



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101852983 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 27

(21) 申请号 201010158156. 4

US 2002068228 A1, 2002. 06. 06,

(22) 申请日 2010. 03. 31

审查员 单英敏

(30) 优先权数据

2009-086173 2009. 03. 31 JP

(73) 专利权人 信越化学工业株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 稻月判臣 金子英雄 吉川博树

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 高青

(51) Int. Cl.

G03F 1/84 (2012. 01)

G03F 7/20 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2004253524 A1, 2004. 12. 16,

US 2004253524 A1, 2004. 12. 16,

EP 0403220 A1, 1990. 12. 19,

WO 2008151083 A1, 2008. 12. 11,

US 2005019678 A1, 2005. 01. 27,

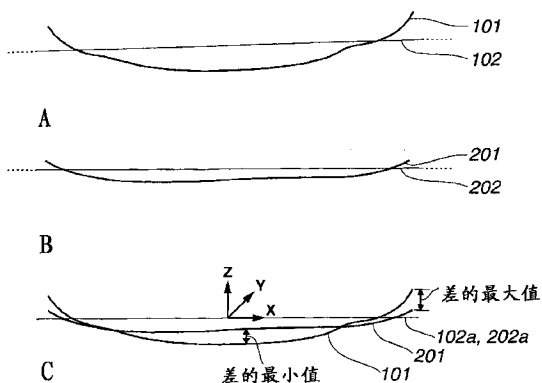
权利要求书1页 说明书14页 附图1页

(54) 发明名称

用于检查光掩模坯或其中间体的方法

(57) 摘要

公开了一种用于检查和判定光掩模坯或其中间体的方法。通过下述步骤来检查衬底上有膜的光掩模坯:(A) 测量具有待检查应力的膜的光掩模坯的表面形貌,(B) 从所述光掩模坯去除所述膜以提供经处理的衬底,(C) 测量去除所述膜之后经处理的衬底的表面形貌,以及(D) 比较光掩模坯或中间体的表面形貌和经处理的衬底的表面形貌,由此评估膜中的应力。



1. 一种用于检查衬底上有待检查的膜的光掩模坯或其中间体的方法,在光掩模坯或其中间体被处理成光掩模之前,在光掩模坯或其中间体上淀积另一个膜,在待检查的膜上淀积所述另一个膜对待检查的膜赋予了能量,所述方法包括下述步骤:

预先向衬底上待检查的膜赋予对应于由所述另一个膜的淀积赋予的所述能量的一定量的能量,

测量具有待检查的膜的光掩模坯或中间体的表面形貌,

从所述光掩模坯或中间体去除所有待检查的膜以提供经处理的衬底,

测量去除所述待检查的膜之后经处理的衬底的表面形貌,以及

比较所述待检查的膜去除之前光掩模坯或中间体的表面形貌和所述待检查的膜去除之后经处理的衬底的表面形貌,由此评估所述待检查的膜中的应力。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述待检查的膜是选自相移膜、遮光膜、蚀刻掩膜和蚀刻阻止膜的至少一个膜。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述光掩模坯或其中间体是由包括向光掩模坯或其中间体的膜赋予能量的步骤的处理制造的。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其中,在待检查的膜上淀积所述另一个膜之后,将要在所述另一个膜的处理中通过赋予能量而赋予待检查的膜的相关膜的能量被预先赋予待检查的膜的相关膜。

5. 如权利要求 1 所述的方法,其中,所述另一个膜是光致抗蚀剂膜。

6. 如权利要求 1 所述的方法,其中,待检查的膜中的应力是通过下述步骤评估的:

(1) 由表面形貌测量设备测量在去除待检查的膜之前光掩模坯或中间体的最外侧表面、和去除该待检查的膜之后经处理的衬底的最外侧表面的每一个,获得每个最外侧表面的 XYZ 三维坐标数据,

(2) 从每个最外侧表面的坐标数据,计算每个最外侧表面的最小二乘平面,

(3) 当光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标与其最小二乘平面之间的相对位置、和经处理的衬底的最外侧表面的坐标与其最小二乘平面之间的相对位置固定时,布置所述坐标和最小二乘平面,使得

(i) 两个最小二乘平面位于 XYZ 三维虚空间的 XY 平面上,

(ii) 提供前一个最小二乘平面的光掩模坯或中间体的最外侧等效区域的中心、和提供后一个最小二乘平面的经处理的衬底的最外侧等效区域的中心都位于原点,以及

(iii) 所述两个最外侧等效区域被布置成重叠,它们的对角线方向对齐,使得在去除待检查的膜之前和之后,所述两个最外侧等效区域的四个角彼此分别对应,

(4) 在如上布置的坐标数据的范围内,对于 X 和 Y 值相等的光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标和经处理的衬底的最外侧表面的坐标之间的每个坐标对,计算光掩模坯或中间体的最外侧表面的 Z 值 (Z_1) 和经处理的衬底的最外侧表面的 Z 值 (Z_2) 之间的差 (Z_1-Z_2), 以及

(5) 确定 Z 值的差 (Z_1-Z_2) 的最大值的量值和最小值的量值的总和,其代表翘曲度变化,其中,在翘曲度变化方面比较表面形貌以用于评估。

用于检查光掩模坯或其中间体的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于检查和判定光掩模坯或其中间体的方法,其中从所述光掩模坯或其中间体制造用于半导体集成电路、电荷耦合器件(CDD)、液晶显示器(LCD)彩色滤波器、磁头等的光刻制造的光掩模。

背景技术

[0002] 在最近的半导体处理技术中,对大规模集成电路的较高的集成度的挑战产生了对电路图案的小型化的越来越多的需求。存在对于进一步减小电路构成布线图案的大小和小型化用于构成单元的层间连接的接触孔图案的越来越多的需要。因此,在光刻中用于形成这样的布线图案和接触孔图案的电路图案写入光掩模的制造需要能够准确地写入较精细的电路图案的技术,以满足小型化需求。

[0003] 在形成较精细的特征图案时,使用光掩模和光学系统将抗蚀剂模暴露于辐射的图案。如果光掩模在此时经历任何形变,则所得图像的位置准确度降低,导致有缺陷的图案。为了克服该问题,必须如 JP-A 2003-50458 报告的那样来控制光掩模衬底的形状。报告了使用具有特定表面形貌的衬底作为光掩模衬底抑制了当光掩模被吸着固定在曝光工具的掩模台时表面形貌的任何改变。

[0004] 在现有技术中,形成光掩模的透明衬底和光掩模坯的平坦性被看作是重要的。当诸如遮光膜或移相膜的光学膜被淀积在形成光掩模的透明衬底上时,光学膜中的应力被控制,使得衬底形状不被改变。如 JP-A 2004-199035 中描述的,已知许多用于控制“弯度(sori)”(翘曲度或弯曲度),也就是说,衬底表面的形变的技术。

[0005] 除了衬底形状的问题,诸如写在光掩模上的半导体电路图案的光学膜的图案的尺寸控制也是一个问题。因为所需图案特征尺寸减小,所以需要较高程度的控制。例如,在制造用于产生具有最高达 65nm,特别是最高达 50nm 的最小线宽的图案的光掩模时,现有技术中使用的铬基材料的遮光膜在蚀刻步骤中难以控制侧蚀刻。因此完成的尺寸可能随着写入的图案的不同密度而较大地改变,这被称为图案密度相关性或“邻近偏置(proximity bias)”。JP-A 2007-241060 描述了通过从含有可选的过渡金属的硅基材料形成遮光膜能够减轻邻近偏置的问题,以及使用非常薄的铬基材料作为蚀刻掩模来处理该遮光膜。文中描述,使用含有可选的过渡金属的硅基材料作为蚀刻掩模,能够制造以非常高的准确度进行尺寸控制的光掩模。

