



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102498441 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 16

(21) 申请号 201080034105. 9

(22) 申请日 2010. 07. 27

(30) 优先权数据

61/230, 331 2009. 07. 31 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 01. 31

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2010/060894 2010. 07. 27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/012624 EN 2011. 02. 03

(73) 专利权人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 H·克拉莫 A·邓鲍夫 H·麦根斯

H·斯米尔德 A·斯盖勒肯斯

M·库比斯

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 吴敬莲

(51) Int. Cl.

G03F 7/20(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2009/078708 A1, 2009. 06. 25, 说明书第 0029-0114 段及附图 1-4.

WO 03/001297 A2, 2003. 01. 03, 全文.

US 2005/0225695 A1, 2005. 10. 13, 全文.

CN 101114135 A, 2008. 01. 30, 1-22.

JP 特开 2006-13449 A, 2006. 01. 12, 全文.

审查员 王杰

权利要求书3页 说明书15页 附图11页

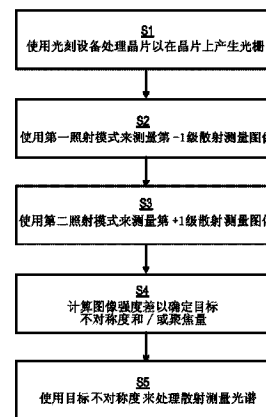
(54) 发明名称

量测方法和设备、光刻系统以及光刻处理单元

(57) 摘要

在确定在光刻过程中使用的光刻设备在衬底上的聚焦量的方法中,光刻过程被用于在衬底上形成结构,所述结构具有至少一个特征,所述至少一个特征在所印刷的轮廓中具有作为光刻设备在衬底上的聚焦量的函数而变化的不对称度。周期结构的第一图像在用第一辐射束照射所述结构的同时被形成和检测,使用非零级衍射辐射的第一部分形成所述第一图像。周期结构的第二图像在用第二辐射束照射所述结构的同时被形成和检测。使用非零级衍射辐射的与衍射光谱中的第一部分对称地相对的第二部分形成所述第二图像。测量的光谱的第一部分和第二部分强度的比值被确定并且用以确定周期结构的轮廓中的不对称度和/或提供衬底上的聚焦量的指示。在相同仪器中,跨过被检测部分的强度变化被确定为跨过结构的过程引起的变化的测量。结构的具有不期望的过程变化的区域可以被识别并且被排除到结构测量之外。

CN 102498441 B



1. 一种确定在光刻过程中使用的光刻设备在衬底上的聚焦量的方法,所述方法包括下列步骤:

使用光刻过程在衬底上形成结构,所述结构具有至少一个特征,所述至少一个特征的轮廓具有不对称度,所述不对称度依赖于光刻设备在衬底上的聚焦量;

第一测量步骤,包括在用第一辐射束照射所述结构的同时形成和检测周期结构的第一图像,所述第一图像使用非零级衍射辐射的第一部分形成而排除零级衍射辐射;

第二测量步骤,包括在用第二辐射束照射所述结构的同时形成和检测周期结构的第二图像,所述第二图像使用非零级衍射辐射的第二部分形成,所述第二部分与所述第一部分在衍射光谱中是对称地相对的;和

使用在第一和第二测量步骤中检测的第一和第二图像来确定周期结构的轮廓中的不对称度和/或提供衬底上的聚焦量的指示;

第一辐射束和第二辐射束之间的转换通过旋转衬底或者在辐射源和衬底之间设置的具有孔的束成形布置来实现。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中非零衍射级的第一部分和第二部分是第 +1 级和第 -1 级中每个的至少一部份的不同部分。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中通过测量第一和第二图像的所选择部份的强度来确定所述不对称度。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述结构的面积小于辐射束在衬底上的面积。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中所述第一和第二测量步骤对于由光刻设备使用不同的聚焦量值形成的结构重复多次,所述结构中的每一个具有至少一个特征,所述至少一个特征的轮廓具有依赖于光刻设备在衬底上的聚焦量的不对称度;和使用在重复的第一和第二测量步骤中检测的图像来确定不对称度和衬底上的聚焦量之间的关系。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其中使用光刻模拟来确定在不对称度和衬底上的聚焦量之间的关系。

7. 如权利要求 1 所述的方法,其中对于由光刻设备使用不同的聚焦量值形成的结构将第一和第二测量步骤重复多次,所述结构中的每一个具有至少一个特征,所述至少一个特征的轮廓具有依赖于光刻设备在衬底上的聚焦量的不对称度;和使用在重复的第一和第二测量步骤中检测的图像来确定所述图像的所选部份的强度和衬底上的聚焦量之间的关系。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其中使用光刻模拟来确定所选部份的强度和衬底上的聚焦量之间的关系。

9. 如权利要求 1 所述的方法,其中非零级衍射辐射的所述第一和第二对称地相对的部分基本上包括第 +1 和第 -1 级衍射辐射。

10. 如权利要求 1 所述的方法,其中在测量步骤中使用的光学系统中,所述第一和第二辐射束在周期结构上具有相对于所述光学系统离轴对称的入射角,并且第一和第二图像使用由所述周期结构衍射到在光学轴线上居中的窄角度范围中的辐射来形成和检测。

11. 一种角分辨散射仪,配置成确定在光刻过程中使用的光刻设备在衬底上的聚焦量,其中光刻过程用于在衬底上形成结构,所述结构具有至少一个特征,所述至少一个特征的轮廓具有不对称度,所述不对称度依赖于光刻设备在衬底上的聚焦量,所述散射仪包括:

照射布置,能够操作用于将第一和第二辐射束输送至衬底以在第一和第二测量步骤中

使用；

检测布置,在所述第一和第二测量步骤期间能够操作于使用从衬底衍射的辐射来形成和检测衬底的相应的第一和第二图像;和

在检测布置内的光阑布置,

其中在分别使用非零级衍射辐射的第一和第二部分形成第一和第二图像的同时,所述照射布置和光阑布置一起有效地遮挡对所述第一和第二图像有贡献的零级衍射辐射,所述第一和第二部分在衍射辐射的衍射光谱中彼此对称地相对;且

其中,所述散射仪还包括:

计算布置,能够操作于由第一和第二图像确定特征的轮廓不对称度和/或针对每个特征使用所确定的不对称度以及聚焦量和不对称度之间的关系来提供衬底上的聚焦量的指示;

其中,第一辐射束和第二辐射束之间的转换通过旋转衬底或者在辐射源和衬底之间设置的具有孔的束成形布置来实现。

12. 如权利要求 11 所述的散射仪,其中当所述结构具有特定的周期时,所述检测布置适于测量第 +1 级和第 -1 级作为衍射辐射的所述第一和第二部分。

13. 如权利要求 11 所述的散射仪,其中通过测量所述结构的第一和第二图像的强度来确定所述不对称度。

14. 如权利要求 11 所述的散射仪,其中计算布置能够操作于当所述结构的面积小于在第一和第二图像中表现出的衬底的面积时对比所述第一和第二图像的所选部份。

15. 如权利要求 11 所述的散射仪,其中计算布置配置成对于使用不同的聚焦量值所形成的多个结构中的每一个选择和对比所述第一和第二图像的相应部份,每个结构具有至少一个特征,所述至少一个特征的轮廓具有依赖于光刻设备的聚焦量的不对称度,且计算布置配置成使用多个图像的所选部份来确定不对称度和衬底上的聚焦量之间的关系。

16. 如权利要求 15 所述的散射仪,其中使用光刻模拟来确定不对称度和衬底上聚焦量之间的关系。

17. 如权利要求 11、12、13 或 14 所述的散射仪,其中计算布置配置成对于使用不同的聚焦量值所形成的多个结构中的每一个选择和对比所述第一和第二图像的相应部份,每个结构具有至少一个特征,所述至少一个特征的轮廓具有依赖于光刻设备的聚焦量的不对称度,且计算布置配置成使用所述图像的所选部份来确定所检测的部份的强度和衬底上的聚焦量之间的关系。

18. 如权利要求 17 所述的散射仪,其中使用光刻模拟来确定被检测部份的强度和衬底上聚焦量之间的关系。

19. 如权利要求 11 所述的散射仪,其中非零级衍射辐射的对称地相对的所述第一和第二部分基本上包括第 +1 和第 -1 级辐射。

20. 如权利要求 11 所述的散射仪,其中在用在测量步骤中的光学系统中,所述第一和第二辐射束在周期结构上具有相对于所述光学系统离轴对称的入射角,并且使用由所述周期结构衍射到在光学轴线上居中的窄角度范围中的辐射形成和检测第一和第二图像。

21. 一种光刻系统,包括:

光刻设备,包括:

照射光学系统,布置成照射图案 ;
投影光学系统,布置成将图案的图像投影至衬底上 ;和
如权利要求 11-20 中任一项所述的角分辨散射仪。

22. 一种光刻单元,包括 :

旋涂器,布置成用辐射敏感层涂覆衬底 ;
光刻设备,布置成将图像曝光到衬底的由旋涂器涂覆的辐射敏感层上 ;
显影器,布置成对通过光刻设备曝光的图像进行显影 ;和
如权利要求 11-20 中任一项所述的散射仪。

量测方法和设备、光刻系统以及光刻处理单元

技术领域

[0001] 本发明涉及可用于例如通过光刻技术制造器件的过程中的方法和散射仪。

背景技术

[0002] 光刻设备是一种将所需图案应用到衬底上,通常是衬底的目标部分上的机器。例如,可以将光刻设备用在集成电路(IC)的制造中。在这种情况下,可以将可选地称为掩模或掩模版的图案形成装置用于生成待形成在所述IC的单层上的电路图案。可以将该图案转移到衬底(例如,硅晶片)上的目标部分(例如,包括一部分管芯、一个或多个管芯)上。所述图案的转移通常是通过将图案成像到提供到衬底上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上。通常,单个衬底将包含连续形成图案的相邻目标部分的网络。公知的光刻设备包括:所谓的步进机,在所述步进机中,通过将整个图案一次曝光到所述目标部分上来辐射每一个目标部分;以及所谓的扫描器,在所述扫描器中,通过辐射束沿给定方向(“扫描”方向)扫描所述图案、同时沿与该方向平行或反向平行的方向扫描所述衬底来辐射每一个目标部分。也可能通过将图案压印(imprinting)到衬底的方式从图案形成装置将图案转移到衬底上。

[0003] 为了监测光刻过程,需要测量图案化的衬底的参数,例如形成在衬底上或衬底内的连续的层之间的重叠误差。已有多种技术用于测量在光刻过程中形成的显微结构,包括使用扫描电子显微镜和多种专门工具。专用检验工具的一种形式是散射仪,其中辐射束被引导到衬底表面上的目标上并且测量散射或反射束的属性。通过比较束在被衬底反射或散射前后的属性,可以确定衬底的属性。通过将反射束同与已知衬底属性相关的已知测量值的库中存储的数据比较,可以确定衬底的属性。已知两种主要类型的散射仪。光谱散射仪引导宽带辐射束到衬底上并且测量散射到特定的窄的角度范围中的辐射的光谱(强度作为波长的函数)。角分辨散射仪使用单色辐射束并且测量作为角度的函数的散射辐射的强度。

[0004] 散射仪可以用于测量光刻设备的若干个不同的实施例,包括在曝光之前的衬底定位误差以及曝光效力。光刻设备的也可以通过散射仪测量的两个重要参数(具体地,光刻设备执行的曝光动作的两个重要参数)是聚焦量和剂量。光刻设备具有曝光设备,其包括如下面所述的辐射源和投影系统。辐射源提供辐射束,投影系统聚焦辐射束并将图案应用至所述束以产生图案化的辐射束入射到衬底表面上的抗蚀剂。被投影到衬底上以便曝光衬底的辐射剂量由曝光设备的不同部分控制。通常,光刻设备的投影系统对辐射到衬底的正确部分上的聚焦量负责。图案化辐射中的图案的图像在衬底表面的发生曝光位置处聚焦。这使得在衬底的表面上将形成最锐利的图像(即,被最佳聚焦),并且最尖锐的图案可以被曝光其上。这允许印刷较小的产品图案。

[0005] 辐射的聚焦量和剂量直接影响在衬底上曝光的图案或结构的不同参数。可以使用散射仪测量的参数是在已经印刷到衬底上的图案内的结构的物理性质。这些参数可以包括临界尺寸(CD)或侧壁角(SWA)。临界尺寸是诸如条纹(或间隔、点或孔,依赖于印刷的图案中的被测量的结构)等结构的有效平均宽度。侧壁角是衬底表面和所述结构的升起(或凹

