



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112424695 A

(43) 申请公布日 2021.02.26

(21) 申请号 201980047739.9

(22) 申请日 2019.06.19

(30) 优先权数据

18184163.6 2018.07.18 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.01.15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/066147 2019.06.19

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/015947 EN 2020.01.23

(71) 申请人 ASML荷兰有限公司

地址 荷兰维德霍温

(72) 发明人 M·加西亚·格兰达

S·E·斯蒂恩 E·J·A·布劳沃

B·P·B·西格斯

P·Y·J·Y·吉特 F·斯塔尔斯

P·J·M·范阿德里切姆

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华 胡良均

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 1/44 (2006.01)

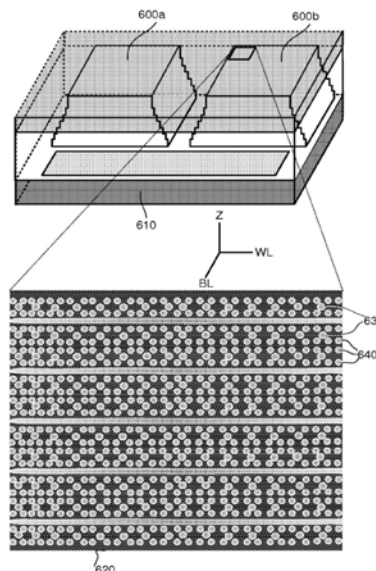
权利要求书2页 说明书13页 附图5页

(54) 发明名称

用于确定与衬底上的一个或多个结构有关的特性的量测装置和方法

(57) 摘要

公开了一种确定与衬底上通过光刻过程形成的结构有关的感兴趣特性(特别是聚焦)的方法以及相关图案形成装置和光刻系统。方法包括:使用图案形成装置上对应的经修改的掩模版特征在衬底上形成经修改的衬底特征,经修改的衬底特征被形成用于除了量测以外的主要功能,更具体地用于提供用于垂直集成结构的支撑。经修改的掩模版特征使得所述经修改的衬底特征被形成有取决于其形成期间的感兴趣特性的几何形状。可以测量经修改的衬底特征以确定所述感兴趣特性。



1. 一种确定与衬底上的结构有关的感兴趣特性的方法,所述结构通过光刻过程形成,所述方法包括:

测量经修改的衬底特征,以确定所述感兴趣特性,其中所述经修改的衬底特征使用图案形成装置上的对应的经修改的掩模版特征而被形成在所述衬底上,所述经修改的衬底特征被形成用于除了量测以外的主要功能,所述经修改的掩模版特征使得所述经修改的衬底特征形成有取决于其形成期间的所述感兴趣特性的几何形状。

2. 根据权利要求1所述的方法,还包括使用所述图案形成装置上的所述对应的经修改的掩模版特征在所述衬底上形成所述经修改的衬底特征的阶段。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中所述经修改的衬底特征没有电气功能。

4. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中所述感兴趣特性是光刻装置在形成所述经修改的衬底特征期间的聚焦,并且可选地,取决于所述感兴趣特性的所述几何形状包括聚焦相关非对称性,所述聚焦相关非对称性能够在所述测量步骤中被测量。

5. 根据权利要求3或4所述的方法,其中所述光刻过程与所述形成垂直集成结构有关,并且所述经修改的衬底特征具有与所述垂直集成结构的支撑有关的主要功能。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述经修改的衬底特征包括支撑特征,所述支撑特征用于形成用于所述垂直集成结构的支撑结构。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中所述支撑特征包括孔洞特征。

8. 根据权利要求5至7中任一项所述的方法,其中所述垂直集成结构在其外围处包括阶梯结构,并且所述经修改的衬底特征被形成在所述衬底的与所述阶梯结构相对应的区域上,并且其中可选地,所述经修改的衬底特征被形成在所述衬底区域的与所述垂直集成结构的不形成与所述阶梯结构电连接的一侧上的所述阶梯结构相对应的区域上。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述经修改的衬底特征被形成在所述衬底区域的与垂直集成结构的不形成与所述阶梯结构电连接的一侧上的所述阶梯结构相对应的区域上。

10. 根据权利要求2至9中任一项所述的方法,其中所述经修改的掩模版特征使得所述对应的经修改的衬底特征的第一部分的尺寸以聚焦相关方式与所述对应的经修改的衬底特征的第二部分的尺寸不同。

11. 根据权利要求3至10中任一项所述的方法,其中所述经修改的掩模版特征使得它们在所述对应的经修改的衬底特征中引起聚焦相关椭圆形几何形状。

12. 根据前述权利要求中任一项所述的方法,其中形成经修改的衬底特征的步骤与接触孔洞层的形成同时执行。

13. 一种图案形成装置,包括经修改的掩模版特征,用于在衬底上形成经修改的衬底特征,所述经修改的衬底特征的几何形状取决于其形成期间的所述感兴趣特性,并且其中所述经修改的衬底特征具有除了量测以外的主要功能。

14. 一种光刻系统,用于确定与衬底上的至少一个结构有关的感兴趣特性,所述至少一个结构通过光刻过程形成,所述光刻系统包括:

根据权利要求13所述的图案形成装置,用于在衬底上形成后续的经修改的衬底特征;以及

量测设备,用于执行根据权利要求1至12中任一项所述的测量步骤。

15. 一种非暂态计算机程序产品,包括机器可读指令,用于引起处理器执行根据权利要求1至12中任一项所述的方法。

用于确定与衬底上的一个或多个结构有关的特性的量测装置 和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于确定与在衬底上形成结构有关的特性的量测装置或检查装置。本发明还涉及一种用于确定所述特性的方法。

背景技术

[0002] 光刻装置是被构造为将期望图案施加到衬底上的机器。光刻装置可以用于例如集成电路(IC)的制造中。光刻装置可以例如在图案形成装置(例如,掩模)处将图案(通常也称为“设计布局”或“设计”)投影到提供在衬底(例如,晶片)上的辐射敏感材料(抗蚀剂)层上。

[0003] 为了将图案投影在衬底上,光刻装置可以使用电磁辐射。该辐射的波长决定了可以形成在衬底上的特征的最小尺寸。当前使用的典型波长是365nm(i线)、248nm、193nm和13.5nm。与使用例如波长为193nm的辐射的光刻装置相比,使用波长在4nm至20nm(例如,6.7nm或13.5nm)范围内的使用极紫外(EUV)辐射的光刻装置可以用于在衬底上形成更小的特征。

[0004] 低k1光刻可以用于处理尺寸小于光刻装置的经典分辨率极限的特征。在这种过程中,分辨率公式可以表达为 $CD = k1 \times \lambda / NA$,其中 λ 为采用的辐射波长,NA为光刻装置中投影光学器件的数值孔径,CD为“临界尺寸”(通常为印刷的最小特征尺寸,但在这种情况下为半节距),而k1为经验分辨率因子。一般而言,k1越小,越难以在衬底上再现与电路设计者所计划的形状和尺寸类似的图案,以实现特定电气功能性和性能。为了克服这些难题,可以将复杂的微调步骤应用于光刻投影装置和/或设计布局。这些微调步骤包括例如但不限于NA优化、定制照射方案、相移图案形成装置的使用、诸如设计布局中的光学邻近校正(OPC,有时也称为“光学和过程校正”)之类的设计布局的各种优化、或通常被定义为“分辨率增强技术”(RET)的其他方法。可替代地,用于控制光刻装置的稳定性的紧凑控制环路可以用于改善图案在低k1下的再现。

[0005] 在光刻过程中,期望对例如针对过程控制和验证所创建的结构进行频繁测量。用于进行这种测量的各种工具是已知的,这些工具包括扫描电子显微镜或诸如散射仪之类的各种形式的量测装置。是指这种工具的通用术语可以为量测装置或检查装置。

[0006] 光刻过程的需要监测的一个重要参数为聚焦,更具体地,光刻装置在衬底上印刷图案时的聚焦。期望将数目不断增加的电子部件集成在IC中。为了实现这点,必须减小部件的尺寸,因此增加投影系统的分辨率,从而可以在衬底的目标部分上投影越来越小的细节或线宽。随着光刻技术中的临界尺寸(CD)的缩小,跨衬底的以及衬底之间的聚焦一致性变得越来越重要。CD为一个或多个特征的尺寸(诸如晶体管的栅极宽度),其变化会导致特征的物理性质发生不良变化。传统上讲,最佳设置由“先送晶片(即,在生产运行之前被曝光、显影和测量的衬底)”确定。在先送芯片中,测试结构在所谓的聚焦能量矩阵(FEM)中曝光,并且根据对那些测试结构的检查来确定最佳聚焦和能量设置。

[0007] 确定聚焦和/或剂量的另一方法已经通过基于衍射的聚焦技术。基于衍射的聚焦

可以使用掩模版上的目标形成特征,该目标形成特征印刷具有取决于印刷期间的聚焦和/或剂量设置的非对称度的目标非对称度。然后,该非对称度可以被测量,并且根据非对称测量推断出聚焦和/或剂量。

