



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110244518 B

(45) 授权公告日 2021. 07. 23

(21) 申请号 201910161927.6

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2019.03.05

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/027 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110244518 A

审查员 赵子甲

(43) 申请公布日 2019.09.17

(30) 优先权数据

2018-043490 2018.03.09 JP

(73) 专利权人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 簀仲彦

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所

有限公司 11038

代理人 孙蕾

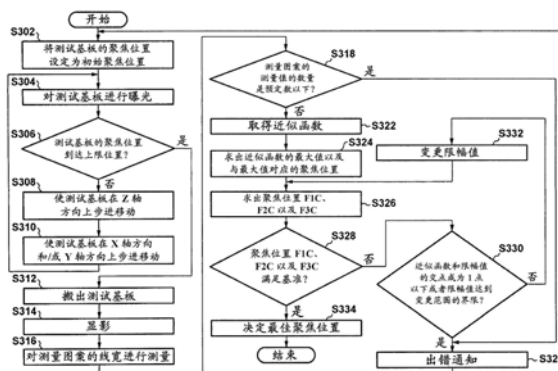
权利要求书6页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

决定方法、曝光方法、装置、物品的制造方法
及存储介质

(57) 摘要

本发明涉及决定方法、曝光方法、装置、物品的制造方法及存储介质。提供决定方法，决定将掩模图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置，具有：第1工序，取得表示经投影光学系统分别在投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置转印的第1测量图案的测量结果与多个位置的关系的函数；第2工序，求出为函数和第1水平交叉的2个点中点的第1聚焦位置；第3工序，求出为函数和与第1水平不同的第2水平交叉的2个点中点的第2聚焦位置；第4工序，求出为函数和第1与第2水平之间的第3水平交叉的2个点中点的第3聚焦位置；第5工序，根据第3聚焦位置、第1与第3聚焦位置的第1差分、及第2与第3聚焦位置的第2差分决定最佳聚焦位置。



1. 一种决定方法, 决定将掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置, 其特征在于, 具有:

第1工序, 取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数;

第2工序, 求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置;

第3工序, 求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置;

第4工序, 求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置; 以及

第5工序, 根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分, 决定所述最佳聚焦位置。

2. 根据权利要求1所述的决定方法, 其特征在于,

所述第3水平是所述第1水平和所述第2水平的中点。

3. 根据权利要求1所述的决定方法, 其特征在于,

在所述第5工序中, 在所述第1差分以及所述第2差分是阈值以下的情况下, 将所述第3聚焦位置作为所述最佳聚焦位置。

4. 根据权利要求1所述的决定方法, 其特征在于,

所述第5工序在所述第1差分及所述第2差分大于阈值的情况下, 包括:

求出成为所述函数和使所述第1水平移位预定量而得到的第4水平交叉的2个点的中点的第4聚焦位置的工序;

求出成为所述函数和使所述第2水平移位所述预定量而得到的第5水平交叉的2个点的中点的第5聚焦位置的工序;

求出成为所述函数和使所述第3水平移位所述预定量而得到的第6水平交叉的2个点的中点的第6聚焦位置的工序; 以及

根据所述第6聚焦位置、所述第4聚焦位置和所述第6聚焦位置的差分、及所述第5聚焦位置和所述第6聚焦位置的差分, 决定所述最佳聚焦位置的工序。

5. 根据权利要求1所述的决定方法, 其特征在于,

所述第5工序在所述第1差分及所述第2差分大于阈值的情况下, 包括:

取得表示经由所述投影光学系统再次在所述多个位置的各个位置被转印的所述第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的新的函数的工序;

求出成为所述新的函数和所述第1水平交叉的2个点的中点的第7聚焦位置的工序;

求出成为所述新的函数和所述第2水平交叉的2个点的中点的第8聚焦位置的工序;

求出成为所述新的函数和所述第3水平交叉的2个点的中点的第9聚焦位置的工序; 以及

根据所述第9聚焦位置、所述第7聚焦位置和所述第9聚焦位置的差分、及所述第8聚焦位置和所述第9聚焦位置的差分, 决定所述最佳聚焦位置的工序。

6. 根据权利要求1所述的决定方法, 其特征在于,

所述第5工序在所述第1差分及所述第2差分大于阈值的情况下, 包括:

取得表示经由所述投影光学系统在所述多个位置的各个位置被转印的、在与所述第1测量图案相同的方向上延伸、且具有与所述第1测量图案的线宽不同的线宽的第2测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的新的函数的工序；

求出成为所述新的函数和所述第1水平交叉的2个点的中点的第10聚焦位置的工序；

求出成为所述新的函数和所述第2水平交叉的2个点的中点的第11聚焦位置的工序；

求出成为所述新的函数和所述第3水平交叉的2个点的中点的第12聚焦位置的工序；以及

根据所述第12聚焦位置、所述第10聚焦位置和所述第12聚焦位置的差分、及所述第11聚焦位置和所述第12聚焦位置的差分，决定所述最佳聚焦位置的工序。

7. 根据权利要求6所述的决定方法，其特征在于，

所述第5工序包括经由所述投影光学系统在所述多个位置的各个位置转印所述第2测量图案的工序。

8. 根据权利要求1所述的决定方法，其特征在于，

所述测量结果包括在所述多个位置的各个位置被转印的所述第1测量图案的线宽或者所述第1测量图案的光强度分布图。

9. 一种决定方法，决定将掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置，其特征在于，具有：

第1工序，取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数；

第2工序，求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置；

第3工序，求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置；以及

第4工序，根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分，决定所述最佳聚焦位置。

10. 根据权利要求9所述的决定方法，其特征在于，

在所述第4工序中，在所述差分是阈值以下的情况下，将所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置之间的第3聚焦位置作为所述最佳聚焦位置。

11. 根据权利要求10所述的决定方法，其特征在于，

所述第3聚焦位置是所述第1聚焦位置和所述第2聚焦位置的中点。

12. 根据权利要求10所述的决定方法，其特征在于，

所述第3聚焦位置是由所述函数、以及连接所述函数和第3水平交叉的2个点的线段规定的闭合区域的重心位置，

所述第3水平是所述第1水平与所述第2水平之间的水平。

13. 根据权利要求9所述的决定方法，其特征在于，

所述测量结果包括在所述多个位置的各个位置被转印的所述第1测量图案的线宽或者所述第1测量图案的光强度分布图。

14. 一种曝光方法，使用具有将掩模的图案投影到基板的投影光学系统的曝光装置对所述基板进行曝光，其特征在于，具有：

第1工序，决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置；

第2工序,根据在所述第1工序中决定的最佳聚焦位置,调整所述曝光装置;以及
第3工序,使用在所述第2工序中调整后的所述曝光装置对所述基板进行曝光,
所述第1工序包括:

取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数的工序;

求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置的工序;

求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置的工序;

求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置的工序;以及

根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分,决定所述最佳聚焦位置的工序。

15. 根据权利要求14所述的曝光方法,其特征在于,

所述第2工序包括调整保持所述基板的基板载置台的位置及姿势的至少1个的工序、以及调整包含于所述投影光学系统的光学元件的位置、姿势及面形状的至少1个的工序的至少一方。

16. 一种曝光方法,使用具有将掩模的图案投影到基板的投影光学系统的曝光装置对所述基板进行曝光,其特征在于,具有:

第1工序,决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置;

第2工序,根据在所述第1工序中决定的最佳聚焦位置,调整所述曝光装置;以及

第3工序,使用在所述第2工序中调整后的所述曝光装置对所述基板进行曝光,

所述第1工序包括:

取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数的工序;

求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置的工序;

求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置的工序;以及

根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分,决定所述最佳聚焦位置的工序。

17. 根据权利要求16所述的曝光方法,其特征在于,

所述第2工序包括调整保持所述基板的基板载置台的位置及姿势的至少1个的工序、以及调整包含于所述投影光学系统的光学元件的位置、姿势及面形状的至少1个的工序的至少一方。

18. 一种曝光装置,对基板进行曝光,其特征在于,具有:

投影光学系统,将掩模的图案投影到所述基板;以及

处理部,进行决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置的处理,

所述处理部

取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多

个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数，

求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置，

求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置，

求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置，

根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分，决定所述最佳聚焦位置。

19. 一种曝光装置，对基板进行曝光，其特征在于，具有：

投影光学系统，将掩模的图案投影到所述基板；以及

处理部，进行决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置的处理，

所述处理部

取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数，

求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置，

求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置，

根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分，决定所述最佳聚焦位置。

20. 一种物品的制造方法，其特征在于，具有：

使用曝光方法对涂敷于基板的感光剂进行曝光的工序；

使被曝光的所述感光剂显影而形成所述感光剂的图案的工序；以及

通过根据显影的所述感光剂的图案将图案形成于所述基板并对形成有图案的基板进行加工从而制造物品的工序，

所述曝光方法是使用具有将掩模的图案投影到所述基板的投影光学系统的曝光装置对所述基板进行曝光的曝光方法，

所述曝光方法具有：

第1工序，决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置；

第2工序，根据在所述第1工序中决定的最佳聚焦位置，调整所述曝光装置；以及

第3工序，使用在所述第2工序中调整后的所述曝光装置对所述基板进行曝光，

所述第1工序包括：

取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数的工序；

求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置的工序；

求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置的工序；

求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置的工序；以及

根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚

焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分,决定所述最佳聚焦位置的工序。

21. 一种物品的制造方法,其特征在于,具有:

使用曝光方法对涂敷于基板的感光剂进行曝光的工序;

使被曝光的所述感光剂显影而形成所述感光剂的图案的工序;以及

通过根据显影的所述感光剂的图案将图案形成于所述基板并对形成有图案的基板进行加工从而制造物品的工序,

所述曝光方法是使用具有将掩模的图案投影到所述基板的投影光学系统的曝光装置对所述基板进行曝光的曝光方法,

所述曝光方法具有:

第1工序,决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置;

第2工序,根据在所述第1工序中决定的最佳聚焦位置,调整所述曝光装置;以及

第3工序,使用在所述第2工序中调整后的所述曝光装置对所述基板进行曝光,

所述第1工序包括:

取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数的工序;

求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置的工序;

求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置的工序;以及

根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分,决定所述最佳聚焦位置的工序。

22. 一种存储介质,存储有用于使计算机执行决定将掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置的決定方法的各工序的程序,其特征在于,

所述決定方法具有:

第1工序,取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数;

第2工序,求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置;

第3工序,求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置;

第4工序,求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置;以及

第5工序,根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分,决定所述最佳聚焦位置。

23. 一种存储介质,存储有用于使计算机执行决定将掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置的決定方法的各工序的程序,其特征在于,

所述決定方法具有:

第1工序,取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数;

第2工序,求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置;

第3工序,求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置;以及

第4工序,根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分,决定所述最佳聚焦位置。

决定方法、曝光方法、装置、物品的制造方法及存储介质

技术领域

[0001] 本发明涉及决定方法、曝光方法、曝光装置、物品的制造方法以及存储介质。

背景技术

[0002] 半导体器件、平板显示器 (FPD) 等器件是经由光刻工序而制造的。光刻工序包括曝光工序,在该曝光工序中,将掩模或者掩模原版 (原版) 的图案,经由包括透镜、反射镜的投影光学系统投影到涂敷有抗蚀剂 (感光剂) 的玻璃板、晶片等基板,对上述基板进行曝光。

[0003] 在曝光工序中,需要使投影光学系统的最佳聚焦位置、即掩模的图案的图像以最高的对比度形成的位置、和基板的表面位置 (涂敷有抗蚀剂的面) 准确地一致。在投影光学系统的最佳聚焦位置和基板的表面位置未一致时,掩模的图案的像产生模糊,无法在基板上形成期望的图案的像。

[0004] 在日本特开平6-216004号公报中,提出了求出投影光学系统的最佳聚焦位置的技术。在日本特开平6-216004号公报公开的技术中,首先,在将涂敷有抗蚀剂的基板的聚焦位置设定为初始值的状态下,经由聚焦测量用图案对基板进行曝光 (在基板上形成聚焦测量用图案的像)。接下来,在将基板的聚焦位置变更了预定的步进量的状态下,经由聚焦测量用图案对基板进行曝光。直至基板的聚焦位置到达变更范围的下限、上限,反复这样的基板的聚焦位置的变更和基板的曝光,如果基板的聚焦位置到达变更范围的下限、上限,则使基板显影。接下来,测量与在显影后的基板上形成的聚焦测量用图案对应的抗蚀剂像 (图案像) 的大小,使用最小二乘法利用聚焦位置的函数来近似图案像的大小。然后,设定比近似函数的最大值小了预先决定的值的阈值,求出上述阈值和近似函数交叉的2个点 (聚焦位置),将2个点的中间的位置作为投影光学系统的最佳聚焦位置。这样,在日本特开平6-216004号公报公开的技术中,利用在理想的成像状态下,与在基板上形成的聚焦测量用图案对应的图案像的大小由于聚焦位置而导致的变化关于最佳聚焦位置为对称这一情况。其原因为,散焦针对图像形成的影响在正侧、负侧大致相同。

发明内容

[0005] 然而,实际上,有时与在基板上形成的聚焦测量用图案对应的图案像的大小由于聚焦位置而导致的变化关于最佳聚焦位置为非对称。针对每个聚焦位置在基板上的不同的位置形成与聚焦测量用图案对应的图案像。因此,在存在依赖于基板上的位置而使图案像的大小变化的主要原因的情况下,图案像的大小由于聚焦位置而导致的变化关于最佳聚焦位置为非对称。作为这样的主要原因,可以举出抗蚀剂膜厚由于基板上的位置而导致的差、显影时的显影液的液量、滞留时间由于基板上的位置而导致的差、耀斑光强度由于基板上的位置而导致的差等。另外,即使在投影光学系统具有球面像差等像差的情况下,图案像的大小由于聚焦位置而导致的变化仍关于最佳聚焦位置为非对称。

[0006] 在这样的情况下,用聚焦位置的函数对图案像的大小进行近似而得到的近似函数也为非对称的形状,所以依赖于将阈值设定于何处而最佳聚焦位置发生大幅变化。因此,认

为根据非对称的形状的近似函数求出的最佳聚焦位置的可靠性低(与真实值的差大)。但是,在以往技术中,无法定量地评价根据近似函数求出的最佳聚焦位置的可靠性,所以有可能将与真实值的差大的聚焦位置作为最佳聚焦位置。

[0007] 本发明提供一种有利于决定投影光学系统的最佳聚焦位置的決定方法。

[0008] 作为本发明的一个侧面的決定方法是決定將掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置的決定方法,其特征在于,具有:第1工序,取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数;第2工序,求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置;第3工序,求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置;第4工序,求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置;以及第5工序,根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分,決定所述最佳聚焦位置。

[0009] 作为本发明的另一侧面的決定方法是決定將掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置的決定方法,其特征在于,具有:第1工序,取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数;第2工序,求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置;第3工序,求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置;以及第4工序,根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分,決定所述最佳聚焦位置。

[0010] 作为本发明的又另一侧面的曝光方法是使用具有將掩模的图案投影到基板的投影光学系统的曝光装置对所述基板进行曝光的曝光方法,其特征在于,具有:第1工序,決定所述投影光学系统的最佳聚焦位置;第2工序,根据在所述第1工序中決定的最佳聚焦位置,調整所述曝光装置;以及第3工序,使用在所述第2工序中調整后的所述曝光装置对所述基板进行曝光,所述第1工序包括:取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数的工序;求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置的工序;求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置的工序;求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置的工序;以及根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分,決定所述最佳聚焦位置的工序。

[0011] 作为本发明的又另一侧面的曝光方法是使用具有將掩模的图案投影到基板的投影光学系统的曝光装置对所述基板进行曝光的曝光方法,其特征在于,具有:第1工序,決定所述投影光学系统的最佳聚焦位置;第2工序,根据在所述第1工序中決定的最佳聚焦位置,調整所述曝光装置;以及第3工序,使用在所述第2工序中調整后的所述曝光装置对所述基板进行曝光,所述第1工序包括:取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数的工序;求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚

焦位置的工序;求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置的工序;以及根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分,决定所述最佳聚焦位置的工序。

[0012] 作为本发明的又一侧面的曝光装置是对基板进行曝光的曝光装置,其特征在于,具有:投影光学系统,将掩模的图案投影到所述基板;以及处理部,进行决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置的处理,所述处理部取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数,求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置,求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置,求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置,根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分,决定所述最佳聚焦位置。

[0013] 作为本发明的又一侧面的曝光装置是对基板进行曝光的曝光装置,其特征在于,具有:投影光学系统,将掩模的图案投影到所述基板;以及处理部,进行决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置的处理,所述处理部取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数,求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置,求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置,根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分,决定所述最佳聚焦位置。

[0014] 作为本发明的又一侧面的物品的制造方法具有:使用曝光方法对涂敷于基板的感光剂进行曝光的工序;使被曝光的所述感光剂显影而形成所述感光剂的图案的工序;以及通过根据显影的所述感光剂的图案将图案形成于所述基板并对形成有图案的基板进行加工从而制造物品的工序,所述曝光方法是使用具有将掩模的图案投影到所述基板的投影光学系统的曝光装置对所述基板进行曝光的曝光方法,所述曝光方法具有:第1工序,决定所述投影光学系统的最佳聚焦位置;第2工序,根据在所述第1工序中决定的最佳聚焦位置,调整所述曝光装置;以及第3工序,使用在所述第2工序中调整后的所述曝光装置对所述基板进行曝光,所述第1工序包括:取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数的工序;求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置的工序;求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置的工序;求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置的工序;以及根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分,决定所述最佳聚焦位置的工序。

