



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104656120 B

(45)授权公告日 2018.03.23

(21)申请号 201410675937.9

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2014.11.21

G01T 7/00(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 陈时靖

申请公布号 CN 104656120 A

(43)申请公布日 2015.05.27

(30)优先权数据

2013-242291 2013.11.22 JP

(73)专利权人 株式会社理学

地址 日本国东京都

(72)发明人 作村拓人 中江保一

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任

公司 11021

代理人 赵琳琳

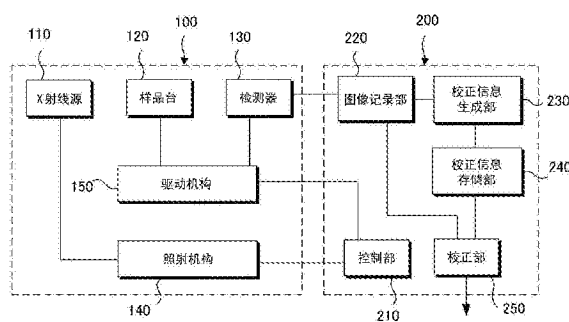
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

校正信息生成方法以及校正信息生成装置

(57)摘要

本发明提供一种校正信息生成方法以及校正信息生成装置,能没有特殊的附属设备地容易进行平场校正的作业。在用于对像素检测器进行X射线检测灵敏度的平场校正的校正信息生成方法中,包括:使检测器(130)的相对位置相对于横穿检测面的射束剖面形状的入射X射线发生移动,以使得在总时间内检测面的整体被入射X射线照射且在移动方向上排列的各像素被均等地照射的步骤;和根据针对入射X射线的给定能带检测出强度值来生成用于校正像素的灵敏度的信息的步骤。



1. 一种校正信息生成方法,用于对能识别能量的有波长依赖性的像素检测器进行相对于任意的能量的X射线检测灵敏度的平场校正,所述校正信息生成方法的特征在于,包括:

使检测器的相对位置相对于利用任意的能量的X射线源而形成的横穿检测面的射束剖面形状的任意的能带的入射X射线发生移动,以使得在总时间内所述检测面的整体被所述入射X射线照射、且在移动方向上排列的各像素被均等地照射的步骤;

在所述检测器侧仅检测需要的给定能带的步骤;和

根据针对所述入射X射线的给定能带检测出的强度值来生成用于校正像素的灵敏度的信息的步骤。

2. 根据权利要求1所述的校正信息生成方法,其特征在于,

所述入射X射线是衍射线,

所述检测器相对于所述入射X射线的相对移动方向是所述衍射线的衍射角方向。

3. 根据权利要求2所述的校正信息生成方法,其特征在于,

所述入射X射线是德拜环。

4. 根据权利要求1所述的校正信息生成方法,其特征在于,

在假定为所述移动方向上排列的各像素之间被照射了均匀的累积强度的情况下,生成用于校正所述像素的灵敏度的信息。

5. 根据权利要求1所述的校正信息生成方法,其特征在于,

在假定为对所述检测出的强度值进行球面校正、且针对所述检测面的整体被照射了均匀的累积强度的情况下,生成用于校正所述像素的灵敏度的信息。

6. 根据权利要求1所述的校正信息生成方法,其特征在于,

用于校正所述像素的灵敏度的信息是由各个所述像素的校正系数构成的表。

7. 一种校正信息生成装置,用于对能识别能量的有波长依赖性的像素检测器进行相对于任意的能量的X射线检测灵敏度的平场校正,所述校正信息生成装置的特征在于,具备:

校正信息生成部,使检测器的相对位置相对于利用任意的能量的X射线源而形成的横穿检测面的射束剖面形状的任意的能带的入射X射线发生移动,以使得在总时间内所述检测面的整体被所述入射X射线照射、且在移动方向上排列的各像素被均等地照射,由此在所述检测器侧仅检测需要的给定能带,根据针对所述入射X射线的给定能带检测出的强度值来生成用于校正像素的灵敏度的信息。

