



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110531587 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 27

(21) 申请号 201910420978.6

(22) 申请日 2019.05.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110531587 A

(43) 申请公布日 2019.12.03

(30) 优先权数据
2018-100863 2018.05.25 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社
地址 日本东京

(72) 发明人 竹下文佑 住吉雄平 坂本宪稔

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 刘前红

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)

(56) 对比文件

JP 2006073584 A, 2006.03.16

US 2002036758 A1, 2002.03.28

CN 107065447 A, 2017.08.18

审查员 张婷

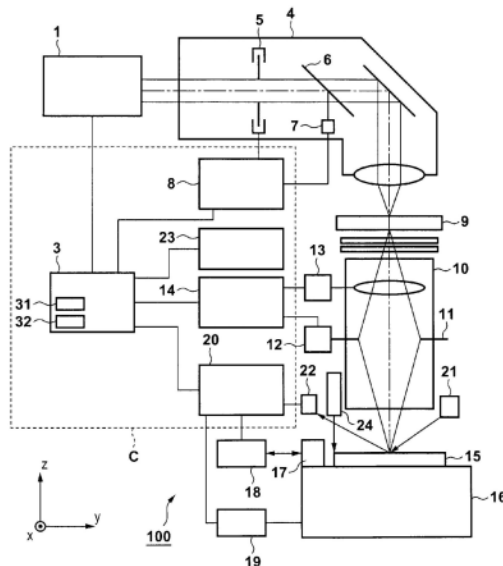
权利要求书1页 说明书10页 附图12页

(54) 发明名称

评估方法、曝光方法和用于制造物品的方法

(57) 摘要

本发明涉及评估方法、曝光方法和用于制造物品的方法。提供了一种用于评估曝光装置中的投影光学系统的像差的评估方法。获得用于相对于投影光学系统的光轴对称的像差的第一预测公式的第一预测系数,并且获得用于相对于投影光学系统的光轴不对称的像差的第二预测公式的第二预测系数。在照明区域的形状被确定为相对于光轴对称的情况下,使用第一预测系数来评估投影光学系统的像差,并且在照明区域的形状相对于光轴不对称的情况下,使用第一预测系数和第二预测系数来评估投影光学系统的像差。



1. 一种用于评估曝光装置中的投影光学系统的像差的评估方法,所述方法包括:

获得第一预测系数,第一预测系数是第一预测公式的预测系数,第一预测公式是用于相对于投影光学系统的光轴对称的像差的预测公式,并且获得第二预测系数,第二预测系数是第二预测公式的预测系数,第二预测公式是用于相对于投影光学系统的光轴不对称的像差的预测公式;

在布置有掩模的投影光学系统的物面中的照明区域的形状是矩形的情况下,确定物面中的矩形照明区域的中心是否与光轴一致;以及

使用第一预测系数和第二预测系数中的至少一项来评估投影光学系统的像差,其中,该评估步骤包括:

在确定步骤确定物面中的矩形照明区域的中心与光轴一致的情况下,使用第一预测系数来评估投影光学系统的像差;以及

在确定步骤确定物面中的矩形照明区域的中心与光轴不一致的情况下,使用第一预测系数和第二预测系数来评估投影光学系统的像差。

2. 根据权利要求1所述的评估方法,其中,获得步骤包括:

在多个曝光处理中的每个曝光处理中测量聚焦误差和图像移位误差;

基于测量的结果,获得对称像差和不对称像差的时序数据;以及

通过使第一预测公式与对称像差的时序数据拟合来获得第一预测系数,并且通过使第二预测公式与不对称像差的时序数据拟合来获得第二预测系数。

3. 根据权利要求2所述的评估方法,其中,所述多个曝光处理包括其照明区域分别不同的多个曝光处理,其中照明区域是物面中的具有与光轴不一致的不同中心的多个矩形部分区域。

4. 根据权利要求1所述的评估方法,其中,确定步骤在曝光区域的质心靠近光轴的情况下确定照明区域的中心与光轴一致。

5. 根据权利要求1所述的评估方法,其中,确定步骤在掩模是在多个区域中分别形成有不同的层图案的多层分划板的情况下确定照明区域的中心与光轴不一致。

6. 根据权利要求1所述的评估方法,进一步包括:

在曝光序列之间测量聚焦误差和图像移位误差,基于测量的结果获得对称像差和不对称像差的数据,并且基于获得的数据来校正第一预测系数和第二预测系数。

7. 根据权利要求1所述的评估方法,其中,不对称像差包括轴偏离、偏心畸变、一侧散焦、轴上彗形像差和一侧散焦像散像差中的至少一项。

8. 一种由曝光装置执行的曝光方法,所述曝光装置经由投影光学系统将形成在掩模上的图案投影到基板上并且对基板进行曝光,所述方法包括:

通过使用根据权利要求1所述的评估方法来评估投影光学系统的像差;

基于评估的结果来调整曝光装置;以及

使用经调整的曝光装置来对基板进行曝光。

9. 一种用于制造物品的方法,包括:

根据如权利要求8所述的曝光方法来对基板进行曝光;以及

对经曝光的基板进行显影,

其中,通过显影后的基板制造所述物品。

评估方法、曝光方法和用于制造物品的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于评估曝光装置中的投影光学系统的像差的评估方法、曝光方法以及用于制造物品的方法。

背景技术

[0002] 已知在曝光装置中伴随着曝光,成像特性根据投影光学系统吸收曝光能量而改变。伴随这种曝光的成像特性的改变被称为曝光像差。因为曝光像差引起聚焦误差或对齐误差,所以照惯例,在曝光装置中执行对于曝光像差的校正。

[0003] 日本专利公开No.2002-015997公开了通过使用在时间上对透镜加热的影响进行建模的函数来预测由于透镜加热而引起的成像特性改变的方法。此外,日本专利No.5406437公开了一种对于每个像高计算如下表达式中的包含时间常数的项的系数并且基于每个像高的系数来对于每个像高计算像差的方法,该表达式用于计算由于曝光而在时间上按时间常数改变的投影光学系统的像差。

[0004] 曝光装置可以被用在诸如利用各种有效光源形状、利用各种透射率的分划板(reticle)、或者利用各种感光性特性的光致抗蚀剂的各种曝光条件下。由于这个原因,有必要根据每个曝光条件来计算最佳的校正系数。在日本专利公开No.2002-015997中,通过多个不同的照明设置和/或多个不同的图案和/或多个不同的基板连续地执行系数的微校准被看作是有利的。此外,在日本专利No.5406437中,对于通过划分图案内的曝光区域而获得的多个区域中的每个区域计算透射率。此后,将像差和加权系数相乘,该像差是预先计算的并且由于通过多个区域中的一个区域的单位曝光量的曝光而在投影光学系统中针对每个像高出现,加权系数是基于这一个区域的透射率的。此外,通过对于所述多个区域相乘而获得的值进行求和来计算用于每一个像高的系数。

[0005] 在半导体器件的制作中,器件是经由多层光刻步骤制造的。因此,通常需要制备与层数相等的数量的、根据每层具有不同图案的分划板。然而,存在使得在多层的光刻步骤中重复使用单个分划板成为可能的方法。对一个分划板中的多个区域中的每个区域提供不同的层图案,并且在曝光中用视场光阑(field stop)阻挡除了期望层的图案以外的图案。其中采用这种方法的分划板被称为多层分划板。通过使用这种多层分划板,可以减少掩模的数量,并且就取决于掩模制备的成本降低而言,可能是有利的。

[0006] 然而,当使用多层分划板来执行曝光时,掩模最终相对于投影光学系统的光轴被不对称地照明。因此,投影光学系统相对于光轴变为被不对称地加热,并且偏心像差出现。传统上,这种偏心像差的校正尚未执行。

