公开了一种方法,以通过在跨越喷射流阵列的相邻打印液滴之间设置防护槽液滴来减少或消除由静电串扰相互作用产生的可见伪像。然而,来自邻近电极的静电串扰的存在限制了相邻电极之间的最小间距,并且因此限制了打印的图像的分辨率。

[0007] 因此,在传统静电CIJ打印机中对可独立寻址的充电电极的要求限制了基本喷嘴间距,并且因此限制了打印系统的分辨率。已公开了许多可替代方法,以通过利用喷嘴阵列中可独立寻址的喷嘴阵列和处于恒定电势的一个或多个公用充电电极来解决对喷嘴间距的限制。如由Vago等人在于2001年8月14日公告的美国专利No.6,273,559(在下文中称为Vago'559)中所公开的那样,一种方法使用对喷射流分裂长度的控制。Vago'559公开了二进制CIJ技术,其中导电的墨被加压并通过校准的喷嘴流出,并且所形成的液体喷墨被激励,以在两个不同的分裂距离处分裂,所述两个不同的分裂距离的差小于喷射流的波长 λ ,喷射流的波长 λ 被定义为连续墨滴之间或液体喷射流中的墨节点之间的距离。施加不同DC电势的两组紧密间隔开的电极恰好位于与两个分裂位置相邻的喷嘴的下游,并且在相对短的分裂长度液滴和相对长的分裂长度液滴形成时为它们提供不同的电荷电平。当放置在均匀电场区域中时,这导致具有两个不同分裂长度的液滴之间具有差别偏转。限制分裂长度位置差小于 λ 将必须使用的激励幅度差限制为较小量。对于仅具有单喷嘴的打印头而言,将电极的位置、充电电极上的电压以及打印与非打印激励幅度调整为产生打印液滴与非打印液滴的期望分离相当容易。然而,在具有喷嘴阵列的打印头中,部分公差会使这相当困难。在液滴分裂区域中具有较高电场梯度的需要也使得液滴选择系统对充电电极的平整度、电极的厚度及部件间距的轻微变化是敏感的,充电电极的平整度、电极的厚度及部件间隔都会在用于阵列中的不同液体喷射流的液滴分裂区域产生电场强度和电场梯度的变化。另外,液滴生成器及关联的激励设备可能沿喷嘴阵列并非完全均匀,并且可能需要喷嘴间不同的激励幅度来产生特定的分裂长度。这些问题通过随时间而漂移的墨特性和能使得充电电极随温度移位和扭曲的热膨胀而变得更加严重。在这样的系统中,需要额外的控制复杂度来调整喷嘴间的打印和非打印激励幅度,以确保打印液滴与非打印液滴的期望分离。

[0008] B.Barbet和P.Henon也在于2007年3月20日公告的美国专利No.7,192,121(在下文中被称为Barbet'121)中公开了利用分裂长度的变化来控制打印。Barbet'121通过增加打印液滴与非打印液滴之间的分裂长度差解决了一些问题。T.Yamada在美国专利No.4,068,241中公开了基于液滴的体积使用处于恒定电势的充电电极进行打印的方法。B.Barbet在美国专利No.7,712,879中公开了基于分裂长度和液滴大小使用处于恒定电势的公用充电电极的静电充电和偏转机制。

[0009] 这些液滴控制系统使用相对于喷射流保持在固定的电势的充电电极以及依赖图像数据的分裂长度。由于这些液滴控制系统采用喷嘴阵列共用的充电电极,所以打印液滴不受由于与邻近的液滴关联的充电电极上的图像依赖电压而引起的静电串扰的影响。然而,这些液滴控制系统的确产生带电的打印液滴,尽管其幅度低于被捕捉的液滴的幅度。打印液滴电荷会导致邻近或附近的打印液滴之间的静电相互作用,这引起液滴轨迹的变化,并且导致液滴布置误差以及记录介质的打印质量降低的。当为了提供更高的打印分辨率而增加喷嘴在打印头中的封装密度时,邻近或附近的打印液滴之间的静电相互作用也增加,这引起液滴轨迹的更大变化。

[0010] 因此,仍需要提供高打印分辨率的连续喷墨打印系统,该连续喷墨打印系统在不具有这些液滴控制系统的打印缺陷的情况下用从喷嘴阵列选择的液滴打印。

发明内容

[0011] 本发明的一个目的是在基于静电偏转的喷墨打印机中使由相邻打印液滴之间的静电相互作用引起的液滴布置误差最小化。本发明的第二目的是增加被限定为打印液滴与槽液滴轨迹之间的间隔的打印边缘。

[0012] 本发明提供了在喷嘴阵列中的液体喷射流的每个液体喷射流处对液滴形成分裂长度的图像数据依赖控制和具有恒定电势的公用充电电极。对液滴形成进行控制,以响应于输入图像数据生成具有分裂长度 L_p 的一个或更多个打印液滴的序列和具有不同的分裂长度 L_{np} 的一个或更多个非打印液滴的序列。喷嘴阵列包括被布置到交错的喷嘴的第一组和第二组中的多个喷嘴。定时延迟设备用于使供应给第一喷嘴组的液滴形成设备的液滴形成波形的定时相对于供应给第二喷嘴组的液滴形成设备的液滴形成波形的定时发生偏移。这使得从第一组中的喷嘴形成的打印液滴与从第二组中的喷嘴形成的打印液滴沿喷嘴阵列方向相对于彼此不对准。充电电极的相对于分裂长度 L_p 和分裂长度 L_{np} 附近的位置导致两个分裂长度的电场强度差,因此在打印液滴上和非打印液滴上感应出不同的电荷量。当液滴从液体喷射流分裂时,在打印液滴上产生打印液滴电荷状态,并且在非打印液滴上产生非打印液滴电荷状态,打印液滴电荷状态与非打印液滴电荷状态基本上彼此不同。然后,利用偏转设备使打印液滴与非打印液滴的路径分离。然后,捕集器拦截非打印液滴,并允许打印液滴沿朝向记录介质的路径行进。

[0013] 本发明通过增加邻近喷嘴中相邻打印液滴之间的距离来改进CIJ打印,从而减小液滴间的静电相互作用,因此导致比先前CIJ打印系统具有改进的液滴布置精确度。本发明还降低了对发送给与喷嘴阵列的喷嘴关联的激励设备的信号进行控制的复杂度。这有助于降低充电电极结构的复杂度并且增加充电电极结构与喷嘴之间的间距。本发明通过降低相邻打印液滴之间的静电相互作用还允许更长的喷射距离。

[0014] 根据本发明的一个方面,使用打印头进行打印的方法包括向打印头提供在足以通过打印头的液体腔的多个喷嘴喷射液体喷射流的压力下液体。多个喷嘴沿形成喷嘴阵列的方向设置。多个喷嘴被布置成包括第一组喷嘴和第二组喷嘴,其中第一组中的喷嘴与第二组中的喷嘴交错,以使得第一组中的喷嘴被定位在第二组中的相邻喷嘴之间并且第二组中的喷嘴被定位在第一组中的相邻喷嘴之间。为打印头提供的液滴形成设备与多个喷嘴中的每个喷嘴关联。向打印头提供输入图像数据。为液滴形成设备中的每个液滴形成设备设置用于调制液体喷射流的液滴形成波形的序列,以响应于输入图像数据选择性地使得液体喷射流的各个部分分裂成具有打印液滴体积 V_p 的一个或更多个打印液滴和具有非打印液滴体积 V_{np} 的一个或更多个非打印液滴的流,其中打印液滴体积 V_p 与非打印液滴体积 V_{np} 彼此不同。设置用于使供应给第一组和第二组之一的喷嘴的液滴形成设备的液滴形成波形的定时发生偏移的定时延迟设备,以使得从第一组中的喷嘴形成的打印液滴的定时与从第二组中的喷嘴形成的打印液滴的定时相对于彼此发生偏移以使得这些液滴沿形成喷嘴阵列的方向相对于彼此不对准。充电设备包括:与从第一组中的喷嘴和第二组中的喷嘴二者形成的液体喷射流关联的第一公用充电电极以及在第一公用充电电极与液体喷射流之间供应恒定电势的充电源。第一公用充电电极相对于液体喷射流的分裂的附近定位,以在体积为 V_p 的液滴上产生打印液滴电荷状态,并在体积为 V_{np} 的液滴上产生不同于打印液滴电荷状态的非打印液滴电荷状态。偏转设备使得具有打印液滴电荷状态的打印液滴和具有非打印液滴电荷状态的非打印液滴沿不同的路径行进。捕集器拦截非打印液滴并使得打印液滴能够继

续沿朝向记录介质的路径行进。

附图说明

[0015] 在下文介绍的本发明的优选实施方式的详细描述中,参考了附图,在附图中:

[0016] 图1是根据本发明的示例性连续喷墨系统的简化框示意图;

[0017] 图2A示出了从液滴生成器喷射的液体喷射流及其随后在充电电极之上的位置处分裂成液滴的图像;

[0018] 图2B示出了从液滴生成器喷射的液体喷射流及其随后在与充电电极相邻的位置处分裂成液滴的图像;

[0019] 图2C示出了从液滴生成器喷射的液体喷射流及其随后在充电电极之下的位置处分裂成液滴的图像;

[0020] 图3是根据本发明的一个实施方式被布置到2个组中的4个相邻喷嘴及关联的喷射流激励设备的简化框示意图;

[0021] 图4A示出了通过本发明的实施方式在全打印条件下操作的打印头的横截面视角;

[0022] 图4B示出了通过图4A的实施方式在未打印条件下操作的打印头的横截面视角;

[0023] 图4C示出了通过图4A的实施方式在通常打印条件下操作的打印头的横截面视角;

[0024] 图5A示出了通过本发明的另一实施方式在全打印条件下操作的打印头的横截面视角;

[0025] 图5B示出了通过图5A的实施方式在未打印条件下操作的打印头的横截面视角;

[0026] 图5C示出了通过图5A的实施方式在通常打印条件下操作的打印头的横截面视角;

[0027] 图6A示出了在被偏转前来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每个液滴在两个不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移的情况下被打印;

[0028] 图6B示出了根据本发明的实施方式在被偏转前来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每个液滴在被布置到两个喷嘴组中的喷嘴之间使用 $0.5\tau_0$ 的定时偏移的情况下被打印;

[0029] 图7A示出了在被偏转前来自4个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个液滴在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移的情况下被打印;

[0030] 图7B示出了根据本发明的实施方式在被偏转前来自4个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个液滴在被布置到两个喷嘴组中的喷嘴之间使用 $0.5\tau_0$ 的定时偏移的情况下被打印;

[0031] 图7C示出了根据本发明的实施方式在被偏转前来自4个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个液滴在被布置到两个喷嘴组中的喷嘴之间使用 $1.0\tau_0$ 的定时偏移的情况下被打印;

[0032] 图8A示出了在被偏转前来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个液滴在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移的情况下被打印;

[0033] 图8B示出了根据本发明的实施方式在被偏转前来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个液滴在被布置到三个喷嘴组中的相邻喷嘴之间使用 $0.5\tau_0$ 或 $1.0\tau_0$ 的定时偏移的情况下被打印;

[0034] 图8C示出了根据本发明的实施方式来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序

列,其中以基本周期生成的每隔一个液滴在被布置到三个喷嘴组中的相邻喷嘴之间使用 $0.5\tau_0$ 的定时偏移的情况下被打印;

[0035] 图8D示出了根据本发明的实施方式来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个液滴在被布置到三个喷嘴组中的相邻喷嘴之间使用 $0.67\tau_0$ 或 $1.33\tau_0$ 的定时偏移的情况下被打印;

[0036] 图9A示出了在被偏转前来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔三个液滴在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移的情况下被打印;

[0037] 图9B示出了根据本发明的实施方式在被偏转前来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔三个液滴在被布置到三个喷嘴组中的相邻喷嘴之间使用 $1.0\tau_0$ 或 $2.0\tau_0$ 的定时偏移的情况下被打印;

[0038] 图10A示出了在使用传统打印系统的情况下液滴间相互作用对字符的影响;

[0039] 图10B示出了在由本发明提供的液滴间相互作用减小的情况下打印的字符;以及

[0040] 图11示出了根据本发明的各种实施方式的打印的方法的框图。

具体实施方式

[0041] 本描述特别针对形成根据本发明的装置的部分或者更直接地与该装置协作的元件。应理解,没有具体示出或描述的元件可采取本领域中的技术人员熟知的各种形式。在下面的描述和附图中,尽可能使用相同的附图标记来表示相同的元件。

[0042] 为了清楚起见,本发明的示例实施方式是示意性示出的并且不一定按照比例绘制。本领域的普通技术人员将能够容易地确定本发明的示例实施方式的元件的特定大小和互连。

[0043] 如本文所述,本发明的示例性实施方式提供了通常在喷墨打印系统中使用的打印头或打印头部件。在这样的系统中,液体是用于打印在记录介质上的墨。然而,出现了其他应用,这些应用使用喷墨打印头来喷出需要精细地计量并且用较高空间分辨率沉积的液体(而不是墨)。因此,如本文所述,术语“液体”和“墨”是指可以由下文描述的打印头或打印头部件喷射的任何材料。

[0044] 连续喷墨(CIJ)液滴生成器依赖于无约束流体喷射的物理性质,无约束流体喷射的物理性质由F.R.S(Lord)Rayleigh在1878年出版的“Instability of jets,” Proc.London Math.Soc.10(4)中首次以二维的方式进行分析。Lord Rayleigh的分析表明,液体在压力P下将流出孔、喷嘴,形成以速度 v_j 移动的直径为 d_j 的液体喷射流。喷射流直径 d_j 近似等于有效喷嘴直径 d_n ,并且喷射流速度与储存器压力P的平方根成比例。Rayleigh的分析表明,喷射流将基于具有比 πd_j 长的波长 λ (即 $\lambda \geq \pi d_j$)的表面波而自然地分裂成不同大小的液滴。Rayleigh的分析还表明,如果特定的表面波长以足够大的幅度被发起,则将变得占优势,从而“激励”喷射流产生单一大小的液滴。连续喷墨(CIJ)液滴生成器采用周期性物理过程,即具有在喷射流上建立特定且占优势的表面波的效应的所谓的“扰动”或“激励”。激励导致喷射流分裂成单一大小的液滴,该分裂与扰动的基本频率同步。已经表明,喷射流分裂的最大效率出现在导致分裂时间最短的最佳频率 F_{opt} 处。在最佳频率 F_{opt} 处,扰动波长 λ 近似等于 $4.5d_j$ 。扰动波长 λ 等于 πd_j 时的频率被称为Rayleigh截止频率 F_R ,这是因为以高于该截止频率的频率扰动液体喷射流不会发展成使液滴形成。

[0045] 由施加Rayleigh激励产生的液滴流在本文中将被称为生成预定体积的液滴流。虽然,在现有技术的CIJ系统中,所关注的用于打印或图案层沉积的液滴总是统一的体积,但是将说明的是对于本发明,可以操纵激励信号来产生各种预定体积的液滴。因此,术语“预定体积的液滴流”包括分裂成均具有一种尺寸的液滴的液滴流或分裂成具有所计划的不同体积的液滴的液滴流。

[0046] 在CIJ系统中,通常被称为体积比预定单位体积小得多的“卫星液滴”的一些液滴可以形成为向下变为流体的细带的流颈。这样的卫星液滴并不是完全可预测的,或者并不总是以可预测的方式与另一液滴合并,从而使旨在用于打印或形成图案的液滴的体积稍微改变。然而,小的不可预测的卫星液滴的存在对本发明而言不重要,并且不认为偏离了已通过在本发明中使用的同步能量信号来预先确定液滴大小的事实。因此,如用于描述本发明的短语“预定体积”应当被理解为包含:由于不可预测的卫星液滴的形成可出现液滴体积在所计划的目标值附近的一些小的变化。

[0047] 使用部件的特定组合(例如,液滴充电结构、液滴偏转结构、液滴捕捉结构、液滴形成设备以及液滴速度调制设备的特定组合)来描述下文参照图1至图11讨论的示例实施方式。应理解,这些部件是可互换的,并且这些部件的其他组合属于本发明的范围内。

