



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108398856 B

(45)授权公告日 2020.10.16

(21)申请号 201810061591.1

M·G·M·M·范卡拉埃吉

(22)申请日 2014.07.18

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

(65)同一申请的已公布的文献号

公司 11021

申请公布号 CN 108398856 A

代理人 王静

(43)申请公布日 2018.08.14

(51)Int.CI.

G03F 7/20(2006.01)

(30)优先权数据

审查员 赵子甲

61/863,150 2013.08.07 US

61/975,312 2014.04.04 US

(62)分案原申请数据

201480044257.5 2014.07.18

(73)专利权人 ASML荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72)发明人 S·A·米德莱布鲁克斯 N·基鹏

H·J·H·斯米尔蒂

A·斯特拉艾杰 M·范德斯卡

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、光刻系统和器件制造方法

(57)摘要

一种测量光刻过程的参数的方法及相关的检查设备被公开。所述方法包括：使用多个不同的照射条件来测量衬底上至少两个目标结构，所述目标结构具有有意的重叠偏置；对于每个目标结构获得表示总体不对称度的不对称度测量，所述总体不对称度包括由于(i)有意的重叠偏置、(ii)在形成目标结构期间的重叠误差和(iii)任何特征不对称度所造成的贡献。通过将线性回归模型拟合成用于一个目标结构的不对称度测量对用于另一目标结构的不对称度测量的平面表示来执行对于不对称度测量数据的回归分析，所述线性回归模型不一定被拟合成通过该平面表示的原点。然后可以根据由所述线性回归模型所描述的梯度来确定重叠误差。



B

CN 108398856 B

1. 一种测量光刻过程的参数的方法,所述方法包括步骤:

(a) 照射在衬底上的目标结构和检测由每个目标结构散射的辐射以针对于每个目标结构获得表示总体不对称度的不对称度测量,所述目标结构至少包括第一目标结构和第二目标结构,所述第一目标结构包括具有第一有意的重叠偏置的重叠的周期结构,所述第二目标结构包括具有第二有意的重叠偏置的重叠的周期结构,所述总体不对称度包括由于(i)在目标结构中有意的重叠偏置、(ii)在形成目标结构期间在光刻过程中的重叠误差和(iii)在一个或更多个所述周期结构中的特征不对称度所造成的贡献;

(b) 对于多种不同的照射条件重复步骤(a)以获得不对称度测量数据;

(c) 通过将线性回归模型拟合成用于第一目标结构的不对称度测量对用于第二目标结构的不对称度测量的平面表示来执行对于不对称度测量数据的回归分析,所述线性回归模型被拟合成或未被拟合成通过所述平面表示的原点;以及

(d) 根据由所述线性回归模型所描述的梯度来确定重叠误差;

其中所述方法还包括:

根据线性回归模型的截距项来确定由于特征不对称度所造成的对总体不对称度的贡献;

确定重叠校正,该重叠校正是所确定的由于特征不对称度所造成的对总体不对称度的贡献的函数;和

使用该重叠校正来校正重叠误差。

2. 根据权利要求1所述的方法,包括:

执行步骤(a)至(d)以确定对于衬底上的多个不同位置的重叠误差测量,以使得对于每个位置的重叠误差测量使用TE偏振的辐射和使用TM偏振的辐射来获得;和

通过对在使用TE偏振的辐射测量时所测量的重叠误差和在使用TM偏振的辐射测量时所测量的重叠误差之间的差异进行最小化来计算重叠校正。

3. 根据权利要求1所述的方法,其中被拟合成不对称度测量的所述线性回归模型仅仅被拟合成处于原点区域中的不对称度测量数据。

4. 根据权利要求3所述的方法,包括:根据多种照射条件来识别一种或更多种优化的照射条件,对于所述优化的照射条件,特征不对称度对于所测量的总体不对称度给予最小的贡献,所述优化的照射条件选自所测量的不对称度位于偏移线上或偏移线附近所针对的照射条件,所述偏移线是由线性回归模型描述但截距项为零以使得其位于原点上的偏移线。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述优化的照射条件选自所测量的不对称度最远离不位于偏移线上或不在偏移线附近的任何所测量的不对称度所针对的照明条件。

6. 根据权利要求4所述的方法,包括:使用所述优化的照射条件中的一种或更多种进行对于衬底上的结构的后续测量。

7. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法,其中,所述第一有意的重叠偏置是正向重叠偏置且所述第二有意的重叠偏置是负向重叠偏置。

8. 根据权利要求7所述的方法,其中所述第一有意的重叠偏置和所述第二有意的重叠偏置具有相等的幅值。

9. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法,其中,步骤(d)基于以下设想进行:由于特征不对称度所造成的贡献对于所有的重叠值是恒定的。

10. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法,其中,所述目标结构包括不具有有意的重叠偏置的第三目标结构,且所述方法包括:根据在步骤(b)中针对于第一目标结构和第三目标结构所获得的不对称度测量之间的差异和根据在步骤(b)中针对于第二目标结构和第三目标结构所获得的不对称度测量之间的差异来确定相对的不对称度测量。

11. 根据权利要求10所述的方法,其中步骤(c)包括:将线性回归模型拟合成针对于第一目标结构的不对称度测量和针对第三目标结构的不对称度测量的差异对针对于第二目标结构的不对称度测量和针对第三目标结构的不对称度测量的差异的平面表示。

12. 根据权利要求10所述的方法,其中步骤(d)在没有以下设想的情况下进行:由于特征不对称度所造成的贡献对于所有的重叠值是恒定的。

13. 根据权利要求1-6中任一项所述的方法,包括使用光刻过程形成在衬底上的目标结构的初始步骤。

14. 一种用于测量光刻过程的参数的检查设备,所述检查设备包括:

用于衬底的支撑件,所述衬底在其上具有多个目标结构,所述目标结构至少包括第一目标结构和第二目标结构,所述第一目标结构包括具有第一有意的重叠偏置的重叠的周期结构,所述第二目标结构包括具有第二有意的重叠偏置的重叠的周期结构;

光学系统,所述光学系统能够操作用于照射所述目标和检测由每个目标散射的辐射以针对于每个目标结构和针对于多种不同的照射条件获得表示总体不对称度的不对称度测量,所述总体不对称度包括由于(i)在目标结构中有意的重叠偏置、(ii)在形成目标结构期间在光刻过程中的重叠误差和(iii)在一个或更多个所述周期结构中的特征不对称度所造成的贡献;

处理器,布置成:

通过将线性回归模型拟合成用于第一目标结构的不对称度测量对用于第二目标结构的不对称度测量的平面表示来执行对于不对称度测量数据的回归分析,所述线性回归模型被拟合成或未被拟合成通过所述平面表示的原点,所述处理器能够操作用于根据线性回归模型的截距项来确定由于特征不对称度所造成的对总体不对称度的贡献;以及

根据由所述线性回归模型所描述的梯度来确定重叠误差;其中,所述检查设备能够操作用于:

确定重叠校正,该重叠校正是所确定的由于特征不对称度所造成的对总体不对称度的贡献的函数;和

使用该重叠校正来校正重叠误差。

15. 根据权利要求14所述的检查设备,能够操作用于:

执行步骤(a)至(d)以确定对于衬底上的多个不同位置的重叠误差测量,以使得对于每个位置的重叠误差测量使用TE偏振的辐射和使用TM偏振的辐射来获得;和

通过对在使用TE偏振的辐射测量时所测量的重叠误差和在使用TM偏振的辐射测量时所测量的重叠误差之间的差异进行最小化来计算重叠校正。

16. 根据权利要求14所述的检查设备,其中所述处理器能够操作用于将所述线性回归模型仅仅拟合成处于原点区域中的不对称度测量数据。

17. 根据权利要求16所述的检查设备,其中所述处理器能够操作用于根据多种照射条件来识别一种或更多种优化的照射条件,对于所述优化的照射条件,特征不对称度对于所

测量的总体不对称度给予最小的贡献,所述优化的照射条件选自所测量的不对称度位于偏移线上或偏移线附近所针对的照射条件,所述偏移线是由线性回归模型描述但截距项为零以使得其位于原点上的偏移线。

18. 根据权利要求17所述的检查设备,其中,所述处理器能够操作用于从所测量的不对称度最远离不位于偏移线上或不在偏移线附近的任何所测量的不对称度所针对的照射条件中选择所述优化的照射条件。

19. 根据权利要求17所述的检查设备,能够操作用于使用所述优化的照射条件中的一种或更多种进行对于衬底上的结构的后续测量。

20. 根据权利要求14至19中任一项所述的检查设备,其中,所述第一有意的重叠偏置是正向重叠偏置且所述第二有意的重叠偏置是负向重叠偏置。

21. 根据权利要求20所述的检查设备,其中所述第一有意的重叠偏置和所述第二有意的重叠偏置具有相等的幅值。

22. 根据权利要求14至19中任一项所述的检查设备,其中,所述处理器能够操作用于基于以下设想,根据由所述线性回归模型所描述的梯度来确定重叠误差,所述设想是:由于特征不对称度所造成的贡献对于所有的重叠值是恒定的。

23. 根据权利要求14至19中任一项所述的检查设备,其中,所述目标结构包括不具有有意的重叠偏置的第三目标结构,且所述处理器能够操作用于根据针对于第一目标结构和第三目标结构的不对称度测量之间的差异和根据针对于第二目标结构和第三目标结构的不对称度测量之间的差异来确定相对的不对称度测量。

24. 根据权利要求23所述的检查设备,其中所述处理器能够操作用于将线性回归模型拟合成针对于第一目标结构的不对称度测量和针对第三目标结构的不对称度测量的差异对针对于第二目标结构的不对称度测量和针对第三目标结构的不对称度测量的差异的平面表示。

25. 根据权利要求23所述的检查设备,其中所述处理器能够操作用于在没有以下设想的情况下根据由所述线性回归模型所描述的梯度来确定重叠误差,所述设想是:由于特征不对称度所造成的贡献对于所有的重叠值是恒定的。

## 量测方法和设备、光刻系统和器件制造方法

[0001] 本申请是申请日为2014年07月18日、申请号为201480044257.5、发明名称为“量测方法和设备、光刻系统和器件制造方法”的专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请要求于2013年8月7日递交的美国临时申请61/863,150和于 2014年4月4日递交的美国临时申请61/975,312的权益，并且通过引用将其全部内容并入到本文中。

### 技术领域

[0004] 本发明涉及可用于例如由光刻技术进行的器件制造中的量测方法和设备以及使用光刻技术制造器件的方法。

### 背景技术

[0005] 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。通常，图案的转移是通过把图案成像到设置在衬底上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上进行的。通常，单个的衬底将包含被连续形成图案的相邻目标部分的网络。已知的光刻设备包括：所谓的步进机，在所谓的步进机中，每个目标部分通过一次将整个图案曝光到目标部分上来辐照每个目标部分；以及所谓的扫描器，在所谓的扫描器中，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同步扫描所述衬底来辐照每个目标部分。也可以通过将图案压印到衬底上来将图案从图案形成装置转移到衬底上。

[0006] 在光刻过程中，经常期望对所生成的结构进行测量，例如用于过程控制和验证。用于进行这种测量的多种工具是已知的，包括经常用于测量临界尺寸 (CD) 的扫描电子显微镜以及用于测量重叠(在器件中两个层的对准精度)的专用工具。近来，用于光刻领域的各种形式的散射仪已经被研发。这些装置将辐射束引导到目标上并测量被散射的辐射的一种或更多种性质(例如作为波长的函数的、在单个反射角处的强度；作为反射角的函数的、在一个或更多个波长处的强度；或作为反射角的函数的偏振)以获得“光谱”，根据该“光谱”，可以确定目标的感兴趣的性质。感兴趣的性质的确定可以通过各种技术来进行：例如通过迭代方法(例如严格耦合波分析或有限元方法)、库搜索以及主分量分析来重建目标结构。