[0008] 这种方法的聚焦目标往往需要远离实际设备结构的位置,例如,划线中的位置。使用这种布置时存在很多限制。

发明内容

[0009] 目的是提供一种用于检查装置或量测装置快速高效的解决方案,该解决方案解决了上述问题或局限中的一个或多个。

[0010] 在权利要求书和具体实施方式中公开了本发明的实施例。

[0011] 在本发明的第一方面中,提供了一种确定与衬底上通过光刻过程形成的结构有关的感兴趣特性的方法,该方法包括:测量所述经修改的衬底特征以确定所述感兴趣特性,其中经修改的衬底特征使用图案形成装置上的对应的经修改的掩模版特征被形成在衬底上,所述经修改的衬底特征被形成用于除了量测以外的主要功能,该经修改的掩模版特征使得所述经修改的衬底特征被形成有几何形状,该几何形状取决于其形成期间的感兴趣特性。

[0012] 在本发明的第二方面中,提供了一种图案形成装置,其包括经修改的掩模版特征,用于在衬底上形成具有取决于在形成期间的感兴趣特性的几何形状的经修改的衬底特征,并且其中所述经修改的衬底特征具有除了量测以外的主要功能。

[0013] 在本发明的第三方面中,提供了一种光刻系统,用于确定与衬底上的通过光刻过程形成的至少一个结构有关的感兴趣特性,该光刻系统包括第二方面或第五方面的图案形成装置,用于在衬底上形成后续的经修改的衬底特征;以及量测设备,用于执行第一方面的测量步骤。

[0014] 在本发明的第四方面中,提供了一种确定与在垂直集成结构的制造中通过光刻过程在衬底上形成结构有关的聚焦设置的方法,该方法包括:形成衬底支撑特征,用于使用对应的掩模版支撑特征在衬底上提供用于垂直集成结构的支撑结构,所述掩模版支撑特征使得所述衬底支撑特征被形成有取决于其形成期间的感兴趣特性的几何形状;以及测量所述衬底支撑特征以确定所述聚焦设置。

[0015] 在本发明的第五方面中,提供了一种用于对垂直集成结构的层进行图案化的图案形成装置,包括掩模版支撑特征,用于在衬底上形成具有取决于其形成期间的聚焦设置的几何形状的衬底支撑特征,并且其中所述衬底支撑特征用于提供用于垂直集成结构的支撑结构。

[0016] 还公开了一种非暂态计算机程序产品,包括计算机可读指令,用于使得处理器执行第一方面、第四方面和第五方面的方法。

附图说明

[0017] 现在,仅通过示例,参考所附示意图对本发明的实施例进行描述,其中

[0018] -图1描绘了光刻装置的示意性概图;

[0019] -图2描绘了光刻单元的示意图;

[0020] -图3描绘了表示用于优化半导体制造的三种关键技术之间的合作的整体光刻的

示意图；

[0021] -图4图示了根据本发明的实施例的检查装置；

[0022] -图5包括 (a) 根据使用第一照射孔对的本发明的实施例的用于测量目标的暗场散射仪的示意图；(b) 针对给定照射方向的目标光栅的衍射光谱的细节；(c) 在使用散射仪进行基于衍射的重叠测量时提供其他照射模式的第二照射孔对；以及 (d) 结合第一孔对和第二孔对的第三照射孔对；

[0023] -图6是垂直集成存储器设备及其细节的示意图；

[0024] -图7图示了根据本发明的实施例的 (a) 用于形成支撑柱的传统掩模版特征；以及 (b) 至 (g) 用于引入了聚焦相关性的经修改的掩模版特征的若干个备选提案；

[0025] -图8是图示了本发明的另一实施例的图6的垂直集成存储器设备的示意图。

具体实施方式

[0026] 在本文件中，术语“辐射”和“束”用于涵盖所有类型的电磁辐射，其包括紫外线辐射（例如，波长为365nm、248nm、193nm、157nm或126nm）和EUV（极端紫外线辐射，例如，具有约5nm至100nm范围内的波长）。

[0027] 该文本中所使用的术语“掩模版”、“掩模”或“图案形成装置”可以广义地解释为是指可以用于赋予入射辐射束图案化横截面的通用图案形成装置，该图案化横截面与将要在衬底的目标部分中创建的图案相对应。在这种情况下，还可以使用术语“光阀”。除了经典掩模（透射或反射、二进制、相移、混合等）以外，其他此类图案形成装置的示例还包括可编程反射镜阵列和可编程LCD阵列。

[0028] 图1示意性地描绘了光刻装置LA。该光刻装置LA包括照射系统（也被称为照射器）IL，其被配置为调节辐射束B（例如，UV辐射、DUV辐射或EUV辐射）；掩模支撑件（例如，掩模台）MT，其被构造为支撑图案形成装置（例如，掩模）MA并且连接到第一定位器PM，该第一定位器PM被配置为根据某些参数精确定位图案形成装置MA；衬底支撑件（例如，晶片台）WT，其被构造为保持衬底（例如，抗蚀剂涂覆晶片）并且连接到第二定位器PW，该第二定位器PW被配置为根据某些参数精确定位衬底支撑件；以及投影系统PS（例如，折射投影透镜系统）PS，其被配置为通过图案形成装置MA将赋予辐射束B的图案投影到衬底W的目标部分C（例如，包括一个或多个管芯）上。

[0029] 在操作中，照射系统IL接收来自辐射源S0的辐射束，例如，经由束递送系统BD。照射系统IL可以包括各种类型的光学部件，诸如折射型部件、反射型部件、磁性型部件、电磁型部件、静电型部件和/或其他类型的光学部件、或其任何组合，用于引导、整形和/或控制辐射。照射器IL可以用于调节辐射束B以使其在图案形成装置MA的平面处的横截面中具有期望空间强度分布和角度强度分布。

[0030] 本文中使用的术语“投影系统”PS应当广义地解释为涵盖各种类型的投影系统，包括折射型光学系统、反射型光学系统、反射折射型光学系统、变形型光学系统、磁性型光学系统、电磁型光学系统和/或静电型光学系统、或其任一组合，视正在被使用的曝光辐射和/或诸如使用浸没液或使用真空之类的其他因素的情况而定。本文中对术语“投影透镜”的任何使用可以被认为与更通用的术语“投影系统”PS同义。

[0031] 光刻装置LA可以具有以下类型：其中衬底的至少一部分可以被具有相对较高的折

射率的液体(例如,水)覆盖,以便填充投影系统PS与衬底W之间的空间,这也被称为浸没式光刻。关于浸没技术的更多信息在US6952253中给出,其通过引用并入本文。

[0032] 光刻装置LA还可以是具有两个或更多个衬底支撑件WT(也称为“双台”)的类型。在这种“多台”机器中,衬底支撑件WT可以并行使用,和/或准备对衬底W进行后续曝光时的步骤可以在位于衬底支撑件WT中的一个上的衬底W上进行,同时另一衬底支撑件WT上的另一衬底W被用于在另一衬底W上曝光图案。

[0033] 除了衬底支撑件WT以外,光刻装置LA可以包括测量台。测量台被布置为保持传感器和/或清洁设备。传感器可以被布置为测量投影系统PS的性质或辐射束B的性质。测量台可以保持多个传感器。清洁设备可以被布置为清洁光刻装置的一部分,例如,投影系统PS的一部分或提供浸没液体的系统的一部分。当衬底支撑件WT远离投影系统PS时,测量台可以在投影系统PS下面移动。

[0034] 在操作中,辐射束B入射在图案形成装置上,例如,掩模MA,其被保持在掩模支撑件MT上并且通过图案形成装置MA上存在的图案(设计布局)被图案化。在穿过掩模MA之后,辐射束B穿过投影系统PS,该投影系统PS将束聚焦到衬底W的目标部分C上。借助于第二定位器PW和位置测量系统IF,可以精确移动衬底支撑件WT,例如,以便将不同的目标部分C定位在辐射束B的路径中的聚焦和对准位置处。同样,第一定位器PM和可能的另一位置传感器(其在图1中未明确描绘)可以用于关于辐射束B的路径精确定位图案形成装置MA。图案形成装置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对准。尽管如所图示的衬底对准标记P1、P2占据专用目标部分,但是它们可以位于目标部分之间的空间中。当衬底对准标记P1、P2位于目标部分C之间时,它们被称为划线对准标记。

[0035] 如图2所示,光刻装置LA可以形成光刻单元LC的一部分,该光刻单元LC有时也称为光刻单元或(光刻)簇,其通常还包括对衬底W执行曝光前过程和曝光后过程的装置。传统上讲,这些包括旋涂机SC,其用于沉积抗蚀剂层;显影剂DE,其用于使曝光的抗蚀剂显影;冷却板CH;以及烘烤板BK,例如,用于调节衬底W的温度,例如,用于调节抗蚀剂层中的溶剂。衬底处理机或机器人RO从输入/输出端口I/O1、I/O2拾取衬底W,在不同的处理装置之间移动衬底W,并且将衬底W递送到光刻装置LA的进料台LB。光刻单元中的设备(其通常也统称为轨道)通常受轨道控制单元TCU的控制,该轨道控制单元TCU本身可以由管理控制系统SCS进行控制,该管理控制系统还可以例如经由光刻控制单元LACU控制光刻装置LA。