[0006] 用于其中半导体电路图案具有最高达 45nm 的最小尺寸的光刻的光掩模需要高程度的尺寸控制。当使用含有可选的过渡金属的硅基材料作为遮光膜并且使用铬基材料作为蚀刻掩模来制备这样的光掩模时,尺寸控制几乎不具有宽容度。

[0007] 在制造在光刻中用来形成具有最高达 45nm 的最小尺寸的图案的光掩模时,尤其是如在双图案化(Proceedings of SPIE, Vol. 6153, 615301-1 to 19(2006))的情况下要求较高准确度的位置控制的光刻中,不能增加光掩模制造的产出,除非提供超越当前可获得的准确度的可靠性。

- [0008] 引用列表
- [0009] 专利文献 1 :JP-A 2003-050458
- [0010] 专利文献 2 :JP-A 2004-199035
- [0011] 专利文献 3 :JP-A 2007-241060
- [0012] (US 2007/212619, EP 1832926A2)
- [0013] 专利文献 4 :JP-A H07-140635
- [0014] 专利文献 5 :JP-A 2007-241065
- [0015] 专利文献 6 :JP-A S63-085553
- [0016] 非专利文献 1 :Proceedings of SPIE, Vol. 6153, 615301-1 to 19 (2006)

发明内容

[0017] 本发明的目的是提供一种方法,用于检查和判定具有诸如遮光膜和相移膜的光学功能膜并需要高准确度的处理的光掩模坯或其中间体,以确保不发生在处理时导致尺寸误差的表面形貌的任何改变。

[0018] 如上所述,对于光掩模或光掩模坯,适当的形状控制方法是有必要的,使得光掩模可能不会导致使用时降级的焦深。实际中使用应力较小的膜作为光学膜,诸如遮光膜或相移膜,来避免形成光掩模的衬底在淀积光学膜之前和之后经历形变,使光掩模变得不可使用(见,例如,JP-A 2004-199035)。

[0019] 发明人对光掩模坯到光掩模的处理期间的表面形貌的变化(所述变化能够导致光掩模的图案位置的误差)进行了扩展的研究。提供与淀积遮光膜之前衬底的表面形貌高度共形的表面形貌的遮光膜,也就是说,在现有技术中被认为基本上没有应力的遮光膜被淀积以形成光掩模坯。当蚀刻光掩模坯的遮光膜时,尽管遮光膜具有相当大地减小的应力,但表面形貌仍变形。也就是说,位置准确度的降低与处理相伴。

[0020] 为了提高从光掩模坯制造的光掩模的位置和尺寸的可靠性,必须在与形成用于形成遮光部分的图案的抗蚀剂图案的位置相距最小的位置处,形成完成的光掩模上的遮光部分的图案。如此处所使用的,术语“位置”不是光掩模坯的表面上的相对位置,而是在空间坐标系中看到的位置,所述空间坐标系的原点位于光掩模坯主表面的中心,所述空间坐标系的XY平面与主表面的最小二乘平面并置。如果表面形貌在蚀刻期间改变,则发生位置偏移。

[0021] 然后,发明人假设,为了制造具有较高可靠性的光掩模坯,下述检查是必需的。也就是说,必须比较在剥离诸如遮光膜的光学功能膜之前和之后光掩模坯或用于制造光掩模坯的中间体(或前体)的最外侧表面的形状。

[0022] 例如,在从其生产具有亮图案的光掩模的仅具有遮光膜的二元掩模坯的情况下,通过下述方法进行检查。

[0023] (1) 通过在给定条件下,在形成光掩模的衬底(透明衬底)上淀积遮光膜来制造多个光掩模坯。

[0024] (2) 从多个光掩模坯中取出至少一个作为样本。

[0025] (3) 测量该样本的表面形貌。

[0026] (4) 去除遮光膜,使得经处理的衬底呈现最外侧表面。

[0027] (5) 测量经处理的衬底的表面形貌。

[0028] (6) 将步骤 (3) 的表面形貌数据与步骤 (5) 的表面形貌数据相比较。变化低于指定水平的样本被判定为合格 (即, 可接受)。

[0029] 根据所需准确度, 一旦通过上述方法检查了光掩模坯或中间体, 逆反映成为可能。也就是说, 基于检查结果, 能够在制造光掩模坯或中间体的过程中反映通过淀积光学功能膜而赋予光掩模坯的制造特征。并且, 因为以在实际处理之后的方式判定表面形貌合格 / 不合格, 所以对于在相同条件下生产的多个光掩模, 以高可靠性保证在处理过程中表面形貌的变化不显著。本发明以该发现为基础。

[0030] 如下所述, 本发明提供了用于检查光掩模坯或其中间体的方法、和用于判定光掩模坯或其中间体合格 / 不合格的方法。

[0031] [1] 用于检查衬底上有膜的光掩模坯或其中间体的方法, 包括下述步骤:

[0032] (A) 测量具有待检查应力的膜的光掩模坯或中间体的表面形貌,

[0033] (B) 从该光掩模坯或中间体去除该膜以提供经处理的衬底,

[0034] (C) 测量在去除该膜之后经处理的衬底的表面形貌, 以及

[0035] (D) 比较膜去除之前的光掩模坯或中间体的表面形貌和膜去除之后的经处理的衬底的表面形貌, 由此评估膜中的应力。

[0036] [2] 如 [1] 的方法, 其中, 该待检查的膜是选自相移膜、遮光膜、蚀刻掩膜和蚀刻阻止膜的至少一个膜。

[0037] [3] 如 [1] 或 [2] 的方法, 其中, 该光掩模坯或其中间体是通过包括向光掩模坯或其中间体的膜赋予能量的步骤的处理制造的。

[0038] [4] 如 [1] 至 [3] 中任一项所述的方法, 其中, 在光掩模坯或其中间体被处理成光掩模之前, 在光掩模坯或其中间体上淀积另一个膜, 在待检查的膜上的另一个膜的淀积对待检查的膜赋予能量,

[0039] 所述方法包括

[0040] 在步骤 (A) 之前, 预先向待检查的膜赋予对应于所述由另一个膜的淀积赋予的能量的一定量的能量的步骤,

[0041] 测量表面形貌的步骤 (A) 至 (C), 以及

[0042] 比较表面形貌, 由此评估膜中的应力的步骤 (D)。

[0043] [5] 如 [4] 的方法, 其中, 该另一个膜是光致抗蚀剂膜。

[0044] [6] 如 [1] 到 [5] 中任一项所述的方法, 其中, 待检查的膜中的应力是通过下述步骤评估的:

[0045] (1) 由表面形貌测量设备测量在去除待检查的膜之前光掩模坯或中间体的最外侧表面、和去除该膜之后经处理的衬底的最外侧表面的每一个, 获得每个最外侧表面的 XYZ 三维坐标数据,

[0046] (2) 根据每个最外侧表面的坐标数据来计算每个最外侧表面的最小二乘平面,

[0047] (3) 当光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标与其最小二乘平面之间的相对位置、和经处理的衬底的最外侧表面的坐标与其最小二乘平面之间的相对位置固定时, 排列坐标和最小二乘平面, 使得

[0048] (i) 两个最小二乘平面位于 XYZ 三维虚空间的 XY 平面上,

[0049] (ii) 提供前一个最小二乘平面的光掩模坯或中间体的最外侧等效区域的中心、和提供后一个最小二乘平面的经处理的衬底的最外侧等效区域的中心都位于该原点,以及

