



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104471669 B

(45)授权公告日 2017.02.22

(21)申请号 201380037560.8

(22)申请日 2013.05.14

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104471669 A

(43)申请公布日 2015.03.25

(30)优先权数据

61/646,398 2012.05.14 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.01.14

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2013/059948 2013.05.14

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/171216 EN 2013.11.21

(73)专利权人 迈普尔平版印刷IP有限公司

地址 荷兰代夫特

(72)发明人 J.P.斯普伦杰斯 C.奥滕 R.贾杰

S.W.H.K.斯廷布林克 J.J.科宁

W.H.厄尔巴努斯 A.H.V.范维恩

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 刘文洁

(51)Int.Cl.

H01J 37/04(2006.01)

H01J 37/317(2006.01)

(56)对比文件

CN 1902551 A, 2007.01.24,

CN 1936709 A, 2007.03.28,

JP 特开2006-140267 A, 2006.06.01,

JP 特开2000-348662 A, 2000.12.15,

US 2003155534 A1, 2003.08.21,

审查员 叶颖惠

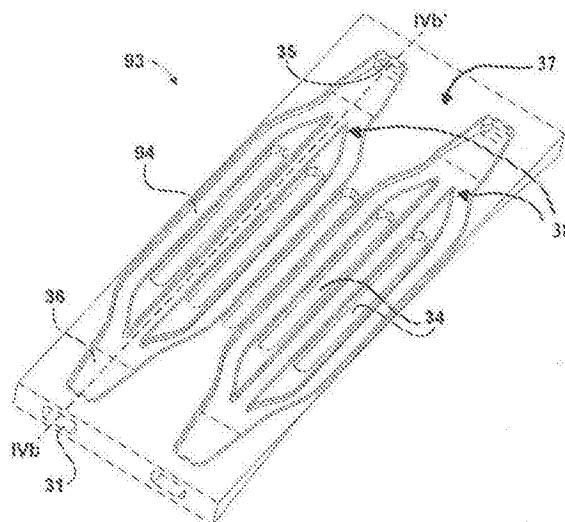
权利要求书2页 说明书12页 附图10页

(54)发明名称

带电粒子多子束光刻系统和冷却配置制造方法

(57)摘要

本发明提供了一种带电粒子多子束光刻系统,包括用于生成子束的子束发生器、用于形成经调节子束的子束调制器,以及用于将经调制子束投影至目标表面上的子束投影器。发生器、调制器和/或投影器包括一个或多个设置有孔径的板,其孔径使子束通过板。孔径被分组,以形成波束区域,其区别于无子束孔径的非波束区域。具有孔径的板中至少一个设置有冷却配置(93),冷却配置被部署在其非波束区域中表面上。冷却配置包括板形主体,其具有用于接收冷却液体的入口(31)、用于在其中运送冷却液体的多个冷却通路(94),以及用于移除冷却液体的出口(35)。在冷却通路之间,板形主体具有与波束区域对准的缝隙(34)。



1. 一种使用多个带电粒子束(7)曝光目标(13)的带电粒子多子束光刻系统(1), 该系统包括:

子束发生器(2), 用于生成所述带电粒子束;

子束调制器(8), 用于使所述子束图案化以形成经调制的子束;

子束投影器(12), 用于将所述经调制的子束投影至所述目标的表面上;

其中, 所述子束发生器、子束调制器和/或子束投影器包括一个或多个板, 所述板设置有多孔, 所述孔用于让所述子束通过所述板, 所述孔被布置成组以在所述一个或多个板的所述表面上形成多个波束区域(91), 所述波束区域区别于多个非波束区域(92)并与所述多个非波束区域(92)分开, 所述非波束区域不包含用于使所述子束通过的孔;

其中, 在所述光刻系统中具有孔的所述板中的至少一个设置有冷却配置(93), 所述冷却配置被部署在其表面上的一个或多个非波束区域中, 所述冷却配置包括设置用于接收冷却液体的入口(31)的板形主体, 被配置成使冷却液体在其中流动的多个冷却通路(94), 和用于移除所述冷却液体的出口(35), 其中, 所述板形主体在所述冷却通路之间设置有多槽(34), 并且其中, 所述槽与设置有孔的所述板的表面上的所述波束区域对准; 并且

其中, 所述入口和所述多个冷却通路经由单个分配通路彼此连接, 所述单个分配通路包括用于分散冷却液体的分散部段(41), 以及用于在所述多个冷却通路(94)上分割所述冷却液体的分割部段(42)。

2. 如权利要求1所述的系统, 其中, 所述分散部段在面向所述入口(31)的一侧具有第一横截面积, 并且在面向所述多个冷却通路具有第二横截面积;

其中, 所述第一横截面积和所述第二横截面积相等; 并且

其中, 所述第一横截面积的高度大于所述第二横截面积的高度, 所述高度的方向与所述冷却通路蔓延通过的所述板形主体的平面状部垂直。

3. 如权利要求1或2所述的系统, 其中, 所述板形主体包括平坦表面(37), 所述平坦表面跨越用于连接设置有孔的所述板的接触平面(P), 其中, 所述冷却通路(94)被布置成相互平行以限定流动方向(F), 所述流动方向(F)平行于所述接触平面(P)。

4. 如权利要求1所述的系统, 其中, 所述冷却配置的所述板形主体通过粘合层(97)被连接至设置有孔的所述板中的至少一个板。

5. 如权利要求4所述的系统, 其中, 所述粘合层(97)的总体传热系数大于 $100\text{kW/m}^2 \cdot \text{K}$ 。

6. 如权利要求1所述的系统, 进一步包括冷却系统(25), 其被布置成以足够高的流动速度向所述冷却配置的所述入口提供冷却液体, 以产生通过所述多个冷却通路的冷却液体湍流。

7. 如权利要求6所述的系统, 其中, 所述子束调制器包括子束抑制阵列(9)和子束停止阵列(10), 并且其中, 所述冷却配置的所述板形主体被部署在所述子束抑制阵列的表面上。

8. 如权利要求1所述的系统, 进一步包括用于以基本上较低的流动速度向所述冷却配置的所述入口提供冷却液体的冷却系统(25), 以产生通过所述多个冷却通路的冷却液体的层流。

9. 如权利要求8所述的系统, 其中, 所述子束调制器包括子束抑制阵列(9)和子束停止阵列(10), 并且其中, 所述冷却配置的所述板形主体被部署在所述子束停止阵列的表面上。

10. 如权利要求8所述的系统,其中,所述冷却配置的所述板形主体被部署在所述子束投影器的设置有孔径的所述板的表面上。

11. 如权利要求1所述的系统,其中,所述冷却液体包括水。

12. 如权利要求1所述的系统,其中,所述冷却配置的所述板形主体由钛制成。

13. 一种制造用于多子束带电粒子光刻系统中在设置有多个孔径的板的表面的顶部上使用的冷却主体的方法,所述孔径被布置成组,以在所述板的所述表面上形成多个波束区域(91),所述方法包括:

提供板形主体,所述主体的表面一侧设置有依据布局的切口容积;

在所述板形主体上提供多个槽(34),其中,所述槽被布置成与设置有多个孔径的所述板的表面上的所述波束区域对准;

覆盖所述切口容积以在所述主体内形成多个冷却通路(94),其中,所述槽(34)被布置在所述冷却通路(94)之间,所述多个冷却通路将所述主体一侧处的入口与在所述主体另一侧处的出口相连接。

14. 如权利要求13所述的方法,其中的覆盖步骤包括通过激光焊接连接所述主体上的一个或多个盖板。

15. 如权利要求13或14所述的方法,其中,所述主体由钛制成。

16. 如权利要求13所述的方法,其中所述覆盖所述切口容积以在所述主体内形成多个冷却通路(94)的步骤包括将要冷却的设置有多个孔径的所述板粘接至所述主体上。

17. 一种制造用于多子束带电粒子光刻系统中在设置有多个孔径的板的表面的顶部上使用的冷却主体的方法,所述孔径被布置成组,以在所述板的所述表面上形成多个波束区域(91),所述方法包括:

提供第一板形主体,所述第一板形主体的表面一侧设置有依据第一布局的第一切口容积;

提供第二板形主体,所述第二板形主体的表面一侧设置有依据第二布局的第二切口容积;

在所述第一和第二板形主体上提供多个槽(34),其中,所述槽被布置成与设置有多个孔径的所述板的表面上的所述波束区域对准,以及

将所述第一板形主体与所述第二板形主体的所述表面彼此连接,使得所述第一切口容积和所述第二切口容积在组装后的主体内形成多个冷却通路,其中,所述槽(34)被布置在所述多个冷却通路(94)之间,所述多个冷却通路将所述组装后的主体的一侧处的入口与所述组装后的主体的另一侧处的出口连接起来。

18. 如权利要求17所述的方法,其中将所述第一板形主体与所述第二板形主体的所述表面彼此连接的步骤是通过在所述第一板形主体和所述第二板形主体的表面之间提供粘合层来实现的。

带电粒子多子束光刻系统和冷却配置制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及带电粒子多子束光刻系统。本发明进一步涉及制造在这种光刻系统中使用的冷却配置。

背景技术

[0002] 在半导体工业中,对于制造出具有高准确性和可靠性的更小结构的期望不断增加。光刻就是这种制造工艺的关键部分。当前,大多数商用光刻系统使用光波束和掩模作为一种手段来复制图案数据用于曝光目标,例如在其上具有抗蚀涂层的晶片。在无掩模光刻系统中,带电粒子子束可被用于将图案转移至这样的目标上。这些子束可单独控制以获得期望的图案。

[0003] 但是,为了这样的带电粒子光刻系统成为商业可行的,它们需要处理特定最小吞吐量,即,每小时处理的晶片数量不应比当前每小时使用光学光刻系统所处理的圆晶数量低太多。而且,带电粒子光刻系统需要达到较低的误差余量。相对高吞吐量与达到低误差余量组合的这种组合是具有挑战性的。

