



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106415249 B

(45)授权公告日 2018.06.12

(21)申请号 201580029498.7

(22)申请日 2015.06.26

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106415249 A

(43)申请公布日 2017.02.15

(30)优先权数据
62/017,264 2014.06.26 US
62/111,402 2015.02.03 US
14/749,564 2015.06.24 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2016.12.02

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/038115 2015.06.26

(87)PCT国际申请的公布数据
W02015/200856 EN 2015.12.30

(73)专利权人 科磊股份有限公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 P·科尔钦 M·奥利莱 魏军伟
D·卡普 G·陈

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287
代理人 张世俊

(51)Int.Cl.
G01N 21/88(2006.01)
G01N 21/95(2006.01)
H01L 21/66(2006.01)

(56)对比文件
CN 1532542 A, 2004.09.29,
CN 103201682 A, 2013.07.10,
JP 2014530389 A, 2014.11.17,
CN 102636963 A, 2012.08.15,
US 2014146322 A1, 2014.05.29,

审查员 王欣

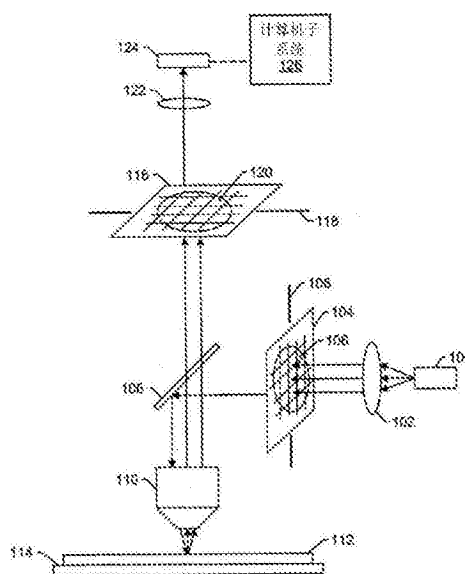
权利要求书4页 说明书16页 附图6页

(54)发明名称

在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置

(57)摘要

本发明提供用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的方法及系统。一种系统包含检测器,所述检测器经配置以在光学元件具有不同配置时,检测通过包含一组收集孔隙的所述光学元件的来自晶片的光,借此产生针对所述不同配置的不同图像。所述系统还包含计算机子系统,所述计算机子系统经配置以用于依据所述不同图像中的两者或两者以上建构额外图像,且用于产生所述额外图像中的任一者的所述两个或两个以上不同图像并不仅包含针对所述组中的单个收集孔隙产生的不同图像。所述计算机子系统经进一步配置以用于基于所述不同图像及所述额外图像而选择所述光学元件的所述不同或额外配置中的一者。



1. 一种经配置以在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的系统,所述系统包括:

光源,其经配置以产生被引导到所述晶片的光;

光学元件,其定位于收集光瞳平面中,其中所述光学元件包括一组收集孔隙;

检测器,所述检测器经配置以在所述光学元件具有不同配置时,检测通过所述光学元件的来自所述晶片的光,借此产生针对所述不同配置的不同图像,其中所述不同配置中的至少一者仅包括所述组中的单个收集孔隙,且其中所述不同配置中的至少另一者包括所述组中的所述收集孔隙中的两者;及

计算机子系统,其经配置以用于:

依据所述不同图像中的两者以上建构一个或多个额外图像,其中用于产生所述一个或多个额外图像中的任一者的两个以上不同图像并不仅包括针对所述组中的单个收集孔隙产生的所述不同图像;

确定所述不同图像及所述一个或多个额外图像的一个或多个特性;

将所述不同图像及所述一个或多个额外图像的所述一个或多个特性进行比较;

基于所述比较的结果而选择所述光学元件的所述不同或额外配置中的一者用于所述晶片的检验;

基于所述不同图像而确定从所述晶片以不同方向散射的光之间的相移;及

基于所确定的相移而确定在所述晶片的所述检验期间供在所述系统中使用的相衬滤波器的一个或多个参数。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述收集孔隙包括三个以上狭槽,其中所述三个以上狭槽中的每一者沿第一维度跨越整个所述收集光瞳平面而延伸,且其中所述组收集孔隙沿第二维度跨越整个所述收集光瞳平面延伸,所述第二维度垂直于所述第一维度。

3. 根据权利要求1所述的系统,其中所述收集孔隙包括两个以上组的狭槽,其中所述两个以上组中的每一者的所述狭槽沿第一维度跨越所述收集光瞳平面的仅一部分延伸,且其中所述两个以上组的狭槽中的每一者沿第二维度跨越整个所述收集光瞳平面延伸,所述第二维度垂直于所述第一维度。

4. 根据权利要求1所述的系统,其中由所述光源产生的所述光为非相干光。

5. 根据权利要求1所述的系统,其中由所述光源产生的所述光为相干光。

6. 根据权利要求1所述的系统,其中所述选择包括选择产生用于使对所述晶片上的所关注缺陷的检测最大化的所述一个或多个特性的最佳值的所述不同或额外配置中的一者。

7. 根据权利要求1所述的系统,其中所述选择包括选择产生用于使对所述晶片上的滋扰缺陷的检测最小化的所述一个或多个特性的最佳值的所述不同或额外配置中的一者。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述收集孔隙为可通过将所述光学元件的一个或多个部分移出所述收集光瞳平面而在所述光学元件中形成的开口。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中所述收集孔隙为可通过将所述光学元件的一个或多个部分移到所述收集光瞳平面中而在所述光学元件中形成的光阻挡区。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中所述组收集孔隙包括所述收集孔隙的规则阵列。

11. 根据权利要求1所述的系统,其中针对所述晶片上的缺陷的预定位置而进一步产生所述不同图像。

12. 根据权利要求1所述的系统, 其中以针对所述系统的所述光源、所述检测器及任何其它光学元件的预定参数而进一步产生所述不同图像。

13. 根据权利要求1所述的系统, 其中以针对所述系统的所述光源、所述检测器及任何其它光学元件中的至少一者的不同参数而进一步产生所述不同图像, 借此产生针对所述不同配置及所述不同参数的不同图像, 且其中所述选择包括基于所述比较的所述结果而选择所述光学元件的所述不同或额外配置中的所述一者与用于所述晶片的所述检验的所述不同参数中的一者或多者的一个组合。

14. 根据权利要求1所述的系统, 其中所述不同配置进一步包括所述组中的所述收集孔隙的所有可能组合。

15. 根据权利要求1所述的系统, 其中所述系统进一步经配置以通过跨越所述收集光瞳平面步进方形孔隙而致使所述光学元件具有所述不同配置。

16. 根据权利要求1所述的系统, 其进一步包括照射孔隙, 所述照射孔隙定位于被引导到所述晶片的所产生光的路径中, 其中以针对所述照射孔隙的不同参数而进一步产生所述不同图像。

17. 根据权利要求16所述的系统, 其中基于针对所述照射孔隙的所述不同参数而确定所述光学元件的所述不同配置, 以借此阻挡由于以针对所述照射孔隙的所述不同参数照射所述晶片所致的来自所述晶片的镜面反射光。

18. 根据权利要求17所述的系统, 其中基于针对所述照射孔隙的所述不同参数而确定所述光学元件的所述不同配置, 以借此阻挡由于以针对所述照射孔隙的所述不同参数照射所述晶片所致的来自所述晶片的所述光的衍射级。

19. 根据权利要求17所述的系统, 其中当所述照射孔隙具有针对所述照射孔隙的一组所述不同参数时, 以所述光学元件的所述不同配置而进一步产生所述不同图像。

20. 根据权利要求1所述的系统, 其进一步包括照射孔隙, 所述照射孔隙定位于被引导到所述晶片的所产生光的路径中, 其中通过跨越照射光瞳平面步进方形孔隙开口而以针对所述照射孔隙的不同参数进一步产生所述不同图像。

21. 根据权利要求20所述的系统, 其中通过基于所述方形孔隙开口跨越所述照射光瞳平面的所述步进而跨越所述收集光瞳平面步进单个光阻挡元件来形成所述光学元件的所述不同配置, 以借此阻挡由于以针对所述照射孔隙的所述不同参数而照射所述晶片所致的来自所述晶片的镜面反射光。

22. 根据权利要求21所述的系统, 其中通过基于所述方形孔隙开口跨越所述照射光瞳平面的所述步进而将一个或多个额外光阻挡元件放置于所述收集光瞳平面中来形成所述光学元件的所述不同配置, 以借此阻挡由于以针对所述照射孔隙的所述不同参数而照射所述晶片所致的来自所述晶片的所述光的衍射级。

23. 根据权利要求21所述的系统, 其中当所述照射孔隙具有针对所述照射孔隙的一组所述不同参数时, 通过跨越所述收集光瞳平面步进一个或多个额外光阻挡元件而以所述光学元件的所述不同配置进一步产生所述不同图像。

24. 根据权利要求1所述的系统, 其中所述组收集孔隙包括一组规范离散孔隙。

25. 根据权利要求1所述的系统, 其中当所述光学元件将在所述晶片的所述检验期间执行傅里叶滤波时, 在笛卡尔坐标系中确定所述光学元件的所述不同配置。

26. 根据权利要求1所述的系统,其中当所述计算机子系统进一步经配置以用于映射所述不同图像中的缺陷散射时,在极坐标系中确定所述光学元件的所述不同配置。

27. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光学元件的所述不同配置对应于所述收集光瞳平面中的开口的不同位置。

28. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光学元件的所述不同配置对应于所述收集光瞳平面中的开口的不同大小。

29. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光学元件的所述不同配置对应于所述收集光瞳平面中的光阻挡元件的不同位置。

30. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光学元件的所述不同配置对应于所述收集光瞳平面中的光阻挡元件的不同大小。

31. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光源包括宽带光源。

32. 根据权利要求1所述的系统,其中所述光源包括激光器。

33. 根据权利要求1所述的系统,其中所检测的光包括散射光。

34. 根据权利要求1所述的系统,其中所检测的光包括反射光。

35. 根据权利要求1所述的系统,其中所述检测器进一步经配置以暗场模式检测光。

36. 根据权利要求1所述的系统,所述不同图像包括暗场图像。

37. 根据权利要求1所述的系统,所述不同图像包括明场图像。

38. 一种非暂时性计算机可读媒体,其存储可在计算机系统上执行以用于执行用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的计算机实施的方法的程序指令,其中所述计算机实施的方法包括:

获取晶片的不同图像,其中所述不同图像是通过以下操作产生:

将由光源产生的光引导到所述晶片;及

当光学元件具有不同配置时,检测通过所述光学元件的来自所述晶片的光,借此产生针对所述不同配置的所述不同图像,其中所述光学元件定位于收集光瞳平面中,其中所述光学元件包括一组收集孔隙,其中所述不同配置中的至少一者仅包括所述组中的单个收集孔隙,且其中所述不同配置中的至少另一者包括所述组中的所述收集孔隙中的两者;

依据所述不同图像中的两者以上建构一个或多个额外图像,其中用于产生所述一个或多个额外图像中的任一者的两个以上不同图像并不仅包括针对所述组中的单个收集孔隙产生的所述不同图像;

确定所述不同图像及所述一个或多个额外图像的一个或多个特性;

将所述不同图像及所述一个或多个额外图像的所述一个或多个特性进行比较;

