



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102177428 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 02

(21) 申请号 200980140443. 8

(22) 申请日 2009. 10. 14

(30) 优先权数据

2008-265808 2008. 10. 14 JP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 04. 12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2009/067808 2009. 10. 14

(87) PCT申请的公布数据

W02010/044433 JA 2010. 04. 22

(73) 专利权人 芝浦机械电子装置股份有限公司

地址 日本神奈川县

(72) 发明人 若叶博之 林义典 宫园浩一

川崎祥三 森秀树 浜谷和彦

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 李辉 黄纶伟

(51) Int. Cl.

G01N 21/88 (2006. 01)

G01B 11/24 (2006. 01)

G01N 21/956 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 特开平 10-311776 A, 1998. 11. 24, 全文.

JP 特开平 7-72097 A, 1995. 03. 17, 全文.

JP 特开平 9-68502 A, 1997. 03. 11, 说明书第 24, 48-49 段、附图 7-10.

JP 特开 2008-216248 A, 2008. 09. 18, 说明书第 1, 23, 25 段、附图 2, 3, 5.

JP 特开 2001-221749 A, 2001. 08. 17, 说明书第 15-17, 20 段、附图 1, 4.

JP 特开 2001-221749 A, 2001. 08. 17, 说明书第 15-17, 20 段、附图 1, 4.

审查员 崔秀艳

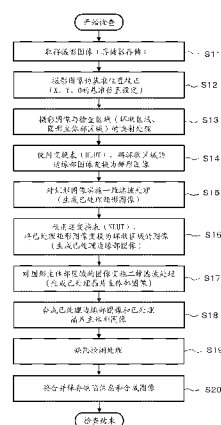
权利要求书 4 页 说明书 15 页 附图 20 页

(54) 发明名称

图像处理方法和图像处理装置及使用该图像处理装置的表面检查装置

(57) 摘要

本发明提供一种图像处理方法, 能够得到在物体表面图像的边缘部分的区域中实施了合适的图像处理的图像。图像处理方法构成为包括: 图像取得步骤 (S11), 取得由像素单位的浓淡值构成的、包括物体表面图像的被处理图像; 边缘部图像确定步骤 (S13), 将包括在所述被处理图像中设定的所述物体表面图像的边缘线的、在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的图像, 确定为边缘部图像; 变换步骤 (S14), 将所述边缘部图像变换为宽度相当于所述预定宽度的矩形图像; 图像处理步骤 (S15), 对所述矩形图像实施对在该宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理; 以及逆变换步骤 (S16), 将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像, 生成已处理边缘部图像。



1. 一种图像处理方法,其包括:

图像取得步骤,取得由像素单位的浓淡值构成的、包括物体表面图像的被处理图像;

边缘部图像确定步骤,将包括所述被处理图像中设定的所述物体表面图像的边缘线的、在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的图像,确定为边缘部图像;

变换步骤,将所述边缘部图像变换为宽度相当于所述预定宽度的矩形图像;以及

图像处理步骤,对所述矩形图像实施对在与其宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理,

其中,在所述边缘部图像确定步骤中,将下述区域的图像确定为所述边缘部图像,所述区域是指在所述边缘线的所述物体表面图像的内侧方向上为第一预定宽度,在所述边缘线的所述物体表面图像的外侧方向上为第二预定宽度的区域。

2. 根据权利要求1所述的图像处理方法,其中,该图像处理方法还包括逆变换步骤,将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像,生成已处理边缘部图像。

3. 根据权利要求1或2的图像处理方法,其中,所述变换步骤包括:

位置变换步骤,取得所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置;以及

根据所述边缘部图像中的各个像素的浓淡值,确定与取得的所述边缘部图像中的各个位置对应的、所述矩形图像的像素的浓淡值的步骤。

4. 根据权利要求3所述的图像处理方法,其中,

预先生成表示所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置的变换表,

在所述位置变换步骤中,使用所述变换表,取得所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置。

5. 根据权利要求2所述的图像处理方法,其中,所述逆变换步骤包括:

位置逆变换步骤,取得矩形图像中的与所述原来区域的图像的各个像素对应的位置;以及

根据实施了所述一维图像处理的矩形图像中的各个像素的浓淡值,确定与取得的所述矩形图像中的各个位置对应的、所述原来区域的图像中的像素的浓淡值,生成所述已处理边缘部图像。

6. 根据权利要求5所述的图像处理方法,其中,

预先生成表示所述矩形图像中的与所述原来区域的图像的各个像素对应的位置的逆变换表,

在所述位置逆变换步骤中,使用所述逆变换表,取得所述矩形图像中的与所述原来区域的图像的各个像素对应的位置。

7. 根据权利要求1所述的图像处理方法,其中,

在所述图像取得步骤中,取得包括圆盘状半导体晶片的表面图像的图像作为所述被处理图像,

在所述边缘部图像确定步骤中,将在与沿着所述半导体晶片表面图像的边缘的、作为所述边缘线的圆形线正交的方向上为预定宽度的环状区域的全部或者一部分的图像确定为边缘部图像。

8. 根据权利要求 2 所述的图像处理方法, 其中,

在所述图像取得步骤中, 取得包括圆盘状半导体晶片的表面图像的图像作为所述被处理图像,

在所述边缘部图像确定步骤中, 将在与沿着所述半导体晶片表面图像的边缘的、作为所述边缘线的圆形线正交的方向上为预定宽度的环状区域的全部或者一部分的图像确定为边缘部图像,

在所述逆变换步骤中, 将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来的环状区域的全部或者一部分的图像, 生成所述已处理边缘部图像。

9. 根据权利要求 1 所述的图像处理方法, 其中, 在所述变换步骤中, 将所述边缘部图像变换为由与下述各个位置对应的呈矩形排列的像素构成的矩形图像, 所述各个位置是指该边缘部图像的沿着夹着所述物体表面图像的边缘线并且与该边缘线平行的两条划分线中的一条划分线、以预定间隔设定的各个位置, 以及在与该划分线正交的法线上以预定间隔从该各个位置到另一条划分线设定的各个位置。

10. 根据权利要求 9 所述的图像处理方法, 其中, 在所述变换步骤中, 将所述边缘部图像变换为由与下述各个位置对应的呈矩形排列的像素构成的矩形图像, 所述各个位置是指该边缘部图像的沿着夹着所述物体表面图像的边缘线并且与该边缘线平行的两条划分线中较长的划分线、以预定间隔设定的各个位置, 以及在与该划分线正交的法线上以预定间隔从该各个位置到较短的划分线设定的各个位置。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的图像处理方法, 其中,

预先生成使所述边缘部图像中的沿着所述划分线的各个位置、与和设定在通过该位置的所述法线上的全部位置对应的所述矩形图像的 1 列的量的像素相对应的变换表,

所述变换步骤包括使用所述变换表来确定所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置的步骤。

12. 一种图像处理装置, 其具有:

摄影单元, 其拍摄物体的表面; 以及

处理单元, 其对由该摄影单元得到的摄影图像进行处理,

所述处理单元具有:

图像取得单元, 其取得由像素单位的浓淡值构成的、包括所述物体的表面图像的被处理图像;

边缘部图像确定单元, 其将包括在所述被处理图像中设定的所述物体表面图像的边缘线且在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的图像, 确定为边缘部图像;

变换单元, 其将所述边缘部图像变换为宽度相当于所述预定宽度的矩形图像; 以及

图像处理单元, 其对所述矩形图像实施对在与其宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理,

其中, 所述边缘部图像确定单元将下述区域的图像确定为所述边缘部图像, 所述区域是指在所述边缘线的所述物体表面图像的内侧方向上为第一预定宽度, 在所述边缘线的所述物体表面图像的外侧方向上为第二预定宽度的区域。

13. 根据权利要求 12 所述的图像处理装置, 其中, 所述图像处理装置还具有逆变换单元, 该逆变换单元将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像,

生成已处理边缘部图像。

14. 根据权利要求 12 或 13 所述的图像处理装置,其中,
所述变换单元具有:

位置变换单元,其取得所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置;
以及

根据所述边缘部图像中的各个像素的浓淡值,确定所述矩形图像的与取得的所述边缘部图像中的各个位置对应的像素的浓淡值的单元。

15. 根据权利要求 14 所述的图像处理装置,其中,

所述图像处理装置还具有存储单元,该存储单元存储表示所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置的变换表,

所述位置变换单元使用所述变换表,取得所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置。

16. 根据权利要求 13 所述的图像处理装置,其中,

所述摄影单元拍摄圆盘状的半导体晶片的表面,

所述图像取得单元取得包括所述半导体晶片表面图像的图像作为所述被处理图像,

所述边缘部图像确定单元将在与沿着所述半导体晶片表面图像的边缘的、作为所述边缘线的圆形线正交的方向上为预定宽度的环状区域的全部或者一部分的图像,确定为边缘部图像,

所述逆变换单元将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来的环状区域的全部或者一部分的图像,生成已处理边缘部图像。

17. 根据权利要求 12 所述的图像处理装置,其中,所述变换单元将所述边缘部图像变换为由与下述各个位置对应的呈矩形排列的像素构成的矩形图像,所述各个位置是指该边缘部图像的沿着夹着所述物体表面图像的边缘线并且与该边缘线平行的两条划分线中的一条划分线、以预定间隔设定的各个位置,以及在与该划分线正交的法线上以预定间隔从该各个位置到较短的划分线设定的各个位置。

18. 根据权利要求 17 所述的图像处理装置,其中,所述变换单元将所述边缘部图像变换为由与下述各个位置对应的呈矩形排列的像素构成的矩形图像,所述各个位置是指该边缘部图像的沿着夹着所述物体表面图像的边缘线并且与该边缘线平行的两条划分线中较长的划分线、以预定间隔设定的各个位置,以及在与该划分线正交的法线上以预定间隔从该各个像素到较短的划分线设定的各个位置。

19. 根据权利要求 17 或 18 所述的图像处理装置,其中,所述图像处理装置还具有存储单元,该存储单元存储使所述边缘部图像中的沿着所述划分线的各个位置、与和设定在通过该位置的所述法线上的全部位置对应的所述矩形图像的 1 列的量的像素相对应的变换表,

所述变换单元具有使用所述变换表来确定所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置的单元。

20. 一种表面检查装置,其具有:

摄影单元,其拍摄物体的表面;以及

处理单元,其对由该摄影单元得到的摄影图像进行处理,检测所述物体表面上的缺陷,

所述处理单元具有：

图像取得单元，其取得由像素单位的浓淡值构成的、包括所述物体的表面图像的被处理图像；

边缘部图像确定单元，其将包括在所述被处理图像中设定的所述物体表面图像的边缘线且在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的图像，确定为边缘部图像；

变换单元，其将所述边缘部图像变换为宽度相当于所述预定宽度的矩形图像；

第 1 图像处理单元，其对所述矩形图像实施对在与该宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理；

逆变换单元，其将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像，生成已处理边缘部图像；

第 2 图像处理单元，其对从所述物体表面图像中去除了所述边缘部图像后的主体部图像实施对二维排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的二维图像处理，生成已处理物体表面主体部图像；以及

缺陷确定单元，其在所述已处理边缘部图像和所述已处理主体部图像中确定缺陷部分，

其中，所述边缘部图像确定单元将下述区域的图像确定为所述边缘部图像，所述区域是指在所述边缘线的所述物体表面图像的内侧方向上为第一预定宽度，在所述边缘线的所述物体表面图像的外侧方向上为第二预定宽度的区域。

21. 根据权利要求 20 所述的表面检查装置，

其是由所述摄影单元拍摄圆盘状的半导体晶片的表面，由所述处理单元检测该半导体晶片表面上的缺陷的表面检查装置，

所述图像取得单元取得包括所述半导体晶片的表面图像的图像作为所述被处理图像，

所述边缘部图像确定单元将在与沿着所述半导体晶片表面图像的边缘的圆形线正交的方向上为预定宽度的环状区域的全部或者一部分的图像，确定为边缘部图像，

所述逆变换单元将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来的环状区域的全部或者一部分图像，生成已处理边缘部图像，

所述第 2 图像处理单元对从所述半导体晶片表面图像中去除了所述边缘部图像后的所述主体部图像实施所述二维图像处理，生成已处理主体部图像。

图像处理方法、图像处理装置及使用该图像处理装置的表面检查装置

技术领域

[0001] 本发明涉及对包括由像素单位的浓淡值构成的物体表面图像的图像进行处理的图像处理方法、图像处理装置、及使用该图像处理装置的表面检查装置。

背景技术

[0002] 以往提出了拍摄物体的表面,并根据得到的图像来检查所述物体表面的缺陷的表面检查装置(参照专利文献 1)。在该表面检查装置中,利用线传感器对半导体晶片、液晶玻璃基板等被检查物体的表面进行扫描,根据从该线传感器输出的摄像信号,生成二维的被检查体的表面图像。并且,对该表面图像的各个部分进行处理,根据该各个部分经处理后的表面图像中的浓淡状态等,检测被检查体表面的缺陷(膜厚不均和图案缺陷等)。

[0003] 专利文献

[0004] 专利文献 1:日本特开 2007-147441 号公报

[0005] 可是,作为在上述的表面检查装置中进行的针对物体表面图像的处理,能够进行用于强调物体表面图像中的缺陷部分的浓淡的滤波处理。该滤波处理是考虑周围像素的浓淡值来强调各个关注像素的浓淡值的处理。即,对所述物体表面图像实施对二维排列的多个像素(关注像素及其周围像素)的浓淡值进行依次处理的二维图像处理。

[0006] 但是,在该物体表面图像的边缘线部分,浓淡值在该边缘线的内侧(边缘部图像)和外侧(背景图像)急剧变化,因此在二维图像处理中,在该边缘线部分的区域中不能得到合适的已处理图像。

发明内容

[0007] 本发明就是鉴于上述情况而提出的,提供一种图像处理方法和图像处理装置、以及使用该图像处理装置的表面检查装置,能够得到在物体表面图像的边缘部分的区域中实施了合适的图像处理的图像。

[0008] 本发明的图像处理方法构成为包括:图像取得步骤,取得由像素单位的浓淡值构成的、包括物体表面图像的被处理图像;边缘部图像确定步骤,将包括在所述被处理图像中设定的所述物体表面图像的边缘线的、在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的图像,确定为边缘部图像;变换步骤,将所述边缘部图像变换为宽度相当于所述预定宽度的矩形图像;以及图像处理步骤,对所述矩形图像实施对在与该宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理。

[0009] 根据这种结构,包括在被处理图像中设定的物体表面图像的边缘线的、在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的边缘部图像,被变换为宽度相当于该预定宽度的矩形图像,对该矩形图像实施对在与该宽度正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理。在针对所述矩形图像的一维图像处理中,对在与该矩形图像的宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理,因而所述矩形图像在沿着与所

述物体表面图像的边缘线对应的直线的方向上被依次进行处理。

[0010] 在本发明的图像处理方法中也能够构成为还包括逆变换步骤,在该步骤中,将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像,生成已处理边缘部图像。

[0011] 根据这种结构,实施了一维图像处理的所述矩形图像被逆变换为原来区域的图像,生成已处理边缘部图像。如前面所述,针对矩形图像的一维图像处理是在沿着与所述物体表面图像的边缘线对应的直线的方向上的处理,所以将已实施该一维图像处理的矩形图像进行逆变换得到的已处理边缘部图像,实质上是沿着所述物体表面图像的边缘线实施图像处理后的图像。

[0012] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,在所述边缘部图像确定步骤中,将下述区域的图像确定为所述边缘部图像,所述区域是指在所述边缘线的所述物体表面图像的内侧方向上为第一预定宽度,在所述边缘线的所述物体表面图像的外侧方向上为第二预定宽度的区域。

[0013] 根据这种结构,即使在被处理图像中未设定与该物体表面图像的边缘准确一致的边缘线,也能够将一定包括该物体表面图像边缘的区域的图像确定为边缘部图像。

[0014] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,所述变换步骤包括:位置变换步骤,取得所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置;以及根据所述边缘部图像中的各个像素的浓淡值,确定与所述取得的边缘部图像中的各个位置对应的、所述矩形图像的像素的浓淡值的步骤。

