

1. 一种打印方法,包括:

在足以通过液体室的多个喷嘴喷射液体射流的压力的作用下提供液体,所述多个喷嘴沿着喷嘴阵列方向设置,所述多个喷嘴被布置成第一组和第二组,其中所述第一组的喷嘴与所述第二组的喷嘴交错,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;

提供与所述多个喷嘴中的每个喷嘴相关联的液滴形成装置;

提供输入图像数据;

响应于所述输入图像数据,向每个所述液滴形成装置提供液滴形成波形的序列以调制所述液体射流,从而使用与所述液体射流相关联的液滴形成装置来选择性地使所述液体射流的各部分断裂成沿着路径行进的一对或多对液滴,并且使用所述液滴形成装置来选择性地使所述液体射流的各部分断裂成沿着所述路径行进的一个或多个第三液滴,每个液滴对以液滴对周期均匀间隔开,每个液滴对包括第一液滴和第二液滴,其中的一个液滴是打印液滴并且另一个液滴是非打印液滴,所述第三液滴以相同的所述液滴对周期均匀间隔开,所述第三液滴大于所述第一液滴和所述第二液滴并且是非打印液滴;

提供组定时延迟装置,以使向所述第一组或者所述第二组中的一组的喷嘴的所述液滴形成装置提供的所述液滴形成波形的定时偏移,以使得从所述第一组的喷嘴形成的所述打印液滴与从所述第二组的喷嘴形成的所述打印液滴沿着所述喷嘴阵列方向相对于彼此不对齐;

提供充电装置,所述充电装置包括:

公共充电电极,与从所述第一组的喷嘴和所述第二组的喷嘴二者形成的液体射流相关联;以及

所述充电电极与所述液体射流之间的变化电势源,所述变化电势源提供充电波形,所述充电波形与打印液滴图案和非打印液滴图案无关;

使所述充电装置与所述液滴形成装置和所述组定时延迟装置同步,以在所述液滴对中的所述打印液滴上产生打印液滴电荷状态,在所述液滴对中的所述非打印液滴上产生第一非打印液滴电荷状态,以及在所述第三液滴上产生第二非打印液滴电荷状态,所述第一非打印液滴电荷状态和所述第二非打印液滴电荷状态不同于所述打印液滴电荷状态;

提供偏转装置;

使用所述偏转装置来使具有所述打印液滴电荷状态的液滴和具有所述非打印液滴电荷状态的液滴沿着不同的路径行进;

提供捕集器;以及

使用所述捕集器来拦截所述液滴对中的非打印液滴以及第三液滴,同时使所述液滴对中的打印液滴能够沿着朝向接收器的路径继续行进。

2. 根据权利要求1所述的方法,所述多个喷嘴还被布置成第三组,所述第三组的喷嘴与所述第一组的喷嘴和所述第二组的喷嘴交错,其中,提供所述组定时延迟装置包括提供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偏移的组定时延迟装置。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中,液滴对中的所述第一液滴和所述第二液滴具有相同的体积并且以所述液滴对周期的一半均匀间隔开。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第三液滴是通过将两个或更多个液滴合并而形成的。

5. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述充电电极与所述液体射流之间的所述变化电势源产生具有第一不同电压状态和第二不同电压状态的波形,所述波形的周期等于所述液滴对周期。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,选择所述第一不同电压状态和第二不同电压状态,以在打印液滴上产生与输入图像数据无关的、与非打印液滴上的电荷相比更低的电荷。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述打印液滴是不带电荷的。

8. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一组的喷嘴与所述第二组的喷嘴之间的定时偏移等于一个液滴对周期。

9. 根据权利要求1所述的方法,其中,由流中的单个射流产生的每个液滴对之前和之后都是第三液滴。

10. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述第一非打印液滴电荷状态和所述第二非打印液滴电荷状态在相互比较时是不同的。

11. 根据权利要求1所述的方法,其中,所有的所述非打印液滴的荷质比在相互比较时是相同的。

12. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述液滴形成装置包括与每个所述喷嘴相关联的液滴形成转换器,其中,所述液滴形成转换器是热力装置、压电装置、MEMS致动器、电流体动力装置、光学装置、电致伸缩装置及其组合之一。

13. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述充电电极被放置在所述液体射流的断裂位置附近。

14. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述偏转装置还包括偏转电极,所述偏转电极与产生液滴偏转场以使带电荷液滴偏转的电势源电连通。

15. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述多个喷嘴、所述液滴形成装置以及所述定时装置形成在单一MEMS CMOS芯片上。

16. 根据权利要求1所述的方法,所述打印液滴已冲击以某一速度相对于所述喷嘴阵列移动的所述接收器,其中,所述第一组与所述第二组之间的定时偏移取决于所述接收器相对于所述喷嘴阵列的速度,并且导致在沿着与接收器速度无关的接收器行进方向观看时所述第一组创建的打印液滴的位置与所述第二组创建的打印液滴的位置之间的固定偏移。

17. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述组定时延迟装置对于向所述第一组或者所述第二组中的一个组的喷嘴的所述液滴形成装置提供的液滴形成波形是固有的,以使得从所述第一组的喷嘴形成的所述打印液滴与从所述第二组的喷嘴形成的所述打印液滴沿着所述喷嘴阵列方向相对于彼此不对齐。

18. 根据权利要求1所述的方法,其中,组定时延迟是通过使向与所述第一组和所述第二组相关联的液滴形成装置提供的所述输入图像数据偏移以使向所述第一组或者所述第二组中的一个组的喷嘴的所述液滴形成装置提供的所述液滴形成波形的定时偏移来实现的,以使得从所述第一组的喷嘴形成的所述打印液滴与从所述第二组的喷嘴形成的所述打印液滴沿着所述喷嘴阵列方向相对于彼此不对齐。

19. 根据权利要求1所述的方法,其中,如下步骤还包括控制在液体射流断裂时的液滴

速度：响应于所述输入图像数据，向每个所述液滴形成装置提供液滴形成波形的序列以调制所述液体射流，从而使用与所述液体射流相关联的液滴形成装置来选择性地使所述液体射流的各部分断裂成沿着路径行进的一对或多对液滴，并且使用所述液滴形成装置来选择性地使所述液体射流的各部分断裂成沿着所述路径行进的一个或多个第三液滴，每个液滴对以液滴对周期均匀间隔开，每个液滴对包括第一液滴和第二液滴，其中的一个液滴是打印液滴并且另一个液滴是非打印液滴，所述第三液滴以相同的所述液滴对周期均匀间隔开，所述第三液滴大于所述第一液滴和所述第二液滴并且是非打印液滴。

20. 根据权利要求1所述的方法，其中，所述打印液滴上的所述打印液滴电荷状态与所述第一非打印液滴和所述第二非打印液滴上的所述非打印液滴电荷状态相比极性相反。

21. 根据权利要求1所述的方法，还包括：

提供电荷测量装置以测量打印液滴上的平均电荷；以及

基于所述电荷测量、使用反馈回路来调整所述充电波形的打印液滴电压状态的电压电平。

静电打印机中的打印方法

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及数控打印系统的领域,具体地,涉及液体流断裂成其中部分静电偏转的液滴的连续打印系统。

背景技术

[0002] 由于例如喷墨打印的非冲击、低噪音特性、对普通纸张的使用以及避免调色剂转印和显影,喷墨打印已被认为是数控电子打印领域中的突出竞争者。可以按技术将喷墨打印机制分类为按需喷墨式(DOD)或者连续喷墨式(CIJ)。

[0003] 第一种技术“按需”喷墨式打印通过使用加压致动器(热致动器、压电致动器等)来提供对记录表面进行冲击的墨滴。一种通常实施的按需喷墨技术使用热致动以从喷嘴喷射墨滴。位于喷嘴处或附近的加热器将墨水充分加热到沸腾,从而形成产生足够的内部压力以喷射墨滴的蒸汽泡。这种形式的喷墨通常被称为“热喷墨(TIJ)”。

[0004] 第二种技术通常被称为“连续”喷墨(CIJ)打印,其使用加压的墨水源来通过迫使墨水在压力的作用下通过喷嘴以产生墨水的连续液体喷射流。可以以可预测的方式使得液体射流断裂成墨滴的方式来扰动(perturb)墨水流。打印通过选择性偏转以及捕集不期望的墨滴而发生。已开发了用于选择性地使液滴偏转的各种方法,包括使用静电偏转、空气偏转以及热偏转机制。

[0005] 关于任何类型的喷墨打印机(无论是按需喷墨还是连续喷墨)的一个已知的问题涉及点定位的精确性。如在喷墨打印领域中众所周知的那样,通常期望将一个或多个液滴定位在接收器上的像素区域(像素)内,这些像素区域对应于例如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具有正方形或矩形的真实或者假定阵列,并且意图将打印液滴定位在每个像素内的期望位置,例如对于简单打印方案而言定位在每个像素区域的中心,或者替选地,定位在每个像素区域内的多个精确位置以实现半调色(half-toning)。如果液滴的定位不正确和/或不能控制液滴的定位以在每个像素区域内实现期望的定位,则图像伪像可能发生,尤其是在相邻的像素区域上重复从期望位置的相似类型的偏离的情况下。

[0006] 在第一种基于静电偏转的CIJ方法中,以某些方式扰动液体喷射流,从而使得该液体喷射流在距喷嘴标称恒定的距离(即,断裂长度)处断裂成大小均匀的液滴。充电电极结构位于在标称恒定的断裂位置处,以在断裂时在液滴上感生与输入图像数据相关的电荷量。然后,带电荷液滴被引导通过使每个微滴偏转取决于其荷质比的量的固定静电场区域。在断裂点处建立的电荷水平使得液滴行进至记录介质上的特定位置或者行进至用于进行收集和再循环的回收槽(gutter),该回收槽通常被称为捕集器(catcher)。该方法在1971年7月27日发布的美国专利第3,596,275号中由R.Sweet公开,在下文中将该专利称为Sweet'275。由Sweet'275公开的CIJ设备包括单射流(即单液滴)生成液体室和单喷嘴结构。使用这种方法的多射流CIJ打印头版本也是由Sweet等人在1968年3月12日发布的美国专利第3,373,437号中公开的,该专利在下文中称为Sweet'437。Sweet'437公开了具有公共液滴生成

器室的CIJ打印头,该公共液滴生成器室与每一个具有自身的充电电极的一行(线性阵列)液滴发射喷嘴连通。这种方法要求每个喷嘴均具有其自身的充电电极,其中向各个电极中的每个电极提供取决于要打印的图像数据的电波形。

[0007] 关于这些传统CIJ打印机的一个已知问题是打印液滴上的电荷的变化,该变化是由来自在射流断裂附近的邻近带电荷液滴的与图像数据相关的静电场以及来自与邻近射流相关联的相邻电极的静电场引起的。这些与输入图像数据相关的变化被称为静电串扰(electrostatic crosstalk)。Katerberg在美国专利第4,613,871号中公开了一种通过在来自同一射流的相邻打印液滴之间提供防护回收槽液滴来减少来自邻近的带电荷液滴的串扰相互作用的方法。然而,来自邻近电极的静电串扰限制了相邻电极之间的最小间距,因此限制了所打印图像的分辨率。

[0008] 因此,传统的静电CIJ打印机中对可单独寻址的充电电极的要求限制了基本喷嘴间距并因而限制了打印系统的分辨率。公开了使用喷嘴阵列中的可单独寻址喷嘴的阵列以及处于恒定电势的一个或多个公共充电电极来克服对喷嘴间距的限制的多种替选方法。如Vago等人在美国专利第6,273,559号以及B.Barbet和P.Henon在美国专利第7,192,121号中所描述的那样,这是通过控制射流断裂长度来完成的。T.Yamada在美国专利第4,068,241号中公开了基于液滴体积、使用处于恒定电势的充电电极进行打印的方法。B.Barbet在美国专利第7,712,879号中公开了使用处于恒定电势的公共充电电极的、基于断裂长度和液滴大小的静电充电和偏转机制。

[0009] 关于基于静电偏转的CIJ打印系统的其他已知问题包括相邻液滴之间的静电相互作用,该静电相互作用引起这些液滴的飞行路径(in-flight path)的改变并且导致打印质量和液滴套准(registration)的下降。P.Ruscitto在美国专利第4,054,882号中描述了一种对从喷嘴顺序地排出的墨滴进行非顺序打印以使得从喷嘴顺序地排出的液滴绝不会被彼此相邻地打印的方法。这通过按顺序对偏转电极施加多个电压状态来完成并且要求取决于要打印的图像序列的不同电压状态波形。V.Bischoff等人在美国专利第3,827,057号中以及J.Zaretsky在美国专利第3,946,399号中描述了对要施加至正在形成的液滴的电荷进行补偿以校正该液滴上的电荷的效果的布置,该液滴是刚好先前通过改变在当前液滴的形成期间所施加的电压而形成的。

[0010] 高速和高质量喷墨打印要求将体积相对小的、间距小的液滴准确地引导至接收介质。由于墨滴通常是带电荷的,所以在CIJ打印机中,来自相邻喷嘴的相邻液滴之间存在液滴间相互作用。这些相互作用可以对液滴定位和打印质量产生不利影响。在使用高密度喷嘴阵列的基于静电的CIJ打印机系统中,接收器上的液滴定位误差的主要来源是由于相邻的带电荷打印液滴之间的静电相互作用。

[0011] 随着液滴的图案从打印头通过静电偏转区贯穿到接收介质(抛射(throw)距离),液滴之间的相对间距根据打印液滴图案而逐渐改变。当来自相邻喷嘴的间距小的打印液滴在空气中行进的同时被类似地充电时,随着打印液滴朝向接收介质行进,静电相互作用会使这些相邻的邻近打印液滴的间距增大。这导致打印误差,该打印误差随着想要打印的液体图案在向外方向上扩散而被观察到,并且在本文中称为“八字形(splay)”误差或者交叉跟踪(cross-track)液滴定位误差。由于八字形误差随抛射距离的增加而增加,所以要求抛射距离尽可能短,这对被定义为打印液滴与回收槽液滴之间的间隔的打印页边空白

(margin)有不利影响。

[0012] 因而,存在对提供一种具有简化设计、改进的打印图像质量或者改进的打印页边空白的高打印分辨率的连续喷墨打印系统的持续需求,该高打印分辨率的连续喷墨打印系统使用可单独寻址喷嘴阵列和公共充电电极来使所选择的液滴静电偏转,同时由静电相互作用引起的液滴定位误差减少。

发明内容

[0013] 本发明的目的在于减少基于静电偏转的喷墨打印机中由打印液滴之间的静电相互作用引起的液滴定位误差。本发明的第二个目的在于增大被定义为打印液滴轨迹与回收槽液滴轨迹之间的间隔的打印页边空白。

[0014] 本发明提供了对喷嘴阵列中的每个液体射流处的液滴形成断裂定时的与图像数据相关的控制、以及具有被称为充电电极波形的与图像数据无关的时变电势的公共充电电极。响应于输入图像数据来控制液滴形成,以创建一个或多个打印液滴以及一个或多个非打印液滴的序列。喷嘴阵列由被布置成交错的第一组喷嘴和第二组喷嘴的多个喷嘴构成。定时延迟装置用于使向第一组喷嘴的液滴形成装置提供的液滴形成波形相对于向第二组喷嘴的液滴形成装置提供的液滴形成波形偏移。这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着喷嘴阵列方向相对于彼此不对齐(align)。使充电电极波形和液滴形成波形同步以在打印液滴上产生打印液滴电荷状态以及在非打印液滴上产生基本上与打印液滴电荷状态不同的非打印液滴电荷状态。然后,使用偏转装置来将打印液滴的路径和非打印液滴的路径分开,接着使用捕集器,该捕集器拦截非打印液滴、同时使得打印液滴能够沿着朝向接收器的路径行进。

[0015] 本发明通过减少液滴间静电相互作用来改进CIJ打印,从而导致相对于先前的CIJ打印系统改进了液滴定位精确性。本发明还减小了对发送到与喷嘴阵列的喷嘴相关联的激励(stimulation)装置的信号的控制的复杂度。这有助于减小充电电极结构的复杂度并且增大充电电极结构与喷嘴之间的间距。本发明还通过降低相邻打印液滴之间的静电相互作用而使得抛射距离更长。

[0016] 根据本发明的一个方面,一种打印方法包括:在足以通过液体室的多个喷嘴喷射液体射流的压力的作用下提供液体。多个喷嘴沿着喷嘴阵列方向设置。多个喷嘴被布置成第一组和第二组,其中第一组的喷嘴与第二组的喷嘴交错,以使得第一组中的喷嘴位于第二组中的相邻喷嘴之间并且第二组中的喷嘴位于第一组中的相邻喷嘴之间。液滴形成装置与多个喷嘴中的每个喷嘴相关联。提供输入图像数据。向每个液滴形成装置提供液滴形成波形的序列以调制液体射流,从而使用与液体射流相关联的液滴形成装置来选择性地使该液体射流的各部分断裂成沿着路径行进的一对或多对液滴。每个液滴对以液滴对周期均匀间隔开。每个液滴对包括第一液滴和第二液滴,其中的一个液滴是打印液滴以及另一个液滴是非打印液滴。使用液滴形成装置来选择性地使得液体射流的各部分断裂成沿着路径行进的一个或多个第三液滴,第三液滴以相同的液滴对周期均匀间隔开。第三液滴大于第一液滴和第二液滴并且是非打印液滴。这是对输入图像数据的响应。提供组定时延迟装置,以使向第一组和第二组中的一组的喷嘴的液滴形成装置提供的液滴形成波形的定时偏移,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着喷嘴阵列方

向相对于彼此不对齐。提供充电装置，该充电装置包括公共充电电极以及充电电极与液体射流之间的变化电势源，该公共充电电极与从第一组的喷嘴和第二组的喷嘴二者形成的液体射流相关联。该变化电势源提供充电波形。该充电波形与打印液滴图案和非打印液滴图案无关。使充电装置与液滴形成装置和组定时延迟装置同步，以在液滴对中的打印液滴上产生打印液滴电荷状态，在液滴对中的非打印液滴上产生第一非打印液滴电荷状态以及在第三液滴上产生第二非打印液滴电荷状态。第一非打印液滴电荷状态和第二非打印液滴电荷状态基本上不同于打印液滴电荷状态。偏转装置使得具有打印液滴电荷状态的液滴和具有非打印液滴电荷状态的液滴沿着不同路径行进。捕集器拦截液滴对中的非打印液滴以及第三液滴，同时使液滴对中的打印液滴能够继续沿着朝向接收器的路径行进。

附图说明

- [0017] 在以下呈现的本发明的优选实施例的详细描述中，参考附图，在附图中：
- [0018] 图1是根据本发明的示例性连续喷墨系统的简化示意框图；
- [0019] 图2示出了从液滴生成器喷射液体射流并且该液体射流随后以其基本周期 τ_0 断裂成具有液滴间距 λ 的液滴的图像；
- [0020] 图3是根据本发明的一个实施例的被布置成两组的四个相邻喷嘴以及相关联的射流激励装置的简化示意框图；
- [0021] 图4示出了从液滴生成器喷射液体射流并且该液体射流随后断裂成以基本频率的一半生成的液滴的图像，其中(A)示出了各对液滴断裂为单个液滴然后保持合并，(B)示出了各对液滴断裂为单个液滴、分开然后再次合并，以及(C)示出了液滴以相似的断裂定时单独地断裂、然后合并成单个液滴；
- [0022] 图5示出了如下时序图：其连同充电电极波形一起示出了(A)中所示的施加到针对组1中的喷嘴的液滴形成转换器的液滴形成脉冲和(C)中所示的施加到针对组2中的喷嘴的液滴形成转换器的液滴形成脉冲、以及(B)中所示的针对组1(G1)和组2(G2)中的液滴的液滴断裂定时，其中该液滴形成转换器使用相同的液滴形成脉冲波形序列来产生在八个基本周期内包括一个打印液滴的打印序列；
- [0023] 图6A示出了在全打印条件下进行操作的根据本发明的连续液体喷射系统的第一实施例的通过液体射流的横截面视图；
- [0024] 图6B示出了在非打印条件下进行操作的根据本发明的连续液体喷射系统的第一实施例的通过液体射流的横截面视图；
- [0025] 图6C示出了在常规打印条件下进行操作的根据本发明的连续液体喷射系统的第一实施例的通过液体射流的横截面视图；
- [0026] 图7A示出了在全打印条件下的根据本发明的连续液体喷射系统的第二实施例的通过液体射流的横截面视图；
- [0027] 图7B示出了在非打印条件下进行操作的根据本发明的连续液体喷射系统的第二实施例的通过液体射流的横截面视图；
- [0028] 图7C示出了说明常规打印条件的根据本发明的连续液体喷射系统的第二实施例的通过液体射流的横截面视图；
- [0029] 图8A示出了在全打印条件下的根据本发明的连续液体喷射系统的第三实施例的

通过液体射流的横截面视图；

[0030] 图8B示出了在非打印条件下的根据本发明的连续液体喷射系统的第三实施例的通过液体射流的横截面视图；

[0031] 图9示出了被布置成两组的若干个相邻喷嘴，其中在不同组的喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来以每四个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴；

[0032] 图10A示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中要在两不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来以每四个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴；

[0033] 图10B示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中根据本发明的实施例要在被布置成两个喷嘴组的喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来以每四个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴；

[0034] 图11A示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中要在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来以每六个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴；

[0035] 图11B示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中根据本发明的实施例要在被布置成两个喷嘴组的喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来以每六个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴；

[0036] 图12A示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中要在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来以每八个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴；

[0037] 图12B示出了根据本发明的实施例在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中要在被布置成两个喷嘴组的喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来以每八个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴；

[0038] 图13A示出了在偏转之前来自处于全打印模式的若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，该序列用于在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来在以最大打印速度的八分之一的行进的基板(substrate)上进行打印；

[0039] 图13B示出了在进行偏转之前来自处于全打印模式的若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，该序列用于根据本发明的实施例在被布置成三个喷嘴组的相邻喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 或 $4\tau_0$ 的定时偏移而在以最大打印速度的八分之一行进的基板上进行打印；

[0040] 图14A示出了在全打印条件下以最大记录介质速度进行操作的根据本发明的连续液体喷射系统的可替换实施例的通过液体射流的横截面视图；

[0041] 图14B示出了在非打印条件下以最大记录介质速度进行操作的根据本发明的连续液体喷射系统的可替换实施例的通过液体射流的横截面视图；

[0042] 图14C示出了说明常规打印条件的以最大记录介质速度进行操作的根据本发明的连续液体喷射系统的可替换实施例的通过液体射流的横截面视图；

[0043] 图15A示出了在进行偏转之前来自处于全打印模式的若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，该序列用于在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来在以最大打印速度行进的基板上进行打印；

[0044] 图15B示出了根据本发明的可替换实施例在进行偏转之前来自处于全打印模式的

若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列,该序列用于在被布置成两个喷嘴组的相邻喷嘴之间使用为 $0.3\tau_0$ 的定时偏移来在以最大打印速度行进的基板上进行打印;

[0045] 图16示出了示出当使用为 $0.3\tau_0$ 的组时间延迟来以最大记录介质速度打印所有的液滴时针对组1和组2中的喷嘴的充电电极波形和液滴的断裂定时的时序图;

[0046] 图17A示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列,其中要在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来以每两个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴;

[0047] 图17B示出了根据本发明的实施例在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列,其中要在被布置成两个喷嘴组的喷嘴之间使用为 $0.3\tau_0$ 的定时偏移来以每两个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴;

[0048] 图18示出了具有打印电荷测量装置的根据本发明的连续液体喷射系统的第一实施例的通过液体射流的横截面视图;

[0049] 图19示出了被布置成两个喷嘴组的喷嘴之间定时偏移为 $2\tau_0$ 的根据本发明的连续液体喷射系统的根据第一实施例的针对若干个相邻液体射流的射流断裂区域以及同一液体射流的相继液滴对之间的防护大液滴;以及

[0050] 图20示出了根据本发明的各种实施例的打印方法的框图。

具体实施方式

[0051] 本说明书将尤其涉及构成根据本发明的设备的一部分的元件或与根据本发明的设备更直接地协作的元件。应当了解,未具体示出或描述的元件可以采用本领域技术人员已知的各种形式。在以下说明书和附图中,尽可能使用相同的附图标记来标示相同的元件。

[0052] 示意性地示出了本发明的示例实施例,并且为了清楚起见而没有按比例绘制。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例的元件的具体大小以及相互连接。

[0053] 如本文所述,本发明的示例实施例提供了通常在喷墨打印系统中使用的打印头或者打印头部件。在这样的系统中,液体是用于在记录介质上打印的墨水。然而,使用喷墨打印头来发射需要精确计量并且以高空间分辨率沉积的液体(不是墨水)的其他应用正在兴起。因此,如本文所述,术语“液体”和“墨水”是指可以通过在下文中描述的打印头或者打印头部件喷射的任何材料。

[0054] 连续喷墨(CIJ)液滴生成器依赖于不受约束的流体喷射的物理特性,由F.R.S.(Lord)Rayleigh在1878年在Proc.London Math.Soc.10(4)中发表的“Instability of Jets”中首先对这种物理特性进行了二维分析。Lord Rayleigh的分析表明,在压力P下的液体会从孔(即喷嘴)中流出,形成以速度 v_j 移动的直径为 d_j 的液体射流。射流直径 d_j 约等于有效喷嘴直径 d_n ,并且射流速度与贮存器压力P的平方根成比例。Rayleigh的分析表明射流会自然地断裂成大小基于表面波而变化的液滴,该表面波的波长 λ 比 πd_j 长,即 $\lambda \geq \pi d_j$ 。Rayleigh的分析还表明,如果以足够大的幅值来启动,则特定的表面波长会成为主导,从而“激励”射流而产生单一大小的液滴。连续喷墨(CIJ)液滴生成器采用所谓的“扰动”或者“激励”的周期性物理处理,其具有在射流上建立特定的主导表面波的效果。激励导致射流断裂

成与扰动的基本频率同步的单一大小的液滴。已经表明，最大效率的射流断裂在产生最短断裂时间的最佳频率 F_{opt} 下发生。在最佳频率 F_{opt} 下，扰动波长 λ 约等于 $4.5d_j$ 。扰动波长等于 πd_j 时的频率被称为Rayleigh截止频率 F_R ，因为在高于截止频率的频率下对液体射流的扰动将不会导致形成液滴。

[0055] 在本文中将由施加Rayleigh激励而导致的液滴流称为创建预定体积的液滴的流。虽然在现有技术的C1J系统中，用于打印或者图案化层沉积的受关注的液滴总是具有单一体积，但是要说明的是，对于本发明，可以操控激励信号以产生各种预定体积的液滴。因此，短语“预定体积的液滴的流”包括分解成全部都具有一种大小的液滴的液滴流或者分解成具有计划的不同体积的液滴的流。

