



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119522369 A

(43) 申请公布日 2025. 02. 25

(21) 申请号 202380052807.7

(22) 申请日 2023.06.07

(30) 优先权数据

2022-111187 2022.07.11 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2025.01.09

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/021094 2023.06.07

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/014185 JA 2024.01.18

(71) 申请人 株式会社岛津制作所

地址 日本

(72) 发明人 平出雅人 山崎贤治

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事

务所(普通合伙) 11277

专利代理师 刘新宇 张文慧

(51) Int.Cl.

G01Q 30/06 (2006.01)

G01Q 60/10 (2006.01)

G01Q 60/24 (2006.01)

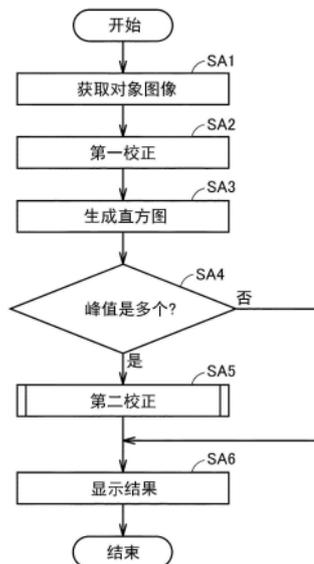
权利要求书2页 说明书12页 附图12页

(54) 发明名称

图像处理方法和图像处理装置、扫描型探针显微镜以及程序

(57) 摘要

提供一种用于对基于扫描型探针显微镜的测定而生成的试样的图像确定与该试样的表面状态相应的校正的种类的技术。图像处理方法和图像处理装置包括通过对对象图像实施第一校正来生成校正图像的步骤(SA1)。第一校正包括以下处理:从对象图像中在规定的平面中的沿规定的方向的一条直线上提取多个像素;以及基于提取到的各像素的亮度来校正对象图像的高度。图像处理方法还包括以下步骤:生成校正图像中的像素值的直方图(SA3);以及使用直方图来判断是否需要对象图像实施与第一校正不同的第二校正(SA4)。



1. 一种图像处理方法,对基于由扫描型探针显微镜进行的试样的测定而生成的对象图像进行处理,

所述图像处理方法包括通过对所述对象图像实施第一校正来生成校正图像的步骤,其中,所述第一校正包括以下处理:

从所述对象图像中在规定的平面中的沿规定的方向的一条直线上提取多个像素;以及基于提取到的各像素的亮度来校正所述对象图像的高度,

所述图像处理方法还包括以下步骤:

生成所述校正图像中的像素值的直方图;以及

使用所述直方图来判断是否需要与所述对象图像实施与所述第一校正不同的第二校正。

2. 根据权利要求1所述的图像处理方法,其中,

判断是否需要实施所述第二校正的步骤包括以下处理:

在所述直方图包含多个峰值的情况下判断为需要实施所述第二校正;以及

在所述直方图不包含多个峰值的情况下判断为不需要实施所述第二校正。

3. 根据权利要求1或2所述的图像处理方法,其中,

所述试样包括基板和该基板上的构造物,

所述第二校正包括以下步骤:

生成用于在所述对象图像中确定与所述基板对应的区域的基板区域数据;以及

基于通过所述基板区域数据确定的区域的像素来实施高度的校正。

4. 根据权利要求3所述的图像处理方法,其中,

所述第二校正还包括以下步骤:

从所述对象图像提取与邻接像素的比较结果满足是边缘的条件的像素来作为边缘像素;以及

通过对所述对象图像实施使由所述边缘像素构成的边缘膨胀的膨胀处理来生成膨胀图像,

生成所述基板区域数据的步骤包括使用所述膨胀图像来生成所述基板区域数据。

5. 根据权利要求4所述的图像处理方法,其中,

所述膨胀处理包含最大值处理。

6. 根据权利要求3所述的图像处理方法,其中,

所述第二校正包括以下处理:将填充用的数据填充到所述对象图像中的除了通过所述基板区域数据确定的区域以外的区域,由此生成表示仅基板的图像的基板显示图像。

7. 根据权利要求6所述的图像处理方法,其中,

生成所述基板显示图像包括以下处理:使用所述对象图像中的通过所述基板区域数据确定的区域的像素值来生成所述填充用的数据。

8. 根据权利要求6所述的图像处理方法,其中,

生成所述基板显示图像包括以下处理:通过使用所述基板显示图像实施针对所述对象图像的倾斜校正,来生成校正后图像。

9. 根据权利要求8所述的图像处理方法,其中,还包括以下步骤:

在所述校正后图像中确定所述对象图像中的与所述构造物对应的区域;以及

生成从所述对象图像提取所确定出的与所述构造物对应的区域而得到的构造物图像。

10. 根据权利要求3所述的图像处理方法, 其中,

还包括以下步骤: 通过从所述对象图像提取通过所述基板区域数据确定的区域来生成构造物图像。

11. 根据权利要求9所述的图像处理方法, 其中,

还包括以下步骤: 将所述构造物图像与在通过所述基板区域数据确定的区域中具有背景用的像素的背景用数据进行组合, 由此生成浏览用数据。

12. 根据权利要求4所述的图像处理方法, 其中,

还包括以下步骤: 实施针对所述膨胀图像或起因于所述膨胀图像的数据的二值化处理, 以生成所述基板区域数据。

13. 根据权利要求12所述的图像处理方法, 其中,

还包括以下步骤: 实施针对被实施所述二值化处理后的图像的连线处理, 以生成所述基板区域数据。

14. 一种图像处理装置, 具备:

一个以上的处理器; 以及

存储装置, 其保存通过被所述一个以上的处理器执行来使所述一个以上的处理器实施根据权利要求1或2所述的图像处理方法的程序。

15. 一种扫描型探针显微镜, 具备根据权利要求14所述的图像处理装置。

16. 一种程序, 通过被一个以上的处理器执行来使所述一个以上的处理器实施根据权利要求1或2所述的图像处理方法。

图像处理方法、图像处理装置、扫描型探针显微镜以及程序

技术领域

[0001] 本发明涉及一种由扫描型探针显微镜获得的图像的处理。

背景技术

[0002] 扫描型探针显微镜 (SPM: Scanning Probe Microscope) 使充分地尖锐化的探针充分地接近成为观察对象的试样, 一边使探针的高度上上下下以使作用于探针的前端和试样的表面的物理量为恒定, 一边通过用探针沿着水平方向扫描试样表面来以高分辨率观察试样表面的凹凸。SPM是指按上述的动作原理来观察试样表面的凹凸的显微镜的总称, 作为代表性的SPM, 存在将在探针与试样之间流动的电流检测为相互作用的扫描型隧道显微镜 (STM: Scanning Tunneling Microscope)、将作用于探针与试样之间的原子力检测为相互作用的原子力显微镜 (AFM: Atomic Force Microscope) 等。

[0003] 扫描型探针显微镜的表面高度方向上的分辨率高, 难以以其分辨率的水准水平地设置试样表面。因而, 一般通过对由扫描型探针显微镜获取到的高度图像 (下面称为SPM图像) 进行高度校正来以使倾斜面为水平的方式进行校正。通过提供校正后的图像以代替提供SPM图像, 用户能够更准确地识别试样的表面状态。

[0004] 作为由这样的扫描型探针显微镜获得的图像的处理的一例, 日本专利第6627903号公报 (专利文献1) 公开了以下技术: 提取图像数据中的除了边缘以外的区域的至少一部分来作为基准平面区域, 基于属于该基准平面区域的三个点的高度信息来校正测定数据的高度。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1: 日本专利第6627903号公报

发明内容

[0008] 发明要解决的问题

[0009] 在以往的技术中, 如专利文献1中记载的那样对图像数据实施了一律的图像处理。然而, 可能存在适合的图像处理的种类按照试样的表面状态而不同的情况。

[0010] 本发明是鉴于所涉及的实际情况而想出的, 其目的在于提供一种用于对基于扫描型探针显微镜的测定而生成的试样的图像确定与该试样的表面状态相应的校正的类型的技术。

[0011] 用于解决问题的方案

[0012] 遵循本公开的某个方面的图像处理方法是对于基于由扫描型探针显微镜进行的试样的测定而生成的对象图像进行处理的方法, 该图像处理方法包括通过对对象图像实施第一校正来生成校正图像的步骤, 其中, 第一校正包括以下处理: 从对象图像中在规定的平面中的沿规定的方向的一条直线上提取多个像素; 以及基于提取到的各像素的亮度来校正对象图像的高度, 该图像处理方法还包括以下步骤: 生成校正图像中的像素值的直方图; 以及

使用直方图来判断是否需要对象图像实施与第一校正不同的第二校正。

[0013] 遵循本公开的某个方面的图像处理装置具备:一个以上的处理器;以及存储装置,其保存通过被一个以上的处理器执行来使一个以上的处理器实施上述的图像处理方法的程序。

[0014] 遵循本公开的某个方面的扫描型探针显微镜具备上述的图像处理装置。

[0015] 遵循本公开的某个方面的程序通过被一个以上的处理器执行来使一个以上的处理器实施上述的图像处理方法。

[0016] 发明的效果

[0017] 根据本公开的某个方面,通过对对象图像实施第一校正来生成校正图像,然后,使用该校正图像中的像素值的直方图来判断是否需要对象图像实施第二校正。像素值的直方图反映试样的表面状态。因而,根据本公开的某个方面,根据试样的表面状态来判断是否需要实施第二校正,由此,能够确定与试样的表面状态相应的校正的种类。