[0015] 根据这种结构,取得与构成矩形图像的各个像素对应的边缘部图像中的位置,根据所述边缘部图像中的各个像素的浓淡值,确定与所述取得的边缘部图像中的各个位置对应的、所述矩形图像的像素的浓淡值。

[0016] 在与所述矩形图像的像素对应的所述边缘部图像中的位置、与该边缘部图像的像素位置一致的情况下,能够将该矩形图像的像素的浓淡值确定为对应的边缘部图像的像素的浓淡值。并且,在与所述矩形图像的像素对应的所述边缘部图像中的位置偏离该边缘部图像的像素位置的情况下,例如能够通过基于对应的边缘部图像中的位置的周围像素的浓淡值的插值处理,确定该矩形图像的像素的浓淡值。

[0017] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,预先生成表示所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置的变换表,在所述位置变换步骤中,使用所述变换表,取得所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置。

[0018] 根据这种结构,使用变换表确定与矩形图像中的各个像素对应的边缘部图像中的位置,所以能够更快速地取得与所述矩形图像中的各个像素对应的所述边缘部图像中的位置。

[0019] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,所述逆变换步骤包括:位置逆变换步骤,取得与所述原来区域的图像的各个像素对应的矩形图像中的位置;以及根据实施了所述一维图像处理的矩形图像中的各个像素的浓淡值,确定与所述取得的矩形图像中的各个位置对应的、所述原来区域的图像的像素的浓淡值,生成所述已处理边缘部图像。

[0020] 根据这种结构,取得与构成原来区域的图像的各个像素对应的矩形图像中的位置,根据实施了一维处理的矩形图像中的各个像素的浓淡值,确定与所述取得的矩形图像

中的各个位置对应的、所述原来区域的图像的像素的浓淡值。生成利用这样确定的所述原来区域的图像的各个像素的浓淡值构成的已处理边缘部图像。

[0021] 在与所述原来区域的图像的像素对应的所述矩形图像中的位置、与该矩形图像的像素位置一致的情况下,能够将所述原来区域的像素的浓淡值确定为对应的矩形图像的像素的浓淡值。并且,在与所述原来区域的图像的像素对应的所述矩形图像中的位置偏离该矩形图像的像素位置的情况下,例如能够通过基于对应的矩形图像位置的周围像素的浓淡值的插值处理,确定该原来区域的图像的像素的浓淡值。

[0022] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,预先生成表示所述矩形图像中的与所述原来区域的图像的各个像素对应的位置的逆变换表,在所述位置逆变换步骤中,使用所述逆变换表,取得所述矩形图像中的与所述原来区域的图像的各个像素对应的位置。

[0023] 根据这种结构,与原来区域的图像中的各个像素对应的矩形图像中的位置是使用逆变换表而确定的,所以能够更快速地取得与所述原来区域的图像中的各个像素对应的所述矩形图像中的位置。

[0024] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,在所述图像取得步骤中,取得包括圆盘状半导体晶片的表面图像的图像作为所述被处理图像,所述边缘部图像确定步骤将在与沿着所述半导体晶片表面图像的边缘的圆形线正交的方向上为预定宽度的环状区域的全部或者一部分图像确定为边缘部图像,所述逆变换步骤将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来的环状区域的全部或者一部分图像,生成所述已处理边缘部图像。

[0025] 根据这种结构,能够获得针对包括在被处理图像中沿着半导体晶片表面图像的边缘设定的圆形线在内的环状区域的全部或者一部分图像,在实质上沿着所述圆形线的方向上依次实施了图像处理的已处理边缘部图像。

[0026] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,在所述边缘部图像确定步骤中,将在所述圆形线的内侧为第一预定宽度、在所述圆形线的外侧为第二预定宽度的环状区域的全部或者一部分图像,确定为边缘部图像。

[0027] 根据这种结构,即使未设定与半导体晶片表面图像的边缘准确一致的圆形线,也能够将一定包括该半导体晶片表面图像的边缘的环状区域的全部或者一部分图像确定为边缘部图像。

[0028] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,在所述变换步骤中,将所述边缘部图像变换为由与下述各个位置对应的呈矩形排列的像素构成的矩形图像,所述各个位置是指该边缘部图像中沿着夹着所述物体图像的边缘线并且与该边缘线平行的两条划分线中的一条划分线、以预定间隔设定的各个位置,以及在与该划分线正交的法线上以预定间隔从该各个位置到另一条划分线设定的各个位置。

[0029] 根据这种结构,能够获得被排列成矩形状的各个像素与下述位置对应的矩形图像,所述位置是指由夹着物体图像的边缘线并且与该边缘线平行的两条划分线划分的边缘部图像中的位置。

[0030] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成为,在所述变换步骤中,将所述边缘部图像变换为由与下述各个位置对应的呈矩形排列的像素构成的矩形图像,所述各个位置

是指该边缘部图像中沿着夹着所述物体图像的边缘线并且与该边缘线平行的两条划分线中较长的划分线、以预定间隔设定的各个位置,以及在与该划分线正交的法线上以预定间隔从该各个位置到较短的划分线设定的各个位置。

[0031] 根据这种结构,能够根据沿着划分边缘部图像的两条划分线中较长的划分线以预定间隔设定的各个位置,设定该边缘部图像中的各个位置,因而在边缘部图像中能够设定更多的位置。结果,能够变换为由更多的像素构成的矩形图像。

[0032] 另外,在本发明的图像处理方法中也能够构成预先生成使所述边缘部图像中的沿着所述划分线的各个位置、与和设定在通过该位置的所述法线上的全部位置对应的所述矩形图像的 1 列的量的像素相对应的变换表,所述变换步骤包括使用所述变换表来确定所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置的步骤。

[0033] 根据这种结构,变换表不是将边缘部图像中的全部位置分别与矩形图像的像素对应,而是使边缘部图像中的沿着一条划分线的各个位置、与和设定在通过该位置的所述法线上的全部位置对应的所述矩形图像的 1 列的量的像素相对应,因而能够规模更小地构成变换表,结果能够削减存储该变换表的存储器的容量。

[0034] 本发明的图像处理方法构成包括:图像取得步骤,取得被平行的两条划分线划分的被处理图像;以及变换步骤,将所述被处理图像变换为由与下述各个位置对应的呈矩形排列的像素构成的矩形图像,所述各个位置是指该被处理图像的沿着所述平行的两条划分线中的一条划分线以预定间隔设定的各个位置,以及在与该划分线正交的法线上以预定间隔从该各个位置到另一条划分线设定的各个位置。

[0035] 根据这种结构,能够将被平行的两条划分线划分的被处理图像变换为像素被排列成矩形状的矩形图像。

[0036] 在本发明的图像处理方法中也能够构成预先生成使所述被处理图像中的沿着所述划分线的各个位置、与和设定在通过该位置的所述法线上的全部位置对应的所述矩形图像的 1 列的量的像素相对应的变换表,所述变换步骤包括使用所述变换表来确定与所述矩形图像的各个像素对应的所述被处理图像中的位置的步骤。

[0037] 根据这种结构,变换表不是将边缘部图像中的全部位置分别与矩形图像的像素对应,而是使边缘部图像中的沿着一条划分线的各个位置、与和设定在通过该位置的所述法线上的全部位置对应的所述矩形图像的 1 列的量的像素相对应,因而能够规模更小地构成变换表,结果能够削减存储该变换表的存储器的容量。

[0038] 本发明的图像处理装置构成具有:摄影单元,其拍摄物体的表面;以及处理单元,其对由该摄影单元得到的摄影图像进行处理,所述处理单元具有:图像取得单元,其取得由像素单位的浓淡值构成的、包括所述物体的表面图像的被处理图像;边缘部图像确定单元,其将包括在所述被处理图像中设定的所述物体表面图像的边缘线的、在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的图像,确定为边缘部图像;变换单元,其将所述边缘部图像变换为宽度相当于所述预定宽度的矩形图像;以及图像处理单元,其对所述矩形图像实施对在与其宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理。

[0039] 根据这种结构,处理单元将包括在被处理图像中设定的物体表面图像的边缘线的、在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的边缘部图像,变换为宽度相当于该预

定宽度的矩形图像,对该矩形图像实施对在与其宽度正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理。在针对所述矩形图像的一维图像处理中,对在与其矩形图像的宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理,因而所述矩形图像在沿着与所述物体表面图像的边缘线对应的直线的方向上被依次进行处理。

[0040] 在本发明的图像处理装置中也能够构成为还具有逆变换单元,将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像,生成已处理边缘部图像。

[0041] 根据这种结构,将实施了一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像,生成已处理边缘部图像。如前面所述,针对矩形图像的一维图像处理是在沿着与在所述物体表面图像中设定的边缘线对应的直线的方向上的处理,所以将已实施该一维图像处理的矩形图像进行逆变换得到的已处理边缘部图像,实质上是沿着所述物体表面图像的边缘线实施图像处理后的图像。

[0042] 另外,在本发明的图像处理装置中也能够构成为,所述变换单元具有:位置变换单元,其取得所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置;以及根据所述边缘部图像中的各个像素的浓淡值,确定与所述取得的边缘部图像的各个位置对应的所述矩形图像的像素的浓淡值的单元。

[0043] 根据这种结构,处理单元取得与构成矩形图像的各个像素对应的边缘部图像中的位置,根据所述边缘部图像中的各个像素的浓淡值,确定与所述取得的边缘部图像的各个位置对应的所述矩形图像的像素的浓淡值。

[0044] 另外,在本发明的图像处理装置中也能够构成为还具有存储单元,该存储单元存储表示所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置的变换表,所述位置变换单元使用所述变换表,取得所述边缘部图像中的与所述矩形图像的各个像素对应的位置。

[0045] 根据这种结构,处理单元使用在存储单元中存储的变换表,取得与矩形图像的各个像素对应的边缘部图像中的位置,因而处理单元能够更快速地得到与所述矩形图像中的各个像素对应的所述边缘部图像中的位置。

[0046] 另外,在本发明的图像处理装置中也能够构成为,所述摄影单元拍摄圆盘状的半导体晶片的表面,所述图像取得单元取得包括所述半导体晶片表面图像的图像作为所述被处理图像,所述边缘部图像确定单元将在与沿着所述半导体晶片表面图像的边缘的圆形线正交的方向上为预定宽度的环状区域的全部或者一部分图像确定为边缘部图像,所述逆变换单元将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来的环状区域的全部或者一部分图像,生成已处理边缘部图像。

[0047] 根据这种结构,处理单元能够获得在实质上针对包括沿着圆盘状半导体晶片表面图像的边缘设定的圆形线在内的环状区域的全部或者一部分图像沿着所述圆形线的方向依次实施了图像处理的已处理边缘部图像。

[0048] 另外,在本发明的图像处理装置中也能够构成为,所述边缘部图像确定单元将在所述圆形线的内侧为第一预定宽度、在所述圆形线的外侧为第二预定宽度的环状区域的全部或者一部分图像,确定为边缘部图像。

[0049] 根据这种结构,即使未设定与半导体晶片表面图像的边缘准确一致的圆形线,处理单元也能够将一定包括该半导体晶片表面图像的边缘的环状区域的全部或者一部分图

像确定为边缘部图像。

[0050] 本发明的图像处理装置构成为具有：摄影单元，其拍摄物体的表面；以及处理单元，其对由该摄影单元得到的摄影图像进行处理，所述处理单元具有：图像取得单元，其从所述摄影图像中取得被平行的两条划分线划分的被处理图像；以及变换单元，其将所述被处理图像变换为由与下述各个位置对应的呈矩形排列的像素构成的矩形图像，所述各个位置是指该被处理图像的沿着所述平行的两条划分线中的一条划分线以预定间隔设定的各个位置，以及在与该划分线正交的法线上以预定间隔从该各个位置到另一条划分线设定的各个位置。

[0051] 在本发明的图像处理装置中也能够构成为还具有存储单元，其存储使所述被处理图像中的沿着所述划分线的各个位置、与和设定在通过该位置的所述法线上的全部位置对应的所述矩形图像的 1 列的量的像素相对应的变换表，所述变换单元具有使用所述变换表来确定与所述矩形图像的各个像素对应的所述被处理图像中的位置的步骤。

[0052] 根据这种结构，变换表不是将边缘部图像中的全部位置分别与矩形图像的像素对应，而是使边缘部图像中的沿着一条划分线的各个位置、与和设定在通过该位置的所述法线上的全部位置对应的所述矩形图像的 1 列的量的像素相对应，因而能够规模更小地构成变换表，结果能够削减存储该变换表的存储器的容量。

[0053] 本发明的表面检查装置构成为具有：摄影单元，其拍摄物体的表面；以及处理单元，其对由该摄影单元得到的摄影图像进行处理，检测所述物体表面上的缺陷，所述处理单元具有：图像取得单元，其取得由像素单位的浓淡值构成的、包括所述物体的表面图像的被处理图像；边缘部图像确定单元，其将包括在所述被处理图像中设定的所述物体表面图像的边缘线的、在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的图像，确定为边缘部图像；变换单元，其将所述边缘部图像变换为宽度相当于所述预定宽度的矩形图像；第 1 图像处理单元，其对所述矩形图像实施对在与该宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理；逆变换单元，其将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像，生成已处理边缘部图像；第 2 图像处理单元，其对从所述物体表面图像中去除了所述边缘部图像的主体部图像实施对二维排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的二维图像处理，生成已处理主体部图像；以及缺陷确定单元，其在所述已处理边缘部图像和所述已处理主体部图像中确定缺陷部分。

[0054] 根据这种结构，处理单元将包括在被处理图像中设定的物体表面图像的边缘线、在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的边缘部图像，变换为宽度相当于该预定宽度的矩形图像，对该矩形图像实施对在与该宽度正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理。在针对所述矩形图像的一维图像处理中，对在该矩形图像的与宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理，因而所述矩形图像在沿着与所述物体表面图像的边缘线对应的直线的方向上被依次进行处理。

[0055] 另外，处理单元将实施了一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来区域的图像，生成已处理边缘部图像。如前面所述，针对矩形图像的一维图像处理是在沿着与所述物体表面图像的边缘线对应的所述矩形图像中的直线的方向上的处理，所以将已实施该一维图像处理的矩形图像进行逆变换而得到的已处理边缘部图像，是实质上在沿着所述物体表面图像的边缘线的方向上依次进行处理后的图像。

[0056] 另外,处理单元对从物体表面图像中去除了所述边缘部图像的主体部图像实施对二维排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的二维图像处理,生成已处理主体部图像,在所述已处理边缘部图像和所述已处理主体部图像中确定缺陷部分。

[0057] 如上所述,在物体表面图像的边缘部图像及主体部图像中,都在已实施图像处理的状态下进行缺陷部分的确定,因而能够以更好的精度进行物体表面整体的缺陷检查。

[0058] 另外,本发明的表面检查装置构成为,该表面检查装置是由所述摄影单元拍摄圆盘状的半导体晶片的表面,由所述处理单元检测该半导体晶片表面上的缺陷的表面检查装置,所述图像取得单元取得包括所述半导体晶片的表面图像的图像作为所述被处理图像,所述边缘部图像确定单元将在与沿着所述半导体晶片表面图像的边缘的圆形线正交的方向上为预定宽度的环状区域的全部或者一部分图像,确定为边缘部图像,所述逆变换单元将实施了所述一维图像处理的所述矩形图像逆变换为原来的环状区域的全部或者一部分图像,生成已处理边缘部图像,所述第2图像处理单元对从所述半导体晶片表面图像中去除了所述边缘部图像的所述主体部图像实施所述二维图像处理,生成已处理主体部图像。

[0059] 根据这种结构,在已处理边缘部图像以及已处理主体部图像双方中进行缺陷部分的确定,因而能够以更好的精度在半导体晶片表面整体进行缺陷的检查,所述已处理边缘部图像是指对包括沿着圆盘状的半导体晶片表面图像的边缘设定的圆形线在内的环状区域的全部或者一部分,在实质上沿着所述圆形线的方向上依次进行了图像处理的图像,所述已处理主体部图像是指对从所述半导体晶片表面图像中去除了所述边缘部图像的主体部图像实施二维图像处理而得到的图像。

