



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110214361 B

(45) 授权公告日 2022.01.28

(21) 申请号 201780074730.8

(72) 发明人 于尔根·弗洛森 彼得·克鲁伊特

(22) 申请日 2017.11.27

(74) 专利代理机构 北京律诚同业内知识产权代理有限公司 11006

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110214361 A

代理人 徐金国 赵静

(43) 申请公布日 2019.09.06

(51) Int.CI.

H01J 37/28 (2006.01)

(30) 优先权数据

H01J 37/153 (2006.01)

15/366,482 2016.12.01 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2019.05.31

(56) 对比文件

CN 101103417 A, 2008.01.09

(86) PCT国际申请的申请数据

TW 201527745 A, 2015.07.16

PCT/EP2017/080506 2017.11.27

US 2006169910 A1, 2006.08.03

(87) PCT国际申请的公布数据

US 2016336142 A1, 2016.11.17

W02018/099854 EN 2018.06.07

US 2016284505 A1, 2016.09.29

(73) 专利权人 应用材料以色列公司

CN 1720445 A, 2006.01.11

地址 以色列雷霍沃特

审查员 李荣荣

专利权人 代尔夫特理工大学

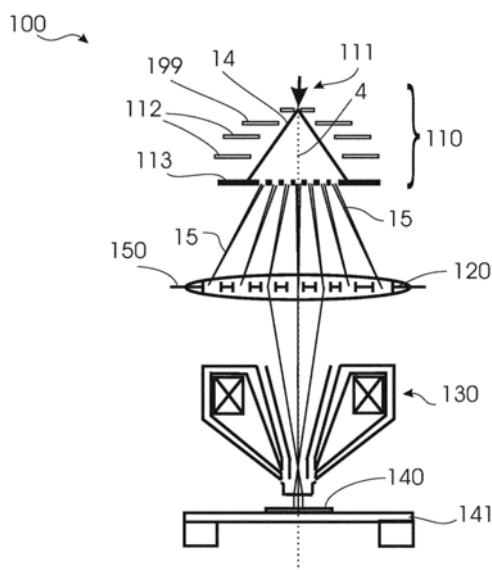
权利要求书3页 说明书15页 附图6页

(54) 发明名称

用于检查样本的方法和带电粒子多束装置

(57) 摘要

描述了一种用带电粒子束装置中的初级带电粒子小束的阵列检查样本的方法。方法包括以下步骤：用带电粒子束发射器产生初级带电粒子束；用初级带电粒子束照射多孔透镜板，以产生初级带电粒子小束的阵列；利用至少两个电极校正场弯曲，其中至少两个电极包括孔开口；用透镜将初级带电粒子小束引导朝向物镜；引导初级带电粒子小束穿过布置在透镜内的偏转器阵列；其中透镜和偏转器阵列的组合作用引导初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点；和利用物镜将初级带电粒子小束聚焦在样本上的不同位置上。



1. 一种利用带电粒子束装置中的初级带电粒子小束的阵列检查样本的方法，利用带电粒子束源的带电粒子束发射器产生初级带电粒子束；利用所述初级带电粒子束照射多孔透镜板，以产生被聚焦的所述初级带电粒子小束的阵列；利用至少两个电极校正所述带电粒子束装置的场弯曲，其中所述至少两个电极包含孔开口；利用透镜将所述初级带电粒子小束引导朝向所述带电粒子束装置的物镜；引导所述初级带电粒子小束穿过布置在所述透镜内的偏转器阵列；其中所述透镜和所述偏转器阵列的组合作用引导所述初级带电粒子小束穿过所述带电粒子束装置的所述物镜的无彗差点；和利用所述物镜将所述初级带电粒子小束聚焦在所述样本上的不同位置上，以同时在所述不同位置处检查所述样本。
2. 如权利要求1所述的方法，其中由所述带电粒子束发射器直接照射所述多孔透镜板。
3. 如权利要求1所述的方法，其中利用至少两个电极来校正所述带电粒子束装置的所述场弯曲包含以下步骤：将所述至少两个电极放置在所述带电粒子束源与所述多孔透镜板之间。
4. 如权利要求3所述的方法，其中利用所述至少两个电极校正所述带电粒子束装置的场弯曲包含以下步骤：以减速模式操作所述至少两个电极，使所述初级带电粒子束减速。
5. 如权利要求1所述的方法，其中利用至少两个电极来校正所述带电粒子束装置的所述场弯曲包含以下步骤：将所述至少两个电极在传播所述初级带电粒子小束的方向上放置在所述多孔透镜板后方。
6. 如权利要求5所述的方法，其中利用所述至少两个电极校正所述带电粒子束装置的场弯曲包含以下步骤：以加速模式操作所述至少两个电极，使所述初级带电粒子小束加速。
7. 如权利要求1至6中任一项所述的方法，其中所述透镜选自由以下项组成的群组：静电透镜、组合的静电-磁透镜、磁透镜和无旋转的磁双合透镜。
8. 如权利要求1至6中任一项所述的方法，其中信号带电粒子小束是所述初级带电粒子小束在所述样本上碰撞或背散射时产生的，并且其中所述信号带电粒子小束通过布置在所述透镜和所述物镜之间的分束器的磁场而与所述初级带电粒子小束分离。
9. 如权利要求1至6中任一项所述的方法，其中所述偏转器阵列包含用于单独对准所述初级带电粒子小束的多个四极元件。
10. 如权利要求1至6中任一项所述的方法，进一步包含使所述初级带电粒子小束碰撞在所述样本上，其中所述初级带电粒子小束的每一个在所述样本上提供点，所述点具有小于20 nm的点尺寸。
11. 如权利要求1至6中任一项所述的方法，进一步包含使所述初级带电粒子小束碰撞在所述样本的不同位置上，其中在所述样本上碰撞时，在任何所述带电粒子小束之间的最小距离小于150 μm。
12. 一种用于利用初级带电粒子小束的阵列检查样本的带电粒子束装置，所述带电粒子束装置包含：
带电粒子束源，用于产生初级带电粒子小束的阵列，其中所述带电粒子束源包含：

带电粒子束发射器,用于发射初级带电粒子束,

多孔透镜板,包含至少两个开口,以产生和聚焦初级带电粒子小束的阵列,所述多孔透镜板布置成被所述初级带电粒子束照射;

场弯曲校正装置,用于校正所述带电粒子束装置的场弯曲,其中所述场弯曲校正装置包含至少两个场弯曲校正电极,所述至少两个场弯曲校正电极具有孔开口,所述初级带电粒子束或所述初级带电粒子小束穿过所述孔开口;

透镜,经配置用于将所述初级带电粒子小束的阵列引导至所述带电粒子束装置的物镜;

偏转器阵列,布置在所述透镜内,其中所述透镜和所述偏转器阵列经配置用于通过所述透镜和所述偏转器阵列的组合作用引导所述初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点;和

物镜,用于使所述初级带电粒子小束的阵列的每个初级带电粒子小束减速并聚焦在所述样本上的不同位置。

13. 如权利要求12所述的带电粒子束装置,其中由所述带电粒子束发射器直接照射所述多孔透镜板。

14. 如权利要求12所述的带电粒子束装置,其中所述场弯曲校正装置被放置在所述带电粒子束发射器与所述多孔透镜板之间,或者其中所述场弯曲校正装置在传播所述初级带电粒子小束的方向上放置在所述多孔透镜板后方。

15. 如权利要求12所述的带电粒子束装置,其中所述透镜在传播所述初级带电粒子小束的阵列的方向上直接位于所述多孔透镜板之后。

16. 如权利要求12至15中任一项所述的带电粒子束装置,其中所述透镜选自由以下项组成的群组:静电透镜、组合的静电-磁透镜、磁透镜和无旋转的磁双合透镜。

17. 如权利要求12至15中任一项所述的带电粒子束装置,其中所述初级带电粒子小束的阵列的所述初级带电粒子小束的每一个在所述样本上提供点,所述点具有小于20 nm的点尺寸。

18. 如权利要求12至15中任一项所述的带电粒子束装置,进一步包含分束器,用于分离所述初级带电粒子小束与信号带电粒子小束,信号带电粒子小束在所述初级带电粒子小束碰撞在所述样本上或从所述样本背散射时产生。

19. 一种具有至少两个带电粒子束装置的多柱显微镜配置,所述至少两个带电粒子束装置经配置以对样本成像,所述至少两个带电粒子束装置的每一个包含:

带电粒子束源,用于产生初级带电粒子小束的阵列,其中所述带电粒子束源包含:

带电粒子束发射器,用于发射初级带电粒子束,

多孔透镜板,包含至少两个开口,以产生初级带电粒子小束的阵列,所述多孔透镜板布置为被所述初级带电粒子束照射;

场弯曲校正装置,用于校正所述带电粒子束装置的场弯曲,其中所述场弯曲校正装置包含至少两个场弯曲校正电极,所述至少两个场弯曲校正电极具有孔开口,所述初级带电粒子束穿过所述孔开口;

透镜,经配置用于将所述初级带电粒子小束的阵列引导朝向所述带电粒子束装置的物镜;和

偏转器阵列,布置在所述透镜内;其中所述透镜和所述偏转器阵列经配置用于通过所

述透镜和所述偏转器阵列的组合作用引导所述初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点，

其中所述多柱显微镜配置进一步包含：

物镜，用于使每个初级带电粒子小束减速并聚焦在所述样本上的不同位置。

20. 如权利要求19所述的多柱显微镜配置，其中所述至少两个带电粒子束装置的所述物镜包含至少两个透镜模块，每个透镜模块包括第一极片、第二极片和用于初级带电粒子小束的至少一个开口，并且其中所述物镜进一步包含至少一个激励线圈，所述至少一个激励线圈向所述至少两个透镜模块提供磁通量。

用于检查样本的方法和带电粒子多束装置

技术领域

[0001] 实施方式涉及带电粒子束装置，所述带电粒子束装置例如用于检查系统应用、测试系统应用、缺陷检查或定临界尺寸应用等等。实施方式还涉及带电粒子束装置的操作方法。更特别地，实施方式涉及是多束系统的带电粒子束装置，用于一般目的（诸如成像生物结构）和/或用于高产量EBI（电子束检查）。特别地，实施方式涉及扫描带电粒子束装置和利用扫描带电粒子束装置进行电子束检查的方法。

