

1. 一种墨液喷嘴(300),包括孔口(302),所述孔口具有基本由多项式方程限定的非圆形开口。

2. 根据权利要求1所述的喷嘴,其中,所述多项式方程是四次多项式方程。

3. 根据上述权利要求之一所述的喷嘴,其中,所述多项式方程具有通式: $(DX^2 + CY^2 + A^2)^2 - 4A^2X^2 = B^4$,其中A,B,C和D是常数,这些常数限定了多项式的形状。

4. 根据权利要求3所述的喷嘴,其中,所述多项式方程中的常数包括:

范围大致为9-14的A;

范围大致为9-14的B;

范围大致为0.001-1的C;和

范围大致为0.5-2的D。

5. 根据权利要求3所述的喷嘴,其中,所述多项式方程中的常数包括:

范围大致为12.0-12.5的A;

范围大致为12.0-13.0的B;

范围大致为0.001-0.5的C;和

范围大致为1-2的D。

6. 根据上述权利要求之一所述的喷嘴,其中,所述孔口(302)的形状是数学连续的并且是数学平滑的。

7. 根据上述权利要求之一所述的喷嘴,其中,所述孔口(302)具有两个突起(310),这两个突起向内延伸,从而形成喉部(320),所述喉部(320)被配置成限制通过所述孔口(302)的中心部分的流体流。

8. 根据权利要求7所述的喷嘴,其中,所述喉部(320)具有在3至14微米之间的箍缩距,并且所述喷嘴的包络线(335)大约为20微米×20微米。

9. 根据上述权利要求之一所述的喷嘴,其中,所述喷嘴(300)被配置成产生质量在4纳克和15纳克之间的微滴(135)。

10. 根据上述权利要求之一所述的喷嘴,其中,喷嘴(300)的主轴线与槽(600)的主轴线(605)平行。

11. 根据上述权利要求之一所述的喷嘴,进一步包括沉孔(900)。

12. 根据上述权利要求之一所述的喷嘴,其中,所述孔口的周界壁(910)包括5度至12度之间的锥形部。

13. 一种微滴发生器(100),包括:

喷发室(110),所述喷发室流体耦合到流体储器(105);

加热电阻器(120);和

喷嘴(300),所述喷嘴包括孔口(302),所述孔口形成从所述喷发室(110)通过顶盖层(400)到所述微滴发生器(100)外部的通道,所述喷嘴(300)由封闭式多项式限定,且在孔口的周界壁(910)周围具有数学平滑和数学连续的形状,所述喷嘴具有两个突起(310),所述两个突起延伸进所述孔口(302)的中心。

14. 根据权利要求13所述的微滴发生器,其中,所述喷嘴(300)进一步包括:

沉孔(900),所述沉孔(900)形成于所述顶盖层(400)的外表面(400-1)中;和

锥形部(920),所述锥形部(920)形成于所述孔口的周界壁(910)中,使得所述喷嘴

(300) 的宽度在所述顶盖层(400)的内表面上更大,而在进入所述顶盖层(400)的外表面(400-1)上的沉孔(900)之前变窄;所述锥形部(920)在 5 度和 15 度之间。

15. 根据权利要求 14 所述的微滴发生器,其中,所述两个突起(310)向所述孔口(302)的中心部分延伸,形成喉部(320),所述喉部(320)被配置成限制所述孔口的中心部分中的流体流,使得所喷射的微滴的头部(135-1)和所喷射的微滴的尾部(135-2)之间的速度差被降低;所述喉部(320)被进一步配置成使得在墨滴(135)从所述喷嘴(300)喷出的过程中,墨滴(135)的尾部(135-2)在墨滴(135)与所述微滴发生器(100)分离时被居中于所述喉部(320)上方。

非圆形喷墨喷嘴

背景技术

[0001] 喷墨技术广泛用于精确、快速地分配小量的流体。喷墨通过在喷发室中产生高压短脉冲来使流体微滴从喷嘴中喷射出来。在打印中,此喷射过程每秒可重复几千次。理想地,每次喷射都会产生单个墨滴沿预定的速度矢量行进,以沉积在基材上。然而,喷射过程可产生许多非常小的微滴,这些非常小的微滴处于空中的时间周期更长,不被沉积在基材上的期望位置。

附图说明

[0002] 附图示出了本文所描述原理的各个实施例,且是说明书的一部分。所示实施例不过是些示例,并不限制权利要求的范围。

[0003] 图 1A-1F 是根据本文所描述原理一个实施例的热喷射微滴发生器操作的示意图。

[0004] 图 2 是根据本文所描述原理一个实施例的示意性喷嘴几何结构的图示。

[0005] 图 3 是根据本文所描述原理一个实施例的示意性喷嘴几何结构的图示。

[0006] 图 4A-4H 是根据本文所描述原理一个实施例的、通过非圆形喷嘴喷射微滴的示意性微滴发生器的图示。

[0007] 图 5A 和图 5B 分别是根据本文所描述原理一个实施例的、从圆形和非圆形喷嘴喷射的微滴的示意图。

[0008] 图 6A 和图 6B 分别是根据本文所描述原理一个实施例的、由具有圆形喷嘴和非圆形喷嘴的喷墨打印头产生的图像的示意图。

[0009] 图 7A 和图 7B 是根据本文所描述原理一个实施例的、喷墨喷嘴和底层电阻器的示意图。

[0010] 图 8 包括根据本文所描述原理一个实施例的多个示意性孔口几何结构的图示。

[0011] 图 9A 和图 9B 是根据本文所描述原理一个实施例的示意性非圆形喷射喷嘴的图示。

[0012] 在所有附图中,相同的附图标记标示了相似但不一定相同的元件。

具体实施方式

[0013] 如上文所述,喷墨打印过程通过从喷嘴喷射流体微滴来将流体沉积在基板上。通常,喷墨装置包含一大列喷嘴,在打印中这些喷嘴每秒喷射几千个微滴。例如,在热喷墨中,打印头包括被连接到一个或多个流体储器的微滴发生器阵列。每个微滴发生器包括加热元件,喷发室和喷嘴。来自储器的流体填充喷发室。为了喷射微滴,电流流过邻近喷发室设置的加热器元件。加热元件产生热,热使喷发室内的一小部分流体蒸发。蒸汽快速膨胀,迫使小的微滴离开喷发室喷嘴。电流然后被关断,电阻器冷却。蒸汽气泡快速崩溃,使更多的流体从储器进入到喷发室中。

[0014] 理想情况下,每个喷发事件会使单个微滴沿预定矢量以预定速度前进,并沉积在基材上的期望位置。然而,由于在流体被喷射以及通过空气时施加到流体的力,原来的微滴

可能分裂成多个子微滴。非常小的子微滴可能很快失去速度,在加长的时间周期中保持在空中。这些非常小的子微滴可能产生各种问题。例如,子微滴可沉积在基材上不恰当的位置上,这可能会降低打印机产生的图像的打印质量。子微滴还可沉积在打印设备上,使污垢积累,性能恶化,引起可靠性问题并增加维修成本。

[0015] 可以用来降低空中子微滴效应的一种方案是捕获并容纳它们。可用各种方法来捕获子微滴。例如,可通过过滤器循环打印机内的空气,过滤器去掉了空中子微滴。额外地或替代性地,静电力可用来吸引、捕获子微滴。然而,这些方案中的每种方案都要求将另外的设备并入打印机中。这使打印机更大、更贵,消耗更多的能量且维护费用更高。

[0016] 一种替代性方案是将微滴发生器设计成使趋于裂开所喷射微滴的速度差减至最小。这直接降低了空中子微滴的形成。我们发现,喷墨喷嘴的形状在喷射过程中可被改变以降低可能会使微滴裂开的这些速度差。具体地,具有平滑轮廓且该轮廓带有进入到喷嘴孔口中心的一个或多个突起的喷墨喷嘴降低了所喷射微滴内的速度差,抵消了粘滞力,防止了微滴裂开。

[0017] 在下文的描述中,出于解释的目的,给出了许多具体细节,以便提供对本发明系统和方法的彻底理解。然而,对于本领域技术人员而言,明显的是,没有这些具体细节,也可实践本发明的设备、系统和方法。在说明书中,提到“实施例”,“例子”或类似用语时,表示联系该实施例或例子所描述的具体特征、结构或特性被包括于至少该实施例中,但不一定被包括于其它实施例中。说明书各处中的用语“在一个实施例中”或类似用语的各种情况并不一定全部表示相同的实施例。

[0018] 图 1A-1F 示出了从热喷墨微滴发生器喷射的微滴的示意性时间顺序。图 1A 是热喷墨打印头中微滴发生器 100 的一个示例性实施例的横截面视图。微滴发生器 100 包括喷发室 110,喷发室流体连接到流体储器 105。加热元件 120 邻近喷发室 110 定位。流体 107 从流体储器 105 进入喷发室 110。在均衡条件下,流体并不会退出圆形喷嘴 115,而是在喷嘴出口内形成凹形弯月面。

[0019] 图 1B 是从喷发室 110 喷射微滴 135 的微滴发生器 100 的横截面视图。根据本发明的一个实施例,通过向加热元件 120 施加电压 125,将流体微滴 135 从喷发室 110 喷射出。加热元件 120 可以是电阻性材料,该电阻性材料会因其对电流的内阻而快速变热。由加热元件 120 产生的热的一部分通过喷发室 110 的壁,蒸发掉非常接近加热元件 120 的一小部分流体。流体的蒸发产生快速膨胀的蒸汽气泡 130,其克服了喷发室 110 和圆形喷嘴 115 内流体中存在的毛细管力。当蒸汽继续膨胀时,微滴 135 从圆形喷嘴 115 中喷射出。

