



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103688205 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201280036063. 1

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 07. 10

G02B 7/36 (2006. 01)

(30) 优先权数据

G02B 7/28 (2006. 01)

2011-162157 2011. 07. 25 JP

G02B 21/36 (2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

H04N 5/225 (2006. 01)

2014. 01. 21

H04N 5/232 (2006. 01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2012/068046 2012. 07. 10

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/015143 EN 2013. 01. 31

(71) 申请人 佳能株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 川上智朗 梶山和彦 辻俊彦

铃木雅之

(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 宋岩

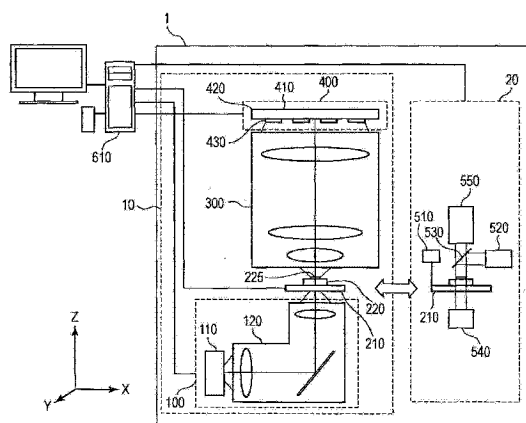
权利要求书1页 说明书9页 附图19页

(54) 发明名称

摄像装置

(57) 摘要

一种摄像装置包括：测量部，被配置为测量对象物的表面形状；摄像部，被配置为通过摄像元件取得在摄像光学系统的像面上的对象物的不同区域的图像；焦点位置检测单元，被配置为检测对象物的焦点位置，在所述焦点位置处，对象物的焦点位置检测点被聚焦在像面上；以及焦点位置确定单元，被配置为基于焦点位置检测单元的检测和测量部的测量，确定在与焦点位置检测点不同的点处的对象物的焦点位置。摄像部基于焦点位置确定单元的确定、在图像被聚焦在摄像元件上的同时摄取不同区域的图像。



1. 一种摄像装置,包括:

测量部,被配置为测量对象物的表面形状;

摄像部,被配置为取得由多个摄像元件在摄像光学系统的像面上形成的对象物的不同区域的图像;

焦点位置检测单元,被配置为检测对象物的焦点位置,在所述焦点位置处,对象物的焦点位置检测点被聚焦在所述像面上;以及

焦点位置确定单元,被配置为基于焦点位置检测单元的检测结果和测量部的测量结果来确定在与对象物的焦点位置检测点不同的点处的对象物的焦点位置,

其中,摄像部基于焦点位置确定单元的确定结果、在图像被聚焦在所述多个摄像元件上的状态下摄取对象物的不同区域的图像。

2. 根据权利要求1所述的摄像装置,

其中,测量部获取与对象物的表面上的多个不同点处的在与摄像光学系统的光轴正交的方向上的位置以及在所述光轴的方向上的位置有关的信息,且

其中,焦点位置确定单元通过参考焦点位置检测点处的焦点位置对所述信息进行校正来确定在与焦点位置检测点不同的点处的对象物的焦点位置。

3. 根据权利要求1所述的摄像装置,其中,并行进行测量部中的对于用作对象物的第一样本的表面形状测量以及摄像部中的对于与第一样本不同的第二样本的摄像。

4. 根据权利要求1所述的摄像装置,其中,测量部用夏克哈特曼波前传感器测量对象物的表面形状。

## 摄像装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及取得对象物(object)的图像的摄像装置,例如数字显微镜。

### 背景技术

[0002] 近些年来,已经关注这样的摄像装置:其获取整个样本的外形信息以及细胞组织的细节作为计算机化图像,并将计算机化图像显示在监视器上以供观察。

[0003] 这种类型的摄像装置的特征在于,对象物的尺寸相比于观察对象物必需的物镜的分辨率( $<1\mu\text{m}$ )较大(几毫米到几十毫米)。因此,为了形成具有高分辨率和宽广视场(field of view)的图像,有必要通过将由具有狭窄视场但具有高分辨率的物镜摄取的对象物不同部分的图像进行合并来取得一个整体图像。

[0004] 然而,当对于对象物的各部分测量散焦并进行聚焦时,花费很多时间来取得一个整体图像。因此,PTL1公开了在保持样本(对象物)的载玻片的三个以上的点处进行聚焦以取得载玻片的倾斜,并且,通过计算来推定这三个以上的点以外的点处的焦点位置。PTL2公开了事先取得其中存在样本的区域,测量该区域中三个基准点处的焦点位置,并根据包括这三个点的平面方程来计算任意位置处的焦点位置。

[0005] 在PTL1和PTL2中,包括对象物的表面上的三个点的平面方程根据这三个点处的焦点位置取得。然而,实际样本的表面不总是平坦的。为此原因,通过PTL1和PTL2中所描述的方法取得的图像可能由于任意位置处的焦点位置大大偏离实际焦点位置而是模糊的,或者,可能由于再次进行聚焦而花费更多的时间。

[0006] 引用列表

[0007] 专利文献

[0008] PTL1 日本专利 No. 4332905

[0009] PTL2 日本专利特开 No. 2004-191959

### 发明内容

[0010] 根据本发明一方面的摄像装置包括:测量部,被配置为测量对象物的表面形状;摄像部,被配置为取得由多个摄像元件在摄像光学系统的像面上形成的对象物的不同区域的图像;焦点位置检测单元,被配置为检测对象物的焦点位置,在该焦点位置处,对象物的焦点位置检测点被聚焦在所述像面上;以及焦点位置确定单元,被配置为基于焦点位置检测单元的检测结果和测量部的测量结果来确定在与对象物的焦点位置检测点不同的点处的对象物的焦点位置。摄像部基于焦点位置确定单元的结果、在图像被聚焦在所述多个摄像元件上的状态下摄取对象物的不同区域的图像。

### 附图说明

[0011] 图1示出根据第一和第二实施例的摄像装置的整体构造。

[0012] 图2示出样本部。

- [0013] 图 3 示出样本位置、摄像区域和照相机样本基准点之间的关系。
- [0014] 图 4A 和 4B 示出夏克哈特曼 (Shack-Hartmann) 波前传感器。
- [0015] 图 5A 和 5B 示出夏克哈特曼波前传感器中的成像点的位置。
- [0016] 图 6 示出样本位置、摄像区域和传感器样本基准点之间的关系。
- [0017] 图 7 示出传感器样本基准点和不同点处的表面形状数据。
- [0018] 图 8A 和 8B 示出像面上的样本图像。
- [0019] 图 9A、9B 和 9C 示出聚焦传感器单元的结构以及聚焦的原理。
- [0020] 图 10A、10B 和 10C 示出照明光和散射光的光路。
- [0021] 图 11 示出取得焦点位置所采用的照明方法。
- [0022] 图 12 示出根据焦点位置的摄像元件的高度调节。
- [0023] 图 13A 到 13H 示出通过多个摄像操作获取整体图像。
- [0024] 图 14 示出样本聚焦过程。
- [0025] 图 15A 和 15B 示出照相机样本基准点、倾斜检测点以及聚焦传感器之间的关系。
- [0026] 图 16 示出样本聚焦过程。
- [0027] 图 17 示出根据第三实施例的摄像装置的总体构造。
- [0028] 图 18 示出样本聚焦过程。
- [0029] 图 19 示出包括多个聚焦传感器的摄像部。
- [0030] 图 20 示出根据第四实施例的摄像装置的总体构造。
- [0031] 图 21 示出样本聚焦过程。

## 具体实施方式

[0032] 下面将介绍根据本发明的实施例的摄像装置。

### [0033] 第一实施例

[0034] 图 1 示意性地示出根据本发明第一实施例的摄像装置 1。参照图 1, 摄像装置 1 包括: 主摄像系统 10, 其用作以高分辨率和宽广视场摄取图像的摄像部; 以及, 测量光学系统 20, 其用作对将要观察的样本的表面形状和位置进行测量的测量部。

[0035] 主摄像系统 10 包括: 照明光学系统 100, 其将来自光源单元 110 的光引导到其上放置样本 225 的被照射面; 摄像光学系统 300, 其形成样本 225 的图像; 以及, 摄像元件单元 400, 其中, 多个摄像元件 430 被布置在摄像光学系统 300 的像面上。测量光学系统 20 包括: 位置测量设备 510, 其测量样本台 210 的位置; 光源 520, 其照亮样本 225; 半反射镜 530; 照相机 540, 其测量样本 225 的位置; 以及, 照相机传感器 550, 其测量样本 225 的表面形状。例如, 样本 225 被放置在载玻片和盖玻片(载玻片和盖玻片没有示出; 有时不使用盖玻片)之间以形成准备好的玻片 220。准备好的玻片 220 被放置在样本台 210 上, 并由样本台 210 在主摄像系统 10 和测量光学系统 20 之间传送。

[0036] 下面, 摄像光学系统 300 的光轴被称为 Z 方向, 且与摄像光学系统 300 的光轴垂直的平面被称为 XY 平面。

[0037] 将按照图 14 的用于在准备好的玻片 220 放置在样本台 210 上之后取得样本的整体图像的过程, 详细介绍这些结构。

[0038] 首先, 样本 225 被放置在能用测量光学系统 20 对样本 225 进行测量的位置处(步

骤 101)。

[0039] 然后,测量光学系统 20 测量样本 225 的尺寸、摄像区域、摄像位置(样本基准点)以及表面形状(步骤 102)。

[0040] 照相机 540 通过使用经由半反射镜 530 从光源 520 施加的光的透过光来摄取样本 225 的图像,以识别样本 225 在样本台 210 上的位置。由此测量样本 225 的尺寸、摄像区域、摄像位置等。照相机传感器 550 是夏克哈特曼波前传感器,并测量样本 225 的表面形状。已经知道,当盖玻片被放置在样本 225 上时,样本 225 的表面形状随着盖玻片的表面形状而变化。为此原因,当盖玻片被放置在样本 225 上时,可将盖玻片的表面形状测量为样本 225 的表面形状。

[0041] 样本台 210 可在 Z、X 和 Y 方向上改变准备好的玻片 220 的位置或关于 Z 方向倾斜准备好的玻片 220 的位置,并被驱动以使得样本 225 与被照射面一致。图 2 示出(在样本台 210 上的)准备好的玻片 220 和样本 225 的位置、将由照相机 540 拍摄的区域 540a、主摄像操作中的摄像区域 400a 以及样本基准点  $BP_0$ 。主摄像操作中的摄像区域 400a、样本基准点  $BP_0$  以及样本 225 的表面形状由处理单元 610 确定。摄像区域 400a 由样本 225 的尺寸、形状和位置以及能由摄像光学系统 300 拍摄的区域确定。

[0042] 如图 3 所示,样本基准点  $BP_0$  指示如从照相机 540 看到的样本的代表性位置,并在摄像区域 400a 被确定后被确定为所拍摄图像的坐标  $(a_0, b_0)$ 。例如,在主摄像系统 10 的基准点被设置在摄像光学系统 300 的光轴中心处的情况下,当在测量光学系统 20 中确定的摄像区域 400a 与主摄像系统 10 的摄像区域对准时,在与摄像光学系统 300 的光轴中心对应的位置处确定样本基准点  $BP_0$ 。为此原因,样本基准点  $BP_0$  根据主摄像系统 10 中的预定基准点(主基准点)的位置来确定。

[0043] 根据三个点—即,在装置的组装期间事先取得的“台位置(由位置测量设备 510 测得)”、“图像坐标”和“主摄像系统中的基准位置(主基准点)”—之间的位置关系数据来计算台驱动量,以使得主基准点和样本基准点  $BP_0$  彼此一致。

[0044] 以这种方式,确定主摄像操作中的摄像区域 400a、样本的表面形状以及样本的位置(样本基准点  $BP_0$ )。

[0045] 接着,将给出对于用照相机传感器 550 测量样本 225 或盖玻片的表面形状的方法的介绍。如上面所介绍的,照相机传感器 550 是夏克哈特曼波前传感器,并且如图 4A 和 4B 所示那样包括摄像元件 551 和微透镜阵列 552。照相机传感器 550 接收来自光源 520 和半反射镜 530 照亮的盖玻片或样本 225 的反射光。此时,照相机传感器 550 的微透镜阵列 552 上的入射光在摄像元件 551 上形成多个点像。当来自样本 225 或盖玻片的反射光理想且不畸变时,点像以等间隔排列,如图 4A 所示。相反,当样本 225 的表面的一部分畸变时,来自该部分的反射光聚焦在与理想点像位置不对准的位置上,如图 4B 所示。