基于所述比较的结果而选择所述光学元件的所述不同或额外配置中的一者用于所述晶片的检验;

基于所述不同图像而确定从所述晶片以不同方向散射的光之间的相移;及

基于所确定的相移而确定在所述晶片的所述检验期间供在所述系统中使用的相衬滤波器的一个或多个参数。

39. 一种用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的方法,所述方法包括:

将由光源产生的光引导到晶片;

当光学元件具有不同配置时,检测通过所述光学元件的来自所述晶片的光,借此产生针对所述不同配置的不同图像,其中所述光学元件定位于收集光瞳平面中,其中所述光学元件包括一组收集孔隙,其中所述不同配置中的至少一者仅包括所述组中的单个收集孔隙,且其中所述不同配置中的至少另一者包括所述组中的所述收集孔隙中的两者;

依据所述不同图像中的两者以上建构一个或多个额外图像,其中用于产生所述一个或多个额外图像中的任一者的两个以上不同图像并不仅包括针对所述组中的单个收集孔隙产生的所述不同图像;

确定所述不同图像及所述一个或多个额外图像的一个或多个特性;

将所述不同图像及所述一个或多个额外图像的所述一个或多个特性进行比较;

基于所述比较的结果而选择所述光学元件的所述不同或额外配置中的一者用于所述晶片的检验,其中所述建构、所述确定、所述比较及所述选择是由计算机系统执行;

基于所述不同图像而确定从所述晶片以不同方向散射的光之间的相移;及

基于所确定的相移而确定在所述晶片的所述检验期间供在所述系统中使用的相衬滤波器的一个或多个参数。

在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置

技术领域

[0001] 本发明一般来说涉及用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的方法及系统。本发明还可包含在晶片检验期间确定定位于照射孔隙中的互补光学元件的配置。

背景技术

[0002] 以下说明及实例并不由于其包含于此章节中而被认为是现有技术。

[0003] 在半导体制造过程期间在各种步骤处使用检验过程来检测晶片上的缺陷以在制造过程中促进较高合格率及因此较高利润。检验一直是制作半导体装置的重要部分。然而，随着半导体装置的尺寸减小，检验对可接受半导体装置的成功制造变得甚至更加重要，这是因为较小缺陷可导致装置不合格。

[0004] 许多检验工具具有针对所述工具的许多光学元件的可调整参数。以此方式，可取决于正进行检验的晶片的类型及所述晶片上的所关注缺陷 (DOI) 的特性而更改一个或多个光学元件 (例如光源、偏光器、透镜、检测器及类似物) 的参数。举例来说，不同类型的晶片可具有显著不同特性，所述显著不同特性可致使具有相同参数的相同工具以极其不同的方式对晶片进行成像。另外，由于不同类型的DOI可具有显著不同特性，因此适合于检测一种类型的DOI的检验系统参数可不适合于检测另一类型的DOI。此外，不同类型的晶片可具有不同噪声源，所述不同噪声源可以不同方式干扰对晶片上的DOI的检测。

[0005] 晶片检验工具的若干可调整参数 (然而由于晶片检验工具可用于检验许多不同类型的晶片及DOI而为有利的) 意指当设置晶片检验配方时需要 (或应该) 考虑大量不同的参数值组合 (或者被称为“模式”)。举例来说，为确保选择可在检验系统上获得的最佳可能模式用于检验配方中，应考虑显著数目种模式。否则，最佳可能模式经评估且接着随后经挑选的概率可为相对低的。

[0006] 因此，设置适合于晶片检验的检验过程配方为重要过程，通常必须针对将进行检验的每一不同类型的晶片而重复所述过程。由此，已开发用于设置晶片检验配方的许多不同方法及系统以使配方设置较容易且较高效。然而，并非所有晶片检验配方设置方法及系统均可用于所有类型的光及/或所有类型的检验系统。举例来说，针对使用相干光的晶片检验配方的设置而创建的系统及方法可不一定适合于使用非相干光的晶片检验配方的设置。另外，用于优化关于一种类型的光 (例如，非相干光) 的照射的晶片检验配方设置可不一定适合于优化关于相同类型的光的收集/检测。

[0007] 因此，开发不具有上文所描述的缺点中的一者或多者的用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的方法及系统将为有利的。

发明内容

[0008] 各种实施例的以下说明不应以任何方式被视为限制所附权利要求书的标的物。

[0009] 一个实施例涉及一种系统，所述系统经配置以在晶片检验期间确定定位于收集孔

隙中的光学元件的配置。所述系统包含光源,所述光源经配置以产生被引导到所述晶片的光。所述系统还包含定位于收集光瞳平面中的光学元件。所述光学元件包含一组收集孔隙。另外,所述系统包含检测器,所述检测器经配置以在所述光学元件具有不同配置时,检测通过所述光学元件的来自所述晶片的光,借此产生针对所述不同配置的不同图像。所述不同配置中的至少一者仅包含所述组中的单个收集孔隙,且不同孔隙中的至少另一者包含所述组中的所述收集孔隙中的两者。

[0010] 所述系统进一步包含计算机子系统,所述计算机子系统经配置以用于依据所述不同图像中的两者或两者以上建构一个或多个额外图像。用于产生所述一个或多个额外图像中的任一者的所述两个或两个以上不同图像并不仅包含针对所述组中的单个收集孔隙产生的所述不同图像。所述计算机子系统进一步经配置以用于确定所述不同图像及所述一个或多个额外图像的一个或多个特性、将所述不同图像及所述一个或多个额外图像的所述一个或多个特性进行比较,及基于所述比较步骤的结果而选择所述光学元件的所述不同或额外配置中的一者用于所述晶片的检验。可如本文中所描述而进一步配置所述系统。

[0011] 另一实施例涉及一种非暂时性计算机可读媒体,所述非暂时性计算机可读媒体存储可在计算机系统上执行以用于执行用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的计算机实施的方法的程序指令。所述计算机实施的方法包含获取晶片的不同图像。所述不同图像是通过以下操作产生:将由光源产生的光引导到所述晶片;及当光学元件具有不同配置时,检测通过所述光学元件的来自所述晶片的光,借此产生针对所述不同配置的所述不同图像。如上文所描述而配置所述光学元件及所述不同配置。所述计算机实施的方法还包含由上文所描述的所述系统的计算机子系统执行的所述建构、确定、比较及选择。可如本文中所描述而进一步配置所述计算机可读媒体。可如本文中进一步所描述而执行所述计算机实施的方法的步骤。另外,可为其执行所述程序指令的所述计算机实施的方法可包含本文中所描述的任何其它方法的任何其它步骤。

[0012] 另一实施例涉及一种用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的方法。所述方法包含如上文所描述而执行的引导及检测步骤以产生不同图像。所述方法还包含由上文所描述的系统的计算机子系统执行的建构、确定、比较及选择,在所述方法中所述操作由计算机系统执行。

[0013] 可如本文中进一步所描述而执行上文所描述的方法的步骤中的每一者。上文所描述的方法可包含本文中所描述的(若干)任何其它方法的(若干)任何其它步骤。上文所描述的方法可使用本文中所描述的系统中的任一者来执行。

附图说明

[0014] 在阅读以下详细说明且在参考附图后,本发明的其它目标及优点将即刻变得显而易见,在附图中:

[0015] 图1是图解说明如本文中所描述而配置的系统的一个实施例的侧视图的示意图;

[0016] 图2到3是图解说明包含一组收集孔隙的光学元件的实施例的平面图的示意图;

[0017] 图4是图解说明在图2中所展示的光学元件的不同配置的实施例及可使用不同配置而产生的不同图像的实例的平面图的示意图;

[0018] 图5是图解说明在图4中所展示的不同配置的一个实施例及通过此光学元件配置

的光可如何在图像平面处导致干扰的侧视图的示意图；

[0019] 图6到7是图解说明在图2中所展示的光学元件的不同配置的实施例的平面图的示意图；

[0020] 图8到9是图解说明照射孔隙的实施例及针对所述照射孔隙实施例而可定位于收集光瞳平面中的光学元件的平面图的示意图；

[0021] 图10是图解说明可包含于光学元件组中的一组规范离散孔隙的实施例的平面图的示意图；且

[0022] 图11是图解说明非暂时性计算机可读媒体的一个实施例的框图，所述非暂时性计算机可读媒体包含可在计算机上执行以用于执行本文中所描述的计算机实施的方法实施例中的一者或多者的程序指令。

[0023] 虽然易于对本发明做出各种修改及替代形式，但其特定实施例是在图式中以实例方式展示且将在本文中详细描述。然而，应理解，图式及对其的详细说明并不打算将本发明限制于所揭示的特定形式，而是相反，本发明打算涵盖归属于如由所附权利要求书所界定的本发明的精神及范围内的所有修改、等效形式及替代形式。

具体实施方式

[0024] 现在转到图式，应注意各图并未按比例绘制。特定来说，所述图的元件中的一些元件的比例被大大放大以强调所述元件的特性。还应注意，所述图并未按相同比例绘制。已使用相同参考编号指示可类似地配置的在一个以上图中展示的元件。除非本文中另外提及，否则所描述及所展示的元件中的任一者可包含任何适合可商购的元件。

[0025] 一个实施例涉及一种系统，所述系统经配置以在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置。如本文中将进一步所描述，实施例可用于图像重建以优化收集孔隙及模式以借此增强缺陷检测。举例来说，如本文中进一步所描述，实施例提供用于通过找出收集阻挡孔隙或相差孔隙的最优配置来增强并优化缺陷检测的系统及方法，所述收集阻挡孔隙或相差孔隙经放置于检验系统的收集光瞳平面中。产生较高敏感性的孔隙的配置（例如，形状）可为本文中所描述的实施例的输出，所述输出可包含可如本文中进一步所描述而执行的图像重建。所述实施例还可用于增加对所关注缺陷 (DOI) 的检测率及/或同时减小对干扰事件的检测率。另外，本文中所描述的实施例提供用于测量缺陷的散射图案及晶片检验的噪声的系统及方法。

[0026] 系统包含光源，所述光源经配置以产生被引导到晶片的光。举例来说，在图1中所展示的系统的实施例中，系统包含光源100。在一个实施例中，由光源产生的光为非相干光。光源100可为非相干光源，其可包含此项技术中已知的任何此类适合光源。在一个实例中，光源可为宽带等离子 (BBP) 光源，其经配置以产生处于一个或多个波长的光。

[0027] 如在图1中所展示，来自光源的光可被引导到透镜102，所述透镜经配置以将来自光源的光引导到系统的一个或多个其它元件。尽管透镜102在图1中展示为单个折射光学元件，但实际上透镜102可为一个或多个折射光学元件及/或一个或多个反射光学元件。透镜可包含此项技术中已知的任一或任何适合透镜。

[0028] 在一个实施例中，系统包含照射孔隙，所述照射孔隙定位于被引导到晶片的所产生光的路径中。举例来说，如在图1中所展示，系统可包含照射孔隙104，所述照射孔隙可包