[0015] 作为本发明的又一侧面的物品的制造方法具有:使用曝光方法对涂敷于基板的感光剂进行曝光的工序;使被曝光的所述感光剂显影而形成所述感光剂的图案的工序;以及通过根据显影的所述感光剂的图案将图案形成于所述基板并对形成有图案的基板进行加工从而制造物品的工序,所述曝光方法是使用具有将掩模的图案投影到所述基板的投影光学系统的曝光装置对所述基板进行曝光的曝光方法,所述曝光方法具有:第1工序,决定

所述投影光学系统的最佳聚焦位置;第2工序,根据在所述第1工序中决定的最佳聚焦位置,调整所述曝光装置;以及第3工序,使用在所述第2工序中调整后的所述曝光装置对所述基板进行曝光,所述第1工序包括:取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数的工序;求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置的工序;求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置的工序;以及根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分,决定所述最佳聚焦位置的工序。

[0016] 作为本发明的又一侧面的存储介质是存储有用于使计算机执行决定将掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置的决定的方法的各工序的程序的存储介质,其特征在于,所述决定方法具有:第1工序,取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数;第2工序,求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置;第3工序,求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置;第4工序,求出成为所述函数和所述第1水平与所述第2水平之间的第3水平交叉的2个点的中点的第3聚焦位置;以及第5工序,根据所述第3聚焦位置、所述第1聚焦位置与所述第3聚焦位置的第1差分、及所述第2聚焦位置与所述第3聚焦位置的第2差分,决定所述最佳聚焦位置。

[0017] 作为本发明的又一侧面的存储介质是存储有用于使计算机执行决定将掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置的决定的方法的各工序的程序的存储介质,其特征在于,所述决定方法具有:第1工序,取得表示经由所述投影光学系统分别在所述投影光学系统的像面侧的光轴方向的多个位置处被转印的第1测量图案的测量结果、与所述多个位置的各个位置的关系的函数;第2工序,求出成为所述函数和第1水平交叉的2个点的中点的第1聚焦位置;第3工序,求出成为所述函数和与所述第1水平不同的第2水平交叉的2个点的中点的第2聚焦位置;以及第4工序,根据所述第1聚焦位置与所述第2聚焦位置的差分,决定所述最佳聚焦位置。

[0018] 本发明的进一步的目的或者其他侧面通过以下参照附图说明的优选的实施方式将变得更加明确。

[0019] 根据本发明,例如,能够提供有利于决定投影光学系统的最佳聚焦位置的决定的方法。

附图说明

[0020] 图1是示出曝光装置的结构概略图。

[0021] 图2是示出测量图案的一个例子的图。

[0022] 图3是用于说明决定投影光学系统的最佳聚焦位置的决定的处理的流程图。

[0023] 图4A以及图4B是用于具体地说明图3所示的决定的处理的S322、S324以及S326、S328、S332以及S334的图。

[0024] 图5A以及图5B是用于具体地说明图3所示的决定的处理的S322、S324以及S326、S328、S332以及S334的图。

[0025] 图6是用于具体地说明图3所示的决定处理的S322、S324以及S326、S328、S332以及S334的图。

[0026] 图7是用于说明决定投影光学系统的最佳聚焦位置的决定的图。

[0027] 图8是示出曝光装置的结构概略图。

具体实施方式

[0028] 以下,参照附图,说明本发明的优选的实施方式。此外,在各图中,对同一部件附加同一参照编号,省略重复的说明。

[0029] 作为本发明的一个侧面,说明决定使来自物面的光在像面成像的光学系统的最佳聚焦位置的决定的方法。在本实施方式中,以在决定将在曝光装置中使用的掩模的图案投影到基板的投影光学系统的最佳聚焦位置时应用本发明的情况为例子进行说明。在此,投影光学系统的最佳聚焦位置是指,掩模的图案的像以最高的对比度形成的位置。

[0030] 首先,参照图1,说明曝光装置100。图1是示出曝光装置100的结构概略图。曝光装置100是在作为半导体器件、平板显示器(FPD)等器件的制造工序的光刻工序中使用的光刻装置。曝光装置100经由掩模对基板进行曝光,将掩模的图案转印到基板。

[0031] 曝光装置100如图1所示,具有照明光学系统1、投影光学系统7、掩模载置台22、基板载置台62以及控制部80。在此,以将水平面设为XY平面、将铅直方向设为Z轴方向的方式,定义XYZ坐标系。

[0032] 曝光装置100将从光源(未图示)射出的光经由照明光学系统1照射到掩模21,使来自掩模21的图案的光经由投影光学系统7在基板61上成像。在基板61上,涂敷有抗蚀剂(感光剂),所以通过经由后工序的显影工序,将掩模21的图案转印到基板61。

[0033] 在对基板61进行曝光时,在±Y方向上,对保持掩模21的掩模载置台22、和保持基板61的基板载置台62同步地进行扫描。由此,能够在比投影光学系统7的投影区域大的尺寸的区域(掩模图案区域)对基板61进行曝光。在掩模载置台22以及基板载置台62的扫描结束后,使基板载置台62在X方向和/或Y方向上步进移动一定量,对基板61的其他镜头区域进行曝光。在基板61的所有镜头区域的曝光结束后,将基板61从曝光装置100搬出,将新的基板搬入到曝光装置100。

[0034] 在本实施方式中,投影光学系统7是包括凹面反射镜3、梯形反射镜4以及凸面反射镜5的反射型光学系统。另外,投影光学系统7在两侧(物面侧以及像面侧)是远心。换言之,从投影光学系统7入射到基板61的光的主光线在物面侧以及像面侧这两方中与Z轴平行。

[0035] 控制部80由包括CPU、存储器等的信息处理装置(计算机)构成,依照储存于存储器的程序控制曝光装置100的各部分。控制部80通过控制曝光装置100的各部分的动作,进行对基板61实施曝光而将掩模21的图案转印到基板61的曝光处理。另外,在本实施方式中,控制部80还作为进行决定投影光学系统7的最佳聚焦位置的决定的处理部发挥功能。但是,上述决定处理无需一定由控制部80进行,也可以由曝光装置100的外部的信息处理装置进行,从信息处理装置取得投影光学系统7的最佳聚焦位置。

[0036] 在经由投影光学系统7将掩模21的图案投影到基板61时,需要使投影光学系统7的最佳聚焦位置、和基板61的表面位置(涂敷有抗蚀剂的面)准确地一致。在投影光学系统7的最佳聚焦位置和基板61的表面位置未一致时,经由投影光学系统7形成在基板上的掩模21

的图案的像产生模糊,所以无法在基板上形成期望的图案的像。

[0037] 因此,在本实施方式中,在对基板61进行曝光之前,进行决定投影光学系统7的最佳聚焦位置的決定处理。在決定处理中,首先,一边变更相对投影光学系统7的测试基板的光轴方向、即Z轴方向的位置(聚焦位置),一边经由投影光学系统7,将测量图案的像投影到测试基板。然后,测量经由显影工序在测试基板上形成的、与测量图案对应的抗蚀剂像(图案像)的线宽,根据其测量结果,决定投影光学系统7的最佳聚焦位置。使这样決定的投影光学系统7的最佳聚焦位置和基板61的表面位置一致而对基板61进行曝光。由此,经由投影光学系统7在基板上形成的掩模21的图案的像不会产生模糊,而能够在基板上形成期望的图案的像。此外,在后面详细说明决定投影光学系统7的最佳聚焦位置的決定处理。另外,在本实施方式中,在決定处理中,将经由投影光学系统7对测量图案的像进行投影的对象作为测试基板,但也可以代替测试基板,而使用被转印掩模21的图案的基板61。

[0038] 图2是示出包括多个测量图案的测量图案群10的一个例子的图。测量图案群10既可以设置于掩模21,也可以设置于与掩模21独立的聚焦测量用掩模。测量图案群10例如如图2所示,包括图案延伸的方向相互不同的4个测量图案101、102、103以及104。测量图案101至104分别是孤立的单一的线图案,被称为孤立线(等规)图案。测量图案101至104被用于决定针对分别延伸的方向的图案的投影光学系统7的最佳聚焦位置。因此,根据针对形成于掩模21的哪个方向的图案决定投影光学系统7的最佳聚焦位置,决定测量图案101至104中的使用的测量图案即可。测量图案101至104被设计成在投影光学系统7的最佳聚焦位置和基板61的表面位置一致的情况下,该像的线宽成为最大。因此,通过测量经由投影光学系统7在投影光学系统7的像面侧的光轴方向、即Z轴方向的多个位置的各个位置处形成的测量图案101至104的图像的线宽,能够求出投影光学系统7的最佳聚焦位置。

[0039] 以下,参照图3,详细说明决定投影光学系统7的最佳聚焦位置的決定处理。在S302中,将测试基板的聚焦位置设定为初始聚焦位置。具体而言,使基板载置台62保持涂敷有抗蚀剂的测试基板,以使测试基板的聚焦位置成为初始聚焦位置的方式,使基板载置台62移动。初始聚焦位置例如被设定为使测试基板在Z轴方向上移动的范围(移动范围)的下限位置(Z坐标负侧的极限)或者上限位置(Z坐标正侧的极限)。在本实施方式中,初始聚焦位置被设定为移动范围的下限位置。