## 校正信息生成方法以及校正信息生成装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于对像素检测器进行X射线检测灵敏度的平场校正的校正信息生成方法以及校正信息生成装置。

### 背景技术

[0002] 将在像素检测器中对每个像素校正相异的灵敏度以使实际的灵敏度虚拟地均匀的校正称作平场校正(Flat-Field Correction)。像素检测器的平场校正将在各像素读出的值归一化来进行,对一维以上的检测器有效果。

[0003] 如果检测器被照射均匀的X射线,则各像素的读出通道理应测量相同的计数数。但是,由于灵敏度的差异而会在各像素的灵敏度参数中产生差异,从而在每个像素中计数数不同。为了减小这样的影响而进行平场校正。

[0004] 在标准校正的次序中,对检测器照射均匀的X射线来测量所有像素的计数,将测量出的值归一化。即,拉开X射线源与检测器的距离进行配置,使X射线尽可能均匀来保证以相同的强度向整个检测面照射X射线,所获得的计数值在实际中强度尽可能成为相同,由此算出校正系数。

[0005] 图8是表示现有的检测像素的灵敏度校正方法的简要立体图。如图8所示,使来自X射线源的X射线经过基于使空间散射最小化地设计的充氦腔的射束路径而照射到检测器,由此来进行上述那样的次序。

[0006] 另一方面,还存在提出校正方法的专利文献。在专利文献1中,作为对基准光源的随时间劣化进行校正的现有技术,记载了使用在蓄积性荧光体薄片使X射线均匀曝光时的数据来进行校正处理的方法。在专利文献2中,记载了一边使X射线发生装置在宽度方向上往复一边转移蓄积性荧光体薄片来均匀地曝光、进行灵敏度校正的方法。在专利文献3中,记载了当记录了第1数据集后通过使检测面偏移来记录第2数据集并进行叠加,由此来减少死像素的方法。

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:JP特开2004-128695号公报

[0009] 专利文献2:JP特开2004-191789号公报

[0010] 专利文献3:US专利公开2005/0259790公报

[0011] 但是,使能实现平场照射的专用设备附属于X射线衍射装置内而在用户侧进行上述那样的检测像素的平场校正,在考虑到校正器件的成本和用于校正器件的空间时较为困难。此外,例如作为技术上的问题,也有可能取决于测量时的温度而使得校正系数偏离。例如在将25℃下被校正后的的器件在35℃的环境中使用的情况下,最好在使用的现场进行校正。

### 发明内容

[0012] 本发明正是鉴于这样的状况而提出的,其目的在于提供一种能没有特殊的附属设

各地容易进行平场校正的作业的校正信息生成方法以及校正信息生成装置。

[0013] (1) 为了达成上述的目的,本发明的校正信息生成方法,用于对像素检测器进行X射线检测灵敏度的平场校正,所述校正信息生成方法的特征在于,包括:使检测器的相对位置相对于横穿检测面的射束剖面形状的入射X射线发生移动,以使得在总时间内所述检测面的整体被所述入射X射线照射、且在移动方向上排列的各像素被均等地照射的步骤;和根据针对所述入射X射线的给定能带检测出的强度值来生成用于校正像素的灵敏度的信息的步骤。

[0014] 由此,能没有特殊的附属设备地容易进行平场校正的作业,即便在已经被使用的X射线衍射装置中,也能在现场容易地进行平场校正的作业。

[0015] (2) 此外,本发明的校正信息生成方法的特征在于,所述入射X射线是衍射线,所述检测器相对于所述入射X射线的相对移动方向是所述衍射线的衍射角方向。

[0016] 由此,能进行使用了均匀且高强度的X射线的虚拟的平场照射。通过高强度的X射线的照射,能效率良好地在短时间内进行平场校正的作业。

[0017] (3) 此外,本发明的校正信息生成方法的特征在于,所述入射X射线是德拜环。由此,能使用均匀且高强度的X射线来进行虚拟的平场照射。

[0018] (4) 此外,本发明的校正信息生成方法的特征在于,在假定为所述移动方向上排列的各像素之间被照射了均匀的累积强度的情况下,生成用于校正所述像素的灵敏度的信息。由此,能不进行球面校正地简易进行每个像素的灵敏度校正。

