



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112020677 B

(45) 授权公告日 2023.03.21

(21) 申请号 201980028130.7

(22) 申请日 2019.04.03

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112020677 A

(43) 申请公布日 2020.12.01

(30) 优先权数据
62/662,976 2018.04.26 US
62/795,174 2019.01.22 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.10.23

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2019/058335 2019.04.03

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/206586 EN 2019.10.31

(73) 专利权人 ASML荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

专利权人 ASML控股股份有限公司

(72) 发明人 S·R·惠斯曼

T·M·T·A·M·埃拉扎雷

林宇翔 V·Q·特兰 S·A·戈登

J·L·克鲁泽 C·J·马松

I·M·P·阿尔茨 K·肖梅

I·策玛

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
11256

专利代理师 董莘

(51) Int.Cl.

G03F 9/00 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

审查员 孙宏

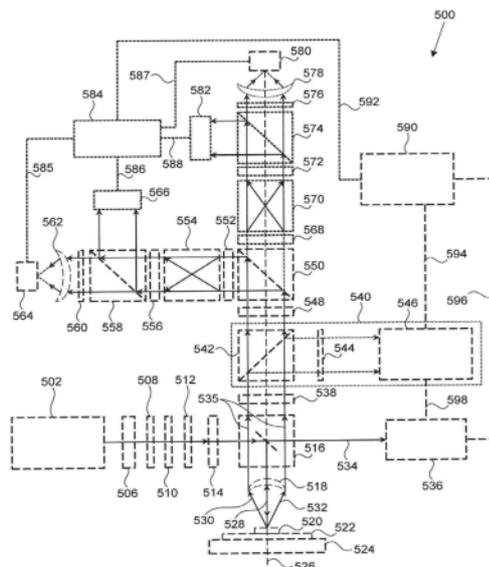
权利要求书4页 说明书34页 附图15页

(54) 发明名称

用于工艺灵敏度补偿的对准传感器装置

(57) 摘要

对准传感器装置包括照射系统、第一光学系统、第二光学系统、检测器系统和处理器。照射系统被配置为沿照射路径透射照射光束。第一光学系统被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束。第二光学系统包括第一偏振光学器件,该第一偏振光学器件被配置为分离并且透射辐照度分布的。检测器系统被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的辐照度分布来测量衍射目标的重心。处理器被配置为测量由衍射目标中的不对称性变化引起的衍射目标的重心的偏移,并且基于重心偏移来确定对准传感器装置的传感器响应函数。



1. 一种对准传感器装置,包括:

照射系统,被配置为沿照射路径透射照射光束;

第一光学系统,包括第一光学器件和第二光学器件,并且被配置为朝向衬底上的衍射目标透射所述照射光束,并且沿信号路径透射信号光束,该信号光束包括从所述衍射目标反射的衍射级子光束;

第二光学系统,包括第一偏振光学器件,所述第一偏振光学器件被配置为基于所述信号光束的偏振,将所述信号光束分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;

检测器系统,包括一个或多个检测器,并且被配置为基于从所述第一偏振光学分支和所述第二偏振光学分支输出的所述信号光束,来测量所述衍射目标的对准位置;

一个或多个滤光片,沿所述照射路径和/或所述信号路径设置,并且被配置为调节所述照射光束和/或所述信号光束的一个或多个物理参数;以及

处理器,耦合到所述检测器系统,并且被配置为测量由所述一个或多个滤光片引起的所述衍射目标的所述对准位置的变化,并且基于所述变化确定所述对准传感器装置的传感器响应函数。

2. 根据权利要求1所述的传感器装置,其中:

所述第一偏振光学分支包括第一偏振滤光片、第一自参考干涉仪、第二偏振滤光片、以及第二偏振光学器件;并且

所述第二偏振光学分支包括第三偏振滤光片、第二自参考干涉仪、第四偏振滤光片、以及第三偏振光学器件。

3. 根据前述权利要求中任一项所述的传感器装置,其中所述处理器还被配置为基于所述传感器响应函数,来校正所述传感器装置的对准位置误差。

4. 根据权利要求3所述的传感器装置,其中所述处理器通过针对所述一个或多个物理参数计算所述传感器响应函数的导数和/或最小值,来校正所述对准位置误差。

5. 根据前述权利要求中任一项所述的传感器装置,其中所述一个或多个滤光片选自由以下各项组成的组:光谱滤光片、数值孔径滤光片、中性密度滤光片、图案化滤光片、以及偏振滤光片。

6. 根据权利要求5所述的传感器装置,其中:

所述光谱滤光片是窄通带波长滤光片;

所述数值孔径滤光片是被配置为改变所述照射光束和/或所述信号光束的光功率的透镜;

所述图案化滤光片是图案化的参考掩模版;以及

所述偏振滤光片是波片。

7. 根据前述权利要求中任一项所述的传感器装置,还包括第三光学系统和第二检测器系统,所述第三光学系统包括第三光学器件,所述第二检测器系统包括一个或多个另外的检测器,并且所述传感器装置被配置为基于所述衍射目标的不对称性,来测量所述信号光束的不对称性和/或所述信号光束的强度。

8. 一种光刻装置,包括:

第一照射光学系统,被配置为照射衍射图案;

投影光学系统,被配置为将所述衍射图案的图像投影到衬底上;以及
对准传感器装置,被配置为校正所述光刻装置的对准位置误差,所述对准传感器装置包括:

第二照射光学系统,被配置为沿照射路径透射至少一个照射光束;

第一光学系统,包括第一光学器件和第二光学器件,并且被配置为朝向所述衬底上的所述衍射图案,透射所述照射光束,并且沿信号路径透射信号光束,所述信号光束包括从所述衍射图案反射的衍射级子光束;

第二光学系统,包括第一偏振光学器件,所述第一偏振光学器件被配置为基于所述信号光束的所述偏振,将所述信号光束分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;

检测器系统,包括一个或多个检测器,并且被配置为基于从所述第一偏振光学分支和所述第二偏振光学分支输出的所述信号光束,来测量所述衍射图案的对准位置;

一个或多个滤光片,沿所述照射路径和/或所述信号路径设置,并且被配置为调节所述照射光束和/或所述信号光束的一个或多个物理参数;以及

处理器,耦合到所述检测器系统,并且被配置为测量由所述一个或多个滤光片引起的所述衍射图案的所述对准位置的变化,并且基于所述变化确定所述对准传感器装置的传感器响应函数。

9. 根据权利要求8所述的光刻装置,其中所述处理器还被配置为基于所述传感器响应函数,来校正所述光刻装置的对准位置误差。

10. 根据权利要求9所述的光刻装置,其中所述处理器还被配置为针对所述一个或多个物理参数,计算所述传感器响应函数的导数和/或最小值,从而校正所述对准位置误差。

11. 根据权利要求8所述的光刻装置,其中所述一个或多个滤光片选自自由以下各项组成的组:光谱滤光片、数值孔径滤光片和偏振滤光片。

12. 根据权利要求11所述的光刻装置,其中:

所述光谱滤光片是窄通带波长滤光片;

所述数值孔径滤光片是被配置为改变所述照射光束和/或所述信号光束的光功率的透镜;以及

所述偏振滤光片是半波片或四分之一波片。

13. 根据权利要求8至12中任一项所述的光刻装置,其中所述第一光学系统被配置为透射所述信号光束,以便包括第一第一衍射级子光束和第二第一衍射级子光束,并且其中所述检测器系统组合所述第一第一衍射级子光束和所述第二第一衍射级子光束,以生成正弦相位。

14. 根据权利要求8至12中任一项所述的光刻装置,其中所述一个或多个滤光片是光谱滤光片,并且其中所述处理器被配置为基于所述照射光束和/或所述信号光束的不同波长之间的变化,来确定所述传感器响应函数。

15. 根据权利要求8至12中任一项所述的光刻装置,其中所述一个或多个滤光片是数值孔径滤光片,并且其中所述处理器被配置为基于所述信号光束的不同衍射级子光束之间的变化,来确定所述传感器响应函数。

16. 根据权利要求8至12中任一项所述的光刻装置,其中所述一个或多个滤光片是偏振

滤光片,并且其中所述处理器被配置为基于所述照射光束和/或所述信号光束的不同偏振之间的变化,来确定所述传感器响应函数。

17.一种对准传感器装置,包括:

照射系统,被配置为沿照射路径透射照射光束;

第一光学系统,包括第一光学器件和第二光学器件,并且被配置为朝向衬底上的衍射目标透射所述照射光束,并且沿信号路径透射辐照度分布,所述辐照度分布包括从所述衍射目标反射的衍射级子光束;

第二光学系统,包括第一偏振光学器件,所述第一偏振光学器件被配置为基于所述辐照度分布的偏振,将所述辐照度分布分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;

检测器系统,包括一个或多个检测器,并且被配置为基于从所述第一偏振光学分支和所述第二偏振光学分支输出的所述辐照度分布,来测量所述衍射目标的重心;以及

处理器,耦合到所述检测器系统,并且被配置为测量由所述衍射目标中的不对称性变化引起的所述衍射目标的所述重心中的偏移,并且基于所述重心偏移,确定所述对准传感器装置的传感器响应函数。

18.根据权利要求17所述的传感器装置,其中所述衍射目标中的所述不对称性变化包括不对称侧壁。

19.根据权利要求18所述的传感器装置,其中所述不对称侧壁包括成角度的侧壁,所述成角度的侧壁包括大约0度至大约10度的角度。

20.根据权利要求17所述的传感器装置,其中所述衍射目标中的所述不对称性变化包括不对称的底表面。

21.根据权利要求20所述的传感器装置,其中所述不对称的底表面包括成角度的底表面,所述成角度的底表面包括大约0度至大约5度的角度。

22.根据权利要求17所述的传感器装置,其中所述衍射目标中的所述不对称性变化包括不对称的顶表面。

23.根据权利要求22所述的传感器装置,其中所述不对称的顶表面包括成角度的顶表面,所述成角度的顶表面包括大约0度至大约5度的角度。

24.根据权利要求17至23中任一项所述的传感器装置,其中所述处理器还被配置为基于所述传感器响应函数,来校正所述传感器装置的对准位置误差。

25.根据权利要求24所述的传感器装置,其中所述处理器通过计算第一重心偏移和第二重心偏移,来校正所述对准位置误差。

26.根据权利要求25所述的传感器装置,其中所述第一重心偏移和所述第二重心偏移,根据所述照射光束的一个或多个波长来计算。

27.一种光瞳传感器装置,包括:

照射系统,被配置为沿照射路径透射照射光束;

第一光学系统,包括第一光学器件和第二光学器件,并且被配置为朝向衬底上的衍射目标透射所述照射光束,并且沿信号路径透射辐照度分布,所述辐照度分布包括从所述衍射目标反射的衍射级子光束;

第二光学系统,包括第一偏振光学器件,所述第一偏振光学器件被配置为基于所述辐

照度分布的偏振,将所述辐照度分布分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;以及

检测器系统,包括一个或多个检测器,并且被配置为基于从所述第一偏振光学分支和所述第二偏振光学分支输出的所述辐照度分布、以及参考辐照度分布,来测量所述衍射目标的光瞳面深度分布。

28. 根据权利要求27所述的光瞳传感器装置,还包括处理器,所述处理器耦合到所述检测器系统,并且所述光瞳传感器装置被配置为测量由所述衍射目标中的不对称性变化、或堆叠厚度变化引起的所述光瞳面深度分布的偏移,并且基于所述光瞳面深度分布偏移确定所述光瞳传感器装置的传感器响应函数。

29. 根据权利要求28所述的光瞳传感器装置,其中所述处理器还被配置为基于所述传感器响应函数,来校正所述光瞳传感器装置的对准位置误差。

30. 根据权利要求29所述的光瞳传感器装置,其中所述处理器通过计算第一重心偏移和第二重心偏移,来校正所述对准位置误差。

31. 根据权利要求27所述的光瞳传感器装置,其中所述参考辐照度分布基于所述检测器系统的像差图。

32. 根据权利要求27所述的光瞳传感器装置,其中所述检测器系统包括光瞳检测器,所述光瞳检测器在所述第一光学系统和所述第二光学系统外部并且被配置为测量所述光瞳面深度分布。

33. 根据权利要求32所述的光瞳传感器装置,其中所述光瞳检测器包括聚焦光学器件和光源。

34. 根据权利要求33所述的光瞳传感器装置,其中所述聚焦光学器件与所述第二光学器件相同,并且其中所述光源与所述照射光束相同。

35. 根据权利要求33所述的光瞳传感器装置,其中所述聚焦光学器件与所述第二光学器件不同,并且其中所述光源与所述照射光束相同。

36. 根据权利要求33所述的光瞳传感器装置,其中所述聚焦光学器件与所述第二光学器件不同,并且其中所述光源与所述照射光束不同。

用于工艺灵敏度补偿的对准传感器装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2018年4月26日提交的美国临时专利申请第62/662,976号,以及于2019年1月22日提交的美国临时专利申请第62/795,174号的优先权,这两个申请通过引用整体并入本文。

技术领域

[0003] 本公开涉及对准装置和系统,例如,用于光刻装置和系统的对准传感器装置。

背景技术

[0004] 光刻装置是一种将期望图案施加到衬底上、通常是施加到衬底的目标部分上的机器。光刻装置可以被用于例如集成电路(IC)的制造中。在该情况下,图案化装置(其备选地被称为掩模或掩模版)可以被用于生成待被形成在IC的单个层上的电路图案。该图案可以被转印到衬底(例如,硅晶片)上的目标部分(例如,包括一个或若干管芯的一部分)上。图案的转印通常经由成像到设置在衬底上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上来进行。通常,单个衬底将包含被连续图案化的相邻目标部分的网络。已知的光刻装置包括:所谓的步进器,其中通过将整个图案一次曝光到目标部分上来照射每个目标部分;以及所谓的扫描器,其中通过在给定方向(“扫描”方向)上通过辐射束扫描图案来照射每个目标部分,同时在平行或反平行于该扫描方向上同步地扫描目标部分。也可以通过将图案压印到衬底上来将图案从图案化装置转印到衬底上。

[0005] 另一光刻系统是干涉光刻系统,其中没有图案形成装置,而是将光束分成两束,并且通过使用反射系统使两束在衬底的目标部分处干涉。干涉导致在衬底的目标部分处形成线。

[0006] 在光刻操作期间,不同的处理步骤可能需要在衬底上按顺序形成不同的层。因此,可能有必要相对于在衬底上形成的现有图案以高精度地定位衬底。通常,对准标记被放置在待被对准的衬底上,并且相对于第二物体定位。光刻装置可以使用对准装置来检测对准标记的位置并且使用对准标记来对准衬底,以确保从掩模进行准确的曝光。在两个不同层的对准标记之间的对准不良被测量为重叠误差。

[0007] 为了监测光刻工艺,测量图案化衬底的参数。例如,参数可以包括在图案化衬底中或在其上形成的连续层之间的重叠误差、以及显影的光致抗蚀剂的临界线宽(CD)。该测量可以在产品衬底和/或专用量测目标上执行。有多种用于测量在光刻工艺中形成的微观结构的技术,包括使用扫描电子显微镜和各种专用工具。一种快速且无创形式的专用检查工具是散射仪,在散射仪中将辐射束引导到衬底表面的目标上,并且测量散射或反射束的性质。通过比较光束在被衬底反射或散射之前和之后的性质,可以确定衬底的性质。例如,这可以通过将反射光束与在已知测量库中存储的、与已知衬底性质相关联的数据进行比较来完成。光谱散射仪将宽带辐射束引导到衬底上,并且测量散射到特定窄角度范围内的辐射的光谱(作为波长的函数的强度)。相反,角分辨散射仪使用单色辐射束,并且测量根据角度

变化的散射辐射的强度。

[0008] 这种光学散射仪可以被用于测量参数,诸如显影的光致抗蚀剂的临界尺寸或在图案化的衬底中或之上形成的两层之间的重叠误差(OV)。可以通过比较照射光束在被衬底反射或散射之前和之后的性质来确定衬底的性质。

[0009] 随着半导体器件变得越来越小,越来越精细,制造容许度不断提高。因此,需要继续改进量测测量。散射仪的一种示例性用途是用于临界尺寸(CD)量测,这对于测量图案化结构(诸如半导体晶片)特别有用。光学CD量测技术包括圆顶散射测量、光谱反射测量和光谱椭圆测量。所有这些技术都是基于测量不同入射方向的不同偏振光的反射强度。这种技术需要高消光比或偏振纯度。偏振分束器(PBS)按偏振状态划分光,以透射p偏振光,同时反射s偏振光。尽管理想的PBS可以透射100%的p偏振并且反射100%的s偏振,但是真正的PBS可以透射和反射s偏振光和p偏振光的混合物。P偏振光和S偏振光之间的比率称为消光比。光学CD需要高消光比。

[0010] 散射仪的另一示例性用途是用于重叠(OV)量测,这对于测量晶片上的层堆叠的对准很有用。为了控制光刻工艺以将器件特征准确地放置在衬底上,通常在衬底上提供对准标记或目标,并且光刻装置包括一个或多个对准装置,必须通过该对准装置准确地测量衬底上标记的位置。在一种已知的技术中,散射仪测量来自晶片上目标的衍射光。

[0011] 理想地,重叠误差仅是衬底在光刻系统内的位置的结果。然而,实际上,重叠误差源自对准装置与衬底之间的相互作用。对准装置和衬底的变化会在评估对准标记的真实位置时产生误差。这种误差被称为“工艺中”精度误差。对准装置光学器件包含制造像差,因此不能使其相同。此外,基于衍射的对准装置光学器件不能区分由对准目标中的不对称性变化引起的相位偏移,以及对准目标的衍射级之间的相位差。衬底(例如,晶片堆叠)同样具有由于制造和后制造工艺而引起的性质变化。由于加工导致的对准目标中的不对称性变化会导致高达几纳米的对准误差,并且难以预测或校准。这个“工艺中”的精度问题限制了对准装置的稳健性。

[0012] 因此,需要针对对准装置和系统中的变化以及衬底中的工艺变化进行补偿。

发明内容

[0013] 在一些实施例中,一种对准传感器装置包括照射系统、第一光学系统、第二光学系统、检测器系统、一个或多个滤光片、以及处理器。在一些实施例中,照射系统被配置为沿照射路径透射照射光束。在一些实施例中,第一光学系统包括第一光学器件和第二光学器件。在一些实施例中,第一光学系统被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束,并且沿信号路径透射包括从衍射目标反射的衍射级子光束的信号光束。在一些实施例中,第二光学系统包括第一偏振光学器件,第一偏振光学器件被配置为基于信号光束的偏振,将信号光束分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中。在一些实施例中,检测器系统包括一个或多个检测器。在一些实施例中,检测器系统被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的信号光束,来测量衍射目标的对准位置。在一些实施例中,一个或多个滤光片沿照射路径和/或信号路径设置。在一些实施例中,一个或多个滤光片被配置为调节照射光束和/或信号光束的一个或多个物理参数。在一些实施例中,处理器耦合到检测器系统。在一些实施例中,处理器被配置为测量由一个或多个滤光片引起的衍射目标的对准位

置的变化。在一些实施例中，处理器被配置为基于该变化确定对准传感器装置的传感器响应函数。

[0014] 在一些实施例中，第一偏振光学分支包括第一偏振滤光片、第一自参考干涉仪、第二偏振滤光片和第二偏振光学器件。在一些实施例中，第二偏振光学分支包括第三偏振滤光片、第二自参考干涉仪、第四偏振滤光片和第三偏振光学器件。

[0015] 在一些实施例中，处理器还被配置为基于传感器响应函数来校正传感器装置的对准位置误差。在一些实施例中，处理器通过针对一个或多个物理参数计算传感器响应函数的导数和/或最小值，来校正对准位置误差。

[0016] 在一些实施例中，一个或多个滤光片选自由以下各项组成的组：光谱滤光片、数值孔径滤光片、中性密度滤光片、图案化滤光片，以及偏振滤光片。在一些实施例中，光谱滤光片是窄通带波长滤光片。在一些实施例中，数值孔径滤光片是被配置为改变照射光束和/或信号光束的光功率的透镜。在一些实施例中，图案化滤光片是图案化的参考掩模版。在一些实施例中，偏振滤光片是波片。

[0017] 在一些实施例中，对准传感器装置还包括第三光学系统和第二检测器系统，第三光学系统包括第三光学器件，第二检测器系统包括一个或多个另外的检测器。在一些实施例中，第三光学系统被配置为基于衍射目标的不对称性，来测量信号光束的强度和/或信号光束的不对称性。

[0018] 在一些实施例中，一种光刻装置包括第一照射光学系统、投影光学系统和对准传感器装置。在一些实施例中，第一照射光学系统被配置为照射衍射图案。在一些实施例中，投影光学系统被配置为将衍射图案的图像投影到衬底上。在一些实施例中，对准传感器装置被配置为校正光刻装置的对准位置误差。

[0019] 在一些实施例中，对准传感器装置包括第二照射光学系统、第一光学系统、第二光学系统、检测器系统、一个或多个滤光片、以及处理器。在一些实施例中，第二照射光学系统被配置为沿照射路径透射至少一个辐射照射光束。在一些实施例中，第一光学系统包括第一光学器件和第二光学器件。在一些实施例中，第一光学系统被配置为朝向衬底上的衍射图案透射照射光束，并且沿信号路径透射包括从衍射图案反射的衍射级子光束的信号光束。在一些实施例中，第二光学系统包括第一偏振光学器件，第一偏振光学器件被配置为基于信号光束的偏振将信号光束分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中。在一些实施例中，检测器系统包括一个或多个检测器。在一些实施例中，检测器系统被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的信号光束来测量衍射图案的对准位置。在一些实施例中，沿照射路径和/或信号路径设置有一个或多个滤光片。在一些实施例中，一个或多个滤光片被配置为调节照射光束和/或信号光束的一个或多个物理参数。在一些实施例中，处理器耦合到检测器系统。在一些实施例中，处理器被配置为测量由一个或多个滤光片引起的衍射图案的对准位置的变化。在一些实施例中，处理器被配置为基于该变化确定对准传感器装置的传感器响应函数。

[0020] 在一些实施例中，处理器还被配置为基于传感器响应函数来校正光刻装置的对准位置误差。在一些实施例中，处理器还被配置为通过针对一个或多个物理参数计算传感器响应函数的导数和/或最小值来校正对准位置误差。

[0021] 在一些实施例中，一个或多个滤光片选自由以下各项组成的组：光谱滤光片、数值

孔径滤光片和偏振滤光片。在一些实施例中,光谱滤光片是窄通带波长滤光片。在一些实施例中,数值孔径滤光片是被配置为改变照射光束和/或信号光束的光功率的透镜。在一些实施例中,偏振滤光片是半波片或四分之一波片。在一些实施例中,第一光学系统被配置为透射信号光束以便包括第一第一衍射级子光束和第二第一衍射级子光束。在一些实施例中,检测器系统组合第一第一衍射级子光束和第二第一衍射级子光束以生成正弦相位。

[0022] 在一些实施例中,一个或多个滤光片是光谱滤光片。在一些实施例中,处理器被配置为基于照射光束和/或信号光束的不同波长之间的变化,来确定传感器响应函数。在一些实施例中,一个或多个滤光片是数值孔径滤光片。在一些实施例中,处理器被配置为基于信号光束的不同衍射级子光束之间的变化来确定传感器响应函数。在一些实施例中,一个或多个滤光片是偏振滤光片。在一些实施例中,处理器被配置为基于照射光束和/或信号光束的不同偏振之间的变化来确定传感器响应函数。

