

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510127016.X

[43] 公开日 2006 年 6 月 7 日

[11] 公开号 CN 1782884A

[22] 申请日 2005.11.28

[21] 申请号 200510127016.X

[30] 优先权

[32] 2004.11.29 [33] US [31] 10/998180

[71] 申请人 ASML 荷兰有限公司

地址 荷兰维尔德霍芬

[72] 发明人 H·W·M·范布伊

F·G·C·比南 J·布格胡恩

H·P·T·托斯马 P·坦伯格

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 赵 辛

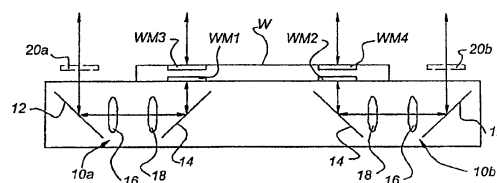
权利要求书 4 页 说明书 24 页 附图 5 页

[54] 发明名称

衬底台、测量衬底位置的方法以及光刻装置

[57] 摘要

本发明涉及一种设置成可支承设有至少一个衬底标记的衬底的衬底台。该至少一个衬底标记具有可利用对准系统来测得的位置。衬底台设有光学系统，该光学系统具有不等于 1 的放大系数，以用于提供将通过该对准系统来测量的该至少一个衬底标记的图像。



1. 一种用于产生至少一个虚衬底标记的设备，包括：
设置成可支撑具有至少一个衬底标记的衬底的衬底台；
- 5 与所述衬底台相关联的光学系统，所述光学系统具有一个或多个光学臂，其包括：
 至少两个设置成可反射辐射的反射镜；
 至少两个设置成可接收所述反射镜所反射的辐射的透镜，
 所述透镜提供了不等于 1 的放大系数，
- 10 其中，所述一个或多个光学臂从相应的至少一个衬底标记中产生所述至少一个虚衬底标记。
2. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述放大系数大于 1。
3. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述放大系数小于
- 15 1。
4. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述至少一个衬底标记包括可根据所述放大系数来调节的尺寸。
5. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述衬底台设置成可支撑所述衬底的背面，所述衬底台设有内置于所述衬底台之中的所述
- 20 光学系统，其用于在所述衬底由所述衬底台支撑时允许在光学上通往设在所述衬底背面上的衬底标记。
6. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述至少两个透镜包括第一透镜和第二透镜，它们具有不同的焦距，并且沿着所述光学系统的光轴而设置。
- 25 7. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述至少两个反射镜设置成使得所述反射镜中的每一个与水平面所形成的单个角度之和大致为 90° 。
8. 根据权利要求 1 所述的设备，其特征在于，所述光学系统利用

第一放大系数来产生至少一个虚衬底标记，利用第二放大系数来产生至少一个虚衬底标记，所述第一放大系数不同于所述第二放大系数。

9. 根据权利要求8所述的设备，其特征在于，所述光学系统包括设置成可提供所述第一放大系数的第一光学臂，以及设置成可提供所述第二放大系数的第二光学臂。

10. 根据权利要求8所述的设备，其特征在于，所述光学系统包括设置成可提供所述第一放大系数和所述第二放大系数的光学臂。

11. 一种测量位于衬底台上的衬底的位置的方法，所述衬底具有位于其上的多个衬底标记，其中至少两个所述衬底标记具有不同的尺寸，所述方法包括：

产生对应于具有第一尺寸的衬底标记的第一虚衬底标记，所述第一虚衬底标记利用第一放大系数来产生；

产生对应于具有第二尺寸的衬底标记的第二虚衬底标记，所述第二虚衬底标记利用第二放大系数来产生；以及

15 确定用于所述第一虚衬底标记的第一对准位置。

12. 根据权利要求11所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：利用所述第一对准位置来定位所述第二虚衬底标记；和

确定用于所述第二虚衬底标记的第二对准位置，其中所述第一放大系数不同于所述第二放大系数。

20 13. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，所述第一尺寸大于所述第二尺寸。

14. 一种用于产生莫阿干涉图样的装置，包括：

设置成可支撑具有至少一个衬底对准光栅的衬底的衬底台；和设有对准光栅的窗；

25 其中，所述窗对准光栅构造成使得当所述衬底由所述衬底台支撑时，所述衬底对准光栅与所述窗对准光栅一起形成了莫阿干涉图样，其可被对准系统用来确定所述衬底的位置。

15. 根据权利要求14所述的装置，其特征在于，所述窗设在所述

衬底台中。

16. 根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述窗形成了光学臂的一部分，其包括可形成所述莫阿干涉图样的图像的透镜。

17. 根据权利要求 16 所述的装置，其特征在于，所述光学臂还包括反射镜，以及设置成可传输具有优选衍射级的光的孔。

18. 根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述窗设在当所述衬底由所述衬底台支撑时处于所述衬底对准光栅之下的某一位置处。

19. 根据权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述窗设在对准系统中。

20. 一种测量设在衬底台上的衬底的位置的方法，所述方法包括，将所述衬底设在一定位置处，使得设在所述衬底上的对准光栅和设在所述衬底台上的窗上的对准光栅一起形成莫阿干涉图样，利用位于所述衬底台的光学器件来形成所述莫阿干涉图样的图像，然后利用对准系统来测量所述莫阿干涉图样的图像的位置。

21. 根据权利要求 20 所述的方法，其特征在于，所述衬底对准光栅的周期选择成可与所述窗对准光栅的周期一起来提供莫阿干涉图样，所述莫阿干涉图样对所述衬底的侧向运动的效果进行所需的放大。

22. 根据权利要求 20 所述的方法，其特征在于，所述衬底对准光栅的周期选择成可与所述窗对准光栅的周期一起提供莫阿干涉图样，所述莫阿干涉图样具有可被所述对准系统检测到的周期。

23. 一种测量设在衬底台上的衬底的位置的方法，所述方法包括，将所述衬底设在一定位置处，使得设在所述衬底上的对准光栅和设在对准系统中的窗上的对准光栅一起形成莫阿干涉图样，然后利用所述对准系统来测量所述莫阿干涉图样的位置。

24. 根据权利要求 23 所述的方法，其特征在于，所述衬底对准光栅的周期选择成可与所述对准系统的对准光栅的周期一起提供莫阿干

涉图样，所述莫阿干涉图样对所述衬底的侧向运动的效果进行所需的放大。

25. 根据权利要求 23 所述的方法，其特征在于，所述衬底对准光栅的周期选择成可与所述对准系统的对准光栅的周期一起提供莫阿干涉图样，所述莫阿干涉图样具有可被所述对准系统检测到的周期。
- 5

衬底台、测量衬底位置的方法以及光刻装置

5 技术领域

本发明涉及一种设置成可支承带有至少一个衬底标记的衬底的衬底台，该至少一个衬底标记具有可利用对准系统来测量的位置。本发明还涉及一种测量衬底台上的衬底的位置的方法。

10 背景技术

光刻装置是可在衬底、通常是衬底的目标部分上施加所需图案的机器。光刻装置例如可用于集成电路(IC)的制造中。在这种情况下，可采用图案形成装置来产生将形成于 IC 的单个层上的电路图案，该图案形成装置也称为掩模或分划板。该图案可被转移到衬底(如硅晶片)上的目标部分(例如包括一个或多个管芯)上。图案的转移通常借助于成像到设于衬底上的一层辐射敏感材料(抗蚀剂)上来实现。通常来说，单个衬底包含被连续地形成图案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性地曝光在目标部分上来照射各目标部分，还包括所谓的扫描器，其中通过沿给定方向(“扫描”方向)由辐射束来扫描图案并以平行于或反向平行于此方向的方向同步地扫描衬底来照射各目标部分。还可以通过将图案压印在衬底上来将图案从图案形成装置转移到衬底上。

尽管可具体引用光刻装置在 IC 制造中的使用，然而应当理解，本文所述的光刻装置可具有其它应用，例如制造集成式光学系统、用于磁畴存储器、平板显示器、液晶显示器(LCD)、薄膜磁头的引导和检测图案，等等。本领域的技术人员可以理解，在这些备选应用的上下文中，这里所使用的用语“晶片”或“管芯”可视为分别与更通用的用语“衬底”或“目标部分”同义。这里所指的衬底可在

曝光前或曝光后例如在轨道(一种通常在衬底上施加抗蚀层并对暴露出来的抗蚀层进行显影的工具)或度量和/或检查工具中进行加工。在适当之处,本公开可应用于这些和其它衬底加工工具中。另外,衬底可被不止一次地加工,例如以形成多层 IC,因此,这里所用的用语“衬底”也可指已经包含有多层已加工的层的衬底。