[0040] 在S304中,经由投影光学系统7将测量图案的图像投影到测试基板,对测试基板进行曝光。具体而言,使掩模载置台22保持设置有图2所示的测量图案群10的掩模,经由投影光学系统7,在测试基板上形成测量图案101至104中的1个测量图案的像。

[0041] 在S306中,判定测试基板的聚焦位置是否到达移动范围的上限位置。在测试基板的聚焦位置未到达移动范围的上限位置的情况下,转移到S308。

[0042] 在S308中,使测试基板在Z轴方向上步进移动。具体而言,使保持测试基板的基板载置台在Z轴方向上移动预定的步进量。在本实施方式中,初始聚焦位置被设定为移动范围的下限位置,所以以使测试基板上升的方式,使基板载置台向Z坐标正侧移动。在S302中,在初始聚焦位置被设定为移动范围的上限位置的情况下,以使测试基板下降的方式,使基板载置台向Z坐标负侧移动。

[0043] 在S310中,使测试基板在X轴方向和/或Y轴方向上步进移动。具体而言,以使测试基板的未曝光区域曝光的方式,使保持测试基板的基板载置台在X轴方向和/或Y轴方向上

移动预定的步进量。

[0044] 这样,直至测试基板的聚焦位置到达移动范围的上限位置,反复进行S304至S310。然后,在测试基板的聚焦位置到达移动范围的上限位置后,在S306中,转移到S312。

[0045] 在S312中,从曝光装置100搬出测试基板。在S314中,使从曝光装置100搬出的测试基板显影。

[0046] 在S316中,使用显微镜,测量在显影后的测试基板上形成的、与测量图案对应的抗蚀剂图像、即转印到测试基板的测量图案的线宽。将与测试基板的聚焦位置 F_i ($i=0,1,2,\dots$) 对应的测量图案的线宽的测量值(测量结果) 设为 L_i 。在抗蚀剂图像走形等而无法测量测量图案的线宽的情况下,与其聚焦位置 F_i 对应的测量图案的线宽的测量值 L_i 成为无效。

[0047] 在S318中,判定在S316中得到的测量图案的测量值(有效的测量值) 的数量是否为预定数以下(例如4个以下)。在测量图案的测量值的数量是预定数以下的情况下,当作测量条件有问题,转移到S320。在S320中,通知决定投影光学系统7的最佳聚焦位置的决策处理出错了(出错通知),转移到S302,从经由投影光学系统7将测量图案的像投影到测试基板而使测试基板曝光开始重新进行。另一方面,在测量图案的测量值的数量并非预定数以下的情况下,转移到S322。

[0048] 在S322中,取得表示在S316中得到的测量图案的测量值 L_i 与测试基板的聚焦位置 F_i 的关系的近似函数。具体而言,将在S316中得到的测量图案的测量值 L_i 作为聚焦位置的函数,进行利用最小二乘法的函数拟合。在函数拟合中使用的函数例如是聚焦位置的4次多项式。此外,在本实施方式中,以近似函数为例子进行说明,但是只要是表示在S316中得到的测量图案的测量值 L_i 与测试基板的聚焦位置 F_i 的关系的函数即可。

[0049] 在S324中,根据在S322中取得的近似函数,在某个聚焦范围内,求出近似函数的最大值 M 以及与最大值 M 对应的聚焦位置 F_M 。

[0050] 在S326中,针对在S322中取得的近似函数,设定3个限幅值 T_1 、 T_2 以及 T_3 , 求出3个聚焦位置 F_{1C} 、 F_{2C} 以及 F_{3C} 。限幅值 T_1 、 T_2 以及 T_3 是以与在S322中取得的近似函数交叉的方式设定的限幅水平(直线)。

[0051] 具体而言,首先设定限幅值 T_3 (水平), 求出成为在S322中取得的近似函数和限幅值 T_3 交叉的2个点的中点的聚焦位置 F_{3C} 。在此,将在S322中取得的近似函数和限幅值 T_3 交叉的2个点中的负侧的点设为聚焦位置 F_{3A} , 将正侧的点设为聚焦位置 F_{3B} 。并且,根据聚焦位置 F_{3A} 以及 F_{3B} , 求出作为它们的平均值的聚焦位置 F_{3C} 。限幅值 T_3 设定比在S324中求出的近似函数的最大值 M 稍微小的值是妥当的。例如,将近似函数的最大值 M 作为基准, 设为 $T_3=0.90\times M$ 。但是,限幅值 T_3 可以不管近似函数的最大值 M 如何都设为固定值。

[0052] 接下来,使用与限幅值 T_3 不同的限幅值 T_1 以及 T_2 , 同样地求出聚焦位置。限幅值 T_1 是比限幅值 T_3 大一定量的值,限幅值 T_2 是比限幅值 T_3 小一定量的值。例如, 设 $T_1=0.95\times M$, $T_2=0.85\times M$ 。然后, 求出成为在S322中取得的近似函数和限幅值 T_1 交叉的2个点的中点的聚焦位置 F_{1C} 。在此,将在S322中取得的近似函数和限幅值 T_1 交叉的2个点中的负侧的点设为聚焦位置 F_{1A} , 将正侧的点设为聚焦位置 F_{1B} 。然后,根据聚焦位置 F_{1A} 以及 F_{1B} , 求出作为它们的平均值的聚焦位置 F_{1C} 。同样地, 求出成为在S322中取得的近似函数和限幅值 T_2 交叉的2个点的中点的聚焦位置 F_{2C} 。在此,将在S322中取得的近似函数和限幅值 T_2 交叉的2个点

中的负侧的点设为聚焦位置F2A,将正侧的点设为聚焦位置F2B。然后,根据聚焦位置F2A以及F2B,求出作为它们的平均值的聚焦位置F2C。

[0053] 在S328中,判定在S326中求出的3个聚焦位置F1C、F2C以及F3C是否满足基准。在本实施方式中,在S328中,判定将在S326中求出的聚焦位置F3C作为投影光学系统7的最佳聚焦位置是否妥当(是否采用)。具体而言,求出聚焦位置F3C和聚焦位置F1C的差分、以及聚焦位置F3C和聚焦位置F2C的差分,判定这些差分的绝对值是否为阈值以下、即是否满足以下的式(1)以及式(2)。如果在S322中取得的近似函数是关于聚焦位置对称的形状,则 $|F1C-F3C|$ 以及 $|F2C-F3C|$ 的值变小,所以易于满足式(1)以及式(2)。另一方面,如果在S322中取得的近似函数是关于聚焦位置非对称的形状,则 $|F1C-F3C|$ 以及 $|F2C-F3C|$ 的值变大,所以难以满足式(1)以及式(2)。

[0054] $|F1C-F3C| \leq U \cdots (1)$

[0055] $|F2C-F3C| \leq U \cdots (2)$

[0056] 在式(1)以及式(2)中,U是阈值。

[0057] 阈值U需要根据决定投影光学系统7的最佳聚焦位置的精度预先设定。例如,如果需要以 $1\mu\text{m}$ 程度的精度决定投影光学系统7的最佳聚焦位置,则设定为 $U=1\mu\text{m}$ 。

[0058] 在满足式(1)以及式(2)这两方的情况下,认为聚焦位置F3C作为投影光学系统7的最佳聚焦位置可靠性高(接近真实值)。因此,判定为聚焦位置F1C、F2C以及F3C满足基准,转移到S332。

[0059] 另一方面,在未满足式(1)以及式(2)中的某一方或者两方的情况下,聚焦位置F3C由于根据限幅值而大幅变动,所以认为作为投影光学系统7的最佳聚焦位置可靠性低(远离真实值)。因此,判定为聚焦位置F1C、F2C以及F3C未满足基准,转移到S330。

[0060] 在S330中,判定在S322中取得的近似函数和限幅值的交点是否为1点以下、或者、限幅值是否达到预先设定的变更范围的界限。在限幅值过小时,在S322中取得的近似函数和限幅值的交点有时为1点以下。在S322中取得的近似函数和限幅值的交点为1点以下、或者、限幅值达到预先设定的变更范围的界限的情况下,转移到S320。另一方面,在S322中取得的近似函数和限幅值的交点并非1点以下、并且、限幅值未达到预先设定的变更范围的界限的情况下,转移到S332。

[0061] 在S332中,变更限幅值T1、T2以及T3。具体而言,以使限幅值T1、T2以及T3变小的方式,分别移位预定量。例如,限幅值T3从 $T3=0.90 \times M$ 变更为 $T3=0.80 \times M$ 。同样地,限幅值T1从 $T1=0.95 \times M$ 变更为 $T1=0.85 \times M$,限幅值T2从 $T2=0.85 \times M$ 变更为 $T2=0.75 \times M$ 。然后,转移到S326,再次求出3个聚焦位置F1C、F2C以及F3C。

