



(21) 申请号 202410527133.8

(22) 申请日 2020.05.18

(30) 优先权数据

2019-096252 2019.05.22 JP

(62) 分案原申请数据

202010417810.2 2020.05.18

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 发明人 桥本明人 赤松昭郎

(74) 专利代理机构 北京怡丰知识产权代理有限公司 11293

专利代理师 迟军

(51) Int. Cl.

G03F 7/00 (2006.01)

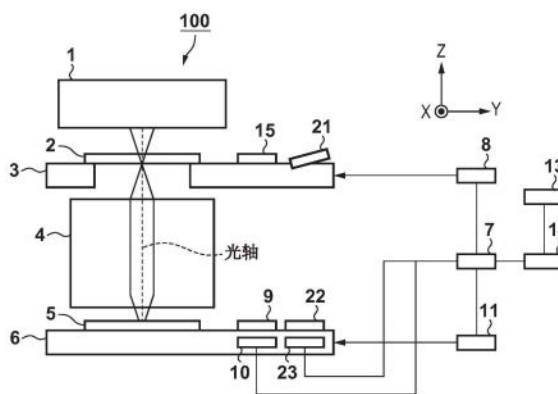
权利要求书2页 说明书11页 附图16页

(54) 发明名称

曝光装置及物品的制造方法

(57) 摘要

本发明提供曝光装置及物品的制造方法。曝光装置进行曝光处理以将掩模的图案转印至基板,曝光装置包括:投影光学系统,其被构造为将掩模的图案投影到基板上;测量图案,其布置在投影光学系统的物体平面上并且包括多个图案元素,所述多个图案元素在投影光学系统的光轴方向上具有不同的位置;第一检测单元,其被构造为经由投影光学系统检测来自测量图案的光;以及控制单元,其被构造为当进行曝光处理时,控制掩模与基板之间在光轴方向上的相对位置。



1. 一种曝光装置,其进行曝光处理以将掩模的图案转印至基板,所述曝光装置包括:
投影光学系统,其被构造为将所述掩模的图案投影到所述基板上;
测量图案,其布置在所述投影光学系统的物体平面上并且包括多个图案元素;
第一检测单元,其被构造为经由所述投影光学系统检测来自所述测量图案的光;以及
控制单元,其被构造为基于第一光量分布和第二光量分布来控制所述掩模与所述基板之间在所述投影光学系统的光轴方向上的相对位置,

其中,所述第一光量分布表示,从所述第一检测单元在第一时间时的检测结果中获得的、通过所述多个图案元素中的各个的光的光量,

其中,所述第二光量分布表示,从所述第一检测单元在第二时间时的检测结果中获得的、通过所述多个图案元素中的各个的光的光量,并且

其中,所述第二时间是在所述第一时间之后进行曝光处理之后的时间。

2. 根据权利要求1所述的曝光装置,其中,所述控制单元基于所述第一光量分布中包括的最高峰值的位置以及所述第二光量分布中包括的最高峰值的位置来控制相对位置。

3. 根据权利要求1所述的曝光装置,其中,

所述第一光量分布是根据布置在所述投影光学系统的基准焦点位置处的所述第一检测单元在所述第一时间时的检测结果而获得的,并且

所述第二光量分布是根据布置在所述基准焦点位置处的所述第一检测单元在所述第二时间时的检测结果而获得的。

4. 根据权利要求3所述的曝光装置,其中,所述基准焦点位置包括所述投影光学系统在所述第一时间的最佳焦点位置。

5. 根据权利要求1所述的曝光装置,其中,所述控制单元通过根据所述第一光量分布与所述第二光量分布之间的差而获得载台在所述光轴方向上的移动量、并且将所述载台移动所述移动量,来控制所述相对位置,所述载台保持所述基板,并且所述移动量是在所述第二时间时将所述基板定位在所述投影光学系统的最佳焦点位置所需的。

6. 根据权利要求1所述的曝光装置,其中,所述测量图案由形成有所述多个图案元素的平板形成,并且以所述平板的法线相对于所述投影光学系统的光轴倾斜的方式布置所述测量图案,使得所述多个图案元素在所述光轴方向上具有不同的位置。

7. 根据权利要求3所述的曝光装置,所述曝光装置还包括:

物体平面侧图案,其布置在所述投影光学系统的所述物体平面上;

像平面侧图案,其布置在所述投影光学系统的像平面上;以及

第二检测单元,其被构造为经由所述投影光学系统和所述像平面侧图案检测来自所述物体平面侧图案的光,

其中,所述控制单元在所述光轴方向上移动所述像平面侧图案的同时,基于由所述第二检测单元检测到的光的光量分布,来确定所述基准焦点位置。

8. 根据权利要求3所述的曝光装置,所述曝光装置还包括:

物体平面侧图案,其布置在所述投影光学系统的所述物体平面上,

其中,所述第一检测单元经由所述投影光学系统检测来自所述物体平面侧图案的光,并且

所述控制单元在所述光轴方向上移动所述第一检测单元的同时,基于由所述第一检测

单元检测到的光的光量变化,来确定所述基准焦点位置。

9. 根据权利要求3所述的曝光装置,所述曝光装置还包括:

旋转单元,其被构造为使所述测量图案绕垂直于所述投影光学系统的光轴的轴旋转,其中,所述测量图案由形成有所述多个图案元素的平板形成,并且

所述旋转单元使所述测量图案旋转,使得在所述第二定时所述多个图案元素在所述光轴方向上具有不同的位置。

10. 根据权利要求9所述的曝光装置,所述曝光装置还包括:

像平面侧图案,其布置在所述投影光学系统的像平面上;以及

第二检测单元,其被构造为经由所述投影光学系统和所述像平面侧图案,检测来自所述测量图案的光,

其中,在所述旋转单元使所述测量图案旋转使得所述平板的法线平行于所述投影光学系统的光轴的状态下,所述控制单元在所述光轴方向上移动所述像平面侧图案的同时,基于由所述第二检测单元检测到的光的光量变化,来确定所述基准焦点位置。

11. 根据权利要求1所述的曝光装置,其中,所述第一检测单元包括图像传感器,所述图像传感器被构造为检测所述测量图案的图像。

12. 根据权利要求11所述的曝光装置,所述曝光装置还包括:

成像系统,其布置在所述投影光学系统与所述图像传感器之间,并且被构造为在所述图像传感器上形成所述测量图案的图像。

13. 一种物品的制造方法,所述制造方法包括:

使用权利要求1至12中任一项限定的曝光装置来曝光基板;

使所曝光的基板显影;以及

根据所显影的基板来制造物品。

曝光装置及物品的制造方法

[0001] 本申请是申请日为2020年5月18日,申请号为202010417810.2,发明名称为“曝光装置及物品的制造方法”的发明专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及曝光装置及物品的制造方法。

背景技术

[0003] 当通过光刻处理制造诸如半导体设备或液晶显示设备等的设备时,使用将掩模图案的图像投影到基板并将图案转印至基板的曝光装置。曝光装置需要在掩模与基板之间进行高精度对准和焦点校准,以便将掩模图案准确地转印至基板。

[0004] 作为一种对准和焦点校准方法,日本特开平4-348019号公报提出了一种TTL (Through The Lens,通过透镜)方法,其中,经由投影光学系统来测量基板相对于掩模的相对位置或掩模图案的焦点位置。通常,在焦点校准中,在投影光学系统的光轴方向(Z方向)上移动基板侧标记(设置有基板侧标记的载台)的同时,经由投影光学系统和基板侧标记来检测通过了掩模侧标记的光,并根据光量的变化获得焦点位置。

[0005] 然而,在现有技术中,每次进行焦点校准时,都需要在Z方向上移动基板侧标记(载台)。这种操作需要时间,这导致生产率降低。另外,由于不能并行地进行在Z方向上移动基板侧标记的操作和实际曝光操作,因此不能获得实际曝光操作中的焦点位置(聚焦状态)。因此,即使进行焦点校准,在实际曝光操作中,也不能将基板维持在最优焦点位置(最佳焦点位置),这可能导致曝光精度降低。

发明内容

[0006] 本发明提供在焦点校准方面有利的曝光装置。

[0007] 根据本发明的第一方面,提供了一种曝光装置,其进行曝光处理以将掩模图案转印至基板,所述曝光装置包括:投影光学系统,其被构造为将所述掩模图案投影到所述基板上;测量图案,其布置在所述投影光学系统的物体平面上并且包括多个图案元素,所述多个图案元素在所述投影光学系统的光轴方向上具有不同的位置;第一检测单元,其被构造为经由所述投影光学系统检测来自所述测量图案的光;以及控制单元,其被构造为当进行所述曝光处理时,控制所述掩模与所述基板在所述光轴方向上的相对位置,其中,控制单元基于第一光量分布和第二光量分布来控制所述相对位置,所述第一光量分布表示,从所述第一检测单元的在第一时间时的检测结果中获得的、通过所述多个图案元素中的各个的光的光量,所述第二光量分布表示,从所述第一检测单元在所述第一时间之后的第二定时的检测结果中获得的、通过所述多个图案元素中的各个的光的光量。

[0008] 根据本发明的第二方面,提供了一种物品的制造方法,所述制造方法包括:使用上述曝光装置来曝光基板;使曝光的基板显影;以及根据显影的基板来制造物品。

[0009] 通过以下参照附图对示例性实施例的描述,本发明的其他特征将变得清楚。

附图说明

- [0010] 图1A和图1B是示出作为本发明的一个方面的曝光装置的布置的示意图。
- [0011] 图2是示出焦点测量处理时的曝光装置的示意图。
- [0012] 图3是示出变化量测量处理时的曝光装置的示意图。
- [0013] 图4A和图4B是示出第三测量图案的布置的示例的图。
- [0014] 图5A和图5B是用于说明用于获得焦点变化量的变化量测量处理的图。
- [0015] 图6A和图6B是用于说明用于获得焦点变化量的变化量测量处理的图。
- [0016] 图7是示出最佳焦点位置与基板载台的Z方向位置之间的关系的图。
- [0017] 图8A和图8B是用于说明第三测量图案相对于X-Y平面倾斜的角度的设置的图。
- [0018] 图9A和图9B是用于说明第三测量图案相对于X-Y平面倾斜的角度的设置的图。
- [0019] 图10是用于说明图1A和图1B所示的曝光装置的操作的流程图。
- [0020] 图11是示出变化量测量处理的细节的流程图。
- [0021] 图12是用于说明焦点测量处理的图。
- [0022] 图13A和图13B是各自示出图像传感器的检测结果的示例的图。
- [0023] 图14是示出作为本发明的一个方面的曝光装置的另一布置的示意图。
- [0024] 图15是示出根据现有技术的曝光装置的布置的示意图。
- [0025] 图16是用于说明图15所示的曝光装置的操作的流程图。
- [0026] 图17是示出第一测量图案的布置的示例的图。
- [0027] 图18是示出由检测器检测到的光的光量与基板载台的Z方向坐标位置之间的关系的示例的图。
- [0028] 图19是示出焦点测量处理的细节的流程图。

具体实施方式

[0029] 下文中将参照附图详细描述实施例。请注意,以下实施例并不意图限制本发明的范围。在实施例中描述了多个特征,但是本发明并不限于需要所有这些特征,并且多个这些特征可以被适当组合。此外,在附图中,向相同或相似的构造赋予相同的附图标记,并且省略其冗余描述。

[0030] 首先,将参照图15至图19,来描述根据现有技术的使用TTL方法的焦点校准。图15是示出根据现有技术的曝光装置的布置的示意图。在此,定义XYZ坐标系,使得水平面为X-Y平面,垂直方向为Z轴方向。

[0031] 参照图15,来自照明光学系统1的光(曝光光)通过由掩模载台3保持的掩模2,并经由投影光学系统4到达由基板载台6保持的基板5。通过投影光学系统4来以共轭位置关系设置掩模2(其图案平面)和基板5。因此,掩模2的图案(实际设备图案)经由投影光学系统4投影到基板上,并转印至基板5。

[0032] 图16是用于说明图15中所示的曝光装置的操作的流程图。在步骤S101中,进行用于获得掩模2的图案的成像位置(最佳焦点位置)的焦点测量处理。在步骤S102中,进行运算处理,以从步骤S101中的焦点测量处理的结果中获得适合于曝光的基板5的最优位置(将基板5定位在最佳焦点位置所需的基板载台6的移动量)和投影光学系统4的校正构件的驱动量。在步骤S103中,基于在步骤S102的运算处理中获得的基板5的最佳位置和校正构件的驱

动量进行校正处理,以驱动基板载台6和校正构件。在步骤S104中,进行曝光处理以将掩模2的图案转印至基板5。在步骤S105中,确定经过曝光处理的基板5的数量是否达到了预定数量。如果经过曝光处理的基板5的数量尚未达到预定数量,则处理返回到步骤S101。另一方面,如果经过曝光处理的基板5的数量达到了预定数量,则操作终止。

