



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112166384 B

(45) 授权公告日 2023.05.23

(21) 申请号 201980034022.0

(22) 申请日 2019.05.02

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112166384 A

(43) 申请公布日 2021.01.01

(30) 优先权数据
18173977.2 2018.05.24 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.11.20

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/061174 2019.05.02

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/223976 EN 2019.11.28

(73) 专利权人 ASML荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 王甲 J·F·F·克林坎梅尔
李华

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

专利代理师 胡良均

(51) Int.Cl.
G03F 9/00 (2006.01)

审查员 武晓卫

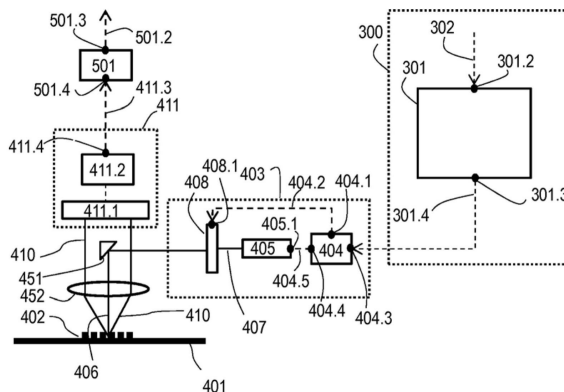
权利要求书3页 说明书15页 附图8页

(54) 发明名称

用于确定标记检测系统中的测量束的期望
波长带宽的带宽计算系统和方法

(57) 摘要

公开了一种用于确定标记检测系统中的测量束的期望波长带宽的带宽计算系统,该带宽计算系统包括处理单元,该处理单元被配置为基于标记几何形状信息确定期望波长带宽,标记几何形状信息包括表示标记的深度的标记深度信息。在一个实施例中,期望波长带宽是基于标记检测误差函数的周期和/或方差参数。本发明还涉及包括该带宽计算系统的标记检测系统、位置测量系统和光刻设备、以及用于确定期望波长带宽的方法。



1. 一种用于确定标记检测系统中的测量束的期望波长带宽的带宽计算系统,所述标记检测系统用于检测对象上或对象中存在的标记,所述带宽计算系统包括:

处理单元,被配置为通过如下操作来基于标记几何形状信息确定所述期望波长带宽,所述标记几何形状信息包括表示标记的深度的标记深度信息:

基于所述标记深度信息确定标记检测误差函数的周期和/或方差参数,所述标记检测误差函数表示作为所述测量束的所述波长的函数的、所述标记的实际位置与所述标记的确定位置之间的差异,以及

分别基于所述周期和/或所述方差参数确定所述期望波长带宽。

2. 根据权利要求1所述的带宽计算系统,其中所述处理单元被配置为基于所述标记几何形状信息确定包括所述测量束的分量的反射束的反射光信号强度,并且基于所述反射光信号强度确定所述期望波长带宽。

3. 根据权利要求1或2所述的带宽计算系统,其中

所述对象是衬底,

所述标记深度信息表示所述测量束被配置为从所述标记的顶表面传播到底反射界面的距离。

4. 根据权利要求3所述的带宽计算系统,其中所述距离乘以所述测量束从所述顶表面传播到所述底反射界面所通过的材料折射率大于 $1\mu\text{m}$ 。

5. 一种用于检测对象上或对象中存在的标记的标记检测系统,包括:

根据权利要求1至4中的任一项所述的带宽计算系统,

辐射单元,包括:被配置为容纳辐射源的辐射源保持器、以及被配置为控制所述辐射源的控制单元,所述辐射源被配置为朝向所述标记发射测量束,所述测量束包括在具有基于所述期望波长带宽的选定宽度的波长带宽内的辐射,以及

检测单元,包括:

检测器,被配置为检测反射束,所述反射束包括所述测量束的被所述标记反射的分量,以及

处理单元,被配置为基于由所述检测器检测的反射束来确定所述标记的位置。

6. 根据权利要求5所述的标记检测系统,还包括所述辐射源,其中所述测量束的所述波长带宽的所述选定宽度在10nm至100nm之间。

7. 根据权利要求6所述的标记检测系统,其中所述测量束的所述波长带宽的所述选定宽度在15nm至80nm之间。

8. 根据权利要求6所述的标记检测系统,其中所述测量束的所述波长带宽的所述选定宽度在20nm至70nm之间。

9. 根据权利要求6所述的标记检测系统,其中所述测量束的所述波长带宽的所述选定宽度在20nm至40nm之间。

10. 根据权利要求6所述的标记检测系统,其中所述测量束的所述波长带宽的所述选定宽度在35nm至55nm之间。

11. 一种用于检测对象上或对象中存在的标记的标记检测系统,包括:

根据权利要求1至4中的任一项所述的带宽计算系统,

辐射单元,包括:

辐射源保持器，

辐射源，被布置在所述辐射源保持器中，被配置为朝向所述标记发射包括在具有选定宽度的波长带宽中的辐射的测量束，以及

控制单元，被配置为控制所述辐射源，

检测单元，包括：

检测器，被配置为检测反射束，所述反射束包括所述测量束的、被所述标记反射的分量，以及

处理单元，被配置为基于由所述检测器检测的所述反射束来确定所述标记的位置，

其中所述波长带宽的所述选定宽度在10nm至100nm之间。

12. 根据权利要求11所述的标记检测系统，其中所述波长带宽的所述选定宽度在15nm至80nm之间。

13. 根据权利要求11所述的标记检测系统，其中所述波长带宽的所述选定宽度在20nm至70nm之间。

14. 根据权利要求11所述的标记检测系统，其中所述波长带宽的所述选定宽度在20nm至40nm之间。

15. 根据权利要求11所述的标记检测系统，其中所述波长带宽的所述选定宽度在35nm至55nm之间。

16. 根据权利要求11所述的标记检测系统，其中：

所述辐射单元包括：多个辐射源保持器、以及被配置为被布置在所述多个辐射源保持器中的多个辐射源，每个辐射源被配置为朝向所述标记发射包括在包括中心波长的波长带宽中的辐射的测量束，

所述多个辐射源的所述波长带宽包括不同的中心波长和/或不同的宽度，

所述带宽计算系统的所述处理单元还被配置为基于所述期望波长带宽选择所述多个辐射源中的一个，以及

所述辐射单元的所述控制单元被配置为控制所选择的辐射源以发射所述测量束。

17. 根据权利要求11至16中的任一项所述的标记检测系统，其中所述检测单元的所述处理单元被配置为基于所述反射束与参考束之间的相位差、或正负级反射束之间的相位差，来确定所述标记的所述位置。

18. 一种用于确定包括至少一个标记的对象的位置的位置测量系统，包括：

根据权利要求5或11所述的标记检测系统，被配置为检测所述对象的所述至少一个标记；以及

处理单元，被配置为基于由所述标记检测系统检测到的所述至少一个标记来确定所述对象的位置。

19. 一种光刻设备，包括：

投影系统，被配置为将图案投影到包括至少一个标记的衬底上，

衬底支撑件，被配置为保持所述衬底，以及

根据权利要求18所述的位置测量系统，被配置为通过确定所述衬底上的至少一个标记的位置来确定所述衬底的位置。

20. 根据权利要求19所述的光刻设备，还包括衬底定位系统，所述衬底定位系统被配置

为基于由所述位置测量系统确定的所述衬底的所述位置,来控制所述衬底支撑件的运动。

21. 一种用于确定标记检测系统中的测量束的期望波长带宽的方法,所述方法包括:

基于标记几何形状信息确定所述期望波长带宽,其中所述标记几何形状信息包括表示标记的深度的标记深度信息,

其中基于标记几何形状信息确定所述期望波长带宽包括:

基于所述标记深度信息确定标记检测误差函数的周期和/或方差参数,所述标记检测误差函数表示作为所述测量束的所述波长的函数的、所述标记的实际位置与所述标记的确定位置之间的差异,以及

分别基于所述周期和/或所述方差参数确定所述期望波长带宽。

用于确定标记检测系统中的测量束的期望波长带宽的带宽计算系统和方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年5月24日提交的欧洲申请18173977.2的优先权,其全部内容通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及标记检测技术领域。

背景技术

[0004] 光刻设备是一种被构造成将期望图案应用到衬底上的机器。光刻设备可以用于例如集成电路(IC)的制造中。光刻设备可以例如将图案形成装置(例如,掩模)的图案(通常也称为“设计布局”或“设计”)投影到设置在衬底(例如,晶片)上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上。

[0005] 随着半导体制造工艺的不断进步,电路元件的尺寸不断减小,同时每个器件的功能元件(诸如晶体管)的数量在数十年间一直在稳定增长,遵循通常被称为“摩尔定律”的趋势。为了跟上摩尔定律,半导体行业正在寻求能够形成越来越小的特征的技术。为了在衬底上投影图案,光刻设备可以使用电磁辐射。该辐射的波长决定被图案化在衬底上的特征的最小尺寸。当前使用的典型波长是365nm(i线)、248nm、193nm和13.5nm。与使用例如波长为193nm的辐射的光刻设备相比,使用波长在4nm至20nm范围内(例如,6.7nm或13.5nm)的极紫外(EUV)辐射的光刻设备可以在衬底上形成更小的特征。

[0006] 在复杂器件的制造中,通常执行很多光刻图案化步骤,从而在衬底上的连续层中形成功能特征。因此,光刻设备的性能的关键方面是相对于在先层中铺设(通过相同的设备或不同的光刻设备)的特征正确且准确地放置所施加的图案的能力。为此,衬底设置有一组或多组标记。每个标记是其位置可以在稍后使用位置传感器(通常是光学位置传感器)进行测量的一种结构。位置传感器可以被称为“对准传感器”,并且标记可以被称为“对准标记”。