[0050] (iii) 所述两个最外侧等效区域被布置为重叠,它们的对角线方向对齐,使得在去除待检查的膜之前和之后所述两个最外侧等效区域的四个角彼此分别对应。

[0051] (4) 在如上布置的坐标数据的范围内,对于 X 和 Y 值重合的光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标、和经处理的衬底的最外侧表面的坐标之间的每个坐标对,计算光掩模坯或中间体的最外侧表面的 Z 值 (Z_1) 和经处理的衬底的最外侧表面的 Z 值 (Z_2) 之间的差 (Z_1-Z_2),以及

[0052] (5) 确定代表翘曲度变化的 Z 值的差 (Z_1-Z_2) 的最大值的量值和最小值的量值的总和,

[0053] 其中,在翘曲度变化方面比较表面形貌用于评估。

[0054] [7] 用于判定光掩模坯或其中间体合格 / 不合格的方法,所述方法包括通过如 [6] 的检查方法来确定翘曲度变化,并在翘曲度变化方面判定光掩模坯或其中间体合格 / 不合格的步骤。

[0055] [8] 如 [7] 的方法,其中,当翘曲度变化最高达 $50(\text{nm})/L/152(\text{mm})$ 时判定光掩模坯或其中间体合格,其中, L 是透明衬底的较长边的长度 (mm)。

[0056] 本发明的有利效果

[0057] 使用根据本发明的用于检查和判定光掩模坯或中间体的方法的结果,可优化用于制造光掩模坯的处理,使得可制造具有在蚀刻光学功能膜或处理功能膜之前和之后经历表面形貌变化的最小可能性的光掩模坯。这样制造的光掩模坯保证了在被处理成光掩模的过程中由表面形貌变化导致的尺寸误差的出现最小化。

附图说明

[0058] 图 1 示例了对于在衬底上淀积了待检查的膜的光掩模坯或中间体、和在去除了待检查的膜之后的经处理的衬底,如何评估在去除待检查的膜之前和之后表面形貌的改变。

[0059] 图 2 是绘制了例子 1 中的翘曲度变化 (ΔTIR) 的图。

具体实施方式

[0060] 在光刻中用于印刷最高达 65nm,特别是最高达 45nm 的图案尺寸的光掩模,尤其是在双重图案化形式的光刻中使用的光掩模需要具有非常高的掩模准确度。因此,光掩模坯的处理也需要具有非常高的处理准确度。

[0061] JP-A 2003-50458 描述了关于微加工中使用的光掩模,已经存在对于具有当光掩模被吸着固定并安装在曝光工具中时不经历形变的特定形状的透明衬底的需要。一旦在这样的具有特定形状的形成光掩模的透明衬底上淀积了低应力的光学膜来构造光掩模坯,就蚀刻光学膜以制造光掩模,确保光掩模的生产产量。在遮光膜和相移膜的领域中,寻找给出与在膜淀积之前衬底的表面形貌紧密共形的表面形貌的遮光膜作为低应力的遮光膜。

[0062] 例如,当通过在形成光掩模的透明衬底上淀积含钼、硅、氧和氮的膜来制造半色调相移掩模坯时,得到的光掩模坯具有相对高的压应力。如 JP-A 2004-199035 中描述的,通过从闪光灯照射光掩模坯,使得坯的形状可被调整成恢复原始透明衬底的形状,制造具有

基于现有技术标准的被视为基本上无应力的半色调相移膜的光掩模坯。发明人发现,如果通过干蚀刻从坯去除该半色调相移膜,则尽管在膜淀积期间使用的衬底的表面形貌与在从闪光灯照射之后光掩模坯的表面形貌彼此共形,表面形貌也会改变。也就是说,经处理的衬底提供了与膜淀积期间使用的衬底的表面形貌不同的表面形貌。

[0063] 如果表面形貌的这种变形或翘曲度(弯度)的变化是由处理光掩模坯的膜所导致的,则在从光掩模坯制造光掩模的过程中引入图案位置的误差。

[0064] 参照遮光膜的处理。在图案处理中,例如,先通过电子束的图案方式的照射来形成用于保护其中遮光膜图案要被留下的区域的抗蚀剂图案。然后,使用得到的抗蚀剂图案,通过蚀刻来去除遮光膜的不必要的部分。特别是在具有亮图案(即,具有较小面积的剩余遮光膜的图案)的掩模的情况下,去除更多部分的遮光膜。如果遮光膜具有相当大的应力,则出现表面形貌的急剧改变。如果出现这样的表面形貌的改变,则当在沿衬底表面的基本坐标上观看时,形成抗蚀剂的位置和遮光膜图案的位置是相同的。但是,假设其中三维绝对坐标被设定在空间中的坐标系,例如,其中坐标被设定为使得光掩模坯表面的中心点为原点,并且光掩模坯表面的最小二乘表面是 X-Y 平面的坐标系,如果出现翘曲度(弯度)的变化,则坐标为 (a_x, a_y, a_z) (其中, $a_x = a_y \neq 0$) 的光掩模坯表面上的点 A 不仅在 Z 轴方向上移位,还在 X 和 / 或 Y 轴方向上移位。

[0065] 在几乎商业可用光刻中用于形成具有最高达 50nm 的图案规则的抗蚀剂图案的光掩模,例如,典型的 152mm 正方形光掩模的情况下,如果光掩模完成阶段的位置从设计位置,即 EB 照射的位置在三维坐标系的 Z 轴方向上偏移了 50nm,则光掩模不再被视为可靠。

[0066] 本发明的一个实施例提供了用于通过评估膜中的应力来检查衬底上有膜的光掩模坯或其中间体的方法。所述方法包括下述步骤:

[0067] (A) 测量具有其应力要被确定的膜的光掩模坯或中间体的表面形貌,

[0068] (B) 从该光掩模坯或中间体去除该膜以提供经处理的衬底,

[0069] (C) 测量在去除该膜之后经处理的衬底的表面形貌,以及

[0070] (D) 比较膜去除之前光掩模坯或中间体的表面形貌和膜去除之后经处理的衬底的表面形貌,由此评估膜中的应力。

[0071] 为了确保光掩模坯是可靠的,本发明采用下述过程,而不是确认光掩模坯的形状没有从膜淀积之前的衬底形状改变。在通过膜淀积完成光掩模坯或中间体之后,通过从诸如遮光膜和相移膜(典型地,半色调相移膜)的光学功能膜和诸如蚀刻掩模和蚀刻阻止膜的处理功能膜中选择一个或多个待检查的膜来执行检查,通过蚀刻来去除所选择的膜,并且确认在膜去除之前和之后表面形貌未改变。然后,保证光掩模坯符合工业中当前需要的处理高准确度。

[0072] 在描述检查方法之前,描述待检查的膜,也就是说,待去除的膜和具有该膜的光掩模坯及其中间体。在光掩模坯具有两个或更多膜的情况下,在衬底上接连淀积所述膜以制造光掩模坯。所述膜包括诸如相移膜和遮光膜的光学功能膜和诸如蚀刻掩模和蚀刻阻止膜的处理功能膜。中间体是当淀积所述膜之一时获得的中间产物。在实施本发明时,在衬底上淀积有单个膜的中间体通常被用作待检查的对象,因为它是能够评估每个膜的质量的膜质量测试衬底。

[0073] 一个例子是仅具有遮光膜的光掩模坯。该光掩模坯可以是包括具有抗反射功能的

层作为上层,具有遮光功能的层作为下层的一种类型,或者是具有遮光功能的层夹在具有抗反射功能的层之间的另一种类型。为了检查光掩模坯,比较去除遮光膜之前的表面形貌和去除遮光膜之后的表面形貌(也就是说,透明衬底的表面形貌)。如果检查证明该光掩模坯中的表面形貌没有实质改变,则确保当从光掩模坯制造具有亮图案的光掩模时将不出现形变。