[0019] (5) 此外,本发明的校正信息生成方法的特征在于,在假定为对所述检测出的强度值进行球面校正、且针对所述检测面的整体被照射了均匀的累积强度的情况下,生成用于校正所述像素的灵敏度的信息。由此,能使用检测面的整个面进行更正确的校正。

[0020] (6) 另外,本发明的校正信息生成方法的特征在于,用于校正所述像素的灵敏度的信息是由各个所述像素的校正系数构成的表。由此,通过读出表并与检测出的强度相乘,从而能容易地对每个像素进行灵敏度校正。

[0021] (7) 此外,本发明的校正信息生成装置,用于对像素检测器进行X射线检测灵敏度的平场校正,所述校正信息生成装置的特征在于,具备:校正信息生成部,使检测器的相对位置相对于横穿检测面的射束剖面形状的入射X射线发生移动,以使得在总时间内所述检测面的整体被所述入射X射线照射、且在移动方向上排列的各像素被均等地照射,由此根据针对所述入射X射线的给定能带检测出的强度值来生成用于校正像素的灵敏度的信息。由此,能没有特殊的附属设备地容易进行平场校正的作业。

[0022] 根据本发明,能没有特殊的附属设备地容易进行平场校正的作业,即便在已经被使用的X射线衍射装置中,也能在现场容易地进行平场校正的作业。

## 附图说明

[0023] 图1是表示X射线衍射装置以及校正信息生成装置的构成的框图。

[0024] 图2是表示X射线衍射装置的构成的立体图。

[0025] 图3是表示平场校正方法的流程图。

[0026] 图4是表示检测到各时刻下的德拜环的图像的图。

[0027] 图5是表示分别记录了累积计数的图像的图。

[0028] 图6是表示记录了减去散射所引起的计数的所有累积计数的图像的图。

[0029] 图7的 (a)、(b) 分别是表示沿着移动方向、其垂直方向的计数的分布以及累积计数的平均值的图表。

[0030] 图8是表示现有的检测像素的灵敏度校正方法的简要立体图。

### 具体实施方式

[0031] 接下来,参考附图来说明本发明的实施方式。为了容易理解说明,在各附图中对相同的构成要素标注相同的参考标号,并省略重复的说明。

[0032] (X射线衍射装置)

[0033] 图1是表示X射线衍射装置100以及校正信息生成装置200的构成的框图。图2是表示X射线衍射装置100的构成的立体图。如图1、图2所示,X射线衍射装置100具备:X射线源110、样品台120、检测器130、照射机构140以及驱动机构150。

[0034] X射线源110包括X射线管,辐射Cu、Mo等的特征X射线。被单色化的特征X射线在通过准直器等而成为给定的直径的平行线后,对多晶体的样品S进行照射。照射X射线作为由多晶体的样品S衍射的衍射X射线,以样品S为中心而以角度 $2\theta$ 散射,入射到检测器130的检测面。

[0035] 样品台120能旋转地保持粉末结晶作为样品S。在样品S中例如使用硅或氧化铝粉末。若使用硅的样品,则能获得强度大的衍射X射线,若使用氧化铝粉末的样品,则能获得强度的均匀性高的衍射X射线。样品台120虽然也可以与检测器130的 $2\theta$ 旋转联动来进行 $\theta$ 旋转,但优选通过与检测器130独立的旋转来产生均匀的衍射X射线。

[0036] 关于所利用的衍射X射线没有特别的限定,但广角的结晶面的衍射X射线在检测面上更接近于直线,易于校正。此外,即便在2条衍射X射线处于接近的衍射角的情况下,也能通过使两者均通过检测面,由此来进行平场照射。

[0037] 检测器130检测横穿其检测面的射束剖面形状的入射X射线。检测器130是像素检测器,虽然可以是一维检测器,但优选是二维检测器。检测器130特别优选是能识别能量的有波长依赖性的二维检测器。