[0062] 在S334中,决定投影光学系统7的最佳聚焦位置。在本实施方式中,如上所述,判定聚焦位置F3C作为投影光学系统7的最佳聚焦位置是否妥当。因此,在转移到S334的情况下,将在S326中求出的聚焦位置F3C决定(采用)为投影光学系统7的最佳聚焦位置。

[0063] 参照图4A、图4B、图5A、图5B以及图6,具体地说明图3所示的决定处理的S322、S324以及S326、S328、S332以及S334。

[0064] 图4A是示出在S322中取得的、在S316中得到的测量图案的测量值 L_i 与测试基板的聚焦位置 F_i 的关系的近似函数CC的一个例子的图。在图4A中,纵轴表示测量图案的测量值 L_i (线宽),横轴表示测试基板的聚焦位置 F_i (从投影光学系统7的最佳聚焦位置起的散焦

量)。另外,测量图案的测量值 L_i 以约 $4\mu\text{m}$ 的聚焦间距得到。

[0065] 图4B是示出通过针对图4A所示的近似函数 CC 设定限幅值 T_1 、 T_2 以及 T_3 而求出的聚焦位置 F_{1A} 、 F_{1B} 、 F_{1C} 、 F_{2A} 、 F_{2B} 、 F_{2C} 、 F_{3A} 、 F_{3B} 以及 F_{3C} 的一个例子的图。在图4B中,纵轴表示测量图案的测量值 L_i (线宽),横轴表示测试基板的聚焦位置 F_i (从投影光学系统7的最佳聚焦位置起的散焦量)。另外,限幅值 T_1 成为 $T_1=0.95\times M$,限幅值 T_2 成为 $T_2=0.85\times M$,限幅值 T_3 成为 $T_3=0.90\times M$ 。

[0066] 参照图4B,聚焦位置 F_{1C} 、 F_{2C} 以及 F_{3C} 大致相同。因此,在S328中,例如在将阈值 U 设为 $U=1\mu\text{m}$ 时,满足式(1)以及式(2)。在该情况下,转移到S334,将聚焦位置 F_{3C} 决定为投影光学系统7的最佳聚焦位置。

[0067] 图5A是示出在S322中取得的、表示在S316中得到的测量图案的测量值 L_i 与测试基板的聚焦位置 F_i 的关系的近似函数 CC' 的一个例子的图。在图5A中,纵轴表示测量图案的测量值 L_i (线宽),横轴表示测试基板的聚焦位置 F_i (从投影光学系统7的最佳聚焦位置起的散焦量)。另外,测量图案的测量值 L_i 以约 $4\mu\text{m}$ 的聚焦间距得到。

[0068] 图5B是示出通过针对图5A所示的近似函数 CC' 设定限幅值 T_1' 、 T_2' 以及 T_3' 而求出的聚焦位置 F_{1A}' 、 F_{1B}' 、 F_{1C}' 、 F_{2A}' 、 F_{2B}' 、 F_{2C}' 、 F_{3A}' 、 F_{3B}' 以及 F_{3C}' 的一个例子的图。在图5B中,纵轴表示测量图案的测量值 L_i (线宽),横轴表示测试基板的聚焦位置 F_i (从投影光学系统7的最佳聚焦位置起的散焦量)。另外,限幅值 T_1' 成为 $T_1'=0.95\times M'$,限幅值 T_2' 成为 $T_2'=0.85\times M'$,限幅值 T_3' 成为 $T_3'=0.90\times M'$ 。 M' 是近似函数 CC' 的最大值。

[0069] 参照图5B,在聚焦位置 F_{1C}' 、 F_{2C}' 以及 F_{3C}' 之间产生差。因此,在S328中,例如在将阈值 U 设为 $U=1\mu\text{m}$ 时,不满足式(1)以及式(2)。在该情况下,转移到S330,进而,在转移到S332后,对限幅值施加变更。在此,设为限幅值 T_1' 被变更为限幅值 $T_1''(=0.85\times M')$,限幅值 T_2' 被变更为限幅值 $T_2''(=0.75\times M')$,限幅值 T_3' 被变更为限幅值 $T_3''(=0.80\times M')$ 。

[0070] 图6示出针对图5A所示的近似函数 CC' 设定了限幅值 T_1'' 、 T_2'' 以及 T_3'' 的情况。在该情况下,求出聚焦位置 F_{1A}'' 、 F_{1B}'' 、 F_{1C}'' 、 F_{2A}'' 、 F_{2B}'' 、 F_{2C}'' 、 F_{3A}'' 、 F_{3B}'' 以及 F_{3C}'' 。在图6中,纵轴表示测量图案的测量值 L_i (线宽),横轴表示测试基板的聚焦位置 F_i (从投影光学系统7的最佳聚焦位置起的散焦量)。

[0071] 参照图6,聚焦位置 F_{1C}'' 、 F_{2C}'' 以及 F_{3C}'' 大致相同。因此,在S328中,满足式(1)以及式(2)。在该情况下,转移到S334,将聚焦位置 F_{3C}'' 决定为投影光学系统7的最佳聚焦位置。

[0072] 这样,在本实施方式中,定量地评价根据表示测量图案的测量结果与聚焦位置的关系的近似函数求出的最佳聚焦位置的可靠性。因此,即使在近似函数具有非对称的形状的情况下,也能够避免将与真实值的差大的聚焦位置作为投影光学系统7的最佳聚焦位置,将接近真实值的聚焦位置决定为投影光学系统7的最佳聚焦位置。换言之,在本实施方式中,相比于以往技术,能够高精度地求出投影光学系统7的最佳聚焦位置。

[0073] 另外,本实施方式中的决定投影光学系统7的最佳聚焦位置的决策处理不限于参照图3说明的手法,能够采用各种手法。例如,限幅值 T_1 、 T_2 以及 T_3 的设定也可以不是与近似函数的最大值的比值,而是与固定值(最佳聚焦位置的设定值等)的比值。

[0074] 另外,也可以在S304至S310中,代替一边变更测试基板的聚焦位置一边进行曝光,而对于保持测试基板的基板载置台62,一边从XY平面倾斜一定量的方向上扫描一边进行曝光。由此,能够在1个镜头区域内一并地进行不同的聚焦位置处的曝光。

[0075] 另外,返回到S302,在重新进行向测试基板的曝光的情况下,也可以不是再次转印同一测量图案,而转印在与上述测量图案相同的方向上延伸并且具有不同的线宽的测量图案。例如,在由于显影工艺等的主要原因而无法正确地形成与测量图案对应的抗蚀剂图像的情况下,通过使用具有更大的线宽的测量图案,能够正确地形成与测量图案对应的抗蚀剂图像。

[0076] 另外,在S328中,在不满足式(1)以及式(2)的至少一方的情况下,也可以不转移到S330,而返回到S302,重新进行向测试基板的曝光。在该情况下,也可以如上所述,使用在同一方向上延伸并且具有不同的线宽的测量图案。此外,当在同一方向上延伸并且具有不同的线宽的其他测量图案已经转印到测试基板的情况下,由于不需要曝光,所以转移到S316,测量其他测量图案的线宽即可。

[0077] 另外,也可以在S328中,代替式(1)以及式(2),而使用以下的式(3)。并且,在满足式(3)的情况下,转移到S332,在未满足式(3)的情况下,转移到S330。

[0078] $|F1C-F2C| \leq U \cdots (3)$

[0079] 在使用式(3)的情况下,也可以在S334中,将聚焦位置F3C作为投影光学系统7的最佳聚焦位置,但不仅限于此。换言之,还能够将聚焦位置F3C以外的聚焦位置作为投影光学系统7的最佳聚焦位置。例如,也可以将位于聚焦位置F1C与聚焦位置F2C之间并且并非聚焦位置F3C的聚焦位置,作为投影光学系统7的最佳聚焦位置。具体而言,也可以将与聚焦位置F1C和聚焦位置F2C的中点对应的聚焦位置作为投影光学系统7的最佳聚焦位置。另外,也可以如图7所示,求出近似函数CC和限幅值T3形成的闭合区域400的重心位置F4,将与重心位置F4对应的聚焦位置作为投影光学系统7的最佳聚焦位置。如图7所示,闭合区域400由近似函数CC、以及连接近似函数CC和限幅值T3交叉的2个点的线段规定,通过表示重心位置F4的直线而分割成区域401和区域402。以使区域401的面积和区域402的面积相等的方式,决定重心位置F4。

[0080] 另外,在图3中,以将测量图案转印到测试基板的情况为例子进行了说明。但是,也可以如图8所示,通过设置于基板载置台62的传感器63,对测量图案的像的线宽进行测量。传感器63经由投影光学系统7,对测量图案的像进行检测,输出(测量)上述测量图案的像的线宽。另外,传感器63也可以不是测量图案的像的线宽,而是对测量图案的像的光强度分布图(最大光强度)进行测量。此外,传感器63也可以与基板载置台62独立地构成。

