



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107771271 B

(45) 授权公告日 2020.11.06

(21) 申请号 201680033826.5

(22) 申请日 2016.04.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107771271 A

(43) 申请公布日 2018.03.06

(30) 优先权数据
15164537.1 2015.04.21 EP
15187706.5 2015.09.30 EP
16165356.3 2016.04.14 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2017.12.08

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2016/058582 2016.04.18

(87) PCT国际申请的公布数据
WO2016/169901 EN 2016.10.27

(73) 专利权人 ASML荷兰有限公司
地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 曾思翰 彭玥霖 方仁宇
A·J·登博夫 A·斯塔杰
洪敬懿 P·沃纳尔

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256
代理人 王茂华 吕世磊

(51) Int.Cl.
G01B 11/24 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)
G01B 11/27 (2006.01)

审查员 张冉

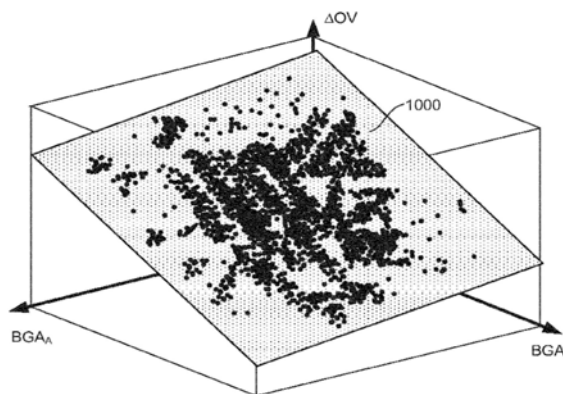
权利要求书6页 说明书26页 附图8页

(54) 发明名称

量测方法和设备、计算机程序及光刻系统

(57) 摘要

公开了用于测量光刻工艺的参数的方法、计算机程序和相关联的设备。方法包括如下步骤：获得包括与多个第一结构有关的结构不对称性的测量的第一测量，结构不对称性的所述多个测量中的每一个对应于测量辐射的不同测量组合和至少第一参数的值；获得与多个目标有关的目标不对称性的多个第二测量，目标不对称性的所述多个测量中的每一个对应于所述不同测量组合中的一个；针对所述测量组合中的每一个确定描述所述第一测量与所述第二测量之间的关系的关系函数；从所述关系函数确定校正重叠值，所述校正重叠值针对归因于至少所述第一结构中的结构不对称性的结构贡献被校正。



1. 一种测量光刻工艺的参数的方法,所述方法包括如下步骤:

获得多个第一测量,所述第一测量包括与多个第一结构有关的结构不对称性的测量,所述多个第一测量包括对应于在至少测量辐射方面不同的不同测量组合的测量;

获得多个第二测量,所述第二测量包括与多个目标有关的目标不对称性的测量,所述多个第二测量中的每个第二测量在所述测量组合方面对应于所述多个第一测量中的一个第一测量,所述目标中的每个目标包括所述第一结构中的一个第一结构和重叠在其上的第二结构,所述目标不对称性包括独立于结构不对称性的重叠贡献,和归因于至少所述第一结构中的结构不对称性的结构贡献;

针对所述测量组合中的每一个,确定描述所述第一测量与所述第二测量之间的关系的关系函数;

从所述关系函数确定校正重叠值,所述校正重叠值针对归因于至少所述第一结构中的结构不对称性的所述结构贡献被校正。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述测量组合还在至少第一参数的值方面不同。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述至少一个第一参数与衬底的表面上的位置有关。

4. 根据权利要求2或3所述的方法,其中所述方法包括:

确定在对应的关系函数方面使对应的成对的所述第一测量和所述第二测量有关的联立方程;以及

求解所述联立方程以获得所述关系函数的解,所述关系函数的每个解对应于特定的测量辐射。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中所述联立方程中的每一个方程还在独立于结构不对称性的所述重叠贡献方面使对应的成对的所述第一测量和所述第二测量有关。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中求解所述联立方程包括获得独立于结构不对称性的所述重叠贡献的值。

7. 根据权利要求4所述的方法,其中所述测量组合具有充分的数目,使得联立方程的数目大于所求解的未知数的数目,所述未知数包括所述关系函数的解。

8. 根据权利要求4所述的方法,其中关系函数是参数的线性函数并且所述联立方程通过矩阵法来求解。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述矩阵法包括构建所述第二测量的第一矩阵、构建包括所述第一测量的矩阵系数和针对各联立方程求解包括关系函数的未知数的矩阵。

10. 根据权利要求9所述的方法,其中所述未知数的矩阵包括与独立于结构不对称性的所述重叠贡献有关的参数,与独立于结构不对称性的所述重叠贡献有关的所述参数独立于所述测量辐射且依赖于所述至少第一参数。

11. 根据权利要求9或10所述的方法,其中所述矩阵系数的秩大于所求解的未知数的数目。

12. 根据权利要求1-3和5-10中的任一项所述的方法,其中针对所述测量组合的每个测量组合获得校正重叠值。

13. 根据权利要求1-3和5-10中的任一项所述的方法,包括确定优选测量辐射,所述方法进一步包括:

针对用来获得所述第一测量和所述第二测量的各测量辐射,确定一组校正重叠值;
确定描述独立于结构不对称性的所述重叠贡献的一组独立于测量选配方案的重叠值;
确定多个差异度量,各差异度量与所述测量辐射的不同子集有关,所述差异度量描述所述一组独立于测量选配方案的重叠值和被包括在所述测量辐射的该子集内的不同成对的校正重叠值组的对应重叠值之间的差异。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中对应的重叠值包括对应于衬底上的相同位置的重叠值。

15. 根据权利要求13所述的方法,其中所述测量辐射的不同子集中的每个子集包括用来获得所述第一测量和所述第二测量的所述测量辐射中的所有测量辐射减去一个测量辐射,使得从所述子集中的每个子集省略不同的测量辐射,并且针对减去一个测量辐射的所述测量辐射的每个组合来确定差异度量。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中所述方法包括:将未被包括在所述测量辐射的子集内的、对应的差异度量指示出对应的重叠值之间的最小差异的所述测量辐射标识为最差表现测量辐射。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中确定多个差异度量和标识所述最差表现测量辐射的所述步骤迭代地重复进行,每次迭代包括:针对减去已在先前迭代中被标识为所述最差表现测量辐射的所述测量辐射的剩余测量辐射,确定多个差异度量并且标识所述最差表现测量辐射。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中所述迭代重复进行直到只剩下两个测量辐射。

19. 根据权利要求17或18所述的方法,其中确定差异阈值,所述差异阈值指示所述差异度量的阈值,所述优选的测量辐射是具有出自所述对应的差异度量满足所述差异阈值的子集的最大数目的测量辐射的测量辐射的子集。

20. 根据权利要求16至18中的任一项所述的方法,其中所述测量辐射根据它们被标识为所述最差表现测量辐射的顺序来排名。

21. 根据权利要求1所述的方法,其中所述关系函数包括常数,并且所述第一测量和所述第二测量各包括利用包括不同成对的测量辐射的测量组合执行的测量;以及

所述关系函数描述了利用所述成对的测量辐射中的一个测量辐射执行的所述第一测量、与利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射和所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第二测量的差异之间的关系。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中确定至少一个关系函数的所述步骤包括制作利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射执行的所述第二测量与利用所述成对的测量辐射中的所述第二个测量辐射执行的所述第二测量之间的差异的三维绘图。

23. 根据权利要求22所述的方法,其中所述三维绘图上的数据点基本上相关以限定出平坦平面,并且其中第一关系函数用所述平面相对于利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射执行的所述第一测量的轴线的斜率来描述,并且第二关系函数用所述平面相对于利用所述成对的测量辐射中的所述第二个测量辐射执行的所述第一测量的轴线的斜率来描述。

24. 根据权利要求21所述的方法,其中确定关系函数的所述步骤包括确定描述了如下两个差异之间的基本上线性关系的关系函数:

第一差异,包括利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射执行的所述第一测量与利用所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第一测量的差异;和

第二差异,包括利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射和所述成对的测量辐射中的所述第二个测量辐射执行的所述第二测量的差异。

25. 根据权利要求24所述的方法,其中确定至少一个关系函数的所述步骤包括制作所述第一差异的针对所述第二差异的绘图,所述关系函数用拟合到所述绘图的线的斜率来描述。

26. 根据权利要求21至25中的任一项所述的方法,包括确定至少1) 利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射和/或所述第二个测量辐射执行的所述第一测量和2) 利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射和所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第二测量的差异的相关度的步骤。

27. 根据权利要求26所述的方法,包括初始优化以从多个候选目标中确定优选目标,所述初始优化包括:

针对多个候选目标的多个样本和多个候选成对的测量辐射,获得包括所述第一测量和所述第二测量的多组测量,各组测量与所述候选目标中的一个候选目标和所述成对的候选测量辐射中的一个候选测量辐射的不同组合有关;

针对所述多组测量中的每一组,确定所述相关度;以及

基于针对各组测量所确定的相关度,从所述候选目标中的一个候选目标选择优选目标。

28. 根据权利要求27所述的方法,其中选择优选目标的所述步骤包括:基于针对各组测量所确定的相关度选择所述候选目标中的一个候选目标和所述成对候选测量辐射中的一个候选测量辐射的优选组合。

29. 根据权利要求28所述的方法,包括从所述组合的子集中选择如下组合作为所述优选组合:对于该组合,对应的一组测量在利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射执行的所述第二测量与利用所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第二测量之间的差异的对应的绘图上最佳地限定出平坦平面。

30. 根据权利要求29所述的方法,其中在存在有所述对应的一组测量将所述绘图上的平坦平面限定到可接受程度的多于一个组合的情况下,所述方法进一步包括:

针对限定平坦平面的这些组的测量中的每个测量,确定不确定度;和

选择所述对应的一组测量具有最小的所确定的不确定度的组合作为所述优选组合。

31. 根据权利要求1-3、5-10和14-18中的任一项所述的方法,包括初始优化以从多个候选目标中确定优选目标,所述初始优化包括:

针对多个候选目标的多个样本和测量辐射的多个候选组合,获得多组第一测量和第二测量,各组测量与所述候选目标中的一个候选目标和候选测量辐射的所述组合中的一个组合的不同组合有关;

针对所述多组测量中的每一组,确定所述第一测量与所述第二测量之间的相关度;以及

基于针对各组测量所确定的相关度,从所述候选目标中的一个候选目标选择优选目标。

32. 根据权利要求31所述的方法,其中选择优选目标的所述步骤包括:基于针对各组测量所确定的相关度来选择所述候选目标中的一个候选目标与候选测量辐射的所述组合中的一个组合的优选组合。

33. 根据权利要求1-3、5-10、14-18、21-25和27-30中的任一项所述的方法,其中独立于结构不对称性的所述重叠贡献包括归因于已知强加偏置的贡献和归因于重叠误差的贡献。

34. 根据权利要求1-3、5-10、14-18、21-25和27-30中的任一项所述的方法,其中不同的测量辐射包括不同的波长和/或偏振。

35. 根据权利要求1-3、5-10、14-18、21-25和27-30中的任一项所述的方法,包括:
测量所述第一结构以获得所述第一测量;以及
测量所述目标以获得所述第二测量。

36. 根据权利要求35所述的方法,其中所述第一结构和/或所述目标的所述测量包括:
用所述测量辐射照射第一结构或所述目标,并检测由各第一结构或目标散射的测量辐射;以及

在所述散射的测量辐射的对应的较高阶中测量强度不对称性。

37. 根据权利要求36所述的方法,其中确定所述目标不对称性的所述重叠贡献的所述步骤包括:假设在强度不对称性与所述目标不对称性的所述重叠贡献之间存在非线性周期性关系,所述非线性周期性关系包括强度偏移项和相位偏移项,各偏移项与至少所述第一结构中的所述结构不对称性有关。

38. 根据权利要求35所述的方法,其中所述第一结构的所述测量在所述第二结构的形成前执行。

39. 根据权利要求35所述的方法,其中所述第一结构和所述目标的测量在相邻结构上使用单个测量来执行,所述相邻结构包括第二结构形成前的第一结构和第二结构形成后的目标。

40. 根据权利要求1-3、5-10、14-18、21-25、27-30、32和36-39中的任一项所述的方法,包括:

在衬底上提供所述多个第一结构;以及

在衬底上提供所述多个第二结构,其中所述第二结构被重叠到所述第一结构上,由此形成所述多个目标。

41. 根据权利要求1-3、5-10、14-18、21-25、27-30、32和36-39中的任一项所述的方法,其中至少获得多个第一测量、获得多个第二测量和确定关系函数的所述步骤都在校准例程中执行,以确定用于后续衬底的所述关系函数;以及

其中所述方法进一步包括在生产过程期间从生产衬底确定对于所述关系函数的更新值。

42. 一种从多个候选目标中选择目标的方法,所述方法包括:

针对多个候选测量辐射组合和多个候选目标获得多组测量,各候选目标包括重叠有第

二结构的第一结构,各组测量与所述候选目标中的一个候选目标和所述候选测量辐射组合中的一个候选测量辐射组合的不同组合有关;对于所述候选目标的多个样本,各组测量包括:

多个第一测量,包括分别使用所述候选测量辐射组合中的各测量辐射对所述候选目标的所述第一结构中的结构不对称性的测量;

多个第二测量,包括分别使用所述候选测量辐射组合中的各测量辐射对所述候选目标中的目标不对称性的测量;

针对各组测量,确定所述第一测量与所述第二测量之间的相关度;

基于针对各组测量所确定的相关度,从所述候选目标中的一个候选目标选择优选目标。

43. 根据权利要求42所述的方法,其中选择优选目标包括:基于针对各组测量所确定的相关度,来选择所述候选目标中的一个候选目标和所述候选测量辐射组合中的一个候选测量辐射组合的优选组合。

44. 根据权利要求43所述的方法,其中所述候选测量辐射组合包括候选测量辐射对,并且所述方法包括从所述组合的子集中选择如下组合作为所述优选组合:对于该组合,对应的一组测量在利用所述候选测量辐射对中的第一个候选测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述候选测量辐射对中的第二个候选测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述候选测量辐射对中的所述第一个候选测量辐射执行的所述第二测量与利用所述候选测量辐射对中的第二个候选测量辐射执行的所述第二测量之间的差异的对应的绘图上最佳地限定出平坦平面。

45. 根据权利要求44所述的方法,其中在存在有所述对应的一组测量将所述绘图上的平坦平面限定到可接受程度的多于一个组合的情况下,所述方法进一步包括:

针对限定平坦平面的这些组的测量中的每个测量,确定不确定度;和

选择所述对应的一组测量具有最小的所确定的不确定度的组合作为所述优选组合。

46. 根据权利要求43至45中的任一项所述的方法,包括:基于哪一个测量辐射导致结构不对称性的最小测量值,选择所述候选目标中的一个候选目标和所述候选测量辐射组合中的一个候选测量辐射组合的所述优选组合的测量辐射组合的测量辐射中的一个测量辐射作为优选测量辐射的步骤。

47. 根据权利要求46所述的方法,包括使用所述优选测量辐射在所述优选组合的所述优选目标上执行重叠测量。

48. 根据权利要求43至45中的任一项所述的方法,包括使用所述优选组合的所述测量辐射组合在所述优选组合的所述优选目标上执行重叠测量。

49. 一种用于测量光刻工艺的参数量的量测设备,所述量测设备可操作用于执行根据权利要求1至48中的任一项所述的方法。

50. 根据权利要求49所述的量测设备,包括:

支撑件,用于在其上具有多个目标的衬底;

光学系统,用于测量各目标;以及

处理器,被布置成执行确定各目标的所述目标不对称性的所述重叠贡献的所述步骤。

51. 一种光刻系统,包括:

光刻设备,其包括:

照射光学系统,被布置成照射图案;

投影光学系统,被布置成将所述图案的图像投影到衬底上;以及

根据任一项权利要求49或50所述的量测设备,

其中所述光刻设备被布置成在将所述图案施加到进一步的衬底时使用通过所述量测设备计算出的所确定的重叠贡献。

52. 一种计算机程序载体,其上存储有处理器可读指令,所述处理器可读指令当在处理器控制设备上运行时,引起所述处理器控制设备执行根据权利要求1至48中的任一项所述的方法。

量测方法和设备、计算机程序及光刻系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2015年4月21日、2015年9月30日和2016年4月14日提交的欧洲申请15164537.1、15187706.5和16165356.3的优先权,并且这些申请的全部内容通过引用并入本文。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于可用在例如通过光刻技术进行的器件的制造中的量测的方法和设备,并且涉及使用光刻技术制造器件的方法。