[0038] 一维检测器是具有直线上的X射线强度的位置分辨率的X射线检测器。一维检测器例如能通过将多个可检测X射线的微小的X射线受光元件直线状地排列而形成。二维检测器是具有平面内的X射线强度的位置分辨率的X射线检测器。二维检测器例如能由半导体X射线检测器形成,该半导体X射线检测器将多个微小的X射线受光元件在平面内排列而构成,能按每个像素检测X射线,按每个像素输出信号。在这样的半导体X射线受光元件中例如有CCD、CMOS。

[0039] 检测器130能使检测器130相对于入射X射线的相对位置发生移动,以使得在总时间内对整个检测面进行X射线照射。此外,能使检测器130相对于入射X射线的相对位置发生移动,以使得沿着X射线相对于检测器130的移动方向,检测器130的各像素被照射相同的累积强度。

[0040] 具体而言,优选检测器130检测衍射X射线,被支承为能在衍射角方向上以恒定速度在绕着样品S的圆上移动。作为照射到检测器130的入射X射线可以使用无定形碳的散射线,但与衍射X射线相比强度变小。检测器130的移动中例如能使用测角仪的旋转臂。在检测

器130的移动控制中,能直接利用通常的衍射X射线的测量中的扫描功能。

[0041] 照射机构140由电源、电路构成,对从X射线源110的X射线的照射进行控制。驱动机构150对样品台120的旋转和检测器130的移动进行控制。在使用衍射X射线的情况下,使检测器130在衍射角方向上移动。

[0042] 即使是面向半导体的工厂的流水线的X射线装置,也能运用上述那样的构成。利用衰减器使从X射线源110辐射的直束(direct beam)衰减,并利用狭缝使其缩小,使其成为剖面为细的线状的射束,来向检测器130照射。在这种情况下,虽然在直束中包含宽能带的射束,但仅检测到在检测器130侧需要的能带即可。

[0043] (校正信息生成装置)

[0044] 校正信息生成装置200记录所获得的平场照射的图像数据,使用所记录的图像数据来作成校正信息,进行针对检测器130的X射线检测灵敏度的平场校正。如图1所示,校正信息生成装置200例如由服务器构成,具备:控制部210、图像记录部220、校正信息生成部230、校正信息存储部240以及校正部250。

[0045] 控制部210对照射机构140以及驱动机构150进行控制,通过使照射机构140和驱动机构150联动,从而能向检测器130照射均匀的X射线。从X射线源110向样品S照射给定的X射线,使检测器130在圆上恒定移动,并且使样品台120旋转。

[0046] 图像记录部220直接记录由检测器130获得的强度分布的图像数据。在这种情况下,记录由检测器130针对给定能带检测到的X射线的计数数(强度值)。

[0047] 校正信息生成部230根据针对给定能带检测到的X射线的计数数来生成校正信息。校正信息是用于校正检测器130的各像素的灵敏度的信息,例如是由各像素的校正系数构成的表。由此,能相对于任意的能量而生成平场的校正信息,即便在现场的X射线衍射装置中也能容易地进行平场校正的作业。

[0048] 例如,在包含特定的像素的理应成为平场的像素间求取平均值,算出(平均值)/(特定的像素的计数数),由此来获得该特定的像素的校正系数。另外,在计数数中使用从所获得的图像数据之中减去散射所引起的本底(background)而得的计数数,除去非对称的一次光的散射。

[0049] 校正信息存储部240存储表等所生成的校正信息。校正部250读出存储在校正信息存储部240中的校正信息,并且对实际的实验时所记录的图像数据使用校正信息来进行平场校正,并输出。将输出的图像数据传输到例如用户PC。

[0050] (平场校正方法)

[0051] 能使用上述那样的构成来对检测器130进行X射线检测灵敏度的平场校正。图3是表示平场校正方法的流程图。如图3所示,首先,对检测器130开始横穿检测面的射束剖面形状的X射线的照射(步骤S1)。作为这样的X射线,优选如上述的示例那样使用衍射X射线。由此,能效率良好地在短时间内进行平场校正的作业。所使用的并非一定要是衍射X射线,也可以是利用狭缝限制了直束后的X射线。

