



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102232237 B

(45) 授权公告日 2014. 09. 24

(21) 申请号 200980148233. 3

H01J 37/12(2006. 01)

(22) 申请日 2009. 10. 01

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

61/101, 682 2008. 10. 01 US

JP 63170818 A, 1988. 07. 14,

EP 1505629 A2, 2005. 02. 09,

US 7045794 B1, 2006. 05. 16,

JP 2005214908 A, 2005. 08. 11,

ADLER R J ET AL. Advances in the development of the nested high voltage generator. 《PARTICLE ACCELERATOR CONFERENCE》. 1993,

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 06. 01

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2009/062788 2009. 10. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/037832 EN 2010. 04. 08

审查员 李莹

(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 斯蒂金 . W. H. K. 斯廷布林克

约翰 . J. 康宁格 彼得 . 维尔特曼

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 陈晓帆 沙捷

(51) Int. Cl.

H01J 37/04(2006. 01)

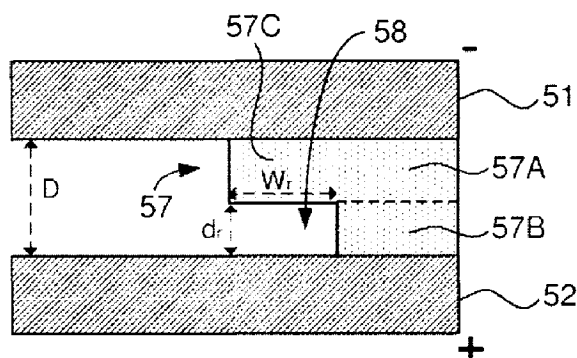
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

静电透镜构件

(57) 摘要

一种静电透镜,包括具有第一孔径的第一导电板(51)、具有第二孔径的第二导电板(52),第二孔径与第一孔径基本对准;用于向第一导电板供应第一电压并向第二导电板供应第二电压的电压电源,第一电压低于第二电压;以及用于将第一导电板与第二导电板分开的绝缘构件(57)。该绝缘构件包括与第一导电板接触的第一部分(57A)和与第二导电板接触的第二部分(57B),第一部分具有垂悬部分(57C)且第二部分具有在绝缘构件的边缘处的齿状部分,使得在垂悬部分和第二导电板之间形成间隙。



1. 一种静电透镜,包括:
第一导电板,其配备第一孔径;
第二导电板,其配备第二孔径,所述第二孔径与所述第一孔径对准;
用于向所述第一导电板提供第一电压并向所述第二导电板提供第二电压的电压电源,
根据所述透镜的预期功能,所述第二电压高于所述第一电压;以及
绝缘构件,用于将所述第一导电板与所述第二导电板分开;
其中,所述绝缘构件包括与所述第一导电板接触的第一部分和与所述第二导电板接触的第二部分,所述第一部分具有接触所述第一导电板的垂悬部分,且所述第二部分具有在所述绝缘构件的边缘处的齿状部分,并且其中在所述垂悬部分和所述第二导电板之间形成了间隙。
2. 如权利要求 1 所述的静电透镜,其中所述间隙的电容率低于所述绝缘构件的电容率。
3. 如权利要求 2 所述的静电透镜,其中所述间隙的电容率比所述绝缘构件的电容率至少低三倍。
4. 如前述权利要求中的任一项所述的静电透镜,其中,在操作中,在所述绝缘构件的所述垂悬部分与所述第二导电板之间的所述间隙中的电场强度大于跨越所述绝缘构件的所述第二部分电场强度。
5. 如权利要求 1 所述的静电透镜,其中,所述绝缘构件的所述第一部分和所述第二部分具有相等的厚度。
6. 如权利要求 1 所述的静电透镜,其中,所述绝缘构件的所述第一部分和所述第二部分包括被结合在一起的分离构件。
7. 如权利要求 1 所述的静电透镜,其中,所述绝缘构件的面对所述第一导电板的表面配备有导电层,该导电层与所述第一导电板电接触,用于限制所述第一导电板与所述绝缘构件之间的电场增强。
8. 如权利要求 7 所述的静电透镜,其中使用沉积技术将所述导电层沉积在所述绝缘构件的表面上。
9. 如权利要求 7 所述的静电透镜,其中,所述导电层包括铬或钽。
10. 如权利要求 1 所述的静电透镜,其中在所述第一导电板和所述第二导电板之间的距离在从 $100\ \mu\text{m}$ 至 $200\ \mu\text{m}$ 的范围内。
11. 如权利要求 1 所述的静电透镜,其中所述透镜能够经受住高于 $10\text{V}/\mu\text{m}$ 的场强而不闪络。
12. 如权利要求 1 所述的静电透镜,其中所述透镜能够经受住在 $25\text{V}/\mu\text{m}$ - $50\text{V}/\mu\text{m}$ 的范围内的场强而不闪络。
13. 如权利要求 1 所述的静电透镜,其中所述绝缘构件包括硼硅玻璃。
14. 一种静电透镜阵列,包括多个依据前述权利要求中的任一项所述的静电透镜。
15. 如权利要求 14 所述的静电透镜阵列,其中所述绝缘构件采取了配备有至少一个第三孔径的绝缘板的形式,所述至少一个第三孔径被布置成使得其侧壁的投影确定多个第一孔径和第二孔径的界限。
16. 如权利要求 14 所述的静电透镜阵列,其中所述绝缘构件采取多个细长杆的形式,

使得在邻接杆之间存在由第一孔径和第二孔径形成的多条传输路径。

17. 一种带电粒子束微影系统,包括:

带电粒子源,用于产生带电粒子束;

孔径阵列,用于从所述带电粒子束生成多个子束;

子束调节系统,用于依据图形调节所述多个子束;以及

如前述权利要求 14 所述的静电透镜阵列,用于聚焦所述多个子束。

18. 如权利要求 17 所述的带电粒子束微影系统,其中所述静电透镜阵列被定位在所述孔径阵列和所述子束调节系统之间。

19. 如权利要求 17 所述的带电粒子束微影系统,其中所述带电粒子束微影系统进一步包括用于支撑要形成图形的基板的支撑单元,并且所述静电透镜阵列被定位在所述子束调节系统的下游,用于将多个经调节的子束聚焦在所述基板的目标表面上。

20. 一种制造用于在权利要求 1 所述的静电透镜中使用的绝缘构件的方法,所述方法包括:

提供第一绝缘板;

在所述第一绝缘板上制造至少一个第一通孔,所述至少一个第一通孔具有第一直径;

提供第二绝缘板;

在所述第二绝缘板上制造至少一个第二通孔,所述至少一个第二通孔具有第二直径,所述第二直径大于所述第一直径;以及

结合所述第一绝缘板和所述第二绝缘板,以形成绝缘构件,使得所述绝缘构件具有由所述至少一个第一和第二通孔形成的至少一个孔径,使得所述第一绝缘板具有所述垂悬部分,用于与所述第一导电板接触,且所述第二绝缘板具有在所述绝缘构件的边缘处的所述齿状部分,用于在所述垂悬部分和所述第二导电板之间形成间隙。

21. 如权利要求 20 所述的方法,其中所述第一绝缘板和所述第二绝缘板由相同的绝缘材料制成。

22. 如权利要求 20 或 21 所述的方法,其中所述第一绝缘板和所述第二绝缘板中的至少一个包括硼硅玻璃。

23. 如权利要求 20 所述的方法,其中制造所述至少一个第一通孔和制造所述至少一个第二通孔中的至少一个操作通过强力冲击执行。

24. 一种在静电透镜中使用的绝缘构件,依据如权利要求 20 所述的方法制造。

静电透镜构件

技术领域

[0001] 本发明涉及静电透镜或静电透镜阵列。而且,本发明涉及包括这样的静电透镜或静电透镜阵列的带电粒子微影系统。此外,本发明涉及制造在静电透镜中使用的绝缘构件的方法。

