



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107104029 B

(45) 授权公告日 2020.10.09

(21) 申请号 201610905526.3

(22) 申请日 2011.09.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107104029 A

(43) 申请公布日 2017.08.29

(30) 优先权数据
61/404,126 2010.09.28 US

(62) 分案原申请数据
201180057076.2 2011.09.23

(73) 专利权人 以色列实用材料有限公司
地址 以色列雷霍沃特
专利权人 卡尔蔡司显微镜有限责任公司

(72) 发明人 D.蔡德勒 T.凯曼 P.安格
A.卡萨里斯 C.里德赛尔

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

代理人 邱军

(51) Int.Cl.
H01J 37/09 (2006.01)
H01J 37/21 (2006.01)
H01J 37/28 (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01)
B82Y 10/00 (2011.01)
B82Y 40/00 (2011.01)

(56) 对比文件
US 2011204253 A1, 2011.08.25
US 2011204253 A1, 2011.08.25
US 2008054184 A1, 2008.03.06

审查员 黄宇

权利要求书3页 说明书12页 附图5页

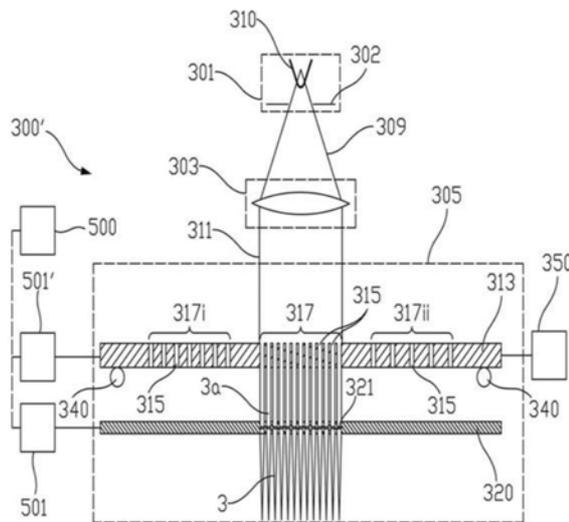
(54) 发明名称

粒子光学系统及布置与用于该系统及布置的粒子光学组件

(57) 摘要

本发明涉及一种带电粒子多小波束系统,其包含带电粒子源(301);具有多个孔的第一多孔径板(320),其布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游;第一多孔径选择器板(313),具有多个孔;载体(340),其中所述第一多孔径选择器板安装在所述载体上;致动器(350),构造为移动所述载体,使得在所述系统的第一操作模式中将所述第一多孔径选择器板布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游,并且使得在所述系统的第二操作模式中将所述第一多孔径选择器板布置在所述带电粒子束路径之外。其中,所述源、所述第一多孔径板和所述载体被布置为使得在所述第一操作模式中,在所述第一多孔径板和所述第一多孔径选择器板二者下游的位置处产生第一数量的带电粒子小波束,并且使得在所述第二操作模式中,在所述位置处产生第二数量的带电粒子小波束,其中小波束的第一数

量与小波束的第二数量不同。



1. 一种带电粒子多小波束系统,包含:

带电粒子的源;

多孔径板,其布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游,其中所述多孔径板包含多个孔,所述多个孔形成具有布置在基本图案的位置处的孔径的第一多孔径阵列;

多孔径选择器板,其具有主面和形成多个多孔径阵列的多个孔,所述多个多孔径阵列至少包含第二多孔径阵列和第三多孔径阵列,其中所述第二多孔径阵列和所述第三多孔径阵列的孔径布置在所述基本图案的位置处;

载体,其中所述多孔径选择器板安装在所述载体上;

致动器,构造为移动所述载体,使得将所述多孔径选择器板布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游,并且能够在平行于其主面的方向上位移;

其中,所述源、所述多孔径板和所述载体被布置为使得在所述多孔径板和所述多孔径选择器板二者下游的位置处产生第一数量的带电粒子小波束;以及

其中,所述多孔径选择器板的孔径具有直径,以及其中所述第三多孔径阵列的孔径的直径大于所述第二多孔径阵列的孔径的直径。

2. 根据权利要求1所述的带电粒子多小波束系统,其中所述致动器构造为在第一操作模式中将所述第二多孔径阵列插入所述带电粒子束路径中,以及在第二操作模式中将所述第三多孔径阵列插入所述带电粒子束路径中。

3. 根据权利要求2所述的带电粒子多小波束系统,其中在所述第一操作模式中在所述多孔径板和所述多孔径选择器板二者下游的位置处产生第一数量的带电粒子小波束,在所述第二操作模式中在所述多孔径板和所述多孔径选择器板二者下游的位置处产生第二数量的带电粒子小波束,所述第一数量不同于所述第二数量。

4. 根据权利要求1所述的带电粒子多小波束系统,还包含聚焦透镜,其布置在所述多孔径板和所述多孔径选择器板二者下游的束路径中。

5. 根据权利要求4所述的带电粒子多小波束系统,还包含载台,用于将物体安装在位于所述聚焦透镜下游的物平面中。

6. 根据权利要求4所述的带电粒子多小波束系统,还包含第一电压源,其构造为将第一电压提供给所述多孔径板,使得穿过所述多孔径板的孔径的带电粒子小波束各自在所述多孔径板下游的一距离处具有小波束焦点。

7. 根据权利要求6所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述聚焦透镜被构造为使得所述小波束焦点成像于物平面上。

8. 根据权利要求4所述的带电粒子多小波束系统,还包含具有孔径的场分离电极,其布置在所述聚焦透镜下游且在物平面上游的带电粒子束路径中。

9. 根据权利要求8所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述场分离电极的孔径的直径小于2.0mm。

10. 根据权利要求8所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述场分离电极的孔径的直径小于1.5mm。

11. 根据权利要求8所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述场分离电极的孔径的直径小于1.0mm。

12. 根据权利要求8所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述场分离电极的孔径的直

径小于0.8mm。

13. 根据权利要求8所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述场分离电极的孔径的直径小于0.6mm。

14. 根据权利要求8所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述场分离电极的孔径的直径小于0.4mm。

15. 根据权利要求8所述的带电粒子多小波束系统,还包含第二电压源和第三电压源,该第二电压源被构造为将第二电压提供给所述场分离电极,该第三电压源被构造为将第三电压提供给物体。

16. 根据权利要求1所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述基本图案包括六边形图案和矩形图案中的至少一个。

17. 根据权利要求4所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述聚焦透镜包含磁极靴、以及用于在所述极靴之间产生聚焦磁场的至少一个线圈。

18. 根据权利要求4所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述聚焦透镜包含至少一对电极、以及用于在该对电极之间产生聚焦电场的电压源。

19. 一种带电粒子多小波束系统,包含:

带电粒子的源;

多孔径板,其布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游,其中所述多孔径板包含多个孔,所述多个孔形成具有布置在基本图案的位置处的孔径的第一多孔径阵列;

第一多孔径选择器板,其具有主面和形成第二多孔径阵列的多个孔,其中所述第二多孔径阵列的孔径布置在所述基本图案的位置处;

第二多孔径选择器板,其具有主面和形成第三多孔径阵列的多个孔,其中所述第三多孔径阵列的孔径布置在所述基本图案的位置处;

载体,构造为使得所述第一多孔径选择器板和所述第二多孔径选择器板能够安装在所述载体上;

致动器,构造为移动所述载体,使得在第一操作模式中,将所述第一多孔径选择器板布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游,以及在第二操作模式中,将所述第二多孔径选择器板布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游;

其中,所述源、所述多孔径板和所述载体被布置为使得在所述多孔径板、所述第一多孔径选择器板和所述第二多孔径选择器板下游的位置处产生第一数量的带电粒子小波束;以及

其中,所述第一多孔径选择器板和所述第二多孔径选择器板的孔径具有直径,以及其中所述第三多孔径阵列的孔径的直径大于所述第二多孔径阵列的孔径的直径。

20. 根据权利要求19所述的带电粒子多小波束系统,其中所述致动器构造为在第一操作模式中将所述第二多孔径阵列插入所述带电粒子束路径中,以及在第二操作模式中将所述第三多孔径阵列插入所述带电粒子束路径中。

21. 根据权利要求20所述的带电粒子多小波束系统,其中在所述第一操作模式中在所述多孔径板和所述多孔径选择器板二者下游的位置处产生第一数量的带电粒子小波束,在所述第二操作模式中在所述多孔径板和所述多孔径选择器板二者下游的位置处产生第二数量的带电粒子小波束,所述第一数量不同于所述第二数量。

