



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116029966 A

(43) 申请公布日 2023. 04. 28

(21) 申请号 202211060440.7

(22) 申请日 2022.08.31

(30) 优先权数据

17/510,227 2021.10.25 US

(71) 申请人 应用材料以色列公司

地址 以色列瑞哈佛特市

(72) 发明人 R·麦德蒙 A·什卡利姆

S·本雅科夫

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

专利代理师 汪骏飞 侯颖嫒

(51) Int.Cl.

G06T 7/00 (2017.01)

G06T 5/50 (2006.01)

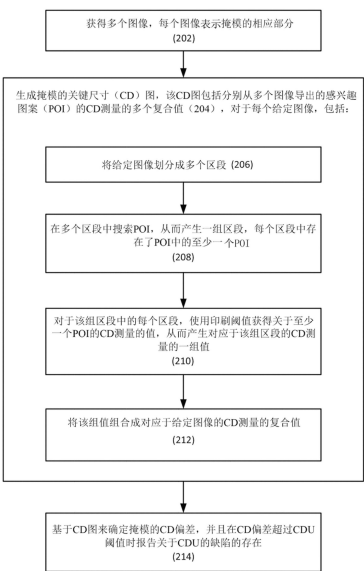
权利要求书3页 说明书15页 附图8页

(54) 发明名称

用于半导体样本制造的掩模检查

(57) 摘要

本申请公开了用于半导体样本制造的掩模检查。提供了一种用于掩模检查的系统和方法，包括：获得多个图像，每个图像表示所述掩模的相应部分；生成所述掩模的CD图，包括分别从所述多个图像导出的POI的CD测量的多个合成值，对于每个给定图像，包括：将所述给定图像划分为多个区段；在所述多个区段中搜索所述POI，从而产生一组区段，每个区段中存在于所述POI中的至少一个POI；对于每个区段，使用印刷阈值获得关于至少一个POI的CD测量的值，从而产生对应于该组区段的CD测量的一组值；以及将所述一组值组合成对应于所述给定图像的所述CD测量的合成值。



1. 一种检查能用于制造半导体样本的掩模的计算机化系统,所述系统包括处理和存储器电路系统(PMC),所述PMC被配置为:

获得多个图像,每个图像表示所述掩模的相应部分,其中通过模仿能用于制造所述半导体样本的光刻工具的光学配置来获取所述多个图像;

生成所述掩模的临界尺寸(CD)图,所述CD图包括分别从所述多个图像导出的感兴趣图案(POI)的CD测量的多个合成值,其中所述PMC被配置为通过以下操作从所述多个图像中的每个给定图像导出合成值:

将所述给定图像划分为多个区段;

在所述多个区段中搜索所述POI,从而产生一组区段,每个区段中存在于所述POI中的至少一个POI;

对于所述一组区段中的每个区段,使用印刷阈值获得关于所述至少一个POI的所述CD测量的值,从而产生对应于所述一组区段的所述CD测量的一组值;以及

将所述一组值组合成对应于所述给定图像的所述CD测量的合成值;

其中所述CD图指示所述掩模的相对于所述POI的所述CD测量的CD均匀性(CDU)。

2. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中所述掩模是存储器掩模或逻辑掩模。

3. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中由被配置为模仿所述光刻工具的所述光学配置的光化检查工具获取所述多个图像。

4. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中通过以下方式获得所述多个图像:使用非光化检查工具获取多个第一图像,并且对所述多个第一图像执行模拟以模拟所述光刻工具的所述光学配置,从而产生所述多个图像。

5. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中根据特定检查应用选择所述CD测量。

6. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中根据网格将所述给定图像划分为所述多个区段,并且所述网格基于所述POI的尺寸和周期性来确定。

7. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中通过使用关于所述POI的参考图像的模式匹配算法来搜索所述POI。

8. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中所述PMC被配置为通过以下方式获得每个区段的所述CD测量的所述值:从所述区段导出所述至少一个POI的灰度级(GL)分布,所述GL分布指示所述至少一个POI的像素强度分布;将所述印刷阈值应用于所述GL分布以获得两个拓扑点;以及基于所述两个拓扑点来执行所述CD测量以获得其值。

9. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中所述PMC被配置为通过以下方式获得每个区段的所述CD测量的所述值:将所述印刷阈值应用于所述区段的包括所述至少一个POI的至少一部分,从而产生二进制图像部分;以及对所述二进制图像部分执行所述CD测量以获得其值。

10. 根据权利要求1所述的计算机化系统,其中所述PMC被配置为根据特定检查应用生成对应于所述POI的一个或多个CD测量的一个或多个CD图,每个CD图包括分别从所述多个图像导出的所述一个或多个CD测量中的CD测量的多个合成值;并且

其中所述PMC被配置为从所述多个图像中的每个给定图像导出一个或多个合成值,包括:对于所述一组区段中的每个区段,获得所述一个或多个CD测量的一个或多个值,从而产生对应于所述一组区段的所述一个或多个CD测量的一组或多组值;以及分别将所述一组或

多组值中的每一组值组合成对应于所述给定图像的一个或多个合成值。

11. 根据权利要求1所述的计算机化系统, 其中所述PMC被进一步配置为基于所述CD图来确定所述掩模的CD偏差, 并且在所述CD偏差超过CDU阈值时报告关于CDU的缺陷的存在。

12. 根据权利要求11所述的计算机化系统, 其中所述PMC被进一步配置为响应于关于CDU的所述缺陷的所述存在而确定是接受所述掩模、校正所述掩模还是拒绝所述掩模。

13. 一种检查能用于制造半导体样本的掩模的计算机化方法, 所述方法由处理和存储器电路系统 (PMC) 执行并包括:

获得多个图像, 每个图像表示所述掩模的相应部分, 其中通过模仿能用于制造所述半导体样本的光刻工具的光学配置来获取所述多个图像;

生成所述掩模的临界尺寸 (CD) 图, 所述CD图包括分别从所述多个图像导出的感兴趣图案 (POI) 的CD测量的多个合成值, 包括通过以下操作从所述多个图像中的每个给定图像导出合成值:

将所述给定图像划分为多个区段;

在所述多个区段中搜索所述POI, 从而产生一组区段, 每个区段中存在于所述POI中的至少一个POI;

对于所述一组区段中的每个区段, 使用印刷阈值获得关于所述至少一个POI的所述CD测量的值, 从而产生对应于所述一组区段的所述CD测量的一组值; 以及

将所述一组值组合成对应于所述给定图像的所述CD测量的合成值;

其中所述CD图指示所述掩模的相对于所述POI的所述CD测量的CD均匀性 (CDU) 。

14. 根据权利要求13所述的计算机化方法, 其中由被配置为模仿所述光刻工具的所述光学配置的光化检查工具获取所述多个图像。

15. 根据权利要求13所述的计算机化方法, 其中通过以下方式获得所述多个图像: 使用非光化检查工具获取多个第一图像, 并且对所述多个第一图像执行模拟以模拟所述光刻工具的所述光学配置, 从而产生所述多个图像。

16. 根据权利要求13所述的计算机化方法, 其中通过使用关于所述POI的参考图像的模式匹配算法来搜索所述POI。

17. 根据权利要求13所述的计算机化方法, 其中获得所述CD测量的所述值包括: 从所述区段导出所述至少一个POI的灰度级 (GL) 分布, 所述GL分布指示所述至少一个POI的像素强度分布; 将所述印刷阈值应用于所述GL分布以获得两个拓扑点; 以及基于所述两个拓扑点来执行所述CD测量以获得其值。

18. 根据权利要求13所述的计算机化方法, 其中获得所述CD测量的所述值包括: 将所述印刷阈值应用于所述区段的包括所述至少一个POI的至少一部分, 从而产生二进制图像部分; 以及对所述二进制图像部分执行所述CD测量以获得其值。

19. 根据权利要求13所述的计算机化方法, 包括根据特定检查应用生成对应于所述POI的一个或多个CD测量的一个或多个CD图, 每个CD图包括分别从所述多个图像导出的所述一个或多个CD测量中的CD测量的多个合成值, 包括从所述多个图像中的每个给定图像导出一个或多个合成值, 包括:

对于所述一组区段中的每个区段, 获得所述一个或多个CD测量的一个或多个值, 从而产生对应于所述一组区段的所述一个或多个CD测量的一组或多组值; 以及分别将所述一组

或多组值中的每一组值组合成对应于所述给定图像的一个或多个合成值。

20. 一种非暂态计算机可读存储介质, 所述非暂态计算机可读存储介质有形地体现指令程序, 当由计算机执行时, 所述指令程序使得所述计算机执行检查能用于制造半导体样本的掩模的方法, 所述方法包括:

获得多个图像, 每个图像表示所述掩模的相应部分, 其中通过模仿能用于制造所述半导体样本的光刻工具的光学配置来获取所述多个图像;

生成所述掩模的临界尺寸 (CD) 图, 所述 CD 图包括分别从所述多个图像导出的感兴趣图案 (POI) 的 CD 测量的多个合成值, 包括通过以下操作从所述多个图像中的每个给定图像导出合成值:

将所述给定图像划分为多个区段;

在所述多个区段中搜索所述 POI, 从而产生一组区段, 每个区段中存在于所述 POI 中的至少一个 POI;

对于所述一组区段中的每个区段, 使用印刷阈值获得关于所述至少一个 POI 的所述 CD 测量的值, 从而产生对应于所述一组区段的所述 CD 测量的一组值; 以及

将所述一组值组合成对应于所述给定图像的所述 CD 测量的合成值;

其中所述 CD 图指示所述掩模的相对于所述 POI 的所述 CD 测量的 CD 均匀性 (CDU)。

用于半导体样本制造的掩模检查

技术领域

[0001] 本发明公开的主题大体涉及掩模检查领域,并且更具体地,涉及关于光掩模的临界尺寸(CD)控制。

背景技术

[0002] 目前对与所制造的微电子器件的超大规模集成相关联的高密度和高性能的需求要求亚微米特征、提高的晶体管和电路速度以及改善的可靠性。随着半导体工艺发展,图案尺寸(诸如线宽)和其他类型的临界尺寸不断地缩减。这种需求要求形成具有高精度和高均匀性的器件特征,这进而使得必需仔细地监视制造过程,包括在器件仍然呈半导体晶片的形式时自动化检验该器件。

[0003] 半导体器件通常在光刻工艺中使用光刻掩模(也称为光掩模或掩模或分划板)进行制造。光刻工艺是制造半导体器件的主要工艺之一,并且包括根据要生产的半导体器件的电路设计将晶片的表面图案化。这种电路设计首先在掩模上进行图案化。因此,为了获得操作半导体器件,掩模必须是无缺陷的。掩模通过复杂工艺制造,并且可能存在各种缺陷和变化。

