



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114868084 A

(43) 申请公布日 2022. 08. 05

(21) 申请号 202080087952.5

(22) 申请日 2020.12.03

(30) 优先权数据

19216683.3 2019.12.16 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.06.16

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2020/084387 2020.12.03

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2021/122016 EN 2021.06.24

(71) 申请人 ASML荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

申请人 ASML控股股份有限公司

(72) 发明人 P·A·J·廷纳曼斯

I·M·P·阿蒂斯 K·巴塔查里亚

R·布林克霍夫

L·J·卡尔塞迈耶尔

S·C·J·A·凯吉 H·V·考克

S·G·J·马西森

H·J·L·梅根斯 S·U·雷曼

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

专利代理师 张启程

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 9/00 (2006.01)

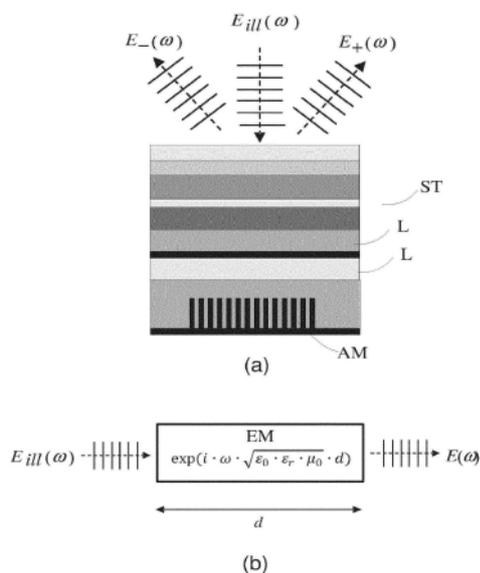
权利要求书4页 说明书14页 附图4页

(54) 发明名称

量测方法和相关联的量测和光刻设备

(57) 摘要

披露了一种涉及测量衬底上的结构的量测方法,所述结构经受一个或更多个不对称偏差。所述方法包括:获得与不对称偏差相关的至少一个强度不对称性值,其中至少一个强度不对称性值包括与由所述结构衍射的辐射的至少两个衍射阶的各自的强度或幅度之间的差异或不平衡性相关的指标;基于所述至少一个强度不对称性值确定与所述一个或更多个不对称偏差相对应的至少一个相位偏移值;以及根据所述一个或更多个相位偏移确定针对所述一个或更多个不对称偏差的一个或更多个测量校正。



1. 一种涉及衬底上的结构的测量的量测方法,所述结构经受一个或更多个不对称偏差,所述方法包括:

获得与不对称偏差相关的至少一个强度不对称性值,其中所述至少一个强度不对称性值包括与由所述结构衍射的辐射的至少两个衍射阶的各自的强度或幅度之间的差异或不平衡性相关的指标;

基于所述至少一个强度不对称性值确定与所述一个或更多个不对称偏差相对应的至少一个相位偏移值;以及

根据所述一个或更多个相位偏移确定针对所述一个或更多个不对称偏差的一个或更多个测量校正。

2. 根据权利要求1所述的量测方法,其中,所述确定包括根据所述至少一个强度不对称性值计算与所述一个或更多个不对称偏差相对应的至少一个相位偏移值。

3. 根据权利要求1或2所述的量测方法,其中,所述至少一个强度不对称性值还与所述结构的对称偏差有关;并且所确定的所述至少一个相位偏移值也对应于所述对称偏差,使得所确定的所述测量校正也针对所述对称偏差进行校正。

4. 根据权利要求1或2所述的量测方法,其中,所述至少两个衍射阶包括至少一对互补衍射阶。

5. 根据权利要求1或2中任一项所述的量测方法,其中,所述量测方法包括针对多个不同照射设置中的每一个照射设置获得与所述结构相关的强度不对称性值。

6. 根据权利要求5所述的量测方法,其中,不同的照射设置能够包括不同的波长、偏振或其组合。

7. 根据权利要求5所述的量测方法,还包括确定针对每个照射设置的相位偏移值。

8. 根据权利要求5所述的量测方法,还包括:

确定与所述不同照射设置中的每个照射设置相关的相位测量结果之间的相位偏移变化数据;以及

在所述计算步骤中使用所述相位偏移变化数据以确定作为针对所有所述照射设置的公共相位偏移值的所述相位偏移值。

9. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述计算步骤包括:

将至少一个散布模型和/或散布关系和/或散布近似拟合到强度不对称性测量结果以获得拟合后的散布模型和/或散布关系和/或散布近似,所述散布模型和/或散布关系和/或散布近似包括所述结构的作为传输函数或其近似的模型;以及

根据拟合后的散布模型和/或散布关系和/或散布近似来确定所述相位偏移值。

10. 根据权利要求5所述的方法,包括:

将散布模型和/或散布关系和/或散布近似拟合到所述相位偏移测量结果以获得拟合后的散布模型和/或散布关系和/或散布近似,所述散布模型和/或散布关系和/或散布近似包括所述结构的作为传输函数或其近似的模型;以及

根据拟合后的散布模型和/或散布关系和/或散布近似来确定强度不对称性测量值。

11. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述拟合步骤包括针对两个互补衍射阶中的每一个衍射阶拟合单独的散布模型。

12. 根据权利要求11所述的方法,其中,假设所述散布模型中的每个散布模型的实偏移

常数的值的差值在零区内。

13. 根据权利要求9所述的方法,其中,对于所述结构,所述散布模型和/或散布关系和/或散布近似对一个或多个光-物质相互作用参数随照射条件的变化进行建模。

14. 根据权利要求13所述的方法,其中,所述一个或多个光-物质相互作用参数包括以下中的一个或多个:折射率、介电常数、电极化率、以及与折射率、介电常数、电极化率相关的任何一个或多个参数。

15. 根据权利要求13所述的方法,包括:

通过测量所述一个或多个光-物质相互作用参数随变化的照射条件的所述变化,并且根据所得到的测量值和相对应的照射条件确定所述至少一个散布模型和/或散布关系和/或散布近似,来确定所述至少一个散布模型和/或散布关系和/或散布近似。

16. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述至少一个散布模型的相对磁导率被假定为或已知为非统一的。

17. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述量测方法包括确定与衬底上的结构的位置有关的位置测量结果的方法,并且所述测量校正包括一个或多个位置校正。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中,所述结构包括对准标记,在所述对准标记上形成有多个层的叠层。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中,所述位置校正至少部分地校正所述对准标记中的不对称性。

20. 根据权利要求1或2所述的方法,包括测量所述结构以获得所述强度不对称性值。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中,使用对准传感器执行测量所述结构的所述步骤;所述方法还包括测量用于使用所述位置校正进行的校正的位置数据。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中,与根据测量所述结构的步骤同时地测量所述强度不对称性值和位置数据。

23. 根据权利要求17所述的方法,包括:

针对多个不同照射条件中的每一个照射条件,至少执行获得强度不对称性值的所述步骤和将所述强度不对称性值计算为相位偏移值的所述步骤;以及

评估相位偏移值和/或位置校正随照射条件的变化。

24. 根据权利要求23所述的方法,其中,所述照射条件至少与测量辐射的波长有关。

25. 根据权利要求23所述的方法,还包括:

基于所述评估,为所述结构的后续位置测量选择一个或多个照射条件。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中,所述评估包括选择一个或多个照射条件,所述评估示出,针对所选择的所述一个或多个照射条件,所述相位偏移值和/或位置校正低于阈值量值和/或所述变化的梯度低于阈值梯度量值。

27. 根据权利要求25所述的方法,其中,所述相位偏移值和/或位置校正随照射条件的所述变化被用于确定对所述变化不敏感或最不敏感的波长组合。

28. 根据权利要求25所述的方法,其中,使用对准传感器执行所述后续位置测量,并且使用不同于所述对准传感器的量测工具获得所述强度不对称性值。

29. 根据权利要求28所述的方法,其中,使用基于散射仪的量测工具获得所述强度不对称性值。

30. 根据权利要求25中任一项所述的方法,包括使用所选择的所述一个或更多个照射条件来执行所述后续位置测量。

31. 根据权利要求30所述的方法,包括在多个不同的照射条件下对所述结构执行测量以获得每个强度不对称性值。

32. 根据权利要求23所述的方法,其中,所述评估步骤包括比较:

如所计算的所述相位偏移值和/或位置校正的随照射条件的变化;和

所测量的相位偏移值和/或位置校正的随照射条件的变化,以便确定监控指标。

33. 根据权利要求32所述的方法,其中,使用对准传感器测量所述强度不对称性值以及所测量的相位偏移值和/或位置校正两者,并且所述监控指标监控用于测量所述强度不对称性值的测量通道与用于测量所述相位偏移值和/或位置校正的测量通道之间的一致性。

34. 根据权利要求32或33所述的方法,其中,所述评估步骤还包括比较:

根据所测量的相位偏移值和/或位置校正值计算出的强度不对称性值的随照射条件的变化;和

所测量的照射不对称性值的随照射条件的变化,以便确定所述监控指标。

35. 根据权利要求32中任一项所述的方法,其中,所述比较包括比较随照射条件的所述变化的形状。

36. 根据权利要求23中任一项所述的方法,其中,所测量的所述强度不对称性值和/或所测量的所述相位偏移值和/或位置校正包括在多个目标上平均的或组合的值。

37. 根据权利要求36所述的方法,包括:使用所测量的所述强度不对称性值和/或所测量的所述相位偏移值和/或位置校正包括在多个目标上平均的或组合的值,以减少散布模型和/或散布关系和/或散布近似模型中的由于测量中所使用的有限的波长范围和波长采样密度所导致的固有的误差。

38. 根据权利要求36所述的方法,包括:确定来自所述多个目标的测量结果中的每一个测量结果的权重以改进所确定的位置的信噪比。

39. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述量测方法包括确定与衬底上的两个层的相对位置相关的重叠的方法,并且所述测量校正包括针对所述结构中的与所述两个层的相对位置无关的不对称性的校正。

40. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述量测方法包括在所述结构的形成期间确定光刻工具的聚焦设置的方法。

41. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述量测方法包括用于确定衬底的平整度的衬底调平方法。

42. 一种包括程序指令的计算机程序,所述程序指令能够操作以当在合适的设备上运行时执行根据权利要求1至41中任一项所述的方法。

43. 一种非暂时性计算机程序载体,包括根据权利要求42所述的计算机程序。

44. 一种处理系统,包括处理器和储存装置,所述储存装置包含根据权利要求43所述的计算机程序。

45. 一种对准传感器,所述对准传感器能够操作以执行根据权利要求1至38中任一项所述的方法。

46. 一种光刻设备,包括:

用于支撑图案形成装置的图案形成装置支撑件；
用于支撑衬底的衬底支撑件；以及
根据权利要求45所述的对准传感器。

47. 一种光刻单元，所述光刻单元能够操作以执行根据权利要求29所述的方法，并且所述光刻单元包括：

量测装置，所述量测装置能够操作以在多种不同照射条件下对所述结构执行所述测量；以及

光刻设备，所述光刻设备包括：图案形成装置支撑件，所述图案形成装置支撑件用于支撑图案形成装置；衬底支撑件，所述衬底支撑件用于支撑衬底；以及对准传感器，所述对准传感器用于在对准过程中测量所述衬底上的结构，所述对准传感器能够操作以执行所述位置测量。

48. 一种量测装置，所述量测装置能够操作以执行根据权利要求41所述的方法。

量测方法和相关联的量测和光刻设备

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年12月16日递交的欧洲申请19216683.3的优先权,所述欧洲申请的全部内容通过引用而被合并入本文中。

技术领域

[0003] 本发明涉及能够在例如由光刻技术进行的器件制造中使用的方法和和设备,并且涉及使用所述光刻技术来制造器件的方法。本发明更具体地涉及量测传感器和具有这样的量测传感器的光刻设备。

背景技术

[0004] 光刻设备是一种将期望的图案施加至衬底(通常是在衬底的目标部分上)上的机器。光刻设备可以被用于例如集成电路(IC)的制造中。在这种情况下,可以将替代地称为掩模或掩模版的图案形成装置用于产生待形成于IC的单层上的电路图案。可以将这种图案转印到衬底(例如,硅晶片)上的目标部分(例如,包括管芯的一部分、一个或若干管芯)上。典型地,经由将图案成像到设置在衬底上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上进行图案的转印。通常,单个衬底将包含被连续图案化的相邻目标部分的网格。这些目标部分通常被称为“场”。

[0005] 在复杂的器件的制造中,典型地执行许多光刻图案化步骤,由此在所述衬底上的连续层中形成功能特征。因此,光刻设备的性能的重要方面是将被施加的图案相对于在先前的层中(通过相同的设备或不同的光刻设备)设置的特征正确地且准确地放置的能力。为此目的,所述衬底具备一组或更多组对准标记。每个标记是这样的结构:其位置可以稍后使用位置传感器(典型地,光学位置传感器)来测量。所述光刻设备包括一个或更多个对准传感器,通过所述对准传感器可以准确地测量衬底上的标记的位置。不同类型的标记和不同类型的对准传感器已知来自不同的制造商和相同的制造商的不同的产品。

[0006] 在其它应用中,量测传感器被用于测量衬底上的经曝光的结构(抗蚀剂中和/或蚀刻之后)。快速且非侵入形式的专用检查工具是这样的散射仪:其中辐射束被引导到所述衬底的表面上的目标上,并且测量散射或反射束的性质。已知散射仪的例子包括US2006033921A1和US2010201963A1中所述类型的角分辨散射仪。除了通过重构进行特征形状的测量以外,也可以使用这种设备测量基于衍射的重叠,如公开的专利申请案US2006066855A1中所描述的。使用衍射阶的暗场成像的基于衍射的重叠量测能够实现对较小目标的重叠测量。可以在国际专利申请W02009/078708和W02009/106279中找到暗场成像量测的示例,这些文献的全部内容由此以引用方式并入。在已公开的专利公开US20110027704A、US20110043791A、US2011102753A1、US20120044470A、US20120123581A、US20130258310A、US20130271740A和W02013178422A1中已经描述了技术的进一步发展。这些目标可以小于照射斑并且可以被晶片上的产品结构包围。使用复合光栅目标可以在一个图像中测量多个光栅。所有这些申请的内容同样通过引用并入本文中。

[0007] 在一些量测应用中,诸如在一些散射仪或校准传感器中,量测目标中的缺陷可能

导致来自该目标的测量值发生依赖于波长/偏振的变化。如此,针对这种变化的校正和/或缓解有时通过使用多个不同的波长和/或偏振(或更一般地,多个不同的照射条件)执行相同的测量来实现。将期望改进使用多个照射条件进行测量的一个或更多个方面。

发明内容

[0008] 本发明在第一方面中提供一种涉及衬底上的结构的测量的量测方法,所述结构经受一个或更多个不对称偏差,所述方法包括:获得与不对称偏差相关的至少一个强度不对称性值,其中至少一个强度不对称性值包括与由所述结构衍射的辐射的至少两个衍射阶的各自的强度或幅度之间的差异或不平衡性相关的指标;基于所述至少一个强度不对称性值确定与所述一个或更多个不对称偏差相对应的至少一个相位偏移值;以及根据所述一个或更多个相位偏移确定针对所述一个或更多个不对称偏差的一个或更多个测量校正。

[0009] 也披露了能够操作以执行所述第一方面的方法的计算机程序、量测设备和光刻设备。

[0010] 将根据下文描述的示例的考虑因素来理解本发明的以上方面和其它方面。

附图说明

[0011] 现在将仅通过举例的方式、参考随附附图来描述本发明的实施例,在附图中:

[0012] 图1描绘了光刻设备;

[0013] 图2示意性地示出图1的设备中的测量和曝光过程;

[0014] 图3是根据本发明的实施例能够调适的对准传感器的示意图;

[0015] 图4从构思上图示了本发明的实施例中所使用的电散布模型,该模型由具有长度“d”的有效介质和依赖于波长的复数电相对介电常数函数 ϵ_r 组成;

[0016] 图5包括根据用于选择重叠测量选配方案的已知技术而确定的摆动曲线;

[0017] 图6包括根据本发明的实施例而确定的对准摆动曲线;以及

[0018] 图7包括(a)位置和(b)强度不对称性相对于所计算的和测量的数据的波长的摆动曲线。

具体实施方式

[0019] 在详细地描述本发明的实施例之前,提出可以实施本发明的实施例的示例环境是有指导意义的。

[0020] 图1示意性地描绘了光刻设备LA。所述光刻设备包括:照射系统(照射器)IL,所述照射系统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,所述图案形成装置支撑件或支撑结构被构造成支撑图案形成装置(例如,掩模)MA,并且与被配置成根据某些参数准确地定位所述图案形成装置的第一定位器PM连接;两个衬底台(例如,晶片台)WTa和WTb,每个衬底台被构造成保持衬底(例如,涂覆有抗蚀剂的晶片)W,并且每个衬底台与被配置成根据某些参数准确地定位所述衬底的第二定位器PW连接;以及投影系统(例如,折射型投影透镜系统)PS,所述投影系统PS被配置成将由图案形成装置MA赋予辐射束B的图案投影到所述衬底W的目标部分C(例如,包括一个或更多个管芯)上。参考框架RF连接各种部件,并且用作设置和测量所述图案形成装置和衬底的位

置、以及所述图案形成装置和衬底上的特征的位置的基准或参照物。

[0021] 所述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、或者它们的任意组合,用于对辐射进行引导、整形或控制。

[0022] 所述图案形成装置MT以依赖于所述图案形成装置的方向、所述光刻设备的设计和诸如所述图案形成装置是否保持在真空环境中之类的其它条件的方式保持所述图案形成装置。所述图案形成装置支撑件可以采用机械的、真空的、静电的、或其它夹持技术来保持所述图案形成装置。所述图案形成装置支撑件MT可以是框架或台,例如,它可以根据需要而是固定的或者可移动的。所述图案形成装置支撑件可以确保所述图案形成装置(例如,相对于所述投影系统)位于期望的位置上。

[0023] 本文中使用的术语“图案形成装置”应被广义地解释为表示可以被用于在辐射束的截面中赋予所述辐射束图案以便在所述衬底的目标部分中产生图案的任何装置。应注意,被赋予至所述辐射束的图案可以与所述衬底的目标部分中的期望的图案精确地对应(例如,如果所述图案包括相移特征或所谓的辅助特征)。通常,被赋予至所述辐射束的图案将与在所述目标部分中产生的器件(诸如集成电路)中的特定功能层相对应。

[0024] 如这里描绘的,所述设备属于透射类型(例如,采用透射型图案形成装置)。替代地,所述设备可以属于反射类型(例如,使用上文提及类型的可编程反射镜阵列,或者使用反射型掩模)。图案形成装置的示例包括掩模、可编程反射镜阵列和可编程LCD(液晶显示器)面板。本文中使用的任何术语“掩模版”或“掩模”可以被认为与更上位的术语“图案形成装置”同义。术语“图案形成装置”还可以被解释为表示以数字形式存储图案信息以用于控制这种可编程图案形成装置的装置。

[0025] 在本文中所使用的术语“投影系统”应被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、电磁型以及静电型光学系统或者它们的任意组合,如对于所使用的曝光辐射或者诸如使用浸没液体或使用真空之类的其它因素所适合的。本文中使用的任何术语“投影透镜”可以被认为与更上位的术语“投影系统”同义。

[0026] 所述光刻设备还可以属于如下类型:其中所述衬底的至少一部分还可以被具有相对高折射率的液体(例如,水)覆盖,以便填充所述投影系统与所述衬底之间的空间。浸没液体也可以被施加至所述光刻设备中的其它空间,例如所述掩模与所述投影系统之间的空间。本领域中众所周知,浸没技术用于增加投影系统的数值孔径。