22. 根据权利要求19所述的带电粒子多小波束系统,还包含聚焦透镜,其布置在所述多孔径板和所述多孔径选择器板二者下游的束路径中。

23. 根据权利要求22所述的带电粒子多小波束系统,还包含载台,用于将物体安装在位于所述聚焦透镜下游的物平面中。

24. 根据权利要求22所述的带电粒子多小波束系统,还包含第一电压源,其构造为将第一电压提供给所述多孔径板,使得穿过所述多孔径板的孔径的带电粒子小波束各自在所述多孔径板下游的一距离处具有小波束焦点。

25. 根据权利要求24所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述聚焦透镜被构造为使得所述小波束焦点成像于物平面上。

26. 根据权利要求25所述的带电粒子多小波束系统,还包含具有孔径的场分离电极,其布置在所述聚焦透镜下游且在物平面上游的带电粒子束路径中。

27. 根据权利要求26所述的带电粒子多小波束系统,还包含第二电压源和第三电压源,该第二电压源被构造为将第二电压提供给所述场分离电极,该第三电压源被构造为将第三电压提供给物体。

28. 根据权利要求19所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述基本图案包括六边形图案和矩形图案中的至少一个。

29. 根据权利要求22所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述聚焦透镜包含磁极靴、以及用于在所述极靴之间产生聚焦磁场的至少一个线圈。

30. 根据权利要求22所述的带电粒子多小波束系统,其中,所述聚焦透镜包含至少一对电极、以及用于在该对电极之间产生聚焦电场的电压源。

31. 一种操作带电粒子多小波束系统的方法,包含:

在第一操作模式中将第一数量的带电粒子小波束引导至物体,其中所述带电粒子小波束穿过第一多孔径阵列的相应孔径;

在第二操作模式中将第二数量的带电粒子小波束引导至所述物体,其中所述带电粒子小波束穿过第二多孔径阵列的相应孔径;

带电粒子小波束的第一数量不同于带电粒子小波束的第二数量,以及

其中所述第一多孔径阵列的孔径的直径大于所述第二多孔径阵列的孔径的直径。

粒子光学系统及布置与用于该系统及布置的粒子光学组件

[0001] 本申请是申请号为201180057076.2、申请日为2011年9月23日、发明名称为“粒子光学系统及布置,以及用于这种系统及布置的粒子光学组件”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及产生和使用带电粒子的多个小波束 (beamlet) 的带电粒子系统。本发明尤其涉及一种带电粒子检查系统,诸如显微镜系统,以及涉及带电粒子修改 (modification) 系统,例如电子光刻或选择性材料沉积/去除系统。

[0003] 本发明可应用于任何类型的带电粒子,例如电子、离子(带电原子或分子)、正电子、 μ 介子等。

背景技术

[0004] 对更小和更复杂的微结构化器件的日益增加的需求,以及对增加它的制造和检查过程的吞吐量的需求已经称为粒子光学系统的发展的动机,所述粒子光学系统使用多个带电粒子小波束来取代单个带电粒子束,因此明显改善这种系统的吞吐量。多个带电粒子小波束可由例如使用多孔径阵列的单个柱 (column),或由多个单独的柱,或二者的组合来提供,如下文将更详细说明的。多小波束的使用关系到对粒子光学组件、布置和系统(例如显微镜、光刻系统和掩模修复系统)的全范围的新挑战。

[0005] 从US 6,252,412 B1可知传统的多带电粒子多小波束系统。那里公开的电子显微镜设备用于检查物体,例如半导体晶片。多个一次电子束彼此并行地聚焦在物体上,以在物体上形成多个一次电子束斑点 (spot)。检测由一次电子产生并从各自的一次电子束斑点发出的二次电子。针对每一个一次电子束,提供分离的电子束柱。紧密地组装多个分离的电子束列。形成在物体上的一次电子束斑点的密度被形成电子显微镜设备的电子束柱的残存足印所限制。因此,实际上还限制了可同时形成在物体上的一次电子束斑点的数量,导致在以高分辨率检查半导体晶片时设备的吞吐量受限。

[0006] 从US 5,892,224、US 2002/0148961 A1、US 2002/0142496 A1、US 2002/0130262 A1、US 2002/0109090 A1、US 2002/0033449 A1、US 2002/0028399 A1可知使用聚焦在待检查的物体的表面上的多个一次电子小波束的电子显微镜设备。

[0007] 从WO 2005/024881可知一种粒子光学系统,其中通过照明其中形成多个孔的多孔径板来产生多个小波束,其中通过设置在多孔径板上游的电子源产生单个电子束。电子小波束由电子束的穿过孔径的电子形成在多孔径板下游。多个一次电子小波束通过具有孔的物镜而聚焦物体上,该孔被所有的一次电子小波束穿过。然后,一次电子斑点的阵列形成在物体上。由各个一次电子斑点发射的二次电子形成各自的二次电子小波束,使得产生与多个一次电子束斑点相应的多个二次电子小波束。多个二次电子小波束也穿过物镜,并且设备提供二次电子束路径,使得将各个二次电子小波束被提供给多个检测器中相应的一个。维恩 (Wien) 滤波器用于将二次电子束路径从一次电子小波束的束路径分离。因为使用了包含多个一次电子小波束的一个共同的一次电子束路径和包含多个二次电子小波束的一个

共同的二次电子束路径,所以可在视场内的多个子区域中同时执行物体的辐射和成像,因此通过减少检查或处理时间而提高了系统的吞吐量。

[0008] 因此,增加所用的一次小波束的数量可提高这种系统的吞吐量。在可利用的视场内的小波束的最大可能数量由可实现的最小的小波束节距(pitch)来限定,其继而直接与二次电子光学系统的分辨率相关。二次电子光学系统的分辨率主要是存在于样品表面与粒子光学系统的物镜之间的空间内的电场强度的函数,该电场强度用作二次电子的提取场(extraction field)。提取场的强度的增加通常提高二次电子光学系统的横向分辨率(横向于系统的光轴)。

[0009] 然而,不能随意调整样品表面上方的电场强度,这是因为许多样品仅容忍受限的电场强度在其表面上。更高强度的电场可导致样品表面构造的不期望修改达到损坏样品的程度。因为样品表面的提取场强度在某种程度上由来自系统的带电粒子光学柱的组件的场穿透(field penetration)所决定,所以提取场在宽范围上的变化需要柱的机械设置的适配以及施加至它的电-光操作组件的电势的适配。因为粒子光学柱中的电势通常是预先确定的,所以带电粒子光学柱的相应变化是不可能的。从而,提取场强度的由来自系统的带电粒子光学柱的组件的穿透所限定的部分形成受限的参数,所以提取场强度通常仅可在受限制的范围内变化。

[0010] 因此,可能对于带电粒子光学系统的应用(其中使用允许更高提取场强度的样品)未最优化一次小波束的最大可能数量以及因此未最优化系统的吞吐量。

[0011] 因此,期望带电粒子光学系统中可以具有能够针对特定应用而有效且容易地管理系统的适配的特征。

发明内容

[0012] 考虑上述技术问题,完成本发明。

[0013] 本发明的实施例提供了一种带电粒子多小波束系统,用于形成多个带电粒子小波束,其数量可容易地适配于系统的特定应用。

[0014] 带电粒子多小波束系统包含:带电粒子的源;具有多个孔的第一多孔径板,其布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游;第一多孔径选择器板,具有多个孔;载体,其中所述第一多孔径选择器板安装在所述载体上;致动器,构造为移动所述载体,使得在所述系统的第一操作模式中将所述第一多孔径选择器板布置在所述系统的带电粒子束路径中所述源的下游,并且使得在所述系统的第二操作模式中将所述第一多孔径选择器板布置在所述带电粒子束路径之外。因此,所述源、所述第一多孔径板和所述载体被布置为使得在所述第一操作模式中,在所述第一多孔径板和所述第一多孔径选择器板二者下游的位置处产生第一数量的带电粒子小波束,并且使得在所述第二操作模式中,在所述位置处产生第二数量的带电粒子小波束,其中小波束的第一数量与小波束的第二数量不同。

[0015] 带电粒子多小波束系统还可包含聚焦透镜,其布置在所述第一多孔径板和所述第一多孔径选择器板二者下游的束路径中。这种聚焦透镜使得小波束能够聚焦于布置在聚焦透镜下游的物体表面上,用于在物体表面上形成多个一次带电粒子束斑点。对于物体的定位,该系统优选包含载台,用于将物体安装在位于聚焦透镜下游的物平面中。