[0004] 较高吞吐量可通过使用更多的子束并因此具有更多电流来获得。但是,处理数量更多的子束导致需要更多的控制电路。而且,电流的提高导致更多的带电粒子与光刻系统中的组件相互作用。电路以及带电粒子与组件碰撞二者都可引起光刻系统内相应的组件生热。这样的生热可使在光刻系统内图案处理的准确性降低。在最差的情况下,这样的生热可使光刻系统内的一个或多个组件停止发挥作用。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种具有关于热管理的改进性能的带电粒子多子束光刻系统。为了这一目的,本发明提供了一种带电粒子多子束光刻系统,用于使用多个带电粒子子束来曝光目标,该系统包括:用于生成带电粒子子束的子束发生器;用于使子束图案化以形成经调制子束的子束调制器,用于将经调制的子束投影至目标表面上的子束投影器;其中,子束发生器、子束调制器和/或子束投影器包括一个或多个设置有多个孔径的板,孔径用于让子束通过板,这些孔径被布置成组,以在一个或多个板的表面上形成多个波束区域,这些波束区域与多个不含子束通路的孔径的非波束区域相区别开或分开;并且其中,在该光刻系统中具有孔径的至少一个板设置有冷却配置,该冷却配置被部署在其表面上的一个或多个非波束区域中,该冷却配置包括板形主体,其设置有用接收冷却液体的入口、多个用于在其上布置冷却液体流动的冷却通道,以及移除冷却液体的出口。该冷却配置的板形主体设置有位于冷却通路之间的多个缝隙,其中,这些缝隙在孔径板表面上与波束区域基本对准。

[0006] 术语“波束区域”在本文中是指(例如,在子束发生器、子束调制器,或子束投影器中的)板表面上的区域,其中,孔径被布置成组,这些孔径被布置成为子束提供通道。“非波束区域”是未曝光给带电粒子子束的区域。将具有板形主体的形式的冷却配置部署在孔径

板上能够在那些区域中有效冷却,其中冷却配置并不干扰光刻系统的操作。

[0007] 使用被连接至入口和出口的多个冷却通路能够结合虽然占据光刻系统中的有限空间但遍及冷却配置的充分空间分布的冷却液体以充分供给冷却液体。冷却配置的板形主体可基本形成平面部,即,平坦表面。尤其是,板形主体可包括平坦表面,其跨越接触面以连接至配备孔径的板。该平坦表面提供了接口区,以使板形主体形成与具有孔径的板的平坦区热接触,通过这样的方式,平坦的主体表面和平坦的板区域基本平行并直接邻接,或者基本平行并且经由导热材料居间层(例如,粘合层)热接触。

[0008] 冷却通路可被布置成相互平行以限定出与接触平面平行的流动方向。因此冷却通路可并排平行蔓延穿过主体的平面部,并且平行于平面部的平面。在可获得的制造和对准容限内可达到(基本)平行对准。板形主体和/或通道相对较大的失准并不希望出现,这是因为这将相当大地干扰由子束生成器、子束调制器和/或子束投影器所执行的带电粒子波束生成和操纵功能,这将因此使光刻结果恶化。针对配备具有冷却通路和在毫米范围内(例如,依据本文下面说明的实施例)的缝隙的冷却配置的光刻系统,任何偏离平行对准将优选地导致停留在0.5毫米以下,更优选地在100mm以下的绝对位移。

[0009] 缝隙能够使带电粒子束的通路穿过冷却配置的板形主体。而且,使用单个具有缝隙的板形结构减少了冷却配置内的组件数量。而且,将缝隙适当对准能够使冷却配置在所有的地方都与孔径板接触,此时这样的接触具有合理的可能性,而不会干扰光刻系统的操作。接触面积的曾加可增加冷却配置所吸收的热量。缝隙可为沿流动方向的细长形状,并且每一个缝隙可位于垂直于流动方向观看的两个相邻的冷却通路之间。

[0010] 在一些实施例中,入口和多个冷却通路经由单个分配通路彼此连接,该单个分配通路包括用于分散冷却液体的分散器部段和用于在多个冷却通路上分割冷却液体的分割部段,其中,分散器部段在面向入口的一侧处具有第一横截面积,且在面向多个冷却通路的一侧具有第二横截面积;其中,第一横截面积和第二横截面积相等;并且其中,第一横截面积的高度大于第二横截面积的高度,该高度沿垂直于板形主体的平面部的方向,冷却通路穿过该板形主体的平面部蔓延。使用这样的分配通路能够以可控制的速度供给相对大量的冷却液体。在一些实施例中,在平坦表面所跨越的接触平面的一侧上整体提供具有入口和出口的板形主体。

[0011] 在一些实施例中,冷却配置的板形主体通过粘合层的方式连接至至少一个设置有孔径的板。粘合层确保冷却配置的整个连接表面都可被用于从孔径板移除热量。优选地,粘合层的总传热系数大于 $100\text{kW/m}^2 \cdot \text{K}$,优选地大于 $150\text{kW/m}^2 \cdot \text{K}$ 。

[0012] 在一些实施例中,该系统进一步包括冷却系统,其被布置成以足够高的流速向冷却配置的入口提供冷却液体以产生通过多个冷却通路的冷却液体湍流。湍流可比层流容纳更多来自孔径板的热量。而且,流速的提高缩小了退出冷却通道和进入冷却通道之间冷却液体温度差异。

[0013] 在一些实施例中,子束调制器包括子束抑制(blanker)阵列和子束停止阵列,并且冷却配置的板形主体被部署在子束抑制阵列的表面上。由于存在用于调制从此通过的子束的控制电路,子束抑制阵列经历明显的加热。

[0014] 在一些实施例中,冷却系统可被布置成用于以明显较低的流速向冷却配置的板形主体的入口提供冷却液以产生通过多个冷却通路的冷却液体层流。层流引入较少振动可能

危及正进行冷却的孔径板的性能。组件可受益于设置有处于层流态的冷却液体的冷却结构,包括但不限于,在子束投影器内的子束停止阵列和透镜板。

[0015] 优选地,冷却液体包括水。水具有充足的热容量,并比其他已知的冷却液体,例如,氨,更易使用。

[0016] 本发明的实施例进一步涉及制造冷却主体的方法,该冷却主体用于在设置有多孔的板的表面顶部上使用,以用在多子束带电粒子光刻系统中。这些孔径被布置成组,以在板的表面上形成多个波束区域。

[0017] 在一些实施例中,该方法包括:提供第一板形主体,第一主体的表面侧设置有依据第一布局的第一断流体;提供第二板形主体,第二主体的表面侧设置有依据第二布局的第二断流体;在第一和第二板形主体上提供多个缝隙,其中,这些缝隙被布置成与孔径板面积上的波束面积对准,以及将第一主体和第二主体的表面彼此连接,使得第一断流体和第二断流体在组装后的主体内形成多个冷却通路,其中,在冷却通路之间布置缝隙,多个冷却通路将在组装后主体的一侧处的入口与装配后的主体的另一侧的出口连接起来。连接可通过在第一主体和第二主体的表面之间提供粘合层来执行。在第一主体和第二主体中至少一个包括氮化铝的情况下,这样的方法尤其有用。

[0018] 在一些实施例中,该方法包括:提供板形主体,该主体的表面侧设置有依据布局的断流体;在板形主体上提供多个缝隙,其中,这些缝隙被布置成与孔径板表面上的波束区域对准;以及,覆盖断流体使得在主体内形成多个冷却通路,其中,缝隙被布置在冷却通路之间,多个冷却通路将主体一侧处的入口和主体另一侧处的出口连接起来。覆盖可包括通过激光焊接的方式将一个或多个覆盖板连接在主体上。在该主体由钛制成的情况下,这样的实施例尤其有用。

[0019] 依据冷却通路的布局形成的断流体,可在板形主体的平坦表面上定义出截止孔径。然后,该断流体可用具有与截止孔径互补的形状的覆盖板密封,并被布置成与平坦表面齐平地覆盖断流体,以在主体的内部上形成多个冷却通路。

[0020] 备选地,覆盖可包括将要被冷却的孔径板粘合至主体上。对于期望具有层流的情况,这样的实施例尤其有用。孔径板部分地形成冷却通路的壁,其增强了主体和流过冷却通路的冷却液体之间的热量传递。

[0021] 将显而易见的是,本发明的原理可通过各种方式付诸实践。

附图说明

[0022] 将参考附图中所示的实施例进一步说明本发明的各个方面,附图中:

[0023] 图1是带电粒子多子束光刻系统的实施例的简化示意图。

[0024] 图2示出了依据本发明的实施例的电光柱的简化示意图。

[0025] 图3示出了设置有冷却通路的子束抑制器阵列的一部分的示意性横截面视图。

[0026] 图4A示出了冷却配置的横截面的架空的俯视图。

[0027] 图4B是图4A中冷却配置的横截面视图。

[0028] 图5示出了依据本发明的实施例的冷却流体通路部署的一部分。

[0029] 图6示出了图5中冷却流体通路部署的俯视图。

[0030] 图7A、图7B示意性地示出了冷却部署的一部分的横截面视图。

[0031] 图8A、图8B示出了依据本发明的实施例的冷却配置的架空的仰视和俯视图。

[0032] 图9A、图9B示出了依据本发明的实施例的另一冷却配置的架空的俯视和仰视图。

[0033] 图10A、图10B示出了图9A、图9B中被部署在子束停止阵列上的冷却配置的架空的俯视和仰视图。

[0034] 图11A、图11B示出了依据本发明的备选实施例的冷却配置的架空的底视图和俯视图。

具体实施方式

[0035] 下面是通过仅作为示例并参考附图的方式给出的对本发明的各种实施例的说明。

[0036] 图1示出了带电粒子光刻设备1的实施例的简化示意性实施例。这样的光刻系统在例如第6,897,458号和第6,958,804号和第7,019,908号和第7,084,414号以及第7,129,502号美国专利,第2007/0064213号美国专利申请公开,以及序列号第61/031,573号和第61/031,594号和第61/045/243号和第61/055,839号和第61/058,596号以及第61/101/682号共同待审的申请中有所说明,其全部被转让给本发明的所有者并全部结合在此文中作为参考。