[0048] 如图1所示,连续喷墨打印系统10包括墨储存器11,墨储存器11将墨连续地泵送到还被称为液体喷射器的打印头12中,以产生连续的墨滴流。打印系统10从图像源13(如扫描仪、计算机或数字相机或提供光栅图像数据、页面描述语言形式的轮廓图像数据或其他形式的数字图像数据的其他数字数据源)接收数字化图像过程数据。来自图像源13的图像数据被周期性地发送到图像处理器16。图像处理器16处理图像数据,并且图像处理器16包括用于存储图像数据的存储器。图像处理器16通常是光栅图像处理器(RIP)。存储在图像处理器16中的图像存储器中的、也被称为图像处理器16中的打印数据的图像数据被周期性地发送到激励控制器18,激励控制器18生成时变电激励脉冲的图案,以使得液滴流如将要描述的那样形成在打印头12上的喷嘴中的每个的出口处。这些激励脉冲在适当的时间并以适当的频率施加到与喷嘴中的每个相关联的一个或更多个激励设备。打印头12和偏转机构14协作地工作,以确定是将墨滴以图像存储器中的数据所指定的适当的位置打印在记录介质19上,还是对该墨滴进行偏转并且经由墨回收单元15进行回收。记录介质19还被称为接收器,并且记录介质19通常包括纸张、聚合物或一些其他的多孔衬底。墨回收单元15中的墨被引导回到墨储存器11中。墨在压力下通过墨通道被分配到打印头12的后表面,该墨通道包括形成在通常由硅构成的衬底中的腔或加压室。可替代地,腔可以形成在歧管件中,硅衬底附接于该歧管件。优选地,墨从腔通过蚀刻穿过打印头12的硅衬底的槽和/或孔,流到打印头12的前表面,多个喷嘴和激励设备位于该前表面。适用于最佳操作的墨压力将取决于多个因素,包括喷嘴的几何结构和热特性以及墨的热特性和流体动力学特性。可以通过在墨压力调节器20的控制下将压力施加到墨储存器11来实现恒定的墨压力。通常的偏转机构14包括空气动力学偏转和静电偏转。

[0049] 任何类型的喷墨打印机,不管是按需喷墨型还是连续喷墨型,所具有的一个公知的问题涉及墨滴定位的准确度。如在喷墨打印领域中公知的,通常希望将一个或多个液滴放置在接收器上的像素区域(像素)内,该像素区域例如对应于包括数字图像的信息的像素。通常,这些像素区域包括接收器上的正方形或矩形的真实或假想阵列,并且旨在将打印

机液滴布置在每个像素内的期望位置上,例如,对于简单的打印方案,在每个像素区域的中心,或者可替代地,在每个像素区域内的多个精确位置上,以实现半色调。如果液滴的布置不正确和/或不能控制其布置以实现在每个像素区域内的期望布置,则会出现图像伪像,特别是如果距期望位置的类似类型的偏差在相邻的像素区域上重复。RIP或其它类型的处理器16将图像数据转换成像素映射的图像页面图像以用于打印。在打印期间,借助于由介质传输控制器21电子地控制的多个传输辊22,使记录介质19相对于打印头12移动。如公知的,优选地基于微处理器并被适当编程的逻辑控制器17提供用于传输控制器21与墨压力调节器20和激励控制器18的协作的控制信号。激励控制器18包括液滴控制器,该液滴控制器根据从形成图像处理器16的一部分的图像存储器获得的图像数据来提供液滴形成的脉冲,即用于将各墨滴从打印头12喷射到记录介质19的驱动信号。图像数据可包括原始图像数据、根据图像处理算法生成以提高打印的图像的质量的附加图像数据、以及来自液滴布置校正的数据,来自墨滴布置校正的数据可从很多源生成,例如,如打印头特征化和图像处理领域中的技术人员所熟知的那样,从打印头12中的每个喷嘴的转向误差的测量生成。因此,图像处理器16中的信息可被认为代表用于液滴喷射的数据的通常来源,该数据例如是待打印的墨滴的期望位置和将被收集以进行回收的那些液滴的识别。

[0050] 应认识到,可以使用用于接收器传输控制的不同机械配置。例如,在页面宽度打印头的情况下,使记录介质19越过固定的打印头12移动是方便的。另一方面,在扫描型打印系统的情况下,更方便的是在相对光栅运动中沿一个轴线(即,主扫描方向)移动打印头并且沿正交轴(即,次扫描方向)移动记录介质19。

[0051] 如在信号传输领域中所公知的,液滴形成的脉冲由通常可被称为液滴控制器的激励控制器18提供,并且液滴形成的脉冲通常是通过电连接器发送到打印头12的电压脉冲。然而,如喷墨打印领域所公知的,也可以将其他类型的脉冲(如光脉冲)发送到打印头12,以使得打印液滴和非打印液滴形成在特定的喷嘴处。一旦形成,打印液滴就穿过空气行进到记录介质,随后撞击在记录介质的特定像素区域上,并且如将描述的那样,非打印液滴由捕集器收集。

[0052] 本发明涉及利用均处在恒定电势的一个或多个充电电极的静电偏转打印液滴偏转方案。这些液滴选择方案包括基于分裂长度调制、分裂体积调制以及两种方案的组合的液滴选择方案。图2A至图2C示出了利用分裂长度调制且液滴体积恒定的打印液滴选择方案。参照图2A至图2C,打印系统已与打印头关联,该打印头具有包括喷嘴50的阵列的喷嘴孔平面42。可操作打印头,以产生从喷嘴50的阵列发出的液体喷射流43的阵列。图2A至图2C示出了从打印头12的喷嘴50发出的、沿着液体喷射流轴线87的路径的液体喷射流。与每个液体喷射流43关联的是液滴形成设备89。液滴形成设备89包括液滴形成转换器59和激励波形源56,激励波形源56向液滴形成转换器59供应还被称为液滴形成波形的激励波形55。通常被称为激励转换器的液滴形成转换器59可以为适用于在液体喷射流上产生扰动的任何类型,如热设备、压电设备、MEMS致动器、电流体动力设备、介电电泳调制器、光学设备、电致伸缩设备及其组合。图2A至图2C示出了从喷嘴阵列的单个喷嘴50以基本液滴形成频率产生的基本上相同体积的、被标记为35/36的液滴35或液滴36的生成。如将在下文说明的那样,液滴35和36分别被称为打印液滴35和非打印液滴36。通常,用于打印头12中的喷嘴50的整个阵列的液滴激励转换器的液滴激励频率对于打印头12中的所有喷嘴而言是相同的。在正常

操作下,可以打印每个液滴,并且最大打印频率等于基本液滴形成频率。打印周期被限定为来自单个喷嘴的连续打印液滴之间的最小时间间隔。在每个打印周期中每个喷嘴最大限度可打印一个打印液滴,并且该打印周期等于基本液滴形成周期 τ_0 。在图2A至图2C中,液体喷射流43在喷射流分裂位置32处以规律的周期分裂成液滴,喷射流分裂位置32分别是距图2A中的喷嘴孔平面42的距离 L ,距图2B中的喷嘴孔平面42的距离为 L' ,以及距图2C中的喷嘴孔平面42的距离 L'' 。在这些情况的每种情况中,施加到液滴形成转换器59的激励波形55是不同的。在所有情况中,图2A至图2C中以基本频率产生的连续液滴对之间的距离基本上等于对液体喷射流的扰动的波长 λ 。

[0053] 在二进制打印机中,响应于输入图像数据生成打印或非打印液滴的序列。在打印期间,使用从激励控制器18施加到液滴形成激励波形源56的通信信号来确定打印液滴与非打印液滴的形成顺序,并且波形源56为液滴形成设备89的液滴形成转换器59提供不同的打印和非打印液滴激励波形55。可以通过改变向与特定喷嘴孔50关联的各个液滴形成转换器59施加的波形而使从喷墨喷嘴喷射的液流形成的液滴的液滴形成动态发生变化。改变与激励波形55中的其他脉冲有关的幅度、占空比或定时中的至少一个,可以使特定喷嘴孔的液滴形成动态发生改变。改变激励波形55中的脉冲的能量和/或持续时间将使以基本周期 τ_0 形成的液滴的分裂长度32改变。通常,脉冲波形中更高的能量将导致对液体喷射流43产生更大的扰动并且导致更短的分裂长度。

[0054] 也在图2A至图2C中示出的是包括充电电极44和充电电压源51的充电设备83。充电电极的顶部位于距喷嘴孔平面42的固定距离 d_0 处。充电设备83和充电电极44由喷嘴阵列形成的所有喷射流共用。充电电极44也被称为第一公用充电电极。充电电压源51在第一公用充电电极44与液体喷射流43之间供应恒定电势。充电电极44的前表面位于距喷射流轴线87的距离 y_0 处。通常,液体喷射流借助于与接地液滴生成器的液体腔接触而被接地。当非零电压被施加到充电电极44时,在充电电极与电接地液体喷射流之间产生电场。充电电极与电接地液体喷射流之间的电容耦合在导电液体喷射流的端部上感应出净电荷。当液体喷射流的端部分裂以形成液滴时,液体喷射流的端部上的任何净电荷被捕获在新形成的液滴上。当充电电极的前表面与液体喷射流的端部之间的距离被改变时,充电电极与液体喷射流之间的电容耦合也会改变。因此,可以通过改变充电电极与液体喷射流43的分裂位置32之间的距离来控制新形成液滴上的电荷。当充电电极44被定位成与如在图2B的 L' 处示出的液体喷射流43的分裂位置32相邻时,在液滴上感应的电荷将是最大值。

[0055] 当液体喷射流43的分裂位置32处在比如图2A所示的充电电极44的位置 d_0 短的距离 L 时,在液滴上感应出的电荷将比最大值小得多。类似地,当液体喷射流43的分裂位置32处在比如图2C所示的充电电极44的位置 d_0 长的距离 L'' 时,在液滴上感应出的电荷也比最大值小得多。如上所述,需要不同的波形来产生具有不同分裂长度的液滴。在实际的打印机中,需要被称为打印液滴波形和非打印液滴波形的两种或更多种类型的波形。如下文相对于图4A至图4C的讨论所描述的,可以打印带电较少的液滴,并且偏转并捕捉或捕集(gutter)高度带电的液滴。也可以如下文在图5A至图5C的讨论中所描述的那样偏转并打印高度带电的液滴,并且捕集带电较少的液滴。液滴在图2A至图2C中作为打印液滴35或非打印液滴36已被标记为35/36,这是因为确定依赖于参照图4A至图4C和图5A至图5C的讨论所描述的偏转机构和液滴捕捉系统的性质。在实际的二进制打印机中,需要仅具有两种不同

分裂长度的液滴。可以利用生成分裂长度 L 和 L' 或分裂长度 L' 和 L'' 的波形来建立打印机。在具有较低充电幅度的液滴被打印而充电幅度较高的液滴不被打印的配置中,在 L 或 L'' 处分裂的液滴会变成打印液滴35而在 L' 处分裂的液滴会变成非打印液滴。在更高度带电的液滴被打印的配置中,在 L 或 L'' 处分裂的液滴会变成非打印液滴36而在 L' 处分裂的液滴会变成打印液滴。

[0056] 在实际的打印机中,从不同喷嘴与在不同时间从相同喷嘴生成的打印液滴与非打印液滴的分裂长度存在小的变化。这些小的变化是由于不同喷嘴之间的正常尺寸公差变化以及在液体腔中的压力和温度作为位置和时间的函数的轻微波动。打印液滴的分裂长度被限定为 L_p ,并且非打印液滴的分裂长度为 L_{np} 。出于进一步讨论的目的,打印液滴的标称分裂长度被限定为 L_p ,非打印液滴的标称分裂长度为 L_{np} ,其中标称分裂长度 L_p 和 L_{np} 分别被限定为所有打印液滴与所有非打印液滴的平均分裂长度。由于这些分裂长度的小变化,打印液滴将以在范围 $R_p = L_p \pm \Delta L_p$ 中的分裂长度 L_p 分裂,其中 ΔL_p 说明打印液滴的分裂长度的变化,并且 ΔL_p 通常小于液体喷射流的波长 λ ,并且在良好控制的打印机中可以小于液体喷射流的二分之一 λ 。类似地,所有非打印液滴将以在范围 $R_{np} = L_{np} \pm \Delta L_{np}$ 中的分裂长度 L_{np} 分裂,其中 ΔL_{np} 说明非打印液滴的分裂长度的变化,并且 ΔL_{np} 通常也小于液体喷射流的波长 λ ,并且在良好控制的打印机中可以小于液体喷射流的二分之一 λ 。为了正确地实施本发明,打印液滴分裂长度范围 R_p 与非打印液滴分裂长度范围 R_{np} 必须彼此不同。范围 R_p 包括最小打印液滴分裂长度至最大打印液滴分裂长度,并且范围 R_{np} 包括最小非打印液滴分裂长度至最大非打印液滴分裂长度。优选的是任何打印液滴的分裂长度与任何非打印液滴的分裂长度相差液体喷射流的至少一个波长 λ ,并且更优选地它们应当相差至少 3λ 。为了确保当 $\Delta L_p = \lambda$ 并且 $\Delta L_{np} = \lambda$ 时任何打印液滴的分裂长度与任何非打印液滴的分裂长度相差液体喷射流的至少一个波长 λ ,要求打印液滴的标称分裂长度 L_p 与非打印液滴的标称分裂长度 L_{np} 应相差至少 3λ 。为了确保当 $\Delta L_p = 1/2\lambda$ 并且 $\Delta L_{np} = 1/2\lambda$ 时任何打印液滴的分裂长度与任何非打印液滴的分裂长度相差液体喷射流的至少一个波长 λ ,要求打印液滴的标称分裂长度 L_p 与非打印液滴的标称分裂长度 L_{np} 应相差至少 2λ 。

[0057] 图3示出了根据本发明的一个实施方式的喷嘴阵列的多个喷嘴中被布置成2组的4个相邻喷嘴50以及关联的喷射流激励设备。在操作期间,在足以通过液体腔的多个喷嘴喷射液体喷射流的压力下提供液体,所述多个喷嘴沿喷嘴阵列方向设置。多个喷嘴被布置成第一组G1和第二组G2,其中,第一组中的喷嘴与第二组中的喷嘴交错,以使得第一组中的喷嘴被定位在第二组中的相邻喷嘴之间并且第二组中的喷嘴被定位在第一组中的相邻喷嘴之间。喷嘴阵列的端部喷嘴与另一组中的喷嘴相邻。用于以基本频率 f_0 重复地产生液滴的激励转换器59被示出为包括环绕喷嘴50的电阻负载的热液滴形成转换器。激励转换器59由激励波形源56供应的电压驱动。如上所述,激励波形包括打印液滴和非打印液滴激励波形段的液滴形成波形的序列。根据所使用的转换器的类型,转换器可以位于向喷嘴50供应液体的液体腔中或相邻于该液体腔,以作用于液体腔中的液体;或者位于喷嘴中或紧密环绕在喷嘴的周围,以在液体穿过喷嘴时作用于该液体;或者定位成相邻于液体喷射流,以在液体喷射流穿过喷嘴后作用于该液体喷射流。液滴形成波形源向液滴形成转换器供应具有基本频率 f_0 。与相应的基本周期为 $\tau_0 = 1/f_0$ 的波形,液滴形成转换器在液体喷射流中产生具有波长 λ 的调制。基本频率 f_0 通常接近 F_{opt} 并且总是小于 F_R 。调制在幅度上增加,以使得液体喷