[0052] 在照射到检测器130的X射线是衍射X射线的情况下,能实现使用了均匀且高强度的X射线的虚拟的平场照射。通过高强度的X射线的照射,从而能效率良好地在短时间内进行平场校正的作业。另外,这种情况下入射X射线相对于对检测器130的相对移动方向成为衍射线的衍射角方向。

[0053] 若衍射X射线是德拜环,则进一步优选。在衍射X射线中也包含通过进行了取向的结构而被衍射的X射线,在这种情况下,不能环状地将均匀的X射线照射到检测器130。但是,通过使用德拜环,从而能使用横穿检测面的射束剖面形状的均匀且高强度的X射线来进行虚拟的平场照射。在不使用德拜环而是通过进行了取向的样品S的衍射线来进行平场校正的情况下,由于仅利用球面校正无法保证与移动方向(扫描方向)垂直的方向的平场,因此优选进行仅针对移动方向的校正。

[0054] 使检测器130的相对位置相对于上述那样的X射线发生移动,以使得在总时间内整个检测面被X射线照射(步骤S2)。此时,使X射线相对于检测器130的相对位置发生移动,以使得沿着X射线相对于检测器130的移动方向,检测器130的各像素被照射相同的累积强度。另外,在上述的构成例中,虽然使检测器130发生移动,但也可以使X射线源110发生移动。无论是怎样的剖面形状的射束,只要使检测器移动3张检测面的量,便能进行平场照射。

[0055] 例如,若使检测器130相对于剖面弧状的X射线发生移动,则弧在检测器130的检测面内移动。若对检测器130的检测面累积弧的照射的量,则弧移动的量相对于所有像素进行累积。使用这样的累积出的X射线检测数据来进行平场校正。此外,能根据所获得的数据来判定坏像素。

[0056] 即便在使用德拜环的情况下,也由于根据从中心到测量位置的距离的不同而X射线强度不同,因此计数数在检测面的宽度方向的中心部变大,在两端部变小。这样的强度差能通过进行球面校正而计算为均匀的强度。球面校正对原本在球面上成为恒定的强度投影到平面上扩散而带来的影响进行校正。

[0057] 如此,根据针对给定能带检测的X射线的计数数来生成用于校正检测器130的各像素的灵敏度的校正信息(步骤S3)。由此,即便已经在用户身边被使用的X射线衍射装置100中,也能没有特殊的附属设备地容易进行平场校正的作业。

[0058] 在使用能量不同的X射线来进行平场照射时,能照射例如Mo线等的恒定能带的X射线。其中,在使用来自X射线源110的直束的情况下,也可以调整检测器130侧,使得仅检测特定的能带的强度。

[0059] 另外,校正信息优选是由各像素的校正系数构成的表。由此,通过读出表并与检测出的强度相乘,从而能容易地对每个像素进行灵敏度校正。

[0060] 接下来,在假定为沿着X射线相对于检测器130的移动方向而排列的像素之间被照射均匀的累积强度的情况下,生成用于校正检测器130的各像素的灵敏度的信息。由此,能不进行球面校正,而简易地对每个像素进行灵敏度校正。另外,这样的处理能在与X射线衍射装置100连接的校正信息生成装置200中进行。

[0061] 另外,在作为照射到检测器130的X射线而使用德拜环的情况下,优选在假定为对检测到的X射线的计数数进行球面校正、且针对整个检测面被照射均匀的累积强度的情况下,生成用于校正检测器130的各像素的灵敏度的信息。由此,能使用检测面的整个面进行更正确的校正。此外,从样品S到检测器130的距离越远,则越不需要球面校正。

[0062] 将上述那样作成的校正信息存储在校正信息存储部240中(步骤S4)。然后,在实验中检测到衍射X射线时(步骤S5),读出所存储的校正信息(步骤S6),将其运用在检测到的衍射X射线中进行校正(步骤S7)。然后,将校正过的X射线衍射像输出给外部(步骤S8)。如此能校正X射线的计数误差。

[0063] 另外,在相同的条件下进行测量,若与前次的灵敏度比较,则还能确认灵敏度的随时间变化。在这种情况下,也可以不是校正系数,而是根据施予校正的的平均的强度是否超出给定的基准值来判断X射线源110或检测器130有无劣化。在算出了校正系数时与平均强度一起进行存储。