[0081] 说明曝光装置100中的曝光处理(曝光方法)。首先,通过上述决定方法,决定投影光学系统7的最佳聚焦位置。接下来,根据投影光学系统7的最佳聚焦位置,调整曝光装置100的各部分。具体而言,以使投影光学系统7的最佳聚焦位置和基板61的表面位置一致的方式,调整曝光装置100的各部分。上述调整包括调整基板载置台62的位置及姿势的至少1个、以及调整包含于投影光学系统7的光学元件的位置、姿势及面形状的至少1个的至少一方。然后,在使投影光学系统7的最佳聚焦位置和基板61的表面位置一致的状态下,经由投影光学系统7对基板61进行曝光而将掩模21的图案转印到基板61。这样,在曝光装置100中,能够在使投影光学系统7的最佳聚焦位置和基板61的表面位置一致的状态下进行曝光,所以能够在基板上形成期望的图案的像。

[0082] 本发明的实施方式中的物品的制造方法例如适合于制造器件(半导体元件、磁存储介质、液晶显示元件等)、滤光片、光学部件、MEMS等物品。上述制造方法包括:使用曝光装

置100,通过上述实施方式的曝光方法,对涂敷有感光剂的基板进行曝光的工序;以及使曝光的感光剂显影的工序。另外,将显影的感光剂的图案作为掩模,针对基板进行蚀刻工序、离子注入工序等,在基板上形成电路图案。反复这些曝光、显影、蚀刻等工序,在基板上形成由多个层构成的电路图案。在后工序中,针对形成有电路图案的基板进行切割(加工),进行芯片的固定、键合、检查工序。另外,上述制造方法能够包括其他公知的工序(氧化、成膜、蒸镀、掺杂、平坦化、抗蚀剂剥离等)。本实施方式中的物品的制造方法相比于以往,在物品的性能、品质、生产率以及生产成本的至少1个方面上更有利。

[0083] 本发明还能够利用如下处理来实现:将实现上述实施方式的1个以上的功能的程序经由网络或者存储介质供给到系统或者装置,该系统或者装置的计算机中的1个以上的处理器读出并执行程序。另外,还能够通过实现1个以上的功能的电路(例如ASIC)来实现。