含可为(举例来说)开口或光阻挡元件的若干个元件106。照射孔隙可定位于照射傅里叶(Fourier)平面108中。

[0029] 用于针对宽带、非相干光源来优化照射孔隙的方法及系统描述于在2014年12月4日公开的颁予科尔钦(Kolchin)等人的第2014/0354983号美国专利申请公开案中,所述美国专利申请公开案如同完全陈述于本文中一般而以引用方式并入。本文中所描述的实施例可如本公开案中所描述而进一步配置。以此方式,用于本文中所描述的实施例中的照射孔隙的配置可如所述公开案中所描述地确定。尽管上文所参考公开案描述用于优化照射孔隙的方法及系统,但尚未建立用于优化收集光路径的孔隙形状的系统性方法。由此,本文中进一步所描述的收集孔隙优化可与所述公开案中描述的照射孔隙优化方法组合以形成用于同时优化收集孔隙及照射孔隙两者的严密方法。

[0030] 来自照射孔隙的光可由系统的一个或多个额外光学元件引导到晶片。举例来说,如在图1中所展示,系统可包含分束器108,所述分束器经配置以将光从照射孔隙104引导到物镜110。分束器108可包含此项技术中已知的任何适合分束器,例如50/50分束器。物镜110可包含此项技术中已知的任何适合折射及/或反射光学元件。物镜110可经配置以将光以任何适合入射角引导到晶片112,所述入射角可由照射孔隙及物镜的一个或多个参数而确定。在一些实例中,照射孔隙及物镜可经配置以用于晶片的定向泛光照射,在定向泛光照射中从特定方向照射晶片的相对大区域。物镜110也可经配置以收集从晶片散射及/或反射的光且引导所收集光向后穿过分束器108。以此方式,物镜可配置为普通模式物镜。

[0031] 在另一实施例中,由光源产生的光为相干光(例如来自激光器)。在此实施例中,透镜102可包含将经准直激光引导到光瞳平面108上的特定位置或从特定方向直接引导到晶片的光学元件。因此,此些实施例可不包含本文中所描述的照射孔隙。

[0032] 系统还可包含载台114,在检验期间晶片112安置于所述载台上。载台可耦合到机械及/或机器人组合件(未展示),所述组合件经配置以移动载台(且因此移动晶片),使得在如本文中进一步所描述而收集并检测来自晶片的光时所述光可跨过晶片进行扫描。

[0033] 系统还包含定位于收集光瞳平面中的光学元件。举例来说,如在图1中所展示,系统可包含定位于收集光瞳平面118中的光学元件116,使得由物镜110收集且由分束器108发射的光被引导到光学元件116。所述光学元件包含一组收集孔隙。举例来说,所述光学元件可包含可如本文中进一步所描述而配置的孔隙120。

[0034] 本文中描述若干个不同光学元件配置且甚至更多光学元件配置为可能的以供用于晶片检验系统中。然而,不管特定光学元件配置为何,光学元件的实施例中的每一者的共同点为其光的散射方向为灵活的,允许所述光通过光学元件到达检测器。如本文中将进一步所描述,一些光学元件实施例可为灵活的,这是因为光学元件的不同组件可经移到收集光瞳平面中或移出收集光瞳平面,且因此移出从由检测器检测到的来自晶片的光的路径。然而,本文中所描述的光学元件也可或替代地通过允许改变开口或光阻挡元件的大小、定向等或使得光学元件的不同组件可切换到收集光瞳平面中及切换出收集光瞳平面而为灵活的。系统可经配置以使用任何适合元件(未展示)(例如一个或多个机械及/或机器人组合件)而以任何此类方式改变光学元件配置。

[0035] 尽管光学元件在本文中描述为仅使用机械构件(例如,开口或光阻挡元件)来将仅以选定散射角度散射的光发射到检测器,但光学元件可以任何其它适合方式配置以选择性

地发射处于收集光瞳平面内的不同位置的光。举例来说,光学元件可经配置以通过折射、吸收、衍射、反射等选择性地发射光。另外,尽管相对简单,但本文中描述机械光学元件,所述光学元件可包含其它光学元件,所述其它光学元件未必仅为基于机械的,例如电光调制器、液晶显示器、微镜阵列等,其仅可用于发射在收集光瞳平面的特定部分中的光。

[0036] 在一个实施例中,收集孔隙包含三个或三个以上狭槽。三个或三个以上狭槽中的每一者沿第一维度跨越整个收集光瞳平面延伸,且所述组收集孔隙沿第二维度跨越整个收集光瞳平面延伸,所述第二维度垂直于所述第一维度。在图2中展示光学元件的一个此实施例。如在此图中所展示,光学元件200包含5个狭槽1、2、3、4及5。尽管在此图中光学元件展示为包含5个狭槽,但光学元件也可包含任何其它适合数目个狭槽。所述狭槽中的每一者沿维度204跨越整个收集光瞳平面202延伸。换句话说,所述狭槽中的每一者可具有覆盖整个收集光瞳平面的长度。另外,如在此图中所展示,5个狭槽的组合跨越整个收集光瞳平面的维度206延伸,且维度204及206彼此垂直。以此方式,所述狭槽中的每一者的经组合宽度可沿一个维度覆盖整个收集光瞳平面。

[0037] 在另一实施例中,收集孔隙包含两个或两个以上组的狭槽。所述两个或两个以上组中的每一者中的狭槽沿第一维度跨越收集光瞳平面的仅一部分延伸,且所述两个或两个以上组的狭槽中的每一者沿第二维度跨越整个收集光瞳平面延伸,所述第二维度垂直于所述第一维度。在图3中展示具有两组狭槽的光学元件的一个此实施例。如在此图中所展示,光学元件300包含10个狭槽1、2、3、4、5、6、7、8、9及10。狭槽1到5是在所述狭槽的一个组中,且狭槽6到10是在所述狭槽的另一组中。两个组中的狭槽均沿第一维度304跨越收集光瞳平面302的仅一部分延伸。举例来说,如在图3中所展示,所述组狭槽中的每一者沿维度304跨越收集光瞳平面延伸一半路程,且所述组狭槽的组合沿维度304跨越整个收集光瞳平面延伸。另外,尽管所述组狭槽中的每一者在图3中展示为沿维度304跨越收集光瞳平面的一半延伸,但所述组狭槽可沿此维度跨越收集光瞳平面的任何其它部分延伸。如在图3中进一步展示,所述组狭槽中的每一者沿第二维度306跨越整个收集光瞳平面延伸,第二维度306垂直于维度304。以此方式,一组中的狭槽中的每一者的经组合宽度可沿第二维度覆盖整个收集光瞳平面。尽管所述组狭槽中的每一者在图3中展示为包含5个狭槽,但所述组狭槽中的每一者可包含任何其它适合数目个狭槽。另外,尽管所述组狭槽在图3中展示为包含相同数目个狭槽,但不同组狭槽可包含不同数目个狭槽。此外,尽管在所述两个组中的狭槽在图3中展示为使其长度及宽度沿相同方向定向,但不同组中的狭槽可使其长度及宽度沿不同方向(例如,垂直方向)定向。

[0038] 在一个实施例中,收集孔隙为可通过将光学元件的一个或多个部分移出收集光瞳平面而在光学元件中形成的开口。举例来说,在本文中所描述的一些实施例中,收集孔隙可为通过将一個或多个狭槽移出收集光瞳平面而形成的开口。在额外实施例中,收集孔隙为可通过将光学元件的一个或多个部分移到收集光瞳平面中而在光学元件中形成的光阻挡区。举例来说,在本文中所描述的一些实施例中,收集孔隙可为通过将一個或多个狭槽移到收集光瞳平面中而形成的光阻挡区。光学元件的一个或多个部分可由系统或系统的元件(未展示)以任何适合方式移到收集光瞳平面中及移出收集光瞳平面。

[0039] 在一些实施例中,一组收集孔隙包含收集孔隙的规则阵列。收集孔隙的规则阵列可为如在图2中所展示的一维(1D)阵列或如在图3中所展示的二维(2D)阵列。以此方式,收

集孔隙可以栅格状方式在收集光瞳平面内定向。收集孔隙的此配置对于对散射到系统的整个散射半球内的不同离散散射方向中的光进行系统性成像且分析所述光可为有利的,此可如本文中进一步所描述而执行。

[0040] 系统进一步包含检测器,所述检测器经配置以在光学元件具有不同配置时,检测通过所述光学元件的来自晶片的光,借此产生针对不同配置的不同图像。举例来说,如在图1中所展示,系统可包含透镜122,所述透镜经配置以对从光学元件116到检测器124的光进行成像。尽管透镜122在图1中展示为单个折射光学元件,但其可经配置为一个或多个折射光学元件及/或一个或多个反射光学元件。检测器124可包含任何适合成像检测器,例如电荷耦合装置(CCD)或时间延迟积分(TDI)相机。优选地,在晶片载台位置固定且相机图像振动相对小的情况下收集不同图像及任何其它实验数据,使得可忽略不同孔隙之间的图像不对准。

[0041] 不同图像针对其所产生的光学元件的不同配置中的至少一者仅包含一组中的单个收集孔隙,且所述不同配置中的至少另一者包含所述组中的收集孔隙中的两者。举例来说,如本文中更详细地描述,本文中所描述的实施例经配置以用于确定定位于晶片检验系统的收集光瞳平面中的光学元件的最适合配置,且为以实验方式搜集足够数据来作出此确定,除运用收集光瞳平面中的单个开口或光阻挡元件产生的图像以外,还以实验方式收集运用收集光瞳平面中的一个以上开口或光阻挡元件产生的图像以便准确地测量以不同散射角度散射的光之间的相位关系。

[0042] 在一个实施例中,不同配置包含一组中的收集孔隙的所有可能组合或所有可能对。举例来说,如本文中所描述而产生的一组图像可含有针对所有可能的散射方向对的相位关系。本文中进一步所描述针对本文中所描述的各种光学元件配置的所有可能的收集孔隙对及针对此些收集孔隙而产生的图像。

[0043] 系统进一步包含计算机子系统。举例来说,如在图1中所展示,系统包含计算机子系统126。计算机子系统126经配置以获取由系统的检测器产生的不同图像。举例来说,可将由检测器针对不同配置产生的不同图像提供到计算机子系统126。特定来说,所述计算机子系统可耦合到检测器(例如,通过由图1中的虚线展示的一个或多个发射媒体,所述发射媒体可包含此项技术中已知的任何适合发射媒体),使得所述计算机子系统可接收由检测器产生的不同图像。所述计算机子系统可以任何其它适合方式耦合到检测器。可如本文中所描述而进一步配置计算机子系统(例如,作为包含于计算机子系统或系统中的处理器)。

[0044] 计算机子系统经配置以用于依据不同图像中的两者或两者以上建构一个或多个额外图像。用于产生一个或多个额外图像中的任一者的两个或两个以上不同图像并不仅包含针对一组中的单个收集孔隙而产生的不同图像。举例来说,如本文中所描述而产生的所述组图像(其可含有针对所有可能散射方向对的相位关系)可接着用于重建针对所有其它可能多孔(或多阻挡件)收集孔隙组合的缺失图像。以此方式,本文中所描述的实施例可用于基于实验数据重建所关注收集孔隙的图像。

[0045] 对于晶片检验来说,将DOI与晶片噪声分离为关键的。对于暗场(DF)模式(其中镜面反射被阻挡),关键因素为缺陷及噪声的散射方向或轮廓的不同。存在测量缺陷及晶片噪声的散射图案的数种方式。一种方式为通过对成像系统的收集光瞳进行成像而直接测量散射强度。明显优点为测量是即时的事实及傅里叶域中的相对高分辨率的结果。因此,光瞳成