下)部分的一部分之间的角度。

[0006] 此外,如果划线结构与产品掩模一起使用用于聚焦量测量,可以使用掩模形状校正(用于校正掩模弯曲的聚焦校正)。

[0007] 期望提供一种使用散射仪测量聚焦量的方法,其中目标的尺寸可以被形成得比辐射束斑点小。

[0008] 用于定位、重叠以及 CD 量测的较小的标记物和聚焦剂量量测减小用于量测的实际固定消耗。较小的目标对蚀刻过程微加载以及例如非保形沉积和化学、机械抛光等其他过程效果更敏感。光刻技术的复杂的过程以及尤其是蚀刻过程(诸如反应离子蚀刻(RIE)或等离子体蚀刻)例如导致蚀刻速率(蚀刻接近)的(产品)环境依赖。这些(亚)微米尺度的微加载和过程效果对于制造半导体器件来说是不期望的,并且会扰乱在与产品特征不同的或在目标宽度上不同的小的目标上的量测。尤其地,目标边缘处的不均匀会引起过分照射的量测问题,其中检测束大于目标,结合光学量测中的光瞳检测。

[0009] 微加载和对量测目标的过程效果难以检测,因为其与晶片的被处理层内产生的性质相关,例如用于重叠衍射光栅的底部光栅的局部蚀刻速率。

[0010] 这种微加载和对量测目标的过程效果的检测需要应用其他的测量技术,例如扫描电子显微镜(SEM)或光学显微镜。然而,这些技术对被测量结构的轮廓的不对称度的敏感度有限。光学显微镜和自上而下的 SEM 的具体的缺点是:

[0011] i. 它们是额外的“检验”测量;

[0012] ii 它们在大多数情况下需要使用与检验的量测目标的实际量测测量不同的测量工具;

[0013] iii. 它们仅给出与量测目标内的轮廓不对称度和它们的变化有关的有限的信息;和

[0014] iv 它们不能用于改善实际目标的测量,它们仅可以帮助决定量测目标是否可以用于测量。

[0015] 用来检测和研究的微加载和过程效果的其他方法是透射电子显微镜方法(TEM)和横截面 SEM。这些可以获得所构造的层的轮廓信息。然而,它们都是耗时的、破坏性的技术,因为晶片必须被沿感兴趣的结构处的线切割以用于横截面观察。此外,仅可以准备单个局部横截面;TEM 和横截面 SEM 不允许获取整个晶片区域的局部二维信息。

[0016] 在没有顶层的新蚀刻的结构上使用扫描探针显微检测(SPM)技术,例如原子力显微镜方法(AFM),是另一种可能的检验技术。然而,该技术相对慢,并且干扰晶片的生产。这种测量还在未完成的目标上实施,但是却更愿意知道最终的层结构中的效果或影响。

[0017] 此外,经由光瞳检测的基于衍射的重构是备选的技术以观察过程效果。然而,基于衍射的光瞳检测与重构结合仅能够检测照射斑点尺寸(几十微米)级的大范围上的过程效果。对于光瞳检测,在亚微米尺度的局部信息难以获得(除非例如在循环求解回路中使用电磁求解器来完全重构整个目标或结构,然而这需要数量难以企及的适合的参数来描述例如光栅结构中的每条单个线的侧壁角)。此外,获得检验信息所需的重构是耗时间的。

[0018] 期望提供一种检测在量测目标上的这种微加载和过程效果的方法。

发明内容

[0019] 根据本发明的一方面,提供一种确定在光刻过程中使用的光刻设备在衬底上的聚焦量的方法,所述方法包括下列步骤:

[0020] 使用光刻过程在衬底上形成结构,所述结构具有至少一个特征,所述至少一个特征的轮廓具有依赖于光刻设备在衬底上的聚焦量的不对称度;

[0021] 第一测量步骤,包括在用第一辐射束照射所述结构的同时形成和检测周期结构的第一图像,所述第一图像使用非零级衍射辐射的第一部分形成而排除零级衍射辐射;

[0022] 第二测量步骤,包括在用第二辐射束照射所述结构的同时形成和检测周期结构的第二图像,所述第二图像使用非零级衍射辐射的第二部分形成,所述非零级衍射辐射的第二部分在衍射光谱中与所述第一部分是对称地相对的;和

[0023] 使用在第一和第二测量步骤中检测的第一和第二图像确定周期结构的轮廓中的不对称度和/或提供衬底上的聚焦量的指示。

[0024] 衍射光谱的“对称地相对”部分将被理解为指的是相对于镜面反射射线(零级衍射射线)以相同的角度但是沿相反的方向衍射的射线。非零级衍射辐射的对称地相对的第一和第二部分可以例如分别包括基本上第+1和第-1级衍射辐射(反之亦然)。在实际的系统中,将允许一角度范围,而不是单个的角度。假设该角度范围关于零级对称,则其强度的任何不相等被假定为衍射结构中的不对称度的结果。要注意的是,零级衍射射线可以不与衬底表面垂直,而可以是以一个角度入射。代替变化射线被检测所处的角度或除此之外,可以通过变化照射的角度来变化对图像有贡献的衍射级。

[0025] 在一个实施例中,在用于测量步骤的光学系统中,所述第一和第二辐射束在周期结构上具有入射角,所述入射角相对于所述光学系统是离轴对称的,并且使用由所述周期结构衍射到在所述光轴上居中的窄角度范围中的辐射来形成和检测第一和第二图像。

[0026] 根据本发明的一方面,提供一种角分辨散射仪,配置成确定在光刻过程中使用的光刻设备在衬底上的聚焦量,其中光刻过程用于在衬底上形成结构,所述结构具有至少一个特征,所述至少一个特征的轮廓具有依赖于光刻设备在衬底上的聚焦量的不对称度,所述散射仪包括:

[0027] 照射布置,能够操作用于将第一和第二辐射束输送至衬底用于在第一和第二测量步骤中使用;

[0028] 检测布置,能够在所述第一和第二测量步骤期间操作以使用从衬底衍射的辐射形成和检测衬底的相应的第一和第二图像;以及

[0029] 位于检测布置内的光阑布置,

[0030] 其中所述照射布置和光阑布置在分别使用非零级衍射辐射的第一和第二部分形成第一和第二图像的同时一起有效地阻止零级衍射辐射对所述第一和第二图像作出贡献,所述第一和第二部分在衍射辐射的衍射光谱中彼此对称地相对;和

[0031] 其中,所述散射仪还包括:,所述计算布置能够操作以由第一和第二图像来确定针对于所述特征的轮廓不对称度和/或使用针对每个特征的所确定的不对称度以及聚焦量和不对称度之间的关系来提供衬底上的聚焦量的指示。

[0032] 本发明还提供一种光刻系统,包括:

[0033] 光刻设备,包括:

[0034] 照射光学系统,布置成照射图案;

[0035] 投影光学系统,布置成将图案的图像投影至衬底上 ;和

[0036] 根据上面所述的本发明的角分辨散射仪。

[0037] 本发明还提供一种光刻单元,包括 :

[0038] 旋涂器,布置成用辐射敏感层涂覆衬底 ;

[0039] 光刻设备,布置成将图像曝光到衬底的由旋涂器涂覆的辐射敏感层上 ;

[0040] 显影器,布置成对由光刻设备曝光的图像进行显影 ;和

[0041] 根据上面所述的本发明的散射仪。

[0042] 根据本发明的另一方面,提供一种检测衬底上的结构中的过程引起的变化的方法,所述方法包括下列步骤:引导辐射束到衬底上,以便照射衬底并形成图像 ;选择性地检测图像的一部份而防止除了衍射辐射的一个级以外的所有级衍射辐射被检测 ;确定横跨被检测部份的与横跨所述结构的衍射效率的变化相对应的强度变化 ;和使用所确定的强度变化来识别在所述结构中的过程引起的变化。

[0043] 根据本发明的一方面,提供一种角分辨散射仪,配置成确定在衬底上的结构中的过程引起的变化,所述角分辨散射仪包括:照射装置,能够操作以形成辐射束 ;引导装置,配置成引导辐射束到衬底上以照射所述结构 ;检测装置,配置成检测从衬底衍射的辐射并形成图像 ;光阑装置,在衬底和检测装置之间,所述光阑装置配置成阻止除了衍射辐射的一个级之外的所有级被检测装置检测 ;和计算布置,能够操作用于确定跨过所检测的辐射的与跨过结构的衍射效率的变化相对应的强度变化 ;和使用所确定的强度变化来识别所述结构中的过程引起的变化。

[0044] 根据本发明一方面,提供一种光刻系统,包括:光刻设备,所述光刻设备包括:

[0045] 照射光学系统,布置成照射图案 ;

[0046] 投影光学系统,布置成将所述图案的图像投影到衬底上 ;和

[0047] 角分辨光谱仪,所述角分辨光谱仪包括:照射装置,能够操作用于产生辐射束 ;引导装置,配置成引导所述辐射束到衬底上以照射所述结构 ;检测装置,配置成检测从衬底衍射的辐射和形成图像 ;光阑装置,在衬底和检测装置之间,所述光阑装置配置成阻止衍射辐射的除一个衍射级之外的所有衍射级被检测装置检测 ;和计算布置,能够操作用于确定跨过所检测的图像的与跨过结构的衍射效率的变化相对应的强度变化,以及能够操作用于使用所确定的强度变化来识别所述结构中的过程引起的变化。

[0048] 根据本发明的一方面,提供一种光刻单元,包括:旋涂器,布置成用辐射敏感层涂覆衬底 ;光刻设备,布置成将图像曝光到衬底的由旋涂器涂覆的辐射敏感层上 ;显影器,布置成对通过光刻设备曝光的图像进行显影 ;和角分辨光谱仪,所述角分辨光谱仪包括:照射装置,能够操作以产生辐射束 ;引导装置,配置成引导辐射束到衬底上以照射所述结构 ;检测装置,配置成检测从衬底衍射的辐射并形成图像 ;光阑装置,在衬底和检测装置之间,所述光阑装置配置成阻止衍射辐射的除一个衍射级之外的所有衍射级被检测装置检测 ;和计算布置,能够操作以确定跨过所检测的图像的与跨过所述结构的衍射效率的变化相对应的强度变化 ;和使用所确定的强度变化来识别所述结构中的过程引起的变化。

[0049] 本发明的其他特征和优点以及本发明不同实施例的结构和操作将在下文中参照附图进行描述。本发明不限于这里所描述的具体实施例。在这里给出的这些实施例仅是示例性用途。基于这里包含的教导,其他的实施例对本领域技术人员将是显而易见的。

附图说明

[0050] 这里附图并入说明书并且形成说明书的一部分,其示出本发明并且与说明书一起进一步用来说明本发明的原理,以允许本领域技术人员能够实施和使用本发明。

[0051] 图 1 示出光刻设备;

[0052] 图 2 示出光刻单元或光刻簇;

[0053] 图 3 示出第一散射仪;

[0054] 图 4 示出第二散射仪;

[0055] 图 5 示出根据本发明一个实施例的散射仪;

[0056] 图 6 示出图 5 中的散射仪的一部分的操作的一部分;

[0057] 图 7 示出图 5 中的散射仪的操作的不同部分;

[0058] 图 8 是示出根据本发明一个实施例的方法的步骤的流程图;

[0059] 图 9(a) 示出测量的目标的图像;

[0060] 图 9(b) 示出通过图 5 中示出的散射仪的图像检测器测量的如图 9(a) 示出的图像的放大部分。

[0061] 图 10(a) 示出通过图 5 中示出的散射仪的散射仪光谱检测器测量的测量光谱;

[0062] 图 10(b) 示出用于与测量光谱对比的参照光谱;

[0063] 图 11 示出基于由竖直线(堆叠的 x 光栅)构成的 $10\ \mu\text{m}$ 目标的一个 1 级衍射的暗场图像。

[0064] 图 12 示出对于 $10\ \mu\text{m}$ 目标的暗场图像的水平横截面,其具有未被图案化的环境、线环境、仅具有紧邻光栅的未被图案化的矩形(也称为“翘曲”)的线环境、作为不对称的接触孔的环境以及作为具有紧邻光栅的未被图案化的矩形的接触孔的环境;

[0065] 图 13 示出过程效果的示例:(a) 理想规则光栅,(b) 蚀刻负载,(c) CMP 凹面成形,以及 (d) 光刻非最优阵列边缘补偿;