[0036] 为了使通过光刻装置LA曝光的衬底W被正确且一致地曝光,期望检查衬底以测量图案化结构的性质,诸如后续层之间的重叠误差、线宽、临界尺寸(CD)等。为此,检查工具(未示出)可以被包括在光刻单元LC中。如果检测到误差,则例如可以对后续衬底的曝光或要对衬底W执行的其他处理步骤进行调整,尤其是如果在相同批或堆的其他衬底W仍然将被曝光或处理之前完成检查。

[0037] 检查装置也可以被称为量测装置,其用于确定衬底W的性质,特别是确定不同衬底W的性质如何变化或与同一衬底W的不同层相关联的性质如何随层而发生变化。可替代地,检查装置可以被构造为识别衬底W上的缺陷,并且可以例如是光刻单元LC的一部分,或可以被集成到光刻装置LA中,或甚至可以是独立设备。检查装置可以测量潜像(曝光之后的抗蚀剂层中的图像)、半潜像(曝光后烘烤步骤PEB之后的抗蚀剂层中的图像)或经显影的抗蚀剂图像(其中已经移除了抗蚀剂的经曝光的部分或未经曝光的部分)或甚至经蚀刻的图像(在

诸如蚀刻之类的图案转移步骤之后)上的性质。

[0038] 通常,光刻装置LA中的图案化过程是处理中最关键的步骤之一,该处理需要在衬底W上的结构的尺寸设计和放置的高精度。为了确保这种高精度,三个系统可以组合成所谓“整体”控制环境,如图3所示意性地描绘的。这些系统中的一个系统为光刻装置LA,其(虚拟)连接到量测工具MT(第二系统)和计算机系统CL(第三系统)。这种“整体”环境的关键是优化这三个系统之间的协作以增强整个过程窗口并且提供紧的控制环路以确保光刻装置LA所执行的图案化保持在过程窗口内。过程窗口定义了过程参数(例如,剂量、聚焦、重叠)范围,在该过程参数范围内,特定制造过程产生限定结果(例如,功能半导体设备),即,通常,在该过程参数范围内,允许光刻过程或图案化过程中的过程参数发生变化。

[0039] 计算机系统CL可以使用要图案化的设计布局(的一部分),以预测要使用哪些分辨率增强技术并且执行计算光刻模拟和计算,以确定哪些掩模布局和光刻装置设置实现图案化过程的最大总体过程窗口(在图3中由第一标尺SC1中的双箭头描绘)。通常,分辨率增强技术被布置为匹配光刻装置LA的图案化可能性。计算机系统CL还可以用于检测光刻装置LA当前正在过程窗口内的哪个位置(例如,使用来自量测工具MT的输入)操作,以预测是否由于例如次优处理而可能存在缺陷(在图3中由第二标尺SC2中的指向“0”的箭头所描绘的)。

[0040] 量测工具MT可以向计算机系统CL提供输入以使得能够精确模拟和预测,并且可以向光刻装置LA提供反馈以识别可能的漂移,例如,在光刻装置LA的校准状态下(在图3中由第三标尺SC3中的多个箭头所描绘的)。

[0041] 在光刻过程中,期望对所产生的结构进行频繁测量,例如,以进行过程控制和验证。用于进行这种测量的各种工具是已知,其包括扫描电子显微镜或诸如散射仪之类的各种形式的量测装置。已知的散射仪的示例通常依赖于提供专用量测目标,诸如欠填充的目标(目标,其形式为简单光栅或不同层中的重叠的光栅,其大小足以使测量束生成的斑点小于光栅)或过填充的目标(由此使照射斑点部分或完全包含目标)。进一步地,使用量测工具(例如,照射欠填充的目标的诸如光栅之类的角度分辨散射仪)允许使用所谓的重建方法,其中光栅的性质可以通过模拟散射辐射与目标结构的数学模型的相互作用并且将模拟结果与测量结果进行比较来计算。对模型的参数进行调整,直到模拟的相互作用产生的衍射图案与从实际目标观察的衍射图案相似为止。

[0042] 散射仪是通用仪器,其允许通过在瞳孔或与散射仪的物镜的瞳孔的共轭平面中具有传感器测量光刻过程的参数,测量通常称为基于瞳孔测量,或通过在图像平面或与该图像平面共轭的平面中具有传感器来测量光刻过程的参数,在这种情况下,测量通常称为基于图像或基于场的测量。在美国专利申请US20100328655、US2011102753A1、US20120044470A、US20110249244、US20110026032或EP1,628,164A中对这种散射仪和相关联的测量技术进行进一步描述,其全部内容通过引用并入本文。前述散射仪可以使用来自软X射线和可见光至近红外波范围的光在一个图像中测量来自多个光栅的多个目标。

[0043] 图4中描绘了一种量测装置,诸如散射仪。该量测装置包括宽带(白光)辐射投影仪2,其将辐射5投影到衬底W上。反射或散射的辐射10被传递到光谱仪检测器4,其测量镜面反射辐射10的光谱6(即,根据波长 λ 对强度I进行测量)。根据该数据,产生被检测的光谱的结构或轮廓8可以通过处理单元PU被重构,例如,通过严格耦合波分析和非线性回归或通过模拟光谱库进行比较。一般而言,对于重构,结构的一般形式是已知的,并且根据对制造结

构的过程的了解假定了一些参数,从而仅根据散射数据确定了结构的几个参数。这种散射仪可以被配置为正入射散射仪或斜入射散射仪。

[0044] 图5(a)示出了适用于本发明的实施例的备选量测装置。图5(b)中更详细地图示了目标T和用于照射该目标的测量辐射的衍射射线。所图示的量测装置是被称为暗场量测装置的类型。量测装置可以为独立设备,或可以并入光刻装置LA中(例如,在测量站处),或并入光刻单元LC中。在整个装置中具有几个分支的光轴通过虚线O表示。在该装置中,光源11(例如,氙气灯)所发射的光通过包括透镜12、14和物镜16的光学系统经由分束器15被引导到衬底W上。这些透镜以4F布置的双重顺序布置。可以使用不同的透镜布置,只要它仍将衬底图像提供到检测器上,同时允许访问中间光瞳平面以进行空间频率滤波。因此,辐射入射在衬底上的角度范围可以通过在呈现衬底平面的空间光谱的平面(本文中被称为(共轭)光瞳平面)中定义空间强度分布来选择。特别地,这可以在是物镜光瞳平面的反投影图像的平面中通过在透镜12和14之间插入合适形式的孔板13来完成,该平面是。在所图示的示例中,孔板13具有被标记为13N和13S的不同形式,从而允许选择不同的照射模式。本示例中的照射系统形成离轴照射模式。在第一照射模式下,孔板13N提供(仅出于描述目的)偏离被指定为‘北’的方向的离轴。在第二照射模式下,孔板13S用于提供类似照射,但是从被标记为‘南’的相反方向。通过使用不同的孔,其他照射模式也是可能的。期望光瞳平面的其余部分是暗的,因为期望照射模式外部的任何不必要的光都会干扰期望测量信号。

[0045] 如图5(b)所示,将目标T与衬底W放置在一起,与物镜16的光轴O正交。衬底W可以由支撑件(未示出)支撑。从偏离轴线O的角度入射在目标T上的测量辐射射线I产生零阶射线(实线0)和两个一阶射线(点链线+1和双点链线-1)。应当记住,在使用过填充的小目标的情况下,这些射线只是覆盖衬底包括量测目标T和其他特征的区域的大量平行射线之一。由于板13中的孔具有有限的宽度(必须准许有用数量的光),所以实际上入射射线I将占据一定角度范围,并且衍射射线0和+1/-1稍微散开。根据小目标的点扩散函数,+1和-1的每个阶在一定角度范围内被进一步扩散,而非如所示出的单个理想射线。应当指出,目标的光栅节距和照射角度可以被设计或调整为以使进入物镜的一阶射线与中心光轴紧密对准。图5(a)和图3(b)所图示的射线被示为稍微离轴,纯粹是为了使得它们更容易在图中区分开。

[0046] 目标T在衬底W上衍射的至少0阶和+1阶通过物镜16收集,并且通过分束器15导回。返回到图5(a),通过指定被标记为北(N)和南(S)的在直径上相对的孔对第一照射模式和第二照射模式进行了说明。当测量辐射的入射射线I来自光轴的北侧时,也就是说,当使用孔板13N施加第一照射模式时,被标记为+1(N)的+1衍射射线进入物镜。不同的是,当使用孔板13S施加第二照射模式时,-1衍射射线(被标记为1(S))是进入透镜16的射线。

[0047] 第二分束器17将衍射束分成两个测量分支。在第一测量分支中,光学系统18使用零阶衍射束和一阶衍射束在第一传感器19(例如,CCD传感器或CMOS传感器)上形成目标的衍射光谱(光瞳平面图像)。每个衍射阶命中传感器上的不同点,以使图像处理可以比较和对比各个阶。通过传感器19捕获的光瞳平面图像可以用于聚焦量测装置和/或归一化一阶束的强度测量结果。光瞳平面图像还可以用于许多测量用途,诸如重构。