背景技术

[0004] 光刻设备是将期望的图案施加到衬底上(通常到衬底的目标部分上)的机器。光刻设备可以例如用在集成电路(IC)的制造中。在这种情况下,备选地称为掩模或掩模版的图案形成装置可以用于生成要形成在IC的单独层上的电路图案。该图案可以被转移到衬底(例如,硅晶片)上的目标部分(例如,包括裸片的部分、一个或若干裸片)上。图案的转移典型地凭借成像到设置于衬底上的一层辐射敏感材料(抗蚀剂)上。一般来说,单个衬底将包含被相继地图案化的相邻目标部分的网络。在光刻工艺中,频繁地期望对所创建的结构进行测量,例如用于工艺控制和验证。用于进行这样的测量的各种工具是已知的,包括:经常用来测量临界尺寸(CD)的扫描电子显微镜,和测量重叠、器件中的两个层的对准的准确度的量度的专业工具。重叠可以在两个层之间的未对准的程度方面进行描述,例如对1nm的测得的重叠的引用可以描述两个层以1nm未对准的状况。

[0005] 最近,已开发出各种形式的散射仪用于在光刻领域使用。这些装置将辐射的射束引导到目标上并测量散射辐射的一个或多个属性—例如,根据波长变化的在单个反射角度处的强度;根据反射角度变化的在一个或多个波长处的强度;或者根据反射角度变化的偏振—以获得“光谱”,可以从“光谱”确定目标的感兴趣的属性。感兴趣的属性的确定可以通过各种技术来执行:例如,通过诸如严格耦合波分析或有限元法等迭代途径进行的目标的重建;库检索;和主成分分析。

[0006] 传统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,并且测量射束生成了小于该光栅的光斑(即,光栅被欠填充)。这简化了目标的数学重建,因为它可以被视作无限的。然而,为了将目标的大小减小到例如 $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ 或更小,例如这样它们可以被定位在产品特征之中,而不是在划道中,已提出了其中光栅被制得小于测量光斑(即,光栅被过填充)的量测。典型地,这样的目标使用暗场散射仪来测量,在暗场散射仪中,衍射的零阶(对应于镜面反射)被阻挡,并且仅处理较高阶。暗场量测的示例可以在国际专利申请W0 2009/078708和W0 2009/106279中找到,这些文献的全部内容通过引用并入本文。在专利公开US20110027704A、US20110043791A和US20120242940A中描述了该技术的进一步发展。所有这些申请的内容也通过引用并入本文。使用衍射阶的暗场检测进行的基于衍射的重叠使得能够实现在较小目标上的重叠测量。这些目标可以小于照射光斑并且可以被晶片上的产品

结构包围。目标可以包括可以在一个图像中测量的多个光栅。

[0007] 在已知量测技术中,通过在使目标转动或者改变照射模式或成像模式的同时在某些条件下测量目标两次来获得重叠测量结果,以单独地获得-1和+1衍射阶强度。对于给定目标,强度不对称性(这些衍射阶强度的比较)提供了目标不对称性(也就是目标中的不对称性)的测量。目标中的该不对称性可以用作重叠误差(两个层的不期望的未对准)的指示符。

[0008] 尽管已知的基于暗场图像的重叠测量是快速的且在计算上非常简单(一旦被校准),但它们依靠重叠(即,重叠误差和有意偏置)是目标中的目标不对称性的唯一原因的假设。目标中的任何其他不对称性(诸如在重叠光栅中的一个或两者内的特征的结构不对称性)也引起1(或其他较高)阶中的强度不对称性。可归因于结构不对称性且与重叠不相关的该强度不对称性明显扰乱了重叠测量,导致给出了不准确的重叠测量。目标的最下侧或底部光栅中的不对称性是结构不对称性的常见形式。它可能例如起源于在底部光栅最初形成之后执行的诸如化学机械抛光(CMP)等的晶片处理步骤。

[0009] 因而,期望以更直接且准确的方式来区分由重叠误差和由其他效应引起的对目标不对称性的贡献。还期望单独地或者与不同的测量选配方案组合地标识优选的目标设计。

发明内容

[0010] 本发明在第一方面提供一种测量光刻工艺的参数的方法,方法包括如下步骤:

[0011] 获得多个第一测量,所述第一测量包括与多个第一结构有关的结构不对称性的测量,所述多个第一测量包括对应于在至少测量辐射方面不同的不同测量组合的测量;

[0012] 获得多个第二测量,所述第二测量包括与多个目标有关的目标不对称性的测量,所述多个第二测量中的每个第二测量在测量组合方面对应于所述多个第一测量中的一个第一测量,所述目标中的每个目标包括所述第一结构中的一个第一结构和重叠在其上的第二结构,所述目标不对称性包括独立于结构不对称性的重叠贡献,和归因于至少所述第一结构中的结构不对称性的结构贡献;

[0013] 针对所述测量组合中的每一个,确定描述所述第一测量与所述第二测量之间的关系的关系函数;

[0014] 从所述关系函数确定校正重叠值,所述校正重叠值针对归因于至少所述第一结构中的结构不对称性的所述结构贡献被校正。

[0015] 本发明在第二方面提供一种从多个候选目标中选择目标的方法,所述方法包括:

[0016] 针对多个候选测量辐射组合和多个候选目标获得多组测量,各候选目标包括重叠有第二结构的第一结构,各组测量与所述候选目标中的一个候选目标和所述候选测量辐射组合中的一个候选测量辐射组合的不同组合有关;对于候选目标的多个样本,各组测量包括:

[0017] 多个第一测量,包括分别使用所述候选测量辐射组合中的各测量辐射对候选目标的第一结构中的结构不对称性的测量;

[0018] 多个第二测量,包括分别使用所述候选测量辐射组合中的各测量辐射对候选目标中的目标不对称性的测量;

[0019] 针对各组测量,确定所述第一测量与所述第二测量之间的相关度;

[0020] 基于针对各组测量所确定的相关度,从所述候选目标中的一个候选目标选择优选目标。

[0021] 本发明在第三方面提供一种可操作于执行第一方面或第二方面的方法的量测设备。本发明在第四方面提供一种包括第三方面的量测设备的光刻系统。

[0022] 本发明进一步提供:一种包括处理器可读指令的计算机程序和包括这样的计算机程序的计算机程序载体,处理器可读指令当在合适的处理器控制设备上运行时引起处理器控制设备执行第一方面或第二方面的方法。处理器控制设备可以包括第三方面的量测设备或第四方面的光刻系统。

[0023] 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面参照附图详细地描述。需注意的是本发明不限于本文中所描述的具体实施例。这样的实施例在本文中仅呈现用于说明的目的。基于本文中所包含的教导,附加实施例对于相关领域的技术人员来说是显而易见的。

附图说明

[0024] 现在将参照附图仅通过示例的方式来描述本发明的实施例,其中:

[0025] 图1描绘了根据本发明的实施例的光刻设备;

[0026] 图2描绘了根据本发明的实施例的光刻单元或簇;

[0027] 图3包括 (a) 使用第一对照射孔径的、根据本发明的实施例的、用于在测量目标时使用的、暗场散射仪的示意图、(b) 对于给定照射方向的目标光栅的衍射光谱的细节、(c) 在为了基于衍射的重叠测量而使用散射仪时提供进一步的照射模式的第二对照射孔径、和 (d) 将第一和第二对孔径组合的第三对照射孔径;

[0028] 图4描绘了已知形式的多个光栅目标和衬底上的测量光斑的轮廓;

[0029] 图5描绘了在图3的散射仪中获得的图4的目标的图像;

[0030] 图6是示出使用图3的散射仪且适合于形成本发明的实施例的重叠测量方法的步骤的流程图;

[0031] 图7 (a) 至图7 (c) 示出在零区域中具有不同重叠值的重叠光栅的示意性截面;

[0032] 图7 (d) 是归因于处理效应而在底部光栅中具有结构不对称性的重叠光栅的示意性截面;

[0033] 图8图示出未遭受结构不对称性的在理想目标中的重叠测量的已知原理;

[0034] 图9图示出本发明的实施例中所公开的具有结构不对称性的校正的在非理性目标中的重叠测量的原理;

[0035] 图10图示出在由包括第一和第二重叠结构的目标折射后的衍射信号, (a) 在第一层中没有结构不对称性, 以及 (b) 在第一层中具有结构不对称性;

[0036] 图11是根据本发明的第一示例性实施例的方法的步骤的流程图;

[0037] 图12是根据本发明的第一示例性实施例的方法的步骤的流程图;

[0038] 图13图示出在图12的方法的步骤期间构造的三维绘图的示例; 和

[0039] 图14是根据本发明的第三示例性实施例的方法的步骤的流程图。

具体实施方式

[0040] 在详细描述发明的实施例之前,呈现出可以在其中实施本发明的实施例的示例环境是有益的。

[0041] 图1示意性地描绘了光刻设备LA。该设备包括:照射光学系统(照射器)IL,被配置成调节辐射束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,被构造成支撑图案形成装置(例如,掩模)MA并连接至配置成根据某些参数将图案形成装置准确地定位的第一定位器PM;衬底台(例如,晶片台)WT,被构造成保持衬底(例如,涂有抗蚀剂的晶片)W并连接至配置成根据某些参数将衬底准确地定位的第二定位器PW;和投影光学系统(例如,折射投影透镜系统)PS,被配置成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,包括一个或多个裸片)上。

[0042] 照射光学系统可以包括各种类型的光学部件,诸如折射、反射、磁性、电磁、静电或其他类型的光学部件,或者它们的任何组合,用于引导、成形或控制辐射。

[0043] 图案形成装置支撑件以取决于图案形成装置的定向、光刻设备的设计和诸如例如图案形成装置是否被保持在真空环境中等的其他条件的方式来保持图案形成装置。图案形成装置支撑件可以使用机械、真空、静电或其他夹持技术来保持图案形成装置。图案形成装置支撑件可以例如是框架或台,其可以根据要求是固定的或可动的。图案形成装置支撑件可以确保图案形成装置例如相对于投影系统处于期望的位置。本文中的术语“掩模版”或“掩模”的任何使用都可以被认为与更上位的术语“图案形成装置”同义。

[0044] 本文中使用的术语“图案形成装置”应该被广义地解释为是指可以用来在辐射束的截面中赋予辐射束以图案以便在衬底的目标部分中创建图案的任何装置。应该注意的是,赋予辐射束的图案可以不是确切地对应于衬底的目标部分中的期望的图案,例如,如果图案包括相移特征或所谓的辅助特征的话。一般情况下,赋予辐射束的图案将对应于诸如集成电路等的正在目标部分中创建的器件中的特定的功能层。

[0045] 图案形成装置可以是透射的或反射的。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。掩模在光刻中是众所周知的,并且包括诸如二元、交替相移和衰减相移等的掩模类型以及各种混合掩模类型。可编程反射镜阵列的示例采用小反射镜的矩阵布置,其中的每个小反射镜可以单独地倾斜,以便在不同方向上对入射的辐射束进行反射。倾斜的反射镜在由反射镜矩阵反射的辐射束中赋予图案。

[0046] 如这里所描绘的,设备是透射型的(例如,采用透射掩模)。备选地,设备可以是反射型的(例如,采用如上面所提及的类型的可编程反射镜阵列,或者采用反射掩模)。

[0047] 光刻设备也可以是其中衬底的至少一部分可用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与衬底之间的空间的类型。浸没液体也可以施加至光刻设备中的其他空间,例如,在掩模与投影系统之间。浸没技术是本领域众所周知的,用于增加投影系统的数值孔径。本文中所使用的术语“浸没”不意味着诸如衬底等的结构必须被淹没在液体中,而是仅意味着在曝光期间液体位于投影系统与衬底之间。

[0048] 参见图1,照射器IL接收来自辐射源S0的辐射束。源和光刻设备可以是分离的实体,例如,当源是准分子激光器时。在这样的情况中,源不被认为形成光刻设备的一部分,并且辐射束在包括例如合适的引导反射镜和/或扩束器的光束递送系统BD的帮助下被从源S0传递到照射器IL。在其他情况中,源可以是光刻设备的一体部分,例如当源是汞灯时。源S0

和照射器IL与(如果要求的话的)光束递送系统BD一起可以被称为辐射系统。

[0049] 照射器IL可以包括用于调整辐射束的角强度分布的调整器AD。一般情况下,可以调整照射器的光瞳平面中的强度分布的至少外和/或内径向范围(常分别称为“ σ -外”和“ σ -内”)。另外,照射器IL可以包括各种其他部件,诸如积分器IN和聚光器CO。照射器可以用来调节辐射束,以在其截面中具有期望的均匀性和强度分布。

[0050] 辐射束B入射在被保持于图案形成装置支撑件(例如,掩模台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被图案化。在横穿过图案形成装置(例如,掩模)MA之后,辐射束B穿过投影光学系统PS,该投影光学系统将射束聚焦到衬底W的目标部分C上,由此将图案的图像投影在目标部分C上。在第二定位器PW和位置传感器IF(例如,干涉仪装置、线性编码器、2-D编码器或电容传感器)的帮助下,可以准确地移动衬底台WT,例如以便将不同的目标部分C定位在辐射束B的路径中。类似地,可以使用第一定位器PM和另一位置传感器(其在图1中未明确描绘)将图案形成装置(例如,掩模)MA相对于辐射束B的路径准确地定位,例如在从掩模库的机械检索之后,或者在扫描期间。

[0051] 图案形成装置(例如,掩模)MA和衬底W可以使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2来对准。尽管如图示出的衬底对准标记占据专用目标部分,但它们可以位于目标部分之间的空间中(这些被称作划道对准标记)。类似地,在其中多于一个的裸片设置在图案形成装置(例如,掩模)MA上的状况下,掩模对准标记可以位于裸片之间。小的对准标记也可以被包括在裸片内、在器件特征之中,在该情况下期望标记尽可能小并且不要求与相邻特征相比任何不同的成像或工艺条件。下面进一步描述检测对准标记的对准系统。

[0052] 光刻设备LA在该示例中是所谓双级型的,其具有两个衬底台WTa、WTb和两个站—曝光站和测量站—衬底台可以在其间交换。在一个衬底台上的一个衬底正在曝光站处被曝光的同时,另一衬底可以在测量站处被装载到另一个衬底台上并执行各种准备步骤。准备步骤可以包括使用水平传感器LS来映射衬底的表面控制并使用对准传感器AS来测量对准标记在衬底上的位置。这使得能够实现设备的吞吐量上的显著增加。

[0053] 所描述的设备可以以各种各样的模式来使用,包括例如步进模式或扫描模式。光刻设备的构造和操作对于本领域技术人员来说是众所周知的,并且不需要为了本发明的理解而进一步描述。

[0054] 如图2中所示,光刻设备LA形成被称为光刻单元LC或光刻单元或簇的光刻系统的一部分。光刻单元LC还可以包括在衬底上执行曝光前和曝光后工艺的设备。传统上,这些设备包括沉积抗蚀剂层的旋涂器SC、使经曝光的抗蚀剂显影的显影器DE、激冷板CH和烘烤板BK。衬底处理器或机器人RO从输入/输出端口I/01、I/02拾取衬底、使其在不同工艺设备之间移动并将其传递至光刻设备的进料台LB。经常总称为轨道的这些装置在轨道控制单元TCU的控制之下,轨道控制单元TCU自身由监控系统SCS控制,监控系统SCS还经由光刻控制单元LACU控制着光刻设备。因此,可以操作不同设备以使吞吐量和处理效率最大化。

[0055] 在图3(a)中示出适用于在本发明的实施例中使用的量测设备。在图3(b)中更详细地图示出目标T和用来照射目标的测量辐射的衍射射线。所示的量测设备是被称作暗场量测设备的类型的。量测设备可以是独立的装置,或被并入例如光刻单元LC中或者在测量站处的光刻设备LA中。在整个设备上具有若干分支的光轴用点线O来代表。在该设备中,由源11(例如,氙灯)发射的光通过包括透镜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。这些透镜布置在双序列的4F布置中。可以使用不同的透镜布置,只要它仍然将衬底图像提供到检测器上,并且同时允许对中间光瞳面的访问用于空间频率滤波。因而,可以通过在呈现衬底平面的空间光谱的平面(这里也称为(共轭)光瞳面)中限定空间强度分布,来选择辐射入射在衬底上时的角度范围。特别地,这可以通过在作为物镜光瞳面的背面投影图像的平面中将合适形式的孔径板13插入透镜12与14之间来完成。在所示的示例中,孔径板13具有标有13N和13S的不同形式,从而允许选择不同的照射模式。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,孔径板13N提供了来自仅出于描述起见而指定为“北”的方向的离轴。在第二照射模式中,孔径板13S用来提供类似照射,只是来自标有“南”的相反方向。通过利用不同的孔径,其他模式的照射也是可能的。光瞳面的其余部分期望是暗的,因为在期望的照射模式之外的任何不必要的光都会与期望的测量信号产生干涉。