[0066] 图 14 是示出根据本发明一个实施例的方法的步骤的流程图。

[0067] 图 15 示出用于量测用途的感兴趣区域(ROI)的选择。

[0068] 结合附图通过下面详细的说明书,本发明的特征和优点将变得更加清楚,在附图中相同的附图标记在全文中表示对应的元件。在附图中,相同的附图标记通常表示相同的、功能类似的和/或结构类似的元件。元件第一次出现的附图用相应的附图标记中最左边的数字表示。

具体实施方式

[0069] 本说明书公开了一个或多个实施例,其中并入了本发明的特征。所公开的实施例仅给出本发明的示例。本发明的范围不限于这些公开的实施例。本发明由未决的权利要求来限定。

[0070] 所述的实施例和在说明书中提到的“一个实施例”、“实施例”、“示例性实施例”等表示所述的实施例可以包括特定特征、结构或特性,但是每个实施例可以不必包括特定的特征、结构或特性。而且,这些段落不必指的是同一个实施例。此外,当特定特征、结构或特性与实施例结合进行描述时,应该理解,无论是否明确描述,实现将这些特征、结构或特性

与其他实施例相结合是在本领域技术人员所知的知识范围内。

[0071] 本发明的实施例可以应用到硬件、固件、软件或其任何组合。本发明实施例还可以应用为存储在机器可读介质上的指令，其可以通过一个或多个处理器读取和执行。机器可读介质可以包括任何用于以机器（例如计算装置）可读形式存储或传送信息的机构。例如，机器可读介质可以包括：只读存储器（ROM）；随机存取存储器（RAM）；磁盘存储介质；光学存储介质；闪存设备；传播信号的电、光、声或其他形式（例如，载波、红外信号、数字信号等），以及其他。此外，这里可以将固件、软件、程序、指令描述成执行特定动作。然而，应该认识到，这些描述仅为了方便并且这些动作实际上由计算装置、处理器、控制器或其他执行所述固件、软件、程序、指令等的装置来完成的。

[0072] 然而，在详细描述这些实施例之前，给出实施本发明的多个实施例的示例性背景是有指导性意义的。

[0073] 图 1 示意地示出了一光刻设备。所述光刻设备包括：照射系统（照射器）IL，其配置用于调节辐射束 B（例如，紫外（UV）辐射或深紫外（DUV）辐射）；支撑结构（例如掩模台）MT，其构造用于支撑图案形成装置（例如掩模）MA，并与用于根据确定的参数精确地定位图案形成装置的第一定位装置 PM 相连；衬底台（例如晶片台）WT，其构造成用于保持衬底（例如涂覆有抗蚀剂的晶片）W，并与配置用于根据确定的参数精确地定位衬底的第二定位装置 PW 相连；和投影系统（例如折射式投影透镜系统）PL，其配置成用于将由图案形成装置 MA 赋予辐射束 B 的图案投影到衬底 W 的目标部分 C（例如包括一根或多根管芯）上。

[0074] 照射系统可以包括各种类型的光学部件，例如折射型、反射型、磁性型、电磁型、静电型或其它类型的光学部件、或其任意组合，以引导、成形、或控制辐射。

[0075] 所述支撑结构支撑，即承载图案形成装置的重量。支撑结构以依赖于图案形成装置的方向、光刻设备的设计以及诸如图案形成装置是否保持在真空环境中等其他方式保持图案形成装置。所述支撑结构可以采用机械的、真空的、静电的或其它夹持技术保持图案形成装置。所述支撑结构可以是框架或台，例如，其可以根据需要成为固定的或可移动的。所述支撑结构可以确保图案形成装置位于所需的位置上（例如相对于投影系统）。在这里任何使用的术语“掩模版”或“掩模”都可以认为与更上位的术语“图案形成装置”同义。

[0076] 这里所使用的术语“图案形成装置”应该被广义地理解为表示能够用于将图案在辐射束的横截面上赋予辐射束、以便在衬底的目标部分上形成图案的任何装置。应当注意，被赋予辐射束的图案可能不与在衬底的目标部分上的所需图案完全相符（例如如果该图案包括相移特征或所谓辅助特征）。通常，被赋予辐射束的图案将与在目标部分上形成的器件中的特定的功能层相对应，例如集成电路。

[0077] 图案形成装置可以是透射式的或反射式的。图案形成装置的示例包括掩模、可编程反射镜阵列以及可编程液晶显示（LCD）面板。掩模在光刻术中是公知的，并且包括诸如二元掩模类型、交替型相移掩模类型、衰减型相移掩模类型和各种混合掩模类型之类的掩模类型。可编程反射镜阵列的示例采用小反射镜的矩阵布置，每一个小反射镜可以独立地倾斜，以便沿不同方向反射入射的辐射束。所述已倾斜的反射镜将图案赋予由所述反射镜矩阵反射的辐射束。

[0078] 这里使用的术语“投影系统”应该广义地解释为包括任意类型的投影系统，包括折

射型、反射型、反射折射型、磁性型、电磁型和静电型光学系统、或其任意组合，如对于所使用的曝光辐射所适合的、或对于诸如使用浸没液或使用真空之类的其他因素所适合的。这里使用的术语“投影透镜”可以认为是与更上位的术语“投影系统”同义。

[0079] 如这里所示的，所述设备是透射型的（例如，采用透射式掩模）。替代地，所述设备可以是反射型的（例如，采用如上所述类型的可编程反射镜阵列，或采用反射式掩模）。

[0080] 所述光刻设备可以是具有两个（双台）或更多衬底台（和 / 或两个或更多的掩模台）的类型。在这种“多台”机器中，可以并行地使用附加的台，或可以在一个或多个台上执行预备步骤的同时，将一个或多个其它台用于曝光。

[0081] 所述光刻设备还可以是这种类型，其中衬底的至少一部分可以由具有相对高的折射率的液体覆盖（例如水），以便填满投影系统和衬底之间的空间。浸没液体还可以施加到光刻设备的其他空间中，例如掩模和投影系统之间的空间。浸没技术在本领域是熟知的，用于提高投影系统的数值孔径。这里使用的术语“浸没”并不意味着必须将结构（例如衬底）浸入到液体中，而仅意味着在曝光过程中液体位于投影系统和该衬底之间。

[0082] 参照图 1，所述照射器 IL 接收从辐射源 S0 发出的辐射束。该源 S0 和所述光刻设备可以是分立的实体（例如当该源为准分子激光器时）。在这种情况下，不会将该源考虑成形成光刻设备的一部分，并且通过包括例如合适的定向反射镜和 / 或扩束器的束传递系统 BD 的帮助，将所述辐射束从所述源 S0 传到所述照射器 IL。在其它情况下，所述源可以是所述光刻设备的组成部分（例如当所述源是汞灯时）。可以将所述源 S0 和所述照射器 IL、以及如果需要时设置的所述束传递系统 BD 一起称作辐射系统。

[0083] 所述照射器 IL 可以包括用于调整所述辐射束的角强度分布的调整器 AD。通常，可以对所述照射器 IL 的光瞳平面中的强度分布的至少所述外部和 / 或内部径向范围（一般分别称为 σ -外部和 σ -内部）进行调整。此外，所述照射器 IL 可以包括各种其它部件，例如积分器 IN 和聚光器 CO。可以将所述照射器用于调节所述辐射束，以在其横截面中具有所需的均匀性和强度分布。

[0084] 所述辐射束 B 入射到保持在支撑结构（例如，掩模台 MT）上的所述图案形成装置（例如，掩模 MA）上，并且通过所述图案形成装置来形成图案。已经穿过掩模 MA 之后，所述辐射束 B 通过投影系统 PL，所述投影系统将辐射束聚焦到所述衬底 W 的目标部分 C 上。通过第二定位装置 PW 和位置传感器 IF（例如，干涉仪器件、线性编码器、2-D 编码器或电容传感器）的帮助，可以精确地移动所述衬底台 WT，例如以便将不同的目标部分 C 定位于所述辐射束 B 的路径中。类似地，例如在从掩模库的机械获取之后，或在扫描期间，可以将所述第一定位装置 PM 和另一个位置传感器（图 1 中未明确示出）用于相对于所述辐射束 B 的路径精确地定位掩模 MA。通常，可以通过形成所述第一定位装置 PM 的一部分的长行程模块（粗定位）和短行程模块（精定位）的帮助来实现掩模台 MT 的移动。类似地，可以采用形成所述第二定位装置 PW 的一部分的长行程模块和短行程模块来实现所述衬底台 WT 的移动。在步进机的情况下（与扫描器相反），掩模台 MT 可以仅与短行程致动器相连，或可以是固定的。可以使用掩模对准标记 M1、M2 和衬底对准标记 P1、P2 来对准掩模 MA 和衬底 W。尽管所示的衬底对准标记占据了专用目标部分，但是它们可以位于目标部分之间的空间（这些公知为划线对齐标记）中。类似地，在将多于一个的管芯设置在掩模 MA 上的情况下，所述掩模对准标记可以位于所述管芯之间。

[0085] 可以将所示的设备用于以下模式中的至少一种中：

[0086] 1. 在步进模式中,在将掩模台 MT 和衬底台 WT 保持为基本静止的同时,将赋予所述辐射束的整个图案一次投影到目标部分 C 上(即,单一的静态曝光)。然后将所述衬底台 WT 沿 X 和 / 或 Y 方向移动,使得可以对不同目标部分 C 曝光。在步进模式中,曝光场的最大尺寸限制了在单一的静态曝光中成像的所述目标部分 C 的尺寸。

[0087] 2. 在扫描模式中,在对掩模台 MT 和衬底台 WT 同步地进行扫描的同时,将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分 C 上(即,单一的动态曝光)。衬底台 WT 相对于掩模台 MT 的速度和方向可以通过所述投影系统 PL 的(缩小)放大率和图像反转特征来确定。在扫描模式中,曝光场的最大尺寸限制了单一动态曝光中所述目标部分的宽度(沿非扫描方向),而所述扫描运动的长度确定了所述目标部分的高度(沿所述扫描方向)。

[0088] 3. 在另一模式中,将用于保持可编程图案形成装置的掩模台 MT 保持为基本静止,并且在所述衬底台 WT 进行移动或扫描的同时,将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分 C 上。在这种模式中,通常采用脉冲辐射源,并且在所述衬底台 WT 的每一次移动之后、或在扫描期间的连续辐射脉冲之间,根据需要更新所述可编程图案形成装置。这种操作模式可易于应用于利用可编程图案形成装置(例如,如上所述类型的可编程反射镜阵列)的无掩模光刻术中。

[0089] 也可以采用上述使用模式的组合和 / 或变体,或完全不同的使用模式。

[0090] 如图 2 所示,光刻设备 LA 形成光刻单元 LC 的一部分(有时也称为光刻元或者光刻簇),光刻单元 LC 还包括用以在衬底上执行曝光前和曝光后处理的设备。通常,这些包括用以沉积抗蚀剂层的旋涂器 SC、用以显影曝光后的抗蚀剂的显影器 DE、激冷板 CH 和烘烤板 BK。衬底输送装置或机械手 RO 从输入 / 输出口 I/01、I/02 拾取衬底,然后将它们在不同的处理设备之间移动,然后将它们移动到光刻设备的进料台 LB。经常统称为轨道的这些装置处在轨道控制单元 TCU 的控制之下,所述轨道控制单元 TCU 自身由管理控制系统 SCS 控制,所述管理控制系统 SCS 又经由光刻控制单元 LACU 控制光刻设备。因此,不同的设备可以被操作用于将生产量和处理效率最大化。

[0091] 为了由光刻设备曝光的衬底被正确地 and 一致地曝光,需要检验经过曝光的衬底以测量属性,例如连续层之间的重叠误差、线宽、临界尺寸(CD)等。如果检测到误差,则可以对后续衬底的曝光进行调整(尤其是在检验能够即刻完成或足够迅速到使同一批次的其他衬底仍处于待曝光状态情况下)。已经曝光过的衬底也可以被剥离和被重新加工(以提高产率),或被遗弃,由此避免在已知存在缺陷的衬底上进行曝光。在衬底的仅仅一些目标部分存在缺陷的情况下,可以仅对完好的那些目标部分进行进一步曝光。