[0048] 在第二测量分支中,光学系统20、22在传感器23(例如,CCD传感器或CMOS传感器)上形成目标T的图像。在第二测量分支中,孔径光阑21被提供在与光瞳平面共轭的平面中。孔径光阑21起到阻挡零阶衍射束的作用,以使传感器23上形成的目标的图像仅由-1阶束或

+1阶束形成。传感器19和23捕获的图像被输出到处理器PU,该处理器PU对图像进行处理,其功能将取决于正在被执行的特定测量类型。应当指出,本文中广泛使用术语‘图像’。如果仅存在-1阶和+1阶中的一个阶,则这样的光栅线的图像将不会被形成。

[0049] 图5所示的孔板13和场阑21的特定形式仅是示例。在本发明的另一实施例中,使用目标的轴上照射,并且具有离轴孔的孔光阑被用于将基本上仅一个一阶衍射光传递到传感器。在又一其他实施例中,代替一阶束或除了一阶束以外,可以在测量中使用二阶束、三阶束和更高阶束(图5中未示出)。

[0050] 为了使测量辐射适于这些不同类型的测量,孔板13可以包括围绕盘形成的多个孔图案,该盘旋转以将期望图案放置到位。应当指出,孔板13N或13S仅可以用于测量沿一个方向(X或Y取决于设置)取向的光栅。为了测量正交光栅,可以实现目标旋转通过 90° 和 270° 。图3(c)和图3(d)示出了不同的孔板。在上文所提及的先前所公开的申请中,对这些孔板的使用以及装置的许多其他变型和应用进行了描述。

[0051] 当监测光刻过程时,期望监测光刻过程参数,诸如光刻束在衬底上的聚焦。根据印刷结构确定聚焦设置的一种已知方法是通过测量印刷结构的临界尺寸(CD)。CD是对最小特征的测量(例如,元件的线宽)。印刷结构可以是具体地为聚焦监测而形成的目标,诸如线-空间光栅。众所周知,CD通常会显示对聚焦的二阶响应,从而在CD(y轴)对聚焦(x轴)的图上形成所谓的“Bossung曲线”。Bossung曲线是基本上对称的曲线,该曲线在代表最佳聚焦的峰周围基本对称。Bossung曲线的形状可以是基本上抛物线的。这种方法有几个缺点。一个缺点在于该方法在最佳聚焦附近示出较低灵敏度(由于曲线的抛物线形状)。另一缺点在于该方法对任何散焦的迹象都不敏感(因为曲线在最佳聚焦附近基本对称)。此外,该方法尤其对剂量和过程变化(串扰)敏感。

[0052] 为了解决这些问题,设计了基于衍射的聚焦(DBF)。基于衍射的聚焦可以使用掩模版上的目标形成特征,该目标形成特征印刷具有非对称度的目标,该非对称度取决于印刷期间的聚焦设置。然后,可以使用基于散射的检查方法(例如,通过测量从目标衍射的+1阶辐射和-1阶辐射的强度之间的强度非对称)来测量这种非对称度,以获得对聚焦设置的测量。

[0053] 为了制造诸如垂直NAND或3D NAND之类的垂直集成设备(例如,存储器设备),非常厚(高)的多层堆叠被制造到衬底上。接着进行深蚀刻过程以形成穿过堆叠的接触孔洞。这些多层堆叠的高度在垂直于衬底表面的方向上可以例如大于 $10\mu\text{m}$ 。在沉积这些层期间,沉积速率和涂覆的层的张力的不均匀性会在堆叠表面上生成拓扑轮廓,该拓扑轮廓会对随后层的光刻产生负面影响。

[0054] 为此,对于这样的设备,形成某些层时的聚焦控制非常重要。特别地,限定将被蚀刻穿过整个多层结构的接触孔洞的层对聚焦特别敏感。为了在制造这些设备期间控制聚焦,反馈校正方法可以基于对先前所处理的衬底执行的结构的测量被采用。从这些测量中,可以推断出用于形成测量结构的聚焦设置。例如,目前,以下方法中的一种或多种方法可以用于确定聚焦:

[0055] • 基于在划线中形成的量测目标的测量,使用基于衍射的聚焦(DBF)技术对产品晶片进行直接测量。通过被设计为具有基于聚焦的非对称性,DBF技术使用具有唯一量测功能/目的的聚焦目标。通过测量目标的非对称性(例如,通过使用散射仪),可以确定在其形

成时使用的聚焦设置。这些技术也可以被称为微型DBF (μ DBF),特别是在暗场技术被用于测量较小目标的情况下。在以下文献中对这样的技术进行了描述:US9182682B2、US9081303B2、US8994944B2;并且在以下文献中对类似技术进行了描述:US9594299B2、US20160313656A1、US20160363871A1。所有这些文件都通过引用并入本文。

[0056] • 基于对沉积在设备的顶部上的特定标记的测量(再次具有唯一量测功能/目的),经由CDSEM(临界尺寸扫描电子显微镜)技术测量聚焦。

[0057] • 经由计算量测技术或对聚焦设置进行计算建模的其他方法的间接聚焦测量。

[0058] 基于划线中的结构的测量经常遭受划线结构与设备结构之间的可变测量偏离(例如,聚焦与其对所形成的结构的影响之间的不同关系)的麻烦。这会使推断的聚焦值不太可靠(例如,不能真正表示设备特征的聚焦值),因此基于这些测量的任何校正都会受到损害。然而,直接对设备区域中的结构执行测量(即,使用CDSEM)需要形成通常与产品不相容的特定目标结构,并且需要与用于形成产品结构的掩模版不同的掩模版。这意味着之后必须重新加工衬底以移除包括聚焦标记的层。附加地,CDSEM检查非常缓慢。

[0059] 因此,提出开发一种方法,该方法使得DBF(或 μ DBF)技术能够应用于垂直集成电路(例如,3D NAND)的设备区域。这种方法可以使得能够使用散射仪(例如,使用如图4或图5(a)所示的量测设备)在设备区域中执行聚焦测量。

[0060] 更具体地,提出形成设备的经修改的衬底特征,所述经修改的衬底特征被形成为用于除了量测以外的主要功能,该修改使得所述经修改的衬底特征具有次要量测功能,更具体地,仍然用于测量聚焦。在一个实施例中,经修改的衬底特征在工作设备内可以没有电功能。下文描述基于支持特征的修改的这种特定实现方式。然而,在备选实施例中,具有一些电功能的一些特征(诸如限定大接触垫或互连的特征)也可以适合于在本公开的范围用于次要量测目的的修改。

[0061] 可以经由经修改的掩模版特征来实现修改,以便引入可测量特征聚焦相关性。在一个实施例中,以与DBF相似方式,聚焦相关性可以包括特征中的聚焦相关的非对称性(例如,侧壁角(SWA)非对称性)。在光致抗蚀剂层显影后,特征可能是光致抗蚀剂层中的孔洞,并且在孔洞的一个或多个特定侧面处,面向孔洞的内部的光致抗蚀剂的壁可能具有聚焦相关的非对称性,例如,聚焦相关侧壁角(SWA)。这可以通过向经修改的掩模版特征提供一个或多个特定辅助特征(例如,子分辨率子特征)来实现,该一个或多个辅助特征将聚焦相关的几何形状(非对称性)施加于曝光的特征上。

[0062] 在一个主要实施例中,经修改的衬底特征可以与支撑结构的形成或用于支撑垂直集成电路设备的支撑柱的形成有关。如此,提出在用于形成支撑柱的特征上形成聚焦目标;其中聚焦目标包括具有聚焦相关性(更具体地,聚焦相关的非对称性)的目标,可以对其进行测量以确定或推断目标形成期间使用的聚焦值。

[0063] 为了支撑垂直集成结构,以使得当在钨填充步骤之前蚀刻掉该堆叠的氮化物层时,其保持稳定,通常提供支撑结构或支撑柱。这些支撑柱以与单元阵列相同的方式形成,即,通过从掩模版上的对应图案将支撑特征或孔洞特征曝光到衬底上形成。然后,在后续处理步骤(例如,蚀刻)中填充这些支撑特征,以提供结构支撑柱。因为这些柱没有任何电气功能,所以存在修改其形状而不会影响设备的性能的(有限)自由度。更具体地,存在修改光致抗蚀剂材料层中的孔洞的3d尺寸形状的(有限)自由度。

[0064] 图6示出了(a)倾斜投影(所示方向为垂直于这些方面的位线方向BL、字线方向WL、以及Z方向);(b)衬底610上形成的一对垂直集成单元阵列600a、600b的俯视图。单元阵列600a、600b的形状实质上为截头锥体,其中各个侧面为台阶式轮廓(阶梯结构)。示出了一个单元阵列600b的顶部的俯视细节620。单元阵列可以看成包括存储器孔洞630(较大的圆形结构)的行和用于支撑柱640(较小的圆形结构)的特征(孔洞)的行。可以根据实施例修改的是支撑柱特征。