射流的各个部分分裂成液滴。通过对液滴形成设备的作用,能够以基本频率 f_0 以及 $\tau_0=1/f_0$ 的基本周期来产生液滴的序列。

[0058] 在本发明的实施中,增加打印头阵列的相邻喷嘴50中的相邻打印液滴之间的距离,以使邻近打印液滴之间的静电相互作用最小,该静电相互作用在接收器或记录介质上进行打印时产生液滴布置误差。为了实现此目的,多个喷嘴被布置到第一组和第二组中,其中,第一组中的喷嘴与第二组中的喷嘴交错,以使得第一组中的喷嘴被定位在第二组中的相邻喷嘴之间,而第二组中的喷嘴被定位在第一组中的相邻喷嘴之间。施加第一组触发,以控制激励波形对第一喷嘴组的开始时间,并且相对于第一组以在时间上延迟的方式施加第二组触发,以控制激励波形对第二喷嘴组的开始时间。图3示出了包括第一组触发时间延迟76和第二组触发时间延迟77的组定时延迟设备78,第一组触发时间延迟76和第二组触发时间延迟77同时施加到在其各自的组G1和G2中的喷嘴中的每个喷嘴,以同时触发下一个液滴形成脉冲队列对在其各自的组中的喷嘴中的每个喷嘴的开始。在本发明的实施中,要求组触发时间延迟76和77中的每个彼此不同。在通常情况下,时间延迟76和77之一可以为零,但是二者不能都为零。因此,组定时延迟设备78使供应给第一组或第二组之一的喷嘴的液滴形成设备的液滴形成波形的时间发生偏移,以使得从第一组中的喷嘴形成的打印液滴与从第二组中的喷嘴形成的打印液滴沿喷嘴阵列方向相对于彼此不对准。当在喷嘴组之间存在相对组时间延迟时,从相邻喷嘴对形成直线的打印液滴将在不同时间从液体喷射流分裂。相对组时间延迟等于触发时间延迟77减去触发时间延迟76。

[0059] 在其他实施方式中,取代使用专用定时延迟设备78,定时延迟是供应给第一组或第二组之一的喷嘴50的液滴形成设备56的激励波形55所固有的,以使得从第一组中的喷嘴形成的打印液滴与从第二组中的喷嘴形成的打印液滴沿喷嘴阵列方向相对于彼此不对准。在另外的实施方式中,可以通过使向与第一喷嘴组和第二喷嘴组关联的液滴形成设备56提供的输入图像数据偏移,以使供应给第一组或第二组之一的喷嘴50的液滴形成设备的液滴形成波形55的定时偏移,从而实现定时延迟,以使得从第一组中的喷嘴形成的打印液滴与从第二组中的喷嘴形成的打印液滴沿喷嘴阵列方向相对于彼此不对准。

[0060] 在另外的实施方式中,喷嘴被布置到三个或更多个喷嘴组中,每个组均具有其自身的不同的组定时延迟,并且没有同一组的两个喷嘴是彼此相邻的。当利用三个喷嘴组时,喷嘴可以交错,以使得第一组中的喷嘴相邻于第二组中的喷嘴和第三组中的喷嘴;第二组中的喷嘴相邻于第三组中的喷嘴和第一组中的喷嘴;以及第三组中的喷嘴相邻于第二组中的喷嘴和第一组中的喷嘴。当利用三个喷嘴组时,喷嘴还可以交错,以使得每隔一个喷嘴是组之一的成员并且其他两个组交替位于包含每隔一个喷嘴的组中的两个喷嘴之间。

[0061] 图4A至图4C和图5A至图5C示出了在本发明的实施中使用的连续液体喷射系统40的各种实施方式。图4A至图4C示出了本发明的第一实施方式,其具有第一硬件配置并操作为在记录介质19上产生不同打印图案,其中打印液滴相对不偏转并使得打印液滴能够打印在记录介质上,而非打印液滴高度带电、被偏转并且被捕捉。图5A至图5C示出了本发明的第二实施方式,其具有第二公用硬件配置并操作为在记录介质19上产生不同打印图案,其中非打印液滴相对未被偏转并且被捕捉,而打印液滴高度带电、被偏转并且被打印在记录介质上。在图4A至图4C以及图4A和图5A中示出了在所生成的每个液滴均被打印的全打印条件下以最大记录介质速度操作的不同实施方式。图4B和图5B示出了在没有一个液滴被打印的

未打印条件下操作的不同实施方式。图4C和图5C示出了不同的实施方式,其示出了液滴中的一些液滴被打印而其他液滴未被打印的通常打印条件。

[0062] 图4A至图4C和图5A至图5C所示的连续液体喷射系统40的实施方式包括参照图1所示的连续喷墨系统描述的部件。这些附图示出了以与液体喷射流轴线87相一致的初始路径从喷嘴阵列的喷嘴50喷射的液体喷射流43。在这些附图中,喷嘴阵列会延伸到附图的平面中或附图的平面外。为图4A至图4C和图5A至图5C所示的所有实施方式所共用的元件包括也被称为喷射模块和液体喷射器的打印头12、液滴形成设备89以及用于接收打印液滴35的记录介质19。充电设备83和偏转机构14的各种实施方式也被包括在图4A至图4C和图5A至图5C所示的连续液体喷射系统40中。连续液体喷射系统40包括打印头12,打印头12包括与用于喷出液体喷射流43的喷嘴50的阵列流体连通的液体腔24。液体腔24被加压至足以通过液体腔的多个喷嘴50喷射液体喷射流43的压力,多个喷嘴沿喷嘴阵列方向设置。如针对图3所描述的那样,多个喷嘴被布置到第一组和第二组中,其中,第一组中的喷嘴与第二组中的喷嘴交错,以使得第一组中的喷嘴被定位在第二组中的相邻喷嘴之间,而第二组中的喷嘴被定位在第一组中的相邻喷嘴之间。在本发明的其他实施方式中,也可以将多个喷嘴布置在第三喷嘴组中,且第三组中的喷嘴与第一组中的喷嘴和第二组中的喷嘴交错,其中设置定时延迟设备包括设置下述定时延迟设备,该定时延迟设备被配置成使第三组的液滴形成波形的定时相对于第一组和第二组偏移。在其他实施方式中,可以以类似的方式添加更多交错的组。

[0063] 与每个液体喷射流43关联的是液滴形成设备89,液滴形成设备89用于对流经喷嘴50的液体喷射流43产生扰动。液滴形成设备89包括为激励转换器59提供激励波形55的序列的激励波形源56;波形的序列依赖于输入图像数据。在所示的实施方式中,激励转换器59形成在环绕喷嘴50的壁中。可以将分离的激励转换器59与多个喷嘴中的每个喷嘴集成。激励转换器59由液滴形成波形源56激发,液滴形成波形源56以基本频率 f 提供液体喷射流43的周期性激励。激励波形55中的能量脉冲的的幅度、持续时间、定时以及数量确定了液滴如何形成、在哪儿形成以及何时形成,包括分裂定时、分裂位置以及液滴的大小。连续液滴的分裂之间的时间间隔确定了液滴的大小(体积)。

[0064] 在连续液体喷射系统40的操作期间,来自激励控制器18(在图1中示出)的打印数据或图像数据被发送到激励波形源56,激励波形源56响应于所提供的数据生成时变电压脉冲的图形,以使得液滴流由从喷嘴50流出的液体喷射流形成。由激励波形源56提供给激励转换器59的特定液滴激励波形55确定连续液滴的分裂长度和液滴的大小(体积)。液滴激励波形响应于由图像处理器16提供给激励控制器18的打印数据或图像数据而变化。因此,从激励波形施加到激励转换器的能量脉冲的定时依赖于打印数据或图像数据。在本发明的实施中,响应于输入图像数据,需要使用至少两个不同的激励波形55,其中一个用于打印液滴35,其使得打印液滴35具有在范围 $R_p = L_p \pm \Delta L$ 中的分裂长度,另一个用于非打印液滴36,其使得非打印液滴36具有在范围 $R_{np} = L_{np} \pm \Delta L_{np}$ 中的分裂长度。分裂长度范围 R_p 与 R_{np} 彼此不同。

[0065] 充电设备83的各种实施方式包括充电电极44、44A和可选的第二充电电极45以及为相应的充电电极提供恒定电压的相应的充电电压源51、51A和可选的第二充电电压源49。偏转机构14包括负责使得一些液滴偏转的部件。在图4A至图4C所示的实施方式中,偏转机

构包括充电设备83和捕集器47,而在图5A至图5C所示的实施方式中,偏转机构包括偏转电极53和63。

[0066] 当电压势被施加到位于液体喷射流与如图4B所示的分裂点相邻一侧的充电电极44时,充电电极44在液滴分裂之前吸引喷射流的带电端部,并且在液滴从液体喷射流分裂后也吸引带电液滴36。在J.A.Katerberg的“Drop charging and deflection using a planar charge plate(利用平面充电板的液滴充电和偏转)”,4th International Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologies中描述了该偏转机构。捕集器47也构成偏转设备14的一部分。如由J.Robertson在美国专利No.3,656,171中描述的,在导电捕集器面的前方通过的带电液滴使得导电捕集器面52上的表面电荷以使带电液滴被吸引到捕集器面52的方式重新分布。

[0067] 为了选择性地液滴打印到衬底上,利用捕集器来拦截非打印液滴36,然后将非打印液滴36发送到墨回收单元15。图4A至图4C示出了第一实施方式,其中,被定位在充电电极44下方的接地捕集器47拦截沿非打印液滴路径38行进的液滴,而允许打印液滴35沿打印液滴路径37向下行进,以接触记录介质19并被打印。在图4A至图4C所示的实施方式中,非打印液滴高度带电、被偏转、由捕集器47捕捉并被回收,而打印液滴具有相对低的电荷并且相对未被偏转并且被打印到记录介质19上。在图4A中,打印液滴35的分裂长度32是 L_p , L_p 小于充电电极44到喷嘴平面的距离 d_e ,以使得当打印液滴35分裂时,相对低的电荷量转移到打印液滴35。打印液滴未被接地捕集器47偏转,并且打印液滴跟随相对未偏转的路径37,随后作为打印的墨滴46被打印在记录介质19上。在图4B中,非打印液滴36的分裂长度32为 L_{np} , L_{np} 接近充电电极44到喷嘴平面的距离 d_e ,以使得当非打印液滴35分裂时,较大的电荷被转移到非打印液滴35。非打印液滴被接地捕集器47偏转,并且非打印液滴跟随路径38,随后当非打印液滴在非打印液滴捕集器接触位置26处撞上捕集器面52时被捕捉。在图4C中,一些液滴是跟随相对未被偏转路径37的具有分裂长度 L_p 的打印液滴35,而一些液滴是具有分裂长度 L_{np} 并且跟随高度偏转路径38的非打印液滴36。

[0068] 图4A至图4C中所示的捕集器47还能够回收未被打印的墨,以使得该墨可以再次通过打印头喷射。为了正确操作这些图中所示的打印头12,捕集器47和/或捕集器底板57接地,以使得被拦截的液滴上的电荷在墨沿捕集器面52向下流动并进入墨被重新循环的墨回收通道58时消散。捕集器47的捕集器面52相对于图2中示出的液体喷射流轴线87成角 θ 。带电液滴36被吸引到接地捕集器47的捕集器面52。非打印液滴36在带电液滴捕集器接触位置26处被捕集器面52拦截,以形成沿捕集器47的面向下行进的墨膜48。捕集器的底部具有半径R的弯曲表面,包括捕集器底板57和在捕集器底板57之上的墨回收通道58,用于捕获并使墨膜48中的墨重新循环。在打印期间,需要使打印液滴不靠近由非打印液滴在捕集器面52上累积而形成的墨膜并且不被该墨膜拦截。通常,在墨回收通道58中进行真空抽吸,以使得墨膜48的厚度不增加。从捕集器面52到打印液滴路径37的最最近的接触点的距离为 d_c ,并且要求墨膜的厚度小于 d_c 减去液滴直径,并且可优选小于二分之一 d_c 。

[0069] 当液滴由图4B中的分裂长度 L_{np} 所指示的那样邻近于充电电极44分裂时,这些液滴高度带电。当电压源51向充电电极44施加正DC电势并且液体喷射流43接地时,在邻近于充电电极分裂的液滴36上会感应负电荷,这由各个液滴36内部的减号指示。尽管在这些图中没有电荷被示出在与充电电极44不相邻的位置 L_p 处分裂的液滴上,但是已发现在该液滴上

通常具有在幅度上小于相邻于充电电极44在 L_{np} 处分裂的液滴的电荷。在可替代的实施方式中,向充电电极44施加负DC电势而液体喷射流43接地,以使得在相邻于充电电极分裂的液滴上将感应正电荷。

[0070] 在图4A至图4C中,还示出了在距喷嘴平面的距离 d_{e2} 处的可选的第二充电电极45,距离 d_{e2} 与打印液滴35的分裂位置L相邻。用可选的电压源49向可选的第二充电电极45施加DC电势可以用来增加打印液滴与非打印液滴之间的电荷差,这可以导致打印液滴路径37与非打印液滴路径38之间分离更大。施加给第二充电电极的电势不同于施加给第一充电电极44的电势。在一些实施方式中,施加给第二充电电极45的电势是地电势。在这样的实施方式中,第二充电电极可以用作为屏蔽,以屏蔽液体喷射流的在分裂位置之一处的端部不受由第一充电电极产生的电场的影响。通过使用第二充电电极来增加打印液滴与非打印液滴之间的电荷差,在打印液滴与非打印液滴的轨迹之间产生增大的分离,这使得非打印液滴能够被捕集器容易地拦截。虽然图4A至图4C示出了位于第一充电电极44之上并且与第一充电电极44处在喷射流阵列的相同侧上的第二充电电极45,但是可以采用其他的配置。例如,可以使第二充电电极位于第一充电电极之上,比第一充电电极更靠近喷嘴板,但是位于喷射流阵列的相对侧上。在另一实施方式中,第一电极和/或第二充电电极可以包括喷射流阵列的一侧上的第一部分和喷射流阵列的第二侧上的第二部分,其中第一电极或第二电极的第一部分和第二部分保持在公共电势。

[0071] 即使在使用第二充电电极来增加打印液滴与非打印液滴之间的电荷差的幅度的情况下,打印液滴也可被充电。由于打印液滴上的电荷,当相邻打印液滴朝向记录介质在空气中行进时,在邻近的相邻打印液滴之间会发生静电相互作用。这些静电相互作用可以导致打印期间记录介质上的液滴布置误差。利用本发明通过将喷嘴设置到交错的组中来增加相邻打印液滴之间的距离,通过使在空气中来自相邻喷嘴的相邻打印液滴之间的距离增加而使这些液滴布置误差最小化。

[0072] 图5A至图5C示出了通过本发明的第二实施方式的液体喷射流的横截面视角,其中,相对未被偏转的非打印液滴36由捕集器67收集而使偏转的打印液滴35能够绕过该捕集器并且打印在记录介质19上。在该实施方式中,打印液滴35高度带电并且当打印液滴35沿打印液滴路径37行进时被偏转远离捕集器67,以使得打印液滴35能够接触记录介质19并且被打印。在该情况下,捕集器67拦截沿相对未偏转非打印液滴路径38行进的、带电较少的非打印液滴36。图5A示出了在全打印条件下生成的、以最大记录介质速度进行打印的液滴的序列;图5B示出了在未打印条件下生成的液滴的序列;并且图5C示出了在普通打印条件下生成的液滴的序列,在普通打印条件下,液滴中的一些被打印并且液滴中的一些未被打印。如图5A所示,打印液滴35的分裂长度是 L_p , L_p 接近于充电电极44和44A到喷嘴平面的距离 d_e ,以使得当打印液滴35分裂时大电荷被转移到打印液滴35。如图5B所示,非打印液滴36的分裂长度是 L_{np} , L_{np} 大于充电电极44和44A到喷嘴平面的距离 d_e ,以使得当非打印液滴36分裂时小电荷被转移到非打印液滴36。

[0073] 在图5A至图5C所示的实施方式中,充电电极包括定位在液体喷射流43的相对侧上的充电电极44和对称的充电电极44A,液体喷射流43居中位于充电电极44与对称的充电电极44A之间,液体喷射流处在距充电电极的每侧的距离 y_e 处。充电电极44与对称的充电电极44A可以由不同的导电材料或者由单一的导电材料制成,在两个半导体之间加工有平行的间

隙以将液体喷射流43的阵列容置在二者之间。充电电极的左部和右部通过充电电压源51和51A偏压至相同的电势。充电电压源51A可以是与充电电压源51相同的源,这是因为它们通常保持在相同的电势。在液体喷射流的与充电电极44相对的一侧上添加对称的充电电极44A,当被加偏压到相同电势时,在充电电极44与44A之间产生关于喷射流的中心几乎左右对称的区域。作为结果,在电极之间对从液体喷射流分裂的液滴的充电对喷射流的横向位置的小变化非常不敏感。电场关于液体喷射流的近似对称使得液滴能够在不对接近分裂的液滴施加显著的横向偏转力的情况下被充电。在该实施方式中,偏转机构14包括位于充电电极44和44A之下的一对偏转电极53和63。通常,两个偏转电极53和63相对于接地的液体喷射流被偏压至相反的极性。图5A至图5C中所示的这两个电极上的电势极性被示出为在电极之间产生使带负电的液滴向左偏转的电场。液滴偏转电场的强度依赖于这两个电极之间的间距和它们之间的电压。在该实施方式中,偏转电极53被正向地偏压,而偏转电极63被负向地偏压。这使得带负电的打印液滴35能够被朝向带正电偏转电极53吸引并且沿打印液滴路径37向下行进。