发明内容

[0007] 本发明提供例如有利于评估由于投影光学系统相对于其光轴被不对称地加热而出现的偏心像差的技术。

[0008] 本发明在其第一方面提供一种用于评估曝光装置中的投影光学系统的像差的评

估方法,所述方法包括:获得第一预测系数,第一预测系数是第一预测公式的预测系数,第一预测公式是用于相对于投影光学系统的光轴对称的像差的预测公式,并且获得第二预测系数,第二预测系数是第二预测公式的预测系数,第二预测公式是用于相对于投影光学系统的光轴不对称的像差的预测公式;确定投影光学系统的物面中的照明区域的形状相对于光轴对称还是不对称;以及使用第一预测系数和第二预测系数中的至少一项来评估投影光学系统的像差,其中,该评估步骤包括:在确定步骤确定照明区域的形状相对于光轴对称的情况下,使用第一预测系数来评估投影光学系统的像差;以及在确定步骤确定照明区域的形状相对于光轴不对称的情况下使用第一预测系数和第二预测系数来评估投影光学系统的像差。

[0009] 本发明在其第二方面提供一种由曝光装置执行的曝光方法,所述曝光装置经由投影光学系统将形成在掩模上的图案投影到基板上并且对基板进行曝光,所述方法包括:通过使用在第一方面中定义的评估方法来评估投影光学系统的像差;基于评估的结果来调整曝光装置;以及使用经调整的曝光装置来对基板进行曝光。

[0010] 本发明在其第三方面提供一种用于制造物品的方法,所述方法包括:根据第二方面中定义的曝光方法来对基板进行曝光;并且对经曝光的基板进行显影,其中,通过显影后的基板制造所述物品。

[0011] 从(参照附图)对示例性实施例的以下描述,本发明的进一步的特征将变得清楚。

附图说明

[0012] 图1是例示了实施例中的曝光装置的构造的视图。

[0013] 图2A-2C是例示了多层分划板的例子的视图。

[0014] 图3A和3B是例示了平常的单层分划板的例子的视图。

[0015] 图4A-4G是用于描述图像移位误差的分类的视图。

[0016] 图5A-5E是用于描述聚焦误差的分类的视图。

[0017] 图6A-6B是用于描述彗形像差(coma aberration)的分类的视图。

[0018] 图7A-7C是用于描述在通过使用多层分划板执行曝光的情况下出现的曝光像差的视图。

[0019] 图8是实施例中的用于评估曝光像差的方法的流程图。

[0020] 图9是例示了具有掩模的多层分划板的例子的视图。

具体实施方式

[0021] 下面将参照附图来详细地描述本发明的各种示例性实施例、特征和方面。

[0022] 下面,参照附图详细地给出关于本发明的实施例的描述。注意,以下实施例仅例示了实现本发明的具体例子,并且本发明不限于以下实施例。另外,以下实施例中描述的特征的所有组合并非都是解决本发明针对的问题所必要的。

[0023] <第一实施例>

[0024] 图1是例示了对形成在基板上的多个压射区域(shot regions)中的每个压射区域执行顺序曝光的曝光装置100的构造的视图。光源1可以输出多个波长的光作为曝光光。光源1发射的光通过照明光学系统4的整形光学系统(未示出)被整形为预定的射束形状。另

外,经整形的射束入射在光学积分器(未示出)上,并在此处形成大量的二次光源以便以均匀的照度分布对作为稍后描述的原版的分划板9(掩模)进行照明。在照明光学系统4的光路上,设有视场光阑5(也被称为掩蔽叶片),其光阑开口(diaphragm opening)的位置和大小由照明系统控制器8控制。例如,掩蔽叶片是用于将照明区域限制为正方形形状的视场光阑,并且掩蔽叶片被构造为使得该正方形形状的四边可以被移动。因此,掩模上的任何区域都可以被照明。

[0025] 半镜6被布置在照明光学系统4的光路上,并且对分划板9进行照明的曝光光的一部分由半镜6反射并且被取出。用于曝光光的光传感器7被布置在半镜6的反射光的光路上。光传感器7产生与曝光光的强度(曝光能量)相对应的输出。

[0026] 分划板9可以是在其多个区域中分别形成有不同层的图案的多层分划板。图2A-2C是例示了多层分划板的例子的视图。分划板9具有多个区域,在这多个区域中描画了各层的图案。区域的数量视情况设置。图2A是分划板9被划分为两个区域并且分划板9具有多个区域:区域91和92的例子。图2B是分划板9被划分为四个区域并且分划板9具有多个区域:区域91、92、93和94的例子。图2C是分划板9被划分为六个区域并且分划板9具有多个区域:区域91、92、93、94、95和96的例子。

[0027] 描述返回到图1。通过用照明系统控制器8控制视场光阑5的隔膜开口的位置和大小来从分划板9的多个区域当中选择要照明的区域。投影光学系统10是例如折射型或反射折射型投影光学系统等,并且按照缩小因子 β (例如, $\beta=1/2$)执行分划板9的图案的图像到已被涂覆光致抗蚀剂的感光基板15上的一个压射区域上的缩小投影。

[0028] 在投影光学系统10的光瞳平面(关于分划板9的傅里叶变换平面)上布置有孔径光阑11,孔径光阑11是大致圆形的开口。孔径光阑11的开口的直径可以由驱动器12控制。驱动器13使构成投影光学系统10中的透镜系统的一部分的光学元件沿着投影光学系统10的光轴移动。由此,在防止投影光学系统10的各种像差增大的同时,使投影缩放因子是令人满意的,并且使畸变误差减小。投影系统控制器14在主控制器3的控制下控制驱动器12和驱动器13。

[0029] 至少可能的是移动并旋转基板台架16,基板台架16将基板15保持在与投影光学系统10的光轴正交的平面上。在本实施例中,基板台架16可以三维地移动,并且可以在投影光学系统10的光轴方向(Z方向)上和与该方向正交的平面(X-Y平面)中移动。这里,从基板15朝向分划板9的方向平行于投影光学系统10的光轴,是Z轴,并且X轴和Y轴是与Z轴正交的方向。Y轴沿着纸张表面延伸,并且X轴朝向纸张平面上的前面方向延伸。通过用激光干涉仪18测量到固定在基板台架16中的移动镜17的距离来检测基板台架16的X-Y平面上的位置。此外,通过使用对齐测量系统24来测量基板15和基板台架16的位置移位。

[0030] 台架控制器20在主控制器3的控制下通过基于对齐测量系统24的测量结果控制驱动器19来使基板台架16移动到X-Y平面上的预定位置。主控制器3、投影系统控制器14、台架控制器20和照明系统控制器8构成曝光装置100的控制器C。主控制器3可以由例如包括CPU31和存储器32的计算机装置构成。

[0031] 光投影光学系统21和光接收光学系统22构成焦面检测器。光投影光学系统21将由不使光致抗蚀剂敏化的非曝光光组成的多个光束投影到基板15上,并且那些光束均被聚焦和反射到基板15上。被基板15反射的光束入射在光接收光学系统22上。用于检测位置的多

个光接收元件被布置为对应于光接收光学系统22内的每个反射光束,但是在图中被省略。每个光接收元件的光接收表面和基板15上的每个光束的反射点被光接收光学系统22构造为基本上共轭。基板15的表面在投影光学系统10的光轴方向上的位置移位被测量作为用于检测光接收光学系统22内的位置的光接收元件上的入射光束的位置移位。

[0032] 如上所述,分划板9可以是在其多个区域中分别形成有不同层的图案的多层分划板。当通过使用多层分划板执行曝光时,掩模以不对称的形状被照明。此时,投影光学系统中的光路相对于光轴也是不对称的。因此,投影光学系统相对于光轴被不对称地加热,并且偏心像差出现。

[0033] 这里,给出关于掩模以不对称的形状被照明意味着什么的描述。在分划板9是平常的单层分划板、而不是多层分划板的情况下,如例如图3A和3B中所示,被布置在投影光学系统的物面上的分划板9的照明区域90相对于投影光学系统的光轴是对称的形状。这里,“对称”意味着照明区域的质心与投影光学系统的光轴大致相同。在图3A和3B中,掩模平面和投影光学系统的光轴之间的交点是原点。实线表示分划板9的外形,虚线表示照明区域90。图3A示出了步进重复(步进器)方法的情况,图3B示出了步进扫描(扫描器)方法的情况。在两种情况下,照明区域的左端和右端距离原点是等距的,照明区域的顶端和底端距离原点是等距的,并且可以看出,这形成对称的形状。注意,就步进扫描方法来说,在曝光期间,分划板沿着Y轴移动,而照明区域相对于投影光学系统是固定的。换句话说,照明区域的对称性针对投影光学系统来说得到维持,但是相对于分划板来说未得到维持。