[0064] (实施例)

[0065] 使用上述那样的X射线衍射装置100来进行虚拟的平场照射的实验,确认出能生成用于进行平场校正的校正信息。首先,使检测器130相对于德拜环发生移动,同时记录了拍摄到的X射线。通过使具备经过平场校正的芯片模块的检测器130以恒定速度移动,由此来进行拍摄。如此拍摄到全部506张图像。图4是分别表示从第130张起按每第60张检测到德拜环的图像的图。图中的浓度的稀薄表示各像素的计数数。可知,对应于张数而环的位置在y轴上移位。

[0066] 图5是分别表示记录了直至第150张的累积计数和直至第420张的累积计数的图像的图。在图中的浓度的稀薄表示各像素的计数数这一点上与图4相同。算出各像素的合计计数数。图5的右侧的图像的累积计数虽未累积到最后,但可知通过计数数在图中的y轴方向上累积,从而可记录非常均匀的图像。在图5的图像中,不减去本底,越靠近直束的中心侧,则越表现出散射所引起的本底的影响。

[0067] 图6是表示记录了减去散射所引起的计数之后的全部累积计数的图像的图。为了排除散射所引起的计数,针对各像素来确定最大的计数数的图像,算出前面10张和后面10张的合计计数。这表示仅累积了衍射线给像素带来影响的值的结果。虽然在x方向的中央附近产生若干的累积计数的不均,但至少作为移动方向的y方向上是均匀的。

[0068] 图7的(a)、(b)分别是表示沿着移动方向、其垂直方向的计数的分布1a、2a以及累积计数的平均值1b、2b的图表。它们表示表征检测器的x方向和y方向的计数数的均匀性的结果。

[0069] 在图7的(a)所示的结果中,平均值成为约98计数,在沿着y方向的计数数的平均值2a中看不到显著的变化。在图7的(b)所示的结果中,根据距检测器130的中心的距离而平均值2b减少。这样的趋势能根据从样品S到检测器130的距离而利用球面校正进行消除。另外,虽然在中央相对于x方向看到急剧的变化,但这是由德拜环的不均匀所引起的。这样的不均匀性能通过使粉末的样品S旋转等而得以改善。如以上,实际验证了能使用德拜环来作成平场校正的校正信息。