[0060] 根据本发明的图像处理方法及图像处理装置,包括在被处理图像中确定的物体表面图像的边缘线在内的边缘部图像被变换为矩形图像,对该矩形图像实施一维图像处理。在针对所述矩形图像的一维图像处理中,对在与该矩形图像的宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理,因而已实施该一维图像处理的矩形图像与在沿着所述物体表面图像的边缘线的方向上依次进行图像处理而得到的图像对应。并且,如果对该已实施处理的矩形图像进行逆变换,则能够容易得到在物体表面图像的边缘部分的区域中实施了合适的图像处理的图像。

附图说明

[0061] 图1是表示半导体晶片的表面检查装置的机构部的构造的侧视图。

[0062] 图2是表示半导体晶片的表面检查装置的机构部的构造的主视图。

[0063] 图3是表示摄像单元(CCD线传感器)对半导体晶片表面的扫描状态的图。

[0064] 图4是表示半导体晶片的表面检查装置的控制系统的框图。

[0065] 图5是表示登记处理的步骤的流程图。

[0066] 图6A是表示摄影图像的一例的图。

[0067] 图6B是表示经位置校正后的摄影图像的一例的图。

[0068] 图6C是表示在摄影图像中对晶片表面图像的边缘设定了圆形线的状态的图。

[0069] 图7是表示包括在摄影图像中设定的晶片表面图像的边缘线的环状区域的图。

[0070] 图8是表示环状区域的图像(边缘部图像)将被变换的矩形图像的像素结构的图。

[0071] 图9是表示在摄影图像中确定的边缘部图像与将其进行变换而得到的矩形图像

之间的关系图。

[0072] 图 10A 是表示在任意的角度位置 θ 设定了法线 NL 的状态的边缘部图像的图。

[0073] 图 10B 是将图 10A 所示的角度范围 $0^\circ \sim 90^\circ$ 放大表示的图。

[0074] 图 11A 是将在边缘部图像的外周边缘设定的位置放大表示的图。

[0075] 图 11B 是表示在法线 NL 上设定的位置的图。

[0076] 图 12 是将在法线 NL 上设定的位置放大表示的图。

[0077] 图 13 是表示矩形图像的各个像素与边缘部图像的位置之间的关系图。

[0078] 图 14 是表示变换表具有的信息内容的一例的图。

[0079] 图 15 是表示矩形图像与将其进行逆变换而得到的环状区域的图像(边缘部图像)之间的关系图。

[0080] 图 16 是表示检查处理的步骤的流程图。

[0081] 图 17A 是表示成为检查对象的半导体晶片的摄影图像的一例的图。

[0082] 图 17B 是表示经校正位置后的摄影图像的一例的图。

[0083] 图 18 是表示在摄影图像中确定的边缘部图像与将其进行变换而得到的矩形图像之间的关系图。

[0084] 图 19 是表示一维图像处理前的矩形图像和一维图像处理后的矩形图像的图。

[0085] 图 20 是表示已处理矩形图像与将其进行逆变换而得到的已处理边缘部图像之间的关系图。

[0086] 图 21 是表示示出所检测到的缺陷的晶片表面图像的一例的图。

具体实施方式

[0087] 下面,使用附图说明本发明的实施方式。

[0088] 按照本发明的图像处理方法执行图像处理的图像处理装置,例如构成于半导体晶片的表面检查装置内。该表面检查装置的机构部按照图 1 及图 2 所示构成。另外,图 1 是表示该机构部的结构的侧视图,图 2 是其主视图。

[0089] 在图 1 及图 2 中,该表面检查装置具有基座 50,在基座 50 内设有输送架 60 和移位移动机构 70(尤其参照图 1)。移位移动机构 70 具有载物台 71,输送架 60 能够在载物台 71 上实现自行式往复移动(图 1 中的左右方向移动,图 2 中的与纸面垂直的方向)。移位移动机构 70 还具有包括电机、齿轮机构等的驱动部 72,载物台 71 能够通过该驱动部 72 在与输送架 60 的自行的移动方向正交的方向(图 2 中的左右方向,图 1 中的与纸面垂直的方向)移动。

[0090] 在输送架 60 设有支撑作为检查对象的半导体晶片(下面,简称为晶片) 10 的支撑机构 20,该支撑机构 20 从基座 50 的上表面突出。支撑机构 20 具有:圆形的工作台 21,用于设置晶片 10;两个支撑脚 22a、22b,它们沿着与输送架 60 的移动方向正交的方向排列,用于支撑工作台 21,这些支撑脚 22a、22b 被固定在输送架 60 上。另外,虽然在图中没有示出,但是在基座 50 的上表面设有引导机构,该引导机构用于在输送架 60 自行移动时将支撑脚 22a、22b 引导至该移动方向,并且还设有移位引导机构,该移位引导机构用于在输送架 60 通过移位移动机构 70 沿与该输送架 60 的自行方向正交的方向进行移位移动时,将支撑脚 22a、22b 引导至该方向。

[0091] 在基座 50 上表面的输送架 60 的自行方向的大致中央部设有弧形框架 55。摄像单元 30 朝向下方设置在该框架 55 的大致中央部。并且,在框架 55 的摄像单元 30 的设置位置附近设有照明单元 31。照明单元 31 对被支撑在支撑机构 20 上的在框架 55 的下方移动的晶片 10 的表面进行照明。

[0092] 摄像单元 30 具有线传感器(例如一维 CCD 图像传感器),对由支撑机构 20 支撑的晶片 10 的表面进行拍摄,支撑机构 20 随着输送架 60 的移动而移动。具体地讲,如图 3 所示,摄像单元 30 通过 4 次扫描,对晶片 10 的整个表面进行拍摄。

[0093] 在图 3 中,首先在移位初始位置 Ps1,在输送架 60 沿方向 A1 移动时,摄像单元 30 沿方向 S1 扫描晶片 10 表面的预定宽度(与线传感器的长度对应)。当在移位初始位置 Ps1 的扫描结束后,输送架 60 通过移位移动机构 70 沿方向 B 移动到移位位置 Ps2。然后,在移位位置 Ps2,在输送架 60 沿与所述方向 A1 相反的方向 A2 移动时,摄像单元 30 沿方向 S2 (与方向 S1 相反)扫描晶片 10。当在移位位置 Ps2 的扫描结束后,输送架 60 通过移位移动机构 70 进一步沿方向 B 移动到移位位置 Ps3。并且,在移位位置 Ps3,在输送架 60 沿方向 A1 移动时,摄像单元 30 沿方向 S1 扫描晶片 10。当在移位位置 Ps3 的扫描结束后,输送架 60 通过移位移动机构 70 进一步移动到移位位置 Ps4。在该移位位置 Ps4,在输送架 60 沿方向 A2 移动时,摄像单元 30 沿方向 S2 扫描晶片。这样,输送架 60 沿方向 A1、A2 进行自行式往复移动,在输送架 60 通过移位移动机构 70 反复进行向方向 B 的移位移动的期间,摄像单元 30 对晶片 10 的表面进行 4 次扫描。在该过程中,摄像单元 30 对晶片 10 的表面进行拍摄,并依次输出图像信号。

[0094] 表面检查装置的控制系统按照图 4 所示构成。

[0095] 在图 4 中,处理单元 100 输入来自前述摄像单元 30 的图像信号,把该图像信号作为表示晶片 10 的表面图像的信息进行处理。并且,驱动控制单元 120 与处理单元 100 连接,驱动控制单元 120 在处理单元 100 的控制下,进行包括前述的输送架 60 和移位移动机构 70 在内的移动机构 200 的驱动控制。另外,操作单元 111 及显示单元 112 与处理单元 100 连接。输入了来自用户操作的操作单元 111 的操作信号的处理单元 100,执行基于该操作信号的各种处理。处理单元 100 根据通过处理而得到的图像数据,使显示单元 112 显示例如使显示单元 112 显示包括晶片 10 的表面图像的摄影图像等的各种信息。

[0096] 下面,对检测晶片 10 表面缺陷的处理进行说明。

[0097] 首先,进行与晶片 10 的表面图像的图像处理相关的各种信息的登记相关的处理(登记处理)。

[0098] 在前述的机构部(参照图 1 ~ 图 3)中利用摄像单元 30,对作为检查对象的代表晶片的晶片 10 的表面进行拍摄,输入了来自摄像单元 30 的图像信号的处理单元 100,按照图 5 所示的步骤执行处理。

[0099] 在图 5 中,处理单元 100 将由摄像单元 30 依次提供的图像信号变换为由像素单位的浓淡值构成的图像数据,取得包括表示晶片 10 的整个表面的晶片表面图像(数据)的摄影图像作为被处理图像(S1)。包括该晶片表面图像的摄影图像被存储在图像存储器(省略图示)中。处理单元 100 例如按照图 6A 所示,取得包括晶片表面图像 I10 的摄影图像(被处理对象图像)I,在图像存储器中根据 X (横向坐标轴)、Y (纵向坐标轴)及 θ (逆时针方向旋转的角度)的各个基准,对该摄影图像 I 进行位置校正(S2)。例如,按照图 6B 所示进行位

置校正,使晶片表面图像 I10 的缺口部分 I11 位于预定的方向。处理单元 100 使显示单元 112 显示包括所述经校正位置后的晶片表面图像 I10 的摄影图像 I。

[0100] 针对在显示单元 112 中显示的摄影图像 I,用户操作操作单元 111,例如按照图 6C 所示,设定沿着晶片表面图像 I10 的边缘 Edg 的圆形线 C0 (边缘线:参照单点划线)。在设定了圆形线 C0 的状态下,在利用操作单元 111 进行预定的确定操作后,处理单元 100 取得所设定的所述圆形线 C0 的半径 R 及其中心 O 的位置 (X_o, Y_o) (S3)。然后,处理单元 100 按照图 7 所示设定与利用半径 R 及其中心 O 的位置 (X_o, Y_o) 确定的所述圆形线 C0 同心且半径为 $(R-L1)$ 的内侧圆形划分线 C1,和与所述圆形线 C0 同心且半径为 $(R+L2)$ 的外侧圆形划分线 C2。由此,处理单元 100 识别环状区域 E_{Ling} ,将摄影图像 I 中的该环状区域 E_{Ling} 内的图像确定为边缘部图像 IE (S4),其中,该环状区域 E_{Ling} 是指由夹着所述圆形线 C0 并且与该圆形线 C0 平行的所述内侧圆形划分线 C1 和所述外侧圆形划分线 C2 划分的、从所述圆形线 C0 到晶片表面图像 I10 的内侧为宽度 L1、到其外侧为宽度 L2 的区域。另外,L1、L2 例如是根据用户对操作单元 111 的操作而设定的。

[0101] 然后,处理单元 100 生成变换表 (HLUT) (S5),该变换表将在环状区域 E_{Ling} 的边缘部图像 IE 变换为宽度相当于宽度 $(L1+L2)$ 的矩形图像 IR 时使用。该变换表 (HLUT) 用于使外周为 $2\pi(R+L2)$ (外侧圆形划分线 C2 的长度) 及内周为 $2\pi(R-L1)$ (内侧圆形划分线 C1 的长度) 的环状边缘部图像 IE 的各个位置,与图 8 所示的长度及宽度分别相当于所述边缘部图像 IE 的外周 $2\pi(R+L2)$ 及宽度 $(L1+L2)$ 的矩形图像 IR 的像素 Px 对应。具体地讲,如图 9 所示,环状的边缘部图像 IE 中的第 1 角度范围 $(0^\circ \leq \theta < 90^\circ)$ 的第 1 边缘部图像部分 IE (1) 的各个位置,与长度相当于长度 $2\pi(R+L2)$ 中的所述第 1 角度范围 $(0^\circ \leq \theta < 90^\circ)$ 的第 1 矩形图像部分 IR (1) 的像素对应,边缘部图像 IE 中的第 2 角度范围 $(90^\circ \leq \theta < 180^\circ)$ 的第 2 边缘部图像部分 IE (2) 的各个位置,同样地与长度相当于所述第 2 角度范围 $(90^\circ \leq \theta < 180^\circ)$ 的第 2 矩形图像部分 IR (2) 的像素对应。并且,环状的边缘部图像 IE 中的第 3 角度范围 $(180^\circ \leq \theta < 270^\circ)$ 的第 3 边缘部图像部分 IE (3) 的各个位置,与长度相当于所述长度 $2\pi(R+L2)$ 中的所述第 3 角度范围 $(180^\circ \leq \theta < 270^\circ)$ 的第 3 矩形图像部分 IR (3) 的像素对应,边缘部图像 IE 中的第 4 角度范围 $(270^\circ \leq \theta < 360^\circ, 0^\circ)$ 的第 4 边缘部图像部分 IE (4) 的各个位置,同样与长度相当于所述第 4 角度范围 $(270^\circ \leq \theta < 360^\circ, 0^\circ)$ 的第 4 矩形图像部分 IR (4) 的像素对应。

[0102] 所述变换表用于表示与矩形图像 IR 的各个像素对应的所述边缘部图像 IE 的位置,是按照下面所述生成的。

[0103] 在图 10A 及图 10B 所示的具有外周缘(外侧圆形划分线 C2)及内周缘(内侧圆形划分线 C1)的环状的边缘部图像 IE 中,按照图 11A 所示,沿着其外周缘(外侧圆形划分线 C2)以相等间隔 δ (基于 1 个像素的分辨率的单位长度) 确定 n 处位置 $P_0(X_0, Y_0)$ 、 $P_1(X_1, Y_1)$ 、 $\dots$ 、 $P_i(X_i, Y_i)$ 、 $\dots$ 、 $P_{n-1}(X_{n-1}, Y_{n-1})$ 。其中, $n = 2\pi(R+L2)/\delta$ 。然后,按照图 10A、图 10B 及图 11B 所示,设定通过在外周缘(外侧圆形划分线 C2)设定的所述各个位置 P_j 、并且与外周缘(外侧圆形划分线 C2)及内周缘(内侧圆形划分线 C1)正交的直线(以下称为法线) $NL(\theta)$,在该法线 $NL(\theta)$ 上的与所述外周缘(C2)的交点 A 和与所述内周缘(C1)的交点 B 之间,以相等间隔 δ 设定 m 处位置 $P_{j1\Delta} \sim P_{jm\Delta}$ 。其中, $m = (L1+L2)/\delta$ 。具体地讲,如图 12 所示,在法线 $NL(\theta)$ 上,能够从 A 点的位置 P_j 一直到点 B 设定从 A 点的位置 P_j 起

沿 X 方向依次偏移 $\Delta X_j (= \delta \cdot \cos \theta)$ 、以及沿 Y 方向依次偏移 $\Delta Y_j (= \delta \cdot \sin \theta)$ 而得到的各个位置 $P_{j1\Delta} \sim P_{jm\Delta}$ 。各个位置的坐标值是 $P_j (X_j, Y_j)$ 、 $P_{j1\Delta} (X_j - \Delta X_j, Y_j - \Delta Y_j)$ 、 $\dots$ 、 $P_{jm\Delta} (X_j - m \Delta X_j, Y_j - m \Delta Y_j)$ 。

[0104] 如前面所述,在边缘部图像 IE 中设定的各个位置与图 8 所示的矩形图像 IR 的像素对应。具体地讲,如图 13 所示,沿着与边缘部图像 IE 的外周缘(外侧圆形划分线 C2)对应的矩形图像 IR 的边 V (C2)排列的 n 个像素 $P_{x_0} \sim P_{x_{n-1}}$,分别与沿着边缘部图像 IE 的外周缘(外侧圆形划分线 C2)设定的位置 $P_0 (X_0, Y_0) \sim P_{n-1} (X_{n-1}, Y_{n-1})$ 对应,在距矩形图像 IR 的所述边 V (C2)为 1 个像素的量的内侧处排列的 n 个像素 $P_{x_{01}} \sim P_{x_{(n-1)1}}$,分别与在距边缘部图像 IE 的外周缘(外侧圆形划分线 C2)为间隔 δ 的内侧处设定的位置 $P_{01\Delta} (X_0 - \Delta X_0, Y_0 - \Delta Y_0) \sim P_{(n-1)1\Delta} (X_{n-1} - \Delta X_{n-1}, Y_{n-1} - \Delta Y_{n-1})$ 对应,以下同样地,沿着与边缘部图像 IE 的内周缘(内侧圆形划分线 C1)对应的矩形图像 IR 的边 V (C1)排列的 n 个像素 $P_{x_{0m}} \sim P_{x_{(n-1)m}}$,分别与沿着边缘部图像 IE 的内周缘(内侧圆形划分线 C1)设定的位置 $P_{0m\Delta} (X_0 - m \Delta X_0, Y_0 - m \Delta Y_0) \sim P_{(n-1)m\Delta} (X_{n-1} - m \Delta X_{n-1}, Y_{n-1} - m \Delta Y_{n-1})$ 对应。