[0004] 另外,掩模通常以重复方式使用以在晶片上形成许多管芯。因此,在掩模上的任何缺陷都将在晶片上重复多次,并且将导致多个器件是有缺陷的。建立有生产价值的工艺要求对整个光刻工艺的严格控制,尤其是鉴于电路集成的大规模和半导体器件的减小尺寸。在该工艺内,CD控制是关于器件性能和成品率的决定性因素。特别是,掩模和制造的器件变得对CD均匀性变化越来越敏感。如果未经校正,这些变化可能导致最终器件无法达成期望的性能,并且在一些情况下,它们甚至可能导致最终器件故障,从而不利地影响成品率。

[0005] 各种掩模检查方法已经开发并是可商购的。根据设计和评估掩模的某些常规技术,掩模被创建并被用来通过其暴露晶片,并且然后执行检查以根据设计确定掩模的特征/图案是否已经转移到晶片。最终印刷特征相对于预期设计的任何变化都可能必需修改设计、修复掩模、形成新掩模和/或暴露新晶片。替代地,可使用各种掩模检查工具来直接地检查掩模。

[0006] 对印刷特征的准确性和质量的验证准许验证掩模的间接方法。然而,由于晶片或管芯上的最终印刷图案是在印刷工艺(例如,抗蚀剂显影、基板处理(诸如材料蚀刻或沉积)等)之后形成的,因此可能难以将最终印刷图案中的错误归因、区别或隔离于与掩模和/或抗蚀剂沉积和/或显影工艺相关联的问题。此外,检查晶片或芯片上的最终印刷图案往往会提供可用于检测、确定和解决任何处理问题的有限数量的样品。该工艺也可能是劳动密集的,并且要求大量检查和分析时间。

发明内容

[0007] 根据本发明公开的主题的某些方面,提供了一种检查可用于制造半导体样本的掩模的计算机化系统,所述系统包括处理和存储器电路系统(PMC),所述PMC被配置为:获得多

个图像,每个图像表示所述掩模的相应部分,其中通过模仿可用于制造所述半导体样本的光刻工具的光学配置来获取所述多个图像;生成所述掩模的临界尺寸(CD)图,所述CD图包括分别从所述多个图像导出的感兴趣图案(POI)的CD测量的多个合成值,其中所述PMC被配置为通过以下操作从所述多个图像中的每个给定图像导出合成值:将所述给定图像划分为多个区段;在所述多个区段中搜索所述POI,从而产生一组区段,每个区段中存在于所述POI中的至少一个POI;对于所述一组区段中的每个区段,使用印刷阈值获得关于所述至少一个POI的所述CD测量的值,从而产生对应于所述一组区段的所述CD测量的一组值;以及将所述一组值组合成对应于所述给定图像的所述CD测量的合成值;其中所述CD图指示所述掩模的相对于所述POI的所述CD测量的CD均匀性(CDU)。

[0008] 除了以上特征之外,根据本发明公开的主题的这一方面的系统可技术上可能的任何所期望的组合或置换包括以下列出的特征(i)至(xi)中的一者或多者:

[0009] (i) 所述掩模是存储器掩模或逻辑掩模。

[0010] (i) 由被配置为模仿所述光刻工具的所述光学配置的光化检查工具获取所述多个图像。

[0011] (iii) 通过以下方式获得所述多个图像:使用非光化检查工具获取多个第一图像,并且对所述多个第一图像执行模拟以模拟所述光刻工具的所述光学配置,从而产生所述多个图像。

[0012] (iv) 根据特定检查应用选择所述CD测量。

[0013] (v) 根据网格将所述给定图像划分为所述多个区段,并且所述网格基于所述POI的尺寸和周期性来确定。

[0014] (vi) 通过使用关于所述POI的参考图像的模式匹配算法来搜索所述POI。

[0015] (vii) 所述PMC被配置为通过以下方式获得每个区段的所述CD测量的所述值:从所述区段导出所述至少一个POI的灰度级(GL)分布,所述GL分布指示所述至少一个POI的像素强度分布;将所述印刷阈值应用于所述GL分布以获得两个拓扑点;以及基于所述两个拓扑点来执行所述CD测量以获得其值。

[0016] (viii) 所述PMC被配置为通过以下方式获得每个区段的所述CD测量的所述值:将所述印刷阈值应用于所述区段的包括所述至少一个POI的至少一部分,从而产生二进制图像部分;以及对所述二进制图像部分执行所述CD测量以获得其值。

[0017] (ix) 所述PMC被配置为根据特定检查应用生成对应于所述POI的一个或多个CD测量的一个或多个CD图,每个CD图包括分别从所述多个图像导出的所述一个或多个CD测量中的CD测量的多个合成值。

[0018] 所述PMC被配置为从所述多个图像中的每个给定图像导出一个或多个合成值,包括:对于所述一组区段中的每个区段,获得所述一个或多个CD测量的一个或多个值,从而产生对应于所述一组区段的所述一个或多个CD测量的所述一组或多组值;以及分别将所述一组或多组值中的每一组值组合成对应于所述给定图像的一个或多个合成值。

[0019] (x) 所述PMC被进一步配置为基于所述CD图来确定所述掩模的CD偏差,并且在所述CD偏差超过CDU阈值时报告关于CDU的缺陷的存在。

[0020] (xi) 所述PMC被进一步配置为响应于关于CDU的所述缺陷的所述存在而确定是接受所述掩模、校正所述掩模还是拒绝所述掩模。

[0021] 根据本发明公开的主题的其他方面,提供了一种检查可用于制造半导体样本的掩模的方法,所述方法由处理和存储器电路系统 (PMC) 执行并包括:获得多个图像,每个图像表示所述掩模的相应部分,其中通过模仿可用于制造所述半导体样本的光刻工具的光学配置来获取所述多个图像;生成所述掩模的临界尺寸 (CD) 图,所述CD图包括分别从所述多个图像导出的感兴趣图案 (POI) 的CD测量的多个合成值,包括通过以下操作从所述多个图像中的每个给定图像导出合成值:将所述给定图像划分为多个区段;在所述多个区段中搜索所述POI,从而产生一组区段,每个区段中存在于所述POI中的至少一个POI;对于所述一组区段中的每个区段,使用印刷阈值获得关于所述至少一个POI的所述CD测量的值,从而产生对应于所述一组区段的所述CD测量的一组值;以及将所述一组值组合成对应于所述给定图像的所述CD测量的合成值;其中所述CD图指示所述掩模的相对于所述POI的所述CD测量的CD均匀性 (CDU)。

[0022] 本发明公开的主题的这一方面可以技术上可能的任何所期望的组合或置换来包括以上关于系统列出的特征 (i) 至 (xi) 中的一者或多者并加以必要变更。

[0023] 根据本发明公开的主题的其他方面,提供了一种非暂态计算机可读存储介质,所述非暂态计算机可读存储介质包括指令程序,所述指令程序当由计算机执行时致使所述计算机执行检查可用于制造半导体样本的掩模的方法,所述方法包括:获得多个图像,每个图像表示所述掩模的相应部分,其中通过模仿可用于制造所述半导体样本的光刻工具的光学配置来获取所述多个图像;生成所述掩模的临界尺寸 (CD) 图,所述CD图包括分别从所述多个图像导出的感兴趣图案 (POI) 的CD测量的多个合成值,包括通过以下操作从所述多个图像中的每个给定图像导出合成值:将所述给定图像划分为多个区段;在所述多个区段中搜索所述POI,从而产生一组区段,每个区段中存在于所述POI中的至少一个POI;对于所述一组区段中的每个区段,使用印刷阈值获得关于所述至少一个POI的所述CD测量的值,从而产生对应于所述一组区段的所述CD测量的一组值;以及将所述一组值组合成对应于所述给定图像的所述CD测量的合成值;其中所述CD图指示所述掩模的相对于所述POI的所述CD测量的CD均匀性 (CDU)。

[0024] 本发明公开的主题的这一方面可以技术上可能的任何所期望的组合或置换来包括以上关于系统列出的特征 (i) 至 (xi) 中的一者或多者并加以必要变更。

附图说明

[0025] 为了理解本公开内容并了解本公开内容在实践中可如何进行,将参考附图仅以非限制性示例的方式来描述实施方式,在附图中:

[0026] 图1示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的掩模检查系统的功能框图。

[0027] 图2示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的可用于制造半导体样本的掩模的掩模检查的一般化流程图。

[0028] 图3示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的获得每个区段的CD测量的值的一个示例的一般化流程图。

[0029] 图4示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的获得每个区段的CD测量的值的另一示例的一般化流程图。

[0030] 图5示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的光化检查工具和光刻工具的

示意图。

[0031] 图6示意性地示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的给定图像和在该给定图像内划分的多个区段的示例。

[0032] 图7示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的应用印刷阈值的工艺的示意图。

[0033] 图8示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的包括至少一个POI和从其导出的GL分布的示例化图像部分。

[0034] 图9示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的掩模的CD图的示例。

具体实施方式

[0035] 在以下详细描述中,阐述了许多具体细节,以便提供对本公开内容的透彻理解。然而,本领域技术人员将理解,本发明公开的主题可在没有这些具体细节的情况下实践。在其他情况下,并未详细地描述公知的方法、工艺、部件和电路,以免模糊本发明公开的主题。

[0036] 除非另有具体说明,否则如从以下讨论中清楚,将了解,在整个本说明书讨论中利用诸如“检查”、“获得”、“模仿”、“应用”、“生成”、“导出”、“划分”、“搜索”、“组合”、“获取”、“执行”、“确定”、“报告”等术语是指计算机的操纵数据和/或将数据变换为其他数据的(多个)操作和/或(多个)处理,所述数据表示为物理的(诸如电子的、量)和/或所述数据表示物理对象。术语“计算机”应当被广义地解释为涵盖具有数据处理能力的任何种类的基于硬件的电子装置作为非限制性示例包括本申请中公开的掩模检查系统、掩模CD均匀性(CDU)系统及其相应部分。

[0037] 本说明书中使用的术语“掩模”也称为“光刻掩模”或“光掩模”或“分划板”。此类术语应当被等效地且广泛地解释为涵盖要在光刻工艺中在半导体晶片上图案化的模板保持电路设计(例如,定义集成电路的特定层的布局)。例如,掩模可实现为覆盖有在光刻工艺中投影到晶片上的不透明、透明和相移区域的图案的熔融石英板。例如,掩模可以是极紫外(EUV)掩模或氟化氩(ArF)掩模。又例如,掩模可以是存储器掩模(可用于制造存储器器件)或逻辑掩模(可用于制造逻辑器件)。