[0056] 如图3(b)中所示,目标T与衬底W一起正交于物镜16的光轴O放置。衬底W可以由支撑件(未示出)支撑。从偏离轴O一角度撞在目标T上的测量辐射的射线I产生了零阶射线(实线0)和两个一阶射线(点划线+1和双点划线-1)。应该记住,利用过填充的小目标,这些射线只是覆盖了包括量测目标T和其他特征的衬底的区域的许多平行射线中的一个。由于板13中的孔径具有有限宽度(对于准许有用量的光必要的),所以入射射线I事实上会占据一定范围的角度,并且衍射射线0和+1/-1会稍微扩散开。根据小目标的点扩散函数,各阶+1和-1会在一定范围的角度之上进一步扩散,而不是所示出的单个理想射线。注意,目标的光栅节距和照射角度可以设计或调整为使得进入物镜的一阶射线与中心光轴紧密对准。图3(a)和图3(b)中图示的射线被示出为稍微离轴,纯粹是为了使得它们能够在图中更容易区分。

[0057] 由衬底W上的目标T衍射的至少0和+1阶被物镜16收集并且经过分束器15被往回引导。回到图3(a),通过将直径上相对的孔径指定标为北(N)和南(S),图示出第一和第二照射模式两者。当测量辐射的入射射线I来自光轴的北侧时,也就是当利用孔径板13N来应用第一照射模式时,标有+1(N)的+1衍射射线进入物镜16。相比之下,当利用孔径板13S来应用第二照射模式时,-1衍射射线(标有-1(S))是进入透镜16的衍射射线。

[0058] 第二分束器17将衍射射束分成两个测量分支。在第一测量分支中,光学系统18使用零和一阶衍射射束在第一传感器19(例如,CCD或CMOS传感器)上形成目标的衍射光谱(光瞳面图像)。各衍射阶撞击传感器上的不同点,使得图像处理可以将多个阶进行比较和对比。由传感器19捕获到的光瞳面图像可以用于使量测设备聚焦和/或使一阶射束的强度测量归一化。光瞳面图像也可以用于诸如重建等的许多测量目的。

[0059] 在第二测量分支中,光学系统20、22在传感器23(例如,CCD或CMOS传感器)上形成目标T的图像。在第二测量分支中,孔径光阑21设置在与光瞳面共轭的平面中。孔径光阑21起到阻挡零阶衍射射束的功能,使得形成在传感器23上的目标的图像仅由-1或+1一阶射束形成。由传感器19和23捕获到的图像被输出至对图像进行处理的处理器PU,该处理器的功能将取决于正在执行的特定类型的测量。注意,术语“图像”在这里以广义的含义使用。如果仅存在-1和+1阶中的一个,则不会形成光栅线本身的图像。

[0060] 图3中示出的特定形式的孔径板13和场阑21纯粹是示例。在本发明的另一实施例中,使用了目标的在轴照射,并且使用具有离轴孔径的孔径光阑使基本上仅一个一阶衍射光传到传感器。在其他的实施例中,代替一阶射束或除了一阶射束之外,可以在测量中使用第二阶、第三阶和更高阶的射束(图3中未示出)。

[0061] 为了使测量辐射适合于这些不同类型的测量,孔径板13可以包括围绕盘形成的多个孔径图案,该盘转动以将期望的图案带到适当位置。注意,孔径板13N或13S可以仅用来测量被定向在一个方向(X或Y,取决于设定)上的光栅。对于正交光栅的测量,可能会实施目标的经过 90° 和 270° 的转动。在图3(c)和图3(d)中示出不同孔径板。在上面提到的在先公开的申请中描述了这些不同孔径板的使用和设备的多个其他变化和应用。

[0062] 图4描绘了根据已知实践而形成在衬底上的(复合)目标。该示例中的目标包括四个光栅32至35,它们被紧密定位在一起使得它们都在由量测设备的量测辐射照射束形成的测量光斑31内。四个目标因此同时都被照射并且同时成像在传感器19和23上。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形成的复合光栅。光栅32至35可以具有不同地偏置的重叠偏移,以便便于复合光栅的不同部分形成在其中的层之间的重叠的测量。重叠偏置的含义将在下面参照图7来说明。光栅32至35也可以在其定向上不同,如所示出的,以便使入射的辐射在X和Y方向上衍射。在一个示例中,光栅32和34是分别具有 $+d$ 、 $-d$ 的偏置的X方向光栅。光栅33和35是分别具有偏移 $+d$ 和 $-d$ 的Y方向光栅。可以在由传感器23捕获到的图像中标识出这些光栅的单独的图像。这仅是目标的一个示例。目标可以包括多于或少于4个的光栅,或者仅单个光栅。

[0063] 图5示出利用来自图3(d)的孔径板13NW或13SE、在图3的设备中使用图4的目标可在传感器23上形成并由传感器23检测的图像的示例。虽然光瞳面图像传感器19无法分辨不同的单独光栅32至35,但图像传感器23可以做到。暗矩形代表传感器上的图像的场,在该场内,衬底上的被照射光斑31被成像到对应的圆形区域41中。在该圆形区域41内,矩形区域42至45代表小目标光栅32至35的图像。如果目标位于产品区域中,则产品特征也可以在该图像场的外围可见。图像处理器和控制器PU使用图案识别对这些图像进行处理,以标识出光栅32至35的单独的图像42至45。以该方式,图像不必在传感器框架内的特定位置处非常精确地对准,这大大提高了测量设备作为整体的吞吐量。

[0064] 一旦已标识出光栅的单独的图像,就可以例如通过将标识出的区域内的选定像素强度值求平均值或求和来测量那些单独图像的强度。可以将图像的强度和/或其他属性相互比较。这些结果可以组合以测量光刻工艺的不同参数。重叠性能是这样的参数的重要示例。

[0065] 图6图示出如何使用例如在申请W0 2011/012624中所描述的方法来测量包含分量光栅32至35的两个层之间的重叠误差(即,不期望的且无意的重叠未对准)。该测量通过目标不对称性来完成,如通过将它们在+1阶和-1阶暗场图像中的强度进行比较(可以比较其他对应较高阶的强度,例如+2和-2阶)以获得强度不对称性的量度所揭露的。在步骤S1处,通过诸如图2的光刻单元等的光刻设备将例如半导体晶片的衬底处理一次或多次,以创建包括重叠光栅32至35的目标。在S2处,使用图3的量测设备,仅使用一阶衍射束中的一个(叫做-1)来获得光栅32至35的图像。在步骤S3处,无论是通过改变照射模式还是改变成像模式,或者通过使衬底W在量测设备的视野中转动 180° ,可以使用了另一一阶衍射束(+1)获得光栅的第二图像。结果,在第二图像中捕获到+1衍射辐射。

[0066] 注意,通过在各图像中仅包括一阶衍射辐射的一半,这里提及的“图像”不是传统的暗场量测图像。目标的单独目标线将不会被分辨。各目标将通过某强度水平的区域简单

地代表。在步骤S4中,在将从其测量强度水平的各分量目标的图像内标识出感兴趣区域(ROI)。

[0067] 在对于各单独的目标标识了ROI并测量了其强度之后,可以确定目标的不对称性,并因此确定重叠误差。这(例如通过处理器PU)在步骤S5中完成,在步骤S5中将对于各目标32至35针对+1和-1阶获得的强度值进行比较以标识出它们的强度不对称性(例如其强度上的任何差异)。术语“差异”不旨在仅是指减法。差异可以按比率形式计算。在步骤6中,使用对于多个目标测得的强度不对称性与那些目标的任何已知强加的重叠偏置的知识一起,来计算在目标T附近的光刻工艺的一个或多个性能参数。在本文中所描述的应用中,将包括使用两个或更多不同测量选配方案的测量。格外感兴趣的性能参数是重叠。如将在后面描述的,新颖的方法也允许计算光刻工艺的其他性能参数。这些参数可以被反馈用于光刻工艺的改进,和/或用来改进图6的测量和计算过程自身。

[0068] 在上面提到的在先申请中,公开了用于使用上面提到的基本方法来提高重叠测量的质量的各种技术。这里将不会进一步详细说明这些技术。它们可以与现在将描述的本申请中最新公开的技术组合地使用。

[0069] 图7示出具有不同偏置的目标(重叠光栅)的示意性截面。这些目标可以用作衬底W上的目标T,如图3和图4中看到的。仅出于示例起见,示出了在X方向上具有周期性的光栅。具有不同偏置和具有不同定向的这些光栅的不同组合可以单独地提供,或者作为目标的一部分提供。

[0070] 开始于图7(a),示出了形成在标有L1和L2的两个层中的目标600。在最下侧或底部层L1中,通过特征602和间隔604在衬底606上形成第一结构(最下侧或底部结构),例如光栅。在层L2中,通过特征608和间隔610形成第二结构,例如光栅。(截面被绘制成使得特征602、608(例如,线)延伸到纸面中)。光栅图案在两层中均以节距P重复。特征602和608可以采取线、点、块和过孔的形式。在(a)处示出的状况下,不存在归因于未对准的重叠贡献,例如,没有重叠误差且没有强加的偏置,使得各特征608确切地处于第一结构中的特征602之上。

[0071] 在图7(b)处,示出了具有第一已知强加偏置+d的相同目标,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。在实践中,偏置距离d可能是几纳米、例如10nm至20nm,而节距P例如在300nm至1000nm的范围内,例如500nm或600nm。在(c)处我们看到具有第二已知强加偏置-d的另一特征,使得608的特征向左移位。(a)至(c)处示出的该类型的偏置光栅是本领域众所周知的,并且用在上面提到的在先申请中。

[0072] 图7(d)示意性地示出了结构不对称性的现象,在该情况中是第一结构中的结构不对称性(底部光栅不对称性)。该结构不对称性包括两个不同的不对称性效应。一个这样的不对称性效应是底部光栅变形误差。(a)至(c)处的光栅中的特征被示出为完美正方形的,此时真实的特征会在侧边上具有一些坡度和某一粗糙度。尽管如此,它们旨在至少剖面中是对称的。(d)处的第一结构中的特征602和/或间隔604根本不再具有对称形式,而是通过处理步骤而变得歪曲,造成了第一结构歪曲。因此,例如,各间隔的底表面变得倾斜。特征和间隔的侧壁角度也变得不对称。另一个不对称性效应是几何中心移位误差,这造成依赖于测量辐射选配方案(例如,波长和/或偏振)的第一结构的感知中心移位。

[0073] 作为该结构不对称性的结果,目标的总体目标不对称性将包括独立于结构不对称

性的重叠贡献(即,归因于第一结构和第二结构的未对准的重叠贡献;其自身由重叠误差和任何已知强加偏置组成)和归因于目标中的该结构不对称性的结构贡献。

[0074] 当使用仅两个偏置的光栅通过图6的方法来测量重叠时,工艺诱发的结构不对称性不能与归因于未对准的重叠贡献区分开,并且因此重叠测量(特别是测量不期望的重叠误差)变得不可靠。目标的第一结构(底部光栅)中的结构不对称性是结构不对称性的常见形式。它可能例如起源于在第一结构最初形成之后执行的诸如化学机械抛光(CMP)等的衬底处理步骤。

[0075] 在W0 2013143814A1中,提出了使用三个或更多分量光栅通过图6的方法的修改版本测量重叠。使用图7(a)至图7(c)中所示类型的三个或更多光栅来获得重叠测量,该重叠测量在一定程度上针对目标光栅的结构不对称性进行了校正,目标光栅中的结构不对称性诸如由实际光刻工艺中的底部光栅不对称性引起。然而,该方法要求新的目标设计(例如,与图4中图示的那个不同)并因而将要求新的掩模版。此外,目标区域更大并因而消耗更多的衬底区域。另外,由结构不对称性产生的重叠贡献的相位元件在这个和其他现有技术方法中被忽略,意味着校正不像相位元件也进行校正的话它们可能达到的那么准确。

[0076] 在图8中,曲线702图示出针对“理想”目标在重叠OV与强度不对称性A之间的关系,“理想”目标具有零偏移且在形成目标的单独光栅内并且特别是在第一结构的单独光栅内没有结构不对称性。结果,该理想目标的目标不对称性仅包括归因于由已知强加偏置和重叠误差 OV_E 产生的第一结构和第二结构的未对准的重叠贡献。该图表和图9的图表仅为了说明公开背后的原理,并且在各图表中,强度不对称性A和重叠OV的单位是任意的。实际尺寸的示例将在下面进一步给出。

[0077] 在图8的“理想”状况下,曲线702指示出强度不对称性A与重叠具有非线性周期性关系(例如,正弦关系)。正弦变化的周期P对应于光栅的周期或节距P,当然转换成适当的标度。正弦形式在该示例中是纯粹的,但是在真实情形中可能包括谐波。

[0078] 如上面提到的,可以使用偏置的光栅(具有已知强加重叠偏置)来测量重叠,而不是依靠单个测量。该偏置具有在做出该偏置的图案形成装置(例如,掩模版)中限定的已知值,其用作对应于测得的强度不对称性的重叠的晶片上校准。在附图中,以图形的方式图示出计算。在步骤S1至S5中,分别针对具有强加偏置+d和-d的光栅获得强度不对称性测量 A^{+d} 和 A^{-d} (例如,如图7(b)和图7(c)中所示)。将这些测量拟合到正弦曲线上给出了点704和706,如图所示。知道了偏置,可以计算出真正的重叠误差 OV_E 。正弦曲线的节距P从目标的设计已知。曲线702的竖直标度开始并不知道,而是可称为一阶谐波比例常数 K_1 的未知因子。该常数 K_1 是强度不对称性测量对目标的敏感度的量度。

[0079] 在方程的项中,重叠误差 OV_E 与强度不对称性A之间的关系被假设为:

$$[0080] \quad A_{+d} = K_1 \sin(OV_E \pm d) \quad (1)$$

[0081] 其中重叠误差 OV_E 以如下标度来表达:使得目标节距P对应于 2π 弧度的角度。利用具有不同的已知偏置(例如,+d和-d)的光栅的两个测量,可以使用如下公式计算出重叠误差 OV_E :

$$[0082] \quad OV_E = \text{atan} \left(\frac{A_{+d} + A_{-d}}{A_{+d} - A_{-d}} \cdot \tan(d) \right) \quad (2)$$

[0083] 图9示出引入结构不对称性、例如图7(d)中图示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，底部光栅不对称性或其他结构不对称性至少近似地具有将强度移位项 K_0 和相位移位项 ϕ 添加到强度不对称性 $A_{\pm d}$ 中的效应。所产生的曲线在图中被示出为712，其中标号 K_0 指示出强度移位项，并且 ϕ 标号指示出相位偏移项。强度移位项 K_0 和相位移位项 ϕ 依赖于目标与诸如测量辐射的波长和偏振（“测量选配方案”）等的测量辐射的选定特性的组合，并且对工艺变化敏感。在方程的项中，用于步骤S6中的计算的关系变成：

$$[0084] \quad A_{\pm d} = K_0 + K_1 \sin(0V_E \pm d + \phi) \quad (3)$$

[0085] 在存在有结构不对称性的情况下，由方程(2)描述的重叠模型将提供受到强度移位项 K_0 和相位移位项 ϕ 影响的重叠误差值，并且因此将不准确。结构不对称性还将造成当映射重叠误差时使用不同测量选配方案进行的相同目标的测量中的差异，因为强度和相位移位是依赖波长的。目前没有一种方法能够使目标测量选配方案组合的选择优化以便获得更准确的重叠误差测量，也没有一种方法有效地去除归因于结构不对称性的重叠贡献，由此校正了重叠误差测量。因而，衬底处理上的轻微改变或者测量选配方案上的改变将导致重叠变化，由此影响了重叠控制环APC（自动处理控制）和器件成品率。

[0086] 经修改的步骤S6的重叠计算依靠某些假设。首先，假设强度不对称性表现为重叠的正弦函数，其中周期 P 对应于光栅节距。这些假设对于目前的重叠范围是有效的。谐波的数目可以被设计为少的，因为小的节距波长比仅允许来自光栅的少量传播衍射阶。然而，在实践中，归因于未对准而对强度不对称性的重叠贡献可能并不一定是真正的正弦的，并且可能并不一定关于 $0V=0$ 完全对称。