[0092] 检验设备被用于确定衬底的属性,且尤其,用于确定不同的衬底或同一衬底的不同层的属性如何从层到层变化。检验设备可以被集成到光刻设备 LA 或光刻单元 LC 中,或可以是独立的装置。为了能进行最迅速的测量,需要检验设备在曝光后立即测量在经过曝光的抗蚀剂层上的属性。然而,抗蚀剂中的潜影具有很低的对比度(在经过辐射曝光的抗蚀剂部分和没有经过辐射曝光的抗蚀剂部分之间仅有很小的折射率差),且并非所有的检验设备都具有对潜影的有效测量的足够的灵敏度。因此,测量可以在曝光后的烘烤步骤(PEB)之后进行,所述曝光后的烘烤步骤通常是在在经过曝光的衬底上进行的第一步骤,且增加了抗蚀剂的经过曝光和未经曝光的部分之间的对比度。在该阶段,抗蚀剂中的图像可以被称

为半潜在的。也能够抗蚀剂的曝光部分或者非曝光部分已经被去除的点上,或者在诸如蚀刻等图案转移步骤之后,对经过显影的抗蚀剂图像进行测量。后一种可能性限制了对有缺陷的衬底进行重新加工的可能,但是仍然可以提供有用的信息。

[0093] 图 3 示出散射仪 SM1,其可以用于本发明。散射仪包括宽带(白光)辐射投影装置 2,其将辐射投影到衬底 W 上。反射的辐射通至光谱仪检测器 4,光谱仪检测器 4 测量镜面反射辐射的光谱 10(强度是波长的函数)。通过这个数据,产生所检测的光谱的结构或轮廓可以通过处理单元 PU(例如通过严格耦合波分析和非线性回归,或通过与图 3 下部示出的模拟光谱库进行比较)进行重建。通常,对于所述重建,所述结构的总体形式是已知的,且通过根据所述结构的制作过程的知识假定一些参数,仅留有一些结构参数根据散射仪的数据确定。这种散射仪可以被配置为正入射散射仪或斜入射散射仪。

[0094] 可以用于本发明的另一个散射仪 SM2 如图 4 所示。在该装置中,由辐射源 2 发出的辐射采用透镜系统 12 通过干涉滤光片 13 和偏振器 17 被聚焦,由部分反射表面 16 反射并经由具有高数值孔径(NA)(优选至少 0.9 或更优选至少 0.95)的显微镜物镜 15 聚焦到衬底 W 上。浸没式散射仪甚至可以具有超过 1 的数值孔径的透镜。然后,所反射的辐射通过部分反射表面 16 透射入检测器 18,以便检测散射光谱。检测器可以位于在透镜系统 15 的焦距处的后投影光瞳平面 11 上,然而,光瞳平面可以替代地以辅助的光学装置(未示出)在检测器上重新成像。所述光瞳平面是在其中辐射的径向位置限定辐射入射角而角位置限定辐射的方位角的平面。所述检测器优选为二维检测器,以使得可以测量衬底目标 30 的两维角散射光谱。检测器 18 可以是例如电荷耦合器件(CCD)或互补金属氧化物半导体(CMOS)传感器的阵列,且可以采用例如每帧 40 毫秒的积分时间。

[0095] 参考束经常被用于例如测量入射辐射的强度。为此,当辐射束入射到分束器 16 上时,辐射束的一部分通过所述分束器作为参考束朝向参考反射镜 14 透射。然后,所述参考束被投影到同一检测器 18 的不同部分上。

[0096] 一组干涉滤光片 13 可用于在如 405-790nm 或甚至更低(例如 200-300nm)的范围中选择感兴趣的波长。干涉滤光片可以是可调谐的,而不是包括一组不同的滤光片。光栅可能被用于替代干涉滤光片。

[0097] 检测器 18 可以测量单一波长(或窄波长范围)的被散射光的强度,所述强度在多个波长上是独立的,或者所述强度集中在一个波长范围上。进而,检测器可以独立地测量横向磁场(TM)和横向电场(TE)偏振光的强度和/或在横向磁场和横向电场偏振光之间的相位差。

[0098] 能够采用给出大展度的宽带光源(即具有宽的光频率或波长范围以及由此而生的色彩),由此允许多个波长的混合。在宽带上的多个波长优选每个具有 $\delta \lambda$ 的带宽和至少 $2 \delta \lambda$ (即波长的两倍)的间距。多个辐射“源”可以是已经用光纤束分开的扩展辐射源的不同部分。以这样的方式,角分辨散射谱可以并行地在多个波长上被测量。可以测量包含比二维谱更多的信息的三维谱(波长和两个不同角度)。这允许更多的信息被测量,这增加量测过程的鲁棒性。这在 EP1,628,164A 中进行了更详细的描述,该文献以引用的方式整体并入本文中。

[0099] 衬底 W 上的目标 30 可以是被印刷的光栅,以使得在显影之后,所述条纹由实抗蚀剂线形成。所述条纹可以替代地被蚀刻到所述衬底中。该图案对于光刻投影设备(尤其是

投影系统 PL) 中的色差和照射对称度敏感, 且这种像差的存在将表明自身在所印刷的光栅中的变化。相应地, 所印刷的光栅的散射仪数据被用于重建光栅。光栅的参数 (例如线宽和线形) 可以被输入到重建过程中, 所述重建过程由处理单元 PU 根据印刷步骤和 / 或其他的散射仪过程的知识实现。

[0100] 在 2008 年 12 月 30 日递交的共同未决临时专利申请第 61/141, 410 号中, 公开一种使用由印刷的目标的轮廓中的不对称度 (例如目标中的线结构的不同的左侧壁角和右侧壁角 (SWA)) 引起的散射光的更高级次中的不对称度来测量聚焦量的方法, 这里通过参考全文并入。

[0101] 在 2009 年 5 月 12 日递交的共同未决临时专利申请第 61/177, 468 号中, 公开一种确定聚焦量和散射仪光谱中的测量的不对称度之间的关系的方法, 这里通过参考全文并入。在该方法中, 通过光刻设备在衬底上形成两个周期结构, 每个结构具有至少一个特征, 其在相对的侧壁角之间具有不对称度, 所述不对称度作为衬底上的光刻设备的聚焦量的不同函数而变化。这些特征中的每个的不对称度的比值可以用于确定衬底上的聚焦量的值, 其依赖于光刻设备的处理条件。

[0102] 在上述任一种方法中, 包括周期结构的散射仪目标的尺寸可以大于衬底上的辐射束斑点尺寸。这可以赋予目标尺寸的下限。

[0103] 根据本发明的一个实施例, 提供一种使用由在晶片上通过光刻设备形成的周期结构产生的散射测量光谱来确定光刻设备的聚焦量的方法。在本发明的一个实施例中, 在各个独立的测量步骤中通过具有两个不同束轮廓的束来照射光栅, 结合来自周期结构的零级衍射级被遮挡的暗场测量技术, 能够在两个独立的测量步骤中测量第 +1 和第 -1 级衍射图案。

[0104] 参照图 5, 图 5 示出角分辨散射仪, 其可以用在根据本发明一个实施例的方法中。散射仪沿与图 3 和 4 中示出的相同的线设计, 因而对应的特征被相应地标记。然而, 在图 5 中示出的散射仪与图 3 和 4 中公开的散射仪不同, 束成形布置 51 设置在辐射源 2 和晶片 W 之间。此外, 检测器 18 被分成独立的散射光谱检测器 18a 和图像检测器 18b, 棱镜布置 53 设置在离开晶片 W 的束路径中以便将来自晶片 W 的衍射束的一部分引导到散射光谱检测器 18a 上和将来自晶片 W 的衍射束的一部分引导到图像检测器 18b 上。空间滤波器或场光阑 (field stop) 55 设置在晶片 W 和图像检测器 18b 之间。在图 5 中, 束成形布置 51 和空间滤波器或场光阑 55 中的每个还以平面图的形式示出。

[0105] 束成形布置 51 设计成在非垂直入射条件下照射在晶片 W 上的目标 30。如在图 5 中束成形布置 51 的平面图中最佳地看到的, 可以以孔来形成, 也可以示出为在另外的不透明板中的透明区域。如 2009 年 2 月 11 日递交的申请人的共同未决的美国临时专利申请第 61/151, 665 号中详细描述的那样, 可以使用一种暗场检测方法, 其中零级衍射级通过场光阑 55 遮挡, 该专利申请通过参考全文并入。因此, 仅到达图像检测器 18b 的衍射辐射将是选定的更高衍射级的衍射辐射。具体地, 可以通过任一束成形布置 51 沿图 5 中示出的横截面布置中表示的方向的光学轴线的 180 度旋转, 或替代地通过晶片 W 围绕光学轴线的旋转 (如图 5 中旋转 b 所示), 可以选择如图 6 所示的第 -1 衍射级和如图 7 所示的第 +1 衍射级。

[0106] 现在参照图 6 和 7, 这些图示出图 5 中示出的散射仪中的光学路径的简化形式, 其中第 -1 级衍射辐射到达图像检测器 18b (如图 6 所示), 第 +1 级衍射到达图像检测器

18b(如图7所示)。在任一种情形中,通过检测器18b检测的图像将不会示出单个光栅线的调制。替代地,将测量在图6的情况下的第-1衍射级的均匀的强度水平 I_1 和测量在图7的情况下的第+1衍射级的均匀的强度水平 I_2 ,在每种情况下强度水平的比值 I_1/I_2 与特定目标30的SWA不对称度的比值成比例。通过测量第+1和第-1级衍射的强度 I_1 和 I_2 ,可以确定印刷图案中的不对称度,并因此通过使用不对称度和聚焦量之间的预定关系来确定已经被用于在晶片W上形成目标部分30的光刻设备的聚焦量。

[0107] 再看图8,图8示出根据本发明一个实施例的过程的步骤。

[0108] 在步骤S1中,使用光刻设备处理晶片以便以光栅的形式在晶片W上的形成目标30。

[0109] 在步骤S2中,使用图5和6中示出的散射仪配置,通过图像传感器18b使用第一照射模式(即,束成形布置51和晶片W位于其第一相当或对应位置上)来测量第-1级散射测量光谱。

[0110] 在步骤S3中,旋转束成形布置51或晶片W以能够通过图像传感器18b测量第+1级散射测量光谱。

[0111] 在步骤S4中,通过处理单元PU计算光谱强度 I_1 和 I_2 的比值,以使用聚焦量和强度差之间的预定关系来确定晶片的聚焦量。替代地,可以使用在 I_1 和 I_2 之间的归一化的差值来确定晶片的聚焦量。

[0112] 例如, I_1 、 I_2 和晶片聚焦量 f 之间的关系可以具有下面的形式:

$$[0113] \quad f - f_0 = C \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2}$$

[0114] 其中 C 是常数, f 是晶片聚焦量, f_0 是对应于零不对称度(不对称度为零)的晶片聚焦量水平。可以通过使用实验值或模拟数据来计算而确定 C 和 f_0 。

[0115] 也可以通过 I_1 和 I_2 首先确定目标的不对称度。通过目标的不对称度可以计算聚焦量。可替代地,直接使用不对称度来监测和控制光刻设备的聚焦量。

[0116] 在可选的步骤S5中,在处理散射测量光谱过程中使用不对称度。

[0117] 图9(a)更详细地示出在步骤S2或S3过程中在图6和7的图像传感器18b处检测到的光谱。如图9(b)中详细地放大的视图所示,光谱的尺寸通常是 30×30 像素,其对应 $10 \times 10 \mu\text{m}$ 的光栅。因此,该光谱比较容易监测以便得出 I_1 和 I_2 的值。此外,不通过晶片W上的辐射束斑点尺寸来确定目标30的尺寸。

[0118] 在处理步骤S5中,通常通过对比所测的光谱与图10(b)中示出的(可以是模型化的光谱或存储在如上所述的库中的光谱)一系列参考光谱,处理图10(a)中示出的所测量的散射测量光谱以得出衬底参数的值,例如层厚度、光栅高度等。在这个过程中,在步骤S4中得到的目标不对称度的值可以作为已知的参数输入。

[0119] 应该认识到,上面描述的暗场测量技术还可以用于在更早的校准步骤中确定强度 I_1 和 I_2 的差值与聚焦量之间的关系,其中使用不同的聚焦设置所产生的多个光栅在校准晶片上形成,随后使用根据本发明的方法测量衍射光谱。光刻模拟可以用于确定在强度差异和聚焦量之间的关系。替换地,可以得出不对称度和聚焦量之间的关系。再者,在这个确定过程中可以使用光刻模拟。