[0038] 本说明书中使用的术语“检查”或“掩模检查”应当被广泛地解释为涵盖用于评估制造的光掩模相对于电路设计的准确性和完整性及其在晶片上产生电路设计的准确表示的能力的任何操作。检查可包括与缺陷检测、缺陷查验和/或各种类型的缺陷分类相关的任何种类的操作和/或在掩模制造工艺期间和/或之后和/或在使用掩模进行半导体样本制造期间的计量操作。可在掩模制造之后通过使用非破坏性检查工具提供检查。作为非限制性示例,检查工艺可包括以下操作中的一者或多者:扫描(以单次扫描或多次扫描)、成像、采样、检测、测量、分类和/或使用检查工具进行的关于掩模或其部分提供的其他操作。同样地,掩模检查也可被解释为包括例如在掩模的实际检查之前生成(多个)检查配方和/或其他设置操作。需注意,除非另外具体地陈述,否则本说明书中使用的术语“检查”或其衍生词在检查区域的分辨率或大小方面不受限制。作为非限制性示例,多种非破坏性检查工具包括光学检查工具、扫描电子显微镜、原子力显微镜等。

[0039] 本说明书中使用的术语“计量操作”应当被广泛地解释为涵盖用于提取与掩模上的一个或多个结构元件相关的计量信息的任何计量操作程序。在一些实施方式中,计量操

作可包括测量操作,诸如例如关于某些结构元件在样本上执行的临界尺寸(CD)测量,包括但不限于以下操作:尺寸(例如,线宽度、线间距、触点直径、元件尺寸、边缘粗糙度、灰度级统计等)、元件形状、元件内或元件之间的距离、相关角度、对应于不同的设计级别的与元件相关联的叠加信息等。例如,通过采用图像处理技术来分析测量结果(诸如测量的图像)。需注意,除非另有具体说明,否则本说明书中使用的术语“计量”或其派生词不受测量技术、测量分辨率或检查区域的大小的限制。

[0040] 本说明书中使用的术语“样本”应当被广义地解释为涵盖用于制造半导体集成电路、磁头、平板显示器和其他半导体制品的任何种类的晶片、相关结构、其组合和/或其部分。

[0041] 本说明书中使用的术语“缺陷”应当被广义地解释为涵盖形成在掩模上的任何种类的异常或不期望特征/功能。缺陷在一些情况下可指真实缺陷或感兴趣缺陷(DOI),当印刷在晶片上时,该真实缺陷或DOI会对制造的器件的功能造成一定影响,因此检测此类缺陷客户兴趣。在其他一些情况下,缺陷可指危害或“误报”缺陷,其是可被忽略的可疑缺陷,因为它对完整设备的功能不造成影响。

[0042] 本文中使用的术语“非暂态存储器”和“非暂态存储介质”应当被广义地解释为涵盖适合本发明公开的主题的任何易失性或非易失性计算机存储器。所述术语应当包括存储一组或多组指令的单个介质或多个介质(例如,集中式或分布式数据库,和/或相关的高速缓存和服务器等)。所述术语还应当被视为包括能够存储指令集或对其进行编码以供计算机执行并且使得计算机执行本公开内容的方法中的任一种或多种方法的任何介质。因此,所述术语应当包括但不限于只读存储器(“ROM”)、随机存取存储器(“RAM”)、磁盘存储介质、光存储介质、闪存存储器装置等。

[0043] 将了解,除非另外具体地陈述,否则在单独实施方式的上下文中描述的本文公开的主题的某些特征也可在单一实施方式中被组合地提供。相反地,在单一实施例的上下文中所述的本文公开的主题的各种特征也可单独地提供或以任何合适的子组合提供。在以下详细描述中,阐述了许多具体细节,以便提供对方法和设备的透彻理解。

[0044] 考虑到这一点,转向图1,其示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的掩模检查系统的功能框图。

[0045] 图1所示的检查系统100可用于在掩模制造工艺期间或之后和/或在半导体样本制造工艺期间,使用掩模来检查掩模。如上所述,本文所指的检查可解释为涵盖与缺陷检查/检测和/或各种类型的缺陷分类以及/或者计量操作相关的任何种类的操作,诸如例如关于掩模或其部分的临界尺寸(CD)测量。根据本发明公开的主题的某些实施方式,所示的检查系统100包括能够自动地检查和检测掩模上的缺陷的基于计算机的系统101。具体地,在一些实施方式中,本公开内容中要检测的缺陷与掩模的CD均匀性(CDU)有关。在这种情况下,系统101被配置为自动地监视掩模的CD均匀性并在其存在时检测关于CDU的缺陷。系统101也称为掩模缺陷检测系统,或者更具体地,称为掩模CDU系统,其为检查系统100的子系统。

[0046] 系统101可操作地连接到掩模检查工具120,该掩模检查工具120被配置为扫描掩模并捕获其一个或多个图像来检查掩模。本文使用的术语“检查工具”应当被广泛地解释为涵盖可用于掩模检查相关工艺的任何类型的检查工具,作为非限制性示例,包括扫描(以单次扫描或多次扫描)、成像、采样、检测、测量、分类和/或关于掩模或其部分提供的其他工

艺。

[0047] 在不以任何方式限制本公开内容的范围的情况下,还应当注意,掩模检查工具120可实现为各种类型的检查机器,诸如光学检查工具、电子束工具等。在一些情况下,掩模检查工具120可以是相对低分辨率检查工具(例如,光学检查工具、低分辨率扫描电子显微镜(SEM)等)。在一些情况下,掩模检查工具120可以是相对高分辨率检查工具(例如,高分辨率SEM、原子力显微镜(AFM)、透射电子显微镜(TEM)等)。在一些情况下,检查工具可提供低分辨率图像数据和高分辨率图像数据两者。在一些实施方式中,掩模检查工具120具有计量能力并且可被配置为对捕获的图像执行计量操作。所得的图像数据(低分辨率图像数据和/或高分辨率图像数据)可直接地或经由一个或多个中间系统传输到系统101。本公开内容不限于任何特定类型的掩模检查工具和/或由检查工具产生的图像数据的分辨率。

[0048] 根据某些实施方式,掩模检查工具可实现为光化检查工具,该光化检查工具被配置为例如通过将形成在掩模中的图案投影到晶片上来模仿/效仿可用于制造半导体样本的光刻工具(例如,扫描仪或步进器)的光学配置,如下面关于图5更详细地描述的。

[0049] 现在转向图5,示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的光化检查工具和光刻工具的示意图。

[0050] 类似于光刻工具520,光化检查工具500可包括被配置为生成曝光波长的光(例如,激光)的照明源502、照明光学器件504、掩模保持器506和投影光学器件508。照明光学器件504和投影光学器件508可包括一个或多个光学元件(例如,透镜、光圈、空间滤光片等)。

[0051] 在光刻工具520中,掩模被定位在掩模保持器506处并被光学地对准以将要复制的电路图案的图像投影到放置在晶片保持器512上的晶片上(例如,通过采用各种步进、扫描和/或成像技术来在晶片上产生或复制图案)。与光刻工具520不同,替代于晶片保持器512,光化检查工具500将检测器510(诸如例如电荷耦合器件(CCD))放置在晶片保持器的位置处,其中检测器510被配置为检测通过掩模投影的光并生成掩模的图像。

[0052] 如可看出,光化检查工具500被配置为模仿光刻工具520的光学配置,包括但不限于例如照明/曝光条件,诸如波长、光瞳形状、数值孔径(NA)等。因此,如图所示,由检测器510获取的掩模图像514预期与将经由光刻工具使用掩模制造的晶片的图像516类似。使用这种光化检查工具获取的掩模图像也称为投影图像(aerial image)。投影图像被提供给系统101来进一步处理,如下所述。

[0053] 根据某些实施方式,在一些情况下,掩模检查工具120可实现为非光化检查工具,诸如例如常规光学检查工具、电子束工具(例如,SEM)等。在此类情况下,检查工具的检测器能够与使用的特定类型的显微镜对接并将来自显微镜的图像信息数字化,从而获取掩模的图像。

[0054] 可对获取的图像执行模拟以模拟光刻工具的光学配置,从而生成投影图像。在一些情况下,图像模拟可由系统101(例如,通过将图像模拟器结合在PMC 102中,可将模拟的功能集成到其PMC 102中)执行,而在一些其他情况下,图像模拟可由掩模检查工具120的处理模块或由操作性地连接到掩模检查工具120和系统101的单独的模拟引擎/单元执行。

[0055] 系统101包括处理器和存储器电路系统(PMC)102,该PMC操作性地连接到基于硬件的I/O接口126。PMC 102被配置为提供操作系统所需的处理(如参考图2、图3和图4进一步详述的),并且包括处理器(未单独地示出)和存储器(未单独地示出)。PMC 102的处理器可被

配置为根据在被包括在PMC中的非暂态计算机可读存储器上实现的计算机可读指令来执行若干功能模块。此类功能模块在下文中被称为被包括在PMC中。

[0056] 本文所指的处理器可代表一个或多个通用处理设备,诸如微处理器、中央处理单元等。更特别地,处理器可以是复杂指令集计算(CISC)微处理器、精简指令集计算(RISC)微处理器、超长指令字(VLIW)微处理器、实施其他指令集的处理器,或者实施指令集的组合的处理器。处理器还可以是一个或多个专用处理器,诸如专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)、数字信号处理器(DSP)、网络处理器等等。处理器被配置为执行用于执行本文中讨论的操作和步骤的指令。

[0057] 本文所指的存储器可包括主存储器(例如,只读存储器(ROM)、闪存存储器、动态随机存取存储器(DRAM)(诸如同步DRAM(SDRAM)或Rambus DRAM(RDRAM)等)和静态存储器(例如,闪存存储器、静态随机存取存储器(SRAM)等)。

[0058] 如前所述,在一些实施方式中,系统101可被配置为检测与掩模上的CD均匀性相关的缺陷。本文使用的术语“CD均匀性(CDU)”是指跨整个掩模(或至少其一部分)上的CD测量的偏差。这种CD偏差可能是由在掩模写入工艺期间的(多个)某些物理效应(诸如例如可能由如激光能量的变化、掩模的材料等因素导致的掩模制造工具的空间写入误差)导致的。如果在晶片量产之前未检测到,则与CDU相关的掩模缺陷将在生产晶片上重复多次,从而导致多个半导体器件有缺陷(例如,影响器件的功能并且无法达成期望性能),从而不利地影响成品率。因此,期望严格地控制CD偏差。

[0059] 为了将CD偏差对掩模的影响最小化,某些常规技术使用掩模印刷多个晶片以确定相对于掩模使用的最佳光刻参数。然而,由于要考虑的参数变量的数量很大并且它们的相互作用很复杂,因此这种重复工艺非常耗时。此外,重复使用晶片制造工具并仅用于优化参数将不必要地减少工具可用于其意图的功能(即,制造集成电路)的时间。

[0060] 替代方法利用CD测量与掩模图像的像素强度之间的线性相关关系。CD偏差是通过计算像素强度(例如,通过对图像的特定区域的灰度级强度求平均)来间接地测量的。然而,相关系数(或转换因子) k 通常是未知的,因为它随许多因素而变化,所述因素诸如例如感兴趣图案、抗蚀剂的类型等。因此,在不知道 k 的情况下,不可能基于图像强度来推断实际CD测量。已经尝试了解 k 的值,考虑到相关变量的数量,这已经被证明是复杂且耗时的。此外,以上提及的方法对在相对大的图像区域上的像素强度求平均,因此仅适用于特征在掩模上广泛地重复的存储器掩模。