背景技术

[0002] 静电透镜被用在带电粒子波束柱中,用于像扫描式电子显微镜和微影设备的应用中。静电透镜典型地包括在带电粒子波束的方向上堆叠的导电板,所述导电板通常是配备有导电层的硅板。该导电板可通过例如由玻璃或其它合适的绝缘材料制成的电绝缘隔离器分开。这些板和隔离器具有对准的孔径,这些孔径使带电粒子波束能够沿带电粒子传输路径穿过板。这些板可被充电成能够实现带电粒子波束的例如聚焦、阻断和转向的行为。

[0003] 在这些板之间可施加的电场取决于这些板的材料性质和这些板相对于彼此的定位。而且,在这些板之间的绝缘屏障(例如由玻璃或真空装置制成的电绝缘隔离器)的性质和结构是很重要的。如果绝缘屏障被加载到超过其电介质强度,将发生从绝缘状态到高导电状态的骤变。这样的转变可能以放电或闪络(flashover)的形式发生。

[0004] 固态绝缘体的表面经常为这样的放电提供路径。如果这样的放电发生在固态电介质中,典型地沿板间绝缘体表面发生,沿放电产生的放电路径的改变可能导致绝缘体电介质强度永久降低。结果,绝缘体被劣化而且静电透镜不能维持高电场,透镜的性能降低。

[0005] 减少导电板之间的这种放电的常规尝试依赖于与直接距离(即板间最短距离)相比,增加沿电击穿很可能发生的表面的击穿路径的长度。在第 JP2000260242 和 JP2005214908 号日本专利的公开中描述了该方法的实例,其中与电极连接的位置处包括有斜面的或矩形的凹槽。

[0006] 然而,保持电极板接近在一起的要求限制了增加电极间放电路径长度的能力。而且,如果需要在彼此近距离接近的导电板之间施加高电场,例如,引起 10-50V/ 微米的将被覆盖的电场,则仅仅增加表面击穿路径长度可能是不够的。因此,需要进一步设计一种措施以使静电透镜能够在这些条件下操作,而不存在相当大的电击穿风险。

发明内容

[0007] 本发明的目标是提供一种在电击穿方面的性能与现有技术相比有所改善的静电透镜或静电透镜阵列。

[0008] 本发明的见解包括由电场造成的从其中一个导电(电极)板牵引电子以及电子从其中一个导电板的发射,使闪络发生,或至少使闪络发动。而且,在负电极处对电子的牵引将高于正电极处,因此在负电极处应该尤其保持较低的电场。

[0009] 已经认识到,电场增强在导致闪络方面起到一定作用,并且对这种情况的认识引导产生防止闪络的更好的方法。应该避免或减少任何电场增强,尤其是在负电极处。绝缘构件的一部分和其中一个导电板之间的空隙造成该空隙中局部电场的增强或提高。与板间

距离相比,该空隙的宽度越小,该空隙中电场的任何增强将会越大。这样的电场增强使得空隙的位置更加容易发生闪络。当这样的空隙在所谓的三重点(triple point)(即存在空气/真空、导体和绝缘体之间的边界处的点)处出现时,放电的可能性增加得相当大。三重点邻近电压更负的或更低的导电元件出现的情况尤其如此。这种在三重点处的空隙实际上可能会因为绝缘体边缘处的破裂或开裂而发生,或由于在制造导电板或绝缘构件期间制造失误或公差导致的表面不规则性而发生。

[0010] 本发明试图提供一种尤其在三重点处,且尤其在与静电透镜或静电透镜阵列中电压更负或更低的电极相邻近处限制电场增强的措施,以容许透镜或透镜阵列经受住高电场,同时减少放电的发生。这些措施可用于避免采用路径延长措施的必要性。

[0011] 为了这样的目的,依据本发明的一方面,静电透镜包括具有第一孔径的第一导电板,具有第二孔径的第二导电板,第二孔径与第一孔径基本对准;用于向第一导电板供应第一电压并向第二导电板供应第二电压的电压电源,第一电压低于第二电压;以及绝缘构件,用于将第一导电板与第二导电板分开。绝缘构件包括与第一导电板接触的第一部分和与第二导电板接触的第二部分,第一部分具有垂悬部分,而第二部分具有在绝缘构件的边缘处的齿状部分,其中在垂悬部分与第二导电板之间形成间隙。

[0012] 通过这种措施,可减少在第一部分和第一导电板之间绝缘构件边缘处的空隙中的任何电场增强。电场增强将分布在小空隙上方和在出现空隙的绝缘材料悬垂部分下面的较大间隙上方。由于通常该空隙非常小而间隙大得多,在该空隙中场增强与场被完全集中在空隙中时相比将被显著减少。在电压为正的或较高的电极处(大的)间隙构件的位置进一步增强了有益效果,因为通过这种方式,在可能最容易导致闪络的电压为负的或较低的电极处的任意空隙的有害效果被减小。

[0013] 空隙的电容率优选地高于绝缘构件的电容率,优选地高出至少四倍。在操作中,在绝缘构件的垂悬部分和第二导电板之间的间隙中的电场强度优选地大于跨越绝缘构件的第二部分的电场强度。绝缘构件的第一部分和第二部分可被制成相等的厚度。并且第一部分和第二部分包括被结合在一起的分离的构件。

[0014] 绝缘构件的面向第一导电板的表面可配备与第一导电板电连接的导电层或涂层,用于限制第一导电板和绝缘构件之间的电场增强。可使用沉积技术将导电层沉积在绝缘构件的表面上。该导电层可包括铬(chromium)和钽(tantalum),并且绝缘构件可包括硼硅玻璃(borosilicate glass)。

[0015] 因为在绝缘构件的表面上包括导电涂层,导致在绝缘构件表面上的任意的空隙或缺陷被导电材料覆盖,其与第一导电板电连接。原本可能面对第一导电板的表面形成场增强空隙的这些表面缺陷,将具有与第一导电板相同的表面电位,使得在该空隙中没有电场。这有效地防止了在这些空隙中出现增强的电场。

[0016] 第一导电板和第二导电板之间的距离优选地在约 100 到 200 微米的范围内,并且透镜优选地能够经受住从每微米约 10 至 25 伏特范围内的电场强度,甚至能够经受住每微米 25 至 50 伏特的电场强度,而不发生闪络。

[0017] 另一方面,本发明还包括静电透镜阵列,该静电透镜阵列包括多个在此描述的静电透镜。这种静电透镜阵列的绝缘构件可采取配备至少一个第三孔径的绝缘板的形式,该第三孔径被布置成使得其侧壁的投影确定了多个第一孔径和第二孔径的界限。该绝缘构件

还可采取多个细长杆的形式,使得在邻接的杆之间,存在由第一孔径和第二孔径形成的多条传输路径。

[0018] 依据另一个方面,本发明包括带电粒子束微影系统,该系统包括用于产生带电粒子的波束的带电粒子源、用于从带电粒子波束产生多个子束的孔径阵列、用于依照图形调节多个子束的子束调节系统,以及在此描述的用于聚焦多个子束的静电透镜阵列。静电透镜阵列可被定位在孔径阵列和子束调节系统之间。该带电粒子束微影系统还可包括用于支撑要形成图形的基板的支撑单元,和定位在子束调节系统的下游用于使多个经调节的子束聚焦在基板的目标表面上的静电透镜阵列。

[0019] 本发明的再另一个方面涉及制造在静电透镜中使用的绝缘构件的方法,该方法包括提供第一绝缘板;在第一绝缘板上制造至少一个第一通孔(through hole),该至少一个第一通孔具有第一直径;提供第二绝缘板;在第二绝缘板上制造至少一个第二通孔,该至少一个第二通孔具有第二直径,第二直径大于第一直径;以及将第一绝缘板和第二绝缘板组合起来以形成绝缘构件,使得该绝缘构件具有至少一个由至少一个第一和第二通孔形成的孔径。

[0020] 该第一和第二绝缘板可由相同的绝缘材料制成,并且这些板中的至少一个可包括硼硅玻璃。第一和/或第二通孔的制造可通过强力冲击(powerblast)执行。

附图说明

[0021] 参考以下的附图将体会到本发明的进一步的特征和优点,其中

[0022] 图 1 是带电粒子多子束微影系统的实例的简化示意图;