[0037] 在图1中所示出的实施例中,光刻设备1包括用于发生多个子束的子束发生器2、用于使子束图案化以形成经调制子束的子束调制器8,以及用于将经调制的子束投影至目标13的表面上的子束投影器。子束发生器2一般包括用于产生带电粒子波束4的源3。在图1中,源3产生基本均匀的、扩大的带电粒子波束4。此后,本发明的实施例将参考电子波束光刻系统进行讨论。因此,源3可被称作电子源3且波束4可被称为电子波束4。必须理解的是,如图1所描绘的类似的系统可以与不同类型辐射一起使用,例如,通过使用产生离子波束的离子源。

[0038] 在图1所示的实施例中,子束发生器2进一步包括用于使通过电子源3产生的电子波束4准直的准直器透镜5,以及用于形成多个子束7的孔径阵列6。准直器透镜5可以是任意类型的准直光学系统。进行准直之前,电子波束4可通过双重八端网络(double octopole)(未示出)。优选地,孔径阵列6包括设置有多个通孔的板。孔径阵列6挡住一部分电子波束4,然而一部分电子波束4通过孔径阵列6,穿过孔,以产生多个电子子束7。系统产生大量的子束122,优选地约有10,000至1,000,000个子束。

[0039] 在图1的实施例中的子束调制器或调制系统8包括子束抑制阵列9以及子束停止阵列10。子束抑制阵列9包括多个抑制器,用于使一个或多个电子子束7偏转。被偏转和未被偏转的电子子束7到达波束停止阵列10,波束停止阵列10具有多个孔径。子束抑制阵列9和波束停止阵列10一起工作以使子束7被挡住或通过。大体上,如果子束抑制阵列9使子束7偏转,其将不通过波束停止阵列10上的相应的孔径,而是将被挡住。但是,如果子束抑制阵列9未使子束7偏转,则其将通过波束停止阵列10上相应的孔径。备选地,子束7可在被子束抑制阵列9上相应的抑制器的偏转后通过子束停止阵列10,并且,未被偏转的子束则被子束停止阵列10阻挡。为将子束7聚焦在子束阵列9的平面内,光刻系统1可进一步包括聚光器透镜阵列20。

[0040] 子束调制器8被布置成,基于由控制单元60所提供的图案数据输入,向子束7提供

图案。控制单元60包括数据存储单元61、读出单元62,以及数据转化单元63。控制单元60可以放置在远离系统的其它部分之处,例如,在无尘室(clean room)外面。图案数据可经由光纤64进行传送。光纤的光发射端64可被组装成一个或多个光纤阵列15。携带光波束14的图案数据可被投影至设置在子束抑制阵列9上的相应光接收元件(如,光电二极管)上。这种投影可直接进行,或者经由图1中由投影透镜65示意性地表示的投影系统进行。在这种投影系统中的一个或多个元件,例如投影透镜65,可经由定位装置17在控制单元60的控制下移动,以能够承载数据的光波束14适当地对齐至和/或使承载数据的光波束14聚焦至子束抑制阵列9中的相应的光敏元件上。

[0041] 光敏元件被耦接至一个或多个抑制器并被布置成将光信号转换成不同类型的信号,例如,电信号。承载图案数据的光波束14可承载在子束抑制阵列9中的一个或多个抑制器的数据。图案数据因此经由承载图案数据的光波束向抑制器发送以使得抑制器能够依据图案调制从那里通过的带电粒子子束7。

[0042] 离开子束调制器8的经调制的子束通过子束投影器被投影至目标13的目标表面上。子束投影器包括用于在目标表面上扫描经调制的子束的子束偏转器阵列11,以及用于将经调制的子束聚焦至目标表面上的包括一个或多个投影透镜的阵列的投影透镜布置12。目标13大体上被定位在可移动级24上,其移动可通过例如控制单元60的控制单元进行控制。

[0043] 对于光刻应用,目标通常包括晶片,其设置有带电粒子敏感层或抗蚀层。抗蚀膜的部分将通过带电粒子(即,电子)子束的辐射发生化学改变。结果是,膜的被辐射部分将或多或少可溶解于显影剂,导致在晶片上产生抗蚀图案。晶片上的抗蚀图案随后可被转印至下层,即,通过半导体制造领域中已知的实施、蚀刻和/或沉积步骤。显然,如果辐射不均匀,抗蚀膜将不会以均匀的方式显影,这将导致图案错误。因此,高质量的投影关系到实现提供可复制结果的光刻系统。

[0044] 偏转器阵列11和投影透镜布置12可被集成在单一端部模块中。这样的端部模块优选地被构造成可插入并且可更换的单元。该可插入并且可更换的单元还可包括子束停止阵列10。

[0045] 偏转器阵列11可采用扫描偏转器阵列的形式,其被布置成使通过子束停止阵列10的每一个子束7偏转。偏转器阵列11可包括能够使用相对小的驱动电压来启动的多个静电偏转器。虽然偏转器阵列11在投影透镜布置12的上游,但是偏转器阵列11还可被设置在投影透镜布置12与目标表面13之间。

[0046] 因此投影透镜布置12可被布置成在被偏转器阵列11偏转之前或之后聚焦子束7。因此,聚焦结果是,几何斑点大小直径约为10至30纳米。在这样的优选的实施例中,投影透镜布置12优选地被布置成提供大约100至500倍的缩倍,最优选地,该倍数尽可能高,例如,在300至500倍的范围内。在本优选实施例中,投影透镜布置12有利地可被置于靠近目标表面13处。

[0047] 带电粒子光刻设备1在真空环境下操作。真空状态适合于移除粒子,可通过带电粒子波束将要移除的粒子离子化并吸附至源上,该粒子可游离并沉积在机械组件上,并可使带电粒子波束散开。至少 10^{-6} bar的真空是通常所需要的。优选地,光刻设备1的所有主要元件都被容纳在共用的真空腔内,包括:包括带电粒子源3的子束发生器2、子束调制器8和子

束投影器系统,以及可移动级24。这些主要元件还可被称为电子光学柱体,或者简单地称为柱体,并可由图1中虚线框18示意性地表示。

[0048] 在一个实施例中,带电粒子源环境以差分的方式被泵压至高达 10^{-10} mbar的相当高的真空环境中。在这样的实施例中,源3可被置于单独的腔中,即,源腔中。泵压降低源腔内的压力水平可通过以下的方式进行。首先,将真空腔和源腔泵压降低至真空腔水平。然后,优选地以技术人员已知的方式,额外地通过化学吸气剂将源腔泵压至期望的较低压力。通过利用再生化学制剂,如吸气剂的所谓被动泵,源腔内的压力水平可被带入比真空腔中的压力水平更低的水平,而不需要为此目的采用真空涡轮泵。使用吸气剂避免了真空腔内部或紧邻的外部直接经受声学和/或机械振动,这将是需要为此目的使用真空涡轮泵或类似设备的情况。

[0049] 图2示出了依据本发明的实施例的电子光学柱体的简化图。在图2中,将一组子束描绘成单个波束27。该组子束27穿过孔径阵列6,然后穿过一个或多个聚光器透镜阵列20,直到该组27到达子束抑制阵列9。子束抑制阵列9可包括孔径阵列,其形成抑制阵列9的整体部分。备选地,这样的孔径阵列可以是被设置在抑制阵列9上游的单独的阵列。在抑制阵列9的上游使用额外的孔径阵列减少了抑制阵列9的热负载。

[0050] 子束抑制阵列9被分割成波束区域91和非波束区域92。波束区域91设置有孔径,并被布置成接收和调制通过这些孔径的子束。非波束区域92是未暴露给带电粒子子束的区域。这些非波束区域92被布置成提供用于支持波束区域9内的组件所需的组件的区域。例如,非波束区域92可容纳用于接收数据图案或承载经调制的光信号的光敏元件,如,光电二极管,以及电连接,光信号经由这些电连接可被转发至波束区域91内的调制器。

[0051] 在图2中所示的实施例中,在非波束区域中,诸如光电二极管的组件,和电路被放置在抑制器阵列9的背向源3的表面一侧,在下文中将称为抑制阵列9的目标表面。在抑制阵列9的面向源3的表面一侧上,在下文中将称为抑制阵列9的源侧面,设置有冷却布置93。冷却布置93包括一个或多个冷却通路,用于容纳液流或冷却流体,例如,水,而在通路中流动的水可被布置在非波束表面92的上表面上。冷却布置93被放置在抑制阵列9的非波束区域92中,以避免其任意组件可能阻挡或与来自该组子束27的带电粒子直接交互。

[0052] 冷却布置93可耦接至用于将冷却流体以适当的速度提供至冷却布置的入口的冷却系统25。在一些实施例中,尤其是,如果最大使用量是由冷却流体的冷却容量确定的,这样的流动速度应足够高以产生通过多个冷却通路的冷却流体湍流。但是,如果对将要被冷却的结构的操作对于振动非常敏感,冷却系统可被布置成以足够低的流动速度提供冷却流体,以产生冷却流体层流,通过多个冷却通路。冷却布置93还可包括某些措施以产生特定类型的液流,例如,涡旋流或层流。

[0053] 参考图3至图8,将讨论本发明的冷却布置被部署在子束抑制阵列9的顶部上的实施例。另外,参考图9和图10,将讨论本发明的冷却布置被部署在子束停止阵列顶部上的实施例。但是,必须理解的是,正如将从图2所示的柱体显而易见的是,这样的冷却布置可以设置在电子光学柱体内的其它组件的表面上。尤其是,冷却布置的实施例可被用于配备多个用于让子束穿过板的孔径的板的表面上。这样的板的示例包括但不限于:孔径阵列(例如,孔径阵列6)、透镜板(例如,作为一个或多个聚光器透镜阵列20的一部分的板,或如图1所示作为投影器透镜布置12的一部分的板),以及子束调制器8(例如,子束抑制阵列9和/或子束

停止阵列10)中的板。这些孔径不必是限流孔。在一些情况下,可由于带电粒子束中的带电粒子碰撞以外的其它器件生热。例如,子束抑制器阵列9包括生热的电路。而且,带电粒子可基于组件发生散射而导致二次带电粒子,二次带电粒子也可将能量转移至其它组件。

[0054] 冷却流体优选地包括水。水比其它已知的冷却流体(例如,氨)更易于使用。氨需要高压系统以及更大量的安全措施。理论上,也可使用液体金属(例如液态镓),但是水比镓具有大得多的可容许流速范围,并且使用镓将引入其它复杂因素,例如,凝固、成本、腐蚀性,以及分散。在使用水的情况下,入口31处适宜的温度显示为15-25℃,优选地为约20℃。