[0034] 同时,在通过使用多层分划板执行曝光的情况下,图2A-2C所示的多个层区域中的一个区域变为被照明。因此,照明区域(即,层区域)的质心与投影光学系统的光轴是不同的,并且通过投影光学系统的光束具有偏置,而不是对称的。在本说明书中,这种状态用“掩模以不对称的形状被照明”来论述。

[0035] 这里,将给出关于不对称像差的描述。如下所述,不对称像差包括轴偏离、偏心畸变、一侧散焦、轴上彗形像差或一侧散焦像散像差中的至少一个。图4A-4G是用于描述图像移位误差的各种分类的视图。图4A-4G中例示了像面中的图像的畸变(x轴方向和y轴方向上的图像移位),在图4A-4G中,原点被假定为投影光学系统的光轴和投影光学系统的像面之间的交点,并且x轴和y轴在像面内。虚线网格指示理想的投影的情况下的一次压射,实线网格指示具有畸变的投影的情况下的一次压射。图4A中的倍率误差、图4B中的对称的三阶畸变、图4C中的垂直/水平倍率因子误差(0° 的方向)以及图4D中的垂直/水平倍率因子误差(45° 的方向)等被分类为对称误差。这些具有旋转对称性的特性。例如,在图4A中的倍率误差和图4B中的对称三阶畸变中,存在网格在围绕原点的一圈旋转中自重叠的四个角度,也就是说,存在四重对称性。另外,图4C中的垂直/水平倍率因子误差(0° 的方向)和图4D中的垂直/水平倍率因子误差(45° 的方向)具有两重对称性。这样具有旋转对称性的像差被称为“对称像差”。

[0036] 另一方面,在图4A-4G中,图4E中的轴偏离、图4F中的偏心畸变(分量E)以及图4G中的偏心畸变(分量F)被分类为不对称误差。这些没有旋转对称性。这样没有旋转对称性的像差被称为“不对称像差”。注意,图4F的偏心畸变(分量E)和图4G的偏心畸变(分量F)举例说明了定向为y方向的偏心畸变,但是事实上,各种定向的偏心畸变都可能出现。轴偏离可以类似地在任何方向上移位。同样在这样的情况下,不对称性保留。注意,除了这里例示的之

外,还可以考虑更高阶次的图像移位分量(对称的和不对称的)。

[0037] 图5A-5E是用于描述聚焦误差的各种分类的视图。图5A-5E中例示了像面中的聚焦误差(z轴方向上的图像移位),在图5A-5E中,原点被假定为投影光学系统的光轴和像面之间的交点,并且z轴平行于光轴,x轴和y轴平行于像面。虚线网格指示理想投影的情况下的一次压射,实线网格指示存在聚焦误差的情况下的一次压射。注意,当存在两个实线网格时,它们例示了以下两个事物:一个是通过连接相对于水平图案的最佳焦点而构造的平面(H像面)。另一个是通过连接相对于垂直图案(正交图案)的最佳焦点而构造的平面(V像面)。如果存在像散像差等,则H像面和V像面偏离的现象出现,并且视图例示了这样的情况。被分类为对称的误差是图5A中的焦点移位、图5B中的轴上像散像差以及图5C中的像场弯曲。这些对称的分量具有与图像移位的情况类似的旋转对称性的特性。因此,存在当围绕光轴旋转时的像差形状与旋转之前的像差形状对齐的至少一个角度。同时,被分类为不对称的误差是图5D中的一侧散焦和图5E中的一侧散焦像散像差。这些没有旋转对称性。

[0038] 另外,图6A-6B例示了彗形像差的分类。图6A-6B用矢量例示了像面中的彗形像差大小和方向,其中原点被假定为投影光学系统的光轴和像面之间的交点,并且x轴和y轴平行于像面。被分类为对称的误差是图6A中的三阶像差彗形。彗形与离原点的距离成比例地各向同性地出现,并且具有对称的形状。另一方面,被分类为不对称的误差是图6B中的中心彗形。因为相同大小和相同方向的彗形在屏幕中均匀地出现,所以这没有旋转对称性。注意,图6B例示了定向在一个方向上的中心彗形,彗形像差实际上可能在任何方向上出现。

[0039] 以上是代表性的对称像差和不对称像差的描述。这里,畸变、聚焦误差、像散像差和彗形像差以及其他像差分量可以以相同的方式被认为是不对称分量。例如,用Zernike多项式展开表示的波前像差的每个分量可以被认为是在像面中不对称地分布的分量。

[0040] 发明人发现,如果使用多层分划板执行曝光,则如上所述,不对称分量的像差作为曝光像差出现。图7A-7C例示了通过仿真获得的、如果使用多层分划板执行曝光则出现的曝光像差。图7A例示了投影光学系统中的最大可曝光区域110和实际用于曝光的区域101。图7B例示了此时出现的图像移位(畸变)。另外,图7C例示了此时产生的聚焦误差。在所有这些中可以看出,误差集中地出现在用于曝光的部分中,并且当考虑整个最大曝光区域时,具有不对称的形状。难以用常规的对称像差(诸如倍率变化、对称的三阶畸变、垂直/水平倍率因子误差、焦点移位和像场弯曲)的组合来表达这样的不对称像差。因此,在这样的基于对称像差的系统中,难以预测将出现的不对称曝光像差的量或者执行其校正。

[0041] 注意,在日本专利No.5406437中,因为曝光像差系数是针对每个像高保持的,所以可以说存在这样的不对称像差分量可以被处理的可能性。然而,因为必需针对每个像高保持系数(参数),所以存在以下问题,即,要确定的参数的数量大,为了获得参数而要执行的实验的数量大并且耗时。与此相反,本实施例使得可以通过简单的方法来校正当用多层分划板在不对称的曝光区域上执行曝光时出现的不对称曝光像差。

[0042] 图8是实施例中的用于评估曝光像差的方法的流程图。主控制器3在步骤S1中获得对于不对称像差的预测系数。下面,将给出关于步骤S1的具体细节的描述。

[0043] 在步骤S1中,在器件制造之前,通过预先使用曝光装置100进行实验来获得对于不对称像差的预测系数。如果曝光装置是同一型号,则可以将使用一个装置计算的标准预测系数不变地应用于其他装置。注意,因为存在预测系数根据装置之间的个体差异等而略微

不同的情况,所以在需要具有高精度的预测系数的情况下,可以通过使用每个装置进行实验来重新计算预测系数。

[0044] 用于获得预测系数的实验可以在工厂里的装配/调整步骤时执行,或者可以在装置安装时执行。可替代地,实验可以另外在每当存在使用多层分划板的机会时执行。在要使用的多层分划板被识别的情况下,可以通过使用该分划板获得预测系数来获得具有更高精度的预测系数。

[0045] 以下,给出关于用于获得对于不对称像差的预测系数的方法的详细描述。首先,为了获得对于不对称像差的预测系数,将视场光阑5设置为局部布置以使得与使用多层分划板时类似地,最大曝光区域的仅一部分被使用。接着,在曝光装置100中设置用于测试的分划板。用于测试的分划板是其中测量聚焦误差和图像移位误差所需的标记以足够的数量被布置在曝光区域中的分划板。例如,这些标记在用于测试的分划板上被布置为网格图案。注意,可以使用实际的用于制造半导体器件的多层分划板,只要测量聚焦误差或图像移位误差所必需的标记被布置在其上即可。接着,在该曝光条件下,在多个曝光处理中的每个曝光处理中测量聚焦误差和图像移位误差。例如,在多个(例如,从几个到几百个)样本基板上执行曝光,并且在这些样本基板的每次压射中、在多个测量点处测量聚焦误差和图像移位误差。注意,因为曝光像差具有它在曝光开始的初始时段内快速改变并且它逐渐地饱和的性质,所以可以通过提取在达到饱和阶段之后曝光的样本基板中的一些而非全部来执行测量。此外,通过使用如上所述的曝光像差的性质,可以顺序地执行曝光以使得基板视情况在假光-曝光中混合地被曝光。