[0023] 图 2 是图 1 中的微影系统的末端模块的侧视图的简化示意图;

[0024] 图 3A 至图 3C 示意性地描绘了三种可能发生场增强的静电透镜布置;

[0025] 图 4 示意性地示出了依据本发明第一方面的静电透镜阵列的一部分的侧视图;

[0026] 图 5 示意性地示出了依据本发明第二方面的静电透镜或透镜阵列的一部分的侧视图;

[0027] 图 6A 示意性地示出了依据本发明的第三方面的静电透镜或静电透镜阵列的一部分的侧视图;

[0028] 图 6B 示出了图 6A 中的静电透镜或静电透镜阵列的细节;

[0029] 图 7 示意性地示出了结合本发明的不同方面的静电透镜阵列的一部分的侧视图;

[0030] 图 8A 示意性地示出了依据本发明实施例的静电透镜阵列的俯视图;

[0031] 图 8B 示意性地示出了图 8A 中的静电透镜阵列的一部分的侧视图。

具体实施方式

[0032] 以下参考附图描述了仅作为例子给出的本发明的实施例。图 1 示意性地示出了带电粒子多子束微影系统的实例的简化示意图,该系统是基于所有电子子束没有的公共交叉点的电子波束光学系统的。在例如第 6,897,458 号、第 6,958,804 号、第 7,084,414 号和第 7,129,502 号美国专利中描述了这样的微影系统,这些美国专利均全文并入此文中作为参考,这些专利均属于本发明的所有者。

[0033] 微影系统包括用于产生单色的、扩散的电子束 20 的电子源 1。波束能量优选地保

持在相对低的约为 1 至 10keV 的范围内。为实现这种效果,加速电压优选地为较低的,电子源优选地保持在相对于地电势成约 -1 至 -10kV 之间,但也可使用其他设置。

[0034] 来自电子源 1 的电子波束 20 经过双八端网络(double octopole)2,随后经过使电子波束 20 平行的准直透镜(collimator len)3。随后,电子波束 20 冲击到孔径阵列 4 上,该孔径阵列阻挡部分波束,且允许多个子束 21 穿过孔径阵列 4。孔径阵列优选地包含具有通孔的板。因而,产生多个平行电子子束 21。系统产生大量子束 21,优选地约 10,000 至 1,000,000 个子束,不过当然可以使用更多或更少的子束。注意,也可用其他已知方法产生平行子束。

[0035] 多个电子子束 21 经过聚光透镜阵列 5,该聚光透镜阵列 5 将每个电子子束 21 聚焦到子束阻断器阵列 6 的平面内。该子束阻断器阵列 6 优选地包含多个阻断器,每个阻断器能够偏转电子子束 21 其中的一个或更多个。

[0036] 随后,电子子束 21 进入末端模块 7。末端模块 7 配备了多个开口以调节多个电子子束 21。在一个实施例中,每个子束 21 穿过其自己的开口,而在另一个实施例中,会聚在一个开口附近的一组子束 21 将穿过该开口。末端模块 7 优选地构造成包括不同组件的可插入、可替换的单元。末端模块 7 包括波束停止阵列(beam stop array)8、波束偏转器阵列 9 和投影透镜装置 10,但是并非所有这些都需要被包括在末端模块中,且它们可以按不同方式布置。除了其他功能,末端模块 7 还将提供约 50 至 500 倍的缩小。在此范围内较高的值使 r 能够小于对电子波束微影系统的上部的严格制造要求。而且,这样高的值能够使系统的高度降低。离开末端模块 7 之后,子束 21 冲击到定位在目标平面处的目标 11 的表面上。对于微影应用,目标通常包括配备了带电粒子敏感层或阻剂层(resist layer)的晶片。

[0037] 在末端模块 7 中,电子子束 21 首先经过波束停止阵列 8。此波束停止阵列 8 很大程度上决定了子束的开度角(opening angle)。波束停止阵列的基本形态包括配备了用于允许子束通过的通孔的基板。

[0038] 子束阻断器阵列 6 和波束停止阵列 8 一起工作,以阻挡子束 21 或允许子束 21 通过。波束停止阵列 8 的通路可与波束阻断器阵列 6 的元件对准。在这种情况下,如果子束阻断器阵列 6 使子束偏转,子束将不能通过波束停止阵列 8 上相应的孔径,而是会被阻挡。另一方面,如果子束阻断器阵列 6 不使子束偏转,则子束将通过波束停止阵列 8 中的相应孔径,然后将被投影成目标 11 表面上的一个斑点。

[0039] 接下来,子束穿过波束偏转阵列 9,其为每个子束 21 提供在 X 和 / 或 Y 方向上的偏转,X 或 Y 方向基本上垂直于未经偏转的子束 21 的方向。接下来,子束 21 穿过投影透镜装置 10,被投影到目标平面上的目标 11 上,目标 11 通常为晶片。

[0040] 为了在目标上的投影斑点内以及在投影斑点之间电流和电荷的一致性和同质性,在波束停止阵列 8 中的孔径的直径优选地小于当子束到达波束停止阵列时子束的直径。

[0041] 本实例中波束停止板 8 上的孔径的直径限制了子束的横断面。这样,只有子束的中心部分才被允许通过波束停止板 8,投影到目标 11 上。子束的这个中心部分具有相对均匀的电荷密度。而且,如果波束停止阵列 8 中的孔径是圆的,则通过子束停止板 8 的子束将具有基本一致的开度角。

[0042] 图 2 更详细地示出了末端模块 7 的实施例,示出了波束停止阵列 8、偏转阵列 9 和投影透镜装置 10,将电子子束投影到目标 11 上。子束 21 被投影到目标 11 上,优选地导致

直径约为 10 纳米至 30 纳米的几何斑点尺寸。这种设计的投影透镜装置 10 优选地提供约 100 至 500 倍的缩小。

[0043] 在图 2 中示出的实施例中,投影透镜装置 10 具有按顺序布置、用于形成静电透镜阵列的三个板 12、13 和 14。板 12、13 和 14 优选地包括其中形成有孔径的基板。孔径优选地形成穿过基板的圆孔,但其他形状也可被采用。基板由采用半导体芯片产业中熟知的处理步骤处理的硅或其他半导体形成。例如利用半导体制造工业中已知的微影和蚀刻技术可以方便地在基板中形成孔径。所采用的微影和蚀刻技术优选地被充分精确地控制,以确保孔径的位置、尺寸和形状的一致性。

[0044] 例如,如果板 12、13 和 14 由硅制成,则在板 12、13 和 14 上的孔径可以通过使用所谓的博施蚀刻处理 (Bosch etching process) 形成。博施蚀刻处理是一种用于各向异性地 (anisotropically) 蚀刻硅的方法。关于这样的博施蚀刻处理的更多细节可在 Robert Bosch GmbH 的第 0625285 号欧洲专利中找到。

[0045] 基板的表面上孔径之间的均匀距离 (节距) 以及孔径的均匀布置,允许具有密集子束的系统的构建,该密集子束在目标上生成均匀栅格图案。孔径之间的节距可处于 50 至 500 微米的范围内,节距的偏差优选地是 100 纳米或更小。而且,在使用多个板的系统中,每个板中的相应孔径对准。板之间孔径的不对准可引起沿着不同轴的焦距的不同。

[0046] 孔径尺寸的均匀性使在孔径位置处形成的静电投影透镜能具有均匀性。孔径尺寸可在 50 微米至 150 微米的范围内,尺寸的偏差优选地为 100 纳米或更少。

[0047] 孔径的形状的一致性也是优选的。在使用圆孔的情况下,孔的圆度的一致性致使产生的透镜的焦距都是相同的。

[0048] 基板可被涂上导电涂层,以形成电极。导电涂层优选地在各基板上形成单个电极,在孔径周围以及孔的内侧覆盖板的两个表面。优选地,例如钼 (molybdenum) 的具有导电天然氧化物的金属被用于电极,采用例如在半导体制造产业中熟知的技术将该金属沉积在板上。将电压施加到各电极,以控制在各个孔径位置处形成的静电透镜的形状。优选地,各电极由用于整个阵列的单个控制电压控制。因此,在图 2 示出的具有三个电极透镜的实施例中,将只存在三个电压,用于所有的上千个透镜。