[0016] 带电粒子多小波束系统还可包含第一电压源,其构造为将第一电压提供给所述第

一多孔径板,使得穿过所述第一多孔径板的孔径的带电粒子小波束各自在所述第一多孔径板下游的一距离处具有小波束焦点。通过为第一多孔径板设定相应的电势,第一多孔径板代表单独静电透镜(electrostatic lenses)的阵列,其在下文中也称为微透镜阵列。

[0017] 因此,优选地,带电粒子多小波束系统的聚焦透镜构造为使得小波束焦点成像于物平面上。因此,布置在聚焦透镜的物平面中的物体或样品表面上的一次带电粒子束斑点的尺寸被最小化。

[0018] 带电粒子多小波束系统还可包含具有孔径的场分离电极,其布置在所述聚焦透镜下游且在所述物平面上游的带电粒子束路径中。各个场分离电极分别影响位于物平面中或在其附近的物体的表面处的场强度,并因此降低改变待测量的器件或样品的表面构造的风险。在另一实施例中,场分离电极的孔径具有一直径,使得该孔径在第一操作模式中由第一数量的小波束穿过,而在第二操作模式中由第二数量的小波束穿过。通过在不同的操作模式中将场分离电极的孔径适配于不同的小波束构造,不同的操作模式之间的转换变得容易。在优选的实施例中,场分离电极的直径小于2.0mm、1.5mm、1.0mm、0.8mm、0.6mm和0.4mm中的至少一个,允许将孔径直径适配于带电粒子多小波束系统的视场。

[0019] 根据带电粒子多小波束系统的另一实施例,聚焦透镜具有由多个小波束穿过的孔直径,并且其中满足以下关系中的至少一个:

[0020] $Db/De > 2, Db/De > 5, Db/De > 10$ 以及 $Db/De > 20$,

[0021] 其中,Db表示聚焦透镜的孔直径,以及De表示场分离电极的直径。

[0022] 根据另一实施例,场分离电极离物平面的距离小于2.0mm、1.2mm、0.8mm、0.5mm、0.3mm和0.2mm。

[0023] 另一实施例包含第二电压源和第三电压源,该第二电压源构造为将第二电压提供给场分离电极,该第三电压源构造为将第三电压提供给物体。这允许控制物体表面处的电场强度。在实施例中,施加至场分离电极的电压势与施加至聚焦透镜的面朝场分离电极的下表面的电压势匹配,因此根据特定实施例,第二电压源可用于为场分离电极和聚焦透镜的下表面二者供电。在另一实施例中,带电粒子光学系统还包含控制器,其构造为控制致动器和第二及第三电压源,因此控制器控制致动器,使得在第一操作模式中的小波束的第一数量小于在第二操作模式中的小波束的第二数量。注意,可以单单元或多单元的形式来实施控制器。

[0024] 在另一实施例中,控制器构造为控制第一及第二电压源,使得在第一操作模式中,第一电压差存在于第二电压和第三电压之间,并使得在第二操作模式中,第二电压差存在于第二电压和第三电压之间,以及其中第一电压差与第二电压差不同。通过对操作模式来控制第二和第三电压之间的电压差,可将在物体表面处的电场适配于一次带电粒子束斑点在物体表面上的构造。在具体实施例中,第一电压差小于第二电压差,反映了一次带电粒子束斑点的数量在不同操作模式之间的差别。

[0025] 根据带电粒子光学系统的另一实施例,控制器构造为控制第二及第三电压源,使得在第一操作模式中,在物平面处存在第一电场强度,并且使得在第二操作模式中,在物平面处存在第二电场强度,以及其中第一电场强度与第二电场强度不同。根据另一实施例,第一电场强度小于第二电场强度。

[0026] 在带电粒子多小波束系统的优选实施例中,第一多孔径板的孔径以规则的图案来

布置,其允许将所照射的物体表面均匀划分成子区域,每一个子区域由一个小波束照射。因此,规则的图案优选包括六边形图案和矩形图案中的至少一个,第一种使得具有最高可能的小波束密度,第二种直接将关注的区域细分为矩形图案的子区域。

[0027] 根据另一实施例,聚焦透镜包含磁极靴,以及用于在极靴之间产生聚焦磁场的至少一个线圈。因此,控制器优选构造为控制聚焦磁场,使得聚焦磁场在第一和第二操作模式二者中为相同的场。

[0028] 根据一有利的发展,带电粒子光学系统的实施例包含聚焦透镜,其包含至少一对电极、以及用于在该对电极之间产生聚焦电场的电压源。因此,控制器有利地构造为控制聚焦电场,使得聚焦电场在第一和第二操作模式二者中为相同的场。

[0029] 带电粒子光学系统的另一实施例包含检测器,其布置为检测从物平面发射的带电粒子。为了分开检测由各个小波束产生的不同的二次带电粒子束,检测器有效地包含多个检测器元件,其构造为使得每一个检测器元件接收物体上由一个小波束产生的带电粒子。

[0030] 本发明的进一步实施例提供一种方法,其包含:将第一数量的带电粒子小波束引导至所述物体,且施加至物体的表面的电场具有第一场强度;以及将第二数量的带电粒子小波束引导至所述物体,且施加至所述物体的表面的电场具有第二场强度。因此,优选地,第一数量小于第二数量,第一电场强度小于第二电场强度。使用根据本发明的上述实施例之一的带电粒子小波束系统来有效地执行该方法。

附图说明

[0031] 在以下描述中,关于特定实施例以及关于附图来详细说明本发明,其中:

[0032] 图1为示出多小波束带电粒子显微镜系统的基本特征和功能的示意图;

[0033] 图2为带电粒子多小波束发生器的第一实施例的示意图;

[0034] 图3为带电粒子多小波束发生器的第二实施例的示意图;

[0035] 图4为带电粒子多小波束发生器的第三实施例的示意图;

[0036] 图5为一次小波束形成单元的实施例的轴测图投影的示意图;

[0037] 图6示出了具有以六边形构造布置的孔径的多孔径阵列的一部分的俯视图;

[0038] 图7以轴测图投影示出了一次小波束形成单元的实施例的示意图;

[0039] 图8示出了根据图1的多小波束带电粒子显微镜系统的光学柱的下部的实施例的示意图;

[0040] 图9示出了图解来自图8示出的场分离电极的孔径直径的场穿透对该电极至物体表面的距离的依赖性的图;以及

[0041] 图10示出了图解根据本发明的方法的实施例中使用的基本方法的流程图。

具体实施方式

[0042] 在下文所述的示例实施例中,在功能和结构上相似的组件尽可能由类似的参考符号表示。

[0043] 图1的示意图示出了多小波束带电粒子显微镜系统1的基本特征和功能。注意,图中所用的符号不代表示出的组件的物理构造,而已经被选择为用符号表示它们各自的功能。示出的系统的类型为扫描电子显微镜(SEM)类型,该扫描电子显微镜使用多个一次电子

小波束3,用于在位于物镜102的物平面101中的物体7上产生一次电子束斑点5。然而,不言而喻,也可使用其他类型的一次带电粒子,例如离子(特别是氦离子)、正电子、 μ 介子等,代替电子来实现系统1的特征和功能。

[0044] 示出的显微镜系统1包含:带电粒子多小波束发生器300,用于产生多个一次带电粒子小波束3;分束器单元400,用于将二次带电粒子束路径11从一次带电粒子束路径13分离;物体照射单元100,适配于将一次带电粒子小波束3聚焦在物平面101上;以及检测单元200,用于针对每一个二次带电粒子小波束9产生单独的强度信号。

[0045] 在示出的实施例中,一次小波束发生器300包含电子源301、准直透镜303、一次小波束形成单元305和场透镜307。

[0046] 电子源301产生发散的电子束309,其由准直透镜准直,以形成入射在一次小波束形成单元305上的束311。可使用产生两个或更多个发散电子束的电子源,代替如图1所示的只产生一个发散电子束309的电子源。然后,两个或更多个电子束由仅一个准直透镜303准直或由合适数量的准直透镜303(每一个准直透镜准直多个单独(individual)电子束309的子集或仅其中一个)准直。