背景技术

[0002] 现代半导体技术高度依赖于集成电路生产期间使用的各种工艺的准确控制。因此，反复检查晶片，以便尽早定位问题。此外，也在晶片处理期间的实际使用之前检查掩模或线网（reticle），以便确保掩模准确地限定相应的图案。检查晶片或掩模的缺陷包括检定整个晶片或掩模区域。特别地，在晶片制造期间检查晶片包括在如此短的时间内检定整个晶片区域，使得产量不被检查工艺的限制。

[0003] 已使用扫描电子显微镜（SEM）来检查晶片。使用如单个精细聚焦的电子束来扫描晶片的表面。当电子束撞击晶片时，产生并测量次级电子和/或背散射电子（即信号电子）。通过将次级电子的强度信号与（例如）对应于图案上的相同位置的参考信号进行比较来检测晶片上的位置处的图案缺陷。但是，因为对更高分辨率的增长的需求，扫描晶片的整个表面需要长的时间。因此，使用常规（单束）扫描电子显微镜（SEM）进行晶片检查是困难的，因为这种方式不提供相应的产量。

[0004] 半导体技术中的晶片和掩模缺陷检查需要高分辨率并且快速的检查工具，检查工具涵盖完整晶片/掩模应用或热点检查两者。因为光学工具的分辨率受到限制而无法处理缩小的缺陷尺寸，电子束检查越来越重要。特别地，从20纳米节点之后，需要基于电子束的成像工具的高分辨率潜力来检测所有关注的缺陷。

[0005] 鉴于以上所述，提供带电粒子多束装置和利用带电粒子小束的阵列来检查样本的方法，以克服本领域中的至少一些问题。

发明内容

[0006] 鉴于以上所述，提供了根据独立权利要求的用于利用带电粒子小束的阵列检查样本的方法和带电粒子多束装置。进一步的方面、优点和特征由从属权利要求、说明书和附图而显而易见。

[0007] 根据一个实施方式，提供利用带电粒子束装置中的初级带电粒子小束的阵列检查样本的方法。方法包括以下步骤：利用带电粒子束源的带电粒子束发射器产生初级带电粒子束；利用初级带电粒子束照射多孔透镜板，以产生聚焦的初级带电粒子小束的阵列；利用至少两个电极校正带电粒子束装置的场弯曲，其中至少两个电极包含孔开口；利用透镜将初级带电粒子小束引导朝向带电粒子束装置的物镜；引导初级带电粒子小束穿过布置在透镜内的偏转器阵列；其中透镜和偏转器阵列的组合作用引导初级带电粒子小束穿过带电粒

子束装置的物镜的无彗差点；和利用物镜将初级带电粒子小束聚焦在样本上的不同位置上，以同时在不同位置处检查样本。

[0008] 根据另一个实施方式，提供了一种用于利用初级带电粒子小束的阵列来检查样本的带电粒子束装置。带电粒子束装置包括用于产生初级带电粒子小束的阵列的带电粒子束源，其中带电粒子束源包括用于发射带电粒子束的带电粒子束发射器和包含至少两个开口以产生和聚焦初级带电粒子小束的阵列的多孔透镜板，多孔透镜板布置成被初级带电粒子束照射。装置进一步包括用于校正带电粒子束装置的场弯曲的场弯曲校正装置，其中场弯曲校正装置包含至少两个场弯曲校正电极，至少两个场弯曲校正电极具有孔开口，初级带电粒子束或初级带电粒子小束穿过孔开口；透镜，经配置用于将初级带电粒子小束的阵列引导至带电粒子束装置的物镜；偏转器阵列，布置在透镜内，其中透镜和偏转器阵列经配置用于通过透镜和偏转器阵列的组合作用引导初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点；和物镜，用于使初级带电粒子小束的阵列的每个初级带电粒子小束减速并聚焦在样本上的不同位置。

[0009] 根据另一个实施方式，提供了一种具有至少两个带电粒子束装置的多柱显微镜配置，至少两个带电粒子束装置经配置以对样本成像，至少两个带电粒子束装置的每一个包括带电粒子束源，用于产生初级带电粒子小束的阵列，其中带电粒子束源包括带电粒子束发射器和多孔透镜板，所述带电粒子束发射器用于发射带电粒子束，所述多孔透镜板包含至少两个开口以产生初级带电粒子小束的阵列，多孔透镜板被布置为被初级带电粒子束照射。装置进一步包括用于校正带电粒子束装置的场弯曲的场弯曲校正装置，其中场弯曲校正装置包含至少两个场弯曲校正电极，至少两个场弯曲校正电极具有孔开口，初级带电粒子束穿过孔开口；透镜，经配置用于将初级带电粒子小束的阵列引导至带电粒子束装置的物镜；和偏转器阵列，布置在透镜内；其中透镜和偏转器阵列经配置用于通过透镜和偏转器阵列的组合作用引导初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点，其中多柱显微镜配置进一步包括物镜，用于使每个初级带电粒子小束减速并聚焦在样本上的不同位置。

[0010] 实施方式还针对用于执行所公开的方法的设备，并包括用于执行每个所描述的方法特征的设备部分。方法特征可通过硬件部件、由适当软件编程的计算机、通过两者的任意组合，或以任何其他方式来执行。此外，实施方式也针对操作所描述的设备的方法。实施方式包括用于执行设备的每个功能的方法特征。

[0011] 附图简要说明

[0012] 为了能够详细理解上述特征的方式，可通过参考实施方式而获得上文简要概述的更具体的描述。附图涉及实施方式并且在下面进行描述：

- [0013] 图1示出根据本文描述的实施方式的用于样本检查的多束装置的示意图；
- [0014] 图2示出根据本文描述的实施方式的用于样本检查的多束装置的示意图；
- [0015] 图3a示出根据本文描述的实施方式的用于样本检查的多束装置的示意图；
- [0016] 图3b示出根据本文描述的实施方式的用于样本检查的多束装置的示意图；
- [0017] 图4示出根据本文描述的实施方式的用于样本检查的多束装置的示意图；
- [0018] 图5示出根据本文描述的实施方式的用于样本检查的多束装置的示意图；和
- [0019] 图6示出根据本文描述的实施方式的利用带电粒子束装置检查样本的方法的流程图。

具体实施方式

[0020] 现在将详细参照各种实施方式,在图中图示这些实施方式的一个或多个实例。在以下对附图的描述中,相同参考数字表示相同的部件。描述相对于单独实施方式的差异。每个实例都是通过解释的方式而提供,而不意味着限制。此外,作为一个实施方式的一部分图示或描述的特征可用在其他实施方式上或与其他实施方式结合使用,以产生又进一步的实施方式。说明书意欲包括修改和变化。

[0021] 在不限制本申请的保护范围的情况下,在下文中,带电粒子束装置或带电粒子束装置的部件将示例性地被认为是包括次级或背散射粒子(诸如电子)的检测的带电粒子束装置。实施方式仍然可应用于检测微粒(corpuscle)(诸如电子或离子形式的次级和/或背散射的带电粒子、光子、X射线或其他信号)以获得样本图像的设备和部件。当提到微粒时,微粒应理解为光信号(其中微粒是光子)以及粒子(其中微粒是离子、原子、电子、或其他粒子)。如本文所述,相对于扫描电子显微镜中的电子来示例性描述关于检测的讨论和描述。可在各种不同的仪器中由装置检测其他类型的带电粒子(如正离子)。

[0022] 根据本文可与其他实施方式组合的实施方式,信号(带电粒子)束或信号(带电粒子)小束被称为次级粒子(即次级粒子和/或背散射粒子)束。典型地,信号束或次级束是通过初级束或初级小束碰撞样本或通过初级束从样本背散射而产生的。初级带电粒子束或初级带电粒子小束由粒子束源产生并被引导和偏转在待检查或成像的样本上。

[0023] 如本文所提到的“样本(specimen)”或“样品(sample)”包括(但不限于)半导体晶片、半导体工件、光刻掩模和其他工件(诸如存储器盘等等)。实施方式可应用于在工件上沉积有材料的任何工件,或要结构化的任何工件。样本包括要结构化的或要沉积有层的表面、边缘,并且通常包含斜面。根据可与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式,设备和方法经配置以进行或应用于电子束检查,,用于定临界尺寸应用和缺陷检查应用。

[0024] 图1示意性示出带电粒子束装置的实施方式。带电粒子束装置100包括带电粒子束源110,带电粒子束源110包括束发射器111,束发射器111发射初级带电粒子束14。根据本文所述的实施方式,带电粒子束源110适于产生初级带电粒子小束15的阵列。带电粒子束源110可包括带电粒子束发射器111和多孔透镜板113。在一些实施方式中,初级带电粒子束14可通过供应给加速电极199的加速电压(在带电粒子束发射器111与加速电极199之间的电压差)而加速。根据本文描述的实施方式,带电粒子束装置包括场弯曲校正电极112(示例性示出两个场弯曲校正电极)。在图1(和下面的图2、图3a和图3b)的实施方式中,场弯曲校正电极112示例性示出为放置在带电粒子束发射器111和多孔透镜板113之间。

[0025] 如本文所述的带电粒子束发射器可为冷场发射器(CFE)、肖特基(Schottky)发射器、TFE或另一高电流高亮度的带电粒子束源(诸如电子束源)。高电流被认为是在100mrad时为5μA或更大,例如高达5mA,如在100mrad时为30μA至100mA rad时为1mA,诸如在100mrad时为约300μA。根据一些实施方式,电流分布基本均匀,如,具有±10%的偏差,特别是在线性或矩形阵列的情况下。根据可与本文所述的其他实施方式组合的一些实施方式,初级带电粒子束源或初级带电粒子小束的源可具有2nm至100nm的直径。

[0026] 根据可与本文所述的其他实施方式组合的又进一步的实施方式,能够提供大束电流的TFE或另一高度亮度降低源(high reduced-brightness source)(如电子束源)当发射角度增加以提供10μA-100μA,例如30μA的最大值时,亮度不会下降超过最大值的20%。