[0023] 在一些实施例中,一种用于校正对准位置误差的方法包括:通过对准传感器装置测量衬底上的衍射目标的对准位置。在一些实施例中,对准传感器装置包括照射系统、第一光学系统、第二光学系统、检测器系统和处理器。在一些实施例中,照射系统被配置为沿照射路径透射照射光束。在一些实施例中,第一光学系统包括第一光学器件和第二光学器件,并且被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束,并且沿信号路径透射包括从衍射目标反射的衍射级子光束的信号光束。在一些实施例中,第二光学系统包括第一偏振光学器件,第一偏振光学器件被配置为基于信号光束的偏振,将信号光束分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中。在一些实施例中,检测器系统包括一个或多个检测器。在一些实施例中,检测器系统被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的信号光束,来测量衍射目标的对准位置。在一些实施例中,处理器耦合到检测器系统。

[0024] 在一些实施例中,该方法还包括使用一个或多个滤光片沿对准传感器装置的照射路径和/或信号路径,来调节照射光束和/或信号光束的一个或多个物理参数。在一些实施例中,该方法还包括由处理器测量衍射目标的对准位置的变化。在一些实施例中,该方法还包括由处理器确定对准传感器装置的传感器响应函数。在一些实施例中,该方法还包括通过针对一个或多个物理参数计算传感器响应函数的导数和/或最小值,基于传感器响应函数来校正光刻装置或对准传感器装置的对准位置误差。

[0025] 在一些实施例中,调节一个或多个物理参数包括使用频谱滤光片。在一些实施例中,确定传感器响应函数包括测量照射光束和/或信号光束的不同波长之间的变化。在一些实施例中,调节一个或多个物理参数包括使用数值孔径滤光片。在一些实施例中,确定传感器响应函数包括测量信号光束的不同衍射级子光束之间的变化。在一些实施例中,调节一个或多个物理参数包括使用偏振滤光片。在一些实施例中,确定传感器响应函数包括测量照射光束和/或信号光束的不同偏振之间的变化。

[0026] 在一些实施例中,对准传感器装置包括照射系统、第一光学系统、第二光学系统、检测器系统和处理器。在一些实施例中,照射系统被配置为沿照射路径透射照射光束。在一些实施例中,第一光学系统包括第一光学器件和第二光学器件。在一些实施例中,第一光学系统被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束,并且沿信号路径透射包括从衍射目标反射的衍射级子光束的辐照度分布。在一些实施例中,第二光学系统包括第一偏振光学器件,第一偏振光学器件被配置为基于辐照度分布的偏振,将辐照度分布分离并且透射到第

一偏振光学分支和第二偏振光学分支中。在一些实施例中，检测器系统包括一个或多个检测器。在一些实施例中，检测器系统被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的辐照度分布来测量衍射目标的重心。在一些实施例中，处理器耦合到检测器系统。在一些实施例中，处理器被配置为测量由衍射目标中的不对称性变化引起的衍射目标的重心的偏移。在一些实施例中，处理器被配置为基于重心偏移来确定对准传感器装置的传感器响应函数。

[0027] 在一些实施例中，衍射目标中的不对称性变化包括不对称侧壁。在一些实施例中，不对称侧壁包括成角度的侧壁，成角度的侧壁具有大约0度至大约10度的角度。在一些实施例中，衍射目标中的不对称性变化包括不对称底表面。在一些实施例中，不对称底表面包括成角度的底表面，成角度的底表面具有大约0度至大约5度的角度。在一些实施例中，衍射目标中的不对称性变化包括不对称顶表面。在一些实施例中，不对称顶表面包括成角度的顶表面，成角度的顶表面具有大约0度至大约5度的角度。

[0028] 在一些实施例中，处理器还被配置为基于传感器响应函数来校正传感器装置的对准位置误差。在一些实施例中，处理器通过计算第一重心偏移和第二重心偏移来校正对准位置误差。在一些实施例中，第一重心偏移和第二重心偏移根据照射光束的一个或多个波长来计算。

[0029] 在一些实施例中，一种光瞳传感器装置包括照射系统、第一光学系统、第二光学系统和检测器系统。在一些实施例中，照射系统被配置为沿照射路径透射照射光束。在一些实施例中，第一光学系统包括第一光学器件和第二光学器件。在一些实施例中，第一光学系统被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束，并且沿信号路径透射包括从衍射目标反射的衍射级子光束的辐照度分布。在一些实施例中，第二光学系统包括第一偏振光学器件，第一偏振光学器件被配置为基于辐照度分布的偏振，将辐照度分布分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中。在一些实施例中，检测器系统包括一个或多个检测器。在一些实施例中，检测器系统被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的辐照度分布和参考辐照度分布，来测量衍射目标的光瞳面深度分布。

[0030] 在一些实施例中，光瞳传感器装置还包括耦合到检测器系统的处理器。在一些实施例中，处理器被配置为测量由衍射目标中的不对称性变化、或堆叠厚度变化引起的光瞳面深度分布的偏移。在一些实施例中，处理器被配置为基于光瞳面深度分布偏移，来确定光瞳传感器装置的传感器响应函数。在一些实施例中，处理器还被配置为基于传感器响应函数来校正光瞳传感器装置的对准位置误差。在一些实施例中，处理器通过计算第一重心偏移和第二重心偏移来校正对准位置误差。

[0031] 在一些实施例中，参考辐照度分布基于检测器系统的像差图。在一些实施例中，检测器系统包括光瞳检测器，该光瞳检测器在第一光学系统和第二光学系统外部，并且被配置为测量光瞳面深度分布。在一些实施例中，光瞳检测器包括聚焦光学器件和光源。在一些实施例中，聚焦光学器件与第二光学器件相同，并且光源与照射光束相同。在一些实施例中，聚焦光学器件与第二光学器件不同，并且光源与照射光束相同。在一些实施例中，聚焦光学器件与第二光学器件不同，并且光源与照射光束不同。

[0032] 下面参考附图详细描述本发明的其他特征和优点、以及本发明的各种实施例的结构和操作。注意，本发明不限于本文中描述的特定实施例。本文中提出这种实施例仅用于说

明性目的。基于本文中包含的教导,其他实施例对于相关领域的技术人员将是清楚的。

附图说明

[0033] 包含在本文中的并且构成说明书一部分的附图图示了本发明,并且与描述一起进一步用于解释本发明的原理,并且使得相关领域的技术人员能够制作和使用本发明。

[0034] 图1A是根据示例性实施例的反射光刻装置的示意图。

[0035] 图1B是根据示例性实施例的透射光刻装置的示意图。

[0036] 图2是根据示例性实施例的反射光刻装置的更详细的示意图。

[0037] 图3是根据示例性实施例的光刻单元的示意图。

[0038] 图4A和4B是根据各种示例性实施例的增强的对准装置的示意图。

[0039] 图5是根据示例性实施例的对准传感器装置的示意图。

[0040] 图6图示了根据示例性实施例的用于校正对准位置误差的流程图。

[0041] 图7是根据示例性实施例的对准传感器装置中的辐照度分布的示意图。

[0042] 图8是根据示例性实施例的对准传感器装置中的辐照度分布的示意图。

[0043] 图9是根据示例性实施例的对准传感器装置中的辐照度分布的示意图。

[0044] 图10A-10C是根据各种示例性实施例的衍射目标的不对称性变化的示意图。

[0045] 图11A-11D是根据各种示例性实施例的针对不同的作为波长函数的不对称性变化的重心偏移的示意图。

[0046] 图12是根据示例性实施例的光瞳传感器装置的示意图。

[0047] 图13是图12的光瞳传感器装置的光瞳面深度分布的示意图。

[0048] 结合附图,从下面阐述的详细描述中,本发明的特征和优点将变得更加明显,在附图中,相同的附图标记始终标识相应的元素。在附图中,相似的附图标记通常表示相同、功能相似和/或结构相似的元素。另外,通常,附图标记的最左边的数字标识该附图标记首次出现的附图。除非另外指出,否则贯穿本公开提供的附图不应当被解释为按比例绘制的附图。

具体实施方式

[0049] 本说明书公开了结合本发明特征的一个或多个实施例。所公开的实施例仅例示了本发明。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限定。

[0050] 所描述的实施例以及说明书中对“一个实施例”、“实施例”、“示例实施例”等的引用,指示所描述的实施例可以包括特定的特征、结构或特性,但是可能不一定每个实施例都包括特定的特征、结构或特性。而且,这种短语不一定是指相同的实施例。此外,当结合实施例描述特定的特征、结构或特性时,应当理解,结合其他实施例(无论是否明确描述)来实现这种特征、结构或特性,也在本领域技术人员的知识的范围内。

[0051] 为了便于描述如图中所示一个元素或特征与另一元素或特征的关系,此处可以使用空间相对术语,诸如“在……下方”、“在……下面”、“在……下部”、“在……上方”、“在……上面”、“在……上部”等。除了在图中描述的方位之外,空间相对术语还意图涵盖设备在使用或操作中的不同方位。该装置可以以其他方式定向(旋转90度或以其他方位),并且相应地,在此使用的相关描述语可以在空间上被同样地解释。

[0052] 如本文中使用的,术语“大约”表示可以基于特定技术而变化的给定量的值。根据特定的技术,术语“大约”可以表示给定量的值,该值在其例如10%到30%之间变化(例如,该值的±10%、±20%或±30%)。

[0053] 本公开的实施例可以以硬件、固件、软件或其任何组合来实现。本公开的实施例还可以被实现为存储在机器可读介质上的指令,该指令可以由一个或多个处理器读取和执行。机器可读介质可以包括用于以机器(例如,计算设备)可读的形式来存储或透射信息的任何机制。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;光学存储介质;闪存设备;电、光、声或其他形式的传播信号(例如,载波、红外信号、数字信号等)等。此外,固件、软件、例程和/或指令可以在本文中描述为执行某些动作。但是,应当理解,这种描述仅仅是为了方便,并且这种动作实际上是由执行固件、软件、例程、指令等的计算设备、处理器、控制器或其他设备引起的。

[0054] 然而,在更详细地描述这种实施例之前,提供可以实现本公开的实施例的示例环境是有益的。

[0055] 示例光刻系统

[0056] 图1A和1B分别是在其中实现本发明实施例的光刻装置100和光刻装置100'的示意图。光刻装置100和光刻装置100'各自包括:照射系统(照射器)IL,其被配置为调节辐射束B(例如,深紫外线或极紫外辐射);支撑结构(例如,掩模台)MT,其被配置为支撑图案形成装置(例如,掩模、掩模版或动态图案形成装置)MA,并且连接到第一定位器PM,该第一定位器PM被配置为精确地定位图案形成装置MA;以及衬底台(例如,晶片台)WT,其被配置为保持衬底(例如,涂覆有抗蚀剂的晶片)W,并且连接到第二定位器PW,该第二定位器PW被配置为精确地定位衬底W。光刻装置100和100'还具有投影系统PS,该投影系统PS被配置为将通过图案形成装置MA赋予到辐射束B的图案投射到衬底W的目标部分(例如,包括一个或多个管芯)C上。在光刻装置100中,图案形成装置MA和投影系统PS是反射性的。在光刻装置100'中,图案形成装置MA和投影系统PS是透射性的。

[0057] 照射系统IL可以包括用于引导、整形或控制辐射束B的各种类型的光学组件,诸如折射、反射、折反射、磁性、电磁、静电或其他类型的光学组件、或其任何组合。

[0058] 支撑结构MT以以下方式来保持图案形成装置MA:依赖于图案形成装置MA相对于参考框架的定向、光刻装置100和100'中的至少一个的设计、以及其他条件(诸如图案形成装置MA是否被保持在真空环境中)。支撑结构MT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MA。支撑结构MT可以是例如框架或台,根据需要它们可以是固定的或可移动的。通过使用传感器,支撑结构MT可以确保图案形成装置MA例如相对于投影系统PS处于期望位置。

[0059] 术语“图案形成装置”MA应当被广义地解释为:指代可以被用于向辐射束B的横截面赋予图案的任何装置,例如可以在衬底W的目标区域C中产生图案的装置。赋予到辐射束B的图案可以对应于在目标部分C中产生的、器件中的特定功能层,以形成集成电路。

[0060] 图案形成装置MA可以是透射性的(如在图1B的光刻装置100'中)或反射性的(如在图1A的光刻装置100中)。图案形成装置MA的示例包括掩模版、掩模、可编程反射镜阵列或可编程LCD面板。掩模在光刻中是众所周知的,并且包括诸如二元、交替相移或衰减相移等掩模类型、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,每个

小反射镜可以单独倾斜,以便在不同方向上反射入射的辐射束。倾斜的反射镜将图案赋予在辐射束B中,该图案被小反射镜矩阵反射。

[0061] 术语“投影系统”PS可以包含任何类型的投影系统,包括折射、反射、折反射、磁性、电磁和静电光学系统、或其任何组合,以适合所使用的曝光辐射、或其他因素,诸如在衬底W上使用浸没液体或使用真空等。真空环境可以被用于EUV或电子束辐射,因为其他气体会吸收过多的辐射或电子。因此,借助于真空壁和真空泵可以向整个光束路径提供真空环境。

[0062] 光刻装置100和/或光刻装置100'可以是具有两个(双台)或多个衬底台WT(和/或两个或更多掩模台)的类型。在这种“多台”机器中,可以并行使用附加衬底台WT,或者可以在一个或多个其他衬底台WT上进行曝光的同时,在一个或多个工作台上执行制备步骤。在某些情况下,附加台可以不是衬底台WT。

[0063] 光刻装置也可以是如下类型:其中衬底的至少一部分可以被具有相对较高折射率的液体(例如,水)覆盖,以填充投影系统与衬底之间的空间。也可以将浸没液体施加到光刻装置中的其他空间,例如在掩模与投影系统之间。浸没技术在本领域中是众所周知的,其用于增加投影系统的数值孔径。如本文中使用的术语“浸没”并不表示诸如衬底等结构必须淹没在液体中,而是仅表示在曝光期间液体位于投影系统与衬底之间。

[0064] 再次参考图1A和1B,照射器IL从辐射源S0接收辐射束。光源S0和光刻装置100、100'可以是分开的物理实体,例如,当光源S0是准分子激光器时。在该情况下,不认为光源S0形成光刻装置100、100'的一部分,并且借助于包括例如合适的导向镜和/或扩束器的光束透射系统BD(图1B中),将辐射束B从源S0传递到照射器IL。在其他情况下,光源S0可以是光刻装置100、100'的组成部分,例如当光源S0是汞灯时。可以将源S0和照射器IL以及光束透射系统BD(如果需要的话)一起称为辐射系统。

[0065] 照射器IL可以包括用于调节辐射束的角度强度分布的调节器AD(图1B中)。通常,照射器的光瞳面中的强度分布的至少外部和/或内部的径向范围(通常分别称为外部 σ 和内部 σ)可以被调节。另外,照射器IL可以包括各种其他组件(图1B中),诸如积分器IN和聚光器CO。照射器IL可以被用于调节辐射束B,以在辐射束B横截面中具有期望的均匀性和强度分布。

[0066] 参考图1A,辐射束B入射到保持在支撑结构(例如,掩模台)MT上的图案形成装置(例如,掩模)MA上,并且由图案形成装置MA图案化。在光刻装置100中,辐射束B从图案形成装置(例如,掩模)MA被反射。在从图案形成装置(例如,掩模)MA反射之后,辐射束B穿过投影系统PS,投影系统PS将辐射束B聚焦到衬底W的目标部分C上。借助于第二定位器PW和位置传感器IF2(例如,干涉仪、线性编码器或电容传感器),可以精确地移动衬底台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,第一定位器PM和另一位置传感器IF1可以被用于相对于辐射束B的路径精确地定位图案形成装置(例如,掩模)MA。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。

[0067] 参考图1B,辐射束B入射在保持在支撑结构(例如,掩模台MT)上的图案形成装置(例如,掩模MA)上,并且由图案形成装置图案化。在穿过掩模MA之后,辐射束B穿过投影系统PS,投影系统PS将光束聚焦到衬底W的目标部分C上。投影系统具有相对于光瞳共轭PPU的照射系统光瞳IPU。辐射的一部分从照射系统光瞳IPU处的强度分布发出,并且穿过掩模图案而不受掩模图案处的衍射的影响,并且在照射系统光瞳IPU处产生强度分布的图像。

[0068] 投影系统PS将掩模图案MP的图像MP' 投影到涂覆在衬底W上的光刻胶层上,其中图像MP' 由标记图案MP所产生的衍射光束通过来自强度分布的辐射而形成。例如,掩模图案MP可以包括线和间隔的阵列。阵列处的与零阶衍射不同的辐射衍射会生成被转向的衍射光束,该被转向的衍射光束具有在垂直于线的方向上的方向变化。未被衍射的光束(即,所谓的零阶衍射光束)横穿图案,而传播方向没有任何变化。零阶衍射光束穿过投影系统PS的上部透镜或上部透镜组(在投影系统PS的光瞳共轭PPU的上游),以到达光瞳共轭PPU。在光瞳共轭PPU平面中并且与零阶衍射光束相关的强度分布的一部分是照射系统IL的照射系统光瞳IPU中强度分布的图像。孔径装置PD例如设置在(或大致上位于)包括投影系统PS的光瞳共轭PPU的平面处。

[0069] 投影系统PS被布置为借助于透镜或透镜组L不仅捕获零阶衍射光束,而且捕获第一级或第一级和更高级的衍射光束(未示出)。在一些实施例中,用于成像线图案的偶极照射,可以被用于利用偶极照射的分辨率增强效果,该线图案在垂直于线的方向上延伸。例如,第一级衍射光束在晶片W的水平上与相应的零阶衍射光束干涉,以产生具有尽可能高的分辨率和工艺窗口(即,可用的聚焦深度与可容许的曝光剂量偏差相结合)的线图案MP的图像。在一些实施例中,可以通过在照射系统光瞳IPU的相对象限中提供辐射极(未示出)来减小像散像差。此外,在一些实施例中,可以通过阻挡投影系统的光瞳共轭PPU中的、与相对象限中的辐射极相关联的零阶光束,来减小像散像差。这在于2009年3月31日发布的US 7,511,799 B2中有更详细的描述,其全部内容通过引用并入本文。

[0070] 借助于第二定位器PW和位置传感器IF(例如,干涉测量装置、线性编码器或电容传感器),衬底台WT可以精确地移动(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,第一定位器PM和另一位置传感器(图1B中未示出)可以被用于相对于辐射束B的路径,精确地定位掩模MA(例如,在从掩模库机械取回之后,或者在扫描期间)。

[0071] 通常,掩模台MT的移动可以借助于形成为第一定位器PM的一部分的长行程模块(粗略定位)和短行程模块(精细定位)来实现。类似地,衬底台WT的移动可以使用形成为第二定位器PW的一部分的长行程模块和短行程模块来实现。在步进器的情况下(与扫描仪相对),掩模台MT可以仅连接到短行程致动器,也可以被固定。可以使用掩模对准标记M1、M2和衬底对准标记P1、P2,来对准掩模MA和衬底W。尽管衬底对准标记(如图所示)占据了专用目标部分,但是它们可以位于目标部分之间的空间中(被称为划线对准标记)。类似地,在大于一个的管芯设置在掩模MA上的情况下,掩模对准标记可以位于管芯之间。

[0072] 掩模台MT和图案形成装置MA可以在真空室V中,其中真空机械手IVR可以被用于将诸如掩模等图案形成装置移入和移出真空室。备选地,当掩模台MT和图案形成装置MA在真空室外部时,类似于真空机械手IVR,真空外机械手可以被用于各种运输操作。真空内和真空外机械手都需要进行校准,以将任何有效负载(例如,掩模)平稳地转移到转移台的固定的运动支架上。

[0073] 光刻装置100和100'可以在以下模式中的至少一种模式下使用:

[0074] 1. 在步进模式下,支撑结构(例如,掩模台)MT和衬底台WT基本上保持静止,而赋予到辐射束B的整个图案被一次投射到目标部分C上(即,一次静态曝光)。然后,衬底台WT在X和/或Y方向上移动,使得可以曝光不同的目标部分C。

[0075] 2. 在扫描模式下,同步扫描支撑结构(例如,掩模台)MT和衬底台WT,同时赋予到辐

射束B的图案被投射到目标部分C上(即,单次动态曝光)。衬底台WT相对于支撑结构(例如,掩模台)MT的速度和方向,可以通过投射系统PS的(缩小)放大率和图像反转特性来确定。

[0076] 3. 在另一模式下,支撑结构(例如,掩模台)MT保持基本静止,以保持可编程图案化装置,并且在赋予辐射束B的图案被投射到目标部分C上的同时,衬底台WT被移动或扫描。可以采用脉冲辐射源S0,并且在衬底台WT的每次移动之后或在扫描期间的连续辐射脉冲之间,根据需要更新可编程图案化装置。这种操作模式可以易于被应用于利用可编程图案化装置(诸如可编程反射镜阵列)的无掩模光刻。

[0077] 也可以采用上述使用模式或完全不同的使用模式的组合和/或变型。

[0078] 在另一实施例中,光刻装置100包括极紫外(EUV)源,该极紫外源被配置为输出用于EUV光刻的EUV辐射束。通常,EUV源被配置在辐射系统中,并且相应照射系统被配置为调节EUV源的EUV辐射束。

[0079] 图2更详细地示出了光刻装置100,其包括源收集器装置S0、照射系统IL和投影系统PS。源收集器装置S0被构建和布置为使得可以在源收集器装置S0的封闭结构220中保持真空环境。发射等离子体210的EUV辐射可以通过放电产生的等离子体源来形成。EUV辐射可以由气体或蒸气产生,例如氙气、锂蒸气或锡蒸气,其中产生非常热的等离子体210以发射在电磁光谱的EUV范围内的辐射。非常热的等离子体210通过例如放电来产生,该放电引起至少部分电离的等离子体。为了有效地生成辐射,可能需要例如10Pa的Xe、Li、Sn蒸气或任何其他合适的气体或蒸气的分压。在一个实施例中,提供激发的锡(Sn)等离子体以产生EUV辐射。

[0080] 由热等离子体210发出的辐射经由可选的气体阻挡或污染物陷阱230(在某些情况下也称为污染物阻挡或翼片阱),从源室211进入收集器腔室212,气体阻挡或污染物陷阱230定位在源室211中的开口中或开口的后面。污染物陷阱230可以包括通道结构。污染物陷阱230还可以包括气体阻挡或气体阻挡与通道结构的组合。本文进一步指出的污染物陷阱或污染物阻挡230至少包括通道结构。

[0081] 收集器腔室212可以包括辐射收集器C0,辐射收集器C0可以是所谓的掠入射收集器。辐射收集器C0具有上游辐射收集器侧251和下游辐射收集器侧252。穿过收集器C0的辐射可以从光栅光谱滤光片240反射出来以被聚焦在虚拟源点IF上。虚拟源点IF通常被称为中间焦点,并且源收集器装置被布置为使得中间焦点IF位于封闭结构220中的开口219处或开口219的附近。虚拟源点IF是辐射发射等离子体210的图像。光栅光谱滤光片240特别地被用于抑制红外(IR)辐射。