[0007] 光刻设备可以包括一个或多个(例如,多个)对准传感器,通过该对准传感器,可以准确地测量设置在衬底上或衬底中的对准标记的位置。对准(或位置)传感器可以使用诸如衍射和干涉等光学现象来从形成在衬底上的对准标记获取位置信息。当前光刻设备中使用的对准传感器的示例是基于如US6961116中所述的自参考干涉仪。例如,如US2015261097A1中公开的,已经开发了位置传感器的各种增强和修改形式。所有这些出版物的内容均通过引用并入本文。

[0008] 标记或对准标记可以包括一系列条,这些条形成在设置在衬底上的层之上或之中,或者(直接)形成在衬底中。这些条可以规则地间隔开并且用作光栅线,使得标记可以被认为具有公知的空间周期(节距)的衍射光栅。取决于这些光栅线的取向,可以设计标记以允许沿着X轴或沿着Y轴(其基本上垂直于X轴取向)的位置的测量。包含相对于X轴和Y轴两者以+45度和/或-45度布置的条的标记允许使用US2009/195768A(其通过引用并入)中所

述的技术进行X和Y组合测量。

[0009] 对准传感器利用辐射斑点光学地扫描每个标记以获取诸如正弦波的周期性变化的信号。分析该信号的相位,以确定标记相对于对准传感器的位置,并且从而确定衬底相对于对准传感器的位置,对准传感器又相对于光刻设备的参考框架是固定的。可以提供与不同的(粗略的和精细的)标记尺寸相关的所谓的粗略和精细标记,使得对准传感器可以区分周期性信号的不同周期以及周期中的准确位置(相位)。不同节距的标记也可以用于此目的。

[0010] 测量标记的位置还可以提供关于其上设置有标记的衬底的变形的信息,例如以晶片栅格的形式。当衬底暴露于辐射时,衬底的变形例如可以通过将衬底静电夹持到衬底台和/或加热衬底来发生。

[0011] 对准标记的位置的确定过程的错误或误差可能导致投影在衬底上的图案的错误。另外,如果无法获取令人满意的测量,则对准标记可能会被拒绝。单个衬底的太多对准标记被拒绝会导致衬底被拒绝,从而减慢了衬底的制造速度并且导致良率损失。光刻技术的最新发展(诸如所谓的3D-NAND工艺和线远后端(FBEOL)层)已经导致具有更大堆叠深度的衬底,例如,具有更多层或更厚的层。对于这些衬底,可能会出现标记深度较大的标记。已经发现,特别是在具有较大标记深度的衬底中,不仅对准标记出现更多变化,这使得测量的可预测性较差,例如,由于层厚度和/或标记深度的变化,而且更经常地,对准标记的位置的确定包含由于标记变形而引起的误差。对于这样的衬底,标记深度、标记材料和标记几何形状通常由制造衬底的过程决定,而不是被设计成优化对准过程。

[0012] W018010979A1(其通过引用并入本文)涉及测量来自衬底的两层的目标之间的重叠,其提出选择测量束的特定波长以实现更鲁棒且可靠的测量。

[0013] Nicol ó Morgana等人在Proc.SPIE 9426的Optical Microlithography XXVIII的94260S(2015年3月26日)的“Rigorous wafer topography simulation for investigating wafer alignment quality and robustness”中提出了一种宽带光测量束,以在使用对比方法确定标记位置而不是相位差方法时减少测量对过程变化的敏感性。

发明内容

[0014] 本发明的目的是提供一种用于确定标记位置的改进方案。

[0015] 该目的通过一种用于确定标记检测系统中的测量束的期望波长带宽的带宽计算系统来实现,该带宽计算系统包括被配置为基于标记几何形状信息确定期望波长带宽的处理单元。

[0016] 根据本发明,考虑到标记的几何形状,计算测量束的期望波长带宽。发明人发现,通过将测量束的波长带宽调节为标记的几何形状,可以更准确地确定标记。标记几何形状信息可以例如包括表示标记的深度的标记深度信息、和/或表示在标记中使用的材料或上述材料的衍射指数的标记材料信息、和/或表示由包括被标记反射的测量束的分量的不同反射束传播的光程差的光程差信息、和/或表示根据标记的制造过程中的公差的不对称性或标记的可能的不对称性的标记不对称性信息、和/或表示(特别是在标记上方)标记的层的材料和/或厚度和/或数量的对象信息。

[0017] 在一个实施例中,标记几何形状信息包括表示标记的深度的标记深度信息。根据

该实施例,考虑到标记的深度,计算测量束的期望波长带宽。发明人发现,通过将测量束的波长带宽调节到标记的深度,可以更准确地确定标记。

[0018] 在一个实施例中,处理单元被配置为基于上述标记深度信息确定标记检测误差函数的周期和/或方差参数,上述标记检测误差函数表示作为测量束的波长的函数的标记的实际位置与标记的确定位置之间的差异,以及分别基于周期和/或方差参数确定期望波长带宽。有利地,可以通过考虑标记检测误差函数的这些特性来减少标记检测误差。

[0019] 在一个实施例中,处理单元被配置为基于上述标记几何形状信息确定包括测量束的分量的反射束的反射光信号强度,并且基于反射光信号强度确定期望波长带宽。通过选择适当的波长带宽,可以确保基本上所有的测量都满足被布置为检测反射束的检测器的传感器的阈值,从而避免标记被拒绝。

[0020] 在一个实施例中,带宽计算系统还包括被配置为向操作者通知期望波长带宽的操作者信息模块。这使得操作者可以相应地例如通过选择适当的辐射源来布置测量束。

[0021] 在一个实施例中,带宽计算系统还包括被配置为接收标记几何形状信息的输入端子。这样,标记深度信息可以例如从光刻工艺的输入模块或另一处理单元接收。

[0022] 在一个实施例中,对象是衬底,并且标记深度信息表示测量束被配置为从标记的顶表面传播到底反射界面的距离。本发明对于这种应用特别有利。在另一实施例中,上述距离乘以测量束从上述顶表面传播到底反射界面所通过的材料折射率大于 $1\mu\text{m}$ 。发明人已经发现,对于这种衬底,特别地,可能出现标记检测误差,这种错误可以通过本发明至少被减少。

[0023] 本发明还涉及一种用于检测对象上或对象中存在(例如,被一个或多个层重叠)的标记的标记检测系统,该标记检测系统包括:根据本发明的带宽计算系统;辐射单元,包括被配置为容纳辐射源的辐射源保持器和被配置为控制上述辐射源的控制单元,上述辐射源被配置为朝向标记发射测量束,测量束包括在具有基于期望波长带宽的选定宽度的波长带宽内的辐射。该标记检测系统还包括检测单元,该检测单元包括:被配置为检测反射束的检测器,反射束包括被标记反射的测量束的分量;以及处理单元,被配置为基于由检测器检测的反射束来确定标记的位置。因此,本发明提供了一种标记检测系统,其中测量束的波长带宽的选定宽度基于由带宽计算系统确定的期望波长带宽。这样,标记检测误差被减少和/或更加可预测。

[0024] 在一个实施例中,标记检测系统还包括辐射源,其中测量束的波长带宽的选定宽度在10至100nm之间,可选地在15至80nm之间,例如在20至70nm之间,例如在20至40nm之间或者在35至55nm之间。已经发现,这种波长带宽相对于当前使用的用于衬底的常规辐射源提供了改进。

[0025] 本发明还涉及一种用于检测对象上或对象中存在的标记的标记检测系统,该标记检测系统包括辐射单元,该辐射单元包括:辐射源保持器;布置在辐射源保持器中的辐射源,该辐射源被配置为朝向标记发射包括在具有选定宽度的波长带宽中的辐射的测量束;以及被配置为控制上述辐射源的控制单元。该标记检测系统还包括检测单元,该检测单元包括:被配置为检测反射束的检测器,反射束包括被标记反射的测量束的分量;以及被配置为基于由检测器检测的反射束来确定标记的位置的处理单元。上述波长带宽的选定宽度在10至100nm之间,可选地在15至80nm之间,例如在20至70nm之间,例如在20至40nm之间或者

在35至55nm之间。已经发现,这种波长带宽相对于当前使用的用于衬底的常规辐射源提供了改进。

[0026] 在根据本发明的标记检测系统中的一个实施例中,辐射源被配置为发射宽带束,其中辐射单元还包括布置在上述宽带束的光路中并且被配置为将宽带束转换为测量束的滤波器,其中测量束的波长带宽的选定宽度小于宽带束的波长带宽的宽度。有利地,辐射源可以是配置为发射宽带辐射(例如,白光)的标准辐射源,并且滤波器用于为测量束提供具有基于期望宽度的选定宽度的波长带宽。

[0027] 在另一实施例中,其中标记检测系统还包括带宽计算系统,滤波器被配置为可适配的,使得测量束的波长带宽的选定宽度是可适配的,带宽计算系统的处理单元还被配置为基于期望波长带宽确定滤波器的操作设置,并且辐射单元的控制单元被配置为根据上述操作设置来控制滤波器。有利地,例如发射宽带辐射的单个辐射源可以用于多种测量束并且因此可以用于多种标记。

[0028] 在一个实施例中,标记检测系统还包括适于布置在辐射源保持器中的多个辐射源,其中每个辐射源被配置为发射在具有不同宽度的波长带宽中的辐射。这样,可以使用最适当的辐射源。