[0074] 在图5A至图5C所示的实施方式中,已使用刀刃捕集器67来拦截沿非打印液滴路径38行进的非打印液滴36。包括捕集器凸缘30的捕集器67位于该对偏转电极53和63之下。捕集器67和捕集器凸缘30定向为使得捕集器拦截沿非打印液滴路径38行进的带电较少的非打印液滴36,但不拦截沿打印液滴路径37行进的带电打印液滴35。优选地,捕集器被定位成使得撞击捕集器的液滴撞击捕集器凸缘30的倾斜表面,以使碰撞时的泼溅最小化。带电打印液滴35被打印在记录介质19上。

[0075] 对于给定的液滴形成基本周期,也被称为最大打印速度的、相对于打印头的最大记录介质速度被限定为下述速度,从以基本频率 f_0 受激的喷射流分裂的每个连续液滴能够以该速度、以由打印分辨率设置确定的预期液滴分离被打印。作为示例,对于以 $f_0=400\text{kHz}$ 的基本频率操作、以 $600\times 600\text{dpi}$ (每英寸液滴)的分辨率进行打印的打印头,最大打印速度是 16.93m/s 或 3333.33ft/min 。全打印条件被限定为其中输入图像数据中的每个图像像素均被打印在记录介质19上的一种情况。总的来说,在连续打印液滴之间形成以打印全打印条件的非打印液滴的数量依赖于记录介质速度。作为示例,当在全打印条件下以二分之一最大记录介质速度打印时,以基本频率 f_0 生成的每隔一个液滴将被打印,并且以基本频率 f_0 生成的每隔一个液滴将为非打印液滴。当在全打印条件下以 $1/4$ 最大记录介质速度打印时,以基本频率 f_0 生成的每隔3个液滴将被打印,并且以基本频率 f_0 生成的3个连续的液滴将为非打印液滴。在打印期间,图像数据像素将产生打印液滴35,当打印液滴35到达记录介质19时,打印液滴35将变为被打印的墨滴46。在全打印条件下,相邻的被打印墨滴46在记录介质19上彼此接触。

[0076] 图6至图9示出了下述示例,在这些示例中提供了在足以通过液体腔的多个喷嘴喷射液体喷射流的压力下的液体。所示出的是,在任何液滴被偏转并被捕集器捕捉前,以基本频率 f_0 产生的、从标记为1至7或1至4的相邻喷嘴在空气中行进的液滴的线的序列。从单个喷嘴生成的连续液滴之间的距离在所有的图中被示出为 λ ,并且等于液滴在一个基本周期 τ_0 期间在空气中行进的距离。在所有这些图中,由阵列中的所有喷嘴打印相同的打印图案,以使得请求所有的相邻喷嘴形成打印液滴或形成非打印液滴。这对应于根据记录介质速度打印一系列水平线或连续区域。在这些图的左侧示出的空气中的打印模式(标记为A)不利

用本发明的方法并且被标记为现有技术,而在这些图的右侧或中央示出的空气中的打印模式(标记为B、C和D)使用本发明的方法,该方法将喷嘴分为在其之间具有相对组时间延迟的交错的喷嘴组。在图6至图9的左侧示出的被标记为A的空气中的打印模式不利用相邻喷嘴的激励之间的任何定时偏移,并且未将喷嘴分成两个或更多个组,而在图6至图9的右侧示出的被标记为B、C和D的空气中的打印模式利用触发不同组中的喷嘴的激励之间的定时偏移由两个或更多个组中的相邻喷嘴生成。在这些图中,液滴从沿水平轴设置的喷嘴阵列竖直移动。在所有这些图中,打印液滴35被指示为图案化的填充圆,而非打印液滴36被指示为实心的黑色填充圆。在图6至图9中,液滴的每个列对应于来自单个喷嘴的液滴;所述列被标记为1至7或1至4。

[0077] 在图6B、图7B和图7C所示的示例中,沿喷嘴阵列方向设置多个喷嘴,多个喷嘴被布置到第一组G1和第二组G2中,其中第一组的喷嘴与第二组的喷嘴交错,以使得第一组的喷嘴被定位在第二组的相邻喷嘴之间,并且第二组的喷嘴被定位在第一组的相邻喷嘴之间。还设置定时延迟设备,以使供应给第一组或第二组之一的喷嘴的液滴形成设备的液滴形成波形的时间偏移,以使得由第一组的喷嘴形成的打印液滴与由第二组的喷嘴形成的打印液滴沿喷嘴阵列方向相对于彼此不对准。图8B、图8C、图6D和图9B示出的实施方式包括图6B、图7B和图7C的所有的上述特征,并且另外包括被布置成第三喷嘴组G3的多个喷嘴,第三组的喷嘴与第一组G1的喷嘴和第二组G2的喷嘴交错,其中设置定时延迟设备包括设置这样的定时延迟设备,其被配置成使第三组的液滴形成波形的时间相对于第一组和第二组偏移,以使得由第一组喷嘴形成的打印液滴、由第二组喷嘴形成的打印液滴以及由第三组喷嘴形成的打印液滴沿喷嘴阵列方向相对于彼此不对准。图6A和图6B是以最大打印速度操作的全液滴打印模式的示例,并且在这两种情况下,所有液滴具有相同的体积并且以与连续液滴形成之间为 τ_0 的时间间隔相对应的频率 f 生成。以该打印速度,用于使记录介质相对于打印头移动一个像素间隔所需的时间(该时间被称为像素间周期或打印周期)等于基本液滴形成周期 τ_0 。图6A示出了来自7个相邻喷嘴、在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期 τ_0 生成的液滴的每个线在未使用不同组的喷嘴之间的定时偏移的情况下被打印,这构成现有技术。图6B示出了来自相同的喷嘴、在空气中行进的液滴的相同序列,其中以基本频率生成的每个液滴根据本发明的实施方式使用在第一组G1的喷嘴与第二组G2的喷嘴之间的 $0.5\tau_0$ 定时偏移的情况下被打印。在图6A所示的打印模式中,被标记为1和2、2和3、3和4、4和5、5和6以及6和7的空气中的打印液滴彼此相邻,这些液滴之间的距离等于喷嘴间距。在图6B所示的、在本发明中实施的打印模式中,两个组之间的定时偏移使得被标记为1和2、2和3、3和4、4和5、5和6以及6和7的间隔开的相邻打印液滴与图6A的情况相比在其通过空气行进时彼此更远离地分开。由于带电液滴之间的静电相互作用与液滴之间的间距成反向变化,所以定时偏移降低了相邻带电打印液滴上的液滴间的静电相互作用,导致相邻打印液滴之间的静电排斥更小。

[0078] 在现有技术的系统中,相邻带电打印液滴之间的静电相互作用使得打印液滴彼此排斥并且彼此更远离地移开。这可以导致图10A示出的当打印液滴由两个或更多个相邻喷嘴形成,而非打印液滴形成在相邻打印液滴的任一侧上时图像的延展。在图6B中,当使用相邻喷嘴之间为 $0.5\tau_0$ 的组定时延迟时,相邻打印液滴之间的静电排斥显著减小,这导致来自相邻喷嘴的相邻带电打印液滴之间位移减小。如图10B所示,由于液滴间的排斥减少,所以

当打印液滴撞击记录介质时,打印液滴的延展更少。图6A和图6B是在全打印模式下以最大打印速度打印的示例。图6B所示的示例对应于利用相邻喷嘴之间为 $0.5\tau_0$ 的组定时延迟打印以最大打印速度生成的每个液滴,该组定时延迟对应于相邻打印液滴之间沿喷嘴阵列方向的二分之一打印周期偏移。当以最大打印速度打印在记录介质19上时,这表现为相邻打印像素之间沿喷嘴阵列方向的二分之一图像像素偏移。当沿接收器行进的方向观看时,这导致了在由第一喷嘴组和第二喷嘴组生成的打印液滴的位置之间的二分之一图像像素的固定偏移。虽然可以沿图10B的顶部边缘和底部边缘看到这二分之一像素偏移,但是通常在正常观看情况下不容易看到这二分之一像素偏移或交错。

[0079] 打印周期已被限定为以最大打印速度由单个喷嘴生成的连续打印液滴之间的最小时间间隔,并且打印周期等于基本液滴形成周期 τ_0 。当以小于最大打印速度打印时,限定有效打印周期是便利的,该有效打印周期等于以给定打印速度来自单个喷嘴的连续打印液滴之间的最小时间间隔。有效打印周期等于液滴形成周期 τ_0 乘以最大打印速度与实际打印速度的比值。因此,当以 $1/2$ 最大打印速度进行打印时,有效打印周期为 $2\tau_0$,并且当以 $1/4$ 最大打印速度进行打印时,有效打印周期为 $4\tau_0$ 。当利用相邻喷嘴之间的组定时延迟时,在不同组的喷嘴之间沿打印头与记录介质之间的相对运动方向的打印图像的图像像素偏移的幅度由组定时延迟与有效打印周期的比值给出。因此,当使用相邻喷嘴之间为 $0.5\tau_0$ 的组定时延迟以四分之一最大速度进行打印时,将导致打印的图像中相邻的列之间八分之一的图像像素偏移。

[0080] 图7A至图7C分别示出了以二分之一最大打印速度操作的全液滴打印模式的示例。以该打印速度,等于用于使记录介质相对于打印头移动一个像素间隔所需的时间的有效打印周期等于 $2.0\tau_0$,两倍于基本液滴形成周期。图7A示出了来自4个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个行的液滴在不使用不同组中的喷嘴之间的定时偏移的情况下打印;这是现有技术配置。图7B示出了根据本发明的实施方式的来自相同喷嘴在空气中行进的相同液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个行的液滴使用第一喷嘴组G1的喷嘴与第二喷嘴组G2的喷嘴之间为 $0.5\tau_0$ 的定时偏移进行打印。图7C示出了根据本发明的实施方式的来自相同喷嘴在空气中行进的相同液滴的序列,其中以基本周期生成的每隔一个行的液滴使用被标记为G1的第一喷嘴组的喷嘴与第二喷嘴组G2的喷嘴之间为 $1.0\tau_0$ 的定时偏移进行打印。在图7A所示的现有技术打印模式中,被标记为1和2、2和3以及3和4的空气中的打印液滴彼此相邻,这些打印液滴之间的距离等于喷嘴间距。在图7B所示的打印模式实施方式中,被标记为1和2、2和3、3和4的空气中的打印液滴由于两个喷嘴组之间的定时偏移而与图7A的情况相比再次彼此更远离的分开。这减小了在相邻带电打印液滴上的液滴间静电相互作用,导致相邻打印液滴之间的静电排斥更小。在图7B所示的示例中,已通过沿喷嘴阵列方向形成相邻打印液滴的过程中添加二分之一基本液滴形成周期 $0.5\tau_0$ 的组定时延迟偏移来减小来自相邻喷嘴的相邻打印液滴之间的静电作用。这对应于为四分之一打印周期的定时偏移。当以该速度打印在记录介质19上时,喷嘴组之间的组定时延迟偏移产生相邻打印图像像素之间沿喷嘴阵列方向的四分之一图像像素偏移。在图7C所示的示例中,通过使用第一组G1的喷嘴与第二组G2的喷嘴之间形成的一个基本液滴形成周期 τ_0 的组定时延迟偏移,已进一步增加了相邻打印液滴之间的间距并且进一步减小了来自相邻喷嘴的相邻打印液滴之间的静电相互作用。该定时偏移对应于二分之一打印周

期。当以该速度打印在记录介质19上时,该组定时延迟偏移产生相邻打印图像像素之间沿喷嘴阵列方向之二分之一图像像素偏移。当以600dpi或更高的分辨率打印时,这样的偏移在正常观看情况下是不可见的。

[0081] 在图7B中,第一组与第二组之间的定时偏移与图6B中所使用的时间偏移同为 $0.5\tau_0$,尽管图7B中的打印速度是图6B中的最大打印速度的二分之一。这些图示出:在本发明的一些实施方式中,喷嘴组之间的组定时延迟偏移同样独立于打印速度。在这些实施方式中,来自两个组的喷嘴的打印图像中的图像像素偏移根据打印速度而变化;在图7B的打印速度下,组之间的偏移为四分之一像素偏移,并且在图6B的打印速度下,打印偏移为二分之一像素。在利用喷嘴组之间的固定定时偏移的本实施方式中,最近的相邻打印液滴之间的间距(例如液滴1与液滴2对之间的间距)独立于打印速度保持固定。在另一方面,本发明的其他实施方式使用依赖于打印速度的、喷嘴组之间的组定时延迟,以使得来自不同组的喷嘴的打印图像的图像像素偏移相同并且独立于打印速度。作为示例,图7C和图6B示出了根据打印速度而变化的喷嘴组之间的组定时延迟偏移。在以图6B中的最大打印速度打印时的组时间延迟为 $0.5\tau_0$,这在打印的图像中产生二分之一图像像素偏移。在图7C中,以二分之一最大速度进行打印,喷嘴组之间的组时间延迟为 $1.0\tau_0$ 。——图6B中所使用的组时间延迟的两倍,这在从两个喷嘴组中的喷嘴打印的过程中也产生二分之一图像像素偏移。在这些其他实施方式中,组定时延迟随着打印速度而变化,以使得两个组中的喷嘴之间的图像像素偏移独立于打印速度保持恒定。由于定时偏移随打印速度降低而增加,因此本实施方式在打印液滴之间提供增大的间隔,从而当打印速度降低时减小液滴间的相互作用。

[0082] 图8A至图8D示出了以二分之一最大打印速度操作的全液滴打印模式的示例。图8A示出了来自7个相邻喷嘴在空气中行进的液滴的序列,其中在不利用不同组中的喷嘴之间的定时延迟偏移的情况下来打印由喷嘴以基本周期生成的每隔一行的液滴;这是现有技术定时。图8B至图8D示出了本发明的各实施方式,在各实施方式中喷嘴被布置到三个喷嘴组中,其中每个喷嘴组均具有其自身不同的组定时延迟并且没有属于相同组的两个喷嘴彼此相邻。图8B和图8D示出了下述配置,在该配置中喷嘴交错,以使得第一组的喷嘴邻近于第二组的喷嘴和第三组的喷嘴;第二组的喷嘴邻近于第三组的喷嘴和第一组的喷嘴;并且第三组的喷嘴邻近于第二组的喷嘴和第一组的喷嘴。图8C示出了下述配置,在该配置中喷嘴交错,以使得每隔一个喷嘴是各组中的一个组,并且其他两个组交替位于包含上述每隔一个喷嘴的组中的两个喷嘴之间。

[0083] 图8B示出了本发明的另一实施方式,其形成来自图8A所示的相同喷嘴在空气中行进的液滴的相同序列,在该实施方式中喷嘴已被布置成三个交错的喷嘴组,其中第一组G1的喷嘴、第二组G2的喷嘴及第三组G3的喷嘴交错,以使得第一组的喷嘴和第二组的喷嘴被定位在第三组的相邻喷嘴之间;并且第二组的喷嘴和第三组的喷嘴被定位在第一组的相邻喷嘴之间;并且第一组的喷嘴和第三组的喷嘴被定位在第二组的相邻喷嘴之间。在该实施方式中,在三个组G1、G2和G3的喷嘴之间使用 $0.5\tau_0$ 和 $1.0\tau_0$ 的组定时延迟;组G1与相邻的组G2之间的组定时延迟为 $0.5\tau_0$,组G2与相邻的组G3之间的组定时延迟为 $0.5\tau_0$,并且组G3与相邻的组G1之间的组定时延迟为 $1.0\tau_0$ 。在图8A所示的打印模式中,被标记为1和2、2和3、3和4、4和5、5和6以及6和7的空气中的打印液滴彼此相邻,这些液滴之间的距离等于喷嘴间距。在图8B所示的打印模式实施方式中,被标记为1和2、2和3、4和5、5和6的空气中的打印液滴