[0007] 由一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，测量束生成比光栅小的光斑(即光栅被欠填充)。这简化了目标的数学重建，因为其可以被看成是无限的。然而，为了减小目标的尺寸，例如减小到10 $\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 或更小，例如，使得它们可以被定位于产品特征之中而不是划线中，已经提出光栅被制成得比测量光斑更小的量测(即光栅被过填充)。典型地，这种目标使用暗场散射术进行测量，在暗场散射术中，第零衍射级(对应于镜面反射)被挡住，仅仅更高的衍射级被处理。使用衍射级的暗场检测的基于衍射的重叠使得能够在更小的目标上进行重叠测量。这些目标小于照射光斑，并且可以被晶片上的产品结

构围绕。能够在一个图像中测量多个目标。

[0008] 在已知的量测技术中,重叠测量的结果通过在旋转目标或改变照射模式或成像模式以独立地获得-1<sup>st</sup>衍射级和+1<sup>st</sup>衍射级的强度的同时、在一定条件下测量目标两次来获得。对于给定的光栅比较这些强度能够提供光栅中的不对称度的测量,并且在重叠光栅中的不对称度能够用作重叠误差的指示器。

[0009] 虽然已知的基于暗场图像的重叠测量是快速的且计算很简单(一旦经过校准),但是它们依赖于以下假定:重叠仅仅是由目标结构的不对称度造成。在叠层中的任何其他的不对称度,例如,在重叠的光栅的一者或两者中的特征的不对称度,也造成1<sup>st</sup>级的不对称度。该特征不对称度与重叠没有清晰的关系,但是干扰了重叠测量,给出了不精确的重叠结果。在重叠光栅中的底光栅中的不对称度是特征不对称度的公共形式。其例如可以源自于在底光栅被最初形成之后执行的晶片处理步骤中,例如化学机械抛光(CMP)。

[0010] 因此,本领域技术人员不得不在两个方面之间进行选择,一方面,简单和快速的测量过程,其给出重叠测量,但在存在不对称度的其他成因时将导致误差;另一方面,更传统的技术,其计算强度高且通常需要对于大的、被欠填充的光栅的多个测量以避免光瞳图像被来自于重叠光栅的环境的信号贡献所干扰,这将妨碍基于该光瞳图像进行重建。

## 发明内容

[0011] 因此,期望实现更具鲁棒性的对于特征不对称度对目标结构不对称度的贡献的重叠测量和/或将对于由特征不对称度所造成的目标结构不对称度的贡献与由重叠(包括偏置)所造成的贡献区分开。

[0012] 第一方面提供一种测量光刻过程的参数的方法,所述方法包括步骤: (a) 照射在衬底上的目标结构和检测由每个目标结构散射的辐射以针对于每个目标结构获得表示总体不对称度的不对称度测量,所述目标结构至少包括第一目标结构和第二目标结构,所述第一目标结构包括具有第一有意的重叠偏置的重叠的周期结构,所述第二目标结构包括具有第二有意的重叠偏置的重叠的周期结构,所述总体不对称度包括由于 (i) 在目标结构中有意的重叠偏置、(ii) 在形成目标结构期间在光刻过程中的重叠误差和 (iii) 在一个或更多个所述周期结构中的特征不对称度所造成的贡献; (b) 对于多种不同的照射条件重复步骤 (a); (c) 通过将线性回归模型拟合成用于第一目标结构的不对称度测量对用于第二目标结构的不对称度测量的平面表示来执行对于在步骤 (b) 中获得的不对称度测量数据的回归分析,该线性回归模型不一定被拟合成通过该平面表示的原点;以及 (d) 根据由所述线性回归模型所描述的梯度来确定重叠误差。

[0013] 另一方面提供了一种用于测量光刻过程的参数的检查设备,所述检查设备包括: 用于衬底的支撑件,所述衬底在其上具有多个目标结构,所述目标结构至少包括第一目标结构和第二目标结构,所述第一目标结构包括具有第一有意的重叠偏置的重叠的周期结构,所述第二目标结构包括具有第二有意的重叠偏置的重叠的周期结构;光学系统,所述光学系统能够操作用于照射所述目标和检测由每个目标散射的辐射以针对于每个目标结构和针对于多种不同的照射条件获得表示总体不对称度的不对称度测量,所述总体不对称度包括由于 (i) 在目标结构中有意的重叠偏置、(ii) 在形成目标结构期间在光刻过程中的重叠误差和 (iii) 在一个或更多个所述周期结构中的特征不对称度所造成的贡献;处理器,布

置成：通过将线性回归模型拟合成用于第一目标结构的不对称度测量对用于第二目标结构的不对称度测量的平面表示来执行对于不对称度测量数据的回归分析，该线性回归模型不一定被拟合成通过该平面表示的原点；以及根据由所述线性回归模型所描述的梯度来确定重叠误差。

[0014] 而另一方面还提供一种计算机程序产品，包括机器可读指令，所述机器可读指令用于使得处理器对于不对称度数据执行根据上述第一方面所述的方法的处理步骤(c)和(d)，所述不对称度数据通过以下步骤获得：在多个不同的照射条件下照射衬底上的目标结构，所述目标结构至少包括第一目标结构和第二目标结构，所述第一目标结构包括具有第一有意的重叠偏置的重叠的周期结构，所述第二目标结构包括具有第二有意的重叠偏置的重叠的周期结构；以及检测由每个目标结构散射的辐射以针对于每个目标结构获得表示总体不对称度的不对称度测量，所述总体不对称度包括由于(i)在目标结构中有意的重叠偏置、(ii)在形成目标结构期间在光刻过程中的重叠误差和(iii)在一个或更多个所述周期结构中的特征不对称度所造成的贡献。

[0015] 而另一方面还提供一种光刻设备，包括如上所述的检查设备，所述检查设备能够操作用于：使用光刻过程将器件图案应用于一系列的衬底；将目标结构应用于该系列的衬底中的一个或更多个衬底；使用根据上述第一方面所述的方法来测量目标结构的重叠参数；和根据该测量参数的方法的结果来控制用于之后的衬底的光刻过程。

[0016] 另一方面提供了一种制造器件的方法，其中器件图案被使用光刻过程应用于一系列的衬底，所述方法包括：使用根据上述第一方面所述的方法检查在至少一个衬底上形成所述器件图案的一部分的或除所述器件图案之外的至少一个周期结构以及根据所述检查方法的结果控制用于后面的衬底的光刻过程。

[0017] 本发明的进一步的特征和优点以及本发明的各种实施例的结构和操作将在下文中参照附图进行详细描述。应当注意，本发明不限于本文所述的具体实施例。这种实施例在本文中仅仅以示例的目的给出。另外的实施例将是相关领域的技术人员根据本文中所包含的教导能够理解的。

## 附图说明

[0018] 在此仅仅以示例的方式参照附图对本发明的实施例进行描述，在附图中：

[0019] 图1示出根据本发明一实施例的光刻设备；

[0020] 图2示出根据本发明一实施例的光刻单元或集群(cluster)；

[0021] 图3(a)–3(d)包括(a)用于使用第一对照射孔测量根据本发明的实施例的目标的暗场散射仪的示意图，(b)针对于给定照射方向的目标光栅的衍射光谱的细节，(c)在使用用于基于衍射的重叠测量的散射仪的过程中提供另外的照射模式的第二对照射孔以及(d)将第一对孔和第二对孔组合的第三对照射孔；

[0022] 图4示出已知形式的多光栅目标和在衬底上的测量光斑的轮廓；

[0023] 图5示出在图3的散射仪中获得的图4的目标的图像；

[0024] 图6是示出使用图3的散射仪且能够适于形成本发明的实施例的重叠测量方法的步骤的流程图；

[0025] 图7是根据本发明的实施例的图6的流程图的步骤S6的扩展的流程图；

- [0026] 图8是用于没有特征不对称度的重叠光栅的A+与A-的图；
- [0027] 图9是用于示出本发明的第一实施例的具有特征不对称度的重叠光栅的A+与A-的图；
- [0028] 图10a和10b是用于没有特征不对称度的重叠光栅以及示出本发明的第二实施例的具有特征不对称度的重叠光栅的A+与A-的图；
- [0029] 图11是用于具有特征不对称度的重叠光栅的不对称度与重叠的图；
- [0030] 图12a是用于具有大的特征不对称度的重叠光栅的A+与A-的图；
- [0031] 图12b是用于示出本发明的第三实施例的包括第三偏置和大的特征不对称度的重叠光栅的A+-A0与A--A0的图；
- [0032] 图13示出具有可以用在本发明的第三实施例中的偏置方案的复合光栅结构。
- [0033] 图14是在晶片上的重叠的图形表示，并示出用于过程不对称度的校正使在以TE和TM辐射估计的重叠之间的差异最小化；
- [0034] 图14 (a) 和14 (b) 示出分别使用TE辐射和TM辐射在晶片上进行的未经过校正的重叠测量的图示；
- [0035] 图14 (c) 示出在图14 (a) 和14 (b) 的测量之间的差异；
- [0036] 图14 (d) 和14 (e) 示出分别使用TE辐射和TM辐射在晶片上进行的且已经根据本发明的实施例进行校正的重叠测量的图示；
- [0037] 图14 (f) 示出在图14 (d) 和14 (e) 的测量之间的差异。
- [0038] 本发明的特征和优势将根据下面阐述的具体实施方式并结合附图而更容易理解，在附图中，自始至终，同样的参考符号表示对应的元件。在附图中，同样的附图标记大体上表示相同的、功能相似和/或结构相似的元件。元件第一次出现所在的附图由相应的附图标记的最左面的数字表示。

## 具体实施方式

[0039] 本说明书公开了包含本发明的特征的一个或更多个实施例。所公开的实施例仅仅示例性地说明本发明。本发明的范围不限于所公开的实施例。本发明由所附的权利要求来限定。

[0040] 所述实施例以及在本说明书中提及的“一个实施例”、“一实施例”、“示例实施例”等表示所述实施例可以包括特定的特征、结构或特性，但是每个实施例可以不必包括该特定的特征、结构或特性。另外，这些措辞不必涉及同一实施例。而且，当特定的特征、结构或特性结合实施例进行描述时，应当理解，不论是否明确地描述，其都在本领域技术人员的知识范围内，用以结合其他实施例来实现这种特征、结构或特性。

[0041] 本发明的实施例可以被实现为硬件、固件、软件或其任意组合。本发明的实施例也可以被实现为存储在机器可读介质上的指令，其可以由一个或更多个处理器来读取和执行。机器可读介质可以包括用于存储或传送至机器(例如计算装置)可读形式的信息的任何机制。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)；磁盘存储介质；光存储介质；闪存装置；电、光、声或其他形式的传播信号及其他。而且，固件、软件、例程、指令可以在此被描述为执行特定的动作。然而，应当理解，这种描述仅仅是为了方便起见，这种动作实际上由计算装置、处理器、控制器或用于执行固件、软件、例程、指令等的其

他装置所导致。

[0042] 在更详细地描述本发明的实施例之前,阐释本发明的实施例可以实施的示例环境是有意义的。

[0043] 图1示意地示出了光刻设备LA。所述设备包括:照射系统(照射器) IL,其配置用于调节辐射束B(例如,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,其构造用于支撑图案形成装置(例如掩模) MA,并与配置用于根据特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,并与配置用于根据特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) PS,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(例如包括一根或更多根管芯) 上。

