



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110050233 B

(45) 授权公告日 2021.08.10

(21) 申请号 201780076030.2

(22) 申请日 2017.11.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110050233 A

(43) 申请公布日 2019.07.23

(30) 优先权数据
16203208.0 2016.12.09 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.06.06

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2017/079774 2017.11.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/104039 EN 2018.06.14

(73) 专利权人 ASML荷兰有限公司
地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 M·J·J·杰克

(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 张启程

(51) Int.Cl.
G03F 7/20 (2006.01)
G01N 21/47 (2006.01)
G03F 1/44 (2006.01)
G01N 21/95 (2006.01)
G01N 21/956 (2006.01)
G03F 9/00 (2006.01)

(56) 对比文件
US 2015346605 A1, 2015.12.03
WO 2016169901 A1, 2016.10.27
WO 2015101460 A1, 2015.07.09
CN 103582819 A, 2014.02.12
WO 2016037003 A1, 2016.03.10
US 2016291481 A1, 2016.10.06

审查员 王度阳

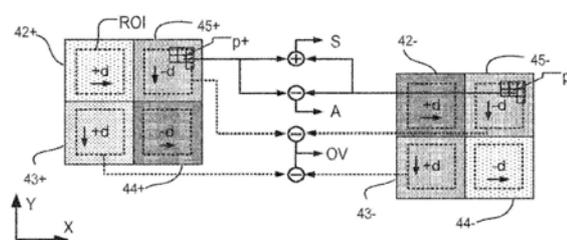
权利要求书2页 说明书26页 附图13页

(54) 发明名称

用于预测测量方法的性能的方法和设备、测量方法和设备

(57) 摘要

重叠测量(OV)基于由光刻过程而形成的目标结构的衍射光谱中的不对称性。目标结构之间的叠层差异可被认为是光栅不平衡性(GI),且所述重叠测量的准确度可被降级。一种预测GI灵敏度的方法是利用相对衍射阶使用目标结构的第一图像和第二图像(45+、45-)来执行的。使用相同图像的区(ROI)来测量重叠。进行对所述相对衍射阶之间的强度的对称性(S)和不对称性(A)的多个局部测量,对称性和不对称性的每个局部测量对应于目标结构上的具体部位。基于对称性值和不对称性值的局部测量的统计分析,获得对光栅不平衡性的灵敏度的预测。这能够用以选择较佳测量配置方案和/或用以校正由光栅不平衡性造成的误差。



1. 一种预测测量方法的性能的方法,所述测量方法基于由光刻过程形成的一个或更多个目标结构内的周期性特征的衍射光谱中的不对称性,所述预测性能的方法包括以下步骤:

(a) 使用由所述目标结构衍射的辐射的所述衍射光谱的对称地相对的部分来形成所述目标结构的第一图像和第二图像;

(b) 从所述第一图像和所述第二图像,导出在所述衍射光谱的相对的部分之间的强度的对称性和不对称性的多个局部测量,对称性和不对称性的每个局部测量对应于所述目标结构上的具体部位;和

(c) 基于对称性值和不对称性值的所述局部测量的统计分析,确定对所述测量方法的性能的预测。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中使用不同测量条件重复步骤(a)至(c)以获得在不同测量条件下对所述测量方法的性能的预测。

3. 根据权利要求2所述的方法,还包括执行所述测量方法以获得相同目标结构的特性的测量的步骤(d),其中在步骤(d)中,使用通过比较所获得的性能的预测而选择的测量条件来执行所述测量方法。

4. 根据权利要求1所述的方法,还包括执行所述测量方法以获得对相同目标结构的特性的测量的步骤(d)。

5. 根据权利要求3或4所述的方法,还包括步骤(e):与所述测量方法的性能的预测一起报告对所述目标结构的所述特性的所述测量。

6. 根据权利要求3或4所述的方法,其中步骤(d)还包括使用在步骤(c)中获得的性能的所述预测将校正应用至所述特性的所述测量。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述校正基于在步骤(c)中获得的性能的所述预测和所述相同目标结构的额外特性的测量。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中在步骤(d)中,对所述目标结构的所述特性的所述测量基于在所述相同目标结构内的两个或更多个目标结构之间观测到的不对称性的差异,且对额外特性的所述测量基于在所述两个或更多个周期性结构之间观测到的对称性的差异。

9. 根据权利要求8所述的方法,还包括步骤(e):与对所述测量方法的性能的预测一起报告对所述目标结构的所述特性的所述测量。

10. 根据权利要求4所述的方法,其中针对通过光刻在多个衬底上形成的目标结构重复所述步骤(d),且针对每个衬底至少重复所述步骤(a)至(c)。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中针对通过光刻在一个衬底上形成的多个目标结构重复所述步骤(d),且针对同一衬底上的多个目标结构重复所述步骤(a)至(c)。

12. 根据权利要求4所述的方法,其中在所述步骤(d)中,所述测量方法基于对所述衍射光谱的相对的部分之间的强度的不对称性的一个或更多个全局测量,每个全局测量不对称性与所述第一图像和所述第二图像中的每个图像中的关注区对应,相比于对称性和不对称性的所述局部测量,所述关注区延伸遍及所述目标结构的较大区域。

13. 根据权利要求4所述的方法,其中在所述步骤(d)中,所述测量方法基于不对称性彼此相差经编程的偏置量的两个或更多个目标结构的不对称性的全局测量。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中在步骤(a)至(c)中,所述测量方法的性能的所述预测基于对一个这种目标结构进行的局部测量。

15. 根据权利要求13所述的方法,其中在步骤(a)至(c)中,所述测量方法的性能的所述预测基于对两个或更多个这种目标结构进行的局部测量。

16. 根据权利要求13、14或15所述的方法,其中在所述步骤(a)中,针对共同图像场中的不同部位处的所述两个或更多个目标结构采集所述第一图像。

17. 根据权利要求1所述的方法,其中在所述步骤(a)中,在一共同图像场中的不同部位处采集至少一个目标结构的所述第一图像和所述第二图像。

18. 根据权利要求1所述的方法,其中每个局部测量基于所述第一图像和所述第二图像中的每个图像中的单个的像素值。

19. 根据权利要求1所述的方法,其中在步骤(c)中,性能的所述预测基于在遍及局部测量的集合的对称性值和不对称性值之间的相关性。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中在步骤(c)中,性能的所述预测基于所述局部测量中的不对称性与对称性之间的相依性的梯度,较低梯度指示对不同目标结构中的对称性之间的差异的较大灵敏度。

21. 一种用于测量光刻过程的参数的量测设备,所述量测设备能够操作以执行根据权利要求1至20中任一项所述的方法。

22. 一种包括机器可读指令的非暂时性存储介质,所述机器可读指令用于使得处理器执行根据权利要求1至20中任一项所述的方法。

23. 一种光刻系统,包括:

检查设备,其被配置成将辐射束提供于衬底上的目标结构上且探测由目标所衍射的辐射以确定图案化过程的参数;和

根据权利要求22所述的非暂时性存储介质。

24. 根据权利要求23所述的光刻系统,还包括光刻设备,所述光刻设备包括:支撑结构,该支撑结构被配置成保持用以调制辐射束的图案形成装置;和投影光学系统,该投影光学系统被配置成将经调制的辐射束投影至辐射敏感衬底上。

用于预测测量方法的性能的方法和设备、测量方法和设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2016年12月9日提交的欧洲申请16203208.0的优先权,所述申请的全部内容以引用的方式被并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及能够用于例如通过光刻技术进行器件制造的检查(例如量测)的方法和设备,并且涉及使用光刻技术来制造器件的方法。

背景技术

[0004] 光刻设备是一种将所期望的图案施加到衬底上的机器,通常施加到衬底的目标部分上。光刻设备能够用在例如集成电路(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于所述IC的单层上的电路图案。可以将这种图案转印到衬底(例如,硅晶片)上的目标部分(例如,包括一部分管芯、一个或若干个管芯)上。所述图案的转印通常经由将图案成像到设置于衬底上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层来进行。通常,单个衬底将包括被连续地形成图案的相邻目标部分的网络。这些目标部分通常被称作“场”。

[0005] 在光刻过程中,经常期望对所产生的结构进行测量,例如,用于过程控制和验证。用于进行这些测量的各种工具是公知的,包括经常用来测量临界尺寸(CD)的扫描电子显微镜,和用来测量重叠的专用工具,重叠是器件中的两个层的对准的准确度。近来,各种形式的散射仪已经被开发,应用在光刻领域中。这些装置将辐射束引导到目标上,并且测量散射辐射的一个或多个特性,例如作为波长的函数的在单个反射角下的强度;作为反射角的函数的在一种或更多种波长下的强度;或者作为反射角的函数的偏振,以获得衍射“光谱”,可以根据该“光谱”确定目标的所关注特性。

[0006] 已知的散射仪的示例包括在US2006033921A1和US2010201963A1中所描述类型的角分辨散射仪。由这些散射仪所使用的目标是相对大的(例如 $40\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$)光栅,并且测量束生成比光栅小的(即光栅被欠填充)光斑。除了通过重构进行特征形状的测量之外,也可使用如在已公布的专利申请US2006066855A1中所描述的这种设备来测量基于衍射的重叠。使用衍射级的暗场成像进行的基于衍射的重叠量测使得能够实现对较小目标的重叠测量。可在国际专利申请US2014192338和US2011069292A1中找到暗场成像量测的示例,所述专利申请的文件的全部内容被以引用的方式并入本文。在已公开的专利公开出版物US20110027704A、US20110043791A、US2011102753A1、US20120044470A、US20120123581A、US20130258310A、US20130271740A和US2016091422A1中已描述所述技术的进一步发展。这些目标可小于照射光斑且可由晶片上的产品结构围绕。通过使用复合光栅目标,能够在单个图像中测量多个光栅。所有这些申请的内容也被以引用方式并入本文中。

[0007] 通常通过测量各自具有不同的经编程的(故意)偏移或“偏置”的两个重叠光栅的不对称性来获得重叠测量。尽管重叠测量是快速的且运算上非常简单(一旦被校准),但它

们依赖于重叠(即,重叠误差和故意偏置)是目标中的不对称性的唯一原因的假定。目标中的任何其它不对称性扰动所述重叠测量,从而得到不准确的重叠测量。目标的下部或底部周期性结构中的不对称性是结构不对称性的常见形式。所述不对称性可能起源于例如在最初形成底部周期性结构之后执行的衬底处理步骤,如化学-机械抛光(CMP)。

[0008] 当使用两个或更多个经偏置光栅结构以获得重叠测量时,已知方法进一步假定所述两个光栅除偏置之外是相同的。已发现,除了目标中的结构不对称性以外或替代目标中的结构不对称性,目标的相邻周期性结构之间的差异或相邻目标之间的差异可能是不利地影响测量(诸如重叠测量)的准确度的因素。此差异可被称作“叠层差异”,且涵盖周期性结构或目标之间的实体构造中的任何非故意的差异。叠层差异不平衡性包括但不限于:介于相邻周期性结构或目标之间的叠层中的一个或更多个层的厚度差、介于相邻周期性结构或目标之间的折射率差、介于相邻周期性结构或目标之间的材料差、相邻周期性结构或目标的结构的光栅CD或高度的差,等等。类似于结构不对称性,可能通过诸如图案化过程中的CMP、层淀积等的处理步骤来引入所述叠层差异。

[0009] 当出于重叠测量的目的而测量这些结构时,所述叠层差异可能影响测量信号。在经由相对的衍射阶的衍射信号之间的差来测量不对称性的情况下,所述叠层差异也可能造成例如衍射信号的平均值的差。测量信号中所表示的叠层差异的影响可被称作“光栅不平衡性”。

发明内容

[0010] 发明人已认识到,如果测量对光栅不平衡性的灵敏度是已知的,则有可能识别一个或更多个所需的量测目标测量配置方案(例如特定的所需目标设计和/或一个或更多个特定测量参数(如测量束波长和/或偏振))。另外或替代地,如果在计算诸如重叠的测量时光栅不平衡性、以及测量对光栅不平衡性的灵敏度可以是已知的,则不确定度量度(测量品质量度)可以与所述测量一起被提供。另外有可能使用经确定的光栅不平衡性和光栅不平衡性灵敏度来确定对于重叠的改进的测量。

[0011] 因此,本发明试图提供一种预测测量方法的性能的方法,所述测量方法基于由光刻过程所形成的一个或更多个目标结构内的周期性特征的衍射光谱中的不对称性。本发明的目的特别地是允许实现针对测量方法对于光栅不平衡性的灵敏度的预测,和/或允许实现针对可归因于各单独测量中的光栅不平衡性的误差的预测。为了可用于大批量制造中,方法应是本身并不会极大地增添所述测量方法中所涉及的额外负担的方法。

[0012] 在第一方面中,本发明提供一种预测测量方法的性能的方法,所述测量方法基于由光刻过程而形成的一个或更多个目标结构内的周期性特征的衍射光谱中的不对称性,所述预测性能的方法包括以下步骤:

[0013] (a) 使用由所述目标结构所衍射的辐射的所述衍射光谱的对称地相对的部分来形成所述目标结构的第一图像和第二图像;

[0014] (b) 从所述第一图像和所述第二图像,导出对所述衍射光谱的相对的部分之间的强度的对称性和不对称性的多个局部测量,对称性和不对称性的每个局部测量对应于所述目标结构上的具体部位;和

[0015] (c) 基于对称性值和不对称性值的所述局部测量的统计分析,确定对于所述测量

方法的性能的预测。

[0016] 以此方式获得的性能的所述预测可以例如是对光栅不平衡性的灵敏度的量度。

[0017] 所述方法的实施例可还包括执行所述测量方法以获得对相同或相似目标结构的特性的测量的步骤(d)。

[0018] 在一些实施例中,可与对所述测量方法的性能的预测一起报告对所述目标结构的所述特性的所述测量。

[0019] 在一些实施例中,所述步骤(d)还包括使用在步骤(c)中所获得的性能的所述预测来将校正应用于对所述特性的所述测量。

[0020] 本发明还提供一种用于测量光刻过程的参数的量测设备,所述量测设备可操作以执行根据如上文所述的本发明的所述第一方面的所述方法。

[0021] 本发明还提供一种包括机器可读指令的非暂时性计算机程序产品,所述机器可读指令用于使得处理器执行根据如上文所述的本发明的所述第一方面的所述方法。

[0022] 本发明还提供一种系统,其包括检查设备,所述检查设备被配置成将辐射束提供到目标结构上且探测由目标衍射的辐射,以与根据如上文所述的本发明的所述非暂时性计算机程序相组合来确定图案化过程的参数。所述系统可还包括光刻设备,该光刻设备包括:支撑结构,所述支撑结构被配置成保持用以调制辐射束的图案形成装置;和投影光学系统,所述投影光学系统被配置成将所述受调变的辐射束投影至辐射敏感衬底上。

[0023] 参考附图在下文更详细地描述本发明的另外的特征和优点以及本发明的各实施例的结构和操作。注意到,本发明不限于此处描述的特定实施例。这样的实施例仅在此处被呈现用于说明性的目的。基于此处包含的教导,相关领域的技术人员将明白另外的实施例。

附图说明

[0024] 现在将参考附图仅通过示例的方式来描述本发明的实施例,在附图中:

[0025] 图1描绘光刻设备的实施例;

[0026] 图2描绘光刻单元或簇的实施例;

[0027] 图3的(a)示意性地图示根据本发明的一些实施例的适于执行角分辨散射测量和暗场成像检查方法的检查设备,以及图3的(b)示出由图3的(a)的设备中的目标光栅进行入射辐射的衍射的放大细节;

[0028] 图4描绘衬底上的多重周期性结构目标的形式和测量光斑的轮廓;

[0029] 图5描绘在图3的检查设备中获得的图4的目标的图像;

[0030] 图6是示出使用图3的检查设备的重叠测量方法的步骤的流程图;

[0031] 图7中的(a)、(b)和(c)分别示出具有是大约零的不同重叠值的重叠周期性结构的示意性横截面;

[0032] 图7中的(d)是由于处理效应而在底部周期性结构中具有结构不对称性的重叠周期性结构的示意性横截面;

[0033] 图8图示了未经受结构不对称性的理想目标中的重叠测量的原理;

[0034] 图9图示了非理想目标中的重叠测量的原理,其具有如本文中的实施例中所披露的结构不对称性的校正;