[0105] 考虑到上述的关系,如图 14 所示,变换表(HLUT)使包括沿着边缘部图像 IE 的外周缘(外侧圆形划分线 C2)设定的各个位置 $P_0 \sim P_{n-1}$ 的坐标值的数值 $(X_0, Y_0, \Delta X_0, \Delta Y_0)$ 、 $(X_1, Y_1, \Delta X_1, \Delta Y_1)$ 、 $\dots$ 、 $(X_{n-1}, Y_{n-1}, \Delta X_{n-1}, \Delta Y_{n-1})$,与矩形图像 IR 中的宽度方向 1 列的量的像素 $(P_{x_0} \sim P_{x_{0m}})$ 、 $(P_{x_1} \sim P_{x_{1m}})$ 、 $\dots$ 、 $(P_{x_{n-1}} \sim P_{x_{(n-1)m}})$ 对应。通过使用这种变换表(HLUT),将与矩形图像 IR 中沿宽度方向排列的第 1 列的各个像素 $(P_{x_0} \sim P_{x_{0m}})$ 对应的边缘部图像 IE 的各个位置确定为 (X_0, Y_0) 、 $(X_0 - \Delta X_0, Y_0 - \Delta Y_0)$ 、 $\dots$ 、 $(X_0 - m \Delta X_0, Y_0 - m \Delta Y_0)$,同样,将与在宽度方向排列的任意第 $(i + 1)$ 列的各个像素 $(P_{x_i} \sim P_{x_{im}})$ 对应的边缘部图像 IE 的各个位置确定为 (X_i, Y_i) 、 $(X_i - \Delta X_i, Y_i - \Delta Y_i)$ 、 $\dots$ 、 $(X_i - m \Delta X_i, Y_i - m \Delta Y_i)$ 。

[0106] 变换表(HLUT)也可以不表示图 13 所示的在边缘部图像 IE 中设定的全部位置与矩形图像 IR 的各个像素之间的对应关系,而是如图 14 所示对于矩形图像 IR 的宽度方向的 1 列像素的量,使沿着边缘部图像 IE 的外周缘(外侧圆形划分线 C2)的各个位置 $P_0 (X_0, Y_0) \sim P_{n-1} (X_{n-1}, Y_{n-1})$ 、与在通过该各个位置的法线上设定的位置的间隔 Δ 对应,因而能够构成规模更小的变换表(HLUT),其结果,能够削减存储该变换表的存储器的容量。

[0107] 返回图 5,在根据前面所述的关系来生成表示与矩形图像 IR 的各个像素对应的边缘部图像 IE 的位置的变换表(HLUT)后,处理单元 100 相反生成表示与边缘部图像 IE 的各个像素对应的矩形图像 IR 的位置的逆变换表(NLUT)(S6)。使如图 8 所示的长度及宽度相当于长度 $2\pi (R + L2)$ 且宽度 $(L1 + L2)$ 的矩形图像 IR 的各个位置,与外周为 $2\pi (R + L2)$ 及内周为 $2\pi (R - L1)$ 的原来的环状区域 E_{Ling} 的图像(边缘部图像 IE)的像素对应。具体地讲,如图 15 所示,使长度相当于长度 $2\pi (R + L2)$ 中的第 1 角度范围 $(0^\circ \leq \theta < 90^\circ)$ 的第 1 矩形图像部分 IR (1)的各个位置,与环状的边缘部图像 IE 中的所述第 1 角度范围 $(0^\circ \leq \theta < 90^\circ)$ 的第 1 边缘部图像部分 IE (1)的各个像素对应,同样,使长度相当于第 2 角度范围 $(90^\circ \leq \theta < 180^\circ)$ 的第 2 矩形图像部分 IR (2)的各个位置,与边缘部图像 IE 中的所述第 2 角度范围 $(90^\circ \leq \theta < 180^\circ)$ 的第 2 边缘部图像部分 IE (2)的像素对应。并且,所述逆变换表使长度相当于长度 $2\pi (R + L2)$ 中的第 3 角度范围 $(180^\circ \leq \theta < 270^\circ)$ 的第 3 矩形图像部分 IR (3)的各个位置,与环状的边缘部图像 IE 中的所述第 3 角度范围 $(180^\circ \leq \theta < 270^\circ)$ 的第 3 边缘部图像部分 IE (3)的像素对应,使长度相当于第 4 角度范

围($270^{\circ} \leq \theta < 360^{\circ}$, 0°)的第4矩形图像部分 IR (4)的各个位置,与边缘部图像 IE 中的所述第4角度范围($270^{\circ} \leq \theta < 360^{\circ}$, 0°)的第4边缘部图像部分 IE (4)的像素对应。

[0108] 另外,该逆变换表(NLUT)的生成方法与前述变换表(HLUT)的生成方法相同。

[0109] 在生成所述变换表(HLUT)和所述逆变换表(NLUT)后,处理单元 100 使用所述变换表(HLUT),将在包括晶片表面图像 I10 的摄影图像 I 中确定的边缘部图像 IE 变换为矩形图像 IR,并且使用所述逆变换表(NLUT)将通过所述变换而得到的矩形图像 IR 逆变换为原来的环状区域 E_{Ling} 的图像(边缘部图像 IE) (S7)。然后,包括通过该逆变换而得到的图像的摄影图像 I 被显示在显示单元 112 中。如果在显示单元 112 显示的摄影图像 I 的尤其所述环状区域 E_{Ling} 的图像部分没有问题,用户利用操作单元 111 进行预定的登记执行的操作。处理单元 100 在输入了基于来自操作单元 111 的登记执行的操作的操作信号后,将按照前面所述设定的用于确定沿着晶片表面图像 I10 的边缘的圆形线 C0 (边缘线)的中心位置 O (X_o, Y_o)及半径(R)、距表示环状区域 E_{Ling} 的边界线(C1、C2)的圆形线 C0 的宽度 L1、L2、变换表(HLUT)、逆变换表(NLUT)、以及从晶片表面图像 I10 的圆形区域中去除了所述环状区域 E_{Ling} 的中心位置 O (X_o, Y_o)及半径(R-L1)的圆形主体部区域,登记在内部存储器中(S8),并结束处理。该登记处理能够按照进行检查的晶片的不同直径来执行。

[0110] 另外,如果经过所述变换及逆变换的处理而得到的摄影图像 I 的尤其所述环状区域 E_{Ling} 的图像部分存在任何问题,用户能够再次对晶片 10 的表面进行拍摄,确定针对晶片表面图像 I10 的圆形线 C0 及宽度 L1、L2,生成变换表(HLUT)及逆变换表(NLUT)。

[0111] 在如前面所述的登记处理结束后,该表面检查装置能够进行各个晶片 10 的表面检查。在前述的机构部(参照图 1~图 3)中利用摄像单元 30 对作为检查对象的晶片 10 的表面进行拍摄,输入了来自摄像单元 30 的图像信号的处理单元 100 按照图 16 所示的步骤执行处理。

[0112] 在图 16 中,处理单元 100 将由对作为检查对象的晶片 10 的表面进行拍摄的摄像单元 30 依次提供的图像信号,变换为由像素单位的浓淡值构成的图像数据,取得包括表示晶片 10 的整个表面的晶片表面图像(数据)的摄影图像作为被处理图像(S11)。包括该晶片表面图像的被处理图像被存储在图像存储器(省略图示)中。处理单元 100 当取得例如包括如图 17A 所示的晶片表面图像 I20 的摄影图像 I 时,在图像存储器中根据 X(横向坐标轴)、Y(纵向坐标轴)及 θ (逆时针方向旋转的角度)的各个基准,对该摄影图像 I 进行位置校正(S12)。例如,按照图 17B 所示进行位置校正,使晶片表面图像 I20 的缺口部分 I21 位于预定方向,同时使晶片表面图像 I20 位于与登记处理时的位置(参照图 5、图 6B)相同的位置,进行该位置校正后的摄影图像 I 被存储在图像存储器中。另外,在这种情况下,在晶片表面图像 I20 的外缘部分存在缺陷部分 D1。

[0113] 处理单元 100 根据用于确定所述登记的圆形线 C0 的中心位置(X_o, Y_o)和半径(R)、以及用于确定环状区域 E_{Ling} 的宽度 L1、L2,在经位置校正后的晶片表面图像 I20 中进行检查范围的映射(S13)。通过该映射,环状区域 E_{Ling} 的图像被确定为边缘部图像 IE,同时确定了从晶片表面图像 I20 的区域中去除了所述环状区域 E_{Ling} (边缘部图像 IE)的圆形主体部区域(半径(R-L1)的晶片主体部图像)。

[0114] 然后,处理单元 100 使用前述的变换表(HLUT) (参照图 13、图 14),将通过所述映射而得到的环状区域 E_{Ling} 的图像即边缘部图像 IE 变换为矩形图像 IR (S14)。在该变换处

理中,首先从所述变换表(HLUT)取得与矩形图像 IR 的各个像素(参照图 8)对应的环状的边缘部图像 IE 中的位置。然后,取得所取得的所述边缘部图像 IE 中的位置的浓淡值,将该浓淡值确定为与该位置对应的矩形图像 IR 的像素的浓淡值。在所述边缘部图像 IE 中的位置与该边缘部图像 IE 中的像素位置一致的情况下,将该像素的浓淡值确定为对应的矩形图像 IR 中的像素的浓淡值。并且,在所述边缘部图像 IE 中的位置与该边缘部图像 IE 中的像素位置不一致的情况下,通过基于该位置的周围像素的浓淡值的插值处理来确定该位置的浓淡值,将该浓淡值确定为对应的矩形图像 IR 中的像素的浓淡值。

[0115] 这样,根据变换表(HLUT)将矩形图像 IR 中的各个像素的浓淡值确定为对应的边缘部图像 IE 中的位置浓淡值,由此所述边缘部图像 IE 被变换为所述矩形图像 IR。通过该变换处理,如图 18 所示,边缘部图像 IE 中的第 1 角度范围($0^\circ \leq \theta < 90^\circ$)的第 1 边缘部图像部分 IE(1)被变换为长度相当于长度 $2\pi(R+L2)$ 中的所述第 1 角度范围($0^\circ \leq \theta < 90^\circ$)的第 1 矩形图像部分 IR(1),边缘部图像 IE 中的第 2 角度范围($90^\circ \leq \theta < 180^\circ$)的第 2 边缘部图像部分 IE(2)同样被变换为长度相当于所述第 2 角度范围($90^\circ \leq \theta < 180^\circ$)的第 2 矩形图像部分 IR(2)。并且,环状的边缘部图像 IE 中的第 3 角度范围($180^\circ \leq \theta < 270^\circ$)的第 3 边缘部图像部分 IE(3)被变换为长度相当于所述长度 $2\pi(R+L2)$ 中的所述第 3 角度范围($180^\circ \leq \theta < 270^\circ$)的第 3 矩形图像部分 IR(3),边缘部图像 IE 中的第 4 角度范围($270^\circ \leq \theta < 360^\circ, 0^\circ$)的第 4 边缘部图像部分 IE(4)同样被变换为长度相当于所述第 4 角度范围($270^\circ \leq \theta < 360^\circ, 0^\circ$)的第 4 矩形图像部分 IR(4)。在这种情况下,存在于第 2 边缘部图像部分 IE(2)中的缺陷部分 D1 被变换为对应的第 2 矩形图像部分 IR(2)的缺陷部分 DR1。

[0116] 返回图 16,处理单元 100 在生成矩形图像 IR 后,对该矩形图像 IR 实施用于强调缺陷部分的一维滤波处理(S15)。在该一维滤波处理中,各个关注像素的浓淡值是根据在下述方向上前后排列的像素的浓淡值而确定的,所述方向是指针对该关注像素与矩形图像 IR 的宽度方向正交的方向,即,与直线 V(C0)(参照图 8)平行的方向,其中,该直线 V(C0)在与设定为边缘部图像 IE 的边缘线的圆形线 C0 对应的横向上延伸。通过这种一维滤波处理,能够得到强调了缺陷部分的已处理矩形图像 IR_p。具体地讲,如图 19 所示,从与第 1 角度范围($0^\circ \leq \theta < 90^\circ$)对应的第 1 矩形图像部分 IR(1),生成对应于同一角度范围的第 1 已处理矩形图像 IR_p(1),从与第 2 角度范围($90^\circ \leq \theta < 180^\circ$)对应的第 2 矩形图像部分 IR(2),生成对应于同一角度范围的第 2 已处理矩形图像 IR_p(2),从与第 3 角度范围($180^\circ \leq \theta < 270^\circ$)对应的第 3 矩形图像部分 IR(3),生成对应于同一角度范围的第 3 已处理矩形图像 IR_p(3),从与第 4 角度范围($270^\circ \leq \theta < 360^\circ, 0^\circ$)对应的第 4 矩形图像部分 IR(4),生成对应于同一角度范围的第 4 已处理矩形图像 IR_p(4)。在这种情况下,包含于第 2 矩形图像部分 IR(2)中的缺陷部分 DR1 被强调,并在第 2 已处理矩形图像 IR_p(2)中生成缺陷部分 DR1_p。

[0117] 在对矩形图像 IR 实施一维滤波处理得到已处理矩形图像 IR_p 后,处理单元 100 使用逆变换表(NLUT),将已处理矩形图像 IR_p 逆变换为原来的环状区域 E_{Ling} 的图像(S16)。在该逆变换处理中,首先从所述逆变换表(NLUT)取得与原来的环状区域 E_{Ling} 的各个像素对应的已处理矩形图像 IR_p 的位置。然后,取得所取得的所述已处理矩形图像 IR_p 中的位置的浓淡值,将该浓淡值确定为与该位置对应的环状区域 E_{Ling} 中的像素的浓淡值。在所述已处理

矩形图像 IR_p 中的位置与该已处理矩形图像 IR_p 中的像素位置一致的情况下,将该像素的浓淡值确定为对应的环状区域 E_{Ling} 的像素的浓淡值。并且,在所述已处理矩形图像 IR_p 中的位置与该已处理矩形图像 IR_p 中的像素位置不一致的情况下,通过基于该位置的周围像素的浓淡值的插值处理来确定该位置的浓淡值,将该浓淡值确定为对应的环状区域 E_{Ling} 中的像素的浓淡值。

[0118] 这样,根据逆变换表(NLUT)将环状区域 E_{Ling} 的各个像素的浓淡值确定为对应的已处理矩形图像 IR_p 的位置的浓淡值,由此所述已处理矩形图像 IR_p 被变换为所述环状区域 E_{Ling} 的图像,得到已处理边缘部图像 IE_p 。通过该逆变换处理,如图 20 所示,与第 1 角度范围($0^\circ \leq \theta < 90^\circ$)对应的第 1 已处理矩形图像部分 $IR_p(1)$ 被逆变换为同一角度范围的第 1 已处理边缘部图像部分 $IE_p(1)$,与第 2 角度范围($90^\circ \leq \theta < 180^\circ$)对应的第 2 已处理矩形图像部分 $IR_p(2)$ 被变换为同一角度范围的第 2 已处理边缘部图像部分 $IE_p(2)$,与第 3 角度范围($180^\circ \leq \theta < 270^\circ$)对应的第 3 已处理矩形图像部分 $IR_p(3)$ 被变换为同一角度范围的第 3 已处理边缘部图像部分 $IE_p(3)$,与第 4 角度范围($270^\circ \leq \theta < 360^\circ, 0^\circ$)对应的第 4 已处理矩形图像部分 $IR_p(4)$ 被变换为同一角度范围的第 4 已处理边缘部图像部分 $IE_p(4)$ 。在这种情况下,被强调摄入到第 2 已处理矩形图像部分 $IR_p(2)$ 中的缺陷部分 $DR1_p$ 被变换为在第 2 已处理边缘部图像部分 $IE_p(2)$ 被强调的缺陷部分 $D1_p$ 。