[0061] 因此,当前检查方法不足以提供对掩模的期望的CD控制,特别是在先进工艺的快速发展和光掩模的复杂特征方面。根据本发明公开的主题的某些实施方式,提出了一种改进的掩模检查系统和方法,其被配置为自动地监视掩模的CD均匀性(CDU)并检测关于掩模的CDU的缺陷。所提出的方法已被证明可提高掩模特征的高级CD控制的准确度和灵敏度,而不影响检测吞吐量。

[0062] 根据某些实施方式,系统101的PMC 102中包括的功能模块可包括图像处理模块104、测量模块106和缺陷报告模块108。PMC 102可被配置为经由I/O接口126获得多个图像,每个图像表示掩模的相应部分(例如,一部分)。可通过模仿可用于制造半导体样本的光刻工具的光学配置来获取图像。例如,可由掩模检查工具120(诸如例如光化检查工具)来获取图像。

[0063] PMC 102可被进一步配置为生成掩模的临界尺寸(CD)图,该CD图包括感兴趣图案(POI)的CD测量的多个合成值。多个合成值分别从多个图像导出。具体地,PMC 102被配置为从多个图像中的每个给定图像导出合成值,如下所述。

[0064] 图像处理模块104可被配置为将给定图像划分为多个区段,并且在多个区段中搜索POI,从而产生一组区段,每个区段中存在于POI中的至少一个POI。

[0065] 测量模块106可被配置为针对该组区段的每个区段,使用印刷阈值获得关于至少一个POI的CD测量,从而产生对应于该组区段的一组CD测量。测量模块106还被配置为将该组值组合成对应于给定图像的CD测量的合成值。

[0066] 这样生成的CD图指示掩模相对于POI的CD测量的CD均匀性。任选地,缺陷报告模块108可被配置为在CD图指示的CD偏差超过CDU阈值(例如,在一些情况下超过阈值,而在一些其他情况下低于阈值)时报告关于CDU的缺陷的存在。任选地,缺陷报告模块108可进一步被配置为确定如何响应于检测到的缺陷,例如,是接受掩模、修复掩模还是拒绝掩模。

[0067] 系统100、101、PMC 102和在其中的功能模块的操作将参考图2、图3和图4进一步详述。

[0068] 根据某些实施方式,系统100可包括存储单元122。存储单元122可被配置为存储操作系统100和101所需的任何数据,例如,与系统100和101的输入和输出有关的数据,以及由系统101生成的中间处理结果。例如,存储单元122可被配置为存储由掩模检查工具120产生的图像和/或其衍生物(例如,在预处理之后的图像)。因此,可从存储单元122检取图像并将其提供给PMC 102以供进一步处理。

[0069] 在一些实施方式中,系统100可任选地包括基于计算机的图形用户界面(GUI) 124,该基于计算机的图形用户界面124被配置为启用与系统101有关的用户指定的输入。例如,可(例如,通过形成GUI 124的一部分的显示器)向用户呈现掩模的视觉表示,包括掩模或其部分的图像。可通过GUI向用户提供以下选项:限定某些操作参数,诸如例如POI、印刷阈值、CD变化阈值等。在一些情况下,用户还可在GUI上查看操作结果,诸如CD图、关于CDU的检测到的缺陷和/或进一步的检查结果。

[0070] 如上所述,系统101被配置为经由I/O接口126接收掩模的多个图像。图像可包括由掩模检查工具120产生的图像数据(和/或其衍生物)和/或存储在存储单元122或一个或多个数据储存库中的图像数据。在一些情况下,图像数据可指由掩模检查工具捕获的图像,和/或从通过各种预处理阶段获得的捕获的图像导出的预处理图像等。需注意,在一些情况下,图像可包括相关联的数字数据(例如,元数据、手工制作的属性等)。还应注意,图像数据与要印刷在晶片上的半导体器件的目标层有关。

[0071] 系统101还被配置为处理接收到的图像并经由I/O接口126将结果(例如,CD图、检测到的缺陷)发送到存储单元122和/或用于渲染的GUI 124和/或掩模检查工具120。

[0072] 在一些实施方式中,除了系统101之外,掩模检查系统100还可包括一个或多个检查模块,诸如例如(多个)附加缺陷检测模块和/或自动缺陷检查模块(ADR)和/或自动缺陷分类模块(ADC)和/或计量相关模块和/或可用于对掩模执行附加检查的其他检查模块。一个或多个检查模块可实现为独立计算机,或者它们的功能(或其至少一些)可与掩模检查工具120集成。在一些实施方式中,从系统101获得的输出可由掩模检查工具120和/或一个或多个检查模块(或其一部分)使用以进行进一步掩模检查。

[0073] 本领域技术人员将容易地了解,本发明公开的主题的教导不受图1中示出的系统约束;等同和/或经修改的功能可以另一种方式合并或划分,并且可实现在软件与固件和/或硬件的任何适当组合中。

[0074] 需注意,图1中示出的掩模检查系统可实现在分布式计算环境中,其中PMC 102中包括的前述功能模块可跨若干本地和/或远程装置分布,并且可通过通信网络链接。需进一步注意,在其他实施方式中,掩模检查工具120、存储单元122和/或GUI 124中的一者或多者可在系统100外部并经由I/O接口126与系统101进行数据通信。系统101可实现为结合掩模检查工具使用的(多个)独立计算机。替代地,系统101的相应功能性可至少部分地与掩模检查工具120集成在一起,从而促进和增强在检查相关工艺中掩模检查工具120的功能性。

[0075] 虽然不一定如此,但系统101和100的操作工艺可对应于关于图2至图4描述的方法的阶段中的一些或全部。类似地,关于图2至图4描述的方法及其可能的实现方式可由系统101和100实现。因此,需注意,关于参考图2至图4描述的方法所讨论的实施方式也可加以必要变更而实现为系统101和100的各种实施方式,反之亦然。

[0076] 现在参考图2,示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的可用于制造半导体样本的掩模的掩模检查的一般化流程图。

[0077] 可(例如,由PMC 102经由I/O接口126从掩模检查工具120或从存储单元122)获得(202)多个图像,每个图像表示掩模的相应部分。可通过模仿可用于制造半导体样本的光刻工具的光学配置来获取图像。在一些实施方式中,可预定义在掩模上要检查的感兴趣区域(ROI),并且可针对ROI获取多个图像。例如,在一些情况下,可将ROI限定为整个掩模,而在其他一些情况下,可将ROI限定为掩模的一部分。

[0078] 在一些实施方式中,由光化掩模检查工具(诸如例如应用材料公司(Applied Materials Inc.)的Aera掩模检查工具)获取图像。如上文参考图5所述,光化掩模检查工具具体地被配置为模仿用于根据掩模制造半导体晶片的光刻工具(例如,扫描仪或步进器)的光学配置。要模仿的光学配置可包括以下照明/曝光条件中的一者或多者,诸如例如波长、光瞳形状、数值孔径(NA)等。

[0079] 预期由这种光化检查工具获取的掩模图像类似于经由光刻工具使用掩模制造的晶片的图像,因此也称为投影图像。换句话说,光化掩模检查工具被配置为便于捕获掩模图像,该图像可效仿掩模中的设计图案实际上将在制造工艺之后如何出现在物理晶片上。

[0080] 在一些情况下,可能无法使用光化检查工具来检查掩模。在这种情况下,可使用非光化检查工具(例如常规光学检查工具、电子束工具等)来获取掩模的非投影图像(本文称为第一图像)。可对获取的非投影图像执行模拟以模拟光刻工具的光学配置,从而生成掩模版的投影图像。因此,在一些实施方式中,参考图2描述的掩模检查方法可进一步包括以下初步步骤:获得由非光化检查工具获取的多个第一图像,并且(例如,通过PMC 102的图像处理模块104或通过掩模检查工具120的处理模块等)对第一图像执行模拟以模拟光刻工具的光学配置,从而产生多个图像(即,投影图像)。

[0081] 在一些实施方式中,在检查期间,可在曝光期间相对于掩模检查工具的检测器以步长大小移动掩模(或者可使掩模和工具在彼此相对的方向上移动),并且可由一次仅对掩模的部位/部分(在行迹内)进行成像的掩模检查工具沿掩模的行迹逐步地扫描掩模。例如,在每个步骤处,可从掩模的矩形部分检测光,并且将这种检测到的光在该部分中的多个点

处转换为多个强度值,从而形成对应于掩模的部位/部分的图像。在一个示例中,对应于掩模的矩形部分的每个图像可以是约1000个像素的长度和1000个像素的宽度。

[0082] 因此,可在沿掩模的行迹的顺序扫描期间顺序地获得掩模的多个图像,每个图像表示掩模的相应部分/部分。例如,可从左到右扫描掩模的第一行迹以获得第一组图像。然后从右向左扫描第二行迹以获得第二组图像,依此类推,直到扫描整个掩模。多组图像构成掩模的多个图像。在一些情况下,可用预定义步长获取多个图像,使得多个图像的多个视场(FOV)不重叠。在一些其他情况下,可限定步长,使得多个图像的FOV部分地重叠。

[0083] 在一些实施方式中,可在进一步处理之前预处理所获得的多个图像,如将参考图2描述的。预处理可包括以下操作中的一项或多项:内插(例如,在第一图像具有相对低分辨率的情况下)、噪声过滤、焦点校正、像差补偿、图像格式转换等。

[0084] 需注意,本公开内容不限于掩模检查工具的特定模态和/或由此获取的图像的类型和/或处理图像所需的预处理操作。

[0085] 可(例如,由PMC 102)生成(204)掩模的临界尺寸(CD)图。CD图包括感兴趣图案(POI)的CD测量的多个合成值,其中该多个合成值分别从多个图像导出。

[0086] 根据某些实施方式,POI可选自掩模上的多个结构元件。本文使用的结构元件可指掩模上的在一些情况下与(多个)其他对象组合/叠加(从而形成图案)的具有有某个轮廓的几何形状或几何结构的任何原始对象/特征。结构元件的示例可包括一般形状特征,诸如例如触点、线等,和/或具有复杂结构/形状的特征,和/或由一个或多个其他特征组合的特征。因此,POI可包括从掩模上的多个结构元件选择的一个或多个结构元件。

[0087] 例如,可基于以下因素中的一个或多个来选择POI:一个或多个结构元件的类型和/或形状、关于一个或多个结构元件相对于CDU的重要性的用户输入等。在一些情况下,可预定POI,而在另一些情况下,可在检查期间选择POI。