[0049] 图 2 中,板 12、13 和 14 具有分别施加到它们的电极上的电压 V_1 、 V_2 和 V_3 。在板 12 和 13 的电极之间,以及板 13 和 14 之间电压的差异,在板上的各孔径的位置处产生静电透镜。这在相互对准的孔径的阵列中的各位置处产生“垂直的”静电透镜组,从而构成投影透镜系统的阵列。每个投影透镜系统包含在每个板的孔径阵列的相应点处形成的静电透镜组。形成投影透镜系统的每个静电透镜组可被当作单个有效投影透镜,其聚焦和缩小一个或多个子束,且具有有效焦距和有效缩小。在仅使用一个板的系统中,可以结合接地平面使用单个电压,使得在板的每个孔径的位置处形成静电透镜。

[0050] 孔径的均匀性的变化将导致在孔径的位置处形成的静电透镜的变化。孔径的均匀性导致均匀的静电透镜。因而,三个控制电压 V_1 、 V_2 和 V_3 生成了聚焦且缩小大量电子子束 21 的均匀静电透镜的阵列。

[0051] 静电透镜的特性由三个控制电压控制,使得所有子束的聚焦和缩小的量可通过控制这三个电压来控制。这样,单个公共控制信号可被用于控制用于缩小和聚焦非常大量的电子子束的电子透镜的整个阵列。公共控制信号可针对每个板提供,或作为两个或更多板

之间的电压差来提供。

[0052] 在不同投影透镜装置中采用的板的数量可不同,而公共控制信号的数量也可以不同。在孔径具有足够均匀的布局 and 尺寸时,这使得能够用一个或多个公共控制信号实现电子子束的聚焦以及子束的缩小。在图 2 的实施例中,包含三个控制电压 V_1 、 V_2 和 V_3 的三个公共信号因此被用来聚焦和缩小所有的子束 21。

[0053] 投影透镜装置优选地形成所有用于将子束聚焦在目标表面上的聚焦器件。这是由投影透镜的均匀性实现的,这些投影透镜提供了对子束的足够一致的聚焦和缩小,使得不需要对单独电子子束的聚焦和 / 或路径进行修正。这通过简化系统构造,简化系统的控制和调节,以及大大减小系统的尺寸,而相当大地减少了整个系统的成本和复杂性。

[0054] 优选地,形成投影透镜处孔径的布置和尺度控制在一容差内,该容差足以使利用一个或多个公共控制信号对电子子束进行的聚焦能够实现焦距均匀性优于 0.05%。各投影透镜系统被间隔开额定间距,并且每个电子子束被聚焦,在目标表面上形成斑点。在板上的孔径的布局 and 尺度优选地被控制在一容差内,该容差足以实现在目标表面上斑点空间分布的变化小于额定节距的 0.2%。

[0055] 投影透镜装置 10 可以是紧凑的,因为板 12、13、14 被放置成彼此接近,使得尽管在电极上使用相对低的电压(与典型地用在电子波束光学器件中的电压相比),也能够产生非常高的电场。这些高电场生成具有小焦距的静电投影透镜,这是因为对于静电透镜,焦距可被估计成与被电极之间的静电场强度除的波束能量成正比。就这方面而言,在可实现先前的 10kV/mm 处,在第二板 13 和第三板 14 之间可提供超过 10kV/mm,或甚至在 25kV/mm 至 50kV/mm 的范围内的电势差。

[0056] 这些电压 V_1 、 V_2 和 V_3 被优选地设置为使得第二和第三板(13 与 14)之间的电压差大于第一和第二板(12 与 13)之间的电压差。这导致在板 13 和 14 之间形成更强的透镜,使得每个投影透镜系统的有效透镜平面位于板 13 和 14 之间,如图 2 中在透镜开孔中板 13 和 14 之间用弯曲的虚线示出的那样。这使得有效透镜平面更靠近目标,且使得投影透镜系统具有较短的焦距。还应当注意,为简明起见,图 2 中的子束被示为从偏转器 9 被聚焦。

[0057] 电极电压 V_1 、 V_2 和 V_3 优选地被设置成,使得电压 V_2 比电压 1 更接近电子源 1 的电压,引起了子束 21 中带电粒子的减速。例如,如果目标为 0V(地电势),而电子源相对于目标约为 -5kV,电压 V_1 可约为 -4kV,而电压 V_2 可约为 -4.3kV。电压 V_3 于是相对于目标可约为 0V,避免了在板 14 和目标 11 之间产生强电场。这种强电场在目标的拓扑不平坦的情况下可造成子束的干扰。板(以及投影系统的其他组件)之间的距离优选很小。

[0058] 利用这种布置,实现了聚焦和缩小投影透镜,以及在子束中引出的带电粒子的速度的降低。利用约 -5kV 的电压的电子源,带电粒子被中心电极(板 13)减速,随后被具有接地电势电压的底部电极(板 14)加速。这种减速允许在电极上使用更低的电场,同时对于投影透镜装置仍能实现期望的缩小和聚焦。

[0059] 图 2 还示出偏转阵列 9 对子束 21 在 Y 方向上的偏转,该偏转在图 2 中被示为从左到右的偏转。在图 2 的实施例中,偏转阵列 9 中的孔径被示为用于使一个或多个子束通过,在孔径的对面提供电极,该电极配备了电压 +V 和 -V。在电极上提供电势差引起子束的偏转,或通过孔径的单个子束或多个子束的偏转。对电压(或电压正负号)的动态改变将使子束能以扫描方式,这里是在 Y 方向上摆动。

[0060] 如所描述的末端模块 7 的偏转器和透镜相对于彼此的布置不同于粒子光学领域中通常期望的那样。典型地,偏转器被定位在投影透镜之后,使得首先实现聚焦,然后偏转被聚焦的子束。如图 2 中的系统,先偏转子束、然后聚焦子束,导致子束脱离轴线地且相对于投影透镜的光轴成一定角度地进入投影透镜。对于本领域技术人员显而易见的是,后一种布置可显著增大偏转子束的离轴像差 (off-axis aberrations)。

[0061] 在微影系统的应用中,应以超高的精确度聚焦和定位子束,使斑点的尺寸为几十纳米,尺寸的精确度为纳米级,并且定位的精确度为纳米级。发明者认识到将经聚焦的子束偏转,例如将其偏离子束光轴几百纳米,将很容易导致子束失焦 (out of focus)。为了满足精确度要求,这将严格地限制偏转量,否则子束将在目标 11 的表面上迅速变得失焦。

[0062] 如上面所讨论,为了实现投影透镜装置在光刻系统中使用时的目标,投影透镜系统的有效焦距短,且投影透镜系统的透镜平面十分靠近目标平面。因而,在投影透镜和目标平面之间几乎没有为子束偏转系统留下空间。发明人意识到,焦距应在这样有限的量级上:任意偏转器或偏转器系统都应布置在投影透镜之前,而不管使用这种布置容易发生离轴像差。

[0063] 图 1 和 2 所示的上游的偏转阵列 9 和下游的投影透镜装置 10 的布置进一步能使子束 21 发生强聚焦,尤其在每个投影透镜系统仅聚焦一个子束 (或者少量子束) 的系统中允许子束的尺寸减小 (缩小) 至少约 100 倍且优选地约 350 倍。在每个投影透镜系统聚焦一组子束 (优选地 10 至 100 个子束) 的系统中,每个投影透镜系统提供至少约 25 倍且优选地约 50 倍的缩小。