[0020] 在图 1C 中,去掉了加热元件 120 的电压,加热元件快速冷却。蒸汽气泡 130 由于惯性效应继续膨胀。在快速的热损失和继续膨胀的复合影响下,蒸汽气泡 130 内的压力快速下降。在其最大尺寸时,蒸汽气泡 130 可能具有相对大的负内压。

[0021] 微滴 135 继续被迫从喷发室出来,形成微滴头部 135-1 和微滴尾部 135-2,微滴头部具有相对高的速度,而微滴尾部具有较低的速度。

[0022] 图 1D 示出了蒸汽气泡 130 的快速崩溃。这种快速崩溃导致蒸发室 110 中出现低压,其将液体从入口端口和圆形喷嘴 115 两者中吸入喷发室 110。这一突然的压力反向会将最新从喷嘴 115 冒出的微滴尾部 135-2 的一部分吸回喷嘴 115 中。此外,由于微滴尾部的粘滞吸引会阻止微滴 135 分离,使得微滴尾部 135-2 的整体速度被降低。在此阶段,喷发

室 110 中的低压还趋向于将外部的空气吸入圆形喷嘴 115 中。

[0023] 微滴 135 右侧的黑色箭头图解说明了在气泡 130 崩溃中各部分微滴的相对速度。箭头之间的间隙指示微滴尾部 135-2 的速度为 0 的停滞点。

[0024] 图 1E 示出了在停滞点或其附近快速分离的微滴 135。微滴尾部 135-2 猛烈断开产生了大量的子微滴或卫星微滴(satellite droplet) 135-3。这些子微滴 135-3 具有相对低的质量,并且可能具有非常低的速度。即使子微滴 135-3 具有一定的速度,由于低质量的子微滴 135-3 与周围空气相互作用,也会相对快速地损失掉该速度。结果,子微滴 135-3 可能在加长的时间周期里保持在空中。如上文讨论的,子微滴 135-3 在接触并粘到表面之前可相对漂移较长距离。如果子微滴 135-3 粘到目标表面,则通常会由于它们落在了目标区域之外而引起打印缺陷。如果子微滴 135-3 落在了打印设备上,则它们可能产生沉积,这损坏了打印装置的操作,并且造成了维修问题。

[0025] 微滴尾部 135-2 和微滴头部 135-1 之间的速度差还可能引起子微滴的分离和生成。如图 1E 所示,相对较大的微滴头部 135-1 具有的速度(如微滴头部左侧的黑色箭头所示)比微滴尾部 135-2 的速度(由微滴尾部左侧的较短箭头)大。这可能引起微滴头部 135-1 脱离微滴尾部 135-2。

[0026] 图 1F 示出了由于微滴头部 135-1 和微滴尾部 135-2 之间的速度差造成的微滴头部 135-1 与微滴尾部 135-2 的分离。这产生了额外的子微滴 135-3。

[0027] 已经发现,在喷墨打印头的喷射过程中可能会使微滴散开的速度差可通过改变喷墨喷嘴的形状而被降低。常规上,喷墨喷嘴的孔口是圆形的。这些圆形的喷嘴易于制造,并具有高的抗阻塞力。但是,如上所示,在喷射过程中,从圆形喷嘴喷射的微滴具有速度差,这可使微滴分裂开。具体地,在气泡崩溃时微滴尾部的有力收缩可能使尾部的最尾端部分散开,微滴头部和尾部的最前面部分之间的速度差可引起头部和尾部的分离。这些散开事件产生了小的子微滴,这会产生如上文所述的可靠性问题。

[0028] 通过为喷墨喷嘴使用非圆形形状,可以降低这些速度差。图 2 示出了 6 个非圆形的喷嘴孔口几何形状,它们被构造并被测试以弄清楚它们的性能特性。这 6 个形状是:多义形-宽形(poly-wide),多义形-椭圆形(poly-ellipse),哑铃形,钝箍缩部形(blunt pinch),数字 8 形和卵形。这些形状的理论轮廓 200 示于图 2 的第一行。理论轮廓 200 被示为虚线,其代表了形成喷嘴形状的基础的几何形状。具有沉孔的喷嘴孔口的第一种实施方式 205 被示于第二行,不具有沉孔的喷嘴的第二种实施方式 210 被示于第三行。在将这些几何形状转换成外轮廓以及构造出喷嘴 205,210 时,这些几何形状可被改变。例如,数字“8”的理论轮廓包括两个搭接的圆。而在实施时,数字“8”形的喷嘴具有更加平滑的轮廓。

[0029] 基于实验结果,多义形-椭圆形设计被选择以用于进一步的实验。图 3 示出了多义形-椭圆形喷嘴 300 的示意图。根据此示意性实施例,多义形-椭圆形孔口 302 的形状是由下面示出的四次多项式定义的。

$$(DX^2 + CY^2 + A^2)^2 - 4A^2X^2 = B^4 \quad \text{方程 1。}$$

[0030] 如图 3 所示示意性例子所显示的,此多变量多项式产生了一个具有数学平滑和数学连续轮廓的闭合形状。如说明书和所附权利要求中使用的,术语“数学平滑”指的是一类具有所有适合阶数的导数的函数。术语“数学连续”指的是一种输入的小变化会产生输出的小变化的函数。术语“闭合”指的是这样一些函数,它们限定出或围出了一个平面或其它

图形空间的一个区域,使得从该封闭区域的内部到外部的路径必须穿过由该函数限定的边界。图 3 所示的孔口形状由具有方程 1 所示通式的单个方程产生。具体地,该孔口形状不是通过全异方程以分段方式产生的线连接而产生的。

[0031] 已经发现,具有相对平滑轮廓的喷嘴孔口更有效地允许流体从喷发室出来。具体地,具有突然轮廓变化的喷嘴,如图 2 所示的卵形轮廓在产生给定大小的微滴方面,每单位面积上并不那么有效。例如,为了产生 9 微克的微滴,卵形轮廓相比于具有更平滑的轮廓线的多义形-椭圆形轮廓要求更大的横截面面积。

[0032] 为了产生与图 3 所示类似的形状,可以将下面的常数代入到上面的方程 1 中。

表 1

A	12.3000
B	12.5345
C	0.16200
D	1.38600

[0033] 这一多义形-椭圆形形状限定了用在喷嘴 300 中的非圆形孔口 302。非圆形孔口 302 具有两个椭圆瓣 325-1,325-2。在椭圆瓣 325 之间,两个突起 310-1,310-2 朝喷嘴 300 的中心延伸,产生收缩的喉部 320。喉部最窄部分上的测量值被称作喉部 320 的“箍缩距 (pinch)”。

[0034] 对流体流动的阻力与喷嘴给定部分的横截面面积成比例。具有较小横截面的喷嘴部分对流体流动具有更高的阻力。突起 310 在孔口 302 的中心部分产生相对高的流体阻力区域 315。相反,瓣 325-1,325-2 具有大得多的横截面,因而限定了较低流体阻力 305-1,305-2 的区域。

[0035] 孔口 302 的主轴线 328 和次轴线 330 被图示为穿过多义形-椭圆形喷嘴 300 的箭头。主轴线 328 对分了椭圆瓣 325。次轴线 330 对分了突起 310,并横跨穿过了孔口 302 的喉部 320 区域。根据一个示例性实施例,孔口 302 的包络线 335 被图示为一个灰色矩形,其在主轴线和次轴线 328,330 上界定了孔口 302。根据一个示意性实施例,孔口 302 的包络线 335 可以约是 20 微米 × 20 微米。此相对紧凑的尺寸允许喷嘴 300 被用在每个线性英寸有大约 1200 个喷嘴的打印头配置中。

[0036] 图 4A-4C 描述了流体微滴 315 从包括多义形-椭圆形喷嘴 300 的微滴发生器 100 的喷射。如图 4A 所示,微滴发生器 100 包括喷发室 110,喷发室流体连接到流体储器 105。具有多义形-椭圆形孔口的喷嘴 300 形成通过顶盖层 400 的通道。加热电阻器 120 产生蒸汽气泡 130,蒸汽气泡快速膨胀以将微滴 315 压出喷发室 110,并通过喷嘴 300 到外部。如上文讨论的,较大体积和速度的流体从孔口 302 的更加开阔的横截面出来。结果,微滴 135 更快速地从瓣 325-1,325-2 的开阔横截面 305-1,305-2 (图 3) 出来。多义形-椭圆形孔口 302 的喉部 320 的受限横截面具有更高的流体流动阻力。根据一个示例性实施例,因为尾部 135-2 和喉部 320 之间的惯性、粘滞和毛细管力,微滴 135-2 的尾部可自动地和重复地居于喉部区域 320。使微滴 135-2 的尾部居于喉部区域 320 有多个优点。例如,将尾部 135-2 定位在喉部 320 的中心可以使留在喷发室 110 (图 1) 中液体的尾部 135 与主体更加可重复的分离。这会保持微滴的尾部 135-2 与头部 135-1 对准,改善微滴 135 的方向性。

[0037] 使尾部 135-2 位于喉部 320 上方中心的另一优点是在蒸汽气泡崩溃时,喉部 320 的较高的流体阻力降低了尾部 135-2 中的速度差。这可以防止在微滴 135-1 的前面部分继续以大约 10 米 / 秒离开喷嘴 300 时,一部分尾部 135-2 急速回到喷发室 110 (图 1)的内部时,微滴 135 被猛烈地撕开。相反,表面张力形成了箍缩距上的墨液桥。在蒸汽气泡崩溃过程中,在墨液被吸回到孔中时,此墨液桥支撑尾部 135-2。流体从瓣 325 吸入,形成弯月面 405,弯月面继续被吸入到喷发室 110 (图 1)中。