附图说明

[0018] 图1是一个实施方式所涉及的扫描型探针显微镜的概要结构图。

[0019] 图2是用于说明第一校正的内容的图。

[0020] 图3是示出由扫描型探针显微镜观测到的试样的形状的一例的图。

[0021] 图4是示出沿着图3的Y1-Y1线的高度的图表。

[0022] 图5是示出由扫描型探针显微镜观测到的试样的形状的另一例的图。

[0023] 图6是示出沿着图5的Y2-Y2线的高度的图表。

[0024] 图7是示意性地示出对作为扫描型探针显微镜中的观测结果而获得的图像进行的边缘提取的结果的图。

[0025] 图8是示意性地示出使提取到的边缘膨胀的处理的结果的图。

[0026] 图9是示意性地示出二值化处理的结果的图。

[0027] 图10是示意性地示出孔洞填充处理的结果的图。

[0028] 图11是用于示意性地说明基板区域的数据结构的图。

[0029] 图12是示意性地示出扫描型探针显微镜1中的倾斜校正的工序的一部分的图。

[0030] 图13是示意性地示出扫描型探针显微镜1中的倾斜校正的工序的一部分的图。

[0031] 图14是在扫描型探针显微镜1中为了图像处理而实施的处理的一例的流程图。

[0032] 图15是示出在步骤SA3中生成的直方图的一例的图。

[0033] 图16是示出在步骤SA3中生成的直方图的另一例的图。

[0034] 图17是与步骤SA5的第二校正的实施有关的子程序的流程图。

[0035] 图18是变形例(1)中的步骤SA5的子程序的第一变形例的流程图。

[0036] 图19是步骤SA5的子程序的第二变形例的流程图。

具体实施方式

[0037] 参照附图来详细地说明本发明的实施方式。此外,对于图中的相同或相当的部分标注相同的附图标记并且不重复其说明。

[0038] [扫描型探针显微镜的概要结构]

[0039] 图1是一个实施方式所涉及的扫描型探针显微镜的概要结构图。扫描型探针显微镜的一例是原子力显微镜。此外,扫描型探针显微镜也可以是其它种类的扫描型探针显微镜(例如扫描型隧道显微镜)。

[0040] 参照图1,扫描型探针显微镜1包括:试样台112,其用于载置试样110;压电扫描器111,其使试样台发生位移;悬臂(cantilever)113,其在前端形成有探针114;位移检测机构120,其检测悬臂113的位移;反馈信号产生部131;计算机132;扫描信号产生部133;存储装置134;以及显示部135。在一个实现例中,计算机132包括至少一个处理器,存储装置134非易失性地保存由该处理器执行的程序。

[0041] 压电扫描器111包括:Z扫描器111z,其基于电压值 V_z 来产生Z方向上的位移;以及XY扫描器111xy,其基于电压值 V_x 、 V_y 来产生XY方向上的位移。

[0042] 位移检测机构120包括激光二极管115和光电检测器119。在扫描型探针显微镜1中,在使探针114的前端接近试样110来进行表面观察时,从激光二极管115发出的激光被悬臂113背面反射,反射光由光电检测器119接收。当使探针114接近试样110的表面时,悬臂113像板簧那样挠曲,因此在光电检测器119的受光位置处观测挠曲量。

[0043] 反馈信号产生部131接收来自光电检测器119的检测信号。反馈信号产生部131基于检测信号来计算悬臂113的挠曲量。反馈信号产生部131控制试样的Z方向位置以使探针114与试样110表面之间的原子力始终为恒定。反馈信号产生部131基于悬臂113的挠曲量来计算使压电扫描器111沿着Z轴方向发生位移的电压值 V_z ,并将该电压值 V_z 输出到Z扫描器111z。

[0044] 扫描信号产生部133按照预先决定的扫描模式来以使试样110在X-Y平面内相对于探针114进行相对移动的方式计算X轴方向的电压值 V_x 、Y轴方向的电压值 V_y ,并将该电压值 V_x 、 V_y 输出到XY扫描器111xy。

[0045] 反映了Z轴方向的反馈量(对扫描器的施加电压 V_z 和偏差信号 S_d)的信号也被发送到计算机132并被存储于存储装置134中。计算机132基于预先存储于存储装置134中的表示电压 V_z 同与其对应的由于试样110的凹凸引起的表面的位移量之间的关系的相关信息,来根据电压 V_z 计算由于试样110的凹凸引起的表面的位移量。计算机132通过针对X轴、Y轴方向上的各位置计算位移量来再现试样表面的三维图像,并在显示部135的画面上描绘出该三维图像。该三维图像的数据也存储于存储装置134中。数据包含表示X-Y平面上的位置的坐标和该坐标的试样高度。计算机132能够随时读出存储于存储装置134中的三维图像的数据并将该三维图像显示于显示部135。

[0046] 计算机132能够根据需要来进行三维图像的数据的高度校正并使该三维图像显示于显示部135。

[0047] 关于高度的校正,计算机132至少能够实施两种校正。在本说明书中,有时两种校正分别被称为“第一校正”、“第二校正”。

[0048] [第一校正]

[0049] 在一个实现例中,作为第一校正,如日本专利第6631647号公报中记载的那样,计算机132针对本来是水平的试样110的面,在该面的图像中提取沿规定的方向的一条直线上的多个像素的亮度,然后,基于提取到的多个像素的亮度来实施高度的校正。

[0050] 图2是用于说明第一校正的内容的图。图2中示出图像IM90来作为试样110的表面

图像的一例。作为与图像IM90对应的试样110的具体例,例如,举出通过半导体工艺制作出的图案等。图2中还示出与图1同样的X轴和Y轴。而且,在图2中,线L90是沿着Y轴的直线,表示用于在第一校正中提取图像的亮度的直线。

[0051] [第二校正]

[0052] 作为第二校正的一例,计算机132生成用于确定试样110的与基板对应的区域的图像,实施对该图像的高度的校正。下面,说明第二校正。

[0053] <理想的观测例>

[0054] 图3是示出由扫描型探针显微镜观测到的试样的形状的一例的图。在与图3所示的图像IM01对应的试样110中,在基板上配置有16个构造物。16个构造物沿着X轴方向排列四列、沿着Y轴方向排列四列,即以4x4的状态排列。基板的一例是云母板。构造物的一例是生物体试样的纳米颗粒或纳米纤维。此外,它们仅是一例,扫描型探针显微镜1的作为对象的试样(基板、构造物)不限于它们。

[0055] 图像IM01的像素的浓淡表示Z轴方向上的高度。浓的像素表示试样的在Z轴方向上更高的位置。淡的像素表示试样的在Z轴方向上更低的位置。

[0056] 图4是示出沿着图3的Y1-Y1线的高度的图表。在图4的图表中,线L30表示基于由扫描型探针显微镜1进行的理想的观测而生成的高度。更具体地说,线L30表示试样中的不存在基板的倾斜的理想的情况下观测到的图像数据的一条线的量。

[0057] 此外,在图3的图像IM01中,用线表示平面边界部(基板与构造物的边界部分),但在图4中,为了易于理解校正处理,在平面边界部设置有锥度(taper)以接近现实的试样形状。水平轴表示X方向上的位置,Z轴表示各X位置处的高度。此外,在沿着X方向扫描(scan)探针的情况下,X轴也相当于时间轴。

[0058] <在试样倾斜了的状态下的观测例>

[0059] 图5是示出由扫描型探针显微镜观测到的试样的形状的另一例的图。图5所示的图像IM10对应于与同图3所示的图像IM01对应的试样110相同的试样。在图像IM10中,在同一平面上产生浓淡。特别地,在图像IM10中,在除了与16个构造物对应的区域以外的区域(与基板对应的区域)中大量地产生浓淡。产生这样的浓淡的理由之一是在试样台112倾斜地设置了试样110。

[0060] 图6是示出沿着图5的Y2-Y2线的高度的图表。在图6中,线L10表示根据图像IM10的Y2-Y2线假定的试样110的高度。线L10以X坐标越大则试样110的表面越高的方式示出了试样110的表面倾斜了的情况。

[0061] 在扫描型探针显微镜1中,对图像IM10那样的基于观测结果生成的图像施加校正并提供校正后的图像。由此,根据校正后的图像来更准确地识别试样110的表面状态。下面,对施加于图像的校正的内容进行说明。

[0062] <边缘提取>

[0063] 图7是示意性地示出对作为扫描型探针显微镜中的观测结果而获得的图像进行的边缘提取的结果的图。在一个实现例中,通过对图像IM10实施边缘提取用的公知的处理(开源的ImageJ(<https://imagej.nih.gov/ij/>)中的Process/Find Edges等)来获得图7所示的图像IM11。

[0064] 为了获得图像IM11而提取边缘的处理代表性地包括对高度像进行微分处理。另

外,提取边缘的处理也可以使用照片的加工技术等一般的轮廓提取方法。在一例中,提取与邻接的像素数据之间的差分的绝对值超过某个阈值的部分即可。

[0065] 在图像IM11中,针对16个构造物检测构成各自的与基板的边界的像素来作为边缘,该像素作为黑色的像素而示出。此时,被检测为边缘的像素分别是边缘像素的一例。

[0066] <边缘膨胀>

[0067] 图8是示意性地示出使提取到的边缘膨胀的处理的结果的图。在一个实现例中,通过对图7的图像IM11实施最大值处理而获得图8所示的图像IM12。

[0068] 在图7的图像IM11中,边缘像素作为黑的像素(具有比较高的像素值的像素)而示出。因而,通过对图像IM11实施最大值处理,在图8所示的图像IM12中,由边缘像素构成的边缘发生膨胀。图像IM12是“膨胀图像”的一例。

