



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1862376 B

(45) 授权公告日 2011.05.04

(21) 申请号 200610051433.5

(22) 申请日 2006.02.24

(30) 优先权数据

2005-50936 2005.02.25 JP

(73) 专利权人 HOYA 株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 田边胜

(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 史雁鸣

(51) Int. Cl.

G03F 1/00 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6740208 B2, 2004.05.25, 说明书第4栏

22-65行.

WO 2004/083961 A1, 2004.09.30, 说明书第11页至17页、附图3.

CN 1653392 A, 2005.08.10, 全文.

US 2004/0192063 A1, 2004.09.30, 说明书第0049-0080段, 第0117段、附图1.

US 6727565 B2, 2004.04.27, 说明书第5栏46-64行, 第13栏第46行至第14栏37行、附图2A, 2B, 3A, 5.

审查员 薛松

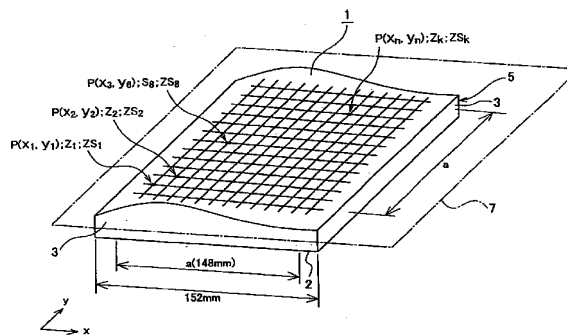
权利要求书 3页 说明书 11页 附图 5页

(54) 发明名称

掩模坯料及其透明基片的制造方法, 曝光掩模的制造方法

(57) 摘要

一种方法, 包括: 准备步骤, 在该步骤中, 准备具有精密抛光的主表面的透明基片; 表面形状信息获取步骤, 在该步骤中, 作为表面形状信息, 获取在和曝光装置的掩模台接触的透明基片的主表面上的多个测量点处的高度信息; 模拟步骤, 在该步骤中, 根据表面形状信息和掩模台的形状信息, 通过模拟将透明基片装入到曝光装置上的状态, 获取向多个测量点处的高度信息; 平坦度计算步骤, 在该步骤中, 根据通过模拟活动物的高度信息, 计算出当将其装入到曝光装置中时、所述透明基片的平坦度; 判断步骤, 在该步骤中, 判断所计算出来的平坦度是否满足技术标准; 以及薄膜形成步骤, 在该步骤中, 作为掩模图形, 在其平坦度满足技术标准的透明基片的主表面上形成薄膜。



1. 一种掩模坯料透明基片的制造方法,包括:

准备步骤,在该步骤中,准备具有精密抛光的主表面的透明基片;

表面形状信息获取步骤,在该步骤中,作为所述主表面的表面形状信息,在多个测量点获取距离基准平面的高度信息,其中,所述多个测量点设置在与曝光装置的掩模台接触的透明基片的主表面上的预定区域内;

模拟步骤,在该步骤中,根据在表面形状信息获取步骤中获得的表面形状信息以及包括掩模台与透明基片的主表面接触的区域在内的掩模台的形状信息,通过模拟透明基片装入曝光装置的状态,在多个测量点处,获取距离所述基准平面的高度信息;

平坦度计算步骤,在该步骤中,根据在模拟步骤中获得的距离所述基准平面的高度信息,推导出在包括曝光掩模的转印区域在内的预定区域中的最大值和最小值之间的差,从而获得当将透明基片装入曝光装置中时的透明基片的平坦度;以及

判断步骤,在该步骤中,判断在平坦度计算步骤中计算出来的平坦度是否满足技术标准,

通过使用材料力学中的变形量的微分方程的模拟,计算出在所述模拟步骤中获得的、将所述透明基片设置在所述曝光装置上时的多个所述测量点处的距离基准平面的高度信息,

所述模拟步骤中获得的、将所述透明基片设置在所述曝光装置上时的多个所述测量点处的距离基准平面的高度信息通过以下方式求得,即,在所述表面形状信息获取步骤中获取的高度信息上,加上所述透明基片沿着 X 方向相对于作为支点的所述曝光装置的掩模台的翘曲以及透明基片由于重力而沿着 X 方向的变形量,再减去在透明基片与掩模台接触的沿着 Y 方向的区域内的透明基片的高度信息的平均值,

其中,所述 X 方向是垂直于所述掩模台的纵向方向的方向,而 Y 方向是沿着所述掩模台的纵向方向的方向。

2. 如权利要求 1 所述的掩模坯料透明基片的制造方法,其特征在于,将透明基片的主表面上的所述预定区域设定为包括曝光装置的掩模台与所述主表面接触的区域,其中,所述主表面上的预定区域,是在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的区域。

3. 如权利要求 2 所述的掩模坯料透明基片的制造方法,其特征在于,将透明基片的主表面上的所述预定区域设定成这样的区域,即,该区域不包括距离透明基片的倒角表面大于 0mm、不大于 3mm 的周缘区域,其中,所述主表面上的预定区域,是在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的区域。

4. 如权利要求 1 所述的掩模坯料透明基片的制造方法,其特征在于,

当在所述平坦度计算步骤中计算出的平坦度不满足所述判断步骤中的所述技术标准时,对所判断的透明基片的主表面再次在准备步骤中进行处理,以使得在平坦度计算步骤中计算出的平坦度满足所述技术标准。

5. 一种掩模坯料的制造方法,包括:

准备步骤,在该步骤中,准备具有精密抛光的主表面的透明基片;

表面形状信息获取步骤,在该步骤中,作为所述主表面的表面形状信息,在多个测量点获取距离基准平面的高度信息,其中,所述多个测量点设置在与曝光装置的掩模台接触的透明基片的主表面上的预定区域内;

模拟步骤,在该步骤中,根据在表面形状信息获取步骤中获得的表面形状信息以及包括掩模台与透明基片的主表面接触的区域在内的掩模台的形状信息,通过模拟透明基片装入曝光装置的状态,在多个测量点处,获取距离所述基准平面的高度信息;

平坦度计算步骤,在该步骤中,根据在模拟步骤中获得的距离所述基准平面的高度信息,推导出在包括曝光掩模的转印区域在内的预定区域中的最大值和最小值之间的差,从而获得当将透明基片装入曝光装置中时的透明基片的主表面的平坦度;

判断步骤,在该步骤中,判断在平坦度计算步骤中计算出来的平坦度是否满足技术标准;以及

薄膜形成步骤,在该步骤中,在其主表面的平坦度在判断步骤中被判断为满足技术标准的透明基片的主表面上,形成作为掩模图形的薄膜,

其中,所述薄膜形成步骤在所述表面形状信息获取步骤、所述模拟步骤和所述平坦度计算步骤之后进行,

通过使用材料力学中的变形量的微分方程的模拟,计算出在所述模拟步骤中获得的、将所述透明基片设置在所述曝光装置上时的多个所述测量点处的距离基准平面的高度信息,

所述模拟步骤中获得的、将所述透明基片设置在所述曝光装置上时的多个所述测量点处的距离基准平面的高度信息通过以下方式求得,即,在表面形状信息获取步骤中获取的高度信息上,加上透明基片沿着 X 方向相对于作为支点的所述曝光装置的掩模台的翘曲以及透明基片由于重力而沿着 X 方向的变形量,再减去在透明基片与掩模台接触的沿着 Y 方向的区域内的透明基片的高度信息的平均值,

其中,所述 X 方向是垂直于所述掩模台的纵向方向的方向,而 Y 方向是沿着所述掩模台的纵向方向的方向。

6. 如权利要求 5 所述的掩模坯料的制造方法,其特征在于,将透明基片的主表面上的所述预定区域设定为包括曝光装置的掩模台与所述主表面接触的区域,其中,所述主表面上的预定区域,是在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的区域。