[0120] 应该认识到,由于衍射,光栅周围的产品特征可能泄漏到光栅图像中。因此,场光

阑 55 的数值孔径 NA 可以仔细地选择。NA 必须尽可能的大,以允许使得产品区域和光栅之间过渡尖锐。然而,同时场光阑 55 必须遮挡零级衍射。优选地,由束成形布置 51 限定的孔的零级衍射图像和场光阑 55 的开放区域相互回避或排斥,同时在光瞳平面内被以与光栅节距和辐射波长的比值成比例的距离偏移的孔的第 +1 级衍射图案至少部分地与场光阑 55 的开口区域交叠。可以看到,小于 0.4 的 NA 值是可用的,但是这将取决于光栅参数和波长。

[0121] 还应该认识到,第 +1 级和第 -1 级衍射光谱的部分的测量在根据本发明的方法中是有利的,因为这些给出最强的非零级衍射光谱并且对聚焦量最敏感。然而,原则上,其他更高级次的衍射图案可以用在根据本发明的方法中。

[0122] 此外,虽然通过遮蔽布置 51 旋转 180 度来实现所述的实施例中的照射方向的改变,但是,可选地,可以在将目标结构保持在物镜 15 的视场内的同时旋转衬底或旋转整个光学系统来实现照射方向的改变。此外,代替设置旋转的单个掩模 51,可以设置和交换一对互补的掩模 51 以实现相同的效果。还可以使用可编程照射装置,例如可变形反射镜阵列。在这些情形中,需要一些校准以确保在照射模式之间的任何不对称度不被错认为是结构 30 中的不对称度。

[0123] 还应该认识到,虽然在上述特定的实施例中遮蔽布置 51 设计成使得仅离轴的辐射被透射,但是在替换的实施例中遮蔽布置 51 可以布置成以便仅允许在光学轴线上或周围的辐射被透射,其中空间滤波器或场光阑 55 被布置成使得仅在一个测量布置中的被衍射的第 -1 级辐射,或在另一测量步骤中的第 +1 级辐射被图像检测器 18b 检测。正如关于掩模 51 所解释的,通过旋转场光阑 55 或通过代替具有互补图案的第二场光阑,或通过用可编程空间光调制器替换固定的场光阑,可以实现衍射级的期望的改变。虽然在本示例中用于成像的光学系统具有通过场光阑限制的宽的入瞳,但是在其他实施例中成像系统本身的入瞳尺寸可以足够小以限制想要的级次,并因此还用作场光阑。

[0124] 本发明的一个实施例是基于在小目标上的基于衍射的暗场成像的,并且对于特定的衍射级、波长以及入射角使用这种能力以对结构的局部衍射效率进行成像。

[0125] 在该实施例中,标记物、(产品)结构或晶片上感兴趣区域的图像被投影在图像平面中并且被记录。仅通过一个衍射级形成该图像,同时在等价的后焦平面中被遮挡。不投影真实的图像;但是图像中的强度值(例如灰度)的指示局部衍射效率。局部衍射效率与标记物的局部结构(例如沟道的蚀刻深度)直接相关。这种 $10\ \mu\text{m}$ 尺寸目标的暗场图像的一个示例在图 11 中给出,并且在图 12 中给出该图像的横截面。

[0126] 图 11 示出基于由竖直线(堆叠的 x 光栅)构成的 $10\ \mu\text{m}$ 的目标的一个 1 级衍射的暗场图像。水平轴线是 x 像素坐标,垂直轴线是 y 像素坐标。灰度是所检测的强度。示出截面线 AA。

[0127] 图 12 示出对于 $10\ \mu\text{m}$ 目标沿图 11 中示出的线 AA 的暗场图像的水平横截面,其具有未被图案化的环境 12a、线环境 12b、仅具有紧邻光栅的未被图案化的矩形(也称为“翘曲”)的线环境 12c、作为不对称的接触孔的环境 12d 以及作为具有紧邻光栅 12e 的未被图案化的矩形的接触孔的环境 12e。在图 12 中,水平轴线是 x 像素坐标 X,垂直轴线是所检测的强度 I,单位为任意单位(a. u)。曲线中的峰对应斑点边缘衍射 122 和线环境 124。

[0128] 可以观察到,在图 12 中,具有线环境 12b 的交叠光栅具有最均匀的衍射效率,具有在 X 为 425 至 447 的范围内的稳定高台(plateau),其与光栅的均匀性质对应。未被图案化

的环境 12a、作为接触孔 12d 的环境、具有未被图案化的矩形 12c、12e (翘曲的) 环境对交叠光栅具有微加载的效果。它们表现出朝向边缘 126 增强的衍射效率,或在翘曲的线 12c 的情形中,仅在未被图案化的矩形的侧边 128 处增强的衍射效率。

[0129] 图 13 示出可以通过本发明的一个实施例检测的示例:(a) 蚀刻的下光栅 134 上的理想的规则的抗蚀剂光栅 132、(b) 导致沟道深度变化的蚀刻加载 136、(c) CMP 凹面成形 138 以及 (d) 导致朝向目标边缘的 CD 变化的光刻非优化阵列边缘补偿 140。

[0130] 图 14 是示出根据本发明一个实施例的在衬底上的结构中检测过程变化的方法的步骤的流程图。该流程可以使用参照图 5 至 7 中描述的设备来实施。

[0131] 辐射束被引导 142 到衬底上,以便照射结构并形成图像,同时防止除去所衍射的辐射的一个级次之外的所有衍射辐射被检测。因此,衍射辐射的空间频率光谱的仅一部分被透射至检测器。仅一个衍射级被透射。在优选的实施例中,其是第 +1 或第 -1 衍射级,但是可以例如是其他单个衍射级,例如 0 级、第 2 级或第 3 级。对应于跨过该结构的衍射效率的变化来确定 146 跨过该被检测部份的强度变化。因而,在光谱平面(图像平面)中对所述图像进行空间滤波,并且通过空间频率滤波防止除去衍射辐射的一个级次之外的所有衍射辐射对所检测的图像做出贡献。换句话说,这在图像光谱(即,经过傅里叶变换的图像)中执行,并且应用空间频率滤波。使用所确定的强度变化来识别 148 结构中的由过程引起的变化。

[0132] 借助于成像系统的点扩展函数的级次的分辨率可以立即看出图像中局部衍射效率的变化。例如,对于波长 $\lambda = 500\text{nm}$ 且 $\text{NA} = 0.5$,可以获得分辨率 $\lambda/\text{NA} \sim 1\ \mu\text{m}$ 。局部衍射效率直接与光栅的局部性质(诸如底部光栅的蚀刻深度)相关。

[0133] 可以以不同的方式处理与局部衍射效率的变化对应的跨过被检测部份的所确定的强度变化:

[0134] 1. 手动检验图像。

[0135] 2. 自动的算法,例如经由基于主分量分析 (PCA) 的方法平均或比较一维或二维的强度分布轮廓。此处,高阶项是偏离期望的恒定分布轮廓的偏差的指示器。

[0136] 3. 对于平坦的分布轮廓在一组标记物上的偏差统计分析。例如,指示器是标记物上的强度的方差和标准偏差。

[0137] 4. 微米尺度的小(光栅)结构的绝对衍射强度与具有先验的相同的局部性质的邻近的大的衍射结构对比。

[0138] 5. 限定“感兴趣区域”(ROI) 用于实际目标的测量分析,排除相对于量测目标的优选区域(通常是中心)的衍射效率具有太大偏差的区域(见图 15,其中虚线圆表示对用于测量用途的感兴趣区域 (ROI) 的选取)。图 14 中示出该步骤,其中选择 150 被检测部份的感兴趣区域,排除与具有不期望的过程变化的结构的区域相对应的被检测部份的不期望的区域,并且仅所选择的感兴趣区域被用于测量该结构,而排除不期望的区域。

[0139] 本发明不限于特定设计的衍射标记物,但是可以用在任何合适的、局部地重复的结构,包括但不限于一维的(线)或二维结构,重复的产品结构和基于分段处理图像的重叠标记物。

[0140] 除了第 +1 和第 -1 衍射级传输和检测之外,本发明还包括经由其他衍射级(例如 0 级或第 2 级或更高级次)的检测,其中如果实验可达到可以选择最大的敏感性。对于具有

小的节距的重复的结构,0 级检测是有吸引力的,例如光栅。

[0141] 本发明的实施例允许通过散射测量用(暗场)重叠检测、CD 重构以及聚焦量-剂量测量实现在线的微加载(micro-loading)和过程效果检验。

[0142] 本发明的多个实施例使微加载和过程效果检验比使用光学显微镜或自上至下的 SEM 的另外的检验步骤更快。

[0143] 本发明的多个实施例,相比于 TEM 或横截面 SEM,提供以微米尺度微加载和过程效果的非破坏性的检验和可视化。

[0144] 本发明的多个实施例能够测量在单个晶片上的大量数据,其是统计相关群。

[0145] 本发明的多个实施例相比于用于检验过程效果的基于重构的技术是不需要模型的。

[0146] 本发明的实施例能够通过限定 ROI 来以暗场模式(例如重叠、CD 或聚焦量-剂量测量)来实现更精确的量测,所述 ROI 排除遭受微加载和其他过程相关效应的量测目标区域。

[0147] 虽然在本文中详述了光刻设备用在制造 IC(集成电路),但是应该理解到这里所述的光刻设备可以有其他应用,例如制造集成光学系统、磁畴存储器的引导和检测图案、平板显示器、液晶显示器(LCD)、薄膜磁头等。本领域技术人员应该认识到,在这种替代应用的情况下,可以将这里使用的任何术语“晶片”或“管芯”分别认为是与更上位的术语“衬底”或“目标部分”同义。这里所指的衬底可以在曝光之前或之后进行处理,例如在轨道(一种典型地将抗蚀剂层涂到衬底上,并且对已曝光的抗蚀剂进行显影的工具)、量测工具和/或检验工具中。在可应用的情况下,可以将所述公开内容应用于这种和其他衬底处理工具中。另外,所述衬底可以处理一次以上,例如为产生多层 IC,使得这里使用的所述术语“衬底”也可以表示已经包含多个已处理层的衬底。

[0148] 虽然上面详述了本发明的实施例在光刻设备的应用,但是应该注意到,本发明可以有其它的应用,例如压印光刻,并且只要情况允许,不局限于光学光刻。在压印光刻中,图案形成装置中的拓扑限定了在衬底上产生的图案。可以将所述图案形成装置的拓扑印刷到提供给所述衬底的抗蚀剂层中,在其上通过施加电磁辐射、热、压力或其组合来使所述抗蚀剂固化。在所述抗蚀剂固化之后,所述图案形成装置从所述抗蚀剂上移走,并在抗蚀剂中留下图案。

[0149] 这里使用的术语“辐射”和“束”包含全部类型的电磁辐射,包括:紫外(UV)辐射(例如具有约 365、355、248、193、157 或 126nm 的波长)和极紫外(EUV)辐射(例如具有 5-20nm 范围的波长),以及粒子束,例如离子束或电子束。

[0150] 在允许的情况下术语“透镜”可以表示不同类型的光学构件中的任何一种或其组合,包括折射式的、反射式的、磁性的、电磁的以及静电的光学构件。

[0151] 尽管以上已经描述了本发明的具体实施例,但应该认识到,本发明可以以与上述不同的方式来实现。例如,本发明可以采用包含用于描述一种如上面公开的方法的一个或更多个机器可读指令序列的一个或更多个计算机程序的形式,或具有存储其中的所述一个或更多个计算机程序的一个或更多个数据存储介质(例如半导体存储器、磁盘或光盘)的形式。

[0152] 结论

[0153] 应该认识到,具体实施方式部分,而不是发明内容和摘要部分,用于解释权利要求。发明内容和摘要部分可以提出一个或多个示例性实施例,但不是发明人构思的本发明的全部示例性实施例,因而不能够以任何方式限制本发明和所附的权利要求。

[0154] 上面借助示出具体功能的应用及其关系的功能性基本段落描述了本发明。为了方便说明,这些功能构件块的边界在此任意限定。只要特定功能及其关系被适当地实施就可以限定替代的边界。

[0155] 具体实施例的前述说明将充分地揭示本发明的一般属性。其他的实施例通过应用本领域技术人员知识可以在不需要过多的实验、不脱离本发明的总体构思的情况下容易地修改和 / 或适应不同应用。因此,基于这里给出的教导和启示,这种修改和适应应该在所公开的实施例的等价物的范围和含义内。应该理解,这里的术语或措辞是为了描述和说明而不是限制,使得本说明书的术语或措辞由本领域技术人员根据上述教导和启示进行解释。