[0044] 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。

[0045] 所述图案形成装置支撑件以依赖于图案形成装置的方向、光刻设备的设计以及诸如例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来保持图案形成装置。所述图案形成装置支撑件可以是框架或台,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需的位置上(例如相对于投影系统)。这里使用的任何术语“掩模版”或“掩模”可以看作与更为上位的术语“图案形成装置”同义。

[0046] 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。应该注意的是,赋予辐射束的图案可能不与衬底的目标部分上的所需图案精确地对应(例如,如果所述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形成的器件中的特定的功能层相对应,例如集成电路。

[0047] 图案形成装置可以是透射型的或反射型的。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LCD面板。掩模在光刻技术中是熟知的,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。

[0048] 这里使用的术语“投影系统”可以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。

[0049] 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)。

[0050] 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“多平台”机器中,可以并行地使用附加的台,或可以在一个或更多个台上执行预备步骤的同时,将一个或更多个其它台用于曝光。

[0051] 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（例如水）覆盖，以便填充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中的其他空间，例如掩模和投影系统之间的空间。浸没技术用于提高投影系统的数值孔径在本领域是熟知的。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。

[0052] 参照图1，照射器IL接收来自辐射源S0的辐射束。所述源和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。

[0053] 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 $\sigma$ -外部和 $\sigma$ -内部）进行调整。此外，所述照射器IL可以包括各种其它部件，例如整合器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。

[0054] 所述辐射束B入射到保持在图案形成装置支撑件（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。已经穿过图案形成装置（例如，掩模）MA之后，所述辐射束B通过投影系统PS，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、线性编码器、二维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（在图1中没有明确地示出）用于相对于所述辐射束B的路径精确地定位图案形成装置（例如掩模）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）的帮助来实现图案形成装置支撑件（例如掩模台）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），图案形成装置支撑件（例如掩模台）MT可以仅与短行程致动器相连，或可以是固定的。

[0055] 可以使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2来对准图案形成装置（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，但是它们可以位于目标部分（这些公知为划线对齐标记）之间的空间中。类似地，在将多于一个的管芯设置在图案形成装置（例如掩模）MA的情况下，所述掩模对准标记可以位于所述管芯之间。小的对准标记也可以被包括在管芯内、在器件特征之间，在这种情况下，期望所述标记尽可能小且不需要任何与相邻的特征不同的成像或处理条件。检测对准标记的对准系统将在下文中进一步描述。

[0056] 可以将所示的设备用于以下模式中的至少一种中：

[0057] 1. 在步进模式中，在将图案形成装置支撑件（例如掩模台）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。

[0058] 2.在扫描模式中,在对图案形成装置支撑件(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相对于图案形成装置支撑件(例如掩模台)MT的速度和方向可以通过所述投影系统PS的(缩小)放大率和图像反转特性来确定。在扫描模式中,曝光场的最大尺寸限制了单一的动态曝光中的所述目标部分的宽度(沿非扫描方向),而所述扫描移动的长度确定了所述目标部分的高度(沿扫描方向)。

[0059] 3.在另一模式中,将用于保持可编程图案形成装置的图案形成装置支撑件(例如掩模台)MT保持为基本静止,并且在将赋予所述辐射束的图案投影到目标部分C上的同时,对所述衬底台WT进行移动或扫描。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。

[0060] 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。

[0061] 光刻设备LA是所谓的双平台类型,其具有两个衬底台WTa、WTb 和两个站——曝光站和测量站,在曝光站和测量站之间衬底台可以被进行交换。当一个衬底台上的一个衬底在曝光站被进行曝光时,另一衬底可以被加载到测量站处的另一衬底台上且执行各种预备步骤。所述预备步骤可以包括使用水平传感器LS对衬底的表面控制进行规划和使用对准传感器AS测量衬底上的对准标记的位置。这能够实质地增加设备的生产率。如果当衬底台处于测量站以及处于曝光站时,位置传感器IF不能测量衬底台的位置,则可以设置第二位置传感器来使得衬底台的位置能够在两个站处被追踪。

[0062] 如图2所示,光刻设备LA形成光刻单元LC(有时也称为光刻元或者光刻集群)的一部分,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。这些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。衬底操纵装置或机械人R0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,然后将它们传递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也经由光刻控制单元LACU控制光刻设备。因此,不同的设备可以被操作用于将生产率和处理效率最大化。

[0063] 适用于本发明的实施例中的基于微衍射的重叠( $\mu$ DBO)量测设备如图3(a)所示。目标光栅T和衍射的光线在图3(b)中被更详细地示出。 $\mu$ DBO量测设备可以是单独的装置或被包含在光刻设备LA(例如在测量站处)或光刻单元LC中。光轴由虚线0表示,其有多个贯穿设备的支路。在该设备中,由源11(例如氙灯)发出的光借助于包括透镜12、14 和物镜16的光学系统经由分束器15被引导到衬底W上。这些透镜被布置成4F布置的双序列。可以使用不同的透镜布置,只要这样的透镜布置仍然能够将衬底图像提供到检测器上,并且同时对于空间-频率滤波允许访问中间的光瞳平面。因此,辐射入射到衬底上的角度范围可以通过在一平面中定义表示衬底平面(在此称为(共轭)光瞳平面)的空间光谱的空间强度分布来选择。尤其,这可以通过将合适形式的孔板13在作为物镜光瞳平面的后投影像的平面中插入到透

镜12和14之间来完成。在所示的示例中,孔板13具有不同的形式,以13N和13S标记,允许选择不同的照射模式。在本示例中的照射系统形成离轴照射模式。在第一照射模式中,孔板13N提供从标记为“N(北)”的方向(仅仅为了说明起见)的离轴。在第二照射模式中,孔板13S用于提供类似的照射,但是从标记为“S(南)”的相反方向。也可以通过使用不同的孔来实现其它的照射模式。光瞳平面的其余部分期望是暗的,因为所期望的照射模式之外的任何非必要的光将干扰所期望的测量信号。

[0064] 如图3(b)所示,目标光栅T和衬底W被放置成与物镜16的光轴0正交。从偏离光轴0的一角度射到光栅T上的照射光线I产生第零级光线(实线0)和两个第一级光线(单点划线+1和双点划线-1)。应当知晓,在过填充的小目标光栅的情况下,这些光线仅仅是覆盖包括量测目标光栅T和其它特征的衬底的区域的许多平行光线之一。由于板13中的孔具有有限的宽度(允许有用的光量通过所必须的),所以入射光线I实际上将占据一角度范围,被衍射的光线0和+1/-1将被扩散。根据小目标的点扩散函数,每个衍射级+1和-1将被进一步在一角范围上扩散,而不是如所示出的理想的单条光线。注意,光栅节距和照射角可以被设计或调整成使得进入物镜的第一级光线与中心光轴接近地或紧密地对准。在图3(a)和3(b)中示出的光线被示出为离轴,纯粹是为了能够使它们更容易在图中被区分出来。

[0065] 至少由衬底W上的目标所衍射的0和+1级被物镜16所收集并通过分束器15被引导返回。回到图3(a),第一和第二照射模式都通过指定标记为北(N)和南(S)的在直径上相对的孔来示出。当入射光线I来自光轴的北侧时,即当使用孔板13N来应用第一照射模式时,被标记为+1(N)的+1衍射光线进入物镜16。相反,当使用孔板13S来应用第二照射模式时,(被标记为-1(S)的)-1衍射光线是进入物镜16的衍射光线。

[0066] 第二分束器17将衍射束分成两个测量支路。在第一测量支路中,光学系统18使用第零级和第一级衍射束在第一传感器19(例如CCD或CMOS传感器)上形成目标的衍射光谱(光瞳平面图像)。每个衍射级击中传感器上的不同的点,以使得图像处理可以对衍射级进行比较和对比。由传感器19所捕捉的光瞳平面图像可以被用于会聚量测设备和/或将第一级束的强度测量归一化。光瞳平面图像也可以用于许多的测量目的,例如重建,这不是本公开的主题。

[0067] 在第二测量支路中,光学系统20、22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。在第二测量支路中,孔径光阑21设置在与光瞳平面共轭的平面中。孔径光阑21的功能是阻挡第零级衍射束以使得形成在传感器23上的目标的图像仅仅由-1或+1第一级束形成。由传感器19和23捕捉的图像被输出到图像处理器和控制器PU,所述图像处理器和控制器PU的功能将依赖于所进行的测量的特定类型。注意到,术语“图像”在此用于广泛的含义。如果仅存在-1和+1衍射级中的一个,则光栅线的图像同样将不被形成。

[0068] 如图3所示的孔板13和场光阑21的特定形式纯粹是示例性的。在本发明的另一实施例中,使用目标的同轴照射,且具有离轴孔的孔径光阑用于基本上仅使一个第一级衍射光通至传感器。在其它的实施例中,替代第一级束或除第一级束之外,可以将第二级、第三级和更高级次的束(未在图3中示出)用于测量。

[0069] 为了使照射能够适应于这些不同类型的测量,孔板13可以包括在盘周围形成的多个孔图案,所述盘旋转以将期望的图案带入到合适的位置。替代地或附加地,一组板13可以被设置和交换以实现相同的效果。也可以使用可编程照射装置,例如可变形反射镜阵列或

透射式空间光调制器。移动的反射镜或棱镜可以被用作调整照射模式的另一种方式。

[0070] 如刚刚关于孔板13所进行的解释,用于成像的衍射级的选择可以替代地通过变更光瞳光阑(pupil-stop) 21或通过更换具有不同的图案的光瞳光阑或通过将固定的场光阑替换为可编程空间光调制器来实现。在这种情况下,测量光学系统的照射侧可以保持恒定,同时,成像侧具有第一和第二模式。因此,在本发明公开内容中,有效地存在三种类型的测量方法,每一种方法都有其自身的优势和劣势。在一种方法中,照射模式被改变以测量不同的衍射级。在另一种方法中,成像模式被改变。在第三种方法中,照射模式和成像模式保持不变,但是目标被转过180度。在每种情况下,所期望的效果是相同的,即选择非零级衍射辐射的在目标的衍射光谱中彼此对称地对置的第一部分和第二部分。在原理上,衍射级的期望的选择可以通过同时地改变照射模式和成像模式的组合来获得,但是这可能带来缺点而没有优点,因此,其将不被进一步讨论。

[0071] 尽管用于本示例中的成像的光学系统具有由场光阑21限制的宽的入射光瞳,但是在其他实施例或应用中,成像系统自身的入射光瞳尺寸可以足够小以限制至所期望的衍射级,因此也用作场光阑。不同的孔板如图3 (c) 和图3 (d) 所示,它们可以被使用,如下文所进一步描述的。

[0072] 典型地,目标光栅将与其或沿南北或沿东西延伸的光栅线对准。也就是说,光栅将在衬底W的X方向上或Y方向上对准。注意到,孔板 13N或13S可以仅仅用于测量在一个方向上定向(X或Y,依赖于设置) 的光栅。对于正交光栅的测量,可以实现目标旋转过90度和270度。然而,更方便地,使用孔板13E或13W将来自东或西的照射设置在照射光学装置中,如图3 (c) 所示。孔板13N至13W可以被独立地形成和互换,或它们可以是能够旋转90、180或270度的单个孔板。如已经描述的,如图3 (c) 所示的离轴孔可以被设置在场光阑21中,而不是被设置在照射孔板13中。在该情况下,照射将沿轴线进行。

[0073] 图3 (d) 示出可以用于组合第一对和第二对孔板的照射模式的第三对孔板。孔板13NW具有位于北和东的孔,而孔板13SE具有位于南和西的孔。假定在这些不同的衍射信号之间的串扰不太大,则X光栅和Y光栅两者的测量可以在不改变照射模式的情况下进行。