[0055] 图3示出了设置有冷却通路94的子束抑制阵列9的一部分的示意性横截面视图,冷却通路94为冷却布置93的一部分。冷却通路94被布置成容纳冷却流体96的液流。优选地,该液流受到外部源(即,图2中的冷却系统25)的力而流动,以在冷却通路94中获得增压的对流。

[0056] 冷却布置93通过粘合层97被连接至子束抑制阵列9。优选地,在粘合层97中所使用的粘合剂具有足够高的导热性以提供尽可能多的冷却容量。优选地,粘合层的传热系数大于 $100\text{kW/m}^2 \cdot \text{K}$,更优选地大于 $150\text{kW/m}^2 \cdot \text{K}$ 。

[0057] 经由冷却布置93内的冷却流体进行热传递改进了装置93在从子束抑制阵列9去除热中的作用,以将子束抑制阵列9保持在阈值温度以下。在冷却通路94的侧壁95和冷却流体96之间的传热的范围可通过传热系数来指示。实践表明,传热系数大体上随着通路中冷却流体96的流动速度而提高。

[0058] 通路94中的冷却流体96的流动速度相对较高的另一个优点在于这样的速度降低了进入通路94出冷却流体的温度和退出通路94处冷却流体的温度之间的温度差 ΔT 。结果,冷却流体的吸热容量作为通道位置的函数并没有明显的改变,并且冷却可以更为均匀的方式发挥作用。

[0059] 但是,对于光刻系统内的一些组件,关于冷却要求的重要性稍低于关于其它参数(例如,振动的影响)的要求。对于这些组件,其可优选地具有相对较低的速度。在一些实施例中,该流速可以是使得流体流动形成层流的流速。使用层流降低了由于冷却流体96与冷却布置93之间互动而生成振动。而且,层流的侵蚀比湍流的侵蚀低得多。

[0060] 由于要将冷却考虑在内,湍流比层流更为优选。在真实的层流中,没有流动分量垂直于通路的壁,因此在该方向上的所有热传递都在冷却流体中经由少得多的有效传导单独发生。但是,在湍流中,热量将在垂直于通路壁的方向上传递。因此,冷却流体可吸收更多的热。

[0061] 考虑到涉及几何体的局限性,对流是一种以有效方式将热量从光学组件传走的理想机制。虽然传导性热传递总是能发生且达到某些程度,但是对流性热传递通常占有主导地位。

[0062] 而且,冷却布置93优选地由热膨胀系数(CTE)与子束抑制阵列的材料CTE近似或至少不会过于不同的材料制成。冷却布置材料和子束抑制阵列材料之间的CTE的过大差异可导致子束抑制阵列变形。而且,粘合层优选地也具有差异不太大的CTE,以在子束抑制阵列由于曝光于由在其源表面一侧上带电粒子碰撞生成的热量而膨胀的情况下,确保冷却布置93和子束抑制阵列9保持在相对于彼此基本上相同的位置处。而且,子束抑制阵列9可由于在非波束区域内电路中所使用的热量而膨胀。

[0063] 表格1.不同材料的CTE

[0064]

材料	CTE[$\mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$]
硅	2.6
钨/AlN	4.5
钛	8.6
铜	16.5

[0065] 表1示出了不同材料的CTE。在许多实施例中,子束抑制阵列材料将采用硅。根据表1,硅的CTE为 $2.6\mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$ 。冷却布置93的典型材料可为铜(Cu)、钨(W)、氮化铝(AlN)以及钛(Ti)。根据表1,这些材料中铜是最为不适宜用于被设置在硅的子束抑制阵列上的冷却布置的,因为铜的CTE是该表里面最高的,即, $16.5\mu\text{m}/\text{m} \cdot \text{K}$ 。

[0066] 图4A示出了冷却布置93的架空横截面俯视图,不包括从其中流过的冷却流体。冷却布置93中的冷却通路94大体上为闭合的冷却通路,即,沿其长度整个被侧壁包围的通路。在图4A中,为了清楚的原因,并未示出用于覆盖冷却布置的不同组件,例如,起到冷却通路94的侧壁作用的盖子。这样的盖子防止冷却流体从冷却布置93漏出。冷却布置93包括用于连接至具有孔径的板的平坦表面37,以允许平坦表面37起到传热表面的作用。依据冷却通路94的布局在表面具有两个切口容积的一侧37上提供冷却布置93。切口容积的参数定义出切口孔径38。冷却布置93设置有用于接收冷却流体的一个或多个入口31,以及用于移除冷却流体的一个或多个出口35。冷却流体从一个或多个入口31通过冷却通路94流向一个或多个出口35,同时沿途捕捉热量。优选地,冷却通路94的个数超过入口31和出口35的个数。对于这种设计的进一步的细节将参考图5和图6进行讨论。

[0067] 为了避免冷却布置93干扰带电粒子子束,冷却布置93设置有槽34,其被定位在子束抑制阵列9的波束区域上。通过将槽34与抑制阵列9的波束区域适当地对准,冷却布置可覆盖抑制阵列的大部分的表面区域并可与之相接触,优选地覆盖所有的表面区域并可与之相接触,该表面区域被预留给非波束区域。

[0068] 图4B为图4A中所示的冷却布置93的沿线IVb-IVb'的横截面视图。优选地,冷却布置93不占据太多的空间。优选地,冷却布置93不应干扰电子光学柱体内的其它组件的最佳位置。也就是说,在许多情况下,冷却布置的高度受到限制,以至于避免相邻的组件,即上游组件(当冷却布置被布置在抑制阵列的源侧时)或下游组件(当冷却布置被布置在抑制阵列9的目标侧时),不能被设置在其期望的位置处。也就是说,在电子光学柱体中的电子光学组件大体上都以这样的方式放置,即它们对带电粒子子束的影响对于柱体的电子光学性能是最佳的。例如,在图2所示的实施例中,冷却布置93的尺寸受到聚光器透镜阵列20的存在的限制。

[0069] 在图4B所示的实施例中,在子束抑制阵列9的顶部上冷却通路94的高度 d_1 受到以上所提及的原因的限制。但是,由于在子束抑制阵列9的一侧处可能有更多的空间可用,被连接至入口31的冷却通路或蓄水池36的高度 d_2 可能更高。在被连接至出口35的冷却通路中或蓄水池中可采用近似的高度 d_2 。在这样的可用空间中适当位置处使用较大的高度 d_2 具有可提供和/或移除足量的冷却液体的优点。同时,存在多个限高的冷却通路确保了子束抑制阵列可被充分冷却。对于高度 d_1 和 d_2 的示例性尺寸分别为1-3mm,例如1.7mm,以及3-10mm,例

如,4.0mm。

[0070] 图5示出了依据本发明的实施例的冷却流体通路布局的一部分。入口31经由单个分配通路或管道被连接至多个冷却通路94。该单个分配通路包括用于分散冷却液体的分散部段41和用于在多个冷却通路94上分割冷却流体的分割部段42。在多个通路94上分割冷却流体液流能够分担由于湍流液流导致的阻力。

[0071] 图6示出了图5中的冷却流体通路布局的俯视图,如图5中可见,冷却通路布局的高度在接近入口31的位置处比接近于多个冷却通路94的位置处更高。如早前所提及的,可用于冷却通路93的空间可能是有限的。但是,例如通过使用如图2所描绘的冷却系统25,以足够高的流速提供流体,以产生湍流,通过冷却通路94。

[0072] 为容纳具有高流速的流体,优选地冷却布置93在进一步远离波束区域的位置处较厚,并且入口31被置于这样的较厚的部分中。然后入口31可具有相对较大的横截面面积。分散部段使得流体能够以这样的方式分散,即,液流可在分割部段42内的多个冷却通路上尽量均匀地被分担。在进入分散部段处流动路径的横截面积优选地与离开分散部段出口处的流动路径的横截面积相同。这样的尺寸确保了冷却流体以基本相同的流速进入和离开分散部段41。在图6中,这些尺寸因此可以是,使得对于矩形横截面 d_1 乘以进入处的高度等于 d_{11} 乘以退出分散部段处的高度。

[0073] 在一些实施例中,例如图6中所示布局的实施例,基本上与入口对准的一个或多个通路的横截面积具有比相对于入口具有较大偏移的通路的横截面积更小的尺寸。在图6中,假设所有通路具有相同的高度,中心通路的直径 d_m 小于侧面通路的直径 d_s 。使用不同的横截面积可有助于在多个通路94上均衡分担流体阻力。

[0074] 冷却布置93是通过将多个主体彼此组装起来制成的。这些主体的尺寸和形状取决于所使用的材料、组装的方法以及适宜的尺寸。图7A和图7B示意性地示出了冷却布置93的一部分的横截面,这是在组装通路94之前的情况。

[0075] 图7A中的冷却布置93是通过将两个主体93a、93b彼此组装起来制作成的。两个主体93a、93b的形状被制造成使得在其中足够形成通路的部分。在这种情况下,在每一个主体93a、93b中的切口面积约50%分布至所形成的通路。在所示出的实施例中,两个主体93a、93b通过在区域51上的粘合剂被连接至彼此。在主体93a、93b是由AlN制成的情况下,这样的组装有效。

[0076] 图7B中的冷却布置93也是通过将两个主体93a、93b组装起来制成的。但是,在这种情况下,第一主体93a主要构成通路,同时第二主体93b仅起到使通路闭合的作用。在这种情况下,第二主体93b可通过在区域52中进行激光焊接被连接至第一主体93a。区域52由切口孔径38的边缘划分界线。在钛被用作冷却布置的材料时可使用这样的组装。

[0077] 图8A和图8B示出了依据本发明的实施例的架空的冷却布置93的仰视和俯视视图。在本实施例中,依据图7B中示出的组装技术制造冷却布置。冷却布置93的这一实施例与参考图4A所说明的实施例相似,是通过由五个槽34分开的设置有六个冷却通路94的平坦主体形成的。这些槽34被配置成被设置在配备孔径的板(即,光刻提供的子束抑制阵列9或子束停止阵列10)的波束区域上,通过这样的方式避免来自具有带电粒子束的冷却布置93的干扰。通过将槽34与板的波束区域适当地对准,冷却布置93可覆盖板的预留给非波束区域的大部分表面区域并与之相接触,优选地覆盖板的预留给非波束区域的全部表面区域并与