[0029] 在一个实施例中,辐射单元包括多个辐射源保持器和被配置为布置在多个辐射源保持器中的多个辐射源,每个辐射源被配置为朝向标记发射测量束,测量束包括在包括中心波长的波长带宽中的辐射,多个辐射源的波长带宽包括不同的中心波长和/或不同的宽度。带宽计算系统的处理单元还被配置为基于期望波长带宽选择多个辐射源中的一个,并且辐射单元的控制单元配置为控制所选择的辐射源发射测量束。这样,可以使用最适当的辐射源。

[0030] 在一个实施例中,检测单元的处理单元被配置为基于反射束与参考束之间的相位差来确定标记的位置。已经发现,本发明在这种应用中特别有利,因为测量的准确性受标记深度的影响。

[0031] 本发明还涉及一种用于确定包括至少一个标记的对象的位置的位置测量系统,该位置测量系统包括被配置为检测对象的至少一个标记的根据本发明的标记检测系统、以及被配置为基于由标记检测系统检测到的至少一个标记来确定对象的位置的处理单元。根据本发明的测量束的波长带宽提高了位置确定的准确性。

[0032] 本发明还涉及一种光刻设备,该光刻设备包括:被配置为将图案投影到包括至少一个标记的衬底上的投影系统;被配置为保持衬底的衬底支撑件;以及根据本发明的位置测量系统,被配置为通过确定衬底上的至少一个标记的位置来确定衬底的位置。根据本发明的测量束的波长带宽提高了衬底位置的确定准确性。

[0033] 在一个实施例中,光刻设备还包括衬底定位系统,被配置为基于由位置测量系统确定的衬底的位置来控制衬底支撑件的运动。根据本发明的测量束的波长带宽提高了确定衬底的位置以及确定衬底支撑件的运动的准确性。

[0034] 本发明还涉及一种用于确定标记检测系统中的测量束的期望波长带宽的方法,该方法包括用于确定标记检测系统中的测量束的期望波长带宽的方法。根据本发明,考虑到标记的几何形状,计算测量束的期望波长带宽。发明人发现,通过将测量束的波长带宽调节到标记的深度可以更准确地确定标记。

[0035] 在一个实施例中,标记几何形状信息包括表示标记的深度的标记深度信息。在标记的深度确定期望波长带宽是特别有利的。

[0036] 在一个实施例中,该方法还包括:基于上述标记深度信息确定标记检测误差函数的周期和/或方差参数,上述标记检测误差函数表示作为测量束的波长的函数的标记的实际位置与标记的确定位置之间的差异,以及分别基于上述周期和/或上述方差参数确定期望波长带宽。有利地,可以通过考虑标记检测误差函数的这些特性来减少标记检测误差。

[0037] 本发明还涉及一种用于检测对象上或对象中存在的标记的方法,该方法包括:根据本发明的方法确定根据本方法的测量束的期望波长带宽;朝向标记发射测量束,其中测量束包括在具有选定宽度的波长带宽内的辐射,该选定宽度是基于期望波长带宽。该方法还包括:检测包括被标记反射的测量束的分量的反射束,以及基于上述反射束确定标记的位置。通过基于由带宽计算系统确定的期望波长带宽来布置测量束的波长带宽的选定宽度,标记检测误差可以得到减小和/或可以更加可预测。

[0038] 本发明还涉及一种用于检测衬底上或衬底中的标记的方法,该方法包括根据本发明的方法确定测量束的期望波长带宽;朝向标记发射测量束,其中测量束包括在具有基于期望波长带宽的选定宽度的波长带宽内的辐射,其中测量束被配置为传播从标记的顶表面传播到底反射界面的距离,上述距离由标记深度信息表示,可选地,上述距离乘以测量束传播所通过的材料的折射率大于 $1\mu\text{m}$ 。该方法还包括检测包括被标记反射的测量束的分量的反射束,以及基于上述反射束确定标记的位置。通过基于由带宽计算系统确定的期望波长带宽来布置测量束的波长带宽的选定宽度,标记检测误差可以得到减小和/或可以更容易预测。

[0039] 在一个实施例中,用于检测对象上或对象中的标记的方法或者用于检测衬底上或衬底中的标记的方法还包括:基于期望波长带宽确定滤波器的操作设置,其中上述滤波器布置在宽带束的光路中并且被配置为将宽带束转换为测量束,其中测量束的波长带宽的选定宽度小于宽带束的波长带宽的宽度。该方法还包括根据上述操作设置来控制滤波器。有利地,辐射源可以是配置为发射宽带辐射(例如,白光)的标准辐射源,并且滤波器用于为测量束提供具有基于期望宽度的选定宽度的波长带宽。

[0040] 在一个实施例中,用于检测对象上或对象中的标记的方法或者用于检测衬底上或衬底中的标记的方法还包括:基于期望波长带宽选择多个辐射源中的一个以发射测量束,其中多个辐射源的波长带宽包括不同宽度。这样,最适当的辐射源用于发射具有选定宽度的波长带宽的测量束。

附图说明

[0041] 现在将仅通过示例的方式参考所附的示意图来描述本发明的实施例,其中相同的附图标记表示相同的特征,在附图中:

[0042] -图1描绘了光刻设备的示意性概图;

[0043] -图2是已知对准传感器的实施例的示意性框图;

[0044] -图3a-3d描绘了标记的可能实施例;

[0045] -图3e示出了图3d所示的标记中的光程差;

[0046] -图4a示出了作为测量束的波长的函数的标记检测误差;

[0047] -图4b描绘了具有相似形状但深度不同的标记的六个不同标记检测误差函数,每个函数表示作为测量束的波长的函数的标记检测误差;

[0048] -图4c描绘了具有相似形状但不对称性增大的标记的五个不同标记检测误差函数,每个函数表示作为测量束的波长的函数的标记检测误差;

[0049] -图4d描绘了可能由单个衬底上或单个衬底中的标记引起的多个标记检测误差函数的示例;

[0050] -图5a描绘了作为测量束的波长带宽的宽度的函数的标记检测误差函数的可能值的示例;

[0051] -图5b描绘了图5a所示的标记检测误差函数的 3σ 标准偏差;

[0052] -图5c描绘了作为测量束的波长带宽的宽度的函数的反射光信号强度的可能值的示例;

[0053] -图6描绘了根据本发明的带宽计算系统;

[0054] -图7描绘了根据本发明的标记检测系统和位置测量系统。

具体实施方式

[0055] 在本文档中,术语“辐射”和“束”用于涵盖所有类型的电磁辐射,包括紫外线辐射(例如,波长为365、248、193、157或126nm)和EUV(极端超紫外辐射,例如波长在约5-100nm的范围内)。用于例如对准传感器中的测量束的辐射可以例如包括波长为850nm或更大的辐射。

[0056] 本文中使用的术语“掩模版”、“掩模”或“图案形成装置”可以广义地解释为是指一种通用图案形成装置,其可以用于向入射辐射束赋予与将在衬底的目标部分中产生的图案相对应的图案化横截面。在这种情况下,也可以使用术语“光阀”。除了经典掩模(透射或反射、二进制、相移、混合等),其他这样的图案形成装置的示例还包括可编程反射镜阵列和可编程LCD阵列。

[0057] 图1示意性地描绘了光刻设备LA,光刻设备LA可以例如根据本发明具体化和/或包括根据本发明的带宽计算系统、标记检测系统和/或位置测量系统。光刻设备LA包括:被配置为调节辐射束B(例如,UV辐射、DUV辐射或EUV辐射)的照射系统(也称为照射器)IL;被构造为支撑图案形成装置(例如,掩模)MA并且连接到第一定位器PM的掩模支撑件(例如,掩模台)MT,该第一定位器PM被配置为根据某些参数准确地定位图案形成装置MA;被构造为保持衬底(例如,涂覆有抗蚀剂的晶片)W并且连接到第二定位器PW的衬底支撑件(晶片台)WT,第二定位器PW被配置为根据某些参数准确地定位衬底支撑件;以及被配置为将通过图案形成装置MA赋予辐射束B的图案投影到衬底W的目标部分C(例如,包括一个或多个管芯)上的投影系统(例如,折射投影透镜系统)PS。

[0058] 在操作中,照射系统IL接收来自辐射源SO的辐射束,例如经由束传输系统BD。照射系统IL可以包括各种类型的光学组件(诸如折射、反射、磁性、电磁、静电和/或其他类型的光学组件)或其任何组合,以用于引导、整形和/或控制辐射。照射器IL可以用于调节辐射束B以使其在图案形成装置MA的平面处在其横截面中具有期望的空间和角度强度分布。

[0059] 本文中使用的术语“投影系统”PS应当广义地解释为包括各种类型的投影系统,包括折射、反射、折反射、变形、磁性、电磁和/或静电光学系统或其任何组合,具体取决于使用

的曝光辐射、和/或其他因素,诸如浸没液体的使用或真空的使用。本文中术语“投影透镜”的任何使用可以被认为与更通用的术语“投影系统”PS同义。

[0060] 光刻设备LA可以是如下类型:其中衬底的至少一部分可以被具有相对较高折射率的液体(例如,水)覆盖,以填充投影系统PS与衬底W之间的空间,这也称为浸没式光刻。关于浸没技术的更多信息在US6952253中给出,其通过引用并入本文。

[0061] 光刻设备LA也可以是具有两个或更多个衬底支撑件WT的类型(也称为“双台”)。在这种“多台”机器中,衬底支撑件WT可以并行使用,和/或衬底W的随后曝光的准备中的步骤可以在位于衬底支撑件WT中的一个上的衬底W上进行,同时另一衬底支撑件WT上的另一衬底W用于在另一衬底W上曝光图案。