[0074] 另一个例子是仅具有相移膜,通常为半色调相移膜的光掩模坯。所述膜可由单层或多层组成。同样地,通过去除相移膜来进行检查。然后可确认当从光掩模坯制造相移掩模时将不出现形变。

[0075] 对于其上淀积有相移膜(通常为半色调相移膜)和遮光膜的光掩模坯,可通过仅去除遮光膜来进行检查。然后,可确认当从光掩模坯制造具有暗图案(即,相移膜的遮光部分相当大的图案)的相移掩模时将不出现形变。如果通过去除遮光膜和相移膜两者来进行检查,则可确认当从光掩模坯制造具有亮图案的相移掩模时将不出现形变。

[0076] 在具有相移膜和遮光膜的光掩模坯中,作为处理功能膜的蚀刻阻止膜可被放置为中间层。在这种情况下,仅蚀刻阻止膜可以是被检查的对象。通常,根据从光学设计判定的蚀刻阻止膜是否增加相移膜的相移量,确定蚀刻阻止膜是被分配给相移膜部分还是遮光膜部分。因此,可基于该标准来确定当去除遮光膜或相移膜时,是否还应去除蚀刻阻止膜。如果该膜足够薄,使得能够假设无论是否去除该膜,膜应力都不引起变化,则可以去除或不去除该膜。在本例中,如果光学功能膜被放置在蚀刻阻止膜下面(与透明衬底相邻),则可选地通过去除光学功能膜来进行检查。

[0077] 其它例子包括如 JP-A 2007-241060 所述的,蚀刻掩膜(处理功能膜)放置在遮光膜(光学功能膜)上的光掩模坯;以及如 JP-AH07-140635 所述的,在半色调相移膜(光学功能膜)上淀积了蚀刻掩膜的光掩模坯。尽管术语“蚀刻掩膜”通常包括两种膜:充当光学功能膜的局部层,使得其可以光掩模形式局部留下的膜;和在蚀刻与透明衬底相邻的底层膜的过程中充当处理辅助膜,使得其最终全部被去除的膜,但此处所使用的术语“蚀刻掩膜”仅指代后一种最终全部被去除的膜。在这些光掩模坯中,通过仅剥离蚀刻掩膜来进行检查。然后可确认当制造具有暗图案的光掩模时,淀积在蚀刻掩膜下面的膜不发生形变。在这些实施例,可选地,可通过进一步去除淀积在蚀刻掩膜下面的光学功能膜来进行检查。

[0078] 尽管在淀积期间膜不引起衬底的变形,但出现这样的现象:当从完成的光掩模坯去除该膜时,膜去除之后衬底的形状改变。尽管不能完全理解这种现象的原因,但推测这些原因之一是:通过例如,高能量辐射或加热的照射,能量被赋予淀积的膜。在通过溅射,尤其是通过利用反应气体的反应溅射淀积膜之后,通常进行热处理,以稳定膜质量。如 JP-A 2004-199035 所述,当通过传统加热单元加热具有相当大的应力的膜时,难以完全地从膜释放应力。然而,尽管缺乏应力释放,热使得表面形貌在一些程度上发生改变。即使这样的变化也能够影响在光刻中用于形成非常精细的特征图案的光掩模的可靠性。

[0079] 因此,本发明可有效地应用于具有通过这样的处理而制造的膜的光掩模坯或中间体,所述处理包括将能量赋予光掩模坯或中间体的膜的步骤。

[0080] 由于上述原因,当待检查的膜不是刚刚淀积的膜,而是具有直到光掩模坯的完成的处理历史的膜,例如,经历了通过光照射或加热对膜的可选能量赋予的历史的膜时,获得更好的结果。当需要更严格的模式的检查时,在光掩模坯到光掩模的处理中的抗蚀剂图案

形成期间的加热步骤应作为潜在处理历史的一个因素而被考虑。

[0081] 然后,在更严格的模式下进行检查的一个例子是具有作为附加膜被淀积的抗蚀剂膜(例如,光致抗蚀剂膜)的光掩模坯。所述附加膜被淀积在待检查的膜上,并且将要在附加膜的处理中通过赋予能量(诸如通过加热)而赋予相关膜的能量被预先赋予相关膜,然后,测量具有该相关膜的光掩模坯或中间体的表面形貌。具体地讲,在抗蚀剂图案形成期间经历了诸如加热的能量赋予历史的光掩模坯或中间体是待检查的对象。

[0082] 因为抗蚀剂图案形成期间的加热步骤是在比溅射膜淀积之后用于膜质量稳定的加热步骤更低的温度和更短的时间执行的,所以其影响被视为较不显著。如果坯在溅射膜淀积之后已经被加热过了,则可以简化的方式省略加热历史。另一方面,如果制造处理中不涉及比抗蚀剂图案形成期间的加热赋予更多热的加热步骤(例如,在溅射膜淀积之后的加热),则坯具有在抗蚀剂图案形成期间的加热具有影响的较大可能性。因此,优选地在进行检查之前向坯增加抗蚀剂图案形成期间的加热历史。

[0083] 抗蚀剂图案形成步骤中的加热一般包括曝光之前的加热和曝光之后的加热。增加加热历史的处理优选地与抗蚀剂图案形成步骤一致。加热步骤可以是单个加热步骤或多个加热步骤。温度范围是抗蚀剂图案形成步骤中实际使用的加热温度 \pm 大约 20°C 。加热时间可选自从抗蚀剂图案形成步骤所涉及的总实际时间的 $1/3$ 到 2 倍的范围。如果预先已知这样的加热对待检查的膜的变形影响,则可简化加热处理。

[0084] 本发明的检查方法还可应用于光掩模坯中间体、和其上仅淀积有相移膜、遮光膜、蚀刻掩膜或蚀刻阻止膜的衬底,也就是说,用于评估单个膜的质量的膜质量测试衬底。也就是说,因为基本上不单独使用光掩模坯,不管待形成的图案是亮还是暗,构成光掩模坯的光学功能膜或处理功能膜基本上优选地在其处理期间不独立地使表面形貌引起变化。然后,当确定膜的材料和层构造以及改变其应力的处理时,通过使用本发明的检查方法来检查在去除了曾经淀积的膜之后表面形貌是否改变,并根据检查结果来确定膜淀积方法,来获得更好的结果,而不是通过淀积在膜淀积之前不改变衬底的表面形貌的膜的方法的膜淀积。本发明的检查方法使得可以向曾经淀积的膜增加对应于后续处理步骤的处理历史,之后去除该膜并进行检查。

[0085] 另一个例子是淀积有多个膜的光掩模坯。即使每个膜是在该膜的适合条件下淀积的,当向其施加诸如加热或图案化的处理历史步骤时堆叠的膜的行为与当对其施加处理历史步骤时单个形式的每个膜的行为并不总是完全相同。为了更准确的检查,以最终形式,也就是说,淀积了所有膜的形式对光掩模坯进行检查是有效的。

[0086] 可对其有利地应用本发明的检查方法的光掩模坯或中间体是在与最高达 50nm 的图案规则相匹配的光刻中用来制造光掩模的部件。尽管前述说明涉及光透射掩模,但本发明也可应用于包括 EUV 光刻掩模的反射掩模。

[0087] 在透射光掩模的制造中使用的形成光掩模的衬底(形成光掩模坯的衬底)可以是矩形的,并且具体地讲,是正方形的。可使用对曝光透明的传统公知衬底,诸如合成石英衬底。优选的衬底是如 JP-A 2003-50458 中报告的,具有当光掩模被吸着固定于曝光工具时不经历变形的特定形状的形成光掩模的衬底。