[0033] 这里,将具体描述焦点测量处理(步骤S101)和校正处理(S103)。在焦点测量处理中,首先,在掩模载台控制单元8的控制下,使用干涉仪(未示出)移动掩模载台3,使得设置在掩模2或掩模载台3上的第一测量图案15位于照明光学系统1下方。图17是示出第一测量图案15的布置的示例的图。第一测量图案15包括具有预定线宽和间距以允许来自照明光学系统1的光通过(透过)的多个图案元素15A、以及遮挡来自照明光学系统1的光的遮光部分15B,并且由形成有多个图案元素15A的平板形成。

[0034] 接下来,在基板载台控制单元11的控制下,使用干涉仪(未示出)移动基板载台6,使得设置在基板载台6上的第二测量图案9布置在与第一测量图案15相对应的位置处。第二测量图案9包括与第一测量图案15相对应的多个图案元素和遮光部分。在第二测量图案9下方设置有检测已通过第二测量图案9的光(其光量)的检测器10。

[0035] 在上述状态下,在投影光学系统4的光轴方向(Z方向)上稍微移动基板载台6的同时,通过主控制单元7获得由检测器10检测到的光的光量最大的坐标位置 Z_0 。图18是示出由检测器10检测到的光的光量(检测光量)与基板载台6的Z方向坐标位置之间的关系的示例的图,其中,纵坐标表示检测光量,横坐标表示基板载台6的Z方向坐标位置。检测光量最大的基板载台6的Z方向坐标位置是第一测量图案15和第二测量图案9处于共轭位置关系的坐标位置。因此,通过搜索检测光量最大的基板载台6的Z方向坐标位置,可以获得来自第一测量图案15的光的成像位置,即掩模2的图案的焦点位置(最佳焦点位置)。然后,主控制单元7基于所获得的焦点位置,通过焦点位置的移位而在Z方向上移动基板载台6,使得可以将掩模2的图案的焦点位置调整到基板5。

[0036] 图19是示出步骤S101中的焦点测量处理的细节的流程图。在步骤S201中,将掩模载台3移动至焦点测量位置,使得第一测量图案15位于照明光学系统1的下方。在步骤S202中,将基板载台6移动至焦点测量位置,使得第二测量图案9被布置在与第一测量图案15相对应的位置。可以首先进行步骤S201和S202中的任一者,或者可以并行进行步骤S201和S202。在步骤S203中,利用来自照明光学系统1的光照明第一测量图案15。在步骤S204中,在Z方向上移动基板载台6。在步骤S205中,检测器10检测已通过第二测量图案9的光以获得检测光量。注意,可以并行(同时)进行步骤S204和S205。在步骤S206中,基于步骤S204中的基板载台6的Z方向位置和在步骤S205中获得的检测光量,来获得检测光量最大的基板载台6的Z方向位置。

[0037] 如上所述,在现有技术中,每次进行焦点校准时,都需要在Z方向上移动设置有第二测量标记9的基板载台6。这导致曝光装置的生产率降低。另外,在现有技术中,没有获得实际曝光处理中的焦点位置。因此,在实际曝光处理中不能将基板5维持在最优焦点位置(最佳焦点位置),这导致曝光精度降低。

[0038] 因此,在本实施例中,提供了在焦点校准方面有利的曝光装置,即,提供了抑制由于焦点校准而导致的曝光装置的生产率降低和曝光精度降低的技术。

[0039] 图1A和图1B是示出作为本发明一方面的曝光装置100的布置的示意图。图1A是整

个曝光装置100的正面图,图1B是示出掩模载台3周围的布置的平面图。在本实施例中,定义XYZ坐标系,使得水平面是X-Y平面,垂直方向是Z轴方向。

[0040] 曝光装置100是在光刻处理中使用的光刻装置,该光刻处理是用于制造诸如半导体设备或液晶显示设备等的设备的处理。在本实施例中,曝光装置100采用步进扫描方法,并且进行经由掩模曝光基板以将掩模的图案转印至基板的曝光处理。注意,曝光装置100可以采用步进重复方法或其他曝光方法。

[0041] 曝光装置100包括:照明光学系统1,其照明掩模2;掩模载台3,其保持并移动掩模2;投影光学系统4,其将掩模2的图案投影到基板5上;以及基板载台6,其保持并移动基板5。曝光装置100还包括主控制单元7、掩模载台控制单元8、基板载台控制单元11、输入单元13和确定单元14。此外,曝光装置100包括第一测量图案15(物体平面侧图案)、第二测量图案9(像平面侧图案)、检测器10(第二检测单元)、第三测量图案21(测量图案)、成像系统22和图像传感器23(第一检测单元)。主控制单元7由包括CPU、存储器等的计算机形成,并且根据存储在存储单元中的程序来全面控制曝光装置100的各个单元以操作曝光装置100。例如,当进行曝光处理时,主控制单元7控制掩模2与基板5在投影光学系统4的光轴方向上的相对位置。

[0042] 来自照明光学系统1的光(曝光光)通过由掩模载台3保持的掩模2,并且经由投影光学系统4到达由基板载台6保持的基板5。通过投影光学系统4来以共轭位置关系设置掩模2(其图案平面)和基板5。因此,掩模2的图案(实际设备图案)经由投影光学系统4投影到基板上,并转印至基板5。在本实施例中,采用了步进扫描方法。因此,通过在Y方向上同步扫描掩模载台3和基板载台6来将掩模2的图案转印至基板5。

[0043] 将描述曝光装置100中与焦点校准有关的布置。通过用户操作将进行曝光处理(即,将掩模2的图案转印至基板5)时的曝光条件(曝光区域、照明模式、掩模2的图案等)输入到输入单元13。确定单元14基于输入到输入单元13的曝光条件来确定焦点校准所需的测量条件(测量位置(图像高度位置)、测量图案等)。

[0044] 如图17所示,第一测量图案15包括具有预定线宽和间距的多个图案元素15A。在本实施例中,多个图案元素15A沿着X方向布置以形成线和间隔图案。第一测量图案15设置在掩模载台3(投影光学系统4的物体平面)上,并且通过掩模载台3定位在目标测量位置处。注意,第一测量图案15可以包括具有不同线宽、间距或方向并形成线和间隔图案的各种类型的图案元素。换句话说,形成第一测量图案15的多个图案元素的数量、类型和方向不限于特定的数量、类型和方向。

[0045] 如图1B所示,多个第一测量图案15以在X方向上间隔开的方式设置在掩模载台3上。可以在掩模载台3上设置一个第一测量图案15,但是为了测量投影光学系统4的特性,优选地设置多个第一测量图案15。投影光学系统4的特性包括例如焦点位置、失真等。

[0046] 当进行焦点测量处理时,主控制单元7经由掩模载台控制单元8移动掩模载台3,以将第一测量图案15定位在由确定单元14确定的测量位置处。类似地,当进行焦点测量处理时,主控制单元7经由基板载台控制单元11移动基板载台6,以将第二测量图案9定位在由确定单元14确定的测量位置处。

[0047] 检测器10以位于第二测量图案9下方的方式设置在基板载台6中,并且经由投影光学系统4和第二测量图案9检测已通过(透过)第二测量图案9的光,即来自第一测量图案15

的光。注意,检测器10可以不检测透过第一测量图案15和第二测量图案9的光,而是检测被第一测量图案15和第二测量图案9反射的光。

[0048] 图2是示出第一测量图案15和第二测量图案9中的各个位于其测量位置的状态(即焦点测量处理时的曝光装置100)的示意图。在焦点测量处理中,利用来自照明光学系统1的光照射第一测量图案15,并且经由投影光学系统4和第二测量图案9,通过检测器10来检测已通过第一测量图案15的光。此时,在投影光学系统4的光轴方向(Z方向)上稍微移动基板载台6的同时,通过主控制单元7获得由检测器10检测到的光的光量(检测光量)最大的位置 Z_0 。由于检测光量最大的基板载台6的Z方向坐标位置是第一测量图案15和第二测量图案9处于共轭位置关系的坐标位置,因此这样的坐标位置是最优焦点位置(最佳焦点位置)。注意,检测光量与基板载台6的Z方向坐标位置之间的关系如图18所示。

[0049] 在本实施例中,在焦点校准中,进行如下变化量测量处理,其中,获得焦点测量处理之后的焦点变化量(最佳焦点位置的变化量)而不在Z方向上移动基板载台6。因此,掩模载台3(投影光学系统4的物体平面)配设有第三测量图案21(测量图案),并且基板载台6(投影光学系统4的像平面)配设有成像系统22和图像传感器23(第一检测单元)。

[0050] 如稍后将描述的,第三测量图案21相对于投影光学系统4的光轴倾斜地布置。成像系统22是设置在投影光学系统4与图像传感器23之间的光学系统,并在图像传感器上形成第三测量图案21的图像。在本实施例中,成像系统22是如下光学系统,其将倍率施加到第三测量图案21的图像并将光引导到图像传感器上。可以根据图像传感器23的分辨率来设置倍率。图像传感器23包括多个像素,并且检测(拍摄)由成像系统22形成的第三测量图案21的图像。

[0051] 当进行变化量测量处理时,主控制单元7经由掩模载台控制单元8移动掩模载台3,以将第三测量图案21定位在由确定单元14确定的测量位置处。类似地,当进行变化量测量处理时,主控制单元7经由基板载台控制单元11移动基板载台6,以将成像系统22和图像传感器23中的各个定位在由确定单元14确定的其测量位置处。

[0052] 图3是示出第三测量图案21、成像系统22和图像传感器23中的各个位于其测量位置的状态(即变化量测量处理时的曝光装置100)的示意图。如图3所示,第三测量图案21位于照明光学系统1的下方,并利用来自照明光学系统1的光来照明第三测量图案21。经由投影光学系统4和成像系统22,通过图像传感器23将来自第三测量图案21的光检测为第三测量图案21的图像。主控制单元7基于由图像传感器23检测到的测量图案21的图像,来确定图像传感器23中的当前焦点位置(最佳焦点位置)。

[0053] 图4A和图4B是示出第三测量图案21的布置的示例的图。图4A是第三测量图案21的平面图,图4B是第三测量图案21的侧面图。如图4A所示,第三测量图案21包括具有预定线宽和间距以允许来自照明光学系统1的光通过(透过)的多个图案元素21A、以及遮挡来自照明光学系统1的光的遮光部分21B。第三测量图案21由形成有多个图案元素21A的平板21C形成。在本实施例中,多个图案元素21A沿着Y方向排列以形成线和间隔图案。另外,如图4B所示,第三测量图案21被布置成绕X方向上的轴倾斜预定角度 θ 。更具体地,平板21C的法线被布置为相对于投影光学系统4的光轴倾斜,使得多个图案元素21A在光轴方向(Z方向)上具有不同的位置。第三测量图案21倾斜的方向与多个图案元素21A(线和间隔)连续的方向相同。

[0054] 注意,在本实施例中,通过使第三测量图案21倾斜而将多个图案元素21A布置成在光轴方向上具有不同的位置,但是本发明不限于此。仅需要第三测量图案21包括在投影光学系统4的光轴方向上具有不同位置的多个图案元素21A。因此,例如,第三测量图案21可以由阶梯状构件形成,并且图案元素21A可以形成在构件的各个台阶上。

[0055] 如图1B所示,多个第三测量图案21以在X方向上间隔开的方式设置在掩模载台3上。可以在掩模载台3上设置一个第三测量图案21,但是为了测量投影光学系统4的特性,优选地设置多个第三测量图案21。另外,第三测量图案21相对于第一测量图案15布置在+Y方向上,但是可以相对于第一测量图案15布置在-Y方向上,或者可以相对于第一测量图案15在±X方向上偏离。然而,为了减小投影光学系统4在焦点测量处理中的影响,优选地,将第一测量图案15和第三测量图案21布置为彼此靠近。这是因为焦点位置(最佳焦点位置)根据投影光学系统4的图像高度而改变。

[0056] 将参照图5A至图6B,来描述用于获得焦点变化量的变化量测量处理。图5A和图6A中的各个示出了变化量测量处理中的第三测量图案21、投影光学系统4、基板5、成像系统22和图像传感器23。此外,通过投影光学系统4在基板上形成的第三测量图案21的图像在图5A中被示出为图像24。经由成像系统22,通过图像传感器23来检测图像24。图5B是示出图像传感器23的检测结果的示例的图。当图像传感器23的像素由横坐标表示、在各个像素处获得的光量由纵坐标表示时,获得光量分布25(第一光量分布)。