尽管在上文中已具体引用了本发明的实施例在光刻技术范畴中的应用,然而可以理解,本发明可用于其它应用中,例如压印光刻法,其中该范围并不限于光刻法。在压印光刻法中,图案形成装置中的外形限定了衬底上所形成的图案。图案形成装置的外形可压在提供至衬底的一层光刻胶上,通过施加电磁辐射、热量、压力或它们的组合来使光刻胶固化。在光刻胶固化之后,将图案形成装置从光刻胶上移开,从而在光刻胶中形成图案。

这里所用的用语“辐射”和“光束”旨在包括所有类型的电磁辐射,包括紫外线(UV)辐射(例如波长为大约 436,365,355,248,193,157 或 126 纳米)和远紫外线(EUV)辐射(例如波长为 5-20 纳米),以及粒子束如离子束或电子束。

用语“透镜”在允许之处可指多种光学部件中的任意一种或其组合,包括折射式、反射式、磁式、电磁式和静电式光学部件。

对准是将掩膜上的特定点的图像定位在待曝光衬底上的特定点处的过程。通常,在各衬底和掩膜上都设有一个或多个对准标记,例如小图案。器件可包括多个层,它们利用中间加工步骤通过连续曝光而组合起来。在每次曝光之前进行对准,以减少新一次曝光与之前曝光之间的任何位置误差,这种误差称为重叠误差。

然而,一些中间加工步骤如化学机械抛光(CMP)、快速加热退火、厚层沉积和深槽蚀刻会损坏或扭曲衬底上的对准标记,或者在不透明层下烧坏这些对准标记。因此,有时对准标记不是清晰可见的或者完全不可见,从而对对准精度有负面影响。这会导致重叠误差。

在一些技术中,例如微系统技术(MST)和微机电系统(MEMS)中,

利用衬底的两侧来制造器件。该技术面临在衬底的一面上进行多次曝光时，要使这些曝光与之前在衬底另一面上曝光的特征精确对准的难题。通常需要 0.5 微米左右或更好的对准精度。

5 新技术的发展允许通过使用所谓的浸没技术来实现具有甚至更小图案的图案形成特征的成像。该技术基于这样的事实，即透镜与衬底之间的间隙填充有流体如水。由于水的折射系数高于一些低压气体的空气折射系数，因此系统的数值孔径就增大了。这就允许系统形成甚至更小的图案，尽管是采用相同的辐射系统和投影系统。关于浸没技术的更多信息可见 EP 1420298 A2 和 EP 1429188 以及 EP
10 1420300 A2。然而，水的存在会影响对准测量。作为水存在于透镜与衬底之间的结果，就难于在设在衬底上的标记上进行对准测量。另外，将这些“湿”测量值与之前得到的“干”对准测量值进行对比也是相当困难的。

传统的对准技术都在衬底的顶面、即在曝光的那一面进行操作。
15 这一面称为衬底的第一面或正面。这些对准技术均通过测量设在衬底顶面上的对准标记的位置，来测量衬底的位置。然而，与浸没技术相组合在一起，在衬底于两面上都进行了加工时，这些传统的对准技术就难于执行，或者精度较低。

传统的对准技术通常使用光学测量技术，其测量设在衬底的顶面上、即衬底的不面对用于安置衬底的衬底台的那一面上的对准标记的位置。这使得在两面制造器件时，难于使用这些对准技术，因为在这种情况下，衬底需要定位成使得对准标记面向衬底台。
20

在使用浸没技术的情形下，对准系统的光学器件通常定位在填充有液体的区域外侧，因此光学器件和/或光学信号需要被引导至液体中。这是不太容易的事情，并且需要复杂且昂贵的技术。
25

为了克服这些问题，已经发展出这样的对准技术，其设置成可测量位于衬底背面、即衬底的面向衬底台的未曝光的那一面上的对准标记的位置。这一面也称为衬底的第二面。

在对准过程中，第二面面向支承衬底的衬底台。为了允许测量设在衬底第二面上的对准标记的位置，将光学器件设在衬底台上。这种技术通常称为背面对准，在下文中将更详细论述。在 ASML 拥有的 US 2002/0109825 A1 中可见到更全面的介绍。

5 此时会发现，利用设在衬底台的光学器件并借助于衬底的第二面进行的对准测量与基于设在衬底第一面上的可直接测量的对准标记的对准测量相比，可能更不精确。因此，需要对背面对准技术进行改进。

10 总之，需要对背面以及正面对准技术进行改进，以允许更精确地测量位于衬底台上的衬底的位置，以及实现更好的对准结果。

在该说明书的全文中，位于衬底的特定面上的对准标记所指的是包括在衬底的各个面上蚀刻出的对准标记，并包括在对准标记的上面沉积后续材料，使得它被埋在该材料中而不必再露出表面。

15 尽管具体引用了该装置在 IC 或 MEMS 制造中的使用，然而应当清楚地理解，这些装置具有许多其它的可能应用。例如，这些装置可实施于集成式光学系统的制造中，用于磁畴存储器、平板显示器、液晶显示器(LCD)、薄膜磁头的引导和检测图案的制造中，等等。

发明内容

20 本发明的一个目的是提供一种衬底台，其允许对位于衬底台上的衬底的位置进行更精确的测量。

根据本发明的第一方面，提供了一种用于产生至少一个虚衬底标记的设备，包括设置成可支撑具有至少一个衬底标记的衬底的衬底台，与衬底台相关联的光学系统，该光学系统具有一个或多个光学臂，其包括至少两个设置成可反射辐射的反射镜、以及至少两个
25 设置成可接收反射镜所反射的辐射的透镜，这些透镜提供了不等于 1 的放大系数，其中该一个或多个光学臂从相应的至少一个衬底标记中产生所述至少一个虚衬底标记。

根据本发明的第二方面，提供了一种测量位于衬底台上的衬底的位置的方法，该衬底具有位于其上的多个衬底标记，其中至少两个衬底标记具有不同的尺寸，其中该方法包括产生对应于具有第一尺寸5 的衬底标记的第一虚衬底标记，该第一虚衬底标记利用第一放大系数来产生，产生对应于具有第二尺寸的衬底标记的第二虚衬底标记，该第二虚衬底标记利用第二放大系数来产生，以及确定用于第一虚衬底标记的第一对准位置。

根据本发明的第三方面，提供了一种用于产生莫阿干涉图样的装置，其包括设置成可支撑具有至少一个衬底对准光栅的衬底的衬底台，以及设有对准光栅的窗，其中该窗对准光栅构造成使得当衬底10 由衬底台支撑时，衬底对准光栅与窗对准光栅一起形成了莫阿干涉图样，其可被对准系统用来确定衬底的位置。

根据本发明的第四方面，提供了一种测量设在衬底台上的衬底的位置的方法，该方法包括，将衬底设在一定位置处，使得设在衬底上的对准光栅和设在衬底台15 中的窗上的对准光栅一起形成莫阿干涉图样，利用位于衬底台的光学器件来形成莫阿干涉图样的图像，然后利用对准系统来测量莫阿干涉图样的图像的位置。

根据本发明的第五方面，提供了一种测量设在衬底台上的衬底的位置的方法，该方法包括，将衬底设在一定位置处，使得设在衬底上的对准光栅和设在对准系统中的窗上的对准光栅一起形成莫阿干涉图样，20 然后利用对准系统来测量莫阿干涉图样的位置。

附图说明

现在仅通过示例方式，并参考示意性附图来介绍本发明的实施例，25 在附图中采用相应的标号来表示相应的部件，其中：

图 1 显示了根据本发明一个实施例的光刻装置；

图 2 是显示了结合有用于双面对准的光学系统的两个分支的衬底台的示意性剖视图；

图 3 是衬底的平面图，显示了双面对准光学器件的位置和定向；

图 4 是平面图，显示了双面对准光学器件的另一种位置和定向；

图 5 是具有一体式光学部件的衬底台的一部分的剖视图；

5 图 6 是根据本发明的具有一体式光学部件的衬底台的一部分的剖视图；

图 7 是根据本发明另一实施例的具有一体式光学部件的衬底台的一部分的顶视图；

图 8 显示了可用于根据本发明的一个实施例中的标记；

图 9 是本发明的一个备选实施例的剖视图；

10 图 10 是显示了根据本发明的该备选实施例的操作的示意图；

图 11 是图 9 所示装置的一部分的平面图；和

图 12 是本发明的备选实施例的一种实现的侧视图。

具体实施方式

15 图 1 示意性地显示了根据本发明的一个实施例的光刻装置。
该装置包括：

— 构造成可调节辐射束 B(例如 UV 辐射或 EUV 辐射)的照明系统(照明器)IL；

20 — 构造成可支撑图案形成装置(例如掩模)MA 的支撑结构(例如掩模台)MT，其与构造成可按照一定参数精确地定位图案形成装置的第一定位装置 PM 相连；

— 构造成可固定衬底(例如涂覆有抗蚀剂的晶片)W 的衬底台(例如晶片台)WT，其与构造成可按照一定参数精确地定位衬底的第二定位装置 PW 相连；和

25 — 构造成可将由图案形成装置 MA 施加给投影光束 B 的图案投射在衬底 W 的目标部分 C(例如包括一个或多个管芯)上的投影系统(例如折射型投影透镜系统)PS。