[0046] 当样本 225 或盖玻片的表面理想地是平坦的时,由黑色圆圈所示的成像点规则地排列在摄像元件 551 上,如图 5A 所示。相反,当样本 225 的表面(对象物的表面)部分地畸变时,成像点不与由白色圆圈所示的理想成像点对准,如图 5B 所示。理想成像点和实际成像点之间的差异指示样本 225 或盖玻片的表面相对于理想平坦表面的倾斜。为此原因,样本或盖玻片的表面的 Z 方向上的不规则可通过联系测量点处的差异来识别,并可获取样本 225 或盖玻片的表面形状。以这种方式,获取关于样本 225 的表面上多个不同点处的、与

摄像光学系统 300 的光轴正交的方向(X 方向, Y 方向)上的位置以及与光轴平行的方向(Z 方向)上的位置的信息。

[0047] 图 6 示出有关样本位置中的摄像元件 551、成像点位置、样本基准点  $BP_1$  以及将要由照相机传感器 550 观察的区域 550a 的关系。样本基准点  $BP_1$  代表如从照相机传感器 550 看到的样本的代表性位置。下面,为了与用作从照相机 540 看到的样本的代表性位置的样本基准点  $BP_0$  进行区分,将样本基准点  $BP_0$  称作照相机样本基准点  $BP_0$ ,并将样本基准点  $BP_1$  称作传感器样本基准点  $BP_1$ 。

[0048] 类似于照相机样本基准点  $BP_0$ ,传感器样本基准点  $BP_1$  被确定为使得主摄像系统 10 中的摄像区域与由测量光学系统 20 确定的摄像区域 400a 一致。也就是说,在摄像区域 400a 中照相机样本基准点  $BP_0$  所对应的位置处确定传感器样本基准点  $BP_1$ 。为此原因,传感器样本基准点  $BP_1$  通过确定照相机样本基准点  $BP_0$  而被唯一地确定。

[0049] 这里,传感器样本基准点  $BP_1$  的坐标被取作  $(a_1, b_1)$ 。此时,例如,如图 7 所示,传感器样本基准点  $BP_1$  用数据  $(X_{a_1 b_1}, Y_{a_1 b_1}, Z_{a_1 b_1}) = (0, 0, 0)$  表示。与传感器样本基准点  $BP_1$  不同的点用有关相对于传感器样本基准点  $BP_1$  的散焦量  $(X_{xy}, Y_{xy}, Z_{xy})$  的数据表示。这里,小写字母  $x$  和  $y$  表示表面形状数据中的单元(cell)的列和行。以这种方式,测量并获取样本 225 的表面形状。

[0050] 接下来,为了摄取样本 225 的图像,对样本台 210 进行驱动,以使得照相机样本基准点  $BP_0$  与主基准点一致(步骤 103)。

[0051] 再次参照图 1,下面将介绍主摄像系统 10 的细节。照明光学系统 100 通过光学整合器单元 120 对从光源单元 110 发射的光进行重叠,并以均匀照度照亮样本 225 的整个表面。光源单元 110 发射用于照亮样本 225 的光束,并且例如由一个或更多个卤素灯泡、氙气灯泡或 LED 构成。摄像光学系统 300 以宽广的视场并以高分辨率在像面上形成被照亮的样本 225 的图像。图 8A 所示的样本 225 的图像被摄像光学系统 300 形成为图 8B 中虚线所示的图像 225A。

[0052] 摄像元件单元 400 包括摄像台 410、电路板 420、摄像元件 430 以及聚焦传感器 440。如图 8B 所示,摄像元件 430 以与摄像台 410 上的摄像光学系统 300 的像面对准的方式间隔布置在电路板 420 上。聚焦传感器 440 是检测样本 225 的焦点位置检测点的焦点位置检测单元。聚焦传感器 440 被设置在电路板 420 上,并用作用于对准主摄像系统 10 和测量光学系统 20 的主基准点。

[0053] 例如,聚焦传感器 440 可以是能以高速对均匀照亮的样本的图像的对比度进行处理的二维摄像元件,或者,可以由多个曝光计(actinometer)构成以通过光量来确定焦点位置。这里,将参照图 9A-9C 给出对于当使用多个曝光计时用于获取焦点位置信息的聚焦传感器 440 的结构以及所采用的焦点位置获取方法的介绍。如图 9A 所示,聚焦传感器 440 通过半棱镜 442 对来自摄像光学系统 300 的光 312 进行分割,并通过光量传感器单元 441 取得不同位置处的光量。光量传感器单元 441 中的两个光量传感器的受光面 441a 和 441b 具有与将由摄像光学系统 300 形成的最小斑尺寸基本上相等的尺寸。这将与针孔效应相同的效应给予受光面 441a 以及 441b。另外,两个受光面 441a 和 441b 被调节为距摄像光学系统 300 的像面相等的距离,使得在受光面 441a 和 441b 检测到相同光量时摄像光学系统 300 的像面与样本 225 的成像位置一致。

[0054] 在图 9B 中,纵轴表示根据成像位置变化的入射光的光量。虚线和实线分别代表在两个受光面 441a 和 441b 上的入射光的量  $I_a$  和  $I_b$ 。横轴表示成像位置。在图 9C 中,纵轴表示  $(I_a - I_b) / (I_a + I_b)$ ,且横轴表示成像位置。如图 9B 所示,光量传感器上入射光的量的曲线具有相同的峰形状。此时,如图 9C 所示, $(I_a - I_b) / (I_a + I_b)$ 在特定的成像位置处是 0,这显示聚焦传感器 440 与样本 225 的成像位置一致。当  $(I_a - I_b) / (I_a + I_b)$  为正值时,带出前聚焦状态,当  $(I_a - I_b) / (I_a + I_b)$  为负值时,带出后聚焦状态。因此,成像位置信息可基于由光量传感器单元 441 中的两个光量传感器接收的光量的差异或比率而被定量测量。

[0055] 当获取焦点位置信息时,可通过仅仅取得暗视场照明时来自样本 225 的散射光来增强可靠性。例如,通过将照明光学系统 100 的数值孔径 NA 设置为大于摄像光学系统 300 的数值孔径 NA 以使照明光不进入摄像光学系统 300,可仅仅获取来自样本 225 的散射光。在这种情况下,图 10A 用实线示意性地示出照明光,并用虚线示出散射光。可替代地,当使得来自照明光学系统 100 的照明光严格平行于摄像光学系统 300 的光轴并在摄像光学系统 300 或类似物的光瞳面处被光阻挡单元 350 阻挡时,也可仅仅取得来自样本 225 的散射光。在这种情况下,图 10B 用实线示意性地示出照明光,并用虚线示出散射光。

[0056] 另外,可替代地,如图 11 所示,准备与照明光学系统 100 不同的照明光学系统 111,并以与可由摄像光学系统 300 捕获的区域 311 相比更大的角度倾斜地施加照明光。于是,来自样本部的反射光不被摄像光学系统 300 捕获,而是可仅仅取得来自样本 225 的散射光。在这种情况下,图 10C 用实线示意性地示出照明光,并用虚线示出散射光。

[0057] 另外,多个摄像元件 430 中的任意摄像元件可被选择为聚焦传感器而不是仅将传感器用于聚焦,所选择的摄像元件中的特定像素可被设置为主基准点,并可通过使用上面介绍的方法来进行聚焦。

[0058] 通过上面介绍的结构和方法,用聚焦传感器 440 来确定焦点位置。

[0059] 在 Z 方向上移动样本台 210 的同时,用聚焦传感器 440 寻找照相机样本基准点  $BP_0$  处的样本 225 的焦点位置(步骤 104)。

[0060] 这里,样本 225 被放置为使得照相机样本基准点  $BP_0$  和聚焦传感器单元 440 相对于摄像光学系统 300 具有共轭位置关系。有时在不仅聚焦到样本 225 的表面上而且聚焦到样本 225 的内部的情况下摄取样本 225 的图像。因此,焦点位置检测点不仅可被设置在样本 225 的表面上,而且可被设置在样本 225 内。

[0061] 在照相机样本基准点  $BP_0$  处取得聚焦之后,用测量光学系统 20 取得的表面形状数据被应用到整个样本 225 (步骤 105)。

[0062] 首先,使得照相机样本基准点  $BP_0$  和主基准点具有在摄像光学系统 300 中的物点和像点之间的聚焦关系。在照相机样本基准点  $BP_0$  以外的部分中,焦点位置由用作焦点位置确定单元的处理单元 610 基于聚焦传感器 440 的检测结果和事先取得的表面形状数据来确定。此时,当传感器样本基准点  $BP_1$  被设置在摄像区域 400a 中的照相机样本基准点  $BP_0$  所对应的位置处时,参考照相机样本基准点  $BP_0$  处的焦点位置来应用事先取得的表面形状数据。也就是说,使得照相机样本基准点  $BP_0$  处的焦点位置与用作表面形状数据的基准点的传感器样本基准点  $BP_1$  对应,并且,与传感器样本基准点  $BP_1$  的差异(表面形状)作为 Z 方向上的散焦量被应用,由此确定样本的整个表面的焦点位置。当传感器样本基准点  $BP_1$  被设置在与和照相机样本基准点  $BP_0$  对应的位置不同的位置时,使得表面形状数据中的照相机

样本基准点  $BP_0$  所对应的位置对应于照相机样本基准点  $BP_0$  处的焦点位置。然后,将表面形状数据应用到样本的整个表面。

[0063] 通过这样做,可通过少量聚焦操作取得从样本 225 的表面到内部的焦点位置。然而,对于摄像部侧的散焦量,考虑摄像光学系统 300 的光学(横向)倍率  $\beta$ 。例如,假设摄像光学系统奇数次形成图像,并在样本上的任意点  $(X_{xy}, Y_{xy})$  处设置相对于传感器样本基准点  $BP_1$  的散焦  $z_{xy}$ 。在这种情况下,在像面侧,在  $XY$  平面上的点  $(-X_{xy} \times \beta, -Y_{xy} \times \beta)$  处应用散焦  $Z_{xy} \times \beta^2$ 。

[0064] 当整个表面实际上被聚焦时,样本台 210 和摄像元件 430 之间的相对位置被改变为使得样本台 210 与摄像元件 430 具有共轭关系(步骤 106)。例如,如图 12 所示,摄像元件 430 被结构化在  $Z$  方向上被驱动并且绕  $X$  和  $Y$  轴可旋转。摄像元件 430 根据考虑表面形状和倍率  $\beta$  确定的焦点位置而受到驱动,使得能够在样本 225 对焦(in focus)的情况下进行成像。为了使得整个样本的散焦量最小化,样本台 210 可在  $Z$  方向上受到驱动并且关于  $X$  和  $Y$  轴被倾斜。

[0065] 通过上面介绍的过程,对整个表面进行聚焦并取得图像。由于多个摄像元件 430 被分离地布置在第一实施例的摄像部中,所以不能在一个摄像操作中摄取样本的整体图像。为此原因,有必要通过在相对于与摄像光学系统 300 的光轴方向垂直的平面移动样本 225 和摄像元件单元 400 的同时进行摄像操作并对所取得的独立图像进行合并来形成样本的整体图像。

[0066] 下面将给出对于当将整个样本摄取为一个图像时在样本 225 和样本台 210 的移动与摄像光学系统 300 和摄像元件单元 400 之间的关系的介绍。图 13A-13H 示出这样的情况:其中,多个摄像元件 430 以网格图案布置,在三次在  $XY$  平面上平移样本部 200 的同时摄取图像,并对所摄取的图像进行合并。图 13A-13D 示出当在与摄像光学系统 300 的光轴垂直的方向上平移样本台 210 以填充摄像元件 430 之间的间隙的同时摄取图像时摄像元件 430 与样本图像 225A 之间的关系。