[0056] 在C1J系统中，随着液体流变细成为液体的纤流，可形成在体积上比预定单位体积小得多的通常被称为“卫星”的一些液滴。这样的卫星可能不是完全可预测的，或者可能并不总是按可预测的方式与另一液滴合并，从而轻微地改变打算用于进行打印或者图案化的液滴的体积。然而，小的不可预测的卫星液滴的存在对于本发明来说并不重要，并且不被认为排除以下事实：液滴大小已由在本发明中使用的同步能量信号预定。具有预定体积的液滴均具有负责创建液滴的液滴形成波形的关联部分。卫星液滴不具有负责其创建的波形的不同部分。因此，描述本发明所使用的短语“预定体积”应该被理解为涵盖由于不可预测的卫星液滴形成而可能发生液滴体积关于计划目标值的一些小变化。

[0057] 使用部件的特定组合(例如，液滴充电结构、液滴偏转结构、液滴捕集结构、也称为激励装置的液滴形成装置以及液滴速度调制装置的特定组合)来描述以下参照图1至图20对在下文中讨论的示例实施例。应该理解的是，部件的这些组合是可互换的，并且这些部件的其他组合在本发明的范围内。

[0058] 图1和图2所示的连续喷墨打印系统10包括墨水贮存器11，该墨水贮存器11连续地将墨水泵送到也称为液体喷射器的打印头12中，以从液体喷射器12的喷嘴50中的每个喷嘴创建连续墨水流43。打印系统10从图像源13(诸如扫描仪、计算机或者数码相机)或者其他数字数据源接收数字化的图像处理数据，其他数字数据源提供光栅图像数据、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。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处理图像数据并且包括用于存储图像数据的存储器。图像处理器16通常是将所接收到的图像数据转换成用于打印的打印数据、像素的位图的光栅图像处理器(RIP)。打印数据被发送到生成激励波形55的激励控制器18；如将要描述的那样，时变电激励脉冲的图案使得在打印头12上的每个喷嘴的出口处形成液滴的流。以适当的幅值、占空比以及定时将这些激励波形的激励脉冲施加到与喷嘴50中的每一个喷嘴相关联的(多个)激励装置59，以使得液滴35和液滴36从连续流43断裂。打印头12和偏转机构14协同工作以便确定是将墨滴以由图像存储器中的数据指定的适当位置打印在记录介质19上还是将墨滴偏转并且经由墨水回收单元15回收。记录介质19也称为接收器并且其通常由纸构成。墨水回收单元15中的墨水被引导回到墨水贮存器11。墨水在压力作用下通过墨水通道分发至打印头12的后表面，该墨水通道包括在通常由硅构成的基板中形成的室或腔(plenum)。可替选地，室可以形成在硅基板所附接的歧管片(manifold piece)中。墨水优选地从室通过穿过打印头12的硅基板蚀刻而成的槽和/或孔流到该打印头12的前表面，多个喷嘴和激励装置位于该打印头12的前表面。适合于最佳操作的墨水压力将取决于很多因

素,包括喷嘴的几何形状和热属性以及墨水的热属性和流体动力学特性。可以通过在墨水压力调节器20的控制下向墨水贮存器11施加压力来得到恒定的墨水压力。通常的偏转机构14包括空气动力偏转和静电偏转。

[0059] RIP或者其他类型的处理器16将图像数据转换成用于打印的像素映射图像页面图像。在打印期间,通常借助于由介质输送控制器21电子控制的多个输送辊22来使记录介质19相对于打印头12移动。公知的、优选地基于微处理器并被适当地编程的逻辑控制器17提供用于使输送控制器21与墨水压力调节器20和激励控制器18协作的控制信号。激励控制器18包括一个或多个激励波形源56,该一个或多个激励波形源56响应于打印数据而生成液滴形成波形并且向与每个喷嘴50或者液体射流43相关联的(多个)液滴形成装置59提供或者施加也称为激励波形的液滴形成波形55。响应于施加的激励波形的能量脉冲,液滴形成装置59扰动也称为液体射流43的连续液体流43,以使各个液体液滴从液体流断裂。液滴在距喷嘴板的距离BL处从液体射流43断裂。因此,可以认为图像处理器16中的信息表示用于液滴形成的一般数据源,诸如要打印的墨滴的期望位置以及为了回收而要收集的这些墨滴的识别。

[0060] 应该理解的是,可以使用用于接收器输送控制的不同机械配置。例如,在页宽打印头的情况下,使记录介质19移动经过静止打印头12是方便的。另一方面,在扫描型打印系统的情况下,以相对光栅运动使打印头沿着一个轴(即,主扫描方向)移动并且使记录介质19沿着正交轴(即,副扫描方向)移动是更方便的。

[0061] 如信号传输领域中公知的那样,激励波形55的液滴形成脉冲由激励控制器18提供,并且通常是通过电连接器发送到打印头12的液滴形成装置59的电压脉冲。然而,如在喷墨打印领域中公知的那样,也可以将其他类型的脉冲(诸如,光脉冲)发送到打印头12的液滴形成装置59,以使得打印液滴和非打印液滴形成在特定喷嘴处。如那样,一旦被形成,打印液滴通过空气行进到记录介质并且随后撞击到记录介质的特定像素区域上,并且将要描述的捕集器收集非打印液滴。

[0062] 参照图2,打印系统将打印头与其相关联,该打印头可操作用于从喷嘴50的阵列产生液体射流43的阵列。与每个液体射流43相关联的是液滴形成装置59和液滴形成波形源56,该液滴形成波形源56向液滴形成转换器提供也称为液滴形成波形的激励波形55。通常被称为液滴形成转换器或者激励转换器的液滴形成装置59可以是适合于创建对液体射流的扰动的任何类型,诸如热力装置、压电装置、MEMS致动器、电流体动力装置、光学装置、电致伸缩装置及其组合。

[0063] 本发明说明了使用对液体射流断裂定时的控制的各种打印液滴选择方案。第一打印液滴选择方案包括以液滴对周期创建液滴对或者在相同的液滴对周期内创建产生的合并的较大液滴。在该第一打印液滴选择方案中,当在液滴对周期产生液滴对时,打印其中的一个液滴,并且当在液滴对周期产生合并的较大液滴时,不打印该较大液滴。因此,使用第一打印液滴选择方案的最大打印液滴频率等于用于产生液滴对或者最大记录介质速度的1/2的频率。当使用第一打印液滴选择方案时,在来自喷嘴的阵列中的任何给定喷嘴的每个相继的打印液滴之前和之后总是有至少一个非打印液滴。第二打印液滴选择方案使用对以基本液滴形成频率产生的具有基本上相同体积的液滴的创建。当使用第二打印液滴选择方案时,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。被共同转让的序号为

13/115,434、标题为“EJECTING LIQUID USING DROP CHARGE AND MASS”的美国专利申请、序号为131/115,465、标题为“LIQUID EJECTION SYSTEM INCLUDING DROP VELOCITY MODULATION”的美国专利申请、序号为13/115,482、标题为“LIQUID EJECTION METHOD USING DROP VELOCITY MODULATION”的美国专利申请以及序号为13/115,421、标题为“LIQUID EJECTION USING DROP CHARGE AND MASS”的美国专利申请适合于与第一打印液滴选择方案一起使用，并且全部内容通过引用合并且此。M.Piatt和R.Fagerquist在共同转让的美国专利第7,938,516号中公开了产生对在公共充电电极的不同相位(时间)处形成的微滴的选择性充电和偏转的方法，并且适合于与第二打印液滴选择方案一起使用。美国专利第7,938,516号的全部内容通过引用合并且此。

[0064] 应该注意的是，本发明不限于使用这两种打印液滴选择方案，并且适用于基于对液体射流断裂定时的控制的任何打印液滴选择方案。图4至图13示出了基于第一打印液滴选择方案的各种实施例，图14至图17示出了基于第二打印液滴选择方案的各种实施例。打印周期被定义为来自单个喷嘴的相继的打印液滴之间的最长时间间隔。在每个打印周期期间每个喷嘴最多可以打印一个打印液滴。当使用第一打印液滴选择方案时，打印周期等于液滴对周期或者 $2\tau_0$ ，而当使用第二打印液滴选择方案时，打印周期等于基本液滴形成周期 τ_0 。

[0065] 图3示出了喷嘴阵列中的4个相邻喷嘴50的示例，每个喷嘴均具有相关联的液滴形成装置59。在本示例中，液滴形成装置59是热致动的并且由激励波形源56提供的电压驱动的电阻性负载构成。根据所使用的转换器的类型，液滴形成转换器可以位于向喷嘴50提供液体的液体室中或者附近以作用于液体室中的液体，可以位于喷嘴中或者直接围绕喷嘴以随着液体经过喷嘴而作用于液体，或者位于液体射流附近以在液体射流已经过喷嘴之后作用于液体射流。液滴形成波形源向液滴形成转换器提供具有基本频率 f_0 且对应的基本周期为 $\tau_0 = 1/f_0$ 的波形，液滴形成转换器在液体射流中产生波长为 λ 的调制。基本频率 f_0 通常接近于 F_{opt} 并且总是小于 F_R 。调制幅度增加以使液体射流的各部分断裂成液滴。通过液滴形成装置的作用，可以产生基本频率为 f_0 且基本周期为 $\tau_0 = 1/f_0$ 的液滴的序列。

[0066] 对于给定的液滴形成基本周期，最大记录介质速度或者最大打印速度被定义为可以通过打印分辨率设定确定的期望液滴间隔打印从以基本频率 f_0 激发的射流断裂的每个相继液滴的速度。作为示例，对于以基本频率 $f_0 = 400\text{kHz}$ 进行操作、以 $600 \times 600\text{dpi}$ (每英寸的液滴数)的分辨率进行打印的打印头，最大打印速度是 16.93m/s 或者 3333.33ft/min 。通常，在全打印条件下打印的相继的打印液滴之间形成的非打印液滴的数量取决于记录介质速度。作为示例，当以最大记录介质速度的一半打印每个像素时，将以每两个打印一个的方式打印以基本频率 f_0 生成的液滴，并且当以最大记录介质速度的四分之一来打印每个像素时，将以每四个打印一个的方式打印以基本频率 f_0 生成的液滴。

[0067] 在图2中，液体射流43在与喷嘴50距离为BL的射流断裂位置32处以规则的周期断裂成液滴。在图2中标记为35和36的一对以基本频率产生的一对相继的液滴之间的距离基本上等于对液体射流的扰动的波长 λ 。从该液体射流断裂的该液滴序列形成包括液滴35和液滴36的一系列液滴对34。每个液滴对包括第一液滴和第二液滴，其中的一个液滴是打印液滴而另一个液滴是非打印液滴，并且术语“第一液滴”和“第二液滴”并不旨在表示液滴对中的液滴的创建的时间顺序。液滴对34的形成的频率通常被称为液滴对频率 f_p ， f_p 由 $f_p = f_0/2$ 给

出，并且对应的液滴对周期是 $\tau_p = 2\tau_0$ 。

[0068] 用于打印头中的喷嘴50的整个阵列的激励转换器的液滴激励频率通常对于打印头12中的所有喷嘴是相同的。当以小于或等于最大记录介质速度的一半进行打印时，将液滴标记成液滴对34是很方便的。当以小于或等于最大记录介质速度的一半进行打印时，使用第一打印液滴选择方案来生成如图4所示的被称为大液滴49的较大非打印液滴也是很方便的。如将在下文中看到的那样，在实施本发明的过程中，将液滴35和液滴36充电至不同的电荷状态，并且在描述本发明的各种实施例时，将液滴35当作打印液滴而将液滴36当作非打印液滴。当以最大记录介质速度打印一连串的打印液滴时，将打印正形成的每个相继的液滴，而不会认为液滴形成在包括打印液滴35和非打印液滴36的液滴对34中。在这种情况下，相继的液滴可以仅包括打印液滴35或者仅包括非打印液滴36。当使用第二打印液滴选择方案以最大记录介质速度进行打印时，仅生成打印液滴35和非打印液滴36，而无需使用大非打印液滴49。

[0069] 液滴的创建与由以基本频率 f_0 进行操作的液滴形成装置提供的能量脉冲相关联，该液滴形成装置创建以距离 λ 为间隔的具有基本上相同体积的液滴。应该理解的是，虽然在图2所示的实施例中，第一液滴和第二液滴具有基本上相同的体积，但是第一液滴和第二液滴也可以具有不同的体积，以使得各对第一液滴与第二液滴的以液滴形成频率被均匀生成。例如，第一液滴与第二液滴的体积比可以从约4:3变为约3:4。与液体射流或喷嘴50相关联的液滴形成转换器独立地控制对于图2中的液体射流43的激励。在一个实施例中，液滴形成转换器59包括在喷嘴50附近的一个或多个电阻元件或加热器。在本实施例中，液体射流激励是通过经由围绕液滴生成器的每个孔口的电阻元件59发送液滴形成波形源56提供的任意形状的周期性电流脉冲来完成的。

[0070] 可以通过改变施加到与特定的喷嘴孔口相关联的各个液滴形成转换器的波形来改变由从喷墨喷嘴喷射的液体流形成的液滴的液滴形成动力。改变波形或者波形序列中相对于其他脉冲的幅值、占空比或者定时中的至少一个可以使特定喷嘴孔口的液滴形成动力改变。已经发现，如图4所示，可以通过几个不同模式来调整液滴形成波形的液滴形成脉冲，以形成也被称为第三液滴或者大液滴49的单个较大液滴。如图4(A)所示，长度为两个相继的基本波长的一段射流可以断裂成保持在一起的单个大液滴49；如图4(B)所示，长度为两个相继的基本波长的一段射流可以断裂成单个较大液滴，然后分离成两个液滴49a和49b，随后再次合并在一起；或者如图4(C)所示，长度为两个相继的基本波长的一段射流可以断裂成两个分开的液滴49a和49b，随后合并成较大液滴49。由于液滴49a和液滴49b在断裂时的速度不同，所以液滴49a和49b随后合并成较大液滴49。大液滴49以基本频率的一半产生并相邻的大液滴之间的平均间距为 2λ ，并且大液滴49在图4中的断裂位置33处的断裂平面BOL处从射流断裂。在本发明的实施例中，不打印大液滴49，因此大液滴49是非打印液滴。

[0071] 在实施本发明的过程中，提供给液滴形成转换器的生成大液滴49的液滴形成波形55被设计为产生在长度上与图2所示的较小液滴35和36的断裂长度(BL)相似的大液滴的断裂长度(BOL)，以使得较大液滴49以及较小液滴35和36均在充电电极44附近断裂。在实施本发明的过程中，当输入图像数据需要多个非打印液滴的序列时，生成大液滴49是有利的。大液滴49也被称为第三液滴或者大非打印液滴。可以通过控制射流断裂定时以形成打印液滴35或非打印液滴36或大非打印液滴49而在记录介质19上打印任何图案。

[0072] 图2还示出了包括充电电极44和充电电压源51的充电装置83。充电电压源51提供对施加到充电电极的电压信号进行控制的充电电极波形97。与液体射流相关联的充电电极44位于液体射流43的断裂位置32附近。如果非零电压被施加到充电电极44，则在充电电极与电接地的液体射流之间产生电场。充电电极与电接地的液体射流之间的电容性耦合在导电的液体射流的一端感生净电荷。(借助于与接地的液滴生成器的液体室接触而使液体射流接地)。如果液体射流的末端部分断裂而形成液滴、同时在液体射流的该末端存在净电荷，则在新形成的液滴上俘获液体射流的该末端部分的电荷。当充电电极上的电压电平变化时，在液体射流上感生的电荷由于充电电极与液体射流之间的电容性耦合而变化。因此，可以通过改变充电电极上的电势来控制新形成的液滴上的电荷。

[0073] 充电电压源51控制充电电极44上的电压，该充电电压源51以充电电极44与液体射流43之间的充电电极波形97的形式提供变化的电势。在采用第一打印液滴选择方案的实施例中，充电电极波形97通常是以等于 $f_p = f_0/2$ 的液滴对频率(即，以基本频率的一半)或者等同地以液滴对周期 $\tau_p = 2\tau_0$ (即，基本周期的两倍)进行操作的双态波形。充电电极波形97包括在本文中被分别称为非打印液滴电压状态和打印液滴电压状态的第一不同电压状态以及在本文中被称为的第二不同电压状态，当以小于或等于最大记录介质速度的一半进行打印时，每个电压状态通常在等于基本周期的时间间隔内是有效的。在采用第二打印液滴选择方案的实施例中，充电电极波形是以基本频率 f_0 或者等同地以基本周期 τ_0 进行操作的 双态波形，并且每个电压状态通常在等于基本周期的一半即 $\tau_0/2$ 的时间间隔内时有效的。

[0074] 提供给充电电极的充电电极波形与要打印的图像数据无关，或者不对要打印的图像数据作出响应。将充电装置83与液滴形成波形源56进行同步，以使得保持由充电电压源51产生的充电电极波形与液滴形成波形源的时钟之间的固定相位关系。由于充电电极波形周期与施加到液滴形成转换器的液滴形成波形的周期相同或者是施加到液滴形成转换器的液滴形成波形的周期的整数倍，因此这发生。即使充电电极波形与提供给液滴形成转换器的图像数据无关，这也保持了液滴形成波形与充电电极波形之间的相位关系。作为结果，由液滴形成波形产生的从液体流断裂的液滴的相位是被锁定于充电电极波形的相位。例如，在采用第一打印液滴选择方案的实施例中，在时间上间隔一个基本周期 τ_0 生成图2所示的液滴35和36，以使得它们具有不同的电荷状态。在充电电极处于打印液滴电压状态时形成打印液滴，而在充电电极处于非打印液滴电压状态时形成非打印液滴，以使得打印液滴35被充电至打印液滴电荷状态并且非打印液滴36被充电至也称为第一非打印液滴电荷状态的非打印液滴电荷状态。第一非打印液滴电荷状态与打印液滴电荷状态不同。非打印液滴36还具有第一非打印液滴荷质比并且打印液滴35具有打印液滴荷质比。

[0075] 当如图4所示(其中，以基本周期的二倍 $2\tau_0$ 形成相继的大液滴)那样生成第三液滴(大液滴49)时，相继的大液滴在充电电极处于非打印液滴电压状态时会断裂。这导致第三液滴被充电至第二非打印液滴电荷状态。第二非打印电荷状态也与打印液滴电荷状态不同。考虑在充电电极处于非打印液滴电压状态时，由长度为两个相继的基本波长并且断裂成单元以形成单个大液滴的一段射流形成的大液滴49(图4A)。在断裂的这段液体射流上感生的电荷与该段的表面面积相关，并且与该段的表面处的电场强度有关。由于断裂而形成大液滴的该段的表面面积约为断裂而形成液滴对中的第一液滴的该段的表面面积的二倍，并且由充电电极施加的电场与由充电电极向液滴对中的第一液滴施加的电场相似，所以随

着大液滴断裂而在大液滴上感生的电荷约为液滴对中的第一液滴的电荷的两倍。由于大液滴的质量约等于液滴对中的第一液滴的质量的两倍,因此由使单个大液滴一起断裂的、长度为两个相继的基本波长的一段射流形成的大液滴的荷质比约等于液滴36的第一荷质比状态的荷质比状态。由长度为两个相继的基本波长的一段射流形成的大液滴49的荷质比不取决于大液滴是否分离成两个液滴、然后聚结(图4B)或者保持在一起成为一个较大液滴。

[0076] 可以进一步调整使得长度为两个相继的基本波长的一段射流以不同初始速度断裂成两个分开的液滴从而使得它们合并成图4C所示的大液滴的波形,以使得这两个分开的液滴的断裂相位相互接近(几乎同时或者在时间上以基本周期的一小部分(<25%)为间隔)。这些液滴会合并而形成大液滴并且可以对这两个液滴进行定时,以使得当充电电极处于非打印液滴电压状态时它们两个都从射流断裂。这导致通过合并两个分开的液滴而形成的大液滴也被充电至第二非打印液滴电压状态。由具有几乎同时的液滴断裂的构成液滴形成的合并的大液滴具有第三荷质比。大液滴49的第三荷质比状态与液滴36的第一荷质比状态相似。在图4的所有三个示例中,较大液滴49是被充电至第二非打印电荷状态的第三液滴。还可以调整或选择液滴形成波形以使得在充电电极处于非打印液滴电压状态时液滴对的两个液滴的断裂相位断裂,以使得这两个液滴在被偏转并且被排走之前绝不会合并。这些液滴将各自具有与其他非打印液滴的荷质比大约相同的荷质比。在其他可替选的打印液滴选择方案中,可以使用液滴形成波形55来使得液滴49a和液滴49b在两个不同的充电电极电压状态期间从液体射流断裂,因此,这两个液滴具有不同的电荷状态。当液滴49a和液滴49b的初始速度之差使得它们合并从而具有不同的合并液滴电荷状态时,创建大液滴49。

[0077] 图3示出了根据本发明的一个实施例的布置成2组的4个相邻喷嘴50及相关联的射流激励装置。喷嘴被布置成第一组G1和第二组G2,其中第一组的喷嘴与第二组的喷嘴交错,以使第一组中的喷嘴位于第二组中的相邻喷嘴之间并且第二组中的喷嘴位于第一组中的相邻喷嘴之间。热式液滴形成转换器59由围绕喷嘴50的电阻性负载构成。液滴形成转换器59由激励波形源56提供的电压驱动。激励波形包括如图5的部分A所示的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。在采用第一打印液滴选择方案的本发明的各种实施例中,采用了三种类型的波形段,即打印液滴形成脉冲98、非打印液滴形成脉冲99以及大液滴形成脉冲94(参见图5的上部迹线)。在这种情况下,激励波形由液滴对形成脉冲串的序列构成。在采用第一打印液滴选择方案的实施例中,在被定义为液滴对周期的时间间隔 $2\tau_0$ 内最多可以产生一个打印液滴。液滴形成波形55的脉冲94生成在充电电极44附近断裂的大液滴,而脉冲98和脉冲99生成在充电电极44附近断裂的较小打印液滴和非打印液滴。设定相移,以使得对于所产生的每个液滴对,在充电电极处于打印液滴电压状态96时第一液滴从射流断裂,从而在第一液滴35上产生打印液滴电荷状态,并且在充电电极处于非打印液滴电压状态95时液滴对中的第二液滴从射流断裂,以在液滴对中的第二液滴36上产生非打印液滴电荷状态。控制液滴形成波形55中的脉冲94的定时,以便在充电电极处于非打印液滴电荷状态时大液滴断裂。如果图像数据需要打印液滴,则液滴对形成脉冲串包括其后是非打印液滴形成脉冲99的打印液滴形成脉冲98。如果图像数据需要非打印液滴,则液滴对形成脉冲串包括大液滴形成脉冲98。第一非打印液滴电荷状态和第二非打印液滴电荷状态相似并且与打印液滴电荷状态不同。这引起打印液滴与非打印液滴之间的不同偏转,从而使得捕集器能够捕获非打印液滴并且使得打印液滴能够打印在记录介质上。

[0078] 已经发现,增大相邻喷嘴中的相邻打印液滴之间的距离以使打印液滴之间的静电相互作用最小化是理想的,该静电相互作用引起记录介质上的液滴定位误差。为了实现这一点,多个喷嘴被布置成第一组以及被布置成第二组,其中第一组的喷嘴与第二组的喷嘴交错,以使得第一组中的喷嘴位于第二组中的相邻喷嘴之间,而第二组中的喷嘴位于第一组中的相邻喷嘴之间,如图3所示。施加第一组触发76以控制针对第一组喷嘴的激励波形的开始时间,以及施加在时间上相对于第一组延迟的第二组触发77以控制针对第二组喷嘴的激励波形的开始时间。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的组定时延迟装置78,第一组触发时间延迟76和第二组触发时间延迟77被同时施加到其各自的组G1和G2中的每个喷嘴,以同时触发针对其各自的组中的每个喷嘴的下一个液滴对形成脉冲串的开始。通常,组触发时间延迟76和77彼此各不同,并且它们均使得打印液滴在充电电极波形97的打印液滴电压状态期间能够断裂并且使得非打印液滴在施加到充电电极44的充电电极波形97的非打印液滴电压状态期间能够断裂。这限制了第一组时间延迟触发76与第二组时间延迟触发77之间的时间延迟差 Δt_d 。例如,在采用第一打印液滴选择方案的实施例中,为了打印所请求的打印液滴而不打印非打印液滴,要求 $\Delta t_d = \pm \delta \tau_0, 2\tau_0 \pm \delta \tau_0, 4\tau_0 \pm \delta \tau_0, 6\tau_0 \pm \delta \tau_0, \dots$,其中 δ 可以在0与0.5之间。在采用第二打印液滴选择方案的实施例中, $\Delta t_d = \pm \kappa \tau_0$,其中 κ 优选地在0.10与0.45之间。因而,组定时延迟装置78使向第一组或第二组中的一组的喷嘴的液滴形成装置提供的液滴形成波形的定时偏移,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着喷嘴阵列方向相对于彼此不对齐。在其他实施例中,代替使用专用的定时延迟装置78,定时延迟是向第一组或者第二组中的一组的喷嘴50的液滴形成装置56提供的液滴形成波形55所固有的,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着喷嘴阵列方向相对于彼此不对齐。在另一实施例中,定时延迟可以通过使向与第一喷嘴组和第二喷嘴组相关联的液滴形成装置56提供的输入图像数据偏移来实现,以使向第一组或者第二组中的一组的喷嘴50的液滴形成装置提供的液滴形成波形55的定时偏移,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着喷嘴阵列方向相对于彼此不对齐。

[0079] 图5示出了采用最大打印频率等于液滴对频率的第一打印液滴选择方案的本发明的本实施例,该实施例使用布置成第一组G1和第二组G2的喷嘴阵列,其中第一组的喷嘴与第二组的喷嘴交错,以使第一组中的喷嘴位于第二组中的相邻喷嘴之间并且第二组中的喷嘴位于第一组中的相邻喷嘴之间。在(A)中示出了施加到针对组1中的喷嘴的液滴形成转换器的液滴形成脉冲的时序图,在(C)中示出了针对组2中的喷嘴的液滴形成转换器的液滴形成脉冲的时序图,其中该液滴形成转换器使用相同的液滴形成脉冲波形序列来产生在8个基本周期内包括一个打印液滴的打印序列。在(B)中连同充电电极波形的定时一起示出了组1(G1)和组2(G2)中的液滴的液滴断裂定时。图5的下部A示出了时序图,其示出针对喷嘴的线性阵列中的组1(G1)的单个喷嘴的、根据时间的液滴形成波形或者加热器电压波形55的序列,这些波形用于响应于输入图像数据来调制液体射流,以选择性地使液体射流的部分断裂成一个或多个打印液滴以及一个或多个非打印液滴的流。液滴形成波形也被称为液滴激励波形,并且如所示的那样由各个液滴形成脉冲94、98和99构成。图5的上部C示出了在时间上延迟了组时间延迟41的、针对组2(G2)的单个喷嘴的根据时间的液滴形成波形55的相同序列。图5的中部B连同根据本发明的实施例由图5的部分A和部分C中所示的各个液滴