[0156] 本发明的覆盖度和范围不应该受到上述的示例性实施例的限制,而应该仅根据权利要求及其等价物限定。

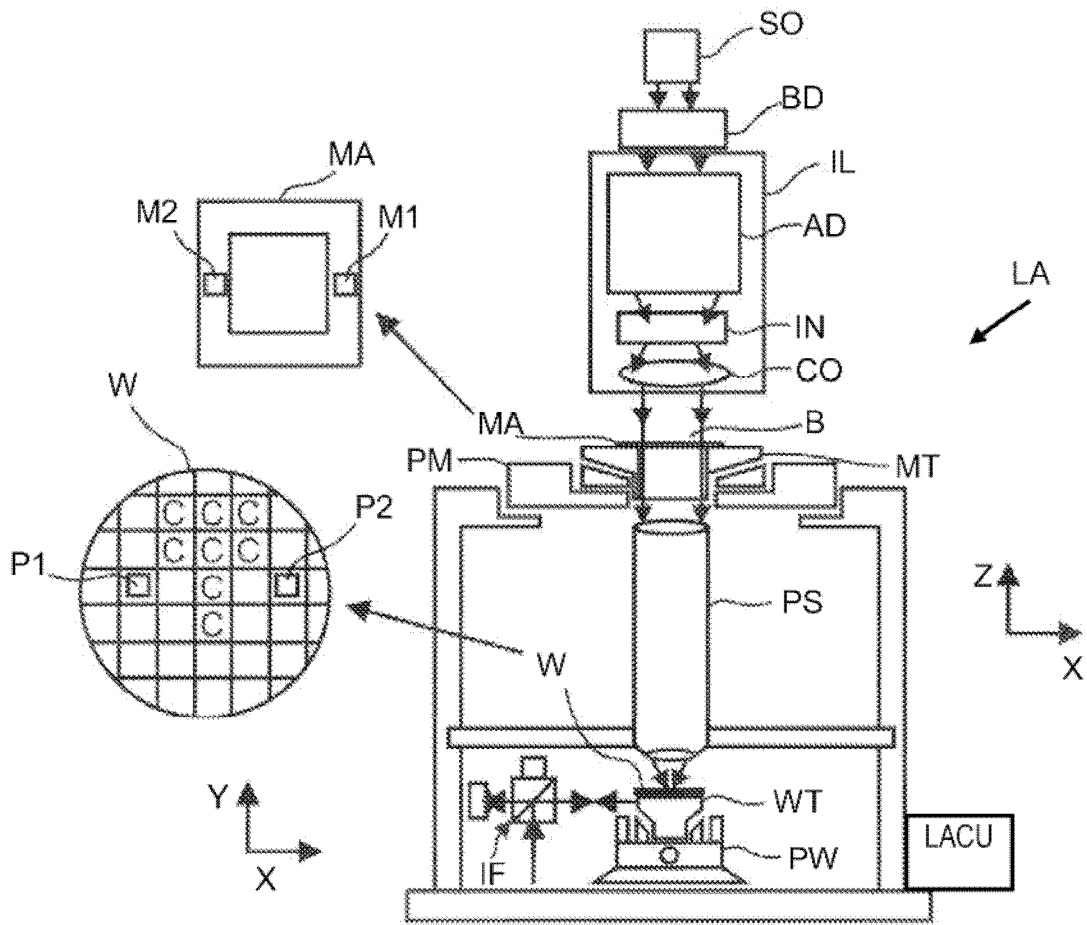


图 1

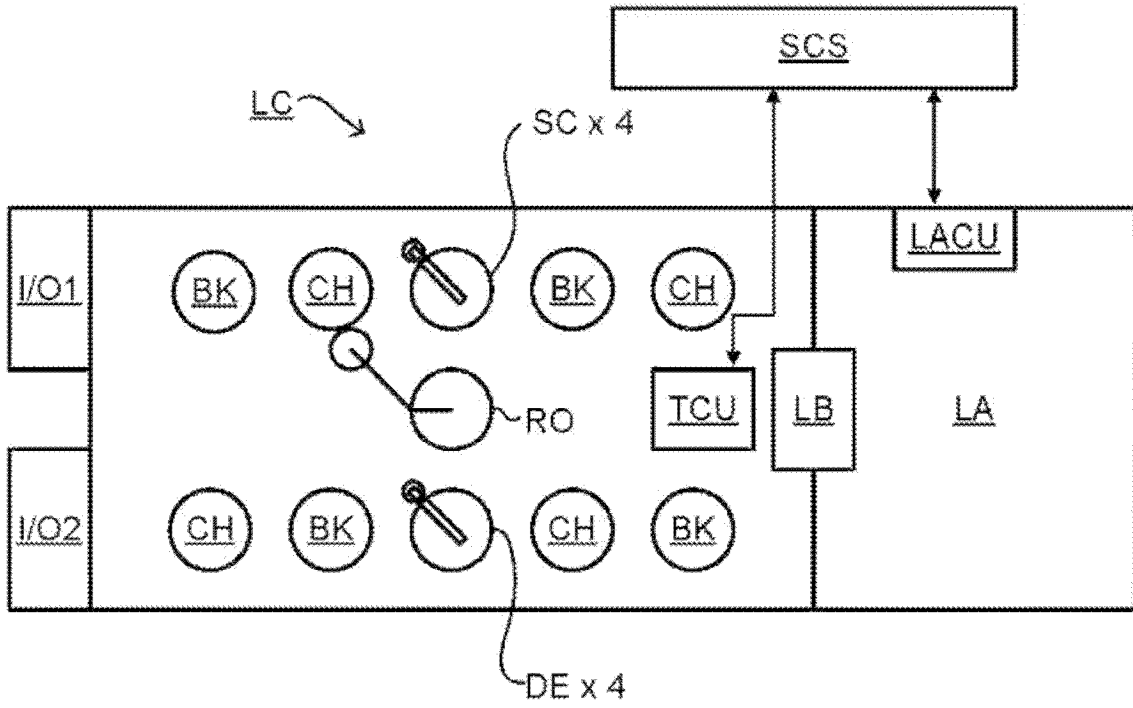


图 2

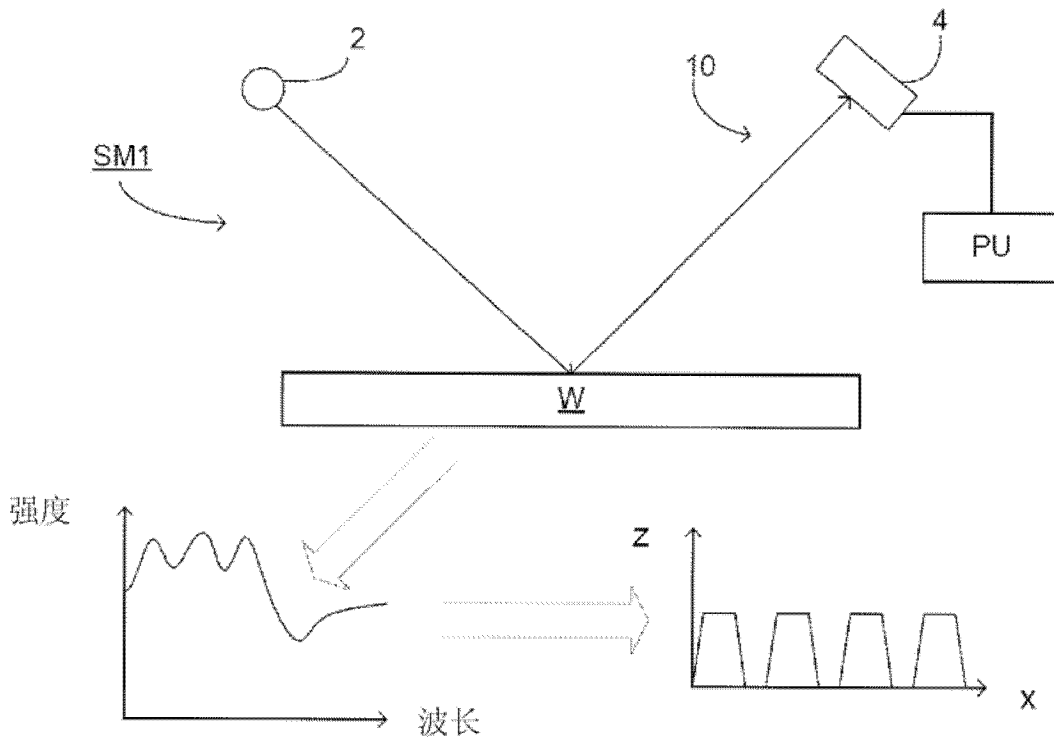


图 3

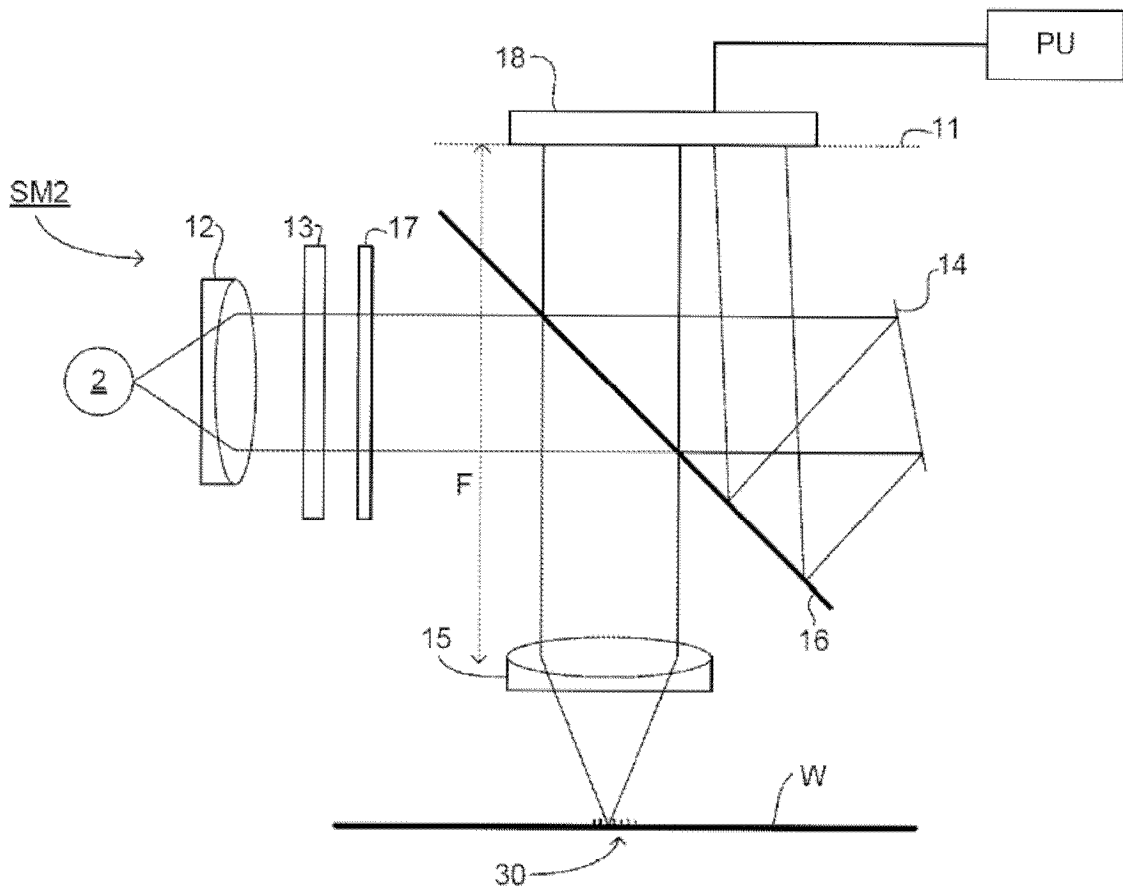


图 4