[0038] 在蒸汽气泡 130 崩溃时,流体从流体储器 105 的入口和喷嘴 300 两者被吸入到喷发室 110 中。然而,如图 4B 所示,使尾部 135-2 位于喉部上方的中心并降低微滴 135 内的速度差,降低了产生子微滴 153-3 (图 1)的可能性。如果这些相对速度在幅度和方向上足够相似,则表面张力会将尾部 135-2 向上吸入到微滴头部 135-1 中。此单个微滴 135 然后会前进到基板,落在目标位置或接近目标位置。然而,如图 4C 所示,在此示例中,微滴头部 135-1 和微滴尾部 135-2 之间的速度差不够小到使尾部 135-2 与头部 135-1 接合。相反,形成了两个微滴:较大的头部微滴 135-1 和较小的尾部微滴 135-2。

[0039] 根据一个示例性实施例,微滴发生器及其喷嘴可被设计成重复地产生质量在 6 纳克到 12 纳克范围内的微滴。例如,微滴发生器和喷嘴可被配置成产生 9 纳克质量的微滴。

[0040] 图 4D-4H 更加详细地聚焦于蒸汽气泡崩溃,尾部分离和弯月面回缩到喷发室中。在图 4D-4H 中,虚线表示微滴发生器 100 的内表面。纹理形状表示液体 / 蒸汽表面。图 4D 示出了接近其最大尺寸的蒸汽气泡 130。蒸汽气泡 130 填满了喷发室 110 的大部分,并延伸出来再进入到墨液储器 105。微滴的尾部 135-2 延伸出喷嘴 300。图 4E 示出了蒸汽气泡 130 开始崩溃以及微滴的尾部开始变细。图 4F 示出了蒸汽气泡 130 继续崩溃,当崩溃的气泡 130 从外部将空气吸入到喷嘴 300 中时,弯月面 405 开始在喷嘴 300 中形成。从图 4F 可以看出,弯月面 405 形成了两个瓣,它们与多义形 - 椭圆形喷嘴 300 的两个瓣相对应。尾部 135-2 保持居于喷嘴 300 的中心上方。如上文讨论的,分离时尾部 135-2 的位置可影响微滴的轨迹。

[0041] 图 4G 示出了蒸汽气泡 130 已经完全从墨液储器 105 返回,并开始分成两个单独的气泡。弯月面 405 继续加深进入喷发室 110 中,表示空气被吸入到喷发室 110 中。在这点尾部 135-2 与喷嘴 300 分离,从喷嘴 300 中心上方的中性位置分开。

[0042] 图 4H 示出了尾部 135-2 已经完全与喷嘴 400 分离。尾部 135-2 中的表面张力开始将尾部底部的大部分向上吸引到尾部的主要部分中。这导致尾部 135-2 具有轻微的球形端。蒸汽气泡 130 已经崩溃成两个单独的气泡,这两个气泡位于喷发室 110 的角落中。弯月面 405 延伸进入到喷发室 110 中。如上文讨论的,在微滴从包括多义形 - 椭圆形喷嘴 300 的微滴发生器 100 喷射的过程中,存在数目降低的卫星微滴。

[0043] 图 5A 和图 5B 是图解说明从图 1A-1F 所示的圆形喷嘴阵列中喷射的墨液微滴以及从图 4A-4F 所示的多义形 - 椭圆形喷嘴阵列中喷射的墨液微滴的实际图像的图示。从图 5A 可以看出,从打印头 500 中的圆形喷嘴喷射的微滴被散开成许多不同的子微滴 135-3。这产生了各种大小的微滴 135 薄雾。如上文讨论的,质量减小的子微滴 135-3 会很快失去速度,可在很长的时间周期保持在空中。

[0044] 图 5B 是从打印头 500 的多义形 - 椭圆形喷嘴 300 喷射微滴 135 的图示。在此情况下,微滴 135 一致地只形成头部微滴 135-1 和尾部微滴 135-2。几乎没有存在更小子微

滴的迹象。头部微滴 135-1 和尾部微滴 135-2 可在飞行中合并和 / 或可撞击基板的相同区域。

[0045] 图 6A 和图 6B 图解说明了对比圆形喷嘴和示意性多义形 - 椭圆形喷嘴的打印质量效果的示意图。图 6A 的左手侧图解说明了圆形喷嘴 115 和底层电阻器的相对方向和大小。图 6A 的右手侧是使用圆形喷嘴产生的一部分文本的照片 615。文本是四点字体的英语单词 “The”。在照片 615 中清楚可见的是, 由具有较低速度的中等质量量子微滴产生的文本边缘。这些量子微滴未撞击到期望位置, 导致图像模糊。如上文讨论的, 质量最轻的量子微滴可能不曾接触到该基板。

[0046] 图 6B 的左手侧示出了一个多义形 - 椭圆形喷嘴 300, 其垂直于底层的加热电阻器 600。如右手照片 610 中所示的, 相同字体的相同单词是使用多义形 - 椭圆形喷嘴 300 设计打印的。关于边缘清晰度, 由多义形 - 椭圆形喷嘴 300 产生的打印质量明显好于圆形喷嘴 115。显然不存在表示微滴破裂的相对较小的点。较大微滴尺寸的另一结果是可用更大的准确度设置微滴。单词 “The” 各字母的内部示出了这些字母内部的大量的明亮 / 黑暗的纹理或 “颗粒”。这是较大微滴尺寸更准确地前进到目标位置的结果。例如, 如果每个喷射周期产生两个微滴, 则头部微滴和尾部微滴两者都可落在相同位置。这可能在目标位置之间产生空白空间。

[0047] 各种参数可被选择或改变以优化多义形 - 椭圆形喷嘴 300 的性能。这些参数反映了可能影响喷嘴的性能的宽范围的各种因素。除了喷嘴的形状之外, 墨液的特性可影响喷嘴的性能。例如, 粘滞力, 表面张力和墨液成分可影响喷嘴性能。

[0048] 图 7A 和图 7B 图解说明了可被调节以改变喷嘴性能的一个参数。具体地, 可以调节馈送槽 600 相对于喷嘴 300 的取向。馈送槽 600 是形成主墨液储器和沿馈送槽 600 各侧排列的多个喷发室 110 之间的流体连接的孔口。根据图 7A 所示的一个示意性实施例, 喷嘴 300 的主轴线 328 平行于馈送槽 605 的主轴线 605。在此实施例中, 多义形 - 椭圆形喷嘴 300 的两个瓣与馈送槽 600 有相等距离, 表现出大致相同的行为。然而, 图 7B 示出了馈送槽 600 的主轴线 605 和垂直取向的喷嘴 300 的主轴线 328。在此配置中, 其中的一个瓣位于喷发室内与另一瓣相隔不同的距离处。这在两个瓣中产生了不对称的流体行为。在一些应用中, 这可能是有利的。

[0049] 在微滴发生器内可以调节各种其它参数。例如, 加热电阻器 600 的大小和尺寸可影响一次喷发序列中蒸汽气泡的几何形状。而蒸汽气泡又会影响到所喷射微滴的特性。

[0050] 可以调节的另一个参数是多义形 - 椭圆形轮廓的几何形状。图 8 包括多个示意性的多义形 - 椭圆形轮廓, 这可通过调节方程 1 中的参数来产生。图 8 中的每个示意性实例包括具有喉部箍缩距的轮廓, 并列出了方程 1 中用来产生几何形状的参数。此轮廓被叠加在图形上, 图形以微米为单位显示 X 和 Y 的距离。例如, 在左上角的示意性示例中, 多义形 - 椭圆形轮廓的周边沿 X 轴线从延伸大约 10 微米到 -10 微米。喉部 8 中最窄点的箍缩距是 8 微米。

[0051] 其它示意性示例具有逐渐更大的箍缩距。右下侧的示例具有最开阔的轮廓, 其具有 13 微米的箍缩距。更加开阔的轮廓具有更大的流体流动, 受阻的可能更小, 如果阻碍出现, 更易于清除。然而, 轮廓的喉部越宽, 突起在降低微滴破裂方面的效果更小。

[0052] 对于每个图形, 给出了对应的表, 其具有可代入方程 1 中以产生图示形状的常数。

这些常数只是示意性的示例。可以使用各种其它的常数来产生具有相同喉部箍缩距的形状。例如,可使用图 8 左下侧的表来产生 12 微米喉部箍缩距。然而,可通过将下列常数代入方程 1 中来产生具有 12 微米喉部箍缩距的类似形状。

表 2

A	12.3000
B	12.420094
C	0.082
D	1.455

[0053] 将表 2 与图 8 的左下表比较,显然在产生相同的喉部箍缩距时各常数可被增大、减小或保持相同。例如,常数 A 保持相同,B 稍微减小,C 已经降低了图 8 所示值的接近一半,而 D 增大了。

[0054] 这些常数可以从一系列的值中选择以产生期望形状。例如,A 可具有大约 9-14 的范围,B 可具有大约 9-14 的范围,C 可具有大约 0.001-1 的范围,D 可具有大约 0.5-2 的范围。在另一实施例中,A 可具有大约 12.0-13.0 的范围,B 可具有大约 12.0-13.0 的范围,C 可具有大约 0.001-0.5 的范围,D 可具有大约 1-2 的范围。