照明系统可包括用于对辐射进行引导、成形或控制的多种类型

的光学部件，例如折射式、反射式、磁式、电磁式、静电式或其它类型的光学部件或其任意组合。

5 支撑结构支撑了、即承受了图案形成装置的重量。它以一定的方式固定住图案形成装置，这种方式取决于图案形成装置的定向、光刻装置的设计以及其它条件，例如图案形成装置是否保持在真空环境下。支撑结构可使用机械、真空、静电或其它夹紧技术来固定住图案形成装置。支撑结构例如可为框架或台，其可根据要求为固定的或可动的。支撑结构可保证图案形成装置可例如相对于投影系统处于所需的位置。用语“分划板”或“掩模”在本文中的任何使用
10 用可被视为与更通用的用语“图案形成装置”具有相同的含义。

这里所用的用语“图案形成装置”应被广义地解释为可用于为辐射束的横截面施加一定图案以便在衬底的目标部分中形成图案的任何装置。应当注意的是，例如如果图案包括相移特征或所谓的辅助特征，那么施加于辐射束中的图案可以不精确地对应于衬底目标部分中的所需图案。一般来说，施加于辐射束中的图案将对应于待
15 形成在目标部分内的器件如集成电路中的特定功能层。

图案形成装置可以是透射式的或反射式的。图案形成装置的例子包括掩模、可编程的镜阵列和可编程的 LCD 面板。掩模在光刻领域中是众所周知的，其包括例如二元型、交变相移型和衰减相移型等掩模类型，还包括各种混合式掩模类型。可编程镜阵列的一个例子采用微型镜的矩阵设置，各镜子可单独地倾斜以沿不同方向反射
20 所入射的辐射束。倾斜镜在被镜矩阵所反射的辐射束中施加了图案。

这里所用的用语“投影系统”应被广义地理解为包括各种类型的投影系统，包括折射式、反射式、反射折射式、磁式、电磁式和静电式光学系统或其任意组合，这例如应根据所用的曝光辐射或其它因素如使用浸液或使用真空的情况来适当地确定。用语“投影透
25 镜”在本文中的任何使用均应被视为与更通用的用语“投影系统”具有相同的含义。

在本发明的一个示例性实施例中，此装置为透射型(例如采用了透射掩模)。或者，此装置也可以是反射型(例如采用了可编程镜阵列或采用了反射掩模)。

5 光刻装置可以是具有两个(双级)或多个衬底台(和/或两个或多个掩模台)的那种类型。在这种“多级”式机器中，这些另加的台可以并联地使用，或者可在一个或多个台上进行预备步骤，同时一个或多个其它的台用于曝光。

10 光刻装置也可以是这样的类型，其中至少一部分衬底被具有较高折射率的液体如水覆盖，从而填充了投影系统和衬底之间的空间。浸液也可施加到光刻装置的其它空间内，例如掩模和投影系统之间。浸没技术在本领域中是众所周知的，其用于增大投影系统的数值孔径。在本文中使用的用语“浸没”并不指例如衬底的结构必须完全浸入在液体中，而是仅指在曝光期间液体处于投影系统与衬底之间。

15 参见图 1，照明器 IL 接收来自辐射源 SO 的辐射束。辐射源和光刻装置可以是单独的实体，例如在辐射源为准分子激光器时。在这种情况下，辐射源不应被视为形成了光刻装置的一部分，辐射束借助于光束传送系统 BD 从源 SO 传递到照明器 IL 中，光束传送系统 BD 例如包括适当的引导镜和/或光束扩展器。在其它情况下，该源可以是光刻装置的一个整体部分，例如在该源为水银灯时。源 SO
20 和照明器 IL 及光束传送系统 BD(如果有的话)一起可称为辐射系统。

照明器 IL 可包括调节装置 AD，其用于调节辐射束的角强度分布。通常来说，至少可以调节照明器的光瞳面内的强度分布的外部
25 和/或内部径向范围(通常分别称为 σ -外部和 σ -内部)。另外，照明器 IL 通常包括各种其它的器件，例如积分器 IN 和聚光器 CO。照明器可用来调节辐射束，以使辐射束在其截面上具有所需的均匀性和强度分布。

辐射束 B 入射在固定于支撑结构(例如掩模台 MT)上的图案形成装置(例如掩模 MA)上，并通过该图案形成装置而形成图案。在穿过

掩模 MA 后, 辐射束 B 通过投影系统 PS, 其将光束聚焦在衬底 W 的目标部分 C 上。借助于第二定位装置 PW 和位置传感器 IF(例如干涉仪、线性编码器或电容传感器), 衬底台 WT 可精确地移动, 以便例如将不同的目标部分 C 定位在辐射束 B 的路径中。类似地, 可用
5 第一定位装置 PM 和另一位置传感器(在图 1 中未明确示出)来相对于辐射束 B 的路径对掩模 MA 进行精确的定位, 例如在将掩模 MA 从掩模库中机械式地重新取出之后或者在扫描过程中。通常来说, 借助于形成为第一定位装置 PM 的一部分的长行程模块(粗略定位)和短行程模块(精确定位), 可实现掩模台 MT 的运动。类似地, 采用形成为第二定位装置 PW 的一部分的长行程模块和短行程模块, 可实现衬底台 WT 的运动。在采用分档器的情况下(与扫描器相反), 掩模台 MT 可只与短行程致动器相连, 或被固定住。掩模 MA 和衬底 W 可采用掩模对准标记 M1,M2 和衬底对准标记 P1,P2 来对准。虽然衬底对准标记显示为占据了专用目标部分, 然而它们可位于目标部分之间的空间内(它们称为划线路线对准标记)。类似地, 在其中于掩模 MA
10 上设置了超过一个管芯的情形下, 掩模对准标记可位于管芯之间。

所述装置可用于至少一种下述模式中:

1. 在步进模式中, 掩模台 MT 和衬底台 WT 基本上保持静止, 而施加到投影光束上的整个图案被一次性投影到目标部分 C 上(即单
20 次静态曝光)。然后沿 X 和/或 Y 方向移动衬底台 WT, 使得不同的目标部分 C 可被曝光。在步进模式中, 曝光区域的最大尺寸限制了在单次静态曝光中所成像的目标部分 C 的大小。

2. 在扫描模式中, 掩模台 MT 和衬底台 WT 被同步地扫描, 同时施加到投影光束上的图案被投影到目标部分 C 上(即单次动态
25 曝光)。衬底台 WT 相对于掩模台 MT 的速度和方向由投影系统 PS 的放大(缩小)以及图像倒转特性来确定。在扫描模式中, 曝光区域的最大尺寸限制了单次动态曝光中的目标部分的宽度(非扫描方向上), 而扫描运动的长度决定了目标部分的高度(扫描方向上)。

3. 在另一模式中,掩模台 MT 基本上静止地夹持了可编程的图案形成装置,而衬底台 WT 在施加到辐射束上的图案被投影到目标部分 C 上时产生运动或扫描。在这种模式中通常采用了脉冲辐射源,可编程的图案形成装置根据需要在衬底台 WT 的各次运动之后或在扫描期间的连续辐射脉冲之间进行更新。这种操作模式可容易地应用于采用了可编程的图案形成装置、例如上述类型的可编程镜阵列的无掩模式光刻技术。

还可以采用上述使用模式的组合和/或变型,或者采用完全不同的使用模式。

10 图 2 显示了位于衬底台 WT 上的衬底 W。衬底标记 WM3 和 WM4 设在衬底 W 的第一面(“正面”)上,光可如 WM3 和 WM4 上方的箭头所示地从这些标记上反射出,并可与对准系统一起用于掩膜(未示出)上的标记的对准。在 2003 年 12 月 17 日申请的美国专利申请 No.10/736911 中公开了对此的更详细介绍,该申请通过引用而完全地结合于本文中。