[0046] 主控制器3基于以上测量的结果来获得对于对称像差和不对称像差的时序数据。具体地说,主控制器3使用诸如最小二乘法之类的方法来分解通过每个测量点处的测量而获得的聚焦误差和图像移位误差的测量结果。在聚焦误差的情况下,执行按项分解,所述项除了对称像差之外还包括不对称像差的分量,诸如例如:焦点移位、轴上像散、像场弯曲、一侧散焦和一侧散焦像散像差。此外,在图像移位误差的情况下,执行按项分解,所述项除了对称像差之外还包括不对称像差的分量,诸如例如:倍率误差、对称的三阶畸变、轴偏离、偏心畸变等。以此方式,获得对于每个像差分量的时序波动数据。

[0047] 主控制器3使模型表达式(预测公式)与如此获得的对于每个像差分量的时序波动数据拟合,最终获得预测系数。例如,以下表达式可以用作用于拟合的模型表达式。

$$[0048] \quad F(t) = A_1 (1 - e^{-t/\tau_1}) + A_2 (1 - e^{-t/\tau_2})$$

$$[0049] \quad G(t) = B_1 (1 - e^{-t/v_1}) + B_2 (1 - e^{-t/v_2})$$

[0050] 这里,F表示感兴趣的对称像差的变化量,G表示感兴趣的不对称像差的变化量,t表示时间, τ_1 、 τ_2 、 v_1 和 v_2 表示时间常数, A_1 、 A_2 、 B_1 和 B_2 表示幅度。在这样的情况下,4个参数 A_1 、 A_2 、 τ_1 和 τ_2 被称为对于对称像差的预测系数(第一预测系数),4个参数 B_1 、 B_2 、 v_1 和 v_2 被称为对于不对称像差的预测系数(第二预测系数)。注意,特征是,除了第一预测公式之外,新添加了第二预测公式,第一预测公式是对于对称像差的预测公式,第二预测公式是对于不对称像差的预测公式。传统上,不考虑这种对于不对称像差的预测公式。

[0051] 时间常数和系数这二者都是通过拟合获得的。可替代地,配置可以是这样的,即,时间常数是固定的,并且如果时间常数是预先知道的,则只有系数是使用拟合获得的。注

意, A_1 、 A_2 、 B_1 和 B_2 是应用于投影光学系统的每单位时间的能量量(单位:W)的函数。在简单的模型中, A_1 、 A_2 、 B_1 和 B_2 与应用于投影光学系统的每单位时间的能量量成比例。在这样的情况下, 可以用应用于投影光学系统的每单位时间的能量量来使 A_1 、 A_2 、 B_1 和 B_2 标准化。因此, 可以通过将以上方程乘以器件制造期间的能量量来计算实际器件制造期间的像差的预测(例如, 每1W)。注意, 因为对称像差分量和不对称像差分量这二者都用于分量分解, 所以这里获得的是对于对称像差分量和不对称像差分量这二者的预测系数。在使用对于不对称像差分量的预测系数来执行像差预测的情况下, 总是有必要使用在与其成套地计算的对于对称分量的预测系数来预测对称像差分量。因此, 这些系数被关联地保存在曝光装置中, 并且它们总是被成套地使用。

[0052] 通过上述处理, 可以获得对于对称像差的预测系数和对于不对称像差的预测系数。所获得的预测系数被保存在曝光装置100的存储器32中。注意, 对于预想多层分划板的照明区域, 可以考虑各种区域形状。如图2A-2C中所示, 这是因为对于多层分划板的层划分方法, 可以考虑各种图案。可以获得与各种照明区域图案相对应的多个预测系数, 它们全部都可以被保存在曝光装置中。此外, 因为曝光像差可能根据曝光条件(诸如NA或有效光源)而改变, 所以更有效的是保存通过改变这些条件而获得的预测系数以便提高精度。

[0053] 接着, 在步骤S2中, 主控制器3获得掩模表面上的照明区域的形状的信息。曝光装置100的控制由用户通过控制台或在线地设置曝光装置中的作业和参数来执行。关于视场光阑5(掩蔽叶片)的上、下、左和右叶片位置信息也是一个这样的参数。因此, 当用户将用于掩蔽叶片的设置值输入到曝光装置100时, 照明区域的形状被设置在曝光装置100中, 由此, 曝光装置100获得照明区域的形状的信息。可替代地, 曝光装置100可以具有被称为“配方”的文件, 该文件描述曝光条件的整个参数集合。用户可以预先将曝光条件的各种参数作为配方保存在曝光装置100中, 然后在执行实际曝光时该配方可以视情况被调用以共同地设置参数。掩蔽叶片的设置值也是保存在配方中的信息, 并且掩蔽叶片的设置值被调用配方的用户设置为曝光装置100的状态。换句话说, 当用户调用配方时, 照明区域的形状被设置在曝光装置100中, 由此, 曝光装置100获得照明区域的形状的信息。

[0054] 接着, 主控制器3在步骤S3中确定照明区域的形状是对称的、还是不对称的。这是如下执行的。例如, 主控制器3使用计算、基于在步骤S2中获得的信息来确定照明区域的形状是对称的、还是不对称的。例如, 在满足曝光区域的质心足以靠近投影光学系统的光轴的条件, 的情况下, 可以确定照明区域的形状是对称的。可替代地, 在满足掩蔽叶片的顶边缘和底边缘以及左边缘和右边缘离投影光学系统的光轴分别基本上等距的条件, 的情况下, 可以确定照明区域的形状是对称的。此外, 用户可以确定照明区域的形状是对称的、还是不对称的, 并且将结果输入到曝光装置100。可替代地, 用户可以将“有效的”照明区域的形状输入到曝光装置100。这是因为分划板可以设有遮光带, 当该遮光带的宽度大时, 由掩蔽叶片限定的照明区域可能不一定与实际上曝光的区域一致。在这样的情况下, 用户可以手动地将信息输入到曝光装置。此外, 在正被使用的分划板是其中在多个区域中分别形成有不同层的图案的多层分划板的情况下, 可以确定照明区域的形状是不对称的。

[0055] 在步骤S4和步骤S5中, 使用对于对称像差的预测系数(第一预测系数)和对于不对称像差的预测系数(第二预测系数)中的至少一个来评估投影光学系统的像差。具体地说, 在确定照明区域的形状对称的情况下, 主控制器3在步骤S4中仅使用对于对称像差的预测

系数来评估曝光像差。下面,将对这进行详细描述。在确定照明区域的形状对称的情况下,主控制器3从存储器32读出对于对称像差的预测系数。在一些情况下,在与NA、有效光源形状、屏幕大小等相关的不同条件下获得的多个预测系数被存储在存储器32中。在这种情况下,主控制器3可以基于记录在配方中的NA、有效光源和掩蔽叶片位置信息(屏幕大小信息)来内插用于不同条件的多个预测系数以产生并然后使用新的预测系数。配方中使用的预测系数通过这样的处理确定。注意,典型的是,不同于对于不对称像差的预测系数,对于对称像差的预测系数是在曝光装置装配/调整步骤或安装步骤中获得的。因此,当曝光开始时,根据模型表达式从投影光学系统中应用的每单位时间的能量和经过的时间计算并且预测像差的量。

[0056] 在确定照明区域的形状不对称的情况下,主控制器3在步骤S5中使用对于不对称像差的预测系数和对于对称像差的预测系数来评估曝光像差。以下,将对这进行详细描述。在照明区域的形状被确定为不对称的情况下,主控制器3从存储器32读取对于不对称像差的预测系数和与其成套的对于对称像差的预测系数。在不同条件下获得的多个不对称预测系数被存储在存储器32中的情况下,可以采取基于NA、有效光源和关于掩蔽叶片的位置信息(或用户输入的有效照明区域的形状信息)来读取在最类似的条件下获得的预测系数的配置。可替代地,可以使用通过内插其条件不同的多个预测系数而产生的新的预测系数。配方中使用的预测系数通过这样的处理确定。而且,所确定的预测系数与配方相关联。然后,当曝光开始时,根据模型表达式从投影光学系统中应用的每单位时间的能量和经过的时间来计算并且预测(评估)像差的量。

[0057] 如上所述,在评估像差的量之后,主控制器3在基于评估结果调整曝光装置以使得预测的像差量被校正的同时执行曝光。可以用传统在曝光装置中提供的校正系统来校正对称像差分量。例如,可以通过平行于光轴移动包括投影光学系统的透镜中的一些来校正倍率误差或图像移位误差的对称的三阶畸变。而且,可以通过在投影光学系统中构造Alvarez光学元件来校正图像移位误差的垂直/水平倍率因子误差。而且,可以通过移动基板台架来校正聚焦误差的焦点移位。例如,可以通过平行于光轴移动包括投影光学系统的透镜中的一些来校正像场弯曲。