[0064] 这种高倍缩小具有另一优势:对于投影透镜装置 10 之前 (上游) 的孔径和透镜的精确度的要求大为减小。该布置的另一优势在于,整个系统的柱长度 (高度) 可以大为减小。在此方面,还优选地使得投影透镜的焦距小且使得缩小系数大,从而实现有限高度 (优选地,从目标到电子源小于 1 米,且更优选地高度介于约 150 至 700mm 之间) 的投影柱 (projection column)。具有短柱的这种设计使得光刻系统更容易安装和收纳,并且还减少了分离的子束偏移的影响,这归因于有限的柱体高度和更短的子束路径。然而,这种布置对末端模块的各种组件提出额外的要求。

[0065] 利用如上所述的布置,投影透镜系统 10 的主透镜平面优选地位于两个板 13 和 14 之间。如上所述,根据上述实施例的系统中的带电粒子的总能量保持较低。对于电子波束,例如能量优选地在上至约 10keV 的范围内。这样,减小了目标处的热产生。然而,使用这种低能量的带电粒子,系统中的色差增加。已经提及的投影透镜装置 10 中的相对高的静电场可抵消这种有害影响。高静电场导致形成具有低焦距的静电透镜,使得透镜具有低色差。

[0066] 此外,依据本发明的透镜系统 10 的最终板 14 被制成非常薄,以使得焦点平面不在透镜内部的情况下焦距能够很小。板 14 的厚度优选地在 50um 至 200um 范围之内。

[0067] 正如以上讨论的,用作参考图 1 和图 2 讨论的投影透镜系统的静电透镜,必须是在高电场中起作用。正如之前提及的,这需要适当限定的板处理,这种板处理应具有均匀尺寸的、均匀间距的和均匀形状的孔径,以及在板间良好地限定的对准。本领域技术人员将能够理解与这样的静电透镜相关联的风险在于静电放电的可能性升高。

[0068] 这样的静电放电可能不仅对于静电透镜组件的物理结构是有害的,也可能对通过透镜的电子子束的控制和精确性造成负面影响。

[0069] 静电放电发生在位于孔径中的暴露表面上和孔径边缘处。通常,这样的放电发生在局部的静电场增强的区域内,该区域内静电场强度增加,电容率 ϵ 有很大的改变。这些静电场较高的区域可导致突然的放电或“闪络”,引起绝缘材料局部击穿以及静电透镜的畸变和劣化。

[0070] 图 3A 至图 3C 示意性地描绘了三种情况,在这三种情况下可能发生这样的局部静电场增强和增加闪络风险。所有附图示意性地示出了包括第一电极 31 和第二电极 32 的静电透镜的一部分的侧视图。在电极 31 和 32 之间的电压差使得生成的电场的场力线 33 基本上平行于电极 31 和 32 彼此面对的表面。

[0071] 在图 3A 中,第二电极 32 包括陡峭的凸起 35。该凸起 35 导致的结果是,特别是在该凸起导电时,场力线 33 弯曲,引起凸起 35 周围的电场升高,即,场力线 33 彼此更加靠近,尤其是在凸起的尖锐转角处,这表示更大的电场强度。如果第二电极 32 的电位低于第一电极 31 的电位,即,电极 31 相对于电极 32 为负,则这些更大的电场增大了静电放电的可能性。这发生在电场大到足以将电子拉离第二电极 32,并引发了将产生闪络的电子流的时候。

[0072] 在图 3B 中,通过绝缘构件 37,例如由绝缘材料制成的间隔器,将第一电极 31 和第二电极 32 彼此分开。由于不完整性,沿绝缘构件 37 的上表面,第一电极 31 和绝缘构件 37 并非完全与彼此相接触。这可能是由制造失误或公差、绝缘构件或电极表面的不规则性,或绝缘构件边缘的碎屑或圆角造成的。结果,在绝缘构件 37 和第一电极 31 之间,在绝缘构件边缘处存在小空隙 38(为了清楚,该空隙在图中被示为较大的)。如果在绝缘构件 37 的电容率和空隙 38 中的电容率(即,空气的电容率,或如果设备在真空室中工作则为真空的电容率)之间存在显著差异,则空隙 38 中的电场可显著地大于这两个电极间的其它区域。

[0073] 电极之间的间隙中的平均电场是电位差除以最小电极间隔。通过具有两个不同介电常数的绝缘区或材料将电极分隔开的地方,电场将集中在介电常数较低的区域或材料中。在该区域或材料中电场增强,即,大于电极之间的平均电场。一种材料的介电常数(k)或相对电容率是其电容率 ϵ 与真空电容率 ϵ_0 之比,因此 $k = \frac{\epsilon}{\epsilon_0}$ 。

[0074] 因为空隙的介电常数/电容率低于绝缘构件,空隙中的电场被增强。空隙越小,场增强得越大。如果第一电极 31 的电位低于第二电极 32 的电位,则这种更高的电场增大了静电放电的可能性。其它制造问题的边缘碎屑可导致图 3B 中示意性示出的不完整性。

[0075] 而且在图 3C 中,通过绝缘构件 37 将第一电极 31 和第二电极 32 彼此分开。在这种情况下,第一电极 31 和绝缘构件 37 之间连接上的不完全性,是由例如绝缘构件或电极的表面的不规则造成的。这些造成了内部空隙 39(为了清楚而被放大)的形成。内部空隙 39 可能造成与边缘空隙 38 相同的问题,导致在空隙中电场被局部增强,如果第一电极 31 的电位低于第二电极 32 的电位,则可导致静电放电的可能性变大。

[0076] 发明者已经认识到,在所谓的三重点,即存在空气/真空、导体和绝缘体之间的边界的点处,尤其是在三重点邻近电压更负或更低的导电元件的地方,降低电场强度很重要。图 3A 至图 3C 中示意性示出的装置中存在这样的三重点。通过在静电透镜或静电透镜阵列中与电压更负或更低的电极邻近的三重点处提供限制电场增强的措施,该静电透镜或静电透镜阵列在经受高电场而不发生放电方面的性能显著提高。在本发明的实施例中,以下讨论了这些实施例的一部分,静电透镜或静电透镜阵列被调整成适应 10V/ μm 以上 25V/

μm 以下,或在更高范围 25–50V/ μm 内的场强度。

[0077] 图 4 示意性地示出了依据本发明的第一方面的静电透镜阵列 40 的一部分的侧视图。该静电透镜阵列 40 包括第一导电板 41 和第二导电板 42。第一导电板 41 和第二导电板 42 之间的距离可以在约 100 μm 至 200 μm 的范围内。第一导电板 41 被布置成被充电成具有比第二导电板 42 电位低的电位。第一导电板 41 配备了多个第一孔径 43,第二导电板 42 配备了多个第二孔径 44。多个第二孔径 44 基本与多个第一孔径 43 对准。面对第二孔径 44 的第一孔径 43 边缘为圆的。结果,避免了由尖锐边缘引起的静电放电,其中锐角边缘可能会以与在图 3A 中示意性示出的陡峭凸起相似的方式起作用。

[0078] 在图 4 所示的实施例中,不仅面向第二孔径 44 的边缘而且还有背离第二孔径 44 的边缘都是圆的。这样的实施例可能更易于制造。

[0079] 在图 4 所示的实施例中,在第一导电板 41 和第二导电板 42 之间布置了绝缘构件 47。该绝缘构件 47 被形成使得带电粒子束能够传播穿过多个第一孔径 32 和多个第二孔径 44。绝缘构件 47 可用于增强静电透镜阵列的结构的整体性。此外,绝缘构件 47 可有助于实现将第一导电板 41 和第二导电板 42 相对于彼此定位的目的,起到间隔器的作用,以控制两板之间的距离。

[0080] 必须理解的是,虽然参考图 4 描述的实施例涉及静电透镜阵列 40,但是相同的实施例也可用于单个的静电透镜。在这种情况下,代替多个第一孔径和多个第二孔径,只使用了单个的第一孔径和单个的第二孔径,其中该第二孔径与该第一孔径基本对准。