[0027] 肖特基发射器或TFE发射器目前可用具有 $5 \cdot 10^7 \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$ 的测量降低亮度, CFE发射器具有高达 $5 \cdot 10^9 \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$ 的测量降低亮度。带电粒子束装置也可与诸如HfC的碳化物发射器一起工作, 碳化物发射器可具有大约 $1 \cdot 10^{11} \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$ 的降低的亮度。例如, 具有至少 $5 \cdot 10^7 \text{ Am}^{-2} (\text{SR})^{-1} \text{ V}^{-1}$ 的带电粒子束是有益的。

[0028] 根据一些实施方式, 可提供至少两个场弯曲校正电极。在图中所示的实例中, 示出两个场弯曲校正电极。可驱动(多个)场弯曲校正电极, 以使图1所示的实施方式中(也在图2、图3a和图3b所示的实施方式中)的初级带电粒子束14减速。场弯曲校正电极可布置在带电粒子束发射器111与多孔透镜板113之间。场弯曲校正电极112可具有孔开口, 初级带电粒子束14可穿过孔开口。

[0029] 如本文实施方式中所描述的至少两个场弯曲校正电极可用于补偿或校正带电粒子束装置的场弯曲, 特别是由带电粒子束装置的成像透镜引入的场弯曲。在一些实施方式中, 当沿着传播初级带电粒子束或初级带电粒子小束的方向看时, 至少两个场弯曲校正电极可用于补偿或校正由布置在带电粒子束装置的多孔透镜板下游的带电粒子束装置的成像透镜引入的场弯曲。特别地, 至少两个场弯曲校正电极可用于补偿或校正由带电粒子束装置的物镜引入的场弯曲, 如将于下面详细解释的。

[0030] 根据可与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式, (多个)场弯曲校正电极可为可调整的、可调适的和/或可控的(如通过控制器), 以补偿由带电粒子束装置的一个或多个透镜引入的场弯曲。特别地, 场弯曲校正电极可针对带电粒子束装置的相应操作、带电粒子束装置的预期用途或改变可用于带电粒子束装置的透镜配置和透镜强度而为可调整的。例如, 供应给场弯曲校正电极的电压可为可调整的, 如, 通过控制单元和相应的控制系统(诸如从控制单元到场弯曲校正电极的电压源的信号线)。

[0031] 如上所述, 并且根据一些实施方式, 可通过场弯曲校正电极来提供和执行场弯曲校正。例如, 场弯曲校正电极可为两个宏电极(macroelectrode)。在一些实施方式中, 带电粒子束源的带电粒子束发射器可包括用于向初级带电粒子束提供提取电压的一个或多个提取器电极。与多孔透镜板和提取器电极一起, 场弯曲校正电极和提取电极可产生所谓的“零强度低倍透镜(zero-strength macro lens)”。零强度”可意味着带电粒子没有偏转, 避免了与色度偏转误差相关的问题。根据一些实施方式, 场弯曲校正电极可经配置和/或控制, 使得来自场弯曲校正电极的场可在多孔透镜板上结束, 形成用于单个初级带电粒子小束的低像差单孔透镜。

[0032] 在图1的实施方式(和图2、图3a和图3b所示的实施方式)中, 初级带电粒子束14可在离开带电粒子发射器之后, 并在穿过场弯曲校正电极112之后穿过多孔透镜板113。初级带电粒子束14可穿过具有多个孔开口的多孔透镜板113并且可通过耗散减速场(leaking deceleration field)而被聚焦成小束。孔开口可处于多孔透镜板113上的任何阵列配置(诸如线、矩形、正方形、环形或任何合适的一维或二维阵列)。根据本文描述的实施方式, 本文所述的带电粒子束装置允许以任何配置排列多孔透镜板的孔开口, 而没有由于场弯曲或像差引起的缺点。例如, 已知的系统将不同的小束布置成环状形状, 以便为穿过如抛物线一般作用的透镜的每个束提供相同条件。当将小束布置成环状形状时, 可使相应透镜的场弯曲影响最小化。利用根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置, 可以任何布置(如, 适合于快速检查的布置、适合于待检查的样本结构的布置、允许大量束的布置、适合于束强度的

布置等)来完成小束阵列的布置。例如,小束阵列可布置成线、矩形、或正方形。

[0033] 通过利用初级带电粒子束14照射多孔透镜板113,若干聚焦的初级带电粒子小束15通过使用孔板前方的减速场而产生。在初级带电粒子小束15的焦平面中,可布置透镜120。根据一些实施方式,透镜120可为加速透镜,特别是在场弯曲校正电极以减速模式驱动并且布置在多孔透镜板前面(当从传播初级带电粒子束的方向上看时)的情况下。在一些实施方式中,作为加速透镜(或在其他实施方式中作为减速透镜)而提供的透镜120可为静电透镜或组合式磁-静电透镜。

[0034] 在图中,在透镜之后示出初级带电粒子小束的一些初级带电粒子小束,同时为了更好的观察,在图中省略其他初级带电粒子小束。根据本文所述的一些实施方式,提供具有孔开口的多孔透镜板,以产生用于初级带电粒子小束的真实源。

[0035] 在一些实施方式中,多孔透镜板113可通过带电粒子束发射器111直接地照射。根据一些实施方式,“直接地”可意味着除了在具有在多孔透镜板之前(当在传播初级带电粒子束的方向上看时)的场弯曲校正电极的实施方式中的场弯曲校正电极,在带电粒子束发射器111和多孔透镜板之间不设置额外的光学元件。多孔透镜板将从带电粒子束发射器发射的初级带电粒子束14分成初级带电粒子小束15的阵列。例如,根据可与本文所述的其他实施方式组合的一些实施方式,多孔透镜板具有至少三个孔开口,用于将初级带电粒子束分成至少三个初级带电粒子小束。根据可与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式,初级带电粒子小束的阵列包括至少三个初级带电粒子小束。在图1所示的实例中,在示意图中示出七个初级带电粒子小束15。在一些实施方式中,初级带电粒子小束的阵列可布置成一维(线)阵列或二维阵列(如 4×4 、 3×3 、 5×5)或不对称阵列(如 2×5)。本文描述的实施方式不限于阵列的实例,并且可包括初级带电粒子小束的任何合适的阵列配置。

[0036] 所描述的多孔透镜板可有利地用于关于带电粒子束装置、包括带电粒子束装置的阵列的系统和操作带电粒子束装置的方法的其他实施方式中。多孔透镜板的设计有利地遵循不同的标准,并且必须在总体带电粒子光线路径设计的背景下进行处理。在可与本文所述的其他实施方式组合的一些实施方式中,多孔透镜板可设置有一个或多个以下特征。孔开口的数量是在最大可能的总电流与光学性能之间的折衷,尤其是在最大可能的小束场中可实现的点尺寸。另一个边界条件是样本上的小束分离,这确保检测器上的信号小束分离,其中减少或避免串扰。根据可与本文描述的其他实施方式组合的又进一步的实施方式,提供网格配置(即样本上的初级小束的位置和/或孔板中的孔开口的位置)以允许在扫描期间完全覆盖基板表面。覆盖不限于单纯的带电粒子小束扫描(如,在x-y方向上),而是还包括如带电粒子小束扫描(如,在诸如x方向的第一方向上)和在与第一方向不同的另一方向(诸如y方向)上的台移动的混合扫描操作。

[0037] 根据于此描述的实施方式,初级带电粒子小束15指向透镜120。例如,透镜120可为用于加速从多孔透镜板传播的初级带电粒子小束15的加速透镜。在一些实施方式(诸如图1、图2、图3a和图3b所示的实施方式)中,在传播初级带电粒子小束的阵列的方向上将透镜直接放置在多孔透镜板113之后。在上下文中的术语“直接”可意味着在多孔透镜板和透镜之间不布置额外的束光学元件。在实施方式中,透镜120可用于将初级带电粒子小束15加速到高柱电压,其中在传播初级带电粒子束的方向上将场弯曲校正电极放置在多孔透镜板之前。例如,加速透镜可将初级带电粒子小束加速到典型的10kV或更高,更典型的20kV或更高

的柱电压。加速电压可确定带电粒子小束的带电粒子沿柱向下行进的速度。在一个实例中，加速透镜可为静电透镜。根据本文描述的实施方式，加速透镜可将初级带电粒子小束引导到(或靠近)带电粒子束装置的物镜的无彗差点。

[0038] 根据下面详细描述的一些实施方式，偏转器阵列150布置在透镜内或附近。根据一些实施方式，布置在透镜“中”或“附近”或在透镜“内”的偏转器阵列可理解为偏转器阵列被放置在透镜的焦距内。特别地，偏转器阵列可被放置在透镜内。例如，透镜可包括三个电极，偏转器阵列可放置在三个电极内。根据一些实施方式，偏转器阵列可大约地放置在透镜的三个电极的中间电极的高度处。

[0039] 根据一些实施方式，透镜可用于实现引导初级带电粒子小束的主要效应，尤其是用于将初级带电粒子小束引导到物镜的无彗差点。偏转器阵列150可用于对单独初级带电粒子小束进行精细调整，尤其是对要被引导进入或穿过物镜的无彗差点的初级带电粒子小束的精细调整。经配置用于将初级带电粒子小束引导到物镜的无彗差点的透镜和偏转器阵列可理解为可选择透镜的焦距、供应到透镜的电压、供应到偏转器阵列的电压、偏转器阵列的尺寸、偏转器阵列的单个偏转器的尺寸，以在物镜的无彗差点中引导初级带电粒子小束。带电粒子束装置可包括用于控制透镜和偏转器阵列的操作参数的控制器(如，连接或整合在反馈回路中的控制器，或用于监测带电粒子束装置的操作的监测装置)。

[0040] 特别地，偏转器阵列可用于偏移与光轴4交叉的初级带电粒子小束的z位置。尤其是，可在物镜的无彗差点以不同的成像模式(如不同的着陆能量、信号束提取电压等等)沿着z轴移动的情况下，偏移初级带电粒子小束的z位置。在一些实施方式中，偏转器阵列的精细调整可用于补偿射线路径中的缺陷(诸如来自旋转对称性的偏差)和/或用于补偿透镜的球面像差(特别地，离轴小束更强且更早地聚焦并撞击光轴)。

[0041] 偏转器阵列的单独偏转器可通过至少四阶(四极)的多极元件来实现。根据一些实施方式，多极元件可通过常规的机械加工来制造。根据可与本文所述的其他实施方式组合的特定实施方式，微机电系统(MEMS)技术偏转器元件可能是有益的，因为MEMS技术偏转器元件允许更高的多极密度并简化电极的布线。