15 另外,衬底标记 WM1 和 WM2 设在衬底 W 的第二面(“背面”)上。光学系统内置于衬底台 WT 中,以用于使在光学上可通往衬底 W 的背面上的衬底标记 WM1,WM2。该光学系统包括一对臂 10a,10b。各臂包括两个反射镜 12,14 以及两个透镜 16,18。各臂中的反射镜 12,14 20 倾斜,使得它们与水平面形成的角度之和为 90° 。这样,垂直入射在其中一个反射镜上的光束在从另一反射镜上反射出来时仍保持垂直。当然,也可以想出实现 180° 方向变化的其它方式。例如,透镜和安装件可设计成使得它们可考虑大部分的方向变化,只要整个光学系统提供 180° 的方向变化。

25 在使用中,光从衬底台 WT 上方引入到反射镜 12 上,并通过透镜 16 和 18 而引至反射镜 14 上,然后到达相应的衬底标记 WM1,WM2 上。光从衬底标记的这些部分反射出来,并沿着光学系统的臂并经由反射镜 14、透镜 18 和 16 以及反射镜 12 而反射回来。反射镜 12,14

以及透镜 16,18 设置成使得衬底标记 WM1,WM2 的图像 20a,20b 形成于衬底 W 的正面(顶面)的平面处,并对应于设在衬底 W 正面上的任何衬底标记 WM3,WM4 的垂直位置。透镜 16,18 以及反射镜 12,14 的顺序可以不同,只要对光学系统是合适的。例如,透镜 18 可位于反射镜 14 与衬底 W 之间(见后面的实施例的图示)。

衬底标记 WM1,WM2 的图像 20a,20b 用作虚衬底标记,并且可以与设在衬底 W 正面(顶面)上的真实衬底标记完全相同的方式而通过现有的对准系统(未示出)来用于对准。

如图 2 所示,光学系统的臂 10a,10b 产生图像 20a,20b,这些图像可移动至衬底 W 的面上,使得它们可通过衬底 W 上方的对准系统来看到。光学系统的臂 10a,10b 的两个优选定向如处于 XY 平面中的衬底 W 的平面图 3 和图 4 所示。为了清楚起见,在图 3 和图 4 中省略了衬底台 WT。在图 3 中,光学系统的臂 10a,10b 沿着 X 轴线对准。在图 4 中,光学系统的臂 10a,10b 平行于 Y 轴线。在这两种情形下,衬底标记 WM1,WM2 均处于 X 轴线上。衬底标记 WM1,WM2 位于衬底 W 的底面上,因此它们从衬底 W 的顶面看去是倒置的。然而,光学系统的臂的反射镜 12,14 的设置可安排成使得衬底标记 WM1,WM2 的图像 20a,20b 可恢复正确的定向。因此,这些图像看起来好象与它们处于衬底 W 顶面上一样是完全相同的。光学系统也可设置成使得衬底标记 WM1,WM2 的尺寸与其图像 20a,20b 之比为 1:1,没有放大或缩小。因此,图像 20a,20b 就可完全如同它们是衬底 W 正面上的真正衬底标记一样地来使用。设在掩膜上的共用对准图案或键可用于与真正的和虚的衬底标记进行对准。

在现有的示例中,衬底标记设在衬底 W 的正面和背面上的相应位置处,如图 2 所示。在图 3 和图 4 中,为了清楚起见,只显示了位于衬底 W 背面上的衬底标记。根据这种设置,当衬底 W 绕 X 或 Y 轴线而翻转过来时,原来位于衬底 W 顶面上的衬底标记现在位于衬底 W 的底面上,但处在可通过光学系统的臂 10a,10b 来形成图像

的位置处。

应当注意到，由于反射镜的设置，衬底 W 在平行于光学系统的臂 10a,10b 的一个方向上的移动将使位于衬底底面上的衬底标记 WM1,WM2 的相应图像 20a,20b 在相反方向上产生移动。例如，在图 3 中，如果衬底 W 向右移动，则图像 20a,20b 会向左移动。在确定衬底标记 WM1,WM2 的位置时以及在进行对准期间调节衬底 W 和掩膜的相对位置时，用于控制对准系统的软件可将这一点考虑进去。如果光学系统的两个臂 10a,10b 是对称的，则在衬底移动时，图像 20a 和 20b 之间的间隔实际上将保持恒定。

在本发明的一个备选实施例中，衬底台 WT 可设有反射镜装置，其不会改变图像 20a,20b 的运动相对于衬底标记 WM1,WM2 的运动的方向。

在衬底 W 的每一面上可设置至少两个衬底标记。单个标记可提供关于掩膜上特定点的图像与衬底上特定点的相对定位的信息。然而，为了保证正确的方位对准和放大，可使用至少两个标记。

图 5 以剖视图显示了衬底台 WT 的一部分。根据本发明的一个实施例，用于对衬底背面上的衬底标记进行成像的光学系统 10a,10b 可以特定方式内置于衬底台 WT 中。如图 5 所示，光学系统的臂的反射镜 12,14 可以不以单独部件的形式来提供，而是与衬底台 WT 形成为一体。在衬底台 WT 中加工出合适的面，然后可在该面上施加涂层以提高反射率，从而形成了反射镜 12,14。光学系统可由与衬底台相同的材料制成，例如 Zerodur™，其具有极低的热膨胀系数，因此保证了可维持高的对准精度。

衬底标记 WM1,WM2,WM3,WM4 可设在衬底 W 上，以允许衬底 W 相对于所投射的图案化光束进行对准。必须进行对准，以允许衬底 W 的不同层相互间最佳地定位。衬底 W 可由多层构成，每一层都以一层接一层的方式形成于衬底 W 上，并接受一次曝光。由于这些不同的层构造成形成了工作器件，因此这些不同的曝光应当相互

间最佳地对准。

如上所述,集成电路制作成多层。各层可始于在衬底 W 上曝光(不同的)图案。该图案可能需要与前一图案最佳地匹配。在这种对准中用于所达到精度的量度是重合度(overlay)O。

- 5 可推导出公式,以便描述在使用传统的对准技术、即衬底标记 WM3,WM4 可设在衬底 W 的第一面上的情形下,衬底 W 上的衬底标记 WM3,WM4 的位置与重合度 O 之间的关系。

基本上,重合度 O 取决于机器对图像的曝光有多精确以及衬底位置的测量有多精确。这是两个独立的误差来源。

- 10 机器在对图像曝光时的精度称为层重合度 S。层重合度 S 是当衬底 W 处于两次曝光之间的阶段时第一层与第二层之间的重合度。因此层重合度 S 是用于机器曝光定位误差的量度。

- 15 在测量衬底 W 的位置时可得到的精度取决于衬底标记的几何位置。衬底对准参数包括膨胀、旋转和平移。因衬底膨胀和旋转所引起的重合度误差在衬底的边缘处最大。

可推导出以下公式来表示重合度 O:

$$O = \sqrt{\left(\left(3\sigma \left(\frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{D_w/2}{D_{PM}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right)^2 + S^2 \right)} \quad (1)$$

其中:

- 20 σ 用于所测对准位置的标准偏差
 D_w 衬底直径
 D_{PM} 两个衬底标记之间的距离
 S 用于层重合度的 3σ(标准偏差的三倍), 和
 O 重合度的 3σ(标准偏差的三倍)

- 25 σ 值是标记位置测量值分布的误差测量值。如果误差分布视为高斯分布,则 3σ 值表示所有误差的大约 99.7%都要小于此的误差值,这是本领域的技术人员可以理解的。

用于测量位于衬底第一面上的衬底标记的值 σ_{FS} (正面)与用于测量位于衬底第二面上的衬底标记的值 σ_{BS} (背面)不同。位于衬底第二面上的衬底标记的 σ 值不同,其原因有若干种,例如:

5 - 使用了更多的光学元件来测量位于衬底第二面上的衬底标记,因此对准光束经过了更多的光学表面;

- 用于测量衬底第二面上的衬底标记的光学器件与温度更相关。

10 根据本发明,光学系统可内置于衬底台 WT 中,该光学系统是类似于图 2 所示的可在光学上通往衬底 W 背面上的衬底标记 WM5,WM6 并提供放大倍数 M 的光学系统。根据本发明的这种光学系统的一个示例如图 6 所示。相同的标号用于表示与前面的图中相同的部件。

可以理解,公式(1)中的 σ 现在成为 σ_{BS} , 其为 σ_{FS} 加上项 σ_{BF} (背面至正面)之和,项 σ_{BF} 考虑了衬底标记的图像可引导至正面:

$$15 \quad \sigma_{BS} = \sqrt{\sigma_{FS}^2 + \sigma_{BF}^2} \quad (2)$$

结果就得到了用于 O 的公式:

$$O = \sqrt{\left(\left(3\sqrt{\sigma_{FS}^2 + \sigma_{BF}^2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{D_W/2}{D_{PM}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right)^2 + S^2 \right)} \quad (3)$$