[0087] 提出在允许诸如图4中图示的那些等的当前目标设计的使用的同时，测量目标的目标不对称性，并因而测量不会忽视结构不对称性的效应的重叠。该建模可以作为对于图6中图示的方法中的步骤S6的变型来执行。所提出的方法可以使用真实的衬底测量数据准确地计算出重叠误差，并且其可以确定目标与测量选配方案的最优或优选组合。不需要模拟或重建。

[0088] 提出的方法依靠本发明人的如下观察：对于感兴趣的重叠范围，归因于结构不对称性的重叠贡献的强度项和相位项两者均独立于归因于未对准的重叠贡献。

[0089] 图10(a)示出针对第二结构不包括结构不对称性的情况的入射到包括第一结构L1和第二结构L2的目标上的入射测量辐射束800。所产生的来自第一结构的+1衍射阶810⁺具有强度 $Be^{j\beta}$ ，并且来自第二结构的+1衍射阶820⁺具有强度 $Ce^{j\alpha}$ 。这些强度组合起来产生对于目标的+1衍射阶的强度 I_{+1} ：

$$[0090] \quad I_{+1} = |Ce^{j\alpha} + Be^{j\beta}|^2 = B^2 + C^2 + 2BC \times \cos[\beta + \alpha] \quad (4)$$

[0091] 其中： B 和 C 是强度标度因子、 $\alpha = 2\pi \frac{0V}{P}$ 、 $\beta = 4\pi \frac{T}{\lambda}$ 、 $0V$ 是重叠、 P 是目标节距、 T 是

目标厚度并且 λ 是测量辐射波长。

[0092] 类似地，所产生的来自第一结构的-1衍射阶820⁻具有强度 $Be^{-j\beta}$ ，并且来自第二结构的-1衍射阶820⁻具有强度 $Ce^{-j\alpha}$ 。这些强度组合起来产生对于目标的-1衍射阶的强度 I_{-1} ：

$$[0093] \quad I_{-1} = |Ce^{-j\alpha} + Be^{-j\beta}|^2 = B^2 + C^2 + 2BC \times \cos[\beta - \alpha] \quad (5)$$

[0094] 图10(b)示出针对第一结构包括结构不对称性（结构不对称性趋向于在底部结构中找到）的情况的入射到包括第一结构L1和第二结构L2的目标上的入射辐射束800。因为第

一结构中的结构不对称性,所以来自第一结构的+1和-1衍射阶不相同。在这里示出的特定示例中,来自第一结构的+1衍射阶 810^+ 具有强度 $Be^{j\beta}$,而来自第一结构的-1衍射阶 810^- 具有强度 $B'e^{j\beta'}$,其中 B' 与 B 不同并且 β' 与 β 不同。结果,在该示例中,强度组合起来产生对于目标的-1衍射阶的强度 I_{-1} (强度 I_{+1} 与方程(4)相同):

$$[0095] \quad I_{+1} = |Ce^{-j\alpha} + B'e^{j\beta}| = B'^2 + C^2 + 2B'C \times \cos[\beta' - \alpha] \quad (6)$$

[0096] 如已经讨论的,总体结构不对称性包括第一结构变形误差和几何中心移位误差 $\Delta\alpha$ 。已确定第一结构变形误差包括第一结构强度差 ΔB 和底部光栅相位差 $\Delta\beta$ 。第一结构强度差 ΔB 对强度项误差有贡献,并且底部光栅相位差 $\Delta\beta$ 和几何中心移位误差 $\Delta\alpha$ 两者对相位项误差有贡献。结果,可从方程(4)和(6)导出,当使用具有已知强加偏置 $+d$ 和 $-d$ 的目标执行重叠测量时,强度不对称性可以在相位项和强度项方面进行定制(+和-上标表示测量辐射束的阶数,并且 $+d$ 和 $-d$ 下标表示目标偏置):

$$[0097] \quad A^{+d} = I_{+1}^{+d} - I_{-1}^{+d} = 2BC \times \cos(\alpha + \varepsilon + \beta) - 2B'C \times \cos(\alpha + \varepsilon - \beta') + B^2 - B'^2 \quad (7)$$

$$[0098] \quad A^{-d} = I_{+1}^{-d} - I_{-1}^{-d} = 2BC \times \cos(\alpha - \varepsilon + \beta) - 2B'C \times \cos(\alpha - \varepsilon - \beta') + B^2 - B'^2 \quad (8)$$

$$[0099] \quad \alpha^{+d} = 2\pi \frac{OV_E + d}{P} = \alpha + \varepsilon, \quad \alpha^{-d} = 2\pi \frac{OV_E - d}{P} = \alpha - \varepsilon, \quad \alpha = 2\pi \frac{OV_E}{P}, \quad \varepsilon = 2\pi \frac{d}{P},$$

$$[0100] \quad \text{其中: } \beta = 4\pi \frac{T}{\lambda}, \frac{OV_E}{P} \ll 1 \Rightarrow \sin(\alpha) \approx \alpha \text{ and } \cos(\alpha) \approx 1$$

[0101] 在方程(7)和方程(8)每一个中,不对称性信号 $A^{\pm d}$ 的“强度项”(影响强度移位项的项)包括方程的最后两项($B^2 - B'^2$)。不对称性信号 $A^{\pm d}$ 的“相位项”(影响相位移项的项)包括这些方程的剩余项。通过将方程应用到用于归因于结构不对称性的重叠贡献 OV_{SA} 的方程中,获得以下方程:

$$[0102] \quad OV_{SA} = d \times \frac{A^{+d} + A^{-d}}{A^{+d} - A^{-d}} - OV_E$$

$$= \left\{ \left(\frac{B \times \cos(\alpha + \beta) - B' \times \cos(\alpha - \beta')}{-B \times \sin(\alpha + \beta) + B' \times \sin(\alpha - \beta')} - \alpha \right) + \left(\frac{2(B^2 - B'^2)}{-4BC \times \sin(\alpha + \beta) + 4B'C \times \sin(\alpha - \beta')} \right) \right\} \times \frac{P}{2\pi} \quad (9)$$

[0103] 假设 $\cos(d) \cong 1$, $\sin(d) \cong d$

[0104] 在下面划线的项是归因于结构不对称性的重叠贡献 OV_{SA} 的强度项,并且剩余部分是归因于结构不对称性的重叠贡献 OV_{SA} 的相位项。

[0105] 若 $\beta \neq 0$ 且 $\beta' \neq 0$ (或不接近0),并且重叠范围很小(例如,在 $\pm 20\text{nm}$ 内)使得 α 非常小且 $\sin\alpha \approx \alpha$,那么:

$$[0106] \quad OV_{SA} \approx \frac{B \times \cos(\beta) - B' \times \cos(\beta')}{-B \times \sin(\beta) + B' \times \sin(\beta')} \times \frac{P}{2\pi} + \underline{k \times 2(B^2 - B'^2)} \quad (10)$$

[0107] 再一次,下面划线的项是强度项并且剩余部分是相位项。 k 是常数。

[0108] 为获得方程(10)做出的假设对于大多数情况是有效的。如果 $\beta \approx 0$ 或 $\beta' \approx 0$,则堆叠敏感度会非常小并且测量选配方案会在选配方案优化期间被滤除。此外,重叠范围预计不会超过 $\pm 20\text{nm}$ 。因而,在大多数情况中,归因于结构不对称性的重叠贡献 OV_{SA} 是恒定的并独立于重叠。正因为这样,具有和没有归因于结构不对称性的重叠贡献的重叠的绘图将包括

在小重叠的重叠范围内的基本平行的线。这可以在图9中在 $OV=0$ 附近看到。

[0109] 总体重叠 OV (即,测得的重叠)可以在归因于结构不对称性的重叠贡献 OV_{SA} 和独立于结构不对称性的重叠贡献 OV_{NSA} 方面来代表:

$$[0110] \quad OV = OV_{NSA} + OV_{SA} \quad (11)$$

[0111] 独立于结构不对称性的重叠贡献 OV_{NSA} 可以包括重叠误差 OV_E (层的任何无意的未对准) 和/或任何已知强加偏置 d 。将归因于结构不对称性的重叠贡献 OV_{SA} 分离成构成强度项 OV_{SAI} 和相位项 $OV_{SA\phi}$ 产生了:

$$[0112] \quad OV = OV_{NSA} + (OV_{SAI} + OV_{SA\phi}) \quad (12)$$

[0113] 如可以从方程(10)导出的,归因于结构不对称性的重叠贡献的构成强度项 OV_{SAI} 与最下侧光栅中的结构不对称性 BGA (其中 γ 是比例常数)成比例:

$$[0114] \quad OV_{SAI} = \gamma \times BGA \quad (13)$$

[0115] 假设在强度项 OV_{SAI} 与相位项 $OV_{SA\phi}$ 之间存在关系 G (其可以被称为工艺鲁棒性指数):

$$[0116] \quad OV_{SA\phi} = G \times OV_{SAI} \quad (14)$$

[0117] 因而可以将方程(12)重写为:

$$[0118] \quad OV = OV_{NSA} + \gamma \times BGA + G \times OV_{SAI}$$

$$[0119] \quad = OV_{NSA} + \gamma \times BGA + G \times \gamma \times BGA$$

$$[0120] \quad = OV_{NSA} + \xi \times BGA, \text{ 其中 } \xi = \gamma + G \times \gamma \quad (15)$$

[0121] 利用方程(11),可以看出:归因于结构不对称性的重叠贡献 OV_{SA} 等于关系函数 ξ 与最下侧光栅中的结构不对称性 BGA 的乘积:

$$[0122] \quad OV_{SA} = \xi \times BGA \quad (16)$$

[0123] 关系函数 ξ 可以被描述为常数或者描述为任意参数 p 的函数。任意参数可以包括例如衬底上的测量位置 (更具体地是在 x 、 y 、半径(r)和或角度(θ)方面的测量位置)、堆叠敏感度、 K 中的一个或多个。关系函数 ξ 可以通过使用多个(m 个)不同的测量选配方案在衬底上的 n 个测量位置处测量衬底上的目标来确定。不同的测量选配方案在测量辐射的不同波长和/或偏振方面不同。在任意参数是衬底上的位置的情况下,那么可以将方程(16)写为:

$$[0124] \quad OV_{SA \ i,j} = \xi_i(p_{k,j}) \times BGA_{i,j} \quad (17)$$

[0125] 其中索引 i 是从测量选配方案1到测量选配方案 m 的测量选配方案索引,索引 j 是从测量位置1到测量位置 n 的衬底位置索引,并且索引 k 是从任意参数1到任意参数 x (例如,如果使用测量位置且在 x 和 y 方面进行分离的话则是两个参数)的参数索引。

[0126] 可以对于衬底上的所有测量位置将方程(11)重写到方程(17)中:

$$[0127] \quad OV_{i,j} = OV_{NSA \ j} + OV_{SA \ i,j}$$

$$[0128] \quad = OV_{NSA \ j} + \xi_i(p_{k,j}) \times BGA_{i,j} \quad (18)$$

[0129] 若可以确定关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 的解,则可以对归因于结构不对称性的重叠贡献 OV_{SA} 进行校正。在关系函数是使用 m 个测量选配方案测得的针对 n 个测量位置的 x 参数的函数的情况下,那么可以获得 $m \times n$ 个联立方程,包括总共 $n + x \times m$ 个未知数。联立方程可以是针对 n 个测量位置中的每一个和 m 个测量选配方案中的每一个的方程(18)的版本。若 $m > 1$ 和 $m \times n$ 足以使得联立方程的数目大于未知数的数目,那么可以通过解析一组联立方程来确定对于关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 的解。

[0130] 在关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 是 x 参数的线性函数($k=1$ 到 x)的情况下,那么可以将其重写为:

$$[0131] \quad \xi_i(p_{k,j}) = \xi_{0,i} + \xi_{1,i} \times p_{1,j} + \xi_{2,i} \times p_{2,j} + \dots + \xi_{x,i} \times p_{x,j} \quad (19)$$

[0132] 这可以代入方程(18)中,使得联立方程(针对测量选配方案 i 和测量位置 j 的每一个组合一个方程)采取如下形式:

$$[0133] \quad OV_{i,j} = OV_{NSA_j} + (\xi_{0,i} + \xi_{1,i} \times p_{1,j} + \xi_{2,i} \times p_{2,j} + \dots + \xi_{x,i} \times p_{x,j}) \times BGA_{i,j} \quad (20)$$

[0134] 可以将这些联立方程写成矩阵形式:

$$[0135] \quad A = B \times X \quad (21)$$

[0136] 其中 A 是总(测得的)重叠 $OV_{i,j}$ 的矩阵(例如, $1 \times (m \times n)$ 矩阵), B 是包括关系函数项的系数和 OV_{NSA_j} 的系数的矩阵系数。关系函数项的系数包括测得的底部光栅不对称性 $BGA_{i,j}$ 与关系函数的参数 $p_{x,j}$ 的乘积。矩阵 X 是填充了关系函数项 $\xi_{k,i}$ 和独立于结构不对称性的重叠贡献 OV_{NSA_j} 的未知项矩阵。

[0137] 若矩阵的秩 B 大于矩阵 X 中的未知数的数目,则可以通过针对未知数求解矩阵方程来解析联立方程。求解联立方程的该方法在本文中被称为矩阵法。

[0138] 一旦解析出联立方程,就可以通过如下方程来找到对于各测量点和各测量选配方案特定的校正重叠 $OV_{COR_{i,j}}$:

$$[0139] \quad OV_{COR_{i,j}} = OV_{i,j} - \xi_i(p_{k,j}) \times BGA_{i,j} \quad (22)$$

[0140] 其中 $OV_{i,j}$ 是测得的重叠,并且 $BGA_{i,j}$ 是测得的底部光栅不对称性。

[0141] 计算出的校正重叠 $OV_{COR_{i,j}}$ 应该对于各测量选配方案是相同的,因而也应该等于当解析联立方程时求解出的独立于结构不对称性的重叠贡献 OV_{NSA_j} 。然而,归因于测量准确度上的变化和其他影响,实则情况并不一定如此。在所计算出的校正重叠 $OV_{COR_{i,j}}$ 中存在变化的情况下,可以确定出联立方程描述归因于结构不对称性的重叠贡献有多好的量化。此外,可以对对应于不同测量选配方案的多组校正重叠结果进行评价并标识出优选的测量选配方案。

[0142] 为了使一组联立方程描述归因于结构不对称性的重叠贡献有多好量化,可以确定 $m+1$ 个重叠映射。这将包括描述了横跨衬底的校正重叠的针对 m 个测量选配方案中的每一个的一个校正重叠映射(例如,使用方程(19)确定的),和描述了横跨衬底的独立于结构不对称性的重叠贡献 OV_{NSA_j} 的独立于选配方案的重叠映射(例如,当求解联立方程时确定的)。

[0143] 利用这些重叠映射,针对衬底上的 n 个测量位置中的每一个,可以计算出差异度量,其描述了在独立于选配方案的重叠映射与不同成对校正重叠映射的每一个组合中、在对应测量位置处的重叠值中的差异。该差异度量可以用作联立方程描述归因于结构不对称性的重叠贡献有多好的量化。理想情况下,该差异度量应该很小,因为重叠值之间的差异应该很小(实际上为零)。

[0144] 在实施例中,差异度量可以包括在独立于选配方案的重叠映射与不同成对校正重叠映射的每一个组合中、在对应测量位置处的重叠值中的差异的均方根 R :

$$[0145] \quad R = \sqrt{\frac{1}{n \frac{m(m+1)}{2}} \left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m (OV_{NSA_j} - OV_{COR_{i,j}})^2 + \sum_{j=1}^n \sum_{i=r,i,r=1}^m (OV_{COR_{i,j}} - OV_{COR_{r,j}})^2 \right]} \quad (23)$$

[0146] 其中索引 r 指示出除用索引 i 指示出的以外的 m 个测量选配方案中的测量选配方

案。

[0147] 差异度量(例如,上面的均方根R量度)可以用作确定优选测量选配方案的指示符。这样的方法可以包括针对m个测量选配方案中的m-1个测量选配方案的每个组合计算差异度量。接着可以对所产生的m-1个差异度量进行评价;指示出m-1个测量选配方案的对应组合的m-1个差异度量中的最小的一个最佳,并因而未包括在该组合中的测量选配方案是造成对重叠进行的最差校正的选配方案。接着可以丢弃该测量选配方案,并且利用剩余的测量选配方案执行该方法。这些步骤可以重复进行直到m=2(或其他低数字)。差异度量的值应该随着测量选配方案的数目减小而减小。可以确定差异阈值,使得优选测量选配方案组合包括对应差异度量低于该差异阈值时的最大数目的测量选配方案。接着可以在后续重叠测量中使用该优选测量选配方案组合。

[0148] 丢弃测量选配方案的顺序也可以用于测量选配方案的排名,使得以上方法中最早丢弃的那些测量选配方案排名低于后来丢弃的那些,并且未丢弃的那些测量选配方案在所有测量选配方案中排名最高。

[0149] 图11是根据示例性实施例的用于测量重叠的方法的步骤的流程图。方法在包括多个目标的衬底上执行。步骤如下,并接着在下文中更详细地进行描述:

[0150] 900-获得包括与多个第一结构有关的结构不对称性的测量的多个第一测量,并且更具体地,使用m个测量辐射($i=1$ 至m)在第一参数(例如测量位置)的n个不同值($j=1$ 至n)处获得在目标上的底部光栅不对称性 $BGA_{i,j}$ 的测量;

[0151] 910-获得多个第二测量,所述第二测量包括与多个目标有关的目标不对称性的测量,并且更具体地,使用所述m个测量辐射($i=1$ 至m)利用第一参数(例如测量位置)的所述n个不同值($j=1$ 至n)获得在目标上的重叠 $OV_{i,j}$ 的测量;

[0152] 920-将测得的底部光栅不对称性 $BGA_{i,j}$ 和重叠 $OV_{i,j}$ 值布置到在关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 方面使这些值有关的一组联立方程中;

[0153] 930-求解联立方程以获得关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 的值;

[0154] 940-找到校正重叠;并可选地:

[0155] 945-确定重叠映射,重叠映射包括针对各测量选配方案的校正重叠映射和针对独立于结构不对称性的重叠贡献的独立于测量选配方案的重叠映射;

[0156] 950-确定针对m个测量选配方案中的m-1个测量选配方案的每个组合的差异度量;

[0157] 955-丢弃最差的测量选配方案($m=m-1$);

[0158] 960-m=2(或大于1的其他低值)?