[0088] 上述光掩模坯具有遮光膜和/或相移膜作为形成光掩模的衬底上的光学功能膜,并且可进一步具有蚀刻掩膜和/或蚀刻阻止膜作为对于提高图案处理的准确度有效的处

理功能膜。

[0089] 关于这些膜的构成,如果还具有遮光膜和相移膜两者,则以所述顺序在衬底上顺序地淀积相移膜和遮光膜。

[0090] 当蚀刻光学功能膜的最外层(通常为如上所述的遮光膜)时,使用蚀刻掩膜来增加处理的准确度。所述蚀刻掩膜通常放置在光学功能膜的最外层上。

[0091] 蚀刻阻止膜被用来防止在蚀刻覆盖膜期间底层膜被破坏。蚀刻阻止膜通常放置在衬底和相移膜之间,和/或相移膜和遮光膜之间。然而,蚀刻阻止膜几乎不被设置为独立的膜。具有这样的蚀刻阻止功能的膜通常被设置作为与衬底相邻放置的相移膜的层,或与相移膜相邻放置的遮光膜的层(例如,JP-A 2007-241065)。由于该原因,蚀刻阻止膜可被处理为相移膜的一部分或遮光膜的一部分。

[0092] 关于作为光学功能膜之一的相移膜,典型地为半色调相移膜,已知许多例子。一般来讲,相移膜由单个层、多个层或成份梯度层构成。制造相移膜的材料通常是对其添加了诸如氧或硅的轻元素(light element)的含过渡金属的硅材料(例如,JP-A H07-140635)。过渡金属层或具有对其添加了诸如氧或氮的轻元素的过渡金属层可作为一个构成层包括在相移膜中。

[0093] 相移膜通常是在淀积态阶段(as-deposited-stage)具有一定压应力的膜,因为当考虑整个膜时包含相当大的量的轻元素。如果相移膜本身在淀积态(as-deposited-state)具有显著的压应力,则在去除相移膜之后的表面形貌的检查可能显示不合格。因此可能有时必须提供应力释放。如JP-A 2004-199035中描述的,已知许多应力释放处理,并且可使用任何公知的处理。

[0094] 在其中相移膜是半色调相移膜的实施例,半色调相移膜可由单个层、多个层或成份梯度层构成。所述半色调相移膜可以由含可选过渡金属的硅材料形成。具体为过渡金属-硅合金、或过渡金属硅复合物,所述过渡金属硅复合物含有过渡金属、硅和选自氧、氮和碳的至少一个元素,优选地为含有过渡金属、硅和氧和/或氮的过渡金属硅复合物。过渡金属硅复合物的例子包括过渡金属氧化硅、过渡金属氮化硅、过渡金属氮氧化硅、过渡金属碳氧化硅、过渡金属碳氮化硅、和过渡金属碳氮氧化硅。此处使用的过渡金属优选地为钽、钒、钴、镍、锆、铌、钼、钨、钽和钨中的至少一个,并且为了使干蚀刻容易,钽更优选。含有可选的过渡金属的硅材料可优选地由原子百分比为10%-95%的硅、原子百分比为0%-60%的氧、原子百分比为0%-57%的氮、原子百分比为0%-20%的碳、和原子百分比为0%-35%(尤其是1%-20%)的过渡金属组成。材料可基于膜构造(单层或多层)和膜厚度选自复合范围,以提供所需透射度和相移。

[0095] 从完成的光掩模坯或中间体去除相移膜,以允许检查翘曲度变化。该去除可通过与在蚀刻相移膜以便处理成光掩模的过程中使用的蚀刻技术相似的技术来实现。对于含可选的过渡金属的硅材料,优选地使用利用氟基蚀刻气体的干蚀刻。

[0096] 作为光学功能膜的另一个例子的遮光膜可由包括铬基材料和含可选过渡金属的硅材料或这样的层的组合的任何公知材料制成。一般来讲,遮光膜是由基本上禁止光透射的遮光层、和用于减小反射率的抗反射层、或成份梯度层构成的多层膜。抗反射层仅被放置在遮光膜的正侧、或被放置在遮光膜的正侧和衬底侧两侧上。

[0097] 遮光膜包括没有轻元素(氧、氮、碳等)或具有相对低的轻元素含量以便基本上禁

止光透射的遮光层。相反,抗反射层具有相对高的轻元素含量,因为一定程度的光透射是必需的。因此,遮光层趋向于具有拉应力,而抗反射层趋向于具有压应力。为了避免整个遮光膜变成具有非常高的应力的膜,遮光膜被设计成使得整个膜可能不具有相当大的应力。这可以通过应力释放处理或遮光层或抗反射层之间的应力的平衡来实现。

[0098] 制成遮光膜的材料可以是铬基材料,尤其是单独的铬或含有铬和氧、氮和碳中的至少一个元素的铬复合物。铬基材料优选地具有包含下述成份的构成:原子百分比为30%–100%的铬、原子百分比为0%–60%的氧、原子百分比为0%–50%的氮、和原子百分比为0%–20%的碳。如上所述,高铬含量导致拉应力,而诸如氧、氮和碳的轻元素的高含量导致压应力。在考虑该关系的同时优选地选择膜的构成。

[0099] 制造遮光膜的材料也可以是含可选的过渡金属的硅材料,尤其是过渡金属–硅合金、或含过渡金属、硅和选自氧、氮和碳的至少一个元素的过渡金属硅复合物,优选地为含过渡金属、硅和氧和/或氮的过渡金属硅复合物。过渡金属硅复合物的例子包括过渡金属氧化硅、过渡金属氮化硅、过渡金属氮氧化硅、过渡金属碳氧化硅、过渡金属碳氮化硅、和过渡金属碳氮氧化硅。此处使用的过渡金属优选地为钽、钒、钴、镍、铅、铌、钼、铪、钽和钨中的至少一个,并且为了使干蚀刻容易,钼更优选。含有可选的过渡金属的硅材料可优选地由原子百分比为10%–95%的硅、原子百分比为0%–60%的氧、原子百分比为0%–57%的氮、原子百分比为0%–20%的碳、和原子百分比为0%–35% (尤其是1%–20%) 的过渡金属。一般来讲,高含量的硅在膜中导致拉应力,而高含量的其它元素导致压应力。在考虑该关系的同时优选地选择膜的构成。

[0100] 可根据膜构成和膜厚度从构成范围中选择材料,使得单独的遮光膜(其中除遮光膜以外不包括像半色调相移膜的光吸收膜)或与光吸收膜(如果包括的话)相结合的遮光膜可具有相对于曝光至少为2.0,优选地至少为2.5的消光系数。

[0101] 从完成的光掩模坯或中间体去除遮光膜,以允许检查翘曲度变化。膜去除可通过与用于蚀刻遮光膜以便处理成光掩模的过程中使用的蚀刻技术相似的技术来实现。在蚀刻含可选的过渡金属的硅材料的膜的情况下,一般使用利用氟基蚀刻气体的干蚀刻。如果可利用氯基蚀刻气体来蚀刻相关膜,则可使用氯干蚀刻。在膜由铬基材料形成的情况下,优选地使用对其添加了氧气的氯蚀刻气体。