[0035] 图10A示意性地图示了在具有偏置+d的第一目标周期性结构与具有偏置-d的第二

目标周期性结构之间不存在叠层差异的情形,且图示了在由第一和第二目标周期性结构发生衍射之后的衍射信号;

[0036] 图10B示意性地图示了由第一目标周期性结构衍射的经组合+1衍射阶信号和经组合-1衍射阶信号的强度变化;

[0037] 图10C示意性地图示了由第二目标周期性结构衍射的经组合+1衍射阶信号和经组合-1衍射阶信号的强度变化;

[0038] 图11A示意性地图示了在第一目标周期性结构与第二目标周期性结构之间存在叠层差异的情形,且图示了在由第一和第二目标周期性结构衍射之后的衍射信号;

[0039] 图11B和图11C示意性地图示了分别由第一目标周期性结构和第二目标周期性结构衍射的经组合+1衍射阶信号和经组合-1衍射阶信号的强度变化;

[0040] 图11D和图11E图示了分别由第一目标周期性结构和第二目标周期性结构衍射的经组合+1衍射阶信号和经组合-1衍射阶信号的对比度变化;

[0041] 图11F和图11G图示了分别由第一目标周期性结构及第二目标周期性结构衍射的经组合+1衍射阶信号和经组合-1衍射阶信号的相位变化;

[0042] 图12图示了(a)使用具有对叠层差异(光栅不平衡性)的高灵敏度的配置方案和(b)使用具有对叠层差异的低灵敏度的配置方案的重叠测量方法的不同性能,且也图示了基于所述灵敏度和所测量的叠层差异来校正重叠测量的步骤;

[0043] 图13示意性地图示了在第一目标周期性结构与第二目标周期性结构之间存在叠层差异且在每个周期性结构内也存在叠层差异的情形;

[0044] 图14示意性地图示了用于基于目标的图像(与图5的目标的图像类似)来预测对重叠测量中的叠层差异的灵敏度的信号的处理;

[0045] 图15描绘由于图14的处理所导致的不对称性相对于对称性的绘图的示例,以便使用(a)具有对叠层差异(光栅不平衡性)的高灵敏度的配置方案和(b)具有对叠层差异的低灵敏度的配置方案进行区分;

[0046] 图16是根据实施例的方法的步骤的流程图;和

[0047] 图17是图示出过程的流程图,在所述过程中量测目标用以监测性能,且用作控制量测过程、设计和/或生产过程的基础。

具体实施方式

[0048] 在详细地描述本发明的实施例之前,提出可以实施本发明的实施例的示例性环境是有指导意义的。

[0049] 图1示意性地描绘了一种光刻设备LA。所述光刻设备包括:照射系统(照射器)IL,配置成调节辐射束B(例如UV辐射,或DUV辐射);图案形成装置支撑件或支撑结构(例如,掩模台)MT,构造成用于支撑图案形成装置(例如掩模)MA,并与配置成用于根据某些参数准确地定位图案形成装置的第一定位装置PM相连;两个衬底台(例如,晶片台)WT_a和WT_b,各自构造成保持衬底(例如,涂覆有抗蚀剂的晶片)W,且各自与配置成根据某些参数准确定位衬底的第二定位装置PW相连;以及投影系统(例如折射式投影透镜系统)PS,配置成用于将由图案形成装置MA赋予辐射束B的图案投射到衬底W的目标部分C(例如包括一个或更多个管芯)上。参考框架RF连接各种部件,且充当用于设定和测量图案形成装置和衬底的位置、以及图

案形成装置和衬底上的特征的位置的参考。

[0050] 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,用以引导、成形、或控制辐射。

[0051] 所述图案形成装置支撑件支撑所述图案形成装置,即,承载所述图案形成装置的重量。所述图案形成装置支撑件以取决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条件的方式保持所述图案形成装置。所述图案形成装置支撑件可以采用机械的、真空的、静电的或其它夹持技术保持图案形成装置。所述图案形成装置支撑件MT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。所述图案形成装置支撑件可以确保图案形成装置位于所期望的位置上(例如相对于投影系统)。

[0052] 此处使用的术语“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中赋予辐射束、以便在衬底的目标部分上产生图案的任何装置。应当注意,赋予辐射束的图案可能不完全对应于衬底的目标部分中的所期望的图案,例如,如果图案包括相移特征或所谓的辅助特征。通常,被赋予辐射束的图案将与在目标部分上产生的器件中的特定的功能层相对应,例如集成电路。

[0053] 如此处所描述,所述设备是透射型的(例如,采用透射式图案形成装置)。替代地,所述设备可以是反射型的(例如,采用如上文所提及类型的可编程反射镜阵列,或采用反射掩模)。图案形成装置的示例包括掩模、可编程反射镜阵列、和可编程LCD面板。本文中对术语“掩模”或“掩模版”的任何使用可被认为是与更上位的术语“图案形成装置”同义。术语“图案形成装置”也可被解释成是指以数字形式储存图案信息用于控制这种可编程图案形成装置的器件。

[0054] 这里使用的术语“投影系统”应该广义地解释为包括任何类型的投影系统,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,视情况用于所使用的曝光辐射、或者用于诸如浸没液体的使用或真空的使用之类的其他因素。这里使用的任何术语“投影透镜”可以认为是与更上位的术语“投影系统”同义。

[0055] 光刻设备也可为如下类型:其中衬底的至少一部分可由具有相对高折射率的液体(例如,水)覆盖,以便填充投影系统与衬底之间的空间。也可将浸没液体施加至光刻设备中的其他空间中,例如,介于掩模与投影系统之间的空间。在本领域中公知浸没技术用于增加投影系统的数值孔径。

[0056] 在操作中,照射器IL接收来自辐射源S0的辐射束。例如,当源为准分子激光器时,源和光刻设备可以是分离的实体。在这种情况下,不将源看成是形成了光刻设备的一部分,且辐射束借助于包括(例如)合适的定向反射镜和/或扩束器的束传递系统BD的帮助从源S0被传至照射器IL。在其他情况下,例如,当源为汞灯时,源可以是光刻设备的组成部分。源S0和照射器IL以及束传递系统BD(如果需要的话)可被称作辐射系统。

[0057] 照射器IL可以例如包括用于调整所述辐射束的角强度分布的调整器AD,积分器IN和聚光器C0。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期望的均匀性和强度分布。

[0058] 辐射束B入射到被保持在所述图案形成装置支撑件MT上的图案形成装置MA上,并且被图案形成装置图案化。辐射束B横穿所述图案形成装置(例如,掩模)MA后,穿过投影系

统PS,投影系统PS将束聚焦至衬底W的目标部分C上。借助于第二定位装置PW和位置传感器IF(例如,干涉量测设备、线性编码器、2D编码器或电容传感器),可准确地移动衬底台 WT_a 或 WT_b ,例如,以便将不同的目标部分C定位于辐射束B的路径中。类似地,第一定位装置PM和另一位置传感器(其未在图1中明确地示出)可被用于(例如在掩模库的机械获取后或在扫描期间)相对于辐射束B的路径来准确地定位所述图案形成装置(例如掩模)MA。

[0059] 可以通过使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2来对准所述图案形成装置(例如,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,但是它们可以位于多个目标部分之间的空间(这些公知为划线对准标记)中。类似地,在将多于一个的管芯设置在所述图案形成装置(例如,掩模)MA上的情况下,掩模对准标记可以位于所述管芯之间。小的对准标记也可被包括于器件特征之中的管芯内,在这种情况下,需要使所述标记尽可能地小且无需与相邻特征不同的任何成像或过程条件。

[0060] 所描绘出的设备可以用于各种模式。在扫描模式中,在将图案形成制造支撑件(例如,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相对于图案形成制造支撑件(例如,掩模台)MT的速度和方向可以由投影系统PS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目标部分(沿扫描方向)的高度。如在本领域中公知的,其它类型的光刻设备和操作模式是可能的。例如,步进模式是已知的。在所谓的“无掩模”光刻中,使可编程的图案形成装置保持静止,但具有改变的图案,且移动或扫描所述衬底台WT。

[0061] 也可采用上文所描述的使用模式的组合和/或变型,或完全不同的使用模式。

[0062] 光刻设备LA是所谓的双台类型,其具有两个衬底台 WT_a 、 WT_b 以及两个站(即曝光站EXP和测量站MEA),在所述两个站之间能够交换所述衬底台。在曝光站处曝光一个台上的一个衬底的同时,能够在测量站处将另一衬底装载至另一衬底台上并且执行各种预备步骤。这能够实现所述设备的生产率的大增加。所述预备步骤可包括使用水平传感器LS来映射衬底的表面高度轮廓,并且使用对准传感器AS来测量衬底上的对准标记的位置。如果位置传感器IF在衬底台处于测量站以及处于曝光站时不能够测量所述衬底台的位置,则可提供第二位置传感器以使得能够在两个站处追踪衬底台相对于参考框架RF的位置。已知且可使用其它布置来代替所示的双台布置。例如,设置有衬底台和测量台的其它光刻设备是已知的。这些衬底台和测量台在执行预备测量时衔接在一起,且接着在衬底台经历曝光时不衔接。

[0063] 所述设备还包括光刻设备控制单元LACU,所述光刻设备控制单元LACU控制所描述的各种致动器和传感器的所有移动和测量。LACU也包括用以实施与所述设备的操作相关的所需计算的信号处理和数据处理能力。实际上,控制单元LACU将被实现为许多子单元的系统,每个子单元处理所述设备内的一子系统或部件的实时数据采集、处理和控制在。例如,一个处理子系统可专用于所述衬底定位装置PW的伺服控制。单独的单元甚至可处理粗略致动器和精细致动器,或不同轴线。另一单元可专用于位置传感器IF的读出。所述设备的总体控制可由与这些子系统通信的中央处理单元控制。

[0064] 如图2所示,所述光刻设备LA构成光刻单元LC的一部分,光刻单元LC有时也被称为光刻元LC或者光刻簇,其也可包括用以在衬底上执行曝光前和曝光后处理的设备。常规地,

这些设备包括用以沉积抗蚀剂层的旋涂器SC、用以对曝光后的抗蚀剂显影的显影器DE、激冷板CH和烘烤板BK。衬底处理器或机械人RO从输入/输出端口I/O1、I/O2拾取衬底,将它们在不同的处理设备之间移动,然后将它们传递到所述光刻设备的装载台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也经由光刻控制单元LACU来控制所述光刻设备。因而,不同的设备可以被操作以最大化生产量 and 处理效率。

[0065] 为了通过所述光刻设备曝光的衬底被正确地且一致地曝光,需要检查经曝光衬底以便测量诸如在后续层之间的重叠误差、线厚度、临界尺寸(CD)等特性。因此,所述光刻元LC被定位于其中的制造设施也包括量测系统MET,所述量测系统MET接收已在光刻元中受处理的衬底W中的一些或全部。将量测结果直接地或间接地提供至管理控制系统SCS。如果检测到误差,则例如可对后续衬底的曝光进行调整,尤其是在如果所述检查能够快速且足够迅速地进行而使得同一批量的其他衬底仍待曝光的情况下。并且,已经曝光的衬底可被剥离和返工以改良产率或可能被舍弃,由此避免对已知有缺陷的衬底执行进一步处理。在衬底的仅一些目标部分有缺陷的情况下,能够仅对被认为良好的那些目标部分执行进一步曝光。

[0066] 在所述量测设备MET内,检查设备被用以确定衬底的特性,且尤其是确定不同衬底或同一衬底的不同层的特性如何在层与层之间变化。所述检查设备可被整合至所述光刻设备LA或所述光刻单元LC中,或可以是独立运行的装置。为了能够实现最快速测量,需要紧随于所述曝光之后使所述检查设备测量经曝光的抗蚀剂层中的特性。然而,抗蚀剂中的潜像具有非常低的对比度,这是由于在已向辐射曝光的抗蚀剂的部分与尚未向辐射曝光的抗蚀剂的部分之间仅存在非常小的折射率差——且并非所有检查设备都具有足够灵敏度来进行对于潜像的有用测量。因此,可在曝光后烘烤步骤(PEB)之后进行测量,曝光后烘烤步骤(PEB)通常是对经曝光衬底进行的第一步并且增大了在抗蚀剂的经曝光部分与未经曝光部分之间的对比度。在此阶段,抗蚀剂中的图像可被称作半潜像。也有可能是在抗蚀剂的经曝光部分或者未经曝光部分已被移除的时刻对经显影的抗蚀剂图像进行测量,或在诸如蚀刻的图案转印步骤之后对经显影的抗蚀剂图像进行测量。后一种可能性限制了返工有缺陷衬底的可能性,但仍可提供有用信息。

[0067] 图3(a)示意性示出实施所谓暗场成像量测的一种检查设备的关键元件。所述量测设备可以是单机器件,或被合并于例如位于测量站处的光刻设备LA中、或者所述光刻单元LC中。具有遍及所述设备的若干支路的光轴由虚线O表示。图3(b)中更详细地图示了目标光栅结构T和衍射射线。

[0068] 如发明内容中所引用的先前申请中所描述,图3(a)的暗场成像设备可以是可替代光谱散射计使用的、或除了光谱散射计以外使用的多用途角分辨散射计的部分。在此类型的检查设备中,由辐射源11所发射的辐射由照射系统12调节。例如,照射系统12可包括准直透镜系统12a、彩色滤光片12b、偏振器12c和光圈装置13。经调节的辐射沿循照射路径IP,在照射路径IP中,经调节的辐射由部分反射表面15反射且经由物镜16聚焦至衬底W上的光斑S中。量测目标T可形成于衬底W上。物镜16可在形式上与显微镜物镜相似,但具有高数值孔径(NA),数值孔径优选地为至少0.9且更优选地为至少0.95。可视需要使用浸没流体以获得超过1的数值孔径。

[0069] 在此示例中,物镜16也用以收集已由目标散射的辐射。示意性地,示出用于这种返回辐射的收集路径CP。多用途散射计可在收集路径中具有两个或更多个测量支路。所示出的示例具有包括光瞳成像光学系统18和光瞳图像传感器19的光瞳成像支路。也示出成像支路,下文将更详细地描述所述成像支路。另外,其它光学系统和支路将被包括于实际设备中,例如用以收集参考辐射以用于强度归一化、用于采集目标的粗略成像、用于聚焦等等。可在上文所提及的先前公开中发现这些操作的细节。

[0070] 在量测目标T被设置于衬底W上的情况下,这可以是1-D光栅,其被印刷使得在显影之后,长条是由固体抗蚀剂线形成。目标可以是2-D光栅,其被印刷使得在显影之后,光栅是由抗蚀剂中的固体抗蚀剂导柱或通孔形成。长条、导柱或通孔可替代地被蚀刻在衬底中。这些光栅中的每个是自身特性可通过使用检查设备来进行研究的目标结构的示例。在光栅的情况下,结构是周期性的。在重叠量测目标的情况下,光栅被印刷于已通过先前图案化步骤而形成的另一光栅的顶部上或与所述另一光栅交错。

[0071] 可调整照射系统12的各种部件以在同一设备内实施不同量测“配置方案”。除了选择波长(颜色)和偏振作为照射辐射的特性以外,照射系统12也可被调整以实现不同照射廓形。孔径装置13的平面与物镜16的光瞳平面和光瞳图像探测器19的平面共轭。因此,由孔径装置13所界定的照射廓形限定了以光斑S入射于衬底W上的光的角度分布。为了实施不同照射廓形,孔径装置13可被设置于照射路径中。孔径装置可包括安装于可移动滑动件或轮上的不同孔13a、13b、13c等。孔径装置可替代地包括固定的或可编程空间光调变器(SLM)。作为另一替代方案,光纤可安置于照射光瞳平面中的不同部位处,且可选择性地用以在其各个部位处递送光或不递送光。这些变型都在上文所引用的文件中加以论述和例示。孔径装置可以是反射形式,而非透射式的。例如,可使用反射SLM。实际上,在UV或EUV波段中工作的检查设备中,大多数或全部光学部件可以是反射式的。

[0072] 取决于照射模式,示例射线30a可被设置成使得入射角如在图3的(b)中的“T”处所示。由目标T反射的零阶射线的路径被标注为“0”(不与光轴“0”混淆)。相似地,在同一照射模式中或在第二照射模式中,可提供射线30b,在此情况下,与第一模式相比,入射角与反射角将调换。在图3的(a)中,第一和第二示例照射模式的零阶射线分别被标注为0a和0b。