[0055] 这些常数可被选择成使得所得到的由所述多项式限定的喷嘴产生具有期望墨滴质量的微滴。例如,箍缩距的范围可从 3-14 微米,墨滴的质量范围从 4 纳克-15 纳克。如上文讨论的,各种常数值可被选择以产生期望的几何形状。另外,可使用许多其它方程来产生箍缩式椭圆形式。

[0056] 图 9A-9B 是多义形-椭圆形喷嘴的一个示意性实施例的照片图像。图 9A 是俯视图,其示出了具有喉部 320 的多义形-椭圆形喷嘴 300。在此示意性实施例中,沉孔 900 已经形成。虚线 905 标记了沉孔 900 的起始部。如在说明书和所附权利要求中使用的,术语“沉孔”是指喷嘴 300 周界周围相对较浅的凹陷或其它切口区域。此沉孔 900 可具有各种形状、宽度和大小。

[0057] 图 9B 是喷嘴 300 沿图 9A 中的线 9B-9B 剖切的横截面图。线 9B-9B 穿过喷嘴 300 的喉部 320。此横截面示出了穿过顶盖层 400 的喷嘴 300。顶盖层 400 包括内表面 400-2 和外表面 400-1,内表面形成喷发室 110 的室顶,外表面形成微滴发生器的外表面。根据一个示意性实施例,顶盖层 400 由 SU-8 (一种基于环氧树脂的负性光刻胶)形成。顶盖层 400 可以各种厚度形成。例如,顶盖层 400 可以为 20 微米厚。

[0058] 在此示意性实施例中,沉孔 900 是浅的碟状凹陷。沉孔 900 可用于许多功能,包括从轮廓的上周边去掉任何毛刺或其它制造缺陷。此外,形成喷嘴 300 的周界壁 910 可以是有锥度的。在此示意性实施例中,喷嘴 300 的周界壁 910 向外翻大约 12 度角。在其它实施例中,此外翻角范围可以从 5-15 度。结果,喷嘴喉部 320 在内部表面 400-2 处较宽,而在进入沉孔 900 之前变窄。

[0059] 孔口 302 的沉孔 900 和锥形部 920 可以各种方式形成,包括 Shaarawi 等人 2005 年 1 月 31 申请的美国专利 No. 7,585,616 中描述的那些方式,在此通过引用将该专利整个并入本文。

[0060] 总之,由多项式限定的多义形-椭圆形喷嘴形成具有平滑和连续轮廓线的孔口,

其具有两个突起,这两个突起延伸进孔口中心,形成喉部。此喷嘴的几何形状使穿过孔口中心的流体变慢,减小了被喷射微滴内的速度差。这降低了被喷射微滴的破裂,提高了微滴轨迹的重复性和精度。在微滴从微滴发生器分离的过程中,喷嘴几何形状还允许尾部居于喉部上方。这产生了微滴尾部从微滴发生器的更加轻柔的分离,以及在气泡崩溃过程中返回喷发室中的尾部不那么强的收缩。这降低了分离过程中尾部的破裂,防止了尾部使微滴轨迹变歪。

[0061] 前面的描述只是为了图解说明和描述本文所述原理的实施例和示例而给出的。这些描述不是排他性的,也不应将那些原理限制到所公开的任何精确形式。根据上面的教导,可作出许多变型和修改。