[0062] 除了衬底支撑件WT,光刻设备LA可以包括测量台。测量台布置成保持传感器和/或清洁装置。传感器可以被布置为测量投影系统PS的性质或辐射束B的性质。测量台可以保持多个传感器。清洁装置可以布置成清洁光刻设备的一部分,例如投影系统PS的一部分或提供浸没液体的系统的一部分。当衬底支撑件WT远离投影系统PS时,测量台可以在投影系统PS下方移动。

[0063] 在操作中,辐射束B入射在被保持在掩模支撑件MT上的图案形成装置(例如,掩模)MA上,并且通过图案形成装置MA上的图案(设计布局)被图案化。在穿过掩模MA之后,辐射束B穿过投影系统PS,该投影系统PS将辐射束聚焦到衬底W的目标部分C上。借助于第二定位器PW和位置测量系统IF,衬底支撑件WT可以被准确地移动,例如,以将不同目标部分C定位在辐射束B的路径中的聚焦和对准位置处。类似地,第一定位器PM和可能的另一位置传感器(在图1中未明确示出)可以用于相对于辐射束B的路径准确地定位图案形成装置MA。图案形成装置MA和衬底W可以是使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2对准。尽管所示出的衬底对准标记P1、P2占据专用目标部分,但是它们可以位于目标部分之间的空间中。当衬底对准标记P1、P2位于目标部分C之间时,它们被称为划线对准标记。

[0064] 为了阐明本发明,使用笛卡尔坐标系。笛卡尔坐标系具有三个轴,即x轴、y轴和z轴。三个轴中的每个与其他两个轴正交。围绕x轴的旋转称为Rx旋转。围绕y轴的旋转称为Ry旋转。围绕z轴的旋转称为Rz旋转。x轴和y轴限定水平面,而z轴在垂直方向上。笛卡尔坐标系不限制本发明并且仅用于澄清。相反,可以使用诸如圆柱坐标系等另一坐标系来阐明本发明。笛卡尔坐标系的定向可以不同,例如,使得z轴具有沿着水平面的分量。

[0065] 图2是诸如在例如US6961116(其通过引用并入本文)中描述的已知的对准传感器AS的实施例的示意性框图。辐射源RS0在狭窄带宽(例如,宽度为5nm或更小)中提供一个或多个波长的辐射束RB,辐射束RB通过转移光学元件被转移到标记(诸如位于衬底W上的标记AM)上,作为照射斑点SP。在该示例中,转移光学元件包括斑点反射镜SM和物镜OL。通过其照射标记AM的照射斑点SP的直径可以稍小于标记本身的宽度。

[0066] 由标记AM衍射的辐射(在该示例中,经由物镜OL)被准直成信息承载束IB中。术语“衍射”意指包括来自标记的零级衍射(可以称为反射)。例如上面提到的US6961116中公开的类型自参考干涉仪SRI通过自身干扰束IB,之后,束被光电检测器PD接收。在辐射源RS0产生一个以上波长的情况下,可以包括附加光学元件(未示出)以提供单独的束。如果需要,光电检测器可以是单个元件,或者可以包括多个像素。光电检测器可以包括传感器阵列。

[0067] 在该示例中包括斑点反射镜SM的转移光学元件也可以用于阻挡从标记反射的零

级辐射,使得信息承载束IB仅包括来自标记AM的高阶衍射辐射(这对测量不是必不可少的,但可以提高信噪比)。

[0068] 强度信号SI被提供给处理单元PU。通过框SRI中的光学处理和单元PU中的计算处理的组合,输出衬底上相对于参考系的X和Y位置的值。

[0069] 所示类型的单个测量仅将标记的位置固定在与标记的一个节距相对应的特定范围内。与此相结合使用粗测量技术以识别正弦波的哪个周期是包含所标记的位置的周期。可以在不同波长处以较粗和/或较细水平重复相同的过程,以提高准确性和/或实现标记的鲁棒检测,而不管标记所用的材料、以及标记设置在其上方和/或下方的材料。波长可以被复用或光学复用以便同时处理,和/或可以通过时分或频分对波长进行复用。

[0070] 在该示例中,对准传感器和斑点SP保持静止,同时衬底W在移动。因此,可以在沿与衬底W的移动方向相反的方向有效扫描标记AM的同时,将对准传感器牢固且准确地安装到参考框架。通过将衬底W安装在衬底支撑件上并且使衬底定位系统控制衬底支撑件的运动,可以在这个运动中控制衬底W。衬底支撑件位置传感器(例如,干涉仪)测量衬底支撑件(未示出)的位置。在一个实施例中,衬底支撑件上设置有一个或多个(对准)标记。对设置在衬底支撑件上的标记的位置的测量允许校准由位置传感器确定的衬底支撑件的位置(例如,相对于对准系统所连接到的框架)。对设置在衬底上的对准标记的位置的测量允许确定衬底相对于衬底支撑件的位置。

[0071] 图3a、3b和3c分别示出了标记101a、101b、101c的可能实施例,该标记存在于示意性示出的对象10上。然而,应当注意,标记具有众多实施例是可能的,例如,其可以是如图2所示的对准标记AM。在图3a-3c的示例中,标记101a、101b、101c包括不透明材料103和第一透明材料104。标记101b还包括第二透明材料106,并且标记101c包括第三透明材料。反射界面102a也设置在标记101a、101b、101c的顶表面上,而另一反射界面102b限定底反射界面。反射界面102a、102b例如由其上方的材料与在其下方的材料之间的大折射率差形成。发射到标记101a、101b、101c上的测量束(未示出)将部分被顶表面上的反射界面102a反射,并且部分被底反射界面上的反射界面102b反射,从而产生不同的反射束,每个反射束包括在标记101a、101b、101c上反射的测量束的分量。注意,在实际应用中,反射可能发生在所有材料上;然而,图中所示的反射界面102a、102b引起主要的反射束。还应当注意,在本发明的上下文中,反射意指包括衍射,而反射束意指包括衍射束。常规地,测量束由诸如激光等辐射源发射,并且包括窄波长带宽中的辐射,例如,宽度小于等于5nm。

[0072] 标记101a、101b、101c用作相位光栅,以引起反射束的相位变化,根据这个变化可以确定标记101a、101b、101c的位置。基于标记101a、101b、101c的几何形状和所应用的材料折射率,标记深度可以定义为顶表面与底反射界面之间的距离。可以定义光程差105,该光程差105表示不同反射束传播的光路长度的差异。所述光程差105可以例如定义为标记深度乘以束传播所通过的材料(例如,透明材料104)的折射率。在束也传播通过第二透明材料的标记101b的情形中,则光程差是每种材料中传播的距离乘以相应折射率后相加。

[0073] 图3d示出了标记101d的另一可能实施例。在该实施例中,提供单个反射界面102b作为底反射界面。在反射界面102上方和在标记的顶表面下方,即,基本上等于在图3d中垂直方向看到的标记深度,提供了具有不同折射率的第一透明材料104和第二透明材料106。穿过第一透明材料105a的光路105a可以被定义为传播通过所述第一透明材料105a的距离

乘以所述第一透明材料105a的折射率,并且穿过第二透明材料105b的光路105b可以被定义为传播通过所述第二透明材料105b的距离乘以所述第二透明材料105b的折射率。如图3e所示,光程差105可以被定义为光路105a与光路105b之间的差。

[0074] 应当注意,尽管在图3a-3d中,箭头105、105a、105b表示光路105,但是标记深度也对应于由这些箭头105、105a、105b指示的距离。

[0075] 测量束的不同反射束之间的光程差105使得检测器能够生成标记检测信号,例如基于当所述反射到达被布置为检测所述反射束的检测器的传感器(例如,图2中的光电检测器PD)时所述反射之间的相位差。但是,如果光程差105等于测量束的波长,则可能无法区分由反射界面102b反射的反射束和由反射界面102a反射的反射束,从而导致标记检测误差。因此,标记检测误差取决于测量束的波长。

[0076] 标记检测误差还受到标记的几何形状和标记变形(例如,标记不对称性)的影响。例如,这可以包括标记的顶表面的倾斜、标记的两个侧壁之间的形状或倾斜的差异、标记的底面的倾斜、和/或材料不均匀性。这样的标记变形影响测量束和反射束,并且因此影响标记检测误差。随着标记深度的增加,这种影响变得更加相关。

[0077] 图4a示出了用于任意标记和任意检测器的标记检测误差函数201。所述标记检测误差函数201表示标记检测误差,该标记检测误差被定义为标记的实际位置与标记的确定位置之间的差异,该差异是测量束的波长 λ 的函数。任何波长 λ 的所述确定位置被定义为检测器将确定测量束是否主要包括所述波长 λ 的辐射的标记的位置。

[0078] 标记检测误差函数201具有作为测量束的波长 λ 的函数的近似周期性形状。其周期201.1取决于光程差,并且其长度可以近似地确定,例如,通过使用以下公式:

$$[0079] \quad (1) \quad \text{周期长度} \approx \frac{\lambda^2}{\text{光程差} - \lambda}$$

[0080] 例如,图4b示出了标记的六个不同标记检测误差函数201a-201f,该标记在所述标记的制造公差内具有相同的标记不对称性但是具有不同的标记深度,并且因此具有不同的光程差。在所示的示例中,标记深度变化在标称值的 $\pm 5\%$ 之内。可以看出,作为波长 λ 的函数的标记检测误差函数201a-201f的周期性形状已经相对于彼此偏移。此外,随着标记深度的增加,周期的长度减小,这是因为,上述公式(1)中的光程差增加。