[0065] 图7(a)示出了用于限定这些柱特征的典型图案(掩模版特征),该图案包括简单的圆。然而,这是简化图;更实际地,掩模版图案可以包括一个或多个光学邻近校正(OPC)辅助特征。然而,在这种情况下,应当领会,目前包括这样的OPC特征是为了在衬底上尽可能对称地形成圆形特征(与聚焦无关)。

[0066] 图7(b)至图7(f)示出了图7(a)的图案的若干个可能的修改(经修改的掩模版特征),其在显影之后例如在光刻胶层中的由此形成的结构(经修改的衬底结构)中引入了期望聚焦相关的非对称性。可以使用散射仪(或其他量测设备)测量这些经修改的衬底结构,以与DBF/ μ DBF相似的方式产生与聚焦成比例的非对称信号。

[0067] 图7(b)和图7(c)示出了可以应用的OPC(辅助特征)实施例。基本思想如下,与柱横截面的第二部分的直径(例如,大约后一半)相比较,从上方(例如,大约前半部分)看,柱特征的曝光形状(几何形状或轮廓)在柱横截面的第一部分上应当具有不同的尺寸(例如,半径)。所得柱具有基本上为椭圆形的形状(蛋形),其中非对称性取决于聚焦。图7(b)和图7(c)示出了用于生产这种柱的可能备选掩模版特征,或尽管应当领会,这些仅仅是纯示例并且实现大概相同效果的其他特征形状也是可能的。

[0068] 图7(d)至图7(g)示出了其他可能的掩模版特征,这些掩模版特征也可以实现期望聚焦相关非对称性,同时仍蚀刻出适合于支撑结构的近似圆形的柱。

[0069] 在一个实施例中,用于掩模版上的支撑柱中的至少一些支撑柱的图案可以被聚焦目标的布置所替代(例如,根据设计规则适当分割,以使得每个分段与支撑柱的方案足够相似)。在形成它们并且对它们进行测量之后,执行深蚀刻步骤,在该深蚀刻步骤期间,聚焦目标以与支撑柱的方式类似的方式被蚀刻穿过多层结构并且被填充。这样,聚焦目标用作支撑柱并且成为深蚀刻之后的结构的一部分。

[0070] 根据图7(b)至图7(g)的图案的一个或多个图案(经修改的掩模版特征)可以被提供在可以在光刻装置中用于在衬底上(例如,在光致抗蚀剂层中)印刷或形成一个或多个经修改的衬底特征的图案形成装置上。在本发明的上下文中,术语“掩模版”、“掩模”具有与术语图案形成装置相同的含义。

[0071] 在一个可选实施例中,提议将聚焦目标并入在单元阵列的阶梯结构上。图8图示了这种示例,并且图8包括图6的顶部处的垂直集成结构的俯视图。阶梯结构为垂直集成电路的公知特征,从而使得能够连接到堆叠中的每层。实际上,在每个单元阵列800a、800b的仅两侧上的阶梯结构820a实际上用于电连接。尽管如此,但是由于制造过程,阶梯结构820b还形成在另外两个侧上,每个侧具有与阶梯结构820a相等的尺寸和轮廓,但是不用于电连接。提出将聚焦相关目标放置在这些未使用的阶梯结构820b上。

[0072] 典型 μ DBF目标可以包括四个分段,每个分段形成完整目标的象限。四个分段可以包括两个聚焦敏感分段(每个方向一个分段)和两个对应的剂量敏感分段。根据剂量敏感分

段推断的剂量值可以用于校准来自聚焦敏感分段的聚焦测量。这样的目标例如于W02013/189724中被描述,其通过引用并入本文。然而,由于阶梯结构的尺寸(在较窄尺寸中可能仅为 $5\mu\text{m}$),这样的目标不能被容纳其上。因此,对于该实施例,提出了修改的聚焦(μDBF)目标830,其可以被集成在单元阵列的不用的(牺牲的)阶梯区域820b上。修改的 μDBF 目标830包括两个聚焦敏感分段830a、830b(每个方向一个聚焦敏感分段)和两个剂量敏感分段830c、830d(每个方向一个剂量敏感分段),它们全部排列在同一条线(行)中,即在1D阵列中。因此,这种目标的最窄尺寸可以被设为 $10\mu\text{m}$ 或更小,或甚至 $5\mu\text{m}$ 或更小。若干个这些目标830可以被容纳在不用的阶梯区域820b中的一个或两个中。

[0073] 上述方法仅在确定所使用的光刻装置的聚焦设置(实际聚焦)方面被描述。然而,应当领会,该方法还可以用于确定与衬底上的一个或多个结构有关的一个或多个其他特征,例如,所使用的剂量设置(实际剂量)。

[0074] 上文所描述的方法描述了被形成没有电功能的特征(更具体地,支撑特征)的修改。然而,本文中的概念也适用于确实具有诸如大接触垫或互连一些电功能的特征。如此,出于次要量测目的而对这些特征的修改也在本公开的范围之内。

[0075] 本文中所描述的该提议直接在设备区域上提供准确聚焦测量,从而改进了在其他场位置中使用目标的任何其他测量方法。这意味着目标图案可以作为实际制造过程的一部分包括在产品掩模版上并且印刷在产品衬底上。这样,可以根据通过相同照射并且在与产品结构相同的曝光期间形成的印刷结构测量来自实际产品衬底的聚焦。该提议还提供了一种测量方法,由于该测量方法比用于在设备区域上测量聚焦的当前方法快,所以这种测量方法需要CDSEM和晶片的返工。

[0076] 在后续编号条款中公开了其他实施例:

[0077] 1.一种确定与衬底上的结构有关的感兴趣特性的方法,所述结构通过光刻过程形成,所述方法包括:

[0078] 测量经修改的衬底特征以确定所述感兴趣特性,其中所述经修改的衬底特征使用图案形成装置上的对应的经修改的掩模版特征被形成在衬底上,所述经修改的衬底特征被形成用于除了量测以外的主要功能,所述经修改的掩模版特征使得所述经修改的衬底特征形成有取决于形成期间的所述感兴趣特性的几何形状。

[0079] 2.根据条款1所述的方法,还包括使用所述图案形成装置上的所述对应的经修改的掩模版特征在衬底上形成所述经修改的衬底特征的阶段。

[0080] 3.根据条款1或2所述的方法,其中所述经修改的衬底特征没有电气功能。

[0081] 4.根据前述条款中任一项所述的方法,其中所述感兴趣特性是光刻装置在形成所述经修改的衬底特征期间的聚焦。

[0082] 5.根据条款4所述的方法,其中取决于所述感兴趣特性的所述几何形状包括聚焦相关非对称性,所述聚焦相关非对称性可以在测量步骤中被测量。

[0083] 6.根据条款4或5所述的方法,其中所述光刻过程与垂直集成结构的形成有关,并且所述经修改的衬底特征具有与所述垂直集成结构的支撑有关的主要功能。

[0084] 7.根据条款6所述的方法,其中所述经修改的衬底特征包括支撑特征,所述支撑特征用于形成用于所述垂直集成结构的支撑结构。

[0085] 8.根据条款7所述的方法,其中所述支撑特征包括孔洞特征。

- [0086] 9. 根据条款7或8所述的方法,包括:在所述形成步骤和测量步骤之后,当与其他层中的对应支撑特征对准时,填充所述支撑特征,以便形成所述支撑结构。
- [0087] 10. 根据条款6至9中任一项所述的方法,其中所述垂直集成结构在其外围处包括阶梯结构,并且所述经修改的衬底特征被形成在所述衬底的与所述阶梯结构相对应的区域上。
- [0088] 11. 根据条款10所述的方法,其中所述经修改的衬底特征被形成在所述衬底区域的与所述垂直集成结构的不形成与所述阶梯结构的电连接的一侧上的所述阶梯结构相对应的区域上。
- [0089] 12. 根据条款3至11中任一项所述的方法,其中所述经修改的掩模版特征使得所述对应的经修改的衬底特征的第一部分的尺寸以聚焦相关方式与所述对应的经修改的衬底特征的第二部分的尺寸不同。
- [0090] 13. 根据条款3至12中任一项所述的方法,其中所述经修改的掩模版特征使得它们在所述对应的经修改的衬底特征中引起聚焦相关椭圆形几何形状。
- [0091] 14. 根据任一前述条款所述的方法,其中所述经修改的掩模版特征已经使用光学邻近校正技术进行了设计。
- [0092] 15. 根据任一前述条款所述的方法,其中所述测量步骤使用散射仪执行。
- [0093] 16. 根据前述条款中任一项所述的方法,其中所述测量步骤包括:测量所述经修改的衬底特征中的非对称性;以及根据所述经修改的衬底特征确定所述感兴趣特性。
- [0094] 17. 根据前述条款中任一项所述的方法,其中形成经修改的衬底特征的步骤与接触孔洞层的形成同时执行。
- [0095] 18. 根据前述条款中任一项所述的方法,其中所述经修改的衬底特征形成在包括产品结构的所述衬底的设备区域上。
- [0096] 19. 根据前述条款中任一项所述的方法,其中所述感兴趣特性包括在形成所述经修改的衬底特征期间的光刻装置的剂量。
- [0097] 20. 一种图案形成装置,包括经修改的掩模版特征,用于在衬底上形成经修改的衬底特征,所述经修改的衬底特征的几何形状取决于其形成期间的感兴趣特性,并且其中所述经修改的衬底特征具有除了量测以外的主要功能。
- [0098] 21. 根据条款20所述的图案形成装置,其中所述经修改的衬底特征没有电功能。
- [0099] 22. 根据条款20或21所述的图案形成装置,其中所述感兴趣特性是形成所述经修改的衬底特征期间的聚焦。
- [0100] 23. 根据条款22所述的图案形成装置,其中取决于所述感兴趣特性的所述几何形状包括聚焦相关非对称性。
- [0101] 24. 根据条款22或23所述的图案形成装置,其中所述图案形成装置用于图案化垂直集成结构的层,并且所述经修改的衬底特征具有与所述垂直集成结构的支撑有关的主要功能。
- [0102] 25. 根据条款24所述的图案形成装置,其中所述经修改的衬底特征包括用于形成用于所述垂直集成结构的支撑结构的特征。
- [0103] 26. 根据条款25所述的图案形成装置,其中所述支撑特征包括孔洞特征。
- [0104] 27. 根据条款24、25或26所述的图案形成装置,其中所述垂直集成结构在其外围处