像可用于测量来自相对大均匀结构的噪声散射的衍射级或光瞳特征。此技术的缺点为成像平面中的相对低分辨率,此将其限于测量图案及噪声散射。另外,此技术很容易受系统假象(例如重影(ghost)及光斑)的影响。

[0046] 来自相对小缺陷的光散射为相干过程,甚至在照射光源为非相干时也如此。缺陷光散射的相干过程以收集光瞳空间经映射且收集孔隙形状与照射光路径的收集孔隙形状相比经优化的方式导致主要区别。特定来说,对于非相干光源来说,不同照射方向为相位独立的。因此,照射光瞳空间的映射及照射孔隙优化可用扫描针孔类型孔隙的光瞳执行。

[0047] 在一个此实例中,单个扫描针孔孔隙可足以映射使用非相干光源的检验系统上的照射光瞳空间。换句话说,为确定最优照射孔隙,可跨越光瞳扫描针孔且接着可通过将缺陷图像映射为照射光瞳中的针孔位置的函数而形成缺陷信号的映射。举例来说,定位于傅里叶平面中的两个不同(相互排斥)照射孔隙可用于单独产生晶片上的缺陷的不同图像。如果两个照射孔隙同时用于图像产生,那么所述两个不同图像可接着用于确定缺陷的图像看起来的样子。特定来说,由于照射为非相干的,因此可将以实验方式产生的不同相互排斥照射孔隙的图像加总以确定用两个照射孔隙产生的图像将看起来的样子。换句话说,针对与照射孔隙b相互排斥的照射孔隙a,使用两个照射孔隙a及b产生的图像的图像强度可确定为:

[0048]
$$I_{ab}(x, y) = I_a + I_b$$

[0049] 其中 I_{ab} 为使用两个照射孔隙a及b产生的图像的强度, I_a 为仅使用照射孔隙a产生的图像的强度,且 I_b 为仅使用照射孔隙b产生的图像的强度。图像强度经表达为图像内位置x及y的函数。

[0050] 由发明者进行的实验展示针对两个不同、相互排斥照射孔隙而以实验方式产生的图像与依据两个不同图像(每一照射孔隙以实验方式产生一个图像)建构的图像之间的差别仅展示均匀噪声。因此,从两个不同、以实验方式产生的图像建构的针对两个不同、相互排斥照射孔隙的图像(每一照射孔隙一个图像)提供对于对应以实验方式产生的图像将看起来的样子的适合近似。

[0051] 对于收集孔隙优化来说,由于缺陷沿不同方向散射的波之间的相对强干扰,因此收集光瞳空间的映射无法运用仅单个扫描针孔类型孔隙进行。因此,应另外使用更复杂孔隙配置(举例来说,双孔或双阻挡件类型孔隙)以恰当地解释并提取不同散射方向之间的干扰项及相位关系且区分并映射收集光瞳空间中的光学缺陷响应。

[0052] 在一个此实例中,图4展示针对在图2中所展示的光学元件配置的两个不同收集孔隙配置400及402。在配置400中,光学元件经配置,使得光仅通过狭槽4。相比来说,在配置402中,光学元件经配置,使得光仅通过狭槽2。因此,如果运用这两个收集孔隙配置及非相干光而以实验方式产生的图像可经加总以确定在光学元件经配置使得光通过狭槽2及4时所产生的图像将看起来的样子,那么将为有用的。

[0053] 然而,即使照射源可产生非相干光,从缺陷散射的光也为保留相位的相干过程。因此,无法仅将运用不同、相互排斥收集孔隙配置而以实验方式产生的图像加总来确定原本使用不同收集孔隙配置中的两者产生的图像。举例来说,如在图4中所展示,图像404是针对缺陷使用收集孔隙配置400而以实验方式产生且图像406是针对同一缺陷使用收集孔隙配置402而产生。然而,如由图像408(其针对同一缺陷使用收集孔隙配置410而以实验方式产生,在收集孔隙配置410中,光学元件经配置,使得光通过狭槽2及4两者)所展示,图像408并

不显现为等于图像404与406的和。

[0054] 图像408并不显现为等于图像404与406的和的原因即即使照射源可产生非相干光,来自缺陷的光也为保留相位的相干过程。此在图5中示意性地展示。特定来说,如在此图中所展示,光源500可产生非相干光502,所述非相干光可被引导到晶片(图5中未展示)上的缺陷504。从所述缺陷以不同散射方向散射的光(如在图5中由光506、508、510及512所展示,其沿着不同传播路径行进)将具有不同电场向量或波E。因此,对应于不同光路径的不同电场向量或波之间将存在相对相位 Φ 。由此,从缺陷散射的光的电场向量(或波)及相位并不跨越整个收集光瞳平面为恒定的。因此,通过定位于收集光瞳平面中的光学元件的不同部分的光可包含由缺陷散射到不同方向中的光,其可具有相对强相位关系。因此,当在检测器的图像平面上组合时,这些波可彼此干扰,借此导致由检测器产生的图像中的干扰条纹。换句话说,图像中的干扰条纹可为离开收集光瞳平面中的光学元件的离散区段的波的相位差的结果。在图5中所展示的实例中,定位于收集光瞳平面(图5中未展示)中的光学元件514可经配置,使得光通过狭槽2及4但不通过狭槽1、3及5。因此,离开狭槽2的光516可具有电场向量 E_2 ,且离开狭槽4的光518可具有电场向量 E_4 。这两个电场向量之间的相位关系 $\text{phase}_{4,2}$ 可接着导致使用此收集光瞳配置产生的图像520中的干扰条纹。因此,图像520的图像强度可表达为 $I_{24}(x,y)$,其中

$$[0055] \quad I_{24}(x,y) = |E_4 + E_2|^2$$

$$[0056] \quad = |E_4|^2 + |E_2|^2 + 2\text{Re}\{E_4 E_2^*\}$$

$$[0057] \quad \text{其中 } 2\text{Re}\{E_4 E_2^*\} \text{ 为干扰项 } 2|E_4 E_2| \cos(\text{phase}_{4,2})$$

[0058] 其中 E_4 的振幅可从使用其中仅检测到通过狭缝4的光的孔隙产生的图像而以实验方式确定, E_2 的振幅可从使用其中仅检测到通过狭缝2的光的孔隙产生的图像而以实验方式确定,且Re为复数的实部。由此,可执行使用若干对离散开口或光阻挡元件的测量以揭示散射到收集光瞳的不同部分中的光之间的相位关系。可接着使用所述相位信息来预测最佳收集孔隙及其对应缺陷图像。

[0059] 此类图像建构并不仅限于从经散射光产生的暗场(DF)图像。举例来说,此类图像建构也可针对从经反射光产生的明场(BF)图像而执行。特定来说,为图像内的x、y位置的函数的图像强度可使用以下函数针对使用在图2中所展示的光学元件配置(其中所有狭缝均打开)产生的BF图像而确定:

$$[0060] \quad I(x,y) = |E_5 + E_4 + E_3 + E_2 + E_1|^2$$

$$[0061] \quad = \text{忽略DF项} =$$

$$[0062] \quad = I_{12} + I_{13} + I_{14} + I_{15} - 3 * I_1$$

$$[0063] \quad \text{或一般来说}$$

$$[0064] \quad I_{12345} = \sum_{k=1 \dots 5} I_k + \sum_{k,s>k} \{I_{ks} - I_k - I_s\}。$$

[0065] 由发明者进行的实验展示经重建BF图像基本上较好地与以实验方式获取的BF图像匹配。

[0066] 因此,类似针对包含光通过的两个或两个以上开口的收集孔隙配置的以实验方式产生的图像的图像无法仅依据针对开口中的仅一者而以实验方式产生的图像形成。由此,为将来自晶片的光映射于收集光瞳空间中,在欲评估开口的组合时仅使用用单个收集孔隙开口产生的图像是不够的。以此方式,为相对准确地映射收集光瞳空间,应以实验方式针对

至少一些双开口(例如,狭缝)或光阻挡元件孔隙产生图像,使得可相对准确地产生经重建图像。不同对孔隙测量于是可揭示收集光瞳的不同部分之间的相位关系。

[0067] 在针对所有开口对测量强度及干扰项的情况下,便可针对所有可能的孔隙组合重建DOI图像。图6展示在图2中所展示的光学元件的所有配置,其中图像可以实验方式产生,使得将可获得用于图像重建可能需要的所有图像。在图6中所展示的狭缝组合包含可用于获取缺陷图像的所有单狭缝孔隙及双狭缝孔隙。特定来说,如在图6中所展示的第一行配置中所展示,所述配置可包含每一单个狭缝孔隙(其中检测到仅通过单个狭缝的光)各一个配置。如在此图的第二行中所展示,用于以实验方式产生图像的配置可包含不同狭缝对,其中任何一对中的狭缝在光学元件中彼此邻近。另外,如在此图的第三行中所展示,用于以实验方式产生图像的配置还可包含额外狭缝对,其中任何一对中的狭缝由另一狭缝彼此间隔。此外,如在此图的第四行中所展示,用于以实验方式产生图像的配置可包含其中任何一对中的狭缝由两个狭缝彼此间隔的狭缝对。如在此图的底部行中所进一步展示,用于以实验方式产生图像的配置还可包含其中狭缝由三个狭缝彼此间隔的一对狭缝。

[0068] 因此,在图6中所展示的单狭缝及双狭缝组合包含所有可能的狭缝对,且因此包含用以重建可由此光学元件产生的任何图像将需要的所有可能的狭缝组合。以此方式,使用仅15个不同光学元件配置(即,针对 $N=5$ 个狭缝,单个狭缝及狭缝对的总数目将为 $N(N+1)/2=15$,然而针对此光学元件的孔隙配置的总数目将为 $2^N-1=31$)而以实验方式产生的图像可用于重建可能考虑到的任何其它图像。以此方式,针对任何一个光学元件配置,将可获得以实验方式产生或以电子方式重建的图像以供由本文中所描述的实施例使用。

[0069] 另外,如本文中进一步所描述,可根据不同收集光瞳平面配置而考虑不同照射孔隙配置以借此确定最佳照射孔隙及收集孔隙配置。如果是这样的话,那么即使欲考虑显著数目个照射孔隙配置(例如,20),物理孔隙组合的总数目也可相对大的(例如,15个收集孔隙*20个照射孔隙=300个照射/收集孔隙组合)。然而,由于图像可针对每一组合相对快速地(例如,每图像小于1秒)产生,因此针对所有组合以实验方式产生图像可花费小于5分钟。另外,图像可针对许多但并非所有照射孔隙而以实验方式产生或重建。此外,针对每一照射孔隙配置,图像可针对每一收集孔隙配置而以实验方式产生。然而,与收集孔隙不同,照射孔隙的不同组合不需要在数据收集期间用于以实验方式产生图像。而是,在后处理期间,图像可针对照射孔隙的相关组合而组合(加总),如本文中进一步所描述。