[0088] CD测量可指针对POI执行的任何关键尺寸测量,包括但不限于:尺寸(例如,线宽度、线间距、触点直径、元件尺寸、边缘粗糙度、灰度级统计等)、元件的形状、元件内或元件之间的距离、相关角度、与对应于不同的设计级别的元件相关联的叠加信息等。在一些实施方式中,可根据特定检查应用来选择CD测量。

[0089] 具体地,可根据参考框206至212描述的工艺从多个图像中的每个给定图像导出合成值,如下详述。

[0090] 可(例如,由PMC 102的图像处理模块104)将给定图像划分(206)为多个区段。在一些实施方式中,可根据网格将给定图像划分为多个区段。网格是根据POI的尺寸和周期性确定的。例如,可确定网格,使得每个区段的大小可容纳至少一个POI。在一些其他实施方式中,给定图像可能被不均匀地划分,例如,根据给定图像中表示的相应掩模区域的不同设计和功能而划分。

[0091] 图6示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的给定图像和在给定图像内划分的多个区段的示例。如图所示,图像600指的是表示由掩模检查工具获取的掩模(在本示例中为逻辑掩模)的相应部分的图像(投影图像)。图像610示出了根据网格在图像600中均匀划分的多个区段。

[0092] 可(例如,由PMC 102的图像处理模块104)在多个区段中搜索(208)POI,从而产生一组区段,每个区段中存在于POI中的至少一个POI。在一些实施方式中,可通过使用关于

POI的参考图像的模式匹配算法来搜索POI。在一些情况下,POI的参考图像可基于POI的设计数据导出,或者可由用户提供/指示。

[0093] 例如,对于每个区段,关于参考图像的归一化互相关可应用于该区段中的每个像素,以标识与参考图像最佳匹配的周围窗口的最佳匹配像素。参考图像和标识的周围窗口可对齐,并从一个中减去另一个,从而产生差值图像。差值图像(或其至少一些像素值)可用于确定窗口是否包含与POI相同的图案。

[0094] 一旦针对给定图像中的所有多个区段执行搜索,就可提供被标识为存在POI(或至少一个POI)的一组区段。

[0095] 对于该组区段中的每个区段,可(例如,由PMC 102的测量模块106)使用印刷阈值获得(210)关于至少一个POI的CD测量的值,从而产生对应于该组区段的CD测量的一组值。

[0096] 现在转向图3,示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的获得每个区段的CD测量的值的一个示例的一般化流程图。

[0097] 可将印刷阈值应用(302)于包括至少一个POI的区段的至少一部分上,从而产生二进制图像部分。二进制图像部分提供了掩模的对应部分的可印刷在半导体样本(例如晶片)上的结构元件/特征的信息。现在参考图7描述印刷阈值及其应用。

[0098] 现在参考图7,示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的应用印刷阈值的工艺的示意图。

[0099] 如图所示,图700展示了示例化(和简化)掩模,包括在照射时透射光的透明区域702(例如,由石英制成)和阻挡光的不透明区域704(例如,由铬制成)。如上所述de获得的多个图像(空间图像)是指由通过掩模收集透射光的检测器捕获的图像。

[0100] 事实上,制造工具(例如,扫描仪或步进器)的实际晶片制造工艺包括光刻工艺之后的抗蚀工艺和蚀刻工艺。晶片涂有光刻胶,光刻胶是一种感光材料。曝光会导致区段的抗蚀剂硬化或软化,具体取决于工艺。在曝光之后,对晶片进行显影,从而根据在曝光期间区域接收到的透射光量(即,光强度)使光刻胶在某些区域中溶解。

[0101] 例如,示出了表示透射光强度的波形705。如果给定区域的光刻胶暴露于特定强度以下的透射光,则图案将印刷在晶片上。这些光刻胶区域和无光刻胶区域再现掩模上的设计图案。因此,特定强度被称为印刷阈值705,如图7所例示。然后将显影的晶片暴露于溶剂,该溶剂腐蚀掉晶片的不再受光刻胶涂层保护的部分中的硅,从而(针对给定层)产生印刷的晶片708。

[0102] 因此,在效仿晶片制造工具的光学配置的光化检查工具中,波形705表示将由光化检查工具的检测器捕获以形成第一图像的透射光。由于在光化检查工具中,检测器替换了晶片,并且没有实际的抗蚀和蚀刻工艺,为了获得类似于印刷的晶片的图像,需要对投影图像应用印刷阈值705以效仿抗蚀剂和蚀刻工艺的效果,从而产生类似于晶片708上的印刷的图案的二进制图像。具体地,二进制图像提供掩模的可印刷在晶片上的多个结构元件的信息。

[0103] 需注意,尽管在本示例中,低于印刷阈值的图案被示为可印刷在晶片上(即,正抗蚀剂),但这并不一定如此。在一些其他情况下,情况可能相反,即高于印刷阈值的图案可印刷在晶片上(即负抗蚀剂)。本公开内容不限于特定的抗蚀工艺,也不限于用于呈现可印刷特征的印刷阈值的特定应用。

[0104] 返回参考图3,在将印刷阈值应用于该区段的至少一部分时,所导出的二进制图像部分表示掩模的对应部分的可印刷结构元件/特征(即,可印刷在晶片上的)。可对二进制图像部分执行(304)CD测量以获得CD测量的值。例如,假设POI是线结构,CD测量是测量线的宽度。线宽度可通过测量二进制图像部分中的线的两个边缘之间的距离来获得。

[0105] 根据某些实施方式,可以替代方式获得每个区段的至少一个POI的CD测量。图4示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的获得每个区段的CD测量的值的另一示例的一般化流程图。

[0106] 如图所示,可从图像的区段导出(402)至少一个POI的灰度级(GL)分布。GL分布指示至少一个POI的像素强度分布。可将印刷阈值应用(404)于GL分布以获得两个拓扑点。拓扑点是指信号分布或波形(例如,GL分布)上的被标识为对应于掩模的几何结构上的特定位置的点。例如,所获得的两个拓扑点可表示POI的估计边缘/边界(例如,线结构的边缘)。可基于两个拓扑点执行(406)CD测量,以获得其值。

[0107] 现在参考图8,示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的包括至少一个POI和从其导出的GL分布的示例化图像部分。

[0108] 假设当前示例中POI为线结构,并且POI的CD测量是线结构的宽度。在给定图像的多个区段中搜索POI时,标识出存在至少一个POI的一组区段。图像802示出了在包括至少一个POI的这种区段(例如,线结构804)内的图像部分。如图所示,图像802包括多个线结构的图像表示。对于每个线结构,灰度级强度沿垂直于线结构的纵向轴线的方向变化,从而表示线的表面分布在该方向上的变化。

[0109] 在一些情况下,任选地,包括一个POI的图像802内的图像补片可被裁剪和内插以便获得具有相对较高分辨率的内插补片806。可对内插补片806执行CD测量。例如,可基于内插补片导出GL轮廓810,例如,沿如所例示的测量矢量808。

[0110] 如图所示,将印刷阈值(例如,本示例中的87.4)应用于GL分布810,从而在GL分布上产生两个拓扑点(由圆圈标记)。这两个拓扑点表示线结构的估计边缘/边界。通过将印刷阈值(其指示如上文参考图7所述的特定印刷强度)应用于GL分布,在GL分布的最不敏感区域(例如,对工具能量漂移不太敏感),从而能够以更高的准确度获得CD测量。

[0111] CD测量可基于两个拓扑点进行。例如,可通过测量两个拓扑点之间的距离812来获得线宽。在一些情况下,由于图像802可包括多个POI(例如,如本示例中所示的多个线结构),因此可获得多个POI中的每一个POI(或其中至少一些POI)的CD测量。例如,可测量图像802中呈现的所有线结构(或从中选择的某些线结构)的线宽,并且可基于多个线宽来获得平均测量。

[0112] 需注意,参考图3和图4描述的CD测量实施方式处于示例性目的示出。本公开内容不应当限于任一实现方式和/或利用印刷阈值的其他合适的替代实现方式。

[0113] 返回参考图2的描述,一旦执行CD测量并针对该组区段中的每个区段获得CD测量值,则获得对应于该组区段的CD测量的一组值,如参考框210所述。可(例如,由测量模块106)将该组值组合(212)成对应于给定图像的CD测量的合成值。例如,可通过基于例如均值或中值或任何其他种类的平均计算(有或没有权重)对该组值求平均(或加权平均)来组合/聚合该组值。

[0114] 一旦针对多个图像中的每个给定图像导出POI的CD测量的合成值,就获得对应于

多个图像的多个合成值。可生成(204)掩模的临界尺寸(CD)图,包括POI的CD测量值的多个合成值。具体地,多个合成值在CD图中定位在对应于掩模的相应部位的位置的位置处,如掩模的对应的多个图像所表示。

[0115] 如上所述生成的CD图可指示掩模相对于POI的CD测量的CD均匀性。图9示出了根据本发明公开的主题的某些实施方式的掩模的CD图的示例。如图所示,CD图中的差异区域之间存在灰度级偏差,该灰度级偏差指示掩模中的CD偏差。

[0116] 在一些实施方式中,可基于CD图(例如,由缺陷报告模块108)来确定(214)掩模的CD偏差。可将CD偏差与预定CDU阈值进行比较。可在CD偏差超过CDU阈值时报告与CDU相关的缺陷(也称为CDU缺陷)的存在。例如,可使用三西格玛(three-sigma)方法计算CD偏差。例如,可基于CD图来导出CD直方图,并且可从CD直方图提取指示CD偏差的三西格玛(例如,总体均值的三个标准偏差)。在一些情况下,CDU阈值可根据例如特定检查应用、CD测量和/或POI的类型、技术节点和/或客户使用的规范等来预定。

[0117] 任选地,在一些实施方式中,响应于关于CDU的缺陷的存在,可进一步确定如何响应CDU缺陷,例如,是接受掩模、修复掩模还是拒绝掩模。例如,这可通过例如评估CDU缺陷在印刷时是否影响使用掩模制造的半导体样本的功能来完成。例如,评估可包括估计当印刷在半导体样本上时与CDU缺陷相关联的CD偏差。在一些情况下,响应于CDU缺陷的存在的可能的处理操作可包括以下操作中的一者或多者:修复掩模、将掩模定义为有缺陷的掩模、将掩模限定为功能性的、生成掩模的修复指示等。例如,如果这些估计的CD偏差不可接受,则可将掩模发到掩模店进行修理或拒绝该掩模。

[0118] 另外,在一些实施方式中,可(例如,由PMC 102的缺陷报告模块108)提供以下输出/指示中的至少一者或其任何组合:(i)提供掩模从掩模店运出的资格标准;(ii)向掩模生成工艺提供输入;(iii)向半导体样本制造工艺提供输入;(iv)向光刻工艺中使用的模拟模型提供输入;(v)为光刻工具提供校正图;(vi)标识掩模上以大于预期的CD偏差为特征的区域。