[0027] 在操作中,所述照射器IL接收来自辐射源S0的辐射束。所述源和所述光刻设备可以是分立的实体,例如当所述源是准分子激光器时。在这样的情况下,所述源并不被认为是构成所述光刻设备的一部分,并且所述辐射束被借助于包括例如适合的定向反射镜和/或扩束器的束传递系统BD而从所述源S0传递至所述照射器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以及需要时设置的所述束传递系统BD一起称为辐射系统。

[0028] 所述照射器IL可以例如包括用于调整所述辐射束的角强度分布的调整器AD、积分器IN和聚光器CO。可以将所述照射器用于调整所述辐射束,以便在其横截面中具有期望的均一性和强度分布。

[0029] 所述辐射束B被入射到保持于所述图案形成装置支撑件MT上的所述图案形成装置

MA上,并且由所述图案形成装置来图案化。在已横穿所述图案形成装置(例如,掩模)MA之后,所述辐射束B穿过所述投影系统PS,所述投影系统PS将所述束聚焦到所述衬底W的目标部分C上。借助于所述第二定位器PW和位置传感器IF(例如,干涉量测装置、线性编码器、2D编码器或电容式传感器),可以精确地移动所述衬底台WTa或WTb,例如以便将不同的目标部分C定位在所述辐射束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器PM和另一位置传感器(图1中未明确示出)用于相对于所述辐射束B的路径准确地定位所述图案形成装置(例如,掩模)MA。

[0030] 可以通过使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2来对准图案形成装置(例如,掩模)MA和衬底W。虽然图示的衬底对准标记占据了专用目标部分,但是它们可以位于多个目标部分之间的空间(这些被称为划线对准标记)中。类似地,在将多于一个的管芯被设置在所述图案形成装置(例如,掩模)MA上的情形下,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,期望所述标识尽可能小且不需要任何与相邻的特征不同的成像或过程条件。下文中进一步描述检测所述对准标识的对准系统。

[0031] 所描绘的设备可以以各种模式来使用。在扫描模式中,在将被赋予至所述辐射束的图案投影至目标部分C上的同时同步地扫描所述图案形成装置支撑件(例如,掩模台)MT和所述衬底台WT(即,单次动态曝光)。可以通过所述投影系统PS的放大率(缩小率)和图像反转特性来确定所述衬底台WT相对于所述图案形成装置支撑件(例如,掩模台)MT的速度和方向。在扫描模式中,所述曝光场的最大大小限制了单次动态曝光中所述目标部分的宽度(沿非扫描方向),而所述扫描运动的长度决定了所述目标部分C的高度(沿扫描方向)。如本领域中公知的,其它类型的光刻设备和操作模式是可能的。例如,步进模式是已知的。在所谓“无掩模”光刻术中,使可编程图案形成装置保持固定,但具有改变的图案,并且移动或扫描所述衬底台WT。

[0032] 也可以采用上文描述的使用模式的组合和/或变形例,或完全不同的使用模式。

[0033] 光刻设备LA属于所谓的双平台类型,其具有两个衬底台WTa、WTb、两个站——曝光站EXP、测量站MEA——衬底台可以在这两个站之间进行交换。当一个衬底台上的一个衬底在所述曝光站处被进行曝光时,另一衬底可以被加载到所述测量站处的另一衬底台上,并且执行各种预备步骤。这能够实现所述设备的生产量显著增加。所述预备步骤可以包括使用水平传感器LS对所述衬底的表面高度廓进行映射或绘图和使用对准传感器AS测量所述衬底上的对准标识的位置。如果所述位置传感器IF不能够在所述衬底台处于所述测量站以及处于所述曝光站的同时测量所述衬底台的位置,则可以提供第二位置传感器以使得能够在两个站处追踪所述衬底台相对于参考框架RF的位置。代替示出的双平台布置,其它布置是已知的且可用的。例如,在其中设置有衬底台和测量台的其它光刻设备是已知的。这些衬底台和测量台在执行预备测量时对接在一起,并且接着在衬底台经历曝光时不对接。

[0034] 图2图示出将目标部分(例如,管芯)曝光到图1的双平台设备中的衬底W上的步骤。在虚线框内的左手侧的步骤是在测量站MEA处执行的,而右手侧示出所述曝光站EXP处执行的步骤。经常,所述衬底台WTa、WTb中的一个衬底台将位于所述曝光站处,而另一衬底台位于所述测量站处,如上文描述的。出于此描述的目的,假定衬底W已经被加载至所述曝光站中。在步骤200处,通过未示出的机构将新衬底W' 加载至所述设备。并行地处理这两个衬底

以增加所述光刻设备的生产量。

[0035] 首先参考新加载的衬底W'，这个衬底可以是先前未处理的衬底，是用新光致抗蚀剂制备以用于在所述设备中的第一次曝光使用。然而，通常，所描述的光刻过程将仅仅是一系列曝光和处理步骤中的一个步骤，使得衬底W'已经穿过这个设备和/或其它光刻设备若干次，并且也可以经历后续过程。特别地，针对改善重叠性能的问题，任务将是确保新图案被正确地施加于已经经受图案化和处理的一个或更多个周期的衬底上的正确位置中。这些处理步骤逐渐在所述衬底中引入变形，这些变形必须被测量和校正，以实现令人满意的重叠性能。

[0036] 可以在其它光刻设备中执行先前和/或后续的图案化步骤(如刚刚提到的)，并且甚至可以在不同类型的光刻设备中执行先前和/或后续图案化步骤。例如，在器件制造过程中，在诸如分辨率和重叠之类的参数上要求非常高的一些层相比于其它要求较不高的层可以在更先进的光刻工具中执行。因此，一些层可以在浸没式光刻工具中曝光，而其它层在“干式”工具中曝光。一些层可以在DUV波长下工作的工具中曝光，而其它层使用EUV波长辐射曝光。

[0037] 在202处，将使用所述衬底标记P1等和图像传感器(未示出)的对准测量用于测量和记录所述衬底相对于衬底台WTa/WTb的对准。此外，将使用对准传感器AS来测量跨越整个所述衬底W'的若干对准标记。在一个实施例中这些测量结果被用于建立“晶片栅格”，所述晶片栅格非常准确地映射标记跨越整个所述衬底的分布，包括相对于名义矩形栅格的任何变形。

[0038] 在步骤204处，也使用所述水平传感器LS来测量相对于X-Y位置的晶片高度(Z)的图。常规地，高度映射仅用于实现被曝光的图案的准确聚焦。可以出于其它目来使用高度图或高度映射。

[0039] 当加载衬底W'时，接收选配方案数据206，所述选配方案数据限定待执行的曝光，并且也限定所述晶片、先前制作于晶片上的以及待制作于晶片上的图案的性质。将在202、204处进行的晶片位置、晶片栅格和高度映射的测量结果被添加至这些选配方案数据，使得可以将完整的一组选配方案和测量数据208传递至所述曝光站EXP。对准数据的测量结果例如包括以与所述产品图案(其是所述光刻过程的产品)呈固定的或名义上固定的关系而形成的对准目标的X位置和Y位置。在曝光之前刚刚获得的这些对准数据用于产生对准模型，所述对准模型具有将所述模型与数据进行拟合的参数。这些参数和对准模型将在曝光操作期间被使用，以校正在当前光刻步骤中所施加的图案的位置。所使用的模型在所测量的位置之间对位置偏差进行内插。常规的对准模型可以包括四个、五个或六个参数，这些参数一起以不同维度来限定“理想”栅格的平移、转动和按比例缩放。已知使用更多参数的高级模型。

[0040] 在210处，调换晶片W'和W，使得所测量的衬底W'变成进入所述曝光站EX的所述衬底W。在图1的示例设备中，通过交换所述设备内的所述支撑件WTa和WTb来执行这种调换，使得所述衬底W、W'保持准确地被夹持且定位于那些支撑件上，以保持所述衬底台与衬底自身之间的相对对准。因此，一旦已调换所述台，确定投影系统PS与衬底台WTb(以前为WTa)之间的相对位置对于控制曝光步骤时利用所述衬底W(以前为W')的测量信息202、204是必要的。在步骤212处，使用所述掩模对准标记M1、M2来执行掩模版对准。在步骤214、216、218中，将

扫描运动和辐射脉冲施加于跨越整个所述衬底W的连续目标部位处,以便完成多个图案的曝光。

[0041] 通过在所述曝光步骤的执行时使用所述测量站处所获得的对准数据和高度映射,这些图案相对于期望的部位被准确地对准,并且具体地,相对于先前放置于同一衬底上的特征准确地对准。在步骤220处,从所述设备卸载的现在被标注为W”的被曝光的衬底根据所曝光的图案而经历蚀刻或其它过程。

[0042] 技术人员将认识到,上文的描述是在真实制造情形的一个示例中涉及的许多非常详细的步骤的简化概述。例如,不是在单个行程或中测量对准,经常将存在使用相同或不同的标记进行的粗略测量和精细测量的多个分立的阶段。可以在所述高度测量之前或之后、或与所述高度测量交错地执行粗略对准测量步骤和/或精细对准测量步骤。

[0043] 在复杂的器件的制造中,典型地执行许多光刻图案化步骤,由此在所述衬底上的连续层中形成功能特征。因此,所述光刻设备的性能的重要方面是将所施加的图案相对于(由相同的设备或不同的光刻设备)设置在先前的层中的特征正确地且准确地放置的能力。为此目的,所述衬底具有一组或更多组标记。每个标记是这样的结构:其位置可以稍后利用位置传感器(典型地,光学位置传感器)来测量。所述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”。