[0073] 如图3的(b)中更详细示出,作为目标结构的示例的目标光栅T被置放成使得衬底W与物镜16的光轴0正交。在离轴照射廓形的情况下,与轴线0偏离成角度而照射于光栅T上的照射I的射线30a产生一个零阶射线(实线0)和两个一阶射线(点划线+1和双点划线-1)。应记住,在运用过度填充的小目标光栅的情况下,这些射线仅仅是覆盖包括量测目标光栅T和其他特征的衬底区域的许多平行射线之一。由于照射射线30a的束具有(用以允许有用量的光通过所必需的)有限宽度,因此入射射线I实际上将占据一角度范围,且衍射射线0和+1/-1将稍微散开。根据小目标的点扩散函数,则每个阶+1和-1的衍射辐射将跨越一角度范围进一步散开,而非如所示的单一理想射线。

[0074] 在用于暗场成像的收集路径的支路中,成像光学系统20在传感器23(例如CCD或CMOS传感器)上形成衬底W上的目标的图像T'。在与物镜16的光瞳平面共轭的所述收集路径CP的成像支路中的平面中设置孔径光阑21。孔径光阑21也可被称为光瞳光阑。孔径光阑21可采取不同形式,正如照射孔径可采取不同形式。与透镜16的有效孔径组合的孔径光阑21确定使用散射辐射的哪个部分来在传感器23上产生图像。通常,孔径光阑21用以阻挡零阶

衍射束,使得形成于传感器23上的目标的图像仅由一阶束而形成。在两种一阶束被组合以形成图像的示例中,这种图像将会是所谓的暗场图像,其等效于暗场显微法。

[0075] 由传感器23所采集的图像被输出至图像处理器和控制器PU,图像处理器和控制器PU的功能将取决于正在执行的测量的具体类型。出于本发明的目的,执行对目标结构的不对称性的测量。可将不对称性测量与目标结构的知识进行组合以获得用以形成测量的光刻过程的性能参数的测量。可以用此方式所测量的性能参数包括例如重叠、焦点和剂量。提供目标的专门设计用以允许经由同一基本不对称性测量方法进行不同性能参数的这些测量。

[0076] 处理器和控制器PU也产生诸如 λ 、 p 和 AP 的控制信号,其用于控制照射特性(偏振、波长)且用于使用孔径装置13或可编程空间光调变器来选择孔径。也可以用相同方式控制孔径光阑21。照射和探测的这些参数的每个组合被认为是用于待进行的测量的“配置方案”。

[0077] 再次参看图3的(b)和照射射线30a,来自目标光栅的+1阶衍射射线将进入物镜16且贡献于在传感器23处记录的图像。射线30b以与射线30a相对的角度入射,且因此,-1阶衍射射线进入所述物镜且贡献于所述图像。当使用离轴照射时,孔径光阑21阻挡零阶辐射。如先前公开中所描述,可在X方向和Y方向上用离轴照射来限定照射模式。图3的(a)的孔径装置13中的孔13c、13e和13f包括了在X方向和Y方向两者上的离轴照射。利用在收集路径中对于辐射的适当处理,能够在两个方向上同时地进行目标特性的测量。孔13c是分段孔的特定形式,上文所提及的US2010201963A1和US2016091422A1中对其加以更详细描述。

[0078] 通过比较在这些不同照射模式下的目标光栅的图像,能够获得不对称性测量。替代地,可通过保持同一照射模式但旋转所述目标,来获得不对称性测量。虽然示出离轴照射,但可替代地使用目标的同轴照射,且可使用经修改的离轴孔径光阑21以将实质上仅一种一阶衍射光传递至传感器。在另一示例中,结合同轴照射模式来使用一组离轴棱镜22。这些棱镜限定了分段孔,其中每个象限中的射线被略微偏转一定角度。光瞳平面中的这种偏转具有在图像平面中的每个方向上使+1阶与-1阶在空间上分离的效应。换言之,每个衍射阶和方向的辐射在传感器23上的不同部位形成图像,使得所述辐射可被探测到和进行比较,而无需两个循序的图像采集步骤。实际上,在图像传感器23上的分离的部位处形成单独的图像。在图3的(a)中,例如,使用来自照射射线30a的+1阶衍射得到的图像 T' (+1a)是与使用来自照射射线30b的-1阶衍射得到的图像 T' (-1b)在空间上分离的。上文所提及的已公布专利申请US2011102753A1中披露这种技术,所述专利申请的内容通过以引用方式被并入。替代一阶束或除了一阶束以外,二阶、三阶和高阶束(图3中未示出)也可用于测量中。作为另一变化,可使离轴照射模式保持恒定,而使目标自身在物镜16下方旋转180度以使用相对衍射阶来采集图像。

[0079] 虽然图示了常规的基于透镜的成像系统,但本文中所披露的技术可同样应用于全光摄影机,且也应用于所谓的“无透镜”或“数字”成像系统。因此,关于用于衍射辐射的处理系统的哪些部分被实施于光学域中以及哪些部分经实施于电子域和软件域中具有很大程度的设计选择。

[0080] 图4描绘根据已知实践被形成于衬底W上的复合目标。所述复合目标包括四个光栅32至35,所述四个光栅紧密定位在一起,使得它们将全部在由所述量测设备的照射束所形成的测量斑S内。圆圈31指示所述衬底W上的斑S的范围。因而所述四个光栅都被同时地照射

并且同时在传感器23上成像。在专用于重叠的测量的示例中,光栅32至35自身是由在形成于衬底W上的半导体器件的不同层中被图案化的重叠光栅所形成的复合光栅。光栅32至35可具有不同地偏置的重叠偏移,以便促成对于形成有复合光栅的不同部分的层之间的重叠的测量。光栅32至35也可在它们的方向上不同(如所示),以便沿X方向和Y方向对入射辐射进行衍射。在一个示例中,光栅32和34是分别具有是+d、-d的偏置的X方向光栅。这意味着光栅32使它的上面的覆盖部件被布置成使得如果它们二者被确切地印刷于各自标称位置处,则所述部件之一将会相对于另一个偏移距离d。光栅34使其部件被布置成使得如果被完美地印刷于各自标称位置处,则将会存在有在与第一光栅等相对的方向上的偏移d。光栅33和35是分别具有偏移+d和-d的Y方向光栅。能够在由传感器23所采集的图像中识别这些光栅的分离图像。虽然图示了四个光栅,但另一实施例可能需要更大矩阵以获得所需准确度。

[0081] 图5示出在图3的设备中使用图4的目标,且使用同时在X和Y两个定向上提供离轴照射的照射廓形的情况下,可形成于传感器23上且由传感器23检测到的图像的示例。暗矩形40表示传感器上的图像的场,在此场内,衬底上的照射斑31被成像至对应圆形区域41中。在此场内,矩形区域42至45表示小目标光栅32至35的图像。如果所述光栅位于产品区域中,则在此图像场的周边中也能够见到产品特征。图像处理器和控制器PU使用图案识别来处理这些图像以识别光栅32至35的分离的图像42至45。以此方式,所述图像并非必须在传感器框架内的特定位置处非常精确地对准,这极大地改善了所述测量设备整体上的生产量。然而,如果成像过程跨越整个图像场而具备非均一性,则继续存在针对准确对准的需要。在本发明的一项实施例中,识别了四个位置P1至P4,且使光栅与这些已知位置尽可能地对准。

[0082] 在使用棱镜器件22的实施例中,可在传感器23的场40内同时采集与图5中所示的光栅图像的相似的多个光栅图像。如以上关于图3的(a)所描述,能够在同一所采集图像内的空间上分离的不同部位处发现通过相反衍射阶(例如+1和-1阶)而形成的图像。

[0083] 一旦已识别所述光栅的分离图像,就能够例如通过对于已识别区域内的选定像素强度值进行平均化或求和,来量测那些单独图像的强度。能够将图像的强度和/或其他特性互相进行比较以针对四个或多于四个光栅同时获得不对称性的测量。能够将这些结果与目标结构和偏置方案的知识组合以测量光刻过程的不同参数。重叠性能是这种参数的重要示例,并且是两个光刻层的侧向对准的量度。更具体地,可将重叠界定为例如介于底部光栅的顶部的中心与对应顶部光栅的底部的中心之间的侧向位置差。为了获得所述光刻过程的其它参数的测量,可使用不同目标设计。而且,可将目标设计和偏置方案的知识与不对称性测量组合以获得所需性能参数的测量。例如,目标设计是已知的,用于从以此方式获得的不对称性测量获得剂量或焦点的测量。

[0084] 除了通过上文所描述的类型暗场成像进行的不对称性测量以外,也可通过目标的直接成像来进行重叠和其它参数的测量。

[0085] 诸如半导体制造的行业中所需的量测的量和准确度不断地增加。

[0086] 图6图示如何使用例如专利申请公开US2011027704A1中所描述的方法来测量包含部件周期性结构(即光栅32至35)的两个层之间的重叠误差(即,不期望的且非故意的重叠未对准)。经由如通过比较目标光栅在+1阶和-1阶暗场图像中的强度(能够比较其他对应较高阶的强度,例如,+2阶与-2阶)以获得强度不对称性的量度而披露的目标不对称性,来进行这种测量。在步骤S1,通过光刻设备(诸如,图2的光刻单元)处理所述衬底(例如,半导体

晶片)一次或更多次,以产生包括光栅32至35的目标。在S2,在使用例如图3的检查设备的情况下,仅使用一阶衍射束之一(比方说-1)而获得所述光栅32至35的图像。在步骤S3,无论通过改变照射模式、还是改变成像模式,或者通过在检查设备的视场中使衬底W旋转180°,能够使用其他一阶衍射束(+1)来获得光栅的第二图像。因此,在第二图像中采集了+1衍射辐射。在一实施例中,可使用运用棱镜21b的合适照射来同时执行步骤S2和S3。在所述情况下,在图像传感器23的场中在空间上分离地获得第一图像和第二图像。

[0087] 应注意,通过在每个图像中包括一阶衍射辐射的仅一半,此处所提及的“图像”并非常规暗场显微镜图像。目标光栅的单个目标特征将不被分辨。每个目标光栅将仅由某一强度程度的区域表示。在步骤S4中,在每个部件目标光栅的图像内识别关注区(ROI),将从关注区测量出强度水平。

[0088] 在已识别用于每个单独目标光栅的ROI且已测量其强度的情况下,能够接着确定所述目标的不对称性,且因此确定重叠误差。这种确定是在步骤S5中(例如,由处理器PU)比较针对每个目标光栅32至35的+1阶和-1阶所获得的强度值以识别它们的强度不对称性(例如,它们的强度的任何差异)来完成。术语“差异”并非旨在仅指代减法。可以用比率形式来计算差异。在步骤S6中,使用针对多个目标光栅的已测量的强度不对称性,连同那些目标光栅的任何已知的强加重叠偏置的知识,来计算所述目标T附近的图案化过程的一个或多个性能参数。

[0089] 受极大关注的性能参数是重叠。如稍后将描述,可计算图案化过程的其它性能参数。性能参数(例如重叠、CD、焦点、剂量等)可被回馈(或前馈)以用于改进所述图案化过程、改进所述目标,和/或用以改进图6自身的测量和计算过程。

[0090] 在上文所提及的专利申请公开中,披露了用于使用上文所提及的基本方法来改进重叠测量的品质的各种技术。此处将不进一步详细地解释这些技术。所述技术可结合本申请中新近所披露的技术而使用。

[0091] 另外,可使用指定使用所述测量系统进行的测量的一个或多个参数的量测目标测量配置方案。在一实施例中,术语“量测目标测量配置方案”包括测量自身的一个或多个参数、所测量图案的一个或多个参数,或此两者。

[0092] 在此情境中,所测量图案(也被称作“目标”或“目标结构”)可以是光学上所测量(例如其衍射被测量)的图案。所测量图案可以是出于测量目的而特殊设计或选择的图案。可将一目标的多个复本置放于衬底上的许多位置上。例如,可使用量测目标测量配置方案来测量重叠。在一实施例中,量测目标测量配置方案可用于测量另一过程参数(例如剂量、焦点、CD等)。在一实施例中,量测目标测量配置方案可用于测量经成像的图案的层相对于衬底上的现有图案的对准;例如,量测目标测量配置方案可用于通过测量衬底的相对位置而将图案形成装置与衬底对准。

[0093] 在一实施例中,如果量测目标测量配置方案包括测量自身的一个或多个参数,则测量自身的所述一个或多个参数可包括与测量束和/或用以进行测量的测量设备相关的一个或多个参数。例如,如果在衬底测量配置方案中使用的测量是基于衍射的光学测量,则所述测量自身的一个或多个参数可包括:测量辐射的波长;和/或测量辐射的偏振;和/或测量辐射强度分布;和/或测量辐射的相对于衬底的照射角度(例如,入射角、方位角等);和/或经衍射的测量辐射相对于衬底上的图案的相对定向;和/或目标的经测量点或实

例的数目；和/或经测量的目标的实例在衬底上的部位。测量自身的一个或更多个参数可包括在测量中所使用的量测设备的一个或更多个参数，其可包括探测器灵敏度、数值孔径等。

[0094] 在一实施例中，如果量测目标测量配置方案包括所测量图案的一个或更多个参数，则所测量图案的所述一个或更多个参数可包括：一个或更多个几何特性（诸如，图案的至少部分的形状、和/或图案的至少部分的定向、和/或图案的至少部分的间距（例如光栅的间距，其包括上方具有下部光栅的一层中的上部光栅的间距，和/或所述下部光栅的间距）、和/或图案的至少部分的大小（例如CD）（例如光栅的特征的CD，包括上部光栅和/或下部光栅的特征的CD）、和/或图案的特征的分段（例如光栅的特征的划分成子结构）、和/或光栅的长度或光栅的特征的长度）；和/或图案的至少部分的材料特性（例如折射率、消光系数、材料类型等）；和/或图案的识别（例如区分一图案与另一图案），等。

[0095] 可以比如 $(r_1, r_2, r_3, \dots, r_n; t_1, t_2, t_3, \dots, t_m)$ 的形式来表达量测目标测量配置方案，其中 r_i 是测量的一个或更多个参数，且 t_j 是一个或更多个所测量图案的一个或更多个参数。如应了解， n 和 m 可以是 1。另外，量测目标测量配置方案无需具有测量的一个或更多个参数以及一个或更多个所测量图案的一个或更多个参数两者；其可仅具有测量的一个或更多个参数、或仅具有一个或更多个所测量图案的一个或更多个参数。

[0096] 可使目标经受使用两个量测目标测量配置方案A和B的测量。所述配置方案可例如在所测量的目标所处的处理阶段方面不同（例如，配置方案A在目标包括潜像结构时测量目标，且配置方案B在目标不包括潜像结构时测量目标），和/或在它们的测量的参数方面不同。量测目标测量配置方案A和B可至少在所测量的目标方面不同（例如，配置方案A测量第一目标且配置方案B测量第二不同目标）。量测目标测量配置方案A和B可在它们对目标的测量的参数方面不同。量测目标测量配置方案A和B甚至可以并不基于相同的测量技术。例如，配置方案A可以是以基于衍射的测量为基础的，且配置方案B可基于扫描电子显微镜（SEM）或原子力显微法（AFM）测量。

[0097] 因此，在一实施例中，为了确定将会得到所需过程参数（例如重叠）的准确测量和/或得到对过程可变性而言鲁棒的/稳固的所需过程参数的测量值的一个或更多个量测目标测量配置方案，可对照一个或更多个性能指标评估多个量测目标测量配置方案以识别这样一个或更多个准确和/或稳固的量测目标测量配置方案。这种性能指标实际上是测量方法的性能的预测。测量方法又可用于测量诸如光刻过程之类的过程的性能。

[0098] 现在，图7示出具有不同偏置偏移的目标光栅（重叠光栅）的示意性横截面。这些目标光栅可用作衬底W上的复合目标T中的部件光栅32、33等，如在图3和图4中所见。仅出于示例起见而示出在X方向上具有周期性的光栅。可分离地提供或作为复合目标或一组个别目标的部分来提供具有不同偏置且具有不同定向的这些光栅的不同组合。