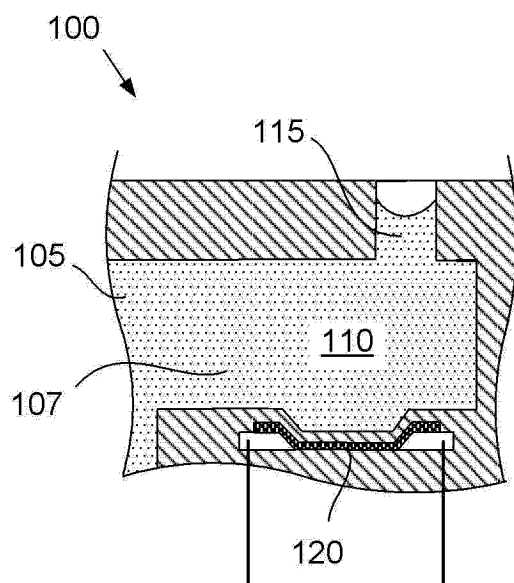


图 1A

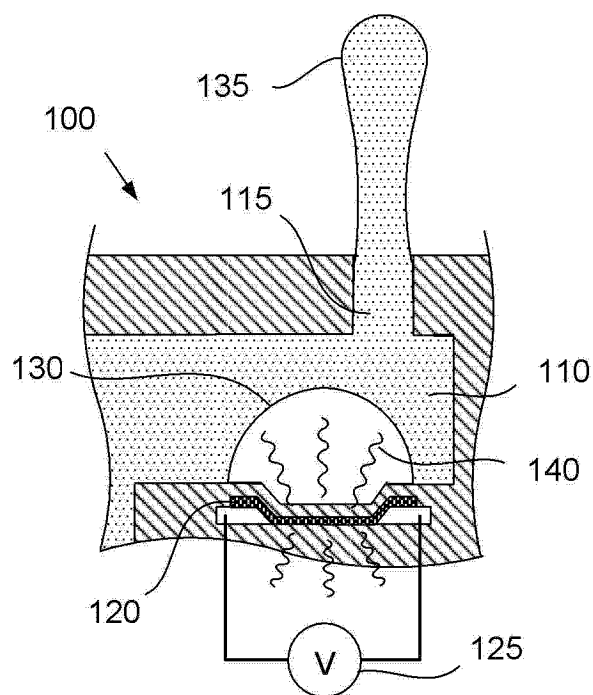


图 1B

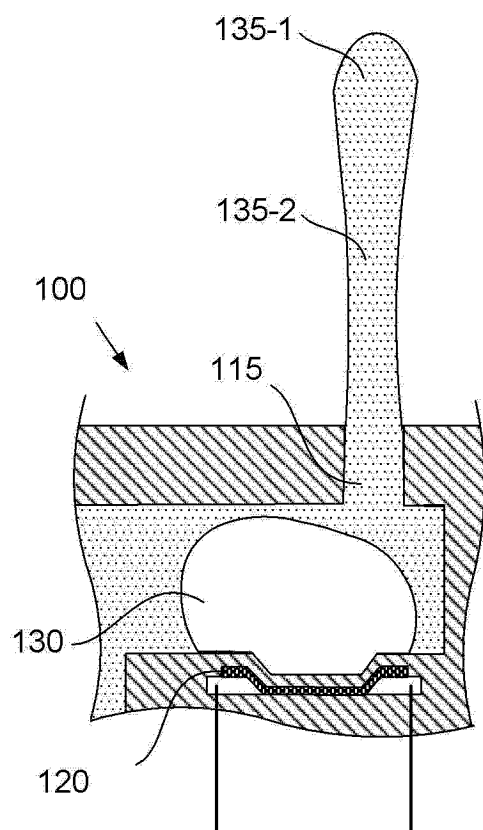


图 1C

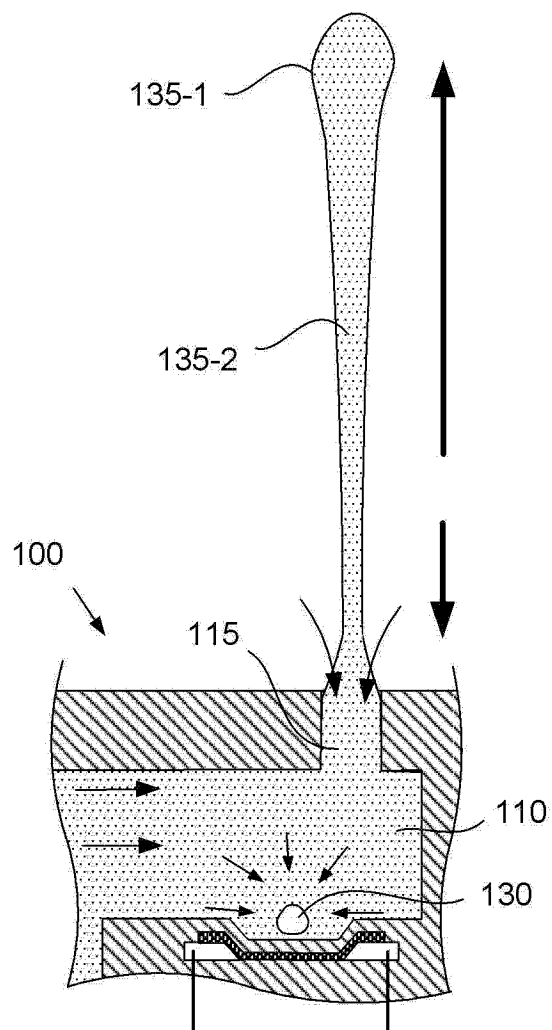


图 1D

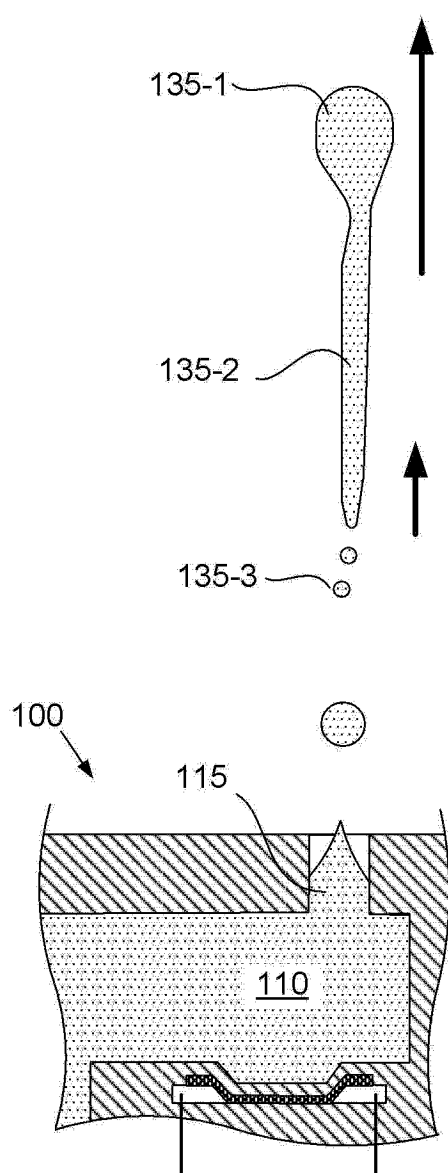


图 1E

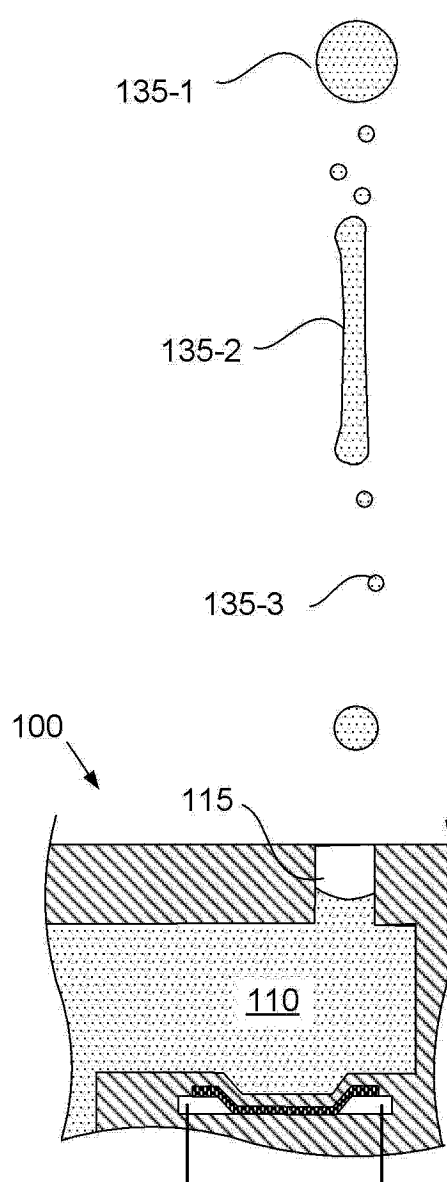


图 1F

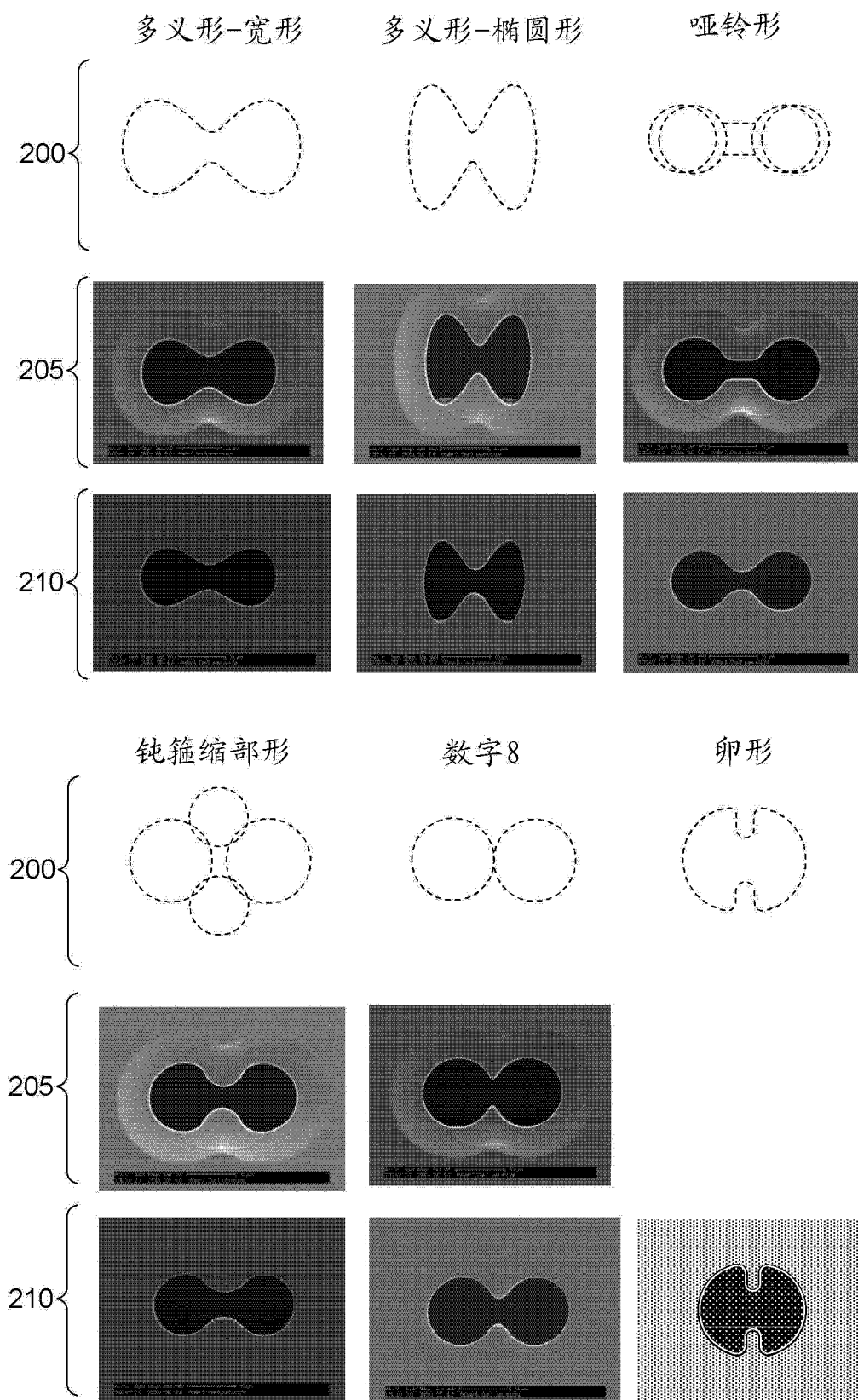


图 2

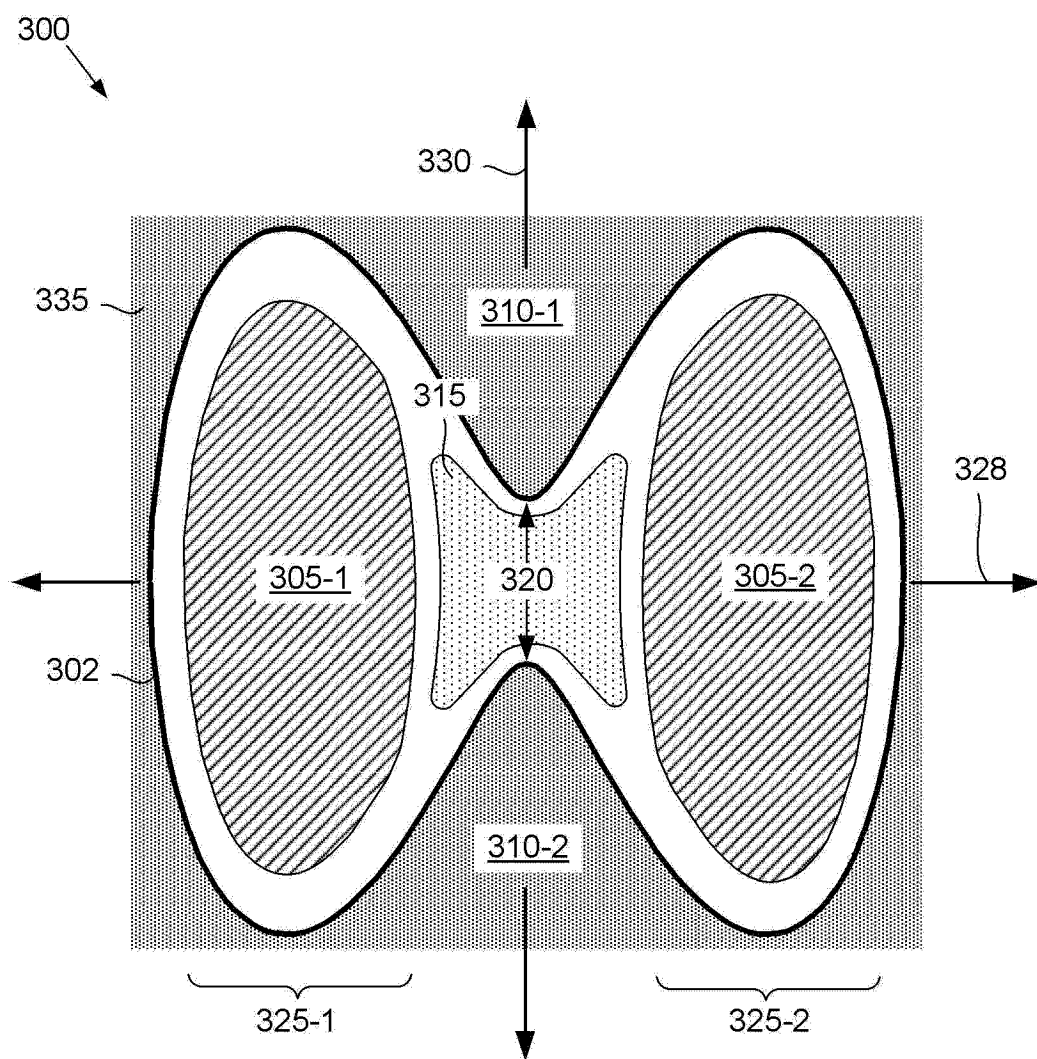


图 3