[0082] 随后,辐射穿过照射系统IL,该照射系统IL可以包括多面的场反射镜装置222和多面的光瞳反射镜装置224,多面的场反射镜装置222和多面的光瞳反射镜装置224被布置为:在图案形成装置MA处提供辐射束221的期望角度分布,并且在图案形成装置MA处提供期望的辐射强度均匀性。当辐射束221在由支撑结构MT保持的图案化装置MA处反射时,形成图案化光束226,并且图案化光束226通过投影系统PS经由反射元件228、229成像到由晶片台或衬底台WT保持的衬底W上。

[0083] 照射光学单元IL和投影系统PS中通常可以存在比所示更多的元件。取决于光刻装置的类型,可以可选地存在光栅光谱滤光片240。此外,可以存在比图2所示更多的反射镜,例如,与图2所示的相比,在投影系统PS中可以存在一至六个附加反射元件。

[0084] 仅作为收集器(或收集器镜)的示例,如图2所示的收集器光学器件C0被描绘为具有掠入射反射器253、254和255的巢状收集器。掠入射反射器253、254和255围绕光轴O轴向对称地布置,并且这种类型的收集器光学器件C0优选地与放电产生的等离子体源(通常被称为DPP源)结合使用。

[0085] 示例性光刻单元

[0086] 图3示出了光刻单元300,有时也被称为光刻单元或簇。光刻装置100或100'可以形成光刻单元300的一部分。光刻单元300还可以包括用于在衬底上执行曝光前和曝光后工艺的一个或多个装置。常规地,这些一个或多个装置包括:用于沉积抗蚀剂层的旋涂机SC、用于使曝光的抗蚀剂显影的显影剂DE、冷却板CH和烘烤板BK。衬底处理机或机械手R0从输入/输出端口I/O1、I/O2拾取衬底,在不同的处理装置之间移动它们,然后将它们传送到光刻装置100或100'的进料台LB。这些装置通常被统称为轨道的设备在轨道控制单元TCU的控制下,轨道控制单元TCU本身由管理控制系统SCS控制,管理控制系统SCS也经由光刻控制单元LACU控制光刻装置。因此,可以操作不同的装置以使吞吐量和处理效率最大化。

[0087] 示例性对准装置

[0088] 为了控制光刻工艺以将器件特征准确地置于衬底上,通常在衬底上提供对准标记,并且光刻装置包括一个或多个对准装置和/或系统,必须通过该对准装置和/或系统准确测量标记在衬底上的位置。这些对准装置实际上是位置测量装置。已知来自不同时期和不同制造商的不同类型的标记和不同类型的对准装置和/或系统。当前在光刻装置中广泛使用的一种系统基于自参考干涉仪(如美国专利号6,961,116(den Boef等人)中所述的)。通常,分别测量标记以获取X和Y位置。然而,可以使用美国公开号2009/195768A(Bijnen等人)中描述的技术,来执行组合的X和Y测量。这些公开的全部内容通过引用并入本文。

[0089] 图4A示出了根据一个实施例的对准装置400的横截面示意图,该对准装置400可以被实现为光刻装置100或100'的一部分。在该实施例的示例中,对准装置400可以被配置为使衬底(例如,衬底W)相对于图案形成装置(例如,图案形成装置MA)对准。对准装置400还可以被配置为检测衬底上的对准标记的位置,并且使用检测到的对准标记的位置使衬底相对于图案形成装置或光刻装置100或100'的其他组件对准。衬底的这种对准可以确保衬底上一个或多个图案的精确曝光。

[0090] 根据一个实施例,根据该实施例的示例,对准装置400可以包括照射系统412、分束器414、干涉仪426、检测器428、光束分析器430和重叠计算处理器432。照射系统412可以被配置为提供具有一个或多个通带的电磁窄带辐射束413。在一个示例中,一个或多个通带可以在波长为大约500nm至大约900nm之间的光谱内。在另一示例中,一个或多个通带可以是波长在大约500nm至大约900nm之间的光谱内的离散的窄通带。照射系统412还可以被配置为提供在长时间段内(例如,在照射系统412的寿命内)具有基本恒定的中心波长(CWL)值的一个或多个通带。如上所述,在电流对准系统中,照射系统412的这种配置可以有助于防止实际CWL值与期望CWL值的偏移。并且,结果,与当前对准装置相比,使用恒定CWL值可以提高对准系统(例如,对准装置400)的长期稳定性和准确性。

[0091] 根据一个实施例,分束器414可以被配置为接收辐射束413并且将辐射束413分成至少两个辐射子光束。在一个示例中,辐射束413可以被分成辐射子光束415和417,如图4A所示。分束器414还可以被配置为将辐射子光束415引导到放置在台422上的衬底420上。在

一个示例中,台422可以沿方向424移动。辐射子光束415可以被配置为照射定位在衬底420上的对准标记或目标418。在该实施例的示例中,对准标记或目标418可以涂覆有辐射敏感膜。在另一示例中,对准标记或目标418可以具有一百八十度(即,180°)的对称性。也就是说,当对准标记或目标418绕垂直于对准标记或目标418的平面的对称轴旋转180°时,旋转后的对准标记或目标418可以与未旋转的对准标记或目标418基本相同。衬底420上的目标418可以是:(a)抗蚀剂层光栅,包括由实心抗蚀剂线形成的条,或(b)产品层光栅,或,(c)重叠目标结构中的复合光栅叠层,其包括叠加或交错在产品层光栅上的抗蚀剂光栅。备选地,该条可以被蚀刻到衬底中。该图案对光刻投影装置、特别是投影系统PL中的色差敏感,并且照射对称性和这种像差的存在,将在印刷光栅的变化中显现出来。被用于设备制造中的、进行测量线宽、间距和临界尺寸的一种在线方法,利用一种被称为“散射测量”的技术。散射测量方法在J.Vac.Sci.Tech.B,Vol.15,no.2,pp.361-368(1997)的Raymond等人的“Multiparameter Grating Metrology Using Optical Scatterometry”和SPIE,Vol.3677(1999)的Niu等人的“Specular Spectroscopic Scatterometry in DUV Lithography”中有所描述,这两者均通过整体引用并入本文。在散射测量中,光被目标中的周期性结构反射,并且在给定角度下检测所得到的反射光谱。产生反射光谱的结构被重构,例如,使用严格耦合波分析(RCWA)或通过与仿真得出的模式库进行比较。因此,印刷光栅的散射数据被用于重构光栅。可以根据印刷步骤和/或其他散射测量工艺的知识将光栅的参数(诸如线宽和形状)输入到由处理单元PU执行的重构工艺中。

[0092] 根据一个实施例,分束器414还可以被配置为接收衍射辐射束419,并且将衍射辐射束419分成至少两个辐射子光束。在一个示例中,衍射辐射束419可以被分成衍射辐射子光束429和439,如图4A所示。

[0093] 应当注意,即使分束器414被示为将辐射子光束415朝向对准标记或目标418引导,并且将衍射辐射子光束429朝向干涉仪426引导,但是本公开不限于此。对于相关领域的技术人员清楚的是,可以使用其他光学布置来获取以下的类似结果:照射衬底420上的对准标记或目标418,以及检测对准标记或目标418的图像。

[0094] 如图4A所示,干涉仪426可以被配置为通过分束器414接收辐射子光束417和衍射辐射子光束429。在一个示例实施例中,衍射辐射子光束429可以是辐射子光束415的、可以从对准标记或目标418反射的至少一部分。在该实施例的示例中,干涉仪426包括任何适当的光学元件组,例如,可以被配置为棱镜的组合,该棱镜的组合基于所接收的衍射辐射子光束429形成对准标记或目标418的两个图像。应当理解,不需要形成高质量的图像,但是应当分辨对准标记418的特征。干涉仪426还可以被配置为将两个图像中的一个图像相对于两个图像中的另一图像旋转180°,并且以干涉方式重新组合旋转后和未旋转的图像。

[0095] 在一个实施例中,检测器428可以被配置为当对准装置400的对准轴线421穿过对准标记或目标418的对称中心(未示出)时,经由干涉仪信号427接收重新组合的图像,并且检测由于重新组合图像而产生的干涉。这种干涉可能是由于对准标记或目标418呈180°对称而导致的,并且根据示例实施例,重新组合的图像相长或相消干涉。基于检测到的干涉,检测器428还可以被配置为确定对准标记或目标418的对称中心的位置,并且因此,检测衬底420的位置。根据一个示例,对准轴线421可以与垂直于衬底420并且穿过图像旋转干涉仪426的中心的光束对准。检测器428还可以被配置为通过实现传感器特性并且与晶片标记工

艺变化相互作用,来估计对准标记或目标418的位置。

[0096] 在另一实施例中,检测器428通过执行以下测量中的一个或多个,来确定对准标记或目标418的对称中心的位置:

[0097] 1. 测量各种波长的位置变化(颜色之间的位置偏移);

[0098] 2. 测量各种级的位置变化(衍射级之间的位置偏移);以及

[0099] 3. 测量各种偏振的位置变化(偏振之间的位置偏移)。

[0100] 例如,该数据可以利用任何类型的对准传感器,例如SMASH (SMart对准传感器混合)传感器来获取,如美国专利No.6,961,116所述,该专利采用具有单个检测器和四个不同波长的自参考干涉仪,并且以软件或ATHENA(使用高阶对准增强的高级技术)提取对准信号,如美国专利No.6,297,876所述,该专利将七个衍射级中的每个衍射级引导到专用检测器,这两个专利通过整体引用并入本文。

[0101] 在一个实施例中,光束分析器430可以被配置为接收和确定衍射的辐射子光束439的光学状态。光学状态可以是光束波长、偏振或光束轮廓的量度。光束分析器430还可以被配置为确定台422的位置,并且将台422的位置与对准标记或目标418的对称中心的位置相关联。这样,参考台422,可以精确地知道对准标记或目标418的位置以及因此衬底420的位置。备选地,光束分析器430可以被配置为确定对准装置400或任何其他参考元件的位置,使得可以参考对准装置400或任何其他参考元件,来知晓对准标记或目标418的对称中心。光束分析器430可以是具有某种形式的波段选择性的点或成像偏振仪。根据一个实施例,根据其他实施例,光束分析器430可以直接被集成到对准装置400中,或者经由几种类型的光纤连接:保偏单模、多模或成像。

[0102] 在一个实施例中,光束分析器430还可以被配置为确定衬底420上的两个图案之间的重叠数据。这些图案之一可以是参考层上的参考图案。另一图案可以是在曝光层上的曝光图案。参考层可以是在衬底420上已存在的蚀刻层。参考层可以通过光刻装置100和/或100'将参考图案在衬底上曝光来生成。曝光层可以是与参考层相邻的、经曝光的抗蚀剂层。曝光层可以通过光刻装置100或100'将曝光图案在衬底420上曝光来生成。衬底420上的曝光图案可以对应于台422相对衬底420的移动。在一个实施例中,所测量的重叠数据还可以指示参考图案与曝光图案之间的偏移。所测量的重叠数据可以被用作校准数据以校准由光刻装置100或100'曝光的曝光图案,使得在校准之后,可以使曝光层与参考层之间的偏移最小化。

[0103] 在一个实施例中,光束分析器430还可以被配置为确定衬底420的产品堆叠轮廓的模型,并且可以被配置为在单次测量中测量目标418的重叠、临界尺寸和焦点。产品堆叠轮廓包含有关堆叠产品的信息,诸如对准标记、目标418或衬底420,并且可以包括标记工艺变化引起的光学签名量测,该量测是照射变化的函数。产品堆叠轮廓还可以包括产品光栅轮廓、标记堆叠轮廓和标记不对称性信息。光束分析器430的一个示例是由荷兰Veldhoven的ASML制造的Yeldeldstar™,如美国专利No.8,706,442中所述,该专利通过整体引用并入本文。光束分析器430还可以被配置为处理与该层中的曝光图案的特定性质有关的信息。例如,光束分析器430可以处理:重叠参数(指示该层相对于衬底上的先前层的定位精度、或第一层相对于衬底上标记的定位精度)、聚焦参数、和/或该层中所描绘图像的临界尺寸参数(例如,线宽及其变化)。其他参数是与所描绘的曝光图案的图像的质量有关的图像参数。

[0104] 在一些实施例中,检测器阵列(未示出)可以连接到光束分析器430,并且允许进行准确的堆叠轮廓检测的可能性,如下所述。例如,检测器428可以是检测器阵列。对于检测器阵列,可能有多种选择:多模光纤束、每通道的离散引脚检测器、或CCD或CMOS(线性)阵列。出于稳定性原因,使用多模光纤束可以使得任何耗散元件位于较远的位置。离散PIN检测器可以提供较大的动态范围,但每个都需要单独的前置放大器。因此,元件的数目受到限制。CCD线性阵列提供了很多可以高速读取并且在使用相位步进检测时尤其值得关注的元件。

[0105] 在一个实施例中,第二光束分析器430'可以被配置为接收和确定衍射辐射子光束429的光学状态,如图4B所示。光学状态可以是光束波长、偏振或光束轮廓的量度。第二光束分析器430'可以与光束分析器430相同。备选地,第二光束分析器430'可以被配置为执行光束分析器430的至少所有功能,诸如确定台422的位置,以及将台422的位置与对准标记或目标418的对称中心的位置相关联。这样,参考对准台422,可以精确地知晓对准标记或目标418的对称中心的位置,并且因此知晓衬底420的位置。第二光束分析器430还可以被配置为确定对准装置400或任何其他参考元件的位置,使得可以参考对准装置400或任何其他参考元件,来知晓对准标记或目标418的对称中心。第二光束分析器430'还可以被配置为确定两个图案之间的重叠数据以及衬底420的产品堆叠轮廓的模型。第二光束分析器430'还可以被配置为在一次测量中测量目标418的重叠、临界尺寸和焦点。

[0106] 在一个实施例中,根据其他实施例,第二光束分析器430'可以直接被集成到对准装置400中,或者可以经由几种类型的光纤连接:保偏单模、多模或成像。备选地,第二光束分析器430'和光束分析器430可以被组合以形成单个分析器(未示出),该单个分析器被配置为接收和确定衍射辐射子光束429和439的光学状态。

[0107] 在一个实施例中,处理器432从检测器428和光束分析器430接收信息。例如,处理器432可以是重叠计算处理器。该信息可以包括由光束分析器430构建的产品堆叠轮廓的模型。备选地,处理器432可以使用所接收的关于产品标记的信息来构建产品标记轮廓的模型。在任一情况下,处理器432使用或结合产品标记轮廓的模型来构建堆叠的产品和重叠标记轮廓的模型。然后,堆叠模型被用于确定重叠偏移,并且使光谱对重叠偏移测量的影响最小化。处理器432可以基于从检测器428和光束分析器430接收的信息来产生基本校正算法,包括但不限于照射光束、对准信号的光学状态、相关联的位置估计,以及光瞳、图像和其他平面中的光学状态。光瞳面是这样的平面,在该平面中,辐射的径向位置定义了入射角,而角位置定义了辐射的方位角。处理器432可以参考晶片标记和/或对准标记418,利用基本校正算法来表征对准装置400。

[0108] 在一个实施例中,处理器432还可以被配置为基于从检测器428和光束分析器430接收的信息,针对每个标记确定相对于传感器估计的印刷图案位置偏移误差。该信息包括但不限于衬底420上的每个对准标记或目标418的产品堆叠轮廓、对重叠、临界尺寸和焦点的测量。处理器432可以利用聚类算法将标记分组为相似恒定偏移误差的集合,并且基于该信息产生对准误差偏移校正表。聚类算法可以基于与每组偏移误差相关联的重叠测量、位置估计和附加的光学堆叠工艺信息。为多个不同标记计算重叠,例如,在已编程的重叠偏移周围具有正和负偏差的重叠目标。测量最小重叠的目标被作为参考(因为它以最佳精度进行测量)。根据该测得的小重叠以及其对应目标的已知编程重叠,可以推导出重叠误差。表1示出了如何执行该操作。在所示的示例中,最小测量重叠为-1nm。但是,这关于编程重叠为-

30nm的目标。因此,该工艺必须引入29nm的重叠误差。

编程重叠	-70	-50	-30	-10	10	30	50
测量重叠	-38	-19	-1	21	43	66	90
[0109] 测量重叠与编程重叠之间的差异	32	31	29	31	33	36	40
重叠误差	3	2	-	2	4	7	11

[0110] 可以将最小值作为参考点,相对于此,可以计算测量重叠与由于编程重叠而预期的重叠之间的偏移。该偏移针对每个标记或具有相似偏移的标记集,来确定重叠误差。因此,在表1的示例中,在编程重叠为30nm的目标位置,最小测量重叠为-1nm。将其他目标处的预期重叠与测量重叠之间的差异与该参考进行比较。还可以在不同照射设置下根据标记和目标418获取诸如表1等表,可以确定并且选择导致最小重叠误差的照射设置及其对应校准因子。此后,处理器432可以将标记分组为相似的重叠误差的集合。用于标记分组的准则可以基于不同的工艺控制来调节,例如针对不同工艺的不同误差容限。

[0111] 在一个实施例中,处理器432可以确认组的所有或大多数成员具有相似的偏移误差,并且基于其附加光学堆叠量测,将来自聚类算法的个体偏移校正应用于每个标记。处理器432可以确定每个标记的校正,并且将校正反馈给光刻装置100或100',以校正重叠中的误差,例如,通过将校正反馈到对准装置400中。

[0112] 示例性对准传感器装置

[0113] 如上所述,通过改变每个晶片上的堆叠厚度、材料和/或工艺(即,工艺变化),以及由于对准传感器之间的相互作用而导致的重叠误差,引起了工艺中精度误差(OPAE)。工艺变化会改变来自衬底上对准标记的反射光的光学特性,这会导致OPAE。尽管有各种技术,诸如可以校正对准标记中的不对称性的标记不对称性重构(MAR)、改进的传感器(例如,SMASH)、和预测性建模,但是晶片堆叠特性变化(即,工艺变化)仍会导致OPAE的下限并且无法使用当前的技术和系统进一步降低。工艺变化与对准传感器相互作用,并且产生无法校准的对准位置误差(APE)。

[0114] APE是对准位置相对于参考对准位置(例如,衬底上的已校准对准标记)的变化或偏移。但是,APE是各种物理参数的函数,例如,光束波长、光谱带宽、数值孔径、光束强度、光束光斑大小、光束形状、光束图案和/或偏振。例如,APE可以被建模为针对一个或多个物理参数的线性函数。当在对准和/或光刻装置中改变物理参数时,可以测量由于未知的工艺变化而引起的参考对准位置的变化或偏移,并且可以确定和施加校正以减少OPAE。

[0115] 图5示出了根据示例性实施例的对准传感器装置500。对准传感器装置500被配置为校正APE并且改善例如光刻装置100或100'中的重叠。对准传感器装置500可以包括照射系统502、点反射镜516、聚焦透镜518、偏振分束器550、检测器控制器584、一个或多个滤光片506、508、510、512、514、538、548、560、576、以及APE处理器590。尽管对准传感器装置500

在图5中被示出为独立装置,但是本公开的实施例不限于该示例,并且本公开的对准传感器装置500的实施例可以与其他光学系统一起使用,诸如但不限于光刻装置100和/或100'、光刻单元300、对准装置400和/或其他光学系统。

[0116] 照射系统502被配置为沿照射路径朝向点反射镜516透射照射光束504。照射系统502与图4A和4B中描述的照射系统412类似。例如,照射系统502可以包括被配置为生成EUV辐射束的极紫外(EUV)源。照射系统502可以包括辐射系统中的EUV源和对应的调节系统,该调节系统被配置为调节EUV源的EUV辐射束。

[0117] 照射系统502可以被配置为提供具有一个或多个通带的电磁窄带照射光束504。在一个示例中,一个或多个通带可以在波长为大约500nm至大约900nm之间的光谱内。在一个示例中,一个或多个通带可以在波长为大约10nm至大约500nm之间的光谱内。在另一示例中,一个或多个通带可以是在波长为大约500nm至大约900nm之间的光谱内的离散的窄通带。在另一示例中,一个或多个通带可以是在波长为大约10nm至大约500nm之间的光谱内的离散的窄通带。照射系统502还可以被配置为提供在长时段内(例如,在照射系统502的寿命内)具有基本恒定的中心波长(CWL)值的一个或多个通带。如上所述,在电流对准系统中,照射系统502的这种配置可以有助于防止实际CWL值与期望CWL值的偏移。因此,与当前对准装置相比,使用恒定CWL值可以提高对准系统(例如,对准传感器装置500)的长期稳定性和准确性。

[0118] 在一些实施例中,照射系统502可以将宽带光源(即,具有宽范围的光频率或光波长并且因此具有多种颜色的光源)用于辐射源,该辐射源可以给出大的集光率(即,光的扩展度,例如,光源的面积(A)与系统的入射光瞳从光源看所对的立体角(Ω)的乘积),从而允许多个波长的混合。在一些实施例中,照射光束504可以包括宽带中的多个波长,优选地,每个波长可以具有 $\Delta\lambda$ 的带宽和至少 $2\Delta\lambda$ 的间隔(即,带宽的两倍)。在一些实施例中,照射系统502可以包括若干个辐射“源”,该辐射“源”用于已使用光纤束被分开的扩展辐射源的不同部分。以这种方式,可以在多个波长处并行测量角度分辨散射光谱。例如,可以测量三维光谱(波长和两个不同的角度),三维光谱包含比二维光谱更多的信息。这允许测量更多信息,从而增加了量测工艺的稳健性。这在EP 1628164A2中有更详细的描述,其全部内容通过引用并入本文。

[0119] 点反射镜516是透射性立方体,具有设置在立方体的中心的反射金属层。如图5所示,点反射镜516可以与照射路径形成 45° 角,以便将照射光束504引向衬底522。在一个实施例中,点反射镜516可以是分束器,该分束器被配置为朝向衬底522反射照射光束504的第一部分(例如,50%),并且朝向光束分析器536透射照射光束504的第二部分(例如,50%)。光束分析器536类似于图4A和4B中描述的光束分析器430,并且被配置为分析照射光束504的各种特性,例如强度、光束形状、对准位置和/或偏振。

[0120] 如图5所示,点反射镜516可以将照射光束504朝向聚焦透镜518透射,聚焦透镜518将照射光束504聚焦在衬底522上的衍射目标520上。在一个实施例中,衍射目标520可以是对准标记。在一个实施例中,衬底522由台524支撑并且沿对准轴线526居中。在一些实施例中,衬底522上的衍射目标520可以是一维光栅,其被印刷使得在显影之后,光栅条由固态抗蚀剂线形成。在一些实施例中,衍射目标520可以是二维阵列或光栅,其被印刷成使得在显影之后,光栅由抗蚀剂中的固体抗蚀剂柱或通孔形成。例如,备选地,条、柱或通孔可以被蚀

刻到衬底522中。

[0121] 聚焦在衍射目标520上的照射光束504沿信号路径535产生信号光束,该信号光束包括从衍射目标520反射的衍射级子光束528、530、532。如图5所示,第一衍射级子光束528、第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532反射离开衍射目标520,返回朝向聚焦透镜518并且产生信号路径535。在一些实施例中,聚焦透镜518可以放在光瞳面处。光瞳面是如下这样的平面:在该平面中辐射的径向位置定义入射角,而角位置定义辐射的方位角。

[0122] 在一些实施例中,第一衍射级子光束528可以是零衍射级子光束,第二衍射级子光束530可以是第一衍射级子光束(例如,-1),并且第三衍射级子光束532可以是第一衍射级子光束(例如,+1)。如图5所示,点反射镜516阻挡和/或反射第一衍射级子光束528,并且沿信号路径535透射第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532。在一些实施例中,点反射镜516朝向光束分析器536反射第一衍射级子光束528,光束分析器536被配置为分析第一衍射级子光束528的各种特性,例如强度、光束形状、对准位置和/或偏振。