[0047] 小波束形成单元305主要包含第一多孔径板和第二多孔径板,第一多孔径板由一个或多个电子束311照明,第二多孔径板关于束311中的电子的移动方向而位于第一多孔径板的下游。优选地,将第二多孔径板设定为限定的电势,使得向孔径赋予聚焦质量,并且第二多孔径板呈现微透镜阵列的功能。下文参考带电粒子多小波束发生器的不同实施例来说明小波束形成单元305的进一步细节。

[0048] 在束斑点5处入射在物体7上的一次电子产生从物体7的表面发射的二次电子。二次电子形成二次电子小波束9,其沿着二次束路径11穿过物镜102和分束器单元400。分束器单元400通常利用磁场将二次束路径11从一次束路径13分离,并将二次束路径11引导至检测单元200。

[0049] 检测单元200包含投射透镜205,用于将二次电子小波束9投射在检测器布置209的电子敏感检测器207的表面平面211上。电子敏感检测器207可为单个装置或包含多于一个单独检测器。不考虑这些,检测器207提供感测区域的阵列,以与通过投射透镜205聚焦在检测器表面211上的二次带电粒子小波束9的图案一致的图案来布置所述感测区域。这使得能够独立于入射在检测器表面211上的其他二次带电粒子小波束9而检测每一个单独的二次带电粒子小波束9。因此,产生了多个电信号,由此,各信号的值对应于仅一个二次小波束9的特征。

[0050] 如果一次小波束发生器300不仅允许改变一次小波束3的图案,使得各个图案形成基本图案的子图案,而且还允许改变基本图案,则检测器布置209优选配备有其它检测器207,每一个其它检测器207以不同的基本图案布置其感应区域。因为二次小波束9的图案对应于由一次小波束发生器300产生的一次小波束3的图案,所以各个检测器207的感应区域阵列图案优选地对应于可用于一次小波束3的图案之一。

[0051] 物体照射单元100包含物镜102,其将一次带电粒子小波束3聚焦在物平面101上,在该物平面中,物体7的研究表面由诸如样品台的物体载具(object mount)来定位。在图中未示出物体载具。

[0052] 图2的示意图示出了用于小波束发生器300中的小波束产生布置300'的第一实施

例的基本组件。一次小波束3仅被显示到其第一焦平面,但是应理解的是,小波束在该平面之外延伸以进入场透镜307(仅在图1中示出),并沿着一次带电粒子束路径13。

[0053] 小波束产生布置300'包含一次带电粒子的源301、准直透镜303和一次小波束形成单元305。

[0054] 在示出的示例中,一次带电粒子源以电子源301的形式实现,该电子源以发射端310和提取电极302为特征。当使用不是电子的一次带电粒子,例如氦离子时,一次带电粒子源301的构造可能与示出的不同。

[0055] 电子源301发射发散的电子束309,其在所示示例中由准直透镜303准直,以形成准直束311。准直透镜303通常由一个或多个静电透镜或磁透镜形成,或由静电透镜和磁透镜的组合形成。准直透镜的使用不是必须的,但其在小波束形成单元305中使用的多孔径板具有平面构造(即以非弯曲平面布置孔径315的构造)时是优选的。当未使用准直透镜303时,多孔径板313和320的孔径315优选地布置在曲面中,该曲面的曲率适配于一次束309的发散度,如例如在文献W0 2007/028596 A1中所述,通过引用将该文献并入本文。

[0056] 准直束311(或在未使用准直透镜时为非准直束)入射于一次小波束形成单元305的多孔径选择器板313上。多孔径选择器板313具有形成于其中的两个或更多个孔径阵列317。每一个孔径阵列包含形成于多孔径选择器板313中的一个或多个孔315。可以一维或以二维图案来布置多孔径阵列的孔径,其中,对于物体表面的快速检查,二维图案是优选的。

[0057] 图2的截面图示出了三个不同的多孔径阵列的孔径布置,即在图2的示图中由准直电子束311照射的阵列317,以及都位于电子束311之外的阵列317i和317ii。典型地,不同的孔径阵列在每一阵列中出现的孔径数量、孔径的几何布置、孔径的尺寸和/或形状,或它们的组合上彼此不同。

[0058] 在图2示出的示例实施例中,所有的多孔径阵列都形成在多孔径选择器板313中。当选择多孔径阵列中的特定一个时,使用致动器350移动保持多孔径选择器板313的载体340,使得期望的多孔径阵列位于电子束311中。在一次小波束形成单元305的另一实施例中,载体340构造为承载多于一个的多孔径选择器板,其中每一个多孔径选择器板中仅形成一个多孔径阵列。在一次小波束形成单元305的又一实施例中,至少一个多孔径选择器板中形成多于一个的多孔径阵列,其中根据有利的发展,多孔径选择器板之一中的多孔径阵列或多个阵列的基本图案与形成于另一个多孔径选择器板中的多孔径阵列的基本图案不同。载体340还可适配于以可交换的方式承载一个或多个多孔径选择器板313。例如,载体340具有传送带(carousel)形式的结构,其具有一个或更多的夹钳用于可拆卸地保持多孔径选择器板313,多孔径选择器板313中形成有一个或多个多孔径阵列317。不同的多孔径板可保存在停放(parking)位置,可利用夹钳机构从该停放位置将该多孔径板捡起和放下。除了传送带形式的结构,也可使用其他结构,例如像X-Y-工作台的线性位移机构。

[0059] 准直电子束311的宽度(或多孔径选择器板313的位置处的非准直束的宽度)优选地适配于多孔径阵列317的尺寸,即束的横截面几何形状构造为照射形成于多孔径选择器板313中的多孔径阵列317、317i和317ii的所有孔径。在图2所示实施例的变型中,掩模位于多孔径选择器板313上游,用于使带电粒子束311的横截面几何形状适配于多孔径阵列317、317i和317ii的周界。优选地,掩模由板状结构形成,该板状结构具有构造为遮蔽带电粒子束311的外围部分的孔径。因此,孔径的几何形状优选地适合于将带电粒子束311限制于由

多孔径阵列允许的最大边界所限定的区域。

[0060] 根据进一步优选的实施例,掩模包含多孔径阵列,而不是单个孔径,其中多孔径阵列的图案代表形成在多孔径选择器板中的所有多孔径阵列的联合。多孔径阵列掩模330(仅在图7中示出)遮住带电粒子束311的照射掩模的实体区域的所有部分。只有进入孔径的带电粒子可穿过多孔径掩模,从而形成与掩模中的孔径一样多的部分束3a。然后,位于多孔径掩模下游的多孔径选择器板313用于选择由多孔径掩模形成的数量的部分束3a中的特定的一些。将多孔径掩模置于多孔径选择器板313上游会提高一次小波束形成单元305的光学参数的稳定性,因为通过多孔径掩模已经吸收了带电粒子束311的非使用部分的大多数能量而降低了多孔径选择器板313的热应力。

[0061] 利用多孔径选择器板313选择的部分束3a进入第二多孔径阵列320的孔径,由此每一个部分束3a穿过形成于第二多孔径阵列320中的不同孔径。注意,除了由部分束3a穿过的那些,第二多孔径阵列320还可包含其它孔径,例如用以降低可能的像差效应。

[0062] 典型地,其中具有形成为开口321的孔径的导电板形成第二多孔径阵列320。为该板设置合适的电势。为了设定电势,使用由控制器500控制的电压源501。通常,也将相同的电势施加至多孔径选择器板或多个板313。在一些实施例中,使用由控制器500控制的分离的电压源501'来控制多孔径选择器板或多个板313与第二多孔径阵列320之间的电压差。通过施加合适的电势至多孔径阵列320,在阵列的开口附近的电场弯曲,从而聚焦部分束3a,以形成小波束3。

[0063] 在另一优选实施例(图中未示出)中,多孔径选择器板或多个板313和第二多孔径阵列320布置在没有电场的空间中,其中,小波束的聚焦由位于第二多孔径阵列320下游的静电透镜实现。

[0064] 因此,每一个孔径形成微透镜,并且第二多孔径阵列320代表如上所述的微透镜阵列320。微透镜321的每一个的周界几何形状,即每个开口321的轮廓,至少与穿过其的相应部分束3a的横截面几何形状的轮廓相同,但优选更大以降低像差。换句话说,多孔径阵列317中的孔径315的轮廓小于或等于由同一粒子束穿过的相应微透镜的轮廓,也就是说,当在穿过二者的部分束3a的方向上看时,孔径315的轮廓不延伸到相应微透镜的轮廓之外。