[0081] 标记检测误差函数201(有时也称为摆动曲线)还取决于其他因素,诸如标记的制造误差。图4c示出了标记的五个不同标记检测误差函数201g-201k,标记在所述标记的制造公差内具有相同的标记深度但是具有增加的不对称性。随着不对称性增加,不同反射束之间的相位差增加,并且因此导致标记检测误差。所述不对称性例如可能是由于特定加工工具或技术限制而导致的,这些加工工具或技术限制会导致标记的制造过程(其可以例如包括诸如蚀刻和/或沉积等步骤)中的不准确性。不对称性例如包括标记的倾斜和/或倾斜侧壁,它们在所示的示例中都在 $\pm 1\%$ 的范围内。图4c示出了标记检测误差函数201g-201k的最大幅度随着不对称性的增加而增加;然而,作为波长 λ 的函数的周期性形状的长度保持基本相同。

[0082] 在实践中,衬底上(或中)的标记在制造公差(例如,不同标记深度变化和标记不对称性变化的组合)内可以彼此不同,从而产生了多种标记检测误差函数。图4d示出了可能是

由单个衬底上或单个衬底中的标记得出的多个标记检测误差函数的示例。可以看出,测量束的任何波长 λ 的标记检测误差都可以显著变化,不仅导致较大误差,而且使误差不可预测。

[0083] 此外,如果不能获取令人满意的测量,则可以拒绝标记。例如,这可能是由于标记检测误差太大,反射束没有足够的辐射强度,或者检测器无法在检测到的反射束中检测到周期波(例如,正弦波)而导致的。在实际应用中,衬底可以包括多个标记,例如多达70个标记。尽管在一些实施例中,并非所有标记都需要被检测以准确地确定衬底的位置,但是当太多的标记被拒绝时,衬底本身可以被拒绝,例如,因为无法准确确定其位置。然后必须将衬底从光刻机上移走,从而导致时间的损失和成品率的降低。

[0084] 在图3a-3d中,标记101a、101b、101c、101d设置在对象10(例如,衬底)上。对象10在标记101a、101b、101c、101d的顶表面上方延伸距离11。所述距离11可以例如随着在对象10上设置更多层而增加,例如,如果对象10是衬底。如果所述层被沉积为平坦且均匀的,则对测量束和反射束的影响被限制。但是,如果标记101a、101b、101c、101d具有上面的层所经受的表面拓扑,则这可能导致测量束和/或反射束的失真,从而导致标记检测误差和/或反射光信号强度发生变化。

[0085] 发明人发现,可以通过增加测量束的波长带宽来改善标记检测。通过在上述波长带宽中包括更多波长的辐射,可以消除标记检测误差。

[0086] 图5a示出了针对代表性对象(例如,衬底)中的100个标记的作为测量束(5、10、23、35、45和55nm)的波长带宽的宽度的函数的标记检测误差函数的可能值的示例,每个标记具有在它们的制造公差内的标记深度和标记不对称性的随机生成的组合。图5b示出了作为波长带宽(5、10、23、35、45和55nm)的宽度的函数的这些标记检测误差函数的 3σ 标准偏差 211 。 3σ 标准偏差 211 表示在与标记检测误差函数的主值相差标准偏差 σ 的三倍之内的标记检测误差函数的可能变化,包括可能的标记检测误差的99.7%。图5b表明,当波长带宽的宽度增加时,所述 3σ 标准偏差 211 开始急剧减小,直到它基本稳定,在所示示例中,在大约45-50nm的波长带宽处基本稳定。

[0087] 图5c示出了针对与图5a中所示的相同的100个标记的作为测量束的波长带宽(5、10、23、35、45和55nm)的宽度的函数的反射光信号强度的可能值的示例,被表示为相对于参考标记的百分比。反射光信号强度表示由检测器基于由所述检测器检测到的反射束而生成的信号的强度,并且包括被标记反射的测量束的辐射。反射光信号强度取决于测量束的波长、标记(特别是标记深度)和对象本身,例如标记上方的层。反射光信号强度应当高于阈值,该阈值取决于检测反射束的检测器,特别是检测器的传感器,以便正确地检测所述反射束并且避免特定标记被拒绝。图5c表明,类似于标记检测误差函数,随着测量束的波长带宽的宽度的增加,反射光信号强度的可能值收敛。例如,在图5c的示例中,如果所使用的传感器的阈值是25%,则具有窄波长带宽的测量将包括很多标记,这些标记不能被传感器正确地检测到。然而,从宽度大约为35nm的波长带宽来看,基本上所有标记的反射光信号强度都满足阈值。

[0088] 本发明人还发现,使 3σ 标准偏差稳定的波长带宽的宽度大约等于标记检测误差函数的周期的长度,其例如可以使用上面的等式(1)确定。因此,有利的是,将测量束的波长带宽的宽度选择为近似等于或大于所述长度。

[0089] 还应当注意,优选地,限制测量束的波长带宽的宽度。较宽的波长带宽会在信号中产生更多噪声,并且可能不利于传感器检测反射束,例如通过增加传感器误差,传感器误差可以例如包括镜头像差。因此,不优选的是,发射到标记上的测量束包括诸如白光等宽带辐射。

[0090] 图6描绘了根据本发明的用于确定标记检测系统中的测量束的期望波长带宽的带宽计算系统300。带宽计算系统300包括被配置为基于标记几何形状信息来确定期望波长带宽的处理单元301。

[0091] 标记几何形状信息302例如包括表示标记的深度的标记深度信息、和/或表示在标记中使用的材料或所述材料的折射率的标记材料信息、和/或表示由包括被标记反射的测量束的分量的不同反射束传播的光程差的光程差信息、和/或表示根据标记的制造过程中的公差 of 标记的不对称性或标记的可能的不对称性的标记不对称性信息、和/或表示(特别是在标记上方)标记的层的材料和/或厚度和/或数量的对象信息。如上所述,由于所有这些参数都影响标记检测误差,因此可以通过基于这些参数中的任何一个确定期望波长带宽来减小所述标记检测误差或至少减小其可预测性。

[0092] 在优选实施例中,标记几何形状信息302至少包括标记深度信息302。由于标记检测误差取决于测量束的波长带宽的宽度和标记深度,因此本发明提供了一种用于通过确定期望波长带宽来减小标记检测误差的解决方案。

[0093] 在一个实施例中,处理单元301被配置为基于所述标记深度信息302来确定标记检测误差函数的周期,并且基于该周期来确定期望波长带宽。

[0094] 例如,处理单元301可以应用以上的公式(1)来确定该周期。例如,所述期望波长带宽的选定宽度可以近似等于所述周期的所述长度,例如,所述期望波长带宽的选定宽度在所述周期的长度的 $\pm 20\%$ 的范围内,例如,在所述周期的 $\pm 10\%$ 范围内。如上所述,发明人发现,标记检测误差随着这样的波长带宽而显著降低。

[0095] 在一个实施例中,处理单元被配置为基于所述标记深度信息302来确定标记检测误差函数的方差参数,并且基于该方差参数来确定期望波长带宽。方差参数可以例如为是标准偏差 σ 或标准偏差 σ 的三倍,即 3σ 标准偏差。如上所述,通过选择适当的波长带宽来减小所述方差参数,最大可能的标记检测误差被减小。

[0096] 在一个实施例中,处理单元被配置为基于所述标记几何形状信息302和/或标记深度信息302来确定包括测量束的分量的反射束的反射光信号强度,并且基于反射光信号强度确定期望波长带宽。如上所述,通过选择适当的波长带宽,可以确保基本上所有测量都满足检测器的传感器的阈值,从而避免了标记拒绝。

[0097] 在一个实施例中,带宽计算系统300包括被配置为接收标记几何形状信息302的输入端子301.2。所述输入端子301.2可以例如通过有线或无线方式连接到输入模块,经由该输入模块,例如可以提供关于标记的输入信息,例如,关于对象的形状、制造工艺、和/或制造的信息,据此,例如可以得出标记深度信息。所述输入信息可以例如由操作者提供或自动提供,例如经由与数据库的连接。输入端子301.2还可以连接到光刻工艺的其他部分的一个或多个处理单元,例如以提供关于对对象执行的测量和/或关于对象本身的信息,例如关于对象是衬底时对象上的层的数目和/或形状的信息。

[0098] 注意,尽管在所示实施例中,处理单元301.2经由输入端子301.2接收标记深度信

息302,但是处理单元301也可以确定标记深度信息302和/或光程差信息、和/或标记不对称性信息、和/或对象信息本身,例如基于经由输入端子301.2接收的数据。

[0099] 在一个实施例中,带宽计算系统300包括被配置为向操作者通知关于期望波长带宽的操作者信息模块303。在所示的示例中,处理单元301包括用于向到操作者信息模块303的输入端子303.1发送期望波长带宽信号301.4的输出端子301.3。操作者信息模块303可以例如包括可以在其上表示期望波长带宽的视觉表示模块,例如类似于计算机的设备的屏幕。基于期望波长带宽,操作者例如可以选择用于发射测量束的适当的辐射源,或者为确定测量束的波长带宽的滤波器选择适当的设置。注意,操作者信息模块303还可以提供其他功能,例如,用于光刻工艺的其他部分。

[0100] 在一个实施例中,对象是衬底,并且标记深度信息表示测量束被配置为从标记的顶表面传播到底反射界面的距离,例如,如已经参考图3a-3e解释的。在另一实施例中,所述距离乘以测量束传播通过的材料折射率大于 $1\mu\text{m}$,因此,例如光程差大于 $1\mu\text{m}$ 。已经发现,特别是对于这种标记,本发明是有利的,因为标记检测误差随着标记深度的增加而增加。