[0044] 光刻设备可以包括一个或更多个(例如,多个)对准传感器,可以通过所述对准传感器来准确地测量被设置在衬底上的对准标记的位置。对准传感器(或位置传感器)可以使用光学现象(诸如衍射和干涉)来获得来自被形成在所述衬底上的对准标记的位置信息。在当前光刻设备中使用的对准传感器的示例基于如在US6961116中所描述的自参考干涉仪。已经开发了所述位置传感器的各种改进和修改,例如如在US2015261097A1中所披露的。所有这些公开的内容通过引用而被合并入本文。

[0045] 标记或对准标记可以包括一系列栅条,所述栅条被形成于设置在所述衬底上的层上或所述层中,或被(直接地)形成在所述衬底中。这些栅条被规律地间隔开并且充当光栅线,使得所述标记可以被视为具有众所周知的空间周期(节距)的衍射光栅。依赖于这些光栅线的取向,标记可以被设计用于允许沿x轴或沿y轴(y轴大致垂直于x轴而取向)的位置的测量。包括相对于x轴和y轴两者呈+45度和/或-45度而布置的的栅条的标记,允许实现使用如在US2009/195768A(其通过引用而被并入)中所描述的技术进行的组合式x测量和y测量。

[0046] 所述对准传感器利用辐射斑以光学方式扫描每个标记以获得周期性变化的信号,诸如正弦波。这种信号的相位被分析以确定所述标记的位置,并且因此确定所述衬底相对于所述对准传感器的位置,其进而相对于光刻设备的参考框架被固定。可以设置涉及不同的(粗略的和精细的)标记尺寸的所谓的粗略标记和精细标记,使得所述对准传感器可以区分周期性信号的不同周期,而且可以区分在一周期内的确切位置(相位)。也可以出于此目的而使用不同节距的标记。

[0047] 测量所述标记的位置也可以提供关于所述衬底的变形的信息,所述标记例如以晶片栅格的形式被设置在所述衬底上。通过例如将所述衬底静电夹持至所述衬底台和/或当所述衬底暴露于辐射时加热所述衬底,可能发生所述衬底的变形。

[0048] 图3是已知的对准传感器AS的实施例的示意性框图。辐射源RSO提供具有一个或更多个波长的束RB,所述束RB被转向光学器件转向到一标记(诸如位于衬底W上的标记AM)上,

作为照射斑SP。在这个示例中,所述转向光学器件包括斑反射镜SM和物镜OL。所述照射斑SP(所述标记AM被所述照射斑SP照射)的直径可以稍微小于所述标记自身的宽度。

[0049] 由所述标记AM衍射的辐射(在这个示例中,经由所述物镜OL)被准直到承载信息的束IB中。术语“衍射”旨在包括互补的较高衍射阶;例如:+1和-1衍射阶(被标记为+1、-1)以及可选地来自所述标记的零阶衍射(其可以被称为反射)。自参考干涉仪SRI(例如,属于上文提到的US6961116中披露的类型)使所述束IB与自身干涉,此后所述束被光电探测器PD接收。在由所述辐射源RSO产生了多于一个波长的情况下,可以包括额外的光学器件(未示出)以提供多个分立的即单独的束。所述光电探测器可以是单个元件,或其可以包括多个像素(如果期望的话)。所述光电探测器可以包括传感器阵列。

[0050] 所述转向光学器件(其在这个示例中包括所述斑反射镜SM)也可以用于阻挡从所述标记反射的零阶辐射,使得所述承载信息的束IB仅包括来自所述标记AM的较高阶衍射辐射(这对测量来说不是必要的,但是改善信噪比)。

[0051] SRI强度信号SSI被供给至处理单元PU。通过所述自参考干涉仪SRI中的光学处理和所述单元PU中的计算处理的组合,输出了在所述衬底上的相对于参考框架的X位置和Y位置的值。

[0052] 属于图示的类型的单次测量仅将所述标记的位置固定在与所述标记的一个节距相对应的某一范围内。较粗略的测量技术可以与此结合使用,以识别正弦波的哪个周期是包含所标记的位置的周期。为了增加准确度即精度和/或为了稳健地即鲁棒地检测所述标记,而不管制成所述标记的材料、以及所述标记被设置在哪些材料上或下方,则可以在不同波长以较粗略水平和/或较精细水平重复同一过程。下文披露了在执行和处理这种多波长测量中的改进。

[0053] 在晶片对准的情境中,下列方法正在使用或已被提议用于校正标记不对称的标记位置(所述对准标记中的不对称性导致位置误差或偏移):OCW(最佳颜色加权-在通过引用而被合并入本文的美国专利公布US2019/0094721A1中被更详细地描述),OCIW(最佳颜色和强度加权-在PCT公布WO 2017032534 A2中被更详细地描述)和WAMM(晶片对准模型映射-在PCT公开WO 2019001871 A1和WO 2017060054 A1中被更详细地描述)。在这些情况中每种情况下,都需要或期望对于参考数据的训练。这意味着,仅在充足的训练数据可用的情况下,并且在所述训练数据中的过程变化代表晶片中的需要被校正的变化的情况下,才能够准确地执行这些校正。可以由参考传感器测量这种参考数据,例如后视重叠数据或回顾重叠数据。

[0054] 为了解决这一问题,提出使用散布模型和/或散布方程和/或散布近似,诸如Forouhi-Bloomer散布方程/近似、一个或更多个Kramers-Kronig散布关系和/或一个或更多个Plemelj散布关系,以用于在针对标记不对称性的位置校正中转换所测量的强度不对称信息(典型地是针对有限数量的波长而测量的)。更具体地,所述方法可以包括以数学方式将强度不对称性值计算为与标记不对称性相对应的相位偏移值(例如,使用物理原理,根据强度不对称性来计算相位偏移)。这可以在具有用以测量正衍射阶和负衍射阶的强度的功能的对准传感器上被实施(但替代地也可以在重叠传感器、聚焦传感器、和/或调平传感器上被实施)。如此,本情境中的强度测量结果与衍射阶+1、-1有关(而不是图3中的SRI强度信号SSI)。这种基于散布模型和/或散布方程和/或散布近似的方法产生了基于物理第一原

理的方法,其优点在于它避免了(或至少部分地避免了)针对由不同于所述对准传感器本身的传感器所获得的参考数据进行训练的需要。

[0055] 对准标记中的不对称性会导致相位偏移,这是对由所述对准传感器所测量的相位数据中被编码的位置信息的补充。强度不对称性仅由标记不对称性产生。因此,本文中所提出的方法可以使用每个衍射阶(例如,+1和-1衍射阶)的散布模型来描述所测量的强度不对称性(或相关参数,诸如幅度不对称性),但替代地也可以组合衍射阶对,例如,求和或相减。通过将所述散布模型拟合到所测量的强度数据(例如,对于许多照射条件,诸如波长/偏振或其组合),则可以确定对于与强度/幅度不对称性等效的相位偏移的估计(每个波长、或所有波长共用)。这种相位偏移可以用于确定相对应的位置偏移或校正。可以并行地或顺序地执行不同照射条件下的强度不对称性的测量。

[0056] 注意,任何对于确定相位偏移值或相位偏移的提及都可以被理解为确定位置校正,因为这些术语是同义的。

[0057] 在通过引用而被合并入本文的美国专利公布US2019/0107781的另一情境中已描述了适于调适用于本申请的散布模型。这描述了使用高光谱照射辐射(例如,当利用100个或更多不同的照射波长和偏振组合进行测量时)和通用(例如,基于第一物理原理的)散布模型来减少自由度的总数,以便将等效的“相位恢复损失/成本函数”正则化。提出使用这种散布模型来确定针对对准标记不对称性的位置校正。虽然利用对准传感器不太可能有如此大数目的照射组合(典型地为10到12个波长),但用于估计/计算所述位置校正所需的种类的量小于用于全相位恢复所需的量。这是因为可以由被良好校准的晶片对准传感器来测量(例如)波长到波长的位置变化,并且因此(针对此示例)仅需要估计/计算(波长公共)位置偏移。

[0058] 确定通用散布模型可以包括:使用来自每个波长和偏振组合的测量数据,针对每个目标,对折射率(或类似参数)相对于波长/偏振(或材料中的传播方向)的变化进行建模。然后,所述模型可以包括作为所述目标的传输函数的模型。

[0059] 图4从构思上图示了这种提案。图4(a)示出了一种示例叠层ST,其包括许多个层L,每个层都具有各种的特性,诸如折射率和厚度,以及这些层L下方的对准标记AM。使用由(依赖于频率 ω 的)电场 $E_{\text{inl}}(\omega)$ 所描述的对准照射来测量所述叠层,并且分别由电场 $E_{-}(\omega)$ 、 $E_{+}(\omega)$ 来描述所捕获的衍射阶。这些场变量(典型地)是复值变量,包括电(标量)场的幅度和相位信息两者。对于可选的(全)矢量电场处理,则可以依次单独地处理每个(正交的)电场分量。此外,这些单独的问题可以选择性地被耦合,以便利用共性或共同点(例如,公共散布模型参数)。

[0060] 在图4(b)中,依据 $\exp(i \cdot \omega \cdot \sqrt{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \mu_0 \cdot d})$,晶片叠层和光栅被(厚度为d的)有效介质EM替换,其中 ω 是角频率, ϵ_0 是介电常数, μ_0 是磁导率常数,并且 ϵ_r 是由所述散布模型所描述的复有效介电常数散布函数,其中虚部描述了在所述有效介质中的吸收。

[0061] 如已在US2019/0107781中描述的,介电常数函数 $\epsilon_r(\omega)$ 可以采用以下形式:

$$[0062] \quad \epsilon_r(\omega) = 1 + x(\omega) \quad (1)$$

$$[0063] \quad \chi(\omega) = c_{re} - i \cdot \sum_{m=0}^M \frac{a_m}{i \cdot \omega - b_m} - \frac{a_m^*}{i \cdot \omega - b_m^*} \quad (2)$$

$$[0064] \quad b_m = -\zeta_m \cdot \omega_m + \omega_m \cdot \sqrt{\zeta_m^2 - 1} \quad (3)$$