[0067] 当第一摄像操作在图 13A 的位置处进行时,样本 225 的图像 225A 的仅其中设置摄像元件的区域(阴影部分)被分离地摄取,如图 13E 所示。接着,当样本台 210 被平移并在图 13B 的位置处进行第二摄像操作时,取得包括前面摄取的图像的图 13F 的阴影部分的图像。当样本台 210 被进一步平移并在图 13C 的位置处进行第三摄像操作时,取得包括前面摄取的图像的图 13G 的阴影部分的图像。当样本台 210 被进一步平移并移到图 13D 的位置并且图像被摄取时,所摄取的图像叠加在通过前三次摄像操作取得的图像上,故能够形成摄像区域的整体图像,如图 13H 所示。

[0068] 以这种方式,取得样本的整体图像。为了取得对焦图像,在四个摄像操作的每一个中,通过图 14 的步骤 104 到 106 来进行聚焦。

[0069] 借助上面介绍的方法,通过使用具有宽广视场和多个摄像元件的光学系统,形成对焦且高分辨率的整体图像。

[0070] 根据上面介绍的方法,可以更为准确地确定任意位置处的对象物的焦点位置,并在较短时间内取得对象物的整体图像。

[0071] 第二实施例

[0072] 在第一实施例中,测量样本 225 的表面形状,并将照相机样本基准点  $BP_0$  与主基准

点对准。在照相机样本基准点  $BP_0$  处确定摄像光学系统的焦点位置,并随着表面形状的波动驱动摄像元件或类似物,使得还在除点  $BP_0$  以外的多个点处确定焦点位置,并取得样本的对焦整体图像。

[0073] 然而,如果准备好的玻片 220 在从测量光学系统 20 到主摄像系统 10 的运送期间由于冲击等而倾斜,则需要校正倾斜。在这种情况下,可通过根据由三个以上聚焦传感器测量的焦点位置计算样本 225 的倾斜并且通过样本台 210 对倾斜进行校正来取得样本的对焦整体图像,其中,三个以上聚焦传感器以不在一直线上对齐的方式被布置在摄像元件单元 400 中。

[0074] 将按照图 16 所示的聚焦过程介绍在这种情况下采用的聚焦方法。这里,跳过对于与第一实施例的摄像过程中那些步骤相同的步骤的介绍,仅仅介绍用于对样本 225 进行聚焦的步骤。

[0075] 三个基准点中的一个用作作为整个样本的焦点位置的基准的照相机样本基准点  $BP_0$ ,其他基准点用作倾斜检测点 TP (图 15A)。首先,在 Z 方向上驱动样本台 210,并通过聚焦传感器 440 来获取照相机样本基准点  $BP_0$  和倾斜检测点 TP 处的焦点位置(步骤 201)。

[0076] 接着,计算当确定照相机样本基准点  $BP_0$  处的焦点位置时在照相机样本基准点  $BP_0$  处的焦点位置与在倾斜检测点 TP 处的焦点位置(Z 方向)之间的差异(步骤 202)。

[0077] 接着,根据事先由测量光学系统 20 测量的表面形状计算照相机样本基准点  $BP_0$  和倾斜检测点 TP 处的焦点位置(Z 方向)之间的差异(步骤 203)。

[0078] 比较步骤 202 和步骤 203 之间的焦点位置差异(步骤 204)。当比较结果在预定范围内时,不通过样本台 210 进行倾斜校正,并完成聚焦。当比较结果在预定范围外时,计算倾斜量(步骤 205)。

[0079] 根据在步骤 205 中计算的倾斜量来驱动样本台 210 以便对倾斜进行校正,使得照相机样本基准点  $BP_0$  和倾斜检测点 TP 之间的焦点位置(Z 方向)差异落在预定范围内(步骤 206)。

[0080] 通过上面介绍的步骤,测量样本 225 的表面形状,调节照相机样本基准点  $BP_0$  处的焦点位置,根据表面形状(波动)计算散焦量,并通过驱动样本部 200 来校正倾斜,因此能够取得样本的对焦整体图像。当倾斜较大时,过程可从步骤 206 返回到步骤 201,并可重复相同的步骤。

[0081] 这允许更为准确的聚焦。

[0082] 第三实施例

[0083] 在第一实施例和第二实施例中,摄像光学系统和测量光学系统的光轴不同。例如,如图 17 所示,摄像光学系统的光轴可用半反射镜或类似物分割,且光学系统的光轴可部分地彼此一致。在这种情况下,用来自测量光学系统中的光源 520 的光照亮样本 225,且样本 225 的图像被照相机 540 摄取。同样,样本 225 的表面形状用照相机 550 测量。

[0084] 这种情况下采用的聚焦方法将按照图 18 所示聚焦过程来介绍。首先,样本台 210 被放置在将用主摄像系统 10 测量的位置处(步骤 301),并且,用测量光学系统 20 测量放置在样本台 210 上的样本 225 的尺寸、摄像区域 400a、照相机样本基准点  $BP_0$  以及表面形状(步骤 302)。

[0085] 接着,在 XY 平面上驱动样本台 210 以调节样本 225 的摄像区域,使得照相机样

本基准点  $BP_0$  和聚焦传感器(主基准点)相对于摄像光学系统 300 具有共轭位置关系(步骤 303)。

[0086] 然后,在 Z 方向上驱动样本台 210 的同时用聚焦传感器寻找照相机样本基准点  $BP_0$  处的焦点位置(步骤 304)。此时,样本 225 被放置为使得照相机样本基准点  $BP_0$  和聚焦传感器相对于摄像光学系统 300 具有共轭位置关系。

[0087] 如第一实施例的步骤 105 中所描述的,在照相机样本基准点  $BP_0$  处取得聚焦之后,在主基准点和用作表面形状数据基准点的传感器样本基准点  $BP_1$  对准的同时,将由测量光学系统 20 取得的表面形状数据应用到整个样本(步骤 305)。

[0088] 为了对整个样本聚焦,改变样本台与摄像元件之间的相对位置,使得样本台和摄像元件具有共轭位置关系(步骤 306)。

[0089] 在步骤 304 到 306 中,类似于第二实施例,可用多个聚焦传感器进行倾斜检测操作。

[0090] 上面的方法允许以短的时间准确地形成样本的整体图像。

[0091] 第四实施例

[0092] 在第一到第三实施例中,用夏克哈特曼波前传感器测量样本的表面形状,在主摄像系统中的基准点处调节聚焦,并基于测量得到的表面形状间接确定整个样本的焦点位置。

[0093] 如图 19 所示,多个聚焦传感器 440 可被设置在摄像元件单元 400 中的摄像元件 430 之间,并可仅用聚焦传感器 440 测量焦点位置。这种情况下采用的聚焦方法将参照示出整体构造图的图 20 和示出聚焦过程的图 21 来介绍。

[0094] 首先,将样本台 210 放置在将要用主摄像系统 10 测量的位置处(步骤 401),并用测量光学系统 20 测量样本 225 的尺寸、摄像区域 400a、照相机样本基准点  $BP_0$  以及表面形状(步骤 402)。

[0095] 接着,在 Z 方向上驱动样本台 210 以便调节摄像区域,使得照相机样本基准点  $BP_0$  和聚焦传感器 440 (主基准点)相对于摄像光学系统 300 具有共轭位置关系(步骤 403)。

[0096] 然后,在摄像光学系统 300 的 Z 方向上驱动样本台 210 的同时寻找照相机样本基准点  $BP_0$  处的样本 225 的焦点位置,且焦点位置还用放置在不与照相机样本基准点  $BP_0$  共轭的位置处的聚焦传感器 440 来测量(步骤 404)。

[0097] 然后,可根据在多个点处测量的焦点位置计算包括不设置聚焦传感器 440 的部分在内的整个表面的焦点位置(步骤 405)。

[0098] 为了将计算得到的焦点位置应用到整个表面的焦点位置,改变样本与摄像元件之间的相对位置,使得样本与摄像元件具有共轭位置关系(步骤 406)。

[0099] 在步骤 404 中,为了准确找到焦点位置,可通过在样本台 210 在 XY 平面内受到驱动时用聚焦传感器计算焦点位置以增大焦点位置测量点的数量,增大对整个表面聚焦的精度。

[0100] 在上面介绍的实施例中,本发明的摄像装置被应用到显微镜。尽管在实施例中采用将施加到样本的光的透过光聚焦到像面上的透过型光学系统,然而可采用落射型照明(epi-illumination)光学系统。

[0101] 尽管已经介绍了某些实施例,然而通过在如第一实施例和第二实施例中的测量光

学系统和主摄像系统中并行(同时)地进行操作,可在短时间内摄取多个样本的图像。也就是说,测量光学系统测量第一样本的表面形状,同时,主摄像系统摄取第二样本的图像。

[0102] 当摄像装置摄取少量样本的图像时,通过如第三实施例和第四实施例中那样将主摄像系统和测量光学系统的光轴部分地对准来使其紧凑化。

[0103] 尽管已经参照示例性实施例介绍了本发明,但应理解,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将与最广泛的解释一致,以便涵盖所有这些修改和等同结构以及功能。