在其之间具有 $0.5\tau_0$ 的组定时延迟偏移并且与图8A的情况相比彼此更远离地分开,被标记为3和4以及6和7的空气中的打印液滴在其之间具有 $1.0\tau_0$ 的组定时延迟偏移,使得其与图8A所示的被标记为1和2、2和3、4和5、5和6的空气中的打印液滴相比彼此更远离地分开。这减小了在相邻带电打印液滴上的电荷间的相互作用,导致相邻打印液滴之间更小的静电排斥。当以二分之一最大打印速度打印在记录介质19上时,这表现为相邻打印图像像素之间沿喷嘴阵列方向的四分之一图像像素偏移和二分之一图像像素偏移。

[0084] 在图8B所示的实施方式中, $0.5\tau_0$ 和 $1.0\tau_0$ 的组延迟定时偏移产生在组3与组1之间的对称分裂。在某些打印应用中,期望均匀地分割相位偏移,以避免对称分裂。图8D示出了如图8B所示的相同的喷嘴组配置,但是在三个组G1、G2和G3的喷嘴之间使用 $2/3\tau_0$ 的组定时延迟;组G1与相邻的组G2之间的组定时延迟为 $2/3\tau_0$,组G2与相邻的组G3之间的组定时延迟为 $2/3\tau_0$,并且组G3与相邻的组G1之间的组定时延迟为 $2/3\tau_0$ 。该实施方式均匀地分割相邻组的喷嘴之间的相位偏移,并避免图8B的实施方式的对称分裂。然而,当打印大于三个像素宽的水平线时,有必要将周期性像素偏移引入到数据中,以避免产生倾斜线。在图8D所示的实施方式中,被标记为1和2、2和3、3和4、4和5、5和6、6和7的空气中的相邻打印液滴中的每个的液滴在其之间分别具有 $2/3\tau_0$ 的组定时延迟偏移。然而,线向右倾斜上升。为了避免于此,有必要使用于液滴4、5和6的数据分别向下偏移一个像素至液滴4a、5a和6a,并且使用于液滴7的数据向下偏移两个像素至液滴7b。可替代地,打印头可以相对于记录介质和记录介质的运动稍微偏斜,以对横跨阵列的漂移进行补偿。该实施方式还导致相邻打印液滴与图8A的情况相比彼此更远离地分开,降低了相邻带电打印液滴上的电荷间的相互作用,导致相邻打印液滴之间的静电排斥更小。当以二分之一最大打印速度打印在记录介质19上时,这表现为相邻打印图像像素之间沿喷嘴阵列方向的三分之一图像像素偏移和三分之二图像像素偏移。

[0085] 图8C示出了本发明的另一实施方式,其形成来自相同喷嘴在空气中行进的液滴的相同序列,在该实施方式中喷嘴被布置成三个交错的组,其中喷嘴组中的任一喷嘴组的相邻喷嘴被其他组中的至少一个组的至少一个喷嘴隔开。组G1的相邻喷嘴由来自组G2或来自组G3的一个喷嘴隔开。组G2的相邻喷嘴由组G1的两个喷嘴和来自组G3的一个喷嘴隔开。类似地,组G3的相邻喷嘴由组G1的两个喷嘴和来自组G2(未示出)的一个喷嘴隔开。每个相邻喷嘴对在其之间具有相同幅度的组时间延迟;所示出的组时间延迟为 $0.5\tau_0$ 。来自组G1的喷嘴的液滴的分裂时间比来自组G3的喷嘴的液滴的分裂滞后了 $0.5\tau_0$ 的组时间延迟,并且来自G2的喷嘴的液滴的分裂时间比组G1的喷嘴的液滴分裂时间滞后了 $0.5\tau_0$ 。在图8C所示的打印模式中,被标记为1至7的空气中的所有的打印液滴在相邻液滴之间具有 $0.5\tau_0$ 的定时偏移,并且与图8A的情况相比彼此更远离地分开。这进一步减小了相邻带电打印液滴上电荷间的相互作用,导致相邻打印液滴之间的静电排斥更小。当以二分之一最大打印速度打印在记录介质19上时,这表现为相邻打印图像像素之间沿喷嘴阵列方向的 \pm 四分之一的图像像素偏移。

[0086] 图9A至图9B也示出了以四分之一最大打印速度操作的全液滴打印模式的示例。以该打印速度,瞄准连续像素的打印液滴被三个非打印液滴隔开。图9A示出了根据现有技术不同组中的喷嘴之间不具有的定时偏移的来自7个相邻喷嘴的、在空气中行进的液滴的序列,而图9B示出了在本发明的实施方式中在被布置到被标记为G1、G2和G3的三个组中的

相邻喷嘴对之间使用 $1.0\tau_0$ 和 $2.0\tau_0$ 的定时偏移的情况下来自相同的7个相邻喷嘴的、在空气中行进的液滴的相同序列。在图9A所示的打印模式中,被标记为1和2、2和3、3和4、4和5、5和6以及6和7的空气中的打印液滴彼此相邻,这些液滴之间的距离等于喷嘴间隔。在图9B所示的打印模式中,被标记为1和2、2和3、4和5、5和6的空气中的打印液滴在其之间具有 $1.0\tau_0$ 的定时偏移并且与图9A的情况相比彼此更远离地分开,而被标记为3和4以及6和7的空气中的打印液滴在其之间具有 $2.0\tau_0$ 的定时偏移,使得其与图9A所示的被标记为1和2、2和3、4和5、5和6的空气中的打印液滴相比彼此更远离地分开。这进一步减小了相邻带电打印液滴上电荷间的相互作用,导致相邻打印液滴之间的静电排斥更小。当以四分之一最大打印速度打印在记录介质19上时,这表现为在相邻打印图像像素之间沿喷嘴阵列方向的四分之一像素偏移和二分之一像素偏移。

[0087] 从上述讨论可以看出,使用两个喷嘴组的打印机可以被设计成使得在液滴碰撞接收器的情况下,当独立于接收器速度沿接收器行进的方向观看时在由第一喷嘴组和第二喷嘴组生成的打印液滴的位置之间存在固定的图像像素偏移。如上所述,当如图6B所示在被布置到两个组中的相邻喷嘴之间使用为 $0.5\tau_0$ 的组定时延迟以最大打印速度打印时,导致当沿接收器行进的方向观看时,在由第一喷嘴组和第二喷嘴组生成的打印液滴的位置之间产生二分之一图像像素的固定偏移。同样,如图7C所示在被布置到两个组中的相邻喷嘴之间使用 $1.0\tau_0$ 的组定时延迟以二分之一最大打印速度打印,也会导致当沿接收器行进的方向观看时在由第一喷嘴组和第二喷嘴组生成的打印液滴的位置之间产生二分之一图像像素的固定偏移。类似地,使用三个喷嘴组的打印机也可以被设计成使得在液滴击打接收器的情况下,当独立于接收器速度沿接收器行进的方向观看时,在由第一喷嘴组、第二喷嘴组和第三喷嘴组生成的打印液滴的位置之间存在固定的偏移。如图8B所示使用在相邻喷嘴对之间具有 $0.5\tau_0$ 和 $1.0\tau_0$ 的定时偏移的三个喷嘴组以二分之一最大打印速度进行打印和如图9B所示使用在相邻喷嘴对之间具有 $1.0\tau_0$ 和 $2.0\tau_0$ 的定时偏移的三个喷嘴组以四分之一最大打印速度进行打印,均导致在相邻打印图像像素之间沿喷嘴阵列方向产生四分之一图像像素和二分之一图像像素的固定偏移。如果打印速度降低为原来的 $1/m$ 而喷嘴组之间的定时偏移以同样的因数 m 增加为原来的 m 倍,则当独立于 m 的值沿接收器行进的方向观看时,在由不同喷嘴组生成的打印液滴的位置之间存在固定的偏移。因此,可以用打印速度来调整相邻喷嘴之间的定时偏移,以使得当独立于接收器速度沿接收器行进的方向观看时,在由不同喷嘴组中的喷嘴所生成的打印液滴的位置之间存在固定的偏移。当在普通上下文中观看时,这样的子像素偏移不会令眼睛不舒服。

[0088] 图10A和图10B示出了使用分别以 $600\times 600\text{dpi}$ 的打印密度进行打印的现有技术和本发明的方法以 $1/4$ 最大打印速度打印的模拟图像。图10A中所示的图像使用现有技术方法,在相邻喷嘴之间不使用组定时延迟,而图10B中所示的图像使用本发明的实施方式,使用在相邻喷嘴之间具有 $2\tau_0$ 的组定时延迟的2个喷嘴组。竖直的“T”是33个像素高和27个像素宽,具有5个像素宽的竖直躯干。竖直的“T”的顶部是2个像素高和27个像素宽,在该顶部的两个边缘处具有向下延伸的非对称的边缘。使用带电粒子动力学模型来计算图10A和图10B所示的模拟打印图像。如图10A所示,观测到:在不对相邻喷嘴中的打印液滴的分裂的定时进行偏移的情况下,从相邻喷嘴打印的邻近液滴之间发生显著的静电排斥。这使得与理想的图像相比较在记录介质的运动轴线上的打印线彼此向外延展。“T”的顶部和底部比理

想图像中更宽, 竖直躯干更宽, 并且在相邻的竖线之间出现间隙。从打印液滴的行的最左侧打印喷嘴打印的液滴和从打印液滴的行的最右侧打印喷嘴打印的液滴由于在现有技术情况下可能具有的液滴间的相互作用而与该行中剩余的液滴被间隙分开。图10B模拟了通过使用本发明的实施方式获得的改进的打印质量, 该实施方式在相邻喷嘴之间具有组定时延迟。在该情况下, 消除了在相邻喷嘴之间不使用组定时延迟的现有技术中观测到的大部分的缺陷。图10A所示的大部分的延展缺陷与相邻竖直线之间的间隙被消除。图像数据显示出在相邻像素之间沿垂直轴线存在与期望一致的二分之一像素偏移。当以正常大小打印时, 该二分之一像素偏移不会令观看者不舒服。

[0089] 尽管在上文所示的实施方式中, 打印液滴和非打印液滴基本上具有相同的体积, 但是如由T. Yamada在美国专利No. 4, 068, 241中和B. Barbet在美国专利No. 7, 712, 879中所描述的那样本发明可以使用具有不同体积的打印液滴和非打印液滴来实施。为了以不同体积来实施本发明, 在足以通过液体腔的多个喷嘴喷射液体喷射流的压力下将液体提供给打印头, 多个喷嘴沿喷嘴阵列方向设置, 多个喷嘴被布置到第一组和第二组中, 其中第一组的喷嘴与第二组的喷嘴交错, 以使得第一组的喷嘴被定位在第二组的相邻喷嘴之间, 而第二组的喷嘴被定位在第一组的相邻喷嘴之间。还设置与多个喷嘴中的每个关联的液滴形成设备。提供输入图像数据, 并且为液滴形成设备中的每个设置用于调制液体喷射流的液滴形成波形的序列, 以响应于输入图像数据选择性地使得液体喷射流的各个部分分裂成具有打印液滴体积 V_p 的一个或多个打印液滴和具有非打印液滴体积 V_{np} 的一个或多个非打印液滴的流, 其中打印液滴体积与非打印液滴体积彼此不同。还设置用于使供应给第一组或第二组之一的喷嘴的液滴形成设备的液滴形成波形的定时发生偏移的定时延迟设备, 以使得从第一组的喷嘴形成的打印液滴与从第二组的喷嘴形成的打印液滴沿喷嘴阵列方向相对于彼此不对准。还提供充电设备, 包括: 与从第一组中的喷嘴和第二组中的喷嘴二者形成的液体喷射流关联的第一公用充电电极; 以及在第一充电电极与液体喷射流之间的恒定的电势源。第一公用充电电极相对于液体喷射流的分裂的附近被定位, 以在体积 V_p 的液滴上产生打印液滴电荷状态, 并在体积 V_{np} 的液滴上产生基本上不同于打印液滴电荷状态的非打印液滴电荷状态。提供偏转设备, 以使得使用偏转设备使具有打印液滴电荷状态的打印液滴与具有非打印液滴电荷状态的非打印液滴沿不同的路径行进。还提供捕集器, 以拦截非打印液滴, 并允许打印液滴沿朝向接收器的路径继续行进。

[0090] 图11示出了概述根据本发明的各种实施方式的实施打印的方法所需的步骤的框图。参照图11, 打印的方法以步骤150开始。在步骤150中, 在足以通过液体腔中的喷嘴的线性阵列喷射液体喷射流的压力下提供加压的液体, 在液体腔中喷嘴被布置到两个或多个喷嘴的组中, 其中相邻喷嘴处在不同的组中。步骤150后面是步骤155。

[0091] 在步骤155中, 通过为与液体喷射流中的每个液体喷射流关联的液滴形成设备设置液滴形成波形来调制液体喷射流, 液滴形成波形使得液体喷射流的多个部分响应于图像数据分裂成一系列打印液滴或非打印液滴。在打印期间, 图像数据和已知的记录介质速度用于确定向喷嘴阵列中的液滴形成设备中的每个施加哪个液滴形成波形, 作为时间的函数。液滴形成波形调制液体喷射流, 以响应于输入图像数据选择性地使得液体喷射流的多个部分分裂成具有打印液滴分裂长度范围 L_p 中的喷射流分裂长度 L 的一个或多个打印液滴的流和具有非打印液滴分裂长度范围 L_{np} 中的喷射流分裂长度 L' 的一个或多个非打印

液滴的流,其中打印液滴分裂长度范围 L_p 与非打印液滴分裂长度范围 L_{np} 彼此不同。步骤155后面是步骤160。

[0092] 在步骤160中,设置定时延迟设备,以调整不同组的喷嘴之间的相对分裂时间。这是实施本发明的关键步骤。要注意到,定时延迟设备可以是具有如在图3的讨论中所描述的施加给不同组的时间延迟的单独的触发器,或者定时延迟设备可以是施加给喷嘴阵列的波形中所固有的,或者可以通过使输入图像数据偏移来设置定时延迟设备。步骤160后面是步骤165。

[0093] 在步骤165中,设置与液体喷射流关联的公用充电设备。公用充电设备包括充电电极和充电电压源。公用充电设备被定位成相邻于液体喷射流,以在打印液滴上产生打印液滴电荷状态并在非打印液滴上产生非打印液滴电荷状态,打印液滴电荷状态与非打印液滴电荷状态彼此不同。步骤165后面是步骤170。

[0094] 在步骤170中,使打印液滴与非打印液滴发生不同的偏转。静电偏转设备用于使得打印液滴沿与非打印液滴的路径不同的路径行进,非打印液滴沿第二路径行进。偏转设备可以包括充电电极、偏压电极、捕集器以及其他部件。步骤175后面是步骤180。

[0095] 在步骤175中,非打印液滴由捕集器拦截以进行回收,并且打印液滴不被捕集器拦截,并能够接触记录介质并且被打印。

[0096] 通常,可以实施本发明以生成在1至100 μ l的范围内的打印液滴,其中喷嘴直径在5至50 μ m的范围内,依赖于被打印的图像的分辨率要求。喷射流速度优选地在10至30m/s的范围内。基本液滴生成频率优选地在50至1000kHz的范围内。

[0097] 本发明使得液滴能够被选择用于打印或非打印,而不需要如在基于传统静电偏转的喷墨打印机中见到的那样对液体喷射流的阵列中的每个液体喷射流使用单独的充电电极。替代地,利用单个公用充电电极对来自阵列中的液体喷射流的液滴进行充电。这消除了使充电电极中的每个充电电极严格地对准喷嘴的需要。借助于与不同的液体喷射流关联的充电电极对来自一个液体喷射流的液滴的交叉充电(crosstalk charging)不成问题。由于交叉充电不成问题,所以不必如传统液滴充电系统所要求的那样使充电电极与液体喷射流之间的距离最小化。公用充电电极还提出了改进的充电和偏转效率,从而允许在喷射流与电极之间更大的分离距离。在充电电极与喷射流轴线之间处在25至300 μ m的范围内的距离是可用的。用于每个液体喷射流的个体的充电电极的消除允许比每个喷嘴均需要单独的充电电极的传统静电偏转连续喷墨系统更高的喷嘴密度。将喷嘴布置到各个组中以使得没有相邻的喷嘴处在相同的喷嘴组中并且设置时间延迟设备以使供应给各个喷嘴组的液滴形成波形的定时偏移,确保了从各个组中的喷嘴形成的打印液滴沿喷嘴阵列方向彼此不对准,这降低了相邻打印液滴之间的静电相互作用,从而导致更少的液滴布置误差。喷嘴阵列密度可以在每英寸(npi)75个喷嘴至每英寸1200个喷嘴的范围内。