20 光学系统包括一对臂 10a,10b。在一个实施例中,各臂可包括两个反射镜 12,14 以及两个透镜 116,118。可以使用其它构造。各臂中的反射镜 12,14 倾斜,使得它们与水平面形成的角度之和为 90° 。这样,垂直入射在其中一个反射镜上的光束在从另一反射镜上反射出来时仍保持垂直。可以理解,通过设在光学系统中的其它光学元件如透镜 116,118,还可以(部分地)得到这种 180° 的方向变化。

25 透镜 116,118 可设计成使得衬底标记 WM5,WM6 的放大图像 120a,120b 可形成于衬底 W 的正面(顶面)的平面处,并对应于设在衬底 W 正面上的任何衬底标记 WM3,WM4 的垂直位置。透镜 116,118

以及反射镜 12,14 的顺序可以是不同的, 只要对光学系统是合适的。
例如, 透镜 118 可位于反射镜 14 与衬底 W 之间。

通过为透镜 116,118 提供不同的焦距, 就可得到放大系数 M。
该示例中的放大倍数 M 为 M=3, 然而可以使用任何其它合适的放大
5 倍数 M。本领域的技术人员可以理解, 反射镜相对于衬底标记
WM5,WM6 和放大图像 120a,120b 的定位可以与图 2 所示实施例不
同, 即衬底标记 WM5,WM6 与第一透镜 116 之间的距离可等于第二
透镜 118 与放大图像 120a,120b 之间的距离的三分之一。这在图 6 中
示意性地显示。可以使用其它的构造。

可以理解, 反射镜 12,14 之间的距离决定了沿着光学臂的方向的
可找到衬底标记 WM5,WM6 的放大图像 120a,120b 的位置。如果反
射镜 12,14 定位成相互间进一步远离开, 则放大图像 120a,120b 可分
别向左和向右运动。根据图 6 所示的定向, 其中可找到放大图像
120a,120b 的垂直方向上的位置取决于透镜 116,118 的焦距, 这是本
15 领域的技术人员可以理解的。这些焦距例如可选择成使得放大图像
120a,120b 处在与位于衬底 W 正面的衬底标记 WM3,WM4 相同的(垂
直)水平面处, 如图 6 所示。

对准硬件的其它部分可类似于其中未提供放大的系统中所用的
硬件。因此, 衬底标记 WM5,WM6 的放大图像 120a,120b 优选具有
20 可被用于执行对准测量的光学器件检测到的尺寸。为了实现这一点,
衬底标记 WM5,WM6 可以设置成比其中未提供放大的图 2 所示示例
中所用的衬底标记 WM1,WM2 更小, 即缩小了一个系数 M。

作为放大倍数 M 的结果, 衬底 W 的运动可被放大一个等于 M
的倍数, 因此就减小了部分对准误差。因此, 在公式(2)中定义的 σ_{BS}
25 就被称为 $\sigma_{BS,M}$ 的新值取代:

$$\sigma_{BS,M} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{FS}}{M}\right)^2 + \sigma_{BF}^2} \quad (4)$$

在某些情况下, $\sigma_{BS,M}$ 的值甚至小于 σ_{FS} , σ_{FS} 可利用对位于衬底

W 正面的衬底标记 WM3,WM4 的直接测量来得到。

可以注意到, 由于存在放大, 因此衬底 W 在一个方向上相对于光学系统的移动可使位于衬底底面上的衬底标记 WM5,WM6 的相应放大图像 120a,120b 以放大了倍数 M 的方式在相反方向上来移动。

5 例如, 在图 6 中, 如果衬底 W 向右移动了一定距离, 则图像 120a,120b 会向左移动一段该一定距离的 M 倍。在确定衬底标记 WM5,WM6 的位置时以及在进行对准期间调节衬底 W 和掩膜的相对位置时, 用于控制对准系统的软件可将这一点考虑进去。

10 在本发明的一个备选实施例中, 衬底台 WT 可设有反射镜装置, 其不会改变图像 120a,120b 的运动相对于衬底标记 WM5,WM6 的运动的方向。如本领域的技术人员所理解的那样, 这可以多种方式进行。例如, 可以采用类似于反射照相机的技术、采用反射镜与棱镜的组合来进行。

15 根据公式(2), 为了得到 $\sigma_{BS}=7.26$ 纳米, 需要 σ_{FS} 值=7.1 纳米, σ_{BF} 值=1.5 纳米。例如, 当使用了根据本发明的衬底台 WT, 并且提供了放大系数 $M=3$ 时, $\sigma_{BS,M}$ 值就变成 $\sigma_{BS,M}$ 值=2.80 纳米。从以下公式中可以得到用于重合度 O_M 的新值:

$$O_M = \sqrt{\left(\left(3 \sqrt{\left(\frac{\sigma_{FS}}{M} \right)^2 + \sigma_{BF}^2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} * \frac{D_W/2}{D_{PM}} + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \right)^2 + S^2 \right)} \quad (5)$$

20 可以看到, 通过根据本发明的放大并采用背面对准, 可以提供比采用传统的背面对准或甚至采用正面对准时更精确的结果。

原理上, 本发明还可用于设在衬底 W 正面上的衬底标记中。可以进行修改, 以便在衬底台 WT 的正面处结合有为此所用的设计。放大用光学器件可能需要固定在衬底台 WT 上, 使得衬底台 WT 的运动不被放大。

25 由于内置于衬底台 WT 中的光学系统提供了已被放大了倍数 M 的图像, 因此可以更精确的方式来确定衬底标记 WM5,WM6 的位置。

可以理解,系统的捕捉范围会减小一个等于放大系数 M 的倍数。捕捉范围是其中可定位衬底标记以便通过测量系统来检测正确标记位置的沿 x 和 y 方向的区域。结果,为了找到衬底标记 WM5,WM6,衬底 W 相对于内置于衬底台 WT 中的光学臂的定位就需要更精确。

5 然而,这可通过提供如图 7 所示的衬底台 WT 来改善,其中使用了不提供放大的第一对臂 110a,110b,以及提供放大的第二对臂 110c,110d。衬底 W 可设有第一衬底标记 WM1,WM2,其设置成使得它们可借助于第一对臂 110a,110b 来检测到。衬底 W 还可设有第二衬底标记 WM5,WM6,其设置成使得它们可借助于第二对臂 110c,110d
10 来检测到。第一衬底标记 WM1,WM2 具有“正常的”尺寸,这意味着它们可借助于根据现有技术的不提供放大的光学臂 110a,110b 来检测到。第二衬底标记 WM5,WM6 具有根据内置于光学臂 110c,110d 中的放大系数 M 而变小的尺寸。

 因此,第一衬底标记 WM1,WM2 的捕捉范围大于第二衬底标记
15 WM5,WM6 的捕捉范围。现在,可以两步来进行对准。首先,可借助于第一对臂 110a,110b 并使用第一衬底标记 WM1,WM2 来确定对准位置。这会形成粗略的对准信息。该粗略的对准信息用于在第二对准步骤中找到第二衬底标记 WM5,WM6,其中借助于第二对臂 110c,110d 并利用第二衬底标记 WM5,WM6 来确定精确的对准位置。

20 在本发明的一个备选实施例中,衬底台 WT 可设计成具有混合的多个光学臂,它们具有不同的定向(例如 x 和 y 方向)并具有不同的放大倍数。实际上,可以提供具有不同放大倍数 M 的三个或更多个光学分支。例如,可以在一个方向上提供三个光学分支,第一光学分支具有放大倍数 1,第二光学分支具有放大倍数 3,第三光学分支
25 具有放大倍数 9。在这种情况下,衬底 W 设有三种衬底标记,每一种衬底标记具有用于三个光学臂中的一个上的尺寸。与此相类似的是,可以提供级联式的光学分支。

 通过使用多个光学分支,可以使用不同的对准方案来提高重叠

精度。

光学臂还可设有某种结构以改变设在光学臂中的光学器件所提供的放大倍数 M 。例如，通过改变透镜 116,118 沿其光轴方向上的位置，就可以改变放大倍数 M 。根据另一个备选实施例，可通过提供
5 某种机构以使用具有不同焦距的不同透镜代替一个透镜，来改变放大倍数 M 。通过使用这种机构，就可以根据情况来放大倍数 M 。它还可用于克服与本发明相关的较小捕捉范围。

衬底 W 还可设有可用于不同放大倍数的衬底标记。图 8 显示了这种衬底标记 200 的一个示例，包括成组地设置的例如为六(6)条的
10 相对较细线，以形成较粗的线。粗线在使用第一放大系数 M_1 时用于测量，而细线用于在使用第二放大系数 M_2 时用于测量，其中 $M_1 < M_2$ 。本领域的技术人员可以理解，可以构思出可以以与衬底标记 200 相类似的方式来使用的许多种其它衬底标记。实际上，可以使用具有带两个或多个典型尺寸的图案的所有衬底标记。