[0058] 此外,可以通过改变曝光装置参数来校正不对称像差。例如,可以通过移动基板台架来校正轴偏离。而且,可以通过以与光轴正交的轴作为转轴略微地旋转包括投影光学系统的透镜中的一些或者通过与光轴正交地移动透镜来校正偏心畸变(E、F分量)。而且,可以通过倾斜基板台架来校正一侧散焦。而且,类似于偏心畸变,可以通过以与光轴正交的轴作为转轴略微地旋转包括投影光学系统的透镜中的一些或者通过与光轴正交地移动透镜来校正一侧散焦像散像差和中心彗形。以此方式,借助于本实施例,可以不仅如传统进行的那样校正对称像差,而且还可以校正不对称像差。这是传统方法所没有的特征。换句话说,借助于本实施例,使用存在校正方法的不对称像差分量来执行曝光像差的预测和校正。以此方式,可以平滑地连接预测与随后的校正。

[0059] 与此相反,就日本专利No. 5406437中的方法而言,因为对每个像高执行像差预测,所以不能立即知道可以预测的是否是可校正的分量。此外,从预测的像差计算校正系统的运动量需要复杂的计算。而且,在日本专利No. 5406437的方法中,因为预测系数是针对每个像高保持的,所以计算预测系数时更易受测量误差的影响,并且存在预测精度将降低的对

应的可能性。与此同时,通过本实施例的方法,预测系数是在已经被转换为像差分量之后保持的,而不是针对每个像高保持的。因为包括用于像高之间的拟合的处理,所以具有对误差的鲁棒性,并且可以预期精度有所提高。

[0060] 如上所述,通过根据照明区域相对于投影光学系统的光轴是对称的、还是不对称的来切换用于曝光像差的预测的系数,可以容易地执行比传统更精确的像差评估和校正。因此,可以有助于精度的提高和半导体器件的产率的提高。

[0061] <第二实施例>

[0062] 下面给出关于第二实施例中的曝光方法的描述。图9例示了作为本实施例中使用的多层分划板的分划板9。在曝光中使用的多个区域91和92中的每个区域的周围,设有用于测量焦点/图像移位的多个标记M。本实施例在它评估和校正使用多层分划板时的不对称曝光像差这点上与第一实施例是相同的。然而,本实施例与第一实施例的不同之处在于,主控制器3在曝光序列之间测量不对称像差,并且将此反馈回到不对称像差预测系数中。

[0063] 例如,可以考虑布置水平和垂直透射线条/间隔图案作为用于测量的标记M。在与基板台架上的基板的位置不同的特定位置处,布置类似的线条/间隔图案形状的透射窗口和下面的光量传感器。当用照明光对用于测量的标记M进行照明时,线条/间隔图案的空中图像经由投影光学系统形成在靠近基板台架表面的像面上。该空中图像通过透射窗口和下面的光量传感器测量。光量是在散焦方向和侧向方向上使基板台架表面移位的同时测量的,在光量变为最大时散焦方向上的移位量和侧向方向上的移位量分别是最佳的焦点和最佳的移位点。

[0064] 提供这样的标记,并且例如,在基板被切换的定时,对正被曝光的层的外围的四个点处的标记M进行测量(聚焦误差和图像移位误差的测量)。然后,根据这四个点的聚焦误差和图像移位误差的信息,执行通过最小二乘法等分解为对称像差分量和不对称像差分量的分量分解。通过这样做,可以知道实际上出现的像差的量。通过与从预测系数计算的像差的预测值相比,可以确认是否可以以高精度进行预测。因此,可以通过反馈预测和实际上出现到预测系数中的像差的量之间的差异来提高预测精度。

[0065] 例如,在曝光序列之间测量聚焦误差和图像移位误差,基于测量结果来获得实际的对称像差和不对称像差数据,并且基于获得的数据来校正第一预测系数和第二预测系数。因此,可以实现预测系数的精度的提高。

[0066] <制造物品的方法的实施例>

[0067] 例如,根据本发明的实施例的制造物品的方法适合于制造诸如具有微结构或微器件(诸如半导体器件)的元件之类的物品。根据该实施例的制造物品的方法包括使用上述曝光装置在涂覆到基板的光致抗蚀剂上形成潜像图案的步骤(对基板进行曝光的步骤)、以及对具有在以上步骤中形成的潜像图案的基板进行显影的步骤。制造方法还包括其他已知的步骤(例如,氧化、沉积、气相沉积、掺杂、平面化、蚀刻、抗蚀剂移除、切片、接合和封装)。与常规方法相比,本实施例的制造物品的方法在物品的性能、质量、产率和制造成本中的至少一方面上具有优势。

[0068] 其它实施例

[0069] 本发明的实施例还可以通过系统或装置的计算机来实现,该计算机读出并执行记录在存储介质(也可以被更完整地称为“非暂时性计算机可读存储介质”)上的计算机可执

行指令(例如,一个或多个程序)以执行一个或多个上述实施例的功能和/或包括用于执行一个或多个上述实施例的功能的一个或多个电路(例如,专用集成电路(ASIC)),并且本发明的实施例还可以通过系统或装置的计算机通过例如从存储介质读出并执行计算机可执行指令以执行一个或多个上述实施例的功能和/或控制一个或多个电路执行一个或多个上述实施例的功能而执行的方法来实现。计算机可以包括一个或多个处理器(例如,中央处理单元(CPU)、微型处理单元(MPU)),并且可以包括分开的计算机或分开的处理器的网络以读出并执行计算机可执行指令。计算机可执行指令可以例如从网络或存储介质提供给计算机。存储介质可以包括例如以下中的一个或多个:硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、分布式计算系统的储存器、光学盘(诸如紧凑盘(CD)、数字多功能盘(DVD)或蓝光盘(BD)TM)、闪存设备、内存卡等。

[0070] 其它实施例

[0071] 本发明的实施例还可以通过如下的方法来实现,即,通过网络或者各种存储介质将执行上述实施例的功能的软件(程序)提供给系统或装置,该系统或装置的计算机或是中央处理单元(CPU)、微处理单元(MPU)读出并执行程序的方法。

[0072] 虽然已经参照示例性实施例描述了本发明,但是要理解本发明不限于所公开的示例性实施例。所附权利要求的范围要被给予最宽泛的解释以便涵盖所有这样的修改以及等同的结构和功能。