激励波形脉冲产生的液滴断裂定时一起示出了根据时间的公共充电电极电压波形。图5的部分A和部分C中的液滴形成脉冲被施加到分别与喷嘴阵列的组1和组2中的每个喷嘴相关联的液滴形成装置，该喷嘴阵列存在于液体室中，该液体室保持在足以通过沿着喷嘴阵列方向设置的多个喷嘴喷射液体射流的压力下。图5的下部A和上部C示出了针对喷嘴的线性阵列的不同组中的单个喷嘴的、根据经过的时间的液滴形成波形脉冲的相同序列(施加到热式液滴形成转换器59的加热器电压波形55)。响应于输入图像数据，将液滴形成波形施加到液体射流以对液体射流进行调制，从而选择性地使液体射流的各部分断裂成一个或多个打印液滴以及一个或多个非打印液滴的流。图5的中部B连同由图5的部分C所示的针对组2(G2)的喷嘴的各个液滴激励波形脉冲产生的液滴29的断裂定时一起示出了由图5的部分A所示的针对组1(G1)的喷嘴的各个液滴激励波形脉冲产生的液滴28的断裂定时。图5中部B还示出了通常称为充电电极波形97的、根据时间的公共充电电极电压V。图5的这两部分中的水平时间轴以液滴对时间周期来标记，该液滴对周期等于液滴35和36的液滴形成的基本周期的两倍 $2\tau_0$ 或者相继的大液滴49之间的时间间隔。图5所示的示图示出了在液滴对循环编号2期间形成的液滴对，其中第一液滴35是打印液滴并且将被打印在记录介质上，以及第二液滴36是非打印液滴并且将被捕集器拦截(不被打印)，而在液滴对循环编号1、3、4、5内，形成大非打印液滴49，其都将被捕集器拦截。第二个液滴对循环中的液滴形成波形包括液滴形成脉冲98，其后是非打印液滴形成脉冲99，这导致第一液滴35和第二液滴36分别以图5的部分B中所示的其断裂定时形成。如所示，液滴对循环1、3、4、5内所示的液滴形成脉冲94以大液滴49的断裂定时形成大液滴49。针对以基本频率生成8个液滴中的每一个液滴并且相同的加热器电压波形被施加到两组喷嘴的情况，图5的中部B包括具有由双箭头41指示的这两组之间的组时间延迟 $\Delta td = 2\tau_0$ 的、针对标记为G1和G2的两组喷嘴的断裂定时。组定时延迟装置79用于在这种情况下产生施加到第二组喷嘴的组时间延迟41。组时间延迟41等于第二组喷嘴和第一组喷嘴被第二组触发77和第一组触发76触发的次数之差。通常，定时延迟装置使向第一组或者第二组中的一组的喷嘴的液滴形成装置提供的液滴形成波形的定时偏移，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着喷嘴阵列方向相对于彼此不对齐。同样，这两组喷嘴交错，以使第一组中的喷嘴位于第二组中的相邻喷嘴之间并且第二组中的喷嘴位于第一组中的相邻喷嘴之间。

[0080] 图5的部分A和部分C示出了激励波形55的示例，其中每八个连续的基本时间周期生成一个打印液滴。按照液滴对循环时间周期示出时间轴，并且打印液滴被示为第二个液滴对循环的时间周期中的第一液滴。重复液滴对循环时间周期1至4中示出的液滴激励波形55以继续每八个连续的基本时间周期生成一个打印液滴。因此，液滴对循环编号5中的液滴形成脉冲是液滴对循环编号1中的相同液滴形成脉冲的重复。在本示例中，激励波形55是示出了在第二个液滴对循环期间生成打印液滴的加热器电压波形时序图。组1的喷嘴中的下一个打印液滴将在第六个液滴对循环期间生成，并且针对在液滴对循环编号6中发生的断裂事件(实心菱形)而在组1的时序图中示出。在图5的部分B中所示的示例中，图5的部分A和部分C中所示的加热器电压脉冲分别被施加到组G1和组G2的喷嘴。每个液滴从液体射流断裂的时刻在部分B中针对组G1的喷嘴而被标示为实心菱形，而针对组G2的喷嘴而被标示为空心菱形。虚线箭头被绘制为从引起在部分A和部分C中所示的每个液滴对时间间隔期间发生的液滴断裂的液滴形成脉冲开始，并且在部分B中所示的各个液滴的对应的断裂事件

处结束。短虚线箭头28指示由对应的液滴形成脉冲导致的组G1断裂事件，而长虚线箭头29指示由对应的液滴形成脉冲导致的组G2断裂事件。

[0081] 图5的部分B还示出了根据时间的充电电压V或者由充电电压源51向充电电极(44或45)提供的充电电极波形97。所示出的充电电极波形97是从高正电压状态95转向低电压状态96的50%占空比的方波，其周期等于液滴对周期(即，为液滴形成的基本周期的两倍)，使得在一个液滴充电波形循环期间可以形成一对液滴35与液滴36或者一个大液滴49。针对每个液滴对时间间隔的液滴充电波形包括非打印液滴电压状态95和打印液滴电压状态96。非打印液滴电压状态对应于较高的电压，而打印液滴电压状态对应于较低的电压。充电电极波形由充电电极与液体射流之间的变化电势源提供。充电电极波形97也被称为充电波形并且与打印液滴和非打印液滴图案无关。虽然图5示出了具有50%占空比方波的充电电极波形97，但是本发明可以使用包括具有不同于50%的占空比的方波或者在充电电极波形周期内具有多个高电平间隔和低电平间隔的其他任意充电电极波形。

[0082] 为了实施本发明，需要将施加到充电装置的共同液滴充电波形与液滴形成装置和组定时延迟装置进行同步，以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基本上不同于打印液滴电荷状态的非打印液滴电荷状态。使用延迟时间93来引起每个液滴对时间间隔内的第一液滴形成加热器电压脉冲的开始与每个充电电极波形循环的开始之间的延迟以便确保正确的同步。调整充电电极波形97的起始相位的定时，以正确地区分要打印的液滴与不要打印的液滴之间的电荷水平差。理想地，调整液滴形成脉冲串的触发与为电极的充电状态时间的时间之间的延迟时间93，以使得液滴将在电极充电电压波形的单个充电状态时间间隔的中心处断裂。因此，延迟时间93用于将液滴形成装置与电极充电电压源同步，以维持充电电极波形与液滴形成波形源时钟之间的固定相位关系。延迟时间93以液滴对周期的一半改变会使得打印液滴35在高电压状态95期间断裂并且使得液滴36和大液滴49在低电压状态期间断裂。这适合于 图7A至7C中所示的实施例。

[0083] 图5示出了针对当充电电极电压处于其低电压状态时产生打印液滴以及当充电电极处于其高电压状态时产生非打印液滴的实施例的时序图。在这种情况下，非打印液滴被高度充电并且不被打印。对于要打印被高度充电的液滴并且要捕获不太带电的液滴的实施例，通过调整每个液滴对时间间隔中的第一液滴形成加热器电压脉冲的开始与充电波形循环的开始之间的延迟时间93来对充电电极波形97的起始相位进行相位偏移。作为示例，当使用第一打印液滴选择方案时，对延迟时间93添加液滴形成的一个基本周期将使得大液滴49和非打印液滴36在断裂处时处于低电荷状态，而打印液滴35将处于高电荷状态以进行打印。

[0084] 图6A至图8B示出了在实施本发明的过程中所使用的连续液体喷射系统40的各种实施例，这些实施例采用第一打印液滴选择方案，其中在每个液滴对周期期间，各对液滴35与液滴36、单个大液滴49从液体射流43断裂，或者一对打印液滴35从液体射流43断裂。图6A至图6C示出了当进行操作以在记录介质19上产生不同的打印图案时采用第一打印液滴选择方案的具有第一硬件配置的本发明的第一实施例。图7A至图7C示出了当进行操作以在记录介质19上产生不同的打印图案时采用第一打印液滴选择方案的具有第二常见硬件配置的本发明的第二实施例。图8A至图8B示出了当进行操作以在记录介质19上产生不同的打印图案时具有第三常见硬件配置的本发明的第三实施例。图6A、图7A以及图8A示出了在全打

印条件下以最大记录介质速度的一半进行操作的各种实施例,其中以基本频率 f_0 产生各对液滴35与液滴36的连续序列,并且以每两个打印一个的方式打印所形成的液滴。图6A、图7A以及图8A中所示的打印条件被定义为全打印条件,在全打印条件下,在记录介质19上打印输入图像数据中的每个相邻的图像像素。所打印的图像像素等同于记录介质19的表面上显示的打印墨滴46。全打印条件在附图中被示为相邻的打印墨滴46在记录介质19上相互接触。如上所述,为了在全打印条件下打印而在相继的打印液滴之间形成的非打印液滴的数量取决于记录介质速度。当在全打印条件下以最大记录介质速度的一半进行操作时,以每两个打印一个的方式打印以基本频率 f_0 形成的液滴。图6B、图7B以及图8B示出了在非打印模式下的各种实施例,在非打印模式下,以液滴对频率产生质量约等于液滴35和液滴36的质量之和的大液滴49的连续序列,并且不打印任何液滴。图6C和图7C示出了以小于或等于最大记录介质速度的一半进行操作的采用第一打印液滴选择方案的一般打印条件,在一般打印条件下,在液滴对周期期间产生两对液滴35与液滴36以及较大液滴49,其中不打印液滴36和较大液滴49而打印液滴35。

[0085] 在本发明的各种实施例中,连续液体喷射系统40包括打印头12,该打印头12包括与一个或多个用于发射液体流43的喷嘴50的阵列流体连通的液体室24。与每个液体射流相关联的是激励转换器59。在所示的实施例中,激励转换器59形成在喷嘴50周围的壁上。分开的激励转换器59可以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致动,该液滴形成波形源56以基本频率 f_0 对液体射流43提供周期性激励。在采用第一打印液滴选择方案的实施例中,对液体射流43的周期性激励使得射流断裂成在时间上以液滴对周期 $2\tau_0$ 为间隔的液滴对34的序列或者在时间上以 $2\tau_0$ 为间隔并且彼此相隔距离 2λ 的较大液滴49的序列。液滴35是打印液滴并且液滴36是非打印液滴;液滴对34由打印液滴35和非打印液滴36构成。在液滴在充电电极44附近断裂之后,打印液滴35获取被称为第一电荷状态、也被称为打印液滴电荷状态的电荷水平,并且沿着被称为打印液滴路径的第一路径37行进,而非打印液滴36获取被称为第二电荷状态、也被称为非打印液滴电荷状态或第一非打印液滴电荷状态的电荷水平,并且沿着被称为非打印液滴路径或者第一非打印液滴路径的第二路径38行进。捕集器47或者67被定位成拦截并且回收沿着非打印液滴路径38行进的非打印液滴36,同时使得沿着打印液滴路径37行进的打印液滴37能够在捕集器附近经过并且随后当记录介质19以记录介质速度 v_m 移动时接触记录介质19。打印液滴35被表示为在记录介质19上被示为凸起(bump)的打印墨滴46。图6B至图6C、图7B至图7C以及图8B中还示出了也被称为较大液滴49的较大的第三液滴。在大液滴49在充电电极44附近断裂之后,大液滴49获取被称为第三电荷状态、也被称为大非打印液滴状态或者第二非打印液滴电荷状态的电荷水平,并且沿着被称为大非打印液滴路径或者第二非打印液滴路径的第三路径39行进。捕集器47或67也被定位成拦截并且回收沿着大非打印液滴路径39行进的大非打印液滴49。

[0086] 在图6A至图6C以及图8A至图8B中,非打印液滴36和较大的非打印液滴49被示为处理负电荷。在可替换的实施例中,采用两个电压状态的相反极性,非打印液滴可以带正电荷而不是带负电荷。虽然在这些附图中没有在打印液滴35上示出电荷,但是已发现,当在打印液滴断裂期间充电电极与液体射流之间的电压为零时打印液滴35上通常具有极性与非打印液滴相反的电荷。在图7A至图7B中,打印液滴35被示为处理负电荷,而非打印液滴36和大非打印液滴49被示为其上不带任何电荷。在图6A至图6C、图7A至图7C以及图8A至图8B所

示的实施例中,非打印液滴36和大非打印液滴49上通常具有极性与打印液滴35相反的电荷。打印液滴和非打印液滴上的这种相反电荷极性可以对打印窗口范围(latitude)产生期望的效果,因为在偏转装置的作用下,打印液滴沿着远离捕集器的路径行进而非打印液滴沿着朝向捕集器的不同路径行进,其中,非打印液滴在捕集器处被拦截。这提供了打印液滴与非打印液滴之间的增加的间隔,这使得非打印液滴能够更容易被捕集器拦截。然而,当打印液滴带电荷时,在附近的打印液滴之间发生静电相互作用,该静电相互作用可以引起在打印期间记录介质上的液滴定位的误差。只要打印液滴和非打印液滴的轨迹偏离,打印液滴之间的排斥静电相互作用就可以使得最近的打印液滴排斥进入由非打印液滴空出的空间。结果,打印的字符的笔画会比预期的笔画更宽,并且笔画还会包括相邻打印液滴之间的不期望间隙。这种情况发生的程度取决于充电板的液滴充电和偏转部件的配置和对齐。

[0087] 与液体射流43相关联的是如图2所示的液滴形成装置59和激励波形源56。激励波形源56向激励转换器59提供激励波形55,激励转换器56对流过喷嘴50的液体射流43产生扰动。激励波形55的振幅、持续时间,定时以及能量脉冲数决定如何、在何处以及何时液滴形成,包括液滴的断裂定时,位置和大小。相继的液滴的断裂之间的时间间隔决定液滴的大小。来自(图1中所示的)激励控制器18的数据被发送到激励波形源56,在激励波形源56处,该数据被转换成时变电压脉冲的图案以使得在喷嘴50的出口处形成液滴流。在图5的部分A和部分C中示出了示例的由激励波形源56提供给激励转换器59的特定液滴激励波形55决定相继的液滴的断裂定时和液滴的大小。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的打印数据或者图像数据而变化。因此,从激励波形施加到激励转换器的能量脉冲的定时取决于打印数据或者图像数据。为了在以小于或等于最大打印速度的一半移动打印介质时将打印液滴46打印在记录介质上,提供给激励转换器59的波形脉冲序列是将产生在时间上按照基本频率被均匀分开的一对液滴的波形脉冲序列,该一对液滴中的一个液滴将被打印(参见图5的部分A的液滴对循环2中的打印液滴形成脉冲98和非打印液滴形成脉冲99)。当采用第一打印液滴选择方案来在以最大打印速度的一半进行打印并且打印数据流需要打印像素的序列时,提供给激励转换器的波形序列产生液滴对的序列并且将打印每个液滴对中的相同液滴。在这种情况下,在图5的部分A中的液滴对循环2中所示的液滴形成脉冲98以及随后的非打印液滴形成脉冲99的相同波形脉冲序列将重复。当打印数据需要非打印液滴并且以小于或等于最大打印速度的一半在记录介质上正进行打印时,提供给激励转换器的波形是将使用诸如图5的部分A中的液滴对循环1中所示的脉冲波形(诸如94)来产生大液滴49的波形。当打印数据需要非打印液滴的序列时,提供给激励转换器的波形是将产生大液滴的序列的波形,诸如图5的部分A的液滴对循环编号3、4以及5中所示的波形。这些大液滴都不会被打印。通常,基于打印数据流而创建的波形序列包括选自一组预定义波形的波形的序列。该组预定义波形包括用于在一个液滴对时间周期 $2\tau_0$ 内形成液滴对34的一个或多个波形,其中液滴对中的液滴不合并且液滴对中的一个液滴将被打印,以及该组预定义波形还包括用于在液滴对时间周期期间创建一个大液滴的一个或多个波形,其中该大液滴将不被打印。

[0088] 图6A至图8B中所示的实施例示出了采用第一打印液滴选择方案的连续液体喷射系统40,在本文中详细描述连续液体喷射系统40中包括的充电装置83和偏转机构14的特定的各种实施例。连续液体喷射系统40的实施例包括参照图1中所示的连续喷墨系统所描述

的部件。连续液体喷射系统40的实施例包括液体喷射器或者打印头12,其包括与喷嘴50或者喷嘴阵列流体连通的液体室24。(在这些附图中,喷嘴的阵列将延伸到附图的平面中以及从附图平面延伸出去。)液体室24包括在足以通过喷嘴50连续地喷射液体射流43的压力下的液体。每个液体射流均具有液滴形成装置59和液滴形成波形源56。液滴形成波形源56提供可操作用于在液体射流中产生调制的激励波形55,以使液体射流的相继的基本波长的长的部分断裂成沿着初始路径行进的一系列液滴35或者包括第一液滴36和第二液滴35的液滴对、或者沿着相同的初始路径行进的一系列较大液滴49。调整由波形源56提供的波形,或者选择波形,以使得当以最大记录介质速度进行打印时,在每个液滴对周期期间或者针对液滴对35与35形成各对液滴35与液滴36或者较大液滴49。连续液体喷射系统还包括充电装置83,充电装置83包括与液体射流的阵列和在充电电极与液体射流之间应用的变化电势源(充电电压源51)相关联的充电电极44、充电电极44a和44b、充电电极45或者充电电极45和45a。当采用第一打印液滴选择方案进行打印时,变化电势源51向充电电极施加周期等于液滴对周期 $2\tau_0$ 的充电电极波形97。充电电极波形通常是具有分别被称为打印液滴电压状态和非打印液滴电压状态的第一不同电压状态和第二不同电压状态的双态波形,并且施加到充电电极的充电波形与由输入图像数据指定的打印液滴图案和非打印液滴图案无关。

[0089] 如相对于图2的讨论所讨论的那样,充电电极44被定位成使得其在喷嘴阵列中的液体射流的断裂位置附近。将充电装置与液滴形成装置进行同步,以使得当液滴对中的非打印液滴36在电极附近断裂时第一电压状态或者非打印液滴电压状态95有效,而当液滴对中的打印液滴35在电极附近断裂时第二电压状态或者打印液滴电压状态96有效。作为由充电电极在打印液滴和非打印电压状态下产生的电场的结果,在打印液滴上产生打印液滴荷质比状态并且在每个液滴对中的非打印液滴上产生也被称为第一非打印液滴荷质比状态的非打印液滴荷质比状态。还将充电装置与液滴形成装置进行同步,以使得当大液滴49或者在时间上间距小的液滴49a和49b在充电电极44附近断裂时,仅非打印电压状态是有效的,其中液滴49a和49b在时间上紧密地断裂并且随后合并成单个大液滴49。因此,在大液滴49上产生也被称为第二非打印荷质比状态的第三荷质比状态。第二非打印液滴荷质比状态与第一非打印液滴荷质比状态相似。

[0090] 在图6A至图6C所示的实施例中,充电电极44是偏转装置14的一部分。当电压电势被施加到位于液体射流的邻近于断裂点的一侧的充电电极44时,充电电极44在液滴断裂之前吸引射流的带电荷端,并且还在带电荷液滴36和49从液体射流断裂之后吸引带电荷液滴36和49。在关于非冲击打印技术的进步的第4届国际会议上J.A.Katerberg的“Drop charging and deflection using a planar charge plate”中描述了该偏转机制。捕集器47也构成偏转装置14的一部分。如由J.Robertson在第3,656,171号美国专利中所描述的那样,带电荷液滴在导电的捕集器表面前面经过使得导电的捕集器表面52上的表面电荷以带电荷液滴被吸引到捕集器表面52的形式重新分布。

[0091] 为了选择性地将液滴打印到基板上,使用捕集器来拦截非打印液滴,然后将非打印液滴送到墨水回收单元15。图6A至图6C、图7A至图7C以及图8A至图8B示出了捕集器47拦截沿着非打印液滴路径38和大非打印液滴路径39行进的液滴、同时使得沿着打印液滴路径37行进的液滴能够接触记录介质19并且被打印的实施例。在这些实施例中,在液滴对中的非打印液滴上感应的第一非打印液滴电荷状态与在大非打印液滴上感应的第二非打印液

滴电荷状态相似，并且与液滴对中的打印液滴上感应的打印液滴电荷状态不同。在图6A至图6C以及图8A至图8B中所示的 实施例中，第一非打印液滴和第二非打印液滴带电荷多并且偏转而被捕集器捕获并回收，而打印液滴表现为具有相对低的电荷并且被示为相对地未偏转。在实践中，实际上使打印液滴偏转远离捕集器并且使得其能够撞击记录介质。图7A至图7C示出了打印液滴带电荷多并且偏转远离捕集器67从而使得打印液滴能够接触记录介质并被打印的实施例。在这种情况下，捕集器67拦截分别沿着非打印液滴路径和大非打印液滴路径行进的带电荷较少的非打印液滴和大非打印液滴，非打印液滴和大非打印液滴被示为相对地未偏转。

[0092] 在图6A至图6C以及图8A至图8B中所示的实施例中，接地的捕集器47位于充电电极44下方。捕集器47的目的是拦截或者排走带电荷液滴，以使得这些带电液滴不会接触并被打印在打印介质或者基板19上。捕集器还通常使得能够回收未被打印的墨水，以使得可以再次通过打印头喷射墨水。为了这些附图中所示的打印头12的正确操作，捕集器47和/或捕集器底板57接地，以使得所拦截的液滴上的电荷随着墨水从捕集器表面52流下并且进入墨水返回通道58而消散。捕集器47的捕集器表面52相对于图2所示的液体射流轴87有角度 θ 。由于带电荷液滴36是带电荷大液滴49，所以带电荷液滴36被吸引到接地的捕集器47的捕集器表面52。液滴36在带电荷液滴捕集器接触位置26处与捕集器表面52相交并且大液滴49在带电荷大液滴捕集器接触位置27处与捕集器表面52相交，以形成沿捕集器47的表面向下行进的墨水膜48。由于这两种类型的液滴的荷质比相似，所以针对非打印液滴36的捕集器接触点26与针对大非打印液滴49的捕集器接触点27在高度上相似。捕集器的底部具有半径为R的曲面，包括用于捕获并回收墨水膜48中的墨水的底部捕集器板57和在底部捕集器板57之上的墨水回收通道58。如果在电极附近断裂的液滴断裂时从电极44到液体射流43存在正电压电势差，则在形成中的液滴上将会感生负电荷，在液滴从液体射流断裂之后会保持该负电荷。如果在液滴断裂时从电极44到液体射流43不存在电压电势差，则预期在形成中的液滴上将不会感生在液滴从液体射流断裂之后将保持的电荷。然而，由于从液体射流断裂的第二液滴35与带电荷的第一液滴36电容性耦合，所以即使当充电电极在第二充电状态下为0V时，在第二液滴上也可以感生电荷。已观察到，打印液滴35上的实际电荷与非打印液滴36上的电荷的量近乎相同而极性相反。

[0093] 为了便于理解本发明，绘制的图6A至图6C以及图8A至图8B示出了液滴35如由打印液滴路径37的方向所指示的那样偏转很小或者不偏 转。为了便于理解，打印液滴路径37被绘制为与图2所示的液体射流轴87相对应。液滴对36的非打印液滴处于高电荷状态，以使得当非打印液滴36随着沿着非打印液滴路径38行进而偏转。本发明允许在每个液滴形成时间间隔期间以液滴生成基本频率 f_0 或者以液滴周期 τ_0 打印一个打印液滴。当采用第一打印液滴选择方案时，本发明允许按照每个液滴对循环以液滴对频率 $f_p = f_0/2$ 或者以液滴对周期 $\tau_p = 2\tau_0$ 打印一个打印液滴，在这种情况下，在每个打印液滴之前或者之后形成至少一个非打印液滴。

[0094] 图7A至图7C示出了采用第一打印液滴选择方案进行操作的根据本发明的连续喷墨系统的第二实施例，其示出了各种打印条件。示出了通过液体射流的横截面视图，其中相对未偏转的大液滴49和相对未偏转的非打印液滴36由捕集器67收集，同时使得偏转的打印液滴35能够经过捕集器并打印在记录介质19上。图7A示出了在以最大记录介质速度的一半

进行打印时在全打印条件下的液滴对的序列,图7B示出了在以小于或等于最大记录介质速度的一半进行打印时在非打印条件下的液滴对的序列,以及图7C示出了在以小于或等于最大记录介质速度的一半进行打印时打印部分液滴的常规打印条件。在图7B中,大液滴49被示为接近断裂成两个分开的液滴49a和49b,液滴49a和49b可以一起断裂、然后分开并重新合并成单个大液滴49。液滴49a和49b还可以在几乎相同的时间处分别断裂成两个液滴,然后合并成单个大液滴。如图7A所示,充电电压源51可以以液滴形成的液滴对频率传递重复的充电电极波形97,以使得顺序的液滴对中的第一液滴36被充电电极44充电至第一电荷状态并且液滴对中的第二液滴35被充电电极44a和44b充电至第二充电状态。

[0095] 在图7A至图7C所示的实施例中,充电电极44包括位于液体射流的相对侧的第一部分44a和第二部分44b,其中液体射流在充电电极的这两部分之间断裂。通常,充电电极44的第一部分44a和第二部分44b或者是分开且不同的电极,或者是同一装置的分开的部分。电极可以由单一导电材料构成,其中在两个半部分之间具有机械加工的平行间隙。充电电压源51将充电电极的左部分和右部分偏置达到相同的电势。在液体射流与第一部分44a的相对侧增加被偏置达到相同电势的第二充电电极部分44b在充电电极部分44a与充电电极部分44b之间产生了具有关于射流的中心几乎左右对称的电场的区域。作为结果,从电极之间的液体射流断裂的液滴的充电对在该射流的横向位置的小变化很不敏感。电场关于液体射流的近乎对称使得液滴能够被充电,而无需对接近断裂的液滴施加明显的横向偏转力。在本实施例中,偏转机构14包括位于充电电极44a和44b下面 并且位于液滴49a和49b合并为单个大液滴49的合并点下面的一对偏转电极53和63。这两个电极之间的电势被示为产生在电极之间的使带负电荷的液滴向左偏转的电场。液滴偏转电场的强度取决于这两个电极之间的间距以及这两个电极之间的电压。在本实施例中,偏转电极53被正向偏置,以及偏转电极63被负向偏置。通过使这两个电极相对于接地的液体射流以相反的极性偏置,可以增加打印液滴35与非打印液滴36以及大非打印液滴49之间的间隔。

[0096] 在图7A至图7C所示的实施例中,已使用刀口捕集器67来拦截非打印液滴轨迹。包括捕集器凸缘(ledge)30的捕集器67位于一对偏转电极53和63下方。如图7B所示,捕集器67和捕集器凸缘30被定向成使得捕集器拦截沿着针对非打印液滴36的非打印液滴路径38行进的液滴,并且还拦截沿着大非打印液滴路径39行进的大液滴49,但是不拦截沿着打印液滴路径37行进的带电荷打印液滴35。优选地,捕集器被定位成使得撞击捕集器的液滴对捕集器凸缘30的倾斜表面进行撞击,以使冲击时的溅射最小化。带电荷的打印液滴35被打印在记录介质19上。