[0070] 即使替代图2中所展示的光学元件配置而使用图3中所展示的光学元件配置,借此使收集光瞳中的取样点加倍,可相对快速且容易地获取用以针对上文所描述的相同数目个照射孔隙的每一可能组合且针对每一可能光学元件配置而重建图像所需要的实验数据。举例来说,在图3中所展示的光学元件配置具有55个双狭缝孔隙及单狭缝孔隙组合。因此,针对20个照射孔隙,其中图像可以实验方式产生以便能够重建任何其它图像的物理孔隙组合的总数目可为 20×55 或1100个照射孔隙/收集孔隙配置。由于图像可针对此大量配置相对快速地产生,因此本文中所描述的实施例可在合理的时间量内实现对每一可能照射孔隙/收集孔隙组合的评估。

[0071] 因此,如上文所描述,可通过依据单狭缝孔隙及双狭缝孔隙图像而建构针对多狭缝孔隙的图像来执行图像重建。在图7中展示可重建此图像的多狭缝孔隙的一个实施例。特定来说,在多狭缝孔隙700中,孔隙经配置,使得光通过狭缝2、4及5但被狭缝1及3阻挡。此图

像的强度可以数学方式表达为图像内的x、y位置的函数,如下:

$$[0072] \quad I_{245}(x, y) = |E_5 + E_4 + E_2|^2$$

$$[0073] \quad = |E_5|^2 + |E_4|^2 + |E_2|^2 +$$

$$[0074] \quad 2\operatorname{Re}\{E_5 E_4^*\} + 2\operatorname{Re}\{E_5 E_2^*\} + 2\operatorname{Re}\{E_4 E_2^*\}$$

[0075] 其中 $|E_5|^2$ 可以实验方式确定为使用其中仅检测到通过狭缝5的光的孔隙而产生的图像, $|E_4|^2$ 可以实验方式确定为使用其中仅检测到通过狭缝4的光的孔隙而产生的图像,且 $|E_2|^2$ 可以实验方式确定为使用其中仅检测到通过狭缝2的光的孔隙而产生的图像。 $\operatorname{Re}\{E_5 E_4^*\}$ 可依据以下各项确定:使用其中检测到通过狭缝4及5两者的光的孔隙而产生的图像、使用其中仅检测到通过狭缝5的光的孔隙而产生的图像,及使用其中仅检测到通过狭缝4的光的孔隙而产生的图像。 $\operatorname{Re}\{E_5 E_2^*\}$ 可依据以下各项确定:使用其中检测到通过狭缝2及5两者的光的孔隙而产生的图像、使用其中仅检测到通过狭缝2的光的孔隙而产生的图像,及使用其中检测到通过狭缝5的光的孔隙而产生的图像。 $\operatorname{Re}\{E_4 E_2^*\}$ 可依据以下各项确定:使用其中检测到通过狭缝4及2两者的光的孔隙而产生的图像、使用其中仅检测到通过狭缝4的光的孔隙而产生的图像,及使用其中检测到通过狭缝2的光的孔隙而产生的图像。

[0076] 计算机子系统也经配置以用于确定不同图像及一个或多个额外图像的一个或多个特性且将不同图像及一个或多个额外图像的一个或多个特性进行比较。所述一个或多个特性可包含不同图像及额外图像的任何适合特性且优选地与可使用所述图像执行的缺陷检测有关。举例来说,所述一个或多个特性可包含信号、噪声、信噪比、信号减噪声或其某一组合。以此方式,计算机子系统可经配置以基于经重建图像以及任何以实验方式产生的图像而分析孔隙的光学响应。

[0077] 在一些实施例中,可通过对图像执行某一缺陷检测方法及/或算法且接着确定在图像中检测到的任何缺陷的特性而确定不同图像及额外图像的一个或多个特性。计算机子系统可经配置以使用任何适合缺陷检测方法及/或算法而以任何适合方式检测图像中的缺陷。举例来说,可将不同图像及额外图像与阈值进行比较,且可将具有高于阈值的值的图像的部分中的任一者识别为潜在缺陷而不具有高于阈值的值的图像的部分可不经识别为对应于潜在缺陷。与阈值进行比较的不同图像及额外图像的值可包含(举例来说)图像中的像素的强度。可以任何适合方式确定阈值的适当值(例如,确定为图像中的所预期噪声的某一倍数)。然而,许多其它缺陷检测方法及/或算法为可能的且可(可能)结合晶片及/或晶片上的DOI的特性基于图像的特性选择及/或确定与图像一起使用的方法及/或算法。一旦在图像中检测到缺陷,便可如本文中所描述而确定所述图像的特性。

[0078] 计算机子系统进一步经配置以用于选择光学元件的不同或额外配置中的一者以供基于比较的结果来检验晶片。不同配置可为其中以实验方式产生图像的配置,且额外配置可为对应于额外经重建图像的配置。以此方式,本文中所描述的针对收集孔隙及模式优化的系统(其可称为“散射与相位映射器”)可包含安装于光学系统的收集路径中的一组特殊孔隙、用以支持这些孔隙的数据获取组件及用于后处理图像重建的计算机子系统。“散射与相位映射器”孔隙组可包含但不限于所有单孔及所有双孔孔隙。所述孔可在收集光瞳空间中的栅格上界定。

[0079] 在一个实施例中,选择包含选择产生用于使对晶片上的DOI的检测最大化的一个或多个特性的最佳值的不同或额外配置中的一者。举例来说,所述一个或多个特性可为晶

片上的一个或多个DOI的信噪比。如果在晶片上存在待检测的多个DOI,那么所述一个或多个特性可为一个以上DOI的信噪比的平均值。于是,可选择对应于DOI的最高信噪比或多个DOI的最高平均信噪比的孔隙配置。可以类似方式使用本文中所描述的其它特性。由此,可通过本文中所描述的实施例容易地识别具有将实现最佳(最大)DOI检测的特性的图像。对应于那些图像的孔隙配置可接着经选择以供在晶片检验配方中使用。

[0080] 在另一实施例中,选择包含选择产生用于使对晶片上的滋扰缺陷的检测最小化的一个或多个特性的最佳值的不同或额外配置中的一者。如同本文中所使用的术语的“滋扰缺陷”通常是指在晶片上检测到的实际上并非缺陷的事件(例如,但仅为噪声)或为用户并不在意的缺陷(例如,不影响半导体制造的合格率的非DOI)。在一个实例中,一个或多个特性可为图像中的噪声或平均噪声级且于是可选择在图像中产生最低噪声或平均噪声级的配置。在另一实例中,可如上文所描述使用图像执行缺陷检测且于是可选择对应于最低滋扰捕获速率的配置以供在晶片检验中使用。此外,选择供在晶片检验系统中使用的配置可基于哪一(些)配置提供最佳DOI捕获以及最佳滋扰抑制而执行。

[0081] 在一个实施例中,针对晶片上的预定缺陷位置而产生不同图像。举例来说,收集孔隙优化可包含针对晶片上的预选定缺陷位置的数据收集。可以任何适合方式预选定缺陷位置。在一些实例中,可针对具有位于晶片上的一个或多个已知缺陷的晶片而执行本文中所描述的图像产生,使得可相对于特定缺陷评估光学元件配置。

[0082] 在另一实施例中,以针对系统的光源、检测器及任何其它光学元件的预定参数而产生不同图像。在额外实施例中,以针对系统的光源、检测器及任何其它光学元件中的至少一者的不同参数而产生不同图像,借此产生针对不同配置及不同参数的不同图像,且选择包含基于比较的结果而选择光学元件的不同或额外配置中的一者与用于晶片的检验的不同参数中的一者或多者的一个组合。举例来说,收集孔隙优化可包含针对预选定照射孔隙、光谱带、偏振状态及焦点偏移的数据收集,其中收集到具有“散射与相位映射器”孔隙组的一组图像。接着,针对每一经重建图像及每一预选定照射孔隙、光谱、输入及输出偏振状态以及焦点偏移,可计算一个或多个特性,例如本文中所描述的一个或多个特性。可接着选择模式(由针对参数的一组值定义),例如给出个别缺陷或缺陷群组(举例来说,DOI)的最高信噪比或信号减噪声的模式或者给出DOI群组与滋扰缺陷之间的最大信噪比分离的模式。以此方式,本文中所描述的实施例可用于找出用于晶片检验的最佳模式,除孔隙形状以外,所述最佳模式还可包含光谱带、焦点偏移以及输入及输出偏振的组合以使缺陷信号或信噪比最大化。由此,模式选择(孔隙、光谱带、焦点偏移、输入及输出偏振等)可基于依据经重建图像以及本文中所描述的其它以实验方式产生的图像计算的特性而执行。另外,本文中所描述的模式选择可经执行以基于依据经重建图像以及本文中所描述的其它以实验方式产生的图像计算的信噪比值同时增加DOI的捕获速率且抑制滋扰的捕获速率。

[0083] 以此方式选择模式的一个优点为实施简便性及快速计算速度。本文中所描述的实施例的另一优点为其可用于改进包含BF及/或DF工具的晶片检验工具的敏感性。所述实施例还可用于显著地简化并减少形成针对特定DOI的晶片检验配方所花费的时间。

[0084] 在一些实施例中,计算机子系统经配置以用于基于不同图像而确定从晶片以不同方向散射的光之间的相移,且基于所确定相移而确定在晶片的检验期间供在所述系统中使用的相衬滤波器的一个或多个参数。举例来说,本文中所描述的实施例可用于基于实验数

据明确地提取不同散射方向之间的相移(或不同散射方向的相位关系)。特定来说,由于在通过本文中所描述的实施例以实验方式产生并重建的图像中可见干扰条纹,因此可使用干扰条纹来确定关于经允许通过对应于图像的不同光学元件配置的不同散射方向之间的相移的信息。此相位信息可接着经应用以设计使缺陷信号最大化的相衬滤波器。此相衬滤波器可接着定位于收集光路径的光瞳平面中且可作为光瞳平面中的收集孔隙的替换或结合所述收集孔隙而使用。举例来说,在图1中所展示的光学元件116可经配置为此相衬滤波器。因此,本文中所描述的实施例可用于确定相移及孔隙形状两者。

[0085] 上文所描述的实施例可经配置用于测量光瞳映射的缺陷及晶片噪声的散射图案的额外实施例。此技术的本质是进行一系列图像平面测量同时使傅里叶平面参数变化。收集傅里叶平面可与在图1中所展示的系统实施例中的收集光瞳平面118相同。在一个实施例中,系统经配置以通过跨越收集光瞳平面步进方形孔隙而致使光学元件具有不同配置。举例来说,可跨越收集傅里叶平面步进方形孔隙同时使用成像相机来记录所得图像。随后,可使用所测量图像中的缺陷响应来重建散射图案。此技术的优点为图像平面中的相对高分辨率,此允许测量个别缺陷或结构的光学响应。为测量缺陷散射,通常将阻挡镜面反射。

[0086] 在一些实施例中,通过跨越照射光瞳平面步进方形孔隙开口而以针对照射孔隙的不同参数产生不同图像。举例来说,最简单的方法为照射驱动的光瞳映射器,其中一次打开一个照射方向且在收集傅里叶平面中使用阻挡件来仅拒绝镜面反射。此实施例具有相对高NA成像的优点,且其可用于确定简单或经抑制图案中的缺陷及噪声的照射方向的偏好。