[0123] 第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532沿信号路径535透射到偏振分束器550,偏振分束器550被配置为基于子光束530、532的偏振将第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532分离并且透射到第一偏振光学分支(例如,“X”方向,s偏振)和第二偏振光学分支(例如,“Y”方向,p偏振)中。电场沿入射平面的偏振辐射被视为p偏振(即,横向磁场(TM)),而电场垂直于入射平面的偏振辐射被视为s偏振(即,横向电场(TE))。偏振分束器550将信号路径535分成正交偏振分量(即,第一偏振光学分支和第二偏振光学分支),并且将s偏振的子光束530、532透射到第一偏振光学分支(“X”方向,s偏振)中,并且将p偏振的子光束530、532透射到第二偏振光学分支(“Y”方向,p偏振)中。

[0124] 第一偏振光学分支被配置为透射s偏振子光束530、532,并且参考对准轴线526来测量衍射目标520在水平或“X”方向上的对准位置的任何变化、偏移和/或偏差。如图5所示,第一偏振光学分支可以包括第一偏振滤光片552、“X”方向上的自参考干涉仪(SRI-X)554、第二偏振滤光片556和偏振分束器558。S偏振子光束530、532依次透射通过第一偏振滤光片552、SRI-X 554和第二偏振滤光片556。在一些实施例中,第一偏振滤光片552和第二偏振滤光片556每个可以是波片,例如,在 22.5° ($\pi/8$)处的半波片。在一些实施例中,第一偏振滤光片552和第二偏振滤光片556每个可以是波片,例如,在 45° ($\pi/4$)处的四分之一波片。

[0125] 半波片引起 180° (θ)的相移,并且将在偏振矢量与快轴矢量之间形成的偏振角 θ 旋转到 $-\theta$ 。对于线性偏振光,半波片从 θ 旋转到 2θ ,而对于椭圆形地(例如,圆形地)偏振光,半波片则将手性反转(例如,从右旋到左旋)。四分之一波片引起 90° ($\theta/2$)的相移,并且输出取决于在快轴矢量与慢轴矢量之间形成的输入偏振角 ϕ 。对于线性偏振光, $\phi=0^\circ$ 不会产生线性偏振变化, $\phi=45^\circ$ 会产生圆偏振,而 $0^\circ<\phi<45^\circ$ 会产生椭圆偏振。

[0126] 第一偏振滤光片552、SRI-X 554和第二偏振滤光片556被配置为将s偏振子光束530、532的图像旋转 180° ,并且重新组合彼此异相 180° 的两个图像。这两个重新组合的图像被透射到偏振分束器558。偏振分束器558被配置为将两个重新组合的图像之差分离并且透射到第一位置检测器566中,并且将两个重新组合图像之和透射到第二位置检测器564中。如图5所示,聚焦透镜562可以被包括在第一偏振光学分支中,以便将两个重新组合图像之和聚焦到第二位置检测器564上。在一些实施例中,类似于聚焦透镜562的附加聚焦透镜可

以被包括在第一位置检测器566与偏振分束器558之间,以便聚焦两个重新组合的图像之差。

[0127] 第二偏振光学分支类似于第一偏振光学分支,并且被配置为透射p偏振子光束530、532,并且参考对准轴线526来测量衍射目标520在垂直或“Y”方向上的对准位置的任何变化、偏移和/或偏差。如图5所示,第一偏振光学分支可以包括第一偏振滤光片568、“Y”方向上的自参考干涉仪(SRI-Y)570、第二偏振滤光片572和偏振分束器574。P偏振子光束530、532依次透射通过第一偏振滤光片568、SRI-Y 570和第二偏振滤光片572。在一些实施例中,第一偏振滤光片568和第二偏振滤光片572每个可以是波片,例如,在 22.5° ($\pi/8$)处的半波片。在一些实施例中,第一偏振滤光片568和第二偏振滤光片572每个可以是波片,例如,在 45° ($1/3/4$)处的四分之一波片。

[0128] 第一偏振滤光片568、SRI-Y 570和第二偏振滤光片572被配置为将p偏振子光束530、532的图像旋转 180° ,并且重新组合彼此异相 180° 的两个图像。这两个重新组合的图像被透射到偏振分束器574。偏振分束器574被配置为将两个重新组合的图像之差分离并且透射到第三位置检测器582中,并且将两个重新组合图像之和透射到第四位置检测器580中。如图5所示,聚焦透镜578可以被包括在第二偏振光学分支中,以便将两个重新组合的图像之和聚焦到第四位置检测器580上。在一些实施例中,类似于聚焦透镜578的附加聚焦透镜可以被包括在第三位置检测器582与偏振分束器574之间,以便聚焦两个重新组合的图像之差。

[0129] 如图5所示,检测器控制器584可以分别经由第一控制信号586、第二控制信号585、第三控制信号588和第四控制信号587连接到第一位置检测器566、第二位置检测器564、第三位置检测器582和第四位置检测器580。检测器控制器584被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的信号光束(例如,之差以及之和)参考对准轴线526,来测量和检测衍射目标520的对准位置。在一些实施例中,检测器控制器584被配置为测量衍射目标520在水平或“X”方向和/或垂直或“Y”方向上的对准位置的任何变化、偏移和/或偏差。在一些实施例中,检测器控制器584可以组合第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532以产生正弦相位。

[0130] 一个或多个滤光片可以沿照射光束504的照射路径、和/或第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532的信号路径535设置。如上所述,当滤光片沿照射路径和/或信号路径535设置时,调节沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的一个或多个物理参数,并且衍射目标520的对准位置相对于参考对准位置发生变化或偏移(例如,衬底522上的校准衍射目标520)。

[0131] 如图5所示,一个或多个滤光片可以包括沿照射光束504的照射路径和/或信号路径535设置的光谱滤光片506、数值孔径(NA)滤光片508、中性密度(ND)滤光片510、图案化滤光片512和/或偏振滤光片514。在某些实施例中,频谱滤光片506可以包括带通滤光片、带通干涉滤光片、陷波滤光片、短通滤光片、长通滤光片、阶跃滤光片和/或二向色滤光片。在一些实施例中,NA滤光片508可以包括透镜、物镜和/或棱镜,该透镜、物镜和/或棱镜被配置为改变沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的光功率和/或光束形状。在一些实施例中,ND滤光片510可以被配置为改变沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的强度和/或光斑尺寸。在一些实施例中,图案化滤光片512可以包括设置在沿信号路径

535的照射光束504和/或子光束530、532中的图案化的掩模版和/或参考图案。在一些实施例中,偏振滤光片514可以包括设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中的波片。例如,偏振滤光片514可以是半波片或四分之一波片。

[0132] 在一些实施例中,如图5所示,一个或多个滤光片506、508、510、512、514可以设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中的各个位置处,包括但不限于滤光片538、滤光片544、滤光片548、滤光片560和/或滤光片576。例如,滤光片538可以是波片。例如,滤光片560可以是图案化的掩模版和/或参考图案。例如,滤光片544可以是图案化的掩模版和/或参考图案。

[0133] APE处理器590经由控制信号592耦合到检测器控制器584。APE处理器590被配置为测量由一个或多个滤光片506、508、510、512、514、538、544、548、560、576引起的衍射目标520的对准位置的变化和/或偏移。APE处理器590从检测器控制器584接收测量的对准位置值,以计算衍射目标520的参考(即,已校准的)对准位置。当一个或多个滤光片506、508、510、512、514、538、544、548、560、576设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中时,APE处理器590接收衍射目标520的后续的(即,经修改的)对准位置,并且计算两个测得的对准位置之间的任何变化。基于该变化,APE处理器590确定对准传感器装置500的传感器响应函数。APE处理器590被配置为基于传感器响应函数来校正对准传感器装置500的APE。在一些实施例中,APE处理器590被配置为通过针对一个或多个物理参数计算传感器响应函数的导数和/或最小值,来校正APE。在一些实施例中,传感器响应函数由APE处理器590基于线性模型来计算。在一些实施例中,传感器响应函数由APE处理器590基于非线性模型来计算。

[0134] 在一实施例中,在检测器控制器584和/或APE处理器590确定衍射目标520的参考(即,已校准的)对准位置之后,光谱滤光片506设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中,以调节一个或多个物理参数。APE处理器590被配置为基于沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的不同波长之间的变化,来确定传感器响应函数。例如,照射光束504的初始波长(λ)可以为700nm。在 $\lambda_0=700\text{nm}$ 处测量衍射目标520的第一对准位置(例如,参考对准位置)为 $x_0=0\text{nm}$ 。光谱滤光片506(例如,陷波滤光片)将照射光束504的波长从700nm调节到710nm,并且在 $\lambda_1=710\text{nm}$ 处测量衍射目标520的第二对准位置为 $x_1=4\text{nm}$ 。假定APE是波长的线性函数,则由APE处理器590计算基于不同波长之间的变化的传感器响应函数,使得传感器响应函数为 $\Delta x/\Delta\lambda=(4\text{nm}-0\text{nm})/(710\text{nm}-700\text{nm})=0.4$ 或 $\text{APE}=(0.4)\cdot\Delta\lambda$ 。

[0135] 在一个实施例中,在检测器控制器584和/或APE处理器590确定衍射目标520的参考(即,已校准的)对准位置之后,NA滤光片508设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中,以调节一个或多个物理参数。APE处理器590被配置为基于沿信号路径535的一个或多个不同的衍射级子光束528、530、532之间的变化,来确定传感器响应函数。例如,照射光束504的初始NA可以为1.35。在 $\text{NA}_0=1.35$ 处测量例如第三衍射级子光束532的第一对准位置(例如,参考对准位置)为 $x_0=0\text{nm}$ 。NA滤光片508将照射光束504的NA从1.35调节到1.20,并且在 $\text{NA}_1=1.20$ 处测量第三衍射级子光束532的第二对准位置为 $x_1=3\text{nm}$ 。假定APE是衍射级子光束的线性函数,则由APE处理器590计算基于不同衍射级子光束之间的变化的传感器响应函数,使得传感器响应函数为 $\Delta x/\Delta\text{NA}=(3\text{nm}-0\text{nm})/(1.35-1.20)=20$ 或

$APE = (20) \cdot \Delta NA \text{ (nm)}$ 。

[0136] 在一个实施例中,在检测器控制器584和/或APE处理器590确定衍射目标520的参考(即,已校准的)对准位置之后,偏振滤光片514设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中,以调节一个或多个物理参数。APE处理器590被配置为基于沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的不同偏振之间的变化,来确定传感器响应函数。例如,照射光束504的初始线性偏振(θ)可以为 30° 。衍射目标520的第一对准位置(例如,参考对准位置)在 $\theta_0 = 30^\circ$ 处测量为 $x_0 = 5\text{nm}$ 。偏振滤光片514将照射光束504的偏振从 30° 调节到 45° ,并且在 $\theta_1 = 45^\circ$ 处测量衍射目标520的第二对准位置为 $x_1 = 8\text{nm}$ 。假定APE是偏振的线性函数,则由APE处理器590计算基于不同偏振之间变化的传感器响应函数,使得传感器响应函数为 $\Delta x / \Delta \theta = (8\text{nm} - 5\text{nm}) / (45^\circ - 30^\circ) = 0.2$ 或 $APE = (0.2) \cdot \Delta \theta \text{ (nm/}^\circ)$ 。

[0137] 在一些实施例中,对准传感器装置500可以包括光束分析器536和/或标记不对称性重构(MAR)光学分支540。在一些实施例中,如图5所示,MAR光学分支540可以设置在点反射镜516与偏振分束器550之间。MAR光学分支540被配置为测量和确定衍射目标520中的不对称性。MAR光学分支540可以包括分束器542和MAR检测器546。分束器542沿信号路径535反射一部分子光束530、532,并且沿信号路径535朝向偏振分束器550透射其余部分的子光束530、532。在一些实施例中,如图5所示,MAR光学分支540可以包括滤光片544。例如,滤光片544可以是图案化的掩模版和/或参考图案。在一些实施例中,MAR检测器546经由控制信号598耦合到光束分析器536。例如,MAR检测器546可以接收和合并由光束分析器536测量的照射光束504、534和/或第一衍射级子光束528的各种参数的参考值,并且基于这些参考值来优化检测的衍射目标520的不对称性。

[0138] 在某些实施例中,APE处理器590经由控制信号596耦合到光束分析器536。例如,APE处理器590可以接收和合并由光束分析器536测量的照射光束504、534和/或第一衍射级子光束528的各种参数的参考值,并且基于这些参考值来优化对准位置和/或传感器响应函数。在一些实施例中,APE处理器590经由控制信号594耦合到MAR检测器546。例如,APE处理器590可以接收和合并由MAR检测器546测量的衍射目标520的不对称性值,并且基于这些不对称性值来优化对准位置和/或传感器响应函数。

[0139] 示例性流程图

[0140] 图6示出了根据一个实施例的用于校正APE的流程图600。应当理解,并非需要图6中的所有步骤来执行本文中提供的公开内容。此外,一些步骤可以同时执行,或者以与图6所示的不同的顺序执行。将参考图5描述流程图600。但是,流程图600不限于这些示例实施例。

[0141] 在步骤602中,如图5的示例中所示,测量衍射目标520的初始(例如,参考)对准标记位置。照射系统502被配置为沿照射路径朝向点反射镜516透射照射光束504。点反射镜516可以朝向聚焦透镜518透射照射光束504,聚焦透镜518将照射光束504聚焦在衬底522上的衍射目标520上。聚焦在衍射目标520上的照射光束504沿信号路径535产生信号光束,该信号光束包括从衍射目标520反射的衍射级子光束528、530、532。第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532沿信号路径535透射到偏振分束器550。偏振分束器550将信号路径535分成正交偏振分量(即,第一偏振光学分支和第二偏振光学分支),并且将s偏振子光束530、532透射到第一偏振光学分支("X"方向,s偏振)中,并且将p偏振子光束530、532透射到

第二偏振光学分支(“Y”方向,p偏振)中。第一偏振光学分支被配置为透射s偏振子光束530、532,并且参考对准轴线526来测量衍射目标520在水平或“X”方向的对准位置的任何变化、偏移和/或偏差。第二偏振光学分支类似于第一偏振光学分支,并且被配置为透射p偏振子光束530、532,并且参考对准轴线526来测量衍射目标520在垂直或“Y”方向的对准位置的任何变化、偏移和/或偏差。检测器控制器584被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的信号光束(例如,差和和),参考对准轴线526来测量和检测衍射目标520的对准位置。在一些实施例中,检测器控制器584被配置为测量衍射目标520在水平或“X”方向和/或垂直或“Y”方向上的对准位置的任何变化、偏移和/或偏差。

[0142] 在步骤604中,如图5的示例中所示,通过一个或多个滤光片506、508、510、512、514、538、548、560、576,调节沿信号路径535的照射光束504和/或衍射级子光束528、530、532中的一个或多个物理参数。当调节沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的一个或多个物理参数时,衍射目标520的参考对准位置发生变化、偏移和/或偏差。一个或多个滤光片可以包括光谱滤光片506、数值孔径(NA)滤光片508、中性密度(ND)滤光片510、图案滤光片512和/或偏振滤光片514。

[0143] 在一些实施例中,频谱滤光片506可以包括带通滤光片、带通干涉滤光片、陷波滤光片、短通滤光片、长通滤光片、阶跃滤光片和/或二向色滤光片。在一些实施例中,NA滤光片508可以包括透镜、物镜和/或棱镜,该透镜、物镜和/或棱镜被配置为改变沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的光功率和/或光束形状。在一些实施例中,ND滤光片510可以被配置为改变沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的强度和/或光斑尺寸。在一些实施例中,图案化滤光片512可以包括设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中的图案化的掩模版和/或参考图案。在一些实施例中,偏振滤光片514可以包括设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中的波片。例如,偏振滤光片514可以是半波片或四分之一波片。

[0144] 在一些实施例中,如图5所示,一个或多个滤光片506、508、510、512、514可以设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中的各个位置处,包括但不限于滤光片538、滤光片544、滤光片548、滤光片560和/或滤光片576。例如,滤光片538可以是波片。例如,滤光片560可以是图案化的掩模版和/或参考图案。例如,滤光片544可以是图案化的掩模版和/或参考图案。

[0145] 在步骤606中,由于一个或多个滤光片506、508、510、512、514、538、548、560、576引起的对准标记位置的变化,测量衍射目标520的后续(例如,经修改的)对准标记位置,以确定传感器响应函数。步骤606中的后续测量过程类似于步骤602中所述的过程。APE处理器590被配置为测量由一个或多个滤光片506、508、510、512、514、538、544、548、560、576引起的衍射目标520的对准位置的变化、偏移和/或偏差,这些滤光片设置在沿信号路径535的照射光束504和/或衍射级子光束528、530、532中,如步骤604所述。APE处理器590从检测器控制器584接收测量的对准位置值,以计算衍射目标520的参考(即,已校准的)对准位置,并且接收衍射目标520的后续(即,经修改的)对准位置,并且计算两个测量的对准位置之间的任何变化。基于该变化,APE处理器590根据一个或多个滤光片506、508、510、512、514、538、544、548、560、576确定对准传感器装置500的传感器响应函数。在一些实施例中,传感器响应函数由APE处理器590基于线性模型来计算。在一些实施例中,传感器响应函数由APE处理

器590基于非线性模型来计算。

[0146] 在一个实施例中,在检测器控制器584和/或APE处理器590确定衍射目标520的参考(即,已校准的)对准位置之后,光谱滤光片506设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中,以调节一个或多个物理参数。APE处理器590被配置为基于沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532的不同波长之间的变化,来确定传感器响应函数。

[0147] 在一个实施例中,在检测器控制器584和/或APE处理器590确定衍射目标520的参考(即,已校准的)对准位置之后,NA滤光片508设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中,以调节一个或多个物理参数。APE处理器590被配置为基于沿信号路径535的一个或多个不同衍射级子光束528、530、532之间的变化,确定传感器响应函数。

[0148] 在一个实施例中,在检测器控制器584和/或APE处理器590确定衍射目标520的参考(即,已校准的)对准位置之后,偏振滤光片514设置在沿信号路径535的照射光束504和/或子光束530、532中,以调节一个或多个物理参数。APE处理器590被配置为基于照射光束504和/或子光束530、532沿信号路径535的不同偏振之间的变化,来确定传感器响应函数。

[0149] 在步骤608中,基于传感器响应函数,APE处理器590校正对准位置误差(APE)。在一些实施例中,APE处理器590被配置为通过针对一个或多个物理参数,计算传感器响应函数的导数和/或最小值来校正APE。在一些实施例中,APE处理器590基于传感器响应函数来校正对准传感器装置500、光刻装置100和/或100'、光刻单元300、对准装置400和/或其他光学系统的APE。

[0150] 在一些实施例中,使用监测晶片在对准传感器装置500上执行基本校正校准。先前已使用包含特殊散射测量标记的特殊掩模版对监测晶片进行曝光。根据一个实施例,至少一个监测晶片是衬底522。APE处理器590可以基于从检测器控制器584、光束分析器536和/或MAR检测器546接收的信息,来创建基本校正算法,包括但不限于照射光束504、对准信号的光学状态,以及相关的位置估计,和光瞳、图像和附加平面中的光学状态。APE处理器590可以利用基本校正算法参考晶片标记(例如,衍射目标520)来表征对准传感器装置500。

[0151] 在一些实施例中,使用工艺晶片在对准传感器装置500上执行基本对准系统校准。APE处理器590可以基于从检测器控制器584、光束分析器536和/或MAR检测器546接收的信息参考晶片标记(例如,衍射目标520)来更新基本校正算法并且表征对准传感器装置500,包括但不限于照射光束504、对准信号的光学状态,以及相关的位置估计,和光瞳、图像和其他平面中的光学状态。

[0152] 在一些实施例中,APE处理器590可以基于从检测器控制器584、光束分析器536和/或MAR检测器546接收的信息,针对每个标记确定相对于传感器估计的工艺晶片上的印刷图案位置偏移误差。APE处理器590可以利用聚类算法将标记分组为相似恒定偏移误差的集合,并且基于该信息产生对准误差偏移校正表。APE处理器590还可以利用从步骤602和606获取的校准信息来确定每个标记的校正。

[0153] 在一些实施例中,APE处理器590可以将校正反馈到光刻装置100和/或100'和/或对准传感器装置500用以校正重叠偏移的误差,例如通过将校正反馈到对准传感器装置500中、和/或使用经校准的系统和/或传感器响应函数处理衬底522。可以通过光刻投影设备使用已知的制造工艺来处理衬底522,并且将图案(例如,掩模版中的重叠标记或产品图案)成像到至少部分被辐射敏感材料层覆盖的衬底522上(抗蚀剂)。在该成像之前,衬底522可以

经历各种步骤,诸如底涂、抗蚀剂涂覆和软烘烤。衬底522可以在曝光之前在经校准的对准传感器装置500中对准。在曝光之后,可以对衬底522进行其他工艺,诸如曝光后烘烤(PEB)、显影、硬烘烤、以及成像特征的测量/检查。因此,利用重叠标记与产品图案一起曝光衬底522,并且显影抗蚀剂以将重叠标记印刷在堆叠的晶片上。

[0154] 在一些实施例中,APE处理器590可以针对曝光的衬底522上的每个对准标记或衍射目标520,测量相对于传感器估计的印刷图案位置偏移误差。测量信息包括但不限于衬底522上的每个对准标记或衍射目标520的产品堆叠轮廓、对重叠、临界尺寸和焦点的测量。APE处理器590可以利用聚类算法将标记分组为相似恒定偏移误差的集合,并且基于该信息产生对准误差偏移校正表。聚类算法可以基于与每组偏移误差相关联的重叠测量、位置估计和附加的光学堆叠工艺信息。可以从该测得的重叠及其对应目标的已知编程重叠,推断出重叠误差。

[0155] 在一些实施例中,APE处理器590可以确定针对每个标记的校正,并且将校正反馈回光刻装置100和/或100'和/或对准传感器装置500用以校正重叠误差,例如通过将校正反馈送到对准传感器装置500中。因此,该过程产生用于校准对准传感器装置500的自学习反馈回路。

[0156] 示例性对准传感器装置(重心偏移)

[0157] 如上所述,OPA E是由以下所引起:每个晶片上的堆叠厚度、材料和/或工艺的变化(即,工艺变化),以及由于对准传感器之间的相互作用而导致的重叠误差。工艺变化会改变来自衬底上对准标记的反射光的光学特性,这会导致OPA E。由于加工导致的对准目标中的不对称性变化会导致高达几纳米的对准误差,并且难以预测或校准。此外,基于衍射的对准装置光学器件不能区分由对准目标中的不对称性变化引起的相位偏移,以及对准目标的衍射级之间的相位差。

[0158] 间接测量衍射目标中的不对称性的一种方法是监测衍射目标的重心。当照射光束被导向或聚焦到衍射目标时,会产生具有辐照度分布的信号光束。辐照度分布包括从衍射目标反射或由衍射目标产生的衍射级子光束。每个衍射级子光束具有衍射级分布。对于对称衍射目标,衍射级分布的重心或质心以衍射级子光束为中心。对于不对称衍射目标,衍射级分布的重心发生非对称的(即,不对称的)偏移。通过测量这种不对称的重心偏移,可以确定系统的传感器响应函数并且校正对准位置误差。