15 由于根据本发明的光学臂提供了带有可促成更精确测量的放大倍数 M 的衬底标记 WM5,WM6 的图像，因此需要以较大的精度来了解光学元件如透镜 116,118 和反射镜 12,14 的位置。然而，这些位置不会随每一种衬底 W 而变化，因此可通过将这种误差表达为系统误差来进行校正。

20 还可以使用传统的正面衬底标记 WM3,WM4 来确定衬底 W 例如在第一情形下的位置，以克服与尺寸变小的衬底标记 WM5,WM6 相关的较小捕捉范围的问题。基于这种第一确定位置，就可通过使用设在衬底 W 第二面上的衬底标记 WM5,WM6 以更精确的方式来确定衬底 W 的位置。

25 这例如可在其中位于衬底 W 正面上的衬底标记 WM3,WM4 仍可用于传统对准的情形下来使用，但要求更精确的对准。在这种情况下，可通过利用适于与带有放大倍数的光学臂一起使用的衬底标记 WM5,WM6，来实现更精确的对准。可以理解，本发明可用于提供更

精确的正面以及背面的对准。可有利地在位于衬底台 WT 中的光学臂中提供放大倍数 M。

根据本发明的衬底台可设有放大倍数 $M>1$ ，但它也可设有放大倍数 $M<1$ ，因此此时实际上是缩小而非放大。这种衬底台 WT 可用于解决当衬底标记处于对准系统的捕捉范围之外时，所用的对准系统无法找到衬底标记的可能问题。通过提供设置成可提供带有小于 1 的放大系数的衬底标记图像的衬底台 WT，就可增大捕捉范围。因此，可以理解，应在衬底 W 上设置尺寸增大了 $1/M$ 倍的衬底标记，而非缩小的衬底标记 WM5,WM6。因此，在放大倍数选择成 $M=1/4$ 的情形下，应将增大了 $4(=1/1/4)$ 倍的衬底标记设在衬底 W 上。

可以理解，增大捕捉范围意味着精度降低。如果使用放大倍数 $M=1/4$ ，那么精度就降低了 4 倍，例如从 50 纳米至 200 纳米，而捕捉范围例如从 88 微米增大至 352 微米。

如上所述，衬底台 WT 可设计成具有混合的多个光学臂，它们具有不同的定向(例如 x 和 y 方向)并具有不同的放大倍数。实际上，可以提供具有不同放大倍数 M 的三个或更多个光学分支。例如，可以在一个方向上提供三个光学分支，第一光学分支具有放大倍数 $1/4$ ，第二光学分支具有放大倍数 1，第三光学分支具有放大倍数 4。衬底 W 可设有三种衬底标记，每一种衬底标记都具有用于三个光学臂中的一个上的尺寸。与此相类似的是，可以提供级联式的光学分支。

可以理解，上述实施例是实施本发明的示例。可使用其它构造来提供放大倍数 M。

还可以通过使用光纤、凸面镜和/或凹面镜来得到衬底标记的放大图像。另外，可以使用与反射式照相机中所用棱镜相类似的棱镜，以便使所形成的衬底标记 WM5,WM6 的图像的方位反向。实际上，可以使用所有类型的光学元件，只要可实现正确的重新定向、焦平面和放大倍数。

因此，本申请中所用的用语“放大倍数”包括放大以及缩小或

收缩。

本发明的一个备选实施例如图 9 所示, 其为设在衬底台 WT 中的光学臂的示意图。该光学系统包括两个反射镜 212,214 以及透镜 216,218。反射镜 212,214 倾斜成使得它们与水平面形成的角度之和为 90 度。这样, 垂直入射在其中一个反射镜上的光束在从另一反射镜上反射出来时仍保持垂直。也可以使用实现 180° 方向变化的其它方式, 例如如上所述的方式。

光阑 219 设在透镜 216,218 之间, 该光阑设有中心圆盘形开口和一个另外的环形开口。光阑 219 的功能如下所述。

衬底台 WT 设有窗 220, 其位于其中一个反射镜 214 的上方。为了便于引用, 该窗在下文中称为物体窗 220, 反射镜在下文中称为物体反射镜 214。第二窗 222 设在衬底台 WT 中并处于另一反射镜 212 的上方。为了便于引用, 该窗在下文中称为图像窗 222, 反射镜在下文中称为图像反射镜 212。

物体窗 220 设有位于其上表面上的衍射光栅图案 221。衍射光栅图案 221 在下文中称为物体窗对准光栅 221, 并在下文中进一步介绍。衬底台 WT 设有小突起 224 的阵列(使用小突起阵列在现有技术中上众所周知的)。衬底 226 由小突起支撑, 并包括位于物体窗 220 上方的衬底对准光栅 228。

衬底对准光栅 228 包括具有 5.33 微米的周期的衍射光栅。物体窗对准光栅 221 具有 4 微米的周期。衬底对准光栅 228 与物体窗对准光栅 221 之间的周期之差设置成使得它可导致形成莫阿干涉图样 229, 其具有 16 微米的周期, 并且直接位于物体窗对准光栅的下方。

反射镜 212,214 和透镜 216,218 用于形成位于图像窗 222 上方的莫阿干涉图样的图像, 其在下文中称为莫阿干涉图像 230。例如可包括一组设置成可检测衍射光栅的检测器的对准系统 232 位于莫阿干涉图像 230 的上方。合适的对准系统对于本领域的技术人员而言是众所周知的。对准系统以与测量设在衬底 226 上表面上的衍射光栅

相同的方式来测量莫阿干涉图像 230 的位置。

设在透镜 216,218 之间的光阑 219 只允许传播莫阿干涉图样的零级和第一级光(分别经由中心圆盘形开口和一个另外的环形开口)。这就提高了本发明的实施例的性能。

- 5 莫阿干涉图样的作用是将衬底 226 的任何运动放大成莫阿干涉图像 230 的三倍大的运动。这就允许实现衬底 226 的更精确对准, 而不要求透镜 216,218 提供放大。

10 图 10 显示了同衬底对准光栅 228 与物体窗对准光栅 221 之间的运动相关的莫阿干涉图样 229(和莫阿干涉图像 230)的运动量。图 10 的右边显示了物体窗对准光栅 221, 图 10 的左上方显示了处于第一位置 228a 中的衬底对准光栅, 图 10 的左下方显示了处于第二位置 228b 中的衬底对准光栅。第一位置 228a 中的衬底对准光栅和物体窗对准光栅 221 的组合所形成的莫阿干涉图样显示为处于图 10 上半部中的莫阿干涉图样 229a。第二位置 228b 中的衬底对准光栅和物体窗对准光栅 221 的组合所形成的莫阿干涉图样显示为处于图 10 下半部中的莫阿干涉图样 229b。从图 10 中可以看到, 衬底对准光栅 228 的较小运动会导致莫阿干涉图样 229 的大得多的运动。

20 具有 16 微米的周期的莫阿干涉图样可由具有通过 $16/n$ 周期的对准光栅与具有 $16/(n+1)$ 周期的物体窗对准光栅发生干涉所形成。在图 10 所示的上述示例中, $n=3$ 使得衬底对准光栅 228 的周期为 5.33 微米, 物体窗对准光栅 221 的周期为 4 微米。衬底对准光栅 228 移动 2.66 微米的距离会导致莫阿干涉图样 229 移动 8 微米(即 2.66×3)。

25 可以理解, 可使用其它 n 值, 例如 5、7 或更大值。使用更大的 n 值使得莫阿干涉图样的运动量与衬底的运动相比而被放大得更大。可以理解, 如果有需要, 可以形成具有不同周期的莫阿干涉图样。在这里介绍了 16 微米周期的莫阿干涉图样, 这是因为它易于通过某些现有技术的对准系统来检测到, 但也可以使用任何其它的合适周期。

图 11 更详细地显示了图 9 所示的物体窗 220。物体窗 220 包括在 x 方向上延伸的第一物体窗对准光栅 221a 以及在 y 方向上延伸的第二物体窗对准光栅 221b。这些物体窗对准光栅允许在 x 和 y 方向上进行衬底的对准，这是用于正确对准衬底一般所要求的。