[0087] 在一个此实例中,图8展示可定位于收集傅里叶平面中的照射孔隙800及光学元件802。以此方式,照射孔隙800可替代图1中所展示的系统照射孔隙104而使用。另外,收集傅里叶平面可与收集光瞳平面相同。因此,光学元件802可定位于图1中所展示的系统平面118中,借此替换光学元件116。如在图8中所展示,照射孔隙可经配置以具有由栅格806界定的一组方形孔隙804。可一次打开一个所述方形孔隙且可针对所打开的每一方形孔隙而产生图像。以此方式,物镜内的一次一个NA区域可用于晶片的照射。另外,光学元件802包含由栅格812界定的一组方形孔隙810。如在图8中所展示,照射孔隙及光学元件的方形孔隙具有1:1对应,从而意味着其方形孔隙是在相同栅格上界定,但由于系统的光学配置(例如,收集光瞳平面相对于照射光瞳平面的旋转、收集与照射之间的放大率的差别等)两组方形孔隙之间可存在定向、大小等的差别。然而,如在图8中所展示,方形孔隙覆盖其相应整个照射孔隙及光学元件且可因此用于将缺陷及晶片响应映射到不同照射及散射方向。

[0088] 在一个此实施例中,通过基于方形孔隙开口跨越照射光瞳平面的步进而跨越收集光瞳平面步进单个光阻挡元件来形成光学元件的不同配置,以借此阻挡由于以针对照射孔隙的不同参数而照射晶片所致的来自晶片的镜面反射光。在图8中所展示的实例中,照射孔隙中的方形孔隙808被打开(借此允许来自光源的光对晶片(图8中未展示)进行照射),同时其余方形孔隙被关闭。因此,为阻挡由于照射仅穿过方形孔隙808所致来自晶片的镜面反射,收集光瞳平面中的光学元件的方形孔隙814可关闭同时光学元件的所有其它孔隙保持打开。当照射孔隙被改变使得照射被引导穿过不同方形孔隙时,光学元件中所关闭的方形孔隙可相应地改变,使得可阻挡由于不同照射角度所致的镜面反射。以此方式,照射孔隙及光学元件的方形孔隙均可跨越其对应光瞳平面而步进,使得可独立地测量来自每一可能照射方向的所有经散射光。因此,图8中所展示的实施例可用于仅照射散射映射器,这是因为

针对每一不同照射方向收集并检测沿所有散射方向散射的光。

[0089] 在一个此实施例中,通过基于方形孔隙开口跨越照射光瞳平面的步进而将一个或多个额外光阻挡元件放置于收集光瞳平面中来形成光学元件的不同配置,以借此阻挡由于以针对照射孔隙的不同参数而照射晶片所致的来自晶片的光的衍射级。在光瞳映射器的此实施例中,可使用额外傅里叶滤波器来抑制收集光瞳中的衍射级。举例来说,在图9中所展示的实施例中,当方形孔隙808正用于照射时,方形孔隙814可定位于收集光瞳平面中以阻挡镜面反射且额外方形孔隙900可定位于所述收集光瞳平面中以阻挡由于运用方形孔隙808照射所致的来自晶片的光的衍射级。

[0090] 取决于形成于晶片上的结构,光学元件802的方形孔隙810中的一者或多者可用于阻挡光的衍射级。针对仅具有一个或两个傅里叶级的阵列结构,可跨越收集光瞳移动一阻挡件或多个阻挡件来抑制衍射级。针对更复杂结构(例如分页或栅格状逻辑),曼哈顿阻挡器(Manhattan blocker)(例如,可用于抑制2D图案的布置成正交栅格的一组规则间隔杆或以0级(镜面)为中心的十字,其用于阻挡来自直线图案的初级衍射级,所述直线图案显现为类似于曼哈顿的栅格状街道及街区图案)可用于抑制沿x或y方向的多个衍射级。以此方式,当用于照射的方形孔隙改变时,用于收集光瞳平面中以阻挡镜面反射及光的衍射级的方形孔隙可改变。因此,由于经依序引导到晶片的来自离散照射角度的照射,因此此配置可仅用于测量经散射光。先前所描述的光瞳成像可与此技术一起使用以辅助衍射级阻挡。

[0091] 在另一此类实施例中,当照射孔隙具有针对照射孔隙的一组不同参数时,通过跨越收集光瞳平面步进一个或多个额外光阻挡元件而以光学元件的不同配置产生不同图像。举例来说,在光瞳映射器的另一实施例中,可独立地测量照射及收集。特定来说,照射及收集傅里叶平面特征可彼此独立。为测量这些特征,可跨越收集光瞳步进除镜面阻挡器以外的阻挡件,同时使用成像相机来记录所得图像。接着可针对每一照射方向重复此过程,且可使用所测量图像来重建缺陷散射图案。

[0092] 举例来说,在图9中所展示的实施例中,当方形孔隙808正用于照射时,方形孔隙814可定位于收集光瞳平面中以阻挡镜面反射且额外方形孔隙900可在方形孔隙808继续用于照射时围绕收集光瞳平面移动。换句话说,被打开用于照射的方形孔隙的位置可在额外收集阻挡件跨越收集光瞳步进时(如由箭头902所展示)保持恒定。以此方式,额外阻挡件可围绕收集光瞳平面移动同时用于照射的照射角度的子组保持恒定。由此,本文中所描述的实施例提供可用于独立地测量照射及收集的光瞳映射器。

[0093] 由于照射及收集傅里叶平面特征可彼此独立,因此这些实施例可为尤其有用的。举例来说,晶片检验的挑战中的一者为将缺陷与周围压倒性的噪声分离。模拟展示可用于此分离的性质中的一者为针对各种缺陷或噪声类型不同的散射分布。举例来说,表面粗糙度噪声可优先呈现前向散射,而突出类型缺陷可优先呈现后向散射。此差别可由阻挡前向散射的收集孔隙利用借此减少噪声影响。

[0094] 在另一实例中,不同类型的粗糙度可呈现不同类型的散射。举例来说,在硅衬底上的两种不同材料(硅及二氧化硅)的20nm设计规则线空间阵列上用不同统计参数模拟三种类型的粗糙度(线边缘粗糙度(LER)、线宽度粗糙度(LWR)及表面粗糙度(SUR))。接着针对不同相干照射方向计算收集光瞳平面上的光分布。这些模拟及计算展示粗糙度诱发的散射为强方向相依的。举例来说,LWR散射对于沿着针对硅线空间阵列的线的偏振的照射弱得多。

相比来说,表面粗糙度散射表现不同。对于二氧化硅线空间阵列,难以辨别任何类型的粗糙度的任何偏振偏好。在所关注的统计参数范围内,LER均方根(RMS)仅改变散射强度但不改变散射分布图案,而LER相关长度影响散射强度及散射图案两者。因此,关于此类散射强度及图案的信息可如本文中所描述而测量以借此确定将抑制图像中尽可能多的粗糙度相关噪声的收集光瞳平面配置。抑制此及其它噪声源将实现通过经增强缺陷信号(或信噪比)对DOI的更好检测。

[0095] 尽管上文关于方形孔隙描述一些实施例,但上文所描述的实施例也可关于本文中所描述的其它照射孔隙及光学元件配置中的任一者而实施。举例来说,在一些实施例中,以针对照射孔隙的不同参数而产生不同图像,所述照射孔隙可如本文中进一步所描述而变化。

[0096] 在一个此实施例中,基于针对照射孔隙的不同参数而确定光学元件的不同配置,以借此阻挡由于以针对照射孔隙的不同参数照射晶片所致的来自晶片的镜面反射光。本文中所描述的光学元件配置中的任一者可经确定且变化以阻挡由于不同照射参数所致的镜面反射光。在一些此类实施例中,基于针对照射孔隙的不同参数而确定光学元件的不同配置,以借此阻挡由于以针对照射孔隙的不同参数照射晶片所致的来自晶片的光的衍射级。本文中所描述的光学元件配置中的任一者可经确定且变化以阻挡由于不同照射参数所致的镜面衍射光。

[0097] 在另一此实施例中,当照射孔隙具有针对照射孔隙的一组不同参数时,以光学元件的不同配置而产生不同图像。举例来说,本文中所描述的光学元件配置中的任一者可变化,使得可针对不同收集光瞳平面配置及相同照射光瞳平面配置而以实验方式产生不同图像。

[0098] 由于傅里叶空间中的光瞳映射器分辨率限于跨越光瞳的离散步进或测量的数目,因此坐标系的挑选非常重要。举例来说,在一个实施例中,当光学元件将在晶片的检验期间执行傅里叶滤波时,在笛卡尔(Cartesian)坐标系中确定光学元件的不同配置。特定来说,对于傅里叶滤波,笛卡尔坐标系可为优选的。在额外实施例中,当计算机子系统经配置以用于映射不同图像中的缺陷散射时,在极坐标系中确定光学元件的不同配置。举例来说,对于映射缺陷散射,极坐标可为更适合的。

[0099] 在一些实施例中,光学元件的不同配置对应于收集光瞳平面中的开口或光阻挡元件的不同位置及/或大小。举例来说,先前实施例的变化为收集傅里叶平面中可用于独立地测量照射及收集的具有可变位置及大小的狭缝或开口。替代阻挡特定散射方向,其将打开收集傅里叶空间的离散部分,借此允许测量散射行为。

[0100] 如本文中所描述的测量散射图案的目标通常为用于检测DOI且抑制噪声的孔隙或一组孔隙。因此,灵活孔隙机构对于及时地实施所推荐的孔隙组可为合意的。此灵活机构的一个实施例为可沿x及/或y方向移动的一组轮及滑块。通过将基本形状放置于此些滑块上且将此些滑块组合,可配置所要孔隙。在一些实施例中,所述组收集孔隙包含一组规范离散孔隙。举例来说,灵活孔隙机构的另一实施例为可用于收集基本类型的散射(举例来说,前向散射或后向散射)的一组规范离散孔隙。

[0101] 图10图解说明此类孔隙的一个实施例。举例来说,如在图10中所展示,一组规范孔隙可包含孔隙1000、1002、1004、1006及1008。取决于照射的方向,孔隙1000及1002可用于测

量前向或后向散射,而孔隙1004及1006可用于测量照射平面的不同侧上的侧向散射。另外,如果系统还包含用以更改收集光瞳平面中的孔隙的位置的机构(例如本文中进一步所描述的机构),那么一组规范孔隙可包含仅一个此孔隙。所述组规范孔隙还可包含其它孔隙形状,例如在图10中所展示的圆形孔隙1008。再次地,如果圆形孔隙为灵活的,那么系统可更改收集光瞳平面中的圆形孔隙的位置及/或大小,使得可在收集光瞳平面中测量到不同方向的散射。

[0102] 本文中所描述的系统实施例中的每一者可根据本文中所描述的任何其它实施例进一步经配置。另外,本文中所描述的系统实施例中的每一者可经配置以执行本文中所描述的方法实施例中的一者或多者。

[0103] 另一实施例涉及一种非暂时性计算机可读媒体,所述非暂时性计算机可读媒体存储可在计算机系统上执行以用于执行用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的计算机实施的方法的程序指令。在图11中展示一个此实施例。举例来说,如在图11中所展示,计算机可读媒体1100存储程序指令1102,所述程序指令可在计算机系统1104上执行以用于执行包含获取晶片的不同图像的计算机实施的方法。