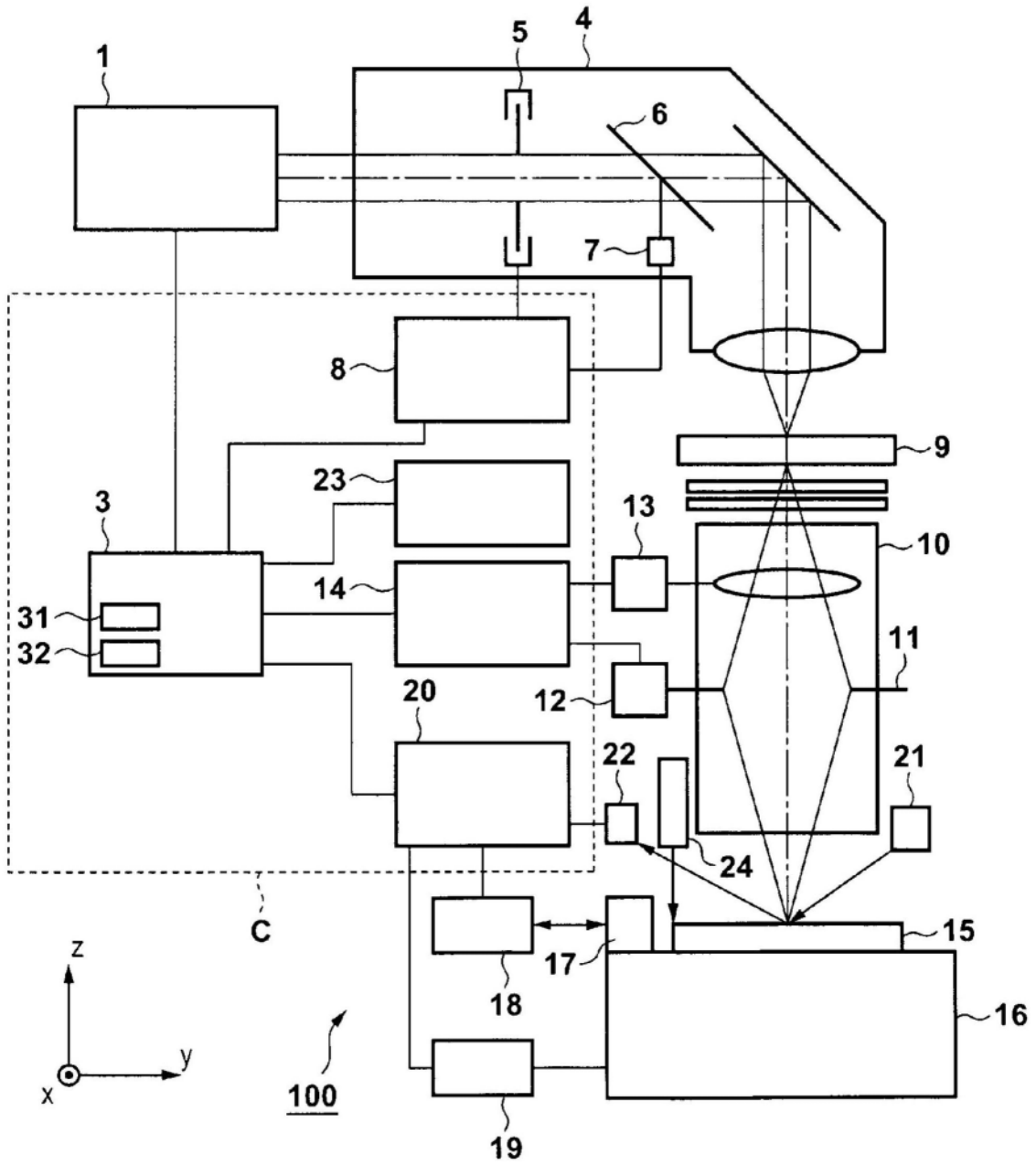


图1

被划分为 2 个区域

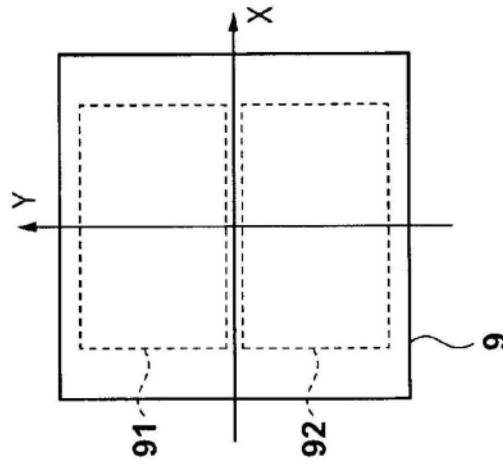


图2A

被划分为 4 个区域

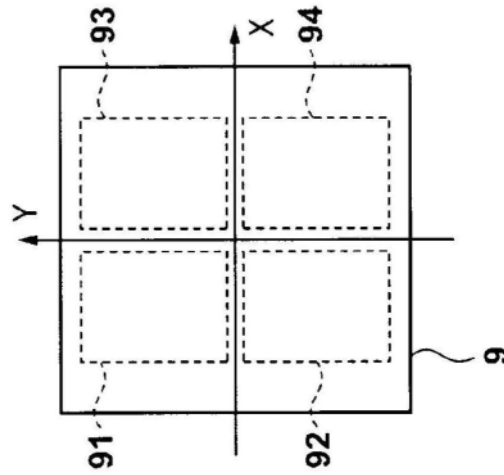


图2B

被划分为 6 个区域

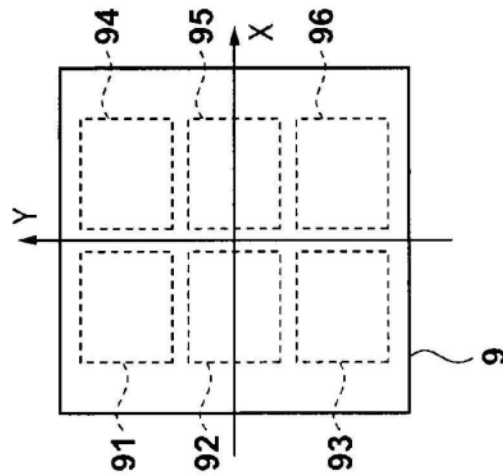


图2C

步进器

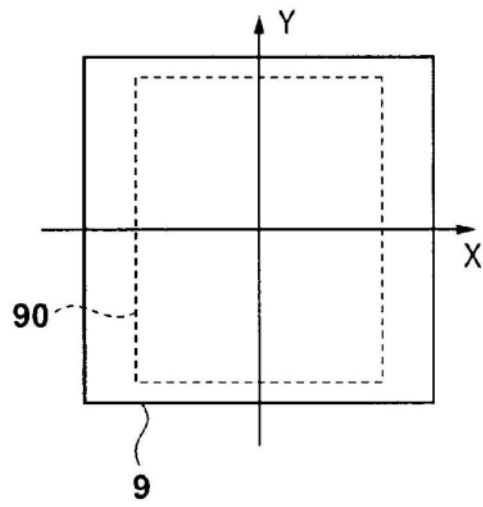


图3A

扫描器

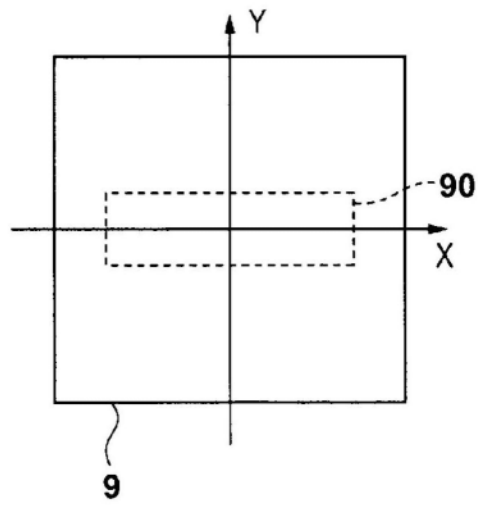


图3B

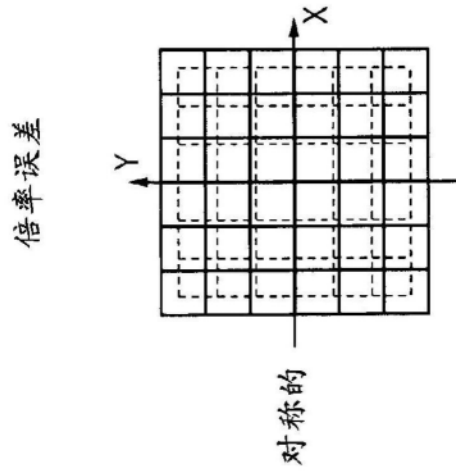


图4A

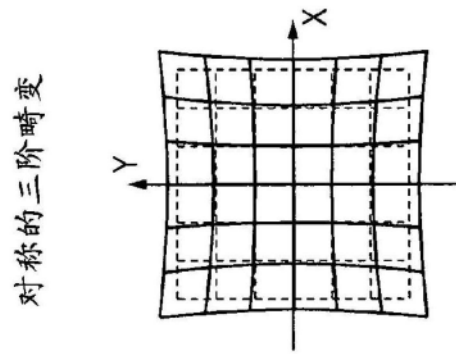


图4B

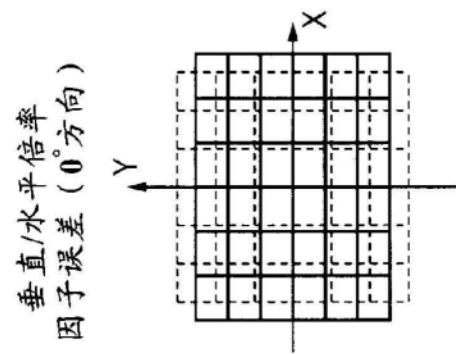


图4C

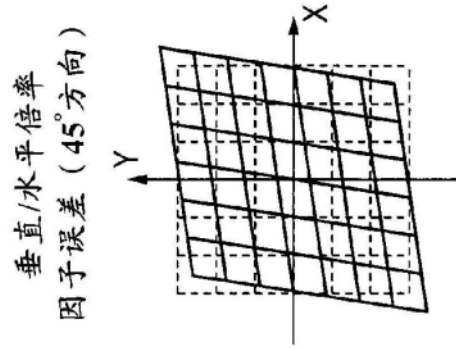


图4D