[0069] 此外,用于边缘膨胀的处理不限于最大值处理。用于边缘膨胀的处理的种类能够根据边缘像素的表现方式等而适当变更。例如,也可以在边缘像素作为白的像素(具有比较低的像素值的像素)来表现的情况下采用最小值处理来作为用于边缘膨胀的处理。

[0070] <二值化>

[0071] 图9是示意性地示出二值化处理的结果的图。在一个实现例中,通过对图8的图像IM12实施公知的二值化处理(开源的ImageJ(<https://imagej.nih.gov/ij/>)中的Process/Binary/Make Binary等)来获得图9所示的图像IM13。用于二值化的阈值也可以由用户和/或计算机132进行适当调整。

[0072] 在图9所示的图像IM13中,用黑色的像素表示试样110中的对应于与16个构造物中的各构造物对应的端部的部分,用白色的像素表示除此以外的部分。

[0073] <连线>

[0074] 计算机132也可以对进行二值化而得到的图像IM13实施连线处理。由此,使得在图像IM10中检测到的边缘像素更准确地表现构造物的外缘。连线处理例如能够通过公知的技术(开源的ImageJ(<https://imagej.nih.gov/ij/>)中的Process/Binary/Close等)来实现。

[0075] <孔洞填充处理>

[0076] 计算机132也可以对进行二值化而得到的图像IM 13(或通过对图像IM 13实施连线处理而得到的图像)实施孔洞填充处理。

[0077] 图10是示意性地示出孔洞填充处理的结果的图。孔洞填充处理例如能够通过公知的技术(开源的ImageJ(<https://imagej.nih.gov/ij/>)中的Process/Binary/Fill Holes等)来实现。

[0078] 在图10所示的图像IM14中,以用黑色的像素涂满的方式表示试样110中的与16个构造物中的各构造物对应的区域,以用白色的像素涂满的方式表示除此以外的区域。

[0079] <基板区域>

[0080] 计算机132能够从图10所示的图像IM14提取白色的像素的区域来作为试样中的与基板对应的区域(未载置构造物的区域)。用于确定与基板对应的区域(基板区域)的数据也被称为“基板区域数据”。

[0081] 图11是用于示意性地说明基板区域的数据结构的图。图11包含基板区域中的表示沿着图10的Y3-Y3线的高度的线L11、L12、L13、L14、L15。

[0082] 作为比较,图11中还示出图6所示的线L10。相对于线L10中的与基板对应的部分而

言,线L11~L15各自的端部位于内侧的与长度D1相应的位置。这对应于以下情况:在使针对构造物检测到的边缘膨胀后,基板区域被确定为除了通过膨胀后的边缘确定的区域以外的区域。即,在扫描型探针显微镜1中,通过使构造物的边缘膨胀来宽广地确定构造物的区域,由此,可靠地避免构造物包含于基板区域的情况。

[0083] <倾斜校正>

[0084] 图12是示意性地示出扫描型探针显微镜1中的倾斜校正的工序的一部分的图。在图12中,用虚线表示为了使图11所示的线L11~L15为一条线而进行填充(插值)所得到的数据。通过数据插值而形成的线被示出为线A10。

[0085] 在一个实现例中,计算机132生成在数据插值中根据构成线L11~L15的点推测的直线(线A10)。直线的生成是填充用的数据的生成的一例。然后,计算机132通过对除了五条线L11~L15以外的部分填充所生成的直线中的对应的部分的数据来实现数据插值。

[0086] 计算机132在基板区域的数据整体(不仅是图10的Y3-Y3线,还有除此以外的区域)中实施与图12所示的数据插值同样的数据插值(填充用的数据的生成和该数据的填充)。由此,生成与试样整体的区域对应的数据、即表示与试样整体的区域对应的基板的面的数据。由在此生成的数据表示的图像虚拟地表示在试样中去除了构造物的状态的基板,是“基板显示图像”的一例。期待在此生成的面的倾斜表示试样台112中的试样110的倾斜。

[0087] 图13是示意性地示出扫描型探针显微镜1中的倾斜校正的工序的一部分的图。计算机132计算在参照图12说明的工序中生成的数据的面相对于理想的面的倾斜,以校正所计算出的倾斜的方式校正图像IM10。

[0088] 在图13中,在参照图12说明的工序中生成的数据的面朝向作为线A10而示出。理想的面的朝向作为线A20而示出。计算机132计算线A10相对于线A20的倾斜。该倾斜相当于试样110的倾斜。然后,计算机132以使计算出的倾斜抵消的方式校正图像IM10(图5)。通过该校正,如图13所示的那样根据线L10来生成线L20。同样地通过校正图像IM10的整个区域来生成校正后的图像。期待该校正使图像IM10接近于图像IM01(图3)。在本说明书中,也将被实施第二校正后的图像称为“校正后图像”。

[0089] [处理的流程]

[0090] 图14是在扫描型探针显微镜1中为了图像处理而实施的处理的一例的流程图。在一个实现例中,通过计算机132的处理器执行给定的程序来实施图14的处理。在该意义下,计算机132是图像处理装置的一例。

[0091] 在步骤SA1中,扫描型探针显微镜1获取作为观测结果的图像数据。在此获取的图像数据的一例与图5的图像IM10对应。在本说明书中,作为观测结果的图像是“对象图像”的一例。

[0092] 在步骤SA2中,扫描型探针显微镜1对对象图像实施上述的“第一校正”。

[0093] 在步骤SA3中,扫描型探针显微镜1针对被实施在步骤SA2中实施的第一校正后的对象图像生成像素值的直方图。

[0094] 图15是示出在步骤SA3中生成的直方图的一例的图。如图15所示,直方图的横轴表示像素值,直方图的纵轴表示像素的个数。在图15的例子中,在对象图像中,由线L91表示各像素值的个数。线L91在像素值V11具有峰值。

[0095] 返回到图14,在步骤SA4中,扫描型探针显微镜1判断在步骤SA3中生成的直方图中

的峰值的数量是否是多个。

[0096] 例如通过对直方图实施公知的峰值检测处理来确定直方图中的峰值的数量和位置。此外,扫描型探针显微镜1也可以在峰值检测处理之前实施针对用线L91表示的那样的图表的平滑化处理。

[0097] 也可以由用户确定直方图中的峰值的数量和位置。即,扫描型探针显微镜1也可以将在步骤SA3中生成的直方图显示于显示部135。也可以是,用户观察到显示于显示部135的直方图,确定峰值的数量(和位置)并将其输入到扫描型探针显微镜1。也可以是,扫描型探针显微镜1具备键盘等输入装置,用户利用该输入装置来输入峰值的数量(和位置)。扫描型探针显微镜1也可以使用输入的峰值的数量来实施步骤SA4的判断。

[0098] 扫描型探针显微镜1当判断为上述直方图中的峰值的数量是多个时(在步骤SA4中为“是”),使控制进入步骤SA6,如果判断为不是多个,即判断为单个(在步骤SA4中为“否”),则使控制进入步骤SA6。在此,说明直方图中的峰值的数量与试样110的表面的形态之间的假定的相关关系的一例。

[0099] 图16是示出在步骤SA3中生成的直方图的另一例的图。在图16的例子中,对象图像中的各像素值的个数由线L92表示。线L92在像素值V21和像素值V22具有峰值。即,线L92具有两个峰值。

[0100] 在直方图中峰值是否是多个反映试样110的表面是否具有凹凸构造。更具体地说,假定在试样110的表面具有凹凸构造的情况下该表面的图像的直方图具有多个峰值。例如,如参照图3等说明的那样在试样中在基板上配置有构造物的情况下,多个峰值包含与基板的高度对应的峰值以及与构造物的高度对应的峰值。另一方面,假定以下情况:在如参照图2说明的那样试样110的表面不具有(宏观意义上的)凹凸构造的情况下该表面的图像的直方图具有单个峰值。

[0101] 返回到图14,在步骤SA5中,扫描型探针显微镜1对对象图像实施第二校正。在后文参照图17来叙述第二校正的实施。

[0102] 在步骤SA6中,扫描型探针显微镜1将处理的结果显示于显示部135。显示的结果也可以包含通过第一校正或第二校正而生成的图像来作为被实施校正后的图像。关于作为被实施校正后的图像而显示的图像,在被实施了步骤SA6中的第二校正的情况下是被实施第二校正后的图像,在未被实施步骤SA6中的第二校正的情况下是被实施第一校正后的图像。之后,扫描型探针显微镜1使图14的处理结束。

[0103] 图17是与步骤SA5的第二校正的实施相关的子程序的流程图。

[0104] 在步骤S10中,扫描型探针显微镜1获取对象图像。在步骤SA1中获取到的对象图像被保存于存储装置134的情况下,在步骤S10中,也可以从存储装置134中读出对象图像。

[0105] 在步骤S12中,扫描型探针显微镜1对在步骤S10中获取到的图像提取边缘。边缘的提取例如通过参照图7说明的方法来实现。

[0106] 在步骤S14中,扫描型探针显微镜1使在步骤S12中提取到的边缘膨胀。边缘的膨胀例如通过参照图8说明的方法来实现。

[0107] 在步骤S16中,扫描型探针显微镜1对在步骤S14中使边缘膨胀后的图像进行二值化。二值化例如通过参照图9说明的方法来实现。

[0108] 在步骤S18中,扫描型探针显微镜1对在步骤S16中进行二值化后的图像实施连线

处理。连线处理例如通过参照图10说明的方法来实现。

[0109] 在步骤S20中,扫描型探针显微镜1对在步骤S18中实施连线处理后的图像实施孔洞填充处理。孔洞填充处理例如通过参照图10说明的方法来实现。

[0110] 在步骤S22中,扫描型探针显微镜1使用在步骤S20中实施孔洞填充处理后的图像来生成基板区域数据。基板区域数据是用于确定基板区域的数据。

[0111] 在步骤S24中,扫描型探针显微镜1使用第二数据来实施在步骤S10中获取到的图像数据的校正(高度的校正)。图像数据的校正例如通过参照图12和图13说明的方法来实现。通过步骤S24的控制来生成对“对象图像”实施“第二校正”所得到的图像。然后,扫描型探针显微镜1使控制返回到图14。