包括阶梯结构,并且所述经修改的掩模版特征位于图案形成装置的与所述阶梯结构相对应的区域上。

[0105] 28. 根据条款27所述的图案形成装置,其中所述经修改的掩模版特征位于所述图案形成装置的与所述垂直集成结构的不形成与阶梯结构电连接的一侧上的所述阶梯结构相对应的区域上。

[0106] 29. 根据条款22至28中任一项所述的图案形成装置,其中所述经修改的掩模版特征使得所述对应的经修改的衬底特征的第一部分的尺寸以聚焦相关方式与所述对应的经修改的衬底特征的第二部分的尺寸不同。

[0107] 30. 根据条款22至29中任一项所述的图案形成装置,其中所述经修改的掩模版特征使得它们在所述对应的经修改的衬底特征中引起聚焦相关椭圆形几何形状。

[0108] 31. 根据条款20至30中任一项所述的图案形成装置,其中所述经修改的掩模版特征已经使用光学邻近校正技术被设计。

[0109] 32. 根据条款20至31中任一项所述的图案形成装置,其中所述测量步骤使用散射仪执行。

[0110] 33. 根据条款20至32中任一项所述的图案形成装置,其中所述测量步骤包括:测量所述经修改的衬底特征中的非对称性;以及根据所述经修改的衬底特征确定所述感兴趣特性。

[0111] 34. 根据条款20至33中的任一项所述的图案形成装置,其中所述图案形成装置还包括用于形成接触孔洞的特征。

[0112] 35. 根据条款20至34中的任一项所述的图案形成装置,其中所述经修改的掩模版特征位于所述图案形成装置的设备区域上。

[0113] 36. 一种光刻系统,用于确定与衬底上的至少一个结构有关的感兴趣特性,所述至少一个结构通过光刻过程形成,所述光刻系统包括:

[0114] 根据条款20至35中任一项所定义的图案形成装置,用于在所述衬底上形成后续经修改的衬底特征;以及

[0115] 量测设备,用于执行根据条款1至19中任一项所述的测量步骤。

[0116] 37. 一种非暂态计算机程序产品,包括机器可读指令,用于使得处理器引起根据条款1至19中任一项所述的方法的执行。

[0117] 38. 一种确定与在制造垂直集成结构过程中通过光刻过程在衬底上形成结构有关的聚焦设置的方法,所述方法包括:

[0118] 使用对应掩模版支撑特征在所述衬底上形成衬底支撑特征,用于提供用于所述垂直集成结构的支撑结构,所述掩模版支撑部件使得所述衬底支撑特征被形成有取决于其形成期间的感兴趣特性的几何形状;以及

[0119] 测量所述衬底支撑特征,以确定所述聚焦设置。

[0120] 39. 一种用于图案化垂直集成结构的层的图案形成装置,包括掩模版支撑特征,用于在衬底上形成衬底支撑特征,所述衬底支撑特征的几何形状取决于其形成期间的聚焦设置,并且其中所述衬底支撑特征用于提供用于垂直集成结构的支撑结构。

[0121] 尽管在本文中可以具体参考在制造IC时使用光刻装置,但是应当理解,本文中所描述的光刻装置可以具有其他应用。其他可能应用包括制造集成光学系统、用于磁畴存储

器的引导和检测图案、平板显示器、液晶显示器 (LCD)、薄膜磁头等。

[0122] 尽管在本文中可以在检查装置或量测装置的上下文中具体参考本发明的实施例，但是本发明的实施例可以用于其他装置。本发明的实施例可以形成掩模检查装置、光刻装置、或测量或处理诸如晶片 (或其他衬底) 或掩模 (或其他图案形成装置) 之类的对象的任何装置的一部分。还应当指出，术语量测装置或量测系统涵盖术语检查装置或检查系统或可以使用其代替。本文中所公开的量测装置或检查装置可以用于检测衬底上或内的缺陷和/或衬底上的结构的缺陷。在这种实施例中，例如，衬底上的结构的特性可以与结构中的缺陷、结构的特定部分的不存在、或衬底上的不想要的结构的存在有关。

[0123] 虽然上文已经对本发明的特定实施例进行了描述，但是应当领会，可以以与所描述的方式不同的方式来实践本发明。上文描述旨在具有说明性，而非限制性。因此，对于本领域的技术人员而言，显而易见的是，可以在没有背离下文所阐述的权利要求的范围的情况下，对所描述的本发明进行修改。