[0104] 本申请要求 2011 年 7 月 25 日提交的日本专利申请 No. 2011-162157 的权益,其整体通过引用结合于此。

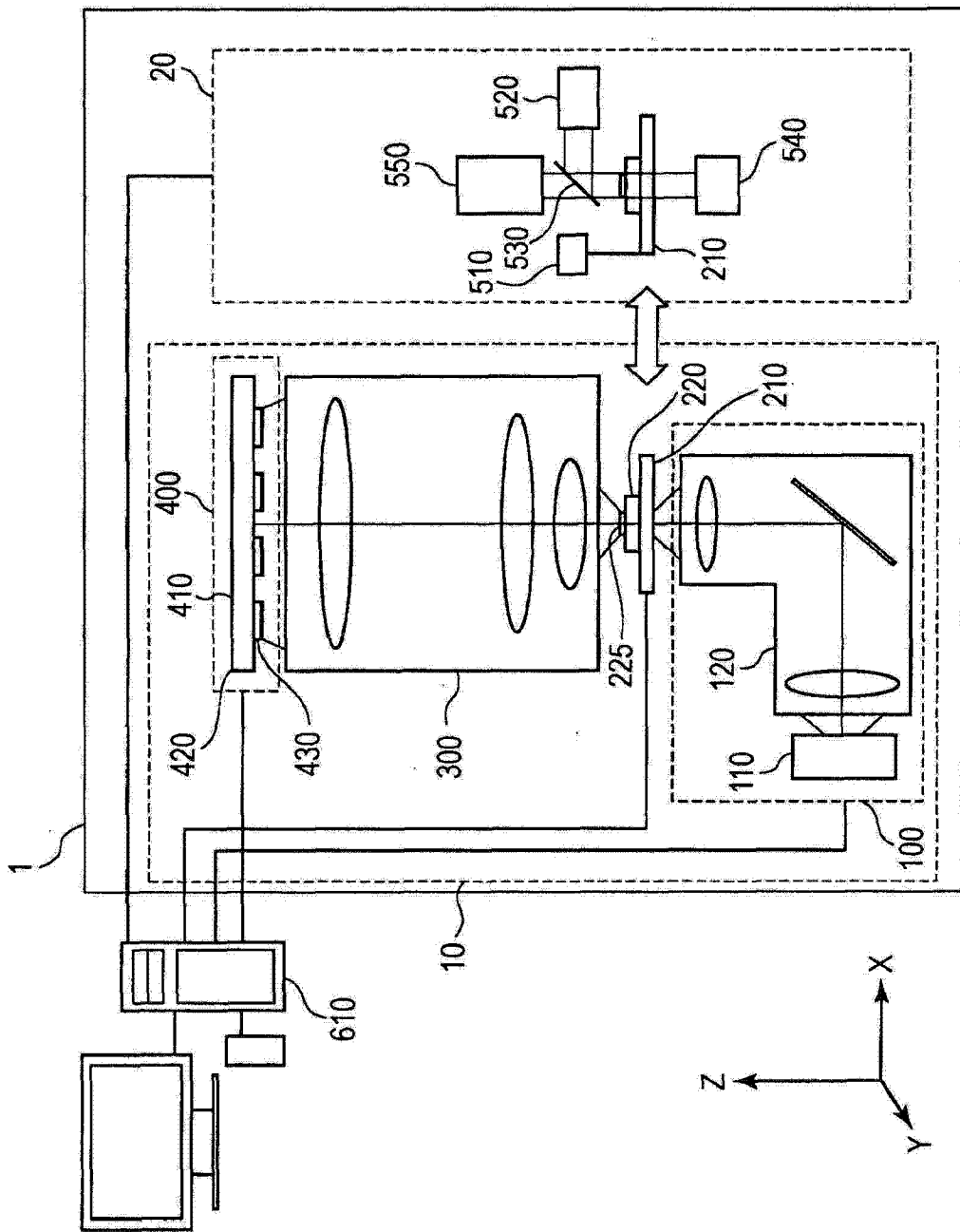


图 1

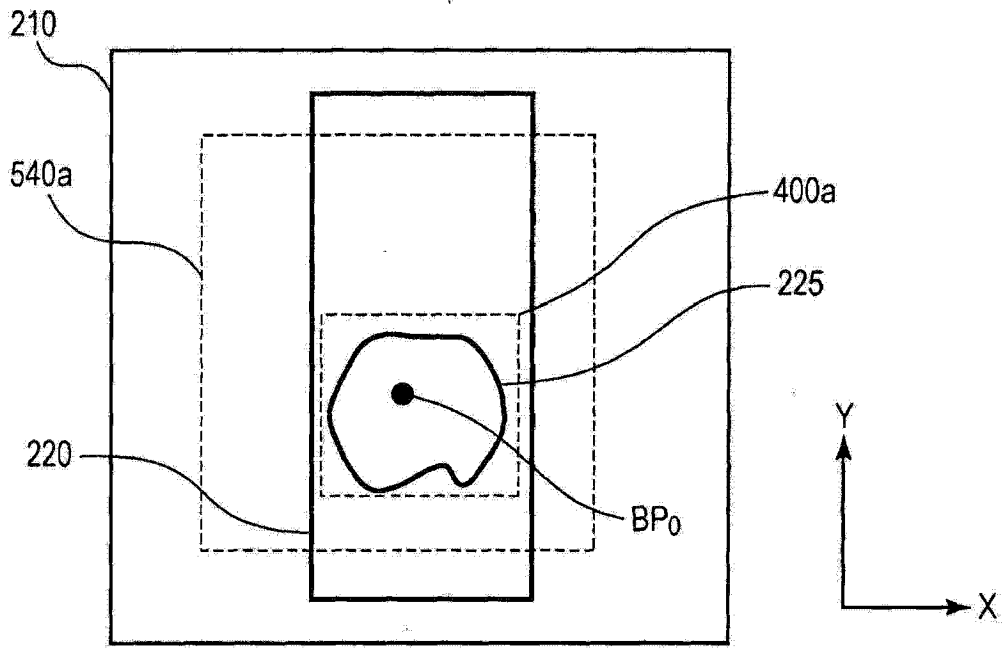


图 2

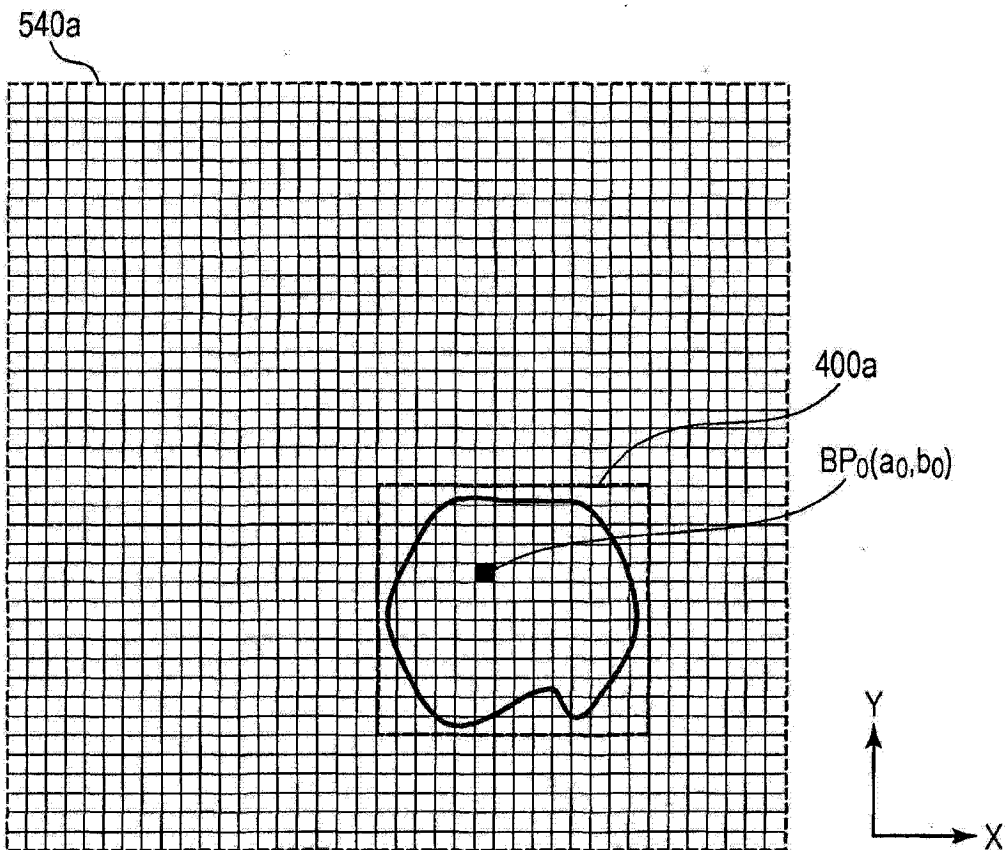


图 3

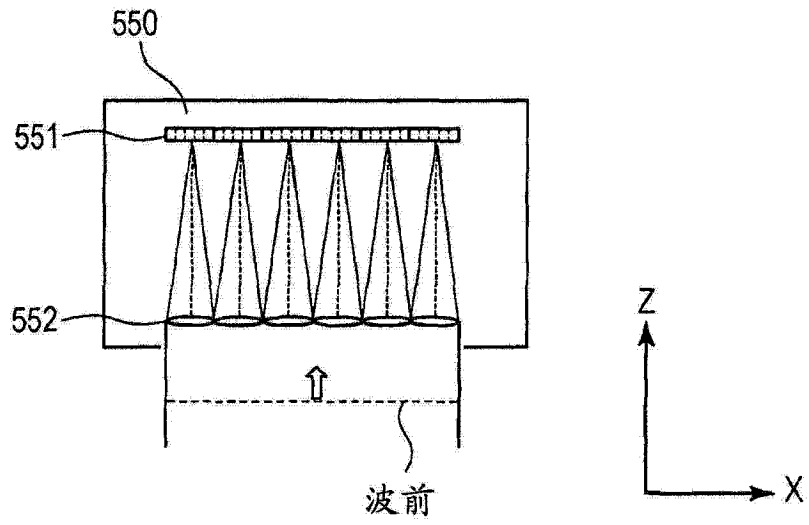


图 4A

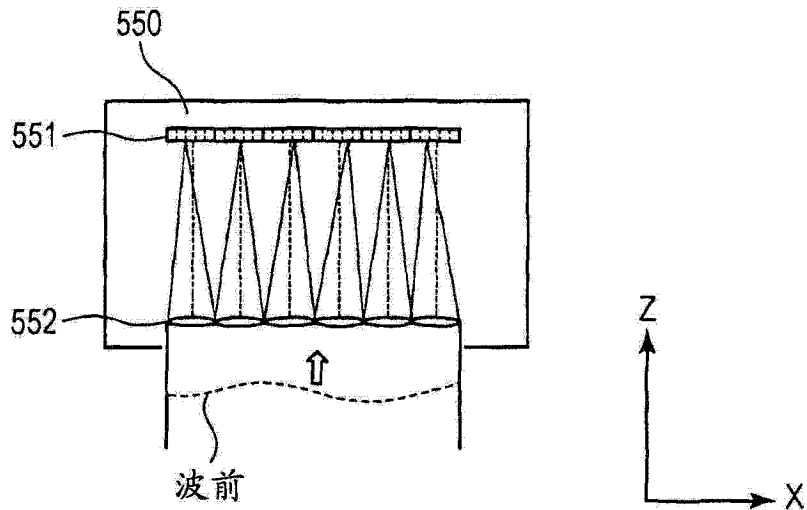


图 4B

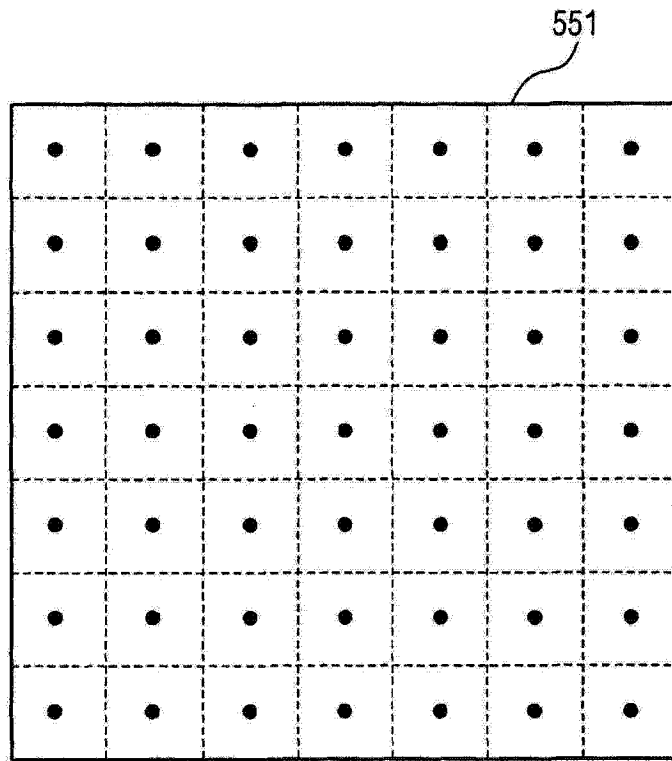


图 5A