7. 如权利要求 6 所述的掩模坯料的制造方法,其特征在于,将透明基片的主表面上的预定区域设定成这样的区域,即,该区域不包括距离透明基片的倒角表面大于 0mm、不大于 3mm 的周缘区域,其中,所述主表面上的预定区域,是在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的区域。

8. 如权利要求 5 所述的掩模坯料的制造方法,其特征在于,进一步包括膜应力控制步骤,在该步骤中,在进行薄膜形成步骤时和 / 或之后,降低该薄膜的膜应力。

9. 如权利要求 8 所述的掩模坯料的制造方法,其特征在于,膜应力控制步骤是通过将该薄膜加热到 150℃或以上来进行的。

10. 如权利要求 5 所述的掩模坯料的制造方法,其特征在于,在形成薄膜侧的透明基片的主表面的表面形状是这样的形状,即,主表面的高度从中心区域向周缘区域逐渐降低。

11. 如权利要求 5 所述的掩模坯料的制造方法,其特征在于,

当在所述平坦度计算步骤中计算出的平坦度不满足所述判断步骤中的所述技术标准时,对所判断的透明基片的主表面再次在准备步骤中进行处理,以使得在平坦度计算步骤中计算出的平坦度满足所述技术标准。

12. 一种制造曝光掩模的方法,包括:在借助根据权利要求 5 的掩模坯料制造方法获得的掩模坯料中,将薄膜形成图形,以便在透明基片上形成薄膜图形。

13. 一种制造半导体器件的方法,包括:设置借助根据权利要求 12 的制造曝光掩模的方法获得的曝光掩模,并且将曝光掩模的薄膜图形转印至半导体基片上的抗蚀膜。

掩模坯料及其透明基片的制造方法,曝光掩模的制造方法

[0001] 本发明要求在先的日本专利申请 JP 2005-50936 的优先权,通过参照将该专利申请所公开的内容结合在这里。

[0002] 技术领域

[0003] 本发明涉及适合于短波长区域的、用于掩模坯料的透明基片的制造方法,在所述短波长区域中的曝光波长为 200nm 或更短,进而,本发明涉及掩模坯料的制造方法以及曝光掩模的制造方法。

[0004] 背景技术

[0005] 近年来,随着半导体器件的小型化,在光刻技术中使用的曝光光源已经变化到 ArF 准分子激光器(曝光波长:193nm)和 F2 准分子激光器(曝光波长:157nm),从而,曝光波长的缩短已经取得进展。

[0006] 当曝光波长变为 200nm 或更短时,曝光装置的聚焦深度变得非常小。从而,当借助真空抽吸等将曝光掩模装入到曝光装置中时,如果曝光掩模发生变形而使其平坦度降低的话,则当曝光掩模的掩模图形转印到作为转印对象的半导体基片上时,聚焦位置会发生移位。这样,转印精度常常降低。

[0007] 为了解决这一问题,JP-A-2004-46259(下面将称之为专利文献 1)揭示了一种技术,在该技术中,对于制造曝光掩模用的掩模坯料,通过模拟进行计算,估价将其装入到曝光装置中时的平坦度,由估价出的平坦度优异的掩模坯料制造曝光掩模。

[0008] 具体地说,通过在透明的基片上形成光屏蔽膜(不透明膜),制造掩模坯料,通过测量得出掩模坯料的主表面的表面形状(四种类型之一,即,凸形,凹形,马鞍形,以及半圆柱形)以及掩模坯料的平坦度(掩模坯料的主表面相对于某个基准平面的最高点和最低点之间的差异)。然后,从这样得出的掩模坯料的平坦度和曝光装置的掩模台的结构,通过利用有限元法等,通过模拟推导出将掩模坯料安装到曝光装置的掩模台上时的掩模坯料的平坦度。当通过模拟推导出来的掩模坯料的平坦度满足技术标准时,由这种掩模坯料制造曝光掩模。

[0009] 但是,在专利文献 1 的技术中,在实行推导出将其装入到曝光装置内时掩模坯料的平坦度的模拟时所使用的的数据,是平坦度(掩模坯料的主表面相对于某个基准平面的最高点和最低点之间的差异)和表面形状(四种类型之一,即,凸形,凹形,马鞍形,以及半圆柱形)。

[0010] 当透明基片的主表面是精密抛光的时候,其表面形状复杂,即,例如,具有波纹状或者凸形和凹形的组合,从而出现这样一种情况,在这种情况下,表面的形状并不对应于前面所述的四种类型中的任何一种。从而,尽管强行地将主表面的复杂的表面状态应用于掩模坯料的平坦度和简单的表面形状(凸形,凹形,等等),以便通过模拟推导出当掩模坯料被置于曝光装置内时的掩模坯料的平坦度,但是,在将曝光掩模实际上置于曝光装置内时,所推导出的平坦度有可能并不与由所述掩模坯料制造出来的曝光掩模的平坦度相一致。

[0011] 进而,在专利文献 1 的技术中,在进行模拟以便推导出将掩模坯料装入到曝光装置中时的所述掩模坯料的平坦度时所使用的的数据(表面形状和平坦度),是具有形成在透

明基片上的光屏蔽膜的掩模坯料的数据。

[0012] 当通过在透明基片上形成光屏蔽膜制成掩模坯料之后,如果测量该掩模坯料的平坦度和表面形状的话,相当多的微粒粘附在光屏蔽膜上造成缺陷。当曝光波长达到 200nm 或更短的短波长区域时,在决定缺陷的尺寸和数目的技术标准和光学特性(例如,在主表面上,透射率相对于设计值的偏离以及平面内透射率的变化等)的技术标准中,安全系数会降低。因而,掩模坯料有可能不满足这些技术标准。

[0013] 进而,在掩模坯料的光屏蔽膜的膜应力大的情况下,当通过将光屏蔽膜形成图案来制造曝光掩模时,在通过模拟推导出来的掩模坯料的平坦度与将曝光掩模实际装入到曝光装置上时的该曝光掩模的平坦度之间,有可能出现差异,这些差异与光屏蔽膜的图案的形状,光屏蔽膜的图形在透明基片的主表面上的占有率等有关,特别是,当光屏蔽膜被缩小时,会出现这种平坦度之间的差异。从而,存在着不能精确地估价平坦度的可能性。

发明内容

[0014] 因此,本发明一个目的是提供一种掩模坯料透明基片的制造方法,该方法可以通过模拟精确地计算(估价)透明基片装入到曝光装置中时的平坦度,以制造掩模坯料透明基片。

[0015] 本发明的另一个目的是提供一种掩模坯料的制造方法,该方法可以通过模拟精确地计算(估价)透明基片装入到曝光装置中时的平坦度,以制造掩模坯料,并且该方法可以抑制缺陷的产生。

[0016] 本发明的再一个目的是提供一种曝光掩模的制造方法,该方法通过利用上面所述的掩模坯料,制造曝光掩模。

[0017] 为了解决上述课题,本发明包括以下方面。

[0018] (第一个方面)

[0019] 根据本发明的第一个方面,提供一种掩模坯料透明基片的制造方法,包括:

[0020] 准备步骤,在该步骤中,准备具有精密抛光的主表面的透明基片;

[0021] 表面形状信息获取步骤,在该步骤中,作为所述主表面的表面形状信息,在多个测量点获取距离基准平面的高度信息,其中,所述多个测量点设置在与曝光装置的掩模台接触的透明基片的主表面上的预定的区域内;

[0022] 模拟步骤,在该步骤中,根据在表面形状信息获取步骤中获得的表面形状信息、以及包括掩模台与透明基片的主表面接触的区域在内的掩模台的形状信息,通过模拟透明基片装入到曝光装置中的状态,在多个测量点获取距离所述基准平面的高度信息;