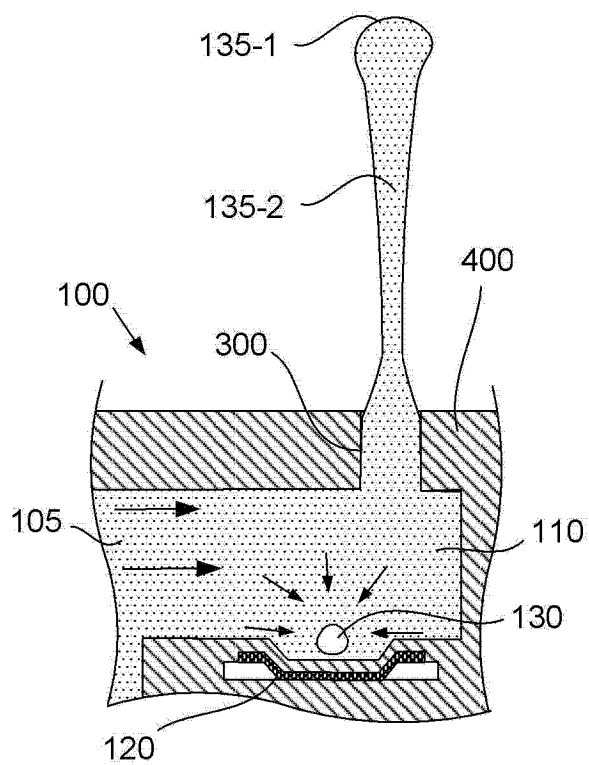


图 4A

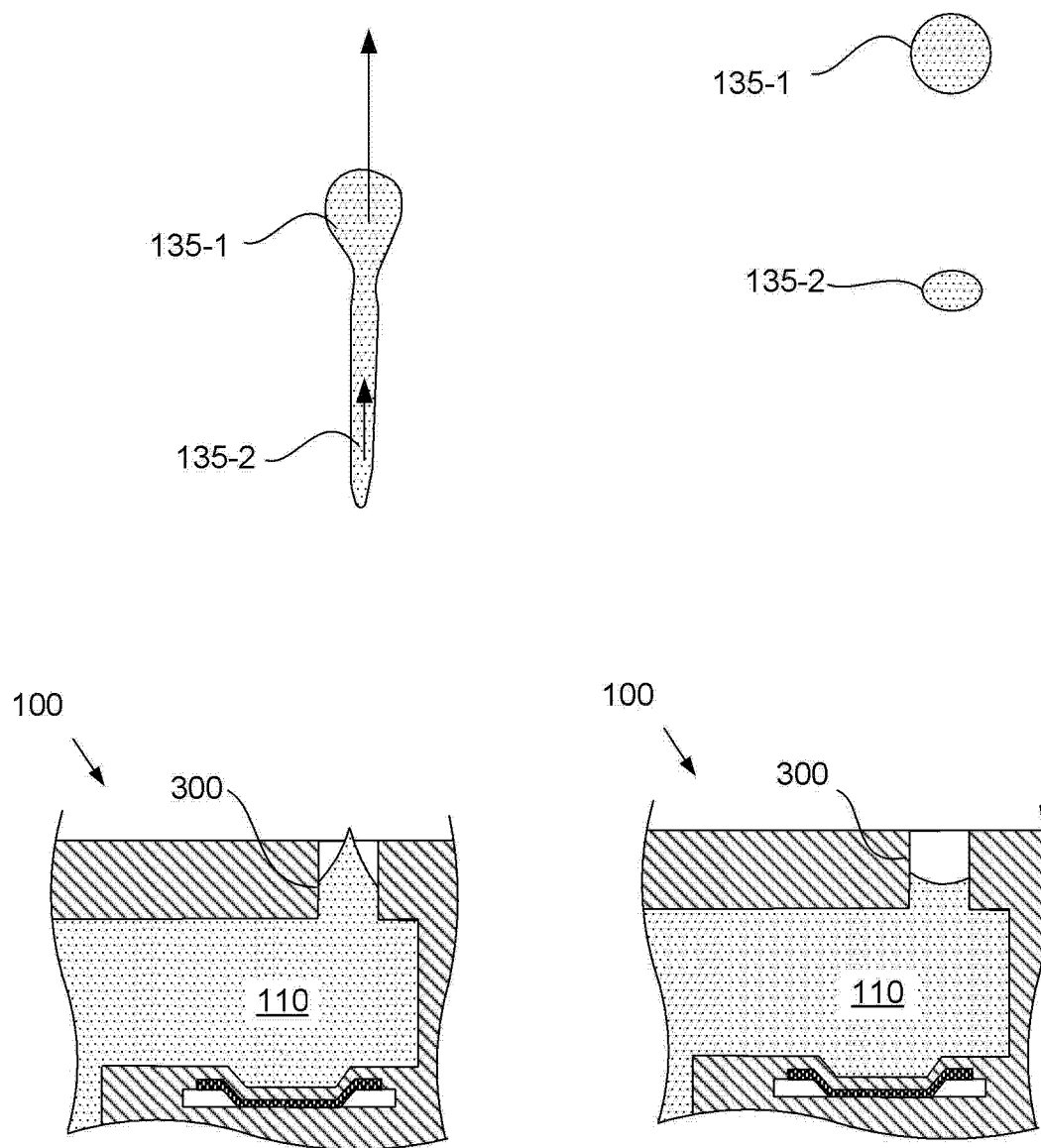


图 4B

图 4C

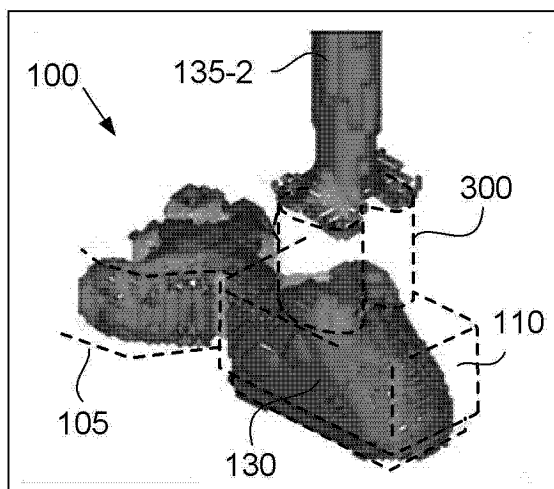


图 4D

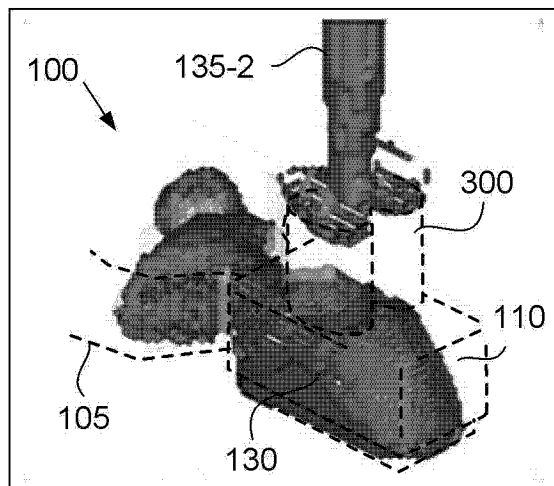


图 4E

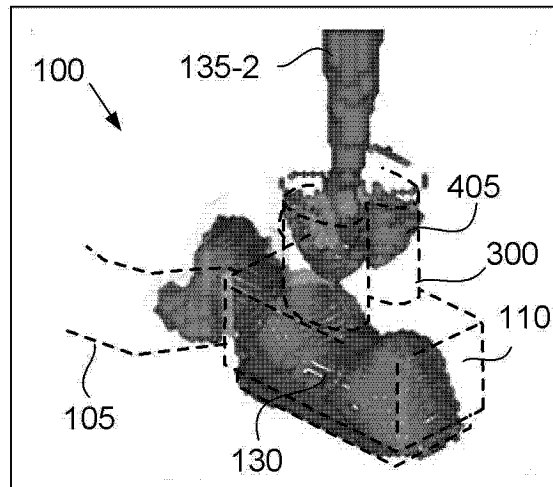


图 4F

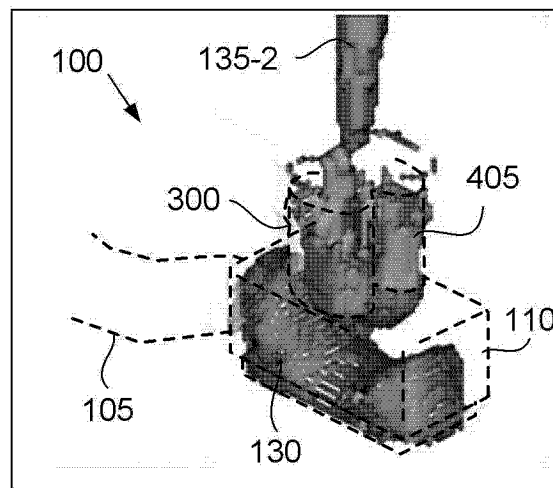


图 4G

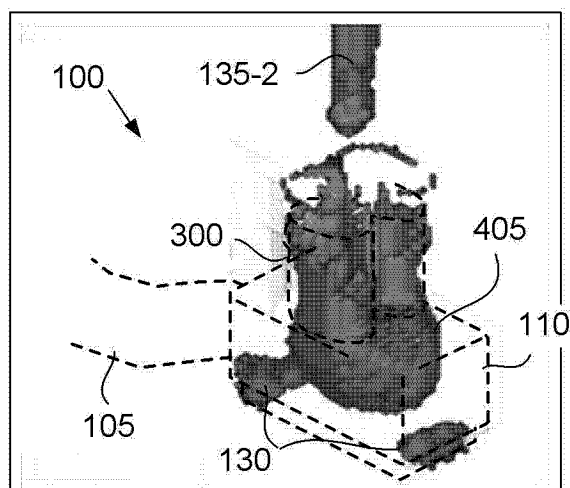


图 4H

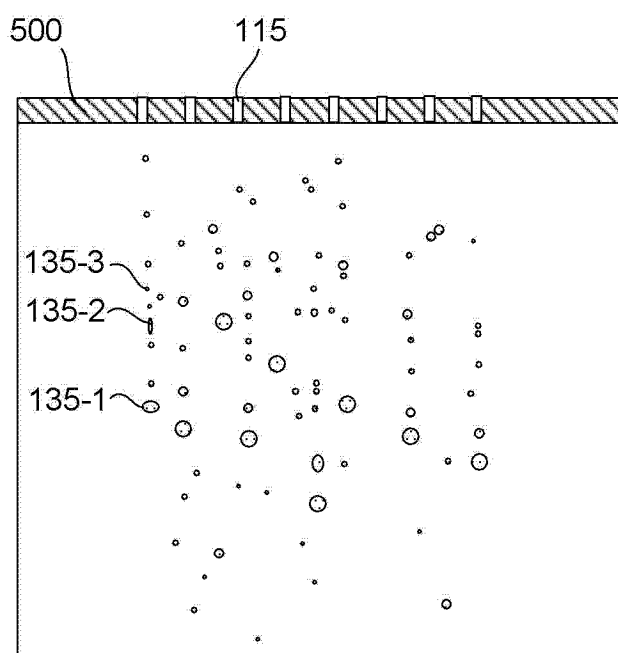


图 5A

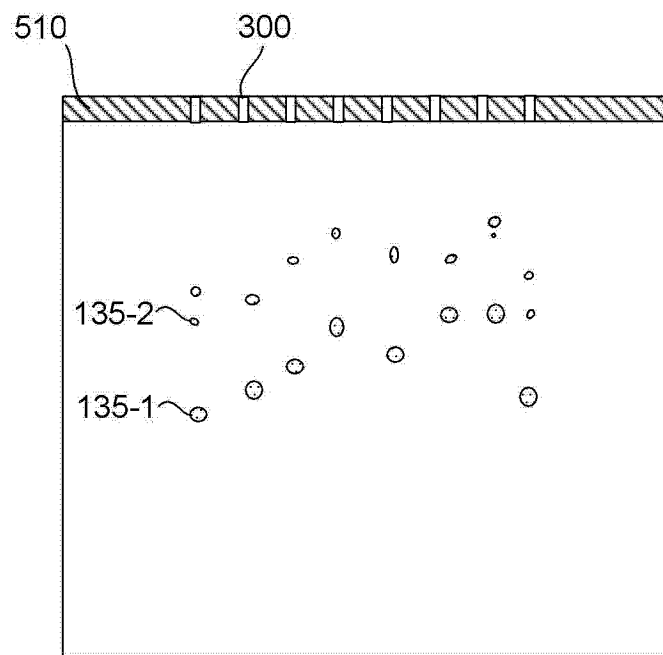