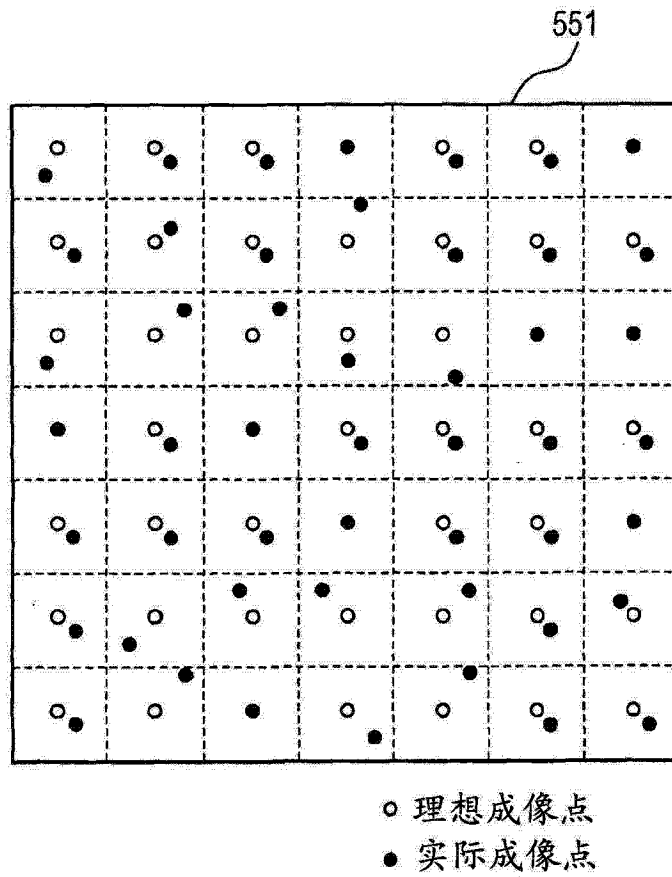


图 5B

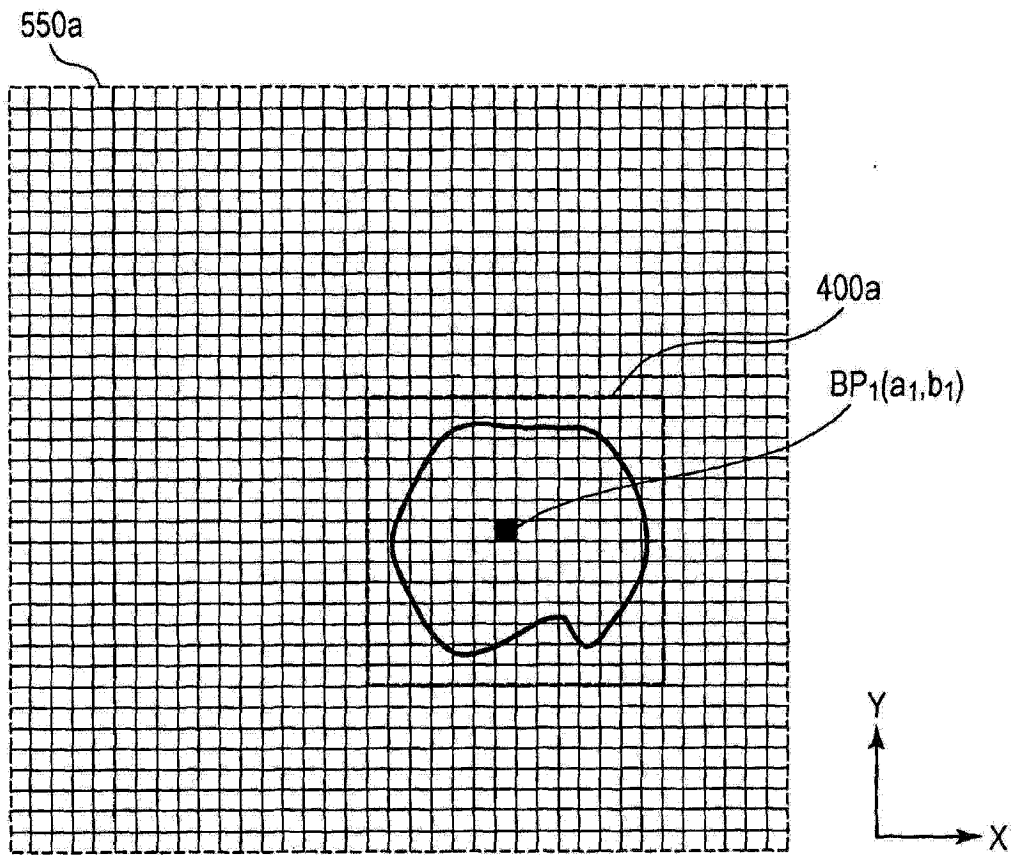


图 6

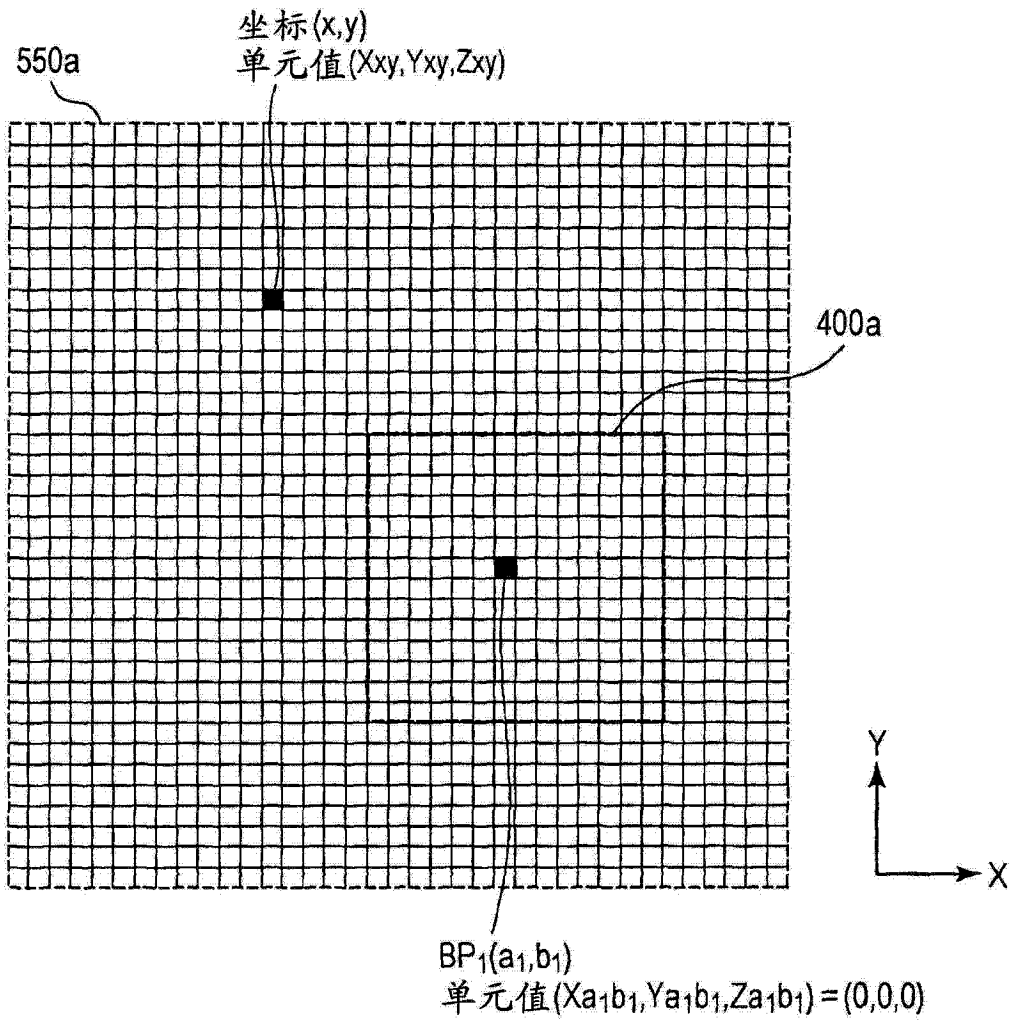


图 7

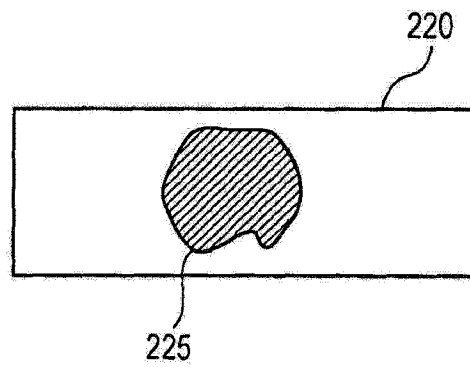


图 8A

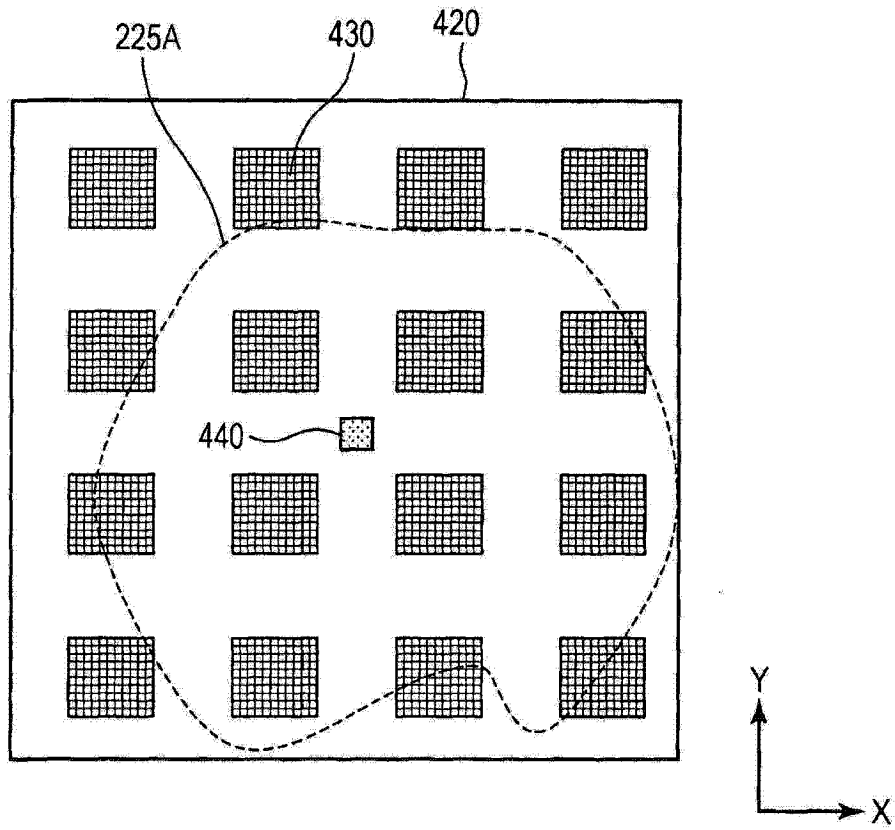


图 8B

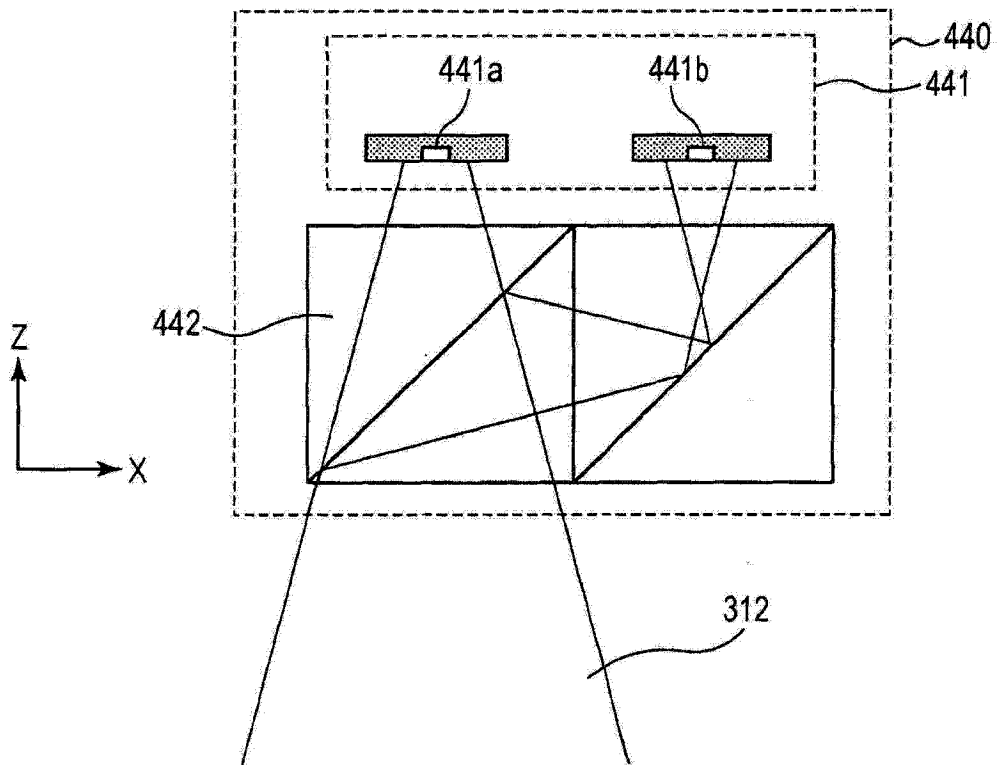


图 9A

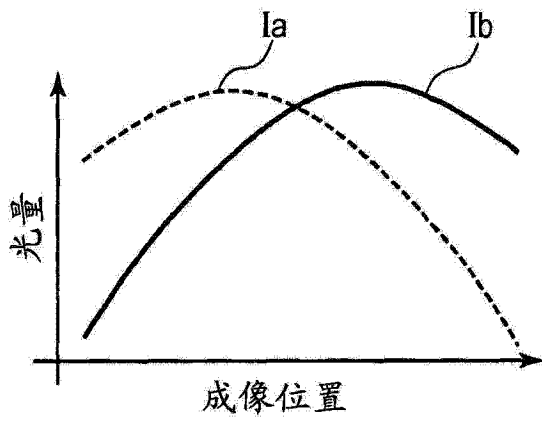


图 9B

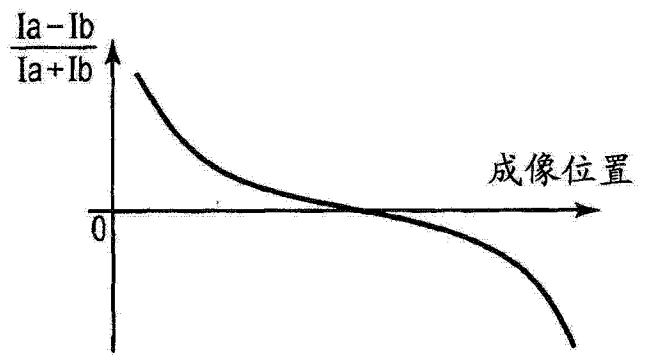