[0074] 图4示出根据已知的实践在衬底上形成的复合目标。该复合目标包括紧密地定位在一起的四个光栅32至35,以使得它们都将在由量测设备的照射束形成的测量光斑31内。于是,四个目标都被同时地照射并被同时地成像在传感器19和23上。在专用于重叠测量的一示例中,光栅32 至35自身是由重叠光栅形成的复合光栅,所述重叠光栅在形成在衬底W上的半导体器件的不同层中被图案化。光栅32至35可以具有被不同地偏置的重叠偏移,以便便于在复合光栅的不同部分形成所在的层之间的重叠测量。光栅32至35也可以具有不同的取向,如图所示,以便在X 方向上和Y方向上衍射入射的辐射。在一个示例中,光栅32和34分别是具有+d、-d偏置的X方向光栅。这意味着,光栅32具有其重叠分量或成分,所述重叠分量或成分布置成使得如果它们都恰好被印刷在它们的名义位置上,则所述重叠分量或成分之一将相对于另一重叠分量或成分偏置距离d。光栅34具有其分量或成分,所述分量或成分布置成使得如果被完好地印刷则将存在d的偏置,但是该偏置的方向与第一光栅的相反,等等。光栅33和35分别是具有偏置+d和-d的Y方向光栅。尽管四个光栅被示出,但是另一实施例可能需要更大的矩阵来获得所期望的精度。例如,9个复合光栅的3×3阵列可以具有偏置-4d、-3d、-2d、-d、0、+d、+2d、+3d、+4d。这些光栅的独立的图像可以在由传感器23捕捉的

图像中被识别。

[0075] 图5示出可以使用图3的设备中的图4的目标、使用如图3 (d) 所示的孔板13NW或13SE在传感器23上形成并由传感器23检测的图像的示例。尽管光瞳平面图像传感器19不能分辨不同的各个光栅32至35,但是图像传感器23可以分辨不同的各个光栅32至35。暗矩形表示传感器上的像场,其中衬底上的照射光斑31被成像到相应的圆形区域41中。在该区域中,矩形区域42-45表示小目标光栅32至35的图像。如果光栅位于产品区域中,则产品特征也可以在该像场的周边处是可见的。图像处理器和控制器PU使用模式识别来处理这些图像,以识别光栅32至35 的独立的图像42至45。以这种方式,图像不必非常精确地在传感器框架内的特定位置处对准,这在整体上极大地提高了测量设备的生产率。然而,如果成像过程受到像场上的不均匀性的影响,则保持对精确对准的要求。在本发明的一个实施例中,四个位置P1至P4被识别且光栅被与这些已知的位置尽可能地对准。

[0076] 一旦光栅的独立的图像已经被识别,那些各个图像的强度可以被测量,例如通过对所识别的区域中的所选的像素强度值进行平均或求和来实现。图像的强度和/或其它性质可以相互对比。这些结果可以被组合以测量光刻过程的不同的参数。重叠性能是这种参数的重要的示例,也是两个光刻层的横向对准的测量。重叠可以被更具体地定义,例如,可以被定义为在底光栅的顶部的中心与相应的顶光栅的底部的中心之间的横向位置差。

[0077] 暗场量测的示例可以在国际专利申请W02009/078708和 W02009/106279中找到,这两篇专利文献以引用方式整体并入本文。该技术的进一步的发展已经在专利公开出版物US20110027704A、US20110043791A和US20120123581中进行了描述。所有这些申请的内容也以引用的方式并入本文。

[0078] 图6示出如何例如使用在申请W02011/012624中描述的方法、通过光栅的不对称度来测量包含分量光栅或组成光栅 (component grating) 32 至35的两个层之间的重叠误差,所述不对称度通过比较它们在+1级和-1 级暗场图像中的强度来获得。在步骤S1中,衬底,例如半导体晶片,通过图2的光刻单元被一次地或更多次地处理,以形成包括重叠目标32至35的结构。在步骤S2中,使用图3的量测设备,光栅32至35的图像仅利用第一级衍射束中的一个(例如-1级衍射束)来获得。然后,通过改变照射模式、或改变成像模式、或通过将衬底W在量测设备的视场中旋转180度,可以利用另一个第一级衍射束(+1)来获得光栅的第二图像 (步骤S3)。因此,+1级衍射辐射在第二图像中被捕捉。

[0079] 注意到,通过在每个图像中包括仅仅一半的第一级衍射辐射,在此所述的“图像”不是常规的暗场显微镜图像。各个光栅线将不被分辨。每个光栅仅仅由具有一定强度水平的区域来表示。在步骤S4中,感兴趣的区域(ROI)在每个分量光栅或组成光栅 (component grating) 的图像内被细致地识别,强度水平将据此来测量。这样做是因为,尤其是在各个光栅图像的边缘附近,通常,强度值可能高度地依赖于过程变量,例如抗蚀剂厚度、成分、线形状以及边缘效应。

[0080] 已经针对于每个独立的光栅对ROI进行了识别和测量其强度,这样就可以确定光栅结构的不对称度,并因此确定重叠误差。这被通过如下方式完成:由图像处理器和控制器PU在步骤S5中针对于每个光栅32- 35的+1和-1衍射级所获得的强度值进行比较,以识别它们的强度中的任何差异,以及 (S6),根据光栅的重叠偏置的知识来确定目标T附近的重叠误差。

[0081] 在上述的现有应用中,公开了用于使用上述基本方法来提高重叠测量的品质的各种技术。例如,在图像之间的强度差可以归于用于不同的测量的光路中的差异,而不纯粹是目标中的不对称度。照射源11可以使得照射光斑31的强度和/或相位不均匀。可以确定校正并将该校正应用于参照例如传感器23的像场中的目标图像的位置来最小化这种误差。这些技术在现有应用中被解释,在此将不对细节进行进一步地解释。它们可以与在本申请中新公开的技术结合使用,下面将对本申请的技术进行描述。

[0082] 根据该方法的重叠测量假定所测量的不对称度仅仅与光栅层之间的实际重叠偏移成比例。然而,不一定是这样,因为所测量的不对称度也受到在光栅的制作中出现的特征不对称度效应的影响。这些特征不对称度效应包括侧壁角不对称度和底部倾斜(floor-tilt),并扰乱基于第一级不对称度的重叠测量。这将导致测量结果中的偏置,并因此导致不精确的重叠测量。

[0083] 图7是适应于图6的流程图中的步骤S6的流程图,其通过将正向偏置的光栅A+确定为负向偏置的光栅A-的不对称度的函数以使用A+对A-的回归来分析基于衍射的重叠测量(DBO和 $\mu$ DBO)。在步骤S6-1中,针对于不同的所测量的光瞳像素的数量和/或不同的波长偏振组合的数量(即对于不同的照射条件或照射“配置方案”的数量)来确定A+和A-。在此之后,在步骤S6-2中,所确定的A+的值被针对于所确定的A-的值进行绘制以得出该重叠。

[0084] 图8是针对于不具有特征不对称度的重叠光栅的A+对A-的图,该不具有特征不对称度的重叠光栅能够使得仅仅存在的不对称度是由于偏置和重叠导致的不对称度。在该情况下,A+和A-之间的关系在通过原点的直线上。很明显,所有所测量的波长-偏振组合在该线上。该线的斜率与重叠相关。图中示出四条线:

[0085] 被标示为 $OV=0$ 的虚线是表示零重叠的线,具有-1的斜率;

[0086] 被标示为 $OV \rightarrow \infty$ 的虚线是具有+1的斜率的线,表示重叠趋于无穷大;

[0087] 被标示为 $OV < 0$ 的实线是具有小于-1的斜率的线,其表示重叠小于0;以及

[0088] 被标示为 $OV > 0$ 的实线是具有大于-1的斜率的线,其表示重叠大于0。

[0089] 另外,可以看出,等于 $+d$ 的重叠将导致绘出的线沿着y轴,而等于 $-d$ 的重叠将导致绘出的线沿着x轴,其中d是光栅偏置。

[0090] 提出使用A+对A-回归以:

[0091] 通过确定通过数据组拟合的线的斜率来测量在没有可归因于特征不对称度的情况下其将是正确的重叠,该线不一定通过原点拟合;

[0092] 能够经由该线从原点的偏移(即来自截距项(intercept term))进行在晶片上的特征不对称度的分析;

[0093] 通过选择对于特征不对称度最不敏感的波长-偏振组合来执行照射选配方案的优化。

[0094] 图9是示出这些方面的前两个方面的A+对A-的图,例如,可以在步骤S6-2中绘出。根据上述讨论的已知的方法,数据点930将被拟合成通过原点的一条线900。然而,在该实施例中,数据点根据最佳拟合方法(例如最小二乘)由线910拟合,该线910不一定通过原点(步骤S6-3)。这样,该重叠仍可以由该线910的斜率进行计算(步骤S6-4);可以看出,线910平行于表示可以从不具有特征不对称度的同样的被测量结构看出的线920。线910的轴截距,即线910从线920(具有与线910斜率相同但不通过原点的线)的偏移量化地表示特征不

对称度的效应 (步骤S6-5)。

[0095] 借助于目标的两个对称偏置的光栅的重叠偏置d和线910的斜率 (slope), 重叠可以根据图9计算为(借助于不对称度和重叠(overlay) 之间的线性化关系) :

$$[0096] \text{重叠 (overlay)} = d \cdot \frac{\text{斜率 (slope)} + 1}{\text{斜率 (slope)} - 1} \quad (\text{式 1})$$

[0097] 对于节距周期性正弦关系,重叠可以类似地被理解为:

$$[0098] \text{重叠 (overlay)} = \frac{\text{节距 (pitch)}}{2\pi} \text{atan} \left\{ \frac{\text{斜率 (slope)} + 1}{\text{斜率 (slope)} - 1} \cdot \tan \left( \frac{2\pi \cdot d}{\text{节距 (pitch)}} \right) \right\} \quad (\text{式 2})$$

[0099] 其中pitch是光栅节距。

[0100] 图10a是对于不同的偏振-波长组合的(模拟)数据、对于不具有特征不对称度的光栅的A+对A-的图。可以看出,如之前所讨论的,所有数据在同一线上拟合。图10b示出与图10a相似的但存在有特征不对称度(尤其是0.5nm底部倾斜)的图。在两种情况下,由圆圈标记的数据表示TE辐射和由十字线标记的数据表示TM辐射。虽然在此不能看出,但是沿着该线的位置在很大程度上由波长(针对于给定的偏振)确定,以使得较短(紫)的波长趋于在线(A+=6至8)的上端处找到,且较长的(红)波长趋于在该线的下端处找到。

[0101] 从图10b可以看出,依赖于波长和偏振的与线性关系的偏差在原点周围的区域1000中被观察到。在0.5nm的底部倾斜的该示例中,重叠灵敏度对于TE偏振最小。而且,具有最大的K值的数据(在重叠和不对称度之间的比例因子),即对于重叠的最大灵敏度,也可以被易于识别,这是仍旧示出离原点最远的线性关系的数据1010。在该示例中,数据 1010针对于在短波长(紫)区域中的辐射。因此,图例如允许选择优化的照射选配方案(可选步骤S6-6),其在用于测量光栅时,生成对于重叠最敏感且对于特征不对称度依赖性最小的数据1010。

[0102] 在实际的重叠选配方案优化中,在晶片上的多个测量应当针对于不同的颜色和偏振进行,以使得在晶片上(例如在边缘处)所有可能的特征不对称度被考虑。一旦优化的选配方案被选择,则可以借助于该单一的波长-偏振-孔组合来执行。