[0065] 其中 c_{re} 是实偏移常数, a_m 是偶极子复幅度, ω_m 是偶极子自然特征频率, ζ_m 是偶极子采样常数($0 < \zeta_m < 1$), $\frac{1}{\zeta_m \cdot \omega_m}$ 是偶极子时间常数,且 i 是虚数单位($= \sqrt{-1}$)。请注意,所有极点都作为(共轭的)极对(偶极子)出现,其中 M 表示极对的总数。

[0066] 如可在图4中所见:

$$[0067] \quad E(\omega) = \exp(i \cdot \omega \cdot \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \mu_0} \cdot d) \cdot E_{ill}(\omega) \quad (4)$$

[0068] 且因此:

$$[0069] \quad |E(\omega)| = \exp(-\omega \cdot \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot \text{Im}(\sqrt{\varepsilon_r}) \cdot d) \cdot |E_{ill}(\omega)| \quad (5)$$

$$[0070] \quad \frac{|E(\omega)|}{|E_{ill}(\omega)|} = \exp(-\omega \cdot \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot \text{Im}(\sqrt{\varepsilon_r}) \cdot d) \quad (6)$$

$$[0071] \quad \ln\left(\frac{|E(\omega)|}{|E_{ill}(\omega)|}\right) = -\omega \cdot \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot \text{Im}(\sqrt{\varepsilon_r}) \cdot d \quad (7)$$

[0072] 存在两种有效介质,它们具有各种的复有效介电常数散布函数 ε_{r+} 、 ε_{r-} 和两种有效介质长度 d_+ 、 d_- (其中包括了这些方程式中被省略的光速);一个用于正衍射阶 $E_+(\omega)$,并且一个用于负衍射阶 $E_-(\omega)$ 。如此,+和-下标将在整个下文中用于任何依赖于衍射阶的参数:

$$[0073] \quad \ln\left(\frac{|E_+(\omega)|}{|E_{ill}(\omega)|}\right) - \ln\left(\frac{|E_-(\omega)|}{|E_{ill}(\omega)|}\right) \\ = -\omega \cdot \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot (\text{Im}(\sqrt{\varepsilon_{r+}}) \cdot d_+ - \text{Im}(\sqrt{\varepsilon_{r-}}) \cdot d_-) \quad (8)$$

$$[0074] \quad \ln|E_+(\omega)| - \ln|E_-(\omega)| = -\omega \cdot \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot (\text{Im}(\sqrt{\varepsilon_{r+}}) \cdot d_+ - \text{Im}(\sqrt{\varepsilon_{r-}}) \cdot d_-) \quad (9)$$

$$[0075] \quad \begin{cases} \ln(G) = \ln(|G|) + i \cdot \arg(G) \text{ 其中 } G \in \mathbb{C} \\ \ln|E_+(\omega)| - \ln|E_-(\omega)| = -\omega \cdot \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot (\text{Im}(\sqrt{\varepsilon_{r+}}) \cdot d_+ - \text{Im}(\sqrt{\varepsilon_{r-}}) \cdot d_-) \end{cases} \quad (10)$$

[0076] 因此:

$$[0077] \quad \arg(E_+(\omega)) - \arg(E_-(\omega)) = -\omega \cdot \sqrt{\varepsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot (\text{Re}(\sqrt{\varepsilon_{r+}}) \cdot d_+ - \text{Re}(\sqrt{\varepsilon_{r-}}) \cdot d_-) \quad (11)$$

$$[0078] \quad \varepsilon_{r+}(\omega) = 1 + c_{re+} - i \cdot \sum_{m=1}^M \frac{a_{m+}}{i \cdot \omega - b_{m+}} - \frac{a_{m+}^*}{i \cdot \omega - b_{m+}^*} \quad (12a)$$

$$[0079] \quad \varepsilon_{r-}(\omega) = 1 + c_{re-} - i \cdot \sum_{m=1}^M \frac{a_{m-}}{i \cdot \omega - b_{m-}} - \frac{a_{m-}^*}{i \cdot \omega - b_{m-}^*} \quad (12b)$$

[0080] 其中方程式12a和12b中的模型复杂性已被正则化/截断为有限的“ M ”,使得估计/计算能够以有限数目个照射波长来工作。

[0081] 因此,本文中所披露的方法可以包括以下步骤:

[0082] 1) 从所述目标的一个或更多个测量结果(例如,针对多个波长)获得强度不对称性数据。

[0083] 2) 根据方程式(9),将所述散布模型和/或散布方程和/或散布近似(例如,方程式12a和12b的散布模型)拟合到所测量的强度不对称性。从方程式9中可以看出,强度不对称性可以首先通过求根运算转换为幅度不对称性(例如,电场 $E_+(\omega)$ 、 $E_-(\omega)$ 的幅度差)。

[0084] 3) 使用拟合后的散布模型计算强度不对称性的等效相位偏移 $\Delta\varphi(\omega)$,并且因此计算位置校正 $\Delta x(\omega)$:

$$[0085] \quad \Delta x(\omega) = \frac{P}{4\pi n} \cdot \Delta\varphi(\omega) \quad (13)$$

[0086] 其中: $\Delta\varphi(\omega) = \arg(E_+(\omega)) - \arg(E_-(\omega))$

$$[0087] \quad = -\omega \cdot \sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0} \cdot (\text{Im}(\sqrt{\epsilon_{r+}}) \cdot d_+ - \text{Im}(\sqrt{\epsilon_{r-}}) \cdot d_-)$$

[0088] 其中P是标记节距, $n \in \{1, 2, 3, \dots\}$ 是衍射阶, c_{re} 是实偏移常数, a_m 是偶极子复幅度, ω_m 是偶极子自然特征频率, ζ_m 是偶极子阻尼常数($0 < \zeta_m < 1$),且 b_m 如方程式(3)所限定的。应注意(当使用方程式12a和12b的散布模型时)所有极点都作为(共轭的)极对(偶极子)出现,其中M表示极对的总数。应注意,分别针对正的和负的衍射阶的两个散布模型 $\epsilon_{r+}(\omega)$ 以及 $\epsilon_{r-}(\omega)$ 之一可以被保持恒定和/或设置为零。

[0089] 应注意,实偏移常数 c_{re+} 、 c_{re-} 是模型中不可观测的参数。然而,众所周知,当对于所有波长,(衍射阶)幅度不对称性为零时,位置校正将为零。因此参数 c_{re+} 、 c_{re-} 将是相等的。它们的共同/相等值(随时间是恒定的)典型地大于零,并且该值可能被最佳地“拟合”到从对于所有可用波长的测量所获得的测量数据。

[0090] 如上文所概述的方法可以被应用于一种特定的检测到的(所分析的)偏振状态。因此,作为示例,它可以被应用于所述对准传感器的线性X和/或线性Y偏振分辨检测通道。请注意,虽然检测到的电场的两个正交偏振分量在这里被独立地处理,但运用它们之间的关系也可能有益处。例如,这可以通过基于已知的物理基础和/或实验(其中学习或知道散布模型的未知参数被耦合)对散布模型的未知参数进行耦合来完成。例如,未知的相关参数可以被耦合到公共散布模型参数中。

[0091] 上文描述的所提出的方法的优点在于,不需要(或较少地需要)对参考传感器进行训练,并且可以避免“传递函数”中的零的问题。关于后一点,可以参考(例如)通过引用而被合并入本文的文章即John Bechhoefer于2011年6月30日发表于American Journal of Physics 79,1053上的“Kramers-Kronig,Bode,and the meaning of zero”的第III段。

[0092] 虽然在对准/位置量测方面披露了上文描述的方法,但上文描述的方法也可以用于其它量测应用。例如,本文中的构思可能适用于重叠量测;例如,用以针对其它(非重叠的或偏置的)目标不对称性(例如,底部光栅不对称性)来校正所得到的测量重叠。

[0093] 在基于散射仪的量测(例如,用于测量重叠)中已知使用所谓的摆动曲线来确定测量选配方案(特别是特定的照射条件,诸如波长/偏振组合)。所述摆动曲线是使用典型的散射测量技术的情况下重叠灵敏度K对于波长 λ (或更一般地,照射条件)的依赖性。所述摆动

曲线示出,对于一些波长,测量对重叠不敏感,并且灵敏度很大程度上依赖于照射条件和叠层。例如,在由此通过引用而被合并入本文的Kaustuve Bhattacharyya等人的发表于Metrology, Inspection, and Process Control for Microlithography XXX, 97781I的“A study of swing-curve physics in diffraction-based overlay”中描述了这种方法。

[0094] 图5是示例性摆动曲线,包括重叠灵敏度K相对于波长 λ 的曲线图,该曲线图图示此问题。如可以看到的,存在多个交叉点CP。这些交叉点CP对应于重叠灵敏度K(更具体地基于强度的重叠灵敏度)为零的情况下的波长,并且因此基于衍射的重叠方法对使用这些波长的重叠不敏感。因为所述摆动曲线针对不同的叠层而变化,从而仅确保用于测量的照射辐射避开这些波长并非易事。

[0095] 在晶片对准中,正在用越来越多的波长/偏振组合以及照此类似的框架(用于确定应使用哪些照射选配方案才是期望的)来开发对准传感器。利用所述对准传感器直接测量大量晶片是不可行的,因为这耗费很多时间,这对于扫描器特别有价值(与单独的量测装置相反)。如此,提出基于针对单独的量测装置(例如,典型地用于重叠监控的散射仪)而执行的测量来选择用于对准传感器的照射条件/选配方案。这种方法需要将所述量测装置所测量的信号转换为对准误差或对准位置偏差(APD)。这种方法将在基于散射仪的量测装置中所测量的强度值或类似项关联至在对准中所测量的相位;然后,多波长(MWL)强度测量结果可以关联至预期的对准位置偏移,并且意味着通过查看作为波长的函数的APD中的梯度来选择稳定的照射条件/颜色。