[0119] 返回图 16,处理单元 100 在生成前述的已处理边缘部图像 IE_p 后,对从通过所述映射(参照 S13)而得到的晶片表面图像 $I20$ 的区域中去除了所述环状区域 E_{Ling} 的圆形主体部区域的图像,实施二维滤波处理(S17)。具体地讲,在圆形主体部区域的图像(晶片主体部图像)中,根据被二维配置的其周围像素(例如包围关注像素的 8 个像素)的浓淡值,确定各个关注像素的浓淡值。通过实施这种二维滤波处理,能够得到已处理晶片主体部图像。在该已处理晶片主体部图像中,处于强调了缺陷部分的状态。然后,处理单元 100 将所述已处理边缘部图像 IE_p 和所述已处理晶片主体部图像进行合成,生成一个已处理晶片表面图像 $I20_p$ (S18)。并且,处理单元 100 对所生成的已处理晶片表面图像 $I20_p$ 实施缺陷检测处理(S19)。例如,根据已处理晶片表面图像 $I20_p$ 的浓度分布来确定缺陷部分。处理单元 100 生成用于确定通过所述缺陷检测处理而得到的缺陷部分的信息、即缺陷信息(例如缺陷编号(NO.)、缺陷部分的中心坐标、缺陷部分的面积、缺陷部分的扁平度、对缺陷部分进行近似的椭圆的长轴及短轴、缺陷分类编号(NO.)等),将该缺陷信息与所述已处理晶片表面图像 $I20_p$ 一起保存(S20)。并且,处理单元 100 按照图 21 所示,将利用所述缺陷信息确定的缺陷部分 $D1_p$ 、 $D2_p$ 、 $D3_p$ 、 $D4_p$ 与已处理晶片表面图像 $I20_p$ 一起显示在显示单元 112 中。另外,在图 21 中,缺陷部分 $D1_p$ 是在所述已处理边缘部图像 IE_p 上确定的缺陷部分,其它缺陷部分 $D2_p$ 、 $D3_p$ 及 $D4_p$ 是在所述已处理晶片主体部图像上的确定的缺陷部分。

[0120] 在所述的晶片的表面检查装置进行的图像处理中,包括沿着在摄影图像 I (被处理图像)中确定的晶片表面图像 $I10$ 的边缘的圆形线 $C0$ 在内的边缘部图像 IE 被变换为矩形图像 IR ,对该矩形图像 IR 实施一维滤波处理。该一维滤波处理是在沿着与对晶片表面图像 $I20$ 的边缘设定的圆形线 Co 对应的直线 $V(Co)$ 的方向上的处理,因而将被实施了该一维滤波处理的已处理矩形图像 IR_p 进行逆变换得到的已处理边缘部图像 IE_p ,是实质上沿着所述晶片表面图像 $I20$ 的边缘线实施了滤波处理的图像。因此,能够容易得到在晶片表面图像 $I20$ 的边缘部分的区域中实施了合适的滤波处理的图像(已处理边缘部图像 IE_p)。

[0121] 并且,由于能够得到在晶片表面图像 I20 的边缘部分的区域中实施了合适的滤波处理的图像(已处理边缘部图像 IE_p),因而同样能够可靠地检测位于晶片表面图像 I20 的边缘部分的缺陷部分 D1_p,以及位于其内侧的晶片主体部图像中的缺陷部分 D2_p、D3_p、D4_p。

[0122] 另外,在前述的本发明的实施方式中,把包括作为在晶片表面图像 I20 中设定的边缘线的圆形线 C0 在内的环状区域 E_{ling} 内的图像,设为边缘部图像 IE,但也能够把该环状区域 E_{ling} 的一部分图像设为边缘部图像 IE 进行处理。并且,在物体表面的边缘线不是圆形而是任意的曲线时,也能够设定沿着该边缘的曲线的边缘线,将在与该边缘线正交的方向上为预定宽度的区域的图像确定为边缘部图像。在这种情况下,根据该任意的弯曲形状的边缘部图像的各个位置与矩形图像的各个像素的对应关系,将该边缘图像变换为矩形图像,并且将已处理矩形图像逆变换为原来的弯曲形状的区域图像(已处理边缘部图像)。

[0123] 另外,在本发明的图像处理方法及图像处理装置中,对矩形图像 IR 实施的一维图像处理不限于滤波处理,只要是对在与矩形图像 IR 的宽度方向正交的方向上排列的多个像素的浓淡值依次进行处理的一维图像处理,则没有特殊限定。

[0124] 在前述的本发明的实施方式中,对从边缘部图像 IE 变换得到的矩形图像 IR 实施一维图像处理(一维滤波处理),得到已处理矩形图像 IR_p,然后对该已处理矩形图像 IR_p 进行逆变换生成已处理边缘部图像 IE_p,在该已处理边缘部图像 IE_p (实际上是合成图像)中检测缺陷。但是,在只是检测被处理图像的尤其边缘部图像 IE 内有无缺陷的情况下等,不需要对已处理矩形图像 IR_p 进行逆变换,在已处理矩形图像 IR_p 中能够进行缺陷检测的处理。

[0125] 另外,在前述的本发明的实施方式中,把半导体晶片的摄影图像设为被处理图像,但被处理图像只要是包括任何物体的表面图像的图像,则没有特殊限定。

[0126] 产业上的可利用性

[0127] 如以上说明的那样,本发明的图像处理方法及图像处理装置具有能够得到在物体表面图像的边缘部分的区域中实施了合适的图像处理的图像的效果,作为对由像素单位的浓淡值构成的物体表面图像进行处理的图像处理方法及图像处理装置比较有用,并且适合于表面检查装置。

[0128] 标号说明

[0129] 10 晶片;20 支撑机构;21 工作台;22a、22b 支撑脚;30 摄像单元;31 照明单元;50 基座;55 框架;60 输送架;70 移位移动机构;71 载物台;72 驱动部;100 处理单元;111 操作单元;112 显示单元;120 驱动控制单元;200 移动机构。