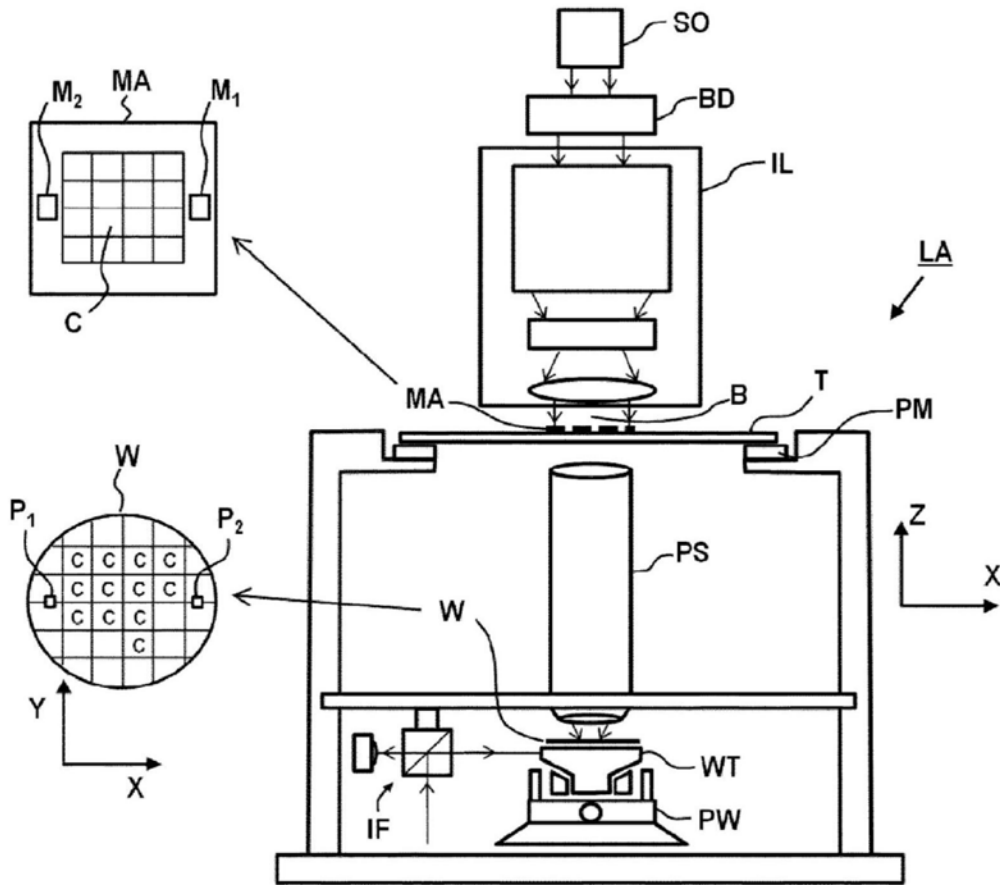


图1

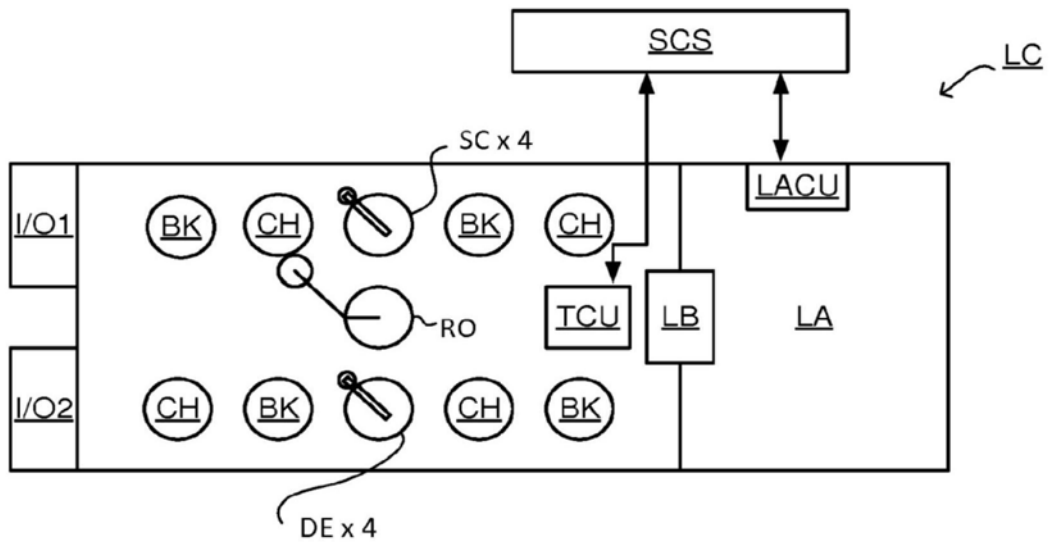


图2

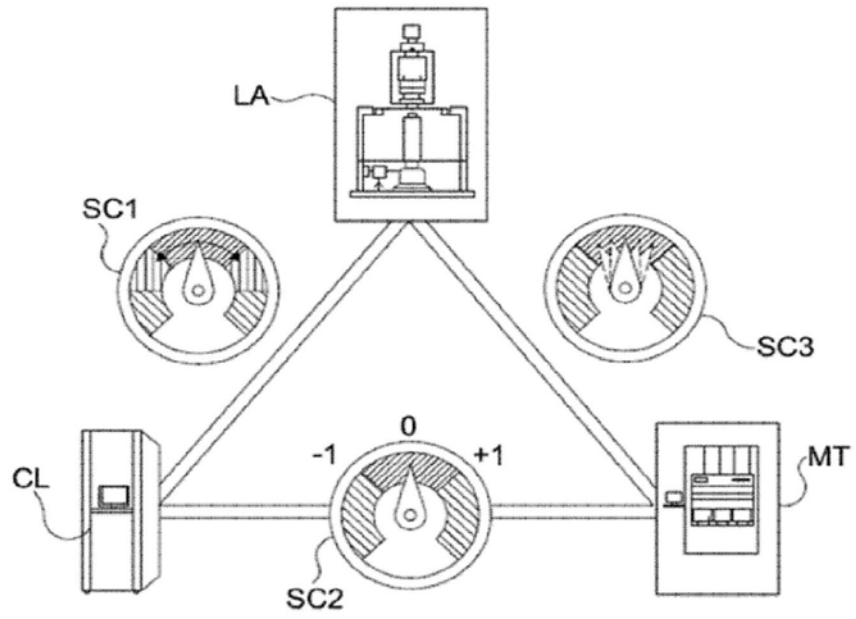


图3

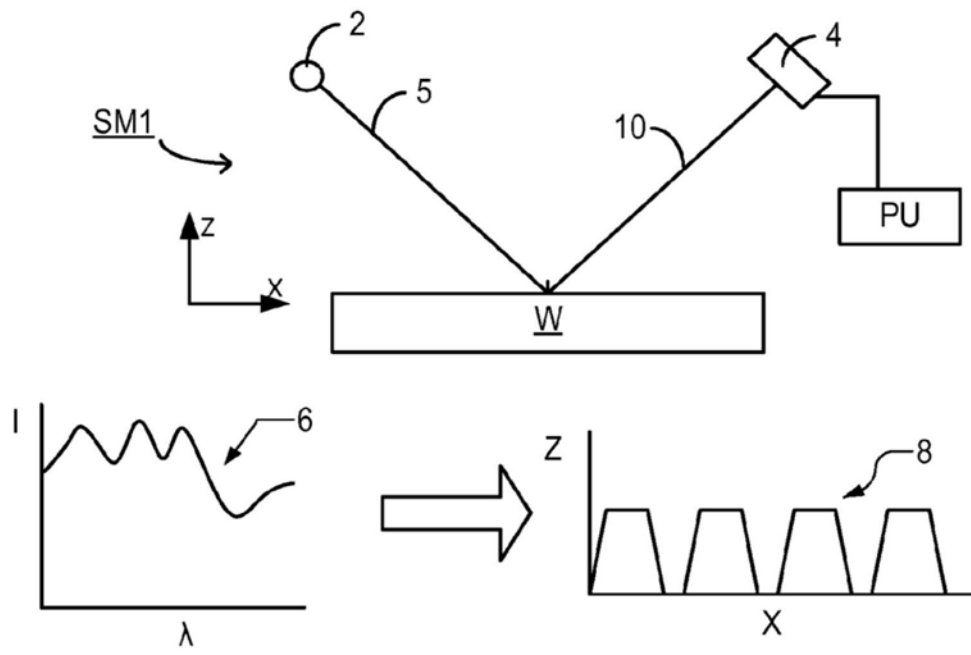


图4