图 5B

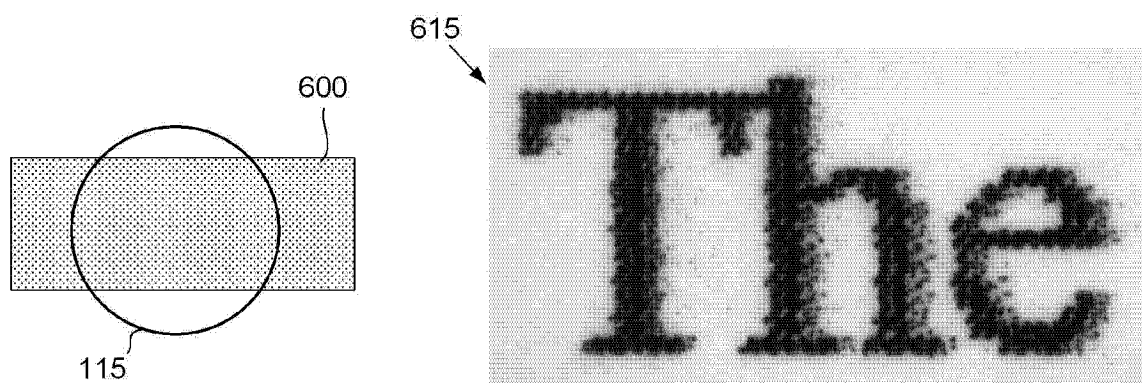


图 6A

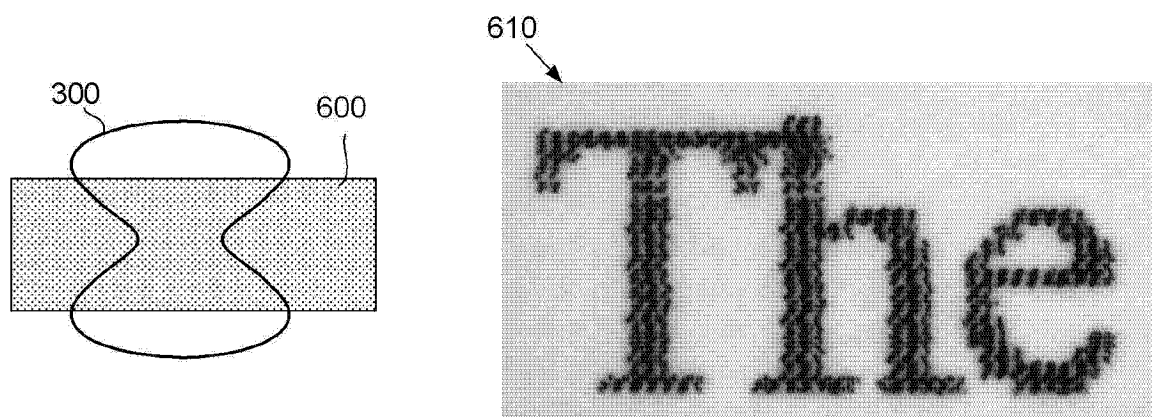


图 6B

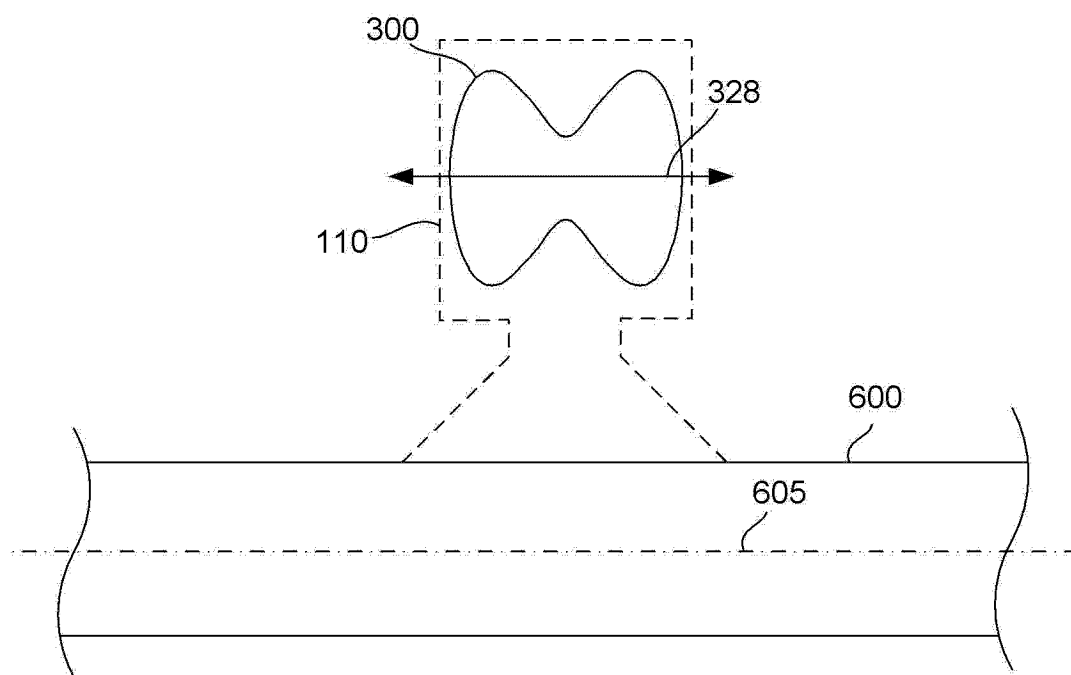


图 7A

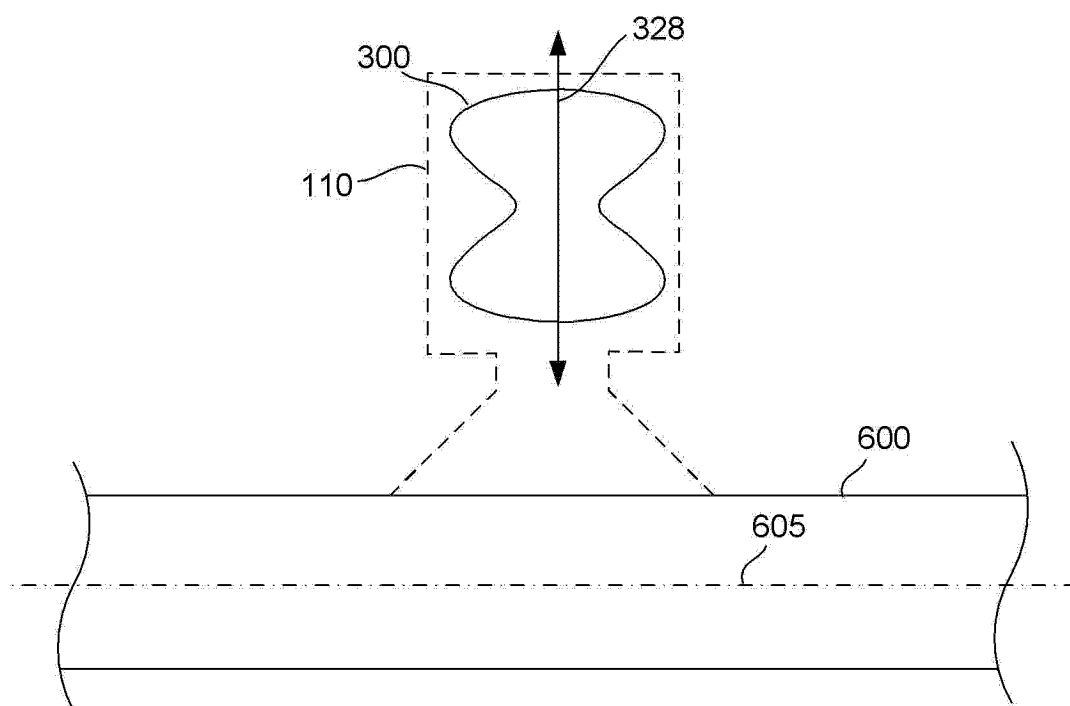
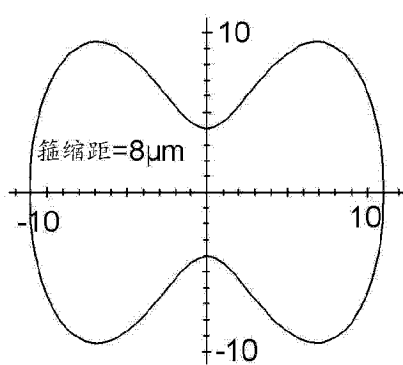
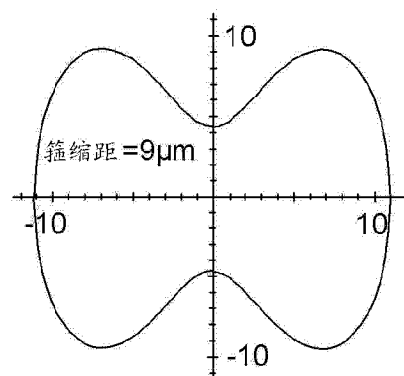


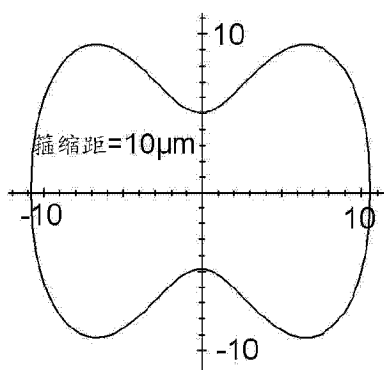
图 7B



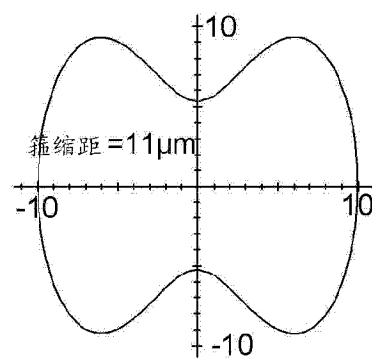
A	12.3000
B	12.4089
C	0.16810