[0159] 图7至9分别示出了根据各种示例性实施例的来自不同衍射目标702、802、902的各种辐照度分布700、800、900。可以在对准传感器装置500(即,图5所示)或类似的对准传感器装置(例如,图4A和4B所示的对准装置400)中产生、检测和测量辐照度分布700、800、900。尽管下面参考如图5所示的对准传感器装置500描述辐照度分布700、800、900,但是本公开的实施例不限于该示例,并且本公开的辐照度分布700、800、900的实施例可以与其他光学系统一起使用,诸如但不限于光刻装置100和/或100'、光刻单元300、对准装置400和/或其他光学系统。

[0160] 如图7所示,辐照度分布700是对称的,并且由具有小的角反射率的对称衍射目标702产生。图7所示的对称衍射目标702类似于图5所示的衍射目标520或图4A和4B所示的对准标记或目标418。辐照度分布700包括第一衍射级子光束710、第二衍射级子光束720和第三衍射级子光束730。第一衍射级子光束710、第二衍射级子光束720和第三衍射级子光束

730与准传感器装置500的第一衍射级子光束528、第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532(即,图5所示)相似。第一衍射级子光束710具有带有重心712的第一衍射级分布714。第二衍射级子光束720具有带有重心722的第二衍射级分布724。第三衍射级子光束730具有带有重心732的第三衍射级分布734。

[0161] 如图8所示,辐照度分布800是对称的,并且由具有大的角反射率的对称衍射目标802和重叠层804产生。图8所示的对称衍射目标802类似于图5所示的衍射目标520或图4A和4B所示的对准标记或目标418。辐照度分布800包括第一衍射级子光束810、第二衍射级子光束820和第三衍射级子光束830。第一衍射级子光束810、第二衍射级子光束820和第三衍射级子光束830与对准传感器装置500的第一衍射级子光束528、第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532(即,图5所示)相似。第一衍射级子光束810具有带有重心812的第一衍射级分布814。第二衍射级子光束820具有第二衍射级分布824,第二衍射级分布824从重心822(即,图7所示的重心722)偏移,如重心偏移826所示。第三衍射级子光束830具有第三衍射级分布834,第三衍射级分布834从重心832(即,图7所示的重心732)偏移,如重心偏移836所示。重叠层804有助于更大的角反射率,这导致第二衍射级子光束820和第三衍射级子光束830对称地位移。因此,第一衍射级分布824和第二衍射级分布834对称地位移。

[0162] 如图9所示,辐照度分布900是非对称的(即,不对称的),并且由具有大的角反射率的不对称衍射目标902和重叠层904产生。图9所示的不对称衍射目标902类似于图5所示的衍射目标520或图4A和4B所示的对准标记或目标418。辐照度分布900包括第一衍射级子光束910、第二衍射级子光束920和第三衍射级子光束930。第一衍射级子光束910、第二衍射级子光束920和第三衍射级子光束930与对准传感器装置500的第一衍射级子光束528、第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532(即,图5所示)相似。

[0163] 第一衍射级子光束910具有带有重心912的第一衍射级分布914。第二衍射级子光束920具有第二衍射级分布924,第二衍射级分布924从重心922(即,图8所示的重心822)偏移,如重心偏移926所示。第三衍射级子光束930具有第三衍射级分布934,第三衍射级子光束930从重心932(即,图8所示的重心832)不对称地偏移,如重心偏移936所示。重叠层904有助于更大的角反射率,这导致第二衍射级子光束820和第三衍射级子光束830对称地位移。然而,不对称衍射目标902中的不对称性变化906导致第三衍射级子光束930不对称地(即,不对称地)位移。因此,第一衍射级分布924和第二衍射级分布934分别非对称地(即,不对称地)位移,分别如重心偏移926、936所示。例如,如图9所示,重心偏移936大于重心偏移926。在第一衍射级分布924与第二衍射级分布934之间的该非对称的(即,不对称的)重心偏移926、936可以分别与对准位置相关联,以确定对准位置误差和/或系统的传感器响应函数。

[0164] 在一些实施例中,对准传感器装置500的检测器控制器584和第一位置检测器564、第二位置检测器566、第三位置检测器582和/或第四位置检测器580可以被配置为测量辐照度分布700的重心712、722、732、辐照度分布800的重心812、822、832、和/或辐照度分布900的重心912、922、932。在一些实施例中,APE处理器590可以被配置为测量辐照度分布700的重心724、734的偏移、辐照度分布800的重心824、834的偏移、和/或辐照度分布900的重心924、934的偏移。例如,重心偏移826、重心偏移836、重心偏移926和/或重心偏移936。在一些实施例中,APE处理器590可以被配置为基于辐照度分布700的重心724、734的偏移、辐照度分布800的重心824、834的偏移、和/或辐照度分布900的重心924、934的偏移来确定对准传

感器装置500的传感器响应函数。例如,重心偏移826、重心偏移836、重心偏移926和/或重心偏移936。在一些实施例中,APE处理器590可以被配置为基于传感器响应函数来校正对准传感器装置500的对准位置误差。例如,APE处理器590可以通过计算在重心922与第二衍射级分布924之间的第一重心偏移926,以及在重心932与第三衍射级分布934之间的第二重心偏移936来校正对准位置误差。在一些实施例中,可以根据照射光束的一个或多个波长,来计算第一重力偏移和第二重力偏移。例如,可以根据大约532nm、636nm、780nm和/或850nm的波长来计算第一重力偏移926和第二重力偏移936。

[0165] 在一些实施例中,不对称性变化906可以包括不对称侧壁、不对称底表面和/或不对称顶表面。例如,如图9所示,不对称性变化906可以是成角度的侧壁。在一些实施例中,不对称性变化906可以包括成角度的侧壁、成角度的底表面和/或成角度的顶表面。例如,不对称性变化906可以是角度为大约0度至大约10度的成角度的侧壁、角度为大约0度至大约5度的成角度的底表面、和/或角度为大约0度至大约10度的成角度的顶表面。

[0166] 图10A至10C分别示出了根据各种示例性实施例的各种不对称衍射堆叠1000A、1000B、1000C。图10A、10B和10C所示的不对称衍射堆叠1000A、1000B、1000C分别类似于图9所示的衍射目标902和重叠层904。此外,图10A、10B和10C所示的不对称性变化1006A、1006B、1006C分别类似于图9所示的不对称性变化906。

[0167] 如图10A所示,不对称衍射堆叠1000A包括衍射目标1002A和重叠层1004A。衍射目标1002A包括不对称性变化1006A。不对称性变化1006A是成角度的侧壁。在一些实施例中,不对称性变化1006A可以是角度为大约0度至大约45度的成角度的侧壁。例如,不对称性变化1006A可以是角度为大约1度至大约15度的成角度的侧壁。

[0168] 如图10B所示,不对称衍射堆叠1000B包括衍射目标1002B和重叠层1004B。衍射目标1002B包括不对称性变化1006B。不对称性变化1006B是成角度的底表面。在一些实施例中,不对称性变化1006B可以是角度为大约0度至大约30度的成角度的底表面。例如,不对称性变化1006B可以是角度为大约1度至大约10度的成角度的底表面。

[0169] 如图10C所示,不对称衍射堆叠1000C包括衍射目标1002C和重叠层1004C。衍射目标1002B包括不对称性变化1006C。不对称性变化1006B是成角度的顶表面。在一些实施例中,不对称性变化1006C可以是角度为大约0度至大约45度的成角度的顶表面。例如,不对称性变化1006C可以是角度为大约1度至大约15度的成角度的底表面。

[0170] 图11A至11D分别示出了根据各种示例性实施例的针对不同的作为波长函数的不对称性变化的各种重心偏移图1100A、1100B、1100C、1100D。图11A、11B、11C和11D所示的重心偏移图1100A、1100B、1100C、1100D分别类似于图8所示的重心偏移826、836和图9所示的重心偏移926、936。此外,图11A、11B、11C和11D所示的重心偏移图1100A、1100B、1100C、1100D的不对称性变化分别类似于图9所示的不对称性变化906和图10A所示的不对称性变化1006A。

[0171] 如图11A所示,重心偏移图1100A是针对大约532nm的波长的不同侧壁角(SWA)的不对称性变化。重心偏移图1100A绘制了重心偏移(即,光斑尺寸偏移)与SWA的关系。在一些实施例中,SWA可以为大约-5度至大约5度。重心偏移图1100A包括基于偏振的四种类型的测量信号,例如,X偏振(+1)、X偏振(-1)、Y偏振(+1)和Y偏振(-1)。图11A所示的四种类型的测量信号(例如,X-Pol. (-1)、X-Pol. (+1)、Y-Pol. (+1)、Y-Pol. (-1))类似于图9所示的第二衍射

级子光束920和第三衍射级子光束930,以及图5所示的第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532。如图11A所示,重心偏移在X-Pol. (-1)与X-Pol. (+1)之间以及在Y-Pol. (+1)与Y-Pol. (-1)之间是非对称的(即,不对称的)。

[0172] 如图11B所示,重心偏移图1100B是针对大约636nm的波长的不同SWA的不对称性变化。重心偏移图1100B绘制了重心偏移(即,光斑尺寸偏移)与SWA的关系。在一些实施例中,SWA可以为大约-5度至大约5度。重心偏移图1100B包括基于偏振的四种类型的测量信号,例如,X偏振(+1)、X偏振(-1)、Y偏振(+1)和Y偏振(-1)。图11B所示的四种类型的测量信号(例如,X-Pol. (-1)、X-Pol. (+1)、Y-Pol. (+1)、Y-Pol. (-1))类似于图9所示的第二衍射级子光束920和第三衍射级子光束930,以及图5所示的第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532。如图11B所示,重心偏移在X-Pol. (-1)与X-Pol. (+1)之间以及在Y-Pol. (+1)与Y-Pol. (-1)之间是非对称的(即,不对称的)。

[0173] 如图11C所示,重心偏移图1100C是针对大约780nm的波长的不同SWA的不对称性变化。重心偏移图1100C绘制了重心偏移(即,光斑尺寸偏移)与SWA的关系。在一些实施例中,SWA可以为大约-5度至大约5度。重心偏移图1100C包括基于偏振的四种类型的测量信号,例如,X偏振(+1)、X偏振(-1)、Y偏振(+1)和Y偏振(-1)。图11C所示的四种类型的测量信号(例如,X-Pol. (-1)、X-Pol. (+1)、Y-Pol. (+1)、Y-Pol. (-1))类似于图9所示的第二衍射级子光束920和第三衍射级子光束930以及图5所示的第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532。如图11C所示,重心偏移在X-Pol. (-1)与X-Pol. (+1)之间以及在Y-Pol. (+1)与Y-Pol. (-1)之间是非对称的(即,不对称的)。

[0174] 如图11D所示,重心偏移图1100D是针对大约850nm的波长的不同SWA不对称性变化。重心偏移图1100D绘制了重心偏移(即,光斑尺寸偏移)与SWA的关系。在一些实施例中,SWA可以为大约-5度至大约5度。重心偏移图1100B包括基于偏振的四种类型的测量信号,例如,X偏振(+1)、X偏振(-1)、Y偏振(+1)和Y偏振(-1)。图11D所示的四种类型的测量信号(例如,X-Pol. (-1)、X-Pol. (+1)、Y-Pol. (+1)、Y-Pol. (-1))类似于图9所示的第二衍射级子光束920和第三衍射级子光束930以及图5所示的第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532。如图11D所示,重心偏移在X-Pol. (-1)与X-Pol. (+1)之间以及在Y-Pol. (+1)与Y-Pol. (-1)之间是非对称的(即,不对称的)。

[0175] 在一些实施例中,可以检测针对一个或多个波长的重心偏移的非对称的(即,不对称的)分量。在一些实施例中,可以检测照射光束的中心波长的非对称的(即,不对称的)变化。

[0176] 示例性光瞳传感器装置

[0177] 间接测量衍射目标中的不对称性的另一方法是监测衍射目标的光瞳面分布。当照射光束被导向或聚焦到衍射目标时,会产生具有辐照度分布的信号光束。辐照度分布包括从衍射目标反射或由衍射目标产生的衍射级子光束。每个衍射级子光束具有衍射级分布。光瞳面(例如,入射光瞳、出射光瞳)是光学系统(即,图5所示的对准传感器装置500)的孔径光阑的实像和虚像都位于其中的平面。在光学系统的光瞳面(即,光学系统的出射光瞳)处,辐照度分布是衍射目标的光瞳面深度分布(即,厚度图)。

[0178] 光瞳面深度分布可以与已校准分布(例如,光学传感器的已知像差图)结合使用,以检测并且校正传感器引起的误差、以及器件堆叠的衍射目标不对称性变化和/或厚度变

化。如果已知衍射级子光束的位置和光学传感器的像差图,则可以校正衍射目标的对准位置。此外,通过将衍射级子光束的位置和扩展度(即,重心偏移)与已知参考衍射光栅(即,具有相同间距)进行比较,可以测量光瞳面分布的深度变化并且可以校正衍射目标的对准位置、和/或可以校正器件堆叠的厚度变化。

[0179] 图12和13示出了根据示例性实施例的用于测量光瞳面深度分布1300的光瞳传感器装置1200。在一些实施例中,光瞳传感器装置1200可以在对准传感器装置500(即,图5所示)或类似的对准传感器装置(例如,图4A和4B所示的对准装置400)中实现。例如,光瞳传感器装置1200可以是对准传感器装置500(即,图5所示)的点反射镜516。在一些实施例中,光瞳传感器装置1200可以是外部独立设备(即,在对准传感器装置500、对准装置400或其他类似的对准传感器装置外部)。尽管下面参考图5所示的对准传感器装置500,来描述光瞳传感器装置1200,但是本公开的实施例不限于该示例,并且本公开的光瞳传感器装置1200的实施例可以与其他光学系统一起使用,诸如但不限于光刻装置100和/或光刻装置100'、光刻单元300、对准装置400和/或其他光学系统,或者如图12所示,光瞳传感器装置1200可以是单独的独立设备。

[0180] 如图12所示,光瞳传感器装置1200包括衍射目标1202、聚焦光学器件1208、第一衍射级子光束1210、第二衍射级子光束1220、第三衍射级子光束1230、光瞳检测器1240、光瞳面1250、光源1260、处理器1270和光瞳面深度分布1300。图12所示的光瞳传感器装置1200类似于图5所示的对准传感器装置500。图12所示的衍射目标1202类似于图5所示的衍射目标520、图4A和4B所示的对准标记或目标418、或者图7所示的对称衍射目标702。测量的第一衍射级子光束1210、第二衍射级子光束1222和第三衍射级子光束1232类似于对准传感器装置500的第一衍射级子光束528、第二衍射级子光束530和第三衍射级子光束532(即,图5所示)。

[0181] 光瞳检测器1240接收光源1260,并且经由聚焦光学器件1208将光源1260聚焦到衍射目标1202上,以产生第一衍射级子光束1210、第二衍射级子光束1220和第三衍射级子光束1230。图12所示的光瞳检测器1240类似于图5所示的检测器控制器584以及第一位置检测器566、第二位置检测器564、第三位置检测器582和/或第四位置检测器580。第二衍射级子光束1220包括所测量的第二衍射级子光束1222和参考衍射级子光束1224(即,由已知的参考衍射光栅确定,该参考衍射光栅具有与衍射目标1202相同的间距)。第三衍射级子光束1230包括所测量的第三衍射级子光束1232和参考衍射级子光束1234(即,由已知的参考衍射光栅确定,该参考衍射光栅具有与衍射目标1202相同的间距)。如图12和13所示,通过衍射目标1202、第一重叠层1204和第二重叠层1206,在光瞳传感器装置1200的光瞳面1250处产生光瞳深度分布1300,并且由光瞳检测器1240检测光瞳深度分布1300。在一些实施例中,第一重叠层1204和/或第二重叠层1206可以省略。

[0182] 第一衍射级子光束1210以及所测量的第二衍射级子光束1222和第三衍射级子光束1232在光瞳面1250处产生光瞳面深度分布1300。可以分别将所测量的第二衍射级子光束1222与参考第二衍射级子光束1224之间的差异,以及所测量的第三衍射级子光束1232与参考第三衍射级子光束1234之间的差异相关,以确定系统的对准位置误差、堆叠厚度误差和/或传感器响应函数。例如,类似于图9所示的重心偏移926、936,光瞳传感器装置1200可以测量第二衍射级子光束1220和第三衍射级子光束1230的重心偏移(即,比较所测量的重心与

参考重心的偏移),以确定系统的对准位置误差、堆叠厚度误差、和/或传感器响应函数。

[0183] 在一些实施例中,光瞳传感器装置1200可以包括处理器1270。图12所示的处理器1270类似于图5所示的APE处理器590。在一些实施例中,光瞳传感器装置1200可以是外部独立设备。例如,光瞳检测器1240可以是被配置为测量光瞳面深度分布1300的外部设备。在一些实施例中,光瞳检测器1240可以被配置为测量光瞳面深度分布1300。在一些实施例中,处理器1270可以被配置为基于参考辐照度分布(即,参考第二衍射级子光束1224和参考第三衍射级子光束1234)来测量光瞳面深度分布1300的偏移。例如,参考辐照度分布可以基于光瞳传感器装置1200的光瞳检测器1240的像差图。在一些实施例中,处理器1270可以被配置为基于光瞳面深度分布1300的偏移,来确定光瞳传感器装置1200的传感器响应函数。在一些实施例中,处理器1270可以被配置为基于传感器响应函数,来校正光瞳传感器装置1200的对准位置误差。例如,处理器1270可以通过计算所测量的第二衍射级子光束1222与参考第二衍射级子光束1224之间的第一重心偏移(即,类似于图9所示的第一重心偏移926),以及所测量的第二衍射级子光束1232与参考第二衍射级子光束1234之间的第二重心偏移(即,类似于图9所示的第二重心移动936),来校正对准位置误差。在一些实施例中,可以根据光源1260的一个或多个波长来计算第一重力偏移和第二重力偏移(即,类似于图9所示的第一重心偏移926和第二重心偏移936)。例如,可以根据约532nm、636nm、780nm和/或850nm的波长来计算第一重力偏移和第二重力偏移(即,类似于图9所示的第一重心偏移926和第二重心偏移936)。

[0184] 在一些实施例中,对准传感器装置500的检测器控制器584以及第一位置检测器564、第二位置检测器566、第三位置检测器582和/或第四位置检测器580可以被配置为测量光瞳面深度分布1300。在一些实施例中,APE处理器590可以被配置为基于参考辐照度分布(即,参考第二衍射级子光束1224和参考第三衍射级子光束1234)来测量光瞳面深度分布1300的偏移。例如,参考辐照度分布可以基于对准传感器装置500的检测器控制器584以及第一位置检测器564、第二位置检测器566、第三位置检测器582和/或第四位置检测器580的像差图。在一些实施例中,APE处理器590可以被配置为基于光瞳面深度分布1300的偏移,来确定对准传感器装置500的传感器响应函数。在一些实施例中,APE处理器590可以被配置为基于传感器响应函数校正对准传感器装置500的对准位置误差。例如,APE处理器590可以通过计算重心922与第二衍射级分布924之间的第一重心偏移926,以及重心932与第三衍射级分布934之间的第二重心偏移936,来校正对准位置误差。在一些实施例中,第一重力偏移和第二重力偏移可以根据照射光束的一个或多个波长来计算。例如,第一重力偏移926和第二重力偏移936可以根据大约532nm、636nm、780nm和/或850nm的波长来计算。

[0185] 在一些实施例中,光瞳传感器装置1200可以是外部独立设备。在一些实施例中,聚焦光学器件1208可以与第二光学器件518相同,并且光源1260可以与照射光束504相同。例如,外部光瞳传感器装置1200可以包括类似于第二光学器件518(即,图5所示)的聚焦光学器件1208,以及类似于照射光束504(即,图5所示)的光源1260,以便测量和估计与对准传感器装置500(即,图5所示)中的光瞳面深度分布等效或相似的光瞳面深度分布1300。在一些实施例中,聚焦光学器件1208可以与第二光学器件518不同,并且光源1260可以与照射光束504相同。例如,外部光瞳传感器装置1200可以包括与第二光学器件518(即,图5所示)不同的聚焦光学器件1208(例如,不同的焦距或物镜),以及类似于照射光束504(即,图5所示)的

光源1260,以便测量光瞳面深度分布1300并且利用匹配步骤,校准对准传感器装置500(即,图5所示)中的光瞳面深度分布,以使聚焦光学器件1208与第二光学器件518之间的差异相关。在一些实施例中,聚焦光学器件1208可以与第二光学器件518不同,并且光源1260可以与照射光束504不同。例如,外部光瞳传感器装置1200可以包括与第二光学器件518(即,图5所示)不同的聚焦光学器件1208(例如,不同的焦距或物镜),以及与照射光束504(即,图5所示)不同的光源1260(例如,不同波长),以便测量光瞳面深度分布1300并且利用匹配步骤,校准对准传感器装置500(即,图5所示)中的光瞳面深度分布,以使聚焦光学器件1208与第二光学器件518之间的差异、以及光源1260与照射光束504之间的差异相关。

[0186] 可以使用以下条款进一步描述实施例:

[0187] 1. 一种对准传感器装置,包括:

[0188] 照射系统,被配置为沿照射路径透射照射光束;

[0189] 第一光学系统,包括第一光学器件和第二光学器件,并且被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束,并且沿信号路径透射信号光束,信号光束包括从衍射目标反射的衍射级子光束;

[0190] 第二光学系统,包括第一偏振光学器件,第一偏振光学器件被配置为基于信号光束的偏振,将信号光束分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;

[0191] 检测器系统,包括一个或多个检测器,并且被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的信号光束,来测量衍射目标的对准位置;

[0192] 一个或多个滤光片,沿照射路径和/或信号路径设置,并且被配置为调节照射光束和/或信号光束的一个或多个物理参数;以及

[0193] 处理器,耦合到检测器系统,并且被配置为测量由一个或多个滤光片引起的衍射目标的对准位置的变化,并且基于该变化确定对准传感器装置的传感器响应函数。

[0194] 2. 根据条款1的传感器装置,其中:

[0195] 第一偏振光学分支包括第一偏振滤光片、第一自参考干涉仪、第二偏振滤光片和第二偏振光学器件;以及

[0196] 第二偏振光学分支包括第三偏振滤光片、第二自参考干涉仪、第四偏振滤光片和第三偏振光学器件。

[0197] 3. 根据前述条款中任一项的传感器装置,其中处理器还被配置为基于传感器响应函数来校正传感器装置的对准位置误差。

[0198] 4. 根据条款3的传感器装置,其中处理器通过针对一个或多个物理参数,计算传感器响应函数的导数和/或最小值来校正对准位置误差。

[0199] 5. 根据前述条款中任一项的传感器装置,其中一个或多个滤光片选自自由以下各项组成的组:光谱滤光片、数值孔径滤光片、中性密度滤光片、图案化滤光片和偏振滤光片。

[0200] 6. 根据条款5的传感器装置,其中:

[0201] 光谱滤光片是窄通带波长滤光片;

[0202] 数值孔径滤光片是被配置为改变照射光束和/或信号光束的光功率的透镜;