[0023] 平坦度计算步骤,在该步骤中,根据在模拟步骤中获得的距离所述基准平面的高度信息,推导出在包括曝光掩模的转印区域在内的预定区域中的最大值和最小值之间的差,从而获得当将透明基片装入到曝光装置中时的透明基片的平坦度;以及

[0024] 判断步骤,在该步骤中,判断在平坦度计算步骤中计算出来的平坦度是否满足技术标准。

[0025] (第二个方面)

[0026] 根据本发明的第二个方面,在第一个方面中,将透明基片的主表面上的预定区域设定为使得该区域包括曝光装置的掩模台与所述主表面接触的区域,其中,所述主表面上

的预定区域是在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的区域。

[0027] (第三个方面)

[0028] 根据本发明的第三个方面,在第二个方面中,将透明基片的主表面上的预定区域设定成这样一个区域,该区域不包括距离透明基片的倒角表面大于 0mm、不大于 3mm 的周缘区域,其中,所述主表面上的预定区域是在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的区域。

[0029] (第四个方面)

[0030] 根据本发明的第四个方面,提供一种制造掩模坯料的方法,包括:

[0031] 准备步骤,在该步骤中,准备具有精密抛光的主表面的透明基片;

[0032] 表面形状信息获取步骤,在该步骤中,作为所述主表面的表面形状信息,在多个测量点获取距离基准平面的高度信息,其中,所述多个测量点设置在与曝光装置的掩模台接触的透明基片的主表面上的预定的区域内;

[0033] 模拟步骤,在该步骤中,根据在表面形状信息获取步骤中获得的表面形状信息、以及包括掩模台与透明基片的主表面接触的区域在内的掩模台的形状信息,通过模拟透明基片装入到曝光装置中的状态,在多个测量点获取距离所述基准平面的高度信息;

[0034] 平坦度计算步骤,在该步骤中,根据在模拟步骤中获得的距离所述基准平面的高度信息,推导出在包括曝光掩模的转印区域在内的预定区域中的最大值和最小值之间的差,从而获得当将透明基片装入到曝光装置中时的透明基片的主表面的平坦度;

[0035] 判断步骤,在该步骤中,判断在平坦度计算步骤中计算出来的平坦度是否满足技术标准;以及

[0036] 薄膜形成步骤,在该步骤中,在其主表面的平坦度在判断步骤中被判断为满足技术标准的透明基片的主表面上,形成作为掩模图形的薄膜。

[0037] (第五个方面)

[0038] 根据本发明的第五个方面,在第四个方面中,将透明基片的主表面上的预定区域设定成使得该区域包括曝光装置的掩模台与所述主表面接触的区域,其中,所述主表面上的预定区域,是在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的区域。

[0039] (第六个方面)

[0040] 根据本发明的第六个方面,在第五个方面中,将透明基片的主表面上的预定区域设定成这样一个区域,该区域不包括距离透明基片的倒角的表面大于 0mm、不大于 3mm 的周缘区域,其中,所述主表面上的预定区域,是在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的区域。

[0041] (第七个方面)

[0042] 根据本发明的第七个方面,所述第四个方面进一步包括膜应力控制步骤,在该步骤中,在实行薄膜形成步骤时和/或之后,降低该薄膜的膜应力。

[0043] (第八个方面)

[0044] 根据本发明的第八个方面,在第七个方面中,通过将该薄膜加热到 150℃或以上,进行所述膜应力控制步骤。

[0045] (第九个方面)

[0046] 根据本发明的第九个方面,在第四个方面中,在形成薄膜侧的透明基片的主表面

的表面形状是这样一种形状,即,主表面的高度从中心区域向周缘区域逐渐降低。

[0047] (第十个方面)

[0048] 根据本发明的第十个方面,提供一种制造曝光掩模的方法,包括:在借助根据第四个方面的掩模坯料制造方法获得的掩模坯料中,将薄膜形成图形,以便在透明基片上形成薄膜图形。

[0049] (第十一个方面)

[0050] 根据本发明的第十一个方面,提供一种制造半导体器件的方法,包括:设置借助根据第十个方面的曝光掩模制造方法获得的曝光掩模,并且将曝光掩模的薄膜图形转印至半导体基片上的抗蚀膜。

[0051] 根据第一、第二、第四或第五个方面的本发明,可以实现以下的效果。根据在透明基片的主表面上的多个测量点处距离基准平面的高度信息等,在将透明基片装入到曝光装置中的状态下进行模拟。在所述模拟中,在透明基片的主表面上的多个测量点处,获得将透明基片装入到曝光装置内时的距离基准平面的高度信息。根据在模拟中获得的高度信息,计算出将其装入到曝光装置中时的透明基片的平坦度,从而,能够以高的精度估价平坦度。从而,通过由根据这种精确地计算出透明基片的平坦度制造出来的掩模坯料制造曝光掩模,所述曝光掩模满足对于平坦度、图形位置精确度等的技术标准。从而,在利用这种曝光掩模进行图形转印时,可以改进转印精度。

[0052] 进而,在透明基片(掩模坯料透明基片)上形成薄膜的薄膜形成步骤,在表面形状信息获取步骤、模拟步骤、以及平坦度计算步骤之后进行。因此,在这些步骤中,微粒不会粘附在所述薄膜上。从而,可以抑制在将要制造的掩模坯料上产生缺陷。

[0053] 根据第三个或第六个方面的发明,可以实现以下的效果。用于在表面形状信息获取步骤中获取表面形状信息的主表面的预定的区域,是不包括离开透明基片的倒角表面大于0mm、不大于3mm的周缘区域的区域。因此,能够以很高的精度,测定在该预定区域内的表面形状信息。

[0054] 根据第七或第八个方面的发明,可以实现以下的效果。用于降低薄膜的膜应力的膜应力控制步骤,是在实行薄膜形成步骤时和/或之后实行的。从而,即使在形成于透明基片上的薄膜内存在着使透明基片(掩模坯料透明基片)变形的膜应力时,也可以降低这种膜应力。其结果是,可以使透明基片的平坦度与曝光掩模的平坦度之间相一致,然后,由该掩模坯料制造曝光掩模,并且,然后将该曝光掩模实际装入到曝光装置上,其中,所述透明基片的平坦度是由在多个测量点处、通过模拟将透明基片装入曝光装置的状态获得的高度信息计算出来的,所述曝光掩模的平坦度是当通过在透明基片(掩模坯料透明基片)上形成的薄膜来制造掩模坯料时所获得的。

[0055] 根据第九个方面的发明,可以实现以下的效果。在形成薄膜侧的透明基片的主表面的表面形状是这样一种形状,即,主表面的高度从其中心区域向周缘区域逐渐降低。从而,当利用具有这种形状的透明基片(掩模坯料透明基片)制造的曝光掩模被装入曝光装置时,曝光掩模的平坦度变得非常优异。从而,可以满足对于曝光掩模的技术标准。

[0056] 根据第十个方面的发明,可以实现以下的效果。通过将掩模坯料中的薄膜形成图形来制造曝光掩模,以便在透明基片(掩模坯料透明基片)上形成薄膜图形。从而,当将其装入曝光装置时,这种曝光掩模可以满足对于平坦度、图形位置精度等的技术标准。从而,

在通过利用这种曝光掩模进行图形转印时,可以改进转印精度。

[0057] 根据本发明的第十一个方面,可以获得下述效果。通过采用当将其设置到曝光装置中时平坦度和图形位置精确性优异的曝光掩模,可以在形成于基片上的抗蚀膜上进行图形转印。从而,可以制造具有正确地按照设计的精确图形且不形成图形缺陷的半导体设备。

附图说明

[0058] 图 1 是流程图,表示应用根据本发明的掩模坯料制造方法的一个实施例的半色调相移掩模坯料的制造方法;