[0081] 图 5 示意性地示出了依据本发明的第二方面的静电透镜或静电透镜阵列的一部分的侧视图。该静电透镜包括第一导电板 51 和第二导电板 52。这两个导电板 51、52 通过绝缘构件 57 被分开。绝缘构件 57 可具有约 100 μm 至 200 μm 的厚度。导电板 51、52 各自配备有一个或多个孔径(未示出),第一导电板 51 的一个或多个孔径与第二导电板 52 上相应的一个或多个孔径基本对准。第一导电板 51 被布置成配备了相对于提供给第二导电板 52 的电位更低或更负的电位,正如在附图中由板 51 旁边的“-”号和板 52 旁边的“+”号指示的。

[0082] 绝缘构件 57 包括第一部分 57A 和第二部分 57B,第一部分 57A 与第一导电板 51 接触,而第二部分 57B 与第二导电板 52 接触。绝缘构件 57 的 57A、57B 两部分被布置成使得第一部分包括垂悬的部分 57C,且第二部分具有在绝缘体 57 的壁上形成的齿状或凹形部分 58,从而在垂悬部分 57C 和第二导电板 52 之间形成了间隙。结果,绝缘构件 57 的电容率与间隙或齿状部分 58 的电容率之间的差异将导致跨越间隙形成的电场成比例地高于跨越第一部分 57A 形成的电场。绝缘构件 57 的电容率优选地为空隙 58 中的电容率的两倍或更多,并且更优选地为空隙 58 中的电容率的大致四倍或更多。例如,该绝缘体可被构造成电容率大致为占据间隙 58 的真空电容率的 4.7 倍的玻璃。

[0083] 因此,在更负的板 51 附近出现场的减少,而在第一部分 57A 和更加正的板 52 之间的间隙中出现场的增强。这种场增强相对较小并且不会引起问题,因为第二导电板 52 相对于第一导电板 51 为正的。在间隙中稍高的场将不足以将电子拖出绝缘体 57,从而引发闪络电流。此外,邻近更负的板 51 的较低的场进一步减小了电子被拉离导电板 51 从而引起闪络的可能性。

[0084] 如果绝缘构件 57 包括如图 3B 中所示的在邻近板 51 处产生空隙的不完整性(例

如边缘碎屑),该空隙中的电场将被增加到的程度比利用普通形状绝缘构件(例如图 3B 示出的构件)的情况下小得多。如图 5 所示在邻近板 52 处生成间隙的凹形部分的存在,将导致仅在间隙和空隙中发生较少的场增强。这种在邻近更负的板 51 处的较低电场进一步减小了静电放电的可能性。注意空隙也可能由于板 51 表面不完整性而出现,并且间隙将类似地解决这种问题。

[0085] 应该注意的是,在第二部分 57B 和第一导电板 51 之间形成凹形部分是较不优选的方案。即使这样的措施有助于延长表面击穿路径,但是对降低在可能形成边缘碎屑空隙的地方的更负的电极附近的三重点处的电场没有帮助。相反,这样的凹形部分将具有与图 3C 中的空隙相似的效果,即,在期望衰减的地方放大电场。此外,由于相同的原因,在绝缘构件的悬垂部分的两侧上形成凹形部分,使得对着第一和第二导电板 51 和 42 都形成间隙也是较不优选的方案。

[0086] 考虑到静电透镜(阵列)的要求,可改变间隙的高度 d_t 和 / 或宽度 W_t 。在所示出的实施例中,间隙 58 的高度 d_t 是第一导电板 51 和第二导电板 52 之间的距离 D 的一半。该距离 D 可在约 $100\ \mu\text{m}$ 至 $200\ \mu\text{m}$ 的范围内,但是其它的间隙高度 d_t 也是可以的,例如在板间直径 D 的 0.3-0.7 倍之间的高度。优选地间隙的高度 d_t 为尽可能大。在间隙中形成的电场的比例越大,来自更负的板 51 的电子导致闪络的可能性越小。但是,间隙高度 d_t 可能受需要保持剩余凸缘,即,第一部分 57A,的结构完整性的限制。

[0087] 在可选的实施例中,间隙可被定位成使得其与板 51 或 52 都不邻近,在邻近板的间隙的任一侧上形成有凸缘。但是,在间隙的两侧上保留凸缘减少了间隙的高度,并且该高度再次受到需要保持绝缘构件的凸缘结构完整性的限制。

[0088] 图 6A 示意性地说明了依据本发明的第三方面的静电透镜或静电透镜阵列的一部分的侧视图。该静电透镜包括第一导电板 61 和第二导电板 62。这两个导电板 61,62 通过绝缘构件 67 被分开。导电板 61,62 各自配备了一个或多个孔径(未示出),该第一导电板 61 的一个或更多孔径与第二导电板 62 上相应的一个或更多孔径基本对准。第一导电板 61 被布置成配备了比提供给第二导电板 62 的电位更低的电位。

[0089] 绝缘构件 67 的表面,即,面向第一导电板 61 的表面,配备导电层 66。因为导电层 66 与第一导电板 61 接触,它们将具有基本相同的电位。如果如图 3C 的描述在绝缘构件 67 和第一导电板 61 之间存在空隙 69,则正如图 6B 示意性地示出的静电透镜的放大视图所示出的,在空隙上方在该绝缘构件 67 的顶面上形成导电层 66。取决于空隙的大小、导电层 66 的厚度和用于形成导电层的处理,导电层 66 也可能填满空隙。现在导电层 66 在导电板 61 和绝缘构件 67 之间形成了界面,并且在导电层 66 和导电板 61 之间形成了任意的空隙 69,在这些空隙中基本没有电场存在。因此,由于与空隙相关的影响造成的闪络将被最小化。注意该空隙也可能由于第一导电板 61 的表面不完整性而发生,并且导电层 66 将类似地解决这种问题。

[0090] 可通过例如喷溅涂覆法的适宜沉积技术将导电层沉积在绝缘构件 67 的表面上。该导电层可包括铬或钽或其它适宜材料。此外,绝缘构件可包括硼硅玻璃,例如硼硅玻璃(Pyrex),或适宜的绝缘材料。硼硅玻璃能够经受住高电场,并且铬和钽易于附着到硼硅玻璃上,这使得这样的材料组合具有优势。硼硅玻璃还是一种适宜的绝缘材料,因为例如通过将以下讨论的制造方法可将硼硅玻璃塑造成期望的形式,并且在包括这样的材料的板上

能够例如通过强力冲击 (power blast) 相对容易地制造出通孔。

[0091] 图 7 示意性地示出了结合了本发明不同方面的静电透镜阵列的一部分的侧视图。在所示出的实施例中,绝缘构件包括如参考图 5 讨论的形成空隙 78 的部分,并且面向第一导电板 71 的绝缘构件的表面配备导电层 76。

[0092] 应该理解的是,本发明不同的方面可分别被单独使用,或与本发明的一个或更多其它方面结合使用,来减少静电放电的机会。

[0093] 如参考图 4 讨论的绝缘构件可按如下这样制造。首先,提供第一绝缘板。在该第一绝缘板中制造至少一个第一通孔。第一通孔具有第一直径。然后,提供第二绝缘板。在第二绝缘板中制造至少一个第二通孔,第二通孔具有大于第一直径的第二直径。最后,第一绝缘板和第二绝缘板结合起来以形成绝缘构件,其中各孔径对准使得绝缘构件具有至少一个由第一和第二通孔形成的孔径。

[0094] 第二绝缘板可以由与第一绝缘板不同的材料制成。备选地,第二绝缘板可由与第一绝缘板相同的材料制成。相同材料的绝缘板具有在第一和第二绝缘板之间的边界表面处电气和其它性质的不连续性将被最小化的优点。

[0095] 图 8A 示意性地示出了依据本发明的实施例的静电透镜阵列的顶部视图。图 8B 示意性地示出了图 8A 的静电透镜阵列的一部分的侧视图。在该实施例中,被布置在配备多个第一孔径 93 的第一导电板 91 和配备多个第二孔径 94 的第二导电板 92 之间的绝缘构件 97,采取多个细长的杆或柱的形式。这些杆被配置成使得在邻接的杆之间存在由多个第一孔径 93 和多个第二孔径 94 形成的多个开口。