[0084] 其它实施例

[0085] 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。

[0086] 以上,说明了本发明的优选的实施方式,但本发明不限于这些实施方式,能够在其要旨的范围内进行各种变形以及变更。

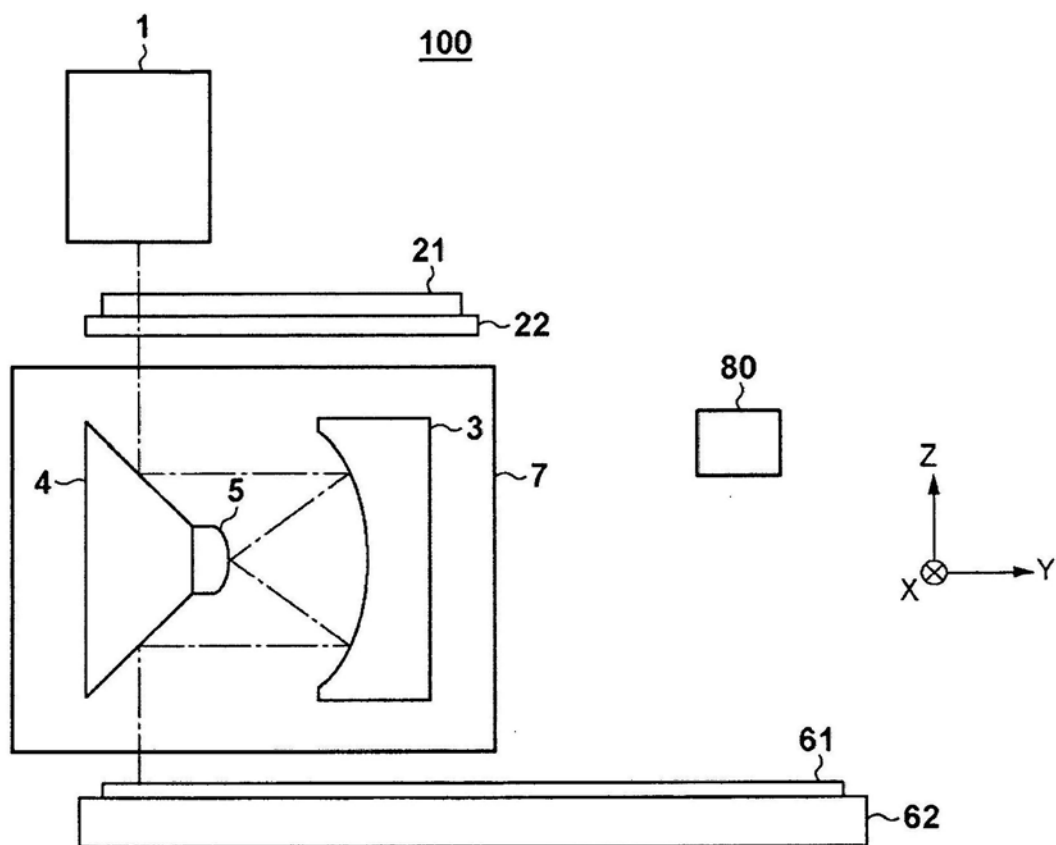


图1

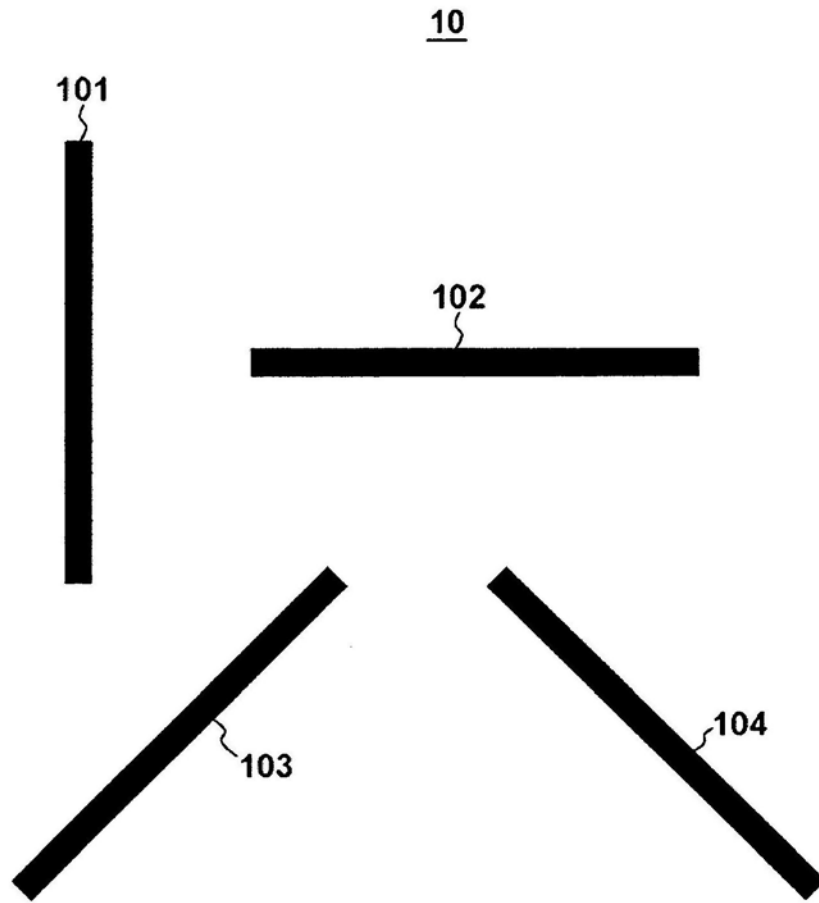


图2

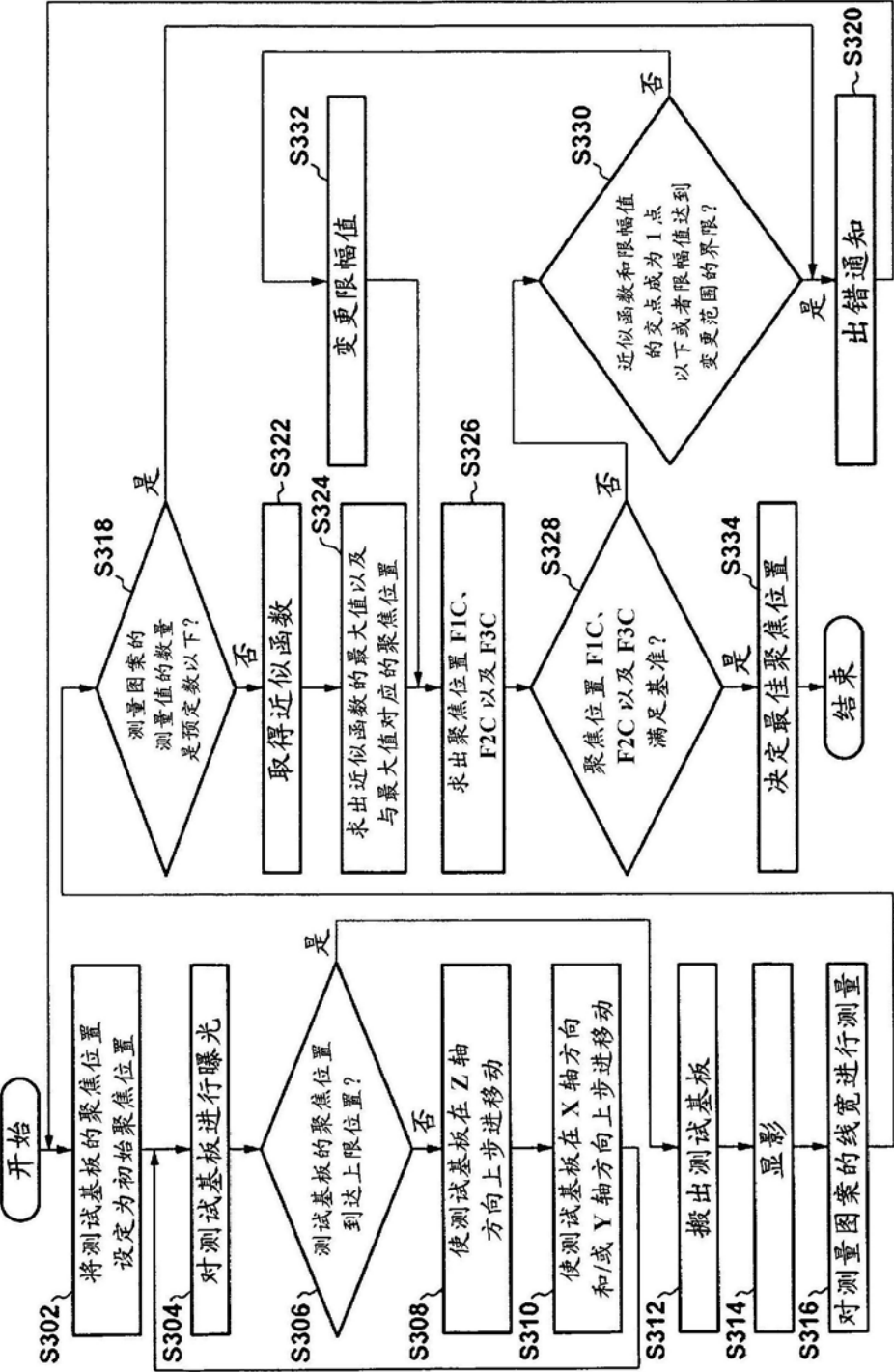


图3

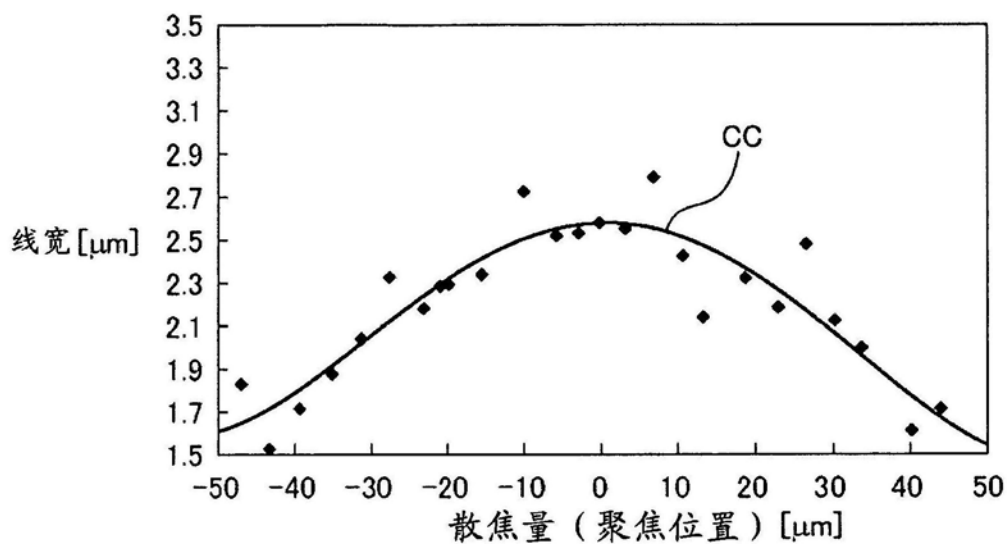