[0098] 部件列表

[0099] 10——连续喷墨打印系统

[0100] 11——墨储存器

[0101] 12——打印头或液体喷射器

[0102] 13——图像源

[0103] 14——偏转机构

- [0104] 15----墨回收单元
- [0105] 16----图像处理器
- [0106] 17----逻辑控制器
- [0107] 18----激励控制器
- [0108] 19----记录介质
- [0109] 20----墨压力调节器
- [0110] 21----介质传输控制器
- [0111] 22----传输辊
- [0112] 24----液体腔
- [0113] 26----非打印液滴捕集器接触位置
- [0114] 30----捕集器凸缘
- [0115] 32----分裂位置
- [0116] 35----打印液滴
- [0117] 36----非打印液滴
- [0118] 37----打印液滴路径
- [0119] 38----非打印液滴路径
- [0120] 40----连续液体喷射系统
- [0121] 42----喷嘴孔平面
- [0122] 43----液体喷射流
- [0123] 44----充电电极
- [0124] 44A----对称充电电极
- [0125] 44F----充电电极的前表面
- [0126] 45----可选的第二充电电极
- [0127] 46----打印的墨滴
- [0128] 47----捕集器
- [0129] 48----墨膜
- [0130] 49----可选的充电电压源
- [0131] 50----喷嘴
- [0132] 51----充电电压源
- [0133] 51A----充电电压源
- [0134] 52----捕集器面
- [0135] 53----偏转电极
- [0136] 55----激励波形
- [0137] 56----激励波形源
- [0138] 57----捕集器底板
- [0139] 58----墨回收通道
- [0140] 59----液滴形成转换器
- [0141] 63----偏转电极
- [0142] 67----捕集器

- [0143] 76----第一组触发器
- [0144] 77----第二组触发器
- [0145] 78----组定时延迟设备
- [0146] 83----充电设备
- [0147] 87----液体喷射流轴线
- [0148] 89----液滴形成设备
- [0149] 150----通过喷嘴提供加压液体的步骤
- [0150] 155----提供液滴形成设备的步骤
- [0151] 160----提供定时延迟设备的步骤
- [0152] 165----提供公用充电设备的步骤
- [0153] 170----使所选择的液滴偏转的步骤
- [0154] 175----拦截所选择的液滴的步骤