[0096] 在(通过引用而被合并入本文的)的Lucas等人发表于AIP Advances 2, 032144 (2012)的最近的一篇文章“A fast Fourier transform implementation of the Kramers-Kronig relations: Application to anomalous and left handed propagation”中,已根据简单的因果关系的考虑来推导出Kramers-Kronig关系。采用此教导并且将其应用至来自对准标记的复杂场或复场,可以仅以测量强度来表示对准标记的相位偏移 $\Delta\varphi$ 并因此表示位置误差(APD) Δx :

$$[0097] \quad \Delta\varphi = \frac{1}{2}(\text{Im}(\text{H}_T(\log(E_{+1}E_{+1}^*) - \log(E_{-1}E_{-1}^*))) \quad (14)$$

$$[0098] \quad \Delta x = \frac{P}{8\pi n}(\text{Im}(\text{H}_T(\log(I_{+1}) - \log(I_{-1}))) \quad (15)$$

[0099] 其中 H_T 是Hilbert变换:参见前面提到的Lucas文章的II.A和II.B章节。应注意,Im()运算符不是必需的,添加它是为了抑制数值噪声。

[0100] 此公式开辟了用于计算预期的对准误差(APD)的方法,该方法基于使用所述对准传感器以外的量测工具(例如,基于散射仪的工具)针对多个不同照射条件在该特定对准标记上所测量的强度不对称性,以及根据APD相对于照射条件的曲线图(对准摆动曲线),来选择优选的照射条件;例如,具有低APD和小梯度的照射条件(稳定区内的低误差)。

[0101] 图6图示了APD相对于波长 λ (或更一般地,照射条件)的示例性对准摆动曲线,诸如可以基于方程式(15)以及使用专用量测工具所执行的密集强度测量来创建的。根据所述对准摆动曲线,可以选择稳定的波长(例如,圆形的波长区——在此处的具体示例中,大约为500nm和/或大约900nm),例如,通过查看作为波长函数的APD的梯度。可以将选定的波长馈送到OCW算法,或者替代地可以选择单个最佳颜色。替代地,也可以在颜色加权算法中使用

APD梯度的知识来导出颜色组合,该颜色组合(也)对由叠层变化所引起的摆动曲线的移位不敏感(或不太敏感)。

[0102] 在此构思的改进中,提出将散布关系算法(诸如Kramers-Kronig算法)应用于多个目标(和/或照射偏振组合),而不是使用一个目标(和照射偏振组合)。当这些目标紧密地定位在一起时,它们全部共享相同的(局部)晶片变形。这可以在算法上加以利用,导致改善的准确度、和/或精度、和/或鲁棒性即稳固性。由于测量中所使用的有限的波长范围和波长采样密度,对多个目标(和/或偏振组合)求平均可以减少Kramers-Kronig算法固有的误差。替代地,可以使用其它技术,而不是求平均。例如,可以优化所得到的位置的信噪比,例如,通过对来自不同目标的测量结果进行最优加权。

[0103] 现在将描述另一实施例,其包括根据从所测量的强度不对称性值计算出的相位偏移来确定监控指标或关键性能指标(KPI)。这些光瞳强度测量结果的可用性允许经由Kramers-Kronig关系来计算传感器测量数据一致性KPI。

[0104] 使用Kramers-Kronig关系,所测量的强度不对称信息可以被转换为相位/位置信息,且反之亦然。这使得可以1)、计算/构建所测量的强度不对称信息与所测量的相位/位置信息之间的数据一致性KPI,以及2)、计算一个或更多个过程变化KPI。

[0105] 回到图4(a),但现在考虑幅度 $A_-(\omega)$, $A_+(\omega)$:

$$[0106] \quad A_+(\omega) = |A_+(\omega)| \cdot e^{i\varphi_+(\omega)}$$

$$[0107] \quad A_-(\omega) = |A_-(\omega)| \cdot e^{i\varphi_-(\omega)}$$

[0108] 或简写:

$$[0109] \quad A_{\pm}(\omega) = |A_{\pm}(\omega)| \cdot e^{i\varphi_{\pm}(\omega)} \quad (16)$$

[0110] 可以限定相位 φ_+ 、 φ_- 使,得所述参考随光栅而不是传感器一起移动,或反之亦然。由于晶片平台移动不影响所测量的衍射阶强度,因此前者可以是优选的。

[0111] 可以示出,以上针对 $A_{\pm}(\omega)$ 的函数是解析函数,并且适用Plemelj散布关系;即:

$$[0112] \quad \begin{cases} \ln(|A_{\pm}(\omega)|) = \frac{1}{\pi} \cdot \text{PV} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\varphi_{\pm}(\omega')}{\omega' - \omega} d\omega' \\ \varphi_{\pm}(\omega) = -\frac{1}{\pi} \cdot \text{PV} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\ln(|A_{\pm}(\omega')|)}{\omega' - \omega} d\omega' \end{cases} \quad (17)$$

[0113] 其中PV表示计算柯西主值。

[0114] 使用Plemelj散布关系的折射率形式,对于非导电各向同性介质中的复折射率 $n(\omega)$,可以推导出以下Kramers-Kronig关系:

$$[0115] \quad \text{Re}(n(\omega)) - 1 = \frac{2}{\pi} \cdot \text{PV} \int_0^{+\infty} \frac{\omega' \cdot \text{Im}(n(\omega'))}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \quad (18)$$

$$[0116] \quad \text{Im}(n(\omega)) = -\frac{2}{\pi} \cdot \text{PV} \int_0^{+\infty} \frac{\omega' \cdot (\text{Re}(n(\omega')) - 1)}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \quad (19)$$

[0117] 这些Kramers-Kronig关系可以被应用于 $A_{\pm}(\omega)$:

$$[0118] \quad \begin{cases} \ln(|A_{\pm}(\omega)|) = \frac{2}{\pi} \cdot \text{PV} \int_0^{+\infty} \frac{\omega' \cdot \varphi_{\pm}(\omega')}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \\ \varphi_{\pm}(\omega) = -\frac{2}{\pi} \cdot \text{PV} \int_0^{+\infty} \frac{\omega \cdot \ln(|A_{\pm}(\omega')|)}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \end{cases} \quad (20)$$

[0119] 使用 $\varphi_{MD}(\omega) = \varphi_+(\omega) - \varphi_-(\omega)$, 其中, 表示由标记变形产生的相位 $\varphi_{MD}(\omega)$, 作为相位参考并且运用Kramers-Kronig关系的线性产生了Kramers-Kronig关系的光栅衍射阶对:

$$[0120] \quad \begin{cases} \alpha(\omega) = \frac{2}{\pi} \cdot \text{PV} \int_0^{+\infty} \frac{\omega' \cdot \varphi_{MD}(\omega')}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \\ \varphi_{MD}(\omega) = -\frac{2}{\pi} \cdot \text{PV} \int_0^{+\infty} \frac{\omega \cdot \alpha(\omega')}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \end{cases} \quad (21)$$

[0121] 其中:

$$[0122] \quad \alpha(\omega) = \ln(|A_+(\omega)|) - \ln(|A_-(\omega)|) = \ln\left(\frac{(|A_+(\omega)|)}{(|A_-(\omega)|)}\right)$$

[0123] 据此, 可以推导出以下关系:

$$[0124] \quad \begin{cases} \varphi_{MD}(\omega) = -\frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{+\infty} \frac{\omega \cdot (\alpha(\omega') - \alpha(\omega))}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \\ \alpha(\omega) = \frac{2}{\pi} \cdot \omega^2 \int_0^{+\infty} \frac{\frac{\varphi_{MD}(\omega')}{\omega'} - \frac{\varphi_{MD}(\omega)}{\omega}}{\omega'^2 - \omega^2} d\omega' \end{cases} \quad (22)$$

[0125] 提出将这些关系用于新的KPI。图7 (a) 示出了根据以上针对 $\varphi_{MD}(\omega)$ 的方程式所确定的位置 p 相对于波长 λ 的曲线图 (实线) 和实际值的等效曲线图 (此处经由RCWA模拟而确定) (虚线)。图7 (b) 示出了根据针对 $\alpha(\omega)$ 的方程式所确定的 $\ln(|A(\omega)|)$ 相对于波长 λ 的曲线图 (实线) 以及实际值或RCWA模拟值的等效曲线图 (虚线)。在每个曲线图中可以看出, 针对Kramers-Kronig计算的线的摆动曲线具有与其RCWA对应项的曲线形状相似的形状; 然而它具有 y 轴 (测量位置或对数幅度) 偏移。

[0126] 这种偏移是由对准测量中所使用的有限波长范围 (例如, 典型地为12个波长) 造成的。Kramers-Kronig要求 $0 \leq \lambda \leq \infty$ 作为输入, 并且实际可用的有限波长范围 (和采样密度) 具有对于DC项 (即晶片变形 (偏移)) 的最大影响。对于有限数量的波长 λ , 仅使用变换后的强度不对称性信息或者相位/位置信息不太可能正确地计算此偏移。

[0127] 这种KPI可以通过在所测量的相位与所测量的强度不对称性之间的一致性而被用作传感器一致性/漂移KPI和/或过程漂移/变化KPI。这种方法可以包括使用具有强度通道以测量作为波长的函数的强度不对称性和相位 (例如, 以便为两者绘制所测量的摆动曲线) 的对准传感器。比较指标可以用于将每个摆动曲线的形状与等效摆动曲线的形状进行比较, 所述等效摆动曲线是基于测量数据, 使用上文所述的对应的Kramers-Kronig方程式来计算的。例如, 所测量的位置摆动曲线可以与根据所测量的强度通道来计算的所计算出的

位置摆动曲线进行比较;和/或所测量的(1n)不对称性摆动曲线可以与根据测量位置来计算的所计算的不对称性摆动曲线进行比较。

[0128] 假如此比较指标指示了在过程设置期间的较大差异,则这可能是警告应避免这种特定的叠层/标记类型/传感器组合(例如,通过选择不同的标记,这些标记可能来自不同的层),或警告相关的传感器有问题。