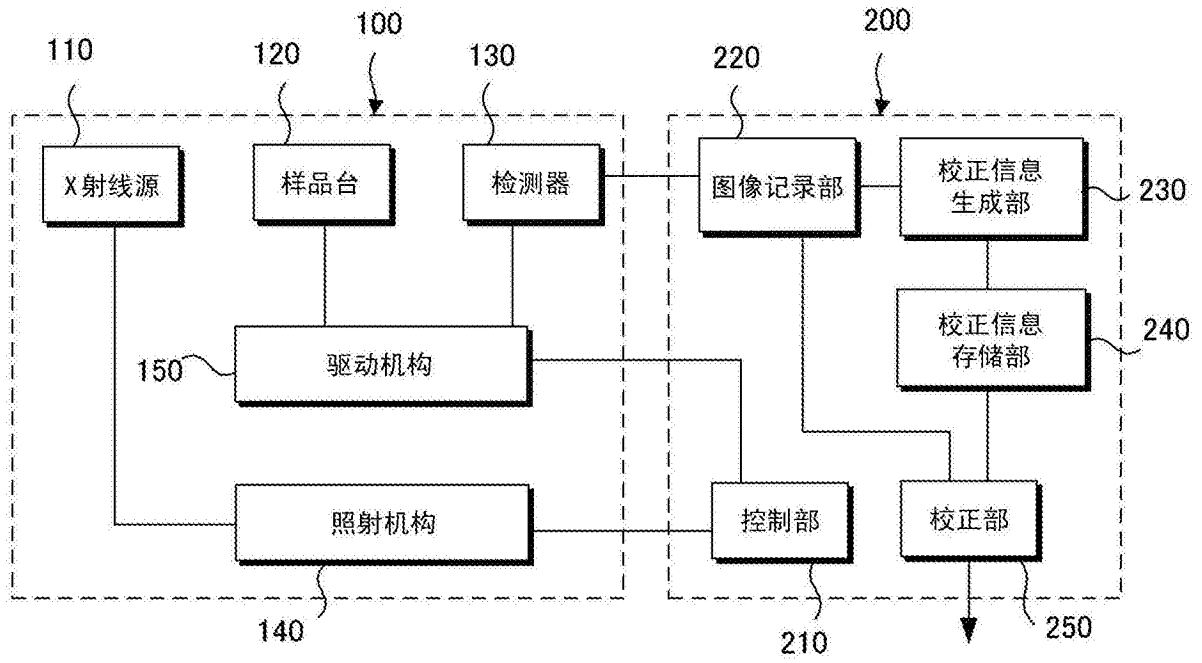


图1

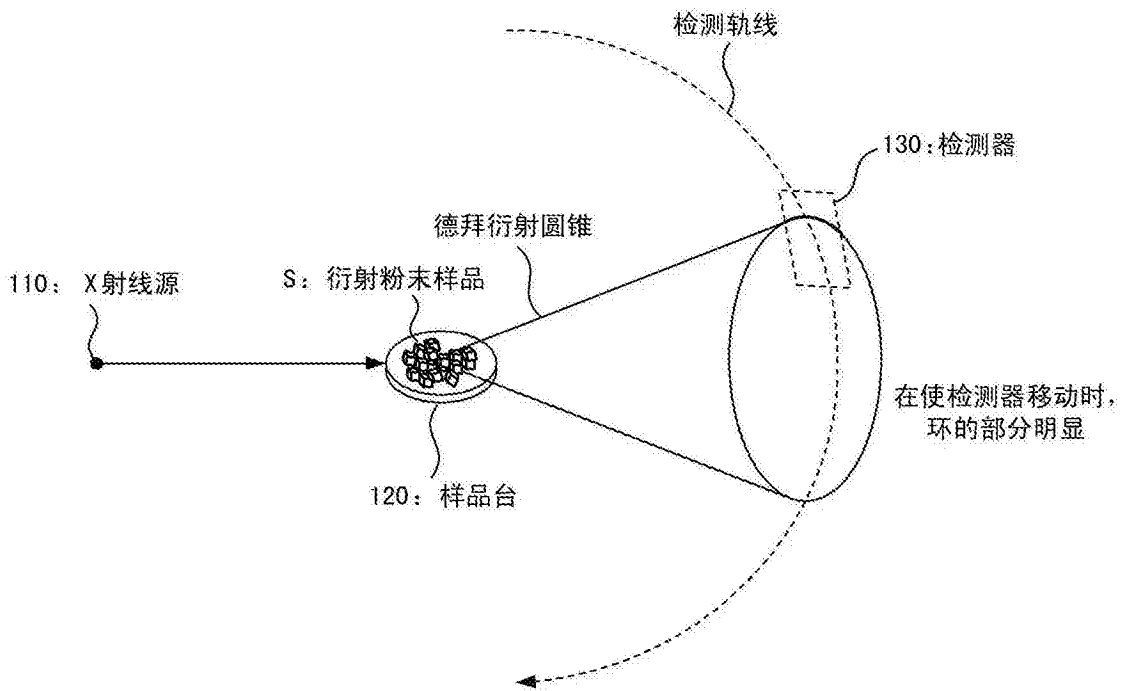


图2