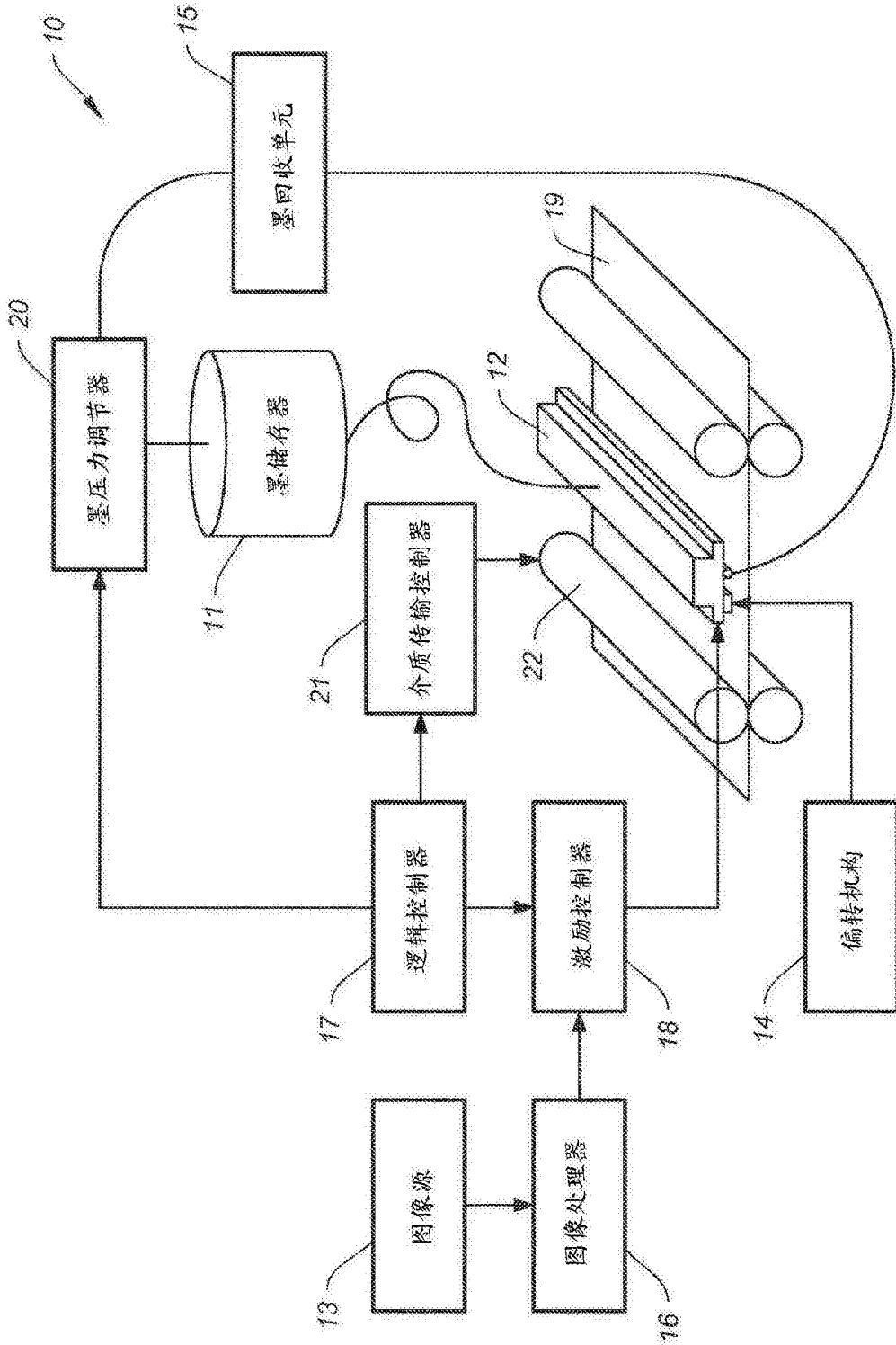


图1

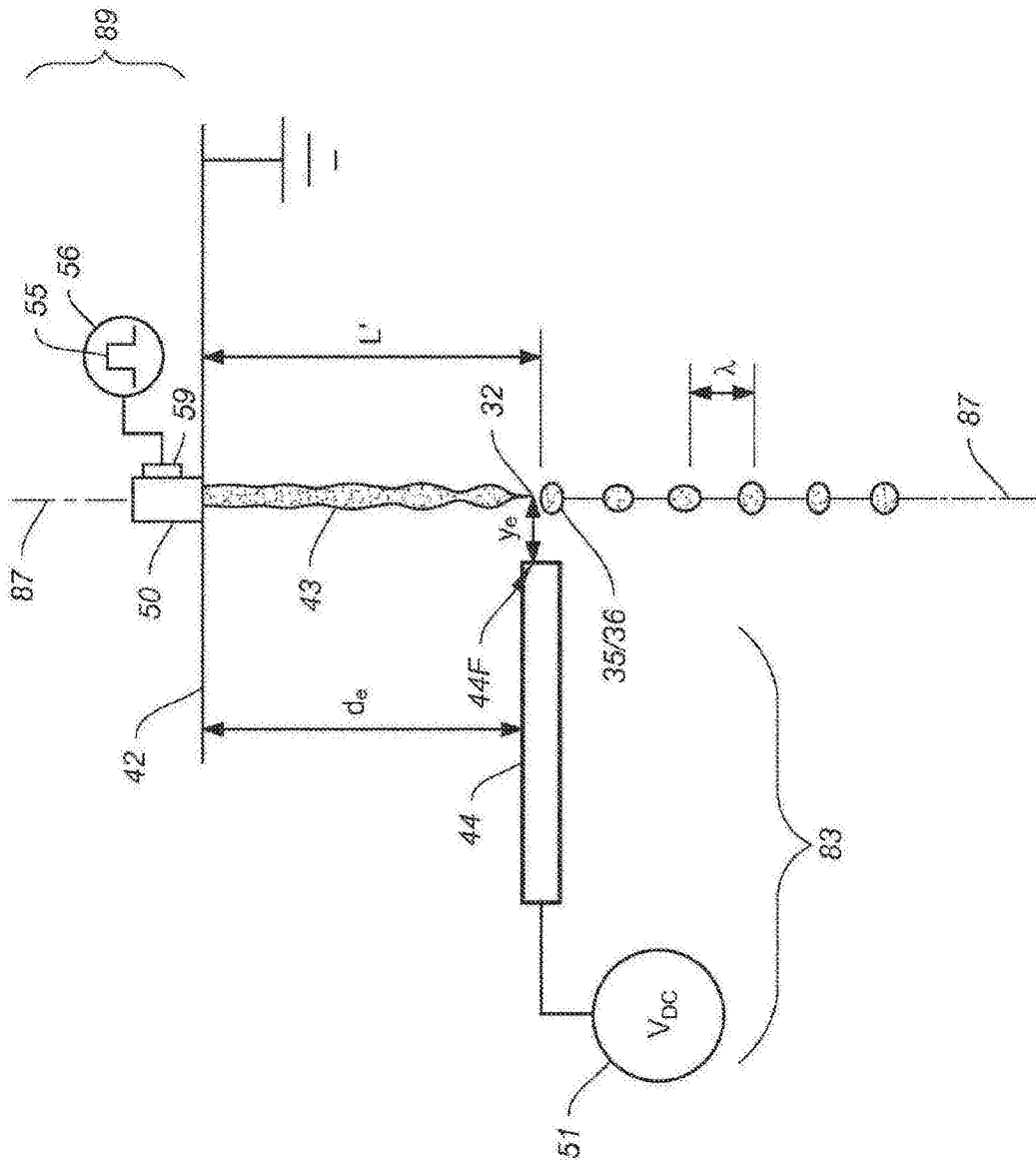


图2B

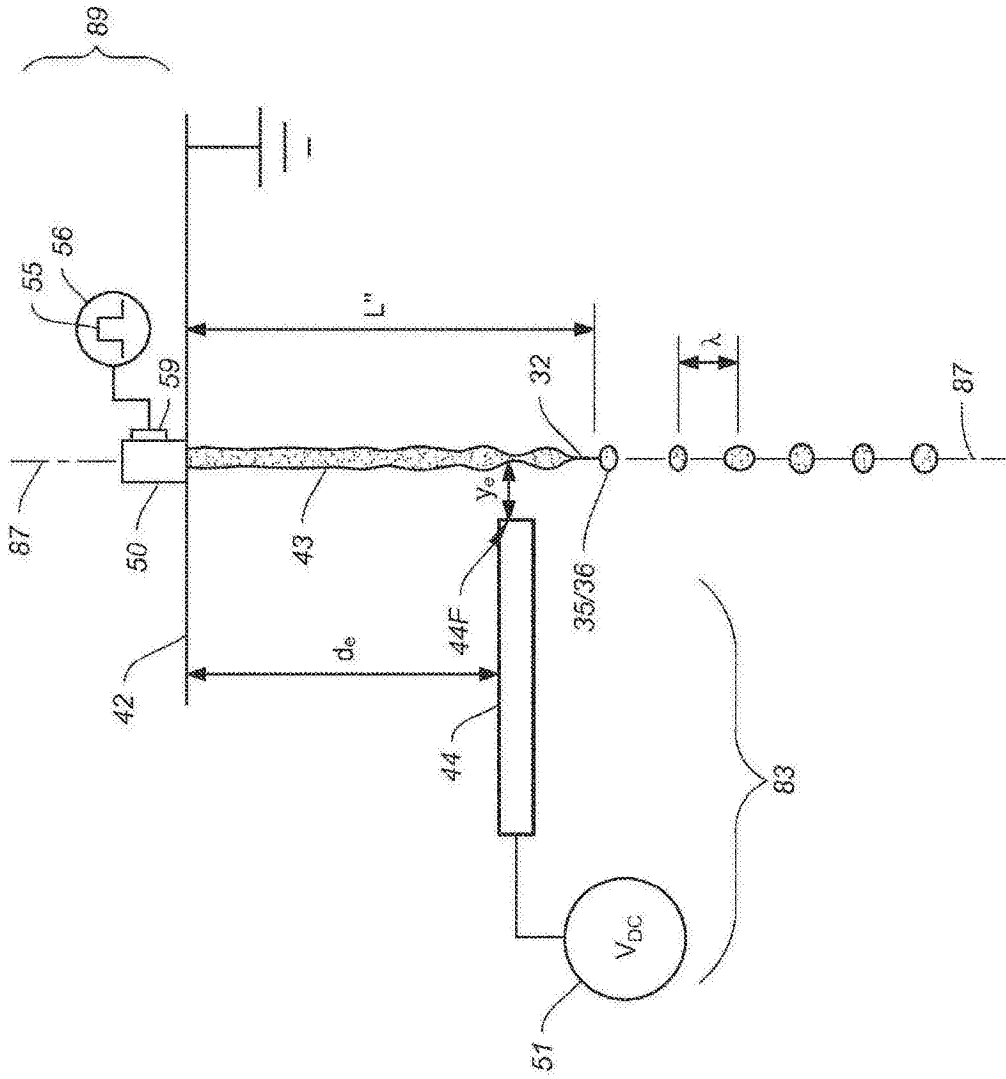


图2C

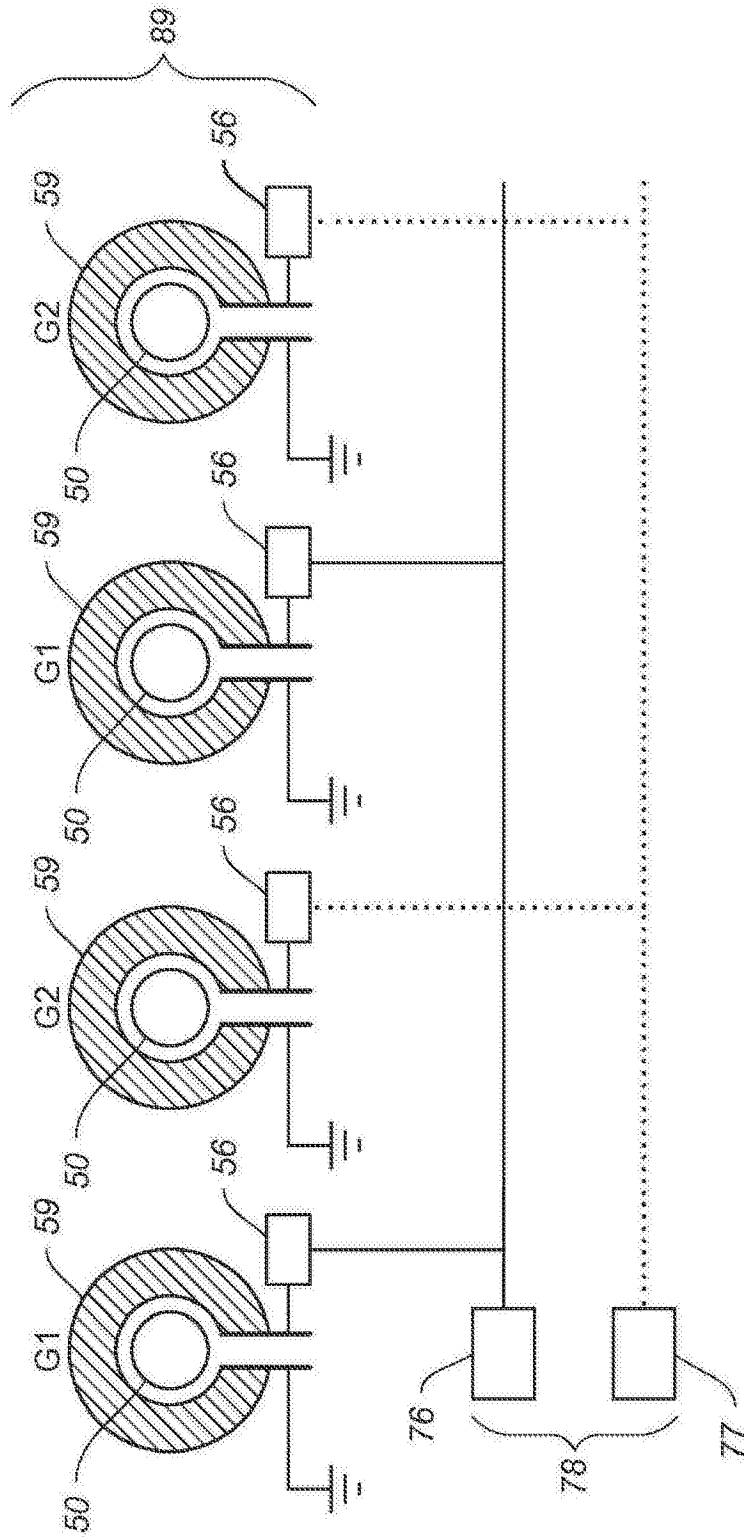


图3

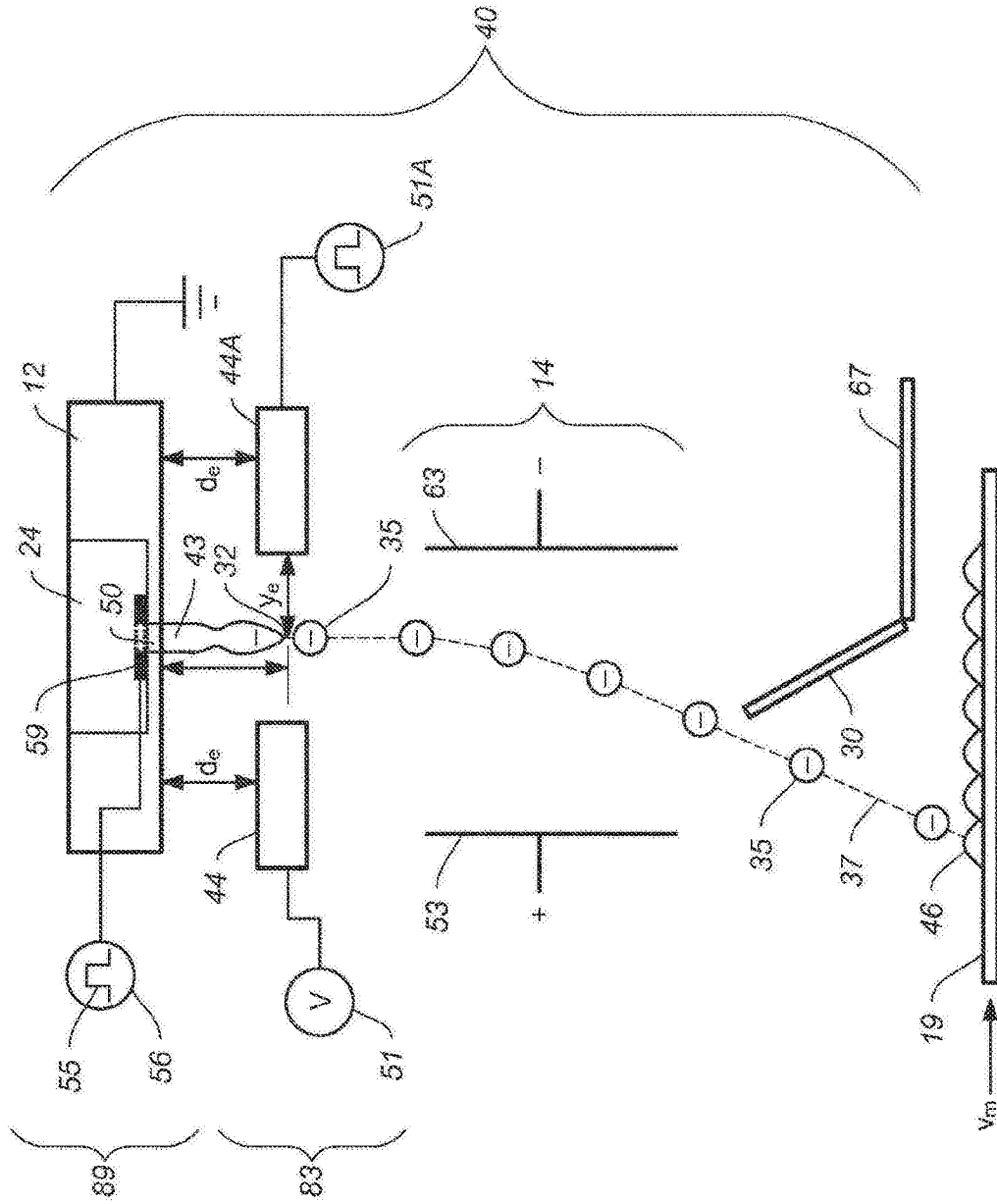


图5A

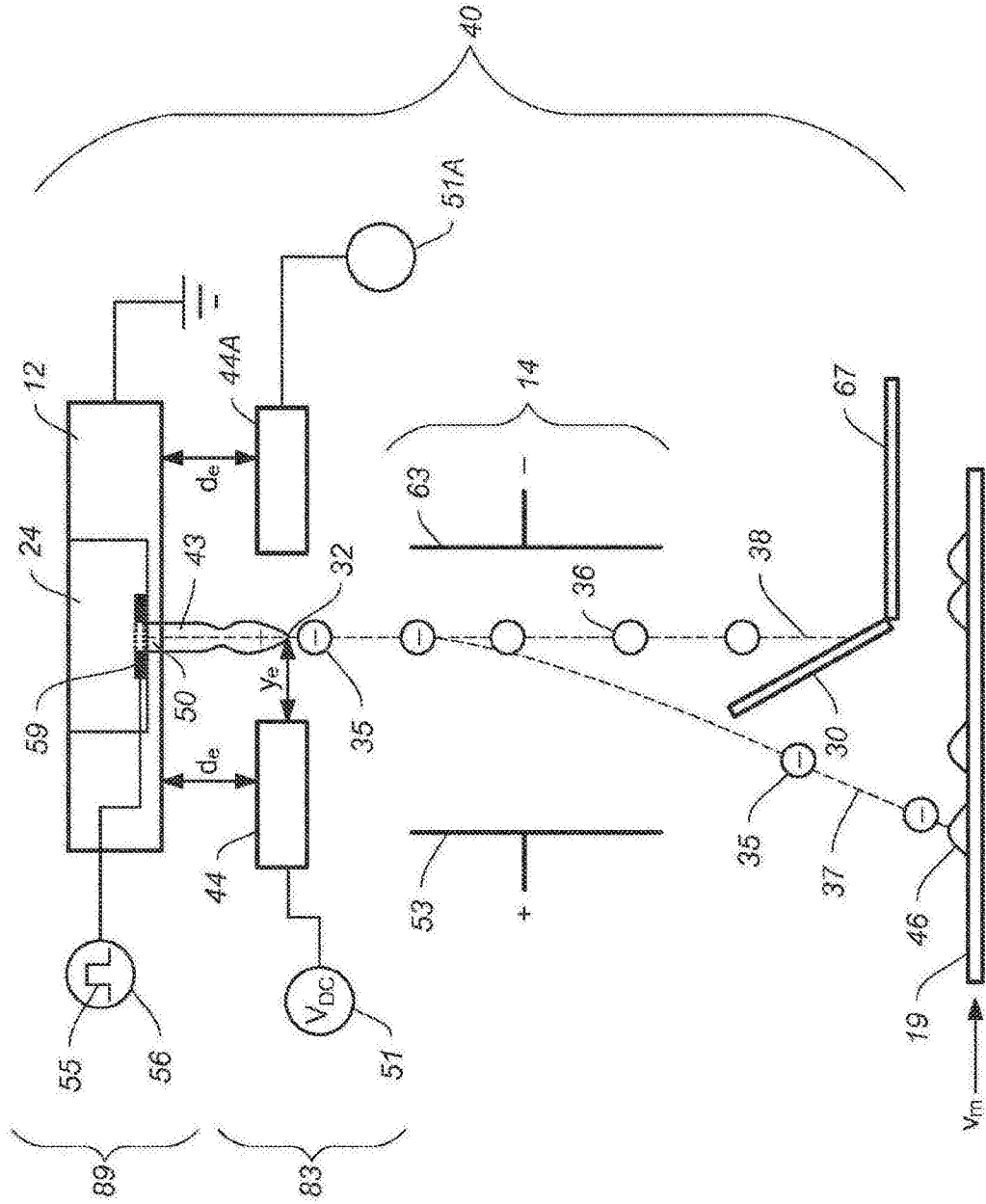


图5C

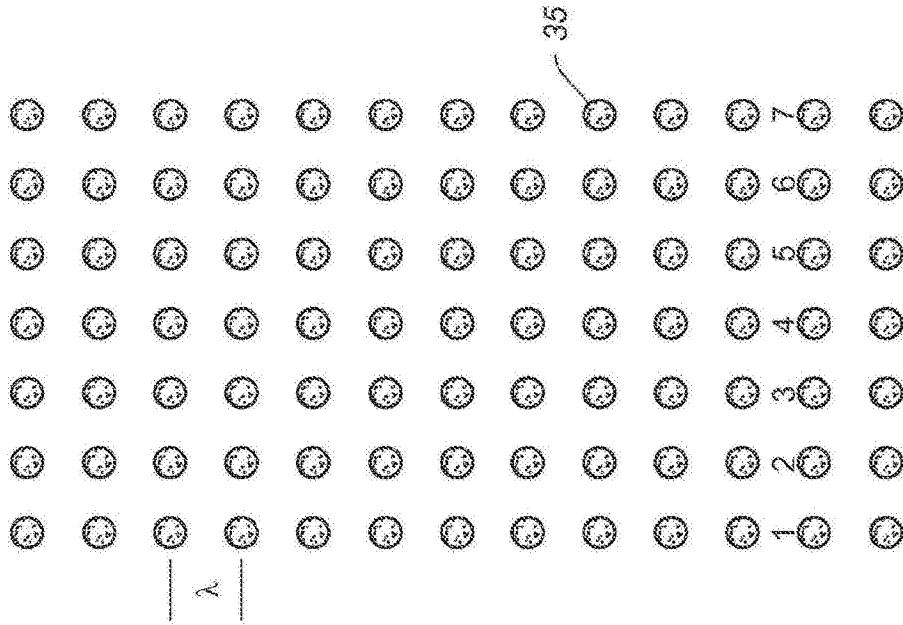


图6A

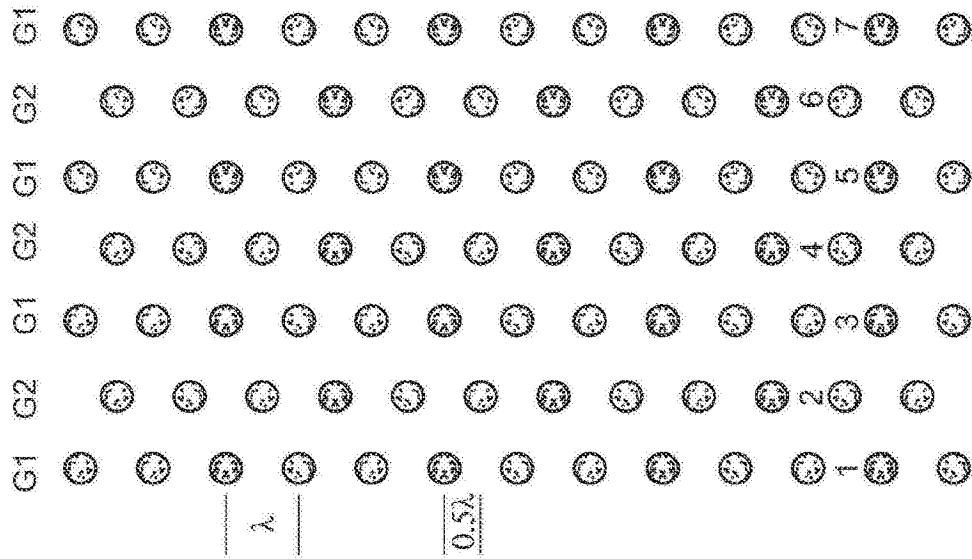


图6B

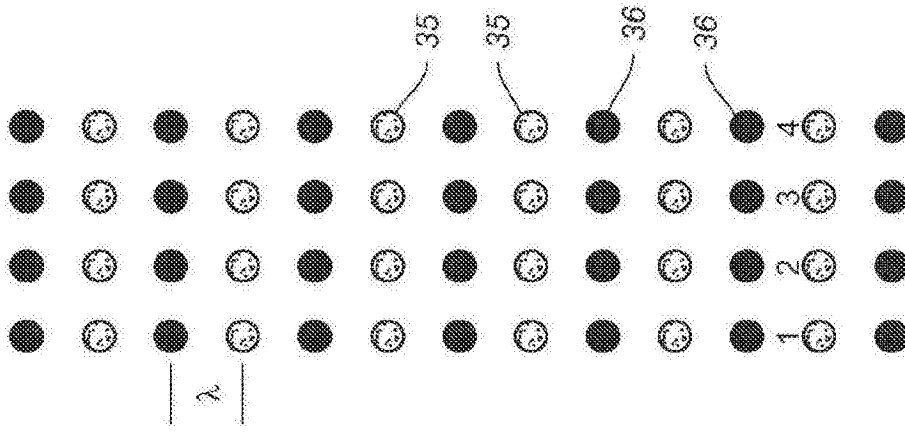


图7A

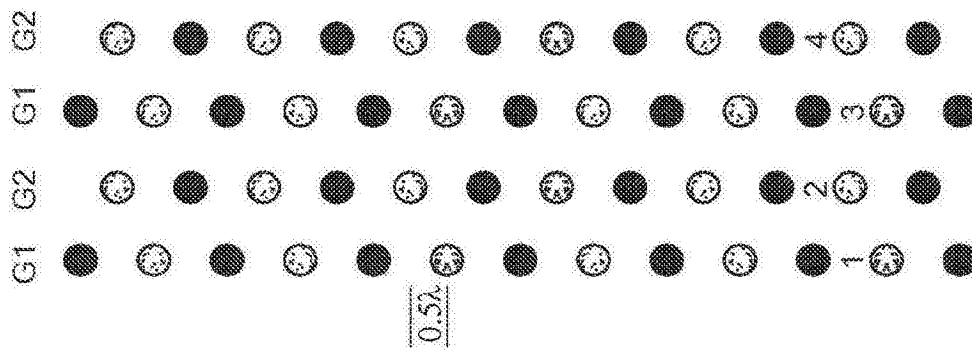


图7B