[0059] 图 2A 是透明基片的透视图,用于说明在获取表面形状信息时以及通过模拟计算高度信息时的测量点;

[0060] 图 2B 是表示图 2A 中的一部分的放大的视图;

[0061] 图 3A 是平面图,表示将透明基片设置在曝光装置的掩模台上的状态;

[0062] 图 3B 是沿着图 3A 的 III-III 线截取的剖视图;

[0063] 图 4 是透明基片的透视图,用于说明在计算平坦度时的测量点;以及

[0064] 图 5A 和 5B 是表示掩模坯料的结构剖视图。

具体实施方式

[0065] 现将参照附图描述本发明的一个优选实施例。

[0066] 图 1 是流程图,表示应用根据本发明的掩模坯料制造方法的一个实施例的半色调相移掩模坯料的制造方法。

[0067] 图 1 所示的掩模坯料的制造方法包括透明基片(人造石英玻璃基片)准备步骤(S1)、表面形状信息获取步骤(S2)、模拟步骤(S3)、平坦度计算步骤(S4)、判断步骤(S5)、薄膜形成步骤(S6)、抗蚀膜形成步骤(S8)和曝光掩模制造步骤(S9)。当形成在透明基片上的薄膜内存在导致透明基片变形的膜应力时,为了降低该膜应力,可以设置膜应力控制步骤(S7)。

[0068] 另一方面,根据本发明的掩模坯料透明基片的制造方法,包括图 1 所示的透明基片(人造石英玻璃基片)准备步骤(S1)、表面形状信息获取步骤(S2)、模拟步骤(S3)、平坦度计算步骤(S4)和判断步骤(S5)。下面,将依次描述前面所述的各个步骤。

[0069] (A) 透明基片准备步骤(S1)

[0070] 对人造石英玻璃板进行倒角,所述人造石英玻璃板是通过下述方式获得的:将利用 JP-A-H08-31723 或 JP-A-2003-81654 所描述的方法制造的人造石英玻璃锭切割成约为 $152\text{mm} \times \text{约 } 152\text{mm} \times \text{约 } 6.5\text{mm}$ 的大小获得的,然后,将主表面 1 和 2、端面 3 和倒角表面 4(见图 2)作为人造石英玻璃板的表面,进行镜面抛光,进而,将主表面 1 和 2 进行精密抛光。按照这种方式,准备透明基片 5(人造石英玻璃基片)。在薄膜形成步骤 S6 中,在主薄膜 1 上形成薄膜(半透射膜)。在透明基片准备步骤 S1 中,以均方根(RMS)粗糙度计,将透明基片 5 的主表面 1 和 2 的表面粗糙度设定在约 0.2nm 或以下,与此同时,以算数平均值粗糙度(Ra)计,将端面 3 和倒角表面 4 的表面粗糙度设定在约 $0.03\mu\text{m}$ 或更小。

[0071] (B) 表面形状信息获取步骤(S2)

[0072] 作为获取透明基片 5 的主表面 1 的表面形状信息的方法,例如,可以利用采用公知

的光学干涉计的平坦度测量装置（未示出），所述平坦度测量装置采用公知的光学干涉计。为了尽可能地抑制由于其自身重量引起的透明基片 5 的偏移，所述测量装置优选是在透明基片 5 竖直或基本上竖直站立时能够测量平坦度的类型的装置。这里，如图 2 所示，表面形状信息表示：在设于透明基片 5 的主表面 1 上的预定的区域（ $a \times a$ ）内、在多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ （ m 和 n 为整数）处，距离基准平面 7（利用最小二乘法计算的聚焦平面）的高度信息 Z_k 。优选地，尽可能精确地测量高度信息 Z_k ，特别是，测量到毫微米（nm）数量级。

[0073] 用于测量表面形状信息的预定的区域（ $a \times a$ ）根据以下因素适当地选择，所述因素包括：透明基片 5 的尺寸、平坦度测量装置的测量精度、以及曝光装置（未示出）的掩模台 8（见图 3）与透明基片 5 的主表面 1 接触的区域等等。优选地，在透明基片 5 的主表面 1 的整个区域上获取表面形状信息，以便以高精度进行后面所描述的模拟。但是，将其设定为至少包括曝光装置的掩模台 8 与透明基片 5 的主表面 1 接触的区域。

[0074] 在平坦度测量装置采用现有的光学干涉计的情况下，在透明基片 5 的周缘部，即，如图 2B 所示，在靠近主表面 1 和每个端面 3（或者每个倒角表面 4）之间的边界处，很难精确地测量高度信息 Z_k 。考虑到这些问题，优选地，将用于获取表面形状信息的主表面 1 的预定区域（ $a \times a$ ）设定为这样的区域，所述区域是通过从主表面 1 的整个区域中将距离透明基片 5 的各倒角表面 4 大于 0mm 而不大于 3mm 的周缘区域 b 除去获得的区域。特别是，将用于获取表面形状信息的预定区域（ $a \times a$ ）优选设定为这样的区域，所述区域是通过从主表面 1 的整个区域中将距离透明基片 5 的各倒角表面 4 不小于 0.5mm 且不大于 2.5mm 的周缘区域 b 除去所获得的区域，更优选设定为这样的区域，所述区域是通过从主表面 1 的整个区域中将距离透明基片 5 的各倒角表面 4 不小于 1mm 且不大于 2mm 的周缘区域 b 除去所获得的区域。例如，在透明基片 5 具有 152mm $\times$ 152mm 的尺寸的情况下，将用于获取表面形状信息的预定区域（ $a \times a$ ）优选设定为 146mm $\times$ 146mm 的尺寸，更优选设定为 148mm $\times$ 148mm 的尺寸。

[0075] 进而，为了以高精度实行后面描述的模拟，优选地，将测量点 $P(X_m, Y_n)$ 设定得尽可能地多。然而，尽管通过增加测量点 $P(X_m, Y_n)$ 的数目可以达到更精确的模拟结果，但是，模拟则需要大量的时间。从而，优选地，考虑到这些因素来确定测量点 $P(X_m, Y_n)$ 。例如，可以将测量点 $P(X_m, Y_n)$ 设定为 256 $\times$ 256 个点。

[0076] (C) 模拟步骤 (S3)

[0077] 在该模拟步骤，如图 3 所示，通过模拟将透明基片 5 放置在曝光装置的掩模台 8 上的状态，在透明基片 5 的主表面 1 上，在多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ 处，推导出距离基准平面 7 的高度信息 Z_{Sk} （ k 是整数）。

[0078] 通过模拟获得当将透明基片 1 置于曝光装置中时、在透明基片 5 上的多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ 处的高度信息 Z_{Sk} （见图 2A）所必须的条件是，在表面形状信息获取步骤 S2 中获得的在透明基片 5 的主表面 1 上的多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ 处的距离基准平面 7 的高度信息 Z_k ，以及包括掩模台 8 与透明基片 5 的主表面 1 接触的区域（即，在掩模台 8 中的每一个具有 X 方向的宽度 L_2 和 Y 方向的宽度 L_3 的区域）在内的曝光装置的掩模台 8 的形状信息。掩模台 8 的形状信息包括：宽度 L_2 、宽度 L_3 以及在每一个具有 X 方向宽度 L_2 和 Y 方向宽度 L_3 的那些区域之间的距离 L_1 。根据材料力学中的变形量的微分方程，借助这些信息，通过模拟，可以获得当将透明基片 5 设置在曝光装置的掩模台 8 上时、在透明基片 5 的主表面

1 上的多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ 处的距离基准平面 7 高度信息。

[0079] 前述变形量微分方程按下述方式导出, 其中, Z 轴的正方向定义为重力方向。

[0080] (当将其置于掩模台上时、在透明基片的主表面上的高度信息 ZSk)