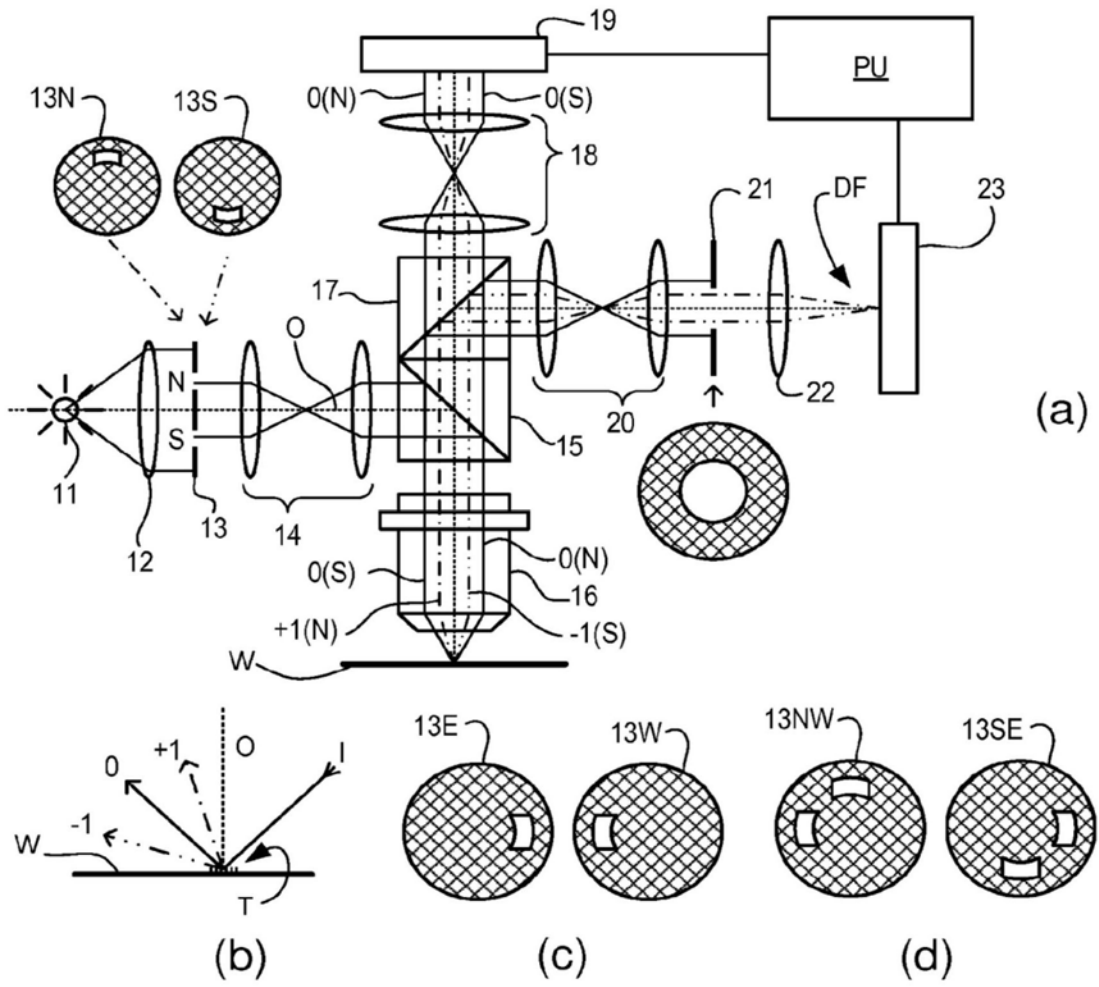


图5

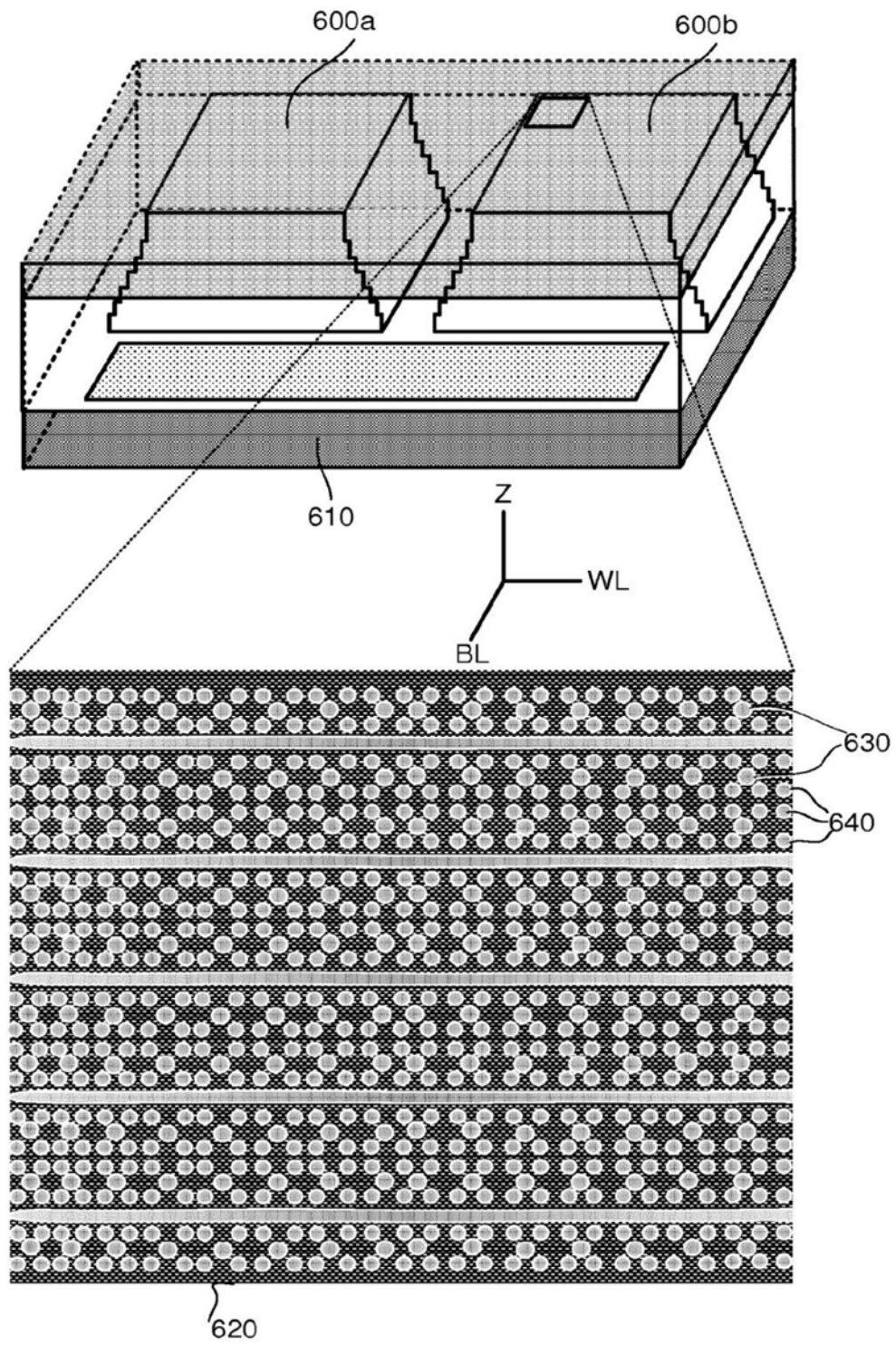


图6

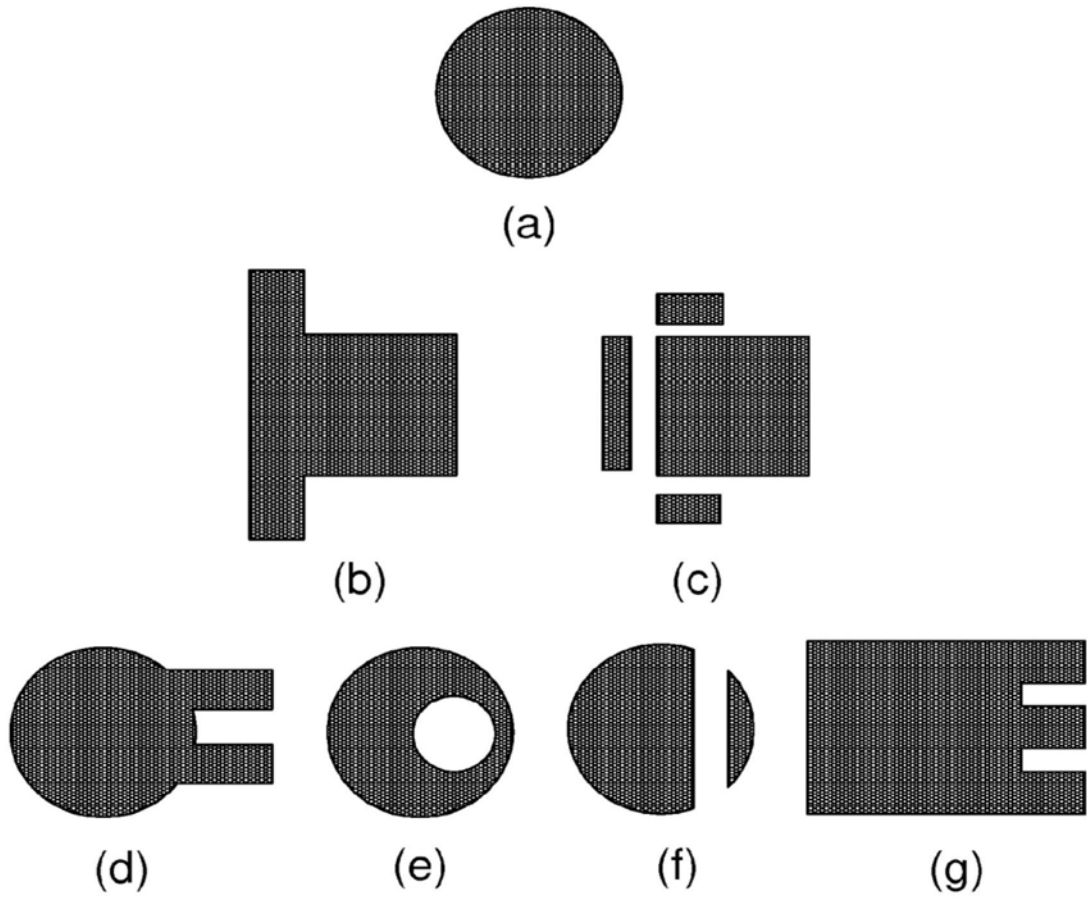


图7

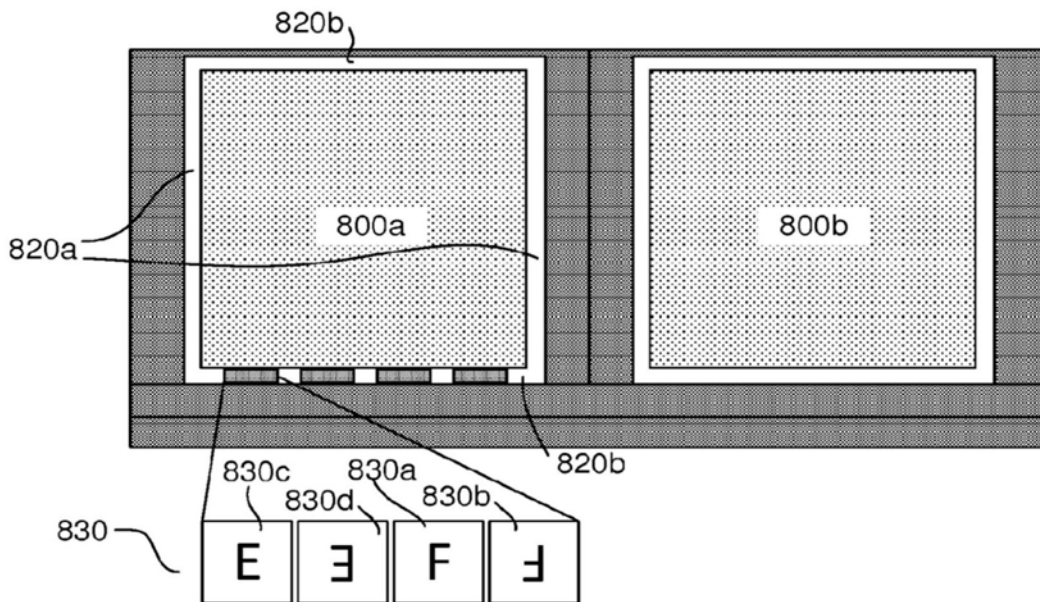


图8