[0101] 图7示意性地描绘了根据本发明的用于检测存在于对象401上或对象401中的标记402的标记检测系统,该标记检测系统包括根据本发明的带宽计算系统300。标记检测系统还包括辐射单元403,辐射单元403包括被配置为容纳辐射源405的辐射源保持器(未示出)和被配置为控制所述辐射源405的控制单元404。辐射源405被配置为朝向标记402发射测量束406,测量束406包括在具有基于期望波长带宽的选定宽度的波长带宽内的辐射。标记检测系统还包括:检测单元411,检测单元411包括被配置为检测反射束410的检测器411.1,该反射束410包括被标记402反射的测量束406的分量;以及处理单元411.2,处理单元411.2被配置为基于由检测器411.1检测到的反射束410确定标记402的位置。

[0102] 因此,本发明提供了一种标记检测系统,其中测量束406的波长带宽的选定宽度基于由带宽计算系统300确定的期望波长带宽。这样,标记检测误差得以减小和/或更容易预测。

[0103] 在所示的实施例中,辐射单元403的控制单元404包括用于从带宽计算系统300的处理单元301的输出端子301.3接收期望波长带宽信号301.4的输入端子404.3。控制单元404还包括用于向辐射源405的输入端子405.1发送控制信号404.5的输出端子404.4。然而,其他布置也是可能的。

[0104] 在一个实施例中,标记检测系统还包括辐射源,并且测量束的波长带宽的选定宽度在10至100nm之间,可选地在15至80nm之间,例如在20至70nm之间,例如在20至40nm之间或者在35至55nm之间。已经发现,这种波长带宽相对于当前使用的衬底的常规辐射源提供了改进。要注意的是,通常,测量束的波长带宽包括中心波长,在该中心波长周围提供有其余辐射,例如,根据高斯曲线,例如其中根据半峰全宽(FWHM)方法确定带宽,即,其中带宽的宽度由发射的能量或光强度等于其在中心波长处的最大值的一半处的两个波长值之间的差给出。然而,其他布置也是可能的,例如,其中针对波长带宽之内的所有波长的发射能量基本上相等,而在波长带宽之外的所有波长的发射能量基本上为零,例如,使用滤波器。

[0105] 在所示的实施例中,辐射单元403包括可选的滤波器408。在该实施例中,辐射源405被配置为发射宽带束407。滤波器408布置在所述宽带束407的光路中,并且被配置为将宽带束407转换成测量束406。测量束406的波长带宽的选定宽度小于宽带束407的波长带宽

的宽度。有利地,辐射源405可以是被配置为发出宽带辐射(例如,白光)的标准辐射源,并且滤波器408用于向测量束406提供具有基于期望宽度的选定宽度的波长带宽。

[0106] 在另一实施例中,滤波器408被配置为可适配的,使得测量束406的波长带宽的选定宽度是可适配的。带宽计算系统300的处理单元301被配置为基于期望波长带宽来确定滤波器408的操作设置,并且辐射单元403的控制单元404被配置为根据所述操作设置来控制滤波器408。在该实施例中,通过基于期望波长带宽控制滤波器408来控制波长带宽的选定宽度。有利的是,例如发射宽带辐射的单个辐射源405可以用于宽范围的测量束,并且从而可以用于宽范围的标记406。在所示的实施例中,控制单元404包括用于向滤波器408的输入端子408.1发送控制信号404.2的输出端子404.1。可选地,处理单元301还被配置为确定测量束406的期望的中心波长,控制单元被配置为基于该中心波长来控制滤波器408。

[0107] 在一个实施例中,标记检测系统包括适于布置在辐射源保持器中的多个辐射源405,其中每个辐射源405被配置为发射在具有不同宽度的波长带宽中的辐射。在该实施例中,可以例如基于期望波长带宽选择多个辐射源405中的最适当的辐射源,该辐射源布置在辐射源保持器中并且用于发射测量束406。例如,例如由操作者信息模块通知的操作者可以基于期望波长带宽来选择多个辐射源405中的一个布置在辐射源保持器中。例如,可以布置多个辐射源,例如四个、五个、六个或更多个辐射源,以发射波长带宽中的辐射,该波长带宽的宽度在10至100nm之间,可选地在15至80nm之间,例如在20至70nm之间,例如在20至40nm之间或者在35至55nm之间。当标记检测系统被布置为检测具有不同标记深度的标记时,多个辐射源405中的另一个可以例如被选择并且布置在辐射源保持器中。

[0108] 在一个实施例中,辐射单元403包括多个辐射源保持器和被配置为布置在其中的多个辐射源405,每个辐射源405被配置为朝向标记402发射测量束406,测量束406包括在包括中心波长的波长带宽中的辐射。多个辐射源405的波长带宽包括不同的中心波长和/或不同的宽度,并且带宽计算系统300的处理单元301被配置为基于期望波长带宽来选择多个辐射源405中的一个。辐射单元403的控制单元404被配置为控制所选择的辐射源405发射测量束406。有利地,基于期望波长带宽,可以选择适当的辐射源405。由于辐射源405已经被布置在辐射源保持器中,因此不需要在每次选择多个辐射源中的另一个时进行校准。要注意的是,可以仅用所选择的辐射源405发射辐射。然而,也可以同时使用多个辐射源405中的多个或全部发射辐射,例如,相应波长带宽是不重叠的,其中检测单元411被布置为仅使用包括所选择的辐射源405的测量束406的分量的反射束410来确定标记402的位置。优选地,辐射源405布置在辐射单元403中,使得测量束406遵循相同的光路,而与哪个辐射源405被选择无关,例如通过使用诸如反射镜等光学组件。在一个实施例中,多个辐射源包括例如发射绿色、红色、近红外和远红外光的四个辐射源。要注意的是,该实施例可以与滤波器408组合使用,也可以在没有滤波器408的情况下使用。也可以为每个光源405提供单独的滤波器408。

[0109] 在一个实施例中,辐射单元403被配置为发射绿光辐射,例如对应的中心波长基本上等于532nm,和/或发射红光辐射,例如,对应的中心波长基本上等于634nm,和/或发射近红外光辐射,例如,对应的中心波长基本上等于776nm,和/或发射远红外光辐射,例如,对应的中心波长基本上等于836nm。

[0110] 在一个实施例中,检测器411.1可以包括用于检测反射束410的一个或多个传感器

(未示出),例如光电检测器。在一个实施例中,检测单元411的处理单元411.2被配置为基于反射束410与参考束之间的相位差来确定标记402的位置。例如,检测单元411可以设置有如图2所示的自参考干涉仪SRI。在一个实施例中,检测单元411的处理单元411.2被配置为基于正负阶的反射束410之间的相位差来确定标记402的位置,所述反射束410包括在标记402上反射或衍射的测量束406的分量。应当注意,正阶和负阶的反射束410也可以称为正阶和负阶的衍射束。

[0111] 图7所示的标记检测单元还包括转移光学元件,转移光学元件包括斑点反射镜451和物镜OL,其功能类似于图2所示的斑点反射镜SM和物镜OL。

[0112] 应当注意,尽管图7所示的带宽计算系统300不包括操作者信息模块,但是也可以结合带宽计算系统的处理单元301与辐射单元403的控制单元404之间的连接来提供该模块,例如,通过向处理单元301提供第二输出端子。此外,也可以在带宽计算系统的处理单元301与辐射单元403的控制单元404之间没有连接的情况下提供操作者信息模块。例如,操作者然后可以基于期望波长带宽来选择适当的辐射源405或滤波器408的设置。

[0113] 本发明还涉及一种标记检测系统,该标记检测系统不具有带宽计算系统,但是包括布置在辐射源保持器中的辐射源405,该辐射源405被配置为朝向标记402发射测量束406,该测量束406包括在具有选定宽度的波长带宽中的辐射,其中所述波长带宽的选定宽度在10至100nm之间,可选地在15至80nm之间,例如在20至70nm之间,例如在20至40nm之间或者在35至55nm之间。已经发现,这种波长带宽相对于用于当前使用的衬底的常规辐射源提供了改进。当然,通过确定特定对象401的期望波长带宽并且选择更接近所述期望波长带宽的波长带宽可以获取进一步的改进。

[0114] 图7进一步示出了根据本发明的用于确定包括至少一个标记402的对象401的位置的位置测量系统。该位置测量系统包括根据本发明的标记检测系统和被配置为基于由标记检测系统检测到的至少一个标记402来确定对象401的位置的处理单元501。

[0115] 在所示的实施例中,检测单元411的处理单元411.2包括用于向位置测量系统的处理单元501的输入端子501.4发送标记检测信号411.3的输出端子411.4。但是,应当注意,位置测量系统的处理单元501和检测单元411的处理单元411.2可以合并为单个处理单元。

[0116] 本发明还涉及一种光刻设备LA,例如如图1所示。根据本发明的光刻设备LA包括:被配置为将图案投影到包括至少一个标记的衬底W上的投影系统PS;被配置为保持衬底W的衬底支撑件WT;以及根据本发明的位置测量系统,其被配置为通过确定衬底W上的至少一个标记的位置来确定衬底W的位置。

[0117] 在另一实施例中,光刻设备LA包括衬底定位系统,衬底定位系统被配置为基于由位置测量系统确定的衬底W的位置来控制衬底支撑件WT的运动。

[0118] 应当注意,单个处理单元或其他单元可以实现说明书和权利要求书中记载的几个项目(例如,处理单元或控制单元)的功能。类似地,由在说明书和权利要求书中叙述的单个项目(例如,处理单元或控制单元)描述的功能实际上可以由多个组件(例如,多个处理单元或控制单元)来实现。根据已知方法,特征之间的任何通信可以是有线的或无线的。

[0119] 尽管在本文中具体提及在IC的制造中使用光刻设备,但是应当理解,本文所述的光刻设备可以具有其他应用。其他可能应用包括制造集成光学系统、磁畴存储器、平板显示器、液晶显示器(LCD)、薄膜磁头等的引导和检测图案。