[0042] 根据本文描述的实施方式，初级带电粒子小束被引导穿过物镜的无彗差点或无彗差平面或引导到物镜的无彗差点或无彗差平面中。如贯穿本公开内容所使用的，术语“无彗差平面”或“无彗差点”表示物镜的(或由物镜提供的)平面或点，当初级带电粒子小束穿过无彗差点或无彗差平面时，在所述平面或点处带电粒子小束中引入最小或甚至不引入彗差。物镜的无彗差点或无彗差平面是满足夫琅和费条件(Fraunhofer condition)(彗差为零的条件)的物镜的点或平面。物镜的无彗差点或无彗差平面位于带电粒子束装置的光学系统的z轴上。z轴可对应于光轴4。换言之，物镜的无彗差点位于光轴4上。无彗差点或无彗差平面可位于物镜内。作为实例，无彗差点或无彗差平面可被物镜包围。

[0043] 根据本文描述的实施方式，通过物镜130将初级带电粒子小束聚焦在样本140上的不同位置上，以同时在不同位置处检查样本。物镜可经配置用于将初级带电粒子小束聚焦到样本140上，其中物镜是减速场透镜。例如，减速场透镜可使初级带电粒子小束减速到所限定的着陆能量。在一些实施方式中，从柱能量到样本上的着陆能量的能量减少至少减少至柱能量的1/10，例如至少减少至柱能量的1/30。在一个实例中，着陆能量典型地在约100eV和8keV之间，更典型地是2keV或更小，如1keV或更小，诸如500eV或甚至100eV。

[0044] 根据一些实施方式,带电粒子束装置内的能量根据带电粒子束装置中的位置而改变。下面给出实例。例如,在束发射器之后并且在多孔透镜板之前的初级带电粒子束的能量可为约15kV,并且在阵列前面被减速到约3kV,例如,在图1、图2、图3a和图3b中示例性示出的配置中,其中场校正电极在多孔透镜板的前方以减速模式使用。在多孔透镜板之后并且在透镜之前,带电粒子束装置的柱中的能量可为约3kV。在一些实施方式中,透镜可使初级带电粒子小束加速至约15kV的能量。在所描述的实例中,初级带电粒子束(由物镜减速)的着陆能量可为约300eV。

[0045] 在可与本文所述的其他实施方式组合的一些实施方式中,物镜130可为场复合透镜。例如,物镜可为磁透镜和静电透镜的组合。因此,物镜可为复合磁-静电透镜。通常,复合磁-静电透镜的静电部分是静电减速场透镜。使用复合磁-静电透镜以低着陆能量(诸如在扫描电子显微镜(SEM)的情况下为几百电子伏)产生优异的分辨率。低着陆能量是有利的,特别是在现代半导体工业中,以避免对辐射敏感的样本的充电和/或损坏。如果使用磁透镜或静电透镜,也可实现本文描述的实施方式的益处。

[0046] 根据一些实施方式,带电粒子束装置100的初级带电粒子小束15通过共同的物镜聚焦在样本140上。根据可与本文所述的其他实施方式结合的一些实施方式,所有初级带电粒子小束穿过物镜130中的一个开口。样本140设置在样本台141上,样本台能够在至少一个垂直于光轴4的方向上移动样本140。

[0047] 根据本文描述的实施方式,透镜和偏转器阵列的组合作用引导初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点。根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置和用于利用带电粒子束装置检查样本的方法提供良好的分辨率、稳定的操作和同时由带电粒子束装置的光学元件引入的低像差。特别地,场弯曲校正和将初级带电粒子小束引导到物镜的无彗差或平面允许物镜以非常精确的方式聚焦单个初级带电粒子小束。

[0048] 另外,根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置和利用带电粒子束装置检查样本的方法在样本上提供初级带电粒子小束的小的点尺寸。点尺寸可理解为通过单个初级带电粒子小束照射的样本上的区域的直径。例如,根据本文描述的实施方式的初级带电粒子小束的阵列的单个初级带电粒子小束的点尺寸可典型地小于20nm,更典型地小于10nm,甚至更典型地小于5nm。根据一些实施方式,由于利用根据本文描述的实施方式的束源产生初级带电粒子小束的阵列,单个初级带电粒子小束可具有高电流密度。高电流密度有助于提高成像质量。

[0049] 如上所述,根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置允许提供初级带电粒子小束的阵列。根据一些实施方式,初级带电粒子小束的阵列典型地可包括每柱三个或更多个初级带电粒子小束,更典型地包括十个或更多个初级带电粒子小束。根据本文描述的一些实施方式,根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置和用于利用带电粒子束装置检查样品的方法提供在带电粒子束装置的一个柱内的初级带电粒子小束的阵列,小束阵列在样品表面处彼此相距小的距离。例如,在一个柱内的两个初级带电粒子小束之间的距离可典型地小于150μm,更典型地小于100μm,或甚至小于50μm。根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置和用于利用带电粒子束装置检查样本的方法允许检查样本上的非常小和窄的结构。

[0050] 在下面将详细提及的一些实施方式中,根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置允许排列在多柱显微镜(MCM)中。各具有用于检查样本的初级带电粒子小束的阵列的多

个柱提升了工艺速度和容量。

[0051] 近年来(并且没有停止的趋势),半导体装置的结构尺寸持续缩小。因此,影响半导体装置性能的可能的缺陷也在缩小。在半导体装置制造期间,发现约10nm大的缺陷是有利的,甚至未来具有更减小的缺陷尺寸。由于受限的分辨率(点尺寸),已知的光学缺陷检测系统渐感不足。带电粒子光学缺陷检查系统,尤其是电子光学缺陷检查系统(EBI)高度相关,因为带电粒子光学缺陷检查系统可提供用于检查小缺陷的分辨率。已经使用基于扫描电子显微镜(SEM)的工具。已知的工具(如电子光学柱)提供有限的探针电流,这显著降低相应的处理量。已知的带电粒子光学缺陷检查系统中的探针电流限制主要是因为球面像差和色差的能用于带电粒子光学缺陷检查系统的孔角度。此外,带电粒子之间的相互作用(诸如电子-电子相互作用)在高电流密度下模糊了带电粒子束或小束。

[0052] 已知的柱架构不具有允许实现高分辨率和高电流密度的性质和能力,例如,用于有足够的处理量的多束EBI工具在合理的时间内(每分钟几平方厘米)扫描样本(晶片、掩模)的大部分。原因是例如MCM配置在柱之间具有通常20-60mm的间距。由于间距通常不适合晶片上的小片结构(die structure)的间距,所以不能有效地使用更多数量的束。在一些已知的应用中,MCM具有单柱性能。如果要检查小的区域(如晶片上的小片),具有小间距(如<500μm)的多小束是有利的。可(例如)通过根据本文描述的实施方式的由带电粒子束装置提供的每柱多束或小束和利用带电粒子束装置检查样本的方法而满足小区域的检查。

[0053] 因为自动场弯曲校正,如果偏转器布置在圆上,具有用于多小束产生的偏转器阵列的多小束柱是已知系统中的良好解决方案。在其他(如,正方形)配置中,场弯曲可限制已知系统中的点尺寸。另外,整合每个单独的小束的补偿元素是具有挑战性的。根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置允许补偿和校正场弯曲,特别是不论初级带电粒子小束的阵列配置。

[0054] 在已知系统中实现高分辨率的限制的另一个原因是具有用于多小束产生的偏转器阵列的多小束柱将在偏转器阵列尺寸大的情况下增加偏转器像差。偏转器像差影响样本的可能图像的分辨率。此外,如在已知系统中使用的使用静电物镜(如,多孔单透镜(Einzel lens))的多小束系统具有比磁性或结合静电/磁透镜更差的轴向像差系数和较差的性能。

[0055] 已知系统的上述缺点通过根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置和利用带电粒子束装置检查样本的方法来解决。

[0056] 根据本文描述的实施方式的用于影响通过带电粒子束装置进行的检查的质量的另一个参数是对信号束的检测。

[0057] 图2示出根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置100。在如图2所示的带电粒子束装置的实施方式中,初级带电粒子小束穿过分束器组件160,分束器组件160经配置以将初级束与次级束或背散射束(即,信号束)分离

[0058] 当初级带电粒子小束15的粒子撞击样本140的表面时,粒子经历与样本的原子的核和电子的一系列复杂的相互作用。所述相互作用产生各种次级产物,诸如具有不同能量的电子、X射线、热量和光。许多次级产物用于产生样本的图像,并从样本收集额外的数据。用于处理来自样本的信息的次级产物在本文中被称为信号束16。对样本的检定或图像形成非常重要的次级产物是具有相对低的能量(1到50eV)以各种角度从样本140逸出的次级电子。

[0059] 图2中示出的带电粒子束装置100包括分束器组件160。分束器组件160将初级带电粒子小束15与信号束16(在图2中以虚线示出)分离。根据一些实施方式,分束器组件可(例如)包括至少一个磁偏转器、维恩滤波器或任何其他装置,其中电子被引导远离初级带电粒子小束(如由于根据速度的洛伦兹力)。在一些实施方式中,分束器可为ExB分束器,特别是如图3a中示例性图示的消色差分束器(1/2ExB分束器);2-B分离器(如图3b中示例性地图示的),即具有2个磁场的分束器、具有色散校正的2-B分离器、具有用于色散校正的柱的上部倾斜的2-B分离器(如将于图3a所示),或具有(如)额外的信号电子弯折器(bender)来增加信号束16的弯折角度(如增加至45°到90°)的上述2-B分离器的任一种。来自样本的次级粒子或信号粒子穿过物镜130被提取,与分束器组件160中的初级带电粒子小束15分离,并到达检测器组件170。

[0060] 检测器组件170包括一个或多个检测器元件,检测器元件经配置用于产生测量信号,如对应于所检测的信号粒子的电子信号。根据一些实施方式,检测器组件可为多通道检测器,用于检测由样本与初级带电粒子小束的相互作用产生的信号粒子或信号束。

[0061] 通过使初级带电粒子小束15在样本140上方扫描并显示/记录检测器组件170或检测器元件的输出,产生样本140的表面的多个独立图像。每个图像都含有关于样本的表面的不同部分的信息。信号束携带的信息可包括关于样本的形貌、化学成分、静电位和其他内容。