[0102] 当蚀刻淀积在蚀刻掩膜的衬底侧上的膜(通常为遮光膜)时,属于处理功能膜的蚀刻掩膜充当用于保护膜的首选部分不被蚀刻的蚀刻掩膜,并且最终全部被剥离,直到光掩模完成。蚀刻掩膜是由在蚀刻被保护膜时所使用的蚀刻条件下具有高电阻的材料制成的,从而膜可用作在不对被保护膜造成损害的条件下能够被去除的蚀刻掩膜。在被保护膜由含可选的过渡金属的硅材料制成的情况下,蚀刻掩膜优选地由铬基材料制成(见JP-A 2007-241060)。在被保护膜由铬基材料制成的情况下,蚀刻掩膜优选地由含可选的过渡金属的硅材料制成(见JP-A S63-85553)。

[0103] 因为基于材料的选择,蚀刻掩膜可被制造成1nm到5nm薄,所以在现有技术中不考虑该膜中的应力。然而,为了较高准确度的控制,优选地控制蚀刻掩膜中的应力。如在遮光膜的情况下,控制手段可以是应力释放处理或轻元素丰富层和轻元素短缺层的结合,都选自蚀刻掩膜中使用的材料。为了剥离蚀刻掩膜,如在遮光膜的情况下,可根据所使用的具体材料来选择适合的技术。

[0104] 另一方面,如上所述,蚀刻阻止膜可被处理为相移膜的一部分或遮光膜的一部分。形成蚀刻阻止膜的材料优选地选自示范地用于相移膜和遮光膜的材料。可对于具体膜使用适合的蚀刻技术。

[0105] 如上所述,在具有光学功能膜和处理功能膜的光掩模坯中,优选地单独控制各个膜的应力。即使当膜被设计和淀积成使得在淀积时在膜中不导致相当大的应力,在去除该膜时,表面有时也可能变形。因此,在选择当从光掩模坯去除膜时确保形变不超过指定级别的膜的组合时,组合每个不具有相当大的应力的膜,并且评估在经过所有光掩模制造处理的步骤之后表面形貌变化的行为。然后选择合适的组合。

[0106] 可通过下述过程来进行去除待检查的膜之前光掩模坯或中间体的表面形貌和去除待检查的膜之后光掩模坯或中间体的表面形貌的比较。

[0107] 例如,使用能够光学扫描表面(透明衬底的表面、淀积的膜的表面(即光掩模坯或中间体的表面)、或待检查的膜被去除之后经处理的透明衬底的表面或经处理的膜的表面)的形貌的表面分析设备或表面形貌测量设备,测量在待检查的膜被去除之前光掩模坯或中间体的表面形貌以递送测量数据。下面,去除待检查的膜,并测量膜去除之后的表面形貌来递送测量数据。这两个表面形貌之间的不同可通常被评估为翘曲度变化。可通过能够合理地定义翘曲度变化的量的任何方法来确定翘曲度变化。可根据所需掩模准确度来设定参考值(低于该参考值,坯就被判定合格(可接受))。例如,可通过以下述方式比较表面形貌来判定光掩模坯或中间体合格/不合格。

[0108] 对去除待检查的膜之前光掩模坯或中间体的最外侧表面、和从光掩模坯或中间体去除所有待检查膜之后经处理的衬底的最外侧表面进行分析。

[0109] (1) 由表面形貌测量设备来测量最外侧表面,获得每个最外侧表面的 XYZ 三维坐标数据。

[0110] (2) 从每个最外侧表面的坐标数据,计算最外侧表面的最小二乘平面。

[0111] (3) 当光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标和其最小二乘平面之间的相对位置、经处理的衬底的最外侧表面的坐标和其最小二乘平面之间的相对位置固定时,所述坐标和最小二乘平面被布置成使得:(i) 两个最小二乘平面位于 XYZ 三维虚空间的 XY 平面上,(ii) 提供前一个最小二乘平面的光掩模坯或中间体的最外侧等效区域的中心、和提供后一个最小二乘平面的经处理的衬底的最外侧等效区域的中心都位于该原点,以及(iii) 所述两个最外侧等效区域被布置为重叠,它们的对角线方向对齐,使得在去除待检查的膜之前和之后,所述两个最外侧等效区域的四个角彼此分别对应。

[0112] (4) 在如上布置的坐标数据的范围内,对于 X 和 Y 值相等的光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标和经处理的衬底的最外侧表面的坐标之间的每个坐标对,计算光掩模坯或中间体的最外侧表面的 Z 值(Z_1)和经处理的衬底的最外侧表面的 Z 值(Z_2)之间的差(Z_1-Z_2)。

[0113] (5) 确定的 Z 值的差(Z_1-Z_2)的最大值的量值和最小值的量值的总和,其代表翘曲度变化。

[0114] 更具体地讲,由表面形貌测量设备使用光学系统来测量在待检查的膜被去除之前光掩模坯或中间体的最外侧表面(即,待检查的膜的表面)的表面形貌。设备递送最外侧表面的 XYZ 三维坐标数据来创建表面图,从其计算最小二乘平面。下面,通常在所有膜的处

理中使用的剥离条件下去除待检查的所有膜。相似地测量在待检查的膜被去除之后经处理的衬底的最外侧表面（即，与待检查的膜（如果有的话）或透明衬底毗邻放置的膜的表面）的表面形貌。设备递送该最外侧表面的 XYZ 三维坐标数据来创建表面图，从所述表面图来计算最小二乘平面。

[0115] 下面，使用合适的单元，一般为计算机，将这样获得的坐标和最小二乘平面在虚空间中布置成满足所有下述条件 (i) 至 (iii)，同时光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标和其最小二乘平面之间的相对位置、和经处理的衬底的最外侧表面的坐标和其最小二乘平面之间的相对位置是固定的（即组合最外侧表面和提供它们的最小二乘平面的坐标）。

[0116] (i) 两个最小二乘平面位于 XYZ 三维虚空间的 XY 平面上。

[0117] (ii) 提供前一个最小二乘平面的光掩模坯或中间体的最外侧等效区域的中心、和提供后一个最小二乘平面的经处理的衬底的最外侧等效区域的中心都位于该原点。

[0118] (iii) 所述两个最外侧等效区域被布置为重叠，并且它们的对角线方向对齐，使得在去除待检查的膜之前和之后，所述两个最外侧等效区域的四个角彼此分别对应。

[0119] 参考图 1 描述前述过程。如图 1A 所示的光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标组 101 和其最小二乘平面 102、和如图 1B 所示的经处理的衬底的最外侧表面的坐标组 201 和其最小二乘平面 202 布置在如图 1C 所示的 XYZ 三维虚空间中。最小二乘平面 102 和 202 布置在 XY 平面上，使得两个平面都位于共同的平面中。提供最小二乘平面 102 的光掩模坯或中间体的最外侧等效区域 102a 和提供最小二乘平面 202 的经处理的衬底的最外侧等效区域 202a 被布置为使得它们的中心都位于 XYZ 坐标的原点。也就是说，最小二乘平面 102 和 202 被布置在 $Z = 0$ 的 XY 平面中。进一步地，所述两个最外侧等效区域被布置为使它们的对角线方向对齐，从而在去除待检查的膜之前和之后，最外侧等效区域 102a 的四个角分别对应于最外侧等效区域 202a 的四个角（一个角对应于相关的一个角）。

[0120] 下面，如图 1C 所示，在如上布置的坐标数据的范围内，对于 X 和 Y 值相等的光掩模坯或中间体的最外侧表面的坐标以及经处理的衬底的最外侧表面的坐标之间的每个坐标对，计算光掩模坯或中间体的最外侧表面的 Z 值 (Z_1) 和经处理的衬底的最外侧表面的 Z 值 (Z_2) 之间的差 ($Z_1 - Z_2$)。如果 $Z_1 > Z_2$ 则差 ($Z_1 - Z_2$) 的值为正 (+)，如果 $Z_1 < Z_2$ 则差 ($Z_1 - Z_2$) 的值为负 (-)。