[0057] 参照图5B,在光量分布25中,与第三测量图案21的各个图案元素21A相对应的部分表现为各自具有大光量的部分PE1至PE7,并且与遮光部分21B相对应的部分表现为各自具有小光量的部分VA1至VA8。由于图像24相对于图像传感器23倾斜,因此,如果最佳焦点位置存在于倾斜的高度内,则在与靠近最佳焦点位置的图案元素21A相对应的部分中,光量最大。另外,在与远离最佳焦点位置的图案元素21A相对应的部分中,光量较小。图5B示出了最佳焦点位置存在于部分PE4中的情况。部分PE3、PE2和PE1中的各个指示像平面在-Z方向上偏离最佳焦点位置,部分PE5、PE6和PE7中的各个指示像平面在+Z方向上偏离最佳焦点位置。因此,如果可以获得与部分PE4相对应的图像传感器23的像素(位置),则可以根据下面的等式(1)获得最佳焦点位置BF。

[0058]
$$BF = P \times \text{Pixel Size} \times (\tan\theta / \text{Mag}) \dots (1)$$

[0059] 这里,P指示与光量最大的部分相对应的图像传感器23的像素位置,并且Pixel Size指示图像传感器23的像素尺寸。此外, θ 指示由第三测量图案21和与投影光学系统4的光轴正交的平面(X-Y平面)形成的角度,并且Mag指示成像系统22的倍率。

[0060] 如上所述,可以从光量最大的部分PE4中获得在Z方向上获得最佳焦点位置的位置 Z_1 。然而,也可以使用光量最大的部分PE4和远离最佳焦点位置的部分(峰)PE1、PE2、PE3、PE5、PE6和PE7来获得包络线26,并且根据包络线26近似地获得最佳焦点位置。在图5B中,与从部分PE1至PE7获得的包络线26的局部最大值27相对应的图像传感器23的像素位置被指示为PI1。

[0061] 图6A示出了最佳焦点位置已经偏离图5A所示状态下的位置的状态。如图6B中所示,由于投影光学系统4内部的空气波动、形成投影光学系统4的构件的未对准等,图像24可能移位到图像28。在这种情况下,如图6B所示,从图像传感器23的检测结果获得的光量分布从光量分布25改变为光量分布29(第二光量分布)。因此,与从光量分布29获得的包络线30

的局部最大值31相对应的图像传感器23的像素位置改变为像素位置PI2,使得最佳焦点位置改变。

[0062] 通过使用像素位置PI1和PI2中的各个获得最佳焦点位置,可以获得给定定时的最佳焦点位置与下一定时的最佳焦点位置之间的差,即,最佳焦点位置的变化量。图7是示出最佳焦点位置与基板载台6的Z方向位置之间的关系的图。参照图7,当与包络线的局部最大值相对应的像素位置从PI1改变为PI2时,如从等式(1)显而易见的那样,基板载台6的Z方向位置可以根据线性关系导出,并且从 Z_1 改变为 Z_2 。

[0063] 用作第一基准的基准焦点位置可以使用利用第一测量图案15、第二测量图案9和检测器10获得的基板载台6的Z方向位置。这是因为该位置指示投影光学系统4的成像位置(最佳焦点位置)。

[0064] 如上所述,在本实施例的变化量测量处理中,当获得焦点变化量(最佳焦点位置)时,在Z方向上移动基板载台6(第二测量图案9)的操作是不必要的。因此,在本实施例中,省略了在Z方向上移动基板载台6的操作所需的时间,使得可以提高曝光装置100的生产率(吞吐量)。

[0065] 注意,如上所述,在本实施例中,第三测量图案21被布置为相对于X-Y平面倾斜角度 θ ,但是应该在考虑对焦点位置的灵敏度和焦点位置测量精度(确定精度)的同时设置角度 θ 。将参照图8A至图9B,来描述第三测量图案21相对于X-Y平面倾斜的角度 θ 的设置。图8A和图9A中的各个示出了变化量测量处理中的第三测量图案21、投影光学系统4、基板5、成像系统22和图像传感器23。

[0066] 参照图8A,第三测量图案21被布置为相对于X-Y平面倾斜角度 θ_1 。此外,位置F11指示在给定定时的最佳焦点位置,并且在该状态下通过投影光学系统4在基板上形成的第三测量图案21的图像被示出为图像40。当最佳焦点位置由于各种因素而从位置F11改变为位置F12时,第三测量图案21的图像从图像40改变为图像41。

[0067] 图8B是示出在图8A所示的状态下由图像传感器23经由成像系统22检测到的图像(光量分布)的图,其中,横坐标表示图像传感器23的像素,纵坐标表示在各个像素处获得的光量。参照图8B,图像40对应于光量分布42,并且从光量分布42获得包络线44。此外,从包络线44获得局部最大值46、以及与局部最大值46相对应的图像传感器23的像素位置PI11。以这种方式,当最佳焦点位置是位置F11时,图像传感器23的像素位置PI11对应于位置F11。

[0068] 类似地,图像41对应于光量分布43,并且从光量分布43获得包络线45。此外,从包络线45获得局部最大值47、以及与局部最大值47相对应的图像传感器23的像素位置PI12。以这种方式,当最佳焦点位置是位置F12时,图像传感器23的像素位置PI12对应于位置F12。

[0069] 另一方面,参照图9A,第三测量图案21被布置为相对于X-Y平面倾斜角度 θ_2 。在此,假定角度 θ_2 大于角度 θ_1 ($\theta_2 > \theta_1$)。此外,位置F21指示在给定定时的最佳焦点位置,并且在该状态下由投影光学系统4在基板上形成的第三测量图案21的图像被示出为图像48。当最佳焦点位置由于各种因素而从位置F21改变为位置F22时,第三测量图案21的图像从图像48改变为图像49。注意,从位置F21到位置F22的焦点变化量等于从位置F11到位置F12的焦点变化量。

[0070] 图9B是示出在图9A所示的状态下由图像传感器23经由成像系统22检测到的图像(光量分布)的图,其中,横坐标表示图像传感器23的像素,纵坐标表示在各个像素处获得的

光量。参照图9B,图像48对应于光量分布50,并且从光量分布50获得包络线52。此外,从包络线52获得局部最大值54、以及与局部最大值54相对应的图像传感器23的像素位置PI21。以这种方式,当最佳焦点位置是位置F21时,图像传感器23的像素位置PI21对应于位置F21。

[0071] 类似地,图像49对应于光量分布51,并且从光量分布51获得包络线53。此外,从包络线53获得局部最大值55、以及与局部最大值55相对应的图像传感器23的像素位置PI22。以这种方式,当最佳焦点位置是位置F22时,图像传感器23的像素位置PI22对应于位置F22。

[0072] 首先,将描述聚焦灵敏度。如上所述,将图8A和图8B中的焦点变化量(最佳焦点位置的变化量)设置为等于图9A和图9B中的焦点变化量。然而,由图像传感器23获得的结果(即,从像素位置PI11到像素位置PI12的变化量)与从像素位置PI21到像素位置PI22的变化量不同。以这种方式,即使焦点变化量相等,对于较大的角度 θ ,图像传感器上的像素位置的变化量也较小。这可以从通过对等式(1)进行变换而获得的以下等式(2)理解。

[0073]
$$[\text{Mag}/(\text{Pixel Size})] \times (1/\tan\theta) = P/BF \dots (2)$$

[0074] 参照等式(2),由于倍率Mag和像素尺寸Pixel Size是恒定的,因此当角度 θ 增大时,等式(2)左侧的值减小。因此,如果焦点变化量相等,则当角度 θ 大时,图像传感器23的像素位置P的变化量变小。以这种方式,图像传感器23的像素位置P的变化量与焦点变化量的比率与角度 θ 成反比。本实施例使用图像传感器23的像素位置P的变化量作为焦点变化量,使得像素尺寸Pixel Size用作焦点变化量的测量分辨率。因此,角度 θ 越小(即图像传感器23的像素位置P的变化量越大),则可以更准确地测量焦点变化量,并且可以说聚焦灵敏度越高。

[0075] 接下来,将描述焦点位置测量精度。如图8A至图9B所示,包络线的清晰度根据第三测量图案21的角度 θ 而改变。这是因为角度 θ 越大,第三测量图案21的图像的边缘部分越远离成像平面,使得由图像传感器23检测到的光量减少。因此,角度 θ 越大,包络线越清晰。

[0076] 包络线的清晰度影响确定包络线的局部最大值的精度。通常,通过从由检测第三测量图案21的图像而获得的光量分布的峰值到插值曲线或多项式的近似,来获得包络线的局部最大值。然而,从图像传感器23的检测结果获得的光量分布实际上受到在图像传感器23中生成的读出噪声或暗噪声的影响。因此,当包络线的清晰度低时,确定包络线的局部最大值的精度趋于减小。另一方面,当包络线的清晰度高时,包络线的局部最大值不太可能受到噪声的影响,使得可以抑制确定包络线的精度的降低。以这种方式,角度 θ 越大,焦点位置测量精度越高。

[0077] 如上所述,第三测量图案21的角度 θ 与聚焦灵敏度和焦点位置测量精度之间的权衡关系(trade-off relationship)有关。更具体地,当角度 θ 增大时,聚焦灵敏度降低,但是焦点位置测量精度提高。另一方面,当角度 θ 减小时,聚焦灵敏度增大,但是焦点位置测量精度降低。因此,需要根据聚焦灵敏度和焦点位置测量精度中的哪一个优先,来设置第三测量图案21的角度 θ 。

[0078] 将参照图10来描述根据本实施例的曝光装置100的操作。步骤S401、S403、S404、S405和S407分别与图16所示的步骤S101、S102、S103、S104和S105相似,因此将省略其详细描述。

[0079] 在步骤S402(第一定时)中,进行基准测量处理。基准测量处理是测量用作在获得焦点变化量时使用的基准的基准焦点位置的处理。更具体地,第三测量图案21、成像系统22

和图像传感器23中的各个均被定位在其测量位置。然后,如已经参照图5A和图5B所描述的,获得与从测量图案21的图像获得的光量分布中的光量最大的部分相对应的图像传感器23的像素位置。

[0080] 在步骤S406(第一定时之后的第二定时)中,确定是否进行变化量测量处理。用户可以任意设置关于是否进行变化量测量处理的基准。例如,可以将当前基板是否是批次中的第一基板、或将是否对预定数量的基板进行了曝光处理设置为基准。如果未进行变化量测量处理,则处理进入步骤S407。另一方面,如果进行了变化量测量处理,则处理进入步骤S408。

[0081] 在步骤S408中,进行变化量测量处理。变化量测量处理如参照图6A和图6B所描述,但是将参照图11描述其过程。在步骤S501中,将掩模载台3移动到变化量测量位置,使得第三测量图案21位于照明光学系统1的下方。在步骤S502中,将基板载台6移动到变化量测量位置,使得成像系统22和图像传感器23位于投影光学系统4的下方。可以首先进行步骤S501和S502中的任一者,或者可以并行进行步骤S501和S502。在步骤S503中,利用来自照明光学系统1的光照射第三测量图案21。因此,第三测量图案21的图像经由投影光学系统4和成像系统22形成在图像传感器上。在步骤S504中,图像传感器23检测第三测量图案21的图像。在步骤S505中,从在步骤S504中检测到的第三测量图案21的图像获得光量分布,并且获得与光量分布中的光量最大的部分相对应的图像传感器23的像素位置。通过该操作,如上所述,根据在步骤S505中获得的图像传感器23的像素位置和在步骤S402中获得的图像传感器23的像素位置,可以获得焦点变化量,即,最佳焦点位置的变化量。换句话说,根据在步骤S505中获得的光量分布与在步骤S402中获得的光量分布之间的差,可以获得将基板5定位在最佳焦点位置所需的基板载台6在光轴方向上的移动量。

[0082] 在本实施例中,与现有技术(图19)相比,不需要在Z方向上移动基板载台6的操作(步骤S204)。因此,在本实施例中,可以获得焦点变化量,而在焦点校准中无需在Z方向上移动基板载台6。因此,在本实施例中,当对多个基板连续地进行曝光处理操作时,可以在一个曝光处理与下一个曝光处理之间进行焦点校准。因此,在各曝光处理中,可以将基板5维持在最佳焦点位置,使得可以抑制曝光精度的降低。

[0083] 在本实施例中,已经描述了使用第一测量图案15、第二测量图案9和检测器10进行焦点测量处理(步骤S401)的情况。然而,如图12所示,可以使用第一测量图案15、成像系统22和图像传感器23来进行焦点测量处理。更具体地,利用来自照明光学系统1的光照明第一测量图案15,并且图像传感器23经由投影光学系统4和成像系统22检测来自第一测量图案15的光。图13A是示出图像传感器23的检测结果的示例的图。当由横坐标表示图像传感器23的像素并且由纵坐标表示在各个像素处获得的光量时,获得光量分布131。通过从图12(图13A)所示的状态在Z方向上稍微移动基板载台6,获得如图13B所示的光量分布132。因此,通过获得由图像传感器23检测到的光量(光量分布)最大的基板载台6的Z方向位置,可以将该位置设置为最佳焦点位置。