[0203] 图案化的滤光片是图案化的参考掩模版;以及

[0204] 偏振滤光片是波片。

[0205] 7. 根据前述条款中任一项的传感器装置,还包括第三光学系统和第二检测器系

统,第三光学系统包括第三光学器件,第二检测器系统包括一个或多个另外的检测器,并且被配置为基于衍射目标的不对称性,来测量信号光束的强度和/或信号光束的不对称性。

[0206] 8.一种光刻装置,包括:

[0207] 第一照射光学系统,被配置为照射衍射图案;

[0208] 投影光学系统,被配置为将衍射图案的图像投影到衬底上;以及

[0209] 对准传感器装置,被配置为校正光刻装置的对准位置误差,对准传感器装置包括:

[0210] 第二照射光学系统,被配置为沿照射路径透射至少一个照射辐射束;

[0211] 第一光学系统,包括第一光学器件和第二光学器件,并且被配置为朝向衬底上的衍射图案透射照射光束,并且沿信号路径透射包括从衍射图案反射的衍射级子光束的信号光束;

[0212] 第二光学系统,包括第一偏振光学器件,第一偏振光学器件被配置为基于信号光束的偏振,将信号光束分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;

[0213] 检测器系统,包括一个或多个检测器,并且被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的信号光束,来测量衍射图案的对准位置;

[0214] 一个或多个滤光片,沿照射路径和/或信号路径设置,并且被配置为调节照射光束和/或信号光束的一个或多个物理参数;以及

[0215] 处理器,耦合到检测器系统,并且被配置为测量由一个或多个滤光片引起的衍射图案的对准位置的变化,并且基于变化确定对准传感器装置的传感器响应函数。

[0216] 9.根据条款8的光刻装置,其中处理器还被配置为基于传感器响应函数来校正光刻装置的对准位置误差。

[0217] 10.根据条款9的光刻装置,其中处理器还被配置为针对一个或多个物理参数,计算传感器响应函数的导数和/或最小值,从而校正对准位置误差。

[0218] 11.根据前述条款中任一项的光刻装置,其中一个或多个滤光片选自以下各项组成的组:光谱滤光片、数值孔径滤光片和偏振滤光片。

[0219] 12.根据条款11的光刻装置,其中:

[0220] 光谱滤光片是窄通带波长滤光片;

[0221] 数值孔径滤光片是被配置为改变照射光束和/或信号光束的光功率的透镜;以及

[0222] 偏振滤光片是半波片或四分之一波片。

[0223] 13.根据前述条款中任一项的光刻装置,其中第一光学系统被配置为透射信号光束,以便包括第一第一衍射级子光束和第二第一衍射级子光束,并且其中检测器系统组合第一第一衍射级子光束和第二第一衍射级子光束以生成正弦相位。

[0224] 14.根据前述条款中任一项的光刻装置,其中一个或多个滤光片是光谱滤光片,并且其中处理器被配置为基于照射光束和/或信号光束的不同波长之间的变化,来确定传感器响应函数。

[0225] 15.根据前述条款中任一项的光刻装置,其中一个或多个滤光片是数值孔径滤光片,并且其中处理器被配置为基于信号光束的不同衍射级子光束之间的变化,来确定传感器响应函数。

[0226] 16.根据前述条款中任一项的光刻装置,其中一个或多个滤光片是偏振滤光片,并且其中处理器被配置为基于照射光束和/或信号光束的不同偏振之间的变化,来确定传感

器响应函数。

[0227] 17. 一种校正对准位置误差的方法, 包括:

[0228] 通过对准传感器装置测量衬底上的衍射目标的对准位置, 对准传感器装置包括:

[0229] 照射系统, 被配置为沿照射路径透射照射光束;

[0230] 第一光学系统, 包括第一光学器件和第二光学器件, 并且被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束并且沿信号路径透射包括从衍射目标反射的衍射级子光束的信号光束;

[0231] 第二光学系统, 包括第一偏振光学器件, 第一偏振光学器件被配置为基于信号光束的偏振, 将信号光束分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;

[0232] 检测器系统, 包括一个或多个检测器, 并且被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的信号光束, 来测量衍射目标的对准位置; 以及

[0233] 处理器, 耦合到检测器系统;

[0234] 使用沿对准传感器装置的照射路径和/或信号路径的一个或多个滤光片, 来调节照射光束和/或信号光束的一个或多个物理参数;

[0235] 通过处理器测量衍射目标的对准位置的变化;

[0236] 通过处理器确定对准传感器装置的传感器响应函数; 以及

[0237] 通过针对一个或多个物理参数, 计算传感器响应函数的导数和/或最小值, 以基于传感器响应函数来校正光刻装置或对准传感器装置的对准位置误差。

[0238] 18. 根据条款17的方法, 其中调节一个或多个物理参数包括使用光谱滤光片, 并且其中确定传感器响应函数包括测量照射光束和/或信号光束的不同波长之间的变化。

[0239] 19. 根据前述条款中任一项的方法, 其中调节一个或多个物理参数包括使用数值孔径滤光片, 并且其中确定传感器响应函数包括测量信号光束的不同衍射级子光束之间的变化。

[0240] 20. 根据前述条款中任一项的方法, 其中调节一个或多个物理参数包括使用偏振滤光片, 并且其中确定传感器响应函数包括测量照射光束和/或信号光束的不同偏振之间的变化。

[0241] 21. 一种对准传感器装置, 包括:

[0242] 照射系统, 被配置为沿照射路径透射照射光束;

[0243] 第一光学系统, 包括第一光学器件和第二光学器件, 并且被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束, 并且沿信号路径透射包括从衍射目标反射的衍射级子光束的辐照度分布;

[0244] 第二光学系统, 包括第一偏振光学器件, 第一偏振光学器件被配置为基于辐照度分布的偏振, 将辐照度分布分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;

[0245] 检测器系统, 包括一个或多个检测器, 并且被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的辐照度分布, 来测量衍射目标的重心; 以及

[0246] 处理器, 耦合到检测器系统, 并且被配置为测量由衍射目标中的不对称性变化引起的衍射目标的重心的偏移, 并且基于重心偏移确定对准传感器装置的传感器响应函数。

[0247] 22. 根据条款21的传感器装置, 其中衍射目标中的不对称性变化包括不对称侧壁。

[0248] 23. 根据条款22的传感器装置, 其中不对称侧壁包括成角度的侧壁, 成角度的侧壁

包括大约0度至大约10度的角度。

[0249] 24. 根据条款21的传感器装置,其中衍射目标中的不对称性变化包括不对称底表面。

[0250] 25. 根据条款24的传感器装置,其中不对称底表面包括成角度的底表面,成角度的底表面包括大约0度至大约5度的角度。

[0251] 26. 根据条款21的传感器装置,其中衍射目标中的不对称性变化包括不对称顶表面。

[0252] 27. 根据条款26的传感器装置,其中不对称顶表面包括成角度的顶表面,成角度的顶表面包括大约0度至大约5度的角度。

[0253] 28. 根据前述条款中任一项的传感器装置,其中处理器还被配置为基于传感器响应函数,来校正传感器装置的对准位置误差。

[0254] 29. 根据条款28的传感器装置,其中处理器通过计算第一重心偏移和第二重心偏移来校正对准位置误差。

[0255] 30. 根据条款29的传感器装置,其中第一重心偏移和第二重心偏移根据照射光束的一个或多个波长来计算。

[0256] 31. 一种光瞳传感器装置,包括:

[0257] 照射系统,被配置为沿照射路径透射照射光束;

[0258] 第一光学系统,包括第一光学器件和第二光学器件,并且被配置为朝向衬底上的衍射目标透射照射光束,并且沿信号路径透射包括从衍射目标反射的衍射级子光束的辐照度分布;

[0259] 第二光学系统,包括第一偏振光学器件,第一偏振光学器件被配置为基于辐照度分布的偏振,将辐照度分布分离并且透射到第一偏振光学分支和第二偏振光学分支中;以及

[0260] 检测器系统,包括一个或多个检测器,并且被配置为基于从第一偏振分支和第二偏振分支输出的辐照度分布和参考辐照度分布,来测量衍射目标的光瞳面深度分布。

[0261] 32. 根据条款31的光瞳传感器装置,还包括处理器,处理器耦合到检测器系统,并且被配置为测量由衍射目标中的不对称性变化或堆叠厚度变化引起的光瞳面深度分布的偏移,并且基于光瞳面深度分布偏移确定光瞳传感器装置的传感器响应函数。

[0262] 33. 根据条款32的光瞳传感器装置,其中处理器还被配置为基于传感器响应函数来校正光瞳传感器装置的对准位置误差。

[0263] 34. 根据条款33的光瞳传感器装置,其中处理器通过计算第一重心偏移和第二重心偏移来校正对准位置误差。

[0264] 35. 根据条款31的光瞳传感器装置,其中参考辐照度分布基于检测器系统的像差图。

[0265] 36. 根据条款31的光瞳传感器装置,其中检测器系统包括光瞳检测器,该光瞳检测器在第一光学系统和第二光学系统外部,并且被配置为测量光瞳面深度分布的。

[0266] 37. 根据条款36的光瞳传感器装置,其中光瞳检测器包括聚焦光学器件和光源。

[0267] 38. 根据条款37的光瞳传感器装置,其中聚焦光学器件与第二光学器件相同,并且其中光源与照射光束相同。

[0268] 39. 根据条款37的光瞳传感器装置,其中聚焦光学器件与第二光学器件不同,并且其中光源与照射光束相同。

[0269] 40. 根据条款37的光瞳传感器装置,其中聚焦光学器件与第二光学器件不同,并且其中光源与照射光束不同。

[0270] 尽管在本文中可以在IC的制造中具体参考使用光刻设备,但是应当理解,本文中描述的光刻设备可以具有其他应用,诸如制造集成光学系统、用于磁畴存储器、平板显示器、LCD、薄膜磁头等引导和检测图案。本领域技术人员将理解,在这种备选应用的上下文中,术语“晶片”或“管芯”在本文中的任何使用分别被认为是更通用的术语“衬底”或“目标部分”的同义词。本文所指的衬底可以在曝光之前或之后进行加工,例如在轨道单元(通常在衬底上施加一层抗蚀剂并且显影被曝光的抗蚀剂的工具)、量测单元、和/或检查单元中。在适用的情况下,本文中的公开内容可以应用于这种和其他衬底处理工具。此外,例如可以为了制造多层IC而对衬底进行不止一次的处理,因此本文中使用的术语“衬底”也可以是指已包含多个经处理的层的衬底。

[0271] 尽管上面在光学光刻的上下文中已具体参考了本发明的实施例的使用,但是应当理解,本发明可以在其他应用中使用,例如压印光刻,并且在上下文允许的情况下不仅限于光学光刻。在压印光刻中,图案形成装置中的形貌限定了在衬底上产生的图案。可以将图案形成装置的形貌压入提供给衬底的抗蚀剂层中,然后通过施加电磁辐射、热、压力或其组合来使抗蚀剂固化。在抗蚀剂固化之后,将图案形成装置移出抗蚀剂,从而在其中留下图案。

[0272] 应当理解,本文中的措词或术语是出于描述而非限制的目的,使得本说明书的术语或措辞将由相关领域的技术人员根据本文中的教导进行解释。

[0273] 如本文中使用的,术语“衬底”描述了在其上添加有材料层的材料。在一些实施例中,衬底本身可以被图案化,并且添加在衬底上的材料也可以被图案化,或者可以不被图案化而保留。

[0274] 本发明的实施例可以以硬件、固件、软件或其任何组合来实现。本发明的实施例还可以被实现为存储在机器可读介质上的指令,该指令可以由一个或多个处理器读取和执行。机器可读介质可以包括用于以机器(例如,计算设备)可读的形式用于存储或透射信息的任何机制。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;光学存储介质;闪存设备;电、光、声或其他形式的传播信号等。此外,固件、软件、例程和/或指令可以在本文中描述为执行某些动作。然而,应当理解,这种描述仅仅是为了方便,并且这种动作实际上是由执行固件、软件、例程和/或指令的计算设备、处理器、控制器或其他设备引起的。

[0275] 以下示例是本公开的实施例的说明性但非限制性的。对本领域中通常遇到的并且对相关领域的技术人员来说是很清楚的各种条件和参数的其他合适的修改和适应在本公开的精神和范围内。

[0276] 尽管在本文中可以具体参考根据本发明的装置和/或系统在集成电路制造中的使用,但是应当明确地理解,这种装置和/或系统具有很多其他可能的应用。例如,它可以用于制造集成光学系统、用于磁畴存储器、LCD面板、薄膜磁头等引导和检测图案。本领域技术人员将意识到,在这种备选应用的背景下,本文中对“模版”、“晶片”或“芯片”的任何使用均应当被视为分别由更通用的术语“掩模”、“衬底”和“目标部分”代替。

[0277] 尽管上面已经描述了本发明的特定实施例,但是应当理解,本发明可以不同于所描述的方式来实践。说明书并不旨在限制本发明。

[0278] 应当理解,“具体实施方式”部分(而不是“发明内容”和“摘要”部分)旨在用于解释权利要求。“发明内容”部分和“摘要”部分可以阐述发明人所设想的本发明的一个或多个但不是全部示例性实施例,因此,并不旨在以任何方式限制本发明和所附权利要求。

[0279] 上面已经借助于功能构建块描述了本发明,功能构建块示出特定功能及其关系的实现。为了方便描述,本文中已经任意定义了这些功能构建块的边界。只要适当执行指定的功能及其关系,就可以定义其他边界。

[0280] 对特定实施例的前述描述将如此充分地揭示本发明的一般特性,以至于其他人可以在不背离本发明的一般概念的情况下通过应用本领域技术人员知识,而容易地修改这种特定实施例和/或使其适应于各种应用,而无需过度的实验。因此,基于本文中给出的教导和指导,这种适应和修改旨在在所公开的实施例的等同形式的含义和范围内。