[0065] 优选地,微透镜321的形状和位置适配于微孔径板313中的相应孔径315的形状和位置。微透镜阵列320可进一步包含改进小波束3的质量的附加结构。关于这个的细节例如描述于文献W0 2005/024881中,在此通过引用将该文献并入本文。

[0066] 与多孔径选择器板313不同,根据图2示出的实施例的微透镜阵列320仅包含微透镜321的一个阵列。微透镜321的数量和布置代表了由多孔径选择器板313提供的单独的多孔径阵列317、317i和317ii的联合。微透镜321位于以预定图案布置的位置处。因此,微透镜的位置由其几何形状的特性来限定,例如圆形或椭圆形轮廓的中心等。

[0067] 阵列317、317i和317ii的孔径315的位置也以图案布置。以与微透镜相同的方式来限定孔径位置。多孔径阵列的图案317、317i和317ii与微透镜阵列的图案相对应为前者与后者相同或形成后者的子集。当使用发散的带电粒子束309,而不是准直的带电粒子束311时,多孔径阵列317的图案典型地为微透镜阵列图案或其子集的成比例(scaled)版本。

[0068] 图3和4示出了带电粒子多小波束发生器300的进一步实施例300''和300'''。各个实施例包含一次小波束形成单元305,该一次小波束形成单元305具有与根据图2的多小波束

发生器300相同的构造,但用于产生入射于小波束形成单元305上的准直一次束311的构造不同。

[0069] 示出的实施例具有两个一次带电粒子源301和301',但是也可包含更多的(例如三个或四个)带电粒子源。在图3所示的实施例中,从带电粒子源301和301'发射的一次束309和309'被静电偏转单元301a调准(align),然后由同一准直透镜303准直。在图4所示的实施例中,在各个单独的一次束路径中仅使用准直透镜303和303'之一来分开地准直从带电粒子源301和301'发射的一次束309和309'。单独的准直带电粒子束311和311'并排布置,以实现多孔径阵列317的大致邻接的照明。应理解的是,为了实现准直一次束311和311'的并排布置,除了图中所示的那些,还可使用另外的带电粒子光学元件,例如像图3中的单元301a的偏转单元或沿着准直束路径布置的不同的偏转单元。

[0070] 图5的示意图示出了具有多孔径选择器板313的一次小波束形成单元305的示例实施例的构造和功能,多孔径选择器板313中形成了四个不同的多孔径阵列317i、317ii、317iii和317iv。各个多孔径阵列的孔径布置在由阵列317i和317iv的位置图案(即矩形的5x5图案)代表的基本图案的位置处。多孔径选择器板313可位于与其主面平行的平面中,所述主面用于改变插入带电粒子束311中的多孔径阵列。

[0071] 示出的示例中所示的阵列的孔径都具有圆形轮廓,其中第四阵列317iv的孔径的直径大于其他三个阵列中的孔径的直径。第一阵列317i的孔径和第四阵列317iv的孔径以对应于规则的矩形栅格构造的图案布置。第二317ii和第三317iii多孔径阵列的孔径各以形成阵列317i和317iv的子图案的图案布置。在示出的示例中,多孔径阵列仅形成在一个多孔径选择器板313中。在与此的不同实施例中,可如上所述使用两个或更多的多孔径选择器板313,其中各个多孔径选择器板313提供一个或多个多孔径阵列。

[0072] 通过将多孔径阵列317之一插入一次束311的路径中(该图中未示出),一部分束3a的阵列被形成为向多透镜阵列320的下游行进。其中形成孔径315的导体板形成多透镜阵列320。当将合适的电势施加给该板时,孔径315担当聚焦部分束3a以形成小波束3的微透镜。不是必须使微透镜完全由导电材料制成。只要透镜阵列的表面是导电的,也可使用其他的材料。为了更好的辨识,部分束3a和小波束3在图5中以阴影表示法显示。多透镜阵列320的矩形周界不是强制性的,在实际中,其可具有任何期望或需要的形状,例如用于将多透镜阵列安装在带电多小波束系统1的光学柱中。

[0073] 可使用不同的微透镜阵列,而不是如图5所示的仅使用一个多透镜阵列,以允许改变小波束构造的基本图案,例如从如图5所示的矩形栅格式结构变为六边形结构,如图6所示的多孔径阵列317的截面的结构。通过改变小波束构造的基本图案,例如可以改变小波束密度。当在使用如上所述的多孔径掩模330时提供多于一个微透镜阵列时,多孔径掩模优选构造为具有不同的掩模孔径阵列,每一个掩模孔径阵列符合不同的多透镜阵列之一。基本图案可具有任何类型,并且子图案也可被随期望而设计,例如星形或其他合适的图案,只要子图案符合它们相应的基本图案。

[0074] 在另一实施例中,多透镜阵列320(或多个多透镜阵列320)位于多孔径选择器板313(或多个多孔径选择器板313)上游,但是在可选的多孔径掩模330的下游。图7中示出了相应构造,其中所示的小波束形成单元305包含三个多孔径板,第一多孔径板330担当多孔径掩模,第二多孔径板320担当微透镜阵列,而第三多孔径板313担当多孔径选择器板。图7

所示的多孔径选择器板313位于微透镜阵列320的焦平面中。然而,应意识到,多孔径选择器板313还可位于微透镜阵列的焦平面之外,即,更靠近微透镜阵列320或在微透镜阵列320更远的下游。还应注意,准直束311以及小波束3是以截断的表示法示出的,其范围当然比所示的长。

[0075] 小波束形成单元305的所述实施例使得能够产生一次小波束阵列,其具有变化数量的小波束、小波束阵列的变化的图案以及单独小波束的变化的尺寸。因此,所述小波束形成单元使相应带电粒子多小波束系统1的使用者能够针对物体表面特征以及研究要求快速适配表面上的一次电子束斑点5以及注入到研究中的物体7的表面的电荷量。

[0076] 图中由微透镜或多孔径阵列的数量显示或表示的一次小波束3的数量仅被选择用于说明的目的。事实上,利用小波束形成单元305产生的一次小波束3的数量可为一至几千之间的任意数量。在实际中,可使用30x30,100x100或其它的小波束阵列。微透镜的节距可在5 μm 至200 μm 的范围内。微透镜直径可在微透镜节距的0.2至0.9倍的范围内,特别是在微透镜节距的20%至50%的范围内,在微透镜节距的30%至60%的范围内,在微透镜节距的40%至70%的范围内,在微透镜节距的50%至70%的范围内,在微透镜节距的50%至60%的范围内,在微透镜节距的60%至70%的范围内,在微透镜节距的70%至80%的范围内,和/或在微透镜节距的80%至90%的范围内。

[0077] 可利用的视场中能容纳的小波束的数量主要决定利用带电粒子多小波束光学系统实现的吞吐量。小波束3之间的节距由物体表面上的一次电子束斑点5之间的最小距离限定,并且其确定可容纳在给定视场内的小波束3的数量。小波束3之间的最小可能节距由分辨率确定,在相应的一次电子束斑点5处发出的二次电子可以该分辨率投射至检测器阵列207上。二次电子小波束9成像的分辨率主要依赖于二次电子小波束9的分离,其受物体表面处的二次电子小波束9的开口角度地强烈影响,并且其继而为物体表面附近的电场强度的函数。较高的电场强度提高二次电子小波束9的分离,并导致更高的二次路径分辨率。

[0078] 当使用具有静电组件的聚焦透镜(如图8所示的聚焦透镜)时,两个贡献量支配样品或物体表面处的电场:源于物体表面和聚焦透镜面朝向物体表面的表面之间的电势差的电场;以及从位于光学柱中物体表面上游的静电组件传播的电场。光学柱的组件的电势通常由柱光学特性限定,并且不能被改变来适配样品表面处的电场。因此,从光学柱传播至物体表面的场代表约束,而非参数。

[0079] 最佳吞吐量需要最小的小波束节距,其仅利用足够高的电场来实现,该电场足够高到在充分窄的开口角度内将二次电子从样品表面拉出。为了保证物体表面附近的电场不会影响到物体表面构造,一些应用需要使物体表面处的电场强度低于其他应用所需的电场强度。

[0080] 为了控制位于聚焦透镜102之下的物体表面处的电场强度,提供场分离电极103,其在优选的实施例中位于聚焦透镜和聚焦透镜102的物平面101之间。场分离电极将聚焦透镜和物体表面之间的空间细分为两个区域,并减少源自系统的光学柱的组件的场传播至样品表面。