[0099] 以图7的(a)开始，目标600形成于被标注为L1和L2的至少两个层中。在下部或底部层L1中，例如光栅的第一周期性结构（下部或底部光栅）是由衬底606上的特征602和空间604形成。在层L2中，例如光栅的第二周期性结构是由特征608和空间610形成。（横截面被绘制成使得特征602、608（例如线）延伸至页面中）。光栅图案在两个层中都以间距P重复。特征602和608可采取线、点、块和通孔的形式。特征602和608可一起被称作重叠光栅。在图7的(a)所示的情形中，不存在归因于未对准而导致的重叠贡献，例如不存在重叠误差且不存在强加偏置，使得第二结构的每个特征608确切地处于第一结构中的特征602上方。

[0100] 在图7的(b)处,示出相同类型的目标,但其具有第一已知偏置 $+d$ 使得第一结构的特征608相对于第二结构的特征向右移位距离 d 。偏置距离 d 实际上可能是几纳米,例如10纳米至20纳米,而间距 P 例如是在300纳米至1000纳米的范围内,例如500纳米或600纳米。在图7的(c)处,描绘另一目标,其具有第二已知强加偏置 $-d$,使得特征608向左移位。针对每个结构的 d 的值无需相同。上文所提及的先前专利申请公开中描述了图7的(a)至图7的(c)所示类型的经偏置重叠光栅。

[0101] 图7的(d)示意性地示出结构不对称性(在此情况下是第一周期性结构中的结构不对称性(底部光栅不对称性))的现象。图7的(a)至图7的(c)的光栅中的特征在实际特征将会在侧部上具有一定斜率且具有一定粗糙度时被示出是具有完美的正方形侧部。然而,至少所述特征的廓形预期是是对称的。第一周期性结构中的图7的(d)处的特征602和/或空间604不再具有对称形式,而是已通过一个或更多个处理步骤变得失真。因此,例如,每个空间的底部表面已变得倾斜(底部壁倾斜)。又例如,特征和空间的侧壁角已变得不对称。由于此不对称性,一目标的总体目标不对称性将包括:与结构不对称性无关的重叠贡献(即,由于第一结构与第二结构的未对准而导致的重叠贡献;重叠贡献自身由重叠误差以及任何已知偏置组成);以及由于目标中的这种结构不对称性导致的结构贡献。

[0102] 当通过图6的方法仅使用两个经偏置光栅来测量重叠时,不能区别过程引发的结构不对称性与由于未对准而导致的重叠贡献,且结果是重叠测量(尤其是用以测量不当的重叠误差)变得较不可靠。目标的第一周期性结构(底部光栅)中的结构不对称性是结构不对称性的常见形式。其可起源于(例如)在最初形成第一结构之后执行的衬底处理步骤,诸如化学机械抛光(CMP)。

[0103] 在全文被以引用方式并入本文中的专利申请公开US2013258310A1中,使用三个或更多个部件光栅以由图6的方法的修改版本来测量重叠。使用图7的(a)至图7的(c)中所示类型的三个或更多个光栅以获得重叠测量,所述重叠测量在一定程度上针对诸如在实际图案化过程中由底部结构不对称性造成的所述目标光栅中的结构不对称性予以校正。在本描述中为了简单起见,将仅使用具有两个经偏置光栅的常规结构以图示本公开的原理。

[0104] 在图8中,曲线702图示了针对在形成目标的个别光栅内(且尤其是底部光栅内)具有零偏移且没有结构不对称性的“理想”目标的重叠 OV 与强度不对称性 A 之间的关系。因此,这种理想目标的目标不对称性仅包括归因于由已知的强加偏置和未知的重叠误差 OV_E 所引起的第一结构与第二结构的未对准的重叠贡献,所述未知重叠误差 OV_E 在此示例中是待测量的性能参数。这个曲线图和图9的曲线图仅图示测量方法所隐含的原理。在每个曲线图中,强度不对称性 A 和重叠 OV 的单位是任意的。

[0105] 在图8的“理想”情形中,曲线702指示强度不对称性 A 具有与重叠的非线性周期性关系(例如正弦关系)。正弦变化的周期 P 对应于光栅的周期或间距 P ,其当然经转换成适当尺度。在此示例中,正弦形式是纯粹的,但在真实情形下可包括谐波。

[0106] 如上文所提及,经偏置光栅(其具有已知的强加重叠偏置)可用于测量重叠,而非依赖于单一测量。此偏置具有在图案形成装置(例如掩模版)(从所述图案形成装置获得所述偏置)中限定的已知值,其充当与所测量强度不对称性对应的重叠的衬底上校准。在附图中,以图形方式图示了所述计算。在步骤S1至S5中,针对分别具有强加偏置 $+d$ 和 $-d$ 的光栅(例如,如图7的(b)和图7的(c)中所示)获得强度不对称性测量值 A_{+d} 和 A_{-d} 。将这些测量值拟

合至正弦曲线得到如图所示的点704和706。在已知偏置的情况下,可计算出真实重叠误差 OV_E 。根据目标的设计,正弦曲线的间距P是已知的。曲线702的竖直尺度一开始是未知的,而且是是可被称作一阶谐波比例常数 K_1 的未知因子。此常数 K_1 是强度不对称性测量值对目标的灵敏度的量度。

[0107] 就方程式而言,假定重叠误差 OV_E 与强度不对称性A之间的关系是:

$$[0108] \quad A_{\pm d} = K_1 \sin(OV_E \pm d) \quad (1)$$

[0109] 其中在使得目标间距P对应于角度 2π 弧度的尺度上表达重叠误差 OV_E 。使用具有不同的已知偏置(例如+d和-d)的光栅的两个测量值,可使用以下方程式来计算重叠误差 OV_E :

$$[0110] \quad OV_E = \text{atan} \left(\frac{A_{+d} + A_{-d}}{A_{+d} - A_{-d}} \cdot \tan(d) \right) \quad (2)$$

[0111] 图9示出引入结构不对称性(例如,图7D中所示出的底部光栅不对称性)的第一效应。“理想”正弦曲线702不再适用。然而,至少近似地,底部光栅不对称性或其它结构不对称性具有将强度移位项 K_0 和相移项 ϕ 添加至强度不对称性 $A_{\pm d}$ 的效应。所得曲线在图中被示出为712,其中标签 K_0 指示所述强度移位项,且标签 ϕ 指示相位偏移项。强度移位项 K_0 和相移项 ϕ 取决于目标和测量辐射的所选择特性(诸如测量辐射的波长和/或偏振)的组合,并且对过程变化敏感。就方程式而言,用于步骤S6中的计算的关系变为:

$$[0112] \quad A_{\pm d} = K_0 + K_1 \sin(OV_E \pm d + \phi) \quad (3)$$

[0113] 在存在结构不对称性的情况下,由方程式(2)描述的重叠模型将提供受到强度移位项 K_0 和相移项 ϕ 影响的、且因此将不准确的重叠误差值。结构不对称性也将引起当映射所述重叠误差时使用一个或更多个不同测量参数(例如测量束波长和/或偏振)进行同一目标的测量的差,这是因为强度和相移取决于波长和/或偏振。

[0114] 经修改步骤S6的重叠计算依赖于某些假定。首先,假定强度不对称性表现为重叠的正弦函数,其中周期P对应于光栅间距。这些假定对目前重叠范围有效。谐波的数目可被设计成小的,这是因为小间距-波长比率仅允许来自光栅的小数目的传播衍射阶。然而,实际上,对由于未对准而导致的对强度不对称性的重叠贡献可能未必是真正地正弦的,且可能未必关于 $OV=0$ 完全对称。

[0115] 在一实施例中,确定了目标的目标不对称性,且因此可确定没有忽略所述结构不对称性的效应,同时允许使用当前目标设计(诸如图4中所示出的目标设计)的重叠。可执行这种确定,作为对图6中所示方法中的步骤S6的修改。在一实施例中,方法可使用真实的衬底测量数据来准确地计算重叠误差,且所述重叠误差可确定用于测量目标的最佳或所需的量测目标测量配置方案。可无需模拟或重新建构。

[0116] 特别地,已观测到,针对所关注的重叠范围,由于结构不对称性所引起的重叠贡献的强度项和相位项两者是与由于未对准所引起的重叠贡献无关的。

[0117] 因此,可依据由于结构不对称性所引起的重叠贡献 OV_{SA} 和与结构不对称性无关的重叠贡献 OV_{NSA} 来表示总重叠 OV (即所测量的重叠):

$$[0118] \quad OV = OV_{NSA} + OV_{SA} \quad (4)$$

[0119] 与结构不对称性无关的重叠贡献 OV_{NSA} 可包括重叠误差 OV_E (多个层的任何非故意的未对准)和/或任何已知的强加偏置d。将由于结构不对称性所引起的重叠贡献 OV_{SA} 分为成分强度项 OV_{SAI} 和相位项 $OV_{SA\phi}$ 会得到:

$$[0120] \quad OV = OV_{NSA} + (OV_{SAI} + OV_{SA\phi}) \quad (5)$$

[0121] 另外,已确定出,由于结构不对称性所引起的重叠贡献的成分强度项 OV_{SAI} 与下部光栅中的结构不对称性BGA成比例(其中 γ 是比例常数):

$$[0122] \quad OV_{SAI} = \gamma * BGA \quad (6)$$

[0123] 假定在强度项 OV_{SAI} 与相位项 $OV_{SA\phi}$ 之间存在关系G(其可被称作过程鲁棒性/稳固性指数):

$$[0124] \quad OV_{SA\phi} = G * OV_{SAI} \quad (7)$$

[0125] 则可将方程式(5)重写为:

$$[0126] \quad OV = OV_{NSA} + \gamma * BGA + G * OV_{SAI}$$

$$[0127] \quad = OV_{NSA} + \gamma * BGA + G * \gamma * BGA$$

$$[0128] \quad = OV_{NSA} + \xi_{BGA} * BGA \quad (8)$$

[0129] 其中 $\xi_{BGA} = \gamma + G * \gamma$ 。假设所述关系函数 ξ_{BGA} 在整个衬底上是恒定的,则通过确定关系函数 ξ_{BGA} ,有可能确定与结构不对称性无关的重叠 OV_{NSA} 。因此,这种重叠测量不包括将组合强度项和相位项二者组合的由于结构不对称性所引起的重叠贡献 OV_{SA} 。恒定关系函数 ξ 也指示过程稳固性指数G在整个衬底上也是恒定的,即使在具有叠层变化的情况下也如此。因此,恒定关系函数 ξ 指示所述量测目标测量配置方案对过程变化而言是稳固的。

[0130] 可通过使用测量参数的两个不同集合来测量衬底上的目标而得到关系函数 ξ_{BGA} 。在此情况下:

$$[0131] \quad OV_A = OV_{NSAA} + \xi_{BGA,A} * BGA_A$$

$$[0132] \quad OV_B = OV_{NSAB} + \xi_{BGA,B} * BGA_B$$

$$[0133] \quad \Delta OV = \xi_{BGA,A} * BGA_A - \xi_{BGA,B} * BGA_B + C \quad (9)$$

[0134] 其中下标A和B分别表示可由于使用测量参数的集合A(配置方案A)和测量参数的集合B(配置方案B)进行的测量而引起的项;且其中 OV_A 和 OV_B 是分别运用测量参数集合A和测量参数集合B的测量的重叠。 ΔOV 是使用测量参数集合A的所测量的重叠 OV_A 与使用测量参数集合B的所测量的重叠 OV_B 之间的差。方程式(9)进一步基于 $OV_{NSAA} = OV_{NSAB} = OV_{NSA}$ 的假定。换言之,假定与结构不对称性无关的重叠是与测量参数无关的。仅所述结构不对称性信号BGA取决于测量参数。

[0135] 测量参数集合A与B可在测量辐射的波长和/或偏振方面不同。

[0136] 在一实施例中,可通过确定在使用测量参数集合A进行的下部光栅中的所测量结构不对称性 BGA_A 、使用测量参数集合B进行的下部光栅中的所测量结构不对称性 BGA_B ,以及在与测量参数集合A与B之间的重叠测量的差 ΔOV 之间的关系来得到关系函数 ξ_{BGA} 。使用 ξ_{BGA} ,可从方程式(9)确定出重叠 $OV_{NSAA} = OV_{NSAB} = OV_{NSA}$ 。

[0137] 叠层差异及光栅不平衡性

[0138] 除了目标中的结构不对称性以外、或替代目标中的结构不对称性,一目标的相邻光栅之间的叠层差异或相邻目标之间的叠层差异也可能是不利地影响测量(诸如重叠测量)的准确度的因素。形成为彼此相邻的复合目标的部件光栅预期会经历相同处理条件。在一实施例中,如果光栅或目标在互相相隔200微米内、互相相隔150微米内、互相相隔100微米内、互相相隔75微米内、互相相隔50微米内、互相相隔40微米内、互相相隔30微米内、互相相隔20微米内或互相相隔10微米内的情况下是相邻的。

[0139] 叠层差异可被理解为用在给定测量方法中的目标的部件光栅之间的实体配置的非故意的差异。叠层差异造成在部件光栅或目标之间的测量辐射的光学特性(例如强度、偏振等)的差异,其是由于除了相邻光栅或目标所共有的结构不对称性、故意偏置、以及重叠误差之外的因素。叠层差异包括但不限于:在相邻光栅或目标之间的厚度差(例如,一个或更多个层的厚度的差,使得一个光栅或目标高于或低于被设计成处于实质上相等高度处的另一光栅或目标)、在相邻光栅或目标之间的折射率差(例如,一个或更多个层的折射率的差,使得用于一个光栅或目标的一个或更多个层的组合的折射率不同于用于另一光栅或目标的一个或更多个层的组合折射率,即使所述另一光栅或目标被设计成具有实质上相等的组合折射率也如此)、在相邻光栅或目标之间的材料的差异(例如,一个或更多个层的材料类型、材料均一性等的差异,使得在用于一个光栅或目标的材料与用于设计成具有实质上相同材料的另一光栅或目标的材料方面存在差异)、在相邻光栅或目标的结构的光栅周期的差异(例如,用于一个光栅或目标的光栅周期与用于被设计成具有实质上相同光栅周期的另一光栅或目标的光栅周期的差异)、相邻光栅或目标的结构深度的差(例如,由于一个光栅或目标的结构深度的蚀刻与被设计成具有实质上相同深度的另一光栅或目标的结构深度的蚀刻的差异)、相邻光栅或目标的特征的宽度(CD)的差(例如,一个光栅或目标的特征的宽度与被设计成具有实质上相同特征宽度的另一光栅或目标的特征宽度的差异),等等。在一些示例中,通过图案化过程中的诸如CMP、层淀积、蚀刻等的处理步骤来引入所述叠层差异。

[0140] 图10示意性地图示出在复合目标的相邻光栅(例如部件光栅)之间不存在叠层差异的情形。为了简单起见,在此示例中不考虑结构不对称性。另外,在图10和图11的示例中,重叠被认是测量参数。将会针对使用专门目标的不同参数测量(诸如CD、焦点、剂量等)进行适当调整。在所有这些情况下,假定所述部件光栅中的不对称性对于测量方法的关键因素。

[0141] 图10A示出一目标的第一光栅1101具有偏置+d且所述目标的相邻第二光栅1106具有偏置-d。第一入射测量辐射束1110照射于第一光栅1101的第一结构1105和第二结构1103上,其中在第一结构1105与第二结构1103之间存在偏置+d。结果,-1衍射阶信号1130和1120分别由第一结构1105和第二结构1103衍射。由第一光栅1101衍射的-1衍射阶信号 $I_{\pm 1}^{+d}$ 可被理解为-1衍射阶信号1130和1120的组合。另外,+1衍射阶信号1150及1140分别由第一结构1105和第二结构1103衍射。由第一光栅1101衍射的+1衍射阶信号 $I_{\pm 1}^{+d}$ 可被理解为+1衍射阶信号1150和1140的组合。因此,由第一光栅1101衍射的-1衍射阶信号 $I_{\pm 1}^{+d}$ 和由第一光栅1101衍射的+1衍射阶信号 $I_{\pm 1}^{+d}$ 可由以下方过程共同地表达:

$$[0142] \quad I_{\pm 1}^{+d} = 1 + C * \cos(\beta \pm \alpha_+) \quad (10)$$

[0143] 其中C指示信号的对比度(其根据光栅设计、测量波长等而变化), $\beta = 4\pi \frac{T}{\lambda}$,T是第一光栅的厚度, λ 是测量辐射波长,相位项 $\alpha_+ = 2\pi \frac{OV+d}{P}$,OV是实际重叠误差(早先描述中的 OV_E ,是由于多个层的任何非故意的未对准而引起的),且P是第一光栅1101的第一结构1105与第二结构1103的间距。