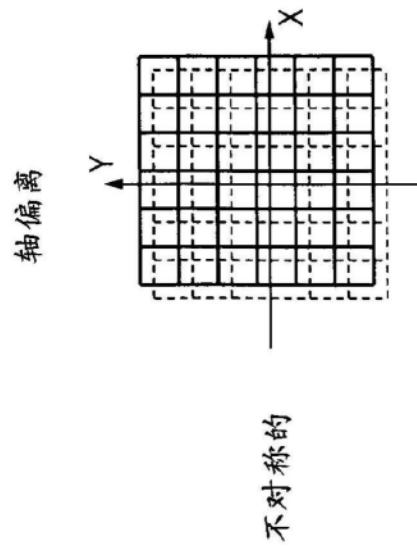


图4E

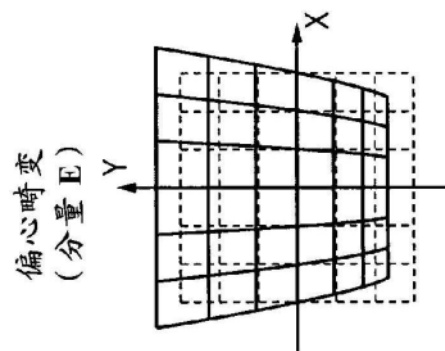


图4F

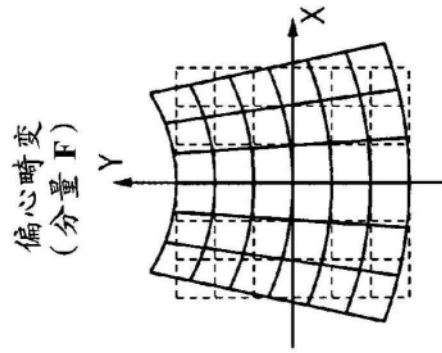


图4G

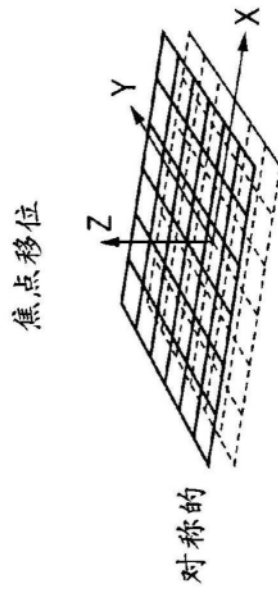


图5A

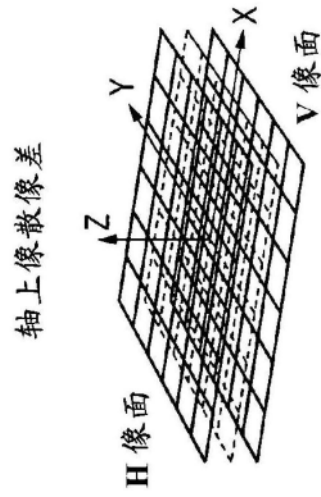


图5B

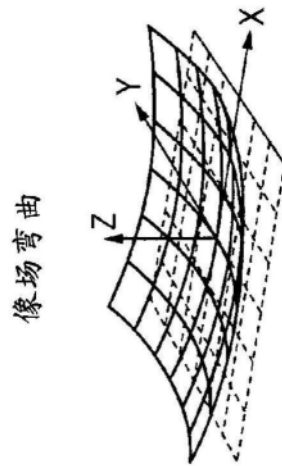


图5C

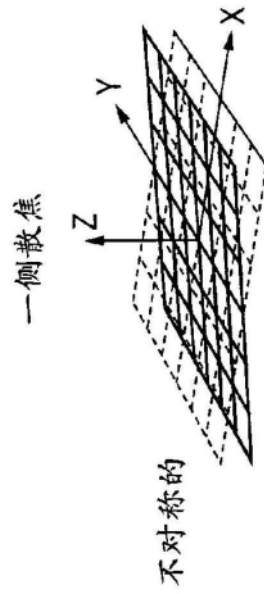


图5D

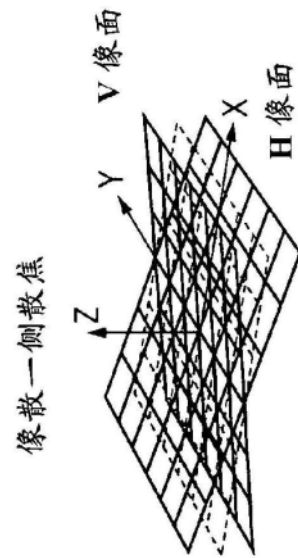


图5E

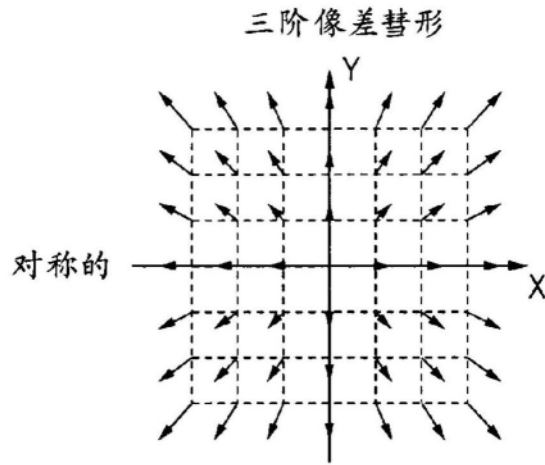


图6A

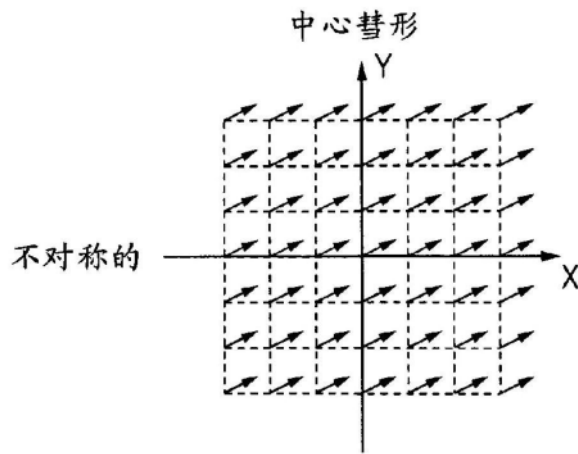


图6B

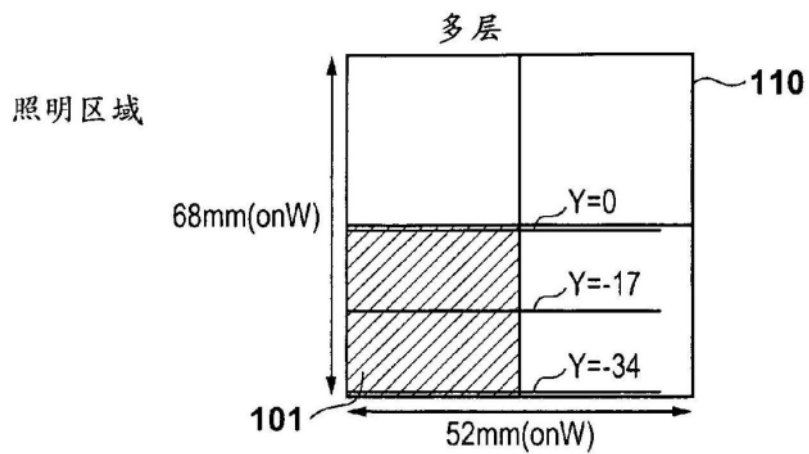


图7A

图像移位 (畸变)