[0159] 965-确定优选测量选配方案;和

[0160] 970-给测量选配方案排名。

[0161] 在步骤900处,使用m个不同的测量辐射($m>1$)在第一参数的n个不同值处测量各目标的第一结构中的结构不对称性 $BGA_{i,j}$,由此获得多个($m*n$ 个)第一测量,所述第一测量中的每一个与第一参数值和测量辐射的不同组合有关。第一参数可以是衬底上的位置。不同的测量辐射可以在测量选配方案(波长和/偏振)方面彼此不同。

[0162] 第一测量可以在与第一结构一起构成目标的第二结构的曝光之前执行。在实施例中,结构不对称性的测量和重叠的测量可以通过单个测量来获得。这可以通过一起测量包括两个相邻结构的目标结构来实现,两个相邻结构中的一个包括仅第一结构(没有暴露于

其上的第二结构)并且另一个包括完整目标(包括重叠有第二结构的第一结构)。

[0163] 在步骤910处,使用所述 m 个不同的测量辐射($m>1$)在第一参数的所述 n 个不同值处测量各目标的重叠 $OV_{i,j}$ (目标不对称性的测量),由此获得多个($m*n$ 个)第二测量,所述第二测量中的每一个与第一参数值和测量辐射的不同组合有关。

[0164] 在步骤920处,将第一测量和第二测量布置到在关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 方面使这些值有关的一组联立方程中。联立方程可以各采取方程(18)或方程(20)的形式。

[0165] 在步骤930处,求解联立方程以找到关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 的值。这可以在可能的情况下使用上面描述的矩阵法或使用任何其他合适的方法来执行。

[0166] 在步骤940处,可以找到校正重叠值。这可以包括使用方程(22)或使用当解析联立方程时求解的独立于结构不对称性的重叠贡献 OV_{NSA_j} 来找到每个第一参数值(例如,每个位置)和每个测量辐射的校正重叠值。

[0167] 在步骤945处,确定针对各测量辐射的一组校正重叠值(校正重叠映射),并确定一组独立于测量选配方案的重叠值(独立于测量选配方案的重叠映射)。

[0168] 在步骤950处,可以使用例如方程(23)针对 $m-1$ 个测量辐射的各组合获得差异度量。在步骤955处,丢弃最差表现测量辐射。这可以是当计算最佳表现差异度量时被排除的测量辐射。该步骤重复进行直到 $m=2$ (步骤960)。

[0169] 在步骤965处,可以标识出优选的测量辐射组合。这可以包括对应的差异度量低于差异阈值的最大数目的测量选配方案。

[0170] 在步骤970处,可以根据步骤955中丢弃测量选配方案的顺序给测量辐射排名。

[0171] 在关系函数 ξ 横跨衬底是恒定的情况下,那么通过确定恒定的关系函数 ξ ,可以使用两个不同的测量选配方案来确定独立于结构不对称性的重叠 OV_{NSA} 。在该情况中:

$$[0172] \quad OV_A = OV_{NSAA} + \xi_A * BGA_A$$

$$[0173] \quad OV_B = OV_{NSAB} + \xi_B * BGA_B$$

$$[0174] \quad \Delta OV = \xi_A * BGA_A - \xi_B * BGA_B + C \quad (24)$$

[0175] 其中下标A和B分别表示可归因于使用测量选配方案A(第一测量选配方案)和测量选配方案B(第二测量选配方案)进行的测量的项;其中 OV_A 和 OV_B 分别是利用测量选配方案A和测量选配方案B测得的重叠。 ΔOV 是使用测量选配方案A测得的重叠 OV_A 与使用测量选配方案B测得的重叠 OV_B 之间的差异。方程(24)进一步基于 $OV_{NSAA} = OV_{NSAB} = OV_{NSA}$ 的假设。换言之,假设独立于结构不对称性的重叠独立于测量选配方案。仅结构不对称性信号BGA依赖于测量选配方案。

[0176] 在一个实施例中,恒定的关系函数 ξ 可以通过确定在使用测量选配方案A在最下侧光栅中测得的结构不对称性 BGA_A 、使用测量选配方案B在最下侧光栅中测得的结构不对称性 BGA_B 与测量选配方案A和B之间在重叠测量中的差异 ΔOV 之间的关系来找到。用于找到该关系的一个方法涉及构建 BGA_A 、 BGA_B 和 ΔOV 的三维绘图,并且在本文中被称作三维绘图法。当所有目标的测量都显示如下面所描述的线性/平面的相关性时,假设(例如拟合)恒定的关系函数的有效性。

[0177] 图12是根据示例性实施例的用于测量重叠的方法的步骤的流程图。该方法在包括多个目标的衬底上执行。步骤如下,并接着在下文中更详细地进行描述:

[0178] 1000-分别利用选配方案A和选配方案B测量目标上的 BGA_A 和 BGA_B ;

[0179] 1010-分别利用选配方案A和选配方案B测量目标上的 OV_A 和 OV_B ;

[0180] 1020-在三维绘图上绘出 BGA_A 、 BGA_B 和 ΔOV ;

[0181] 1030-找到关系函数 ξ_A 和 ξ_B ;和

[0182] 1040-找到校正重叠。

[0183] 在步骤1000处,使用第一测量选配方案A测量各目标(或其子集)的第一结构中的结构不对称性 BGA_A ,由此获得所述第一结构中的结构不对称性的第一测量。此外,使用第二测量选配方案B测量各目标(或其子集)的第一结构中的结构不对称性 BGA_B ,由此获得所述第一结构中的结构不对称性的第二测量。

[0184] 在步骤1010处,使用第一测量选配方案A测量各目标(或其子集)的重叠 OV_A ,由此获得所述目标中的目标不对称性的第一测量。此外,使用第二测量选配方案B测量各目标(或其子集)的重叠 OV_B ,由此获得所述目标中的目标不对称性的第二测量。

[0185] 在步骤1020处,可以构建三维绘图,针对在一个轴上的所述第一结构中的结构不对称性的第一测量 BGA_A 和在另一轴上的所述第一结构中的结构不对称性的第二测量 BGA_B 绘出了 ΔOV (测得的重叠 OV_A 与测得的重叠 OV_B 之间的差异)。

[0186] 图13示出这样的三维绘图的示例。其包括在z轴上的测量选配方案之间的重叠差异 ΔOV ,和分别在x和y轴上的所述第一结构中的结构不对称性的测量 BGA_A 和 BGA_B 。如可以看出的,在所有目标的 ΔOV 与结构不对称性测量 BGA_A 和 BGA_B 之间存在着良好的平坦平面相关性,该关系限定了平坦平面1000。该良好的相关性指示出关系函数 ξ_A 和 ξ_B 每一个都是恒定的并因而可以被准确地确定。

[0187] 在步骤1030处,确定关系函数 ξ_A 和 ξ_B 。关系函数 ξ_A 和 ξ_B 可以使用方程(24)或考虑平面1000在x和y方向两者上的斜率来确定。重叠测量准确度与 ΔOV 和结构不对称性测量 BGA_A 和 BGA_B 之间的相关性有关。理论上,当相关性显示完美平坦的平面时,可以完全消除由结构不对称性引起的误差,并且可以获得无误差的重叠指纹。在平面不是完美平坦的情况下,可以确定斜率误差(非相关性的量度)并将其用作重叠测量中的不确定性的量度。

[0188] 在步骤1040处,可以通过如下方程找到作为独立于结构不对称性的重叠贡献的校正重叠 OV_{NSA} :

$$[0189] \quad OV_{NSA} = OV_A - \xi_A * BGA_A$$

$$[0190] \quad OV_{NSA} = OV_B - \xi_B * BGA_B \quad (25)$$

[0191] 求解联立方程的矩阵法和关于图12描述的三维绘图法两者都要求针对不同测量辐射组合的重叠与结构不对称性之间的良好相关性。对于矩阵法,该相关性不需要是恒定的,而是可以采取函数的形式。然而,三维绘图法应该显示出 ΔOV 与结构不对称性测量 BGA_A 和 BGA_B 之间的良好的平坦平面相关性。结果,还公开了一种用于标识优选目标设计并且还有目标设计与测量选配方案对的优选组合的方法。

[0192] 在实施例中,可以标识出优选目标设计与对应的优选测量选配方案的组合。一旦标识出了,就可以使用如上面所描述的在本文中所公开的方法之一在执行重叠测量时使用优选的目标/选配方案组合。应该注意的是,优选的测量选配方案组合将趋向于对应于特定的目标设计,使得标识出目标设计和测量选配方案对的优选目标/选配方案组合。特定的目标设计并不一定会为所有测量选配方案组合提供良好的结果,并且特定的测量选配方案组合并不一定会为所有目标设计提供良好的结果。然而,还描述了独立于测量选配方案的目

标设计选择优化的方法。

[0193] 目标设计可以以多个方式变化。例如在诸如临界尺寸、侧壁角度或节距等的一个或多个参数上可能存在变化。可以对各显示出在这些参数中的一个或多个上的变化的多个候选目标设计进行评价。

[0194] 例如,测量选配方案可以在诸如波长和/或偏振等的参数方面是变化的。可以对不同的候选测量选配方案组合进行评价,每一个候选测量选配方案组合显示出针对组合内所包括的测量选配方案中的一个、一些或所有在这些参数中的一个或多个上的变化。

[0195] 图14是根据示例性实施例的用于优化目标设计选择的方法的步骤的流程图。步骤如下,并接着在下文中更详细地进行描述:

[0196] 1300-利用多个候选测量选配方案组合测量多个候选目标设计;

[0197] 1310-针对候选目标设计和候选测量选配方案组合的各目标/选配方案组合构建三维绘图、联立方程或矩阵;

[0198] 1320-标识具有良好相关性的目标/选配方案组合;

[0199] 1330-可选地,针对各标识出的目标/选配方案组合从平坦平面和/或斜率不确定性中标识优选的目标/选配方案组合;和

[0200] 1340-从优选的目标/选配方案组合中标识优选的测量选配方案。

[0201] 在步骤1300处,构思多个候选目标设计,并测量各候选目标设计的多个样本(包括单独第一结构的测量)。多个候选目标设计的这些多个样本可以从单个衬底测得或从多个衬底测得。接着可以针对多个候选测量选配方案组合获取各候选目标设计的各组样本的测量,其中各候选测量选配方案组合包括两个或更多候选测量选配方案。在正在使用三维绘图法的情况下,这些候选测量选配方案组合将是候选测量选配方案对(即,不同的选配方案A和/或选配方案B)。

[0202] 在步骤1310处,针对候选目标设计和候选测量选配方案组合的各组合,进行与方程(18)的形式类似的形式联立方程、与方程(21)的形式类似的形式矩阵方程或者与图12中图示的且在步骤920处描述的绘图类似的绘图。

[0203] 在步骤1320处,标识出显示了重叠与结构不对称性测量之间的最高相关性的目标/选配方案组合。具体地,对于三维绘图法,标识出显示了 ΔOV 与结构不对称性测量 BGA_A 和/或 BGA_B 之间的最高相关性的目标/选配方案组合。这可以通过确定对于重叠的相关性系数(或对于三维绘图法是 ΔOV)和针对各目标/选配方案组合的结构不对称性测量(对于三维绘图法是 BGA_A 和 BGA_B)并选择出相关性系数最高的目标/选配方案组合来实现。相关性计算可以是 R^2 相关性。在关系函数 ξ 是常数的情况下, R^2 相关性是拟合的良好指数。如果关系函数 ξ 不是常数而是函数,则拟合后的残差可以是拟合质量的更好的指示。目标/选配方案组合的标识可以在阈值(例如,具有高于阈值的相关性系数的所有目标/选配方案组合)的基础上或者在要选择的预定数目的目标/选配方案组合(例如,选择具有最高相关性的10个或20个目标/选配方案组合)的基础上进行。如果仅一个目标/选配方案组合显示出良好的相关性,那么可以选择该目标/选配方案组合而不用执行下一步骤1330。类似地,如果正在使用矩阵法并且平坦平面相关性不那么重要,那么可以在该步骤中选择显示出最佳相关性的目标/选配方案组合而不用执行步骤1330。然而,对于三维绘图法来说步骤1330的执行是优选的,因为这可以确定这一个目标/选配方案组合是否具有合适的平坦平面相关性。如果不

是,那么以不同的候选目标设计和/或候选测量选配方案对再次开始可能是优选的。

[0204] 步骤1320可以可选地包括标识出可以看到在相关性确定中在候选测量选配方案组合的范围上胜于其他目标设计的目标设计。例如,如果一目标设计对于更大数目的测量选配方案组合显示出良好相关性,或者与其他目标设计相比在候选测量选配方案对的范围上显示出更好的平均相关性,则将该目标设计标识为优选目标设计。

[0205] 在可选步骤1330处,可以对在步骤1320处选择的目标/选配方案组合进一步进行评价。特别地,相对于其中关系函数 ξ 是常数的三维绘图法,应该领会的是,高系数的相关性自身并不指示出理想的目标/选配方案组合。即使在 ΔOV 与 BGA_A 和 BGA_B 之间存在高系数的相关性的情况下,在结构不对称性测量 BGA_A 与 BGA_B 之间也可能存在强的相互依赖性。在这样的情况中,三维绘图将趋向于形成一条线,而不是平面。这造成归因于围绕该线轴的转动自由度的大的斜率不确定性(这是非相关性的量度)。因而,对于两个选配方案优选的是标识出不显示结构不对称性测量 BGA_A 与 BGA_B 之间的该相互依赖性的目标/选配方案组合(或对于两个选配方案该相互依赖性是最小的)。在使用多于两个测量选配方案的情况下(例如,矩阵法),该相互依赖性不是问题;所有的测量选配方案组合都具有显示独立性的结构不对称性测量并不重要。结果,该步骤可以省略。

[0206] 结果,在步骤1330处,选择显示最佳相关性的目标/选配方案组合。使用三维绘图法,该目标/选配方案组合可能是显示最佳平坦平面相关性的目标/选配方案组合;这些组合可以通过考虑显示高相关性的目标/选配方案组合的三维绘图并确定所述绘图上的点是否限定出平坦平面(而不是线)来标识。接着可以选择对应的绘图更好地限定出平坦平面的目标/选配方案组合。如果这产生了展现出明显更好的平坦平面相关性的目标/选配方案组合,那么将该候选测量选配方案目标/选配方案组合选择为优选的目标/选配方案组合。如果仍然存在着确定出的平坦平面相关性类似或处于可接受水平的多个目标/选配方案组合,那么可以使用另一评价度量。这样的评价度量可以是各绘图的斜率不确定性。斜率不确定性是重叠不确定性的量度。可以使用重叠测量中的该不确定性作为测量选配方案选择的指数。这样的方法可以包括将三维绘图的平面拟合到包括置信界限的数据点中(由此限定出针对各点的置信范围)。纯粹通过示例的方式,可以假设各数据点具有95%的置信界限。这将提供斜率不确定性的量度并因而是重叠不确定性的量度。用置信范围乘以结构不对称性测量 BGA 将产生校正的不确定性。