[0144] 在图10B中,根据方程式(10),分别以迹线1160和1170描绘由第一光栅1101衍射的-1衍射阶信号 $I_{-1}^{\pm d}$ 的强度廓形和由第一光栅1101衍射的+1衍射阶信号 $I_{+1}^{\pm d}$ 的强度廓形。

[0145] 类似地,第二入射测量辐射束1115照射第二光栅1106的第一结构1109和第二结构1107,其中在第一结构1109与第二结构1106之间存在偏置-d。在图3中所示出的暗场成像方法的情况下,第一入射测量辐射束1110和第二入射测量辐射束1115可以是同一照射光斑的部分。结果,-1衍射阶信号1135和1125分别由第二光栅1106的第一结构1109和第二结构1107衍射。由第二光栅1106衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{-d} 可被理解成-1衍射阶信号1135和1125的组合。另外,+1衍射阶信号1155和1145分别由第一结构1109和第二结构1107衍射。由第二光栅1106衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{-d} 可被理解成+1衍射阶信号1155和1145的组合。因此,由第二光栅1106衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{-d} 及由第二光栅1106衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{-d} 可由以下过程共同地表达:

$$[0146] \quad I_{\pm 1}^{-d} = 1 + C * \cos(\beta \pm \alpha) \quad (11)$$

[0147] 其中C指示各个信号的对比度, $\beta = 4\pi \frac{T}{\lambda}$,T是第二光栅的厚度, λ 是测量辐射波长,相位项 $\alpha = 2\pi \frac{0V-d}{p}$,0V是实际重叠(由于多个层的任何非故意的未对准引起),且P是第二光栅1106的第一结构1109与第二结构1107的间距。在图10C中,根据方程式(11),分别以迹线1180和1190描绘由第二光栅1106衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{-d} 的强度廓形和由第二光栅1106衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{-d} 的强度廓形。

[0148] 现在,图11图示在具有偏置+d的第一光栅1201与具有偏置-d的相邻第二光栅1206之间存在叠层差异的情形。在此情况下,纯粹作为示例,所述叠层差异是介于多个层之间的厚度的差,如图11A中所示和下文所描述。与图10相似,第一入射测量辐射束1210分别照射第一光栅1201的第一结构1205和第一光栅1201的第二结构1203。结果,-1衍射阶信号1230和1220分别由第一结构1205和第二结构1203衍射。因此,由第一光栅1201衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{-d} 可被理解成-1衍射阶信号1230和1220的组合。另外,+1衍射阶信号1250和1240分别由第一结构1205和第二结构1203衍射。因此,由第一光栅1201衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{-d} 可被理解成+1衍射阶信号1250和1240的组合。

[0149] 相似地,第二入射测量辐射束1215分别照射第二光栅1206的第一结构1209和第二结构1207。结果,-1衍射阶信号1235和1225分别由第一结构1209和第二结构1207衍射。因此,由第二光栅1206衍射的-1衍射阶信号 $I_{-1}^{\pm d}$ 可被理解为-1衍射阶信号1225和1235的组合。另外,+1衍射阶信号1255和1245分别由第一结构1209和第二结构1207衍射。因此,由第二光栅1206衍射的+1衍射阶信号 $I_{+1}^{\pm d}$ 可被理解为+1衍射阶信号1255和1245的组合。

[0150] 作为叠层差异的示例,在第一光栅1201与第二光栅1206之间的一个或更多个层可具有厚度的差,如图11A中所示。然而,在另一示例中,可通过允许在第一光栅1201与第二光栅1206之间的实体配置中存在额外的或替代的非故意的差异的一个或更多个其它因素产生所述叠层差异。例如,可在第一光栅1201相比于第二光栅1206对第一测量辐射束1210较不透明时产生所述叠层差异。例如,可存在第一光栅1201与第二光栅1206之间的材料的差

异(例如,具有不同折射率的相同类型的材料、不同类型的材料,等等)。作为另一示例,可存在在第一光栅1201相对于第二光栅1206的间距的差,即使所述第一光栅1201与第二光栅1206被设计成具有实质上相同间距也如此。叠层差异的这些示例并非是不可能存在叠层差异的仅有方式,且因此不应被认为是限制性的。

[0151] 返回参看方程式(10)和(11),叠层差异可在方程式(10)和(11)中的每个中引入三个额外项。第一项 ΔI_N 指示各个信号的强度的实际改变。第二项 ΔC_N 指示各个信号的对比度的实际改变。第三项 $\Delta\beta$ 指示各个信号的相位的实际改变。所述三个项取决于测量辐射束1210和1215的波长和/或偏振。因此,在存在叠层差异的情况下,由第一光栅1201衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{+d} 和由第一光栅1201衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{+d} 可由以下过程共同地表达:

$$[0152] \quad I_{\pm 1}^{+d} = (1+\Delta I_N) * \{1+C*(1+\Delta C_N)*\cos[(\beta+\Delta\beta)\pm\alpha_+]\} \quad (12)$$

[0153] 在图11B中,根据方程式(12),分别以迹线1260和1262描绘由第一光栅1201衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{+d} 的强度廓形和由第一光栅1201衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{+d} 的强度廓形。

[0154] 在图11D中,根据方程式(12),分别以迹线1270和1272描绘由第一光栅1201衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{+d} 的对比度廓形和由第一光栅1201衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{+d} 的对比度廓形。

[0155] 在图11F中,根据方程式(12),分别以迹线1280和1282描绘由第一光栅1201衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{+d} 的相位廓形和由第一光栅1201衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{+d} 的相位廓形。

[0156] 另外,在存在叠层差异的情况下,由第二光栅1206衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{-d} 和由第二光栅1206衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{-d} 可由以下过程共同地表达:

$$[0157] \quad I_{\pm 1}^{-d} = (1-\Delta I_N) * \{1+C*(1-\Delta C_N)*\cos[(\beta-\Delta\beta)\pm\alpha_+]\} \quad (13)$$

[0158] 在图11C中,根据方程式(13),分别以迹线1264和1266描绘由第二光栅1206衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{-d} 的强度廓形和由第二光栅1206衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{-d} 的强度廓形。因此,与图11B相比,存在强度不平衡性,其可导致测量误差。

[0159] 在图11E中,根据方程式(13),分别以迹线1274和1276描绘由第二光栅1206衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{-d} 的对比度廓形和由第二光栅1206衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{-d} 的对比度廓形。因此,与图11D相比,存在对比度不平衡性,其可导致测量误差。

[0160] 在图11G中,根据方程式(13),分别以迹线1284和1286描绘由第二光栅1206衍射的-1衍射阶信号 I_{-1}^{-d} 的相位廓形和由第二光栅1206衍射的+1衍射阶信号 I_{+1}^{-d} 的相位廓形。因此,与图11F相比,存在相位不平衡性,其可导致测量误差。

[0161] 将第一光栅1201的所测量的强度不对称性 ΔI^{+d} 定义为:

$$[0162] \quad \Delta I^{+d} = I_{+1}^{+d} - I_{-1}^{+d} \quad (14)$$

[0163] 通过将方程式(12)并入方程式(14)中且假定 ΔI_N 和 ΔC_N 是小的,可将 ΔI^{+d} 表达为:

$$[0164] \quad \Delta I^{+d} \approx \frac{4\pi}{P} C(1+\Delta I_N+\Delta C_N)\sin(\beta+\Delta\beta)(OV+d) \quad (15A)$$

[0165] 并且,可将平均强度 \hat{I}^d 表达为:

$$[0166] \quad \hat{I}^d \approx 1 + \Delta I_N + C(1 + \Delta I_N + \Delta C_N) \cos(\beta + \Delta\beta) (q - 4\pi \frac{2dxOV}{p^2}) \quad (15B)$$

$$[0167] \quad \text{其中 } q = 1 - \frac{2\pi^2}{p^2} (OV^2 + d^2)$$

[0168] 相似地,将第二光栅1206的所测量的强度不对称性 ΔI^{-d} 定义为:

$$[0169] \quad \Delta I^{-d} = I_{+1}^{-d} - I_{-1}^{-d} \quad (16)$$

[0170] 通过将方程式(13)并入方程式(16)中且假定 ΔI_N 和 ΔC_N 是小的,可将 ΔI^{-d} 表达为:

$$[0171] \quad \Delta I^{-d} \approx \frac{4\pi}{p} C(1 - \Delta I_N - \Delta C_N) \sin(\beta - \Delta\beta) (OV - d) \quad (17A)$$

[0172] 并且,可将平均强度 \hat{I}^{-d} 表达为:

$$[0173] \quad \hat{I}^{-d} \approx 1 - \Delta I_N + C(1 - \Delta I_N - \Delta C_N) \cos(\beta - \Delta\beta) (q + 4\pi \frac{2dxOV}{p^2}) \quad (17B)$$

[0174] 可通过以下方过程计算经测量重叠 OV_m :

$$[0175] \quad OV_m = d * \frac{\Delta I^d + \Delta I^{-d}}{\Delta I^d - \Delta I^{-d}} \quad (18)$$

[0176] 通过将方程式(14)至(17)并入方程式(18)中,可获得重叠测量中的误差 $\Delta \epsilon_{OV}$ 为:

$$[0177] \quad \Delta \epsilon_{OV} = OV_m - OV \approx d * [1 - (\frac{OV}{d})^2] * [\cot(\beta) * \Delta\beta + \Delta I_N + \Delta C_N] \quad (19)$$

[0178] 当 $\beta \approx 90^\circ$ (针对良好设计的目标)且重叠(OV)是小的(相对于偏置d)时,可将方程式(19)进一步简化为:

$$[0179] \quad \Delta \epsilon_{OV} = OV_m - OV \approx d * (\Delta I_N + \Delta C_N) \quad (20)$$

[0180] 另外,当第一光栅1201和第二光栅1206被良好设计成具有等于或近似等于1的对比度C时, ΔC_N 大致等于零。因此,可将测量误差 $\Delta \epsilon_{OV}$ 进一步简化为:

$$[0181] \quad \Delta \epsilon_{OV} = OV_m - OV \approx d * \Delta I_N \quad (21)$$

[0182] 如根据方程式(19)至(21)可看到,经测量重叠 OV_m 不同于实际重叠OV达由叠层差异产生的测量误差 $\Delta \epsilon_{OV}$ 。因此,可通过校正在相邻光栅或目标之间的叠层差异而改进测量的准确度。可利用对于产生或测量光栅或目标的过程的改变(例如过程偏移)来校正由于所述叠层差异而引起的测量误差,过程的改变例如基于产率(即,为了确定光栅或目标是否准确而对所处理器件的评估)、相邻光栅或目标的横截面的评估,或复杂测量和分析性重新建构。这些方法可以是慢的和/或有破坏性的。它们可仅对校正恒定过程误差有效。另外,通过横截面或产率测量可并未有效地解决相邻光栅或目标的叠层差异的变化。因此,例如,需要评估和校正叠层差异的稳固的解决方案。

[0183] 为了表征所述叠层差异、和叠层差异对所报告测量的影响,可限定一个或多个叠层差异参数。叠层差异参数可以是相邻光栅或目标的实体构造中的非故意差异的量度。另一叠层差异参数可以是被报告测量对叠层差异的灵敏度的量度。叠层差异参数可被用以预测测量方法的性能。此外,如果每个测量有充分信息可用,则校正使用光栅或目标所进行的测量。可在通过图案化过程产生、限定、验证等(例如)器件中自然地使用经校正的测量。即使测量是未经校正的,则大体上或针对每个特定目标的关于测量方法的性能的信息能够

被用来调整影响,所述信息在控制所述图案化过程的过程中被提供给测量。另外或替代地,所述叠层差异参数可用于目标中的一个或更多个的设计(重新设计)中(例如对设计的布局作出改变)、可用于形成相邻光栅或目标中的一个或更多个的过程中(例如对材料作出改变、对印刷步骤或条件作出改变等)、可用于测量条件的公式化中(例如在测量束的波长、偏振、照射模式等方面对光学测量公式化作出改变),等等。

[0184] 作为叠层差异参数的示例,光栅之间的“不平衡性”的指示可通过比较遍及图5中所示类型的图像中的关注区(ROI)使用+1衍射阶和-1衍射阶而形成的两个光栅图像的平均强度来获得。可以与计算不对称性A相同的方式来计算此平均强度,但此平均强度基于光栅的图像的ROI中所记录的强度的和、而非强度的差。平均强度因此可被称作光栅的“对称性”特性S,其中不对称性和对称性的公式是:

$$[0185] \quad A = I^+ - I^-$$

$$[0186] \quad S = I^+ + I^- \quad (22)$$

[0187] 其中 I^+ 表示+1衍射阶辐射的强度且 I^- 表示-1阶衍射辐射的强度。

[0188] 回想起可通过方程式(23)的公式从相同强度值计算参数重叠:

$$[0189] \quad OV \approx d \frac{A_{+d} + A_{-d}}{A_{+d} - A_{-d}} \quad (23)$$

[0190] 其中下标+d和-d指示不同偏置的光栅。根据复合目标中的两个光栅之间的平均强度(对称性)的差,可例如通过以下公式获得参数“光栅不平衡性”:

$$[0191] \quad GI = 2 \frac{S_{+d} - S_{-d}}{S_{+d} + S_{-d}} \quad (24)$$

[0192] 出于上文所解释的原因,此数值GI将在多个目标设计和过程之间发生变化,且在同一基底上的多个目标之间发生变化。所报告的光栅不平衡性也将不同测量配置方案之间发生变化,即使针对相同叠层差异也如此,且可用以避免选择特别敏感的配置方案。即,对于给定目标,一个配置方案可报告显著的光栅不平衡性,而另一配置方案并不如此。然而,此外,已发现对于报告或多或少相等的“光栅不平衡性”的两个配置方案,对重叠测量(或其它所关注参数)的影响可以是非常不同的。换言之,测量方法对光栅不平衡性的灵敏度可在不同设定之间发生显著变化。测量方法对光栅不平衡性的这种灵敏度(“GI灵敏度”)是可通过下文将要描述的方法预测的方法的性能参数的示例。

[0193] 图12示意性地图示出当对同一目标使用两个不同测量配置方案(a)和(b)时所报告的重叠OV和光栅不平衡性GI。为了获得每个样本点,使用上述公式从图像计算重叠和光栅不平衡性。为了获得点的广泛分布,这些样本是通过处理ROI内的图像的小的区、而非处理ROI整体,来获得的局部重叠和GI值。实际上,小的区可小达个别像素,但可视需要选择几个像素的区。在每个绘图中,对照OV和GI来绘制样本。在绘图(a)中,可见所报告GI值关于平均值 GI_{ref} 广泛地变化,且存在所报告重叠的相关变化。在绘图(b)中,对于同一目标,存在光栅不平衡性的相似变化,但重叠值并未被此系统地影响。

[0194] 通过诸如线性回归的统计分析,在每个绘图中对所绘制数据进行线的拟合。绘图(a)中的线1302具有显著斜率,而图(b)中的线1304是实质上水平的。线的斜率表示当使用配置方案(a)或(b)时的测量方法的灵敏度,且可用作测量方法的性能的预测,其具有上文

所提及的益处。配置方案 (b) 可被选择用于在未来例如基于线1304的较低斜率来测量这类型的目标。替代地,在使用配置方案 (a) 的情况下,线1302的斜率可用来报告不确定值(误差条)。

[0195] 线1302的斜率和高度也可用以基于所报告GI值和所报告重叠值来计算校正,以将所报告重叠调整至标称线1306。因而,例如,测量方法可包括校正步骤,其中使具有如绘制于1308处的重叠和光栅不平衡性的测量值的目标经受校正并且被报告为具有对应于点1310的值。

[0196] 虽然原则上极其有价值,但那些益处仅在统计分析可用于每个测量的情况下得以实现。为了计算“基于像素的‘重叠’”和“光栅不平衡性”,实际上需要两个像素:正偏置光栅中的一个像素和负偏置光栅中的一个像素。可以与获得ROI中的强度值不同的许多方式进行这种组合:可在所述像素的原始定向中将它们进行组合(例如组合正偏置光栅的左上方像素与负偏置光栅的左上方像素),或可使图像相对于彼此旋转(例如组合PB光栅的左上方与NB光栅的右下方),或可翻转图像。这些许多可能性中的哪个是“正确”组合取决于确切目标布局和存在的处理效应的类型,且这并非是先验已知的。