[0084] 另外,如图14所示,曝光装置100还可以包括旋转单元532,该旋转单元532使第三测量图案21绕垂直于投影光学系统4的光轴的轴(绕X轴)旋转。在这种情况下,曝光装置100可以不包括第一测量图案15。更具体地,当进行焦点测量处理时,旋转单元532使第三测量图案21旋转,使得第三测量图案21变得平行于X-Y平面(使得平板21C的法线变得平行于投

影光学系统4的光轴)。在这种状态下,利用来自照明光学系统1的光照射第三测量图案21,并且检测器10经由投影光学系统4和第二测量图案9检测来自第三测量图案21的光。此时,通过在Z方向上稍微移动基板载台6的同时获得由检测器10检测到的光的光量最大的位置,可以将该位置设置为最佳焦点位置。

[0085] 另外,当进行变化量测量处理时,旋转单元532使第三测量图案21旋转,使得第三测量图案21的多个图案元素21A在投影光学系统4的光轴方向上具有不同的位置。在该状态下,利用来自照明光学系统1的光照射第三测量图案21,并且图像传感器23经由投影光学系统4和成像系统22检测来自第三测量图案21的光。然后,获得与从测量图案21的图像获得的光量分布中的光量最大的部分相对应的图像传感器23的像素位置。

[0086] 这里,代替使第三测量图案21绕垂直于投影光学系统4的光轴的轴旋转,可以想到使图像传感器23绕垂直于投影光学系统4的光轴的轴旋转。然而,在这种情况下,应该在考虑成像系统22的倍率的同时设置图像传感器23的倾斜角度 θ 。在本实施例中,图像传感器23的像素位置的变化被认为是焦点变化。在这种情况下,如从等式(1)显而易见,图像传感器23的像素位置的变化的分辨率由图像传感器23的像素尺寸(Pixel Size)和成像系统22的倍率(Mag)确定。通常,为了增大图像传感器23的像素位置的变化的分辨率,将成像系统22的倍率设置为正值。

[0087] 另一方面,投影光学系统4的数值孔径NA由曝光装置100所需的分辨率确定。当此时的数值孔径NA为NA1时,可以使用成像系统22的倍率Mag来将图像传感器23中的数值孔径NA2表达为NA1/Mag。如上所述,成像系统22的倍率Mag是正值,使得数值孔径NA2小于数值孔径NA1。

[0088] 这里,投影光学系统4的焦深DOF由以下等式(3)表达。

[0089] $DOF = k \times (\lambda / NA^2) \dots (3)$

[0090] 其中,k为比例常数, λ 为入射到投影光学系统4的光的波长。如等式(3)所示,当数值孔径NA减小时,焦深DOF与数值孔径NA的平方成反比地增大。如上所述,图像传感器23中的数值孔径NA2变得小于数值孔径NA1,但是焦深DOF增大。随着焦深DOF的增大,第三测量图案21的图像变得不太可能模糊。因此,第三测量图案21的图像的各端的光量不太可能小于中心的光量,使得包络线的清晰度降低。

[0091] 为了增大包络线的清晰度,需要使图像传感器23倾斜。然而,由于数值孔径NA2为NA1/Mag,因此需要根据成像系统22的倍率的平方,来以大于第三测量图案21的倾斜角度的角度使图像传感器23倾斜。如果成像系统22的倍率约为几倍,则可以使图像传感器23倾斜。然而,如果成像系统22的倍率大于一定水平,则图像传感器23的倾斜角度增大,并且无法在图像传感器上形成第三测量图案21的图像。例如,在本实施例中,假设第三测量图案21的角度 θ 是 5° 并且成像系统22的倍率是五倍。在这种情况下,为了通过使图像传感器23倾斜而获得与本实施例所示的包络线等等的包络线,图像传感器23的倾斜角度为 75° 。因此,图像传感器23的倾斜角度变得基本上平行于投影光学系统4的光束,使得难以在图像传感器上形成第三测量图案21的图像。

[0092] 根据本发明的实施例的物品的制造方法例如适合于制造诸如半导体设备、液晶显示设备、平板显示器或MEMS的物品。该制造方法包括以下步骤:通过使用上述曝光装置100来曝光涂覆有感光材料的基板;以及使曝光的感光材料显影。另外,使用显影的感光材料的

图案作为掩模对基板进行蚀刻步骤、离子注入步骤等,以在基板上形成电路图案。通过重复曝光、显影、蚀刻等步骤,在基板上形成由多层形成的电路图案。在后处理中,对其中形成有电路图案的基板进行切割(加工),并进行芯片安装、接合和检查步骤。该制造方法还可包括其他已知步骤(氧化、沉积、气相沉积、掺杂、平坦化、抗蚀剂去除等)。根据该实施例的物品制造方法在物品的性能、质量、生产率和生产成本中的至少一项方面优于传统方法。

[0093] 虽然参照示例性实施例对本发明进行了描述,但是应当理解,本发明并不限于所公开的示例性实施例。应当对所附权利要求的范围给予最宽的解释,以使其涵盖所有这些变型例以及等同的结构和功能。