[0081] = (在表面形状信息获取步骤 S2 中获得的在透明基片的主表面上的高度信息 Zk)

[0082] + (透明基片沿着 X 方向相对于作为支点 (杠杆效应) 的掩模台的翘曲)

[0083] + (透明基片由于重力而沿着 X 方向的变形量 ($\cong 0.1 \mu\text{m}$: 在透明基片中心的最大值)))

[0084] - (在透明基片与掩模台接触的沿着 Y 方向的区域内, 透明基片的高度信息 Zk 的平均值)

[0085] 这里, X 方向和 Y 方向在图 3A 中给出。X 方向是垂直于掩模台 8 的纵向方向的方向, 而 Y 方向是沿着掩模台 8 的纵向方向的方向。进而, “透明基片与掩模台接触的沿着 Y 方向的区域”, 是从作为掩模台 8 的形状信息的、掩模台 8 与透明基片 5 的主表面 1 接触的区域导出的。在图 3B 中, 实线所示的透明基片 5 表示将其设置 (通过抽吸保持) 在掩模台 8 上之前的状态, 而虚线所示的透明基片 5 表示将其设置 (通过抽吸保持) 在掩模台 8 上之后的状态。

[0086] 从而, 根据前面所述的、考虑到透明基片 5 的主表面 1 的复杂的表面状态的表面形状信息 (即, 在多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ 处的距离基准平面 7 的高度信息 Zk) 等, 进行模拟。从而, 与在专利文献 1 中所述的利用简单的条件、即利用透明基片的主表面的表面形状和单一的平坦度进行模拟的情况相比, 可以获得高精度的模拟结果。

[0087] 如果代替采用如上所述的单一值 ($0.1 \mu\text{m}$), 利用在透明基片 5 的中心线 (通过透明基片 5 的中心并平行于掩模台 8 的 Y 方向的直线) 处具有最大值 ($0.1 \mu\text{m}$) 的四次曲面, 以便考虑到透明基片 5 在 X 方向的各个位置, 藉此来估价透明基片 5 的重力变形的话, 可以获得更精确的模拟结果。进而, 前面所述的掩模台 8 的形状信息, 除了掩模台 8 与透明基片 5 的主表面 1 接触的区域 (即, 每一个具有 X 方向的宽度 $L2$ 和 Y 方向的宽度 $L3$ 的区域) 之外, 还可以包括在前述掩模台 8 与透明基片 5 的主表面 1 接触的前述区域 (表面) 中与掩模台 8 的平坦度相关的信息。进而, 模拟方法并不局限于上面描述的方法, 也可以采用通常的有限元法进行模拟。

[0088] (D) 平坦度计算步骤 (S4)

[0089] 在这种平坦度计算步骤中, 如图 4 所示, 利用在前面的模拟步骤 S3 中获得的距离基准平面 7 高度信息 ZSk , 推导出在包括曝光掩模 (未示出) 的转印区域在内的预定区域 ($c \times d$) 内的最大值和最小值。按照这种方式, 计算出当将其置于曝光装置中时, 在透明基片 5 的主表面 1 上的平坦度。这种平坦度在利用曝光装置进行图形转印时, 有助于优异的转印图形的形成。包括曝光掩模的转印区域的预定区域 ($c \times d$), 根据曝光波长、将要在半导体晶片上形成的微细图形 (电路图形) 的种类等来决定。例如, 在掩模坯料具有 $152\text{mm} \times 152\text{mm}$ 的尺寸的情况下, 可以将包括掩模的转印区域在内的预定区域 ($c \times d$) 设定成 $104\text{mm} \times 132\text{mm}$ 的长方形形状, 或者 $132\text{mm} \times 132\text{mm}$ 的正方形形状。

[0090] (E) 判断步骤 (S5)

[0091] 将在前述平坦度计算步骤 S4 中计算出来的平坦度和预定的技术标准进行比较, 从而判断它是否满足技术标准。将判断为满足技术标准的透明基片 5, 指定为掩模坯料透明

基片 5A。只有这种掩模坯料透明基片 5A 经受在透明基片 5A 上形成薄膜的薄膜形成步骤 S6。按照这种方式生产掩模坯料。对于判断为不满足技术标准的透明基片 5, 将其主表面 1 再次进行处理, 准备透明基片, 以便通过模拟使之满足技术标准。

[0092] 前面所述的技术标准, 根据曝光波长、曝光装置的掩模台的基片卡盘结构等, 计算出并决定掩模坯料 (或曝光掩模) 允许的平坦度。例如, 当曝光光源是 ArF 准分子激光器 (曝光波长: 193nm), 并且基片卡盘结构 (用于透明基片 5 的支承部结构) 是这样一种类型, 即, 如图 3B 所示, 两个吸气口 10 形成在三个支承部 9 之间, 所述支承部的每一个线性地平行于透明基片 5 的主表面 1 延伸, 透明基片 5 被夹持 (被抽吸保持) 从而支承在支承部 9 上时, 在包括曝光掩模的转印区域在内的预定的区域 (104mm×132mm) 内, 前面所述的技术标准限定出 0.24 μm 或更小的平坦度。

[0093] 考虑到当利用真空吸盘将透明基片 5 设置在掩模台 8 上时, 透明基片 5 向曝光装置的掩模台 8 的上方变形, 在形成薄膜侧, 也就是在与掩模台 8 接触侧, 主表面 1 的表面形状, 根据在前面所述的表面形状信息获取步骤 S2 中获得的高度信息 Zk 来选择, 使得主表面 1 的高度从其中心区域向其周缘部分逐渐降低, 如图 3B 中的实线所示。通过相对于这样选择的透明基片 5 进行模拟, 由杠杆效应引起的变形和由重力引起的偏移变形相互抵消。从而, 优选地, 可以获得在将透明基片 5 置于曝光装置的掩模台 8 上之后具有更好的平坦度的透明基片 5, 从而满足对于曝光掩模所要求的技术标准。

[0094] (F) 薄膜形成步骤 (S6)

[0095] 然后, 在前述判断步骤 S5 中, 在将透明基片 5 放置在曝光装置的掩模台 8 上的状态下, 判断为满足技术标准的透明基片 5 的平坦度, 利用溅射方法, 在所述透明基片 5 (即, 掩模坯料透明基片 5A) 的主表面 1 上形成薄膜 (半透射薄膜) 11, 所述薄膜将要形成掩模图形。按照这种方式, 制成如图 5A 所示的带有薄膜的透明基片。例如, 利用 DC 磁控溅射装置完成薄膜 (半透射薄膜) 11 的形成。

[0096] (G) 膜应力控制步骤 (S7)

[0097] 例如, 在形成薄膜时和 / 或形成薄膜之后, 在 150℃ 或高的温度下对带有薄膜的透明基片进行热处理的情况下, 或者, 如图 5B 所示, 在将形成在掩模坯料透明基片 5A 上的薄膜形成多层的情况下, 也就是在所述层 (例如半透射薄膜 11) 具有压缩应力并且所述层 (例如, 光屏蔽膜 12) 具有拉伸应力、且薄膜 11 和 12 的膜应力相互抵消的情况下, 进行膜应力控制步骤。在本实施例和后面将要描述的例子中, 将对前一种情况 (热处理) 进行描述。

[0098] (H) 抗蚀膜形成步骤 (S8)

[0099] 然后, 在带有薄膜 (半透射薄膜 11) 的透明基片中, 在半透射薄膜 11 的表面上涂敷抗蚀剂, 然后进行热处理, 以便形成抗蚀膜 13。这样, 制成掩模坯料 14 (半色调相移掩模坯料)。利用缺陷检查装置进行用于检测掩模坯料 14 的缺陷 (针孔和微粒) 的测量。