[0112] 在参照图12和图13说明的方法中,对于用于确定基板区域的数据,如图12中用虚线(线A10)表示的那样对与构造物对应的区域填充数据。此外,在图像数据的校正中,这样的数据的填充也可以省略。扫描型探针显微镜1也可以仅根据基板区域来计算试样110的(相对于理想的面的)倾斜。

[0113] 在上面说明的本实施方式中,对对象图像实施第一校正,并且,生成被实施第一校正后的图像的直方图。而且,如果直方图中的峰值的数量是多个,则在步骤SA6中,显示被实施第二校正后的图像来作为“被实施校正后的图像”。另一方面,如果直方图中的峰值的数量不是多个,则在步骤SA6中,显示被实施第一校正后的图像来作为“被实施校正后的图像”。

[0114] 在第二校正中,通过实施针对构造物的边缘的膨胀处理来生成“膨胀图像”,然后,使用该“膨胀图像”来生成用于确定试样中的与基板对应的区域(基板上不存在构造物的区域)的“基板区域数据”。由此,可靠地避免通过“基板区域数据”确定的区域包含构造物的图像。另外,除了通过“基板区域数据”确定的区域以外的区域被确定为可靠地包含构造物整体的区域。

[0115] 在使用通过“基板区域数据”确定的区域来校正由于试样的倾斜产生的对象图像中的倾斜的情况下,能够在校正中利用更多的点(或者,线或区域)。由此,能够在校正中更准确地校正倾斜。因而,能够对用户准确地提供试样的表面状态。

[0116] [变形例(1)]

[0117] 在变形例(1)中,扫描型探针显微镜1在第二校正中使用基板区域数据来校正对象图像,根据校正后的图像数据来再次确定与构造物对应的区域。

[0118] 图18是变形例(1)中的步骤SA5的子程序的第一变形例的流程图。图18的处理与图17的处理同样地包含步骤S10~步骤S24的控制。在图18的处理中,扫描型探针显微镜1在步骤S24之后使控制进入步骤S30。

[0119] 在步骤S30中,扫描型探针显微镜1在步骤S24中生成的校正后的图像中确定与构造物对应的区域。在步骤S24中生成的校正后的图像是“校正后图像”的一例。

[0120] 步骤S30中的与构造物对应的区域的确定例如也可以包含与步骤S12~步骤S22同样的控制。即,扫描型探针显微镜1对校正后的图像提取边缘,使提取到的边缘膨胀,对使边缘膨胀后的图像进行二值化,对二值化后的图像实施连线处理,对被实施连线处理后的图像实施孔洞填充处理,然后,生成被实施孔洞填充处理后的图像的基板区域数据。然后,扫描型探针显微镜1确定除了通过基板区域数据确定的区域以外的区域(即除了基板区域以

外的区域)来作为与构造物对应的区域。

[0121] 在步骤S32中,扫描型探针显微镜1通过从步骤S24中的校正后的图像数据提取在步骤S30中确定出的与构造物对应的区域来生成“构造物图像”。构造物图像包含与构造物对应的图像。之后,扫描型探针显微镜1使控制返回到图14。在变形例(1)中,在步骤SA6中显示的结果也可以包含在步骤S30中生成的构造物图像的图像、即与构造物对应的图像。

[0122] 在上面说明的变形例(1)中,从对象图像提取除了通过基板区域数据确定的区域以外的区域(即除了基板区域以外的区域),并将该区域作为构造物图像来显示。基板区域数据是使用膨胀图像来生成的,膨胀图像是经膨胀处理来生成的。由此,除了通过基板区域数据确定的区域以外的区域可靠地包含构造物的整个区域。因而,对用户准确地提供构造物的状态,由此,能够准确地提供试样的表面状态。

[0123] [变形例(2)]

[0124] 在变形例(2)中,扫描型探针显微镜1通过将变形例(1)的构造物图像与嵌入基板的区域的背景用数据进行组合来生成模拟的试样整体的图像。在变形例(2)中,这样生成的“模拟的试样整体的图像”是被实施第二校正后的图像。

[0125] 图19是步骤SA5的子程序的第二变形例的流程图。在图19的处理中,扫描型探针显微镜1在步骤S22之后使控制进入步骤S40。

[0126] 在步骤S40中,扫描型探针显微镜1使用在步骤S10中获取到的对象图像和在步骤S22中生成的基板区域数据来生成构造物图像。在步骤S40中生成的构造物图像是通过从在步骤S10中获取到的对象图像提取除了通过在步骤S22中生成的基板区域数据确定的基板的区域以外的区域来生成的。

[0127] 在步骤S42中,扫描型探针显微镜1将背景用数据填充到除了通过在步骤S40中生成的构造物图像确定的区域以外的区域,由此生成浏览用数据。浏览用数据表示模拟的试样整体的图像。在模拟的试样整体的图像中,在步骤S10中获取到的对象图像中的构造物与背景用的图像被组合。

[0128] 之后,扫描型探针显微镜1使控制返回到图14。在变形例(2)中,在步骤SA6中显示的结果也可以包含在步骤S42中生成的浏览用数据的图像、即模拟的试样整体的图像。

[0129] 在变形例(2)的浏览用数据的图像(模拟的试样整体的图像)中,相当于基板区域的区域具有适当的明度,由此,不需要在显示浏览用数据的图像时进行对比度的调整。因而,用户不需要进行对比度的调整等烦杂的作业就能够视觉识别处理的结果。另外,在以往的技术中,有时在对比度的调整中在背景中产生像素浓度的波。由于在变形例(2)中能够省略对比度的调整,因此能够避免在对用户显示的图像中产生上述那样的像素浓度的波。此外,也可以通过将在变形例(1)中生成的构造物图像(S30)与背景用数据(S42)进行组合来生成浏览用数据。

[0130] 上述模拟的试样整体的图像包含基于对象图像的除了通过基板区域数据确定的区域以外的区域的图像。基板区域数据是使用膨胀图像来生成的,膨胀图像是经膨胀处理来生成的。由此,除了通过基板区域数据确定的区域以外的区域可靠地包含构造物的整个区域。因而,通过提供模拟的试样整体的图像来对用户准确地提供构造物的状态,由此,能够准确地提供试样的表面状态。

[0131] [方式]

[0132] 本领域技术人员能够理解的是,上述多个例示性的实施方式是以下方式的具体例。

[0133] (第一项)一个方式所涉及的图像处理方法可以是对基于由扫描型探针显微镜进行的试样的测定而生成的对象图像进行处理的方法,所述图像处理方法包括通过对所述对象图像实施第一校正来生成校正图像的步骤,其中,所述第一校正包括以下处理:从所述对象图像中在规定的平面中的沿规定的方向的一条直线上提取多个像素;以及基于提取到的各像素的亮度来校正所述对象图像的高度,所述图像处理方法还包括以下步骤:生成所述校正图像中的像素值的直方图;以及使用所述直方图来判断是否需要与所述对象图像实施与所述第一校正不同的第二校正。

[0134] 根据第一项所述的图像处理方法,能够确定与试样的表面状态相应的校正的种类。

[0135] (第二项)在第一项所述的图像处理方法中,判断是否需要实施所述第二校正的步骤也可以包括以下处理:在所述直方图包含多个峰值的情况下判断为需要实施所述第二校正;以及在所述直方图不包含多个峰值的情况下判断为不需要实施所述第二校正。

[0136] 根据第二项所述的图像处理方法,能够确定可靠地与试样的表面状态相应的校正的种类。

[0137] (第三项)在第一项或第二项所述的图像处理方法中,也可以是,所述试样包括基板和该基板上的构造物,所述第二校正包括以下步骤:生成用于在所述对象图像中确定与所述基板对应的区域的基板区域数据;以及基于通过所述基板区域数据确定的区域的像素来实施高度的校正。

[0138] 根据第三项所述的图像处理方法,能够通过第二校正来提供准确的试样的表面状态。

[0139] (第四项)在第三项所述的图像处理方法中,也可以是,所述第二校正还包括以下步骤:从所述对象图像提取与邻接像素的比较结果满足是边缘的条件的像素来作为边缘像素;以及通过对所述对象图像实施使由所述边缘像素构成的边缘膨胀的膨胀处理来生成膨胀图像,生成所述基板区域数据的步骤包括使用所述膨胀图像来生成所述基板区域数据。

[0140] 根据第四项所述的图像处理方法,能够通过第二校正来提供更准确的试样的表面状态。

[0141] (第五项)在第四项所述的图像处理方法中,所述膨胀处理也可以包含最大值处理。

[0142] 根据第五项所述的图像处理方法,在膨胀处理中通过边缘像素使结构可靠地膨胀。

[0143] (第六项)在第三项~第五项中的任一项所述的图像处理方法中,所述第二校正也可以包括以下处理:将填充用的数据填充到所述对象图像中的除了通过所述基板区域数据确定的区域以外的区域,由此生成表示仅基板的图像的基板显示图像。

[0144] 根据第六项所述的图像处理方法,能够更准确地实施原始的图像数据的高度的校正。

[0145] (第七项)在第六项所述的图像处理方法中,生成所述基板显示图像也可以包括以下处理:使用所述对象图像中的通过所述基板区域数据确定的区域的像素值来生成所述填