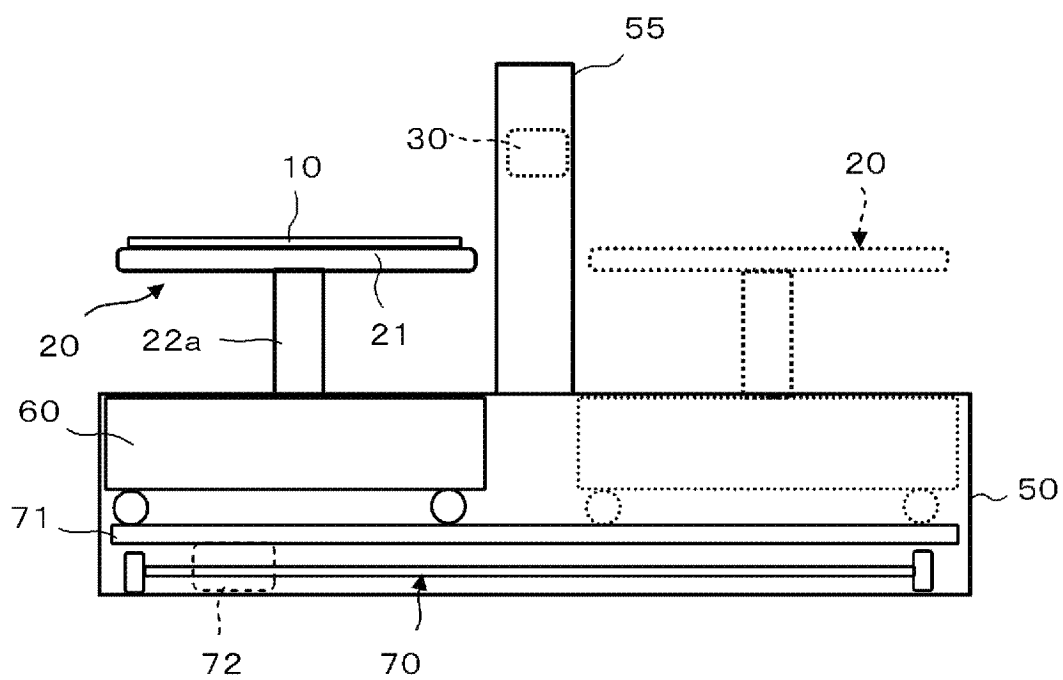


图 1

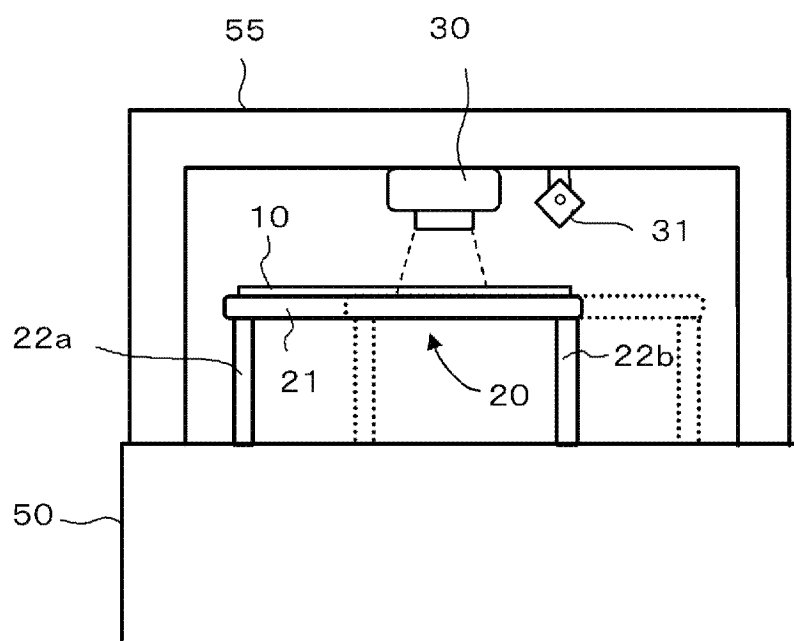


图 2

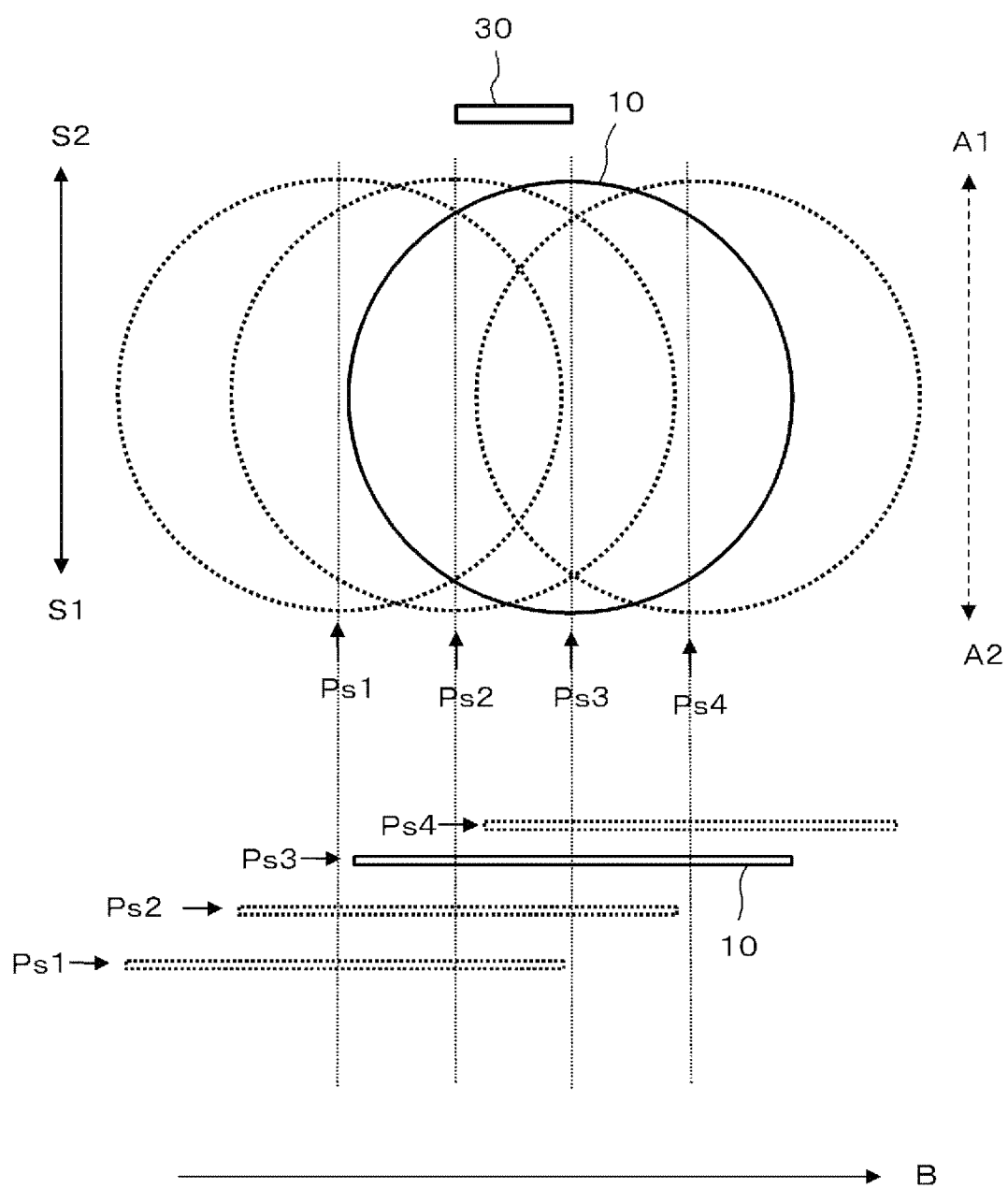


图 3

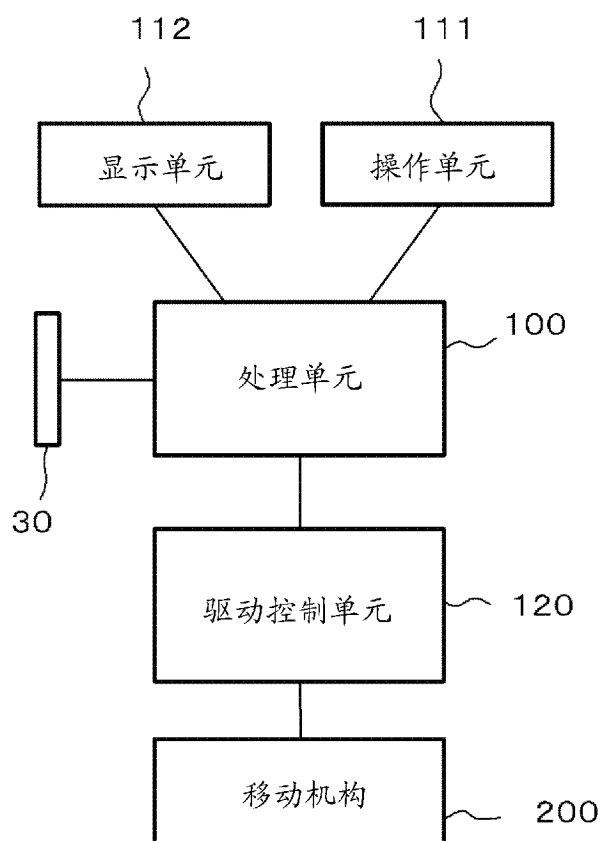


图 4

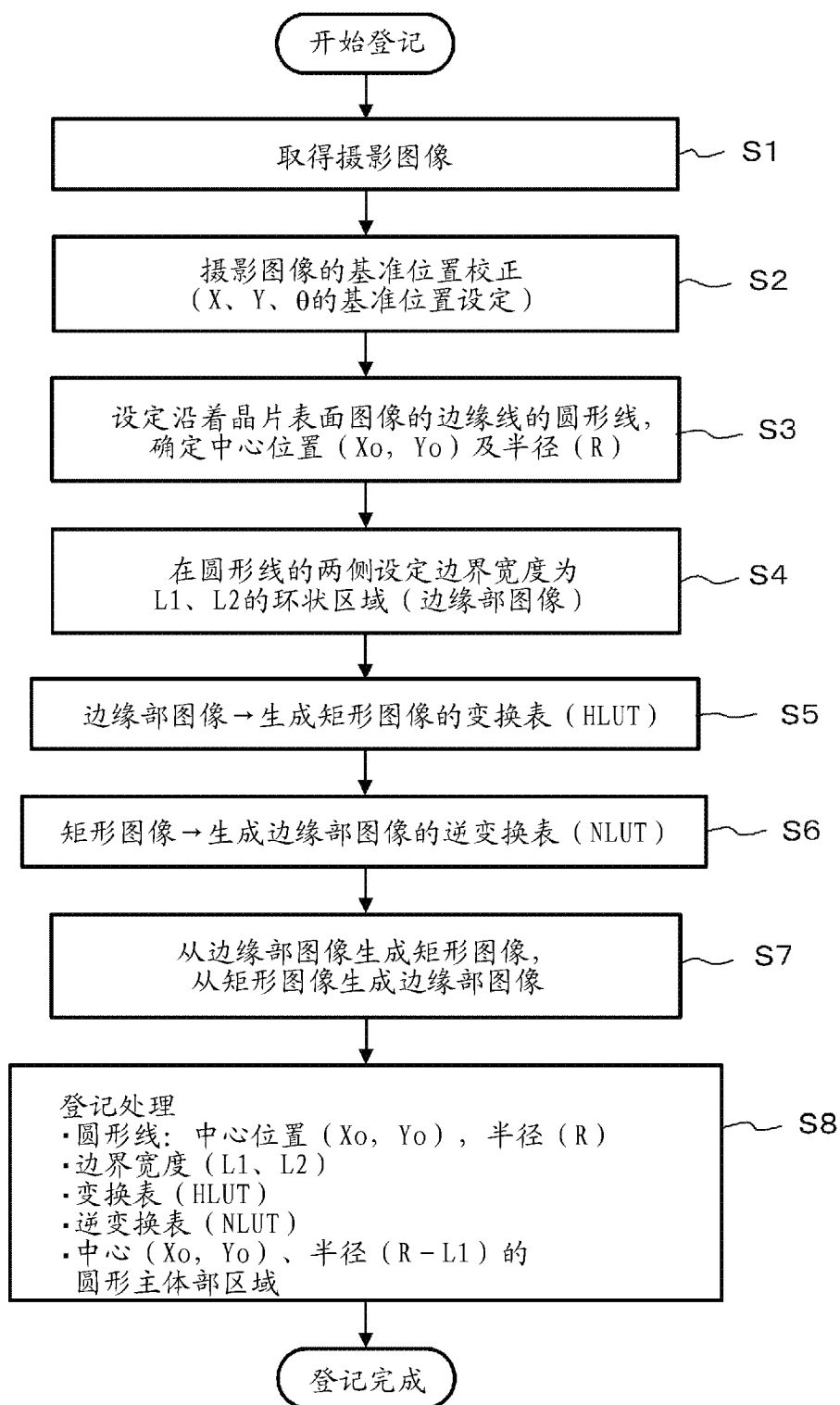


图 5

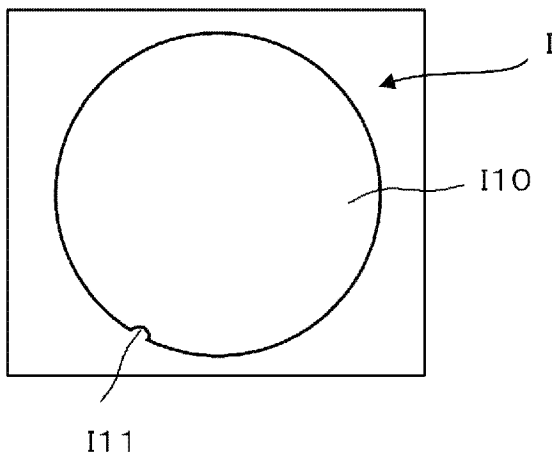


图 6A

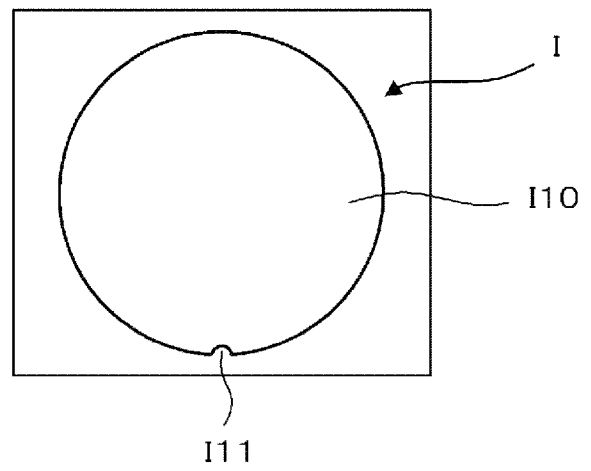


图 6B

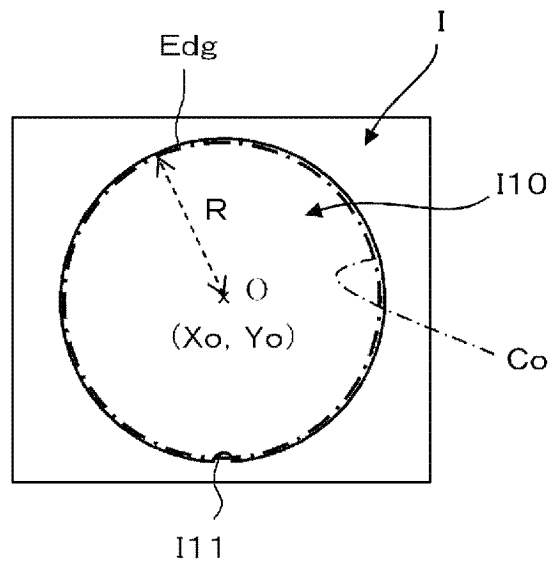


图 6C

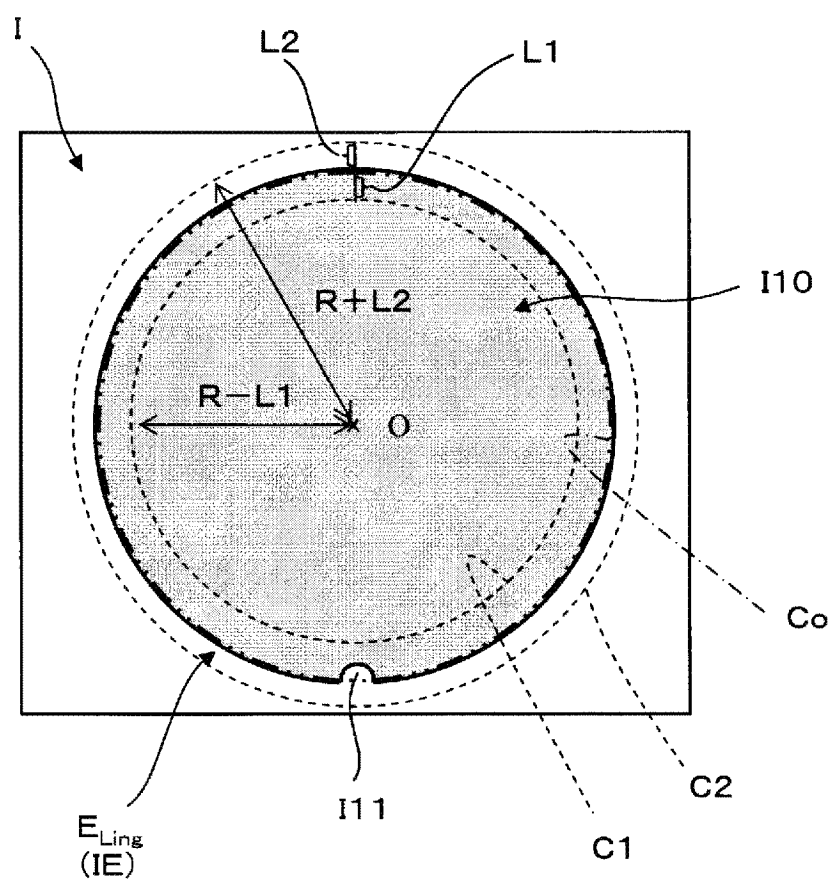


图 7

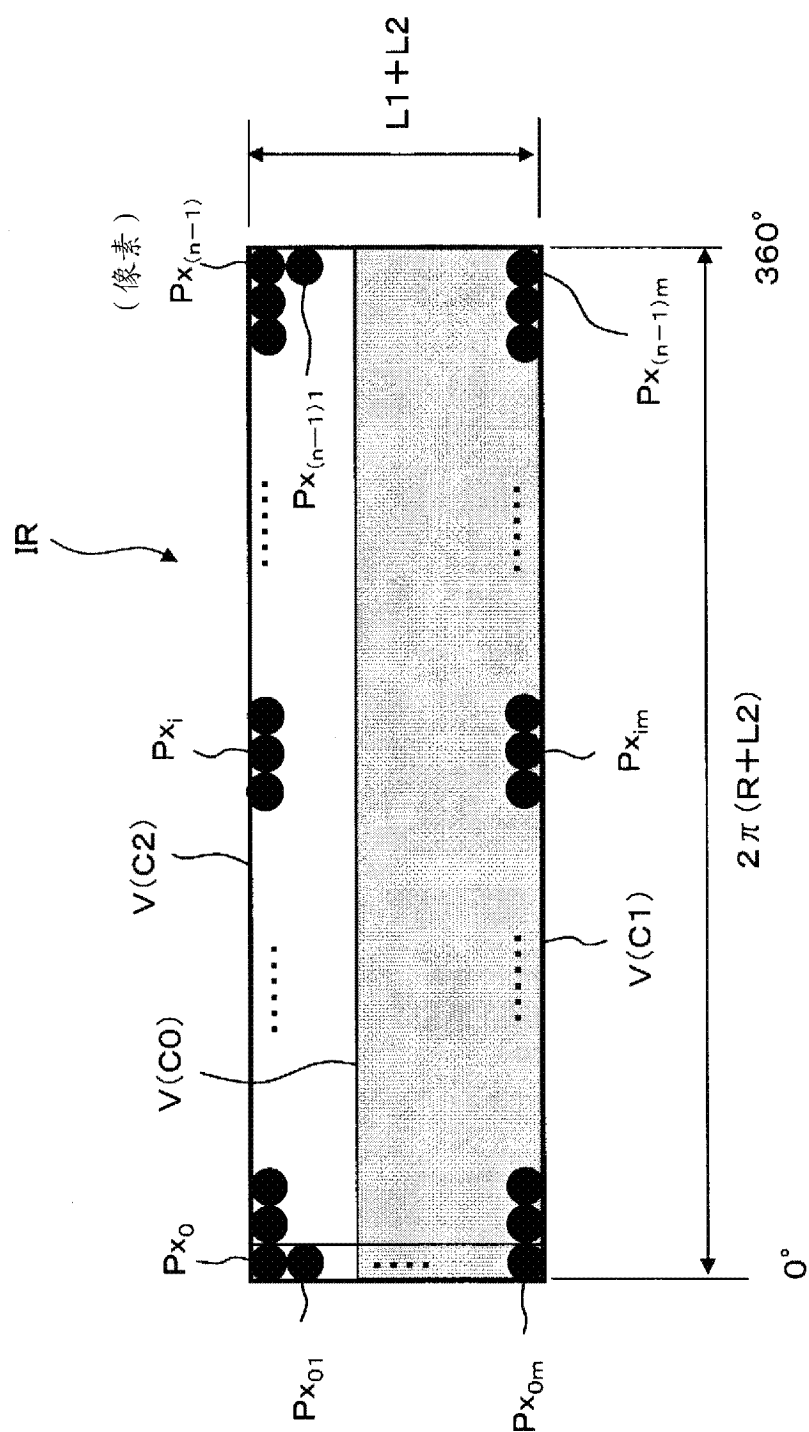


图 8

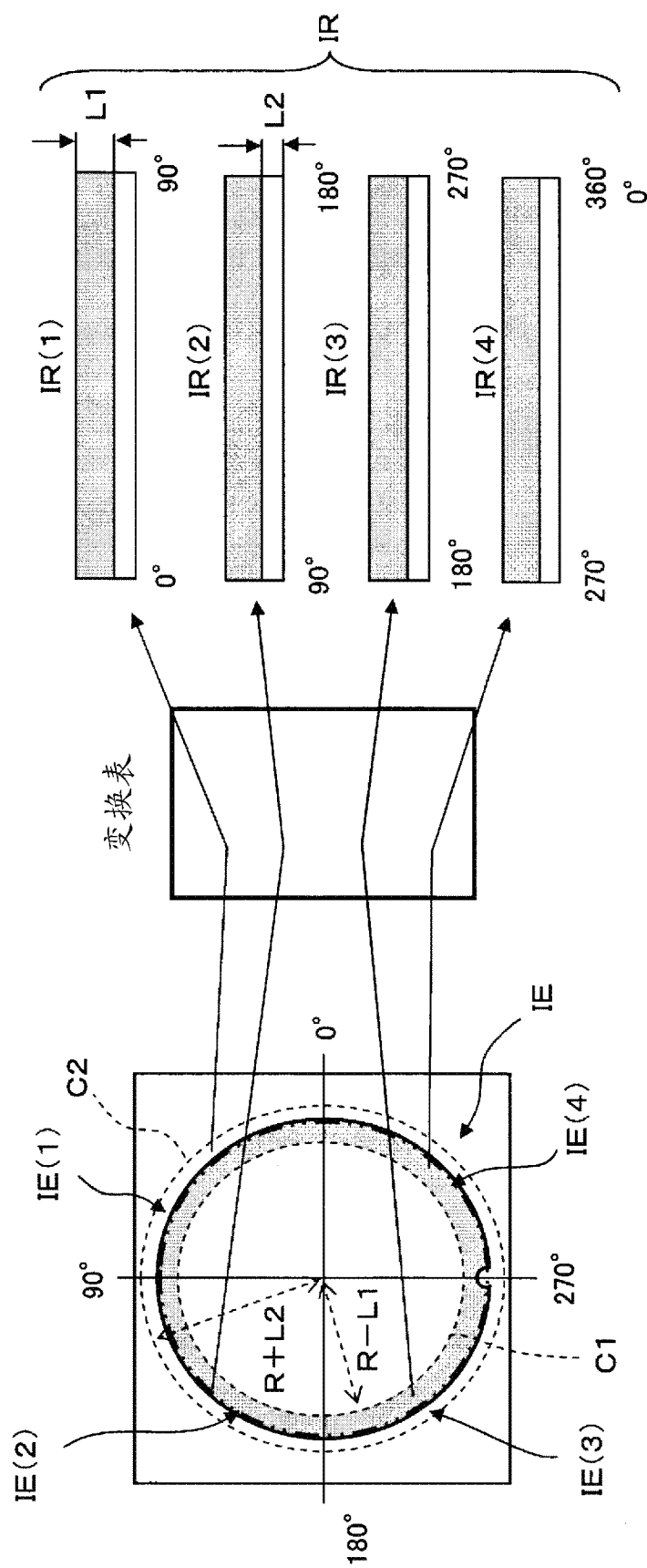


图 9

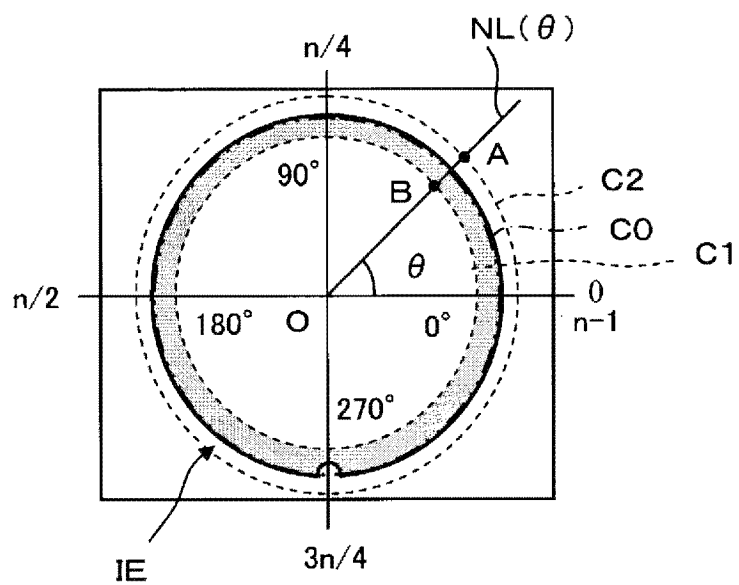


图 10A

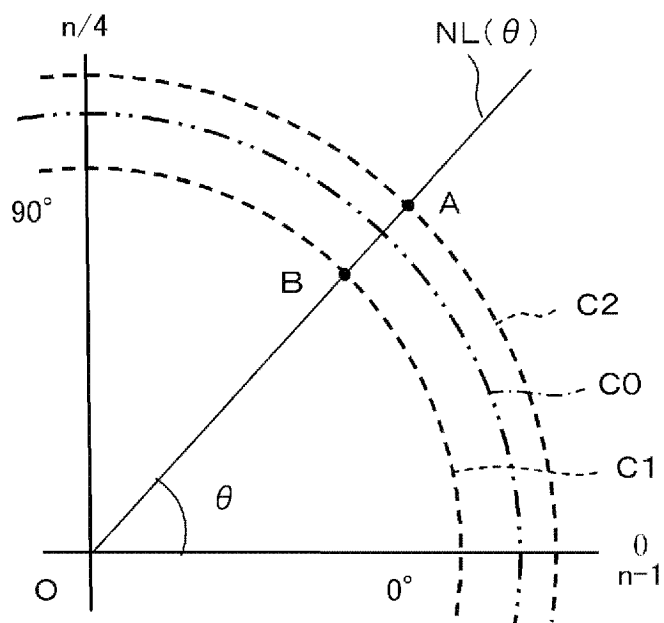


图 10B

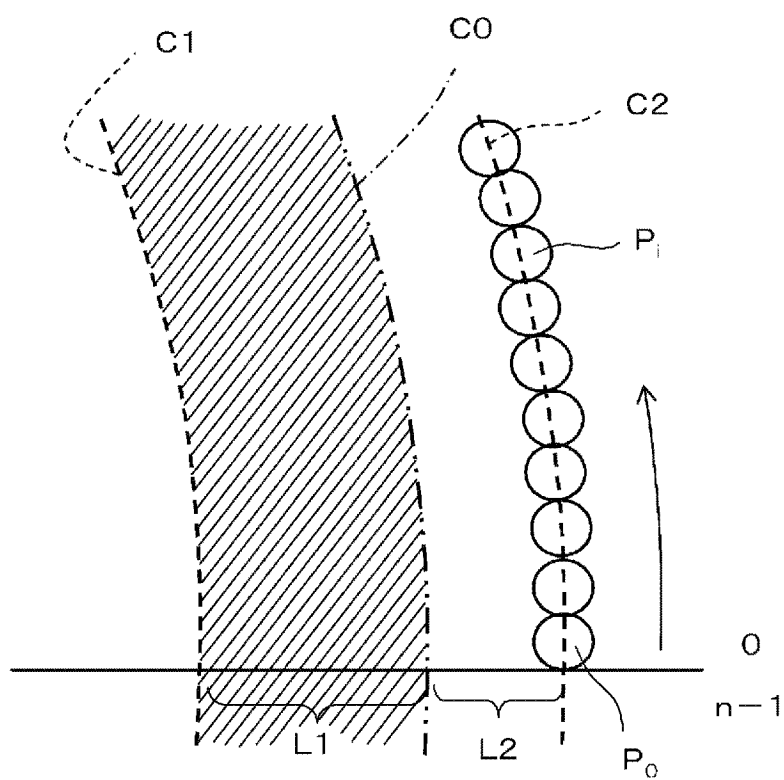


图 11A

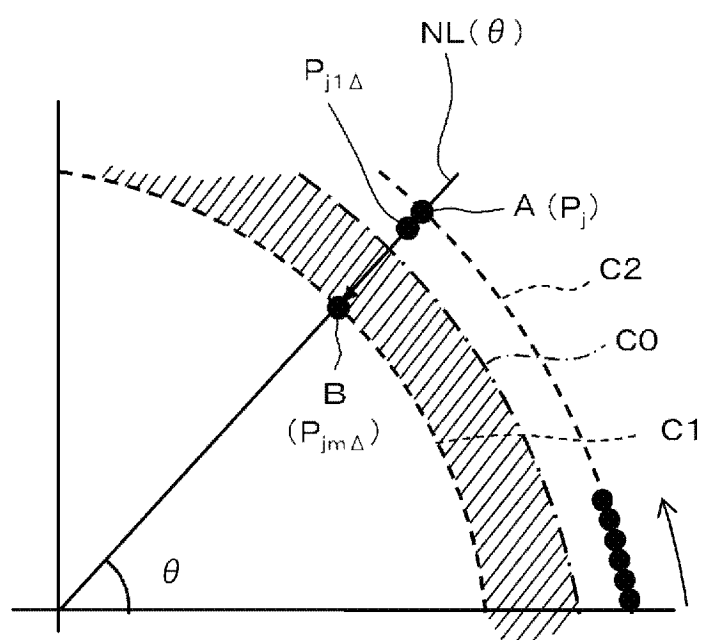


图 11B

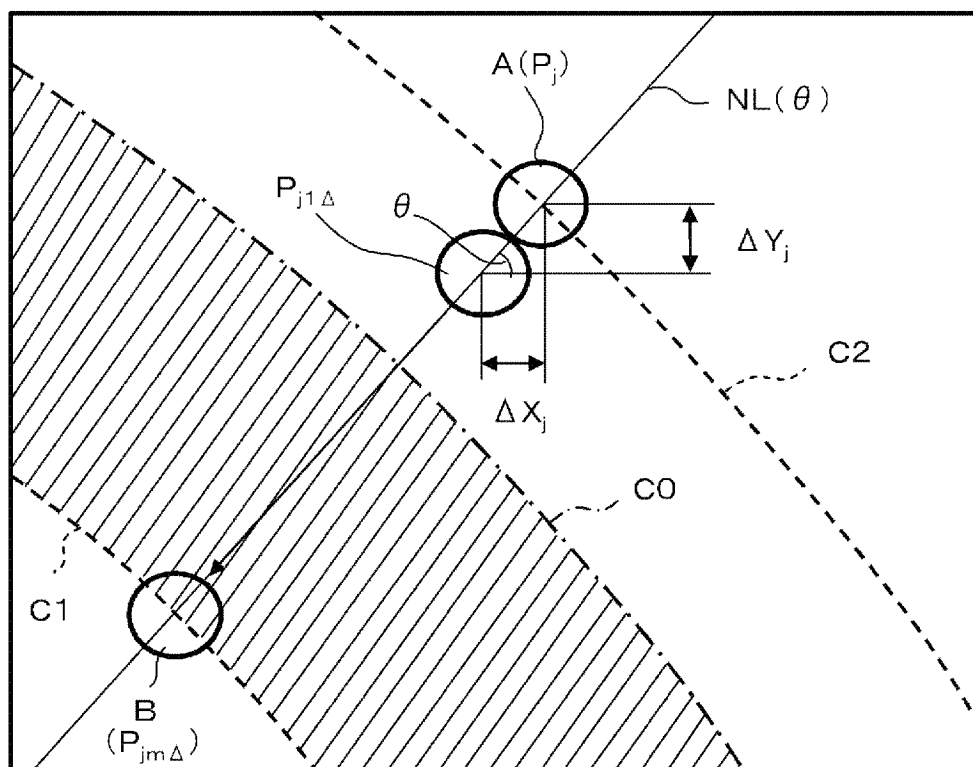


图 12

矩形图像IR 像素	P_{X_0}	P_{X_1}	...	P_{X_i}	...	$P_{X_{(n-1)}}$
	P_0	P_1	...	P_i	...	P_{n-1}
	(X_0, Y_0)	(X_1, Y_1)	...	(X_i, Y_i)	...	(X_{n-1}, Y_{n-1})