[0120] 尽管在本文中可以在光刻设备的上下文中具体参考本发明的实施例,但是本发明的实施例可以在其他设备中使用。本发明的实施例可以形成掩模检查设备、量测设备、或者测量或处理诸如晶片(或其他衬底)或掩模(或其他图案形成装置)等对象的任何设备的一部分。这些设备通常可以称为光刻工具。这样的光刻工具可以使用真空条件或环境(非真空)条件。

[0121] 尽管上面可能已经在光学光刻的上下文中具体参考了本发明的实施例的使用,但是应当理解,在上下文允许的情况下,本发明不限于光学光刻,并且可以在例如压印光刻等其他应用中使用。

[0122] 在上下文允许的情况下,本发明的实施例可以以硬件、固件、软件或其任何组合来实现。本发明的实施例还可以被实现为存储在机器可读介质上的指令,该指令可以由一个或多个处理器读取和执行。机器可读介质可以包括用于以机器(例如,计算设备)可读的形式存储或传输信息的任何机制。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);磁存储介质;光学存储介质;闪存设备;电、光、声或其他形式的传播信号(例如,载波、红外信号、数字信号等)等。此外,固件、软件、例程、指令可以在本文中描述为执行某些动作。然而,应当意识到,这样的描述仅仅是为了方便,并且这样的动作实际上是由执行固件、软件、例程、指令等的计算设备、处理器、控制器或其他设备导致的,并且这样做可能导致致动器或其他设备与现实世界互动。

[0123] 尽管上面已经描述了本发明的特定实施例,但是应当理解,本发明可以以不同于所描述的方式来实践。上面的描述旨在说明性的,而不是限制性的。因此,对于本领域的技术人员将很清楚的是,在不脱离下面阐述的权利要求的范围的情况下,可以对所描述的本发明进行修改。