[0119] 在一些实施方式中,用户可能有兴趣根据特定检查应用来估计关于POI的一个或多个CD测量的CDU。例如,在POI是线结构的先前示例中,基于检查应用的感兴趣CD测量可包括线宽度和在两条邻线之间的距离。在这种情况下,可使用以上参考图2描述的工艺生成对应于POI的一个或多个感兴趣CD测量值的一个或多个CD图,其中每个CD图包括分别从多个图像导出的一个或多个CD测量中的特定CD测量的多个合成值。

[0120] 具体地,可从多个图像中的每个给定图像导出一个或多个合成值,包括对于一组区段中的每个区段,获得一个或多个CD测量的一个或多个值,从而产生合对应于一组区段的一个或多个CD测量的一组或多组值,并且分别将一组或多组值中的每一组值组合成对应于给定图像的一个或多个合成值。

[0121] 因此,一旦生成一个或多个CD图,就可基于该一个或多个CD图来分别确定关于一个或多个CD测量的一个或多个CD偏差,并且可基于关于相应CDU阈值的相应CD偏差来分别确定CDU缺陷的存在。

[0122] 需注意,适用于本发明公开的检查方法的掩模可以是可能存在本文所述的类型的CDU缺陷的任何掩模,包括但不限于存储器掩模和/或逻辑掩模,以及/或者Arf掩模和/或EUV掩模等。本公开内容不限于特定类型或功能的要检查的掩模。

[0123] 出于示例性和说明性目的,本文中本发明公开的主题的某些实施方式和/或示例是关于作为线结构的特定POI及其特定CD测量来描述的。这绝不旨在以任何方式限制本公开内容。将了解,所提出的方法和系统可应用于具有其特定感兴趣CD测量的其他类型/形状的POI。例如,在POI是触点的情况下,与其相关联的CD测量可包括以下中的一者或多者:触点的直径、在不同触点之间的距离等。

[0124] 根据某些实施方式,如上参考图2、图3和图4描述的掩模检查工艺可作为系统101和/或检查工具120可用于运行时中的在线掩模检查的检查配方的一部分。因此,本发明公开的主题还包括用于在配方设置阶段期间生成检查配方的系统和方法,其中该配方包括如参考图2、图3和图4(及其各种实施方式)描述的步骤。应当注意,术语“检查配方”应当被广泛解释为涵盖可由检查工具用来执行与任何种类的掩模检查(包括如上所述的实施方式)相关的操作的任何配方。

[0125] 应当注意,本公开内容中示出的示例,诸如例如如上所述的掩模检查工具架构和配置、掩模类型和/或布局、示例化POI和/或CD测量、CD测量测量的特定方式等是出于示例性目的而示出,并且不应当被视为以任何方式限制本公开内容。除了或代替以上内容,可使用其他适当的示例/实施方式。

[0126] 如本文所述的掩模检查工艺的某些实施方式的优点之一是估计掩模(或其至少部分)的CD均匀性和在半导体代工厂(FAB)中批量生产晶片之前检测掩模上关于CDU的缺陷(即,CDU缺陷)的能力。

[0127] 如本文所述的掩模检查工艺的某些实施方式的优点之一是所提出的检查工艺不依赖于CD测量与掩模图像的像素强度之间的已知线性相关关系,因此不需要学习相关系数 k ,该相关系数 k 通常是未知的并且了解起来很复杂,因为它会随许多因素而变化,所述因素诸如例如感兴趣图案、抗蚀剂的类型等。使用所提出的检查工艺导出的CD图可直接地表示CD测量的值。

[0128] 所提出的检查工艺适用于逻辑掩模和存储器掩模两者,因为它在图像的多个区段中搜索特定POI,并且导出关于检测到的区段中的POI的实际CD测量,这与导出整个图像区段的平均像素强度的先前方法不同,因此仅适用于特征在平均区域内和整个掩模内重复的存储器掩模。

[0129] 如本文所述的掩模检查工艺的某些实施方式的优点之一是通过将印刷阈值(其指示特定印刷强度)应用于包括至少一个POI的图像部分(或将印刷阈值应用于其GL分布),可在GL分布的最不敏感区域(例如,对工具能量漂移不太敏感的区域)处获得测量,从而使得能够获得具有提高的灵敏度和准确度的CD测量。

[0130] 将理解,本公开内容的应用不限于本文含有的描述中阐述的或附图中示出的细节。

[0131] 还将理解,根据本公开内容的系统可至少部分地实现在合适地编程的计算机上。同样地,本公开内容设想可由计算机读取来执行本公开内容的方法的计算机程序。本公开内容进一步设想有形地体现可由计算机执行来执行本公开内容的方法的指令程序的非暂态计算机可读存储器。

[0132] 本公开内容能够具有其他实施方式并能够以各种方式实践或进行。因此,将理解,本文采用的措辞和术语是出于描述目的,并且不应当被视为是限制性的。因此,本领域技术

人员将了解,本公开内容所基于的概念可容易地用作设计用于进行本发明公开的主题的若干目的的其他结构、方法和系统的基础。

[0133] 本领域技术人员将容易地了解,在不脱离本公开内容的在所附权利要求书中且由所附权利要求书限定的范围的情况下,可对如上所述的本公开内容的实施方式应用各种修改和改变。