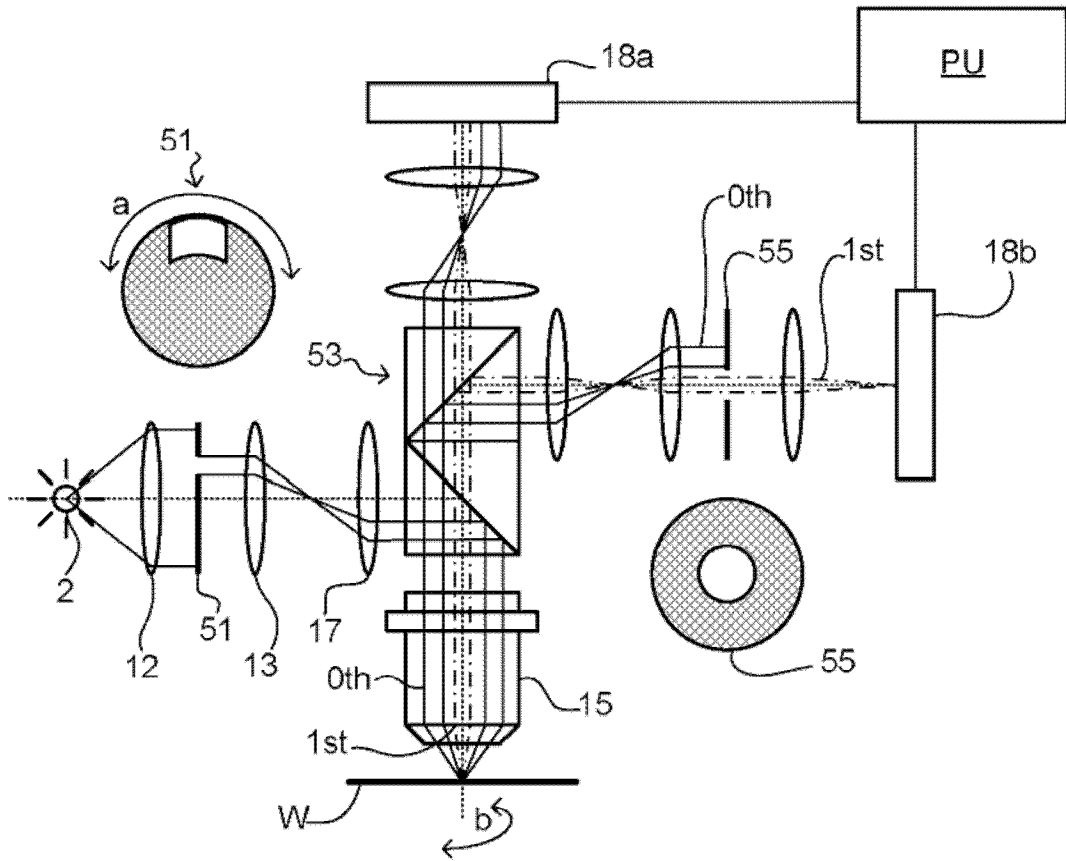


图 5

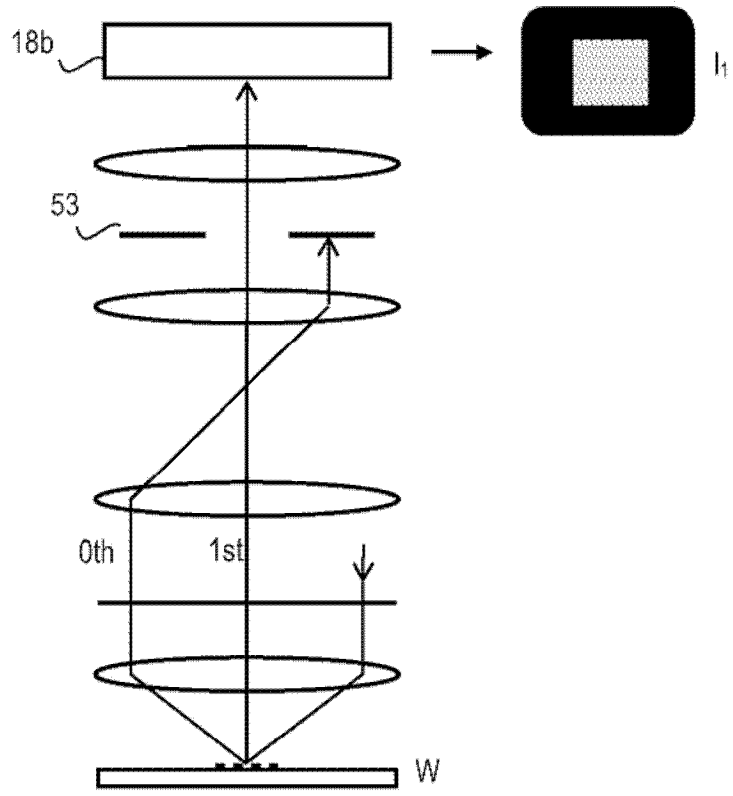


图 6

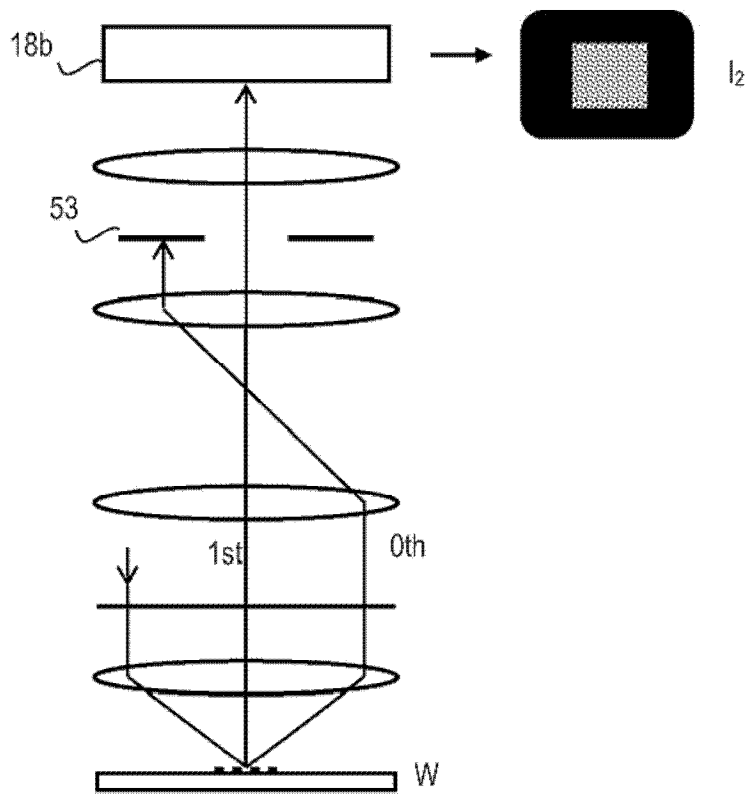


图 7

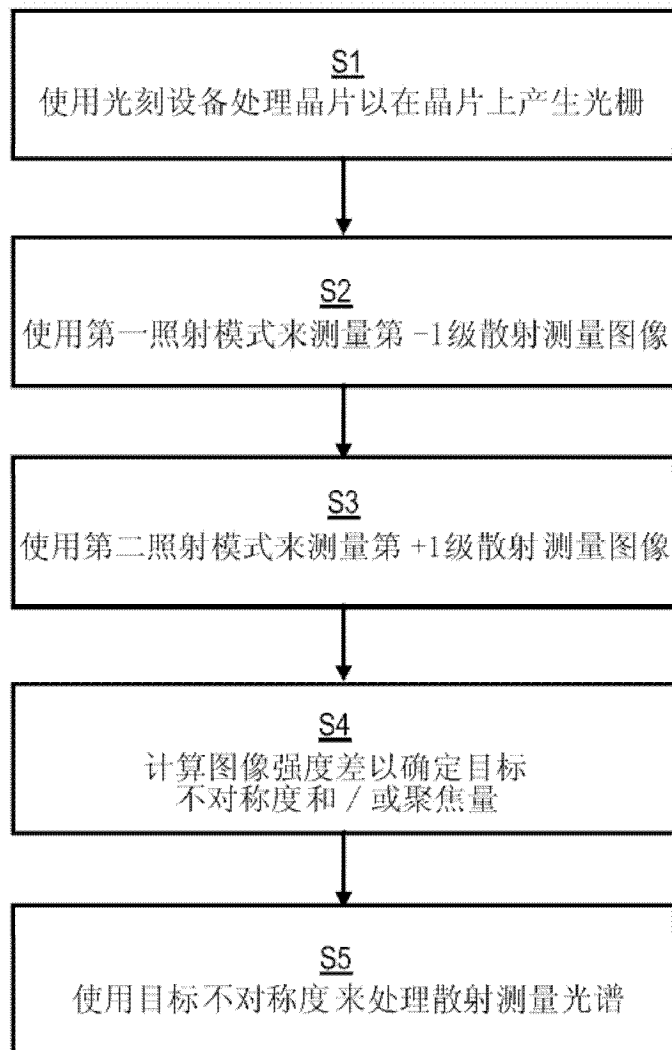


图 8

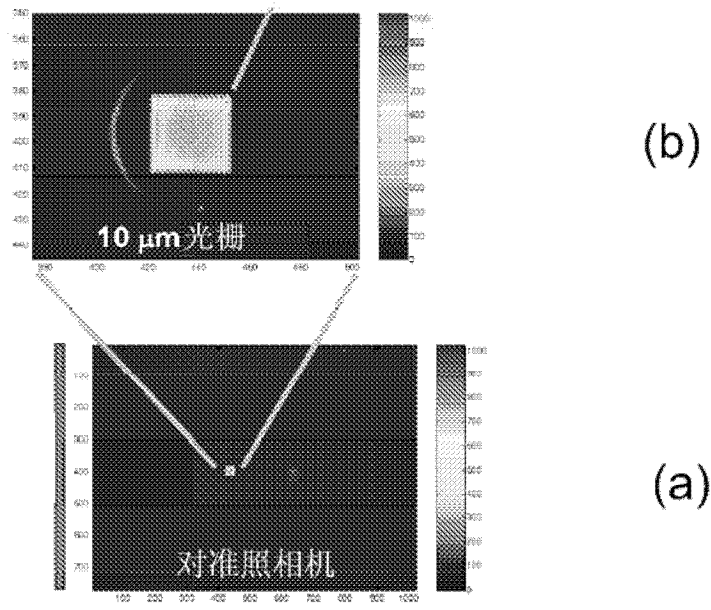


图 9

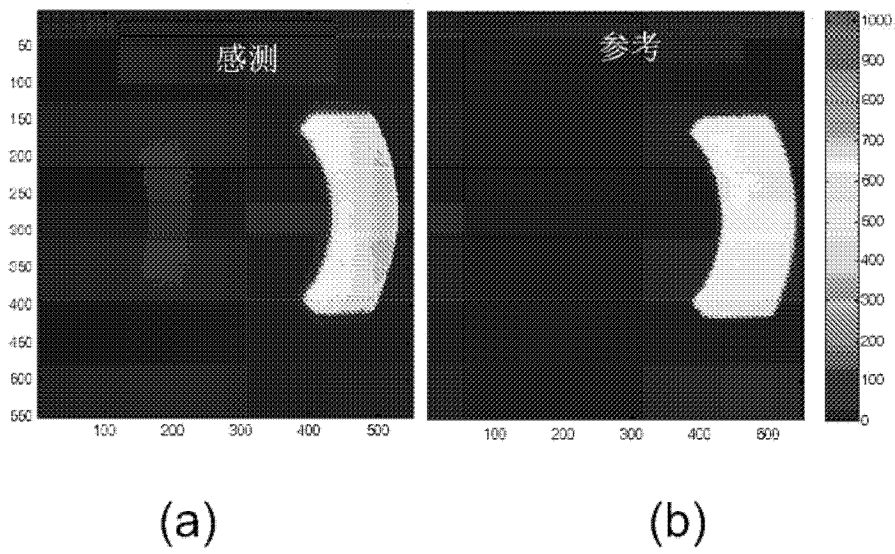