[0081] 图8的横截面视图示出了带电粒子多小波束系统1的光学柱的下部的示例实施例。光学柱的示出的部分包含聚焦透镜102和位于物镜102和物平面101之间的场分离电极103,物体7的关注表面位于该物平面中。细节A的放大视图示出了围绕光轴1021的小区域中的物

镜102的下部,场分离电极103,以及样品7,并限定了用于场分离电极103的参数特征。注意,图8的表示不是按比例绘制的,并且其中使用的尺寸只用于说明目的。特别地,场分离电极103和聚焦透镜布置102的下部之间的距离通常小得多,并且聚焦透镜102和场分离电极的开口直径彼此还在较大程度上不同。

[0082] 图8所示的聚焦透镜102表示位于样品或物体7上游的物镜布置,其安装在一载台(stage)上(图中未示出)。示出的物镜布置102包含第一磁极靴1022,其关于带电粒子多小波束系统1的光学柱的光轴1021(或对称轴)为同心的。第二磁极靴1023位于第一磁极靴1022下方(即下游)。如同第一磁极靴,第二磁极靴1023也具有旋转对称构造,并布置为与光轴1021同心。形成在两个极靴中的腔容纳激励线圈(excitation coil),用于产生基本上对光轴1021对称的磁场。

[0083] 由第一激励线圈1024产生的磁场对在束管1028的面朝物平面101的末端离开束管1028的一次小波束的电子具有聚焦效应。第二激励线圈1025产生磁场,其用于精细调整由第一激励线圈1024产生的聚焦磁场的强度和位置。调整由位于第二极靴内的第三激励线圈1026产生的磁场,以补偿由第一和第二极靴之间的间隙限定的区域内的聚焦磁场。关于物镜布置102的构造和技术功能的细节被描述于国际公布W0 2007/060017中,在此通过引用将其内容并入本文。

[0084] 束管1028布置为围绕光轴1021的同心,其贯穿由第一极靴环绕的区域。将高电压源(图中未示出)施加至束管1028,使得一次带电粒子减速,而从样品7的表面发出的二次带电粒子加速。因为一次带电粒子在束管1028中减速,所以必须以较高能量将它们从一次带电粒子源301中提取出,以保证它们到达样品表面。一次带电粒子离开源301时的能量典型地在15keV和60keV之间,并且束管1028的减速电势(retarding potential)在15keV和30keV之间,由此典型地,一次带电粒子在样品方向上离开束管1028时的能量被设置在15keV和60keV之间。

[0085] 可将磁极靴设为不同的电势。例如,可将第一极靴设为接地电势,而将第二极靴设为与接地电势不同的电势,用于调整物体7处的电场强度。由此将一次带电粒子的着落能量(landing energy)设为典型地从50eV至3keV的值。

[0086] 注意,与图8所示的物镜布置102不同,其他类型的物镜,例如单个激励线圈的物镜布置也可用于本发明。

[0087] 利用束管1028产生的电场延伸穿过聚焦透镜102的孔,到达样品表面。其叠加由下极靴1023和样品表面之间的电势差所产生的电场。在关注的样品表面处产生的总场强度为两个场的场强度的加权和。

[0088] 为了将样品表面处的场强度调整至特定应用的要求,将场分离电极置于聚焦透镜102和样品之间,在样品表面上游的一距离 d 处,如图8所示。场分离电极103具有开口,其布置为与系统的光学柱的光轴1021和物镜布置102的孔同心。场分离电极的孔径的直径 D_e 小于物镜布置102的孔直径 D_b 。孔直径 D_b 和场分离电极103中的孔径的直径 D_e 的比率优选大于2,更优选地大于10,并且最优选大于20。孔径的直径优选地适配于所用的视场,因此小于2.0mm,优选小于1.5mm,更优选地小于1.0mm,更优选地小于0.8mm,更加优选地小于0.6mm,以及最优选地小于0.4mm的直径是优选的。

[0089] 在场分离电极的孔径或开口的直径足够小的情况下,在样品表面的电场主要由样

品和场分离电极之间的电势差来限定。因此,直接在关注的样品表面之上的电场的强度可由场分离电极的电势有效地控制。可使用控制器500控制电压差,该控制器可为还用于小波束产生布置的控制器或独立的控制器。控制器被适配于控制样品表面和场分离电极103之间的电压差。在图8所示的示例实施例上,控制器500在此控制场分离电极103的电压源502和样品7的电压源503。

[0090] 通过在场分离电极103和样品表面之间施加不同的电压差,可以两个或更多个模式来操作带电粒子光学系统1,每一个模式适配于特定应用。因为对于样品表面处的较低电提取场强度,二次电子小波束9成像的分辨率较低,而对于较高的电提取场强度,分辨率较高,所以最佳的吞吐量需要一次小波束节距适配于场分离电极103和样品7之间的电压差。较低的电压差比较高的电压差需要更大的节距。因此,当以具有第一数量的一次带电粒子小波束3的第一操作模式操作系统时,第一电压差被施加在场分离电极103和样品表面之间,以及当以具有第二数量的一次带电粒子小波束3的第二操作模式操作系统时,第二电压差被施加在场分离电极103和样品表面之间。假设在第一操作模式中存在的比第二操作模式少的一次小波束3,那么第一电压差小于第二电压差。从而,对于第一操作模式,利用场分离电极103和样品7之间的电势差实现的电场强度在样品表面处比第二操作模式的情况小。

[0091] 图9示出了图900,其示出了相对场穿透率(relative field penetration)相对于场分离电极的孔径的直径 D_e 与距离 d 之间的比率 D_e/d 的关系901,距离 d 是在样品表面和场分离电极103的下表面之间的距离。已经针对以下条件计算了该图:样品表面和场分离电极的下表面之间的距离 d 为0.8mm,场分离电极103中的开口的直径从0.01mm变化至1.2mm。外部场在场分离电极的上游表面处导致4kV/mm的场强度,该外部场被计算为经下方的(第二)极靴的0.66的场穿透因子校正的、在5mm上具有30kV的电势差。场穿透率被定义为样品表面处的场与场分离电极的上游表面处的场的比率。

[0092] 直到 D_e/d 的大约0.125的值(本计算中对应于 $D_e=0.1$ mm),外部场实际上不到达样品表面。随着直径 D_e 的进一步增加,场穿透率以第一近似对数地增加,在 $D_e/d=0.5$ (在本计算中 $D_e=0.4$)处小于50%,而在 $D_e/d=1.5$ 处约为85%。场分离电极的孔径的直径 D_e 因此可用作第二参数(第一参数为样品7和场分离电极103之间的电压差),以控制直接在关注的样品或物体的表面之上的电场强度。

[0093] 图10中示出的流程图100示出了根据本发明的实施例中使用的方法的基本步骤。方法在步骤1001中开始,其中选择第一数量的带电粒子小波束3入射于物体7或样品7上,同时将具有第一电场强度的电场施加至样品表面。优选地,通过使用根据上述实施例之一的带电粒子多小波束系统1、以及样品表面和场分离电极之间的电压差的相应控制,来调整电场的强度。

[0094] 在下一步骤1002中,将系统转换到第二操作模式,其中选择第二数量的带电粒子小波束3入射于物体7或样品7上,同时将具有第二电场强度的电场施加至样品表面。再次,优选地,通过使用根据上述实施例之一的带电粒子多小波束系统1、以及样品表面和场分离电极之间的电压差的相应控制,来调整电场的强度。当选择的小波束3的第二数量高于第一数量时,第二电场强度也高于第一电场强度,反之亦然。

[0095] 方法终止于步骤1003。替代地,样品的照射可重复,或者在样品表面的不同位置处继续,从步骤1001开始并进一步前进到步骤1002,或者从步骤1002开始并接着前进到步骤

1001。

[0096] 虽然在此已经以被认为是最实际和优选的实施例示出及描述了本发明,但是应理解,许多替代、修改及变型对于本领域技术人员来说是显而易见的。从而,这里所述的本发明的示例实施例意在说明而非以任何方式的限制。可进行各种改变,而不脱离如所附权利要求中限定的本发明的精神和范围。