[0103] 如果该单一的波长-偏振-孔组合都没有正在提供充分的特征不对称度的鲁棒性,则可以使用与如上所述的A+对A-回归分析组合的该方法来识别2或3种设定的组合。在每个单独的设定产生数据条目云且通过2 至3种设定的线示出非零轴线截断的情况下是如此的,这种线的斜率将仍旧产生相当地不对称度鲁棒重叠数据。为此,2或3种设定对于该实际的重叠测量是需要的。

[0104] 图11示出特征不对称度导致在不对称度A对重叠OV的图表中绘出的数据中的竖直偏移K0。线1100对于不具有不对称度的光栅结构的数据进行拟合,而线1110对于具有一定的不对称度的光栅结构的数据进行拟合。可以示出A=K1 sin(OV)。

[0105] 对于非常大的特征不对称度,在此所公开的方法示出从一条线的明显偏差。这在图12a中示出,其示出在针对于具有大的特征不对称度的光栅的A+对A-图上的模拟数据(注意:在该模型中,K0在光瞳上是恒定的)。可以看出,数据点不都位于一条线上或接近一条线,这使得拟合这些数据非常困难。

[0106] 为了抵消这样的问题,除去上述方法之外,还可以使用第三光栅(或光栅对),以使

得光栅结构包括具有三种不同的偏置的光栅。在一具体的实施例中,除去+d和-d光栅之外,还提供一种没有任何偏置的光栅。这能够实现相对不对称度的提取,这可以在A+-A0对A--A0的图表(图12b)中绘出,其中A0是零偏置光栅的不对称度。可以看出,所得到的数据对于特征不对称度是不那么敏感的(所有数据点基本上在同一条线上),这能够实现甚至在存在大的特征不对称度的情况下提取重叠。应当注意,在该实施例中,K0被允许在光瞳上变化。这种测量可以被用于确定在叠层中是否存在特征不对称度。使用该方法,不对称度A可以被计算为:

[0107]  $A = K_0 + K_1 \sin(0V)$

[0108] 与两偏置示例相比,这导致如下误差减小:

[0109] 
$$\frac{2K_0d}{A_d - A_{-d}}$$

[0110] 用于该方法的合适的光栅结构如图13所示。其包括具有负向偏置-d的两个相互垂直的光栅、具有零偏置的两个相互垂直的光栅以及具有正向偏置+d的两个相互垂直的光栅。这种光栅结构可直接地应用于小的目标设计,如同用于μDB0目标。

[0111] 该方法可以与在此描述的其他方法结合。例如,过程不对称度灵敏度可以通过选配方案优化来减小,在实验上通过选择最不敏感的波长和偏振来实现。

[0112] 总之,使用第一偏置不对称度对第二偏置不对称度的回归的重叠分析和选配方案选择方法可以包括:

[0113] 最小的‘光瞳- $\sigma$ ’分析(在该线上拟合最好的选配方案,例如以最小二乘方式);

[0114] 过程处理-不对称度灵敏度的分析(该线相对于原点的偏移或其中不存在线性依赖);

[0115] 在‘线性’和‘ATAN’模型的光瞳上的模型一致性测试;以及

[0116] 在晶片上的过程处理的不对称度的分析。

[0117] 另外,应当注意,所提出的选配方案的选择和重叠分析方法不需要任何叠层信息来执行。

[0118] 对于基于光瞳的分析,在此所公开的方法正确地包括数据点,在所述数据点上K值(在重叠和不对称度之间的比例因子)改变符号。这潜在地扩展了对于良好的测量的可用的选配方案设定范围,并能够(例如)基于诸如线性范围等其他参数来进行选择。

[0119] 在上文中已经公开了重叠可以根据回归的线910的斜率来估计,例如如图9所示。在叠层中的特征不对称度使该回归的线从原点偏移开。在该回归的线中的这种偏移有效地辨别特征不对称度。

[0120] 还提出通过利用这种所测量的不对称度的偏移来校正在晶片上的被估计的重叠。如果给定晶片测量,则在被估计的重叠和被测量的不对称度的偏移之间的协方差清晰地示出在晶片上的两测量值之间存在相关性。于是,提出根据被测量的不对称度的偏移来修正晶片上的被估计的重叠。为了找出优化的修正,可以建立最小化手段(例如线性最小化,如最小二乘),其将借助于TE偏振辐射所估计的重叠和借助于TM偏振辐射所估计的重叠之间的差别最小化。

[0121] 这种方法可以包括以下步骤:

[0122] 使用TE偏振辐射和TM偏振辐射两者(分别地)在晶片上的多个位置处执行方法步

骤S6-1至S6-5。由于这些测量,将获得对于该TE偏振辐射和TM偏振辐射两者在每个晶片位置处对重叠(线斜率)和过程不对称度(线偏移)的估计。

[0123] 将在前一步骤中所估计的、在借助于TE偏振辐射估计的重叠和借助于TM偏振辐射所估计的重叠之间的差异最小化,以便找出根据所测量的过程不对称度对于在晶片上的被估计的重叠的修正。

[0124] 图14示出对于所述的过程不对称度进行修正将借助于TE和TM辐射所估计的重叠之间的差异最小化。图14 (a) 和14 (b) 分别示出使用 TE辐射和TM辐射在晶片上进行未经修正的重叠测量的图示。图14 (c) 是在图14 (a) 和14 (b) 的测量之间的差异。图14 (d) 和14 (e) 分别示出使用TE辐射和TM辐射在晶片上进行重叠测量的图示,它们已经根据该实施例进行了修正。图14 (f) 是在图14 (d) 和14 (e) 的测量之间的差异。可以清楚地看出,对于经过修正的重叠测量在TE重叠测量和TM重叠测量之间的差异小于对于未经过修正的重叠测量在TE重叠测量和TM重叠测量之间的差异。

[0125] 借助于该方法的作用的进一步的证据,重叠在3个独立的数据组上进行独立地计算,所述3个独立的数据组对应于3个独立的波长TE/TM 测量对。在这3个数据组之间的估计的重叠的差异被考虑。可以看出,在借助于独立的波长和偏振测量的重叠的差异的均方根(RMS)对于x 和y两个方向提高了0.2nm,这导致70%的精度提升。

[0126] 另外,值得注意的是,在此所公开的技术可以被应用于大的散射仪目标(也被称为标准目标)。使用图3的设备,例如,替代在暗场成像支路和传感器23中进行的测量或附加于在暗场成像支路和传感器23中进行的测量,在这些较大的目标中的重叠可以由角分辨散射仪使用光瞳图像传感器19来测量。

[0127] 在该方案中的目标也允许不考虑底光栅不对称度(BGA)的标准的重叠计算方法(‘线性’和‘ATAN’方法)根据该测量被应用。

[0128] 尽管上述目标结构是为测量目的而具体指定和形成的量测目标,但是在其他实施例中,可以在作为形成在衬底上的器件的功能部分的目标上对性质进行测量。许多器件具有规则的类似光栅的结构。在此所使用的术语‘目标光栅’和‘目标结构’不需要该结构已经为正在进行的测量所具体提供。

[0129] 结合在衬底和图案形成装置上实现的目标的物理光栅结构,一实施例可以包括计算机程序,该计算机程序包含一个或更多个机器可读指令序列,所述机器可读指令序列用于描述测量在衬底上的目标和/或分析测量结果以获得关于光刻过程的信息的方法。该计算机程序可以例如在图3 的设备中的单元PU中和/或在图2的控制单元LACU中被执行。也可以提供数据存储介质(例如半导体存储器、磁盘或光盘),该数据存储介质具有存储于其中的所述计算机程序。在已有的量测设备(例如如图3 所示类型的量测设备)已经处于生产中和/或使用中的情况下,本发明可以通过提供用于使处理器执行经过修改的步骤S6(包括步骤S6-1至S6-6)的更新的计算机程序产品来实现,并因此以减小的对于特征不对称度的灵敏度来计算重叠误差。该程序可以可选地布置成控制光学系统、衬底支撑件或类似部件来执行用于在合适的多个目标结构上的不对称度的测量的步骤S2-S5。

[0130] 虽然上文已经做出了具体参考,将本发明的实施例用于光学光刻术的情况下,应该注意到,本发明可以用在其它的应用中,例如压印光刻术,并且只要情况允许,不局限于光学光刻术。在压印光刻术中,图案形成装置中的形貌限定了在衬底上产生的图案。可以将

所述图案形成装置的形貌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,所述图案形成装置被从所述抗蚀剂上移走,并在抗蚀剂中留下图案。

[0131] 这里使用的术语“辐射”和“束”包含全部类型的电磁辐射,包括:紫外辐射(UV)(例如具有或约为365、355、248、193、157或126nm的波长)和极紫外(EUV)辐射(例如具有在5-20nm范围内的波长),以及粒子束,例如离子束或电子束。

[0132] 在允许的情况下,术语“透镜”可以表示各种类型的光学部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部件。

[0133] 具体实施例的前述说明将充分地揭示本发明的一般属性,以致于其他人通过应用本领域技术的知识可以在不需要过多的实验、不背离本发明的整体构思的情况下针对于各种应用容易地修改和/或适应这样的具体实施例。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举例描述的目的,而不是限制性的,使得本说明书的术语或措辞由本领域技术人员根据教导和启示进行解释。

[0134] 本发明的覆盖度和范围不应该受上述的示例性实施例的任何一个限制,而应该仅根据随附的权利要求及其等价物限定。

[0135] 应该认识到,具体实施例部分,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阐述本发明人所构思的本发明的一个或更多个示例性实施例、但不是全部示例性实施例,因而不能够以任何方式限制本发明和随附的权利要求。

[0136] 上面借助示出具体功能及其关系的实施方式的功能性构造块描述了本发明。为了方便说明,这些功能性构造块的边界在此任意限定。可以限定替代的边界,只要特定功能及其关系被适当地执行即可。

[0137] 具体实施例的前述说明将充分地揭示本发明的一般属性,以致于其他人通过应用本领域技术的知识可以在不需要过多的实验、不背离本发明的整体构思的情况下针对于各种应用容易地修改和/或适应这样的具体实施例。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的目的,而不是限制性的,使得本说明书的术语或措辞由本领域技术人员根据教导和启示进行解释。