图 10

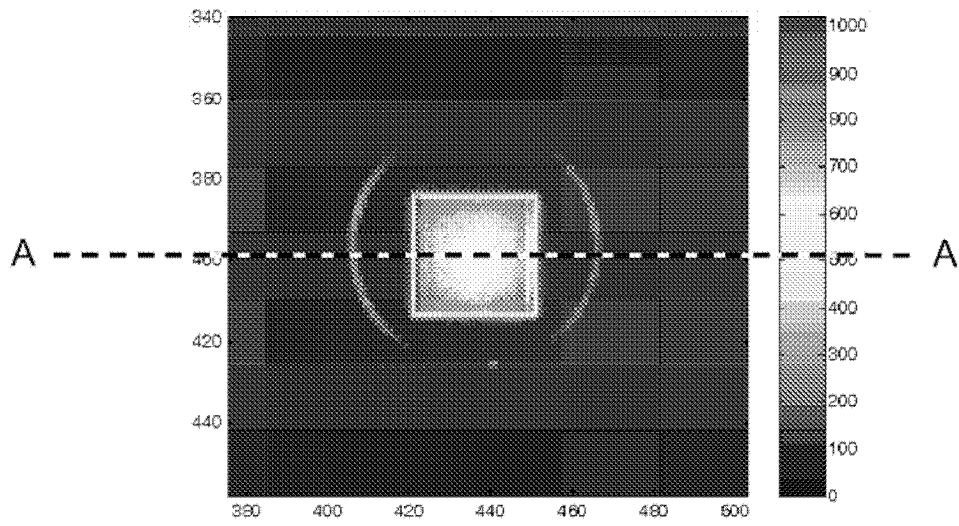


图 11

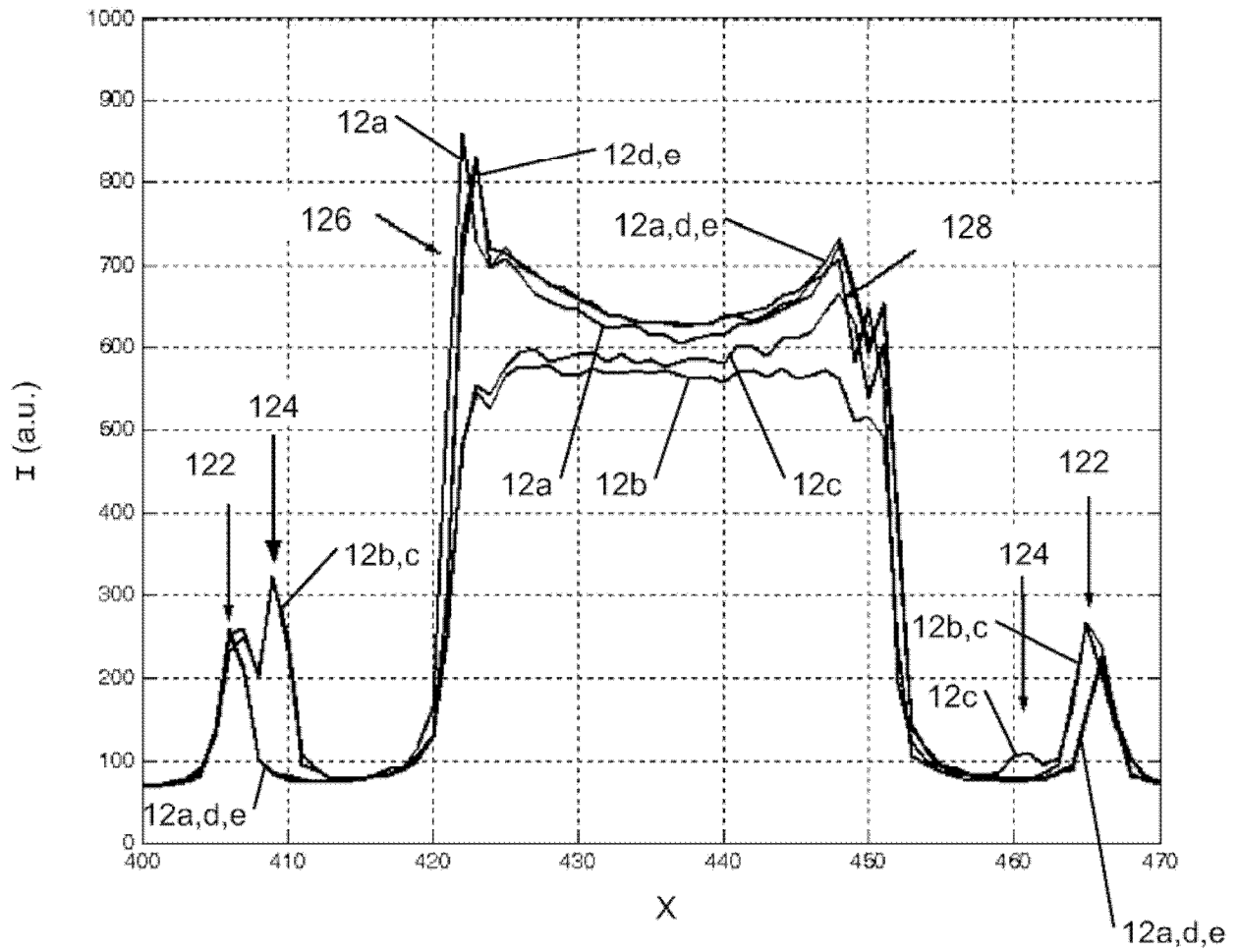


图 12

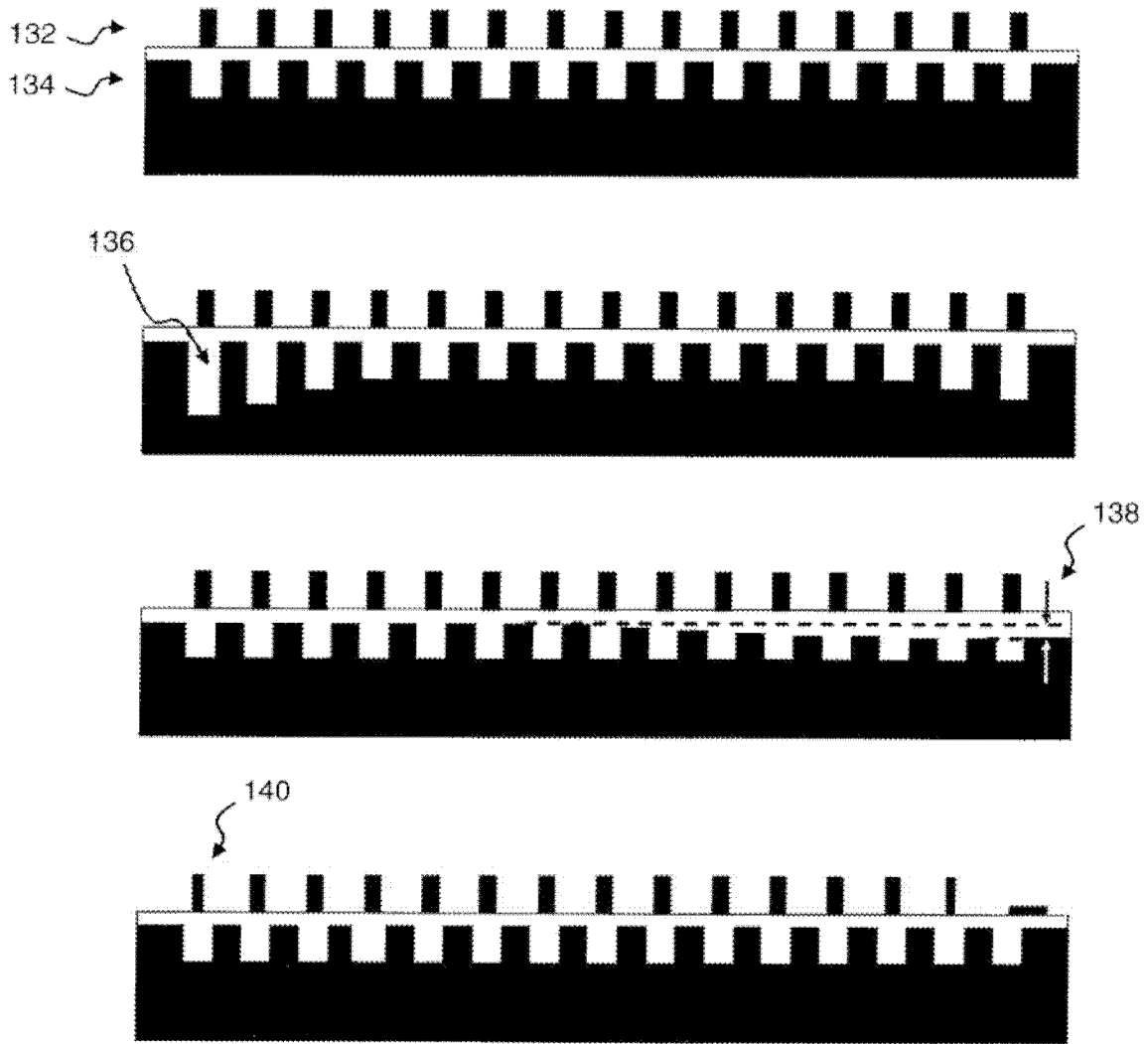


图 13

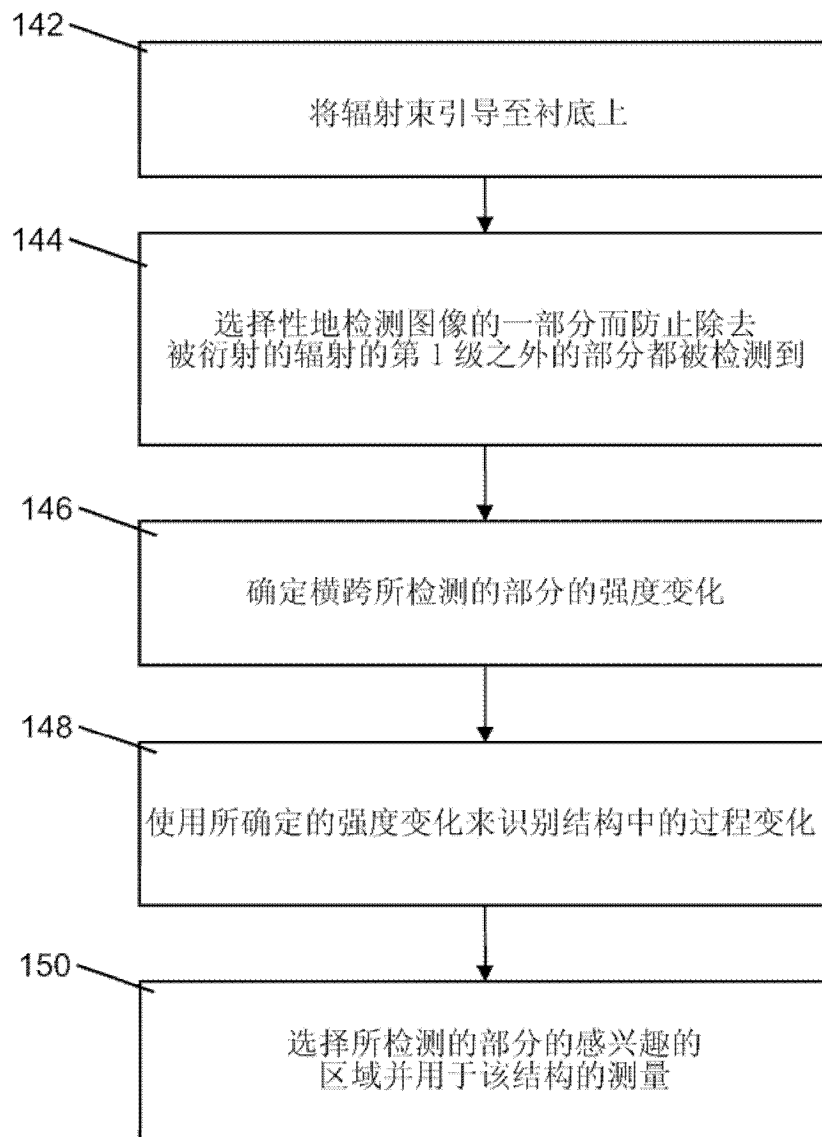


图 14

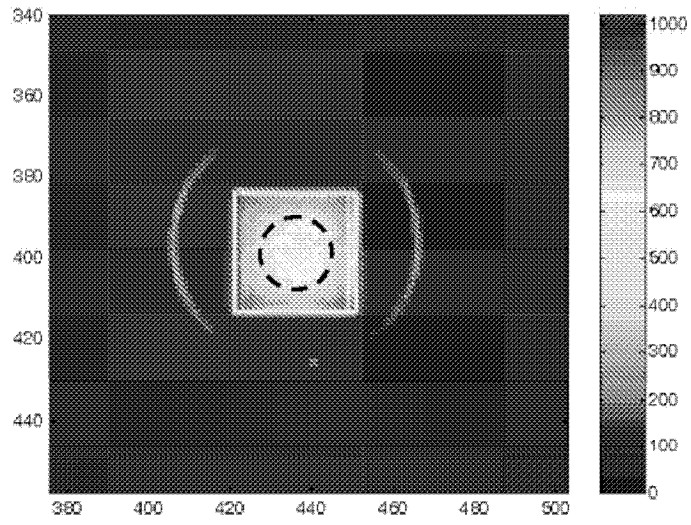


图 15