之接触。

[0078] 图8A和图8B中的冷却布置93可通过将第一主体93a与两个第二主体93b联结起来而制成。第一主体形成为设置有六个冷却通路94和五个槽34的板形主体93a。板形主体93a优选地由钛制成。板形主体93a包括跨越接触平面P的平坦表面37,其用于将板与孔径连接起来以至于使平坦表面37起到传热表面的作用。六个冷却通路94被布置成共面,并且(基本上)相互平行,以限定出流动方向F。六个冷却通路94所跨越的平面基本上与平坦表面一侧37平行并因此与接触表面P平行。每一个冷却通路94沿着其由一个槽34分界的至少一侧(如沿方向F观察的)延伸。每一个槽34沿其流动方向F延伸,即与冷却通路94平行,具有长形的形状。在图8A和图8B中冷却布置93设置有两个用于将冷却液体接收至冷却布置93中的入口31,以及两个用于将冷却液体从冷却布置93中排出的出口35。在冷却操作过程中,冷却流体从两个入口31通过冷却通路94流向两个出口35。同时沿途从具有孔径的板提取热能。冷却布置93在板形主体93a的外部区域39较厚,该厚度对应于垂直于接触平面P的方向。入口31和出口35被置于较厚的外部区域39,并允许入口31和出口35的横截面积比冷却通路94的横截面积更大。入口31和出口35也基本上平行于流动方向F蔓延,从而使对流体流动的阻碍最小化。一个入口31经由单个分配通路被连接至三个冷却通路94,其包括分散部段41和分割部段42,正如参考图5和图6所说明的。出口35近似地设置有三路分配通路。在合成的通路布局中,两个入口31中的每一个的分配通路分离至三个冷却通路94中,并且这三个冷却通路94然后并回至两个出口35中的一个的分布通路中。在冷却布置93中的通路布局可被用于具有 $n \times 3$ ($n=1, 2, 3 \dots$)个冷却通路94,以及 n 个入口31和出口35的近似的冷却布置中。

[0079] 在接触平面P的一侧上(即,在第一半空间)完整提供了具有两个入口31和两个出口35的板形主体93a。结果,平坦表面一侧37可在作为传热表面的接触平面P的另一侧处(即在另一半空间)附接至光刻系统中具有孔径的板(例如,子束抑制阵列9或子束停止阵列10)的任意期望的部分,而不受冷却布置93的任意其它部分阻碍。

[0080] 板形主体可通过在依据冷却通路94的布局的具有两个切口容积的表面一侧37上提供第一主体93a来获得。靠近表面一侧37的每一个切口容积的参数限定出切口孔径38(见图4A)。合成的两个切口孔径38由第二主体93b覆盖,第二主体93b由分别具有近似于切口孔径38的形状的盖板形成,并且其被布置成覆盖与平坦表面一侧37齐平的切口容积。两个盖板93b被设置在两个切口孔径38上,以至于依据图7B所示的组装技术形成冷却通路94。因此该冷却通路94可形成以限定出具有矩形横截面(垂直于流动方向F观察)的通路布局。以上所说明的组装技术尤其适于制造这种矩形通路布局。盖板93b可通过沿相应的切口孔径38的周线激光焊接相应的盖板93b被连接至第一主体93a。这些盖板93b优选地也由钛制成。在板形主体93a上提供切口容积技术和在平坦表面一侧37上用盖板93b覆盖切口容积的技术在一方面良好的传热属性和另一方面良好的制作精度之间找到最佳平衡。这尤其应用于具有尺寸在几个(几十)毫米数量级(例如,本文以上说明的 d_1 和 d_2 的值)的冷却布置93。冷却通路94和槽34的典型长度(沿流动方向F观察)例如可在25毫米至50毫米的范围内,优选地为37毫米。冷却通路94的典型的外部宽度(横行于流动方向F)可为3毫米至4毫米,优选地为3.5毫米,并冷却通路94的典型内部宽度可为2毫米至3毫米,优选地为2.5毫米。槽34的典型宽度可为2毫米至3毫米,优选地为2.5毫米。

[0081] 图9A、图9B示出了依据本发明的实施例的另一个冷却布置93'的架空的俯视和仰

视视图。冷却布置93'还包括多个冷却通路94,其将入口31和出口35连接起来。但是,在本实施例中,冷却布置93'中的冷却通路94具有开口结构,如图9B所示。

[0082] 冷却布置93'包括分配通路43,其将入口31与多个冷却通路94连接起来,分配通路43被布置成用于从入口31接收冷却流体31,例如经由冷却系统25供给的冷却流体31,并以这样的方式引导冷却流体,该冷却流体通过层流态的冷却通路94被传递。层流的结果是,冷却流体相对于振动对于被冷却的结构可具有可忽略不计的影响。

[0083] 入口31和出口35在波束区域之间优选地相对于冷却通路94的定向对角放置,以减少由于冷却通路进入处的冷却流体与冷却通路离开处的冷却流体之间与高速湍流情况下这样的温度差异相比稍微更高一些的温度差异导致的与位置有关的冷却不均衡性。

[0084] 图10A、图10B示出了图9A和图9B的架空的冷却布置93'被部署在子束停止阵列10上的俯视图和仰视图。通过将子束停止阵列10直接附接至冷却布置93'上,冷却通路94闭合,并且可避免冷却流体漏出冷却布置93'和子束停止阵列10的组合。冷却布置93'还可尤其被用于冷却光刻系统内振动敏感组件,例如,子束投影器中投影透镜阵列的关键透镜板。

[0085] 图11A和图11B示出了依据本发明的另一个冷却布置93'的架空的仰视图和俯视图。冷却布置93'体现了参考图8A和图8B所说明的备选实施例,并且在其中说明的冷却布置93的主要特征也存在于在图11A和图11B中所示的此冷却布置93'中。这些特征将在此再一次进行讨论。针对在此讨论的这些特征,相同的特征采用了相同的参考编号,但是通过上撇号指示来区别这些实施例。

[0086] 冷却布置93'同样是由设置有六个冷却通路94'的平坦主体形成的,这六个冷却通路由被配置成用于定位在板波束区域上的五个槽34'分开。在这种情况下,冷却布置93'设置有用于接收冷却流体的单个入口31'和用于排出冷却流体的单个出口35'。在操作过程中,冷却流体从入口31'沿流动方向F'通过六个冷却通路94'流向出口35'。流动穿过冷却通路94'的冷却流体可沿途收集例如源于沿连接平面P'被连接至平坦表面一侧37'的热平面状目标热能。同样,冷却布置93'在板形主体93a'的外区域39'较厚,并且入口31'和出口35'被放置在这些较厚的外区域39'中。入口31'经由两级分配通路被连接至六个冷却通路94'。入口31'的两级分配通路包括用于使冷却流体分散的分散部段(41'),以及用于将冷却流体分割到冷却通路94'上的分割部段(42'),这些部段可与在本文中以上参考图5和图6说明的分配通路中的那些近似。在分割部段中,入口通路31'初始分支为三个通路,其分别包括不同的部段40'。这些不同部段40'优选地通过光滑的侧轴线进行扩散(即,增加正交于流动方向的通路横截面同时沿流动方向前进),以使相应的通路延伸并使流动速率产生阶梯降低。通路的延伸部分似同已经参考图6解释过的那样形成,即,中间初始通路(基本上与入口31'对准)比外初始通路(其相对于入口31'偏离更多)横截面积具有更小的横截面积。每一个通路基本向上分裂成上至两个相邻的冷却通路94',其由槽34'侧向分隔开。在槽34'的另一端部(沿流动方向F'观察),相邻一对冷却通路94'中的每一个基本上并回一个进一步的通路。三个进一步的通路中的每一个包括收敛部段44',其优选地由光滑侧窄形通路形成。这三个进一步的通路通过两级分配通路互补成在入口31'处提供的一个通路的方式联结形成出口通路35'。

[0087] 板形主体93a'可通过依据在平坦表面一侧37'上的六个冷却通路94'的布局提供的单个切口容积获得,并也可依据图7B所示的技术制造。表面一侧37'附近的切口容积的周

长限定出单个切口孔径。合成的切口孔径由盖板93b”覆盖,其具有与切口孔径周线匹配的形状,以这种方式,盖板93”可被定位成与平坦表面一侧37”齐平。这种冷却通路94”布局仅需要单个切口容积,并且允许连接至单个导管,用于供给和排出冷却流体。在本冷却布置93”中的通路布局尤其适于应用在类似的具有 $n \times 6$ ($n=1,2,3,\dots$)个冷却通路94”,以及n个入口31”和出口35”的冷却布置中。优选地,入口31”和出口35”分别具有等于冷却通路94”横截面积总和的横截面积。

[0088] 以上已经参考特定实施例对本发明进行了讨论。将会认识到的是,这些实施例可以进行本领域技术人员熟知的各种修改和备选形式,而不背离本发明的精神和范围。因此,虽然已经说明了特定的实施例,但是那些只是示例性的而不对本发明的范围构成限制,本发明的范围在随附的权利要求书中限定。