[0096] 在图 8A 中,这些杆由黑色的区域 83 表示。区域 81、82 与配备开口的区域相对应。在该实施例中,在图 8A 中由宽间隔的阴影区域表示的区域 82 配备了开口,这些开口并非用于为带电粒子束提供路径。另一方面,在图 8B 中由密集的阴影区域表示的区域 81 提供了开口,这些开口用于实现向带电粒子束提供路径的目的。在区域 82 中存在开口,以防止侧面和 / 或边缘的影响。由于区域 82 中开口的存在,在区域 81 中的开口经历了基本相同的电环境。

[0097] 图 8B 示出了实施例,其中在第一导电板 91 上的第一孔径 93 的边缘为圆的,在绝缘构件 97 的一部分和第二导电板 92 之间提供了间隙 98,并且绝缘构件 97 在面向第一导电板 91 的表面处配备导电层 96。必须注意的是对于参考图 4 至图 7 讨论的本发明的任何一方面单独地使用或在各种组合中使用也都是可能的,也可以具有图 8B 中示出的类似杆的形式的绝缘构件。

[0098] 通过参考以上讨论的某些实施例描述了本发明。将认识到的是,这些实施例可具有那些本领域技术人员公知的各种变化和可选形式。

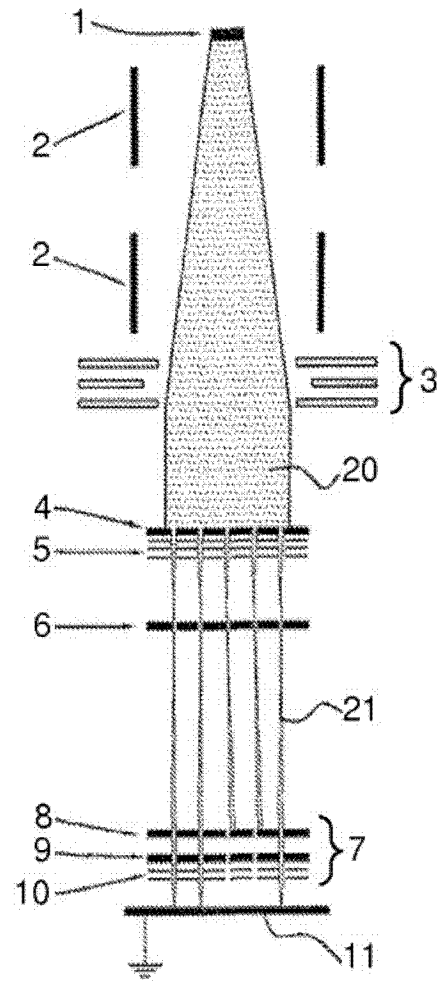