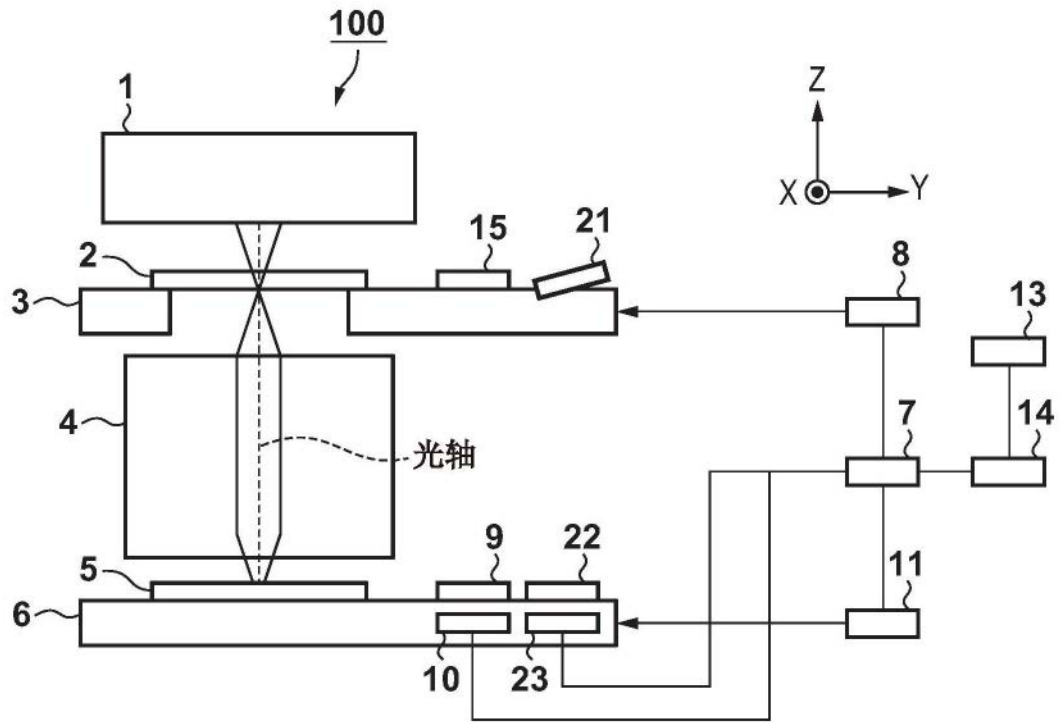


图1A

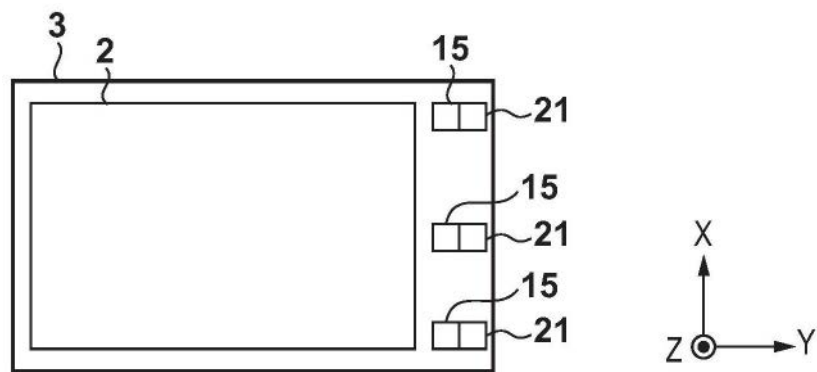


图1B

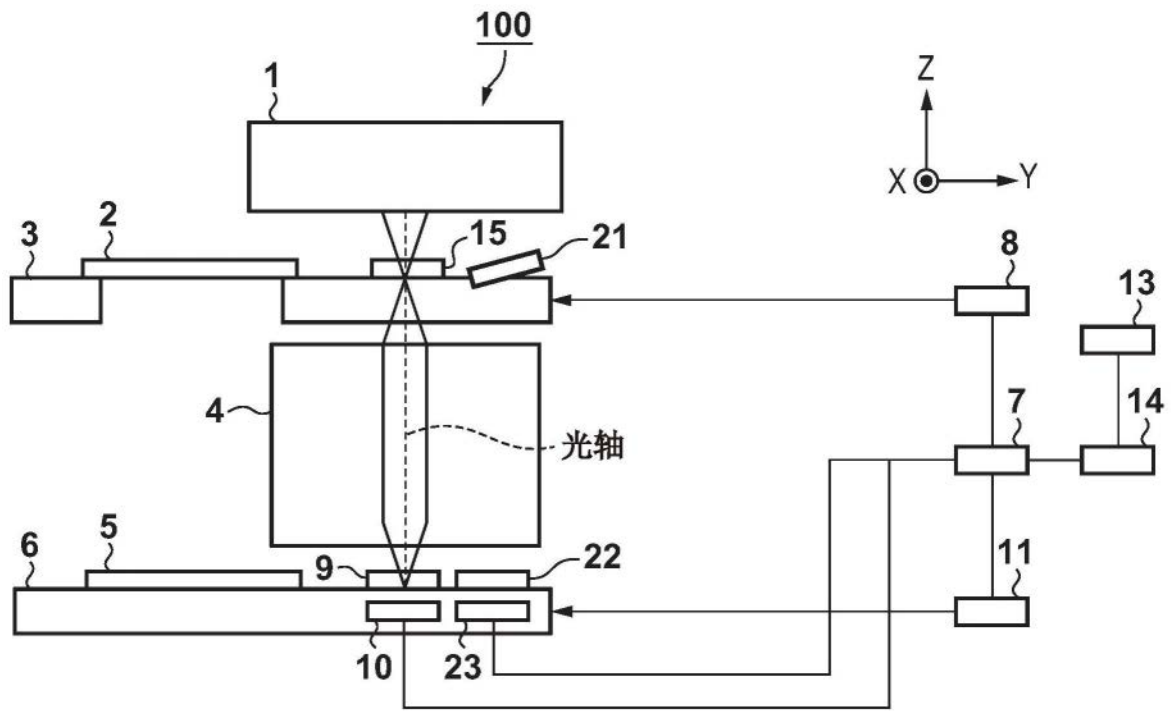


图2

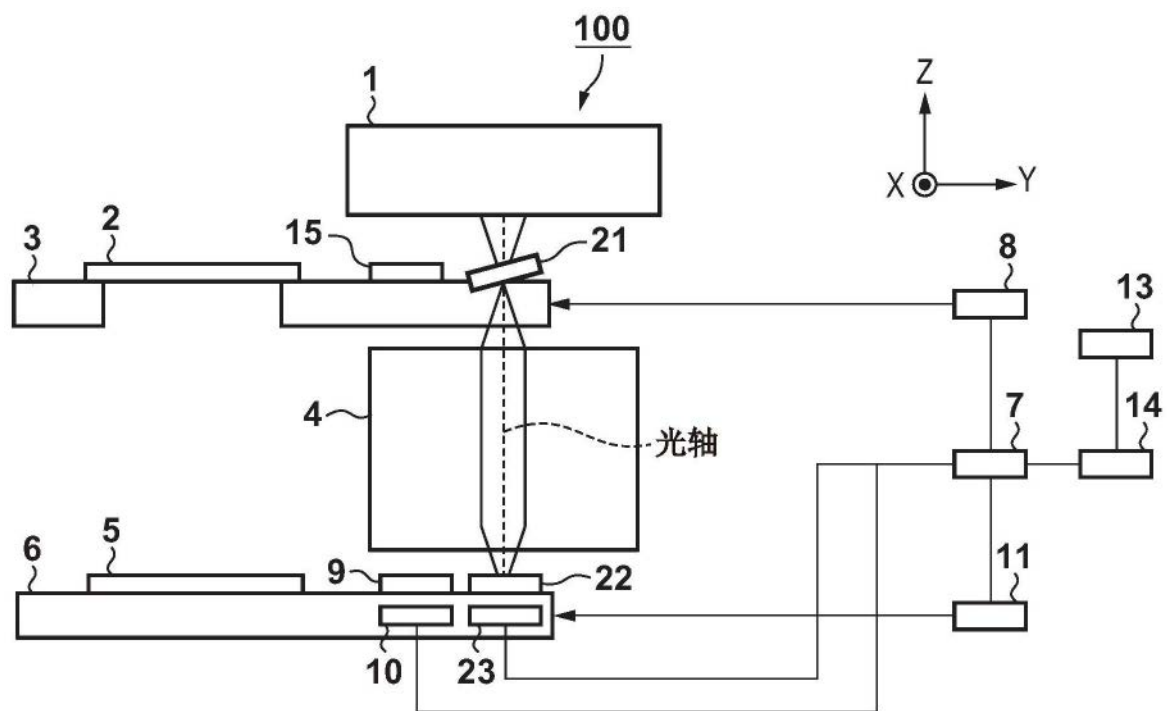


图3

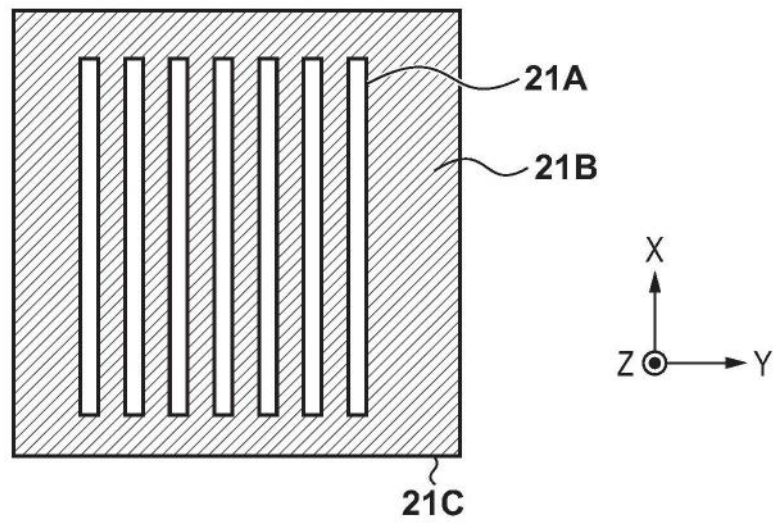


图4A

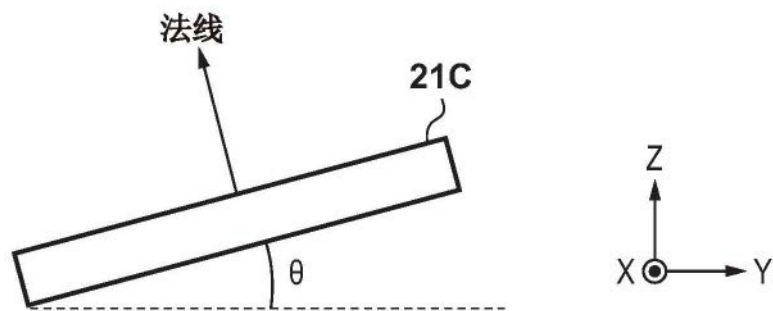


图4B

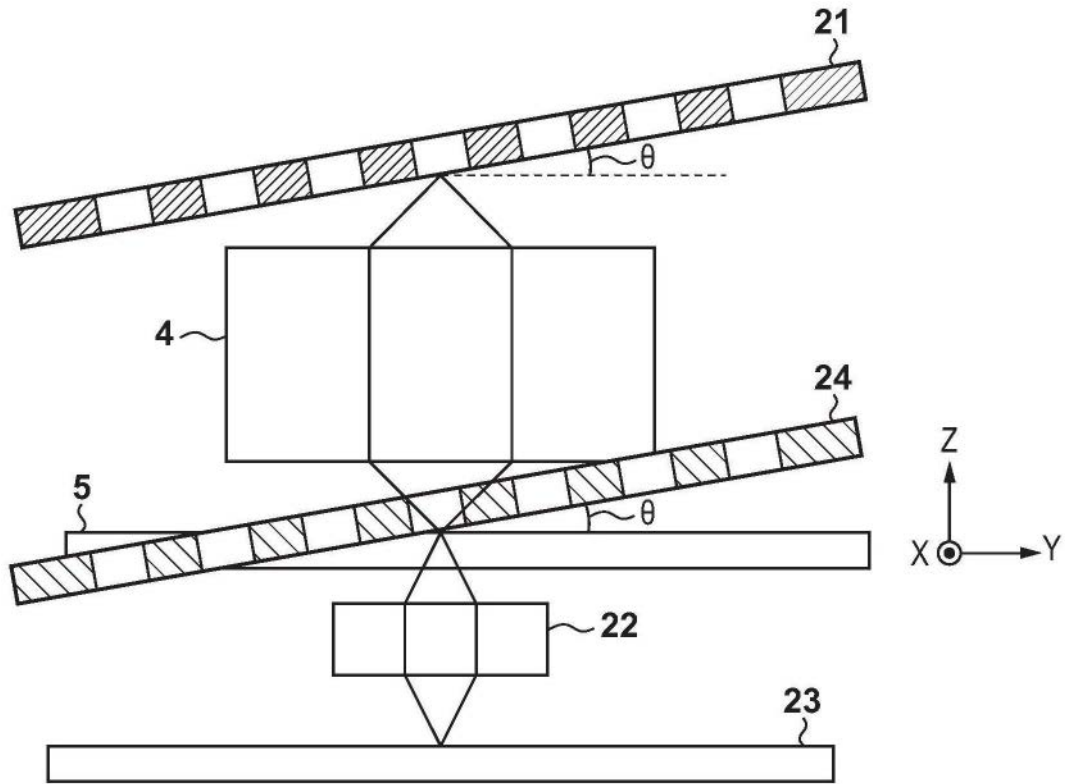