[0129] 如同之前的实施例,此方法可以基于来自例如紧密地定位在一起的多个目标(和/或偏振组合)的组合测量,以便减少有限的波长范围和波长采样密度的影响。在多个目标集合位于晶片上的不同位置处的情况下,在标记变形典型地也不同的情况下,这种测量组合也可以用于计算APD中的标记变形贡献。

[0130] 虽然上文已经描述了本发明的具体实施例,但是将理解,可以用与所描述的不同的方式来实践本发明。

[0131] 虽然是在晶片对准方面描述了上述构思,但它们也适用于其它量测方面,诸如:1)重叠量测,2)聚焦量测和3)波动或摇摆调平。

[0132] 以上描述描述了从强度测量开始,并且将这些强度测量结果转换为与不对称性相对应的相位且然后转换为校正。然而,存在两种散布关系,一种将强度不对称转换为相位,且另一种则相反。本公开涵盖两种选择;可以使用其中之一,或也可以使用两者。这意味着其它计算方向也存在并且可以被使用。

[0133] 虽然上文已经提及在光学光刻术的情境下使用本发明的实施例,但是应理解,本发明的实施例可以用于其它应用,例如压印光刻术,并且在情境允许的情况下,不限于光学光刻术。在压印光刻术中,图案形成装置中的形貌限定了产生在衬底上的图案。图案形成装置的形貌可以被压印到供给至衬底的抗蚀剂层中,由此抗蚀剂通过应用电磁辐射、热、按压或者它们的组合而被固化。在抗蚀剂被固化之后所述图案形成装置被移出所述抗蚀剂,从而在其中留下图案。

[0134] 本文中使用的术语“辐射”和“束”涵盖所有类型的电磁辐射,包括紫外(UV)辐射(例如,具有为或约为365nm、355nm、248nm、193nm、157nm或126nm的波长)和极紫外(EUV)辐射(例如,具有在1nm-100nm范围内的波长),以及粒子束,诸如离子束或电子束。

[0135] 在情境允许的情况下,术语“透镜”可以指各种类型的光学部件中的任何一种或其组合,包括折射型、反射型、磁性型、电磁型和静电型光学部件。反射型部件很可能用于在UV和/或EUV范围内操作的设备中。