图 1

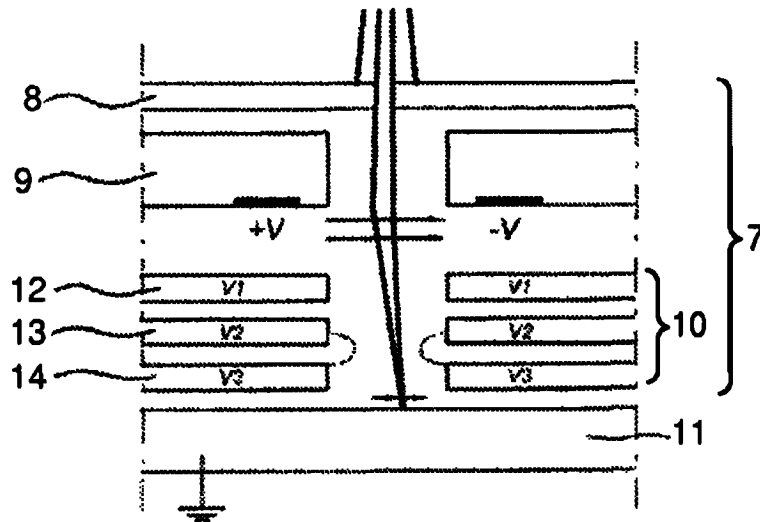


图 2

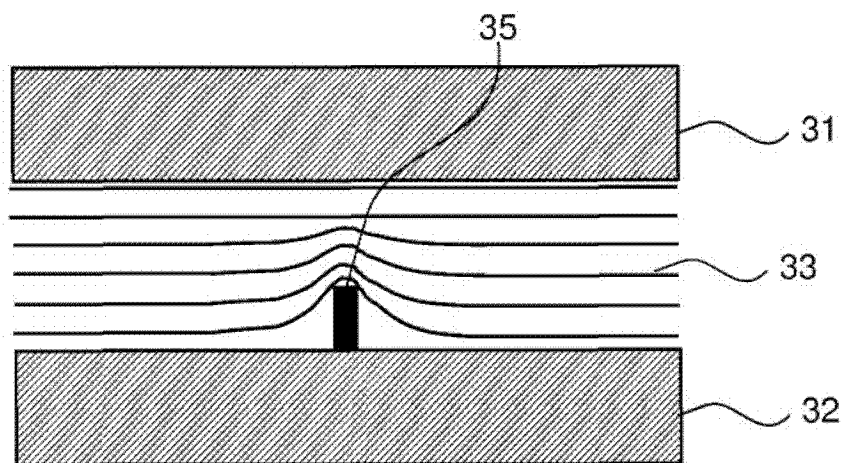


图 3A

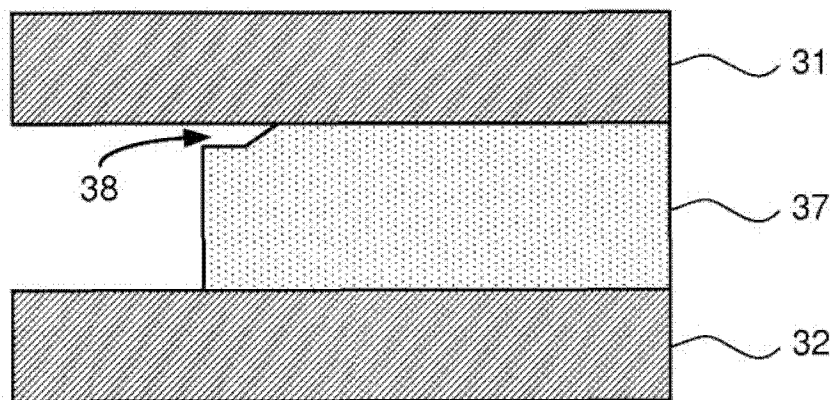


图 3B

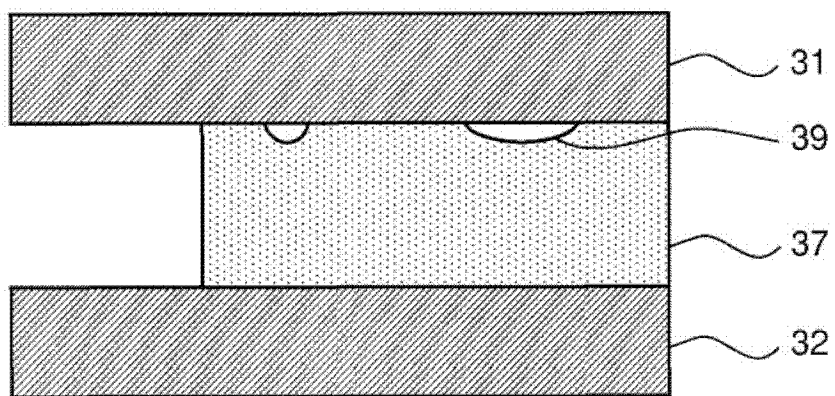


图 3C

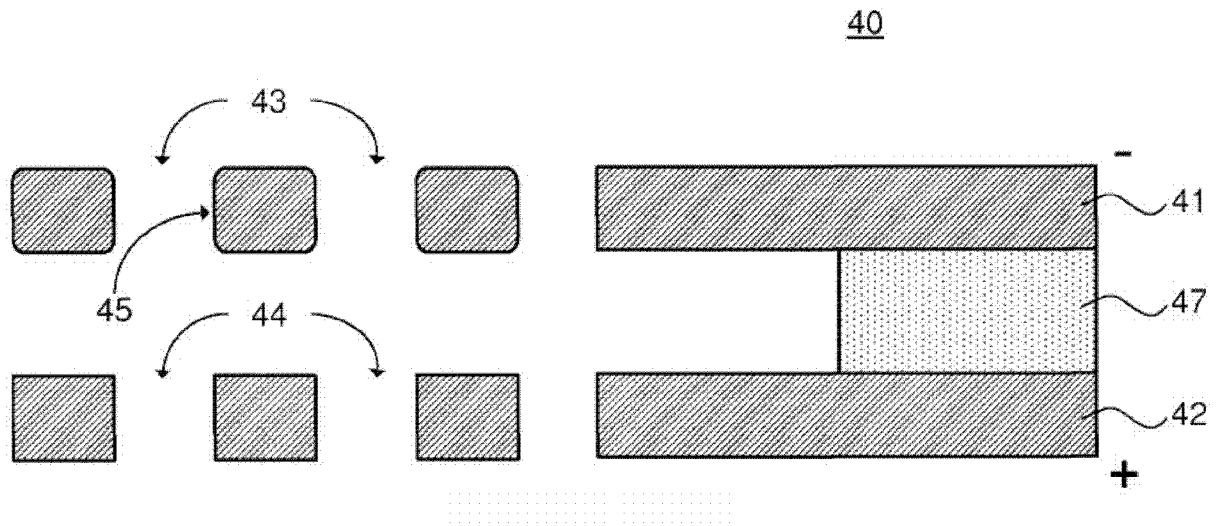


图 4

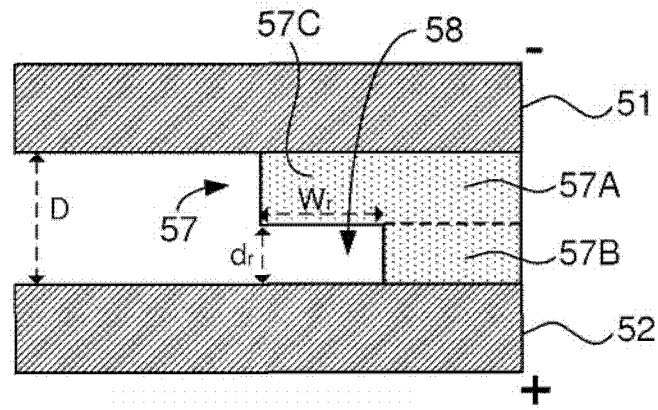


图 5

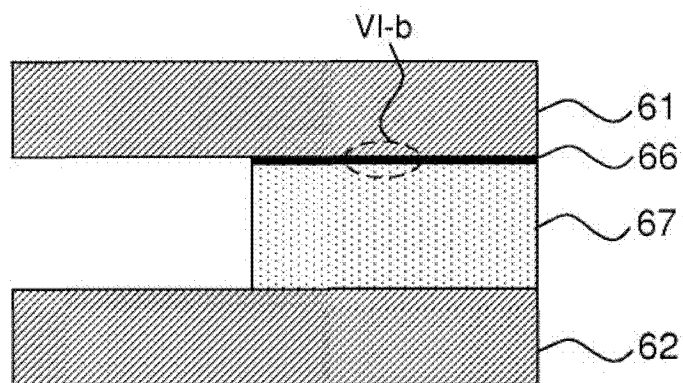


图 6A

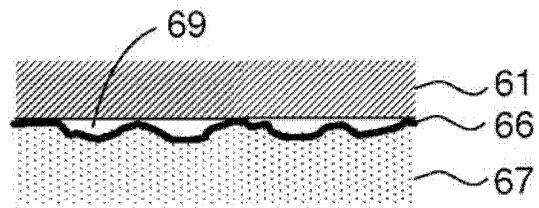


图 6B

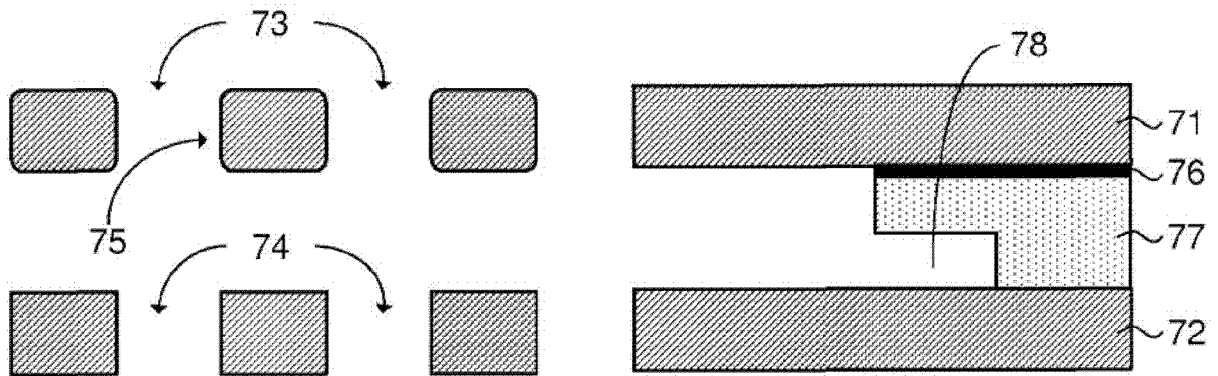


图 7

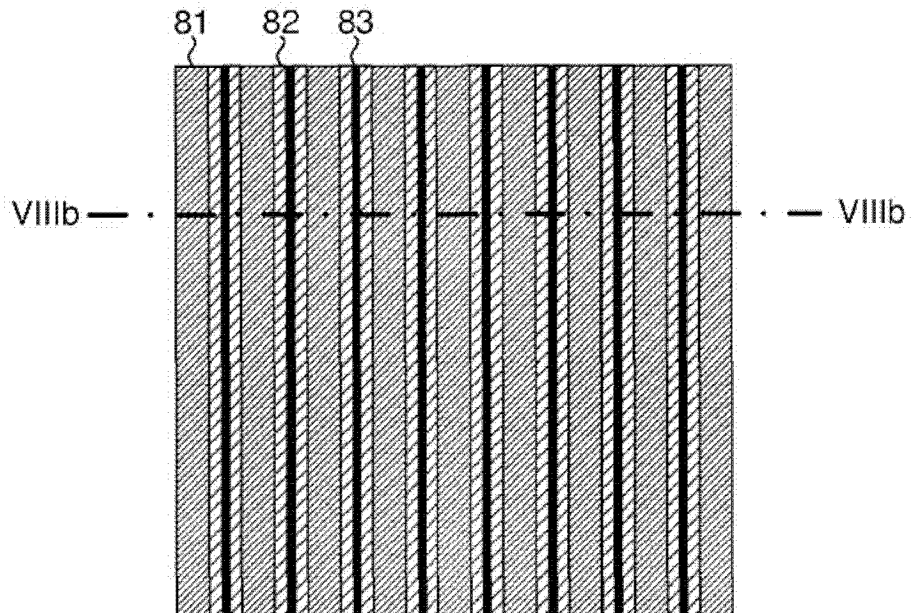


图 8A

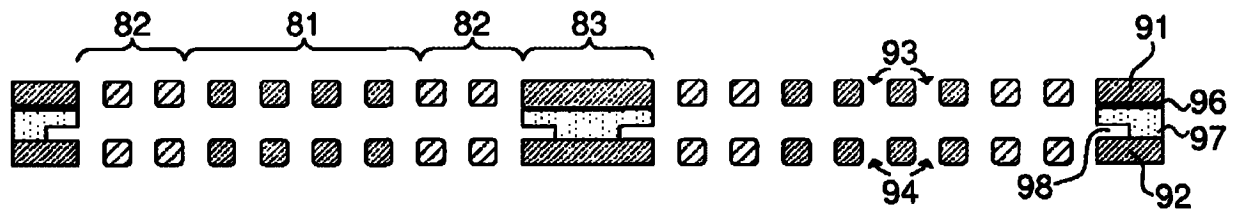


图 8B