[0121] Z 值的差 ($Z_1 - Z_2$) 的最大值的量值（绝对值）和最小值的量值的总和代表翘曲度变化。

[0122] 对于 152mm (6 英寸) 正方形的光掩模坯或中间体，最高达 50nm 的翘曲度变化表示具有足够在双重图案化式的光刻中用来形成最小线宽为大约 25nm 的图案的宽容度的处理准确度。

[0123] 对于不同尺寸的光掩模坯或中间体，可允许的翘曲度与尺寸成比例。只要翘曲度达到 $50\text{nm}/L/152\text{mm}$ (其中 L 为透明衬底的较长边的长度 (mm))，就可获得高处理准确度。

[0124] 简要地讲，坐标数据可应用于光掩模坯的最外侧表面和经处理的衬底的最外侧表面两者，可以简单的方式从其计算表面的最小二乘平面。在围绕每个最外侧表面的中心具有半径 R (mm) 的圆上设定三个或更多个点。从所述三个或更多个点和中心的坐标来计算最小二乘平面。此后，可相似地评估翘曲度变化。对于被处理成在双重图案化式的光刻中用来形成具有大约 25nm 的最小线宽的图案的光掩模的光掩模坯，当越过标准翘曲度变化时，

判定光掩模坯合格（可接受）。如果翘曲度变化的值小于或等于

$$[0125] \quad 50 \text{ (nm)} / 2R / (152 \text{ (mm)} \times \sqrt{2})$$

[0126] 则光掩模坯可靠得足以确保具有高位置准确度的光掩模。

[0127] 当通过具有光学功能膜或处理功能膜的特定处理制造光掩模坯，并接着将其处理成光掩模时，由于光学功能膜或处理功能膜的应力，将引入尺寸误差。利用本发明的方法，可估计该尺寸误差。如果被检查的样本被判定合格（可接受），则检查确保由与该样本相同的特定处理制造的光掩模坯没有由于处理导致的表面变形而引起的任何尺寸误差。与现有技术光掩模坯相比，本发明相当大地避免了由于尺寸误差而导致的缺陷坯的形成。

[0128] 例子

[0129] 下面给出本发明的例子，仅用于示例而不是限制。

[0130] 例子 1

[0131] 具有半色调相移膜的光掩模坯的制备

[0132] 制备四个 152mm 正方形的合成石英光掩模衬底。通过使用 MoSi 和 Si 靶材和氮气、氧气和氩气气体的混合物作为溅射气体的溅射技术，在每个衬底上淀积具有 76nm 厚度的 MoSiON (Mo : Si : O : N = 1 : 4 : 1 : 4 原子比) 的半色调相移膜。

[0133] 形状调整

[0134] 使用具有 1^{-10} msec 脉冲长度的氩气闪光灯，以四个不同的能量剂量照射其上淀积有 MoSiON 膜的四个光掩模坯。能量剂量由标准化的值表示，假设在施加 3175 伏时产生的能量剂量为一 (1)。

[0135] 淀积相移膜之前衬底的表面形貌与被赋予高能量用于形状调整的光掩模坯的表面形貌的比较

[0136] 在翘曲度变化 (Δ TIR) 方面比较淀积相移膜之前衬底的表面形貌与被赋予高能量用于形状调整的光掩模坯的表面形貌。如下确定翘曲度 (弯度) 变化、 Δ TIR (总指示器读数差)。

[0137] 由光学表面形貌分析系统 Tropel **UltraFlat®** (康宁 Tropel 公司) 测量在淀积半色调相移膜之后经历了闪光灯照射的每个光掩模坯的表面形貌，获得表面形貌数据 (坐标)。根据步骤 (1) 至 (5) 将该数据与淀积半色调相移膜之前相应衬底的表面形貌的先前测量数据相比较，以计算翘曲度变化 (Δ TIR)。假设 Δ TIR 的正值是拉应力引起的变形。在图 2 中，关于照射剂量绘制了照射后每个光掩模坯的表面形貌相对于淀积相移膜之前相应衬底的表面形貌所具有的翘曲度变化 (Δ TIR)。

[0138] 相移膜的去

[0139] 通过利用氟蚀刻气体的干蚀刻，从具有经历了由闪光灯以不同能量剂量的照射进行的形状调整的相移膜的光掩模坯中去除相移膜。

[0140] RF1 (RIE) : CW 54V

[0141] RF2 (ICP) : CW 325W

[0142] 压力 : 5mTorr

[0143] SF₆ : 18sccm

[0144] O₂ : 45sccm

[0145] 在去除相移膜之前光掩模坯（经历了形状调整）的表面形貌与去除之后衬底表面形貌的比较

[0146] 由光学表面形貌分析系统 Tropel **UltraFlat®**（康宁 Tropel 公司）测量在通过干蚀刻去除了相移膜之后经处理的衬底的表面形貌，获得表面形貌数据。类似地，将该数据与在半色调相移膜淀积之后经历了闪光灯照射的光掩模坯的表面形貌数据相比较，以计算翘曲度变化 (Δ TIR)。图 2 中还绘制了关于照射剂量的该翘曲度变化 (Δ TIR)。

[0147] 通过图 2 中的图的外插，假设当照射大约 1.108 的能量剂量时，在相移膜淀积之前的衬底形状被高能量照射完全恢复。然而，从图 2 可看出，由在形状调整之后的相移膜的去除导致的 Δ TIR 的值表示：当照射大约 1.108 的量的能量时，从作为处理成亮图案相移掩模的模拟操作的相移膜的去除导致的翘曲度变化具有大的正值。假设以该量的能量照射的相移膜具有大的拉应力。

[0148] 从图 2 中的图还看出，在相移膜去除之后的 Δ TIR 的值具有与能量照射的照射量线性近似的可能性。推测，在以大约 1.017 的能量剂量照射时，用闪光灯照射的膜中的应力变为零 (0)。

[0149] 例子 2

[0150] 蚀刻掩膜的淀积

[0151] 通过与例子 1 中相同的过程，在 152mm 正方形的四个合成石英光掩模衬底上淀积具有 76nm 厚度的 MoSiON (Mo : Si : O : N = 1 : 4 : 1 : 4 原子比) 的半色调相移膜。使用例子 1 中的闪光灯系统，以 1.015 的量的能量照射其上淀积有 MoSiON 膜的光掩模坯。

[0152] 使用 DC 溅射系统，在半色调相移膜上淀积具有 7nm 厚度的 CrN 的蚀刻掩膜。馈送氩气和氮气的混合物作为溅射气体，以便在腔中提供 0.05Pa 的气体压力。在以 30rpm 旋转衬底的同时溅射铬靶材。通过 ESCA 分析蚀刻掩膜的构成以寻找原子比 Cr : N = 9 : 1。

[0153] 在 CrN 的蚀刻掩膜上，淀积具有 7nm 厚度的另一个 CrON 的蚀刻掩膜。馈送氩气和氮气的混合物作为溅射气体，在腔中提供 0.05Pa 的气体压力。在以 30rpm 旋转衬底的同时溅射铬靶材。通过 ESCA 分析蚀刻掩膜的构成以寻找原子比 Cr : N : O = 5.5 : 2 : 2.5。

[0154] 在其上淀积有半色调相移膜和蚀刻掩膜（两层）的四个衬底中，以 200°C 对两个衬底热处理 10 分钟（热处理 A），以 150°C 对两个衬底热处理 10 分钟（热处理 B），都用于稳定蚀刻掩膜。具有蚀刻掩膜的半色调相移掩模坯完成。