[0097] 对于下文中关于图7A至图7C的讨论,假设充电电压源51以液滴形成的基本频率的一半传递约50%占空比的方波波形。当电极44a和44b上具有正电势时,随着液滴35从接地的射流43断裂,在液滴35上将产生负电荷。当在形成液滴36期间电极44上的电压被切换为低电压时,随着液滴35从接地的射流43断裂,由于与带负电荷的前一液滴的电容性耦合而在液滴35上将感生正电荷。正电势被置于偏转电极53上,这将进一步将带负电荷的液滴35朝向偏转电极53的平面吸引。在偏转电极63上设置负电压将使带负电荷的液滴35从易于帮助液滴35偏转的偏转电极63朝向偏转电极53排斥。由施加到偏转电极的电压产生的场将向液滴35提供足够的力以使得液滴35可以偏转得足以未达到回收槽凸缘30而被打印在记录介质19上。类似地,轻微带正电荷的液滴36将被吸引朝向偏转电极63,这将有助于捕集器67

捕获液滴36。为了使图7A至图7C所示的配置正常运行,两个状态波形97的相位与图6A至图6C所示的配置中使用的两个状态波形97的相位必须相差约180度。对于图7A至图7C的配置,非打印液滴36和大非打印液滴49具有与打印液滴35上的电荷状态不同的电荷状态。

[0098] 图7C示出了液滴对35和36连同一些大液滴49一起被生成的正常打印序列。带电荷液滴35被打印到移动记录介质19上作为打印墨滴46,以及非打印液滴36和非打印大液滴49由捕集器67捕集而未被打印。如参照图1的讨论所描述的那样,打印墨滴46的图案将对应于来自图像源13的图像数据。在图7C所示的实施例中,可选的空气室61形成在几何结构的充电电极与喷嘴板之间。如箭头65所指示的那样,随着液体射流和液滴流分别经过充电电极的第一部分44a和第二部分44b之间,由空气源(未示出)提供给空气室的空气围绕液体射流和液滴流。该空气流大致平行于初始液滴轨迹移动有助于减少空气对液滴的曳引效应,该曳引效应会产生液滴定位误差。

[0099] 图8A至图8B示出了具有集成的电极和回收槽设计的根据本发明的采用第一打印液滴选择方案的连续喷墨系统的第三实施例中通过液体射流的横截面视图。图8A示出了以最大记录介质速度的一半进行操作的全打印条件下的液滴对的序列,以及图8B示出了以最大打印速度的一半或者更低进行操作的非打印条件下的液滴对的序列。图8A中的打印液滴35被示为具有正电荷,而非打印液滴36被示为具有负电荷。因此,如图所示,它们偏转远离捕集器并且被示为相对于液体射流轴87偏转到右边。

[0100] 在图8A至图8B中在射流43的右侧所示出的所有部件都是可选的,并且构成本发明的第三可替换的实施例。绝缘体68和可选绝缘体68a分别粘附于充电电极45和可选的第二充电电极部分45a的上表面,并且起到绝缘垫片的作用,以确保打印头与(多个)充电电极45和45a电绝缘并且充电电极45和可选的充电电极45a位于液体射流43的断裂位置32附近。在绝缘体68的顶部与喷嘴50的出口平面之间可以存在间隙66。在图8A和图8B中,充电电极45和充电电极45a的面向射流43的边缘被示出为有角度,以使断裂区域处的电场的强度最大化,这将在带电荷液滴36和大带电荷液滴49上感生更多电荷。绝缘垫片69还粘附于充电电极45的下表面。可选的绝缘垫片71粘附于可选的充电电极45a的下表面。绝缘体68的底部区域在充电电极45的面向液体射流43的上表面附近具有绝缘粘合剂64。类似地,可选的绝缘体68a的底部区域在充电电极45a的面向液体射流43的上表面附近具有绝缘粘合剂64a。绝缘垫片69也具有粘附到面向喷墨液滴的一侧和电极45的下表面的绝缘粘合剂62。可选的绝缘垫片71也具有粘附到面向喷墨液滴的一侧和电极45的下表面的绝缘粘合剂62a。绝缘粘合剂64、64a、62以及62a的目的是防止液体在绝缘体的表面上形成连续膜并且使液体远离电极45以消除电短路的可能性。如图6A和图6B所示,接地的回收槽47粘附于绝缘垫片69的下表面和绝缘粘合剂64。粘附于可选的绝缘垫片71的下表面的是接地导体70。另一可选的绝缘体72粘附到接地导体70的下表面。面向回收槽47的顶部区域的可选偏转电极74粘附到绝缘体72的下表面。可选的绝缘体73粘附到偏转电极74的下表面。接地导体75位于回收槽47的底部区域附近并且粘附于绝缘体73的下表面。接地导体70起到电极45a与偏转电极74之间的屏蔽的作用,以将接近液滴断裂的液滴充电区域与在捕集器前面的液滴偏转场隔离。这有助于确保随着液滴从射流断裂而在液滴上感生的电荷不受由偏转电极产生的电场影响。接地导体75的目的是屏蔽捕集器的液滴冲击区域而免于受由偏转电极产生的电场影响。液滴冲击区域中这种场的存在可以有助于从回收槽47表面产生喷雾和飞沫。图8A和图

8B中的偏转电极74以与图7A至图7C中所描述的偏转电极63相同的方式起作用。

[0101] 图9示出了采用第一打印液滴选择方案的本发明的连续喷墨系统的打印头12的9个相邻液体射流43的阵列的前视图,图9示出了布置成标记为G1和G2的两个交错组的9个相邻喷嘴,其中该连续喷射系统在下述模式下进行操作:在不同组的喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来以每四个打印一个的方式打印以基本液滴形成周期生成的液滴。这代表以最大打印速度的1/4、在不同组的喷嘴之间使用 $2\tau_0$ 的定时偏移的全打印模式。在图9中,打印液滴35前面是大非打印液滴49,后面是非打印液滴36,其后是在下一打印液滴之前的下一个大非打印液滴49。打印液滴35和非打印液滴36在时间上以基本周期 τ 为间隔生成,而大非打印液滴在时间上与前一液滴以约为两倍基本周期 $2\tau_0$ 为间隔而生成。在提供给喷嘴组G1和喷嘴组G2的波形之间提供了 $2\tau_0$ 的定时延迟。公共充电电极44与喷嘴阵列12中的每个液体射流相关联,从而位于液滴35和液滴36的断裂位置32以及大液滴49的断裂位置33附近。在相同的充电电极电压状态期间,大液滴49在组G1中的所有喷嘴处断裂并且非打印液滴36在组G2中的所有喷嘴处断裂。同样,在相同的充电电极电压状态期间,非打印液滴36在组G1中的所有喷嘴处断裂并且大液滴49在组G2中的所有喷嘴处断裂。喷嘴组G1和G2的所有打印液滴35在不同的充电电极电压状态期间断裂。如图5B所示的充电电极波形优选地具有50%的占空比并且具有周期为 $2\tau_0$ 的双态波形。接地的捕集器47被示为具有跨越整个捕集器表面形成的连续墨水膜48,该连续墨水膜48由被偏转并且由捕集器分别在高度位置26和高度位置27处拦截的带电荷液滴36和带电荷大液滴49引起,而液滴35被打印。由于带电荷液滴36的路径38与带电荷的大液滴49的路径39基本上相同,所以所有被排走的液滴在大约相同的高度与捕集器表面相交。这对于在捕集器表面上创建稳定均匀的墨水膜以及实现高液滴定位精确性来说是理想的。回收槽上的墨水膜48被收集在捕集器47与公共捕集器底板57之间的通道中并且被送到打印机的墨水回收单元。打印液滴35到达记录介质19成为打印液滴46。来自组G1和组G2的打印液滴在不同的时间到达记录介质19并且在记录介质运动方向上相互偏移了取决于打印速度的量。当在不同组的喷嘴之间组定时偏移为 $2\tau_0$ 的情况下以最大打印速度的1/4进行操作时,这相当于在记录介质19上来自相邻喷嘴的打印液滴之间有1/2像素偏移。当以最大打印速度的1/32进行打印时,该 $2\tau_0$ 的组定时偏移相当于在记录介质19上相邻打印液滴之间有1/16的像素偏移。

[0102] 在某些情况下,期望保持来自第一组G1的喷嘴和第二组G2的喷嘴的在记录介质上的打印液滴之间的恒定偏移。在这种情况下,第一喷嘴组和第二喷嘴组之间的定时偏移取决于记录介质相对于喷嘴阵列的速度,并且导致当沿着与接收器速度无关的接收器行进方向观看时由第一喷嘴组和第二喷嘴组创建的打印液滴的位置之间的固定偏移。

[0103] 图10至图13示出了在被偏转并且被捕集器拦截之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的采用第一打印液滴选择方案的液滴行的序列,其中打印数据使得同时请求所有的这若干个相邻喷嘴对打印液滴或者非打印液滴进行打印。这对应于取决于记录介质速度的对水平线或者实心区域的打印。在这些附图的左侧所示的标记为A的空气中的打印图案构成现有技术而没有采用本发明的方法,而在这些附图的右侧所示的标记为B的空气中的打印图案采用本发明的方法。在图10至图13的左侧所示的标记为A的空气中的打印图案在相邻喷嘴的激励之间没有使用任何定时偏移,并且喷嘴没有被分成两个或更多个组,而在图10至图13的右侧所示的标记为B的空气中的打印图案由两个或更多个组中的相邻喷嘴

以在不同组的喷嘴的触发激励之间的定时偏移生成。在所有的这些附图中，打印液滴35被表示为图案填充的圆圈，非打印液滴36被表示为黑色填充的实心圆圈，以及大非打印液滴49被示为较大的黑色填充的实心圆圈。在所有的这些附图中，在所有气个喷嘴上的单行的全部打印液滴被标记为1至7。

[0104] 图10A示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中要在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来以每四行打印一行的方式打印以基本周期创建的液滴，而图10B示出了在被偏转之前来自相同的若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的相同序列，其中要应用本发明的方法和实施例、在布置成标记为G1和G2的两个组中的相邻喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来每四个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴。图10B中所示的液滴图案对应于在非打印液滴被捕集器拦截之前图9中所描述的液滴图案。在图10A和图10B所示的示例中，打印液滴35前面是大非打印液滴49，后面是非打印液滴36，其后是在下一个打印液滴之前的下一个大非打印液滴49。打印液滴35和非打印液滴36在时间上以基本周期 τ_0 为间隔生成，而大非打印液滴在时间上与前一液滴以约基本周期的两倍 $2\tau_0$ 为间隔而生成。在图10A所示的打印模式下，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10B所示的在本发明中所实现的打印模式下，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比在图10A的情况下彼此距离得更远。这减少了相邻的带电荷打印液滴上的液滴间静电相互作用，从而导致相邻的打印液滴之间的静电排斥更小。当相邻喷嘴之间不使用组定时延迟时，相邻的带电荷打印液滴之间的静电相互作用使得打印液滴远离彼此移位。而如图10B所示，当在相邻喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的组定时延迟时，则显著地减少了相邻的带电荷打印液滴的位移。在图10B所示的示例中，相继的打印液滴35之间的大非打印液滴49的存在也有助于减少相邻打印液滴之间的静电相互作用。

[0105] 图11A示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的采用第一打印液滴选择方案的液滴的序列，其中在不同组中的喷嘴之间要不使用定时偏移来以每六行打印一行的方式打印以基本周期创建的液滴，而图10B示出了在被偏转之前来自相同的若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的相同序列，其中要应用本发明的方法和实施例、在布置成标记为G1和G2的两个组中的相邻喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来以每六个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴。在图11A和图11B中，打印液滴35前面是两个连续的大非打印液滴49，其后是非打印液滴36，之后是在下一个打印液滴之前的下一对连续的大非打印液滴49。如在图10A和图10B所示的情况下，打印液滴35和非打印液滴36在时间上以基本周期 τ_0 为间隔生成，而大非打印液滴在时间上与前一液滴以约基本周期的两倍 $2\tau_0$ 为间隔生成。在图11A所示出的打印模式下，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11B所示的在本发明中实现的打印模式下，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比在图11A的情况下彼此距离得更远。这减少了相邻的带电荷打印液滴上的液滴间静电相互作用，从而导致相邻的打印液滴之间的静电排斥更小。

[0106] 图12A示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中在不同组中的喷嘴之间要不使用定时偏移来以每八行打印一行的方式打印以基本周期创建的液滴，而图12B示出了在被偏转之前来自相同的若干个相邻喷嘴的在空气中行进

的液滴的相同序列，其中要应用本发明的方法和实施例、在布置成标记为G1和G2的两个组的相邻喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来以每八个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴。在图12A和图12B中，打印液滴35前面是3个连续的大非打印液滴49，后面是非打印液滴36，其后是在下一打印液滴之前的下一组3个连续的大非打印液滴49。如在图10A、图10B、图11A以及图11B中所示的情况下那样，打印液滴35和非打印液滴36在时间上以基本周期 τ_0 为间隔生成，而大非打印液滴在时间上与前一液滴以约基本周期的两倍 $2\tau_0$ 为间隔生成。在图12A中所示的打印模式下，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12B所示的在本发明中所实现的打印模式下，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比在图12A的情况下彼此距离得更远。这会减少相邻的带电荷打印液滴上的液滴间静电相互作用，从而导致相邻的打印液滴之间的静电排斥更小。

[0107] 图13A示出了在被偏转之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中要在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来以每八行打印一行的方式打印以基本周期创建的一行液滴，而图13B示出了在被偏转之前来自相同的若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的相同序列，其中要应用本发明的方法和可替选的实施例、在布置成标记为G1、G2和G3的3个组的各对相邻喷嘴之间使用 $2\tau_0$ 和 $4\tau_0$ 的定时偏移来以每八个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴。在图13A和图13B中，打印液滴35前面是3个连续的大非打印液滴49，后面是非打印液滴36，其后是在下一个打印液滴之前的下一组3个连续的大非打印液滴49。在图10A、图10B、图11A、图11B、图12A以及图12B中所示的示例中，打印液滴35和非打印液滴36在时间上以基本周期 τ_0 为间隔生成，而大非打印液滴在时间上与前一液滴以约两倍基本周期 $2\tau_0$ 为间隔生成。在图13A所示的打印模式下，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13B中所示的在本发明中所实现的打印模式下，标记为1和2、2和3、3和4、4和5以及5和6的空气中的打印液滴之间具有为 $2\tau_0$ 的定时偏移，并且这些打印液滴比在图13A的情况下再次彼此距离得更远，而标记为3和4以及6和7的空气中的打印液滴之间具有为 $4\tau_0$ 的定时偏移，从而使得它们比标记为1和2、2和3、4和5、5和6的空气中的打印液滴彼此距离得更远。这进一步减少了相邻的带电荷打印液滴上的液滴间静电相互作用，从而导致相邻的打印液滴之间的静电排斥更小。

[0108] 当基于液滴生成的基本频率、以最大打印速度或者记录介质速度进行打印时，不能采用上述的第一打印液滴选择方案，因为在来自单个喷嘴的相继的打印液滴之间总是有至少一个非打印液滴。在需要以最大记录介质速度进行打印的系统中，可以采用第二打印液滴选择方案。在采用第二打印液滴选择方案的实施例中，对液体射流43的周期性激励使得射流断裂成打印液滴35或者非打印液滴36的序列而无需使用较大液滴49。或者是打印液滴35或者是非打印液滴36的一个液滴在每个基本时间间隔 τ_0 期间断裂，以使得相继的液滴在时间上以液滴周期 τ_0 均匀地间隔开，并且施加到激励转换器59的一组预定义激励波形55包括用于形成打印液滴35的一个或多个波形和用于创建非打印液滴36的一个或多个波形。相继的液滴以距离 λ 均匀地间隔开。当采用第二打印液滴选择方案时，需要将充电装置83与液滴形成波形源56和组定时延迟装置78进行同步，以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基本上不同于打印液滴电荷状态的非打印液滴电荷状态。为了实

现正确的同步,变化的电势源51向公共充电电极44施加周期等于液滴形成基本周期 τ_0 的充电电极波形97。充电电极波形具有被称为打印液滴电压状态和非打印液滴电压状态的两种不同的电压状态。当输入图像数据需要打印液滴时,打印液滴形成波形使得当充电电极波形处于打印液滴电压状态时液滴从液体射流断裂。反之,当输入图像数据需要非打印液滴时,非打印液滴形成波形使得当充电电极波形处于非打印液滴电压状态时液滴从液体射流断裂。

[0109] 图14A至图14C示出了采用第二打印液滴选择方案的在实施本发明的过程中使用的连续液体喷射系统40的可替换的实施例。图14A至图14C中所示的设备的所有部件都与图6A至图6C中描述的部件相同。与当使用第一打印液滴选择方案时相比,当使用第二打印液滴选择方案时,激励 波形源56和充电电压源适于分别施加不同组的激励波形55和充电电极波形。图14A示出了演示以最大记录介质速度进行打印的采用第二打印液滴选择方案的全打印条件,其中打印以基本频率生成的每个相继的液滴35。图14B示出了采用第二打印液滴选择方案的非打印模式,其中以基本频率产生液滴36的连续序列,并且都不打印这些液滴。图14C示出了以最大记录介质速度进行操作的采用第二打印液滴选择方案的常规打印模式,其中打印以基本频率生成的一些液滴,并且不打印一些液滴而是由捕集器47将其收集并回收。

[0110] 图15和图17示出了在非打印液滴偏转并且由捕集器拦截之前来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的采用第二打印液滴选择方案的各行液滴的序列,其中打印数据使得同时请求所有的这几个相邻喷嘴打印打印液滴或者打印非打印液滴。这对应于取决于记录介质速度而对水平线或者实心区域的打印。在这些图的左侧所示的标记为A的空气中的打印图案构成现有技术,并且不采用本发明的方法,而在这些图形的右侧所示的标记为B的空气中的打印图案采用本发明的方法。图15A示出了来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列,其中要在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来打印以基本周期创建的每行液滴,而图15B示出了来自相同的若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的相同序列,其中要应用本发明的方法和上述可替换实施例、在布置成两组的相邻喷嘴之间使用为 $0.3\tau_0$ 的定时偏移来打印以基本周期创建的每个液滴。图15A和图15B是以最大打印速度进行操作的全打印条件的示例,并且可以通过表面使用图14A所示的设备而生成。在这种情况下,生成的所有液滴都是打印液滴35。在图15A所示的打印模式下,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,打印液滴之间的距离等于喷嘴间距。在图15B所示的本发明中实现的打印模式下,标记为1和2、2和3、3和4、4和5、5和6以及6和7的在空气中打印液滴也比在图15A的情况下彼此距离得更远。来自相邻喷嘴的相邻液滴之间的垂直距离对应于为 $0.3\tau_0$ 的液滴断裂的时间延迟。这又减少了相邻的带电荷打印液滴之间的电荷间相互作用,从而导致相邻的打印液滴之间的静电排斥更小。

[0111] 图16示出了当如图15B和图14A所示那样采用第二打印液滴选择方案来以最大记录介质速度打印所有液滴时来自喷嘴组G1和喷嘴组G2的代表性喷嘴的充电电极波形和液滴的断裂定时的时序图。连同以液滴形成基本周期 τ_0 为单位的根据时间的充电电极电压波形一起示出喷嘴组G1和 喷嘴组G2的液滴的断裂定时。在每个液滴形成基本周期期间,从每个喷嘴生成一个液滴。图16中的标记项的含义与图5的部分B中的类似编号的标记的含义相同。在图16中,组定时延迟41为 $0.3\tau_0$,其对应于图15B所示的标记为1和2、2和3、3和4、4和5、

5和6以及6和7的空气中的液滴之间的垂直间隔。

[0112] 图17A示出了来自若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的序列，其中要在不同组中的喷嘴之间不使用定时偏移来以每两个打印一个的方式打印以基本周期创建的来自每个喷嘴的液滴，而图17B示出了来自相同的若干个相邻喷嘴的在空气中行进的液滴的相同序列，其中要应用本发明的方法和实施例、在布置成两组的相邻喷嘴之间使用为 $0.3\tau_0$ 的定时偏移来以每两个打印一个的方式打印以基本周期创建的液滴。此处，打印液滴35前面是非打印液滴36，并且后面是下一个打印液滴35之前的非打印液滴36。在图17A所示的打印模式下，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，打印液滴之间的距离等于喷嘴间距。在图17B所示的在本发明中所实现的打印模式下，由于施加到与第一组的喷嘴相关联的液滴形成装置的激励波形与施加到与第二组的喷嘴相关联的液滴形成装置的激励波形之间的相位偏移，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比在图17A的情况下彼此相距得更远。这又减少了相邻的带电荷打印液滴之间的电荷间相互作用，从而导致相邻的打印液滴之间的静电排斥更小。因此，通过使用提供给两组喷嘴的液滴形成波形之间的定时偏移来增加邻近射流的打印液滴之间的距离，减少了带电荷打印液滴之间的静电相互作用的幅度，并且减少了随着这些液滴被打印在记录介质上而发生的液滴定位误差。

[0113] 本发明的另一方面包括对打印液滴电荷进行控制。打印液滴电荷的来源是当打印液滴从液体射流断裂时液体射流断裂区域中的本地静电场。该本地静电场取决于充电电极的打印液滴电压状态以及取决于先前形成的液滴的电荷状态和间距。即使当充电电极在打印液滴断裂时处于接地电压状态时，来自先前形成的液滴的静电场也可以在打印液滴上引起相当大的感生电荷。由先前的带电荷非打印液滴产生的在打印液滴上的感生电荷的极性与非打印液滴的极性相反。例如，如果非打印液滴带负电荷，则打印液滴带正电荷。这已经使用图18所示的设备来验证，图18示出了采用第一打印液滴选择方案的连续喷墨系统的实施例中通过液体射流的横截面视图。图18所示的打印条件与图6C所示的用打印电荷测量装置88替代记录介质19的常规打印条件相似。这里，在从液体射流43断裂的打印液滴35上感生正电荷，而非打印液滴36和大液滴49带负电荷。

[0114] 在使用公共充电电极时，充电电极的打印液滴电压状态由充电电极波形97控制，并且对于所有打印液滴来说始终相同。然而，在打印液滴形时在射流断裂附近的带电荷液滴的空间分布与图像数据相关。因此，射流断裂区域处的静电场与图像数据相关，并且因此打印液滴电荷状态与图像数据相关。这使得打印液滴具有并非与输入图像数据无关的电荷状态，并且由静电相互作用引起的液滴定位误差取决于输入图像图案。本发明中公开的喷嘴组之间的定时偏移通过增加打印液滴之间的间距而显著地减少了静电相互作用的幅度和液滴定位误差的幅度。然而，在需要可能的最佳液滴定位精确性的某些应用中，可能仍需要解决与图像相关的打印液滴电荷以及相关的液滴定位误差的问题。在传统CIJ打印机中，使用与输入图像数据相关的充电电极电压波形。因此，可以产生与图像数据无关的一致的打印液滴电荷的波形。这对于本发明是不可能的，因为本发明使用由与输入图像数据不相关的波形97提供的公共充电电极44。因此，需要创建在打印液滴断裂时由邻近液滴感应的与图像数据无关的一致的静电场的解决方案。

[0115] 采用第一打印液滴选择方案的本发明的实施例通过在同一液体射流的任何两个

相继的打印液滴之间形成至少一个大非打印液滴并且在两组喷嘴之间使用为 $2\tau_0$ 的定时偏移来提供对该问题的解决方案。这在图19中示出,图19与图9中讨论的打印液滴和非打印液滴图案相似并且示出了与射流断裂区域的更接近视图。此处,第一组喷嘴G1由奇数编号的喷嘴构成,以及第二组喷嘴G2由偶数编号的喷嘴构成。每个打印液滴35前面都有被称为防护液滴的带负电荷的大非打印液滴49,其后是带负电荷的非打印液滴36。前面的大非打印液滴49的存在有助于在射流断裂区域中创建与图像数据无关的一致静电场。此外,在图19所示的配置中,当任何打印液滴35从液体射流断裂时,来自相对的喷嘴组的两个相邻射流始终处于相同条件下,即,两个射流都处于形成在打印液滴35断裂之后断裂的大非打印液滴49的过程中。带电荷液滴和液体射流在打印液滴形成时在射流断裂附近的一致布置使得在基本上与输入图像数据无关的打印液滴35上能够感生电荷。

[0116] 除了减少静电相互作用的这些改进之外,还期望将打印液滴上的电荷减少到尽可能接近零。如图18所示,打印液滴电荷测量装置88用于拦截 打印液滴35以测量其电荷状态。该测量通过使用电流测量仪器(未示出)测量当接地时由带电荷的打印液滴产生的电流来给出打印液滴上的平均电荷。通常,提供给充电电极44的波形97的非零打印液滴电压状态用于减少感生的打印液滴电荷。选择也被称为偏移电压的非零打印液滴电压状态96,以使得来自充电电极和来自在前液滴的静电场相互抵消,使得在打印液滴断裂时在射流断裂区域中具有零净静电场。结果,打印液滴基本上不具有电荷。这样的打印液滴不经历由于静电力而导致的任何明显偏转。可以使用打印液滴电荷测量装置88来对充电电极波形97的低电压状态和高电压状态进行调谐,以在打印液滴上产生接近于零的平均电荷。系统的特定配置上的偏移电压的幅值包括例如在系统中使用一个充电电极还是两个充电电极,或者系统的几何结构包括例如射流与(多个)充电电极的相对定位等。通常,打印液滴电压状态到非打印液滴电压状态的范围在60%与10%之间。例如,在某些应用中,当非打印液滴电压状态包括200伏特时,打印液滴状态包括100伏特(第一电压状态的50%)。

[0117] 在本发明的某些实施例中,打印液滴电荷测量装置88位于记录介质上的打印位置正下方,并且当不存在记录介质时进行打印液滴电荷测量。在其他实施例中,打印液滴电荷测量装置88位于分离站中,并且打印头物理地移动到电荷测量站以进行测量。该分离站还可以用于打印头清洁。在采用打印液滴电荷测量装置88的实施例中,可以使用反馈回路来自动地调整施加到充电电压源51的打印液滴电压状态的电压电平,直到平均测量的打印液滴电荷量最小为止。图18示出了打印液滴电荷测量装置88,诸如拦截打印液滴的法拉第杯。本发明的打印液滴电荷测量装置不限于接触打印液滴以确定打印液滴电荷的装置。也可以有效地使用公知的其他液滴电荷测量装置(诸如,通过电容性耦合来确定液滴电荷的装置)来确定打印液滴上的电荷,使得可以将打印液滴上的电荷调谐到近似为零电荷。

[0118] 图20示出了对实施根据本发明的各种实施例的打印方法所需的步骤进行概述的框图。参照图20,该打印方法从步骤150开始。在步骤150中,在足以通过液体室中的喷嘴的线性阵列喷射液体射流的压力作用下提供加压的液体,在该液体室中喷嘴被布置成两组或更多组喷嘴,其中相邻喷嘴在不同的组中。步骤150之后是步骤155。