[0062] 如上所述并且根据一些实施方式,带电粒子束装置可包括用于偏转信号束的束弯折器。在一些实施方式中,束弯折器包括至少两个弯曲电极。弯曲电极可为在一个方向上弯曲的电极。根据另一个实施方式,束弯折器可为半球形束弯折器。根据一些实施方式,束弯折器可为无六极(hexapole-free)束弯折器或六极校正束弯折器。无六极或六极校正束弯折器可通过提供不同形状的电极和具有用于信号束的大体上三角形的通道区域的孔的至少一个来减少或补偿电场的六极分量。

[0063] 根据一些实施方式,无六极弯折器可为用于带电粒子束装置的信号带电粒子偏转装置。在一些实施方式中,无六极弯折器可包括配置用于偏转信号束的束弯折器,其中束弯折器包括第一电极和第二电极,第一电极和第二电极为第一电极与第二电极之间的信号束提供光路。第一电极可在垂直于光路的平面中具有第一横截面,第二电极可在垂直于光路的平面中具有第二横截面。第一横截面的第一部分和第二横截面的第二部分可在所述第一部分与所述第二部分之间提供光路,其中第一部分和第二部分的形状可不同。根据一些实施方式,第一横截面的第一部分可由多项式来限定。在一些实施方式中,第二横截面的第二部分由指数函数限定。无六极束弯折器或六极校正束弯折器尤其可(例如)在束弯折器的入口和出口的至少一个处减少或补偿在束弯折器的两个电极之间的六极分量和边缘场的六极分量的至少一个。本文描述的束弯折器也可称为“低六极信号带电粒子偏转装置”。根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置100可包括次级电子光学装置的额外元件。例如,为了尽可能快地检查缺陷,需要增加对比度。

[0064] 根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置可具有大于50%的信号粒子捕获率的高信号检测效率。高信号检测效率可被认为与高的初级带电粒子束(或小束)性能相关。信号束的轴上(即,光轴4)检测具有受限的性能,由于初级带电粒子束和信号束射线路径同时被有利地优化,而这造成限制。初级带电粒子束和信号束(最终包括信号束光学元件)的

分离是可彼此独立处理(和优化)两个射线路径的解决方案。

[0065] 图3a示出带电粒子束装置100的实施方式。如图3a所示的带电粒子束装置100具有用于色散校正的柱的倾斜上部。利用柱的倾斜的上部(即,当在传播初级带电粒子小束15的方向上看时,在分束器组件160的上游的柱的部分),分束器组件160是消色差的而没有(如通过施加额外的静电场)额外的色散校正。

[0066] 图3b示出带电粒子束装置100的实施方式。在图3b所示的实例中,带电粒子束装置100包括用于将初级带电粒子小束15与信号束分离的2B分束器。根据一些实施方式,图3b所示的分束器包括第一磁分束器偏转线圈161和第二磁分束器偏转线圈162。在图3b的实施方式中,物镜130被示出为磁性物镜。

[0067] 根据本文描述的一些实施方式,带电粒子束装置可包括进一步的束光学元件,诸如聚光透镜、(扫描)偏转器、束弯折器、校正器等等。在一些实施方式中,聚光透镜可放置在多孔透镜板之前(即当在传播初级带电粒子束的方向上看时,在初级带电粒子束的上游)。根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置可包括束消隐器(beam blanker),诸如用于每个小束的单独束消隐器或具有消隐器孔的共同束消隐器,通常从粒子束发射器看来在分束器之前。

[0068] 图4示出带电粒子束装置100的实施方式。带电粒子束装置100包括带电粒子束源110,带电粒子束源110具有带电粒子束发射器111和加速电极199(用于提供在带电粒子束发射器111和加速电极199之间的电压差)。如在图4中示例性所示的带电粒子束装置100包括用于将从带电粒子束发射器111发射的初级带电粒子束14分成若干个初级带电粒子小束15的多孔透镜板113。根据一些实施方式,多孔透镜板113可为如先前实施方式中(诸如参照图1、图2、图3a和图3b所述的实施方式中)所述的多孔透镜板。带电粒子束装置100进一步包括场弯曲校正电极112。在图4所示的实施方式中,场弯曲校正电极112位于多孔透镜板113的后方,特别是当沿着传播初级方向带电粒子小束15的方向上看时。

[0069] 在一些实施方式中,图4的场弯曲校正电极适于以加速模式而驱动。例如,场弯曲校正电极可连接到用于控制对场弯曲校正电极的电压供应的控制器。根据一些实施方式,处于加速模式的场弯曲校正电极可加速从孔透镜板传播的初级带电粒子束或初级带电粒子小束。

[0070] 在一些实施方式中,如图4所示的透镜120可为磁性透镜、无旋转磁性透镜、无旋转磁性双合透镜、静电透镜(如可以减速或加速初级电荷粒子小束)和/或组合的静电-磁透镜(如,具有用于初级带电粒子小束的加速功能)。在一些实施方式中,透镜可为磁性透镜,允许容易机械地到达中心(和例如偏转器阵列位置)。根据一些实施方式,透镜120提供用于将带电粒子小束引导至物镜130的无彗差的主要引导效应。引导的精细调整可通过透镜120内的偏转器阵列150来进行。初级带电粒子小束的聚焦、初级带电粒子小束与信号束或小束之间的束分离和信号检测可与相对于图1、图2、图3a和图3b详细描述的相同。只要特征不相互矛盾,相对于1、2、3a和3b描述的特征也可用于图4所示的实施方式中。

[0071] 图5示出多柱显微镜配置200。多柱显微镜配置200示例性示出为具有三个带电粒子束装置100。在根据本文所述实施方式的多柱显微镜配置中带电粒子束装置的数量可偏离所示出的实例。例如,根据本文描述的实施方式的多柱显微镜配置可具有少于三个的带电粒子束装置(诸如两个),或多于三个的带电粒子束装置,(诸如四个、五个、或甚至多于五

个)。多柱显微镜配置中的每个带电粒子束装置可为如本文所述的任何实施方式中所描述的带电粒子束装置,特别是相对于图1至图4描述的。在图5的示例性视图中,多柱显微镜包括如图1中示出和描述的带电粒子束装置。多柱显微镜配置200包括样本台142,在所述样本台上放置若干待检测的样本140。在一些实施方式中,多柱显微镜配置200的带电粒子束装置可一起检查一个样本。

[0072] 根据本文描述的一些实施方式,多柱显微镜配置200的带电粒子束装置100可具有共同物镜131(以简化示意图示出),共同物镜131包括静电透镜部件和磁透镜部件(例如具有多个洞和共同的激励线圈的磁透镜)。静电透镜部件可包括位于高电位的上电极和位于接近样本电压的电位的下电极,这使得电子减速以提供着陆能量。电极促使引导初级带电粒子小束,以及减慢初级带电粒子小束。另外,可提供控制电极(如近电极),用于提取诸如次级电子(SE)或背散射电子的信号粒子。例如,利用根据本文所述的实施方式的物镜,可提供非常低的着陆能量(如,100eV)和低的提取场,而不损害带电粒子束成像系统的整体性能。

[0073] 根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置和多柱显微镜配置可被描述为在操作条件(如,初级带电粒子小束的着陆能量、信号束的提取电压)下具有弹性,而无明显的性能损失,特别是由于根据本文描述的实施方式的带电粒子束装置的低像差。

[0074] 尽管相对于多柱显微镜配置描述具有下电极、中间电极和上电极以及最终的近电极的物镜,但是所描述的电极也可(一起或者单独)用于如本文的实施方式(特别是相对于图1至图4)中所述的单个带电粒子束装置中的物镜。

[0075] 在一些实施方式中,用于初级带电粒子小束的共同物镜(如,磁透镜)可包括至少两个透镜模块,每个透镜模块包括第一极片、第二极片和用于初级带电粒子小束的至少一个开口。另外,共同物镜可包括至少一个激励线圈,至少一个激励线圈为至少两个透镜模块提供磁通量。根据一些实施方式,共同物镜可包括用于每个初级带电粒子小束的透镜模块。

[0076] 根据一些实施方式,多柱显微镜配置的带电粒子束装置100彼此可具有典型地在约10mm至约60mm之间,更典型地在约10mm至约50mm之间的距离。在一些实施方式中,可将多柱显微镜配置的单个带电粒子束装置之间的距离测量为带电粒子束装置的光轴之间的距离。

[0077] 通过在如图5中示例性示出的多柱显微镜配置中使用若干带电粒子束装置,可以足够的分辨率和在信号小束之间具有足够小的串扰的情况下提供足够数量的初级带电粒子小束。

[0078] 根据一些实施方式,描述一种利用带电粒子束装置中的初级带电粒子小束的阵列检查样本的方法。在图6中,示出用于检查的方法的流程图500。根据可与本文描述的其他实施方式组合的一些实施方式,在所述方法中使用的带电粒子束装置可为如本文的实施方式中所描述的带电粒子束装置,特别是相对于图1至图4描述的。根据本文描述的实施方式的方法也可用在一些实施方式中描述的多柱显微镜配置来执行,诸如图5所示的实施方式。

[0079] 在方框510中,根据本文描述的实施方式的方法包括利用包括束发射器的带电粒子束源产生初级带电粒子束。例如,如上文所提到的,束发射器可例如为CFE、肖特基发射器、TFE、或另一高电流-高亮度带电粒子束源(诸如电子束源)的源。根据一些实施方式,束发射器可发射一个初级带电粒子束,初级带电粒子束可被处理(如通过被多孔透镜分开),

使得产生多个初级带电粒子小束。小束在多孔透镜后方被引导到透镜(在一些实施方式中可为加速透镜)的平面。根据可与本文描述的其他实施方式结合的一些实施方式,束发射器可包括用于支持(和引导)提取来自束发射器的带电粒子的提取电极。

[0080] 在方框520中,方法进一步包括利用至少两个电极来校正带电粒子束装置的场弯曲。如上面详细描述的,要由电极校正的场弯曲可通过成像透镜(诸如带电粒子束装置的物镜)引入到带电粒子束装置。与多孔透镜板和提取器电极一起,场弯曲校正电极和提取电极可产生所谓的“零强度低倍透镜”。“零强度”可意味着离轴带电粒子没有偏转,避免与色度偏转误差相关的问题。根据一些实施方式,场弯曲校正电极可经配置和/或控制,使得来自场弯曲校正电极的场可在多孔透镜板上结束,形成用于单个初级带电粒子小束的低像差单孔透镜。