[0100] (I) 曝光掩模制造步骤 (S9)

[0101] 掩模坯料 14 的抗蚀膜 13 经受预定的图形绘制并随后进行显影, 从而形成抗蚀剂图形 (未示出)。随后, 利用该抗蚀剂图形作为掩模, 对半透射薄膜 11 进行干蚀刻, 从而, 作为掩模图形, 形成半透射薄膜图形 (未示出)。最后, 除去抗蚀剂图形 (抗蚀膜 13), 从而, 获得曝光掩模 (未示出), 在该曝光掩模中, 在掩模坯料透明基片 5A 上形成半透射薄膜图

形。

[0102] (J) 半导体器件制造步骤

[0103] 将获得的曝光掩模置于曝光装置的掩模台上。利用该曝光掩模并根据光刻技术,利用 ArF 准分子激光器作为曝光光源,将曝光掩模的掩模图形(半透射薄膜图形)转印到形成在透明基片上的抗蚀膜上,使得在半导体基片上形成所要求的电路图形。以这种方式,制造半导体器件。

[0104] (K) 实施例的效果

[0105] 利用上面描述的结构,根据前述实施例,达到下面的效果(1)至(5)。

[0106] (1) 根据在透明基片 5 的主表面 1 上的多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ 处距离基准平面的高度信息 Z_k 等,进行在透明基片 5 置于曝光装置的掩模台 8 上的状态下的模拟。在模拟过程中,在透明基片 5A 的主表面 1 上的多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ 处,获得距离基准平面 7 的高度信息 Z_{Sk} 。根据在模拟过程中获得的高度信息 Z_{Sk} ,计算出当将其置于曝光装置的掩模台 8 上时的透明基片的平坦度。从而,能够以高精度估价该平坦度。并根据这种以高精度计算出来的透明基片 5 的平坦度,判断并选择掩模坯料透明基片 5A,并利用由这种掩模坯料透明基片 5A 制造出来的掩模坯料 14 制造曝光掩模。从而,这种曝光掩模满足与平坦度、图形位置精度等相关的技术标准。从而,在通过利用这种曝光掩模向作为转印对象的半导体基片上转印图形时,可以改进转印精度。

[0107] (2) 在掩模坯料透明基片 5A 上形成薄膜 11 的薄膜形成步骤(图 1 中的 S6),在表面形状信息获取步骤(图 1 的 S2)、模拟步骤(图 1 中的 S3)和平坦度计算步骤(图 1 中的 S4)之后进行。因此,在这些步骤中,微粒不会粘附到薄膜 11 上,从而,可以抑制在待制造的掩模坯料上产生缺陷。

[0108] (3) 在表面形状信息获取步骤(图 1 的 S2)中,用于获得表面形状信息的主薄膜 1 的预定区域($a \times a$)是这样一个区域,该区域是通过从主表面 1 的整个区域中除去距离透明基片 5 的每一个倒角表面 4 大于 0mm、不大于 3mm 的周缘区域 b 而得出的。因而,能够以高精度测量预定区域($a \times a$)内的表面形状信息(距离基准平面 7 的高度信息 Z_k)。

[0109] (4) 在进行薄膜形成步骤(图 1 的 S6)时和/或之后,实行用于降低薄膜 11 的膜应力的膜应力控制步骤(图 1 中的 S7)。因此,即使当在形成于掩模透明基片 5A 上的薄膜 11 中存在使掩模坯料透明基片 5A 变形的膜应力时,也可以降低这种膜应力。其结果是,可以使透明基片 5 的平坦度与曝光掩模的平坦度相一致,其中,所述透明基片 5 的平坦度是由利用模拟将透明基片 5 置于曝光装置的掩模台 8 上的状态获得的在多个测量点 $P(X_m, Y_n)$ 处的高度信息 Z_{Sk} 计算出来的,所述曝光掩模的平坦度是当通过在掩模坯料透明基片 5A 上形成薄膜 11 制造掩模坯料 14 时获得的,然后,利用这种掩模坯料 14 制造曝光掩模,然后将该曝光掩模实际设置在曝光装置的掩模台 8 上。

[0110] (5) 透明基片 5 的主表面 1 在形成薄膜 11 的一侧的表面形状是这样一种形状,即主表面 1 的高度从其中心区域向其周缘区域逐渐降低。从而,当所制造的曝光掩模通过掩模坯料 14、从具有这种形状的掩模坯料透明基片 5A 设置到曝光装置的掩模台 8 上时,曝光掩模向掩模台 8 的上方变形,从而消除由重力引起的偏移变形。从而,曝光掩模的平坦度变得非常优异。因此,可以满足对曝光掩模要求的技术标准。

[0111] (例子)

[0112] 下面,将详细描述制造作为掩模坯料的半色调相移掩模坯料的步骤。

[0113] (I) 透明基片准备步骤

[0114] 将具有 152mm×152mm 的尺寸的正方形透明片(人造石英玻璃片)的主表面进行精密抛光和清洗。这样,准备透明基片。

[0115] (II) 表面形状信息获取步骤

[0116] 利用采用光学干涉计的平坦度测量装置(由 Corning Tropel 制造的 UltraFlat200M),在透明基片的主表面(将要形成薄膜的主表面)上的预定区域(148mm×148mm)内,在 256×256 个测量点上,获取表面形状信息(利用最小二乘法计算出来的距离聚焦平面(虚拟的绝对平面)的高度信息),并存储在计算机中。根据该表面形状信息,透明基片的主表面(将要形成薄膜的主表面)的表面形状是这样的:该形状使得主表面的高度从其中心区域向其周缘区域逐渐降低,预定区域(148mm×148mm)的平坦度为 0.47 μm,从而是优异的。

[0117] (III) 模拟步骤

[0118] 根据在表面形状获取步骤获得的表面形状信息以及曝光装置的掩模台在所述掩模台与透明基片的主表面接触的区域(每一个区域从所述透明基片的端面起,大约 10mm×132mm)中的形状信息,通过在各个测量点处的模拟,根据前面所述的变形量微分方程,计算当透明基片设置在曝光装置中时的距离基准平面的高度信息。

[0119] (IV) 平坦度计算步骤和判断步骤

[0120] 由前面所述的模拟结果,推导出在包括曝光掩模的转印区域在内的预定的区域(104mm×132mm)中,离开基准平面的最大值与最小值之间的差。按照这种方式,计算出在该预定区域内的平坦度。其结果是,平坦度为 0.21 μm(104mm×132mm),该平坦度是优异的。从而,当将其置于曝光装置的掩模台上时透明基片的主表面的平坦度被判断为满足技术标准。因此,获得掩模坯料透明基片。

[0121] (V) 薄膜形成步骤

[0122] 在通过根据表面信息进行的模拟获得的掩模坯料透明基片的主表面上,形成氮化钼和硅制成的半透射薄膜。从而,获得带有半透射薄膜的透明基片。

[0123] (VI) 膜应力控制步骤

[0124] 将在薄膜形成步骤中获得的带有半透射薄膜的透明基片放入热处理装置中,在 300℃进行 10 分钟的热处理,从而,使薄膜(半透射薄膜)的膜应力为零。

[0125] (VII) 抗蚀膜形成步骤

[0126] 利用旋转涂敷法,在膜应力被控制为零的半透射薄膜上形成抗蚀膜,然后,通过预烘干处理,形成厚度为 400nm 的抗蚀膜。因而,获得用于 ArF 准分子激光器曝光的半色调相移掩模坯料。利用缺陷检查装置进行测量,以便检测半色调相移掩模坯料的缺陷(微粒和气孔)。其结果是,0.1 μm 或更大的缺陷数目为 10 或 10 个以下,这是相当好的。