5 物体窗 220 的大部分区域 240 不包括任何光栅。当衬底对准光栅位于该区域 240 之上时，它不会形成莫阿干涉图样。相反，衬底台 WT 中的反射镜 212,214 和透镜 216,218 形成了衬底对准光栅的图像。该对准光栅图像的运动未相对于衬底的运动而放大。这是有利的，因为与莫阿干涉图样将用于捕捉的情形相比，它允许可捕捉到
10 将在更大范围内操作的衬底 226。总之，莫阿干涉图样 229 所提供的捕捉范围与该莫阿干涉图样所提供的衬底运动的放大成反比。因此，对于 $n=3$ 的值而言，莫阿干涉图样所提供的捕捉范围就减小了三倍。可通过使用位于物体窗 220 的无光栅区域 240 上的捕捉用衬底对准标记，来避免这种捕捉范围的减小。用语“捕捉范围”是指对准系
15 统 232 能够在其上确定衬底位置的衬底位置范围。

 以作为附加或作为备选的方式在物体窗 220 中提供无光栅区域 240，可将附加的光学臂(未示出)设在衬底台 WT 中。该附加的光学臂具有与图 9 所示相同的构造，但具有未设对准光栅的物体窗。该附加的光学臂可用于捕捉。

20 结合图 9 来介绍，衬底对准光栅 228 未接触到物体窗对准光栅 221，而是通过小突起 224 保持在物体窗对准光栅的上方。根据衬底对准光栅 228 与物体窗对准光栅 221 之间的距离，莫阿干涉图样可通过衬底对准光栅的蚀刻部分和衬底对准光栅的未蚀刻部分(其中衬底对准光栅包括一系列设在衬底 226 中的凸脊)之间的干涉来形成。
25 这取决于衬底对准光栅 228 与物体窗对准光栅 221 之间的距离是否为对准系统所用的光波长的倍数，或者为光波长的倍数加上该波长的一半。

 这种效应的最终结果可通过以不同的方式来解释图 10 来进行理

解,即通过考虑衬底光栅 228a 的位置以代表其中衬底与物体窗之间的距离为 $\lambda/2$ 的 k 倍的情形来进行理解(其中 k 是自然数, λ 是对准系统所用光的波长)。图 10 的下半部的位置代表处于同一侧向位置处的相同衬底,但处于进一步离开物体窗达一段非侧向距离 $\lambda/4$ 处。该对准系统无法确定衬底是否远离了物体窗一段 $\lambda/4$ 距离,或者已经沿侧向移动了 2.66 微米。在实践中,可通过另外使对准系统的捕捉范围缩小一个附加倍数 2 来克服该问题,即保证衬底的位置在进行对准之前足够精确,使得无论莫阿干涉图样是通过衬底对准光栅的蚀刻部分或通过衬底对准光栅的未蚀刻部分来形成,都可确定衬底的位置。

为了保证所形成的莫阿干涉图像 229 具有良好的质量,衬底 226 与物体窗 220 之间的间隔不应太大。可用于确定有用间隔的一种方式是通过考虑塔耳波特(Talbot)效应。塔耳波特效应是衍射光栅的重复自成像。塔耳波特长度通过 $DTalbot=2 \times a^2/\lambda$ 来给出,其中 a 是衬底对准光栅(在衬底处)的空间周期, λ 是对准系统所用光的波长。塔耳波特长度指离其中衬底对准光栅形成了强光栅图像处的衬底对准光栅的距离。对于 n 值=3, $a=5.33$ 微米, $\lambda=632$ 纳米而言, $DTalbot$ 为 90 微米。

设在衬底台上的小突起的高度可选择成使得在衬底对准光栅 228 与物体窗对准光栅 221 之间具有所需的间隔。作为备选或作为附加,物体窗 220 可设置成使得其上表面抬升至衬底台 WT 的上表面上方,从而允许物体窗对准光栅 221 更接近衬底对准光栅 228。如果小突起 224 的高度大于彼此更接近的物体窗对准光栅 221 与衬底对准光栅 228 之间的所需间隔,那么这是可用的。物体窗对准光栅 221 与衬底对准光栅 228 之间的间隔可选择成为塔耳波特长度,或者可选择成某些其它的合适值。

来自对准系统的光入射在图像窗 222 上的入射角度可尽可能地保持恒定。另外,衬底 226 底面的不平度可保持最小。这将有助于

保证对准的精度。

本领域的技术人员可以理解，在不脱离本发明本身的前提下，
可以对本发明的实施例进行修改。例如，设在物体窗 220 上的对准
光栅可设在图像窗 222 上。这种设置的一项缺点在于，由此而要求
5 透镜 216,218 能够传输具有更高数值孔径的光栅，并要求透镜 216,218
更大以实现相当的精度。

尽管在图 9 至 11 中与针对正面至背面对准系统描述了本发明的
实施例，然而可以理解，本发明的实施例也可实施为“正面”对准
系统。这种实施方式的一个示例如图 12 所示。

10 参见图 12，对准系统 250 设有对准光栅 251，其在下文中称为
对准系统光栅。衬底 253 设有衬底对准光栅 254。在使用中，衬底 253
设置成使得衬底对准光栅 254 位于对准系统光栅 251 之下。这就使
莫阿干涉图样 255 形成于对准系统光栅 251 的上方。对准系统 250
构造成可监测莫阿干涉图样 255 的位置，从而允许可精确地检测衬
15 底 253 的位置。

图 12 所示实施方式提供了针对图 9 至 11 如上所述的许多优点，
包括放大了衬底 253 的侧向运动的效果以允许更精确地确定衬底的
位置。

在某些情形下，可优选不使用莫阿干涉图样 255 来得到对准信
20 息。为此，对准系统可设有额外的光栅(未示出)，其可用于选择性地
滤掉莫阿干涉图样。

本领域的技术人员在读懂本文中公开的本发明的说明书和实
施方式之后，可以清楚本发明的其它实施例、使用和优点。本说明书
应仅仅被视为示例性的，因此，本发明的范围仅通过所附权利要求
25 来限定。

图 3

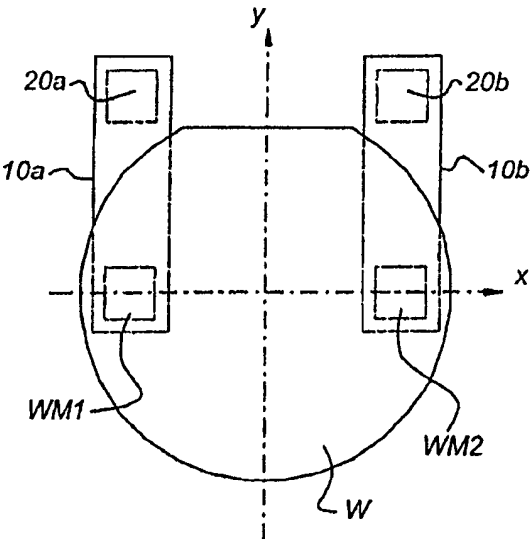
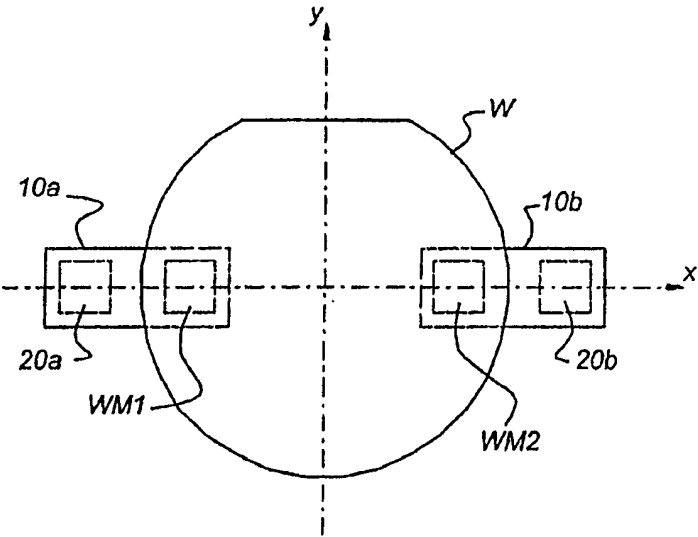