[0138] 本发明的覆盖度和范围不应该受到上述的示例性实施例中的任一个限制,而应该仅根据随附的权利要求及其等价物限定。

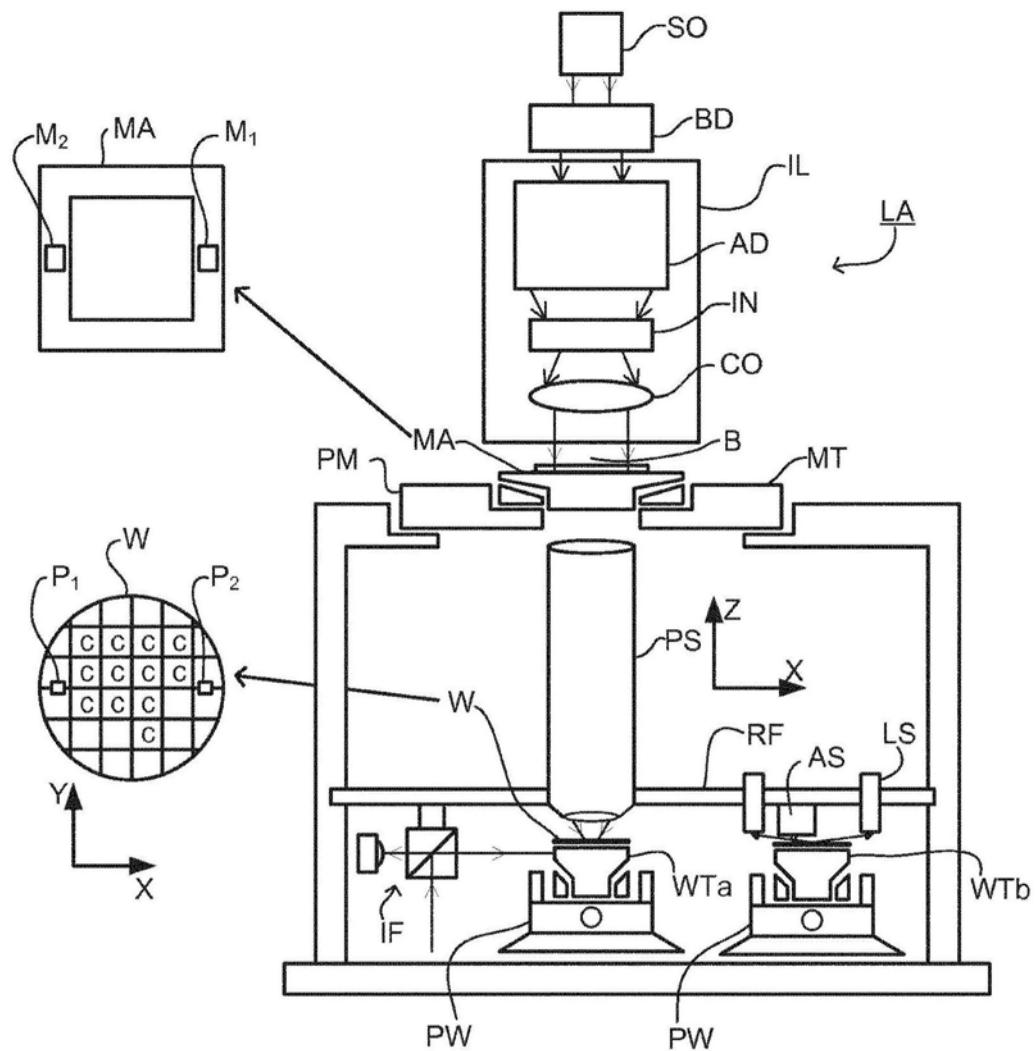


图1

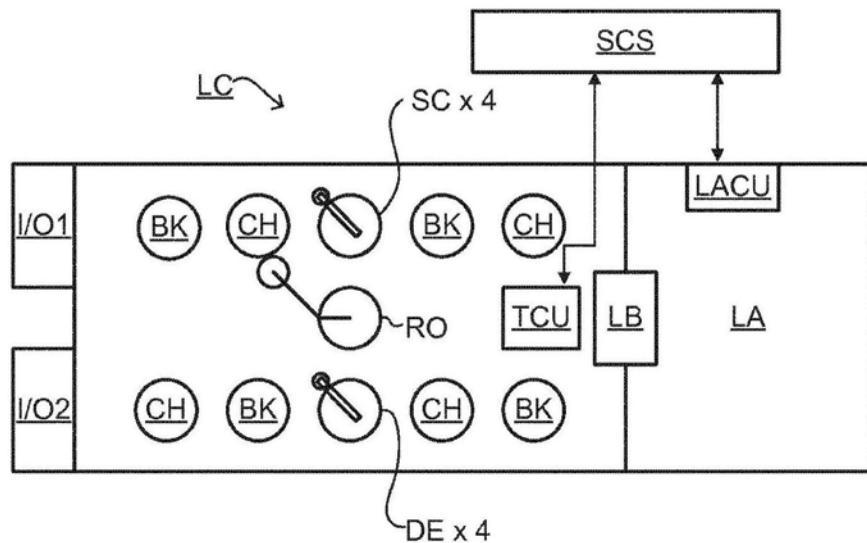


图2

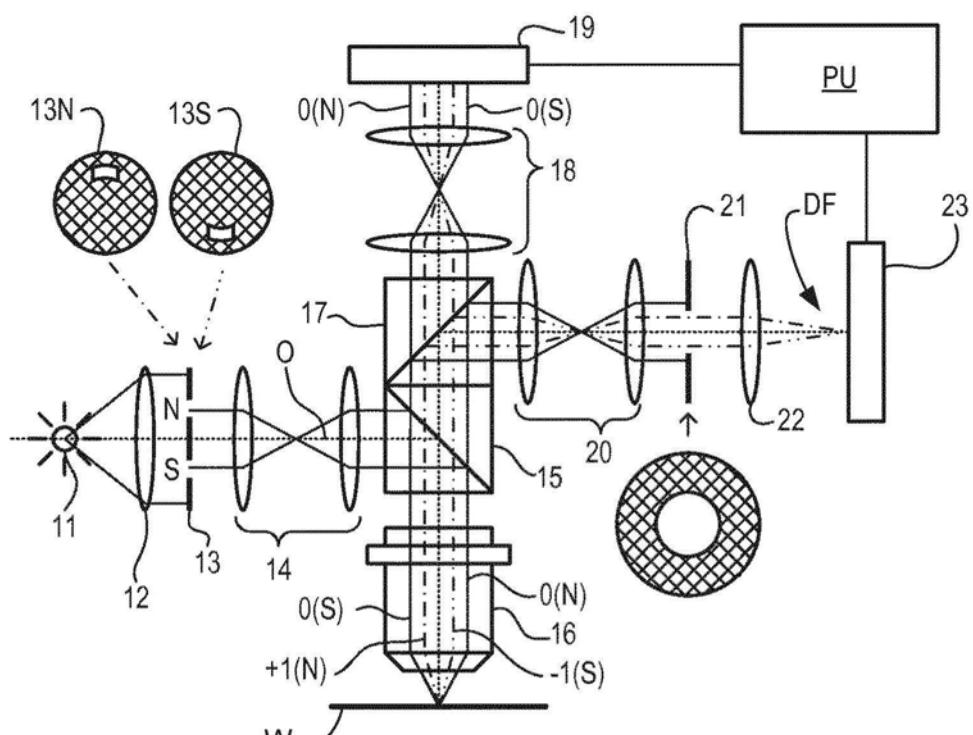


图 3(a)

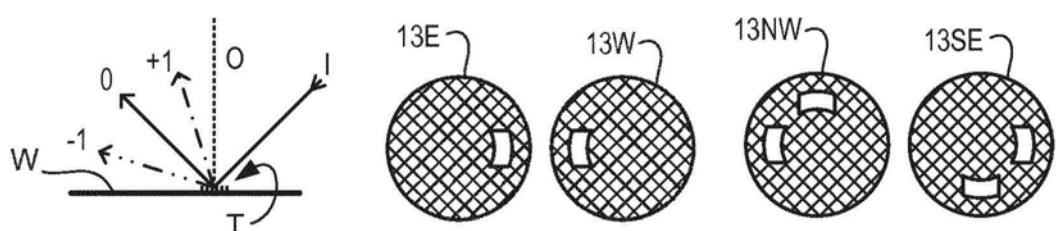


图 3(b)

图 3(c)

图 3(d)