[0081] 根据本文所述的实施方式,至少两个场弯曲校正电极可具有初级带电粒子束穿过的孔开口。在一些实施方式中,方法包括针对预期的应用、针对带电粒子束装置中使用的透镜和针对带电粒子束装置的其他合适的操作参数而控制和/或调整场弯曲电极。在一些实施方式中,场弯曲校正电极可以加速或减速模式而驱动。例如,当(在传播初级带电粒子束的方向上)布置在多孔透镜板的前方时,场弯曲校正电极可具有减速效应。在一个实例中,当(在传播初级带电粒子束的方向上)布置在多孔透镜板的后方时,场弯曲校正电极可具有加速效应。

[0082] 在方框530中,方法包括利用初级带电粒子束照射多孔透镜板,以产生初级带电粒子小束的阵列。例如,多孔透镜板可具有多个孔开口,这使得初级带电粒子束被分成若干个聚焦的初级带电粒子小束。如上文详细描述和论述的,可适当地选择多孔透镜板的孔开口的网格配置或布置。例如,可将多孔透镜板中的孔开口布置成一维小束阵列,或二维小束阵列,诸如矩形或正方形小束阵列。

[0083] 根据本文描述的实施方式,方法在方框540中包括将通过带电粒子束源产生的初级带电粒子小束引导到物镜的无彗差点。在一个实施方式中,透镜可为加速器透镜(如在场弯曲校正电极布置在多孔透镜板的前方的情况下)。如上所述,加速透镜可使离开多孔透镜板的初级带电粒子小束加速到具有约10kV至约30kV的能量。由加速透镜提供的增强能量可降低初级带电粒子小束的共同交叉处的电子-电子相互作用。

[0084] 在方框550中,初级带电粒子小束被引导穿过布置在透镜内或附近的偏转器阵列。在一些实施方式中,偏转器阵列可布置在透镜的焦距内或透镜的电极内。根据本文描述的实施方式,透镜和偏转器阵列的组合作用引导初级带电粒子小束穿过带电粒子束装置的物镜的无彗差点。在方框560中,利用物镜将初级带电粒子小束聚焦在样本上的不同位置上,以在不同位置处同时检查样本。根据一些实施方式,场弯曲校正和初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点允许物镜以精确的方式将初级带电粒子小束以减少的或非常低的像差聚焦到样本上。

[0085] 根据一些实施方式,方法可进一步包括将电压施加到物镜附近的近电极(诸如在样本和物镜之间),以有助于提取来自样本的信号粒子或信号束。信号束可通过分束器(尤其是消色差分束器)与初级带电粒子小束分离。在一些实施方式中,信号束由束弯折器弯折,以将信号束引导至检测器组件,特别是离轴检测器组件。方法可进一步包括通过检测器组件检测信号束,特别是由多通道检测器组件检测信号束。

[0086] 在一些实施方式中,方法可包括处理由检测器获得的数据,用于产生样本的图像,或用于取得具有允许评估样本的结构的格式的数据。

[0087] 本公开书提供了多个实施方式。以下列出示例性实施方式。实施方式1:提供一种用于在具有在带电粒子束装置的z方向上延伸的光轴的带电粒子束装置中利用初级带电粒子小束的阵列检查样本的方法。方法包括以下步骤:利用带电粒子束发射器产生初级带电粒子束;利用初级带电粒子束照射具有表面的多孔透镜板,以产生被聚焦的初级带电粒子小束的阵列;通过多孔透镜板的表面上的至少第一电极产生电场;其中由至少第一电极提供的电场在z方向上的场分量是非旋转对称的;和利用物镜将初级带电粒子小束聚焦在样本上的不同位置上,以同时在不同位置处检查样本。

[0088] 实施方式2:根据实施方式1所述的方法,其中至少第一电极在传播初级带电粒子小束的方向上布置在孔透镜板之前。

[0089] 实施方式3:根据实施方式1所述的方法,其中至少第一电极在传播初级带电粒子小束的方向上布置在孔透镜板之后。

[0090] 实施方式4:根据实施方式1至3任一项所述的方法,其中由至少第一电极提供的电场的非旋转对称的z分量由在周向方向上分段成至少两个个别的电极段的至少第一电极提供。

[0091] 实施方式5:根据实施方式4所述的方法,其中至少第一电极被分段提供偶极、四极或更高阶的极。

[0092] 实施方式6:根据实施方式1至5任一项所述的方法,其中由至少第一电极提供的电场的非旋转对称z分量由相对于到垂直于带电粒子束装置的光轴的平面而倾斜的至少第一电极提供。

[0093] 实施方式7:根据实施方式1至6任一项所述的方法,进一步包含:测量样本的样品倾斜或局部样品倾斜;和利用与所述倾斜成比例的场强度或利用至少部分地补偿样品倾斜或局部样品倾斜的场强度来产生电场。

[0094] 实施方式8:根据实施方式1至7任一项所述的方法,进一步包含:通过扫描偏转器使初级带电粒子小束在样本上方扫描,其中由在多孔透镜板的表面上的至少第一电极产生的电场的z分量具有与扫描偏转器的激励成比例的振幅。

[0095] 实施方式9:一种用于利用初级带电粒子小束的阵列检查样本的带电粒子束装置,带电粒子束装置包括:光轴,在带电粒子束装置的z方向上延伸,并进一步包括:带电粒子束源,用于产生初级带电粒子小束的阵列,其中带电粒子束源包括:带电粒子束发射器,用于发射带电粒子束;多孔透镜板,具有表面,多孔透镜板包括至少两个开口,以产生并聚焦初级带电粒子小束的阵列,多孔透镜板布置成被初级带电粒子束照射。带电粒子束装置进一步包括:至少第一电极,用于在多孔透镜板的表面上产生电场;至少第一电极具有径向方向、周向方向和初级带电粒子束或初级带电粒子小束穿过的孔开口;其中至少第一电极在周向方向上分段成至少两个个别的电极段;和物镜,用于将初级带电粒子小束的阵列的每个初级带电粒子小束聚焦到样本上的不同位置。

[0096] 实施方式10:根据实施方式9所述的带电粒子束装置,其中个别的电极段可分别利用不同的电压偏置。

[0097] 实施方式11:根据实施方式9至10任一项所述的带电粒子束装置,其中分段的第一

电极提供偶极、四极、或更高阶的极。

[0098] 实施方式12:根据实施方式9至11任一项所述的带电粒子束装置,其中至少第一电极在传播初级带电粒子小束的方向上布置在孔透镜板之前。

[0099] 实施方式13:根据实施方式9至11任一项所述的带电粒子束装置,其中至少第一电极在传播初级带电粒子小束的方向上布置在孔透镜板之后。

[0100] 实施方式14:根据实施方式9至13任一项所述的带电粒子束装置,进一步包括扫描偏转器,用于使初级带电粒子小束在样本上方扫描。

[0101] 实施方式15:根据实施方式9至14任一项所述的带电粒子束装置,其中至少第一电极相对于与带电粒子束装置的光轴垂直的平面而倾斜。

[0102] 实施方式16:一种用于利用初级带电粒子小束的阵列检查样本的带电粒子束装置,带电粒子束装置包括:光轴,在带电粒子束装置的z方向上延伸,并且进一步包括:带电粒子束源,用于产生初级带电粒子小束的阵列,其中带电粒子束源包括:带电粒子束发射器,用于发射带电粒子束;多孔透镜板,包括至少两个开口,以产生并聚焦初级带电粒子小束的阵列,多孔透镜板布置成被初级带电粒子束照射。带电粒子束装置进一步包括至少第一电极,用于在多孔透镜板的表面上产生电场;至少第一电极具有初级带电粒子束或初级带电粒子小束穿过的孔开口;其中至少第一电极相对于垂直于带电粒子束装置的光轴的平面而倾斜;和物镜,用于将初级带电粒子小束的阵列的每个初级带电粒子小束聚焦到样本上的不同位置。

[0103] 实施方式17:根据实施方式16所述的带电粒子束装置,其中第一电极在x方向或y方向上倾斜,x方向或y方向均垂直于z方向。

[0104] 实施方式18:根据实施方式16至17任一项所述的带电粒子束装置,其中第一电极在传播初级带电粒子小束的方向上布置在孔透镜板之前。

[0105] 实施方式19:根据实施方式16至17任一项所述的带电粒子束装置,其中第一电极在传播初级带电粒子小束的方向上布置在孔透镜板之后。

[0106] 实施方式20:根据实施方式16至19任一项所述的带电粒子束装置,其中第一电极在周向方向上分段成至少两个个别的电极段。

[0107] 实施方式21:根据实施方式16至20任一项所述的带电粒子束装置,其中带电粒子束装置适于以倾斜的方式支撑样本。

[0108] 实施方式22:一种用于检查样本的多柱显微镜,包括:带电粒子束装置,用于利用初级带电粒子小束的阵列检查样本,带电粒子束装置包括:光轴,在带电粒子束装置的z方向上延伸,并且进一步包括:带电粒子束源,用于产生初级带电粒子小束的阵列,其中带电粒子束源包括:带电粒子束发射器,用于发射带电粒子束;多孔透镜板,包括至少两个开口,以产生并聚焦初级带电粒子小束的阵列,多孔透镜板布置成被初级带电粒子束照射;至少第一电极,用于在多孔透镜板的表面上产生电场;至少第一电极具有初级带电粒子束或初级带电粒子小束穿过的孔开口,其中至少第一电极相对于垂直于带电粒子束装置的光轴的平面而倾斜并且/或者其中至少第一电极在周向方向上分段成至少两个个别的电极段;并且带电粒子束装置进一步包括:物镜,用于将初级带电粒子小束的阵列的每个初级带电粒子小束聚焦到样本上的不同位置。多柱显微镜进一步包括:另外的带电粒子束源,用于产生初级带电粒子小束的另外的阵列。

[0109] 实施方式23:根据实施方式9至15任一项所述的带电粒子束装置,进一步包括:透镜模块和偏转器模块的至少一个,以引导初级带电粒子小束的阵列的初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点。