[0127] (VIII) 半色调相移掩模制造步骤

[0128] 将一个图形曝光在半色调相移掩模坯料的抗蚀膜上,然后将其显影,从而形成抗蚀剂图形。相继地,通过干蚀刻(SF₆+He 气体)除去由氮化钼和硅形成的薄膜的曝过光的部分,从而获得由氮化钼和硅制造的薄膜的图形(半透射部分)。在抗蚀膜剥离之后,将带有薄膜图形的掩模坯料在 100℃下浸入 99%的硫酸(H₂SO₄)中 10 分钟,以便经受硫酸清洗,

然后利用纯水等进行漂洗。以这种方式,获得用于 ArF 准分子激光器曝光的半色调相移掩模。

[0129] (IX) 半导体器件的制造步骤

[0130] 将获得的半色调相移掩模设置在曝光装置的掩模台上,然后将半色调相移掩模的薄膜图形转印到半导体晶片的抗蚀膜上,以便形成电路图形。从而,制成半导体器件。检查所获得的半导体器件。结果发现,所述电路图形没有缺陷,是非常优异的。

[0131] (比较例)

[0132] 将尺寸为 152mm×152mm 的正方形透明片(人造石英玻璃片)的主表面精密抛光并清洗,从而制备透明基片。在以这种方式获得的透明基片的主表面上形成由氮化钼和硅制成的半透射薄膜,获得带有半透射薄膜的透明基片。

[0133] 如专利文献 1 中那样,利用平坦度测量装置测量这种带有半透射薄膜的透明基片的平坦度和表面形状,并根据所获得的信息,通过利用有限元法进行模拟,推导出当将其设置在曝光装置的掩模台上时带有半透射薄膜的透明基片的平坦度。

[0134] 由于带有半透射薄膜的透明基片的平坦度为 0.24 μm 或更小,所以,将其判断为满足技术标准,可以通过抗蚀膜形成步骤、半色调相移掩模制造步骤、以及半导体器件制造步骤制造半导体器件。对所获得的半导体器件进行检查。其结果是,发现许多电路图形的线宽度变化缺陷,也发现了许多电路图形的缺陷(黑色缺陷和白色缺陷)。

[0135] 电路图形的线宽度变化缺陷,被认为是由于以下的事实造成的图形聚焦精度的退化所引起的,所述事实为,通过模拟将带有半透射薄膜的透明基片设置在曝光装置的掩模台上的状态所获得的所述带有半透射薄膜的透明基片的平坦度,是与将其设置在曝光装置的掩模台上时的曝光掩模的平坦度不同的。在抗蚀膜形成之后,当利用缺陷检查装置测量半透射薄膜的表面上的缺陷(微粒和气孔)时,0.1 μm 或更大的缺陷的数目为 1000 或更多。电路图形的上述缺陷,被认为是由曝光掩模的微粒和气孔引起的,这些微粒和气孔是由于半透射薄膜的这些缺陷产生的。

[0136] 尽管通过优选实施例对本发明进行了描述,但是,本发明并不局限于此。例如,尽管在前面的例子中,在薄膜形成步骤中在透明基片上只形成了半透射薄膜,但是,也可以在半透射薄膜上进一步形成光屏蔽薄膜。