[0207] 步骤1320或步骤1330应该标识出对于重叠测量来说被优化的目标设计与测量选配方案组合(或对)的组合。因而该方法可以用来优化针对本文中所描述的方法的目标设计和测量选配方案组合的选择。

[0208] 在可选步骤1340处,在仅可能或期望利用一个测量选配方案的测量(例如,以使吞吐量最大化)的情况下,可以将步骤1330处标识出的测量选配方案组合的测量选配方案中的一个选取为对于重叠测量的优选测量选配方案。该优选的测量选配方案可以是结构不对称性的对应测量最小的组合的选配方案。较低的测得结构不对称性将造成较少校正,所以测得的重叠应该更接近真实的重叠。优选选配方案将对应于优选目标设计。

[0209] 当对于两个选配方案存在恒定的关系函数 ξ 时,使用三维绘图法的结果将与使用矩阵法的结果相同。矩阵法的原理基本与三维法的原理相似,除了矩阵可以同时处理多个测量选配方案。理想情况下,对于两个方法,优选选配方案和/或优选目标的排名应该是相

同的。然而,通过使用利用更多测量选配方案的矩阵法,与使用三维绘图法相比,计算出的独立于结构不对称性的重叠贡献中的噪声可以减小。

[0210] 在上面所描述的实施例的备选实施例中,代替步骤1020和1310的构建三维绘图,可以构建二维绘图。二维绘图将是针对 ΔBGA 的 ΔOV 的绘图,其中 ΔBGA 是所有目标的结构不对称性测量 BGA_A 与 BGA_B 之间的差异。接着可以从该绘图确定 ΔOV 与 ΔBGA 之间的相关性,并且如果存在充分的相关性,则可以确定校正重叠 OV_{NSA} 。对于在 ΔOV 与 ΔBGA 之间存在直线相关性的情况,它一定是恒定关系函数 ξ_A 和 ξ_B 相同的情况(即, $\xi_A = \xi_B = \xi$)。在这种情况下,线的斜率提供恒定关系函数 $\xi = \xi_A = \xi_B$ 。与之前一样,接着可以使用方程(25)如已经描述的那样计算校正重叠。与利用三维绘图法一样,可以通过标识显示最佳相关性或最小斜率不确定性(线的)的那些绘图来标识出优选的目标设计和目标设计与测量选配方案对的组合的标识。

[0211] 在示例性实施例中,为了直接测量结构不对称性 BGA ,在第二层的曝光之前并因而在第二结构的形成之前,在第一结构(底部光栅)上执行如图6中所描绘的与标准重叠测量类似的量测(以获得强度不对称性)。当然,由于仅有单个层被测量,所以不可能有任何重叠并且目标的+d和-d“偏置”不是真实的(在没有第二层的情况下,+d“偏置的”目标和-d“偏置的”目标事实上是完全相同的)。接着可以使用如下方程(每个目标)计算出底部光栅不对称性:

$$[0212] \quad BGA = \frac{I_{+d}^+ - I_{-d}^+ + I_{-d}^- - I_{+d}^-}{I_{+d}^+ + I_{-d}^+ + I_{-d}^- + I_{+d}^-} \quad (26)$$

[0213] 其中 I 是测得的强度、+和-上标表示测量辐射束的阶数并且+d和-d下标表示目标“偏置”(例如, I_{+d}^+ 是当使用+1阶测量照度测量正偏置的目标时的测得的强度,并且 I_{-d}^- 是当使用-1阶测量照度测量正偏置的目标时的测得的强度)。

[0214] 在以上实施例中,设想关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 是在校准步骤中确定的、特别是归因于所要求的测量的数目和这将花费的时间。在这样的校准步骤中,测量一个或多个衬底(其可以是生产衬底或特意曝光的校准衬底)并确定关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 。接着假设该关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 是不变的,并且正因为这样被用于在生产期间确定所有后续衬底中的重叠校正。然而,这样的途径没有考虑该关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 随时间推移的变化(例如,衬底到衬底的变化)。

[0215] 因而在可选实施例中提出周期性地更新关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 的值。这可以通过执行生产衬底的在线量测并从这些量测进行关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 的确定(或校正)来完成。在线量测可以包括仅测量在校准阶段期间测得的目标位置(重叠目标)的子集。

[0216] 不可能仅基于单个目标的测量针对关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 求解上面所描述的联立方程(方程(18)至(21))。然而,通过解决使现实的衬底模型参数化,可以找到合适的近似解决方案。这样的衬底模型可以采取与目前用于横跨衬底的重叠建模的模型类似的形式,例如:10参数模型,或场内高阶工艺校正(i-HOPC)模型(例如,第三阶)。然而,应该领会的是,该实施例中使用的实际模型可以与也使用的任何重叠模型脱离(例如,该模型在这里可以与所使用的重叠模型相比根据不同的参数)。在这样的实施例中,联立方程(例如,方程(18))将被适配以包括模型项。

[0217] 上面提到,结构不对称性测量和重叠测量可能不一定在相同目标上执行。当在线执行测量时将很明显是这种情况。在实施例中,取决于重叠目标与对应的结构不对称性目

标之间的在场内的距离,模型的分辨率可以被适配。这是因为,归因于在场上面的堆叠/工艺变化,两个目标之间的结果的相关性将随着它们之间的距离而减小。因而,仅当这些目标彼此接近(例如,相邻或至少在场大小的四分之一内)时使用更详细的(较高分辨率)模型可能更合适。在两个目标更加分离的情况下,可以使用更基本的模型。在实施例中,可以使关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 的在线确定随时间推移而平滑(例如,平均化)。

[0218] 关系函数 $\xi_i(p_{k,j})$ 的该在线确定并且特别是其随着时间推移的变动(例如,衬底到衬底)可以用作用于所使用的工艺条件和/或测量选配方案的监测度量。随时间推移的仅小变动是工艺条件和/或测量选配方案是鲁棒性的指示。然而,显著变化可以指示工艺条件和/或测量选配方案不是充分地鲁棒性,并且很可能会改变。

[0219] 总而言之,以下是通过本文中所描述的概念变得可能的特征:

[0220] ●前馈(底部光栅)结构不对称性表征,用于在线测量中的重叠误差测量的校正;

[0221] ●可以使用两个(或更多)选配方案通过简单且直接的方法从重叠和底部光栅不对称性测量获得更准确的重叠测量;

[0222] ●可以使用在底部光栅不对称性与测得的重叠误差中的差异之间具有强线性相关性的两个选配方案标识出工艺鲁棒性的目标和测量选配方案组合;和

[0223] ●可以从测得的底部光栅不对称性和重叠误差不确定性来确定优选选配方案。

[0224] 理论上,本文中所描述的方法可以完全去除由结构不对称性引起的误差,包括由重叠误差的相位项所造成的那些误差。测量选配方案工艺鲁棒性还提供了线性 ξ_A 因子的良好指示。本文中所描述的方法不要求新的掩模版设计、不要求量测设计上的改变并且不要求量测目标占地面积上的增加。方法也具有更广泛的应用,例如,结构不对称性可以用于工艺稳定性监测。

[0225] 虽然上面描述的目标是为了测量的目的而专门设计并形成的量测目标,但在其他实施例中,也可以在作为形成在衬底上的器件的功能部件的目标上测量属性。许多器件都具有规则的光栅状结构。如本文中所使用的术语“目标光栅”和“目标”不要求结构是专门为了所执行的测量而提供。此外,量测目标的节距P接近散射仪的光学系统的分辨率限值,但可以比目标部分C中的通过光刻工艺制得的典型产品特征的尺寸大得多。在实践中,目标内的重叠光栅的线和/或间隔可以被制成包括在尺寸上与产品特征类似的较小结构。

[0226] 与在衬底和图案形成装置上实现的目标的物理光栅结构相关联,实施例可以包括一种计算机程序,其包含描述了测量衬底上的目标和/或对测量进行分析以获得关于光刻工艺的信息的方法的机器可读指令的一个或多个序列。该计算机程序可以例如在图3的设备中的单元PU和/或图2的控制单元LACU内执行。还可以提供有一种数据存储介质(例如,半导体存储器、磁盘或光盘),在其中存储有计算机程序。在现有的量测设备(例如图3中示出类型的量测设备)已经在生产和/或使用中的情况下,本发明可以通过提供用于引起处理器执行经修改的步骤S6并因此以对结构不对称性的降低了的敏感度计算出重叠误差或其他参数的更新的计算机程序产品来实施。

[0227] 程序可以可选地布置成控制光学系统、衬底支撑件和类似物,以为了在多个合适的目标上进行不对称性的测量而执行步骤S2至S5。

[0228] 虽然上面描述的实施例是根据基于衍射的重叠测量(例如,使用图3(a)中示出的设备的第二测量分支进行的测量)描述的,但在原理上,相同的模型可以用于基于光瞳的重

叠测量(例如,使用图3(a)中示出的设备的第一测量分支进行的测量)。结果,应该领会的是,本文中所描述的概念同等地适用于基于衍射的重叠测量和基于光瞳的重叠测量。

[0229] 尽管上面可能具体参考了本发明的实施例在光学光刻的背景下的使用,但需领会的是,本发明可以用在其他应用中,例如压印光刻,并且在背景允许的情况下不限于光学光刻。在压印光刻中,图案形成装置中的形貌限定了在衬底上创建的图案。图案形成装置的形貌可以被压入供给到衬底的一层抗蚀剂中,随之通过施加电磁辐射、热、压力或其组合使抗蚀剂固化。在抗蚀剂固化之后将图案形成装置从抗蚀剂上移走,在其上留下图案。

[0230] 在下面编号的子句中提供了根据本发明的进一步的实施例:

[0231] 1. 一种测量光刻工艺的参数的方法,所述方法包括如下步骤:

[0232] 获得多个第一测量,所述第一测量包括与多个第一结构有关的结构不对称性的测量,所述多个第一测量包括对应于在至少测量辐射方面不同的不同测量组合的测量;

[0233] 获得多个第二测量,所述第二测量包括与多个目标有关的目标不对称性的测量,所述多个第二测量中的每个第二测量在所述测量组合方面对应于所述多个第一测量中的一个第一测量,所述目标中的每个目标包括所述第一结构中的一个第一结构和重叠在其上的第二结构,所述目标不对称性包括独立于结构不对称性的重叠贡献,和归因于至少所述第一结构中的结构不对称性的结构贡献;

[0234] 针对所述测量组合中的每一个,确定描述所述第一测量与所述第二测量之间的关系的关系函数;

[0235] 从所述关系函数确定校正重叠值,所述校正重叠值针对归因于至少所述第一结构中的结构不对称性的所述结构贡献被校正。

[0236] 2. 根据子句1所述的方法,其中所述测量组合还在至少第一参数的值方面不同。

[0237] 3. 根据子句2所述的方法,其中所述至少一个第一参数与衬底的表面上的位置有关。

[0238] 4. 根据子句2或3所述的方法,其中所述方法包括:

[0239] 确定在对应的关系函数方面使对应的成对的所述第一测量和所述第二测量有关的联立方程;以及

[0240] 求解所述联立方程以获得所述关系函数的解,所述关系函数的每个解对应于特定的测量辐射。

[0241] 5. 根据子句4所述的方法,其中所述联立方程中的每一个方程还在独立于结构不对称性的所述重叠贡献方面使对应的成对的所述第一测量和所述第二测量有关。

[0242] 6. 根据子句5所述的方法,其中求解所述联立方程包括获得独立于结构不对称性的所述重叠贡献的值。

[0243] 7. 根据子句4至6中的任一项所述的方法,其中所述测量组合具有充分的数目,使得联立方程的数目大于所求解的未知数的数目,所述未知数包括所述关系函数的解。

[0244] 8. 根据子句4至7中的任一项所述的方法,其中关系函数是参数的线性函数并且所述联立方程通过矩阵法来求解。

[0245] 9. 根据子句8所述的方法,其中所述矩阵法包括构建所述第二测量的第一矩阵、构建包括所述第一测量的矩阵系数和针对各联立方程求解包括关系函数的未知数的矩阵。

[0246] 10. 根据子句9所述的方法,其中所述未知数的矩阵包括与独立于结构不对称性的

所述重叠贡献有关的参数,与独立于结构不对称性的所述重叠贡献有关的所述参数独立于所述测量辐射且依赖于所述至少第一参数。

[0247] 11. 根据子句9或10所述的方法,其中所述矩阵系数的秩大于所求解的未知数的数目。

[0248] 12. 根据前述子句中的任一项所述的方法,其中针对所述测量组合的每个测量组合获得校正重叠值。

[0249] 13. 根据前述子句中的任一项所述的方法,包括确定优选测量辐射,所述方法进一步包括:

[0250] 针对用来获得所述第一测量和所述第二测量的各测量辐射,确定一组校正重叠值;

[0251] 确定描述独立于结构不对称性的所述重叠贡献的一组独立于测量选配方案的重叠值;

[0252] 确定多个差异度量,各差异度量与所述测量辐射的不同子集有关,所述差异度量描述对于所述一组独立于测量选配方案的重叠值和被包括在所述测量辐射的该子集内的不同成对的校正重叠值组的对应重叠值的、在所述重叠值中的差异。

[0253] 14. 根据子句13所述的方法,其中对应的重叠值包括对应于衬底上的相同位置的重叠值。

[0254] 15. 根据子句13或14所述的方法,其中所述测量辐射的不同子集中的每个子集包括用来获得所述第一测量和所述第二测量的所述测量辐射中的所有测量辐射减去一个测量辐射,使得从所述子集中的每个子集省略不同的测量辐射,并且针对减去一个测量辐射的所述测量辐射的每个组合来确定差异度量。

[0255] 16. 根据子句15所述的方法,其中所述方法包括:将未被包括在所述测量辐射的子集内的、对应的差异度量指示出对应的重叠值之间的最小差异的所述测量辐射标识为最差表现测量辐射。

[0256] 17. 根据子句16所述的方法,其中确定多个差异度量和标识所述最差表现测量辐射的所述步骤迭代地重复进行,每次迭代包括:针对减去已在先前迭代中被标识为所述最差表现测量辐射的所述测量辐射的剩余测量辐射,确定多个差异度量并且标识所述最差表现测量辐射。

[0257] 18. 根据子句17所述的方法,其中所述迭代重复进行直到只剩下两个测量辐射。

[0258] 19. 根据子句17或18所述的方法,其中确定差异阈值,所述差异阈值指示所述差异度量的阈值,所述优选的测量辐射是具有出自所述对应的差异度量满足所述差异阈值的子集的最大数目的测量辐射的测量辐射的子集。

[0259] 20. 根据子句16至19中的任一项所述的方法,其中所述测量辐射根据它们被标识为所述最差表现测量辐射的顺序来排名。

[0260] 21. 根据子句1所述的方法,其中所述关系函数包括常数,并且所述第一测量和所述第二测量各包括利用包括不同成对的测量辐射的测量组合执行的测量;以及

[0261] 所述关系函数描述了利用所述成对的测量辐射中的一个测量辐射执行的所述第一测量、与利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射和所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第二测量的差异之间的关系。

[0262] 22. 根据子句21所述的方法,其中确定至少一个关系函数的所述步骤包括制作利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射执行的所述第一测量的、针对利用所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射和所述成对的测量辐射中的所述第二个测量辐射执行的所述第二测量的差异的三维绘图。

[0263] 23. 根据子句22所述的方法,其中所述三维绘图上的数据点基本上相关以限定出平坦平面,并且其中第一关系函数用所述平面相对于利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射执行的所述第一测量的轴线的斜率来描述,并且第二关系函数用所述平面相对于利用所述成对的测量辐射中的所述第二个测量辐射执行的所述第一测量的轴线的斜率来描述。

[0264] 24. 根据子句21所述的方法,其中确定关系函数的所述步骤包括确定描述了如下两个差异之间的基本上线性关系的关系函数:

[0265] 第一差异,包括利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射执行的所述第一测量与利用所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第一测量的差异;和

[0266] 第二差异,包括利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射和所述成对的测量辐射中的所述第二个测量辐射执行的所述第二测量的差异。

[0267] 25. 根据子句24所述的方法,其中确定至少一个关系函数的所述步骤包括制作所述第一差异的针对所述第二差异的绘图,所述关系函数用拟合到所述绘图的线的斜率来描述。