图3

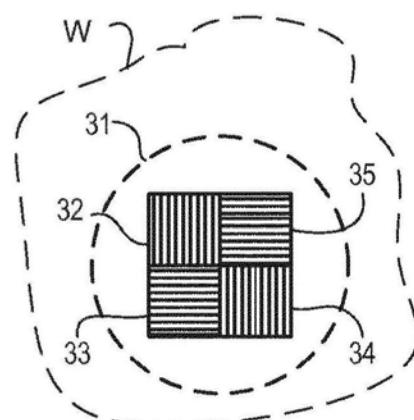


图4

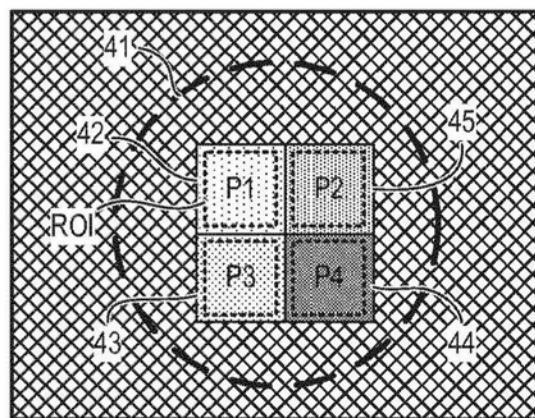


图5

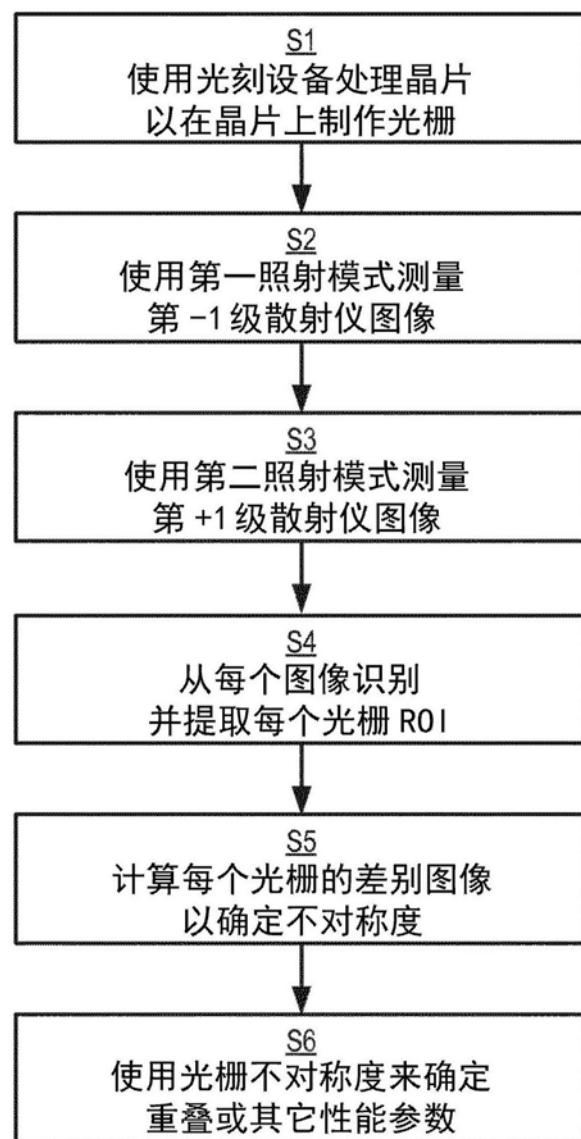


图6

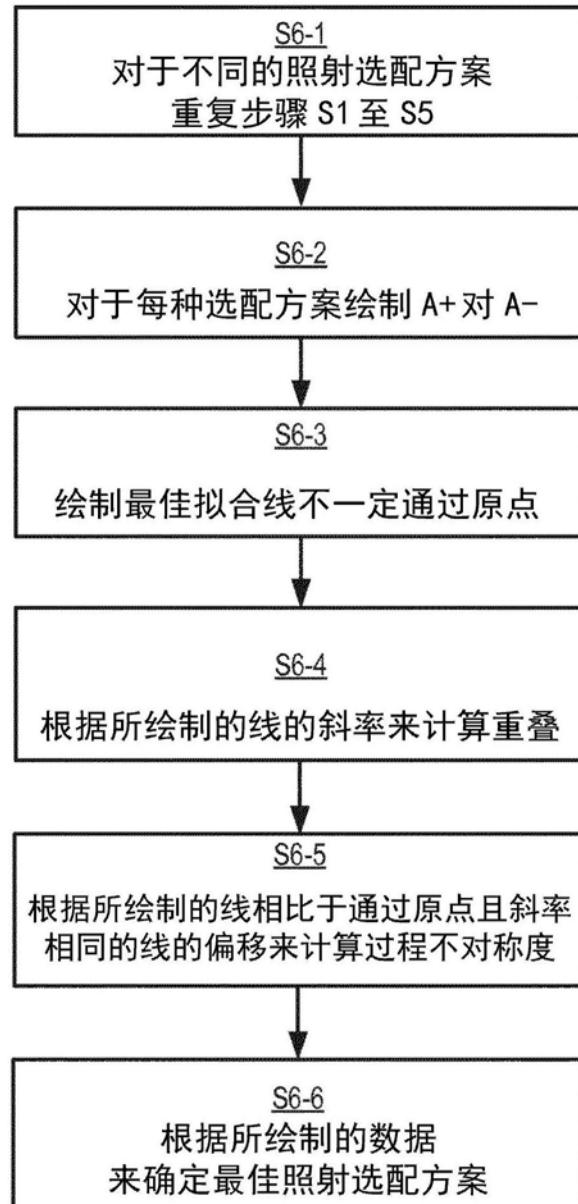


图7

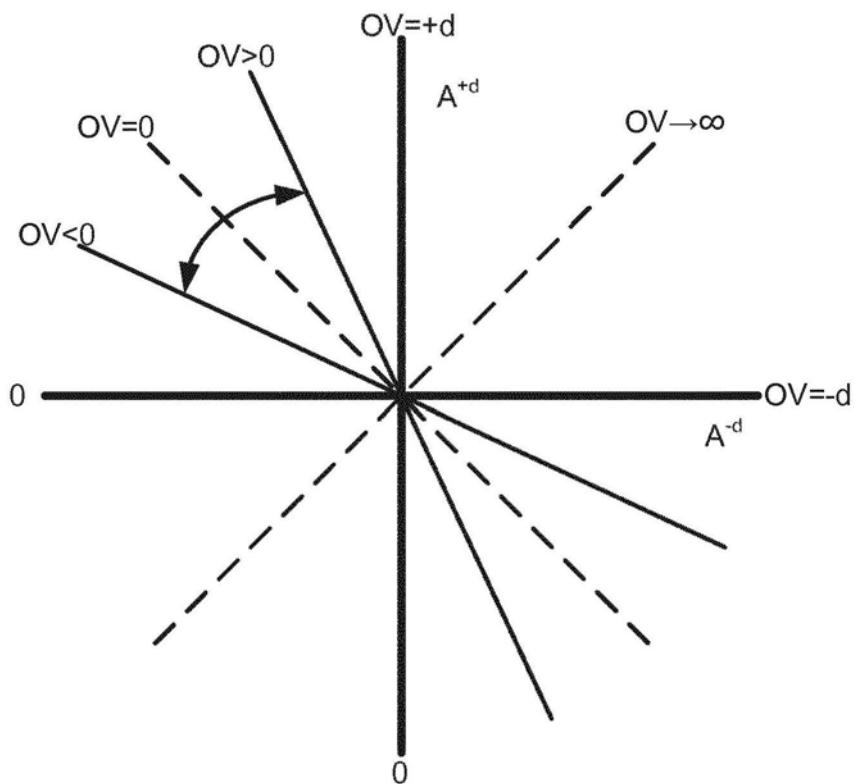


图8

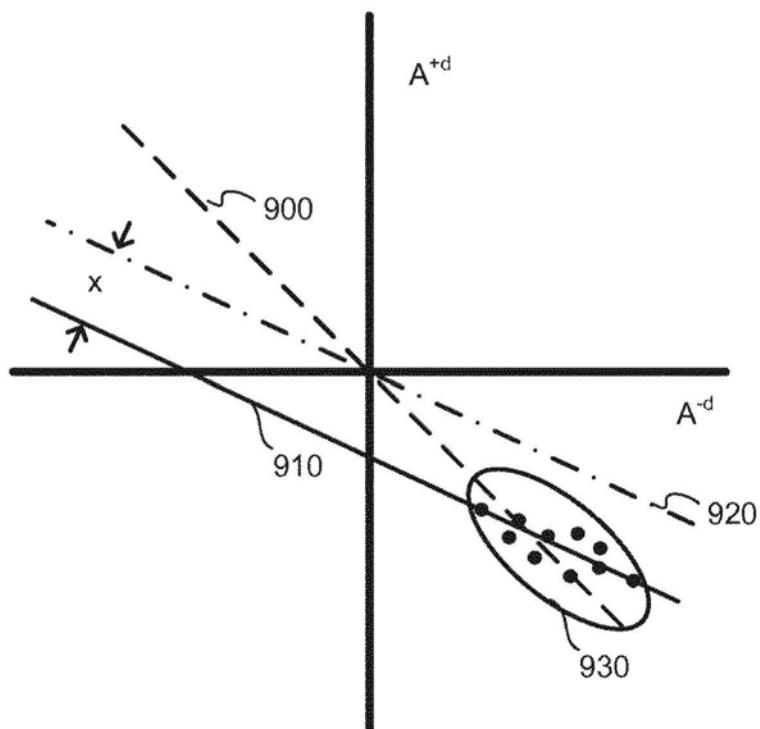


图9

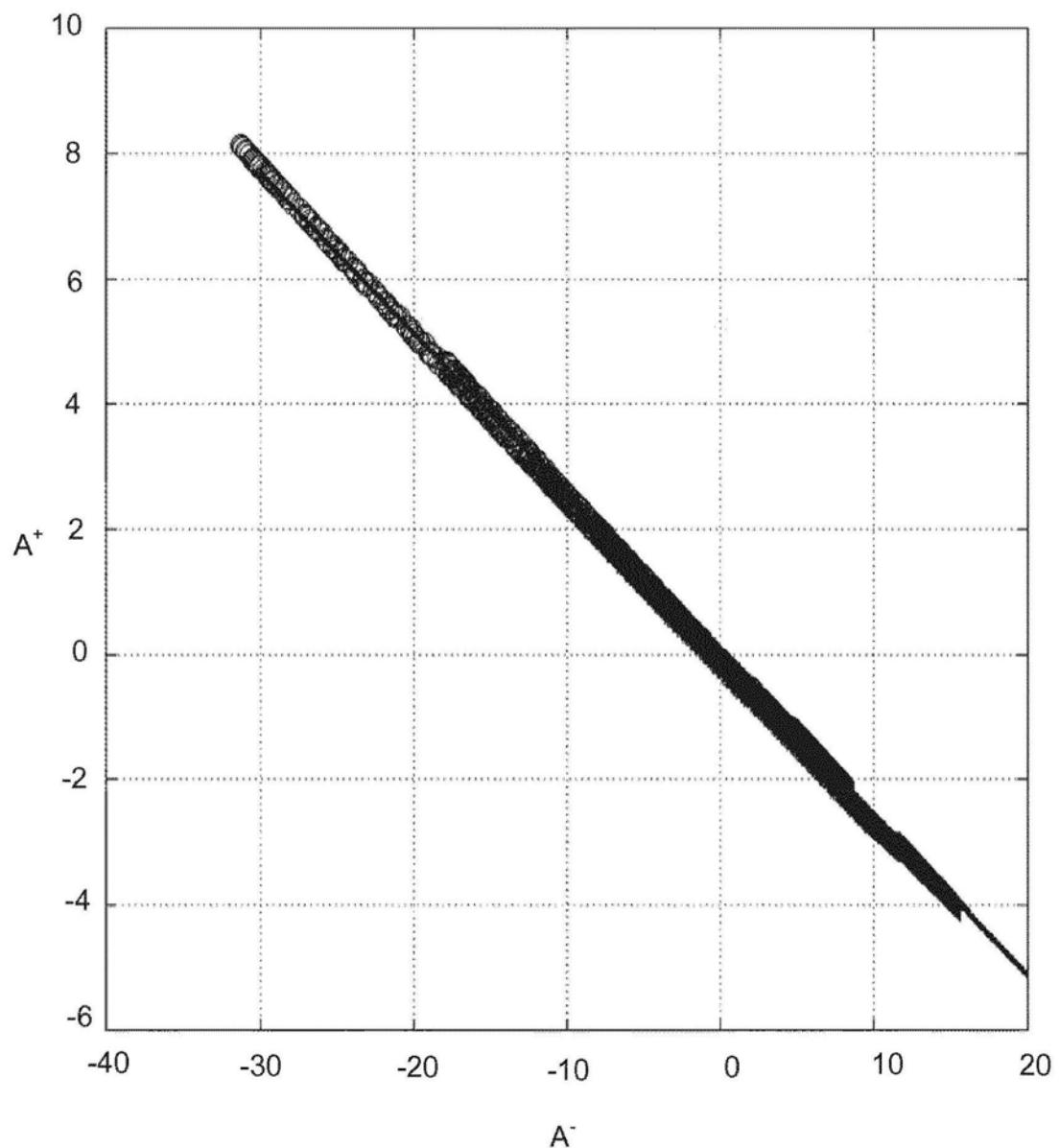


图10a

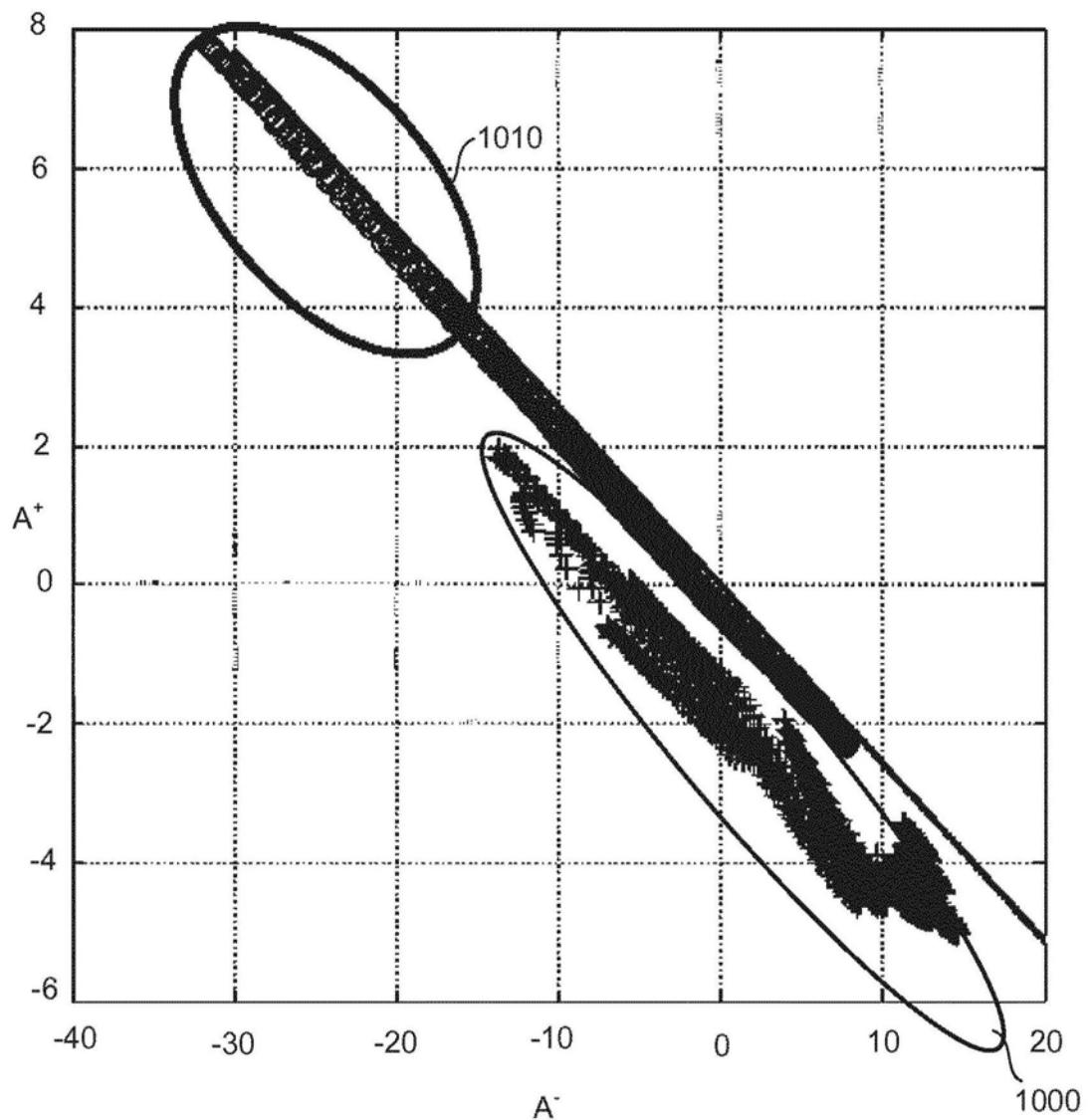


图10b

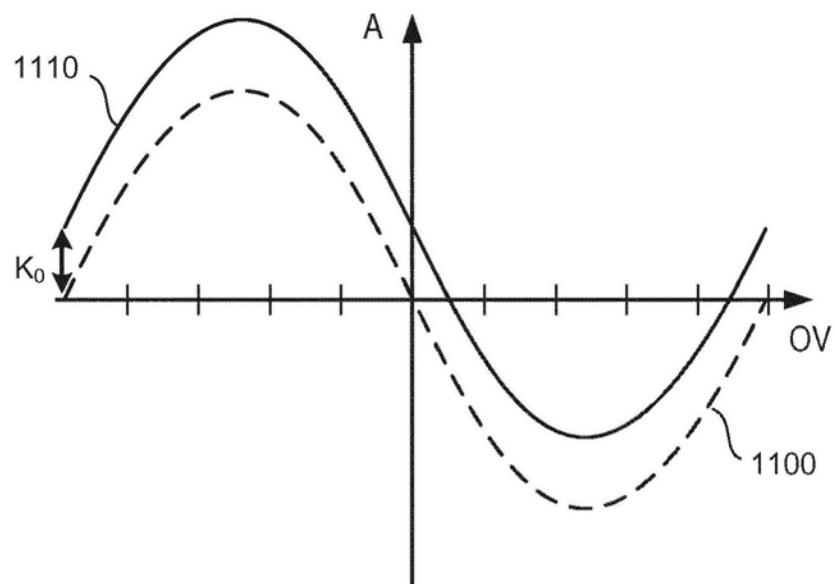


图11