[0197] 为了解决所述问题,可简单地计算像素的所有可能组合的效应。然而,这可能容易地导致针对大批量制造情形的运算工作量较大,其超出了实时可用的运算工作量。例如,考虑每个ROI是由区域 50×50 像素组成的情况,这种计算将会需要 $(50 \times 50) \times (50 \times 50) = 6250000$ 个不同的像素组合。因此,针对每个测量将会产生诸如图12中的绘图将会是不切实际的。

[0198] 已认识到,可仅利用单个光栅获得测量方法的性能的等效预测。即使将会针对不同光栅计算出性能的预测以增加统计相关性,但运算负担仍将会是有限的且易于实时实现。可将这个观点解释如下。由于如上所限定的光栅不平衡性基本上是两个光栅的平均强度S的差,故其可仅在所述光栅中的至少一个的对称性S(平均强度)改变的情况下改变。同时,由于根据所述两个光栅的不对称性A来计算了重叠,因此光栅不平衡性可仅在若所述两个光栅中的至少一个的不对称性改变的情况下改变。因此,也可在个别光栅的不对称性相对于强度(或“对称性”)的绘图中找到图12的绘图中所示的信息。

[0199] 图13图示了光栅的叠层和其它特性实际上将在每个单个光栅内在一定程度上变化,而不仅在不同光栅之间变化。这种变化用于所披露方法中,以便探查所述测量方法对于一定范围的对称性和不对称性条件的响应。

[0200] 图14示意性地图示了在本发明的一个实施例中的方法的实施。复合目标的光栅图像被示出,其呈与以上关于图4所描述相同的形式。在左侧,存在使用(比如)+1阶衍射辐射而形成的四个光栅图像42+至45+;而在右侧,形成有相同复合目标的四个光栅图像42-至45-,但其使用-1阶衍射辐射而形成。(如何标记次序是选择问题,且不同部件光栅的+1阶和-1阶衍射辐射可出现于同一图像中)。

[0201] 与在已知测量方法中一样,使用来自整个ROI的平均强度来计算重叠、或其它不对称性相关的所关注参数。这种计算是以点划线针对Y定向光栅进行图示。基于以上的方程式(23),针对每个光栅计算不对称性,且接着组合不同偏置光栅的不对称性以获得重叠值OV。

[0202] 为了获得重叠测量方法的性能的预测,额外的像素程度处理由实线表示。对于一对图像(例如图像45+和45-)的ROI内的每个像素p,得到像素间的差以计算不对称性值A,且

得到像素间的平均值以计算对称性值S。在给出例如50×50像素的ROI的情况下,因此将获得2500个单独的样本点。并非绝对有必要使用与OV计算相同的ROI的像素。然而,通过将它们保持相同或相似,可期望针对特定OV测量的GI灵敏度是最准确的。

[0203] 图15示出绘图(a)和(b),它们看起来非常类似于图12中的绘图,但其仅仅是每像素不对称性值A和对称性值S的绘图。(为了简单起见,示出少于2500个点)。在确认此方法所隐含的假定是正确的情况下,发现在真实测量中这些样本点的分布关于配置方案(a)和(b)非常类似于图12中所绘制的重叠和光栅不平衡性值的分布。然而,因为仅从一个光栅的图像导出这些值,所以避免了与每像素重叠和光栅不平衡性的计算相关联的复杂性和运算负担。诸如线性回归的统计分析被用来对于由配置方案(a)获得的数据分布拟合成线1502,并且对于由配置方案(b)获得的数据拟合成线1504。如前所述,每个线的斜率提供根据对应配置方案的测量方法的性能的预测。至少根据此性能参数可看到,配置方案(a)是“不良”配置方案且配置方案(b)是“良好”配置方案。如上文已经论述,能够预测到测量方法在诸如对光栅不平衡性的灵敏度的参数方面的性能会允许可改进配置方案的选择。替代地或另外,可报告可靠度值(例如“误差条”)连同针对目标整体而报告的重叠值。在已知针对整个ROI所报告的重叠和光栅不平衡性的情况下,从单一ROI获得的拟合线1502的斜率和高度可用来将校正应用至所报告的重叠测量,从而归一化来自如图12(a)所示的点1308至点1310的结果。图14中所示出的计算和图15中所示出的数据容易与测量方法自身一起实时地实现。

[0204] 以数学术语,GI灵敏度的计算的推导如下。回想起上文关于重叠和GI的方程式,可针对正偏置光栅将GI和OV的导数计算为:

$$[0205] \quad \frac{dGI}{dS_{+d}} = 2 \frac{1}{S_{+d} + S_{-d}} \left(1 - \frac{1}{2} GI\right) \quad (25)$$

[0206] 和

$$[0207] \quad \frac{dOV}{dA_{+d}} = \frac{d}{A_{+d} - A_{-d}} \left(1 - \frac{OV}{d}\right) \quad (26)$$

[0208] 这得到对GI灵敏度的表达式,所述表达式是:

$$[0209] \quad \frac{dOV}{dGI} = \frac{\frac{d}{A_{+d} - A_{-d}} \left(1 - \frac{OV}{d}\right) dA_{+d}}{2 \frac{1}{S_{+d} + S_{-d}} \left(1 - \frac{1}{2} GI\right) dS_{+d}} = \frac{d}{SS} \cdot \left(\frac{1 - OV/d}{1 - \frac{1}{2} GI}\right) \cdot \frac{dA_{+d}}{dS_{+d}} \quad (27)$$

[0210] 其中SS是被如下计算的“叠层灵敏度”参数:

$$[0211] \quad SS = 2 \frac{A_{+d} - A_{-d}}{S_{+d} + S_{-d}} \quad (28)$$

[0212] 且其中形式为 dA_{+d}/dS_{+d} 的项是在不对称性与对称性之间的关系斜率,其是通过图14和图15的方法所获得的每像素不对称性和对称性值的统计分析而获得。

[0213] 概括上述关于GI灵敏度的表达式,可针对正偏置光栅而书写如下:

$$[0214] \quad \frac{dOV}{dGI} \approx \frac{d}{SS} \cdot \left(\frac{1 - OV/d}{1 - GI/2}\right) \cdot \frac{dA}{dS} \Big|_{+d} \quad (29)$$

[0215] 且针对负偏置光栅而书写如下：

$$[0216] \quad \frac{dOV}{dGI} \approx -\frac{d}{SS} \cdot \left(\frac{1+OV/d}{1+GI/2} \right) \cdot \frac{dA}{dS} \Big|_{-d} \quad (30)$$

[0217] 在假定OV相对于偏置值的小值且也假定小GI的情况下，可将上述过程的近似值书写为：

$$[0218] \quad \frac{dOV}{dGI} \approx \frac{d}{SS} \cdot \frac{dA}{dS} \Big|_{+d}$$

$$[0219] \quad \frac{dOV}{dGI} \approx -\frac{d}{SS} \cdot \frac{dA}{dS} \Big|_{-d} \quad (31)$$

[0220] 针对小OV和小GI重写这些方程式，以下关系适用：

$$[0221] \quad \bar{A}_{-1} \approx -\bar{A}_{+d}$$

$$[0222] \quad \bar{S}_{-d} \approx \bar{S}_{+d} \quad (32)$$

[0223] 其中横条指示遍及所有个别像素的A值和S值的平均值。

[0224] 将这些方程式代入关于GI灵敏度的方程式，发现关于两个光栅的方程式变得相同：

$$[0225] \quad \frac{dOV}{dGI} \approx \frac{d}{2} \cdot \frac{d(A/\bar{A})}{d(S/\bar{S})} \quad (33)$$

[0226] 且此方程式(33)根据用以获得光栅图像的配置方案来提供用于计算GI灵敏度的公式，作为测量重叠的方法的性能预测。因此，提议以此方式通过确定在不对称性(+1阶与-1阶之间的差)与“对称性”(+1阶与-1阶的和或平均值)之间的关系来确定对光栅不平衡性的灵敏度。

[0227] 可针对每个所采集ROI来确定这个GI灵敏度值，且因此无需担心ROI的正确定向，且相比于用来计算每像素重叠和每像素GI所需的排列，运算工作量得以极大地减少。原则上单一ROI足够，但一般而言将存在至少两个ROI。两个斜率通常是相似的，这是由于两个光栅的特性不能是非常不同的。为了将两个斜率归结为单个数，它们可例如被平均化。这可容易扩展至每方向存在多于两个光栅垫的多偏置情境。假定GI灵敏度和GI在X方向与Y方向之间可完全不同，且因此将会针对X和Y分离地测量和计算所有参数。

[0228] 由于这个运算是简单的且可快速地完成，故可在每个单一点处计算和报告灵敏度。可将灵敏度与正常光栅不平衡性进行组合以产生“重叠影响数目”，其例如以纳米为单位来表达，重叠影响数目也可每点地进行报告。对于特定测量而言是特定的重叠影响数目可进一步用来校正重叠值。可在配置方案选择期间使用这些值来避免不良设定，或可在运行时间期间使用这些值以检查测量的可靠度且检查所选择配置方案是否仍是良好选择(此所选择配置方案可例如由于过程中的漂移而已被改变)。这些值可同样用于新量测目标的设计中，以减少在给定测量配置方案下的GI灵敏度。

[0229] 不仅测量配置方案可以按数种方式变化，而且量测目标设计也可以按数种方式变化。可存在诸如临界尺寸、侧壁角、间距等的一个或更多个参数的变化。可评估多个候选量

测目标设计,每个设计示出这些参数中的一个或更多的变化。相似地,可依据诸如波长和/或偏振的参数来改变测量特性。因此,可评估多个量测目标测量配置方案,每个配置方案示出这些参数中的一个或更多的变化。

[0230] 图16是根据示例性实施例的量测目标测量配置方案选择的方法的流程图。在1600处,采集用于第一量测目标测量配置方案的测量辐射强度值,且针对目标内的一个或更多个周期性结构获得局部不对称性和对称性值(例如,每像素不对称性和对称性值)。在1610处,确定不对称性A与对称性S之比的数据的拟合的斜率。在1620处,将量测目标测量配置方案的拟合的斜率与在先前或随后获得的另一不同量测目标测量配置方案的拟合的斜率进行比较。在1630处,确定所述量测目标测量配置方案中的哪一种具有较佳的拟合斜率。例如,斜率较接近于、或等于0的量测目标测量配置方案指示了从相邻光栅的测量获得的基于重叠或相似的不对称性的测量将对叠层差异(光栅不平衡性GI)的变化不敏感。因此,此斜率是可用以区分较佳量测目标测量配置方案与具备斜率远非0的另一量测目标测量配置方案的性能的预测。在1640处,视情况根据1600至1630来评估一个或更多个另外量测目标测量配置方案。在1650处,基于对拟合的斜率的分析而输出一个或更多个所需的量测目标测量配置方案。

[0231] 图17是图示一过程的流程图,在所述过程中量测目标用以监测性能,且用作用于控制量测过程、设计过程和/或生产过程的基础。在步骤1700中,处理衬底以产生产品特征和一个或更多个量测目标,例如图4中所示出的类型的目标。在步骤1710处,使用例如图6的方法来测量和计算图案化过程性能参数(例如重叠)的值。视情况,基于GI灵敏度信息和所测量的叠层差异,根据上文参考图12的上文所描述的方法来计算图案化过程性能参数的校正值。在步骤1720处,可使用所确定的图案化过程参数值(连同如可用的其它信息)来对量测目标测量配置方案进行更新、改变等等。替代地或另外,使用测量方法自身的性能的预测(例如通过上文所描述的方法确定的GI灵敏度量度)以从多个可能配置方案之中确定较佳量测目标测量配置方案。经更新、改变等的量测目标测量配置方案可用于图案化过程参数的后续测量(例如,用于随后处理衬底上的图案化过程参数的测量)。以此方式,所计算的图案化过程参数的准确度可得以改进。可视需要自动化进行所述更新过程。在步骤1730中,可使用图案化过程参数值来对光刻图案化步骤/设备和/或图案化过程中的其它过程步骤/设备进行控制、修改、设计等,以用于例如返工和/或用于另外衬底的处理。并且,可视需要使这种更新自动化。

[0232] 可通过本发明中所描述的概念可能地获得以下特征中的一个或更多个:为了校正内联测量中的重叠误差测量的叠层差异(GI)测量连同GI灵敏度可用来获得较准确的重叠测量;可使用GI灵敏度来识别过程稳固的量测目标测量配置方案;和/或可从所计算的叠层差异(GI)确定所需的量测目标测量配置方案。

[0233] 本文中所述的方法可无需新的掩模版设计、无需量测设计的改变和/或无需量测目标面积增大。所述方法也能够扩宽应用,例如,所述叠层差异可用于过程稳定性监测。

[0234] 虽然实施例已集中于+1和-1衍射阶辐射,但可考虑和处理其它衍射阶的辐射。

[0235] 虽然上文所披露的实施例在基于衍射的重叠测量(例如,使用图3A中所示的设备的第二测量支路进行的测量)方面加以描述,但原则上相同模型可用于基于光瞳的重叠测量(例如,使用图3A中所示设备的第一测量支路进行的测量)。因此,应了解,本文中所描述

的概念可适用于基于衍射的重叠测量和基于光瞳的重叠测量。例如,取决于实施方式,其可以是用以测量所述场图像支路(传感器23)中的GI灵敏度且接着应用学习以预测对使用光瞳图像传感器19进行的测量的GI灵敏度的解决方案。换言之,其可被认是获得使用与用于测量方法自身中的传感器不同的传感器进行的测量方法的性能的预测。

[0236] 虽然已主要在重叠测量方面描述本发明中所描述的量测目标的实施例,但本文中所述的量测目标的实施例可用以测量一个或更多个额外或替代的图案化过程参数。例如,经适当设计的量测目标可用以测量曝光剂量变化、测量曝光焦点/散焦、测量CD等,所述测量都基于成对偏置光栅之间的不对称性差异。另外,此处的描述也可在适当具有修改的情况下应用于例如光刻设备中使用对准标记进行的衬底和/或图案形成装置对准。相似地,可确定用于对准测量的适当配置方案。

[0237] 虽然上文所描述的目标是出于测量目的而专门设计和形成的量测目标,但在其他实施例中,可测量关于作为形成于衬底上的器件的功能部分的目标的特性。许多器件具有类似于光栅的规则周期性结构。如本文中所使用的术语“目标”、“光栅”或目标的“周期性结构”无需专门地针对正在执行的测量来设置适用的结构。另外,量测目标的节距P接近于测量工具的光学系统的分辨率极限,但可比由图案化过程在目标部分C中所制造的典型产品特征的尺寸大得多。实际上,可将光栅的特征和/或空间制造成包括在尺寸上与产品特征类似的较小结构。

[0238] 与如实现于衬底和图案形成装置上的目标的实体结构相关联,实施例可包括包含一个或更多个机器可读指令序列和/或功能数据的计算机程序,其描述了描述目标设计、描述设计用于衬底的目标的方法、描述在衬底上产生目标的方法、描述测量衬底上的目标的方法和/或描述分析测量以获得关于图案化过程的信息的方法。这种计算机程序可例如在图3的设备中的单元PU和/或图2的控制单元LACU内被执行。也可提供存储有这种计算机程序的数据存储介质(例如,半导体存储器、磁盘或光盘)。在现有量测设备(例如,图3所示类型的现有检查设备)已在生产和/或在使用的情况下,能够通过提供已更新的计算机程序产品来实施本发明,用于使处理器执行本文中所描述的方法中的一个或更多个(例如,用以计算如本文中所描述的重叠误差)。所述程序可选地可被布置成控制所述光学系统、衬底支撑件和类似物来执行测量对合适多个目标的图案化过程的参数(例如测量以确定关于合适多个目标的叠层差异和/或结构不对称性和/或确定重叠误差)的方法。所述过程能够更新图案化过程和/或量测配置方案的参数,以用于另外衬底的测量。所述过程可被布置成用以控制(直接或间接地)光刻设备以用于图案化和处理另外衬底。