图 9C

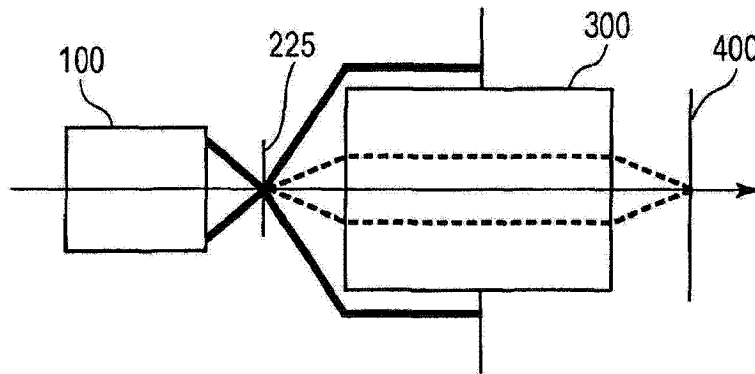


图 10A

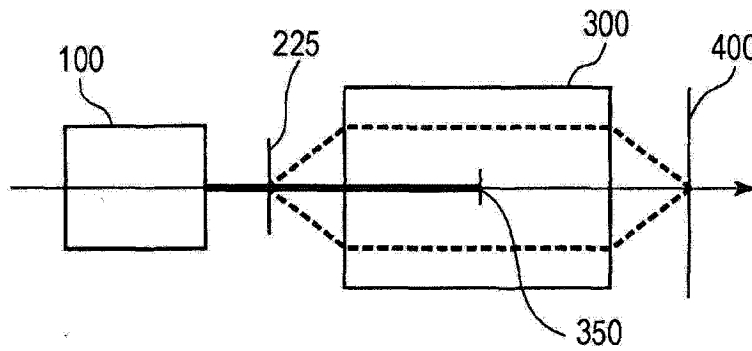


图 10B

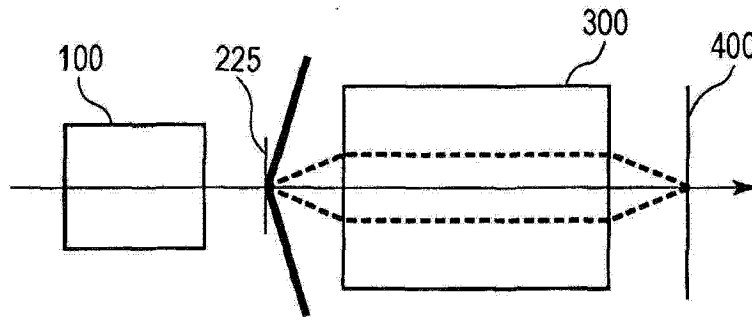


图 10C

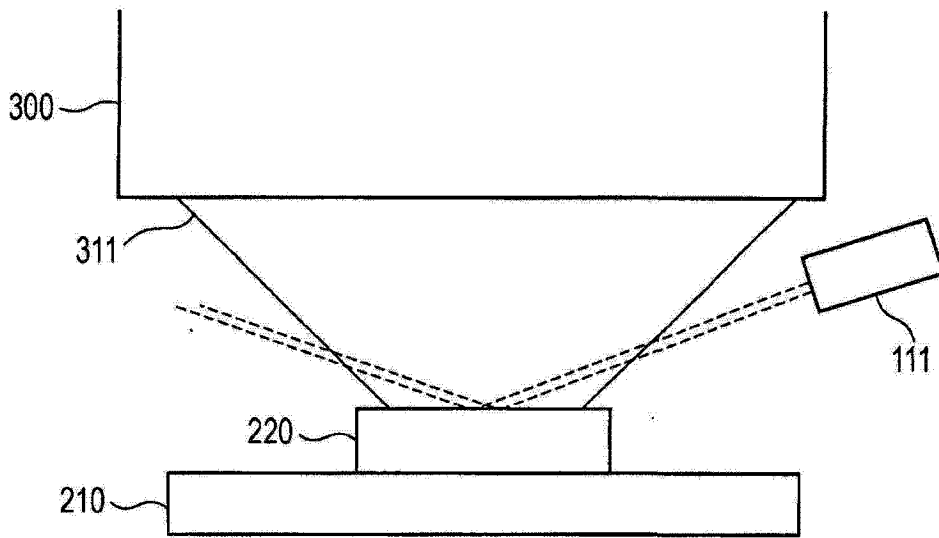


图 11

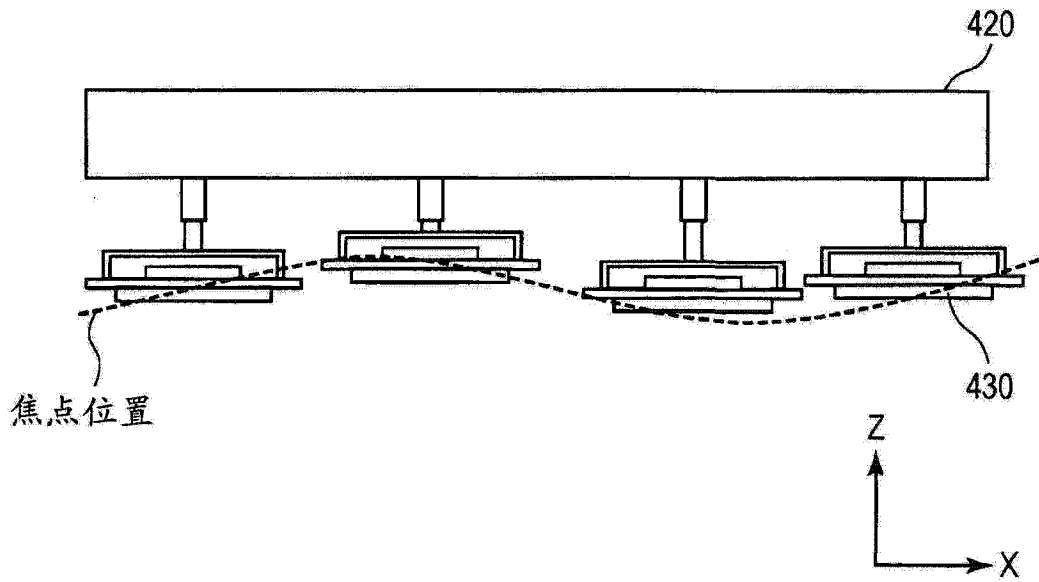


图 12

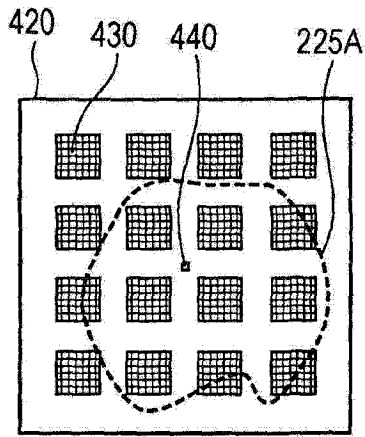


图 13A

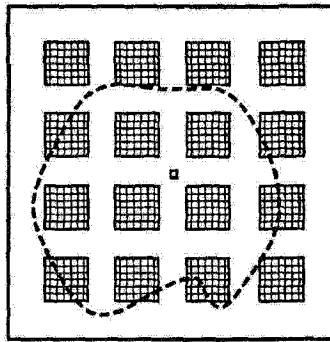


图 13B