[0268] 26. 根据子句21至25中的任一项所述的方法,包括确定至少1) 利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射和/或所述第二个测量辐射执行的所述第一测量和2) 利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射和所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第二测量的差异的相关度的步骤。

[0269] 27. 根据子句26所述的方法,包括初始优化以从多个候选目标中确定优选目标,所述初始优化包括:

[0270] 针对多个候选目标的多个样本和多个候选成对的测量辐射,获得包括所述第一测量和所述第二测量的多组测量,各组测量与所述候选目标中的一个候选目标和所述成对的候选测量辐射中的一个候选测量辐射的不同组合有关;

[0271] 针对所述多组测量中的每一组,确定所述相关度;以及

[0272] 基于针对各组测量所确定的相关度,从所述候选目标中的一个候选目标选择优选目标。

[0273] 28. 根据子句27所述的方法,其中选择优选目标的所述步骤包括:基于针对各组测量所确定的相关度选择所述候选目标中的一个候选目标和所述成对候选测量辐射中的一个候选测量辐射的优选组合。

[0274] 29. 根据子句28所述的方法,包括从所述组合的子集中选择如下组合作为所述优选组合:对于该组合,对应的一组测量在利用所述成对的测量辐射中的第一个测量辐射执行的所述第一测量的、针对利用所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述成对的测量辐射中的所述第一个测量辐射和所述成对的测量辐射中的第二个测量辐射执行的所述第二测量的差异的对应的绘图上最佳地限定出平坦平面。

[0275] 30. 根据子句29所述的方法,其中在存在有所述对应的一组测量将所述绘图上的平坦平面限定到可接受程度的多于一个组合的情况下,所述方法进一步包括:

[0276] 针对限定平坦平面的这些组的测量中的每个测量,确定不确定度;和

[0277] 选择所述对应的一组测量具有最小的所确定的不确定度的组合作为所述优选组合。

[0278] 31. 根据子句1至20中的任一项所述的方法,包括初始优化以从多个候选目标中确定优选目标,所述初始优化包括:

[0279] 针对多个候选目标的多个样本和测量辐射的多个候选组合,获得多组第一测量和第二测量,各组测量与所述候选目标中的一个候选目标和候选测量辐射的所述组合中的一个组合的不同组合有关;

[0280] 针对所述多组测量中的每一组,确定所述第一测量与所述第二测量之间的相关度;以及

[0281] 基于针对各组测量所确定的相关度,从所述候选目标中的一个候选目标选择优选目标。

[0282] 32. 根据子句31所述的方法,其中选择优选目标的所述步骤包括:基于针对各组测量所确定的相关度来选择所述候选目标中的一个候选目标与候选测量辐射的所述组合中的一个组合的优选组合。

[0283] 33. 根据前述子句中的任一项所述的方法,其中独立于结构不对称性的所述重叠贡献包括归因于已知强加偏置的贡献和归因于重叠误差的贡献。

[0284] 34. 根据前述子句中的任一项所述的方法,其中不同的测量辐射包括不同的波长和/或偏振。

[0285] 35. 根据前述子句中的任一项所述的方法,包括:

[0286] 测量所述第一结构以获得所述第一测量;以及

[0287] 测量所述目标以获得所述第二测量。

[0288] 36. 根据子句35所述的方法,其中所述第一结构和/或所述目标的所述测量包括:

[0289] 用所述测量辐射照射第一结构或所述目标,并检测由各第一结构或目标散射的测量辐射;以及

[0290] 在所述散射的测量辐射的对应的较高阶中测量强度不对称性。

[0291] 37. 根据子句36所述的方法,其中确定所述目标不对称性的所述重叠贡献的所述步骤包括:假设在强度不对称性与所述目标不对称性的所述重叠贡献之间存在非线性周期性关系,所述非线性周期性关系包括强度偏移项和相位偏移项,各偏移项与至少所述第一结构中的所述结构不对称性有关。

[0292] 38. 根据子句35、36或37所述的方法,其中所述第一结构的所述测量在所述第二结构的形成前执行。

[0293] 39. 根据子句35、36或37所述的方法,其中所述第一结构和所述目标的测量在相邻结构上使用单个测量来执行,所述相邻结构包括第二结构形成前的第一结构和第二结构形成后的目标。

[0294] 40. 根据前述子句中的任一项所述的方法,包括:

[0295] 在衬底上提供所述多个第一结构;以及

[0296] 在衬底上提供所述多个第二结构,其中所述第二结构被重叠到所述第一结构上,由此形成所述多个目标。

[0297] 41.根据任一项前述子句所述的方法,其中至少获得多个第一测量、获得多个第二测量和确定关系函数的所述步骤都在校准例程中执行,以确定用于后续衬底的所述关系函数;以及

[0298] 其中所述方法进一步包括在生产过程期间从生产衬底确定对于所述关系函数的更新值。

[0299] 42.一种从多个候选目标中选择目标的方法,所述方法包括:

[0300] 针对多个候选测量辐射组合和多个候选目标获得多组测量,各候选目标包括重叠有第二结构的第一结构,各组测量与所述候选目标中的一个候选目标和所述候选测量辐射组合中的一个候选测量辐射组合的不同组合有关;对于所述候选目标的多个样本,各组测量包括:

[0301] 多个第一测量,包括分别使用所述候选测量辐射组合中的各测量辐射对所述候选目标的所述第一结构中的结构不对称性的测量;

[0302] 多个第二测量,包括分别使用所述候选测量辐射组合中的各测量辐射对所述候选目标中的目标不对称性的测量;

[0303] 针对各组测量,确定所述第一测量与所述第二测量之间的相关度;

[0304] 基于针对各组测量所确定的相关度,从所述候选目标中的一个候选目标选择优选目标。

[0305] 43.根据子句42所述的方法,其中选择优选目标的所述步骤包括:基于针对各组测量所确定的相关度,来选择所述候选目标中的一个候选目标和所述候选测量辐射组合中的一个候选测量辐射组合的优选组合。

[0306] 44.根据子句43所述的方法,其中所述候选测量辐射组合包括候选测量辐射对,并且所述方法包括从所述组合的子集中选择如下组合作为所述优选组合:对于该组合,对应的一组测量在利用所述候选测量辐射对中的第一个候选测量辐射执行的所述第一测量的、针对利用所述候选测量辐射对中的第二个候选测量辐射执行的所述第一测量、针对利用所述候选测量辐射对中的所述第一个候选测量辐射和所述候选测量辐射对中的第二个候选测量辐射执行的所述第二测量的差异的对应的绘图上最佳地限定出平坦平面。

[0307] 45.根据子句44所述的方法,其中在存在有所述对应的一组测量将所述绘图上的平坦平面最佳地限定到可接受程度的多于一个组合的情况下,所述方法进一步包括:

[0308] 针对限定平坦平面的这些组的测量中的每个测量,确定不确定度;和

[0309] 选择所述对应的一组测量具有最小的所确定的不确定度的组合作为所述优选组合。

[0310] 46.根据子句43至45中的任一项所述的方法,包括:基于哪一个测量辐射导致结构不对称性的最小测量值,选择所述候选目标中的一个候选目标和所述候选测量辐射组合中的一个候选测量辐射组合的所述优选组合的测量辐射组合的测量辐射中的一个测量辐射作为优选测量辐射的步骤。

[0311] 47.根据子句46所述的方法,包括使用所述优选测量辐射在所述优选组合的所述优选目标上执行重叠测量。

[0312] 48. 根据子句43至46中的任一项所述的方法,包括使用所述优选组合的所述测量辐射组合在所述优选组合的所述优选目标上执行重叠测量。

[0313] 49. 一种用于测量光刻工艺的参数量测设备,所述量测设备可操作于执行根据子句1至48中的任一项所述的方法。

[0314] 50. 根据子句49所述的量测设备,包括:

[0315] 支撑件,用于在其上具有多个目标的所述衬底;

[0316] 光学系统,用于测量各目标;以及

[0317] 处理器,被布置成执行确定各目标的所述目标不对称性的所述重叠贡献的所述步骤。

[0318] 51. 一种光刻系统,包括:

[0319] 光刻设备,其包括:

[0320] 照射光学系统,被布置成照射图案;

[0321] 投影光学系统,被布置成将所述图案的图像投影到衬底上;以及

[0322] 根据任一项子句49或50所述的量测设备,

[0323] 其中所述光刻设备被布置成在将所述图案施加到进一步的衬底时使用通过所述量测设备计算出的所确定的重叠贡献。

[0324] 52. 一种计算机程序,包括处理器可读指令,所述处理器可读指令当在合适的处理器控制设备上运行时,引起所述处理器控制设备执行根据子句1至48中的任一项所述的方法。

[0325] 53. 一种计算机程序载体,包括根据子句52所述的计算机程序。

[0326] 本文中所使用的术语“辐射”和“射束”涵盖所有类型的电磁辐射,包括紫外线(UV)辐射(例如,具有或大约365nm、355nm、248nm、193nm、157nm或126nm的波长)和极紫外线(EUV)辐射(例如,具有在5nm-20nm的范围中的波长),以及诸如离子束或电子束等的粒子束。

[0327] 术语“透镜”在背景允许的情况下可以是指各种类型光学部件中的任一个或组合,光学部件包括折射、反射、磁性、电磁和静电光学部件。

[0328] 特定实施例的上述描述将会如此充分地揭示本发明的一般性质,使得其他人可以通过应用本领域技术范围内的知识容易地在无需过多实验的情况下对于各种应用进行修改和/或调适这样的具体实施例以适应,而不会脱离本发明的一般概念。因而,基于本文呈现的教导和指导,这样的调适和修改旨在所公开的实施例的等同物的含义和范围内。需理解的是,本文中的措辞或专门术语是为了通过示例而不是限制进行描述的目的,使得本说明书的专门术语或措辞将由本领域技术人员按照教导和指导来解释。