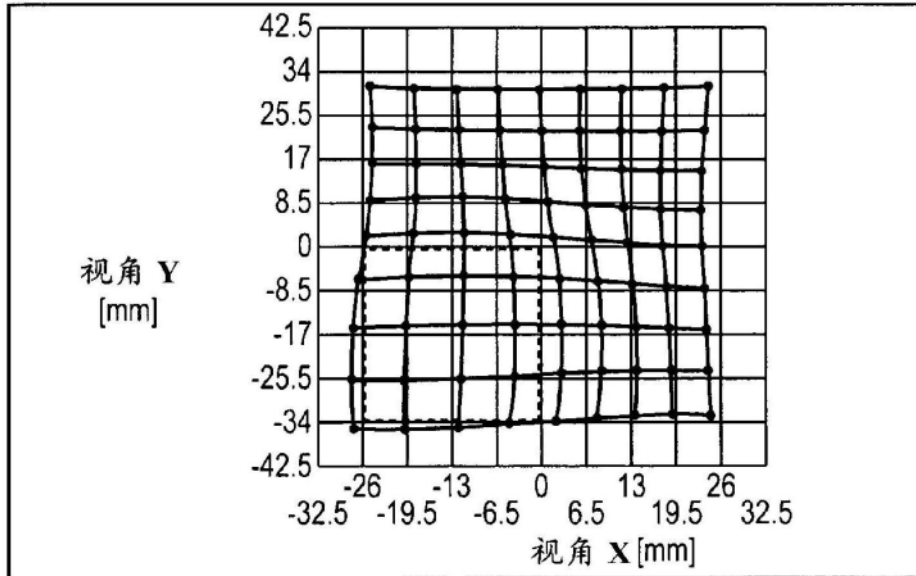


图7B

聚焦误差

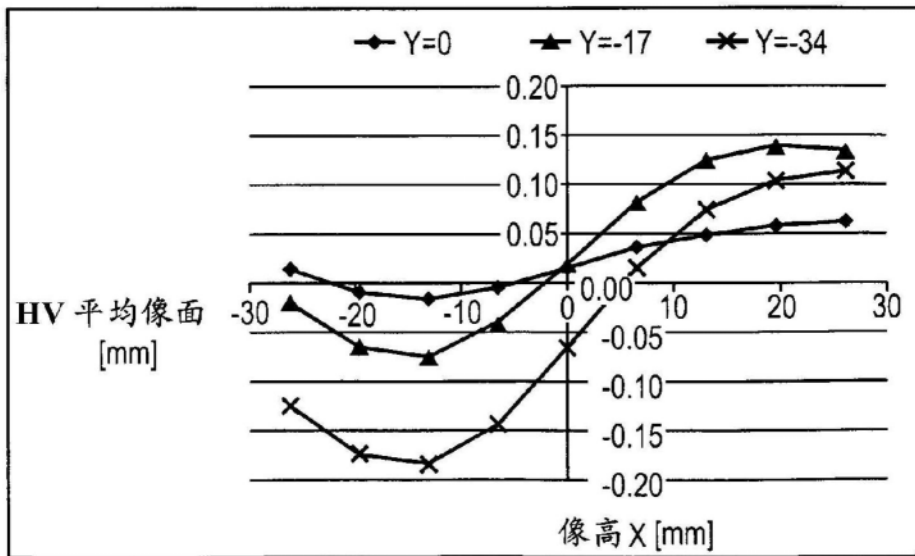


图7C

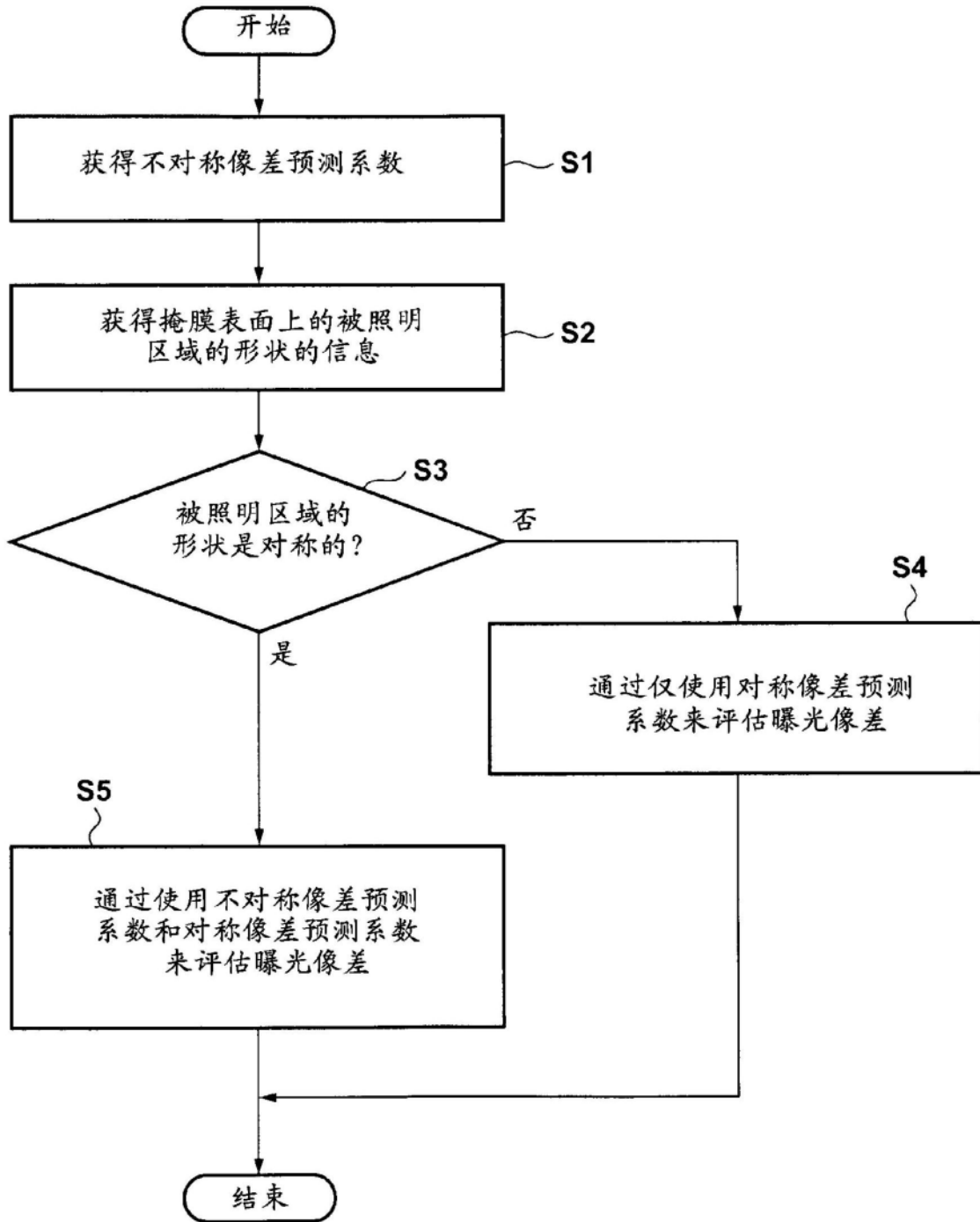


图8

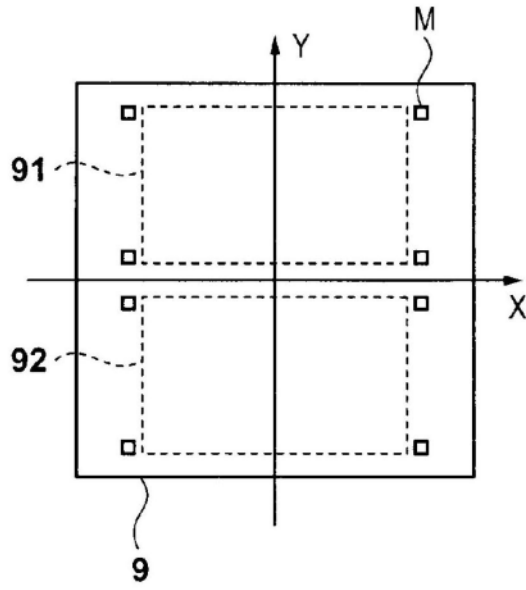


图9