[0239] 本发明的实施例可采取如下形式:计算机程序,其包含描述如本文所披露的方法的机器可读指令的一个或更多个序列;或数据储存介质(例如半导体存储器、磁盘或光盘),其具有储存于其中的这种计算机程序。另外,可以用两个或更多个计算机程序体现机器可读指令。所述两个或更多个计算机程序可被储存于一个或更多个不同存储器和/或数据储存介质上。

[0240] 本文所披露的一个或更多个方面可被嵌入于控制系统中。本文中所描述的任何控制系统可在一个或更多个计算机程序由位于所述设备的至少一个部件内的一个或更多个计算机处理器读取时各自或组合地操作。所述控制系统可各自或组合地具有用于接收、处理和发送信号的任何合适配置。一个或更多个处理器被配置成与控制系统中的至少一个通

信。例如,每个控制系统可包括用于执行包括用于上文所描述的方法的机器可读指令的计算机程序的一个或更多个处理器。控制系统可包括用于储存这些计算机程序的数据储存介质,和/或用以容纳这种介质的硬件。因此,所述控制系统可根据一个或更多个计算机程序的机器可读指令而操作。

[0241] 虽然上文已具体参考在光学光刻术的上下文中对实施例的使用,但应了解,本发明的实施例可用于其他应用(例如,压印光刻术)中,且在上下文允许的情况下不限于光学光刻术。在压印光刻术中,图案形成装置中的形貌限定了产生于衬底上的图案。图案形成装置的形貌可以被压制到被供应至所述衬底的抗蚀剂层中,在衬底上,抗蚀剂通过施加电磁辐射、热、压力或其组合而被固化。在抗蚀剂被固化之后,将所述图案形成装置件移出抗蚀剂,从而在其中留下图案。

[0242] 本文中所使用的术语“辐射”和“束”包含所有类型的电磁辐射,包括紫外(UV)辐射(例如,具有或约为365nm、355nm、248nm、193nm、157nm或126nm的波长)以及极紫外(EUV)辐射(例如,具有在5nm至20nm范围内的波长),以及粒子束,诸如离子束或电子束。

[0243] 在上下文允许的情况下,术语“透镜”可指代各种类型的光学部件中的任一个或其组合,包括折射型、反射型、磁性型、电磁型和静电光学部件。

[0244] 特定实施例的前述描述将充分地揭露本发明的实施例的一般特性,使得在不背离本发明的一般概念的情况下,其他人能够通过应用本领域的技术范围内的知识针对各种应用而容易地进行修改和/或调适这些特定实施例,而无需过多的实验。因此,基于本文中所呈现的教导和引导,这些调适和修改旨在属于所披露实施例的等效物的意义和范围内。应理解,本文中的措辞或术语是出于例如描述而非限制的目的,以使得本说明书的术语或措辞将会由本领域技术人员按照所述教导和引导进行解释。