图 4

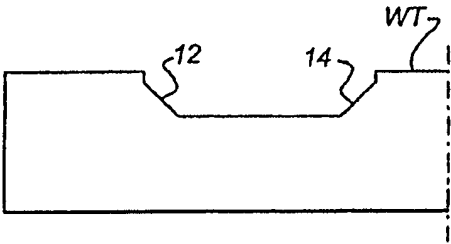


图 5

图 6

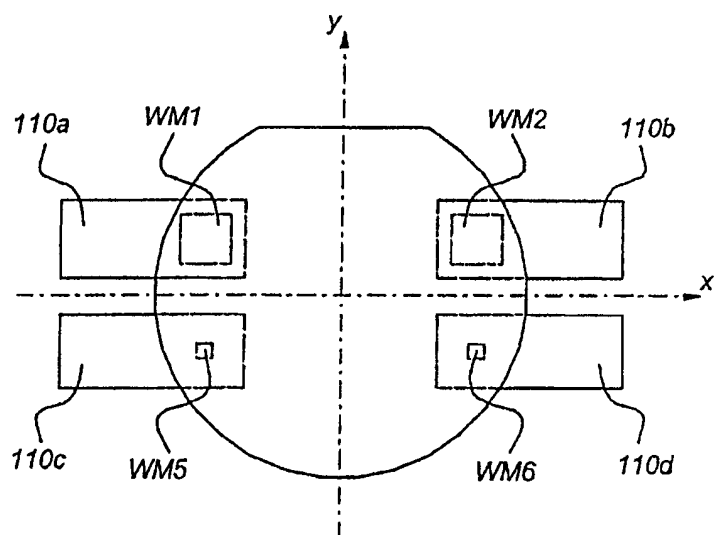
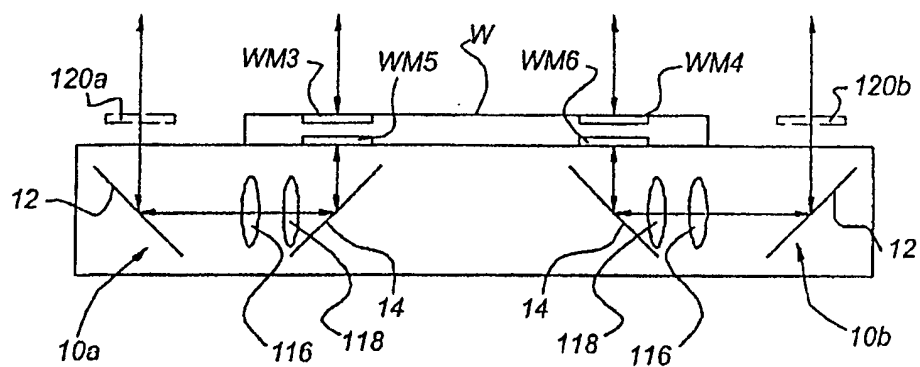


图 7

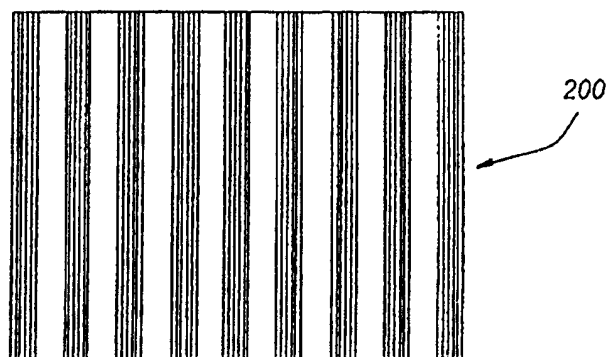


图 8

图 9

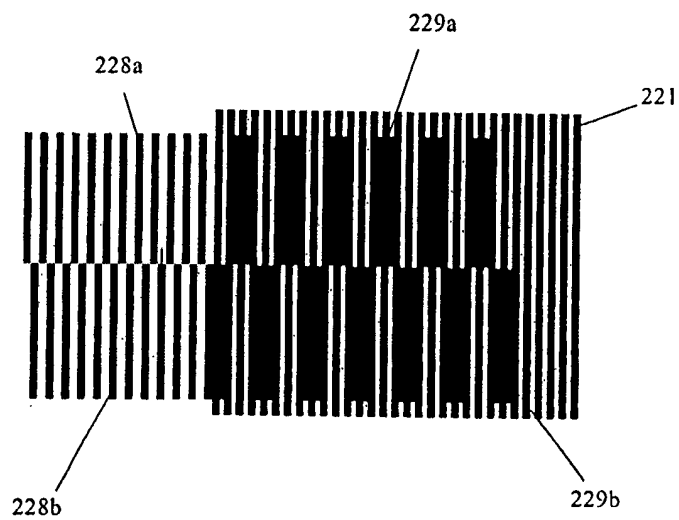
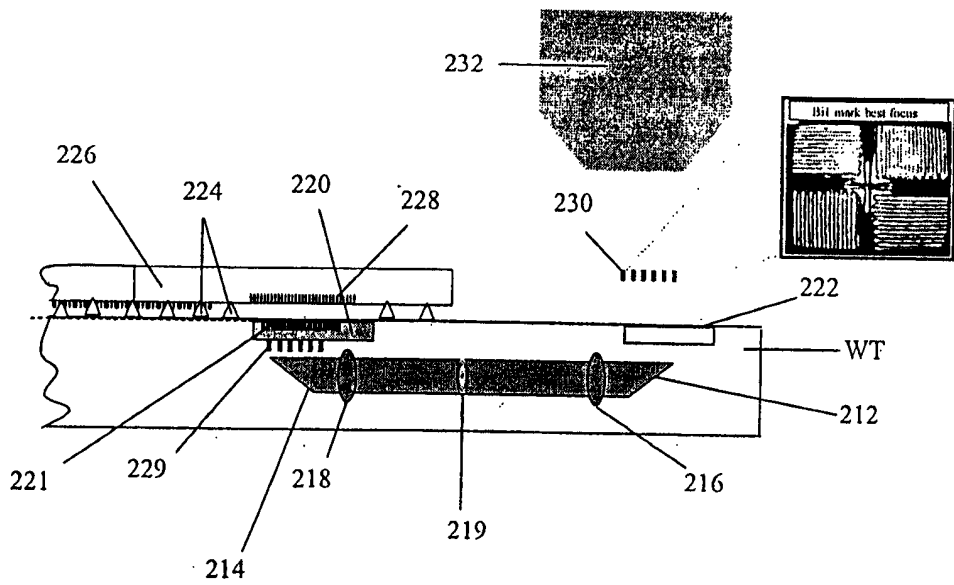


图 10

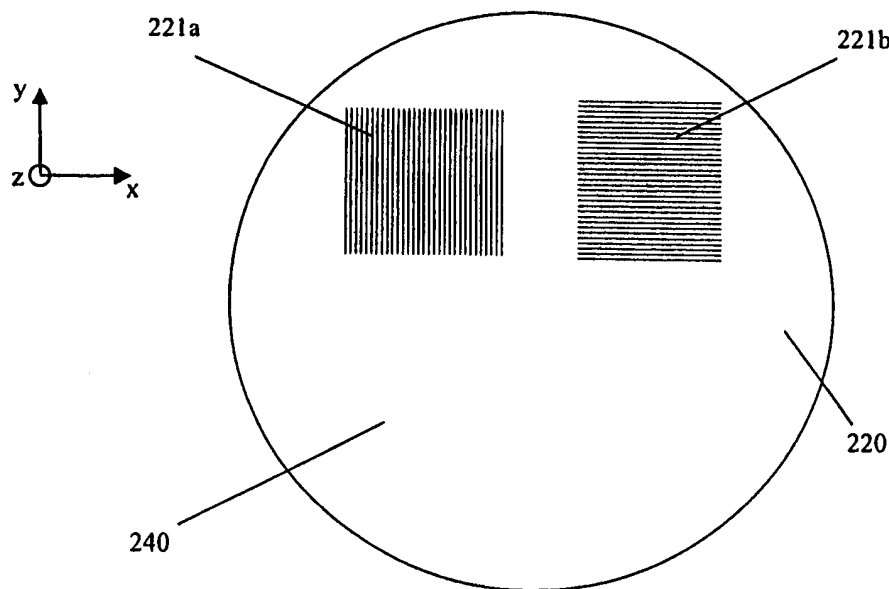


图 11

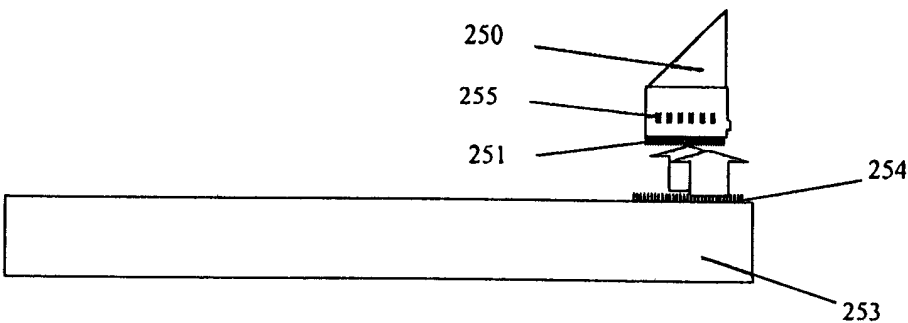


图 12