图4A

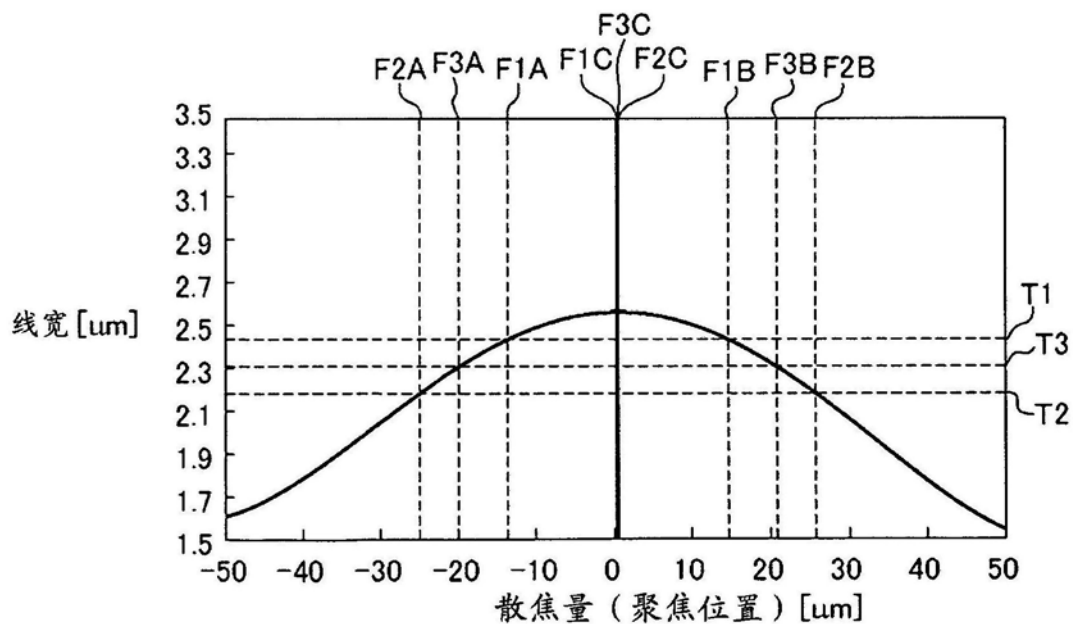


图4B

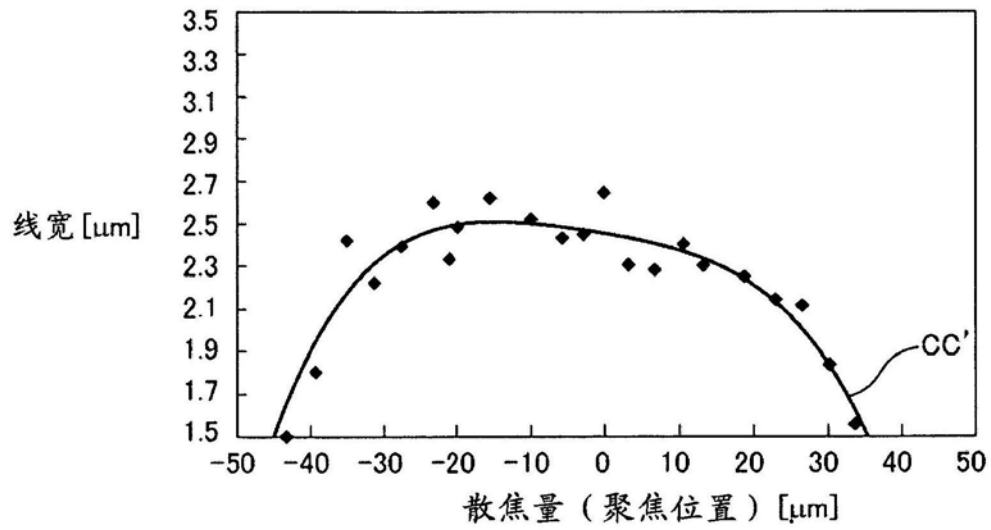


图5A

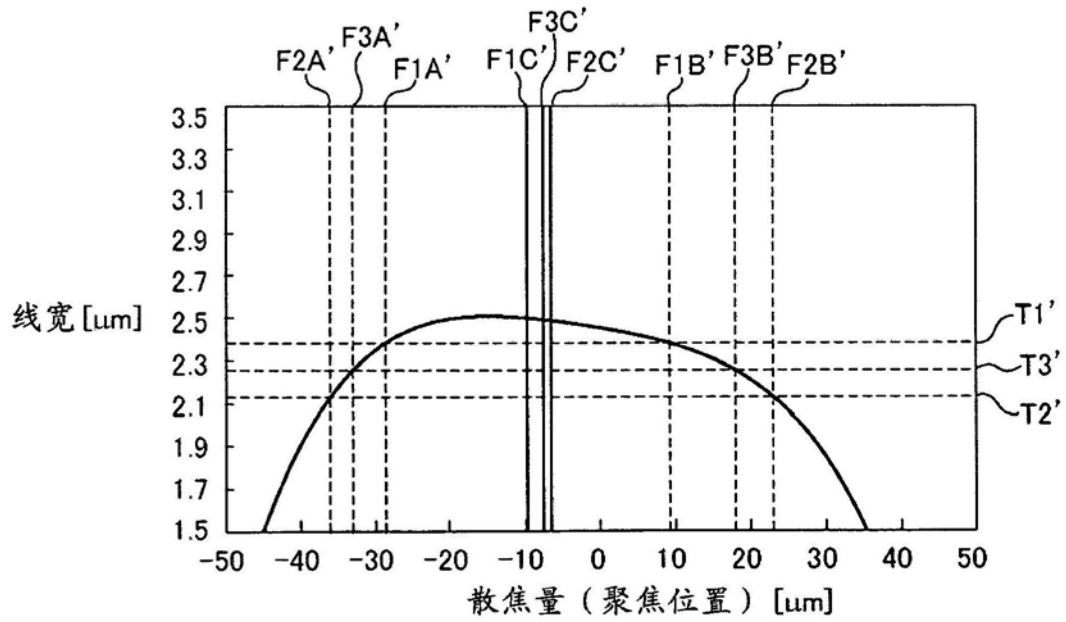


图5B

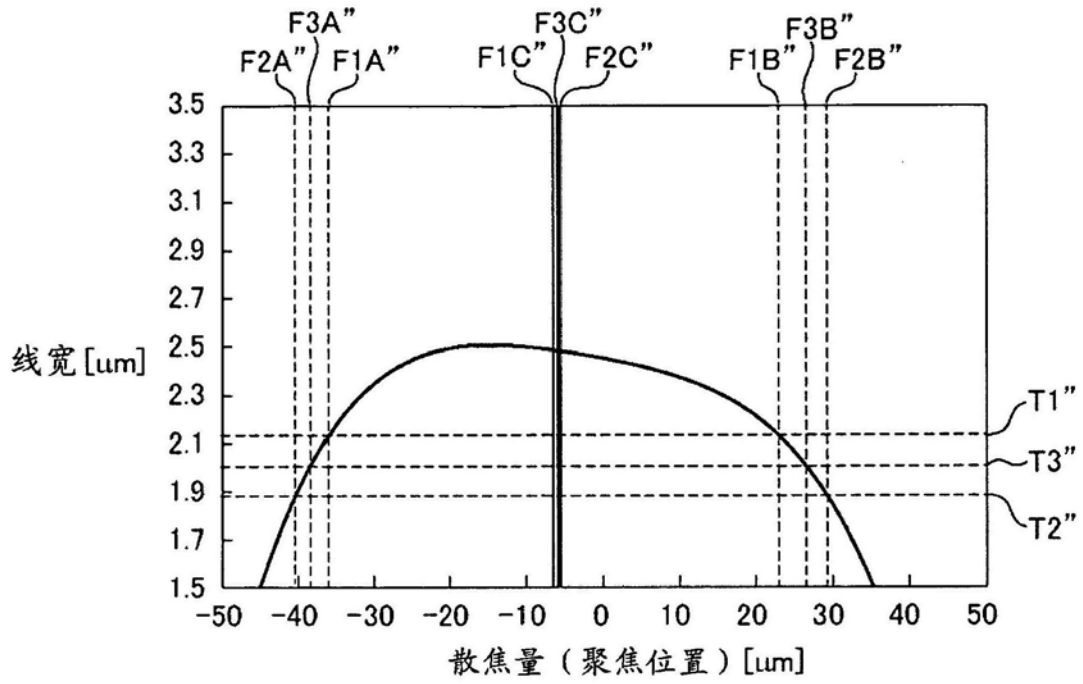


图6

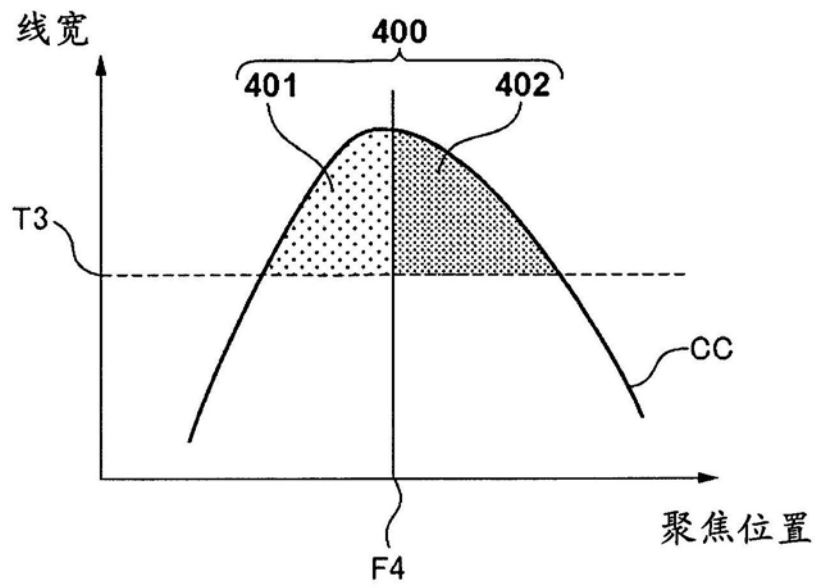


图7

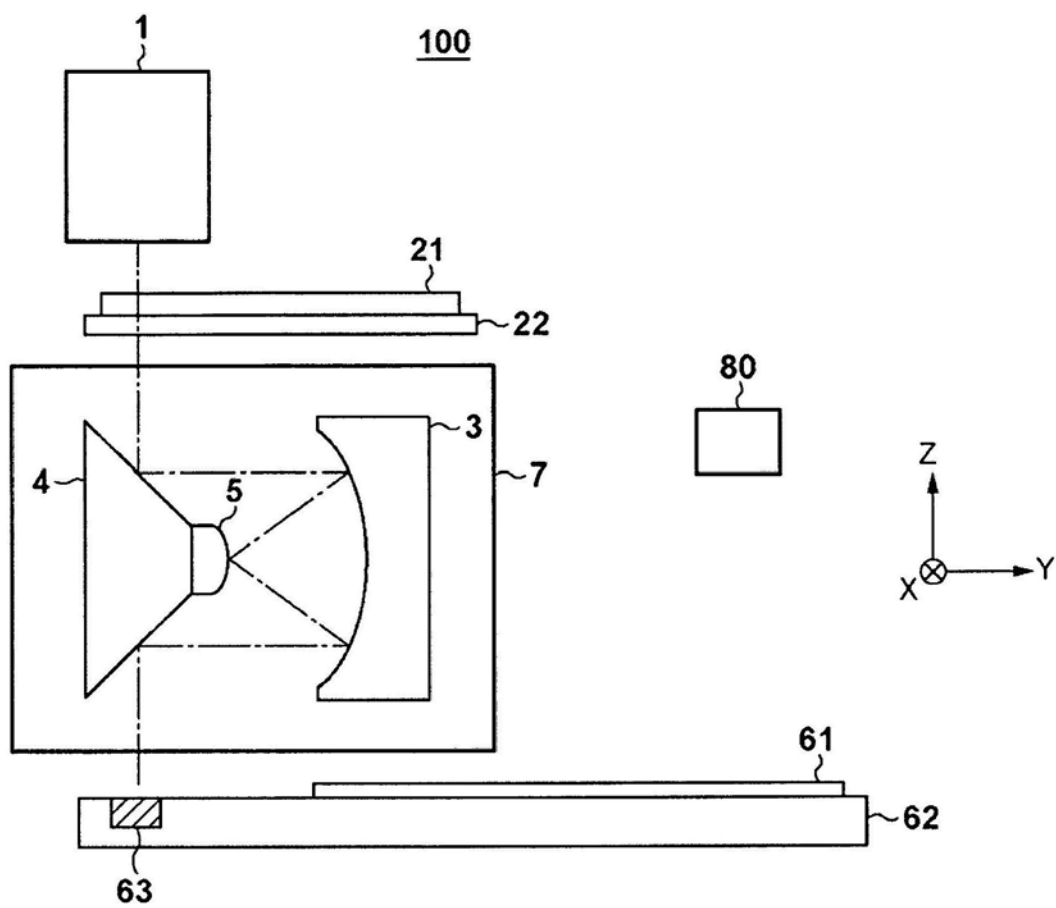


图8