[0104] 以此方式,本文中所描述的实施例可在可由两个不同系统或方法执行的两个不同阶段中实施。举例来说,一个系统或方法可经配置以执行数据获取阶段,其中针对用于实验图像产生的选定照射孔隙及所述组收集孔隙收集缺陷图像。另一系统或方法可经配置以执行数据后处理阶段,所述数据后处理阶段可以软件封装的形式实施,基于输入数据提供模式推荐。

[0105] 不同图像是通过以下操作产生:将由光源产生的光引导到晶片;及当光学元件具有不同配置时,检测通过所述光学元件的来自所述晶片的光,借此产生针对所述不同配置的不同图像。光学元件及不同配置可包含本文中所描述的光学元件及不同配置中的任一者。可如本文中所描述而进一步执行引导光及检测光。光源可包含本文中所描述的任何光源。计算机实施的方法还包含建构一个或多个额外图像、确定一个或多个特性、将所述一个或多个特性进行比较及选择不同或额外配置中的一者,所述方法可如本文中进一步所描述而执行。计算机实施的方法可包含本文中所描述的任何其它方法的任何其它步骤。

[0106] 实施例如本文中所描述的那些方法的方法的程序指令1102可存储于计算机可读媒体1100上。所述计算机可读媒体可为例如磁盘或光盘或磁带的存储媒体,或此项领域中已知的任何其它适合的非暂时性计算机可读媒体。

[0107] 可以包含基于程序的技术、基于组件的技术及/或面向对象的技术以及其它技术的各种方式中的任一者来实施程序指令。举例来说,可视需要使用Matlab、Visual Basic、ActiveX控件、C、C++对象、C#、JavaBeans、Microsoft基础类别(“MFC”)或者其它技术或方法来实施所述程序指令。

[0108] 计算机系统1104可呈现各种形式,包含个人计算机系统、大型计算机系统、工作站、系统计算机、图像计算机、可编程图像计算机、并行处理器或此项技术中已知的任何其它装置。一般来说,术语“计算机系统”可经广泛定义以囊括具有执行来自存储器媒体的指令的一个或多个处理器的任何装置。

[0109] 额外实施例涉及一种用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的方法。所述方法包含将由光源产生的光引导到晶片。所述光源可如本文中所描述而

配置。所述方法还包含在光学元件具有不同配置时,检测通过光学元件的来自晶片的光,借此产生针对不同配置的不同图像。所述光学元件可包含本文中所描述的光学元件中的任一者。所述不同配置可包含本文中所描述的配置中的任一者。

[0110] 所述方法还包含依据不同图像中的两者或两者以上建构一个或多个额外图像。用于产生一个或多个额外图像中的任一者的所述两个或两个以上不同图像并不仅包含针对一组中的单个收集孔隙产生的不同图像。所述方法进一步包含确定不同图像及一个或多个额外图像的一个或多个特性。另外,所述方法包含将不同图像及一个或多个额外图像的一个或多个特性进行比较。所述方法还包含基于比较步骤的结果而选择光学元件的不同或额外配置中的一者用于晶片的检验。由计算机系统执行建构、确定、比较及选择步骤,所述计算机系统可经配置为本文中所描述的计算机子系统或系统中的任一者。

[0111] 可如本文中进一步所描述而执行上文所描述的方法的步骤中的每一者。上文所描述的方法可包含本文中所描述的(若干)任何其它方法的(若干)任何其它步骤。上文所描述的方法可使用本文中所描述的系统中的任一者来执行。

[0112] 本文中所描述的方法还可包含将所述方法中的任一者的步骤中的任一者的结果存储于计算机可读存储媒体中。所述结果可包含本文中所描述的结果中的任一者且可以此项技术中已知的任何方式存储。存储媒体可包含此项技术中已知的任何适合存储媒体。在已存储所述结果之后,所述结果可在存储媒体中存取且如本文中所描述而使用、经格式化以显示给用户、由另一软件模块、方法或系统使用等。

[0113] 鉴于此说明,所属领域的技术人员将明了本发明的各种方面的进一步修改及替代实施例。举例来说,提供用于在晶片检验期间确定定位于收集孔隙中的光学元件的配置的方法及系统。因此,此说明应视为仅为说明性的,且为出于教导所属领域的技术人员实施本发明的一般方式的目的。应理解,本文中所展示及所描述的本发明的形式应视为目前优选的实施例。如所属领域的技术人员在受益于本发明的此说明之后将全部明了,元件及材料可替代本文中所图解说明及所描述的那些元件及材料,部件及过程可颠倒,且本发明的一些特征可独立地利用。可在不背离如所附权利要求书中所描述的本发明的精神及范围的情况下对本文中所描述的元件做出改变。