[0119] 在步骤155中,通过响应于图像数据而向与每个液体射流相关联的液滴形成装置提供使得液体射流的各部分断裂成一系列打印液滴或者非打印液滴的液滴形成波形来调制液体射流。图像数据和打印期间的已知记录 介质速度用于确定根据时间将哪个液滴形

成波形施加到喷嘴阵列中的每个液滴形成装置。液滴形成波形控制一个或多个断裂定时或相对于施加到充电电极的充电波形的相位、液滴速度以及形成的液滴的大小,以确定形成打印液滴还是非打印液滴。步骤155之后是步骤160。

[0120] 在步骤160中,提供定时延迟装置以调整不同组的喷嘴之间的相对断裂定时。这是实施本发明的关键步骤。应该注意的是,如在图3的讨论中所描述的那样,定时延迟装置可以是将时间延迟施加到不同组的分开的触发器,或者其可以是施加到喷嘴阵列的波形中固有的,或者其可以通过使输入图像数据偏移来提供。步骤160之后是步骤165。

[0121] 在步骤165中,提供与液体射流相关联的公共充电装置。公共充电装置包括充电电极和充电电压源。包括第一不同电压状态和第二不同电压状态的充电电极波形被施加到充电电压源,该充电电压源导致在液滴从射流断裂的附近的电势变化。第一电压状态和第二电压状态分别也被称为打印液滴电压状态和非打印液滴电压状态。充电电极波形的周期等于被定义为打印周期的相继的打印液滴之间的最短时间间隔。充电电极波形与施加到喷嘴的液滴形成装置的图像数据无关。步骤165之后是步骤170。

[0122] 在步骤170中,将充电装置、液滴形成装置以及定时延迟装置进行同步,以使得当打印液滴从射流断裂时打印液滴电压状态有效,而当非打印液滴或者大非打印液滴从不同组中的所有喷嘴中的射流断裂时非打印液滴电压状态有效。这使得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。步骤170之后是步骤175。

[0123] 在步骤175中,有区别地使打印液滴和非打印液滴偏转。静电偏转装置用于使打印液滴沿着与非打印液滴的路径不同的路径行进以沿着第二路径行进。偏转装置可以包括充电电极、偏置电极、捕集器以及其他部件。步骤175之后是步骤180。

[0124] 在180步骤中,捕集器拦截非打印液滴以进行回收,而捕集器不拦截打印液滴,并且使得打印液滴能够与记录介质接触且对打印液滴进行打印。

[0125] 通常,可以实施本发明以根据对打印图像的分辨率要求来在喷嘴直径在5 μm 至50 μm 的范围内的的情况下创建在1 pL 至100 pL 的范围内的打印液滴。喷射速度优选地在10 m/s 至30 m/s 的范围内。基本液滴生成频率优选地在50 kHz 至1000 kHz 的范围内。液滴大小、液滴速度、喷嘴大小 以及液滴生成频率这些参数的特定选择取决于打印应用。

[0126] 本发明使得液滴能够被选择用于打印或者非打印而无需如在传统的基于静电偏转的喷墨打印机中那样将分开的充电电极用于液体射流的阵列中的每个液体射流。替代地,使用单个公共充电电极来对来自阵列中的液体射流的液滴充电。这消除了将每个充电电极与喷嘴严格对齐的需要。借助于与不同的液体射流相关联的充电电极对来自一个液体射流的液滴的串扰充电不是问题。由于串扰充电不是问题,所以不必如传统的液滴充电系统所需要的那样将充电电极与液体射流之间的距离最小化。公共充电电极还提供了改进的充电和偏转效率,由此允许较大的、射流与电极之间的间隔距离。可以使用在25 μm 至300 μm 的范围内的、充电电极与喷射轴之间的距离。针对每个液体射流的各个充电电极的消除还使得喷嘴密度能够比针对每个喷嘴需要分开的充电电极的传统静电偏转连续喷墨系统的喷嘴密度更高。喷嘴阵列密度的范围可以是在75个喷嘴/每英寸(np)至1200np的范围内。

[0127] 部件列表

[0128] 10 连续喷墨打印系统

[0129] 11 墨水贮存器

- [0130] 12 打印头或者液体喷射器
- [0131] 13 图像源
- [0132] 14 偏转机构
- [0133] 15 墨水回收单元
- [0134] 16 图像处理器
- [0135] 17 逻辑控制器
- [0136] 18 激励控制器
- [0137] 19 记录介质
- [0138] 20 墨水压力调节器
- [0139] 21 介质输送控制器
- [0140] 22 输送辊
- [0141] 24 液体室
- [0142] 26 非打印液滴捕集器接触位置
- [0143] 27 大液滴捕集器接触位置
- [0144] 28 组1断裂定时指示器
- [0145] 29 组2断裂定时指示器
- [0146] 30 捕集器凸缘
- [0147] 31 液滴合并位置
- [0148] 32 断裂位置
- [0149] 33 大液滴断裂位置
- [0150] 34 液滴对
- [0151] 35 打印液滴
- [0152] 36 非打印液滴
- [0153] 37 打印液滴路径
- [0154] 38 非打印液滴路径
- [0155] 39 大非打印液滴路径
- [0156] 40 连续液体喷射系统
- [0157] 41 组时间延迟
- [0158] 42 液滴形成装置转换器
- [0159] 43 液体射流
- [0160] 44 充电电极
- [0161] 44a 第二充电电极
- [0162] 45 充电电极
- [0163] 45a 第二充电电极
- [0164] 46 打印墨滴
- [0165] 47 捕集器
- [0166] 48 墨水膜
- [0167] 49 大液滴
- [0168] 50 喷嘴

- [0169] 51 充电电压源
- [0170] 52 捕集器表面
- [0171] 53 偏转电极
- [0172] 54 第三可替选的路径
- [0173] 55 激励波形
- [0174] 56 激励波形源
- [0175] 57 捕集器底板
- [0176] 58 墨水回收通道
- [0177] 59 激励转换器
- [0178] 60 激励装置
- [0179] 61 空气室
- [0180] 62 绝缘粘合剂
- [0181] 62a 第二绝缘粘合剂
- [0182] 63 偏转电极
- [0183] 64 绝缘粘合剂
- [0184] 64a 第二绝缘粘合剂
- [0185] 65 指示空气流动方向的箭头
- [0186] 66 间隙
- [0187] 67 捕集器
- [0188] 68 绝缘体
- [0189] 68a 绝缘体
- [0190] 69 绝缘体
- [0191] 70 接地导体
- [0192] 71 绝缘体
- [0193] 72 绝缘体
- [0194] 73 绝缘体
- [0195] 74 偏转电极
- [0196] 75 接地导体
- [0197] 76 第一组触发
- [0198] 77 第二组触发
- [0199] 78 组定时延迟装置
- [0200] 81 打印液滴时间推移序列指示器
- [0201] 82 非打印液滴时间推移序列指示器
- [0202] 83 充电装置
- [0203] 84 大非打印液滴时间推移序列指示器
- [0204] 87 液体射流中心轴
- [0205] 88 打印液滴电荷测量装置
- [0206] 91 第一液滴形成脉冲
- [0207] 92 第二液滴形成脉冲

- [0208] 93 相位延迟时间
- [0209] 94 大液滴形成脉冲
- [0210] 95 非打印液滴电压状态
- [0211] 96 打印液滴电压状态
- [0212] 97 充电电极波形
- [0213] 98 打印液滴形成脉冲
- [0214] 99 非打印液滴形成脉冲
- [0215] 102 打印液滴形成波形的第二脉冲
- [0216] 103 打印液滴形成波形的第三脉冲
- [0217] 150 通过喷嘴提供加压液体的步骤
- [0218] 155 使用液滴形成装置来调制液体射流的步骤
- [0219] 160 提供充电装置的步骤
- [0220] 165 将充电装置和液滴形成装置进行同步的步骤
- [0221] 170 偏转液滴的步骤
- [0222] 175 拦截所选择的液滴的步骤