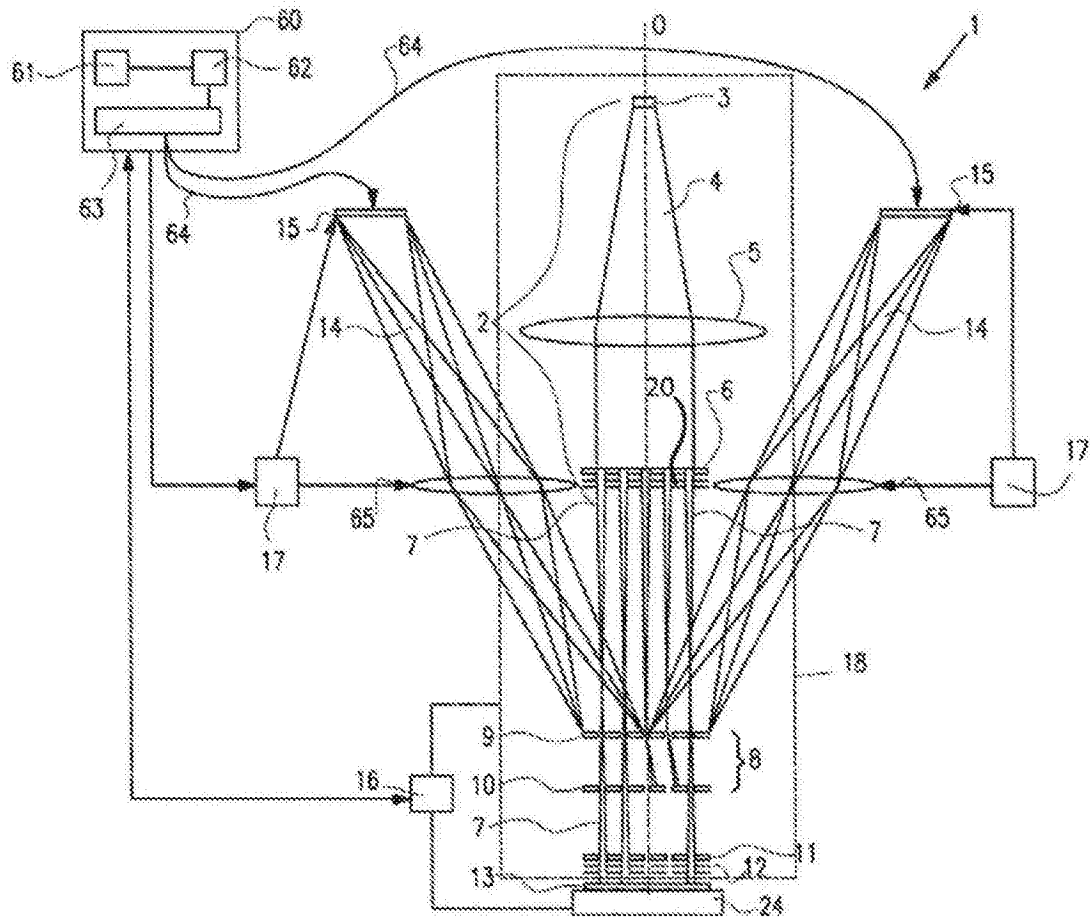


图1

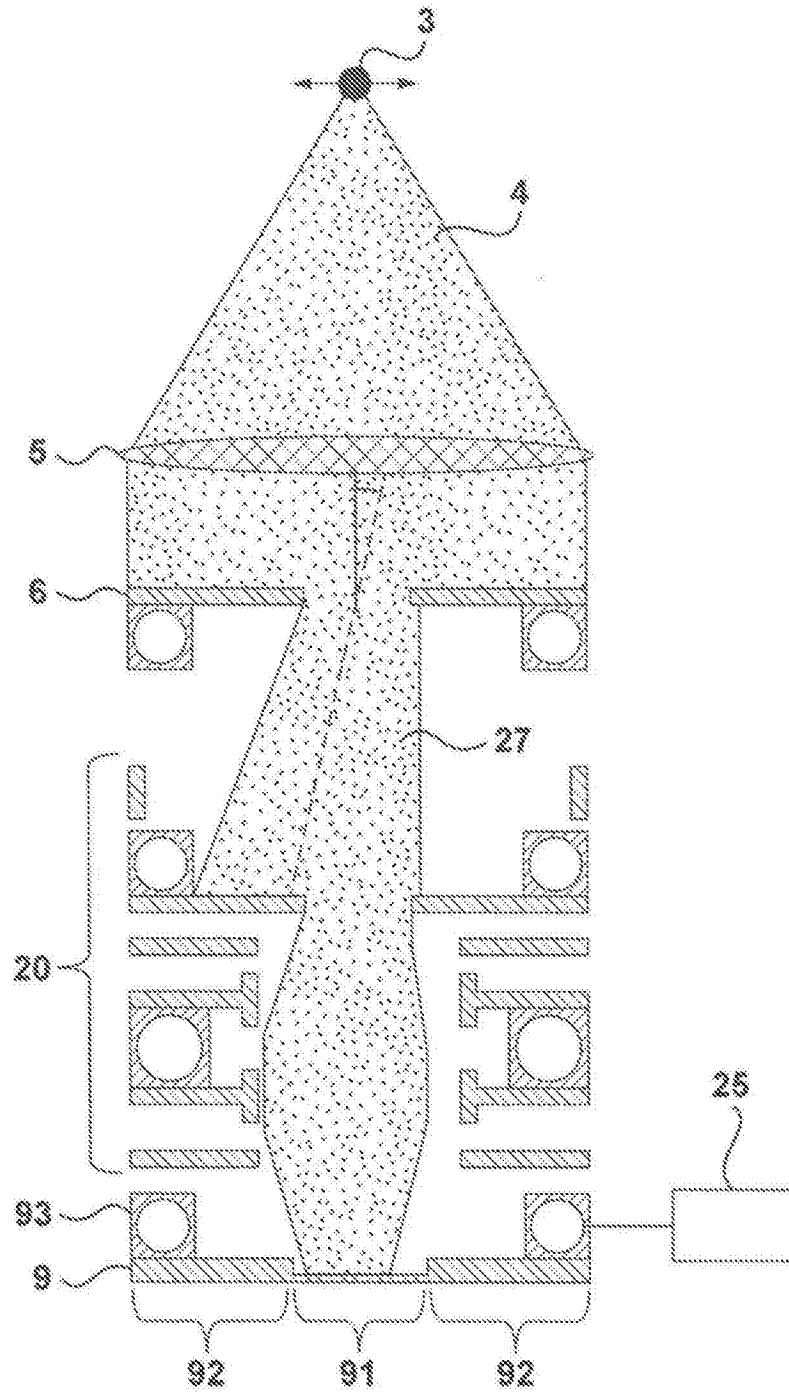


图2

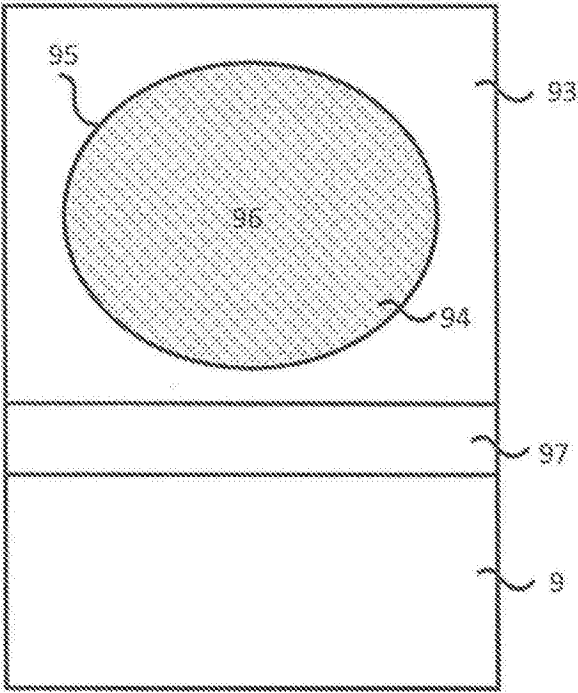


图3

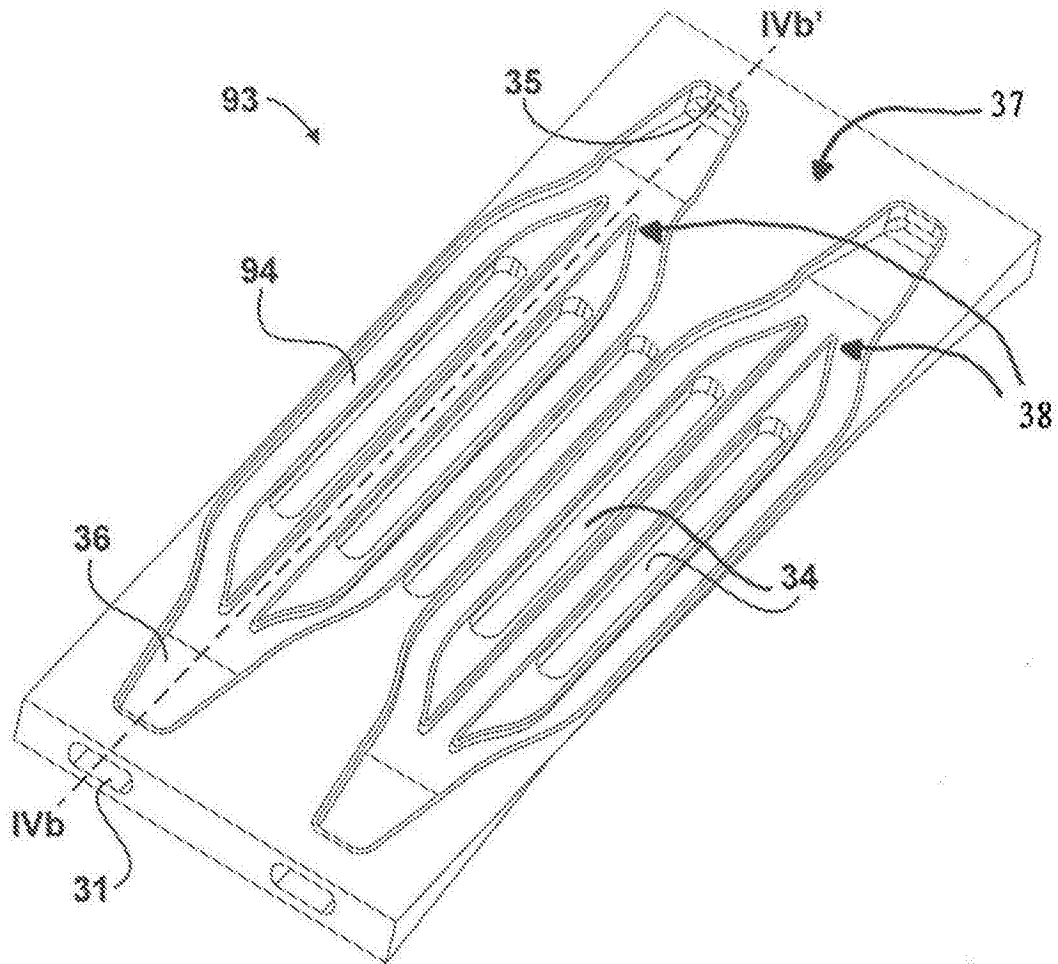


图4A

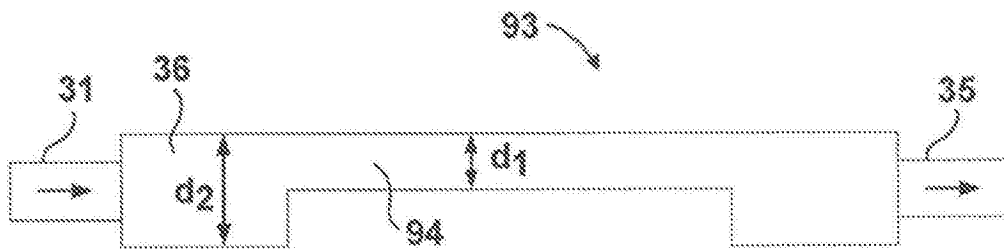


图4B