[0136] 本发明的广度和范围不应受到上文描述的任何的示例性实施例的限制,而应仅由随附的权利要求及其等同物来限定。

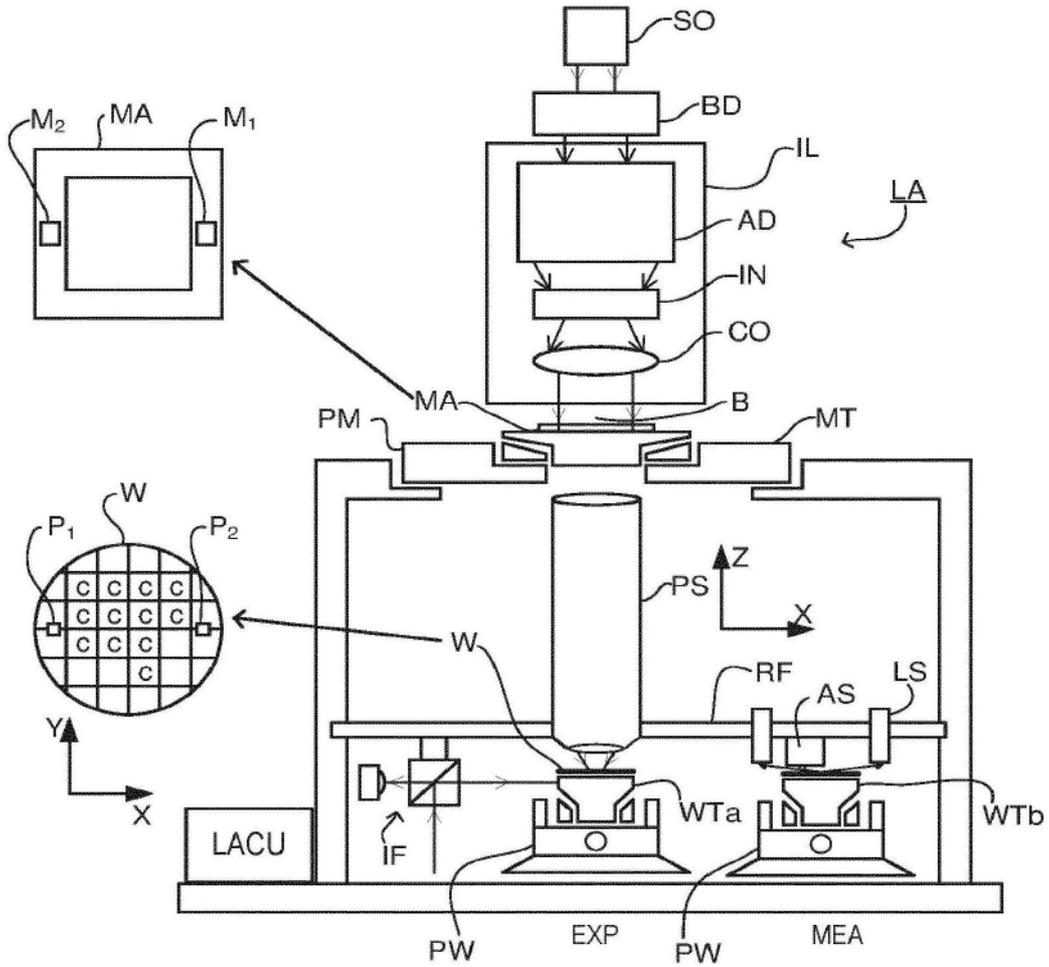


图1

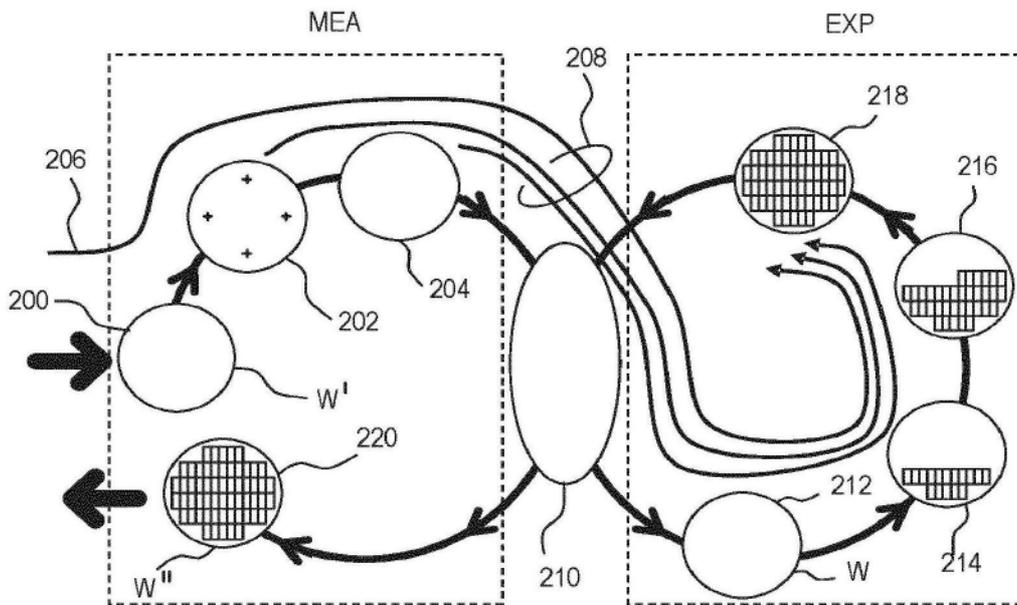


图2

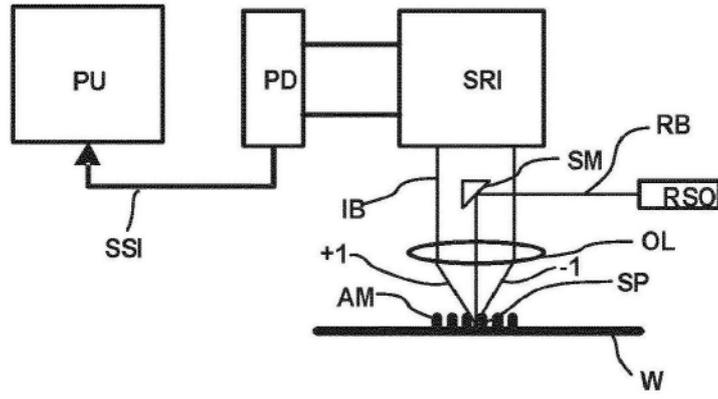


图3

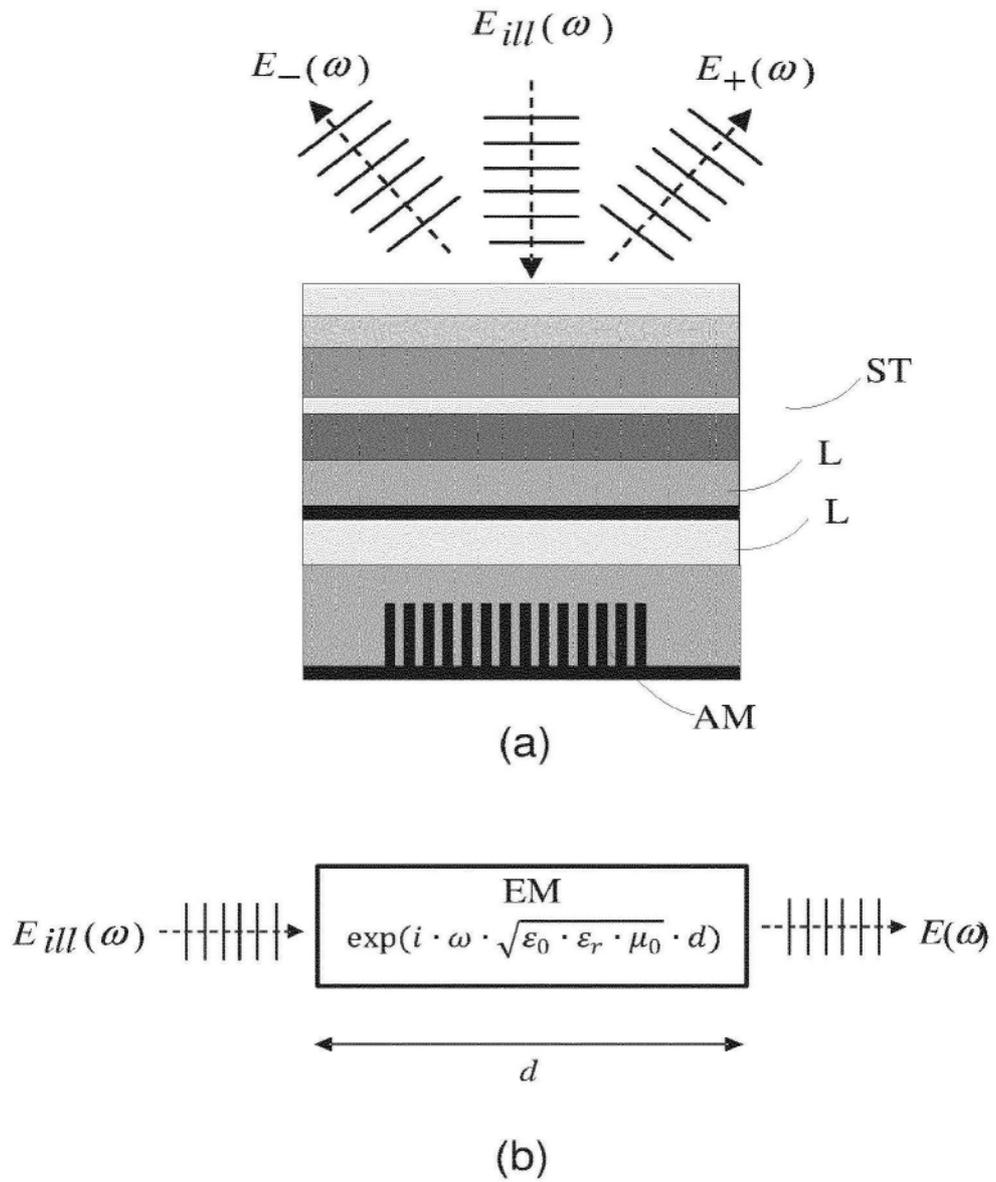


图4

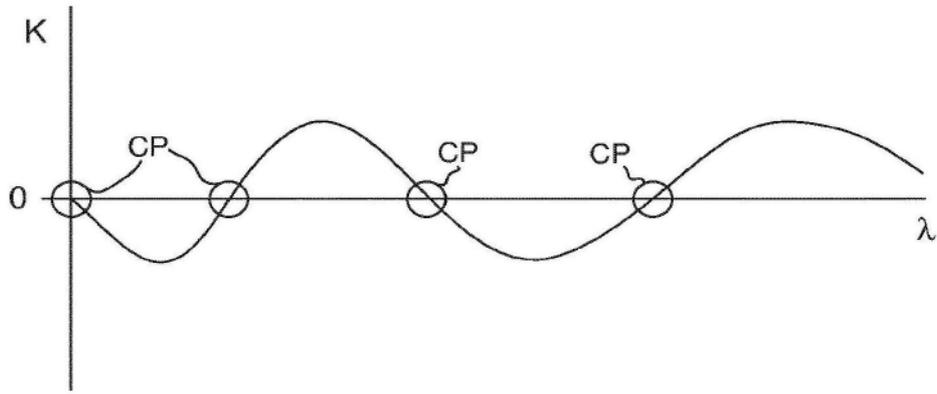


图5

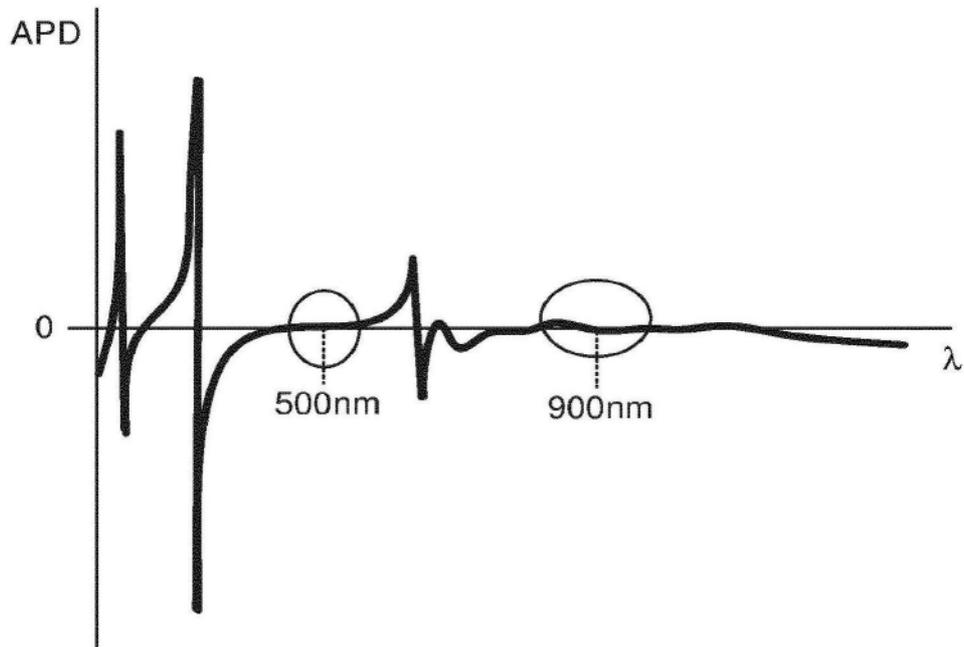


图6

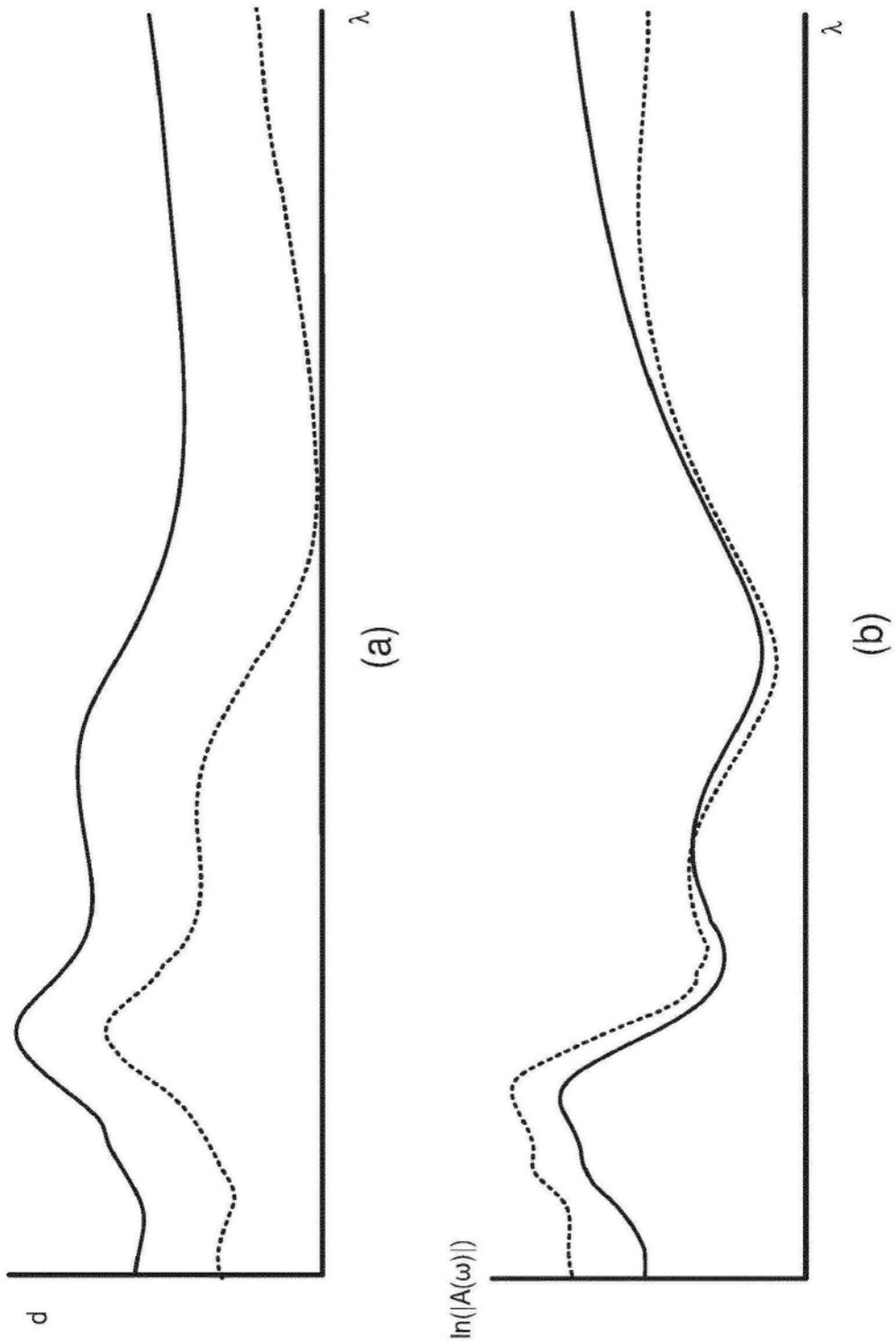


图7