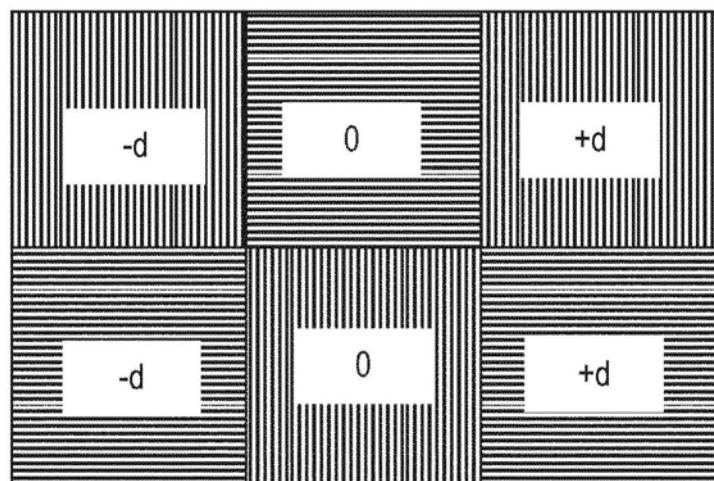


图13

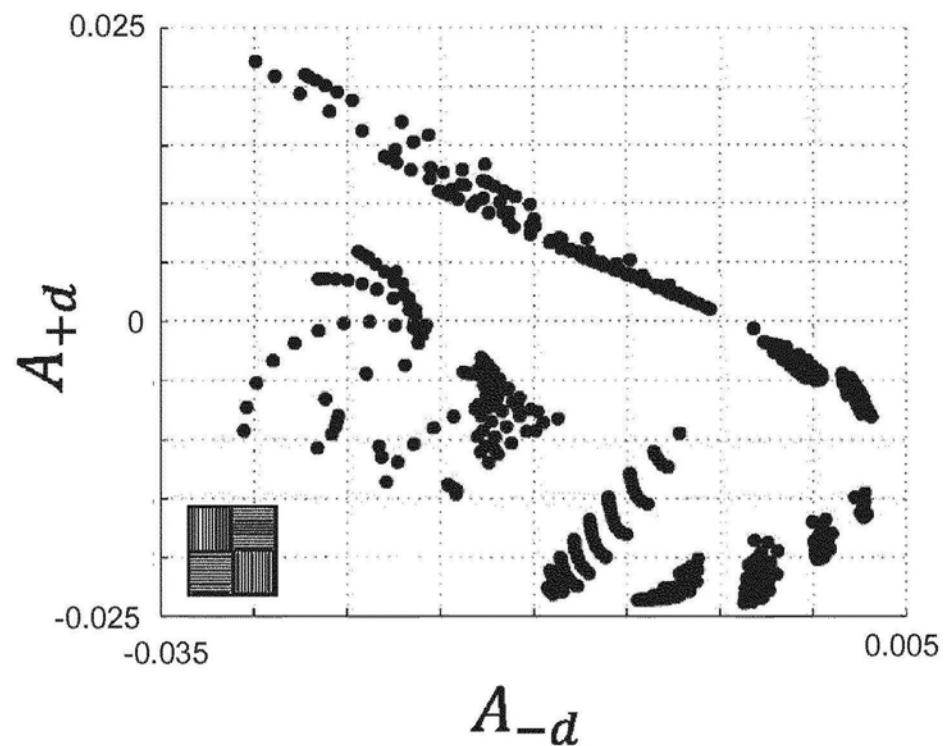


图12a

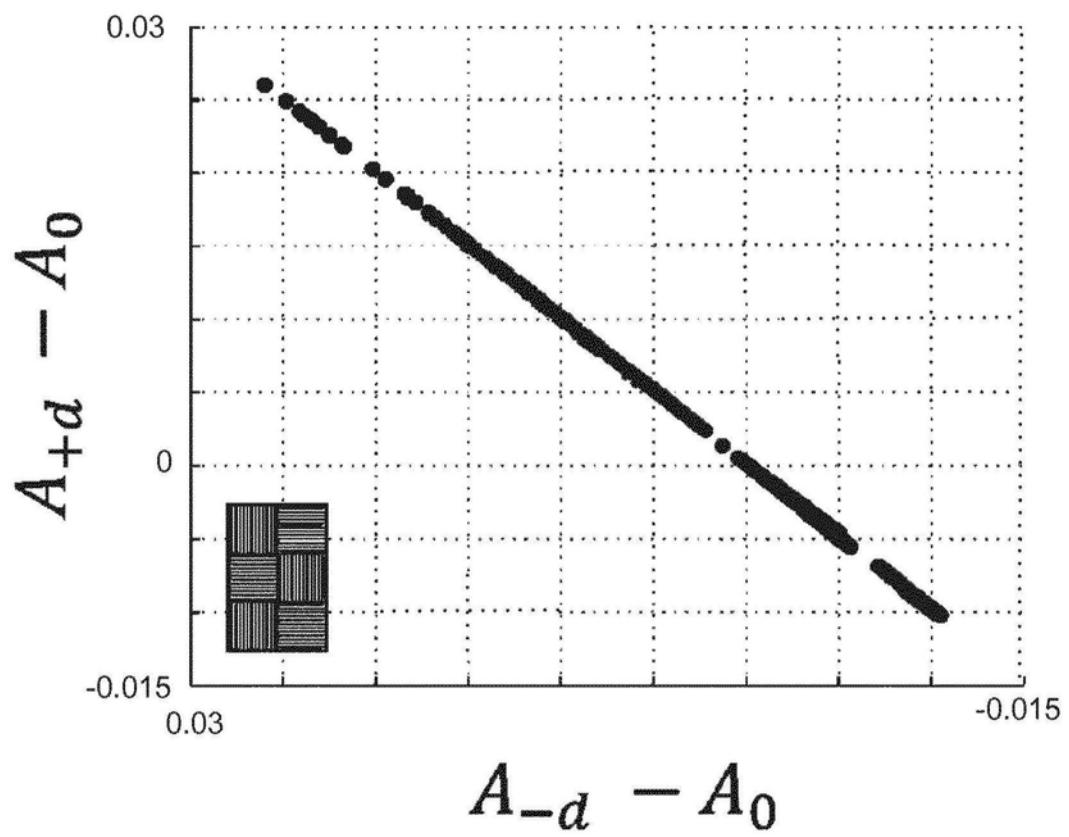


图12b

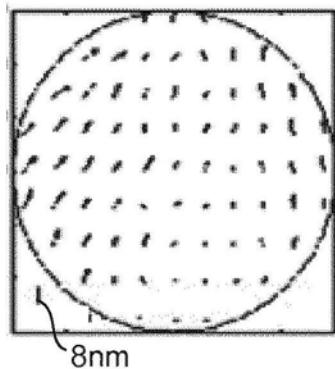


图 14(a)

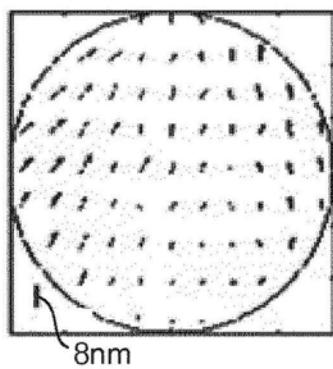


图 14(d)

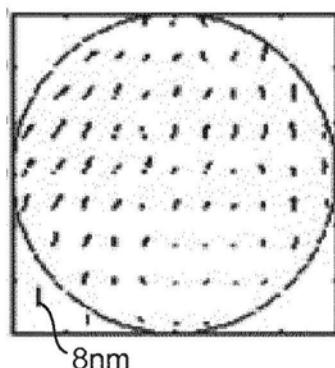


图 14(b)

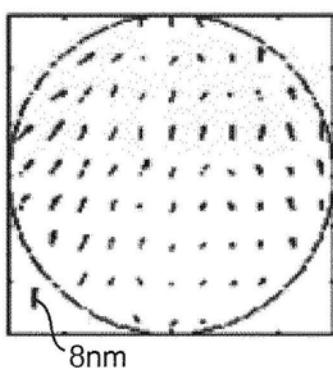


图 14(e)

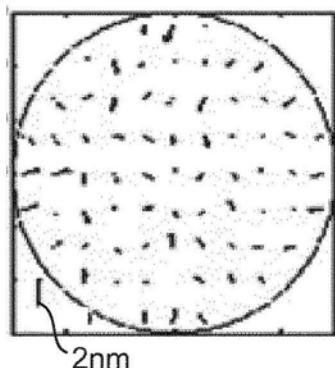


图 14(c)

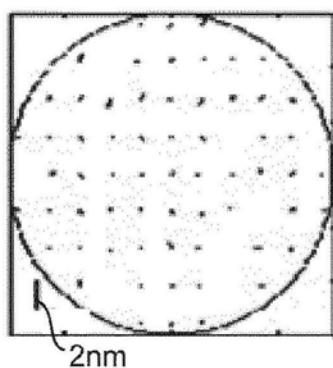


图 14(f)

图14