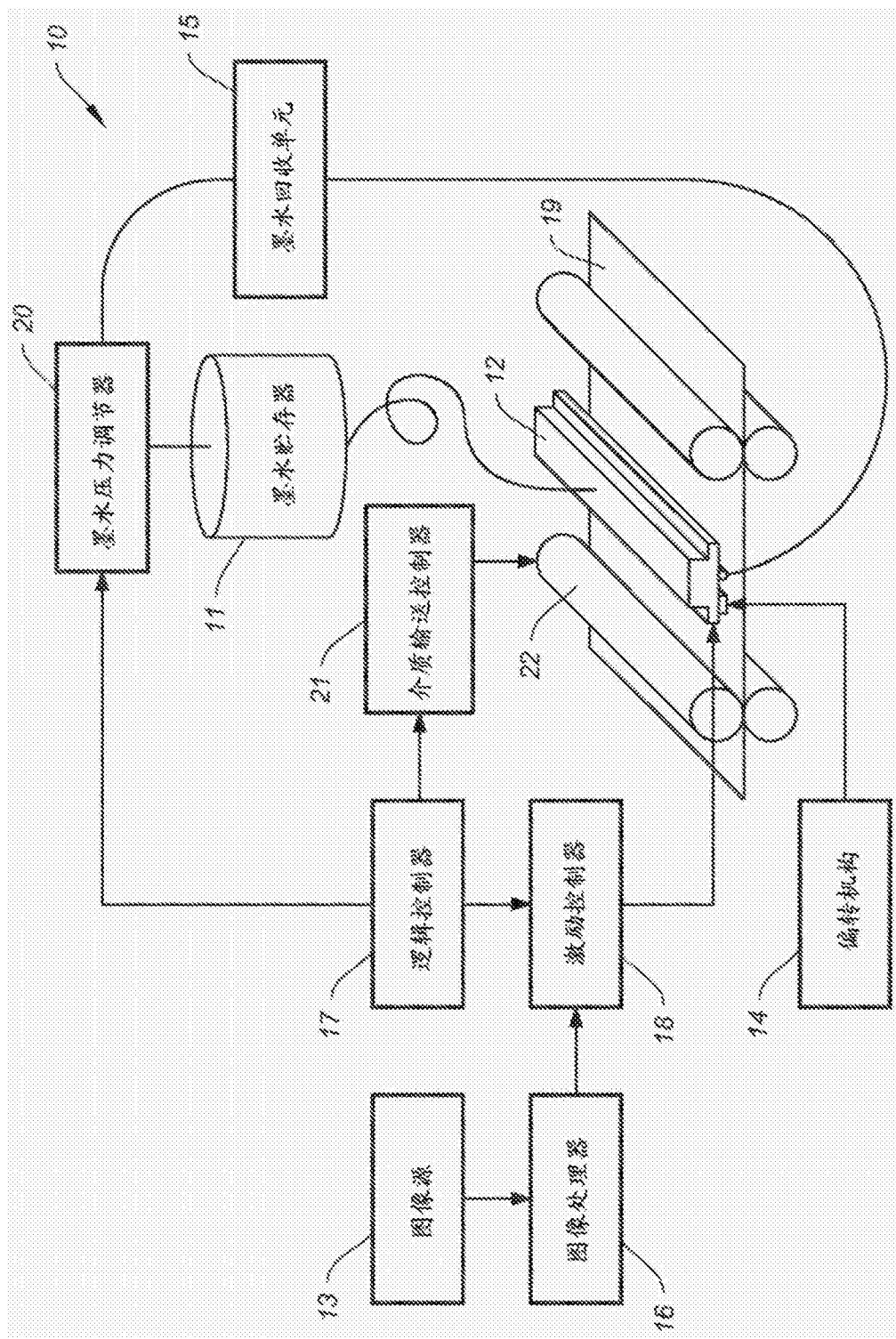


图1

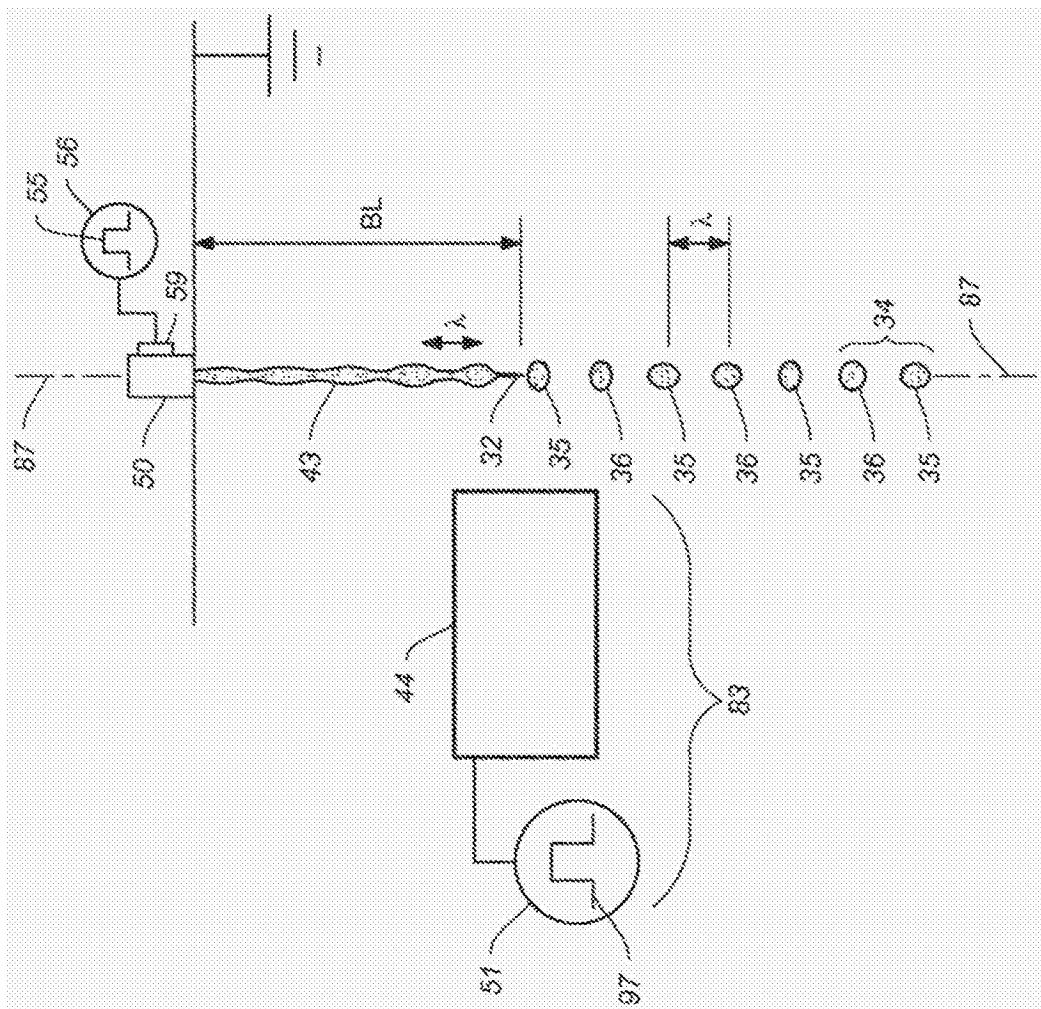


图2

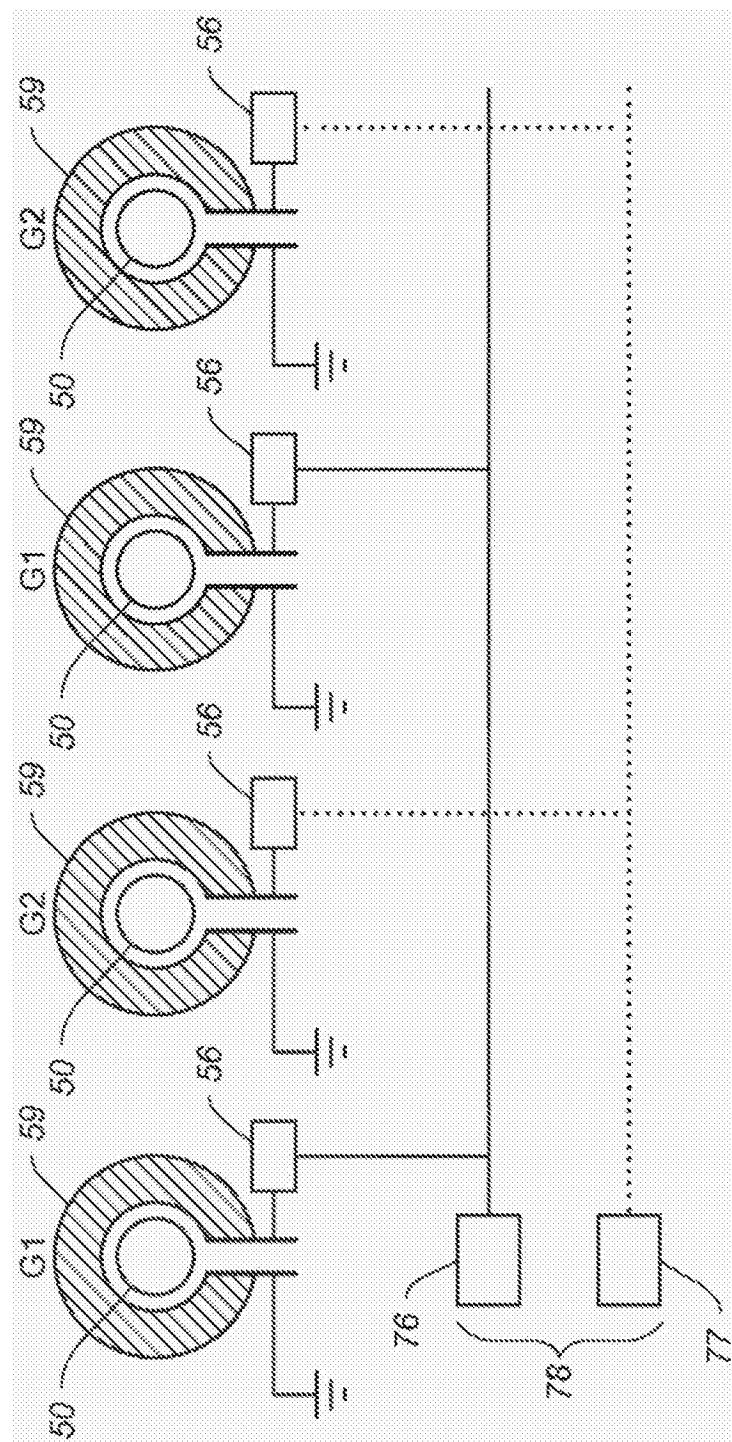


图3

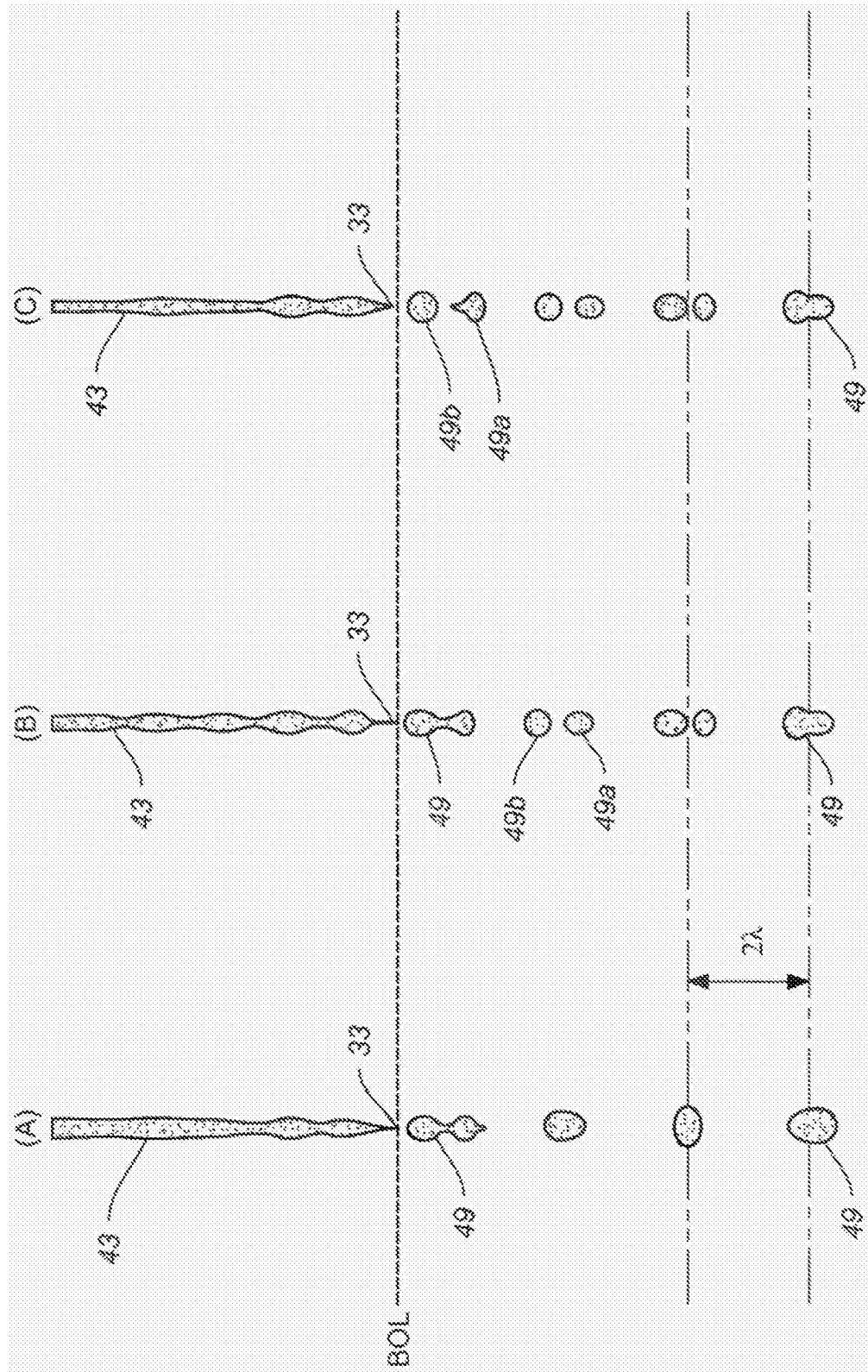


图4

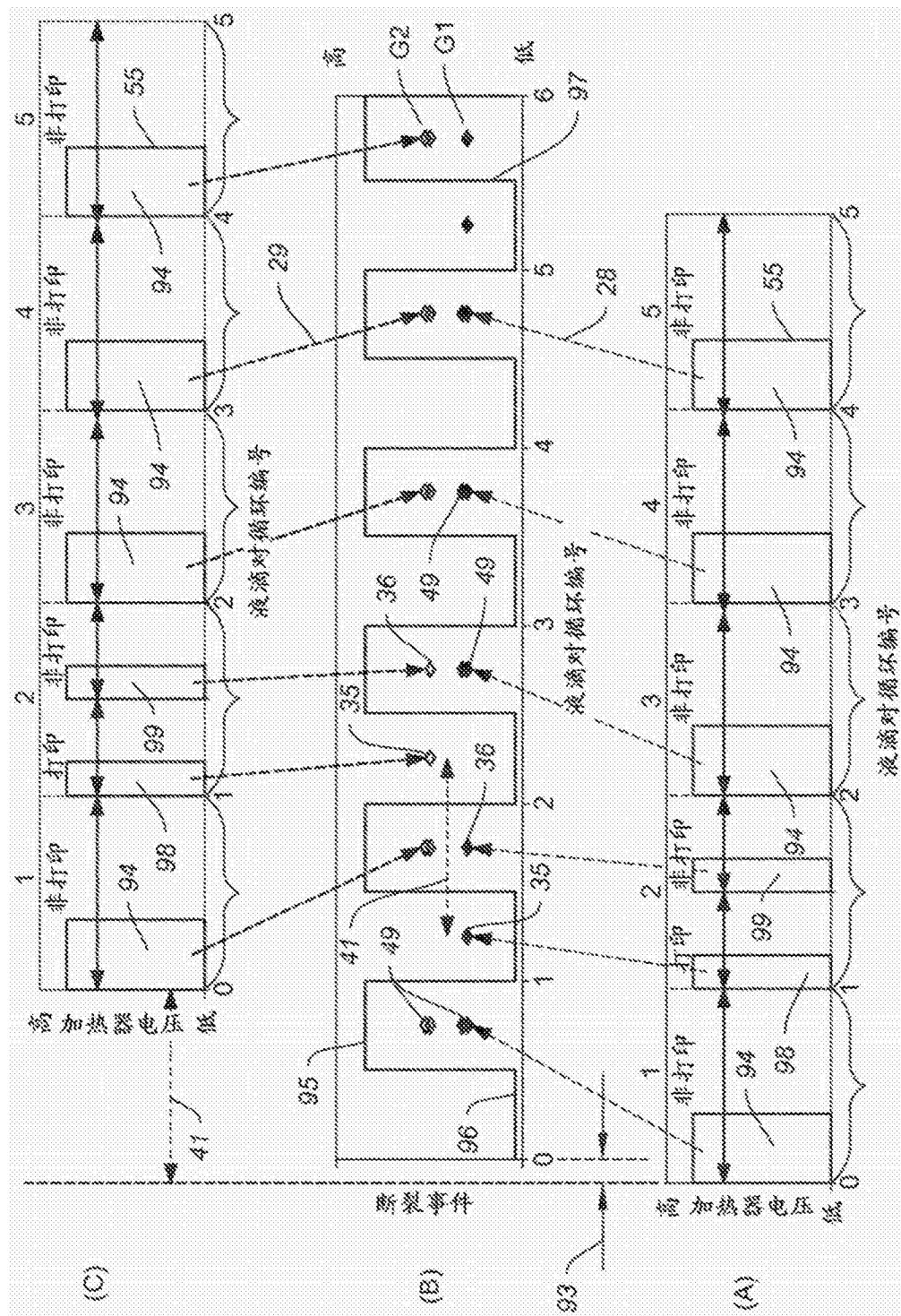


图5

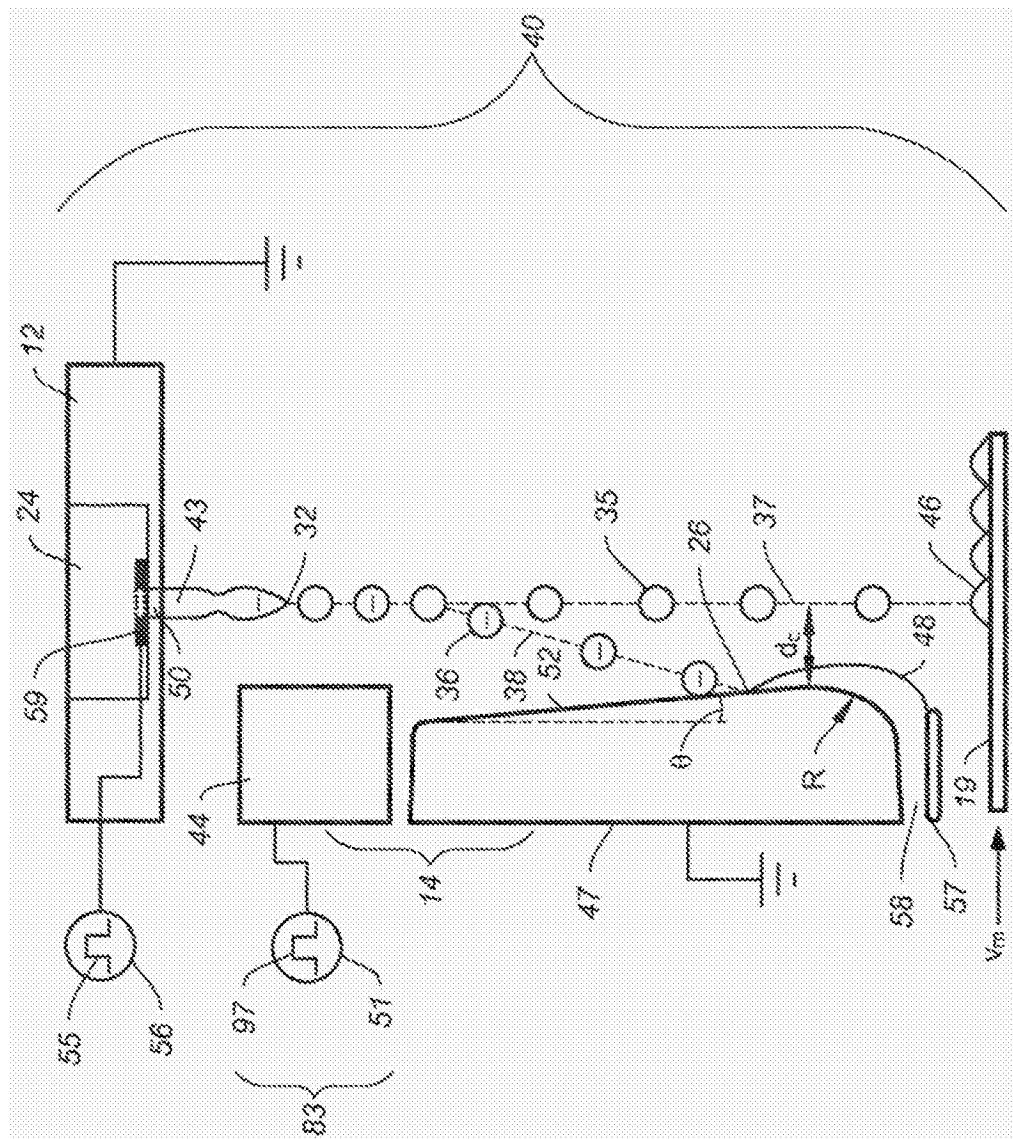
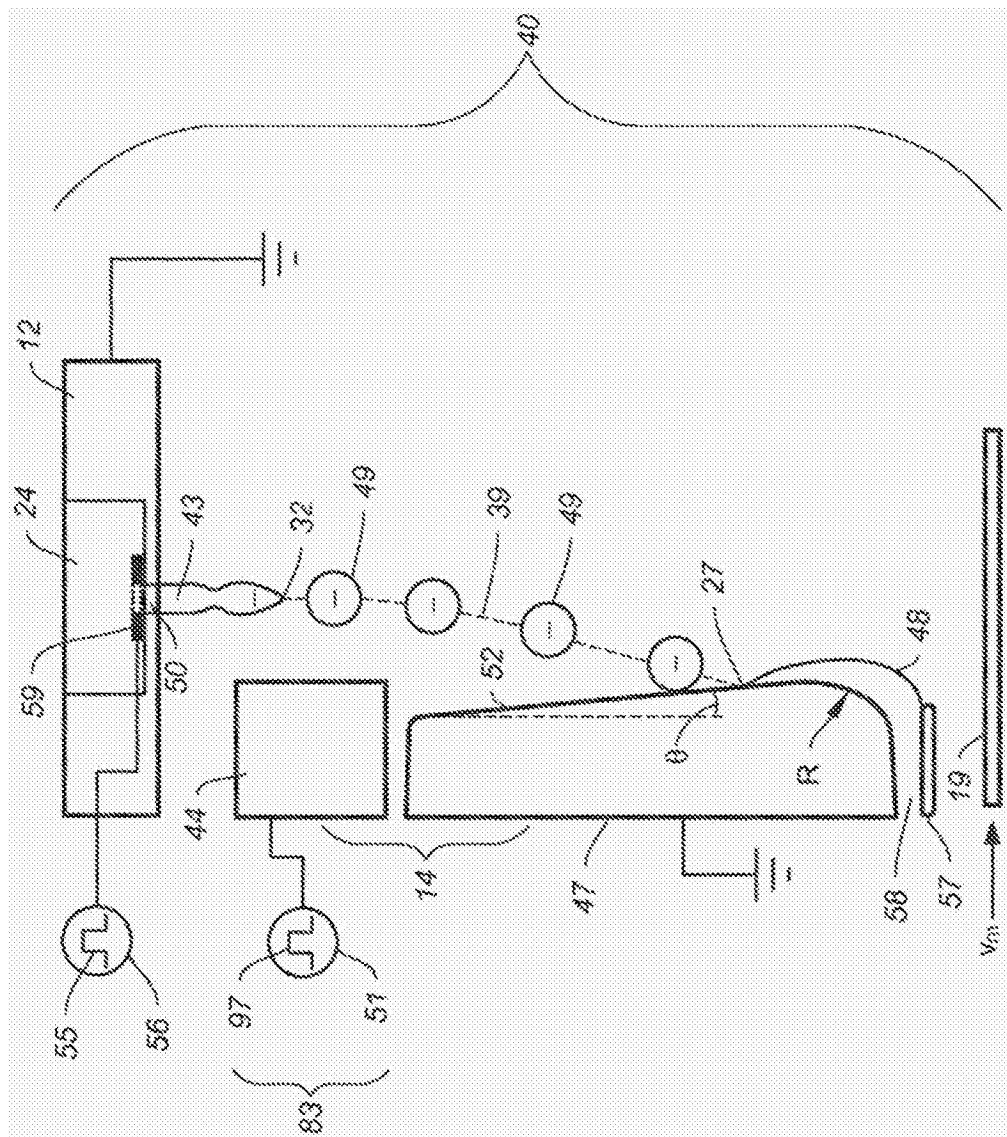