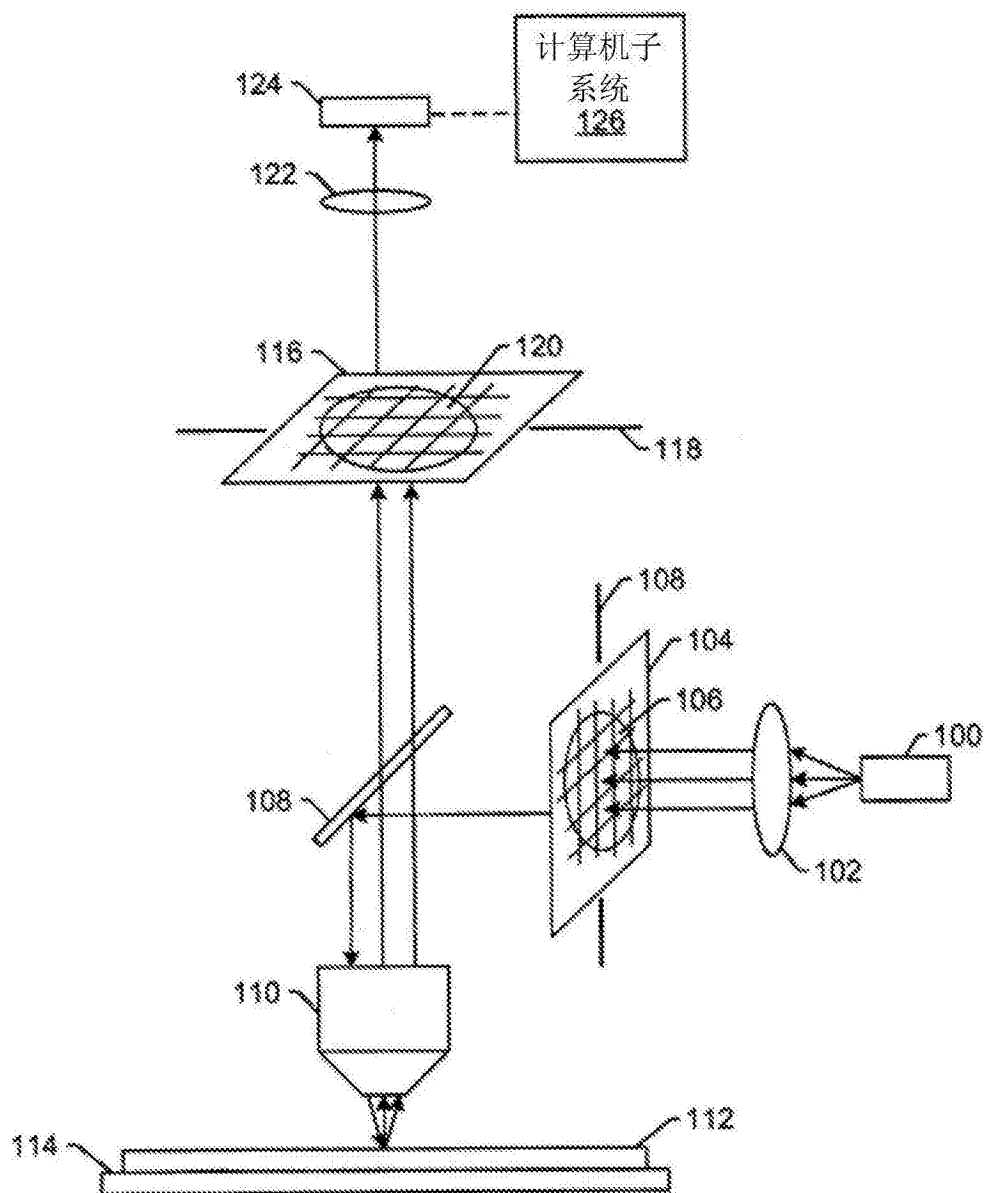


图1

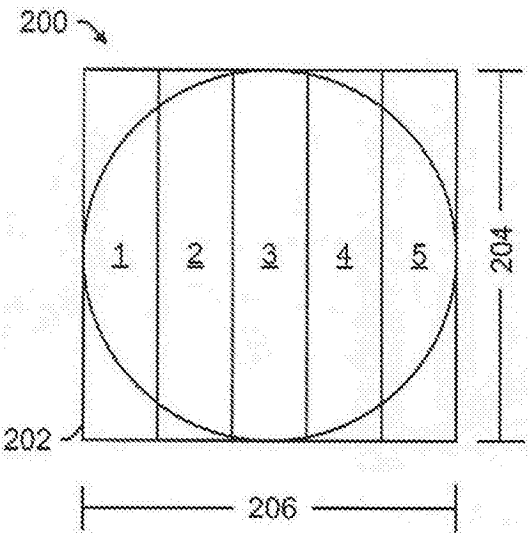


图2

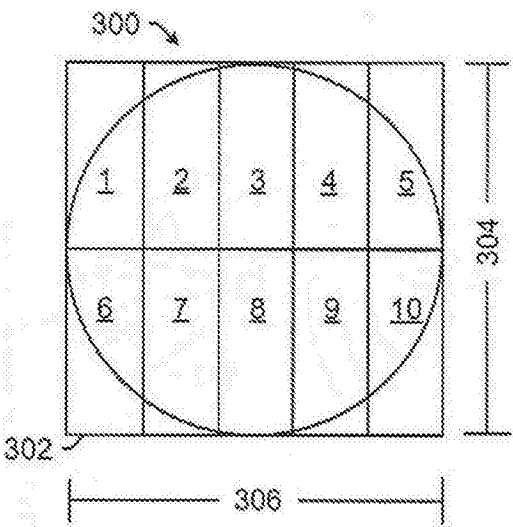


图3

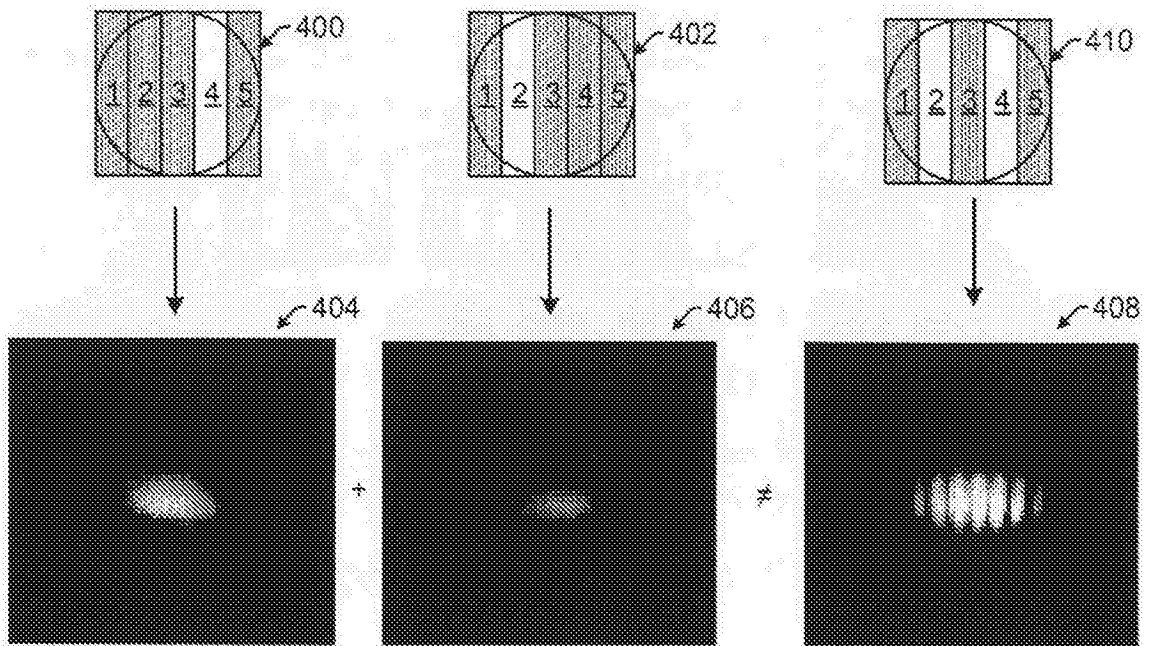


图4

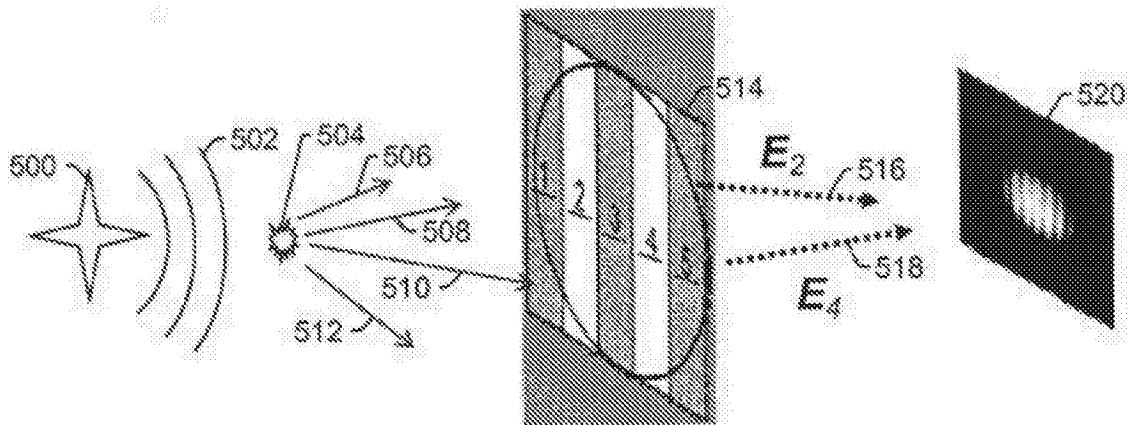


图5

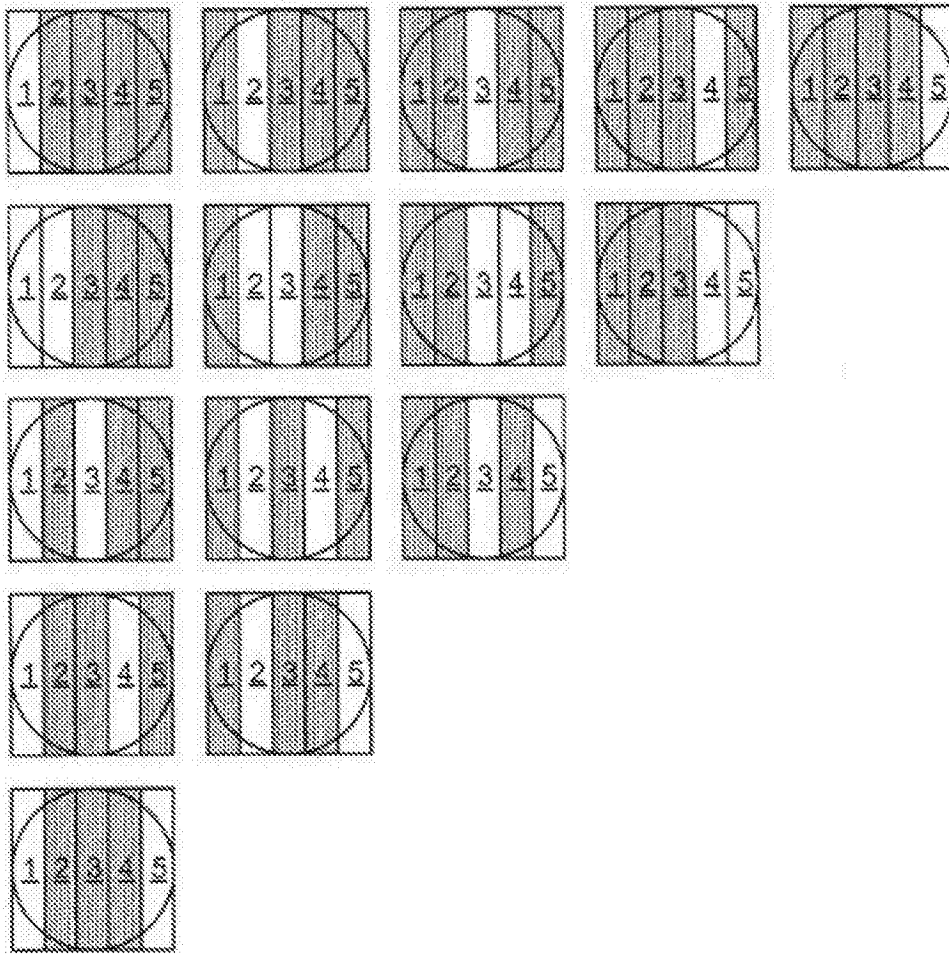


图6

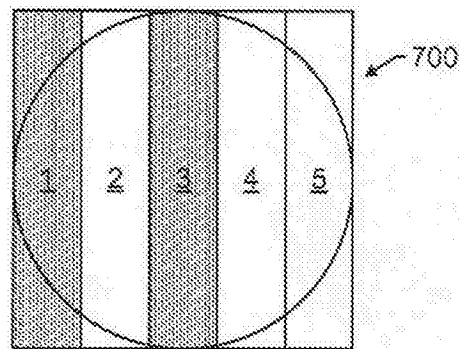


图7

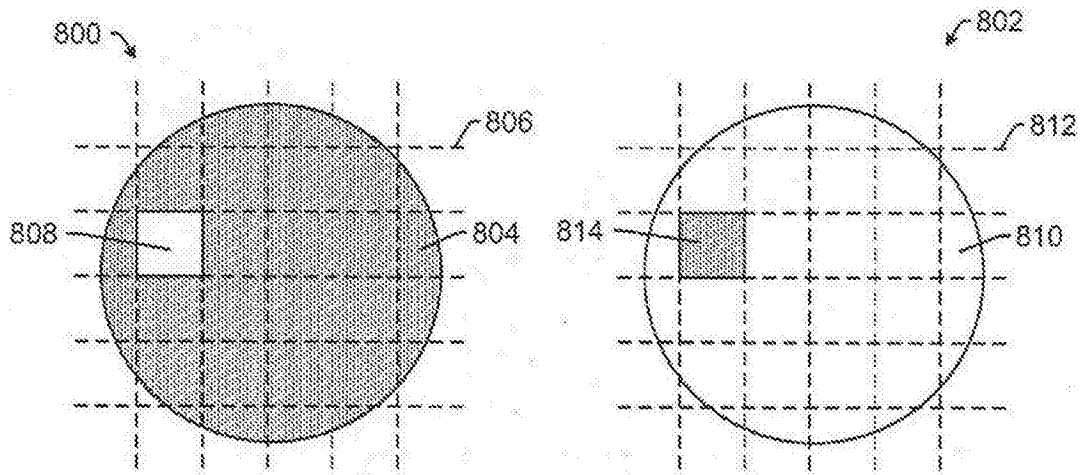


图8

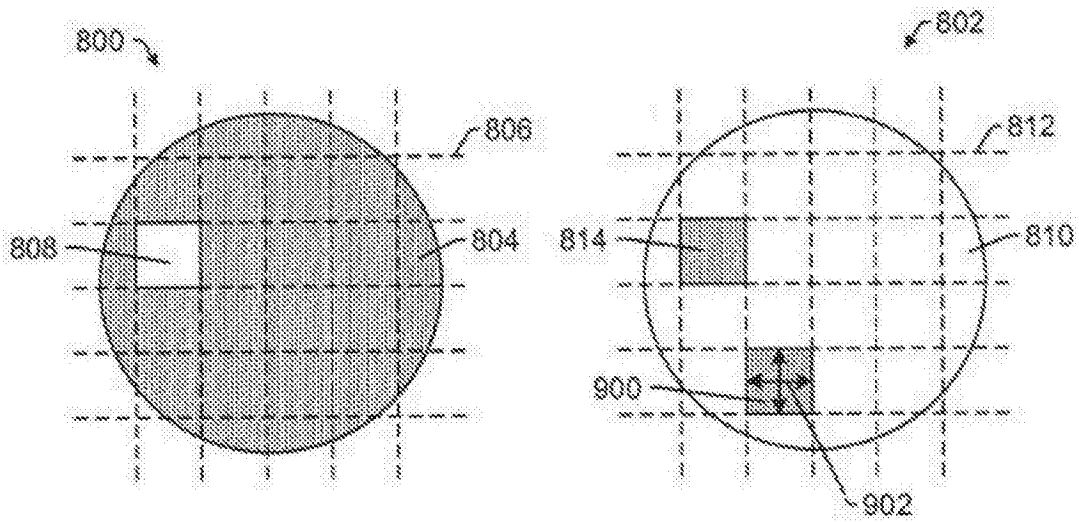


图9

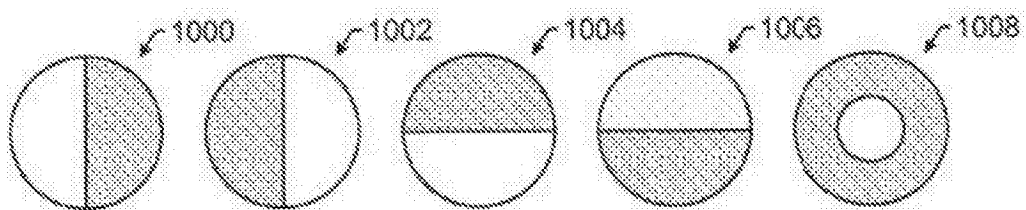


图10

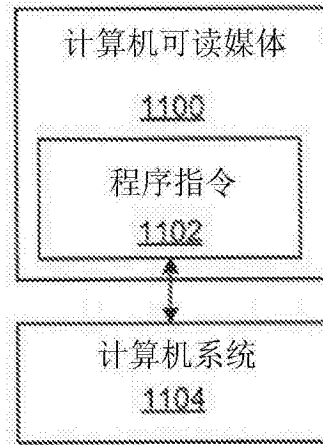


图11