[0110] 实施方式24:根据实施方式16至21任一项所述的带电粒子束装置,进一步包括:透镜模块和偏转器模块的至少一个,以引导初级带电粒子小束的阵列的初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点。

[0111] 实施方式25:根据实施方式22所述的多柱显微镜,进一步包括:透镜模块和偏转器模块的至少一个,以引导初级带电粒子小束的阵列的初级带电粒子小束穿过物镜的无彗差点。

[0112] 实施方式26:根据实施方式22或25所述的多柱显微镜,进一步包括:准直器,具有准直透镜和偏转器阵列的至少一个,以引导初级带电粒子小束的阵列的初级带电粒子小束到物镜阵列的相应光轴。

[0113] 实施方式27:根据实施方式26所述的多柱显微镜,其中物镜阵列包括单独静电透镜和单独磁透镜的一个或多个。

[0114] 实施方式28:根据实施方式27所述的多柱显微镜,其中单独静电透镜是减速场透镜。

[0115] 实施方式29:根据实施方式27或28所述的多柱显微镜,其中单独磁透镜具有共同的激励线圈。

[0116] 尽管上述内容涉及实施方式,但是可在不背离本发明的基本范围的情况下设计其他和进一步的实施方式,并且本发明的范围由所附的权利要求书确定。

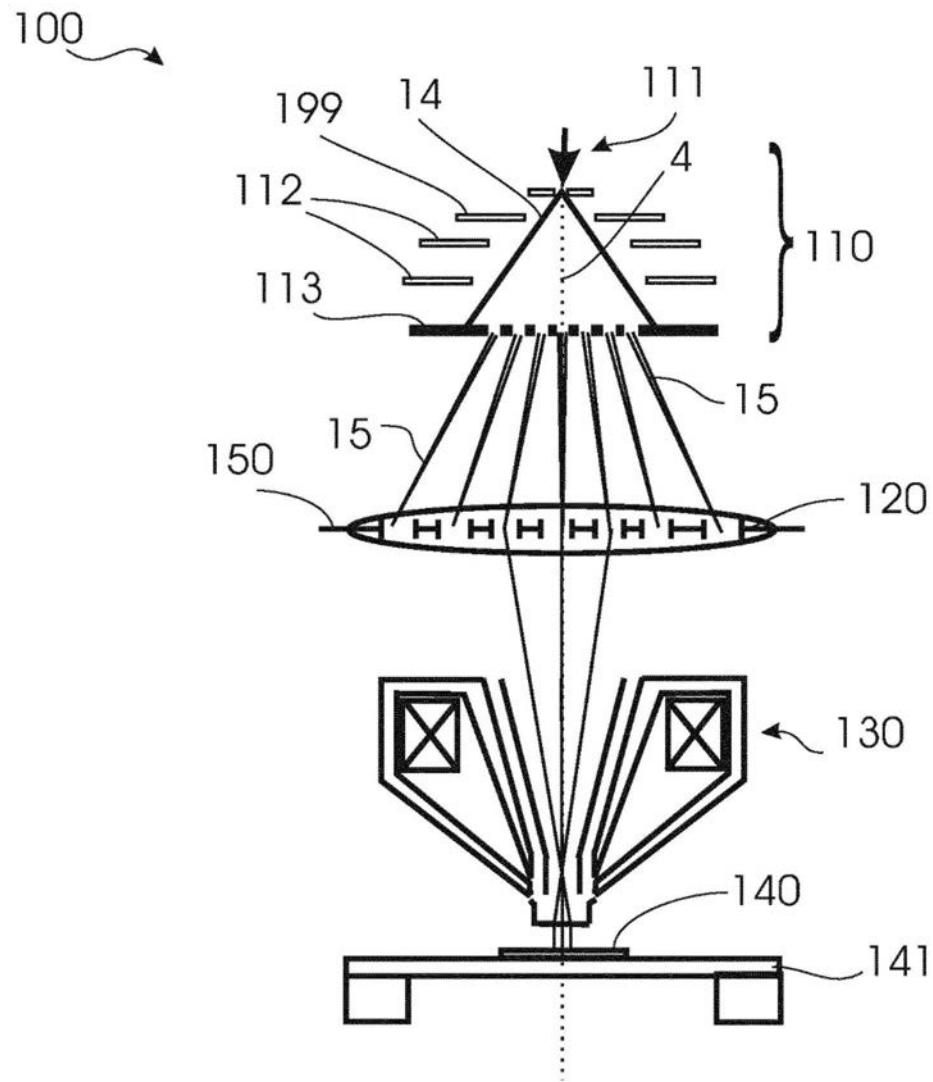


图1

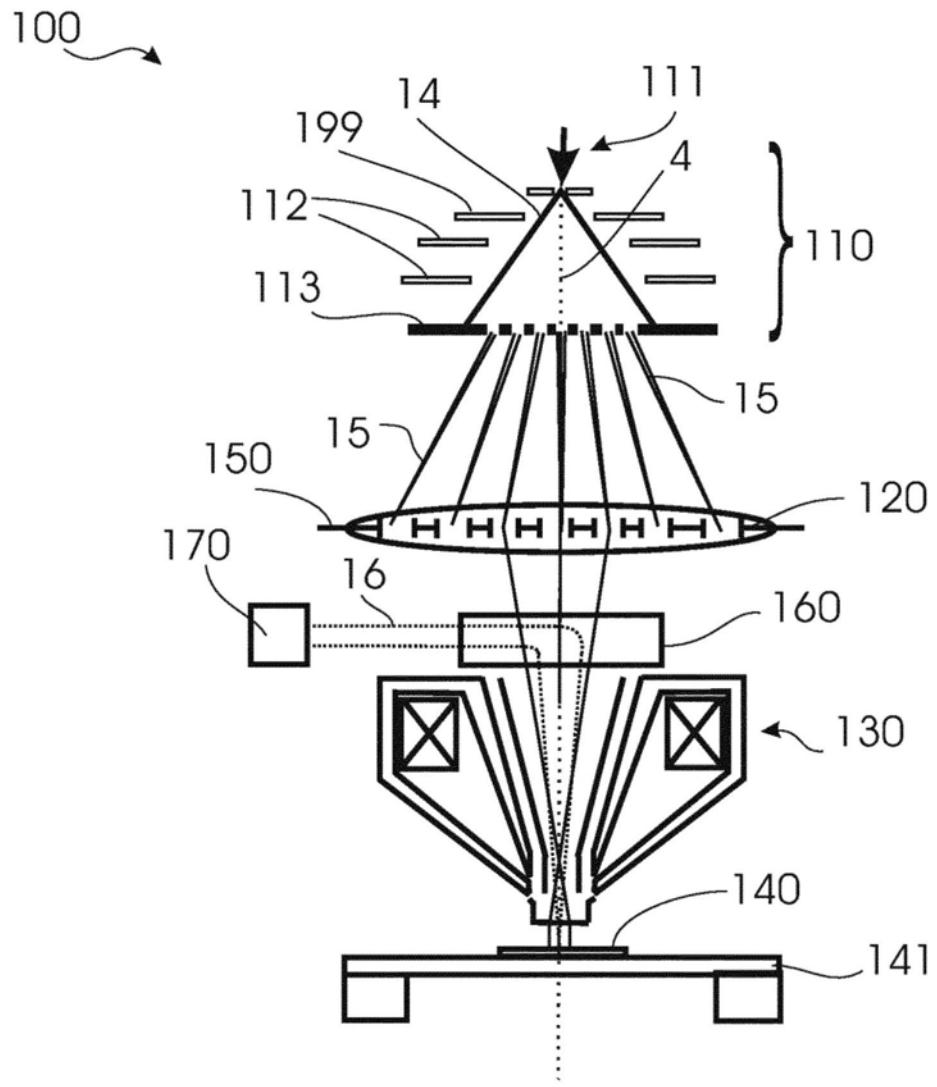


图2

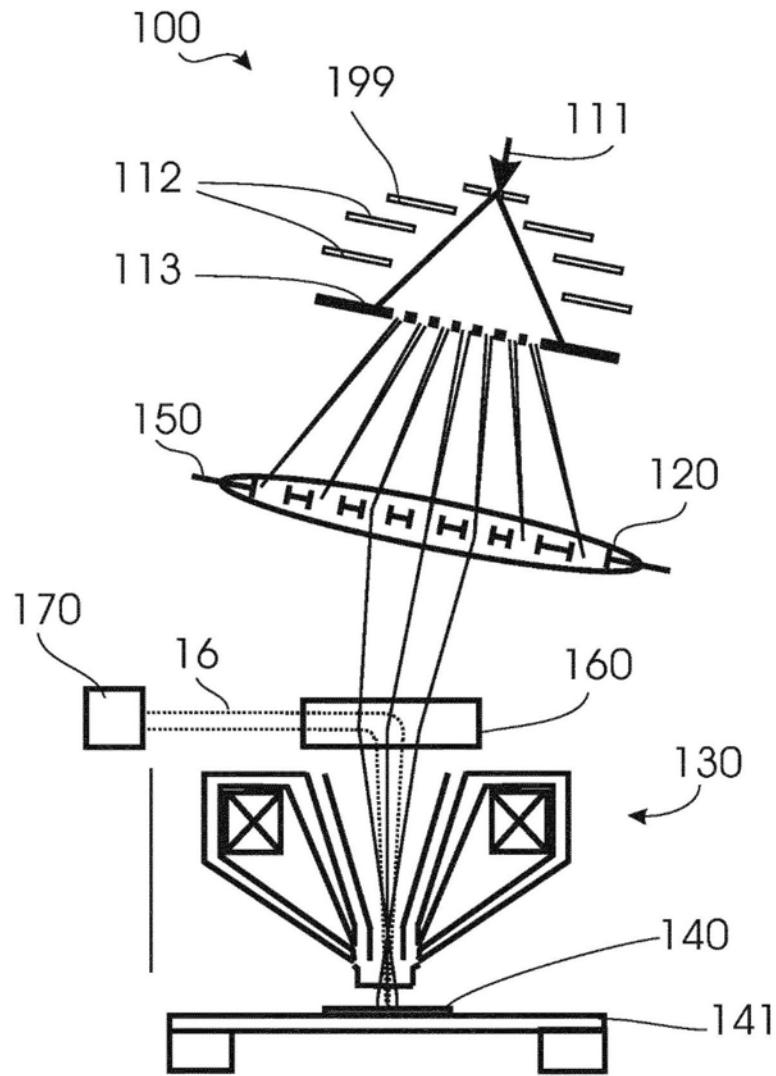


图3a

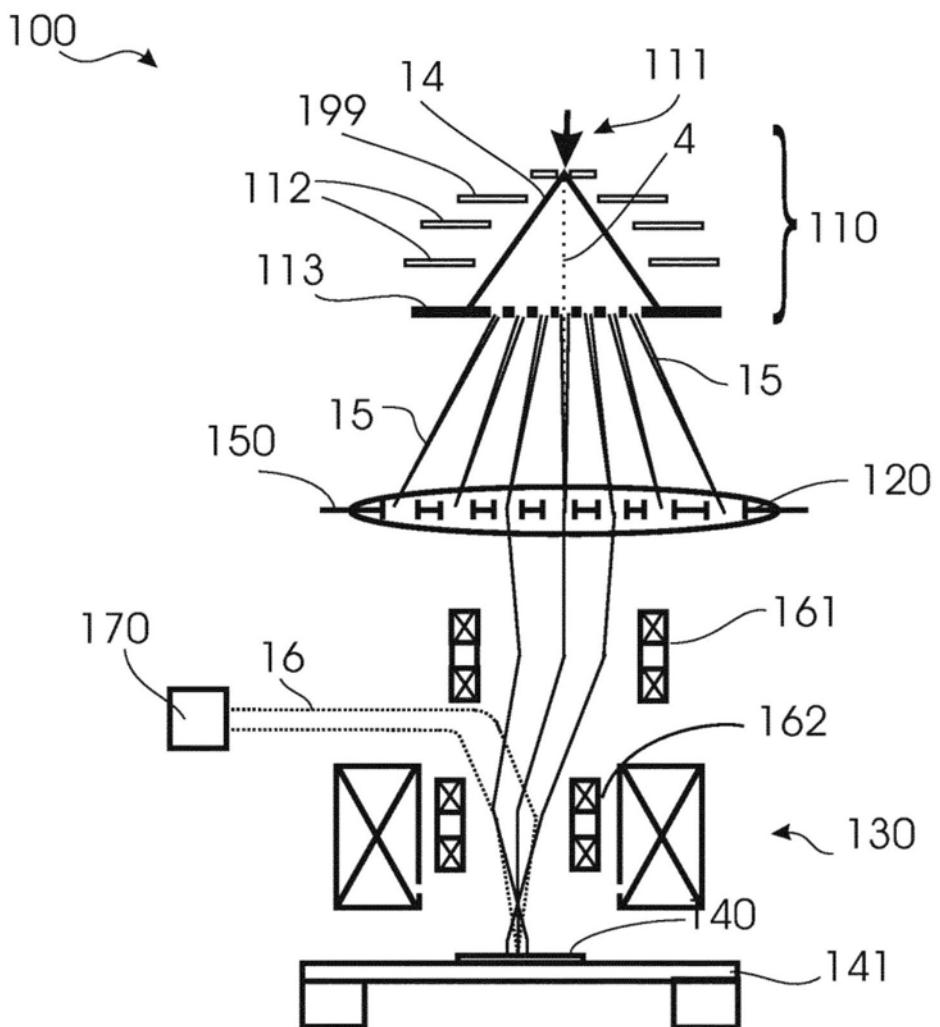


图3b

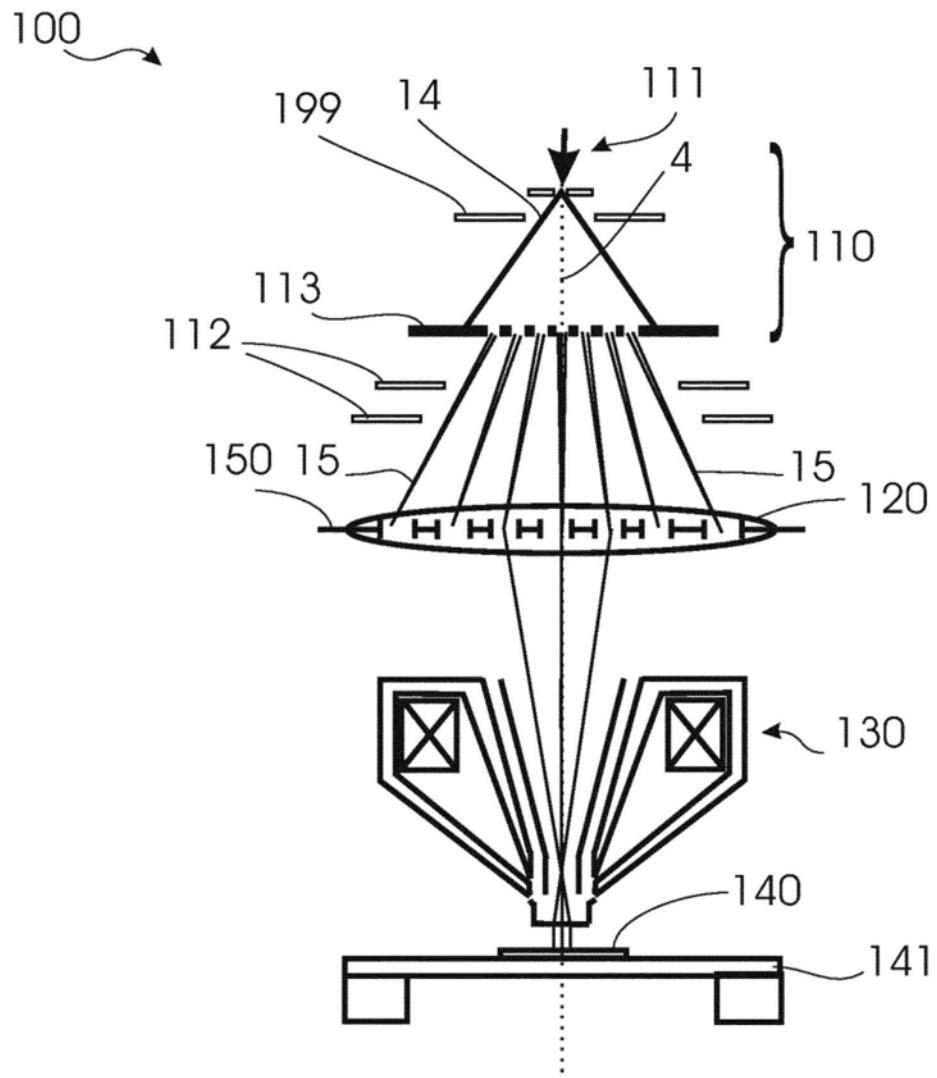


图4

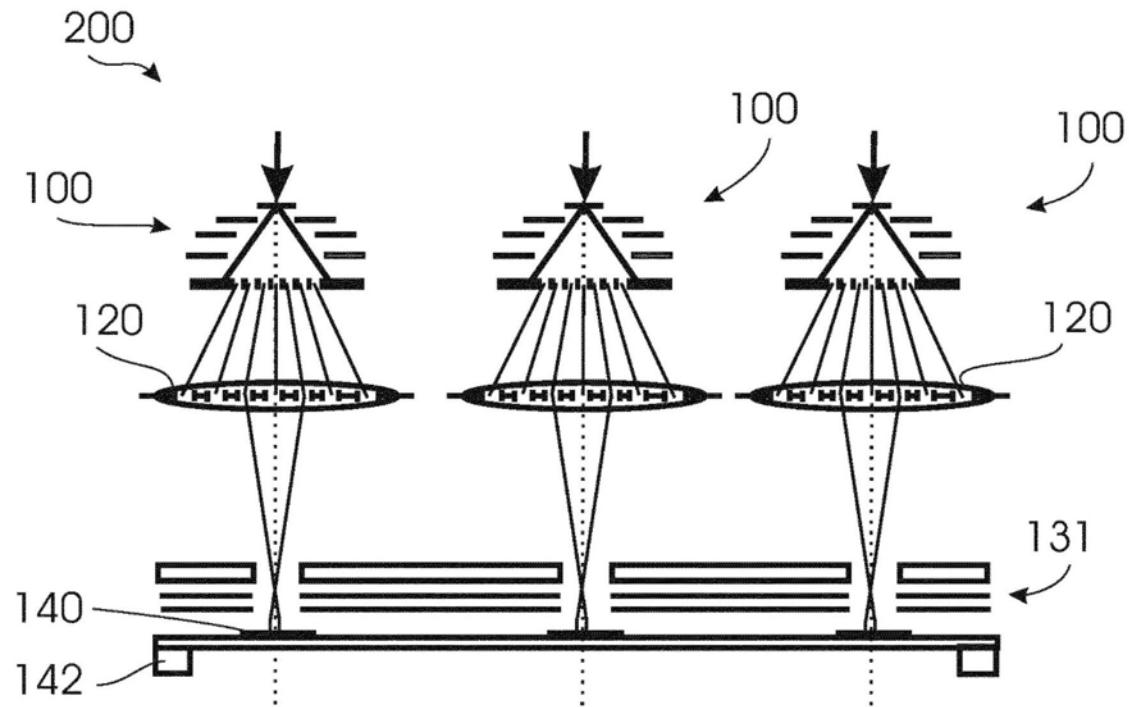


图5

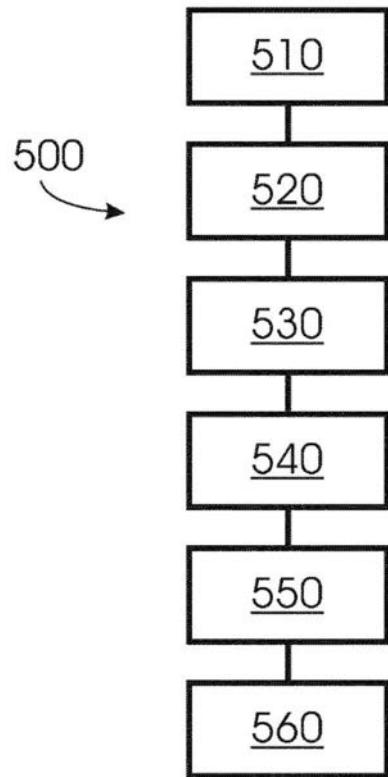


图6