图6A



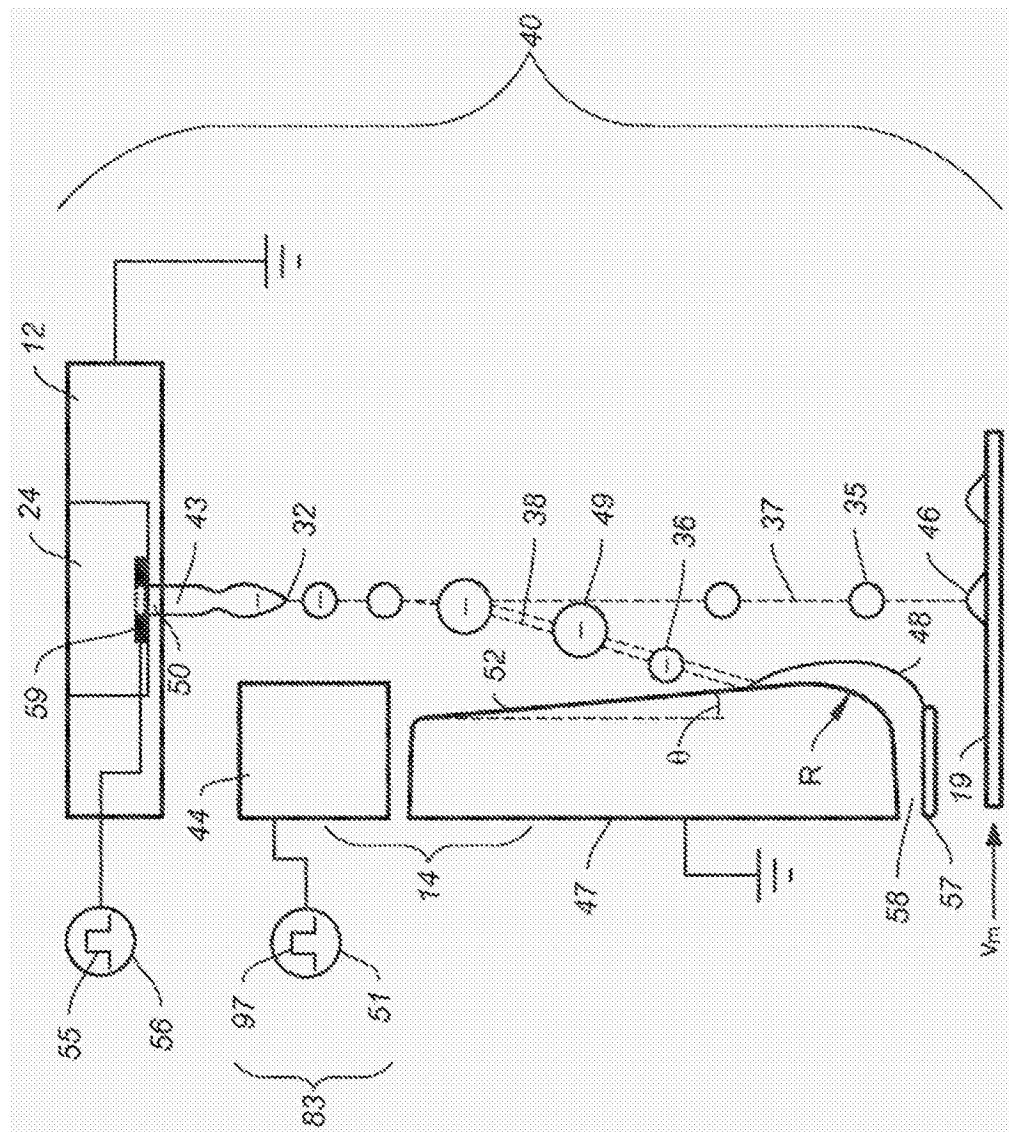


图6C

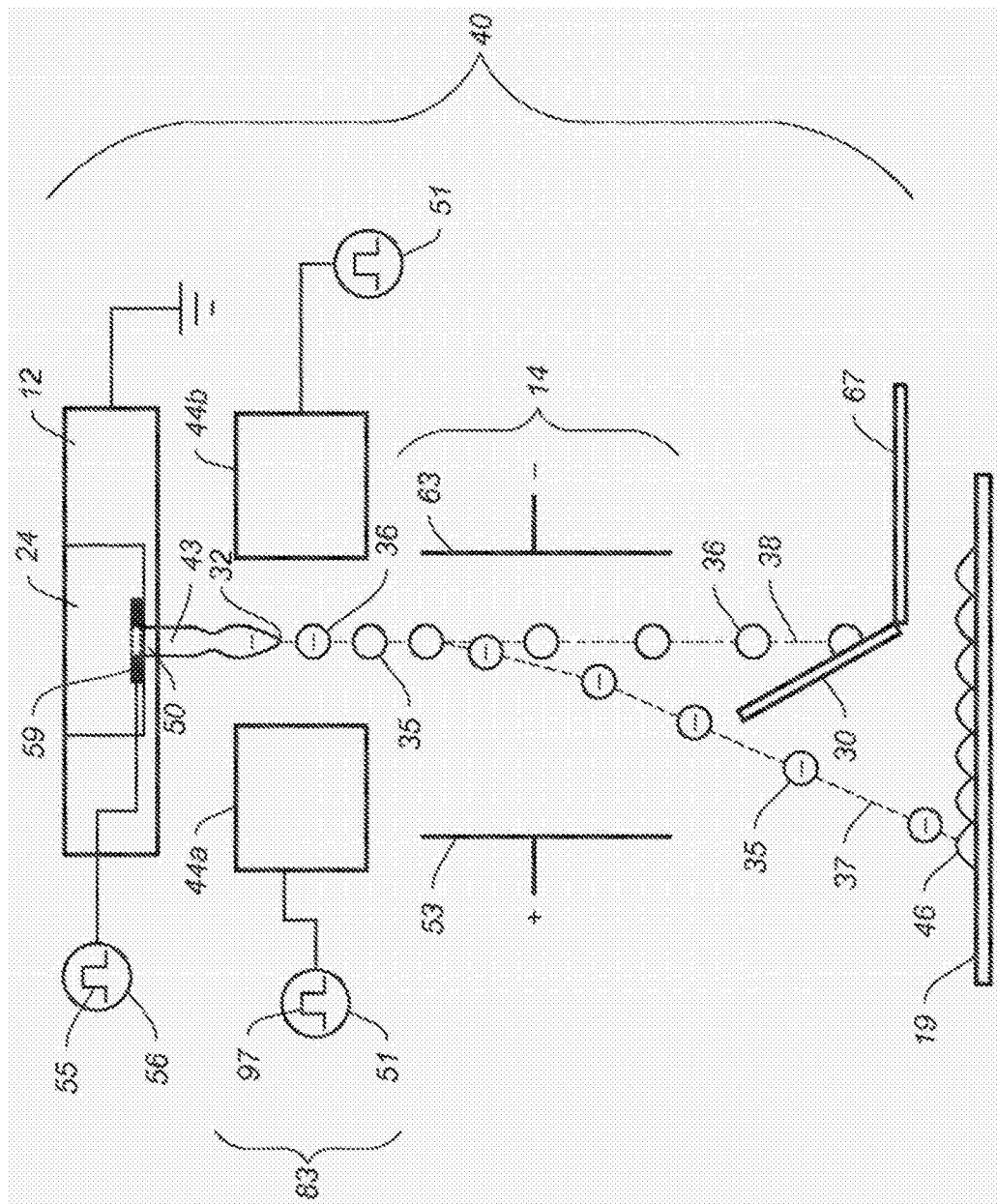


图7A

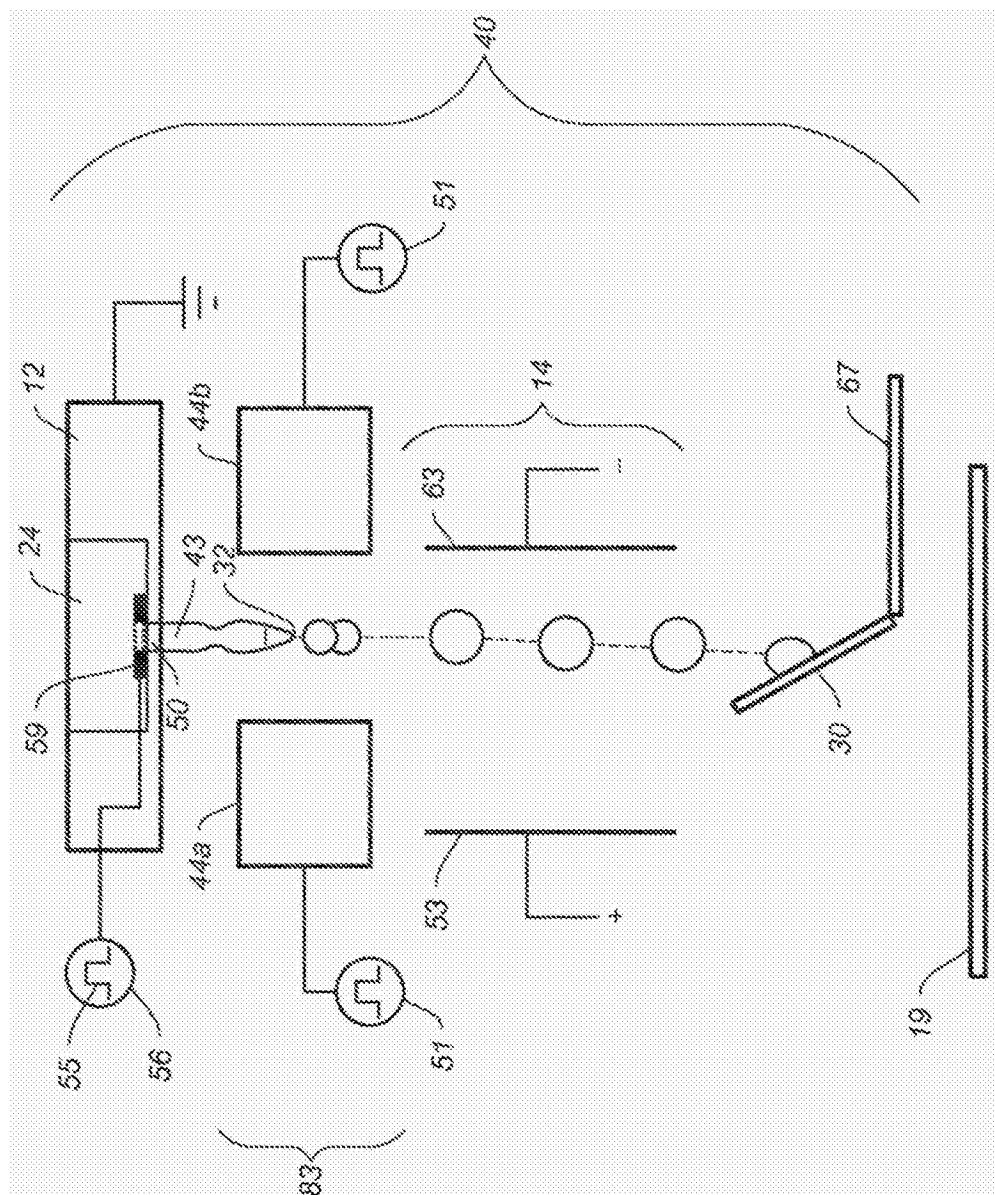


图7B

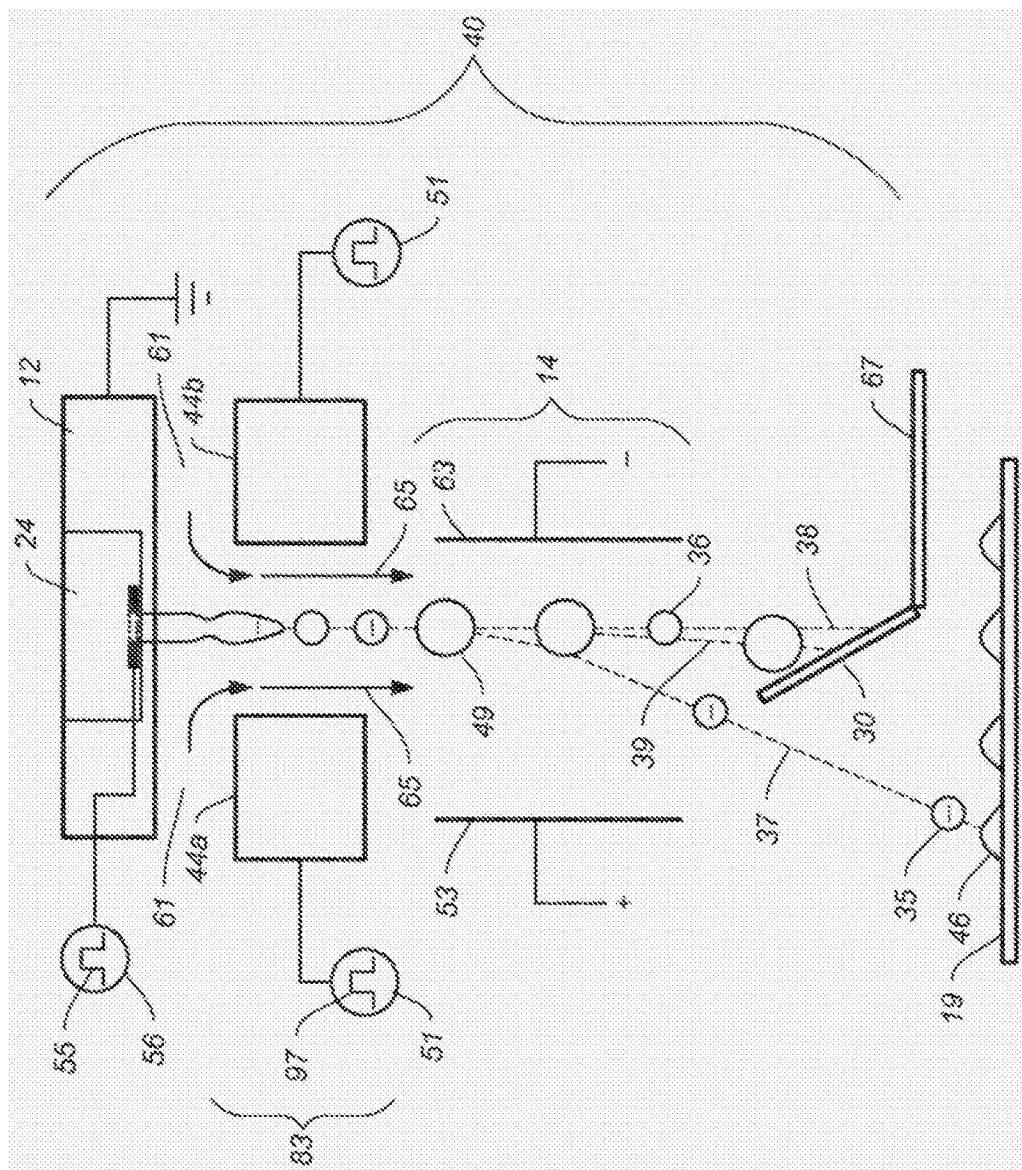


图7C

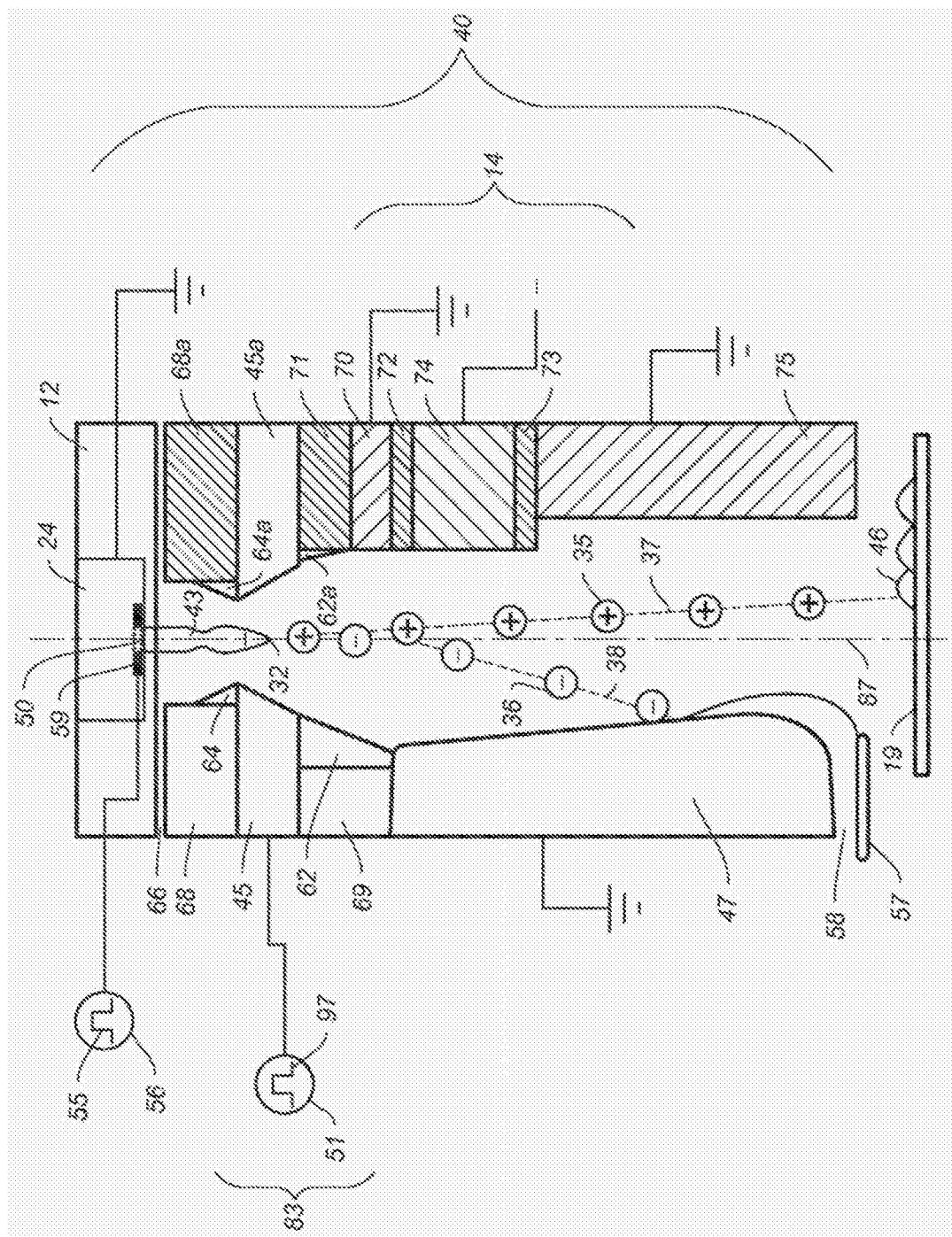


图8A

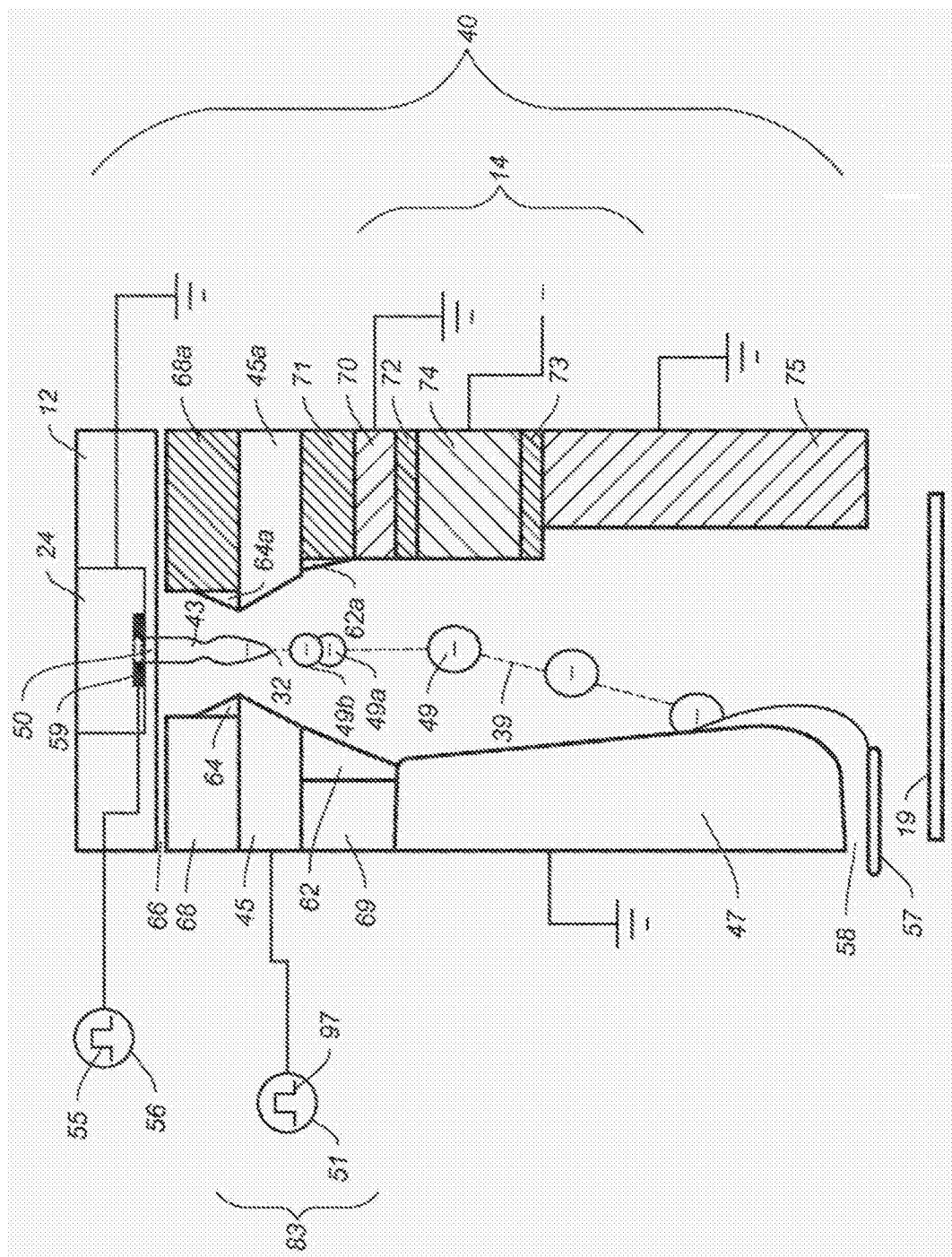


图8B

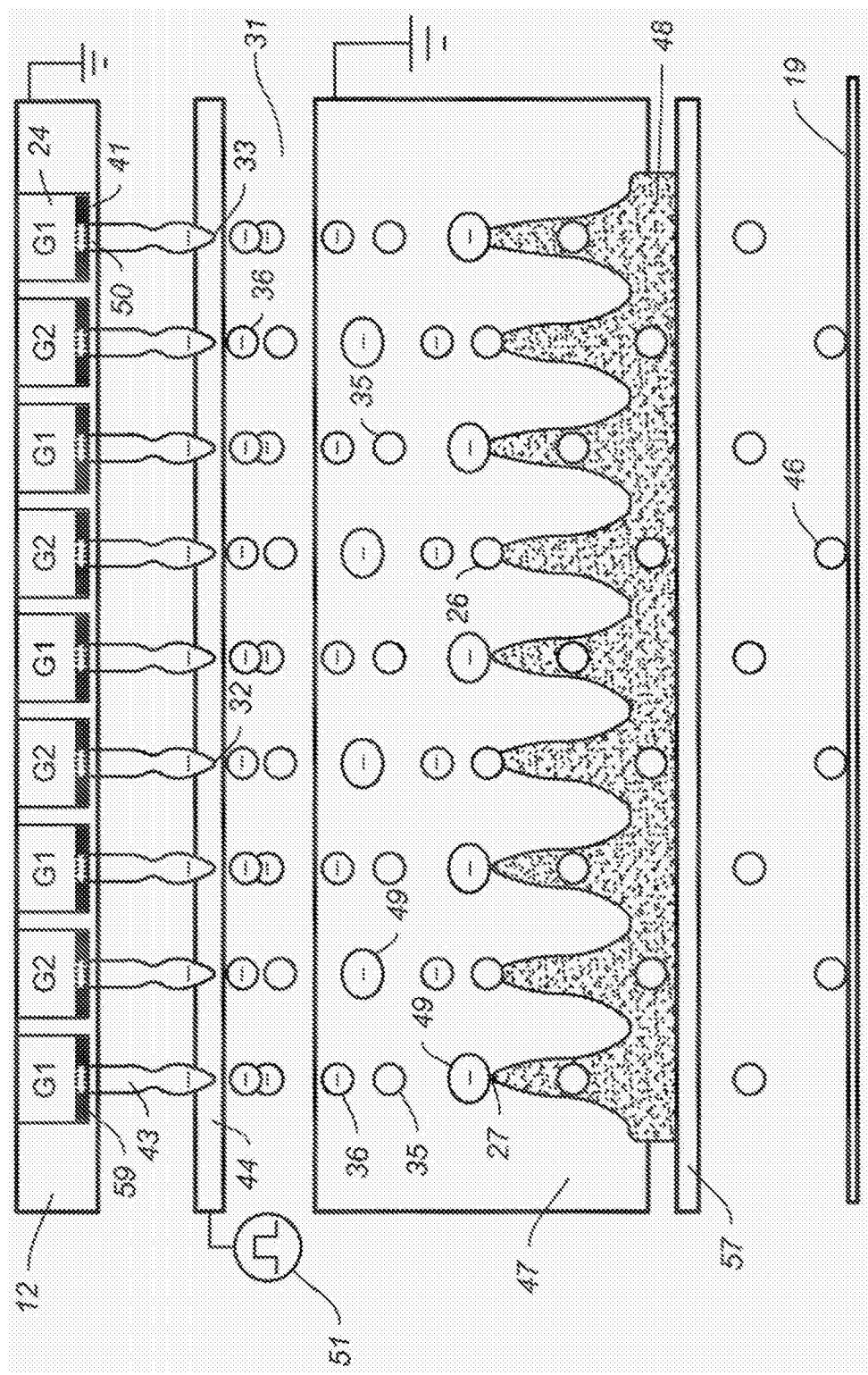


图9

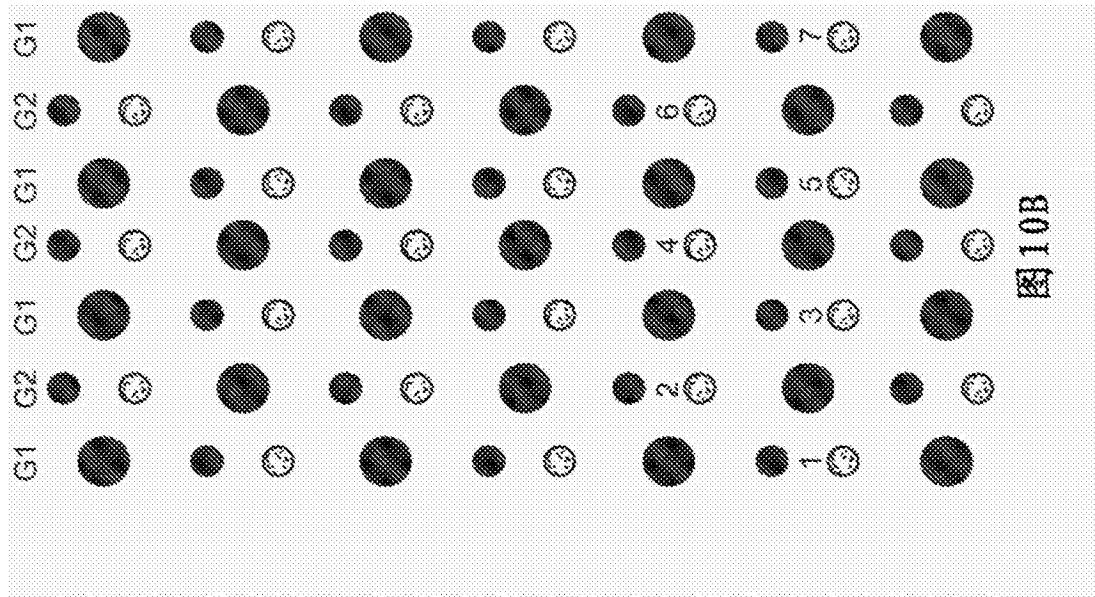
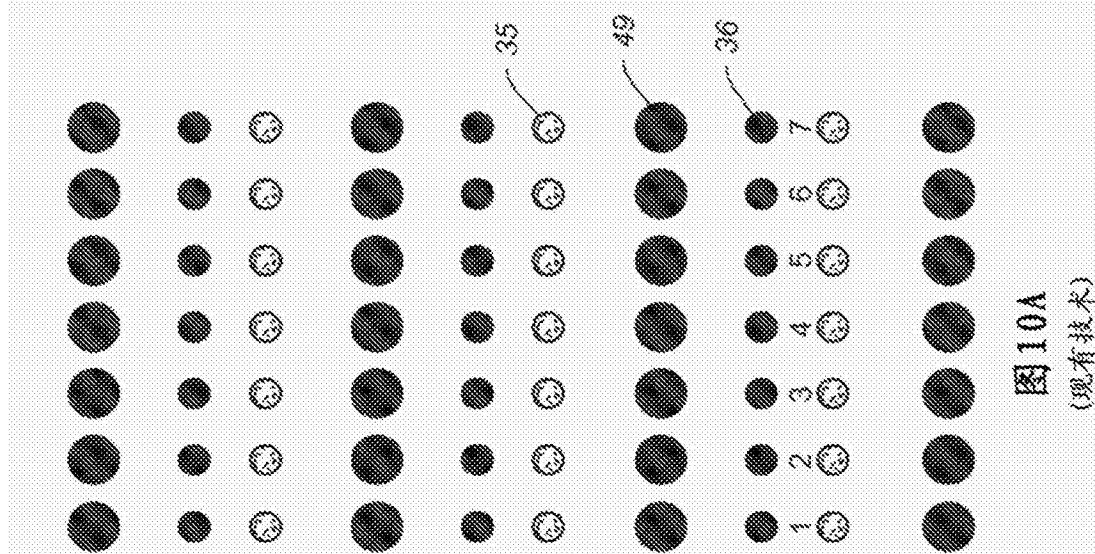


图 10B

图 10A
(现有技术)

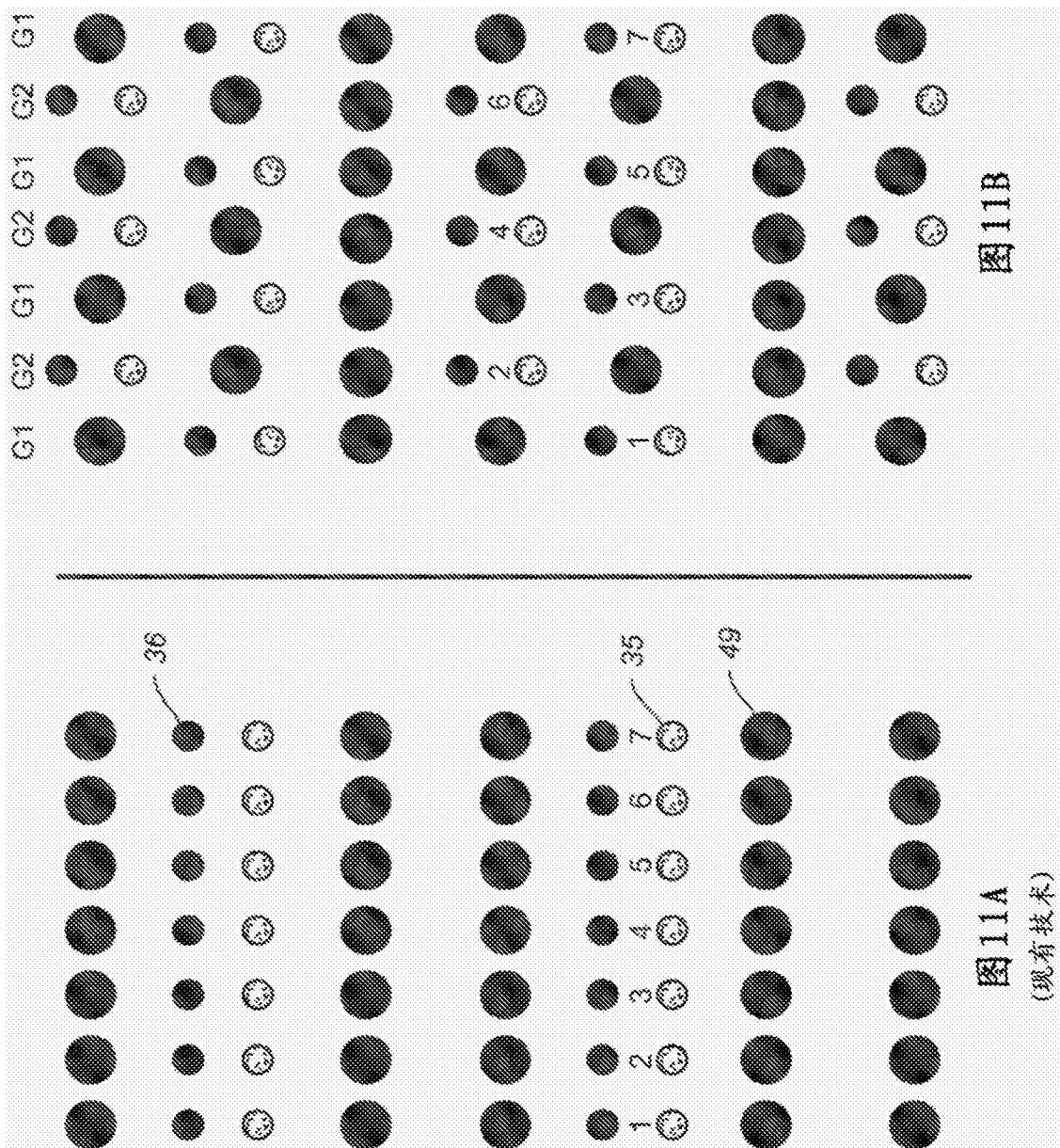


图 11B

图 11A
(现有技术)

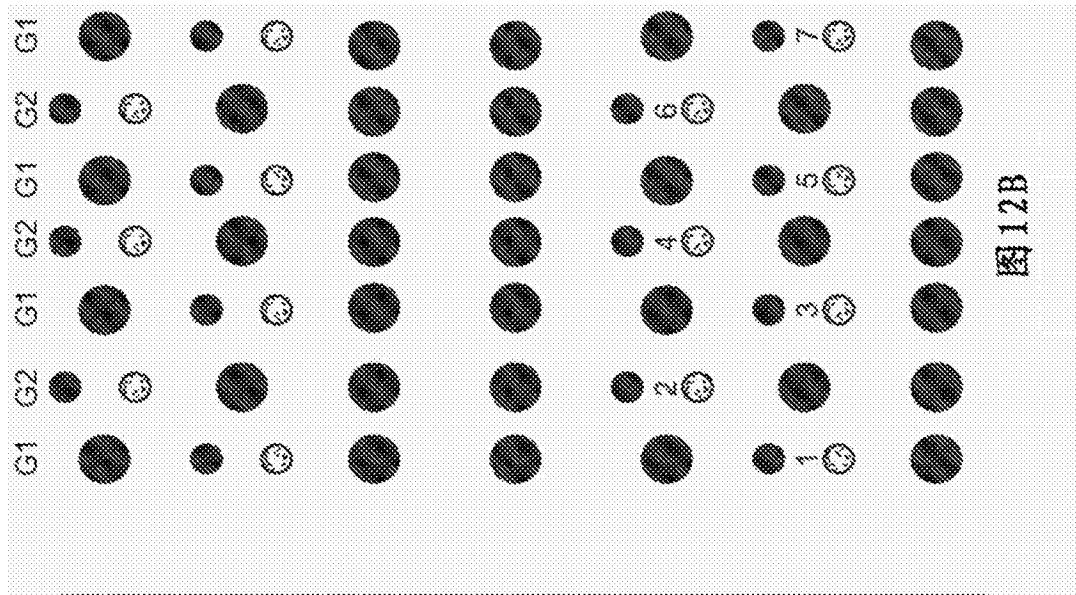
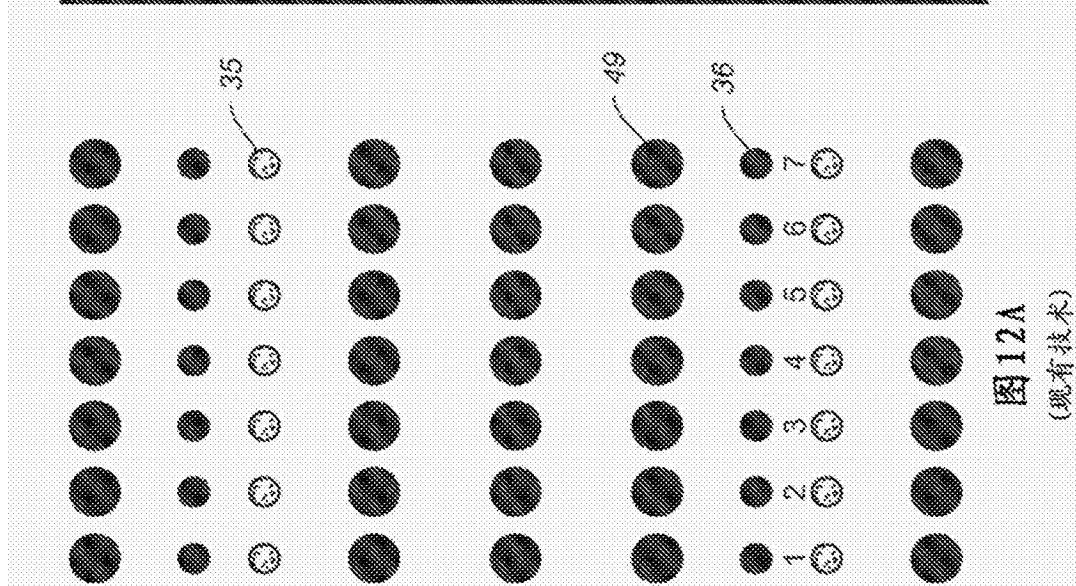


图 12B

图 12A
(现有技术)