[0281] 本发明的广度和范围不应当受到任何上述示例性实施例的限制,而应当仅根据所附权利要求及其等同形式来限定。

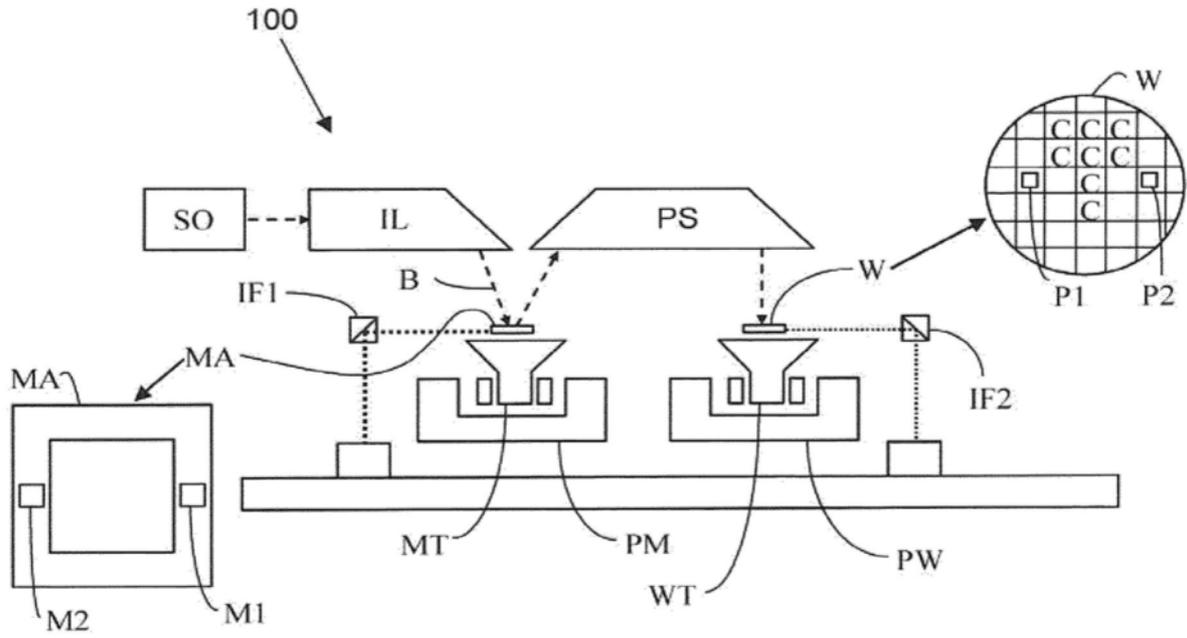


图1A

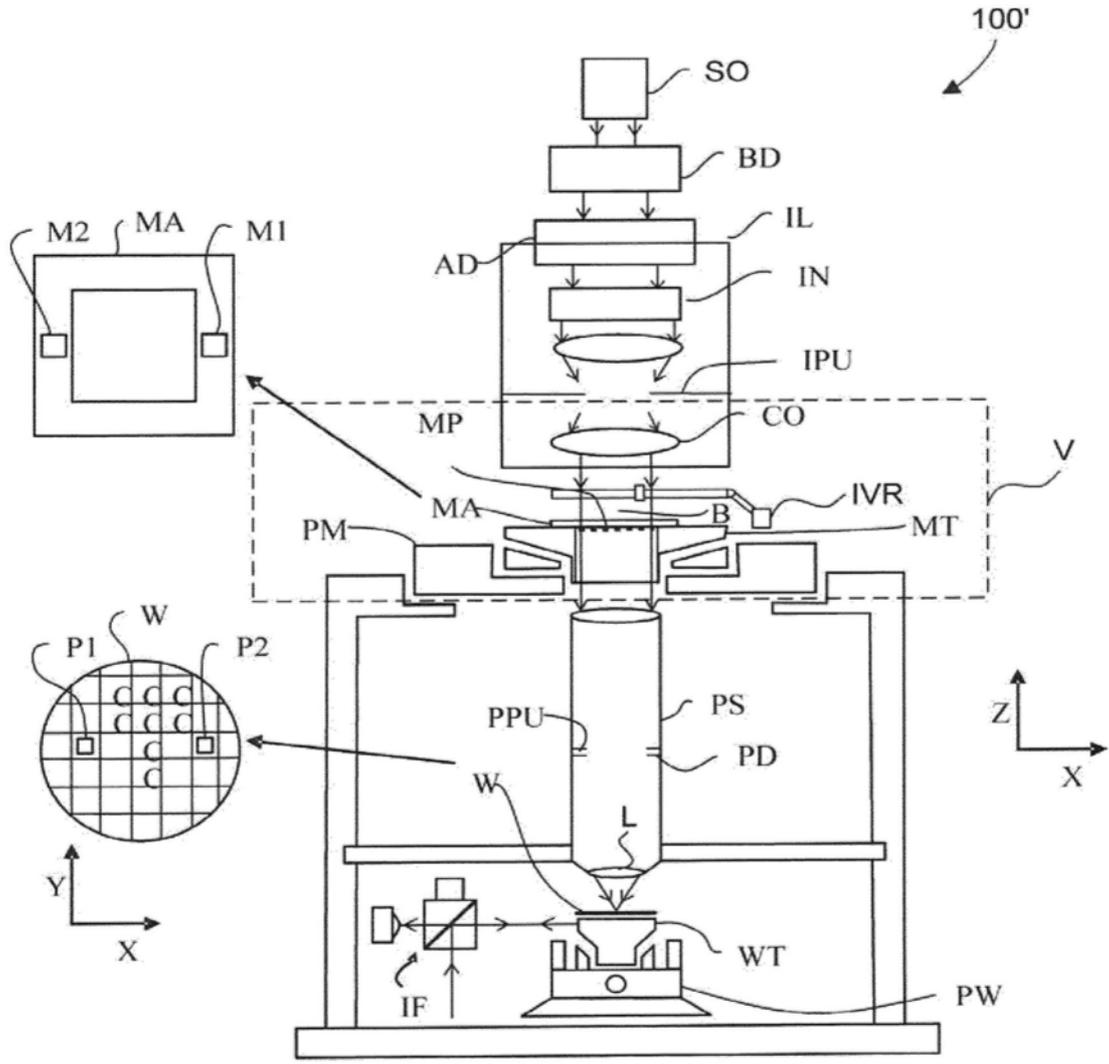


图1B

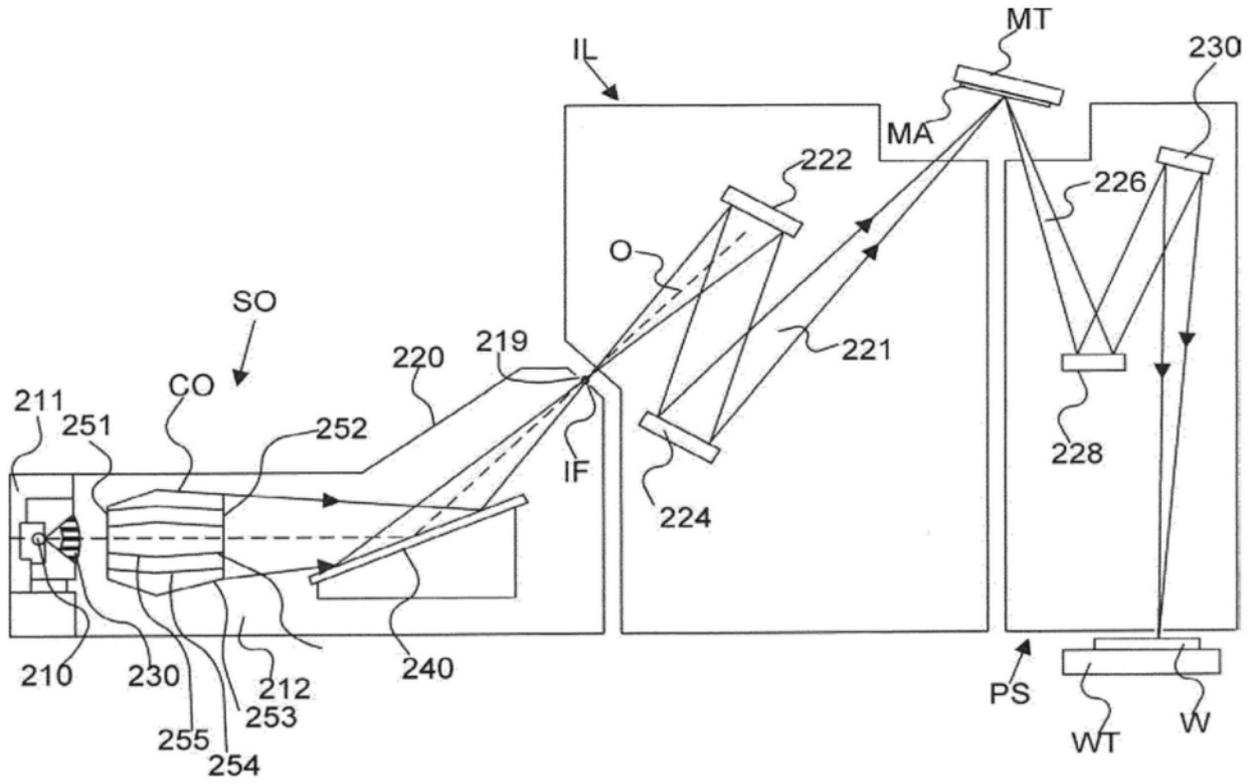


图2

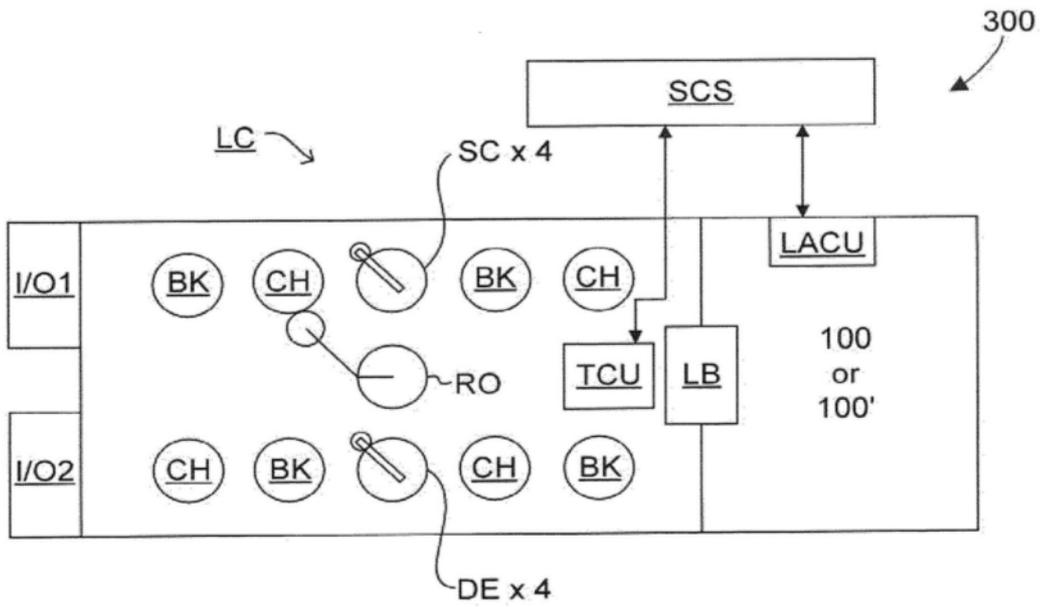


图3

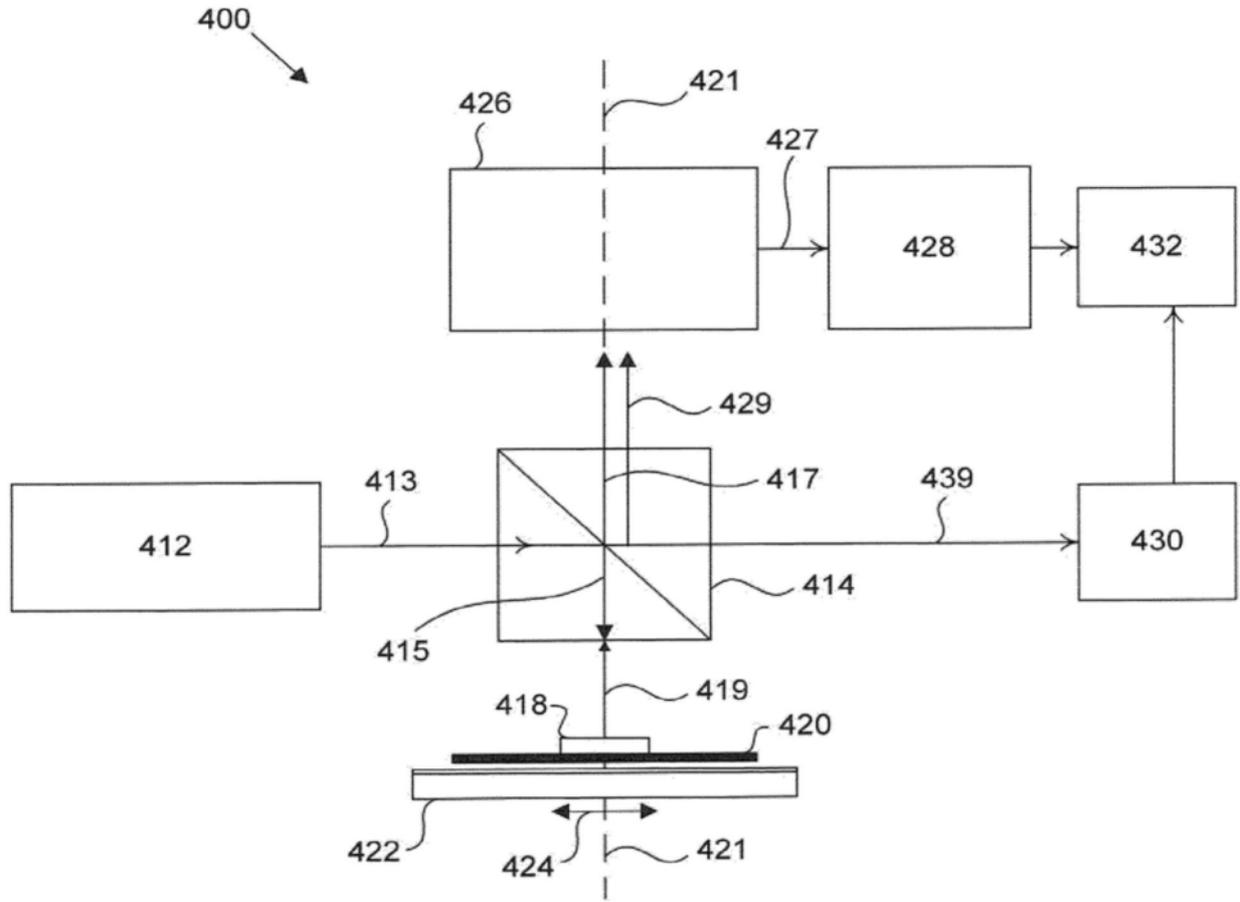


图4A

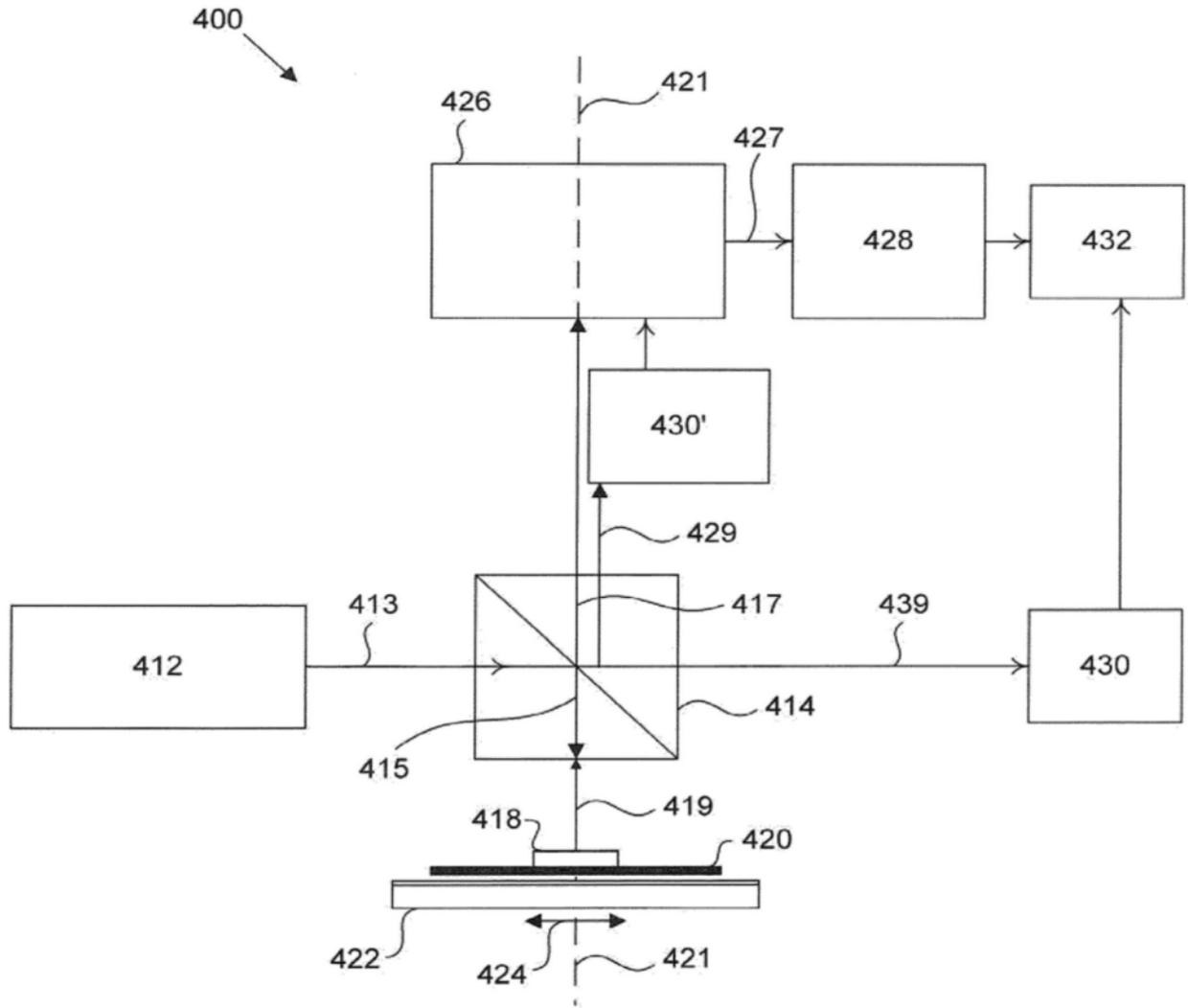


图4B

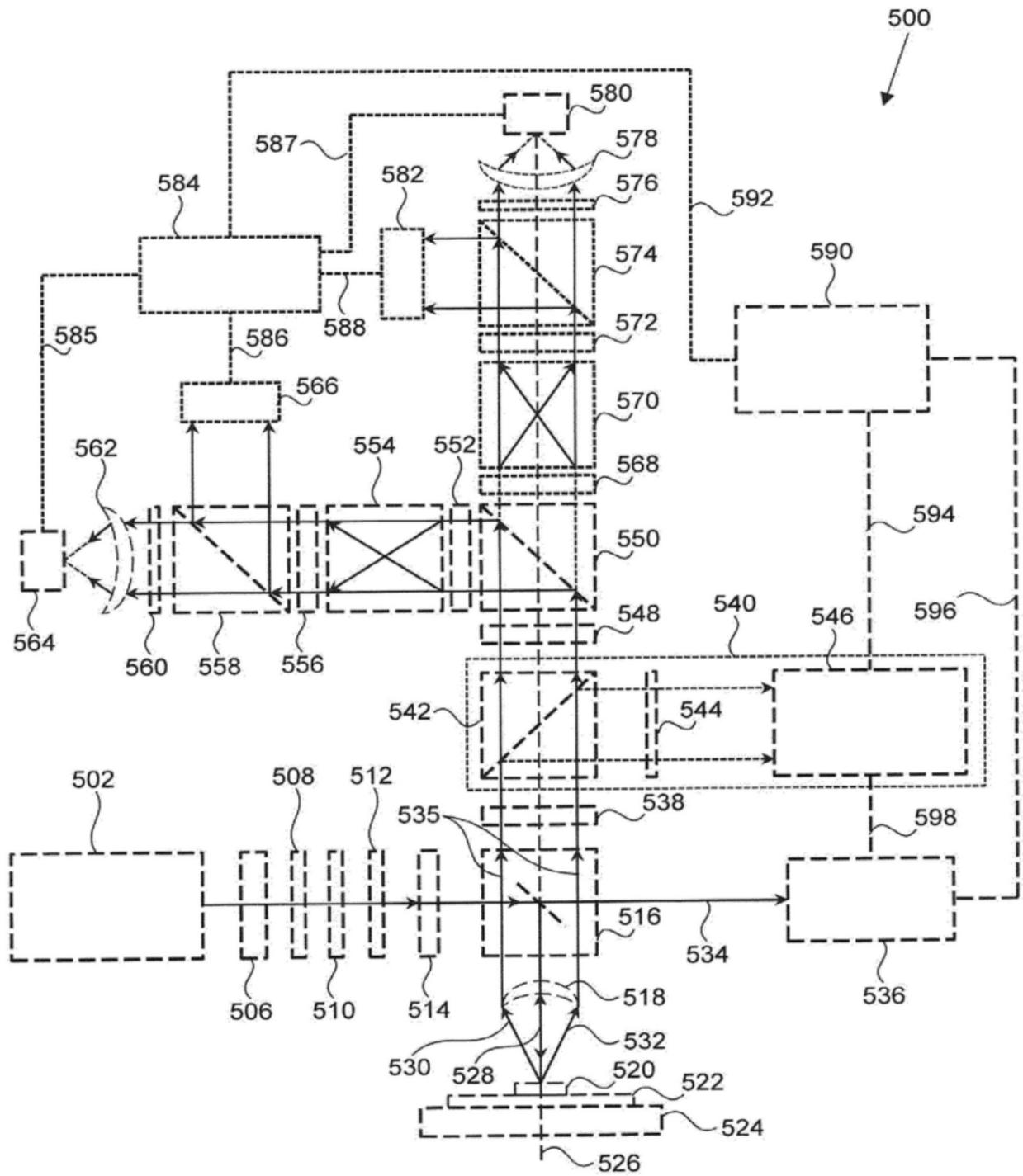


图5

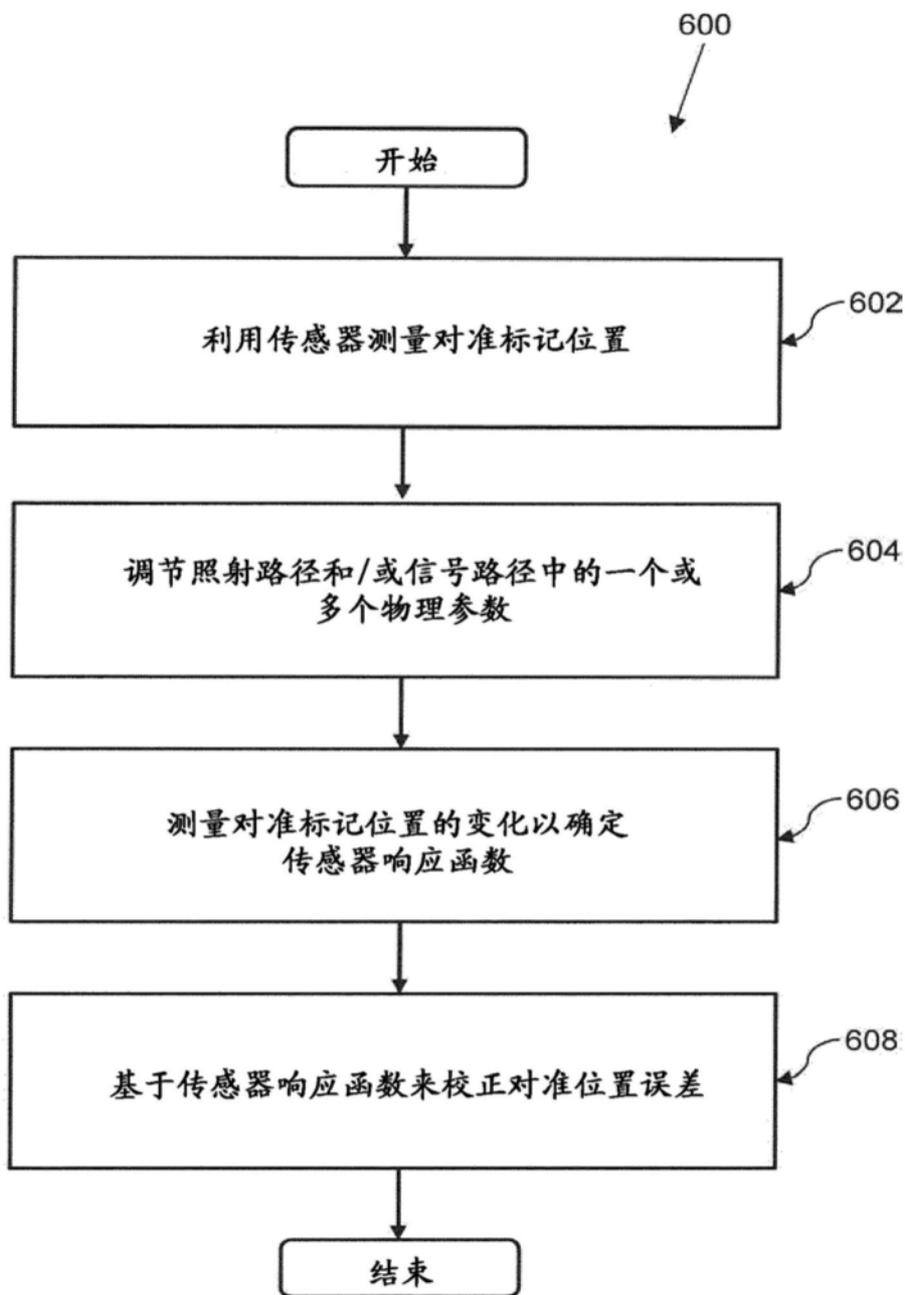


图6

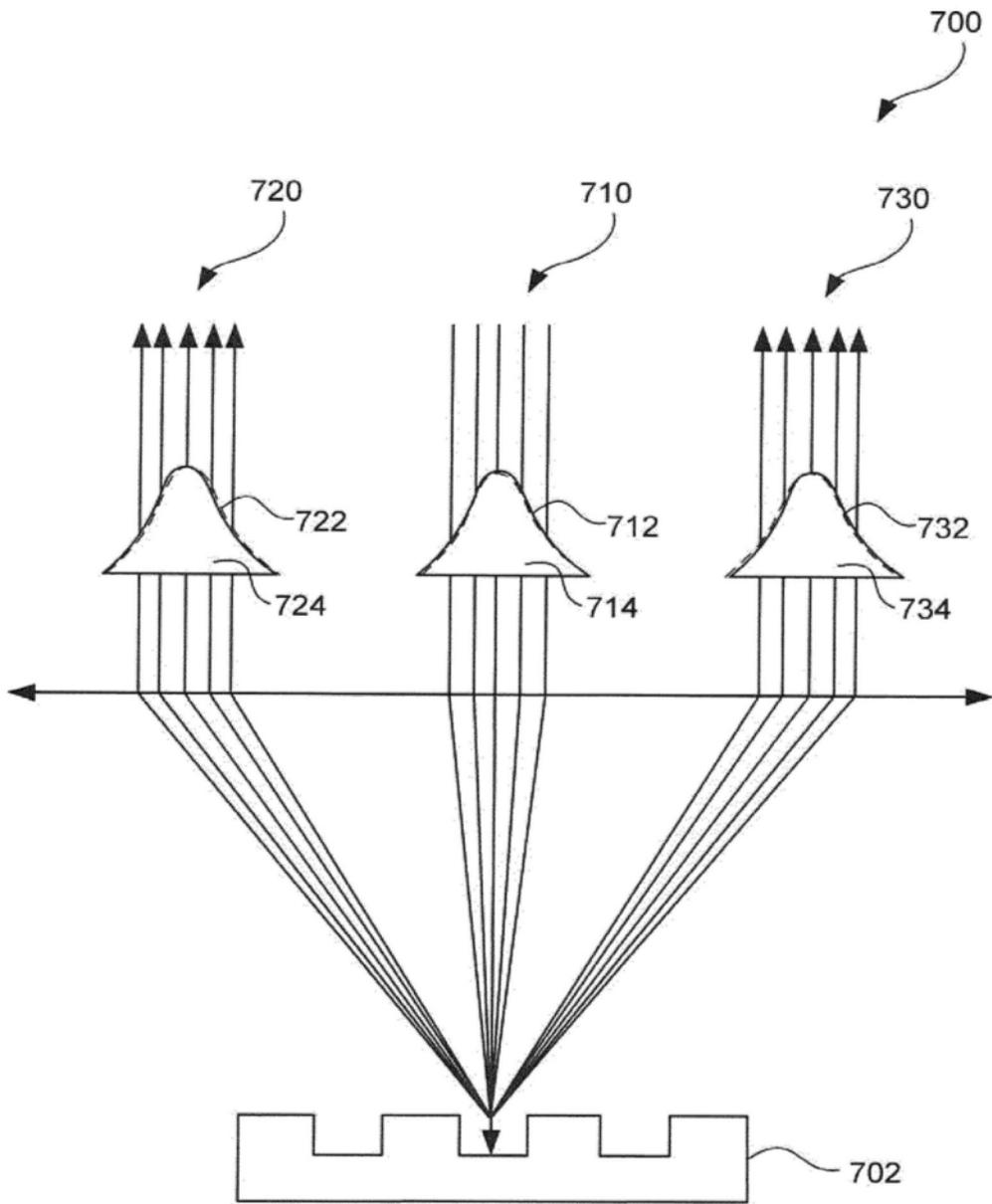


图7

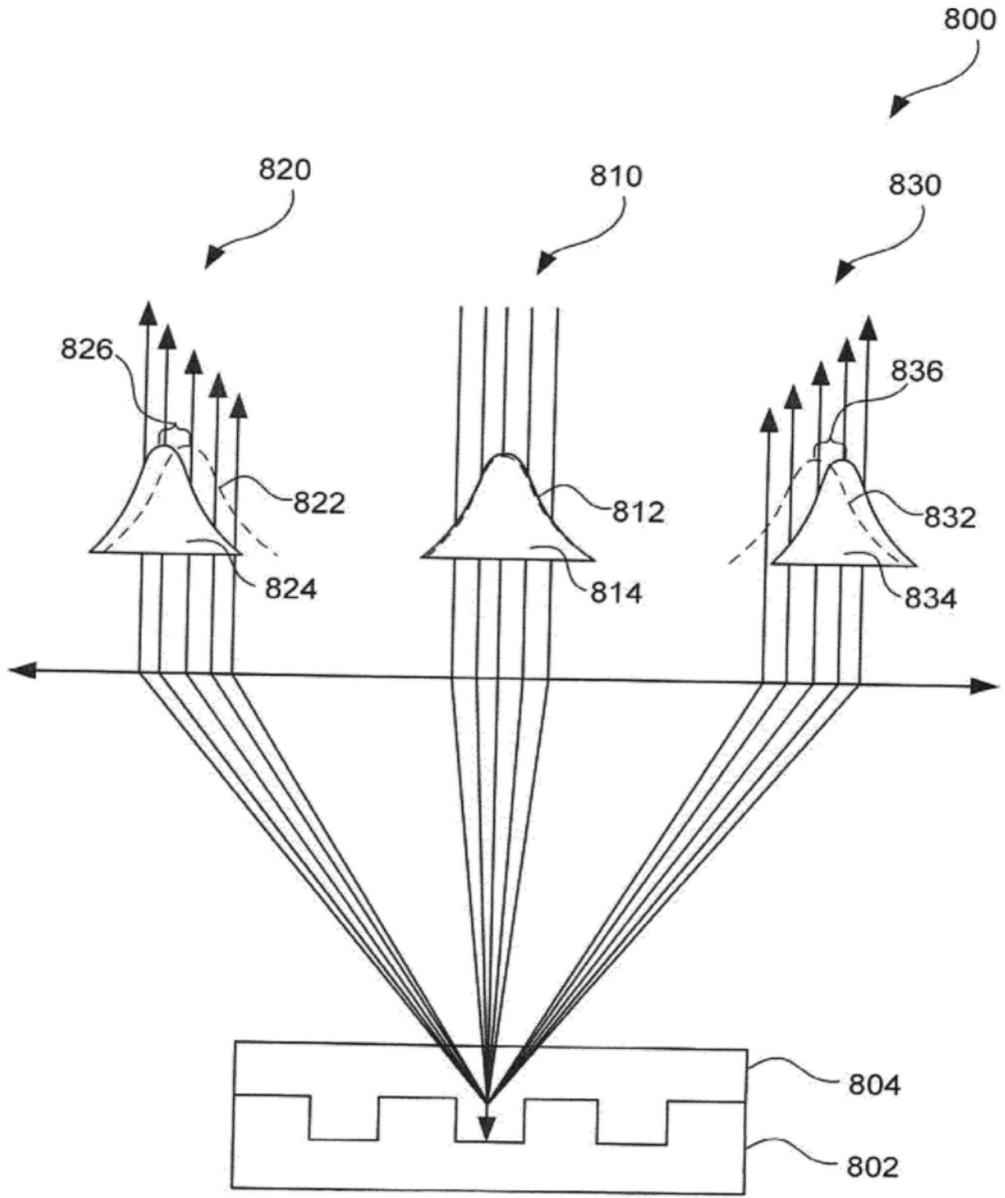