充用的数据。

[0146] 根据第七项所述的图像处理方法,能够生成填充用的数据来作为更适合于原始的图像数据的填充用的数据。

[0147] (第八项)在第六项或第七项所述的图像处理方法中,生成所述基板显示图像也可以包括以下处理:通过使用所述基板显示图像实施针对所述对象图像的倾斜校正,来生成校正后图像。

[0148] 根据第八项所述的图像处理方法,能够生成倾斜被更可靠地校正后的图像来作为校正后图像。

[0149] (第九项)第八项所述的图像处理方法也可以还包括以下步骤:在所述校正后图像中确定所述对象图像中的与所述构造物对应的区域;以及生成从所述对象图像提取所确定出的与所述构造物对应的区域而得到的构造物图像。

[0150] 根据第九项所述的图像处理方法,能够生成更可靠地包含构造物整体的数据来作为构造物图像。

[0151] (第十项)第三项~第九项中的任一项所述的图像处理方法也可以还包括以下步骤:通过从所述对象图像提取通过所述基板区域数据确定的区域来生成构造物图像。

[0152] 根据第十项所述的图像处理方法,能够生成更可靠地包含构造物整体的图像来作为构造物图像。

[0153] (第十一项)第九项或第十项所述的图像处理方法也可以还包括以下步骤:将所述构造物数据与在通过所述基板区域数据确定的区域中具有背景用的像素的背景用数据进行组合,由此生成浏览用数据。

[0154] 根据第十一项所述的图像处理方法,不需要在显示浏览用数据时调整对比度。

[0155] (第十二项)第四项或第五项所述的图像处理方法也可以还包括以下步骤:实施针对所述膨胀图像或起因于所述膨胀图像的数据的二值化处理,以生成所述基板区域数据。

[0156] 根据第十二项所述的图像处理方法,能够在数据中更显著地表现边缘。

[0157] (第十三项)第十二项所述的图像处理方法也可以还包括以下步骤:实施针对被实施所述二值化处理后的图像的连线处理,以生成所述基板区域数据。

[0158] 根据第十三项所述的图像处理方法,在数据中更可靠地确定与基板对应的区域。

[0159] (第十四项)一个方式所涉及的图像处理装置也可以具备:一个以上的处理器;以及存储装置,其保存通过被所述一个以上的处理器执行来使所述一个以上的处理器实施第一项~第十三项中的任一项所述的图像处理方法的程序。

[0160] 根据第十四项所述的图像处理装置,能够确定与试样的表面状态相应的校正的种类。

[0161] (第十五项)一个方式所涉及的扫描型探针显微镜也可以具备第十四项所述的图像处理装置。

[0162] 根据第十五项所述的扫描型探针显微镜,能够确定与试样的表面状态相应的校正的种类。

[0163] (第十六项)一个方式所涉及的程序也可以通过被一个以上的处理器执行来使所述一个以上的处理器实施第一项~第十三项中的任一项所述的图像处理方法。

[0164] 根据第十六项所述的程序,能够确定与试样的表面状态相应的校正的种类。

[0165] 应当认为,本次公开的实施方式在所有方面均为例示,而非限制性的内容。本发明的范围并非通过上述的实施方式的说明来示出,而是通过权利要求书示出,意图包括在与权利要求书同等的意义和范围内的所有的变更。另外,意图实施方式中的各技术无论单独,还是根据需要尽可能地与实施方式中的其它技术进行组合,都能够实施。

[0166] 附图标记说明

[0167] 1:扫描型探针显微镜;110:试样;111:压电扫描器;111xy:XY扫描器;111z:Z扫描器;112:试样台;113:悬臂;114:针;115:激光二极管;119:光电检测器;120:位移检测机构;131:反馈信号产生部;132:计算机;133:扫描信号产生部;134:存储装置;135:显示部。