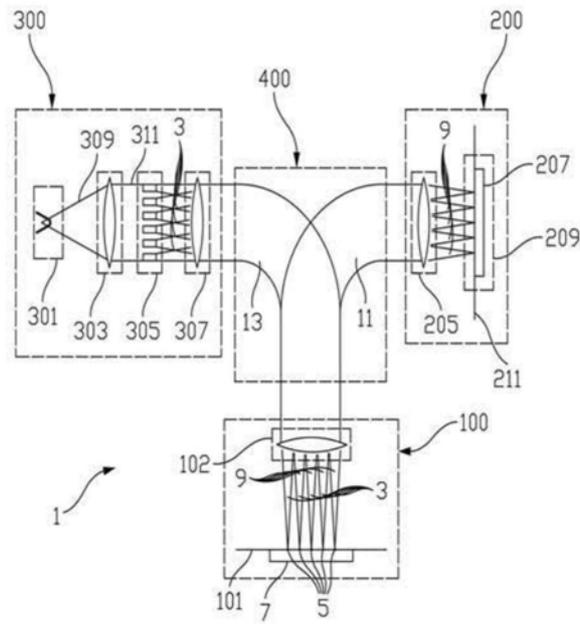


图1

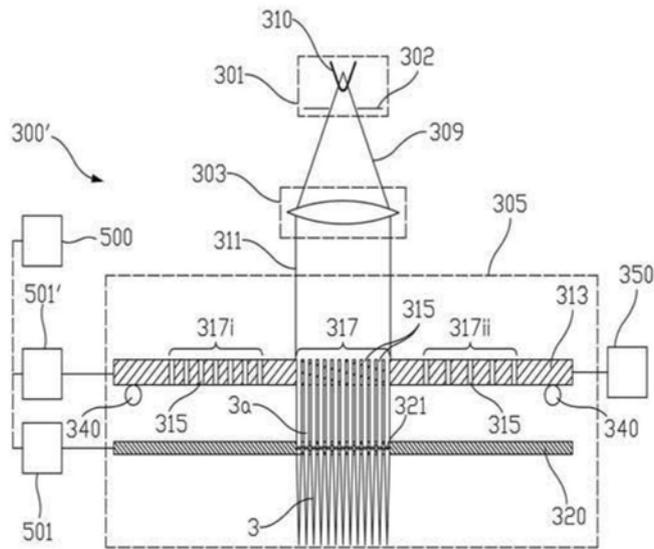


图2

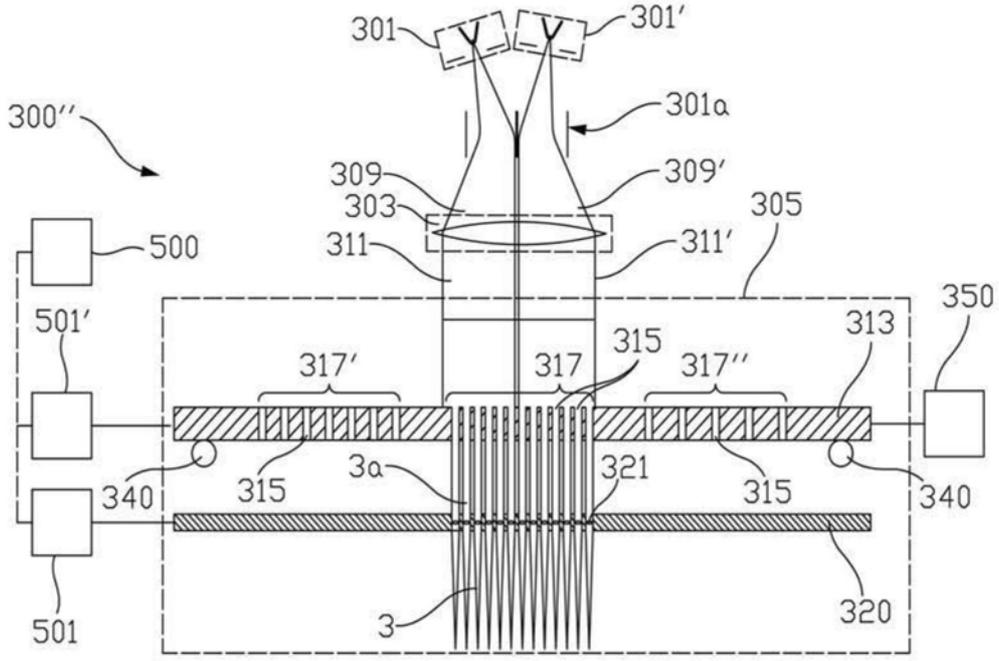


图3

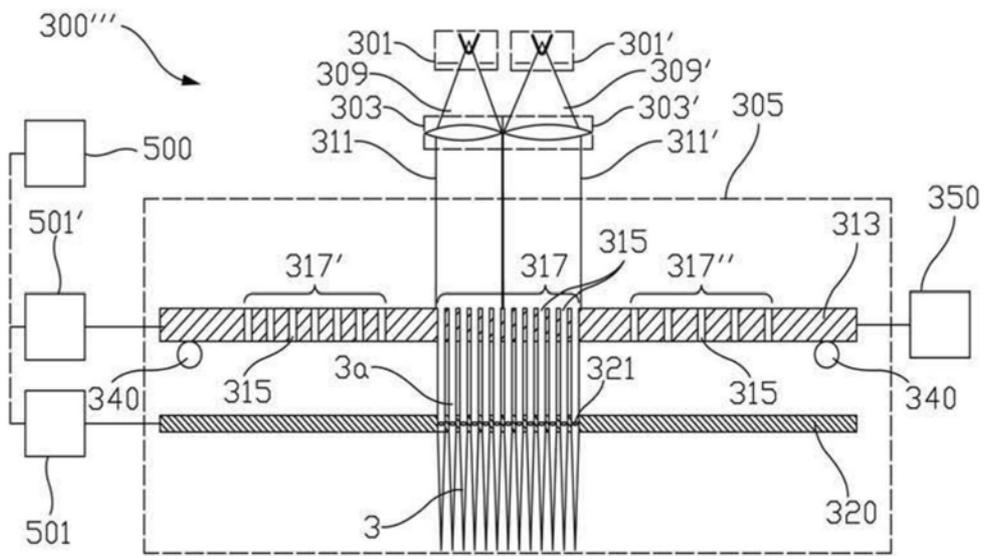


图4

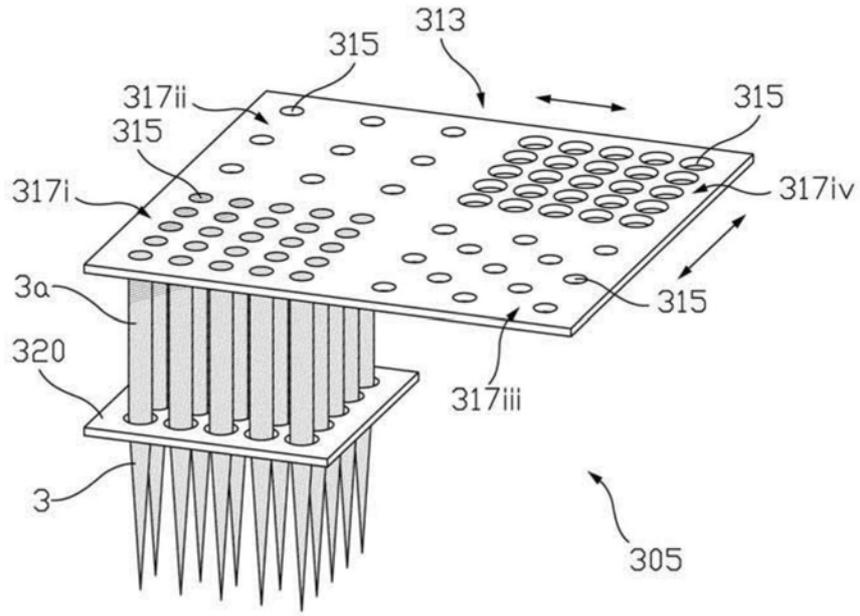


图5