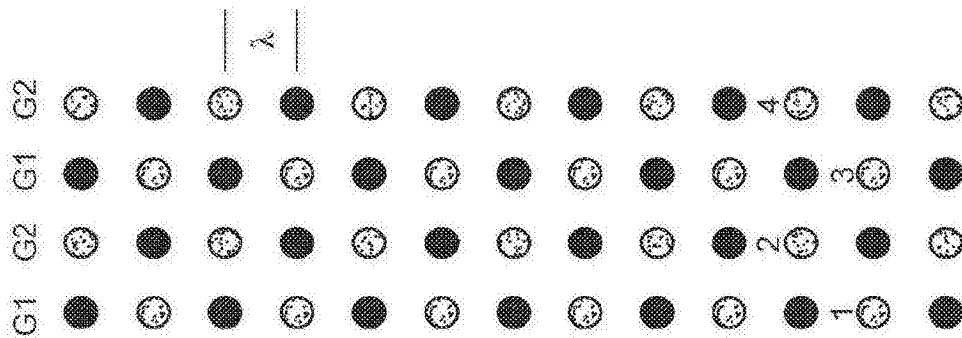


图7C

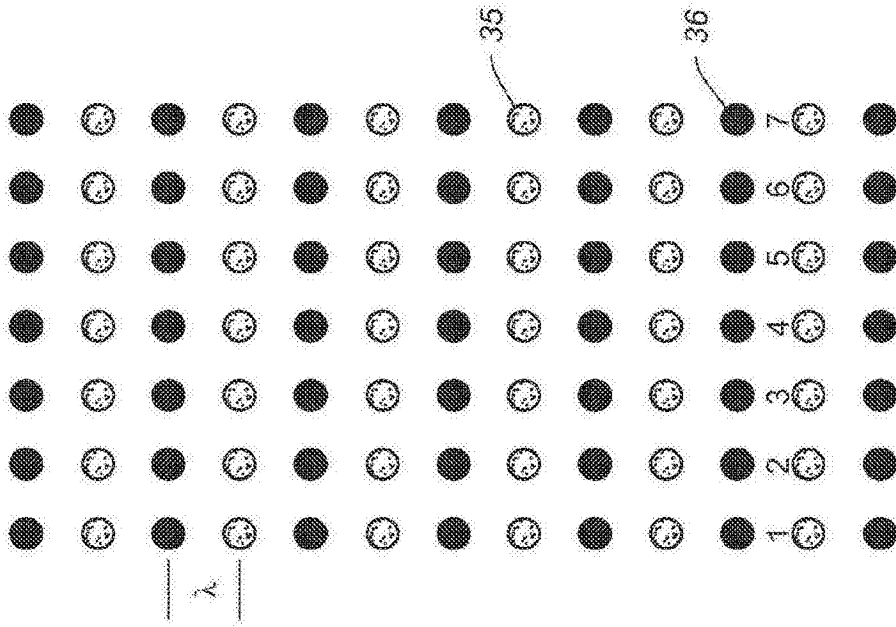


图8A

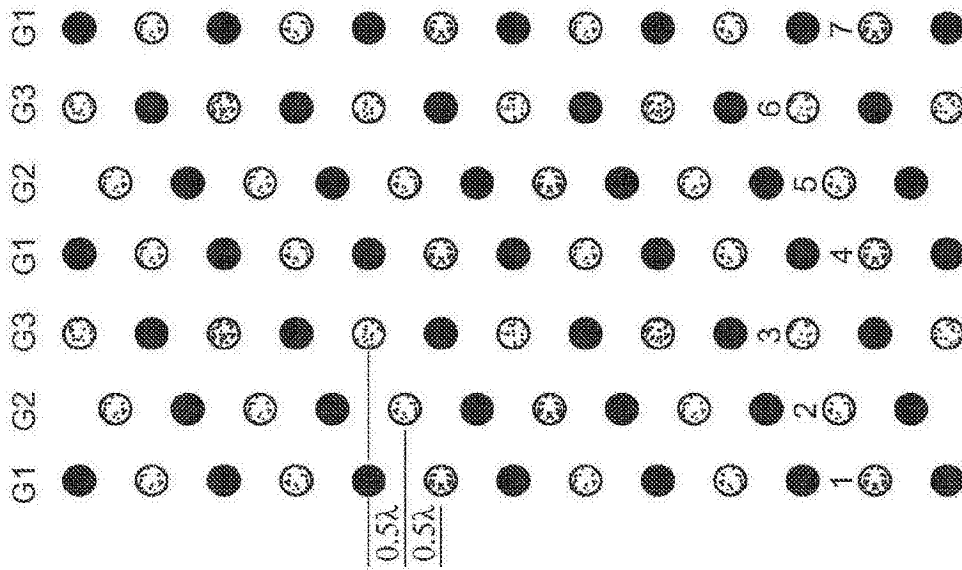


图8B

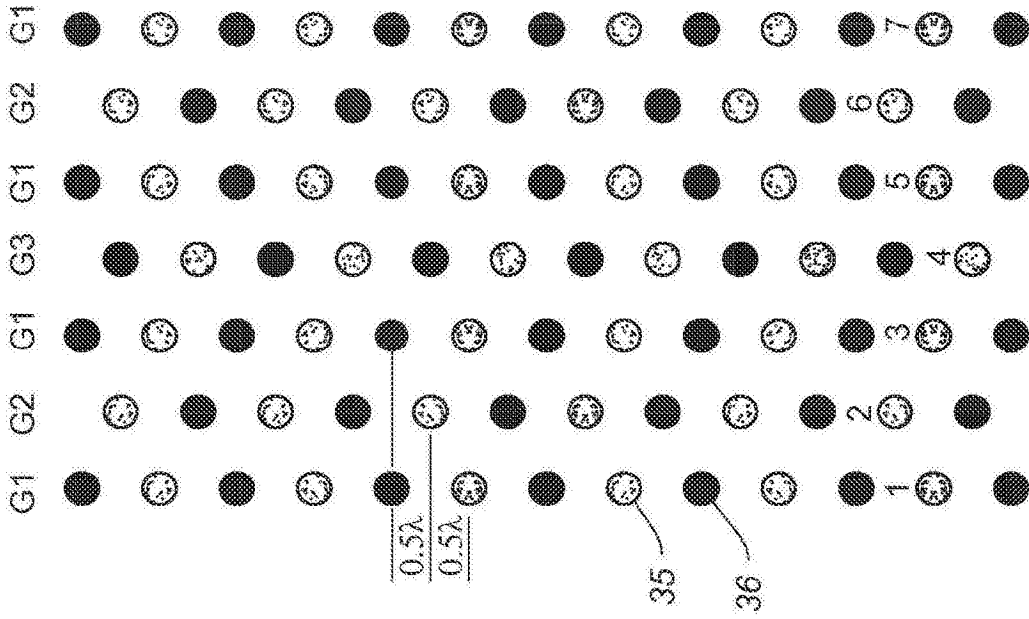


图8C

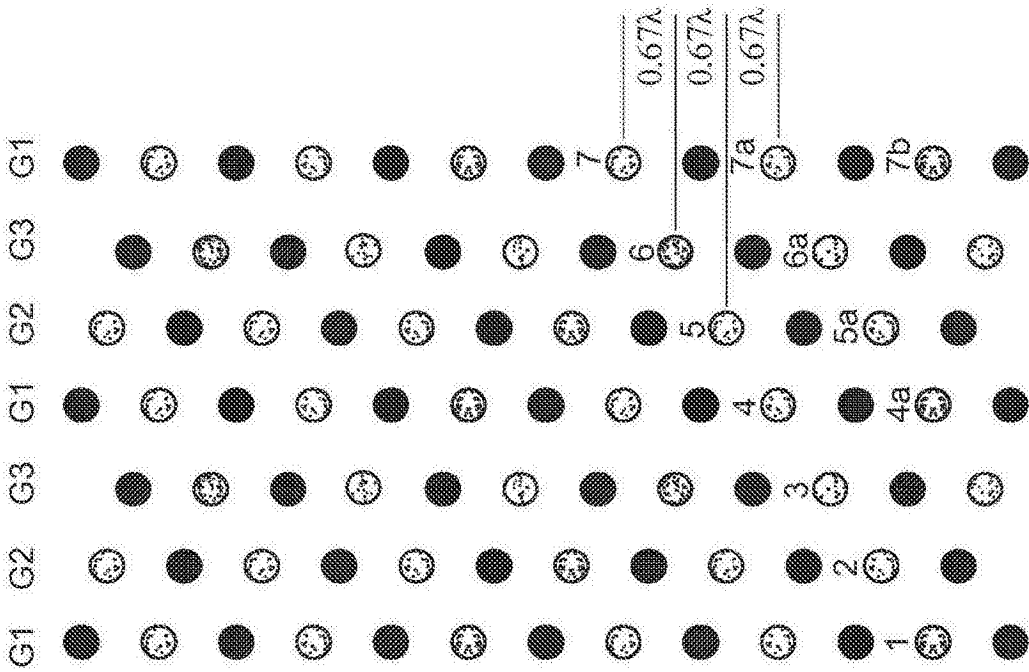


图8D

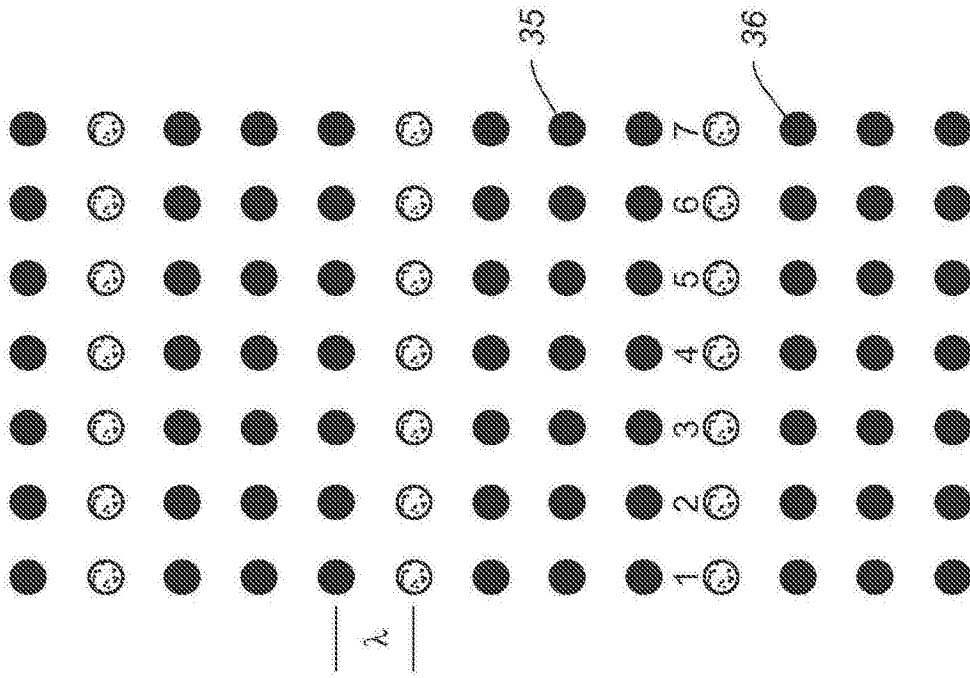


图9A

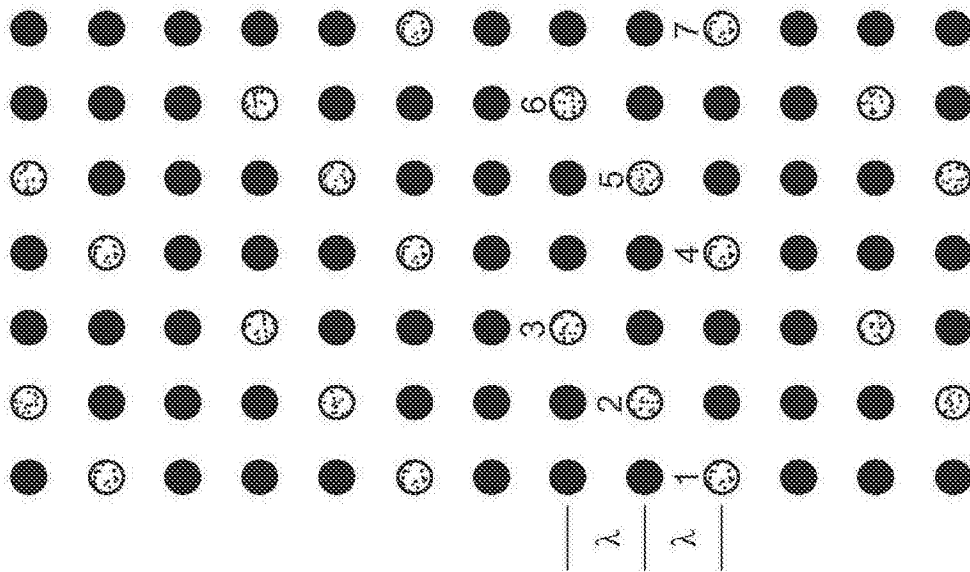


图9B

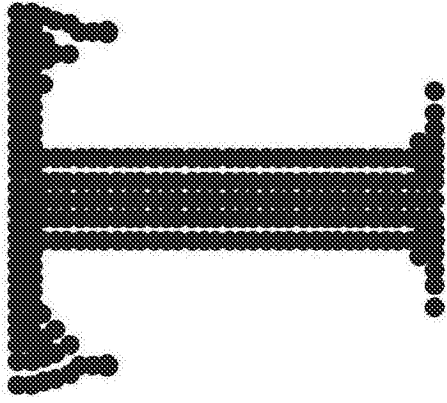


图10A

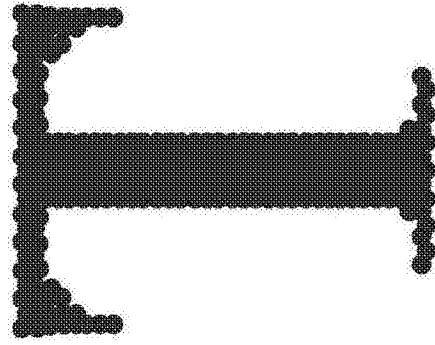


图10B

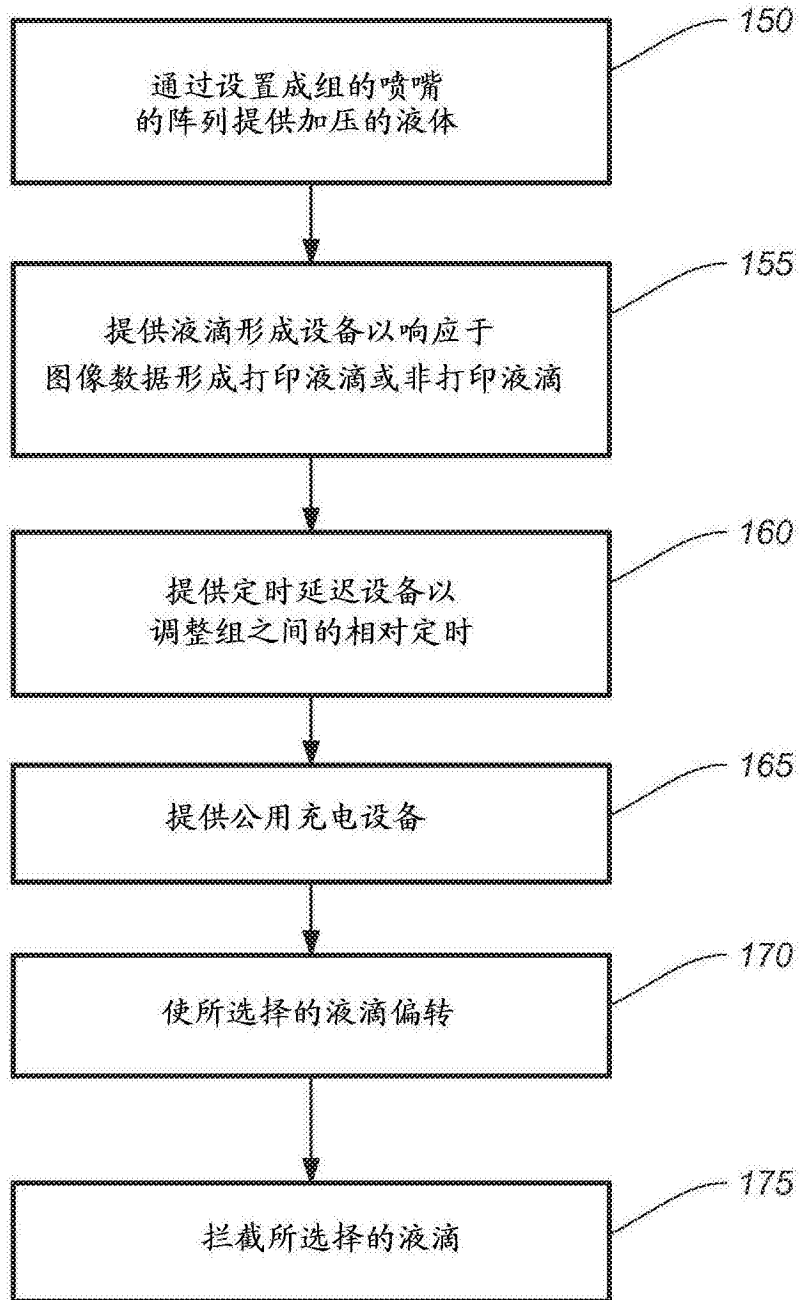


图11