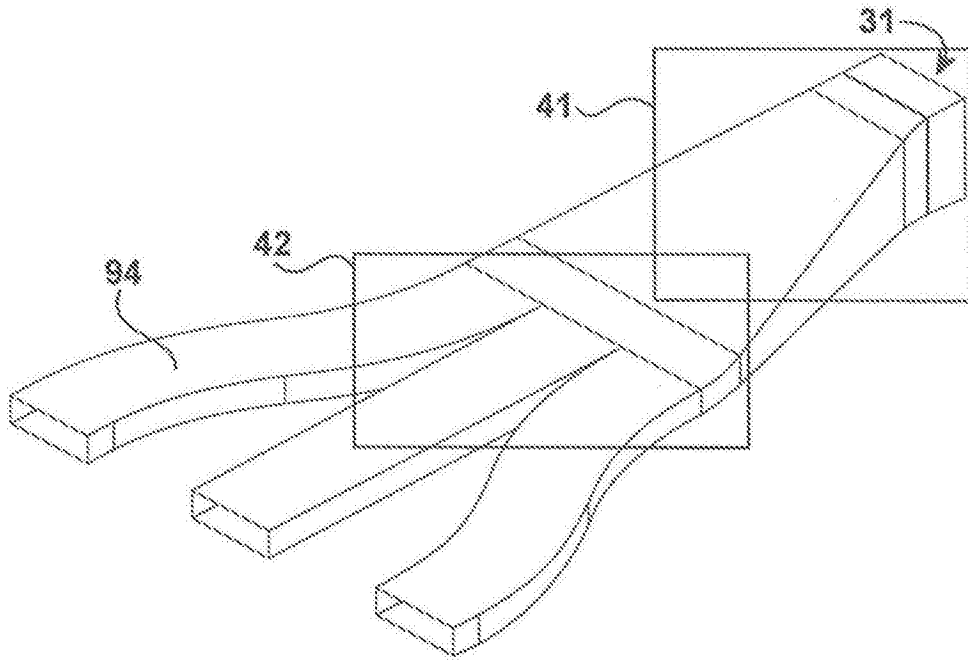


图5

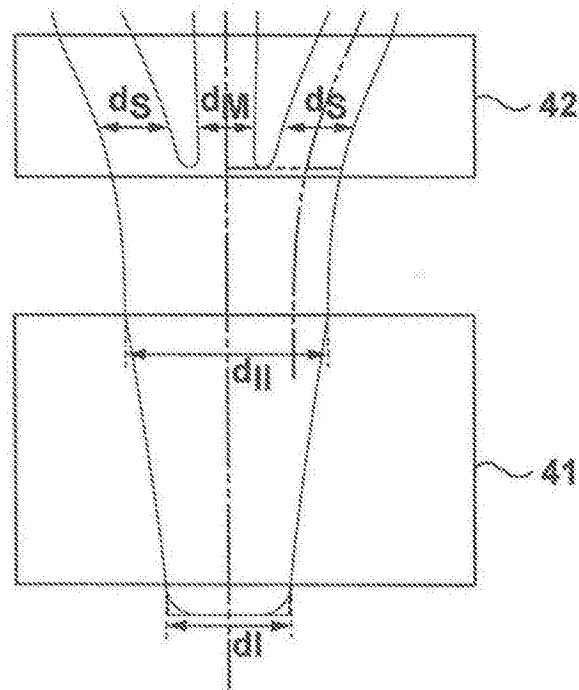


图6

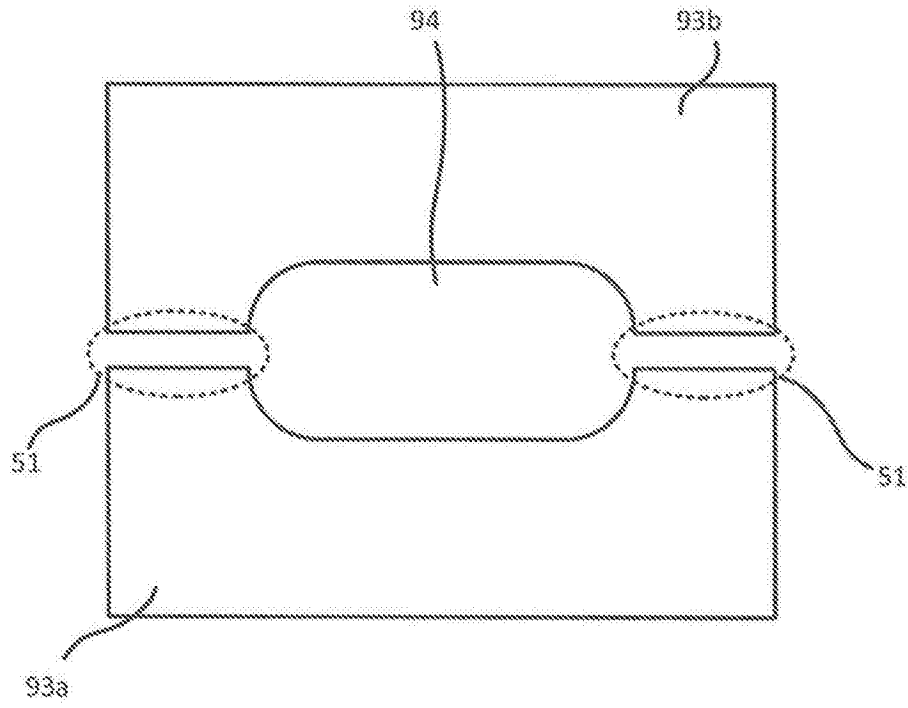


图7A

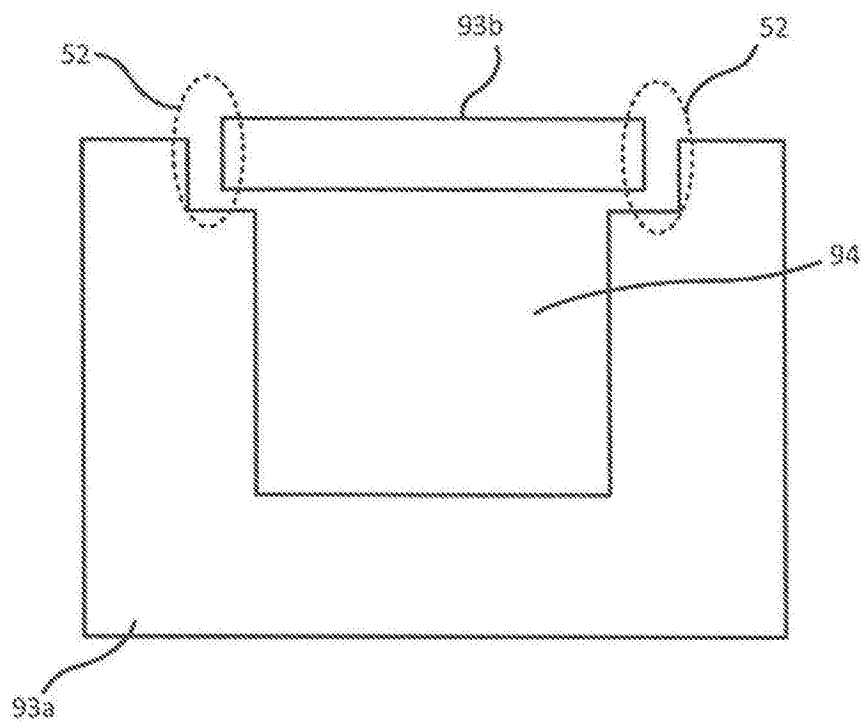


图7B

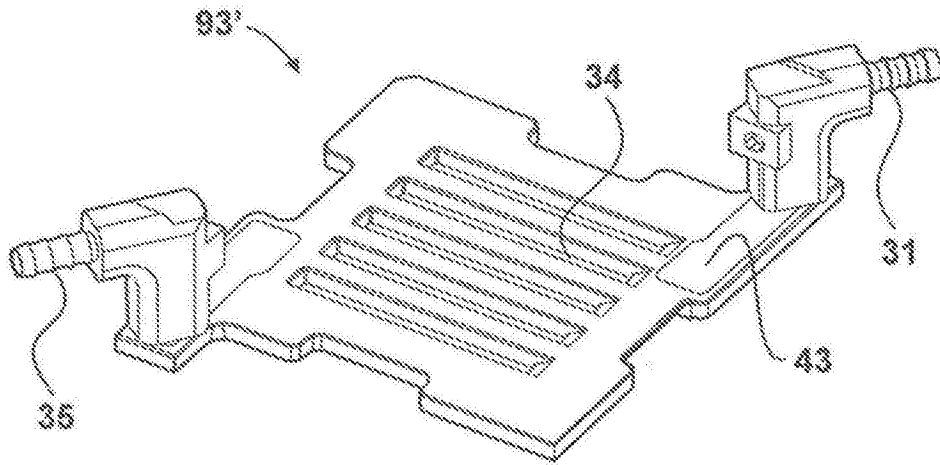


图9A