D	1.32290



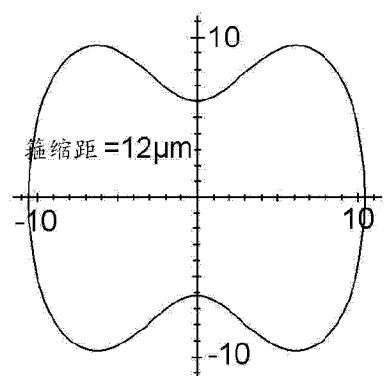
A	12.3000
B	12.4410
C	0.17230
D	1.32200



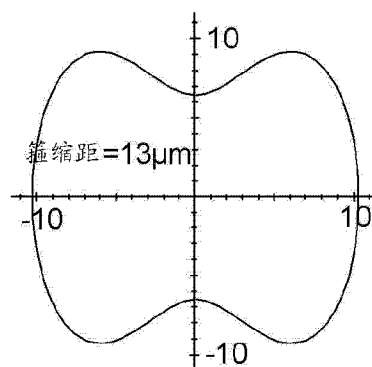
A	12.3000
B	12.4698
C	0.16800
D	1.35000



A	12.3000
B	12.4809
C	0.14800
D	1.37900



A	12.3000
B	12.5345
C	0.16200
D	1.38600



A	12.3000
B	12.6060
C	0.18000
D	1.39500

图 8

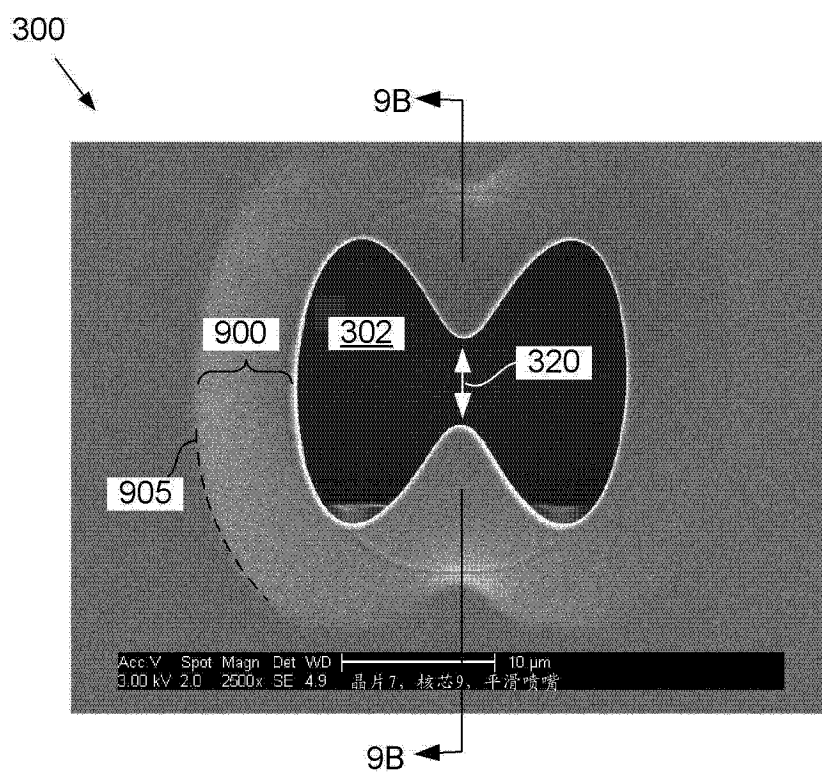


图 9A

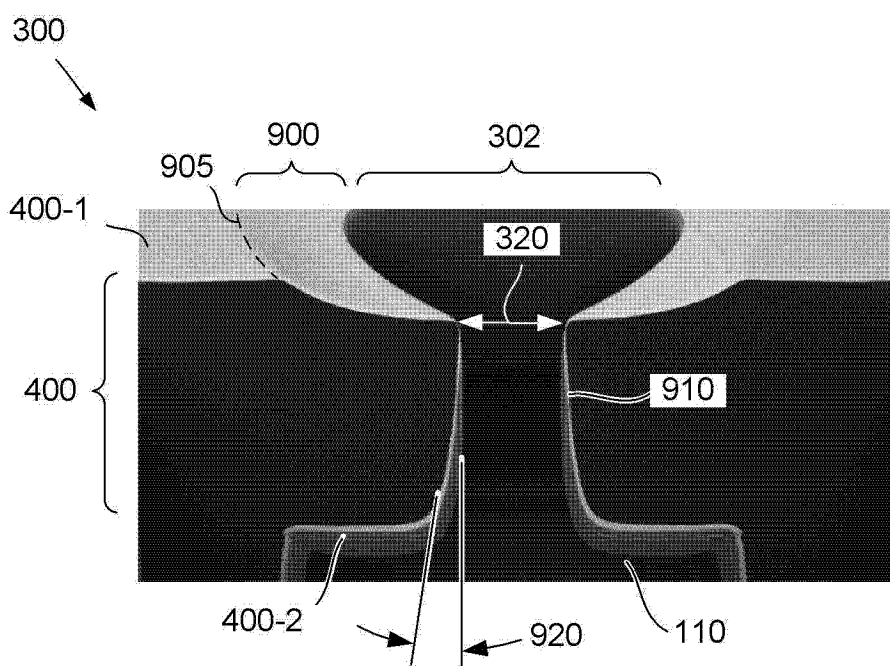


图 9B