矩形图像IR 像素	$P_{X_{01}}$	$P_{X_{11}}$	...	$P_{X_{i1}}$	...	$P_{X_{(n-1)1}}$
	$P_{01\Delta}$	$P_{11\Delta}$	...	$P_{i1\Delta}$	...	$P_{(n-1)1\Delta}$
	$(X_0 - \Delta X_0, Y_0 - \Delta Y_0)$	$(X_1 - \Delta X_1, Y_1 - \Delta Y_1)$	...	$(X_i - \Delta X_i, Y_i - \Delta Y_i)$	...	$(X_{n-1} - \Delta X_{n-1}, Y_{n-1} - \Delta Y_{n-1})$

...

矩形图像IR 像素	$P_{X_{0m}}$	$P_{X_{1m}}$		$P_{X_{im}}$		$P_{X_{(n-1)m}}$
	$P_{0m\Delta}$	$P_{1m\Delta}$		$P_{im\Delta}$		$P_{(n-1)m\Delta}$
	$(X_0 - m\Delta X_0, Y_0 - m\Delta Y_0)$	$(X_1 - m\Delta X_1, Y_1 - m\Delta Y_1)$		$(X_i - m\Delta X_i, Y_i - m\Delta Y_i)$		$(X_{n-1} - m\Delta X_{n-1}, Y_{n-1} - m\Delta Y_{n-1})$

图 13

矩形图像IR(像素)	边缘部图像IE(位置)			
	外圆形线C2上位置		间隔 Δ	
$Px_0 \sim Px_{0m}$	X_0	Y_0	ΔX_0	ΔY_0
$Px_1 \sim Px_{1m}$	X_1	Y_1	ΔX_1	ΔY_1
...	...	...	...	...
$Px_i \sim Px_{im}$	X_i	Y_i	ΔX_i	ΔY_i
...	...	...	...	...
$Px_{n-1} \sim Px_{(n-1)m}$	X_{n-1}	Y_{n-1}	ΔX_{n-1}	ΔY_{n-1}
$m = (L1 + L2) / \delta, n = 2\pi(R + L2) / \delta$				