图5A

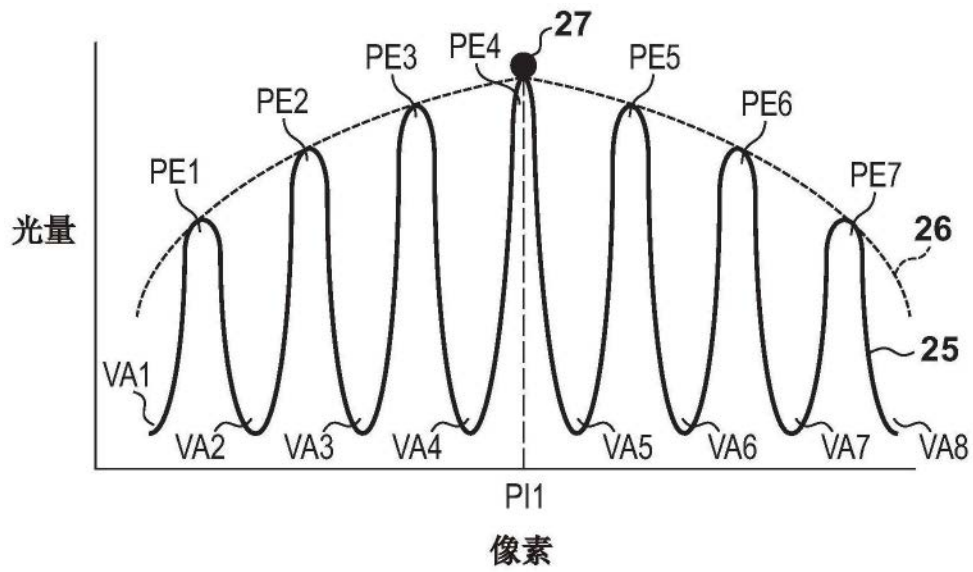


图5B

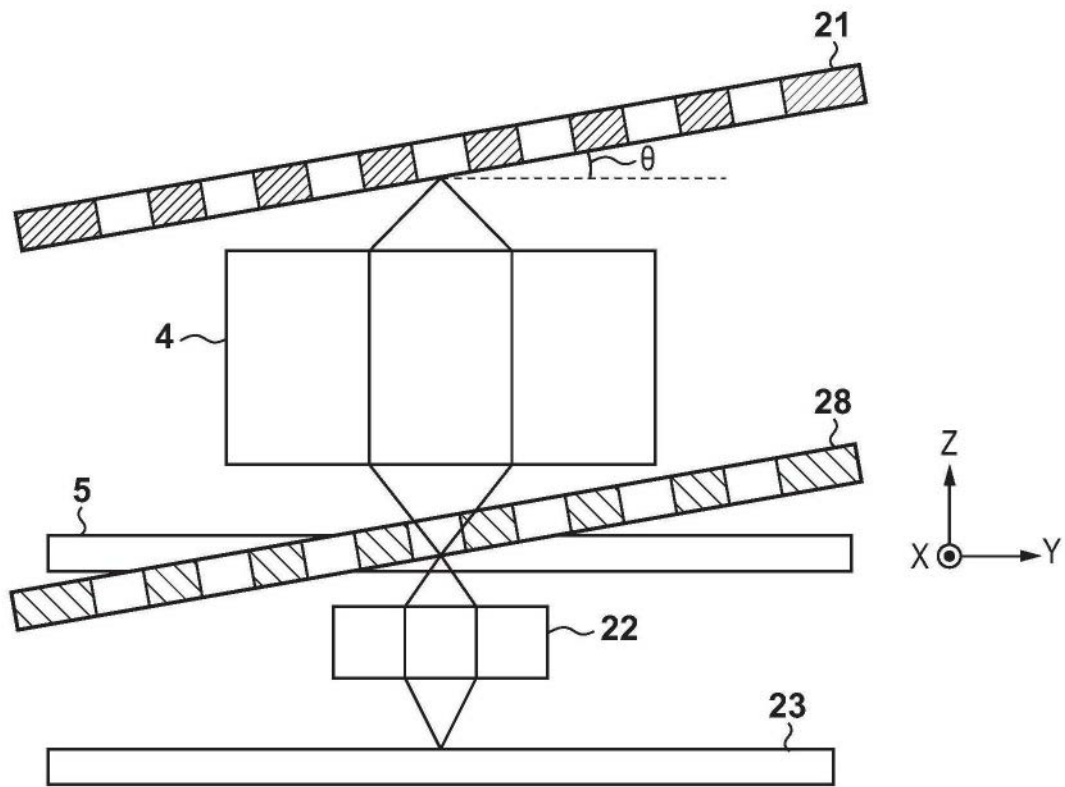


图6A

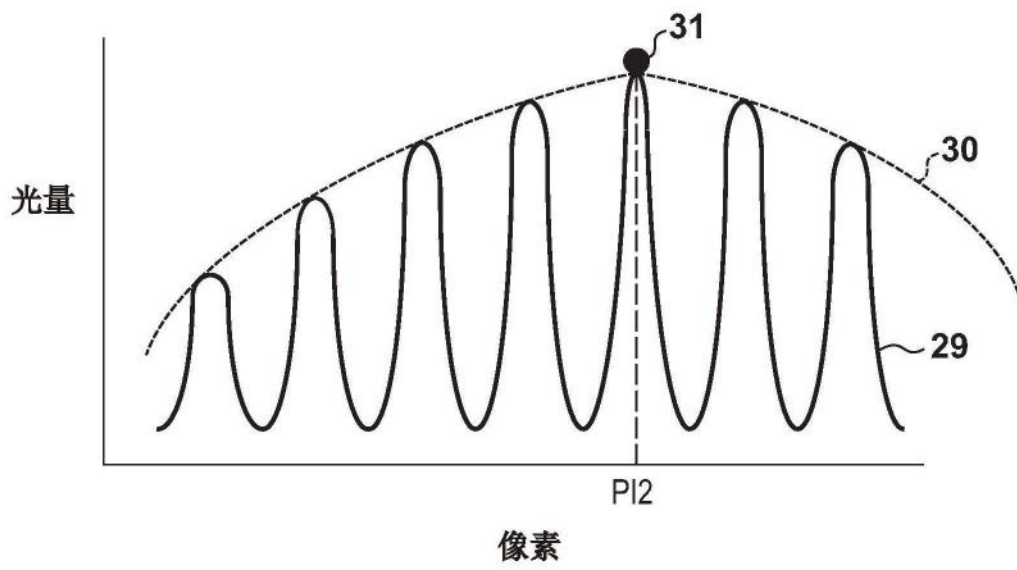


图6B

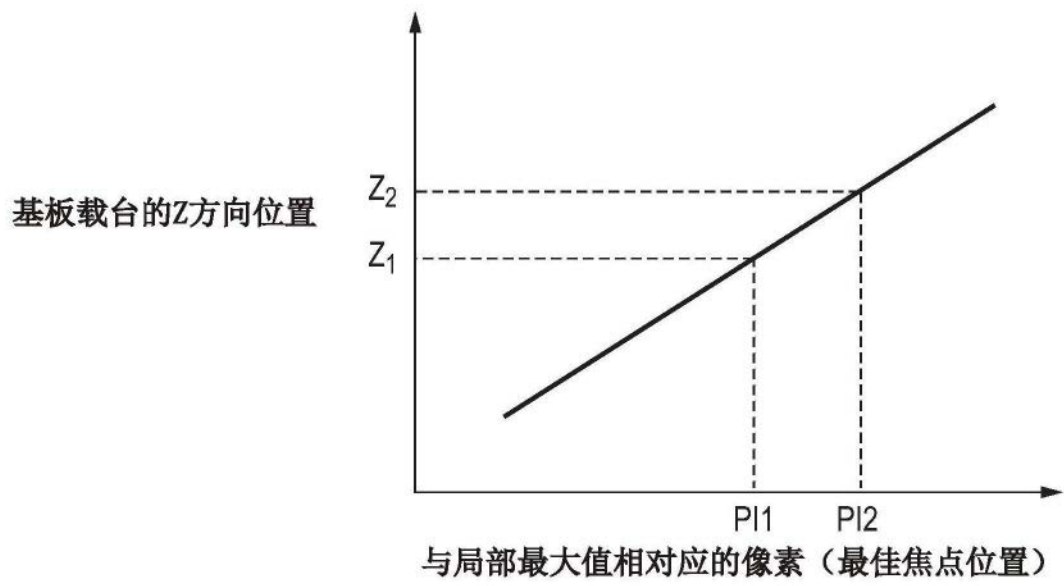


图7

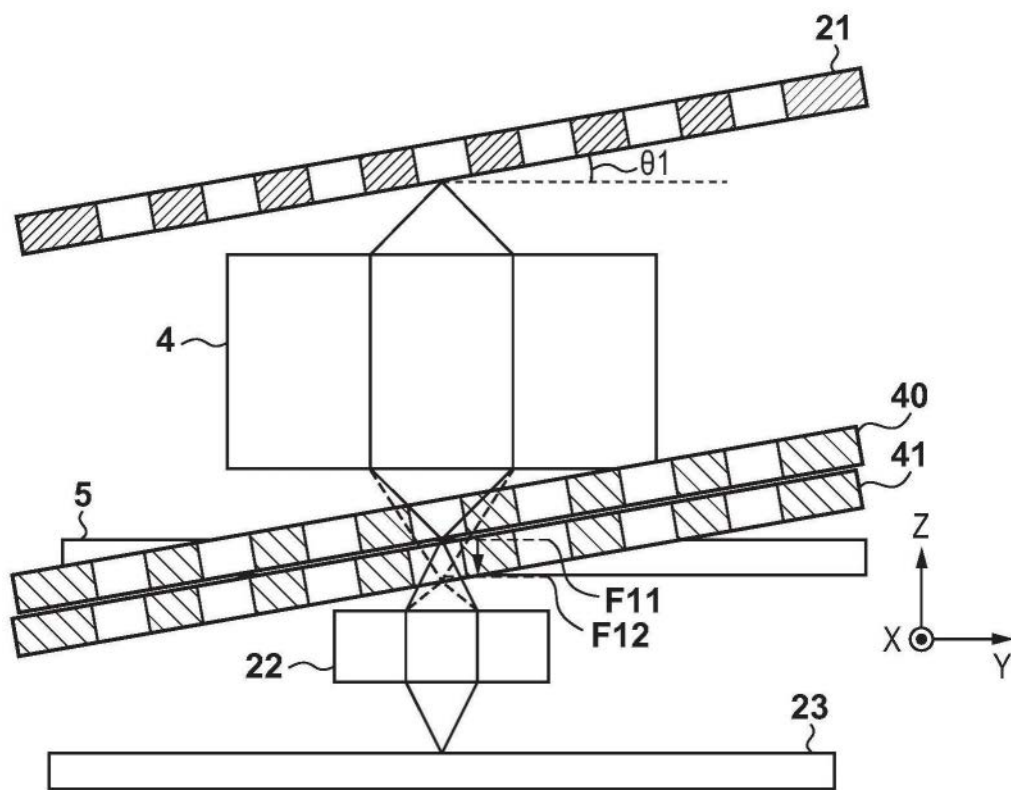


图8A

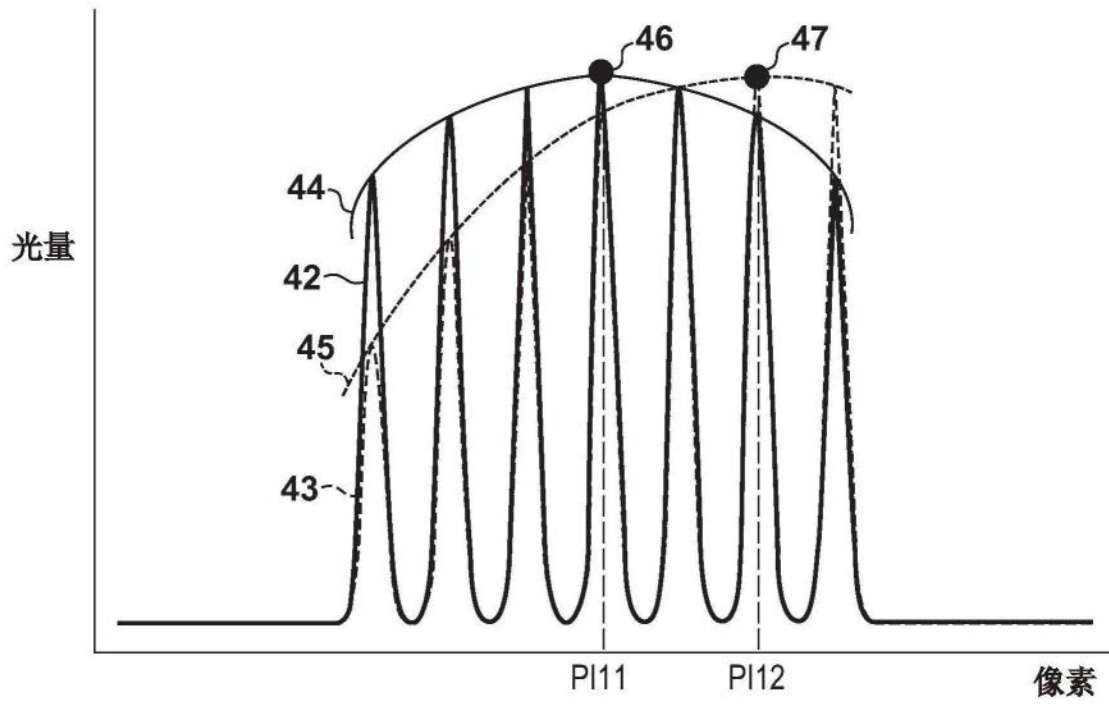


图8B