图8

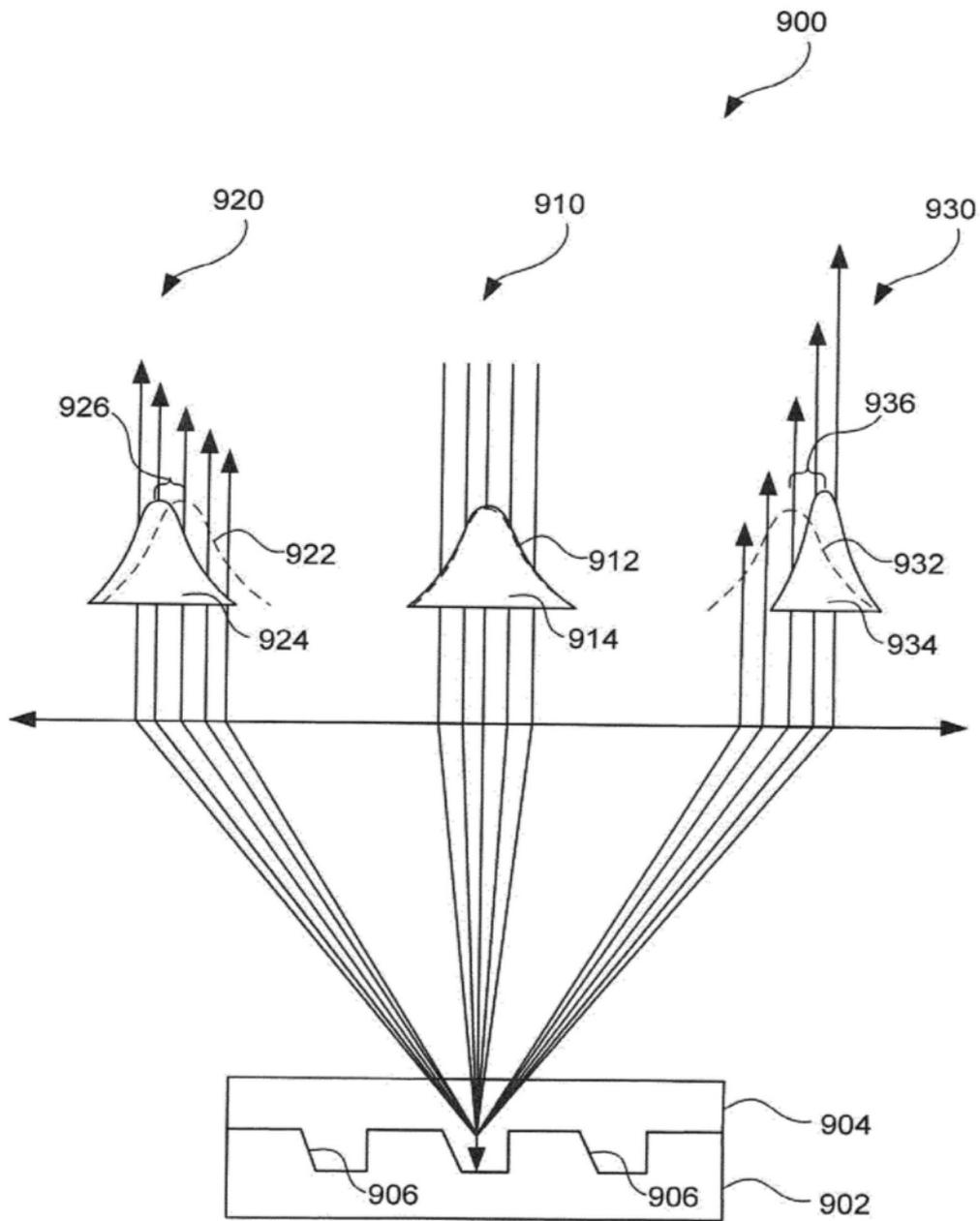


图9

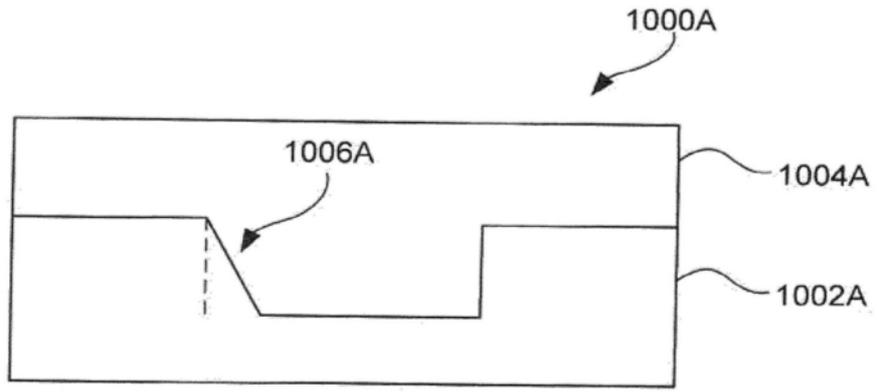


图10A

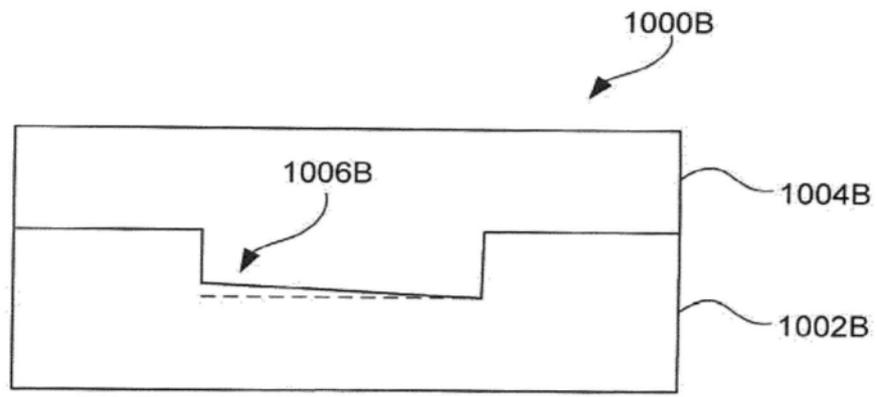


图10B

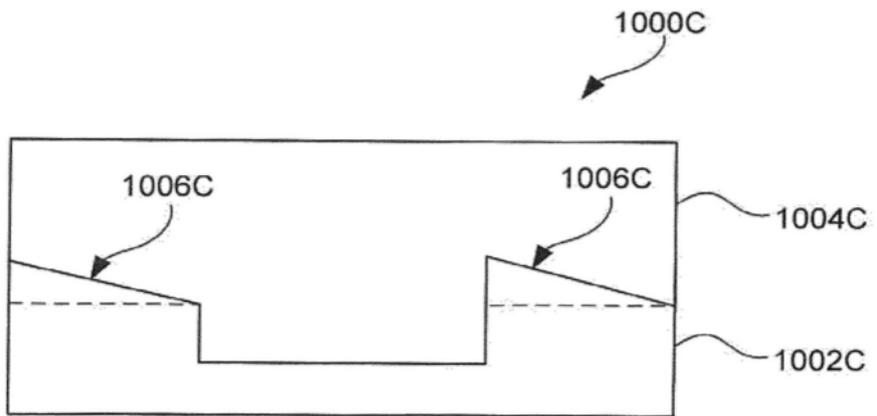


图10C

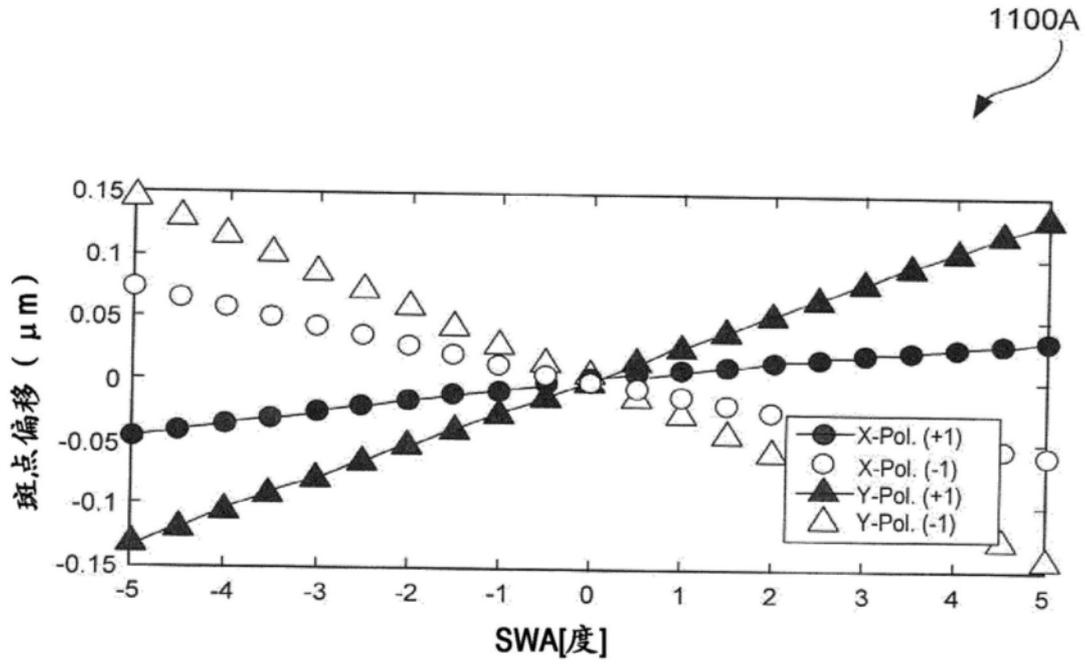


图11A

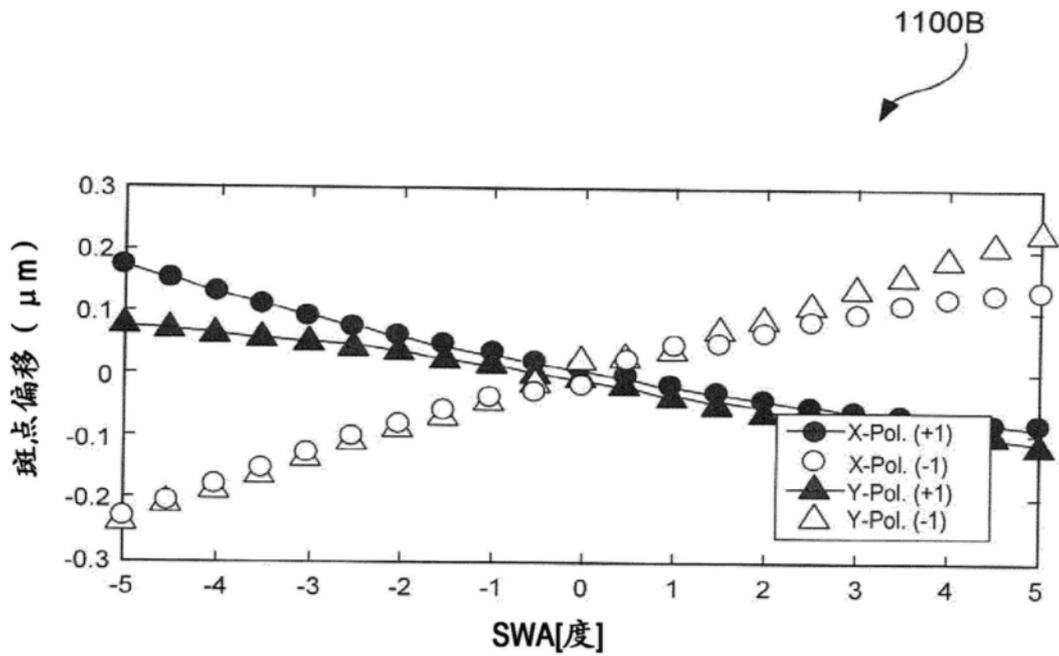


图11B

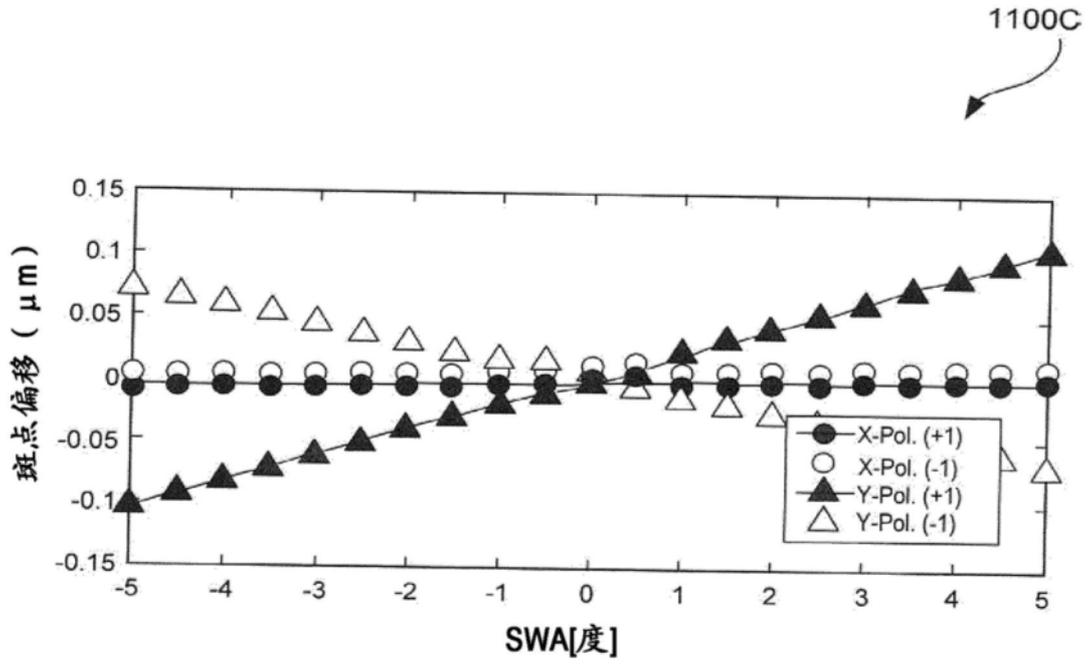


图11C

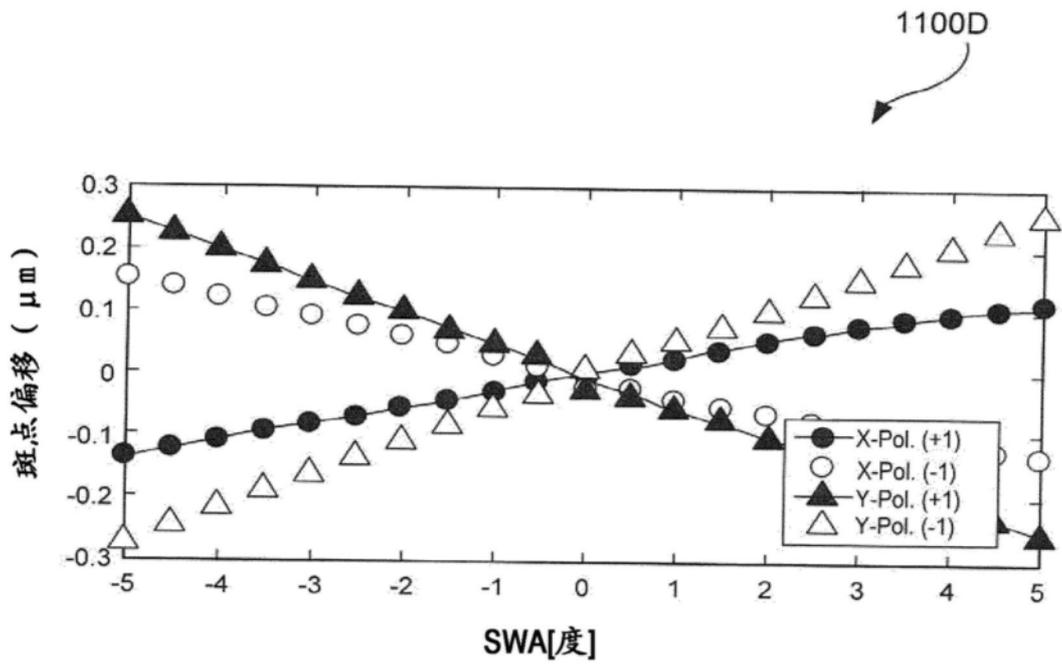


图11D

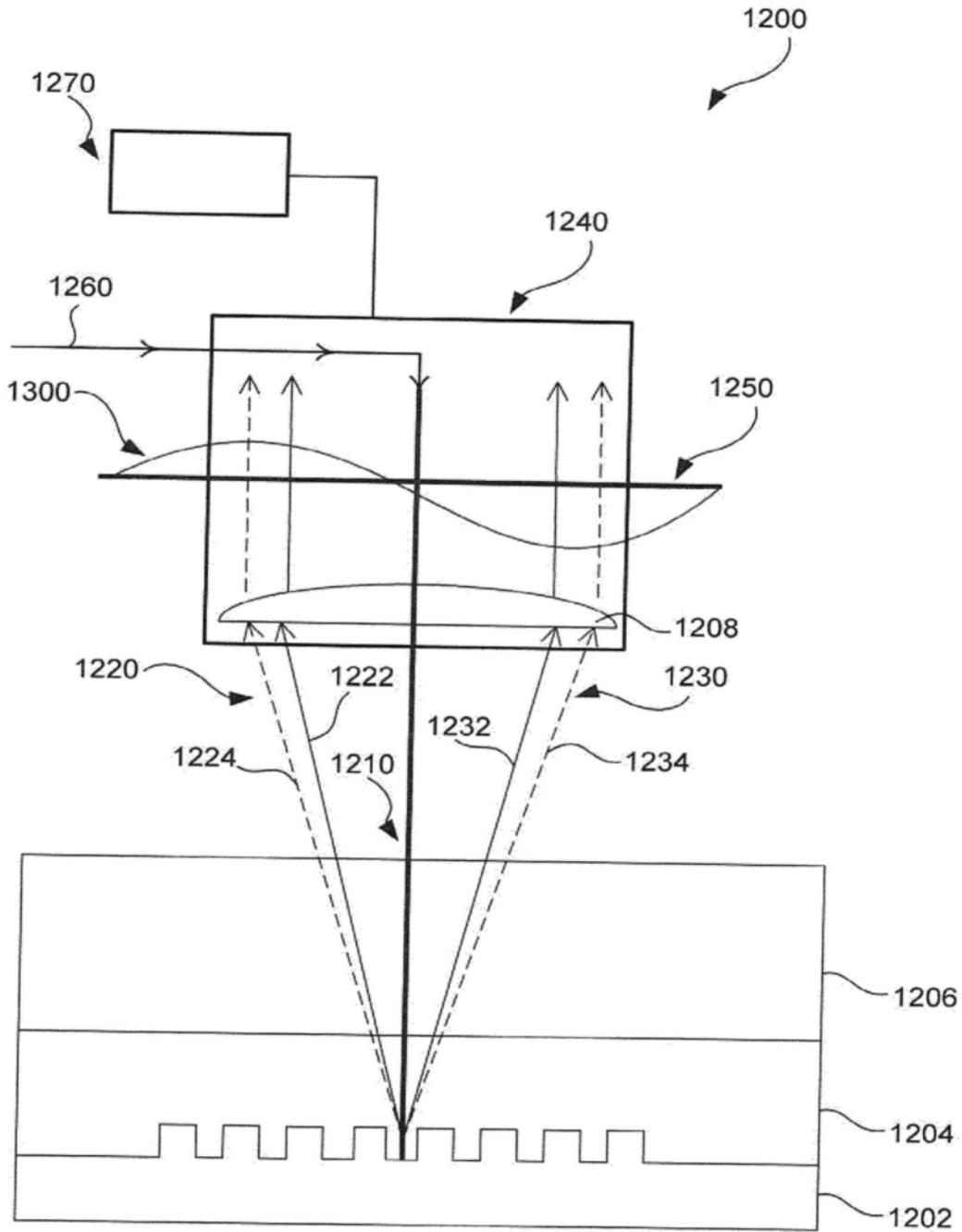


图12

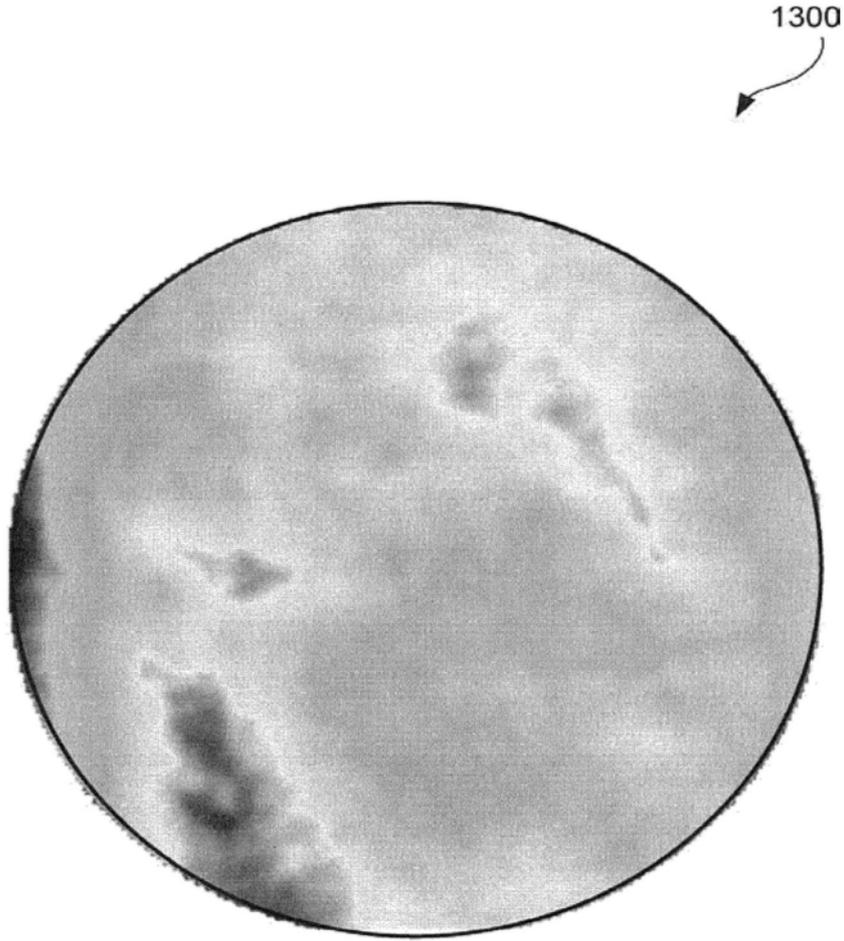


图13