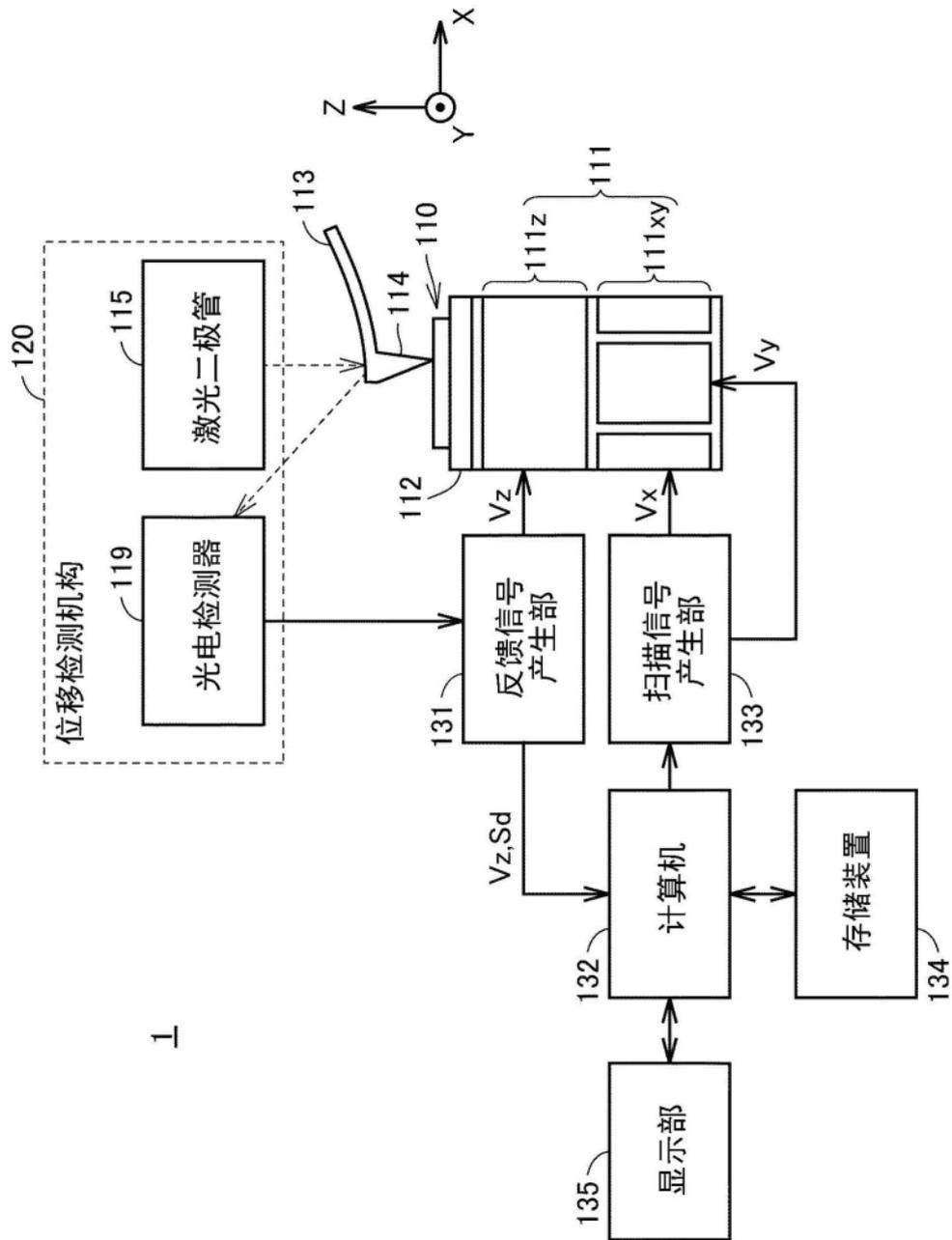


图1

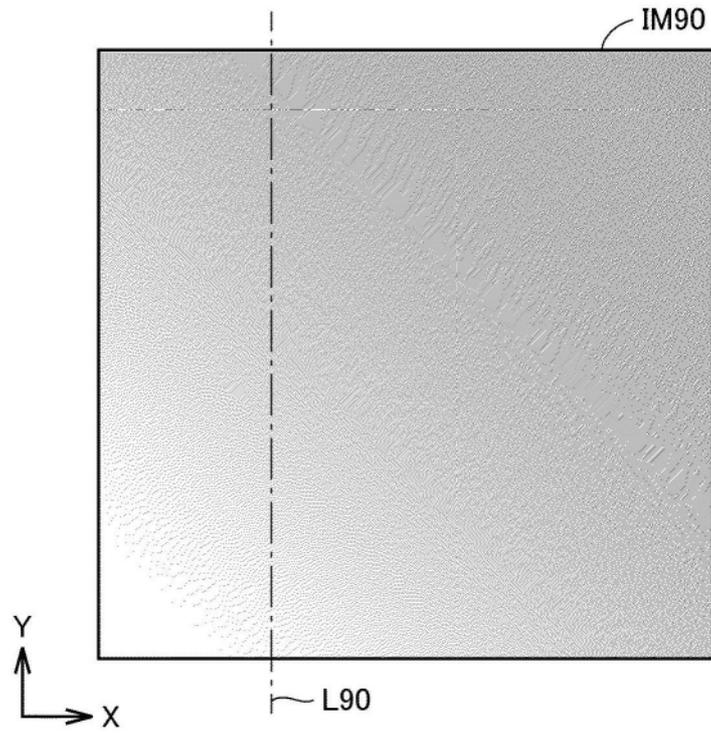


图2

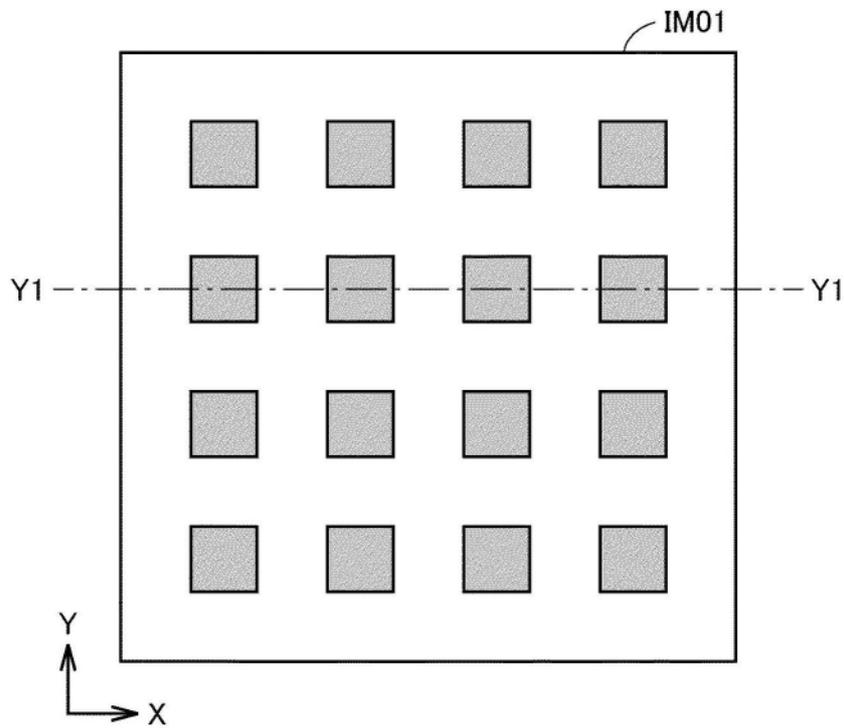


图3

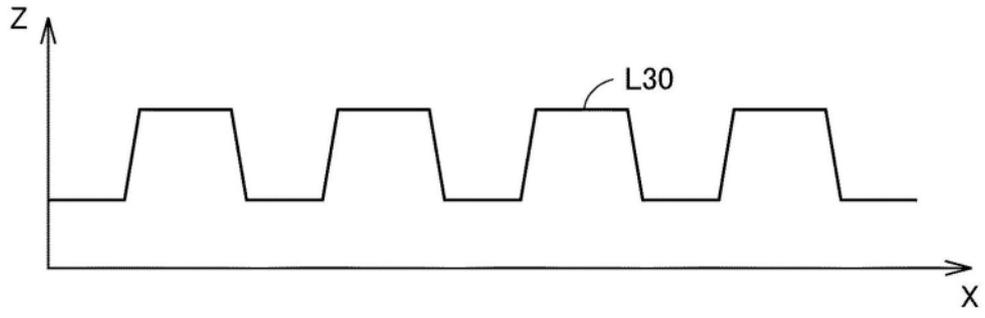


图4

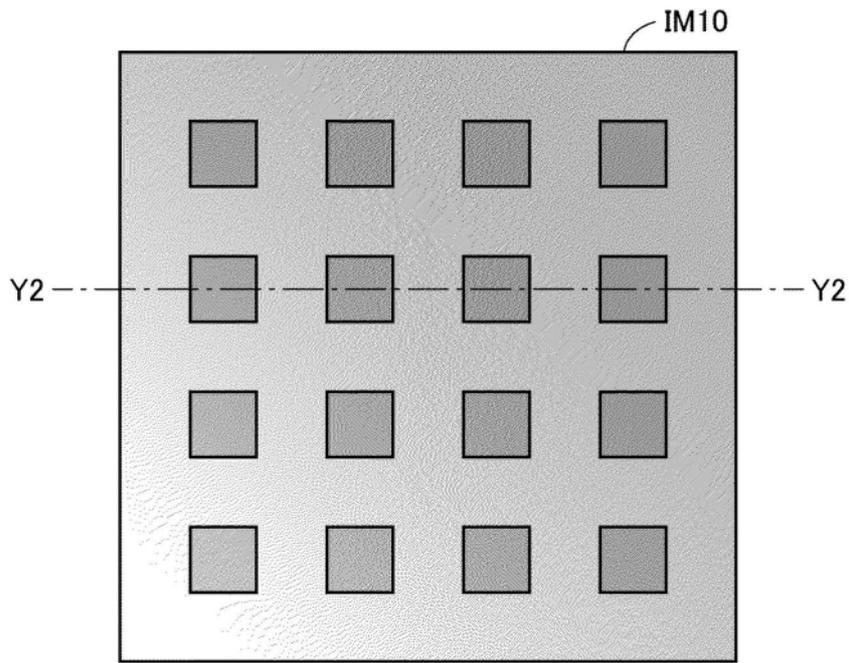


图5

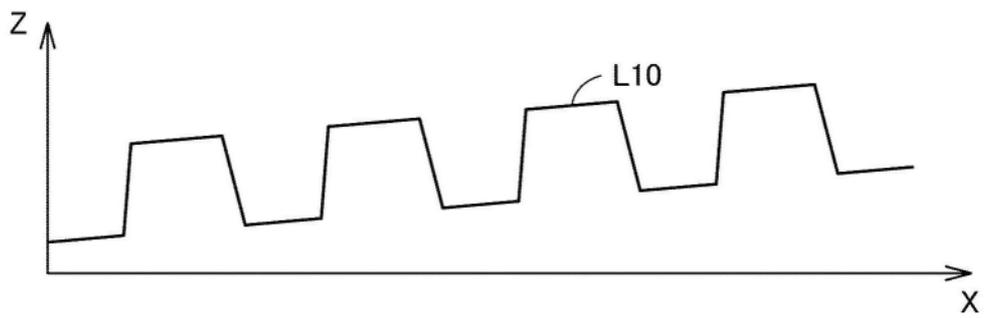


图6