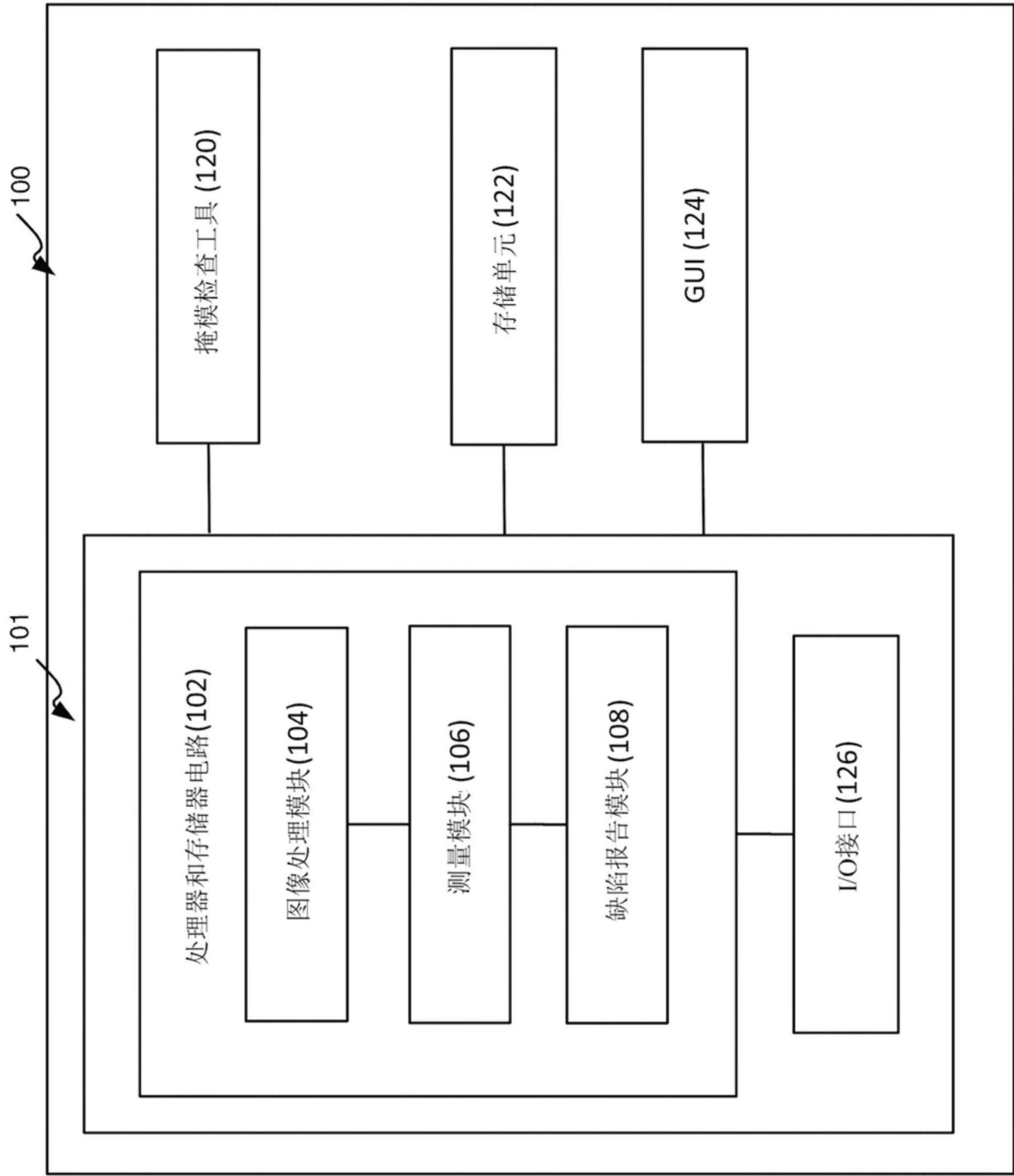


图1

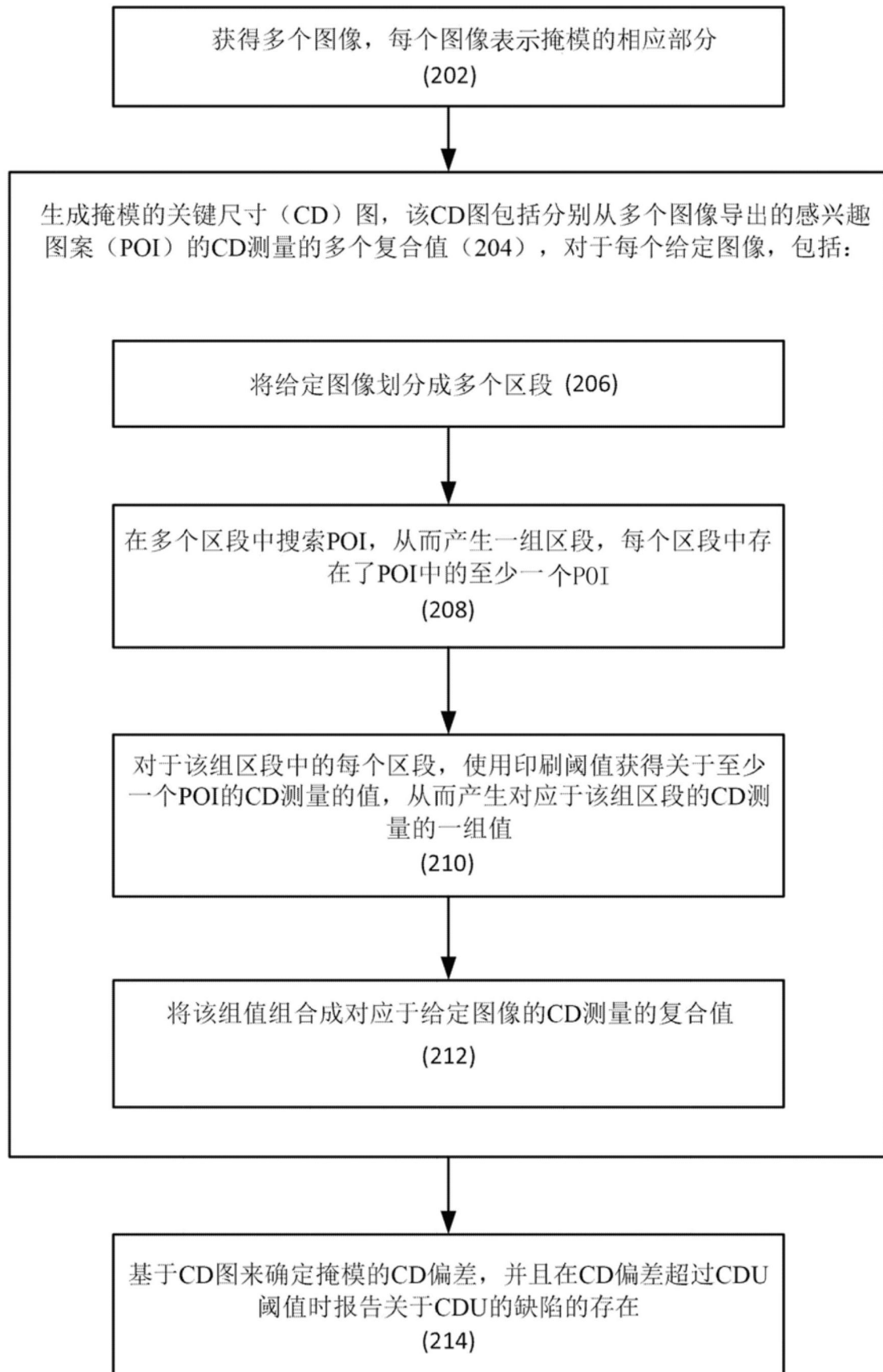


图2

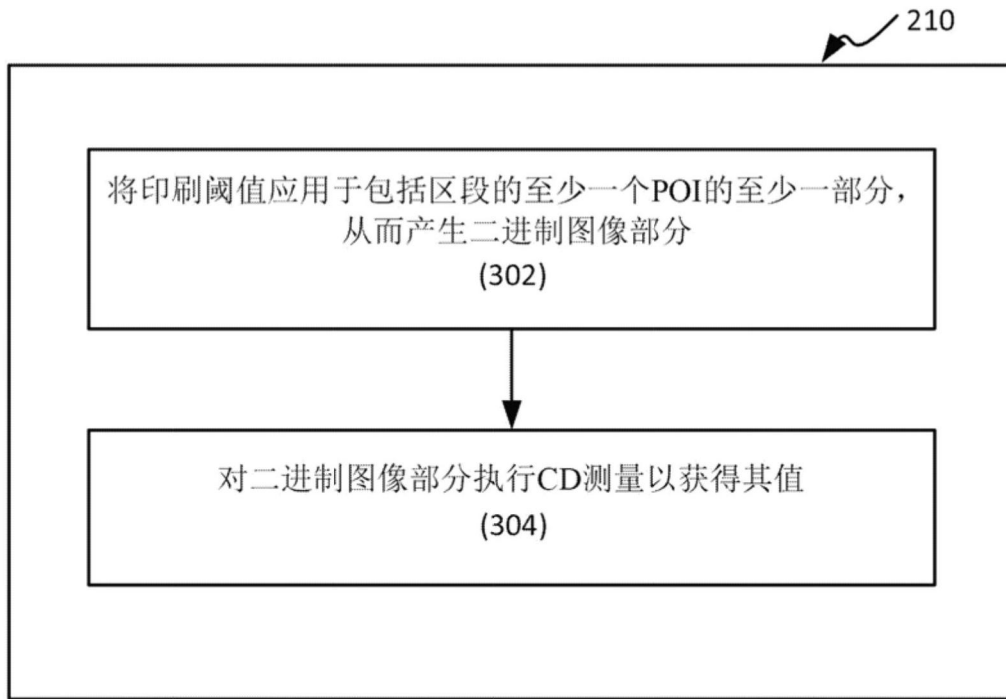


图3

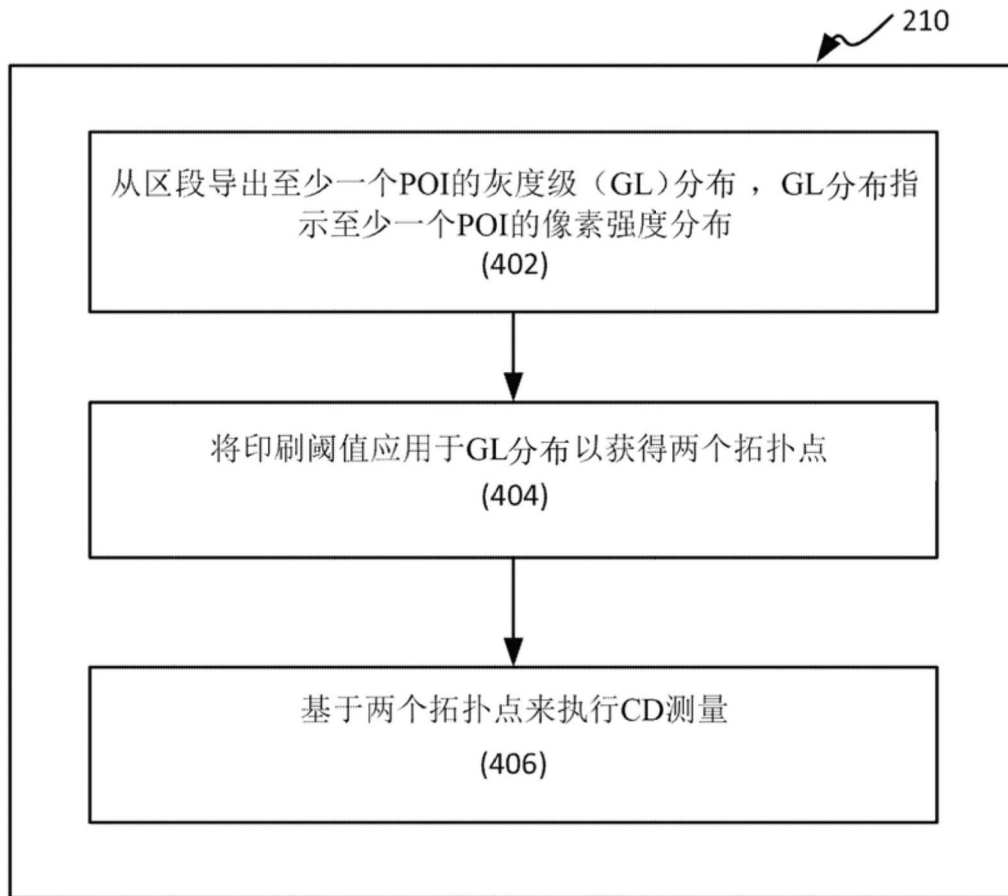


图4

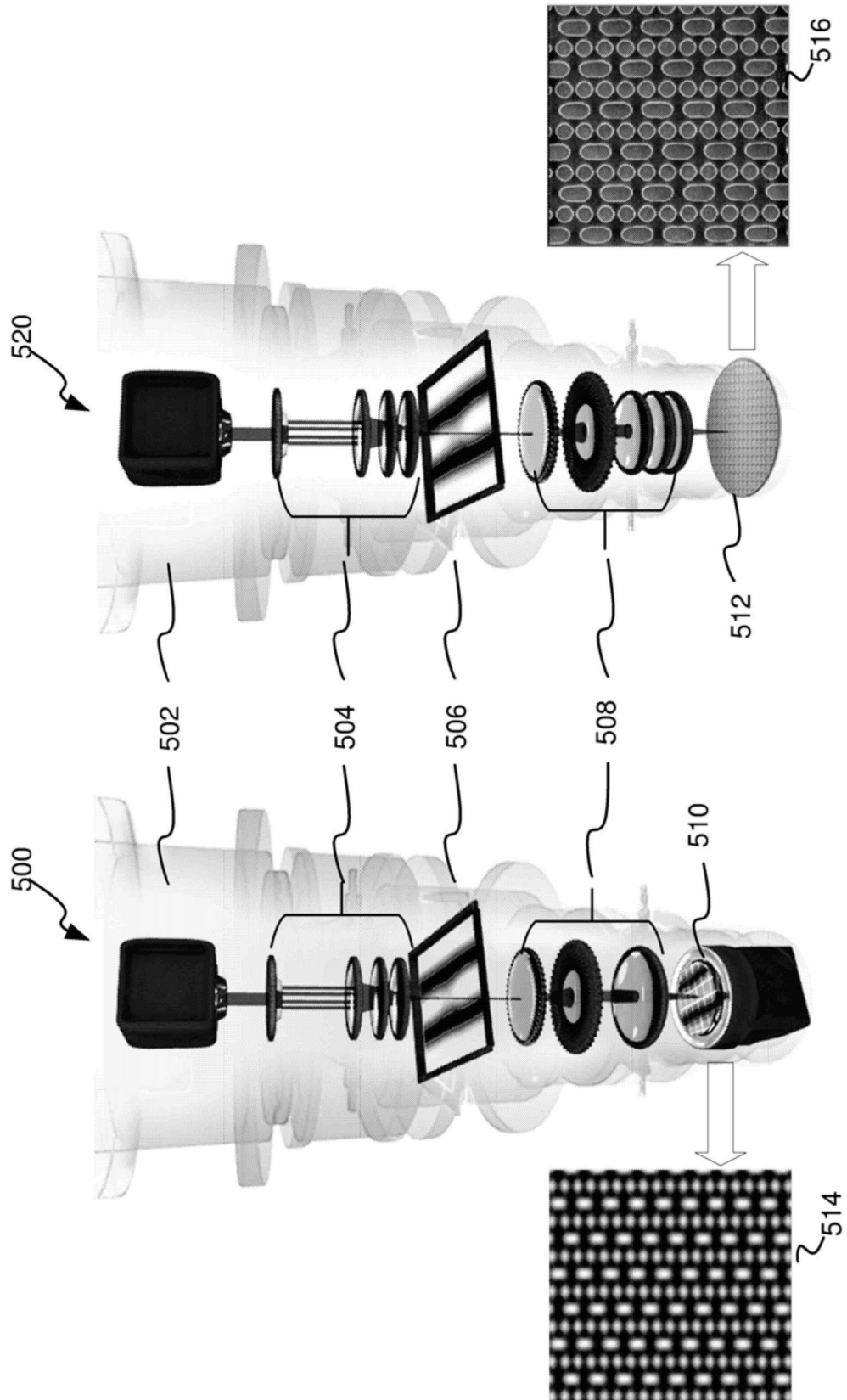