[0329] 本发明的广度和范围不应受上面描述的示例性实施例中的任一个的限制,而应仅根据以下权利要求及其等同物来限定。

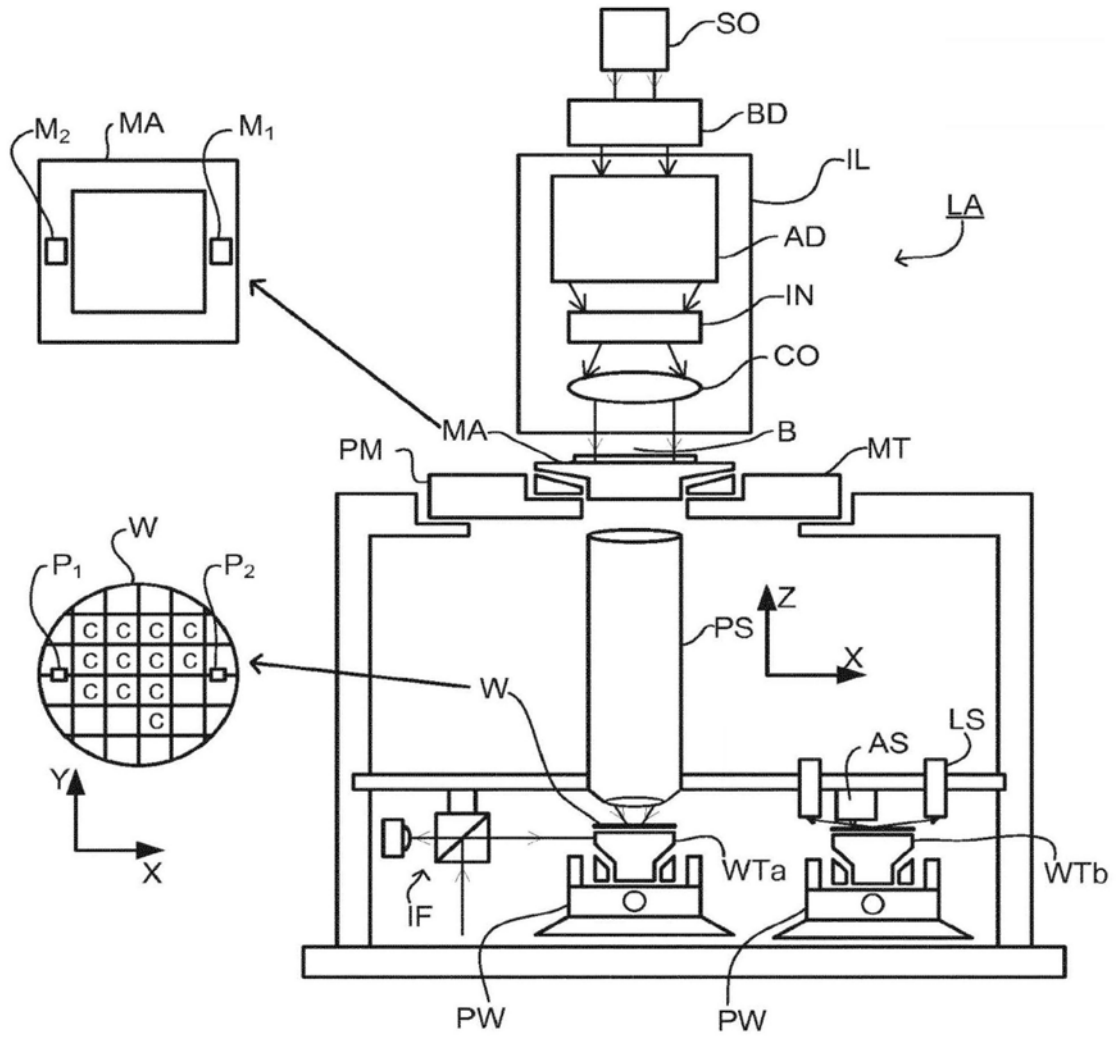


图1

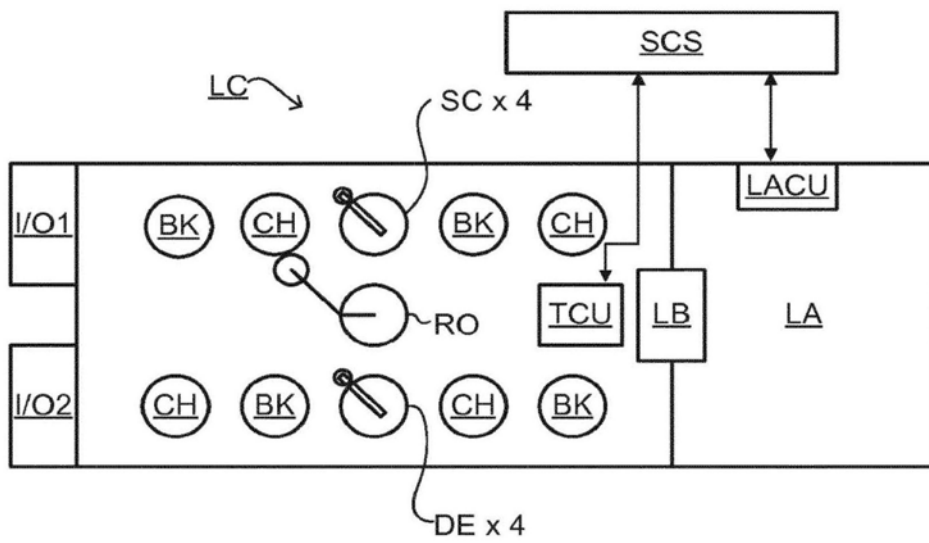


图2

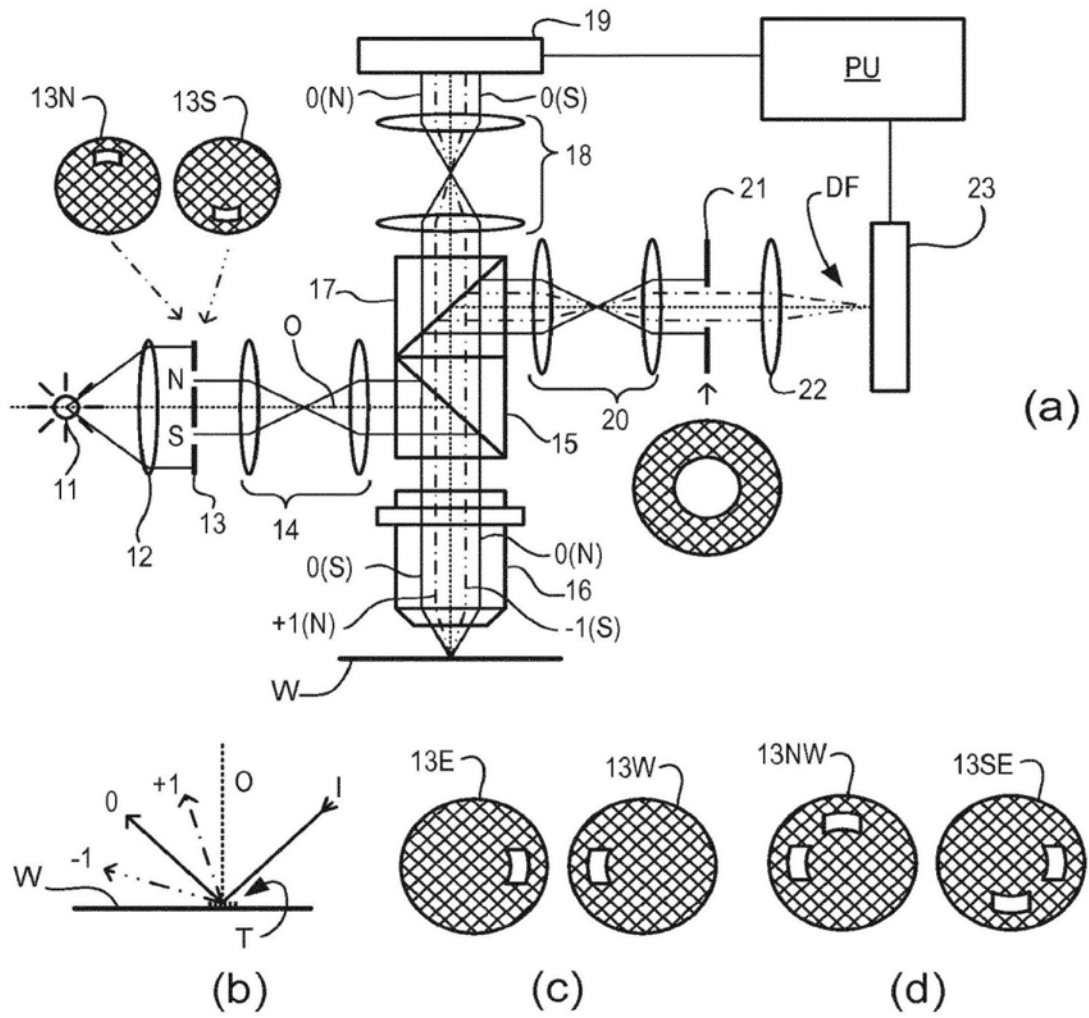


图3

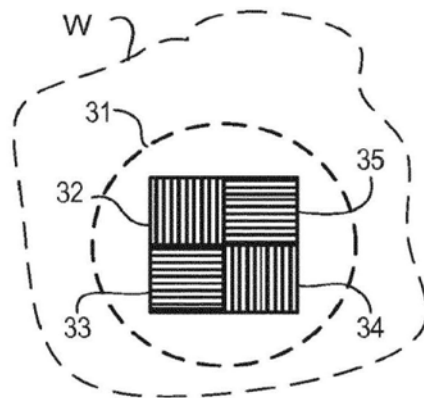


图4

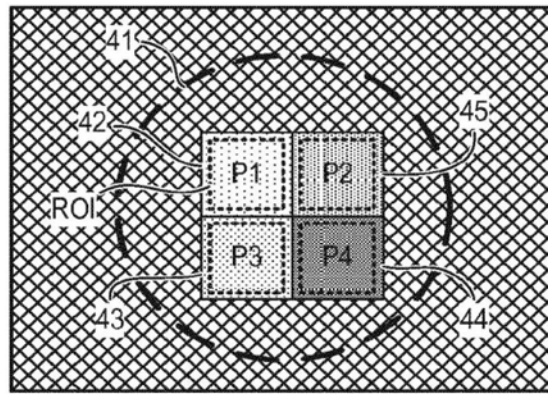


图5

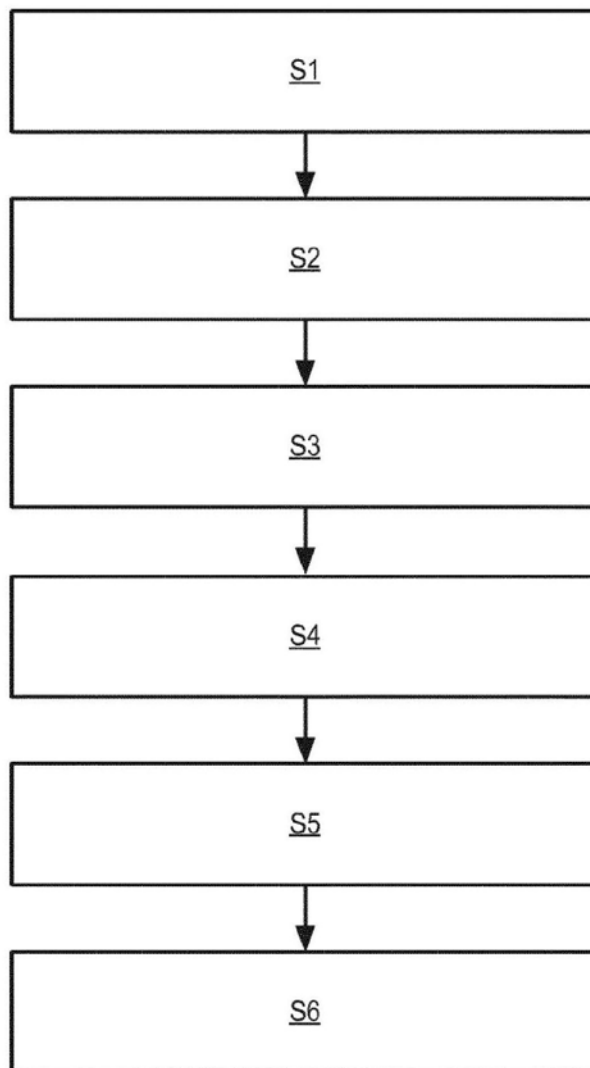


图6

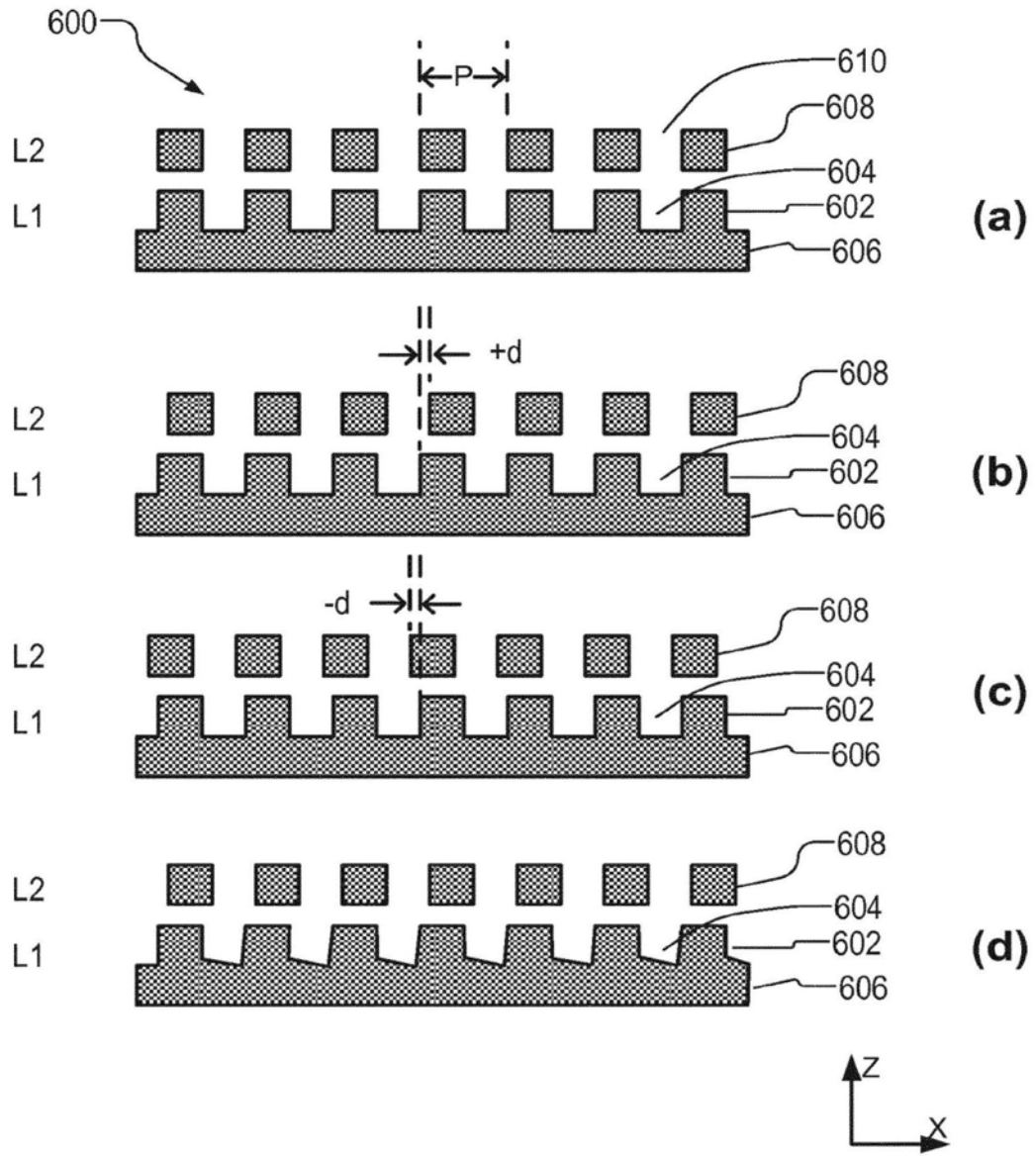


图7

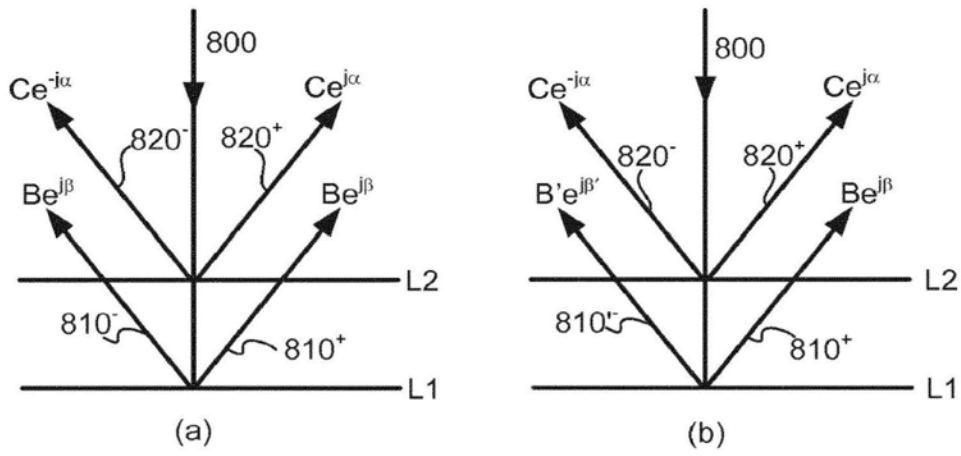


图10

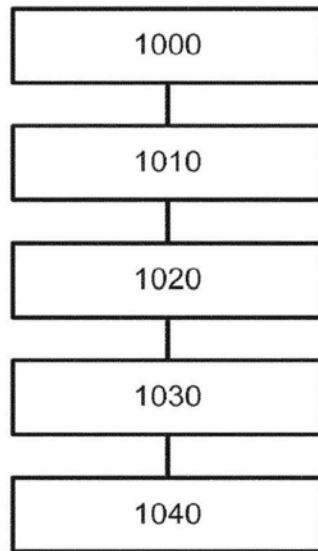


图12

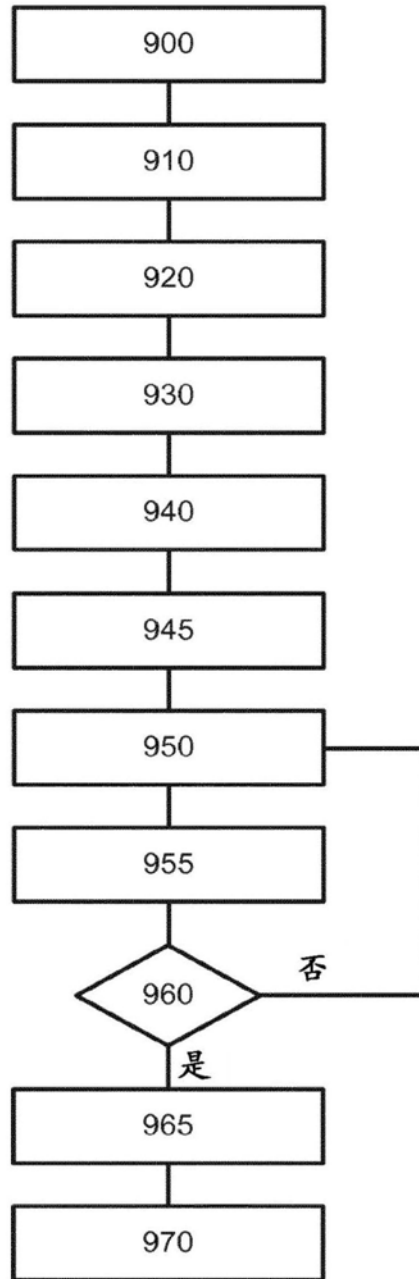


图11

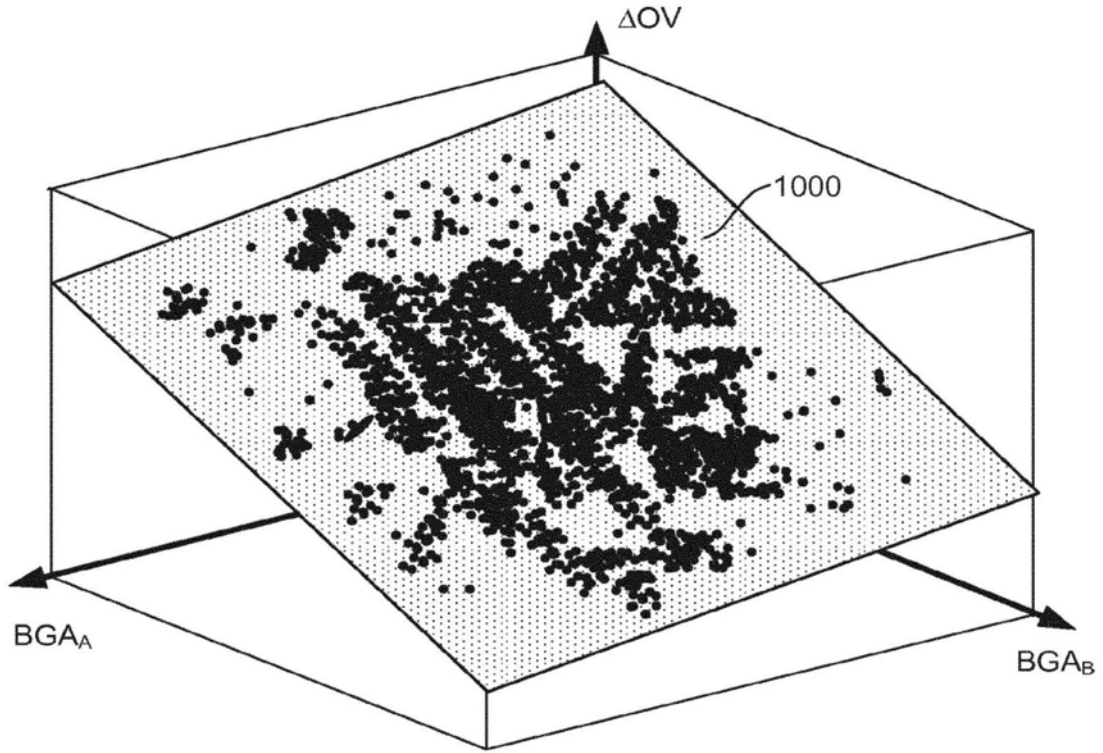


图13

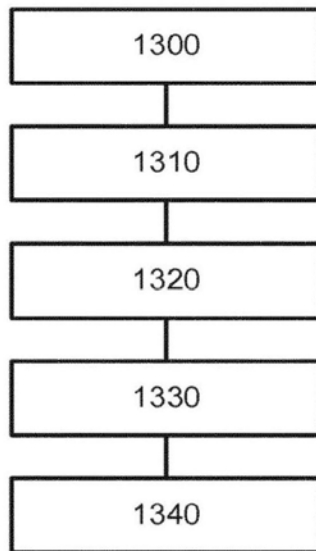


图14