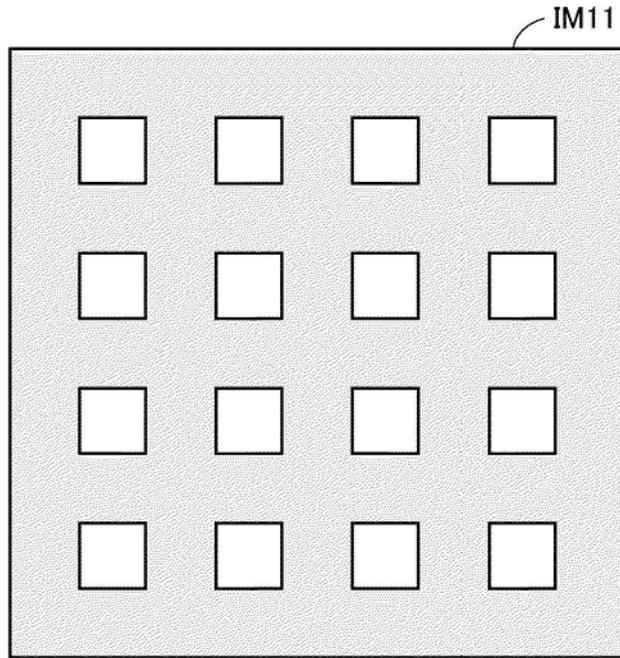


图7

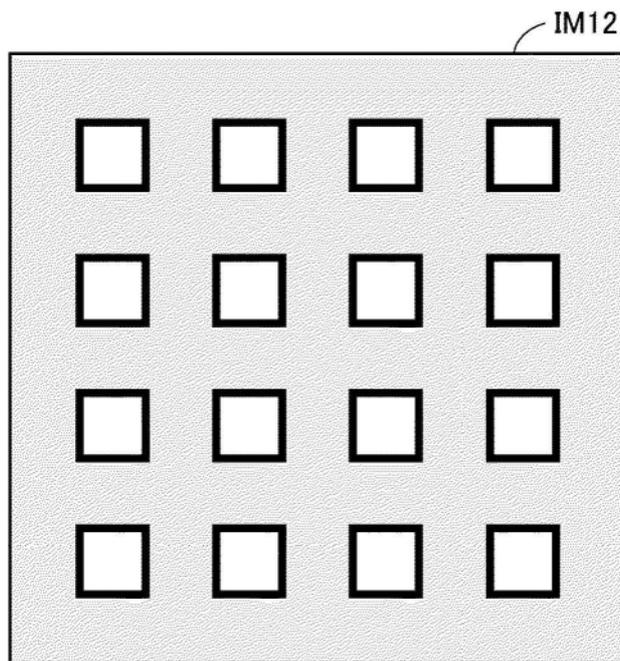


图8

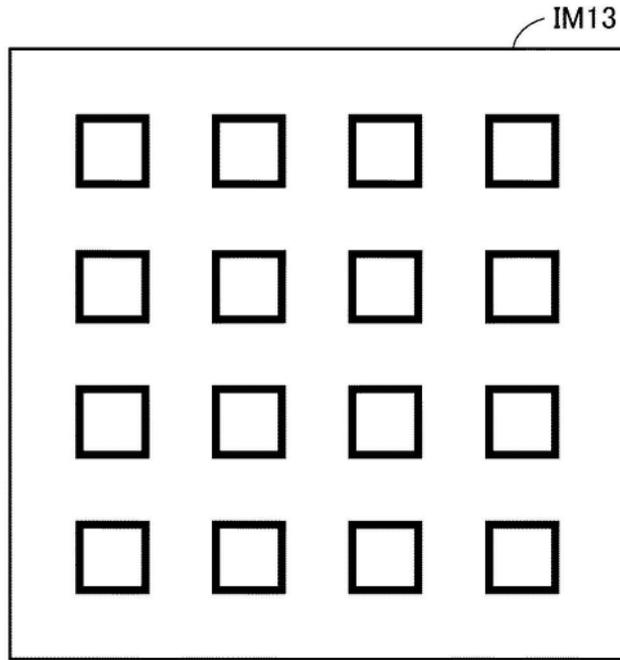


图9

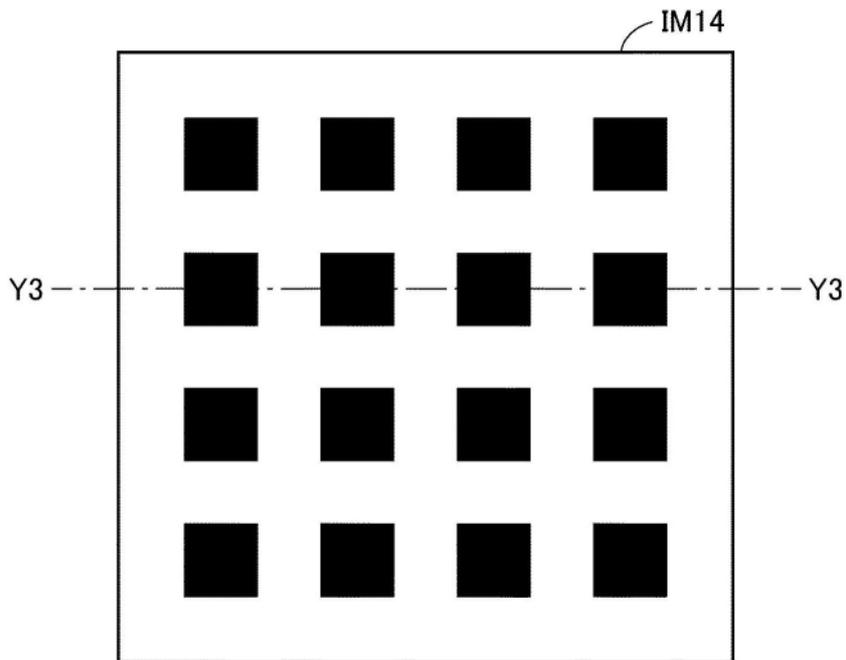


图10

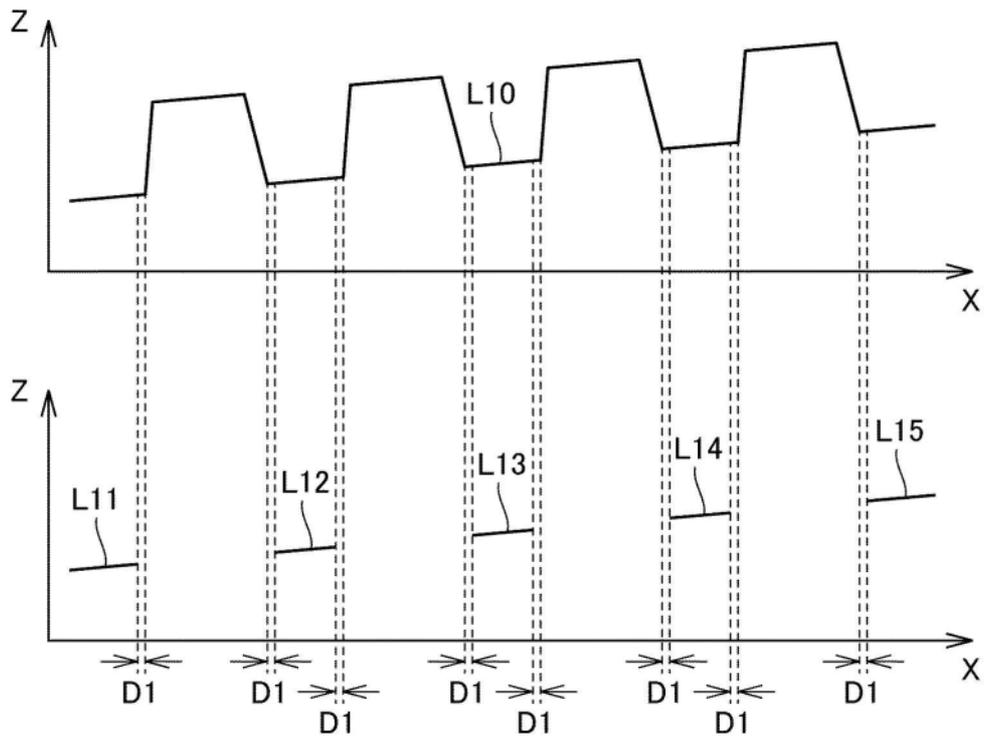


图11

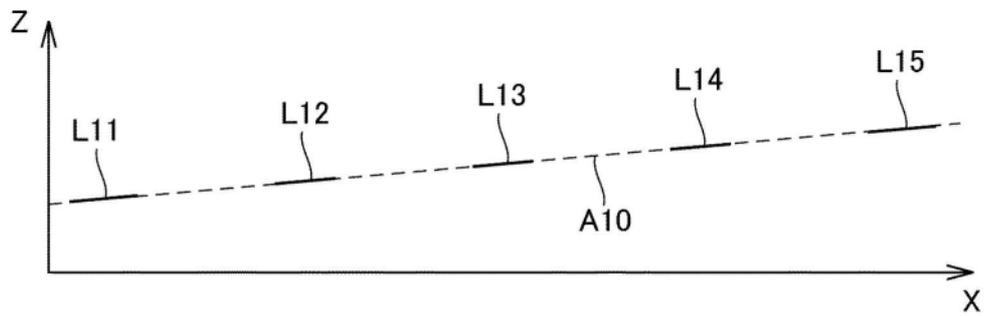


图12

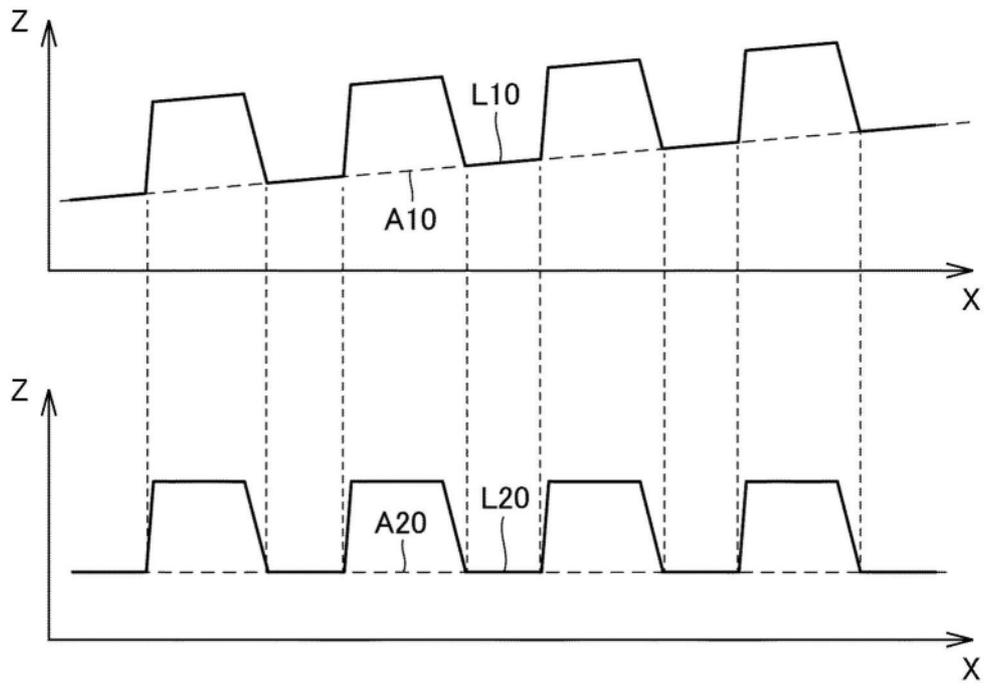