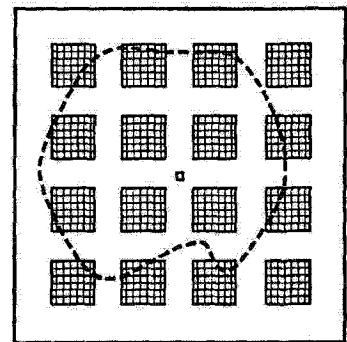


图 13C

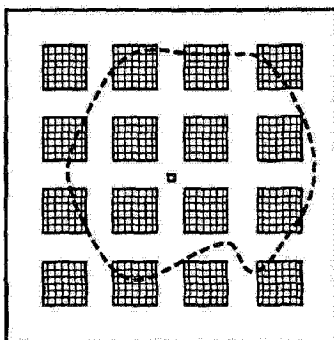


图 13D

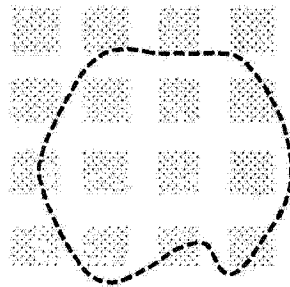


图 13E

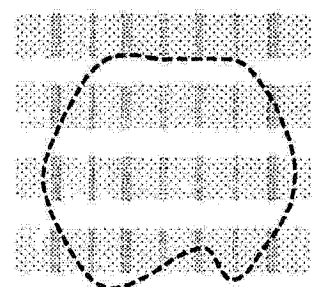


图 13F

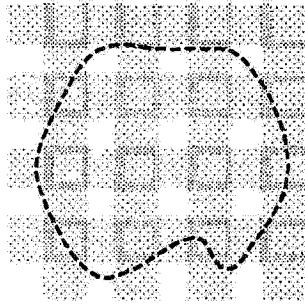


图 13G

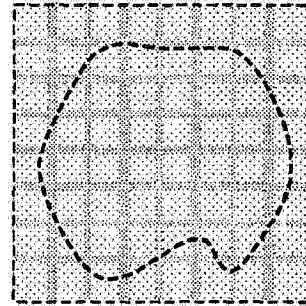


图 13H

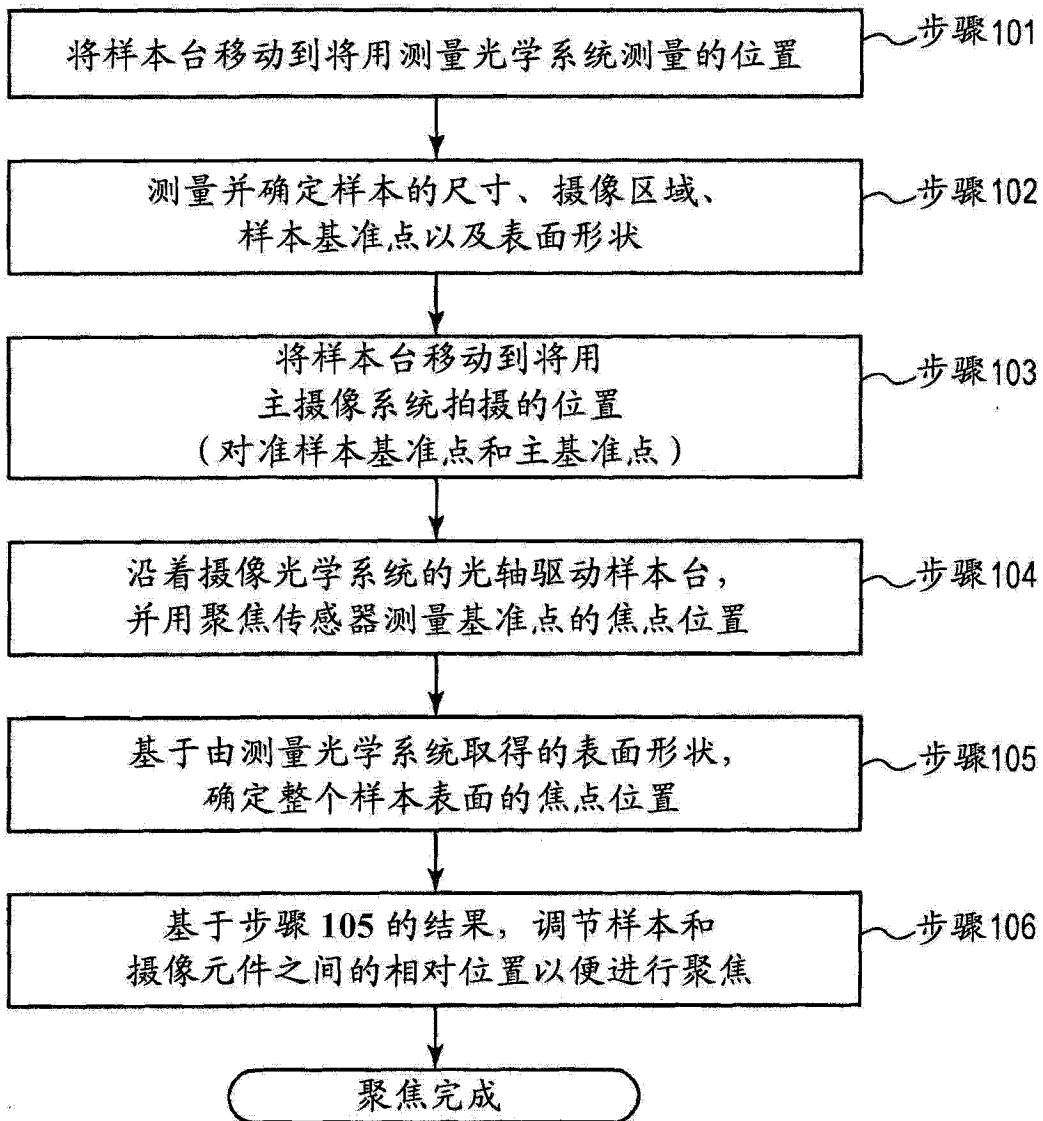


图 14

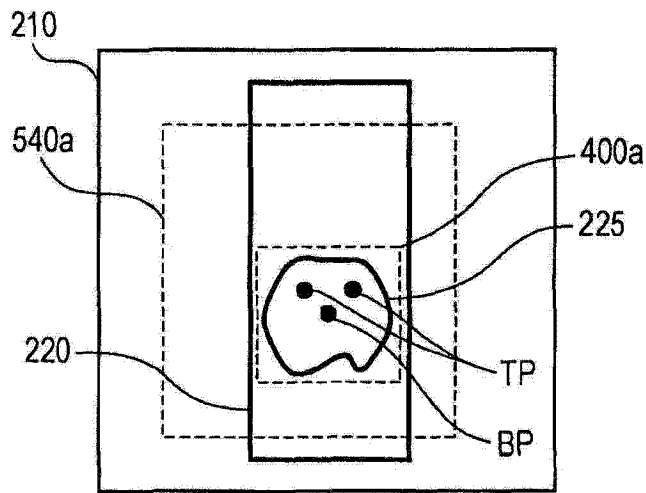