[0155] 在不同加热条件下处理的光掩模坯中，每一个都以 150°C 加热 10 分钟（热处理 C），作为在抗蚀剂膜形成处理中的加热步骤的模拟。

[0156] 如下检查这四个光掩模坯中的膜的应力。第一，由光学表面形貌分析系统 Tropel **UltraFlat®**（康宁 Tropel 公司）测量具有蚀刻掩膜的每个光掩模坯的表面形貌，获得表面形貌数据。接着，在 185sccm 的 Cl₂，55sccm 的 O₂ 和 9.25sccm 的 He 的条件下在光掩模坯上进行氯干蚀刻，由此仅选择性地去除蚀刻掩膜。

[0157] 根据例子 1 的过程，比较蚀刻掩膜去除之前光掩模坯的表面形貌和蚀刻掩膜去除之后经处理的衬底的表面形貌（此处，经处理的衬底仍具有半色调相移膜）。以 200°C 对属于这两个光掩模坯的一个光掩模坯加热 10 分钟（热处理 A）作为膜稳定步骤，并且不进一步对其以 150°C 加热 10 分钟（热处理 C），蚀刻掩膜中涉及的应力是压应力，并且由膜去除引起的翘曲度变化 (Δ TIR) 是 29nm。对于进一步以 150°C 加热了 10 分钟（热处理 C）的另

一个光掩模坯,蚀刻掩模中涉及的应力是压应力,并且由膜去除引起的翘曲度变化(ΔTIR)是 28nm。

[0158] 另一方面,以 150°C 对属于这两个光掩模坯的一个光掩模坯加热 10 分钟(热处理 B)作为膜稳定步骤,并且不进一步对其以 150°C 加热 10 分钟(热处理 C),蚀刻掩模中涉及的应力是压应力,并且由膜去除引起的翘曲度变化(ΔTIR)是 38nm。对于以 150°C 加热 10 分钟(热处理 C)的另一个光掩模坯,蚀刻掩模中涉及的应力是压应力,并且由膜去除引起的翘曲度变化(ΔTIR)是 29nm。

[0159] 从这些结果中可见,包括 200°C 和 10 分钟的该组蚀刻掩膜热稳定条件(热处理 A)对减小光致抗蚀剂膜的淀积过程中的表面形貌变化和获取处理可靠性是有效的。

[0160] 根据例子 1 的过程,从被如上检查的以 200°C 加热 10 分钟(热处理 A)的两个光掩模坯中去除蚀刻掩膜。进一步地,从其去除半色调相移膜。比较半色调相移膜去除之前和之后的表面形貌。对于两个坯,半色调相移膜中涉及的应力为压应力,而膜去除引起的表面翘曲度变化(ΔTIR)为 1nm。因此,对于具有蚀刻掩膜和半色调相移膜的光掩模坯,当去除蚀刻掩膜和半色调相移膜两者之后,由膜去除引起的表面翘曲度变化(ΔTIR)为 30nm 和 29nm。这证明了当从该光掩模坯制造亮图案半色调相移掩膜时,可获得高的位置准确度。

[0161] 尽管上述例子涉及半色调相移膜和蚀刻掩膜,但可通过相似的检查来评估诸如遮光膜的任何光学功能膜(除了半色调相移膜)和诸如蚀刻阻止膜的任何处理功能膜的膜应力。

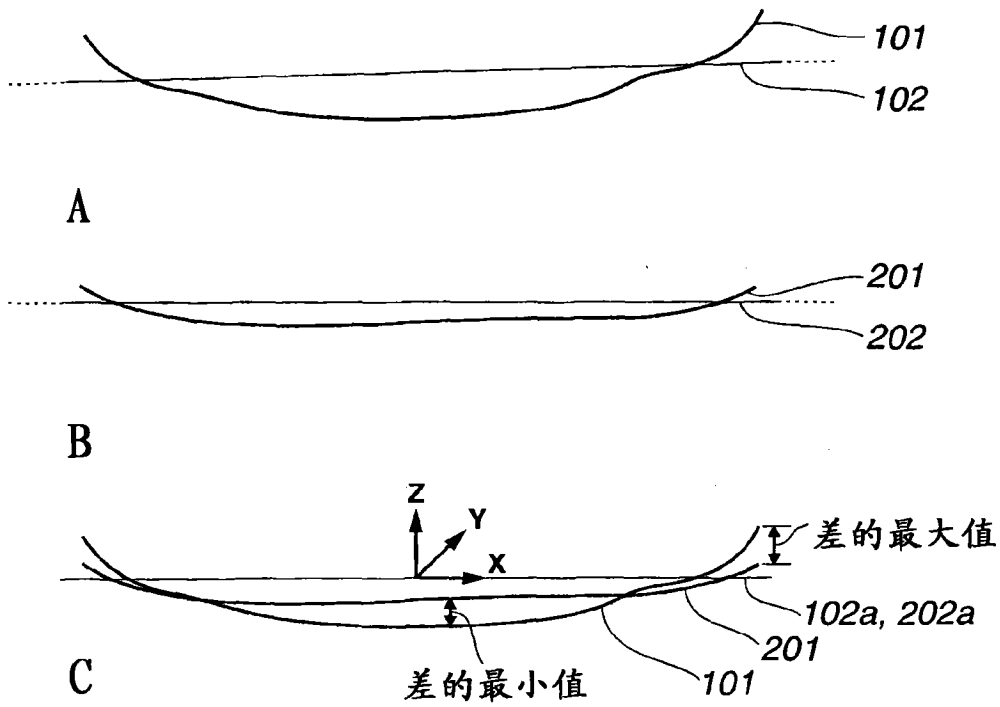


图 1

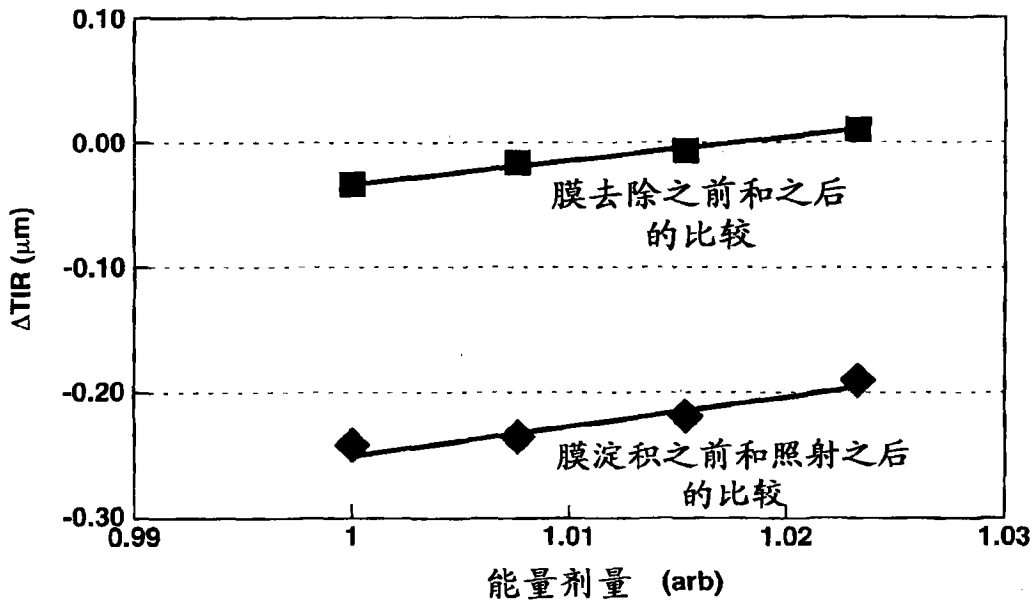


图 2