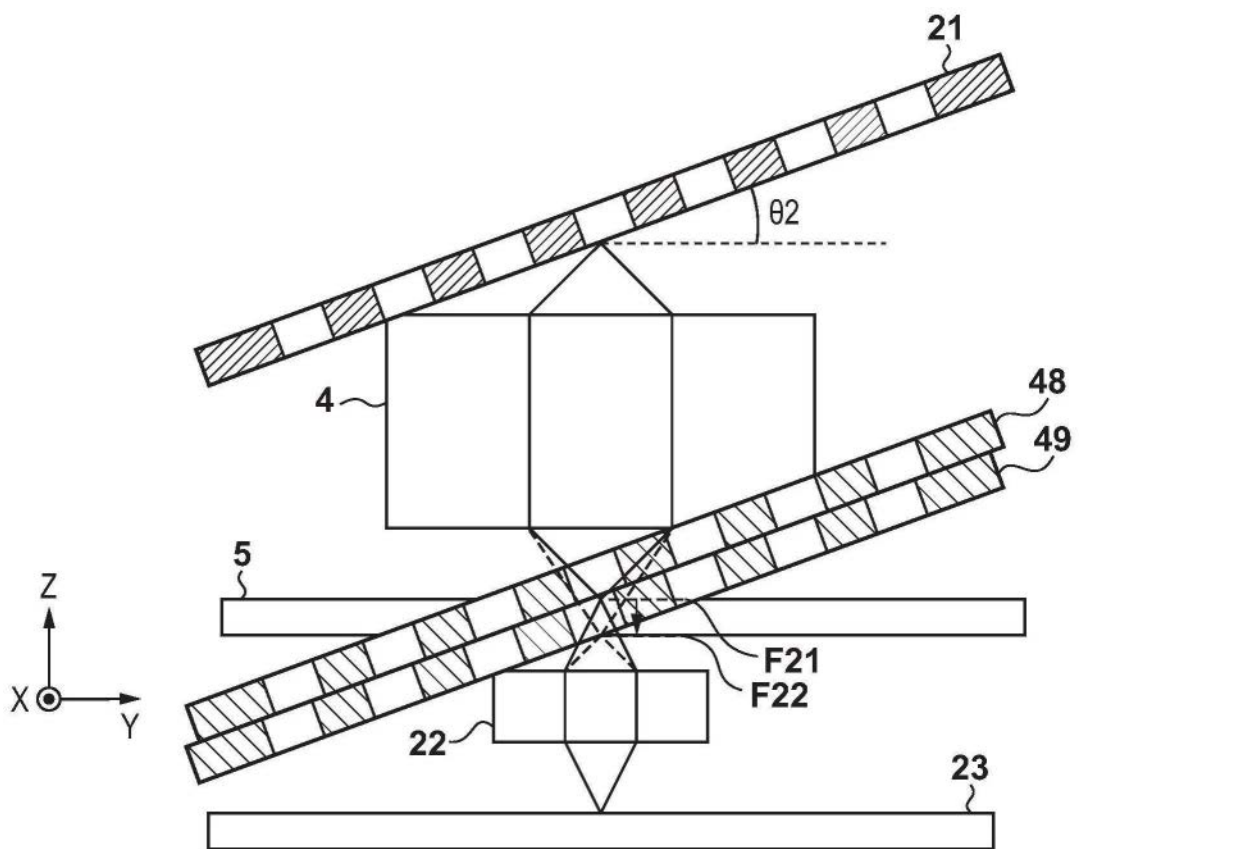


图9A

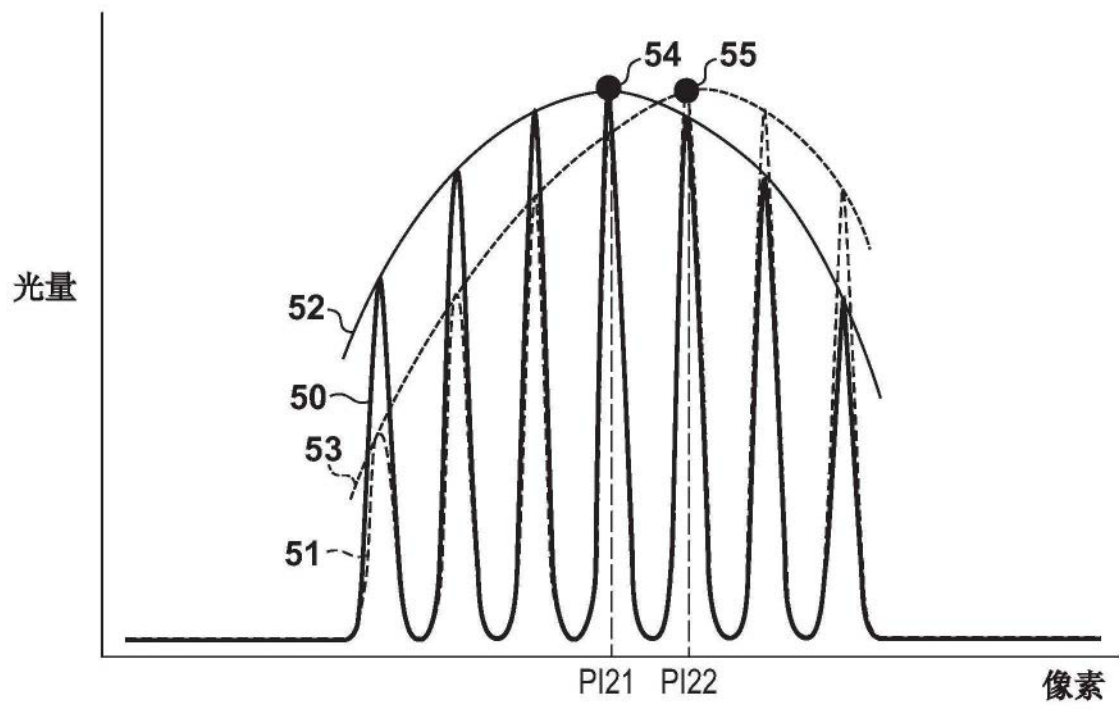


图9B

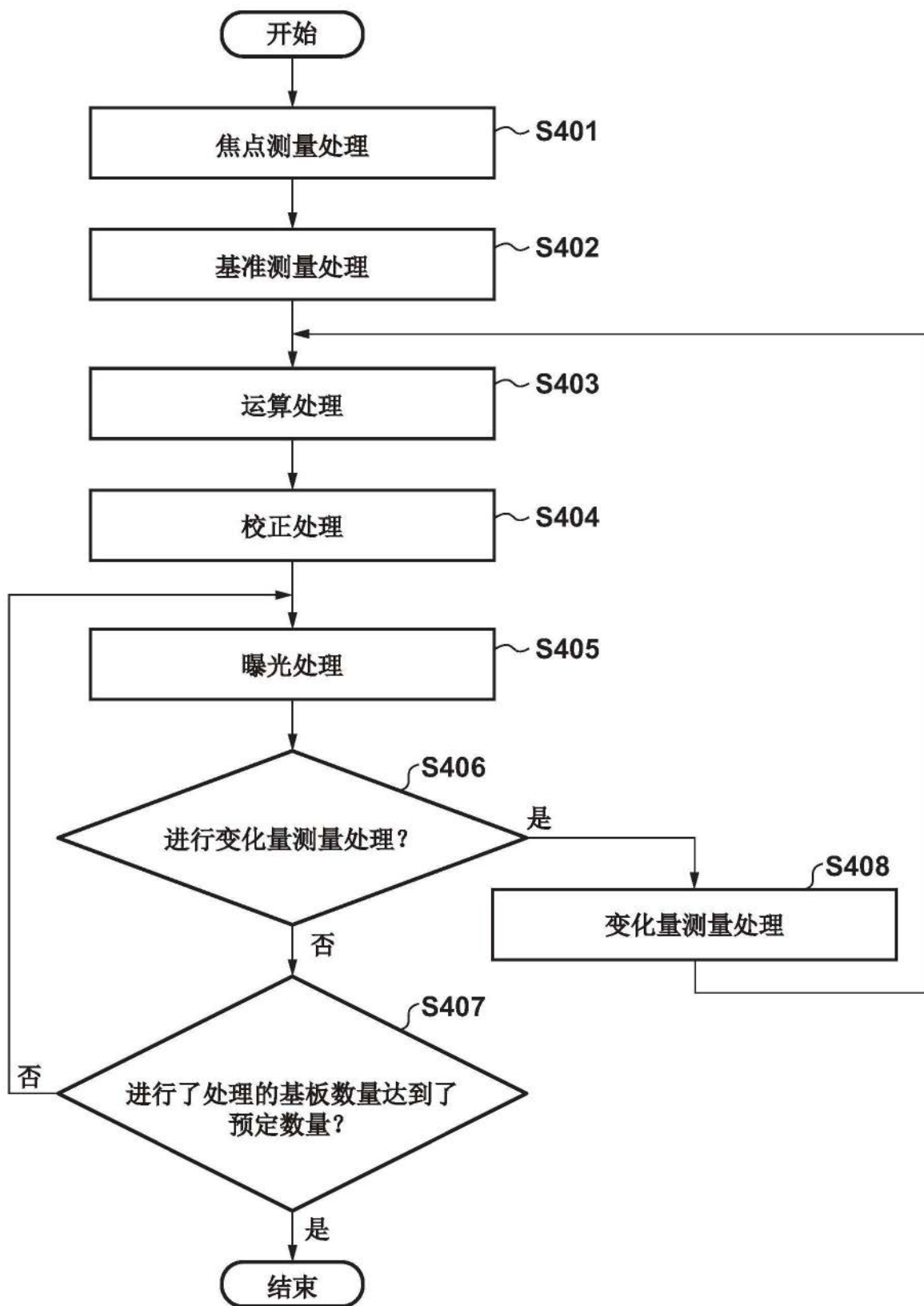


图10

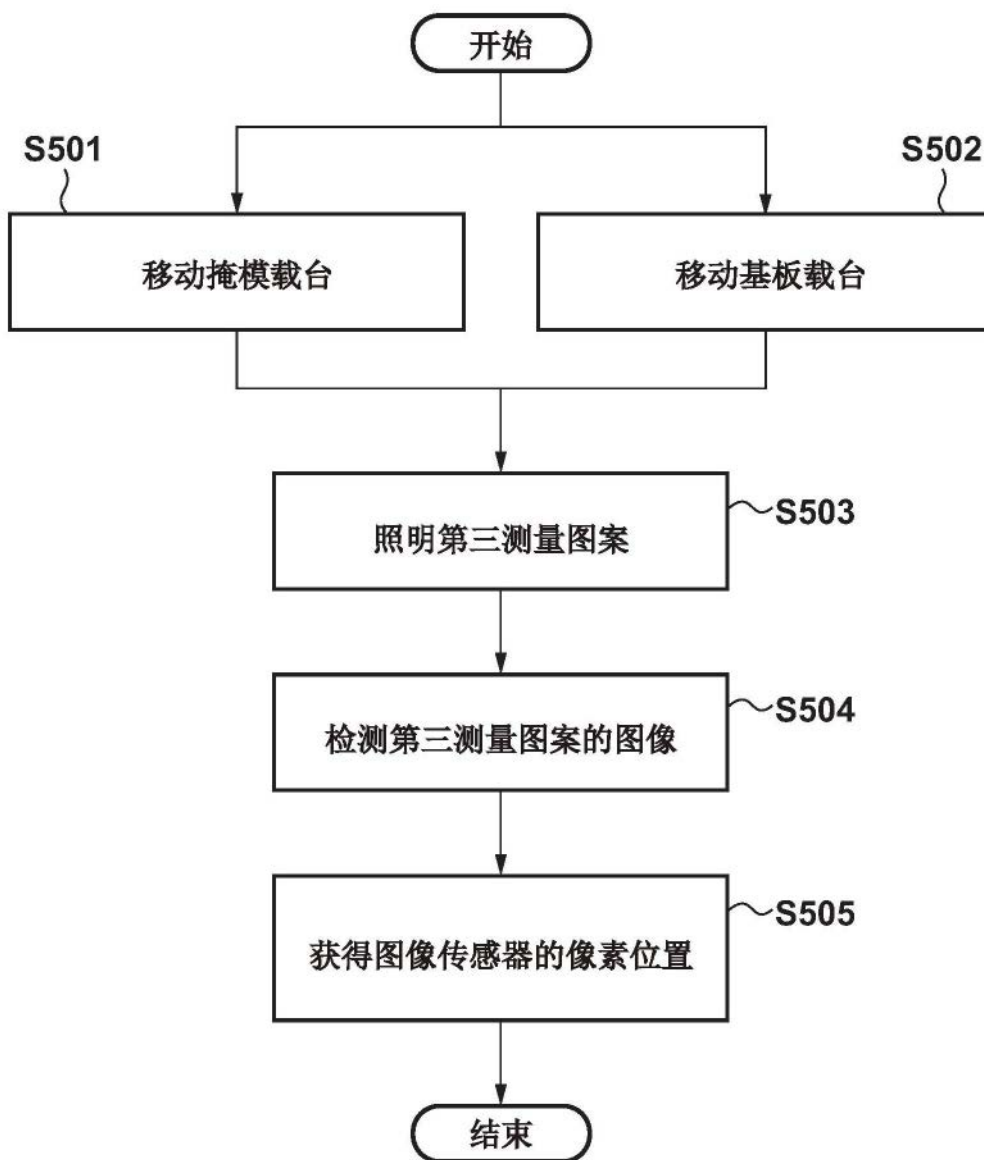


图11

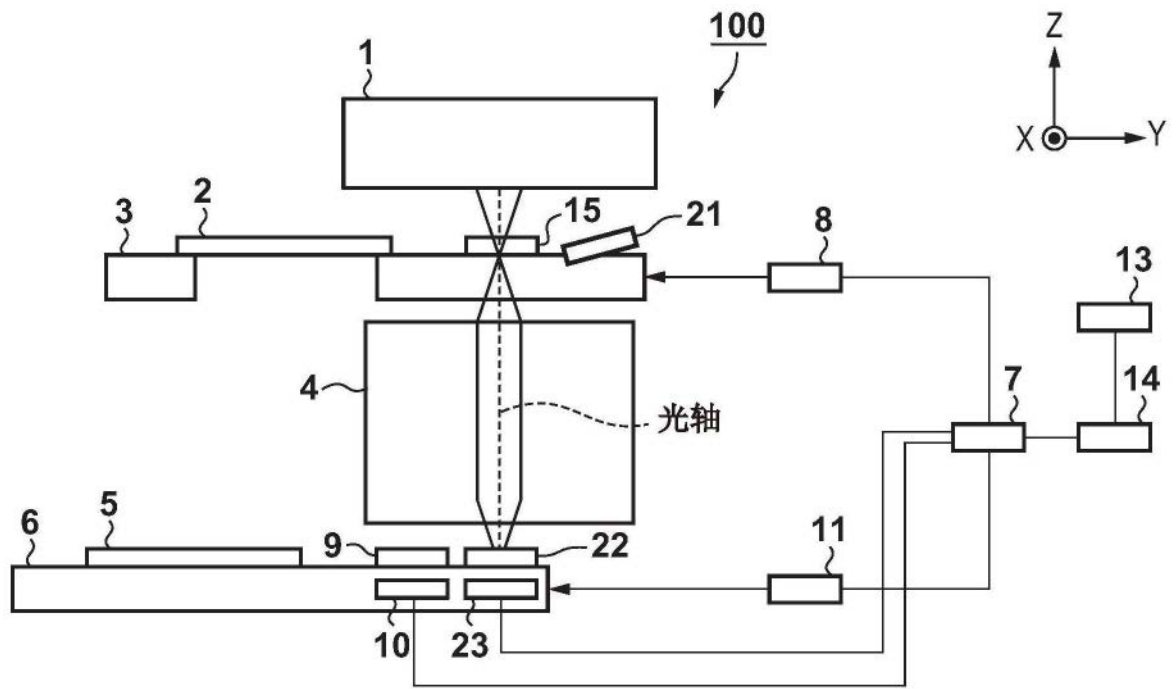


图12

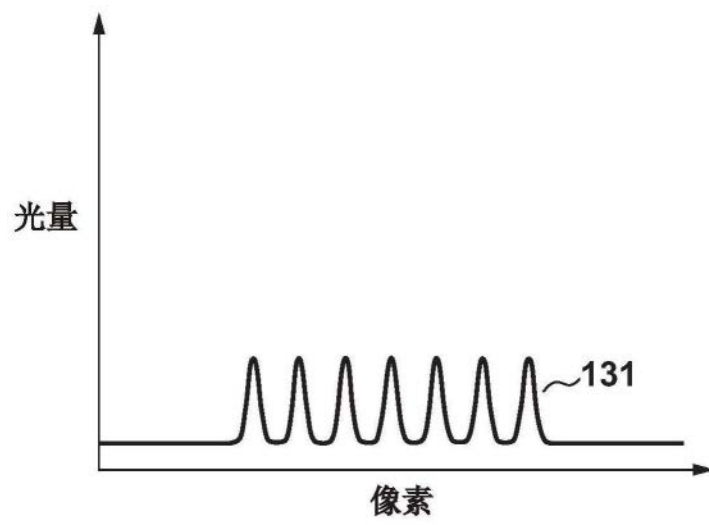


图13A

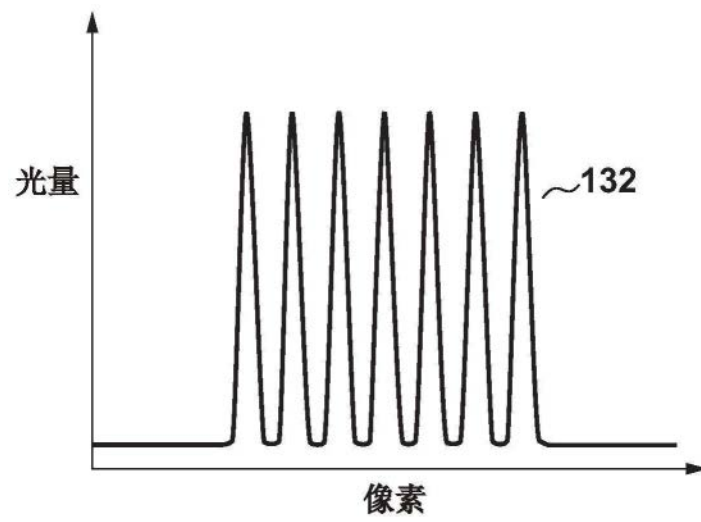