[0245] 本发明的广度和范围不应受上述示例性实施例中的任一个实施例的限制,而应仅根据下列权利要求和其等效物进行限定。

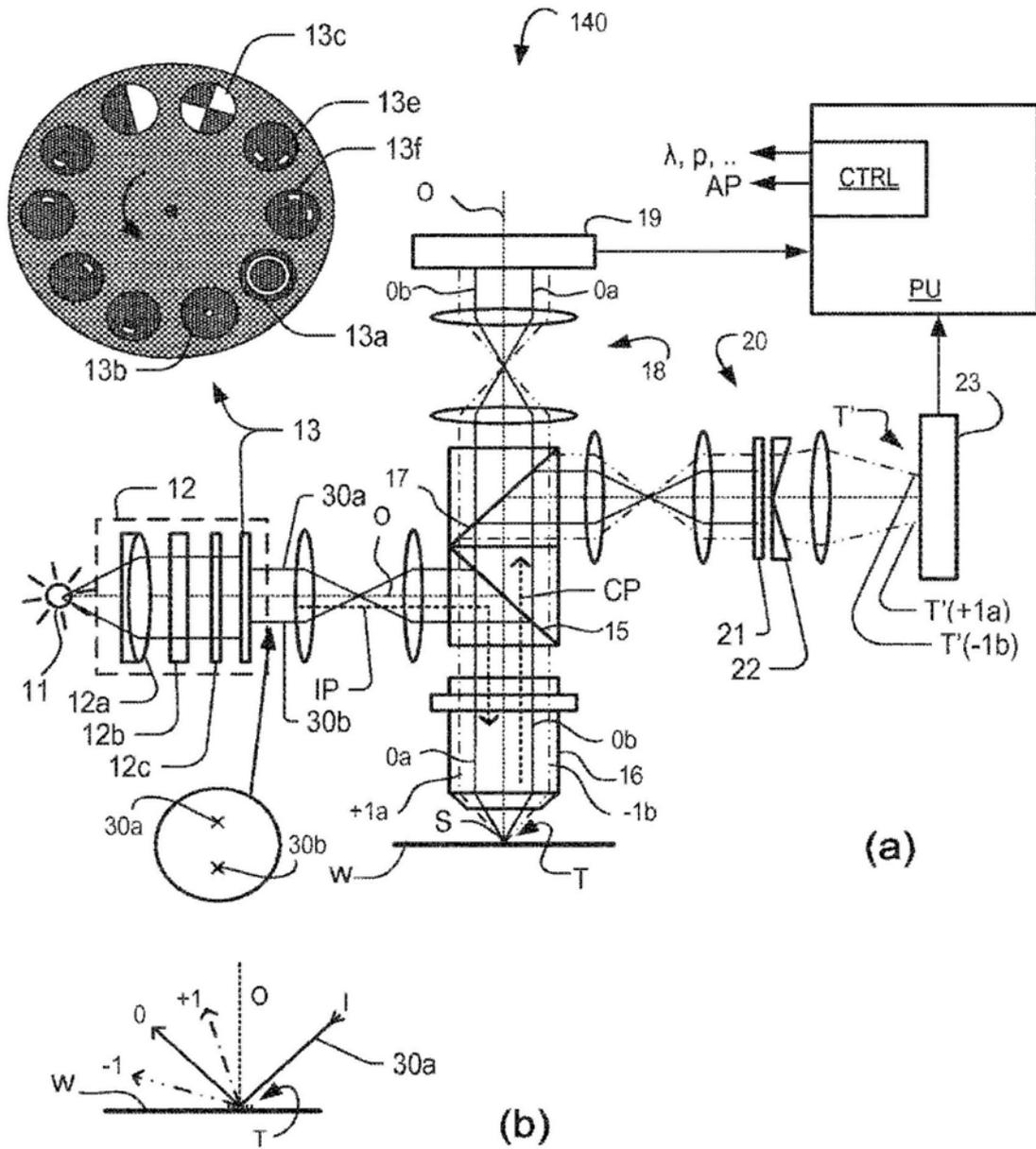


图3

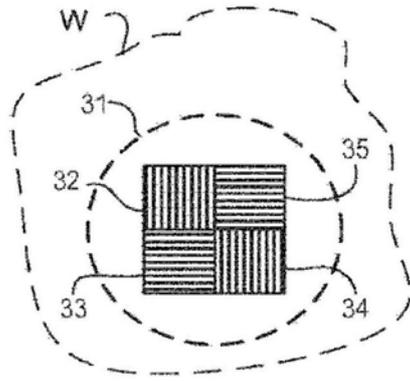


图4

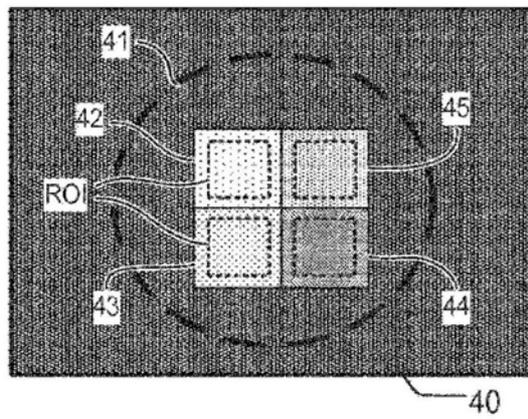


图5

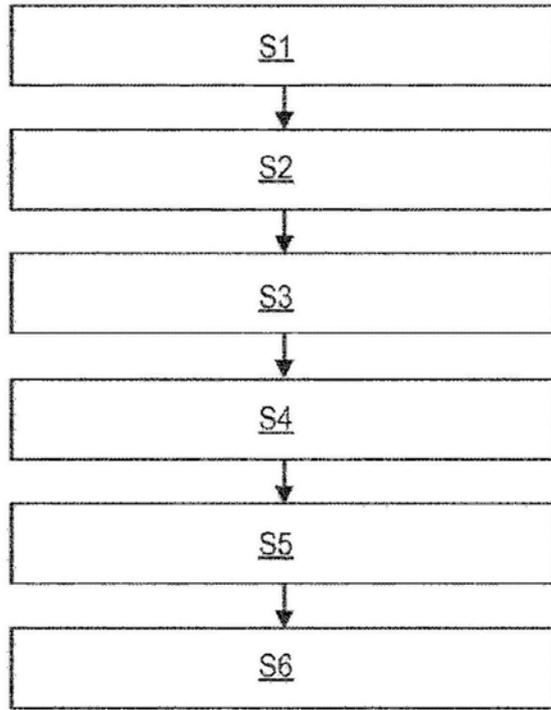


图6

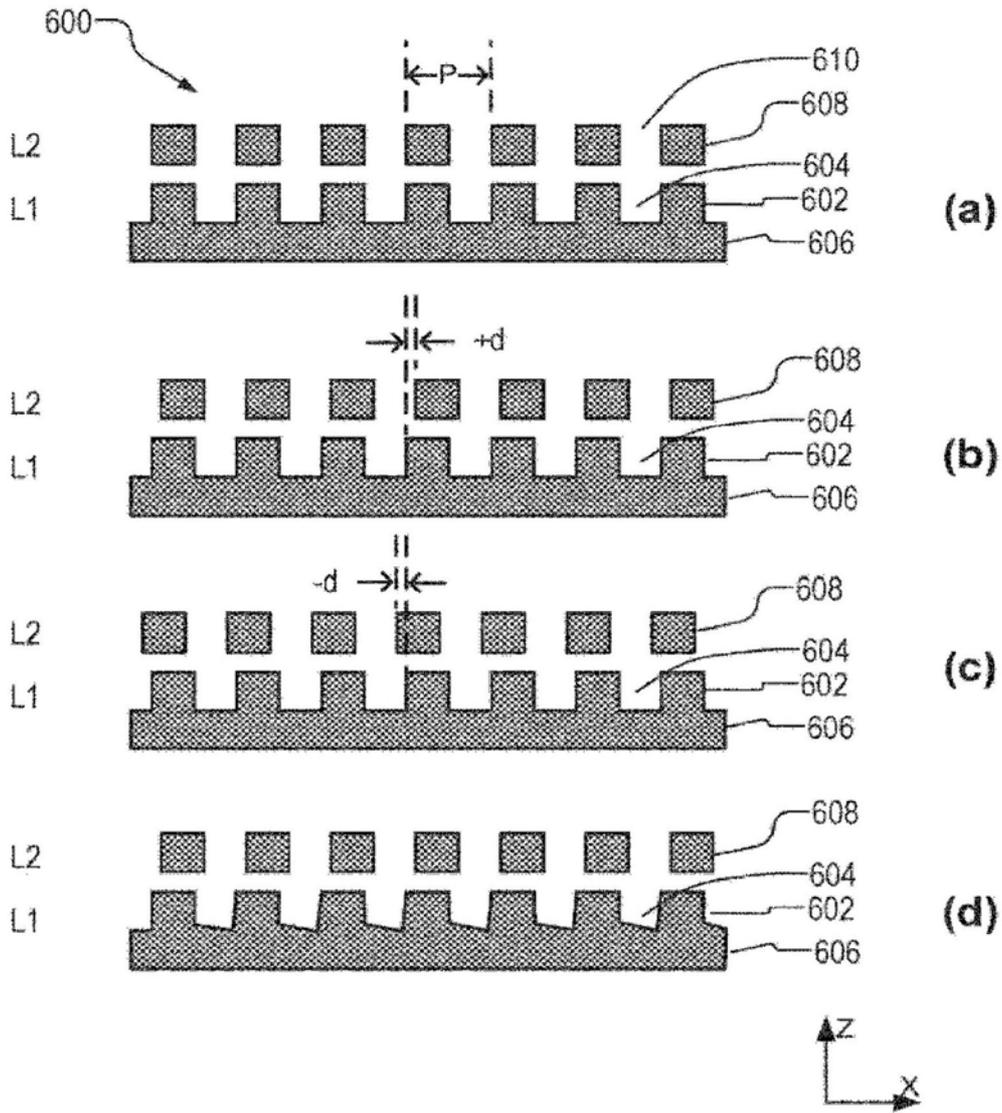


图7

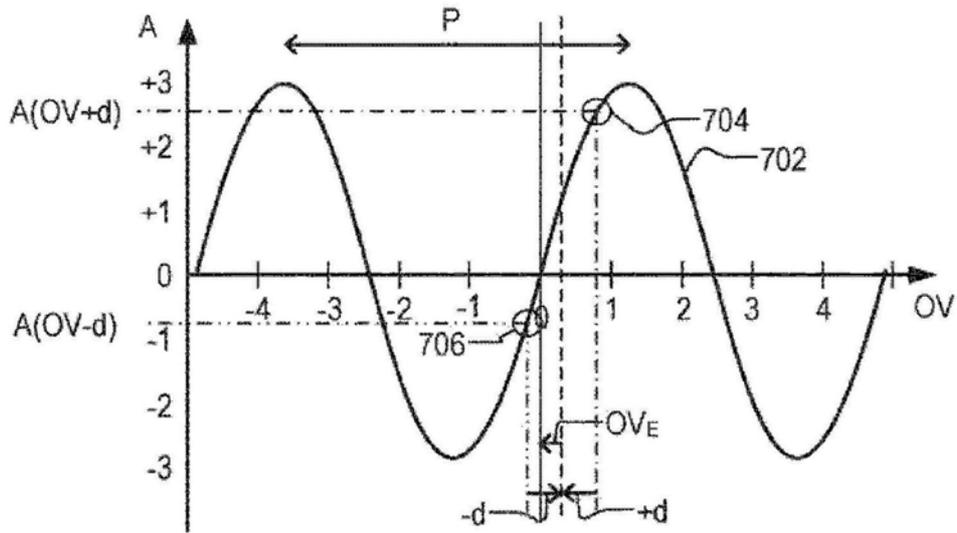


图8

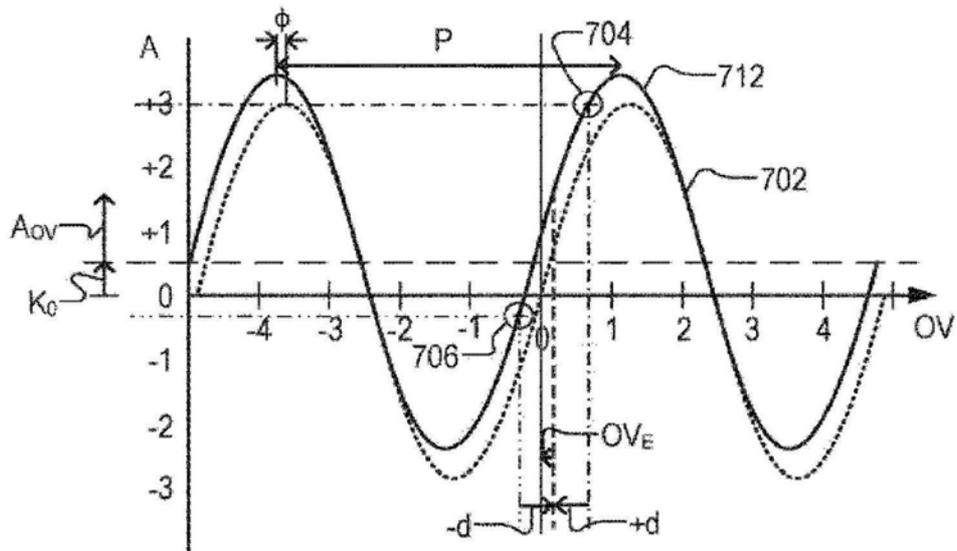


图9

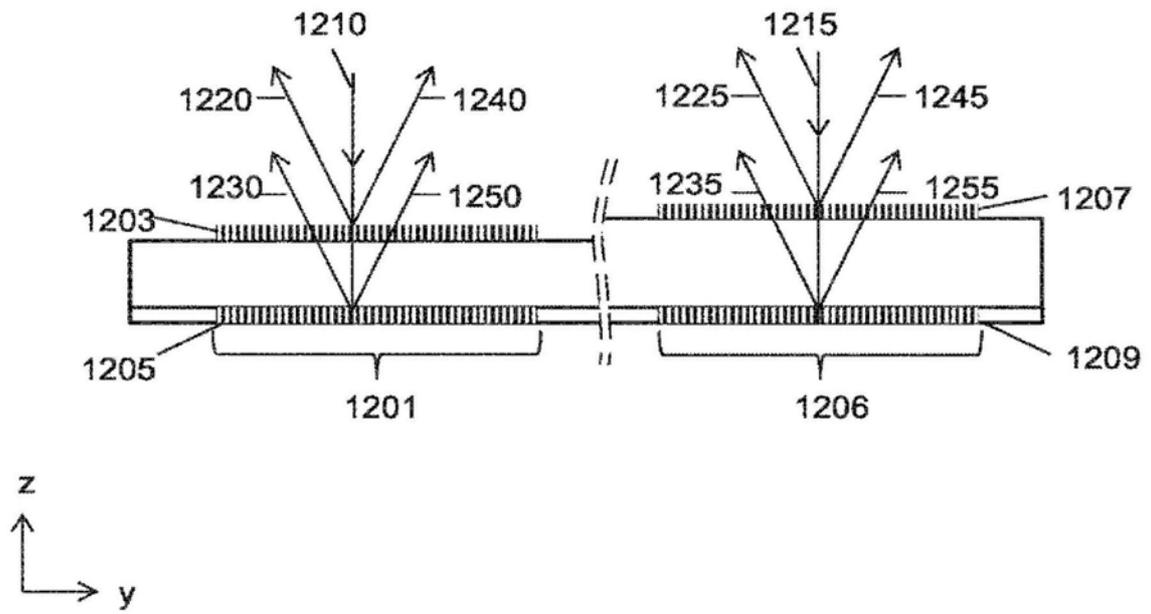


图11A

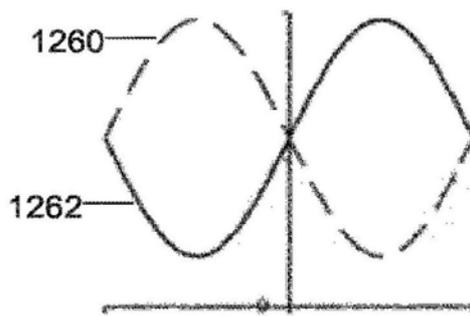


图11B

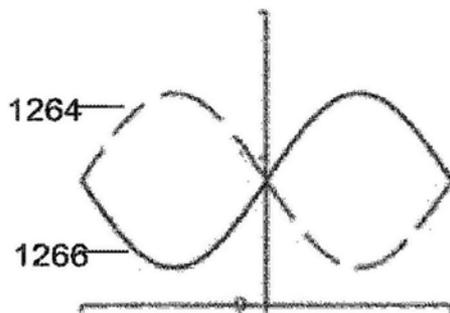


图11C

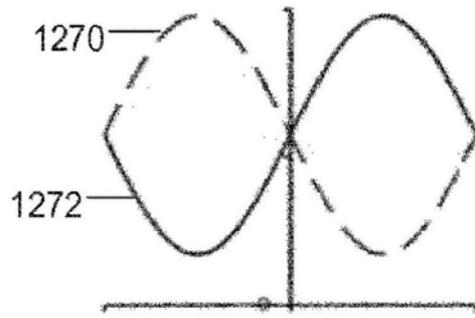


图11D

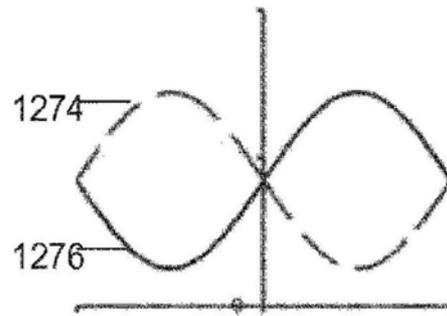


图11E

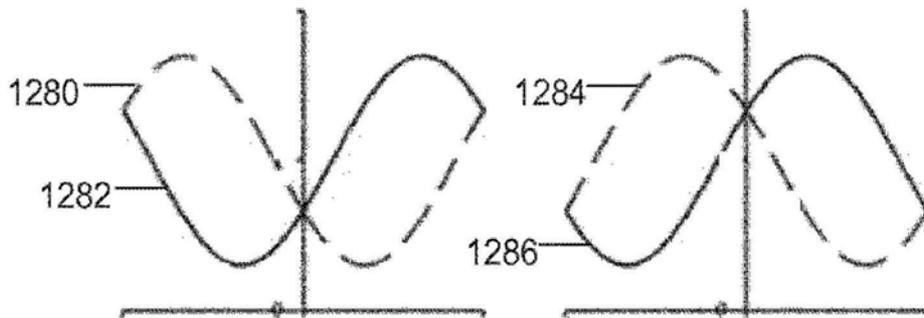


图 11F

图 11G

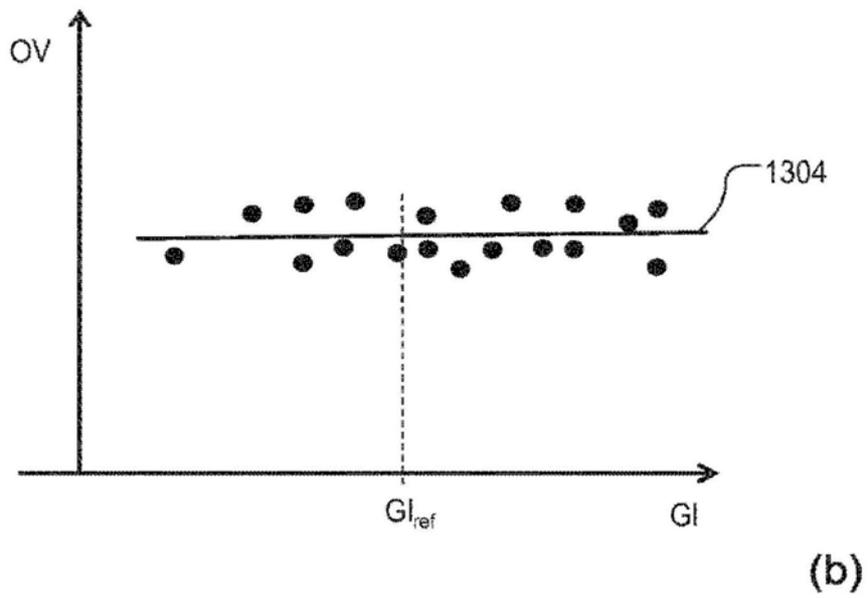
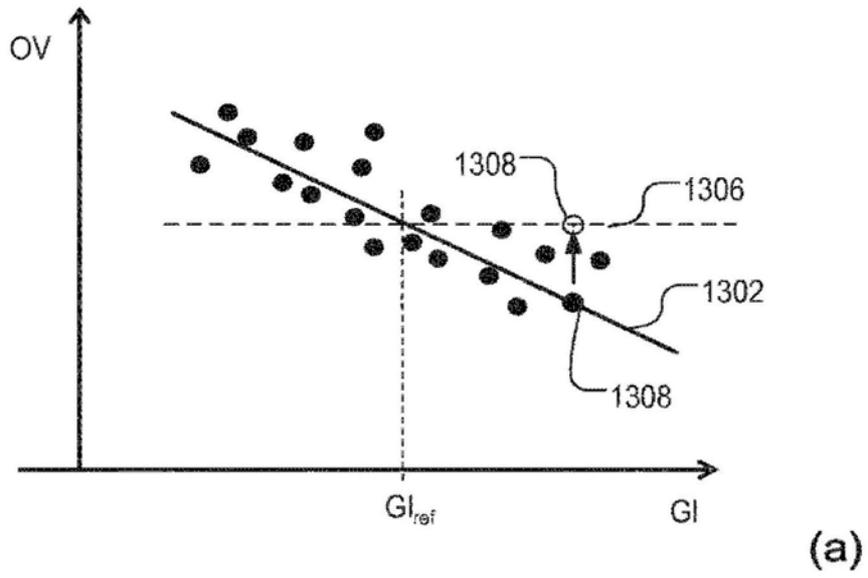


图12

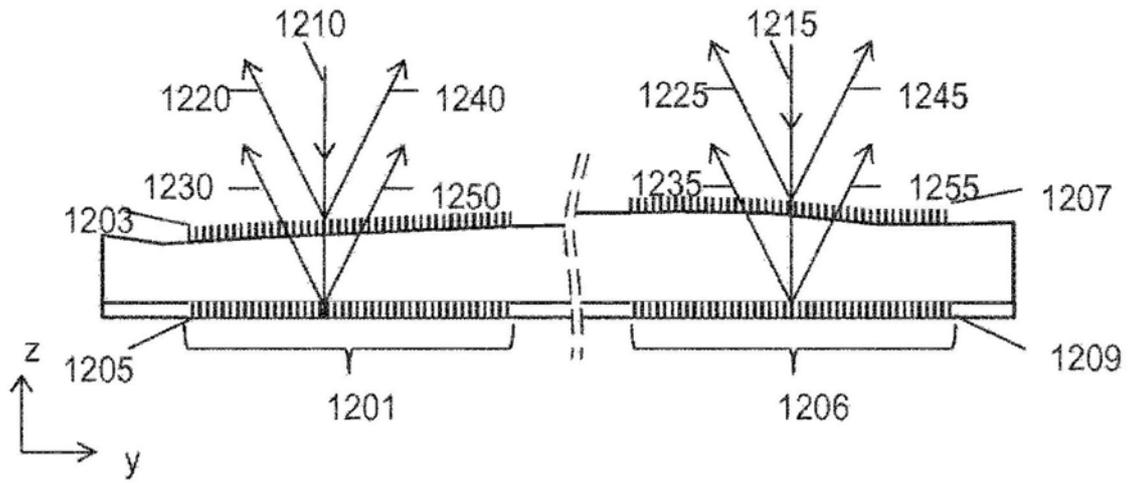


图13

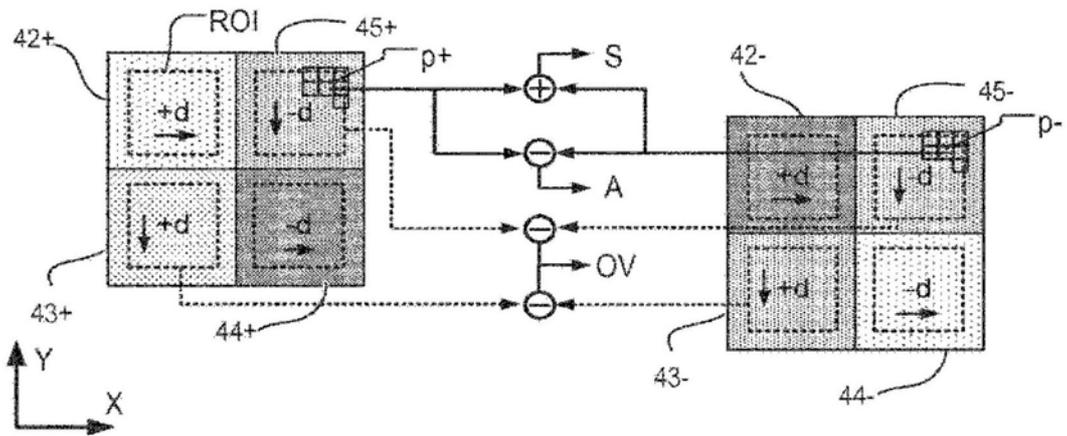


图14

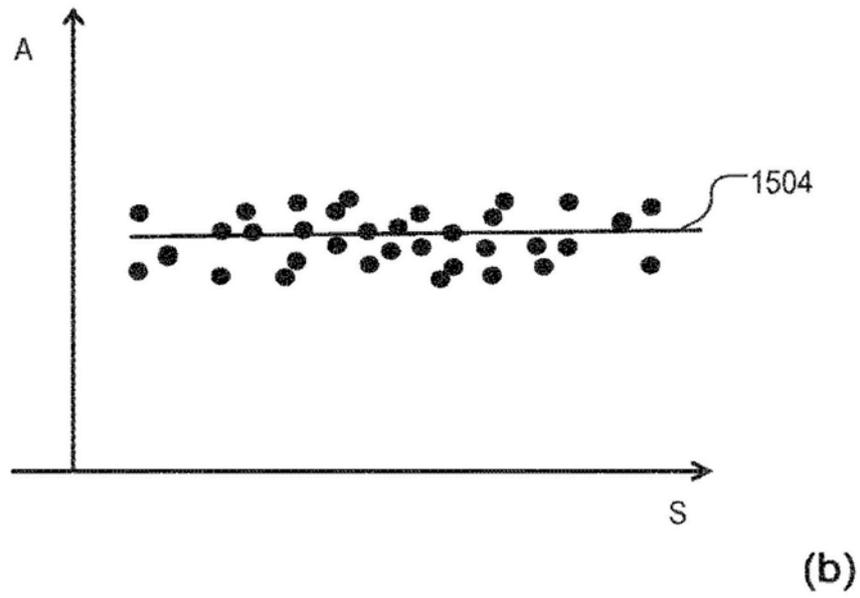
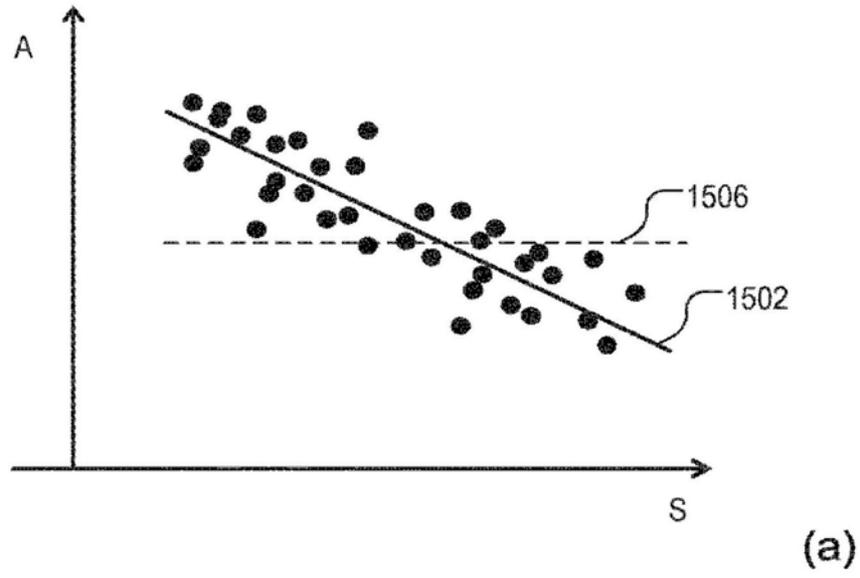


图15

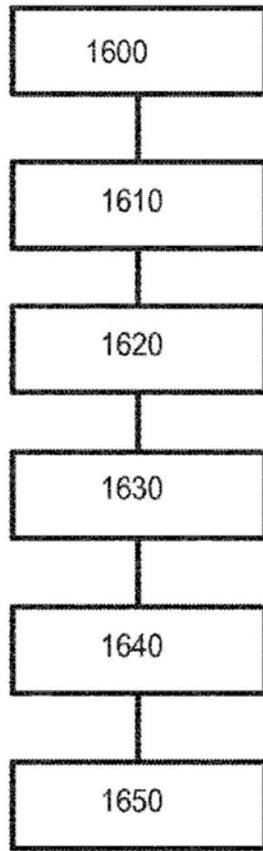


图16

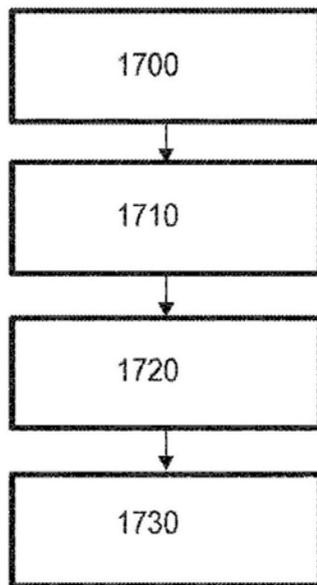


图17