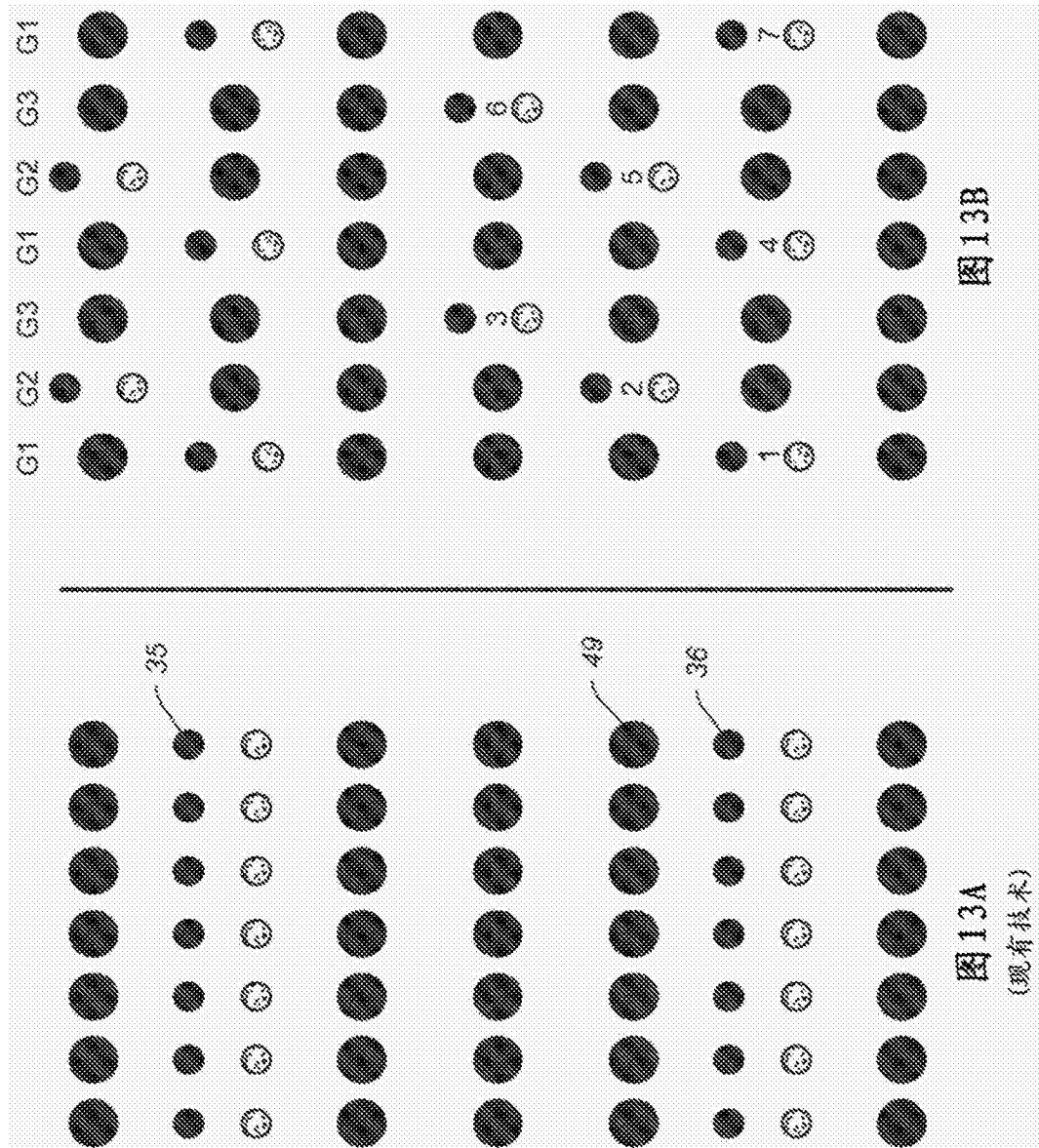


图 13A
(现有技术)
图 13B

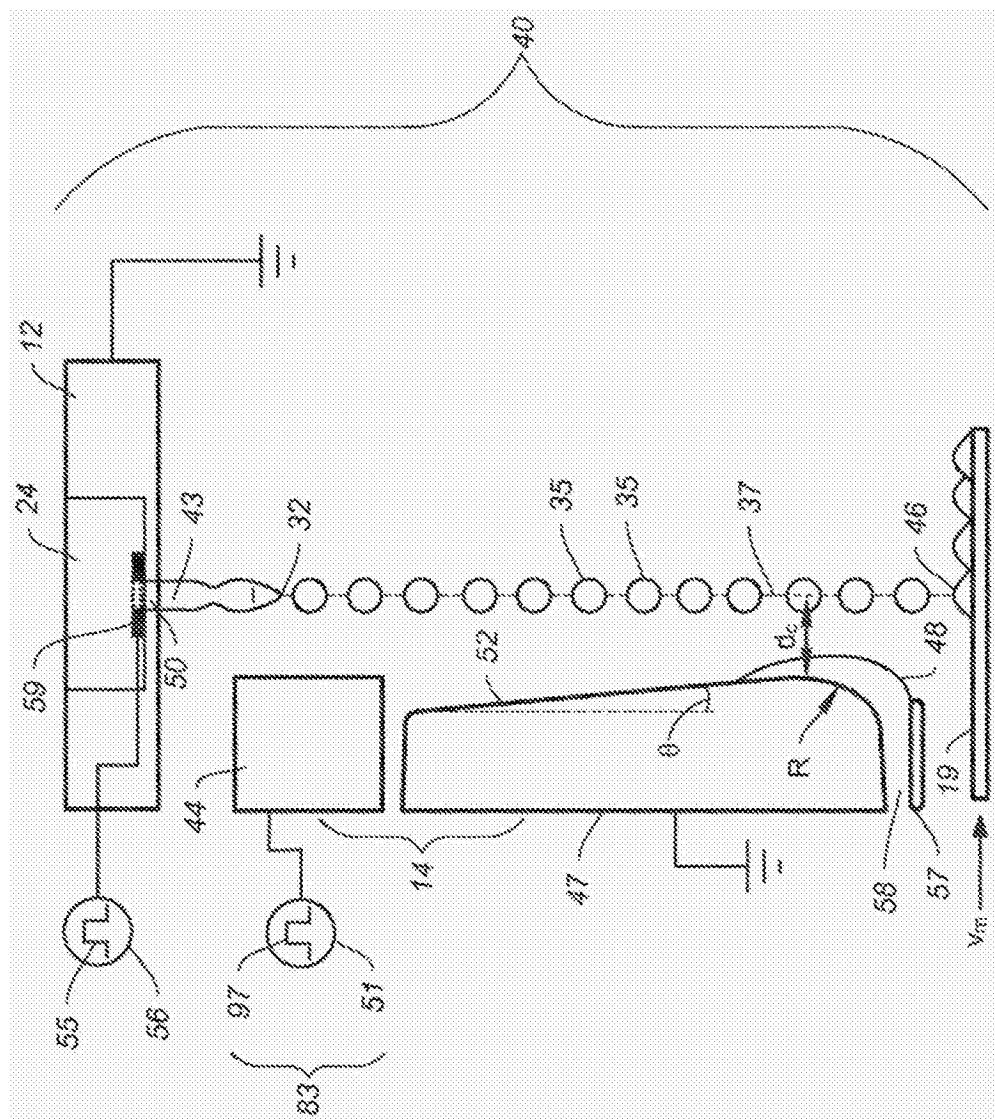


图14A

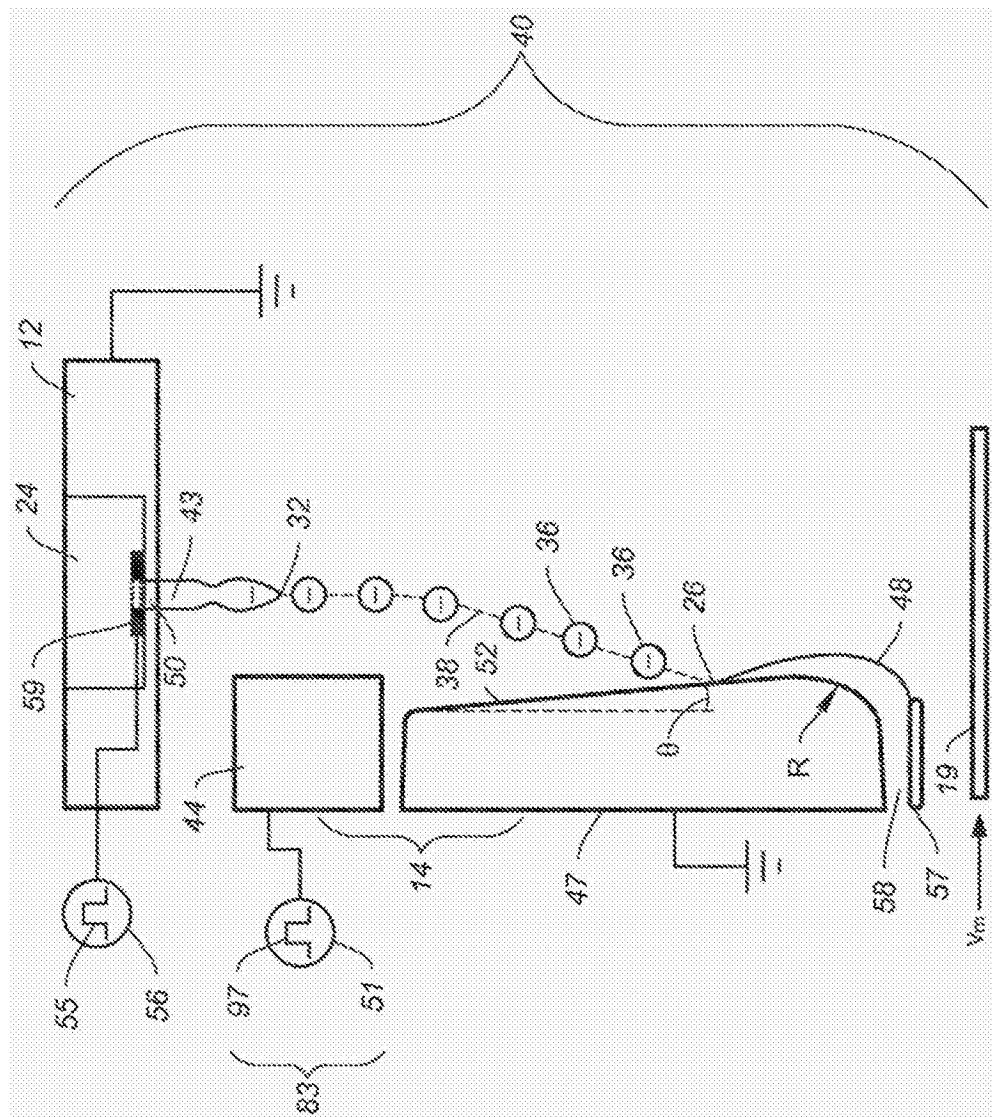


图14B

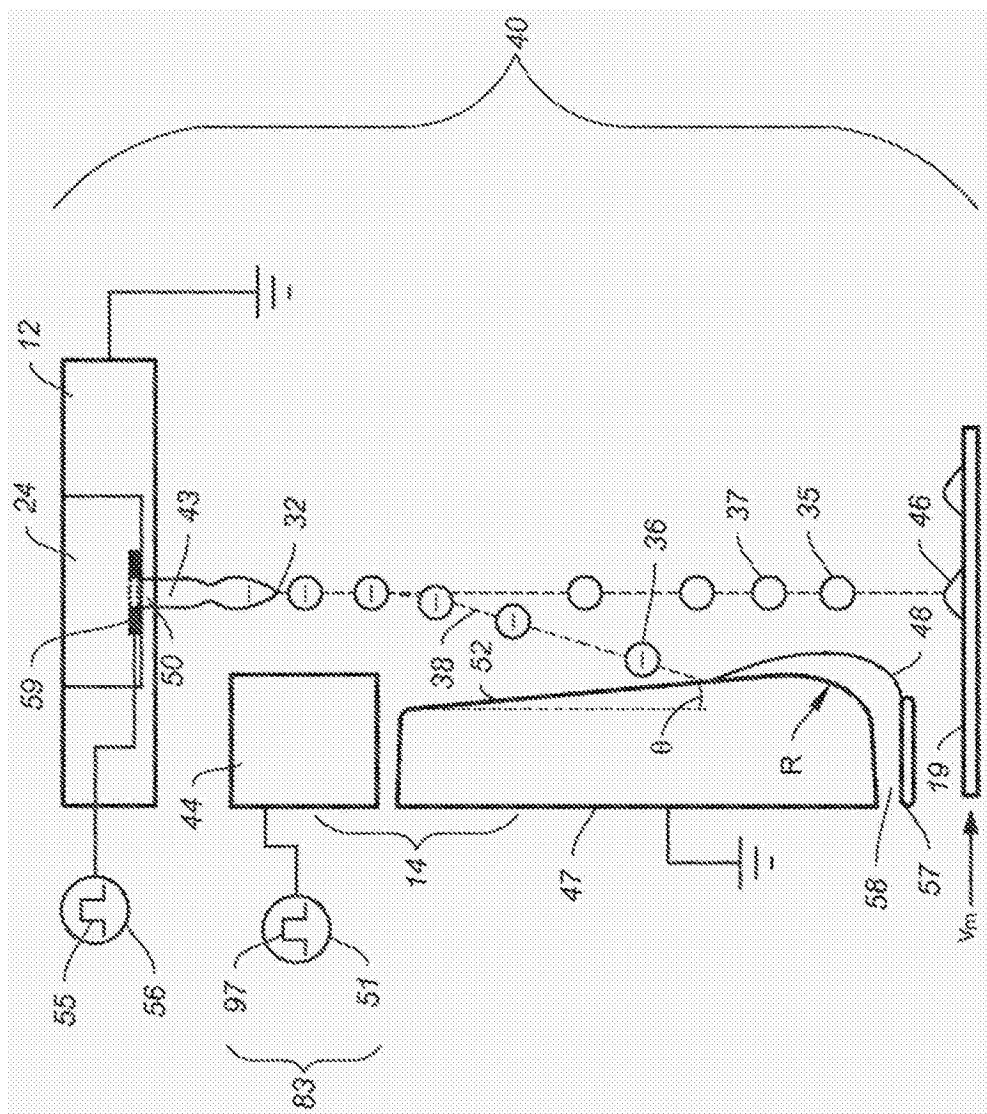


图14C

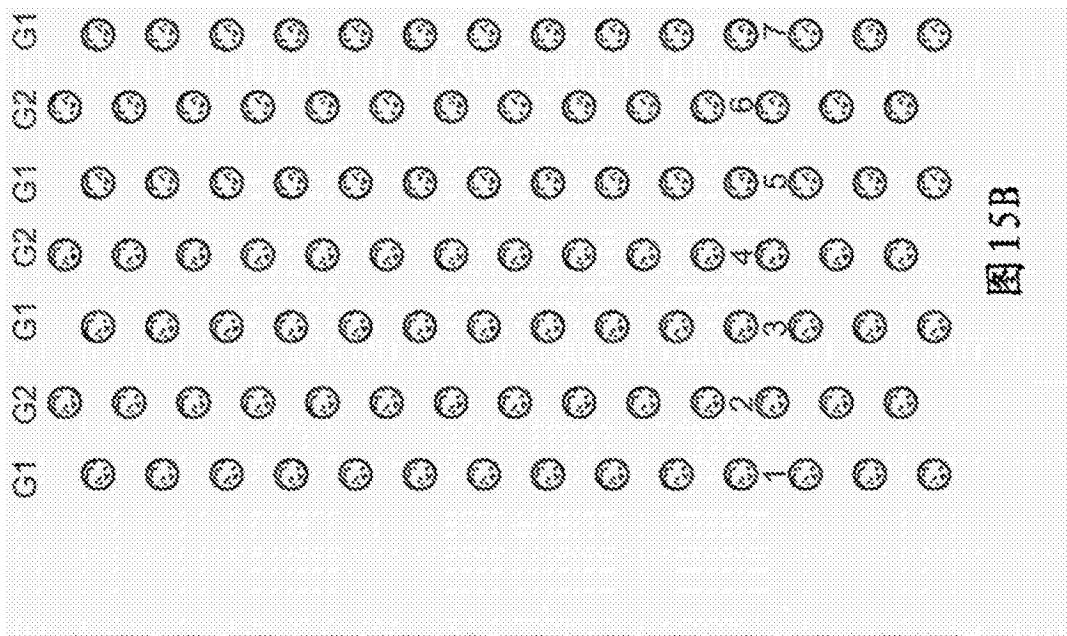
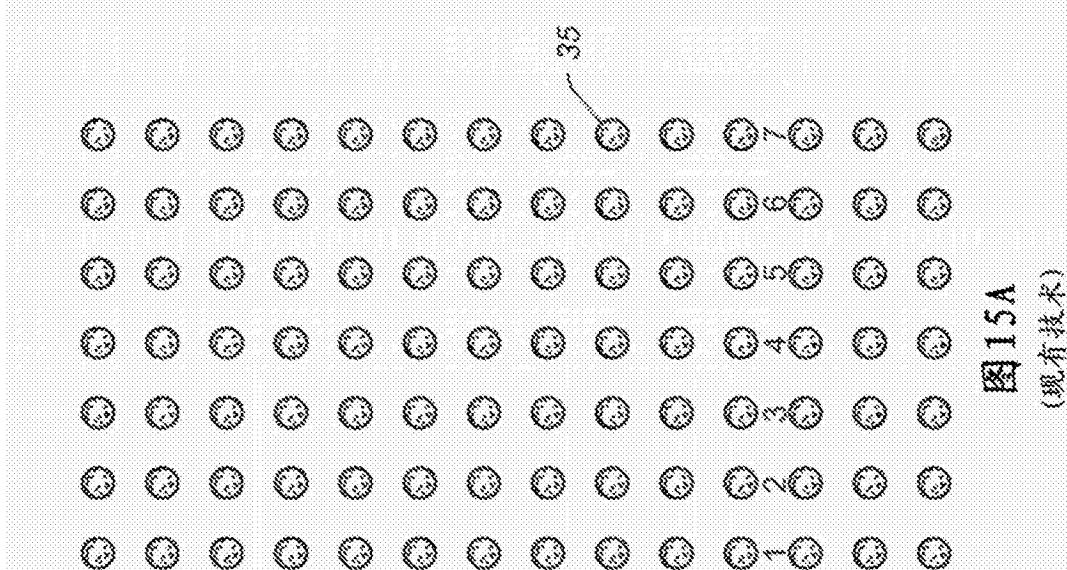


图 15B

图 15A
(现有技术)

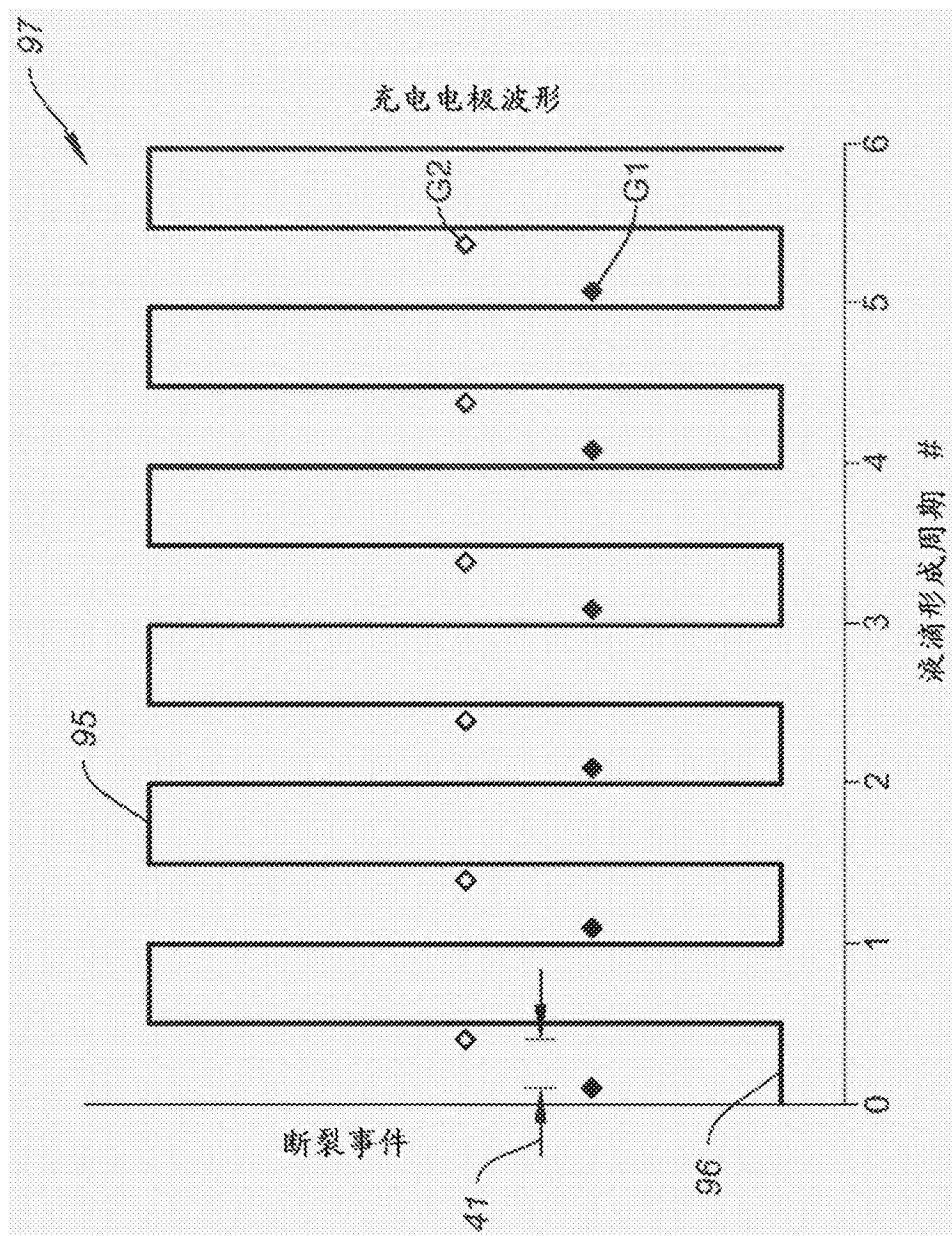


图16

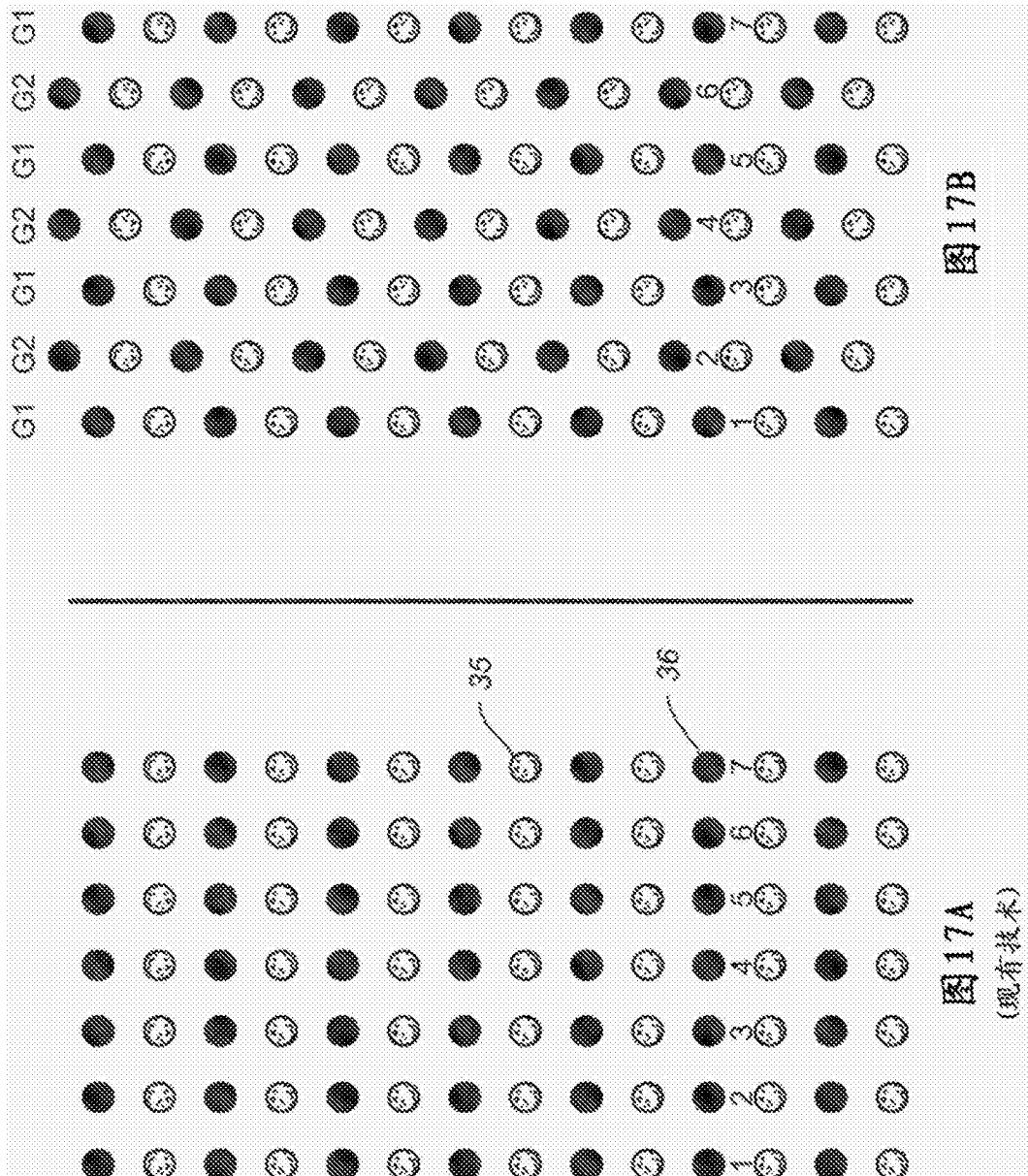


图 17B

图 17A
(现有技术)

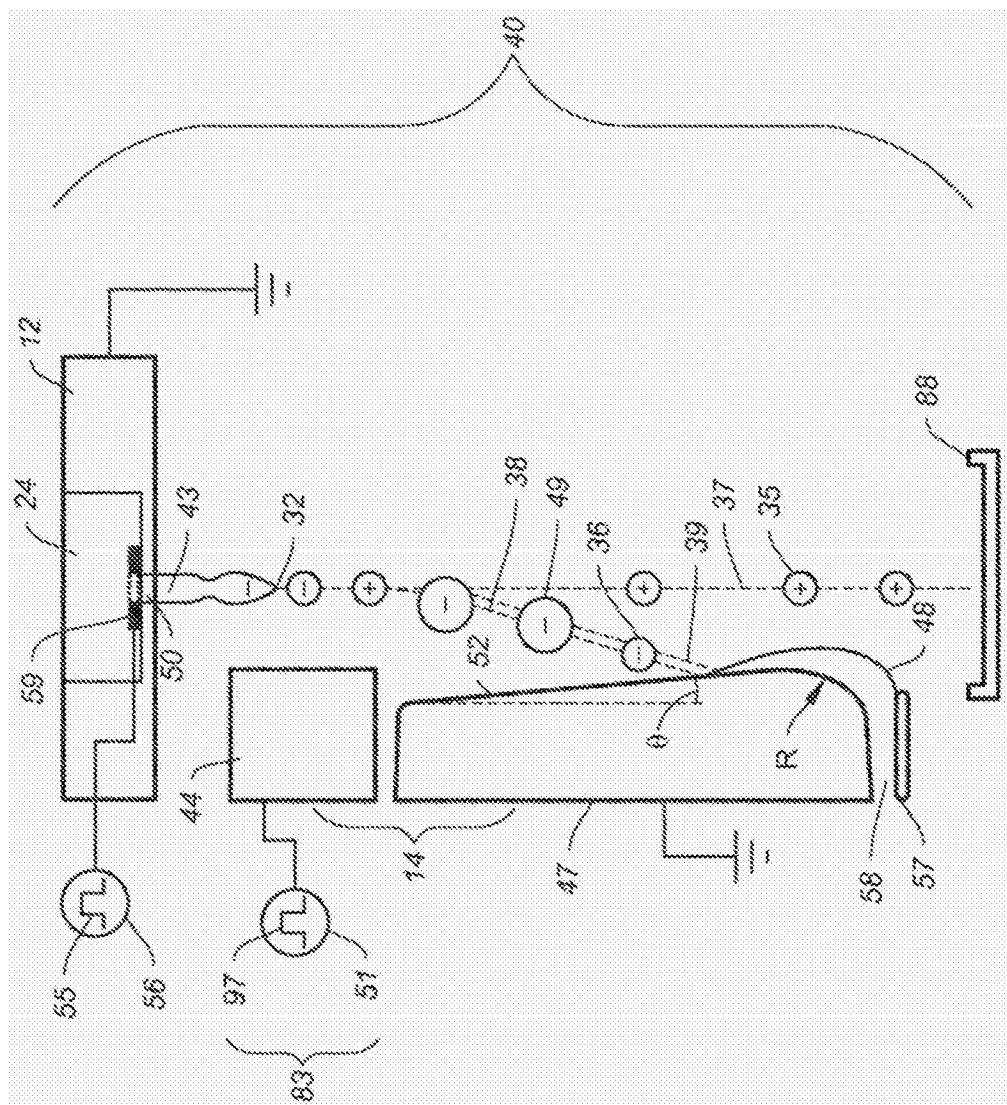


图18

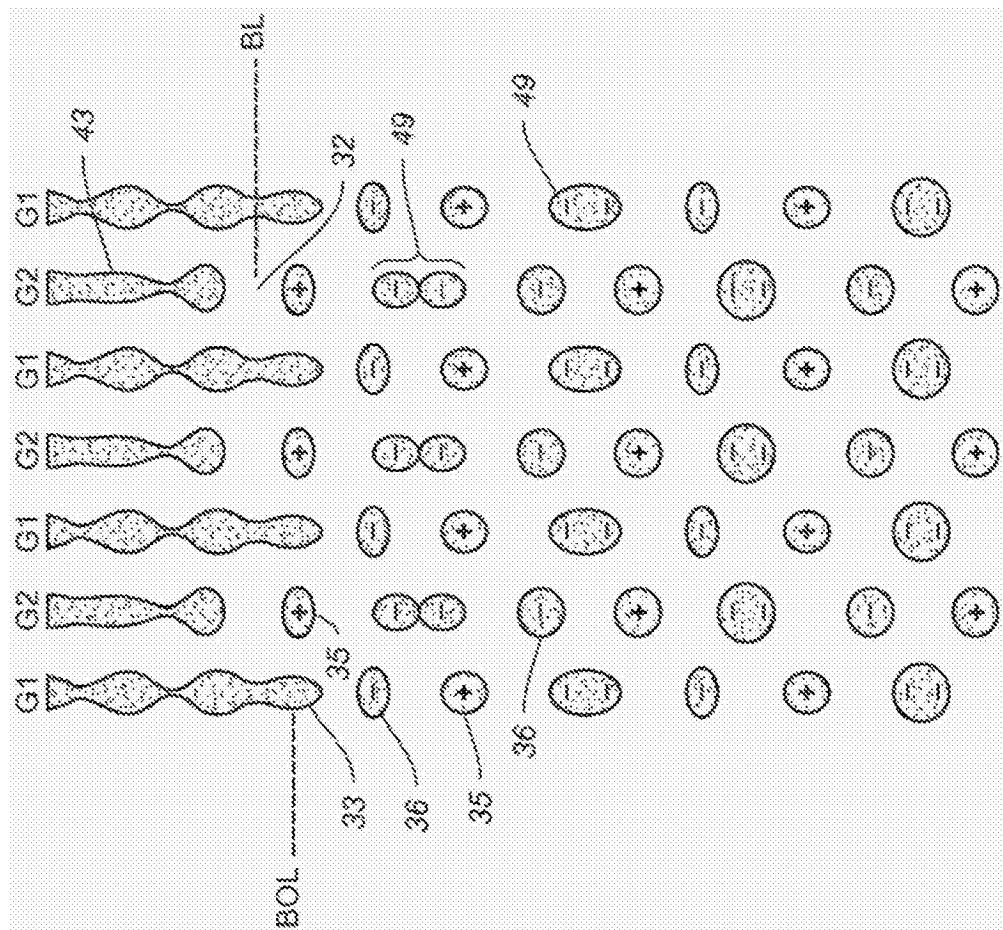


图19

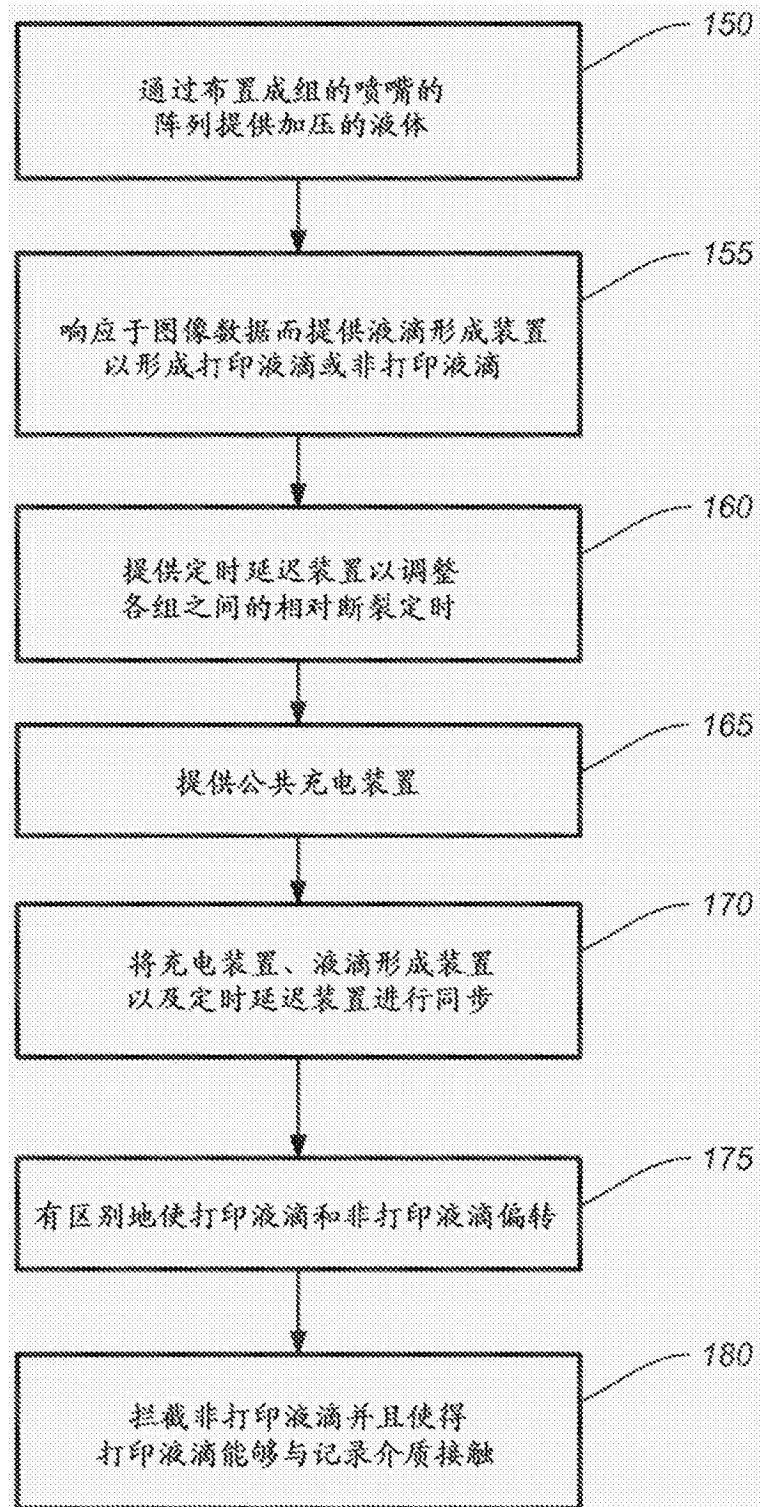


图20