图13

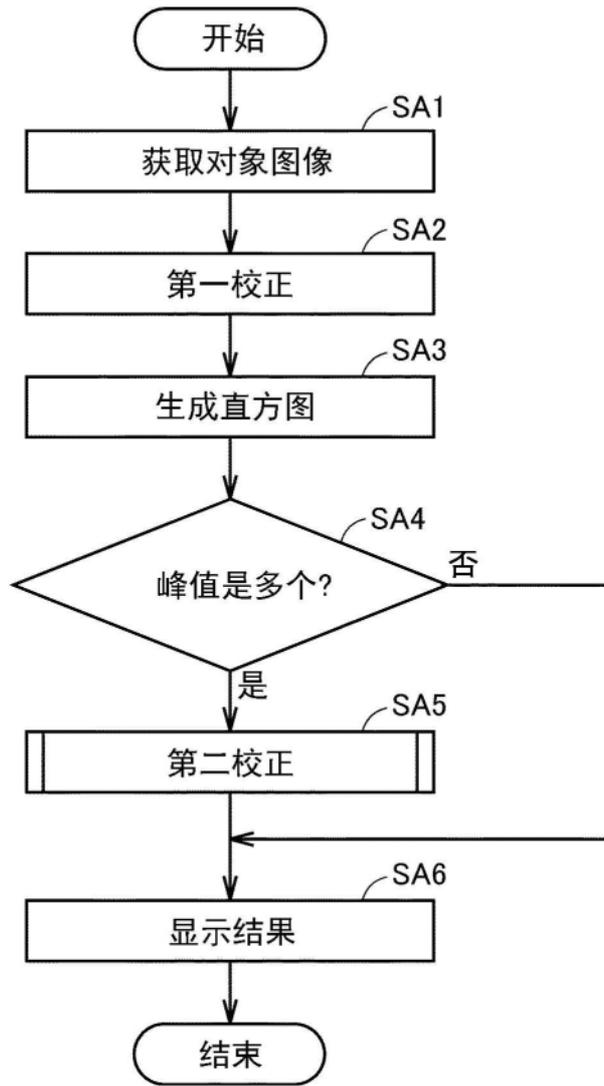


图14

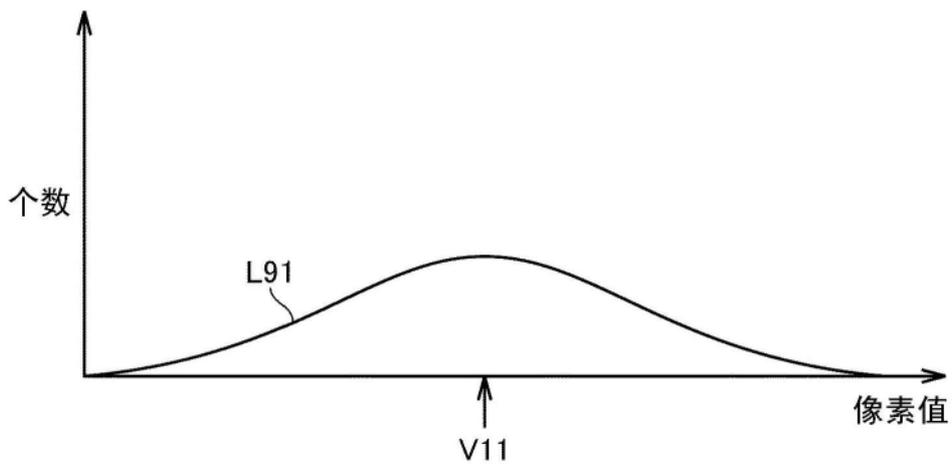


图15

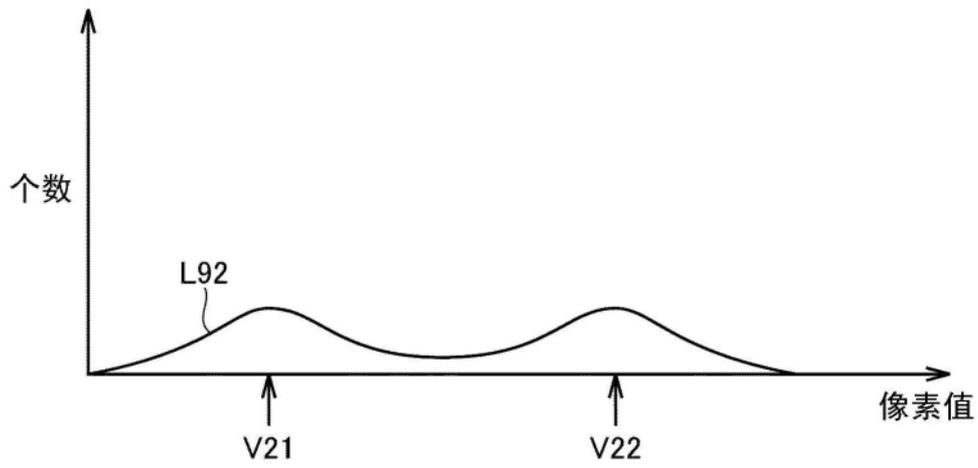


图16

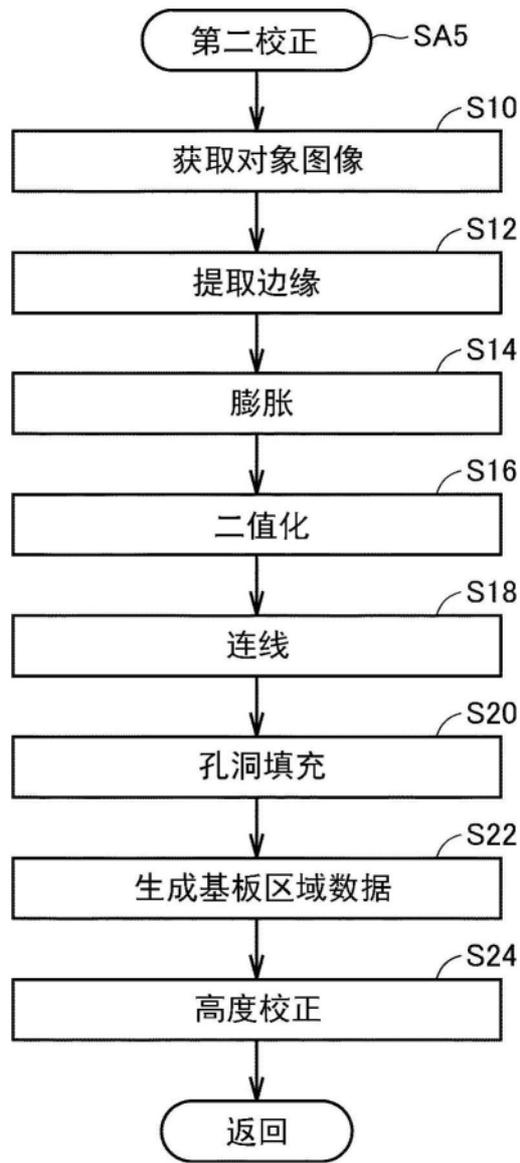


图17

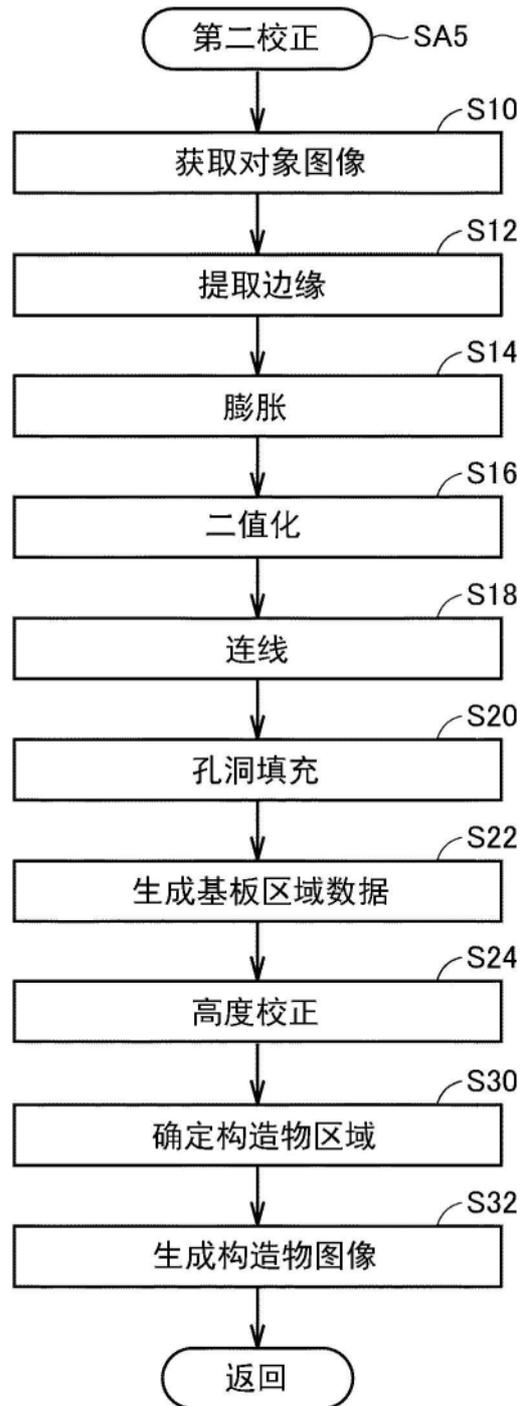


图18

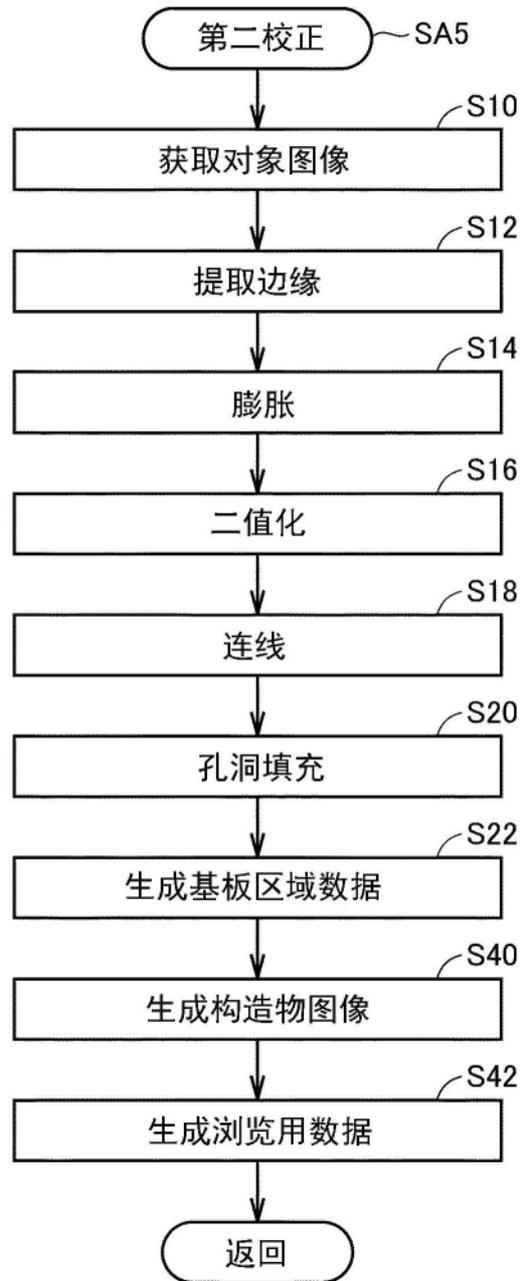


图19