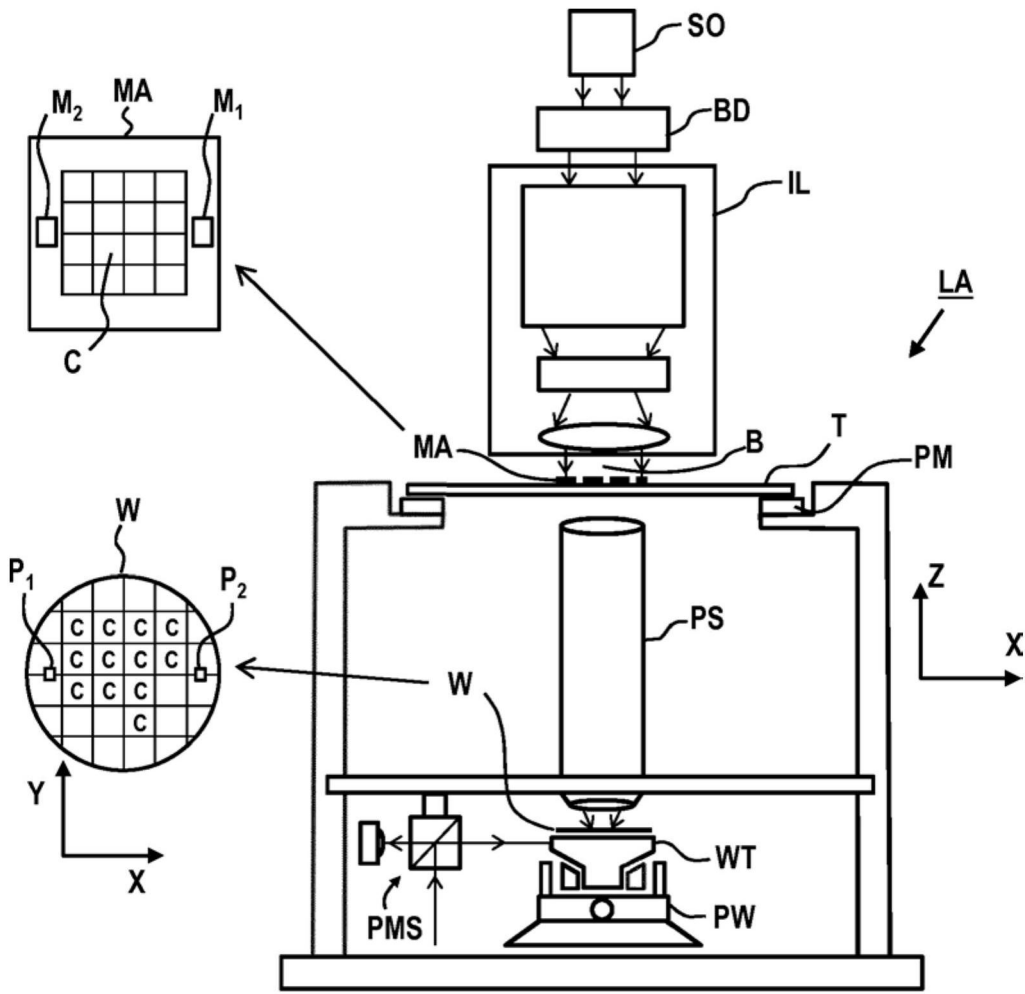


图1

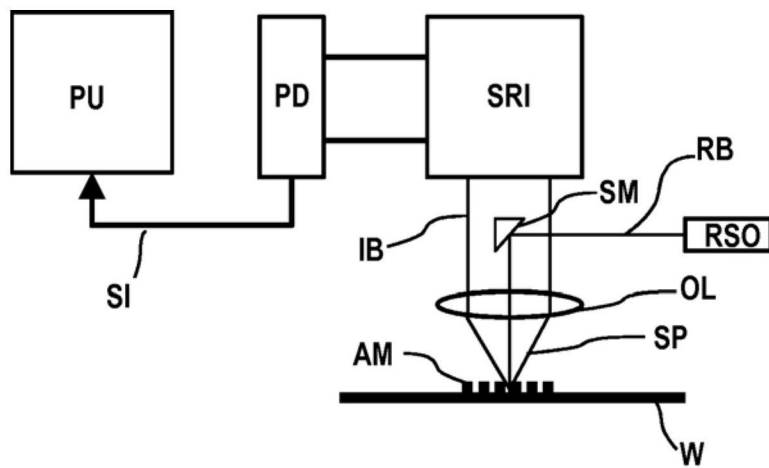


图2

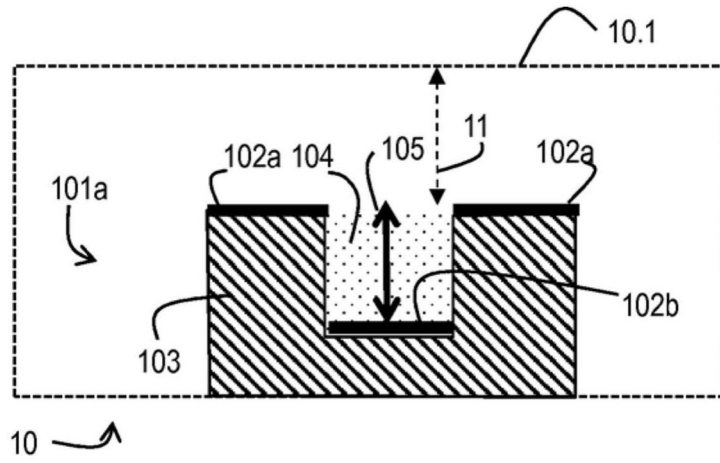


图3a

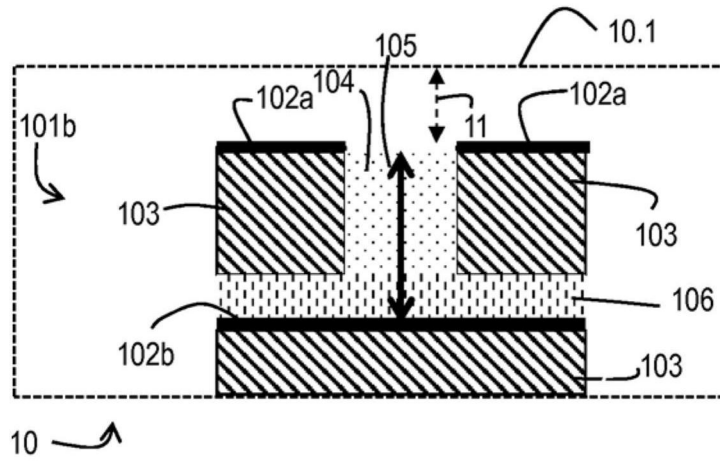


图3b

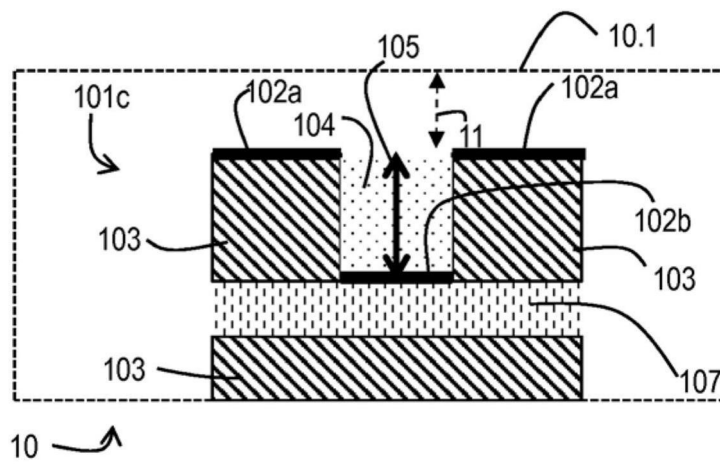


图3c

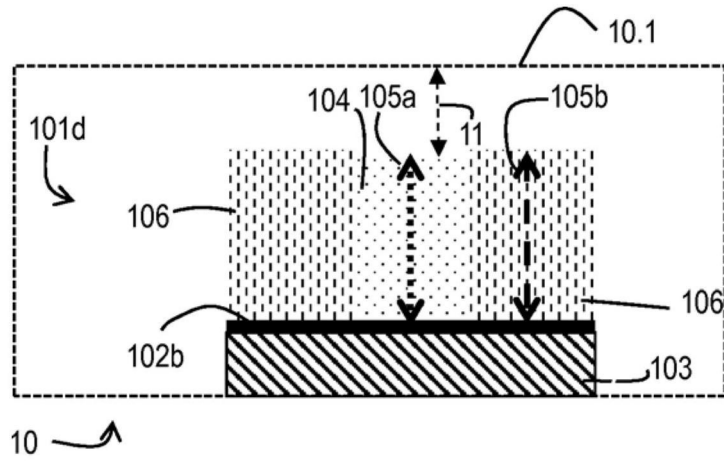


图3d

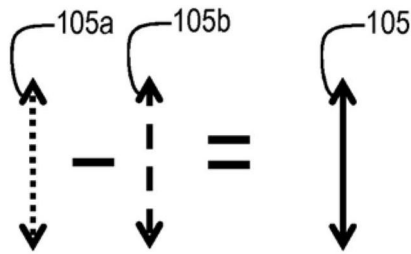


图3e

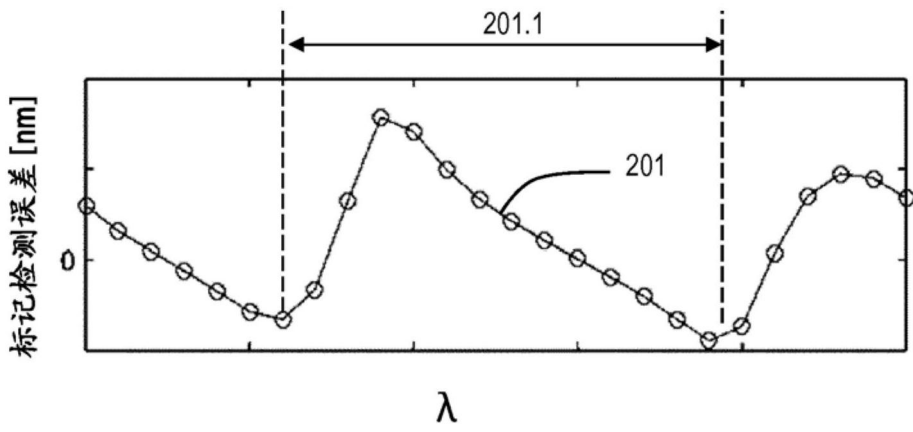


图4a

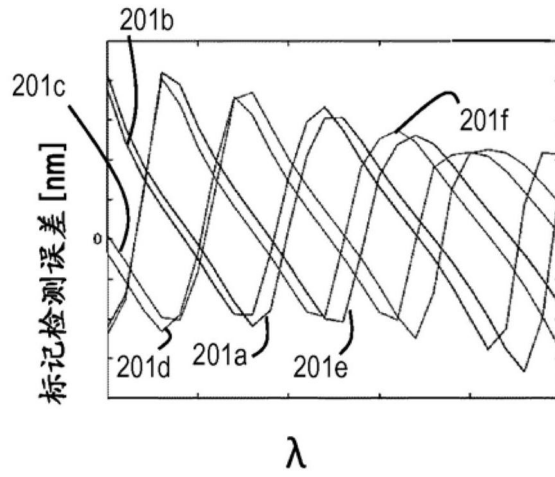


图4b

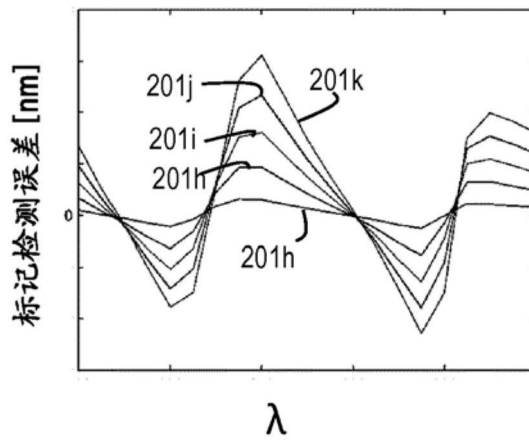


图4c

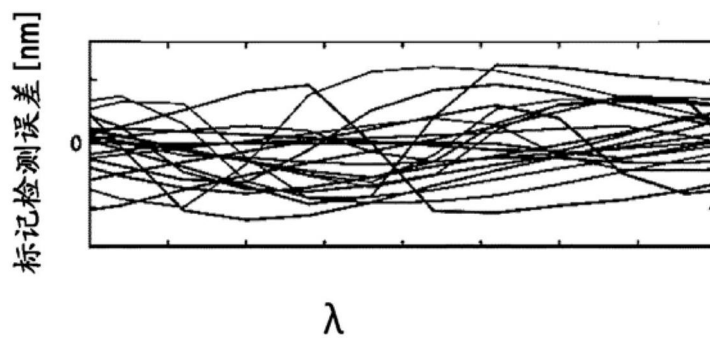


图4d

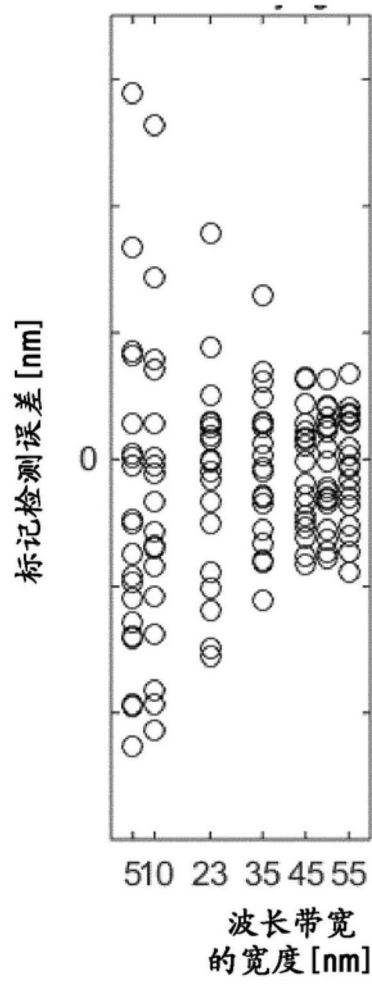


图5a

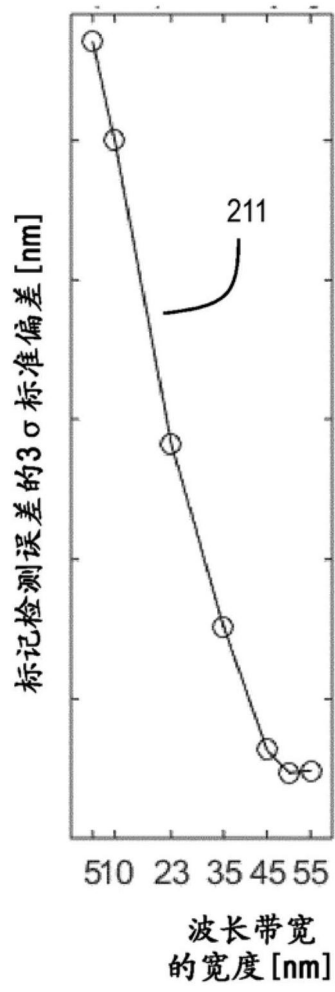


图5b

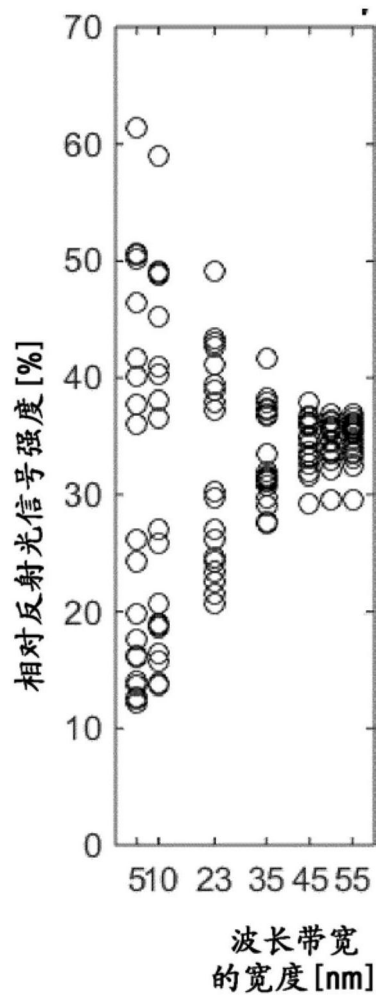


图5c

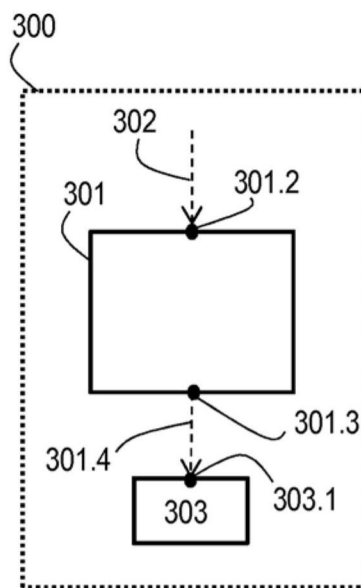


图6