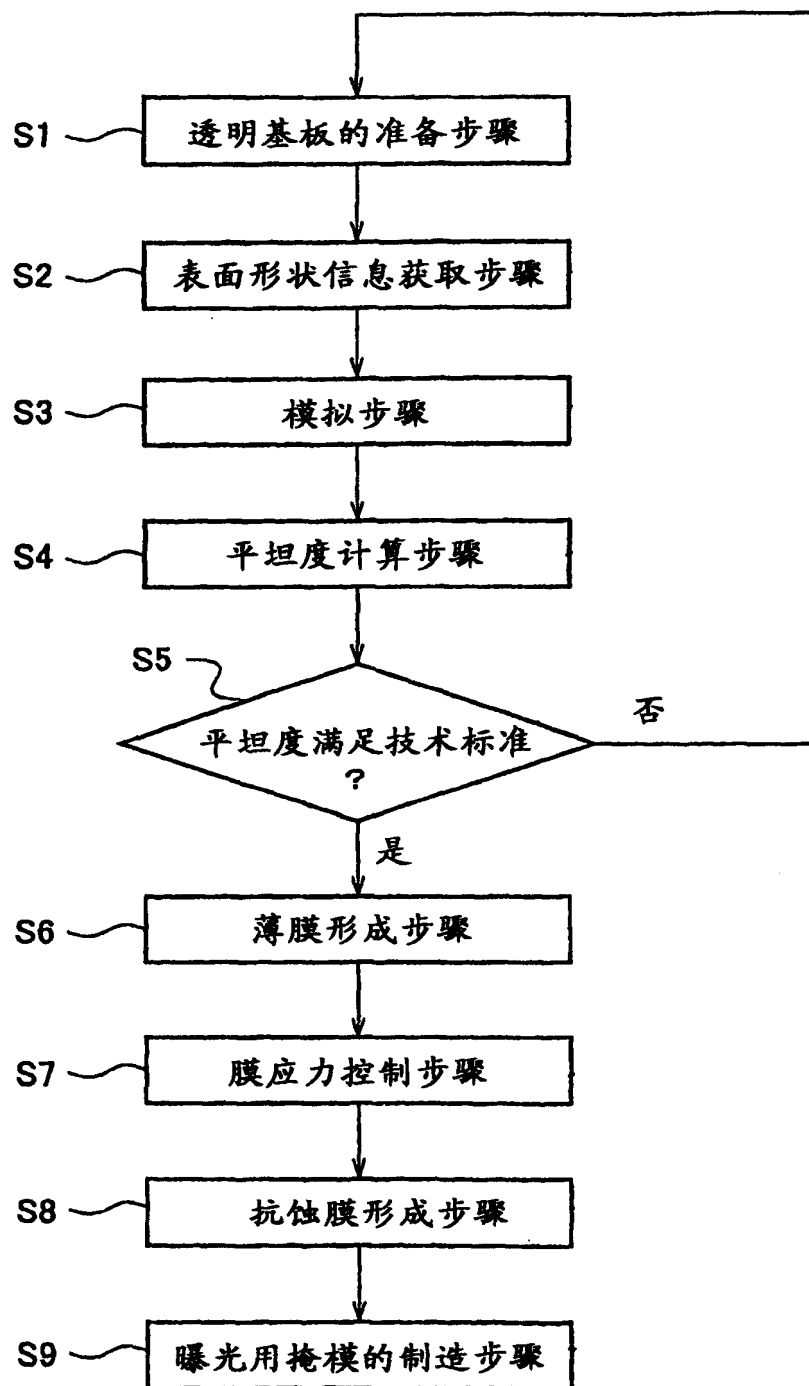


图 1

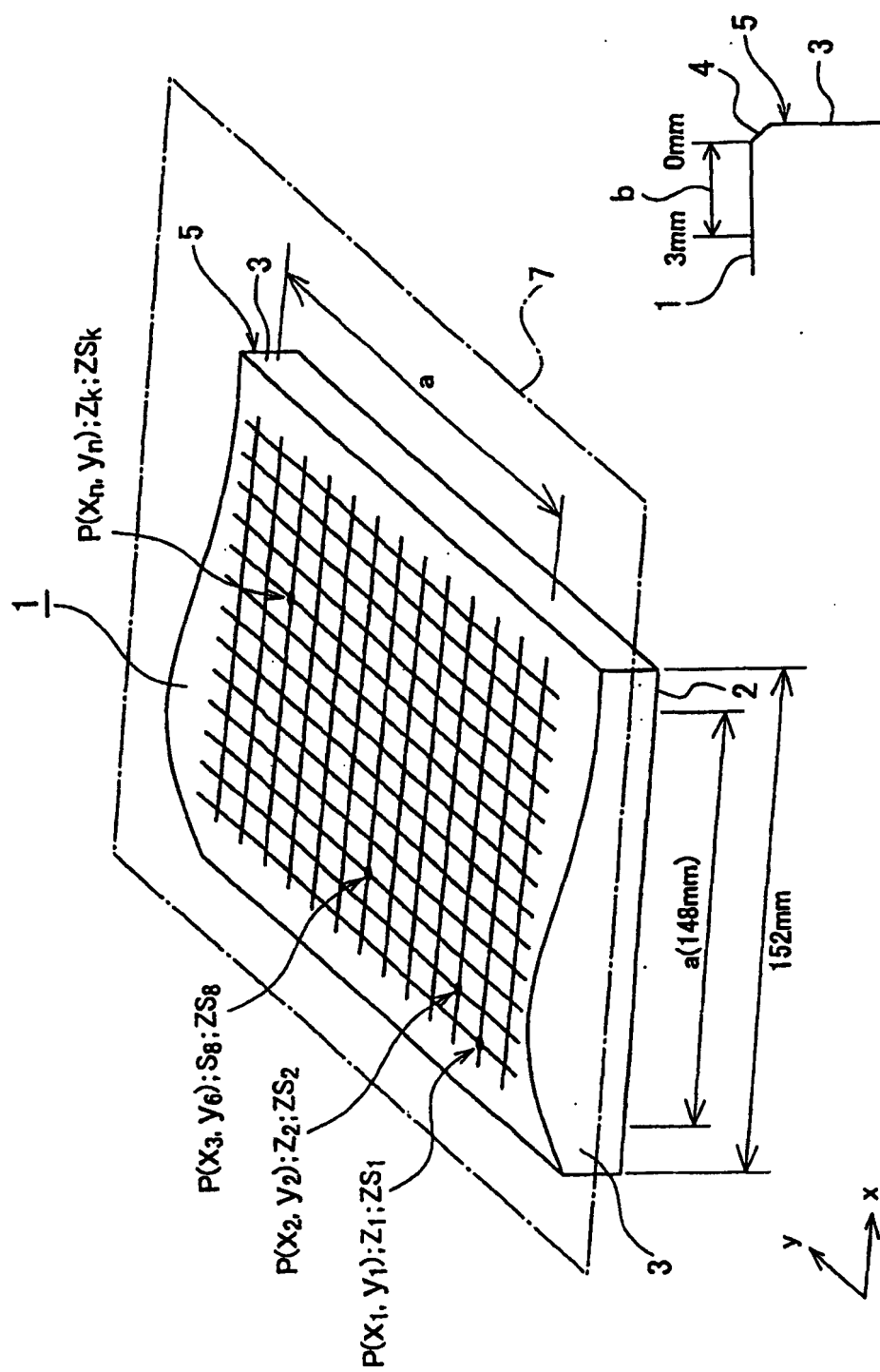


图 2A

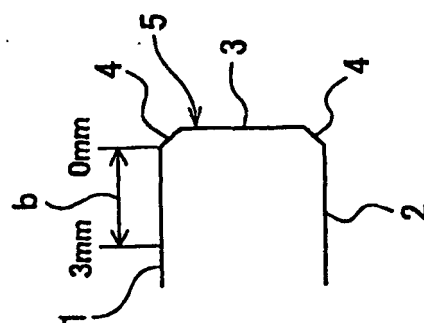
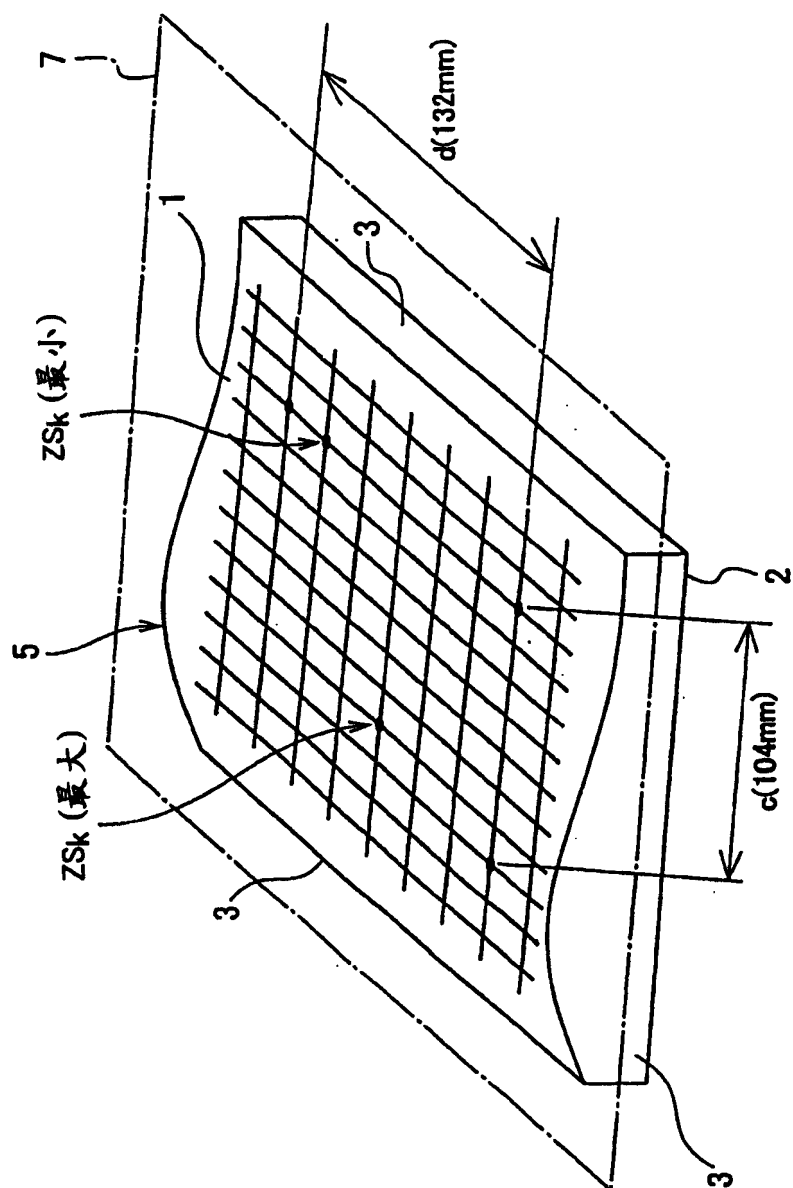


图 2B

4
圖

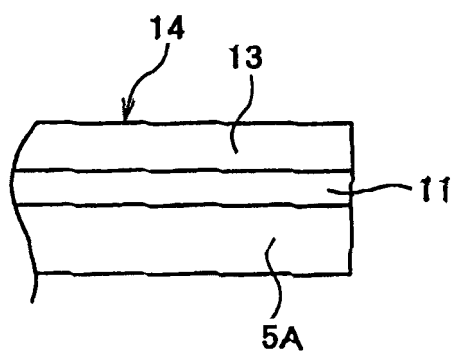


图 5A

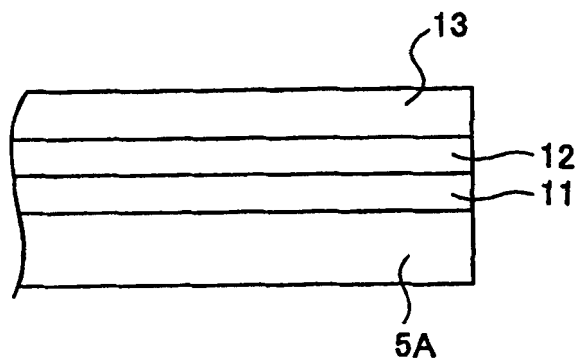


图 5B