图5

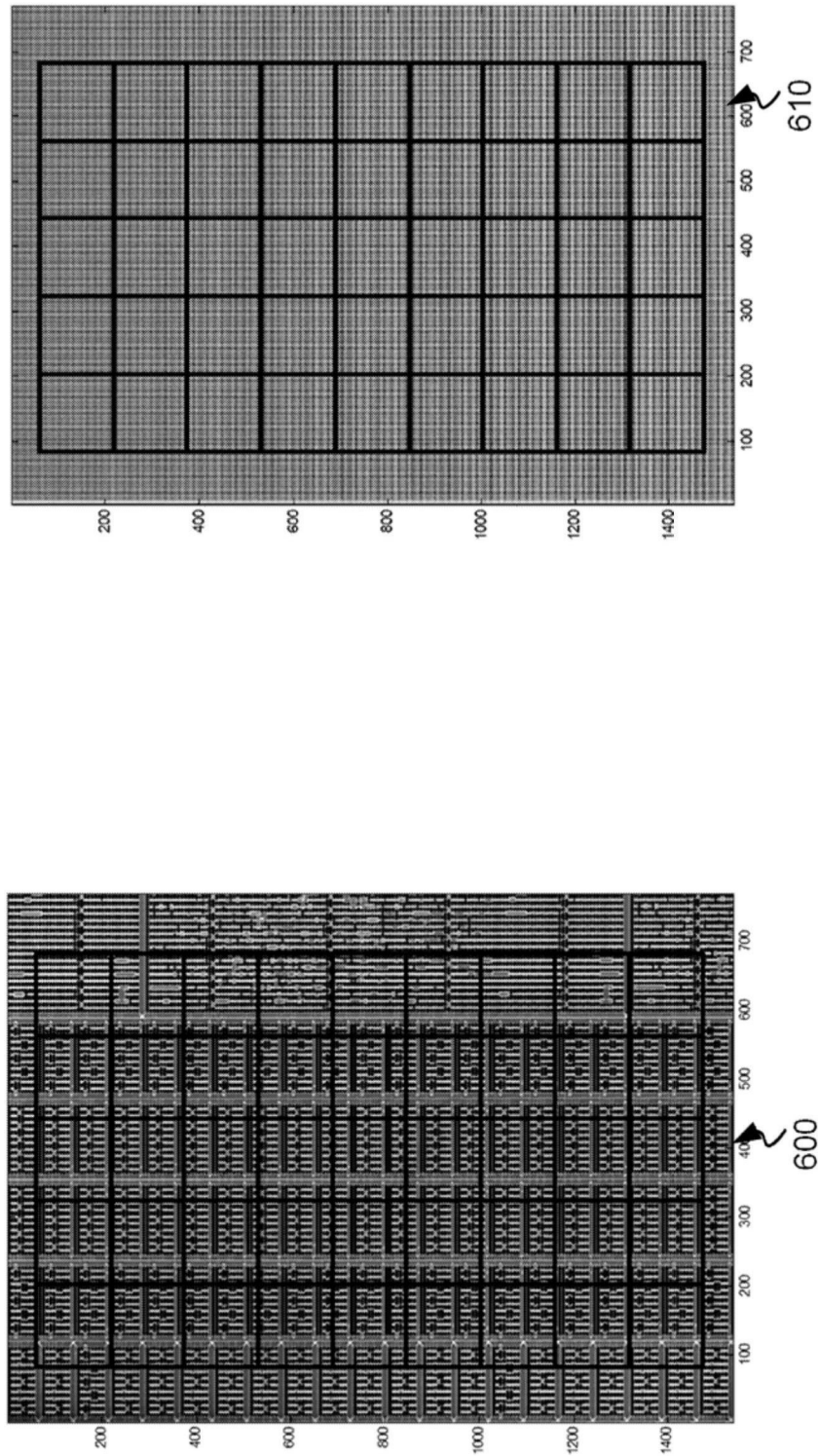


图6

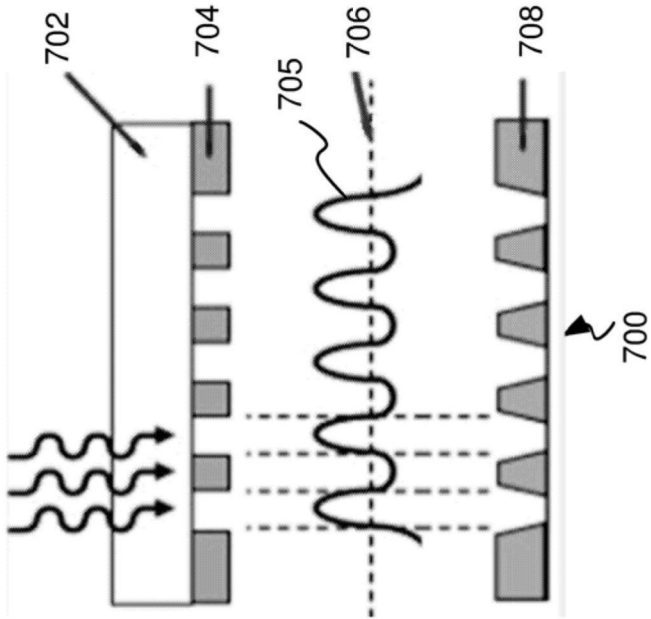


图7

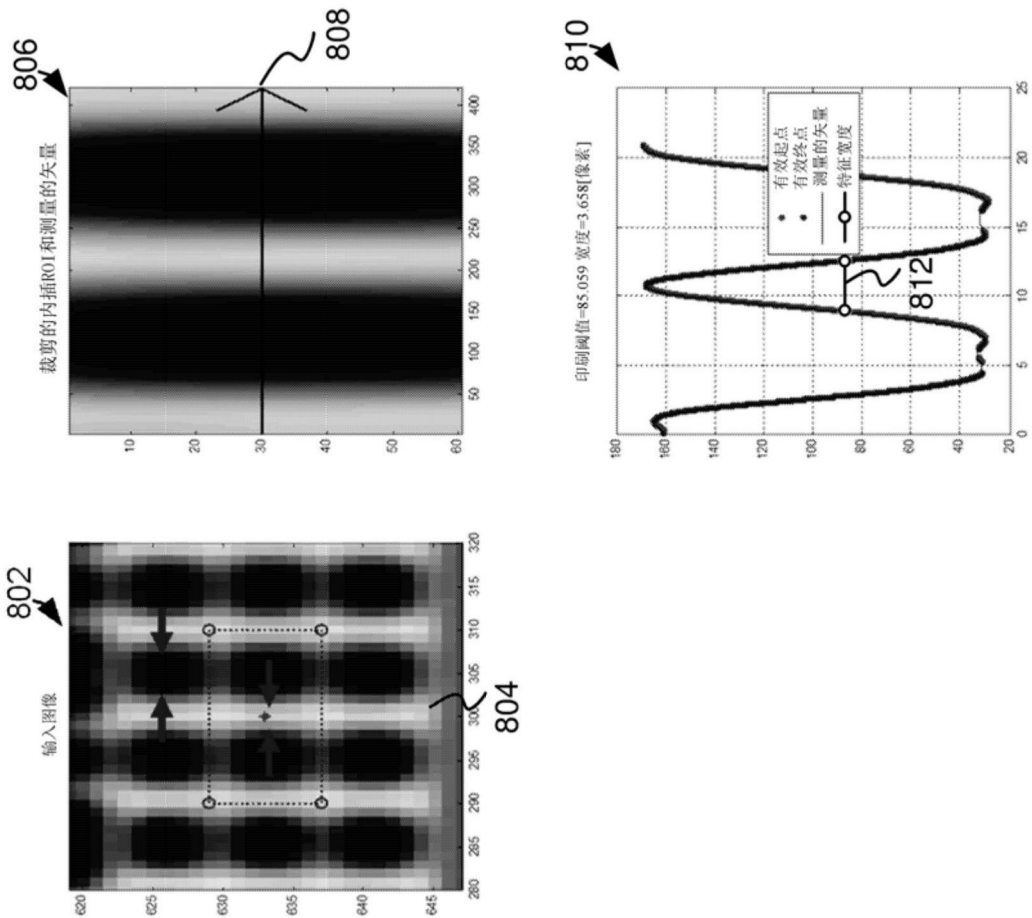


图8

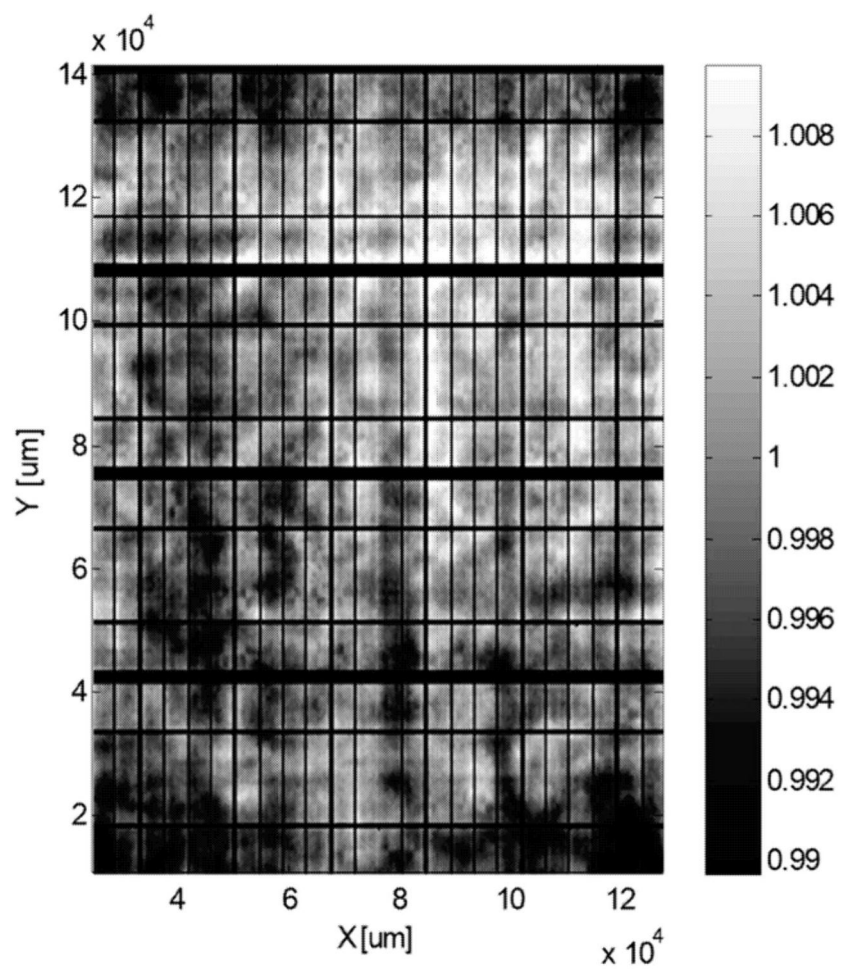


图9