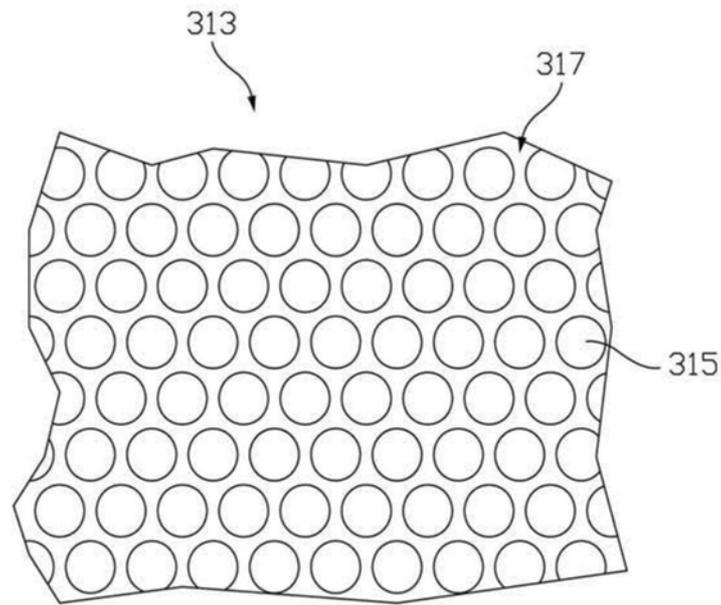


图6

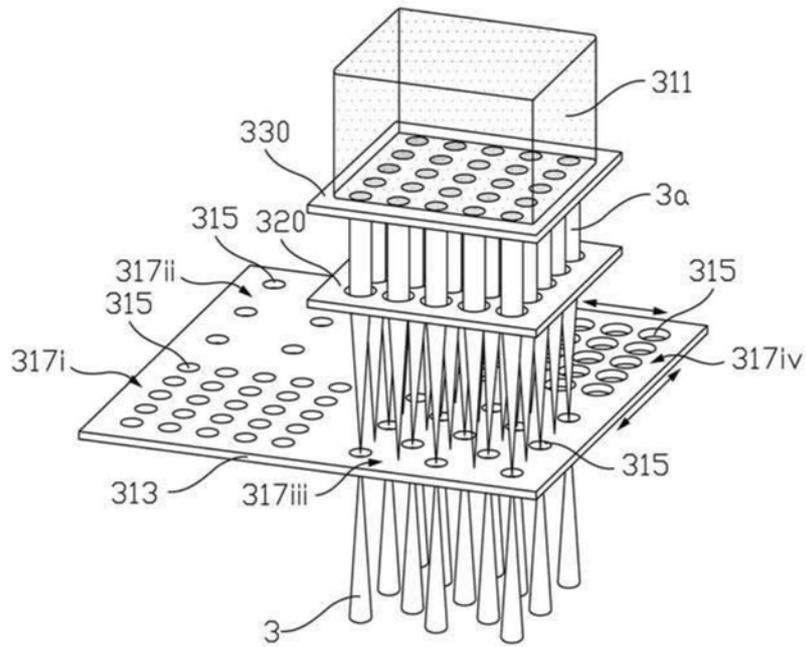


图7

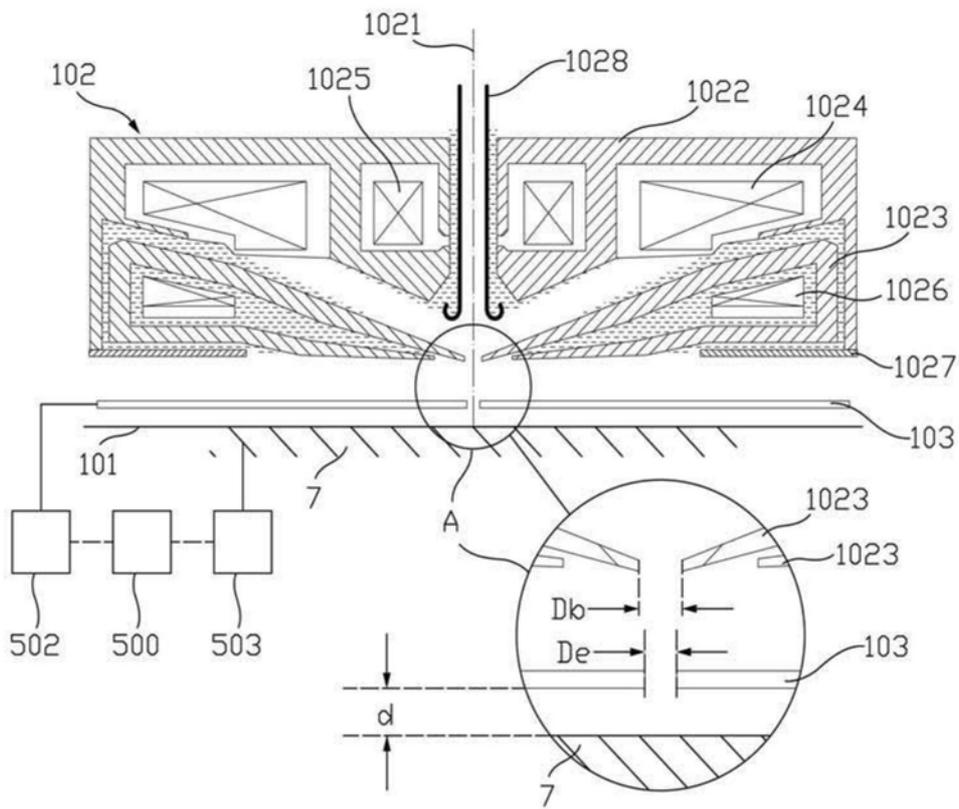


图8

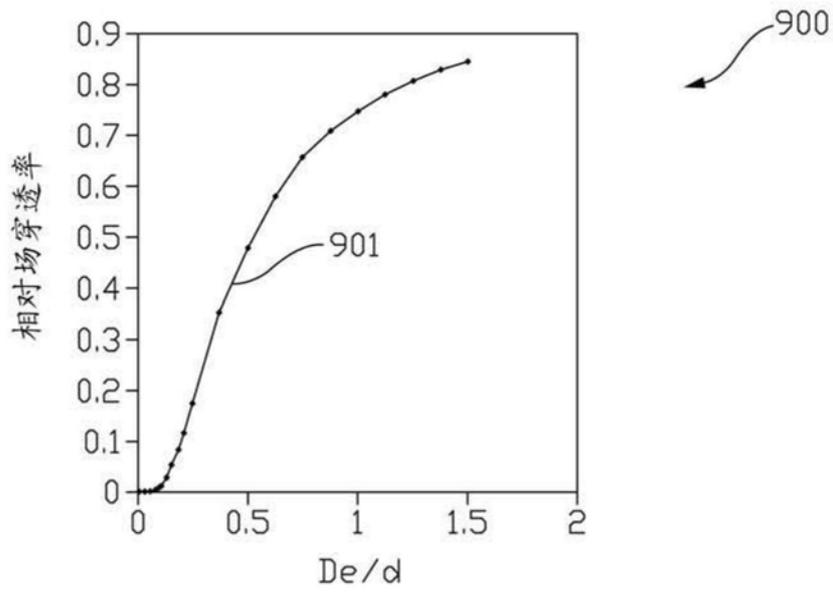


图9

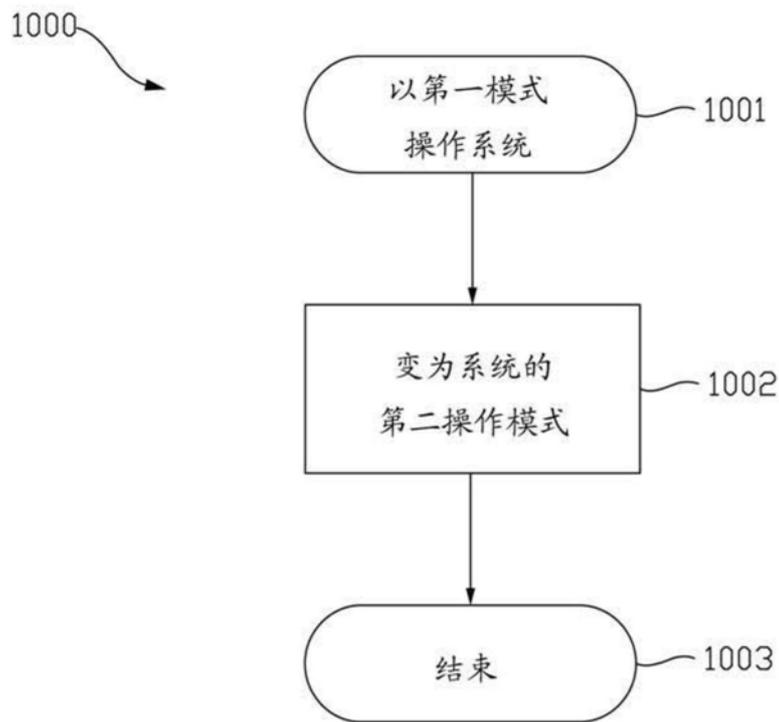


图10