图13B

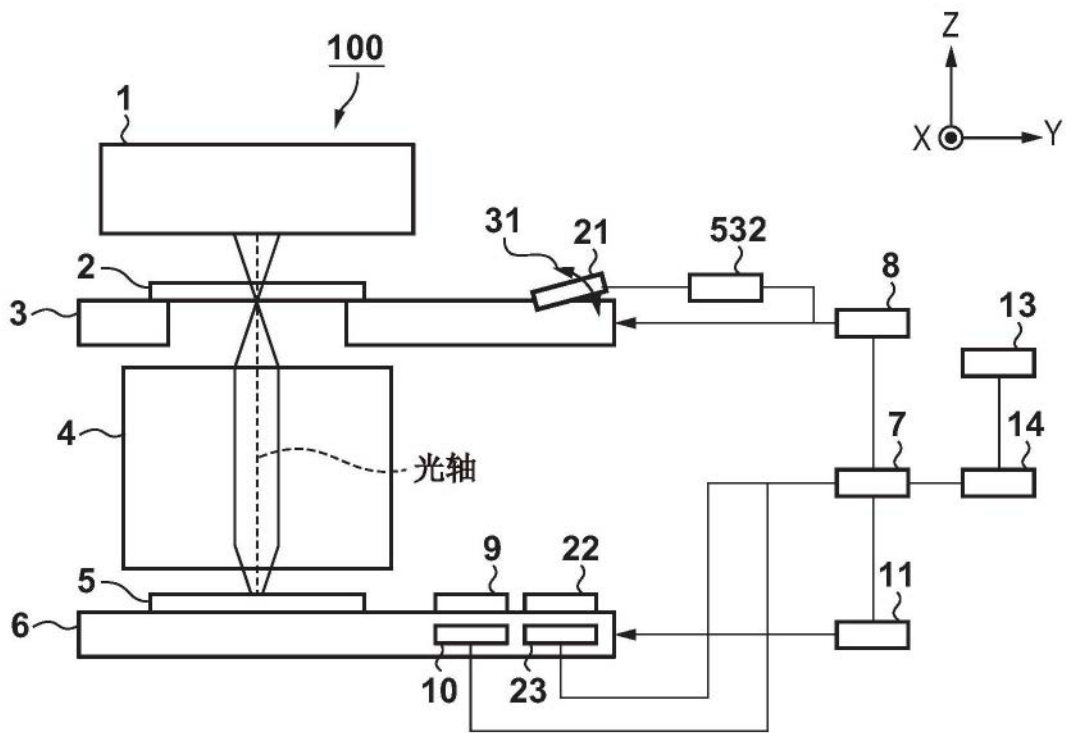


图14

现有技术

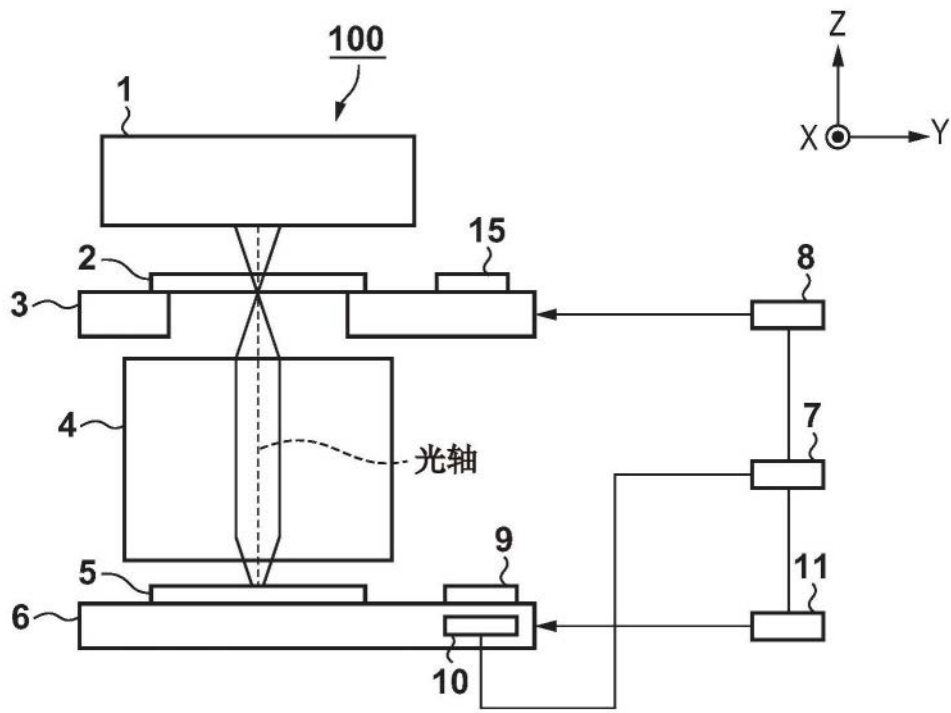


图15

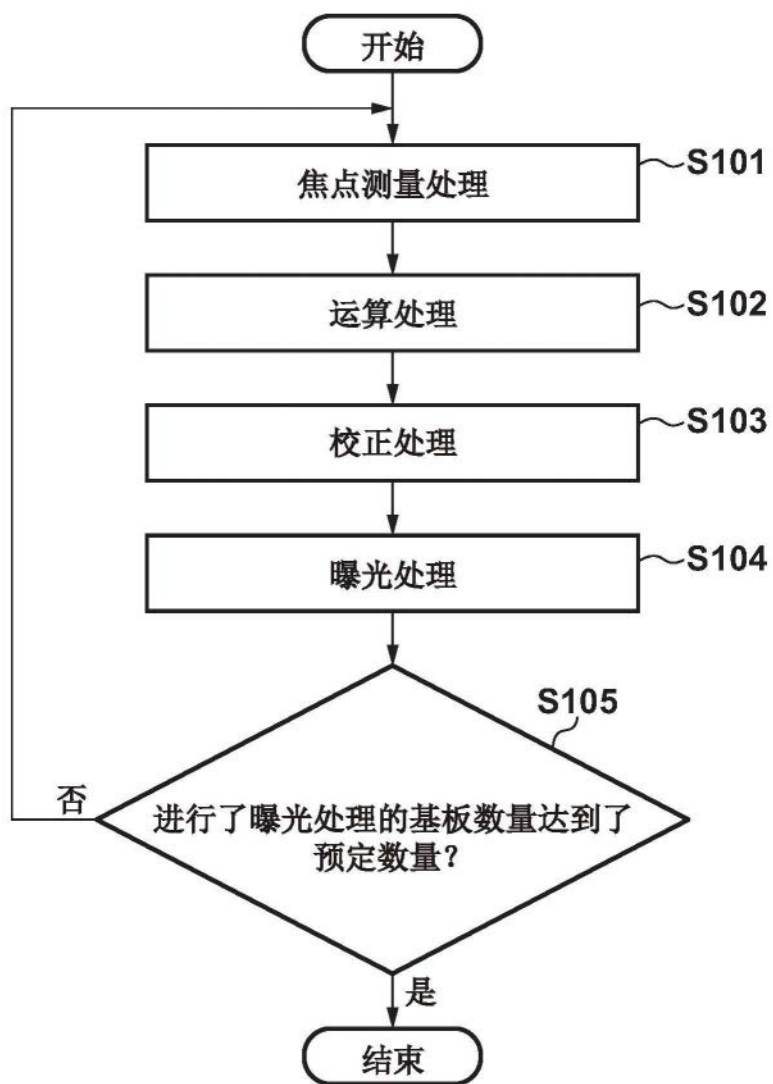
现有技术

图16

现有技术

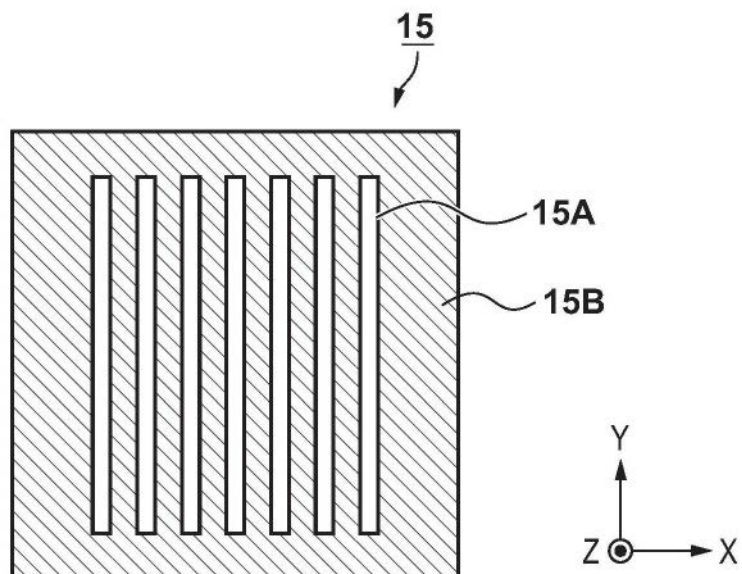


图17

现有技术

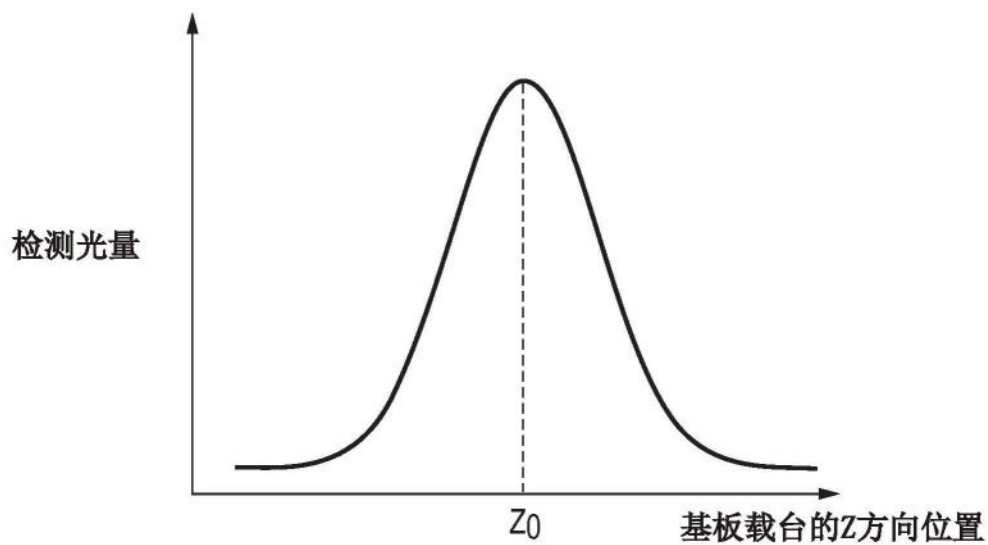


图18

现有技术

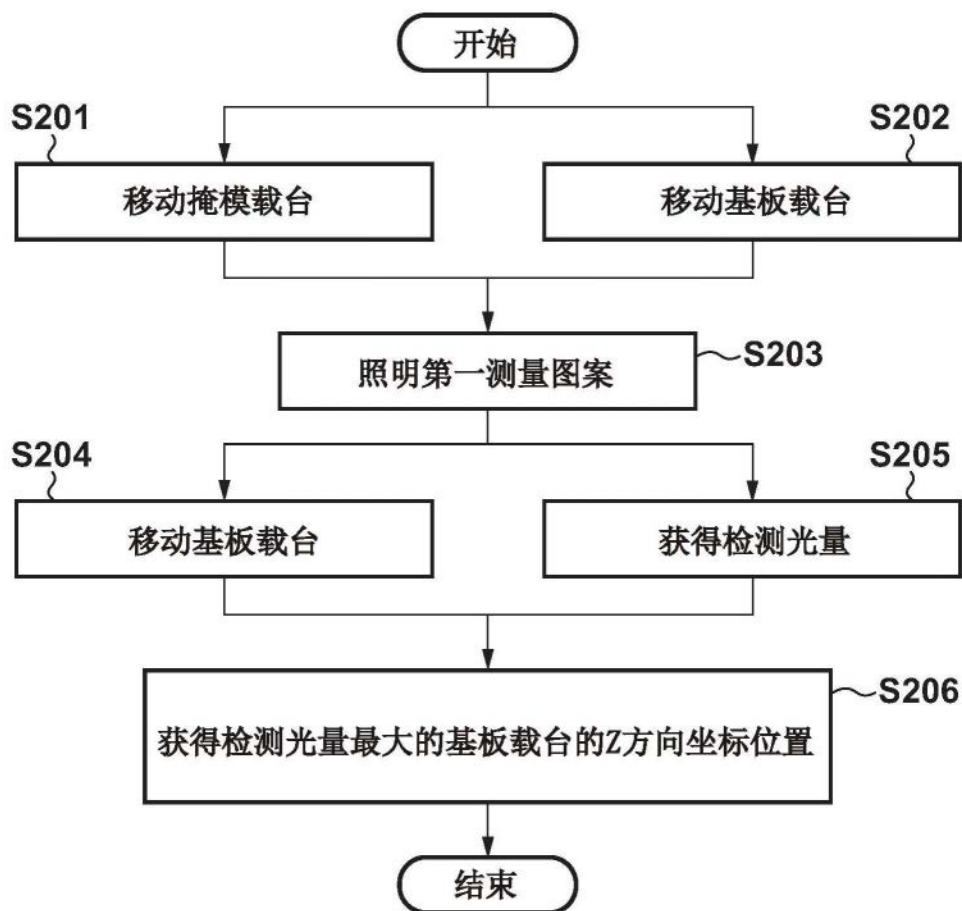


图19