图 15A

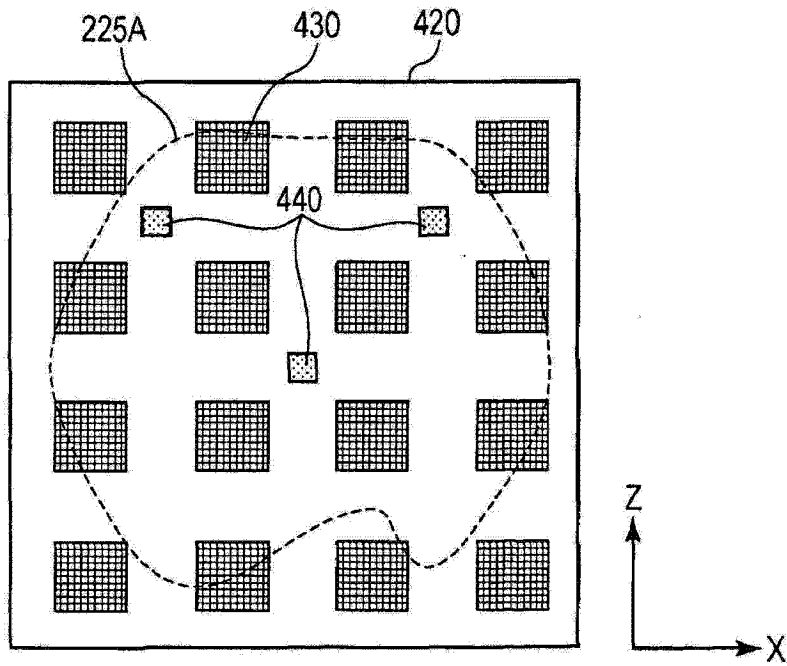


图 15B

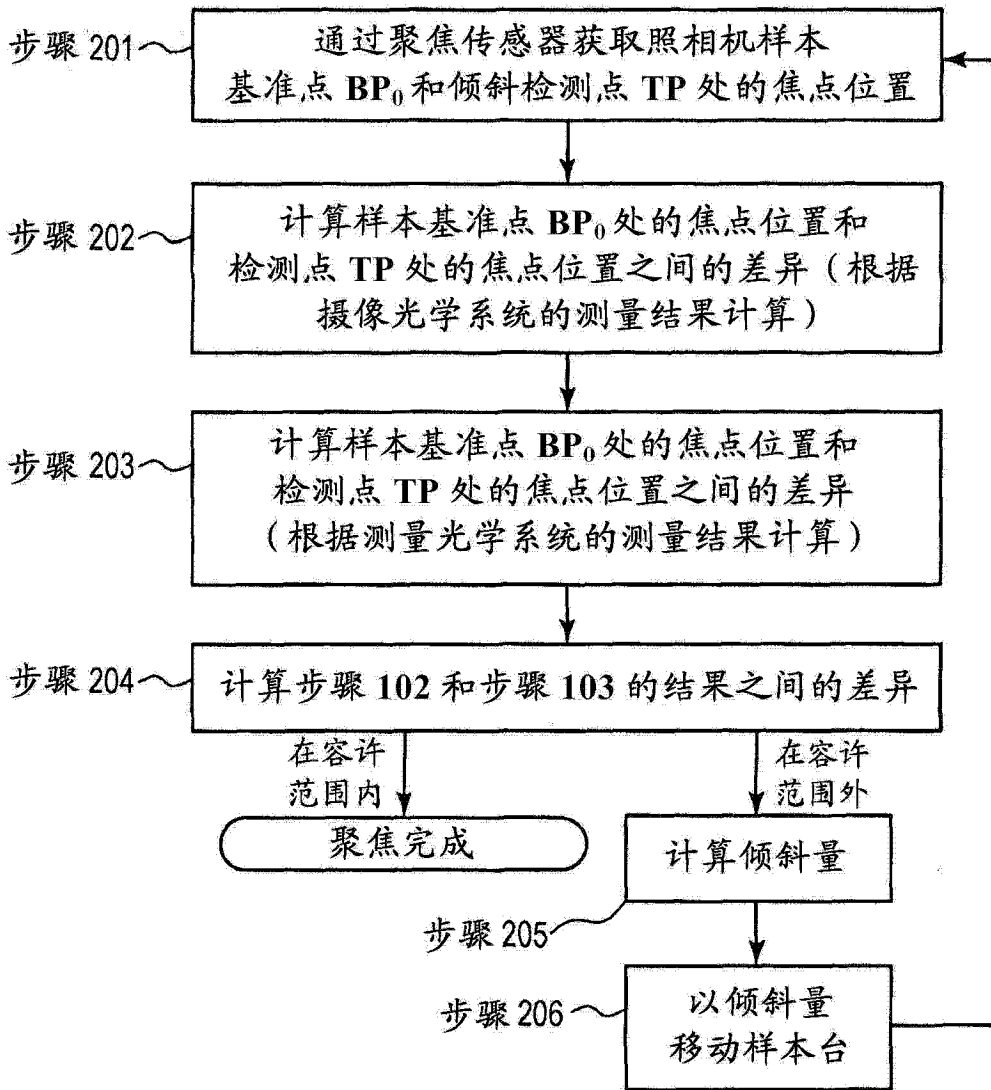


图 16

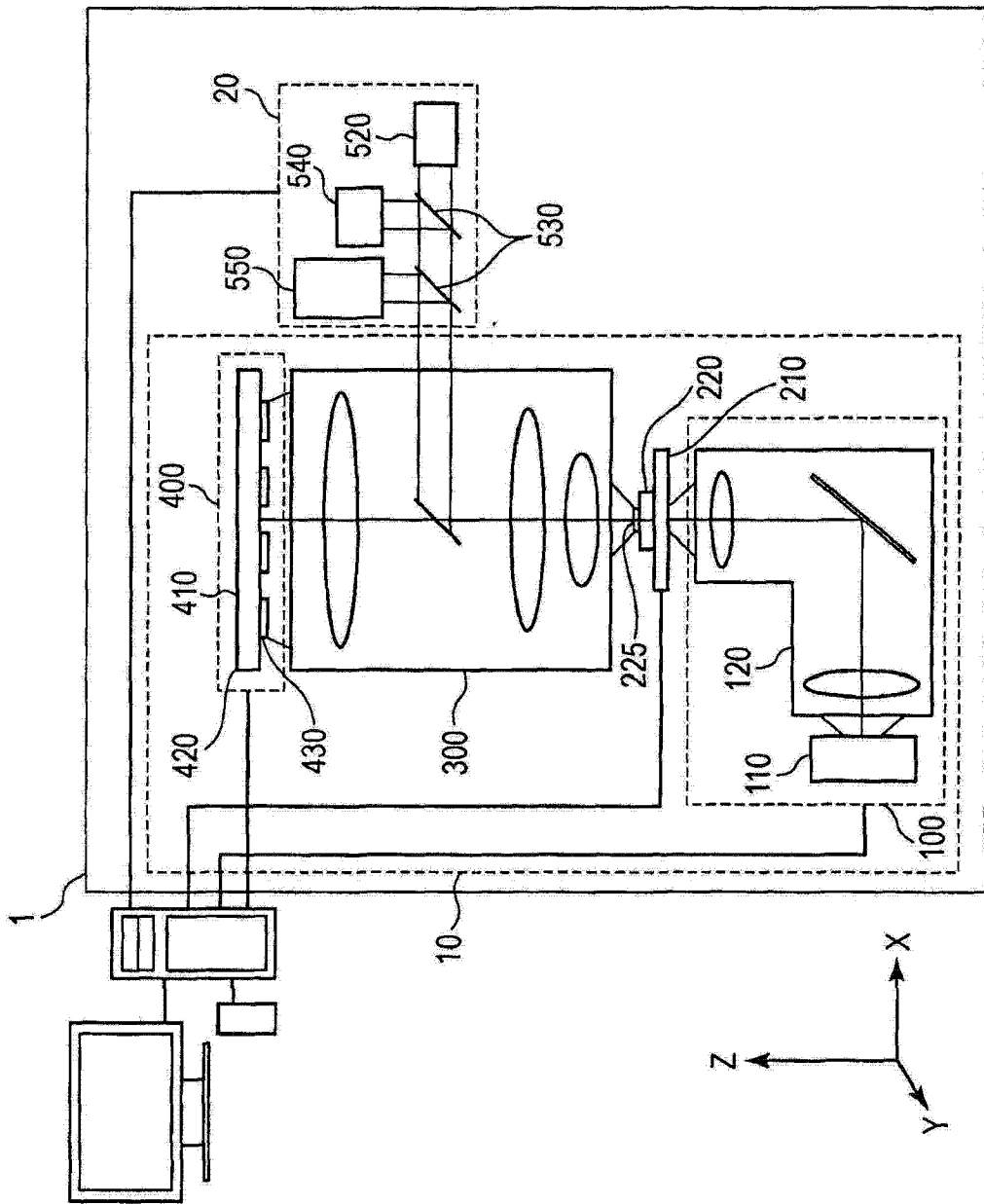


图 17

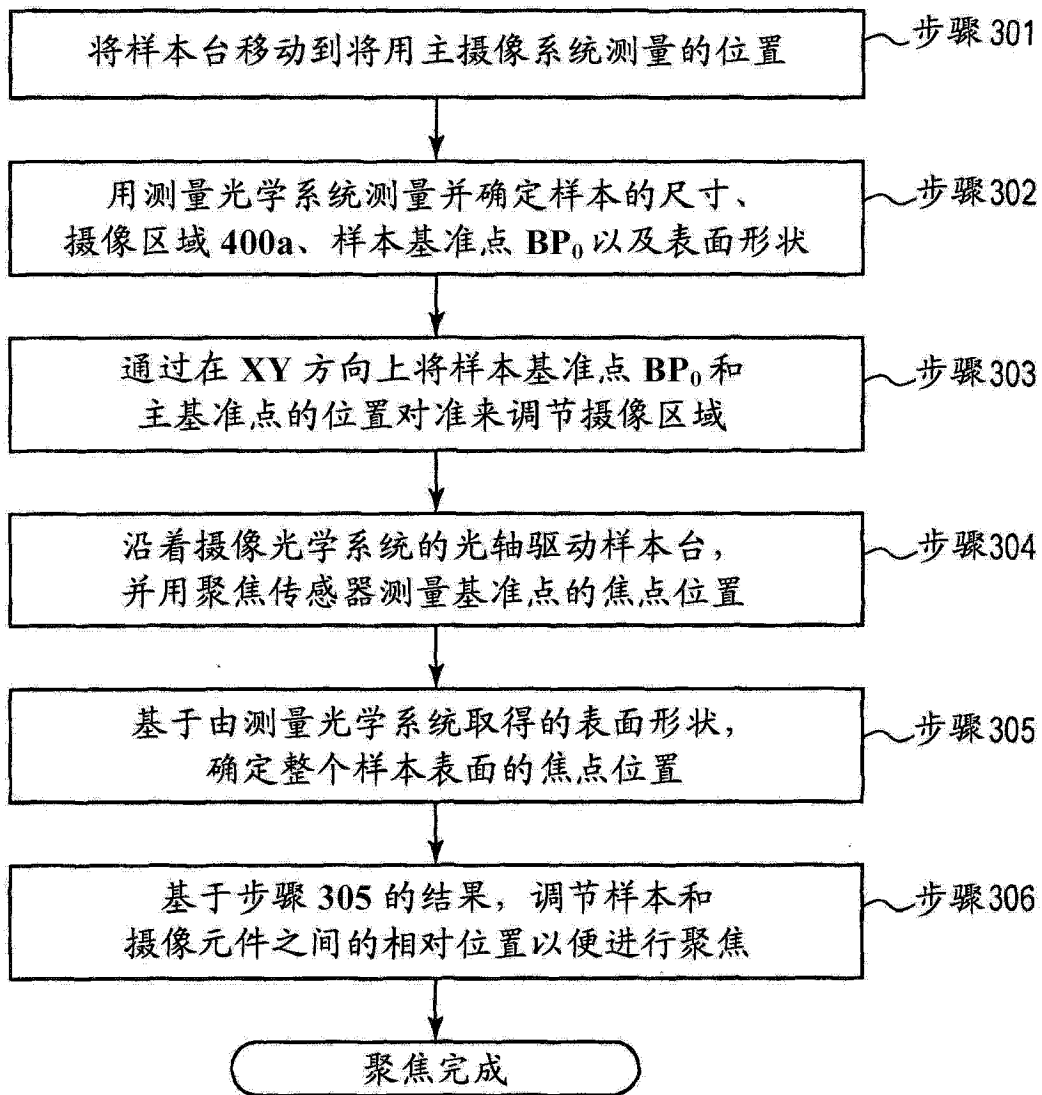


图 18

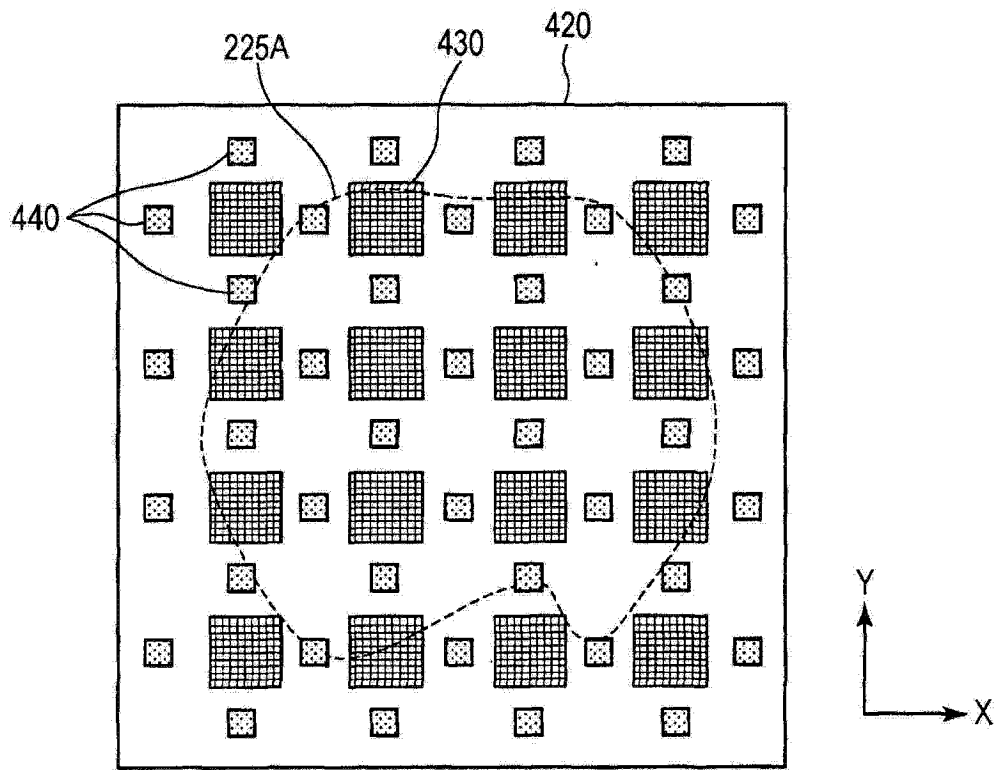


图 19

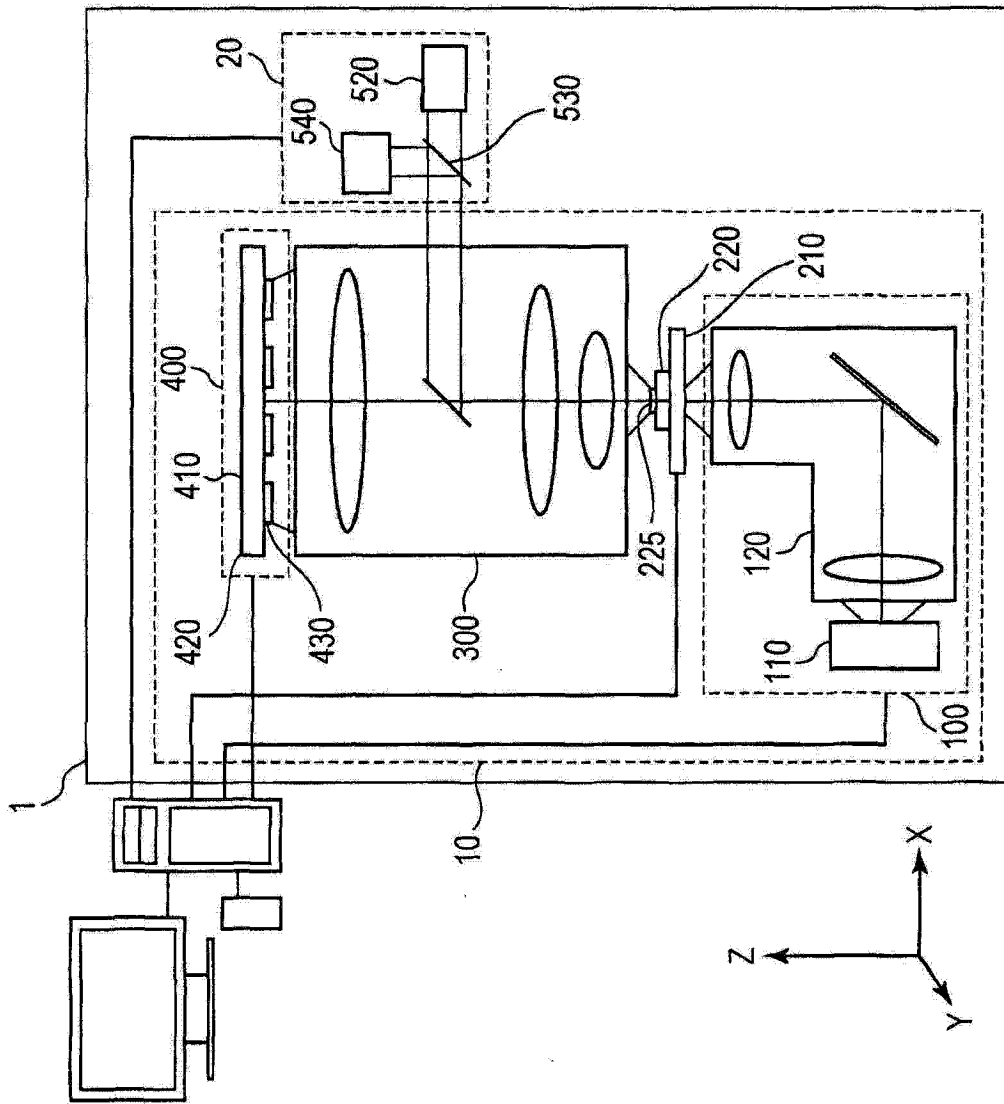


图 20

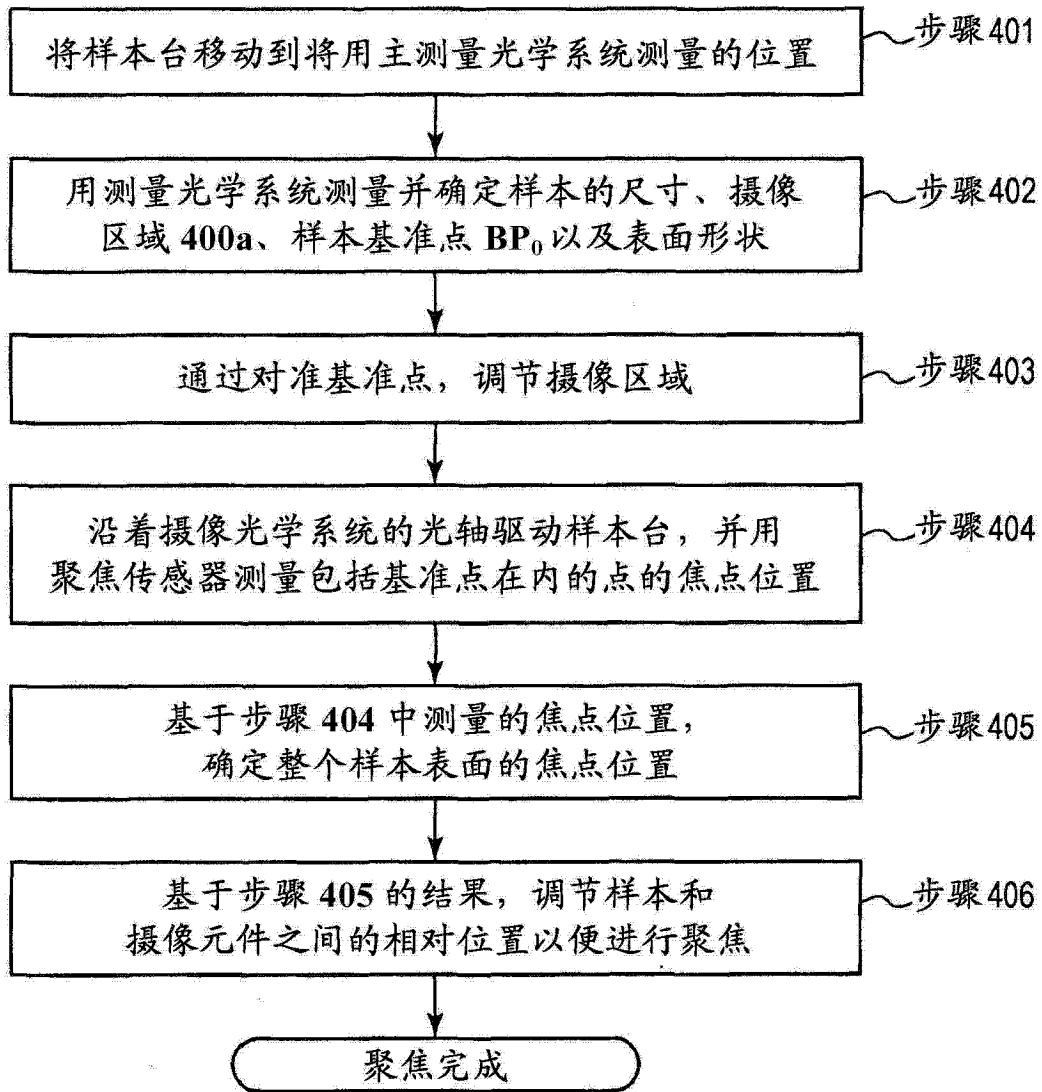


图 21