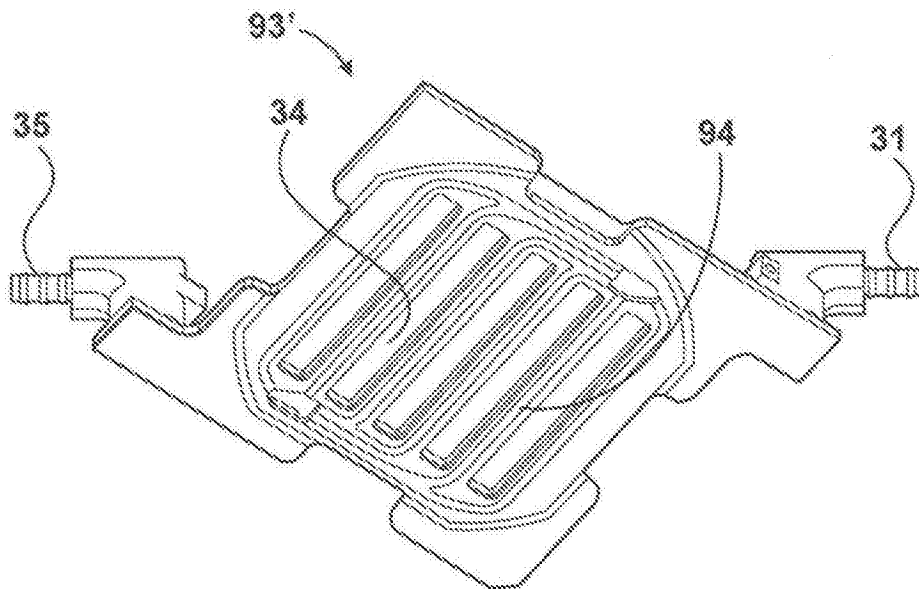


图9B

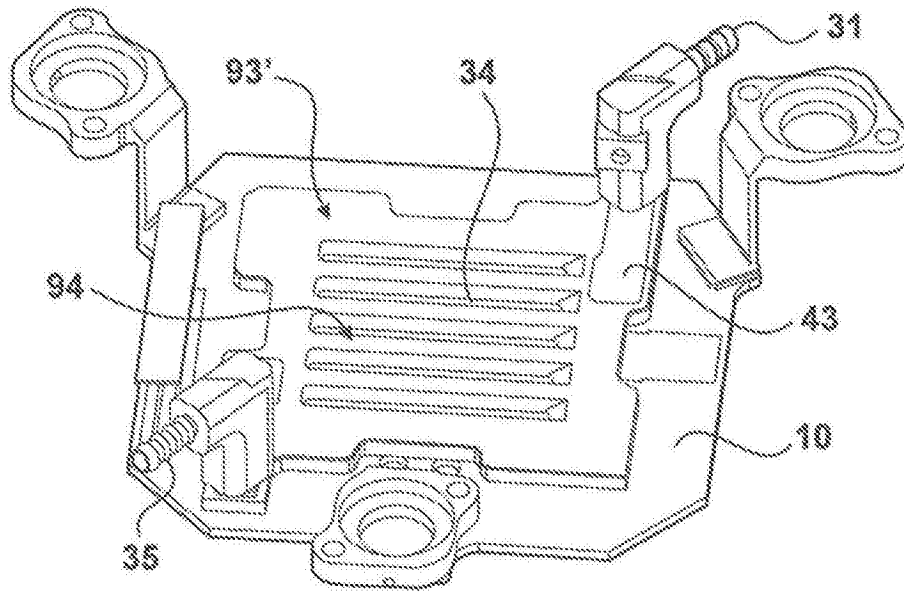


图10A

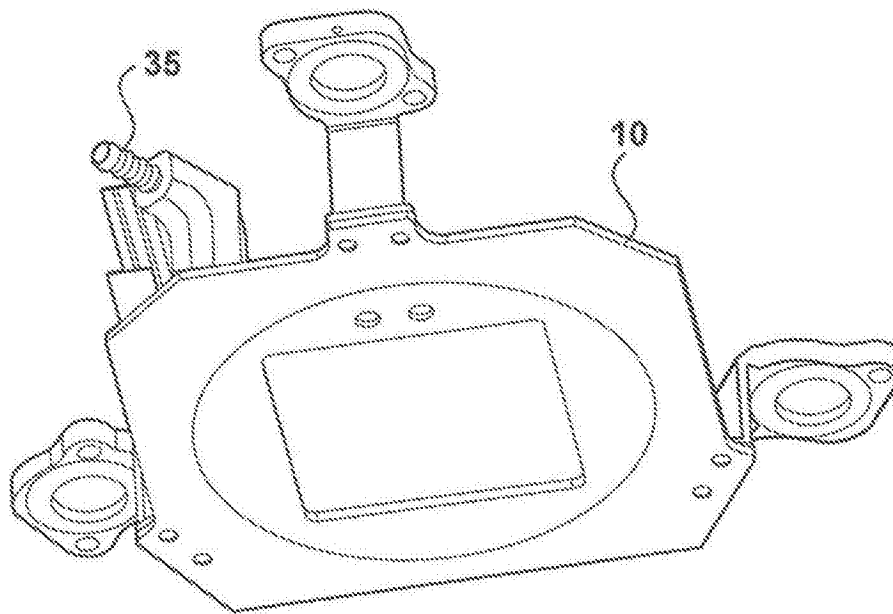


图10B

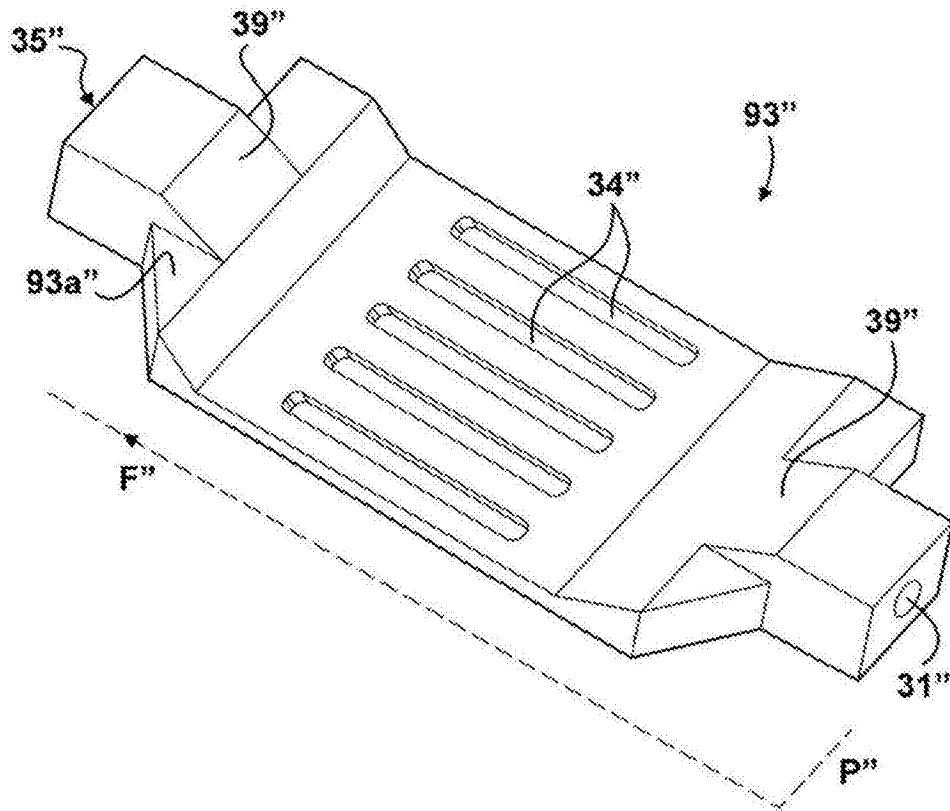


图11A

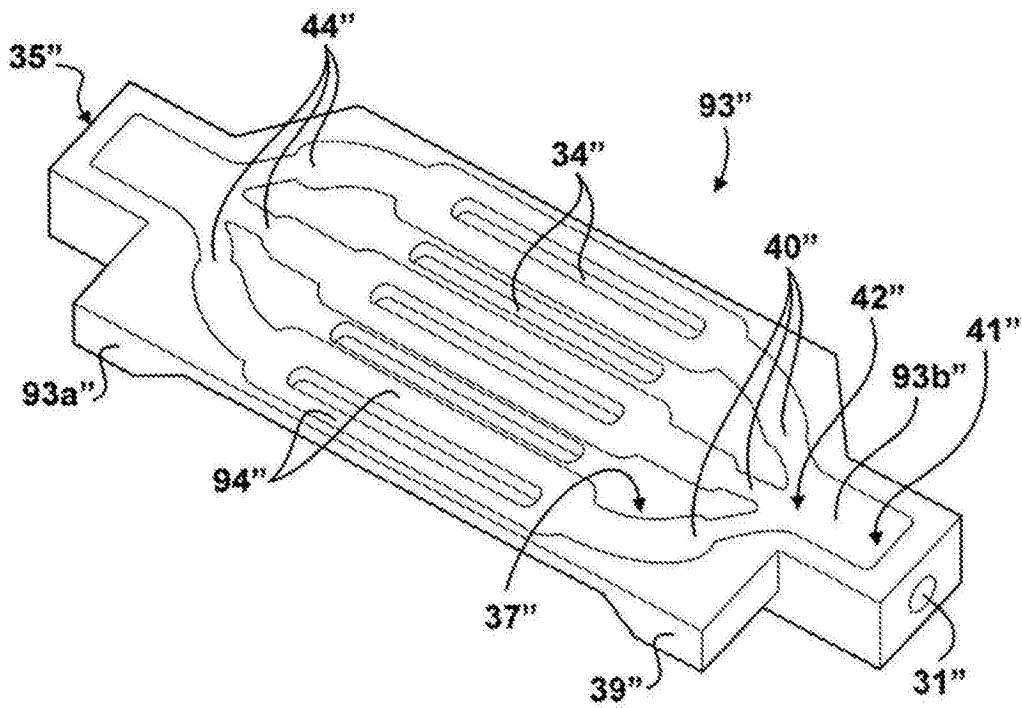


图11B