图 14

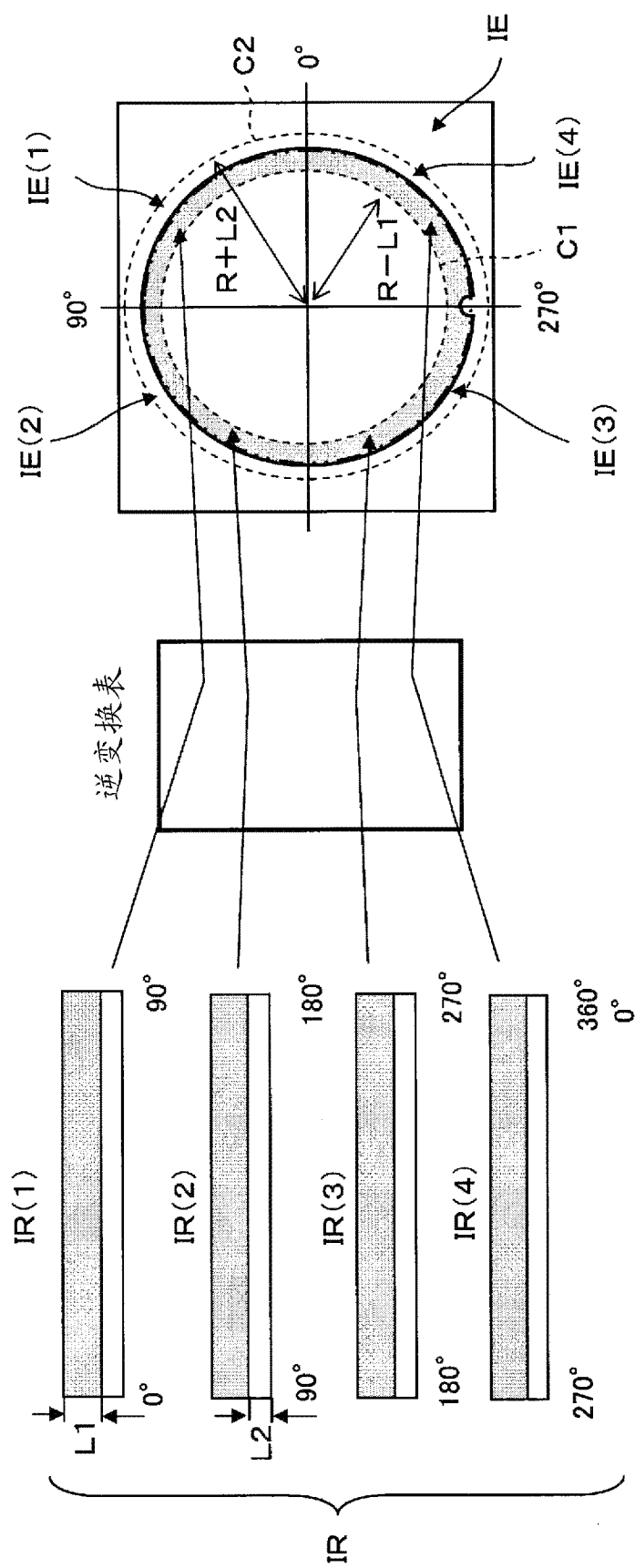


图 15

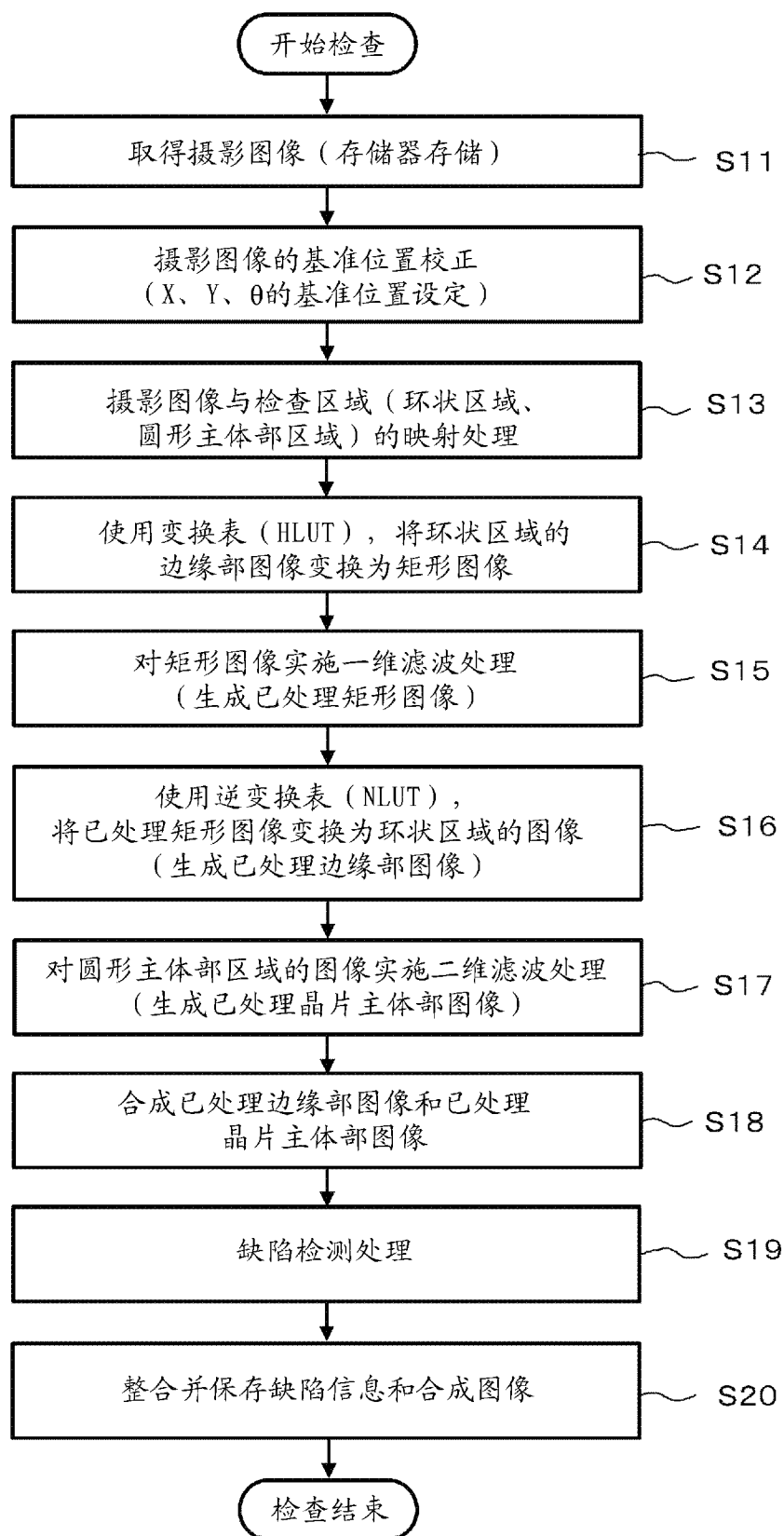


图 16

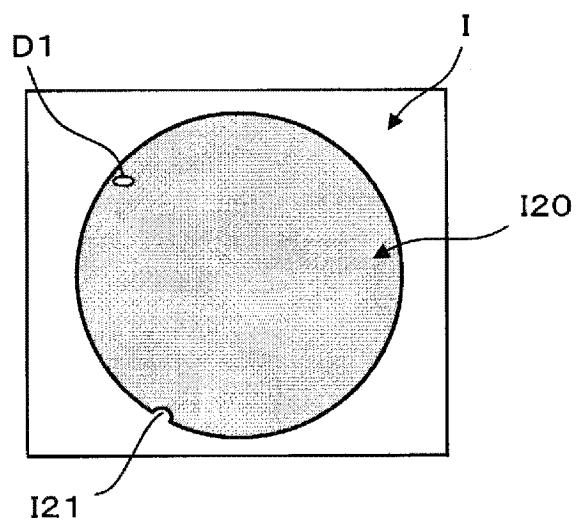


图 17A

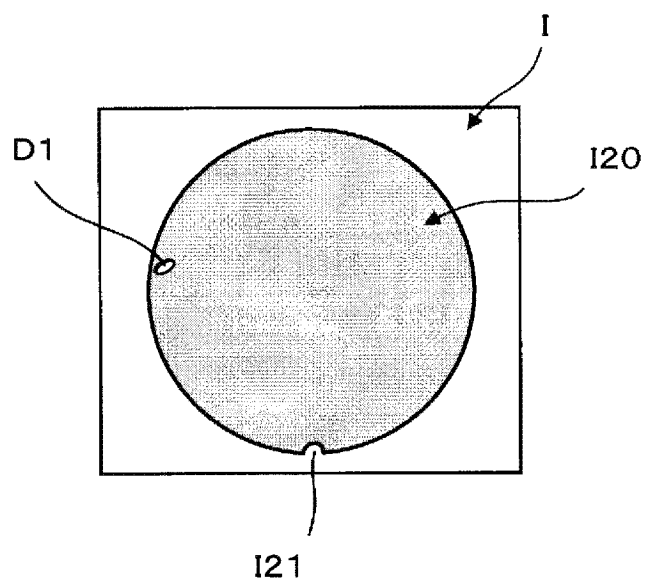


图 17B

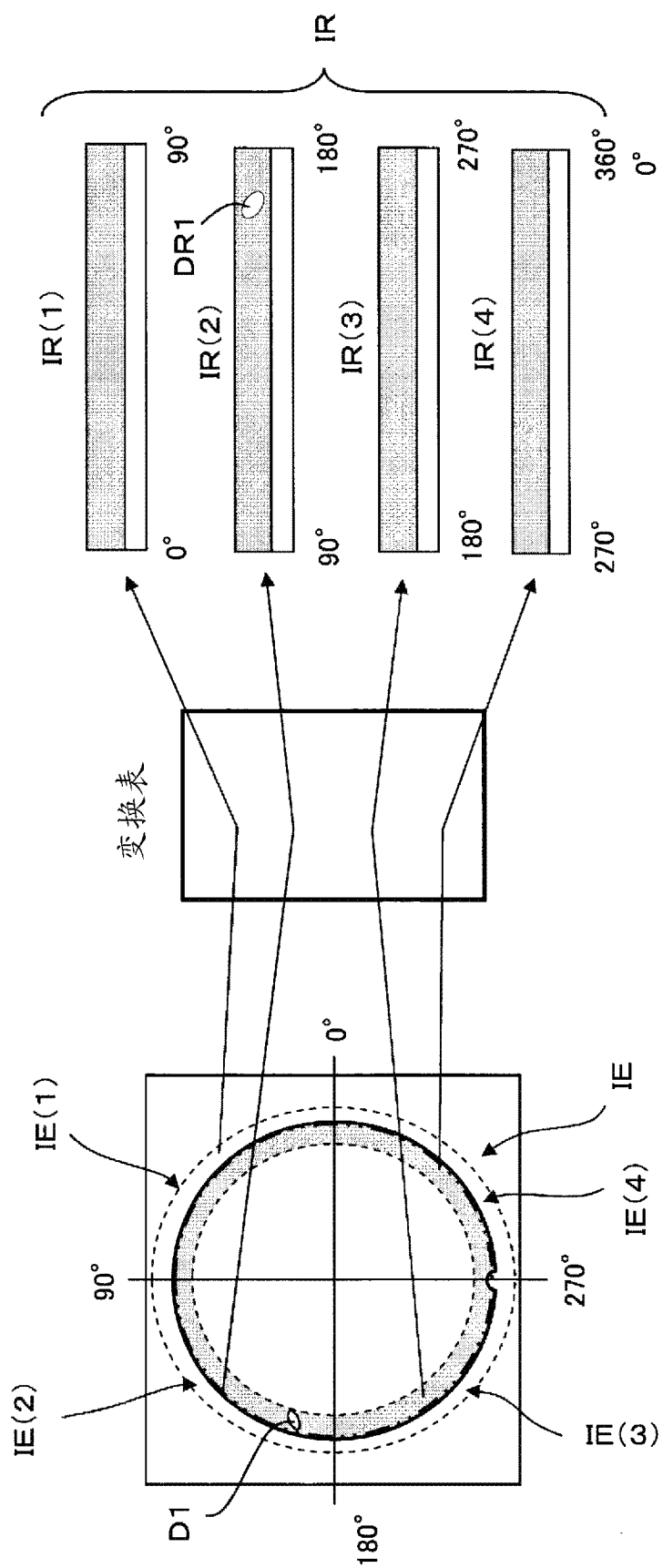


图 18

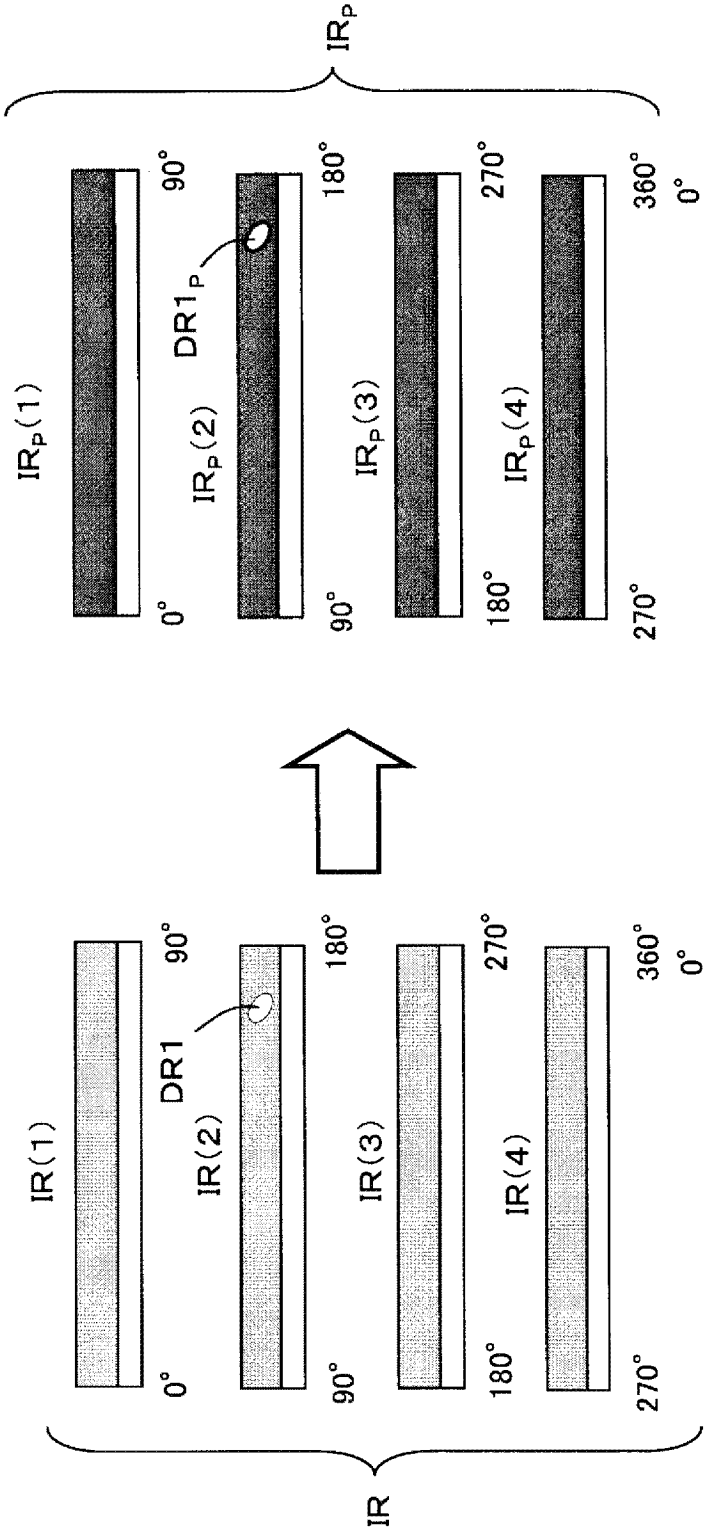


图 19

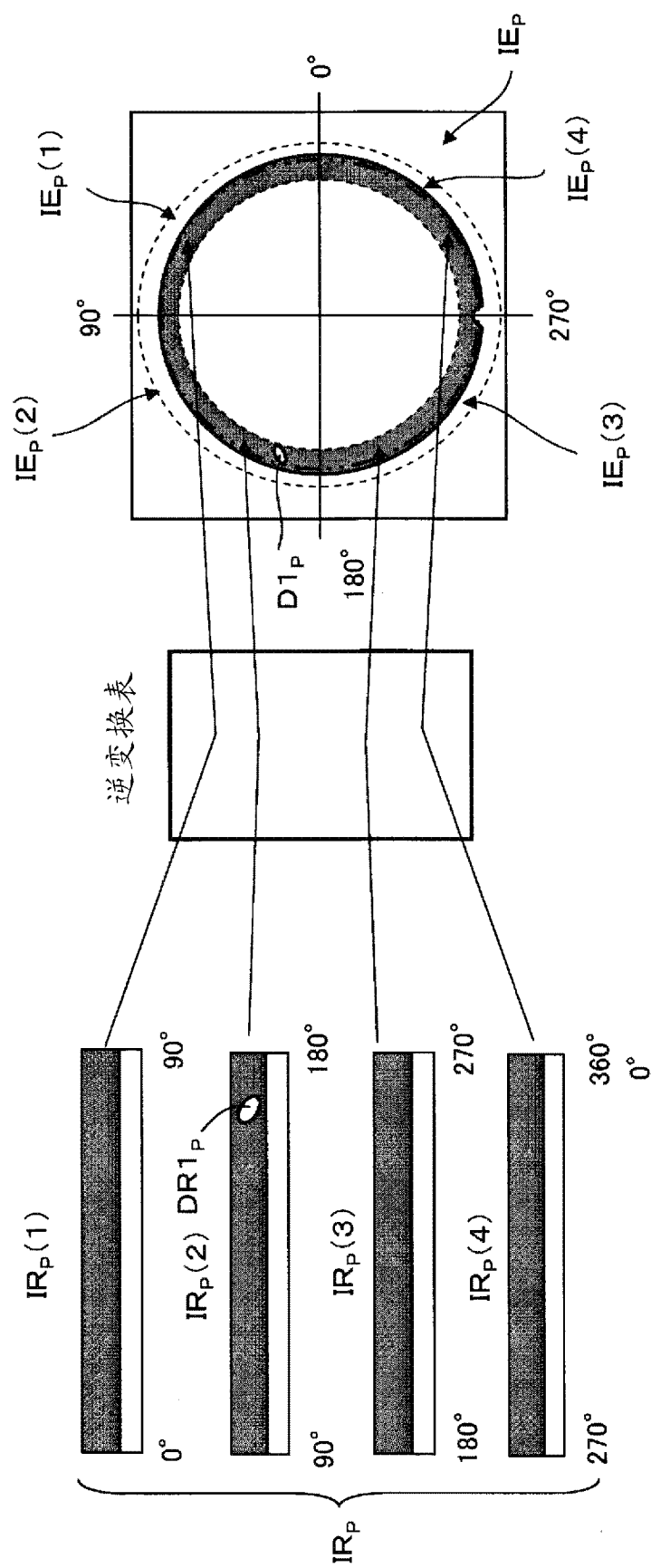


图 20

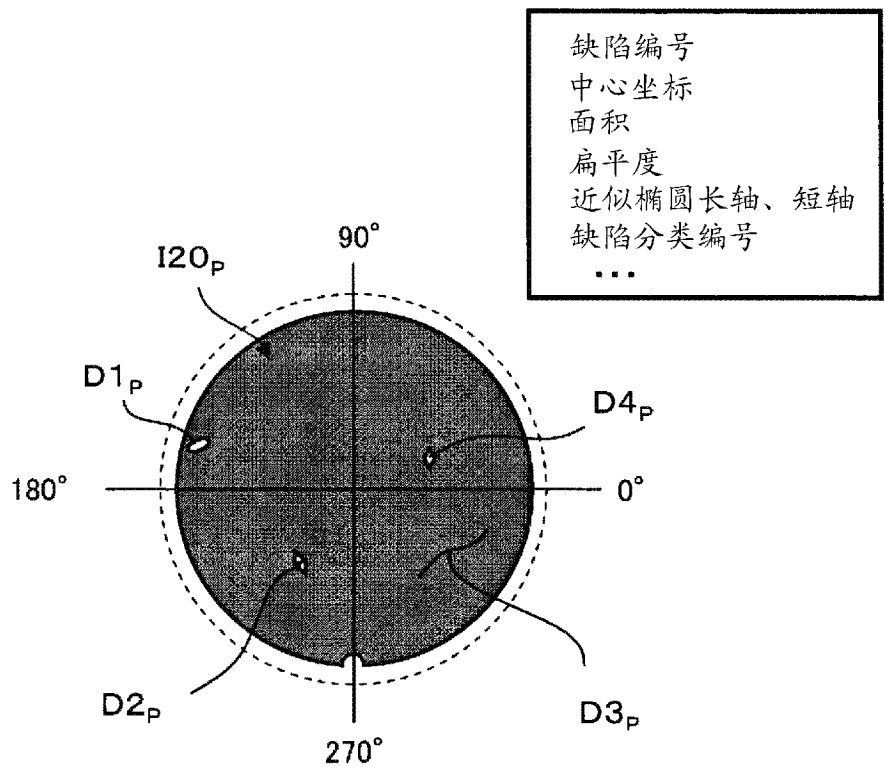


图 21