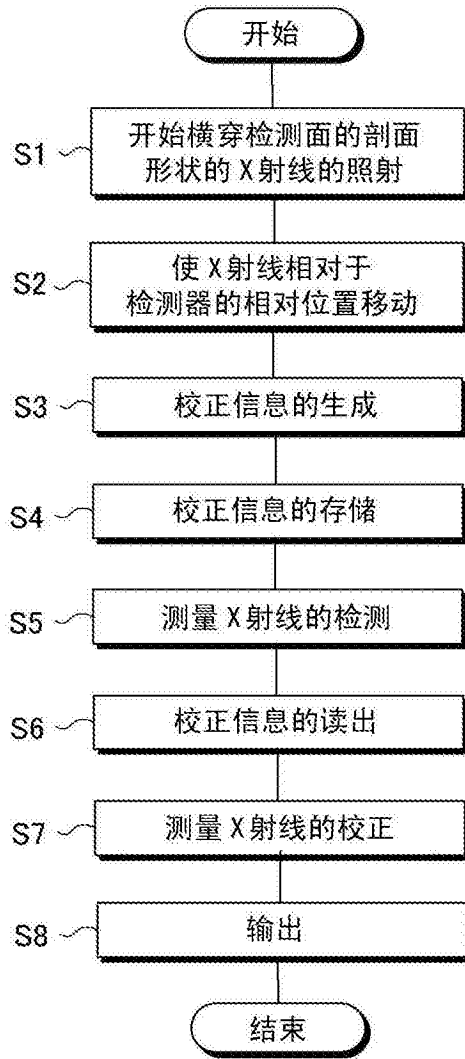


图3

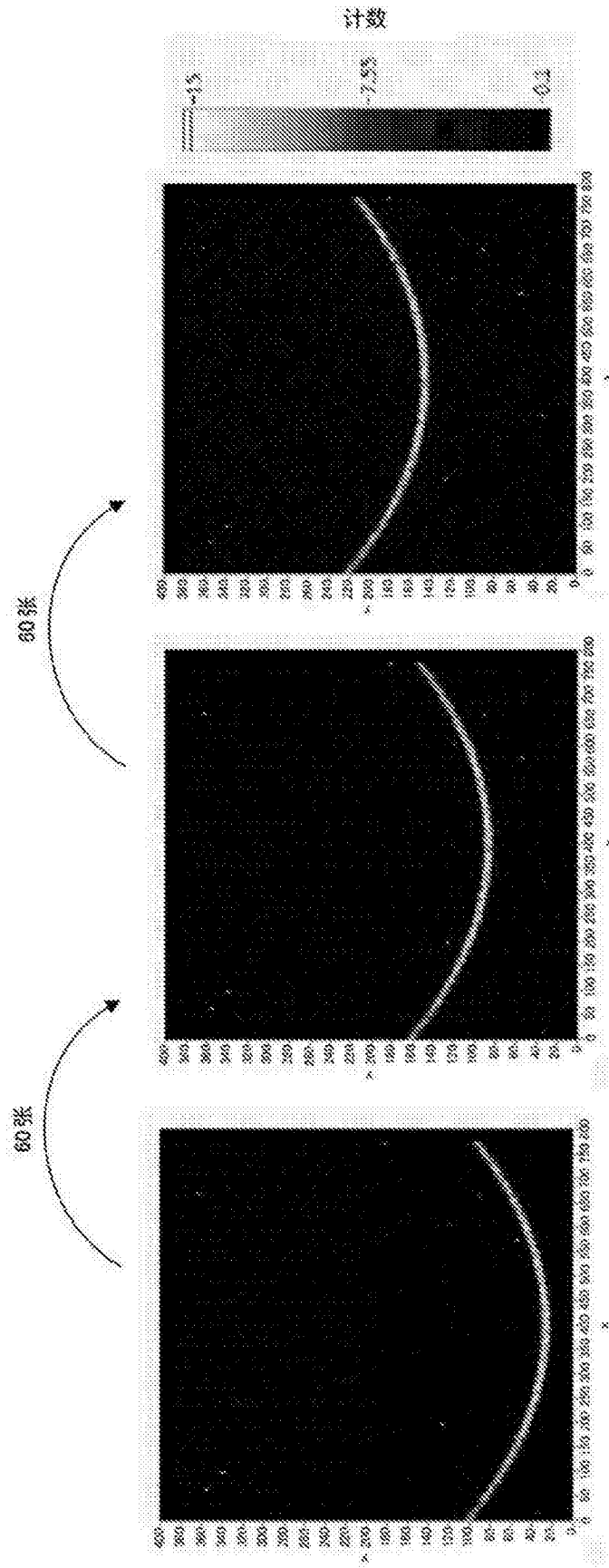


图4

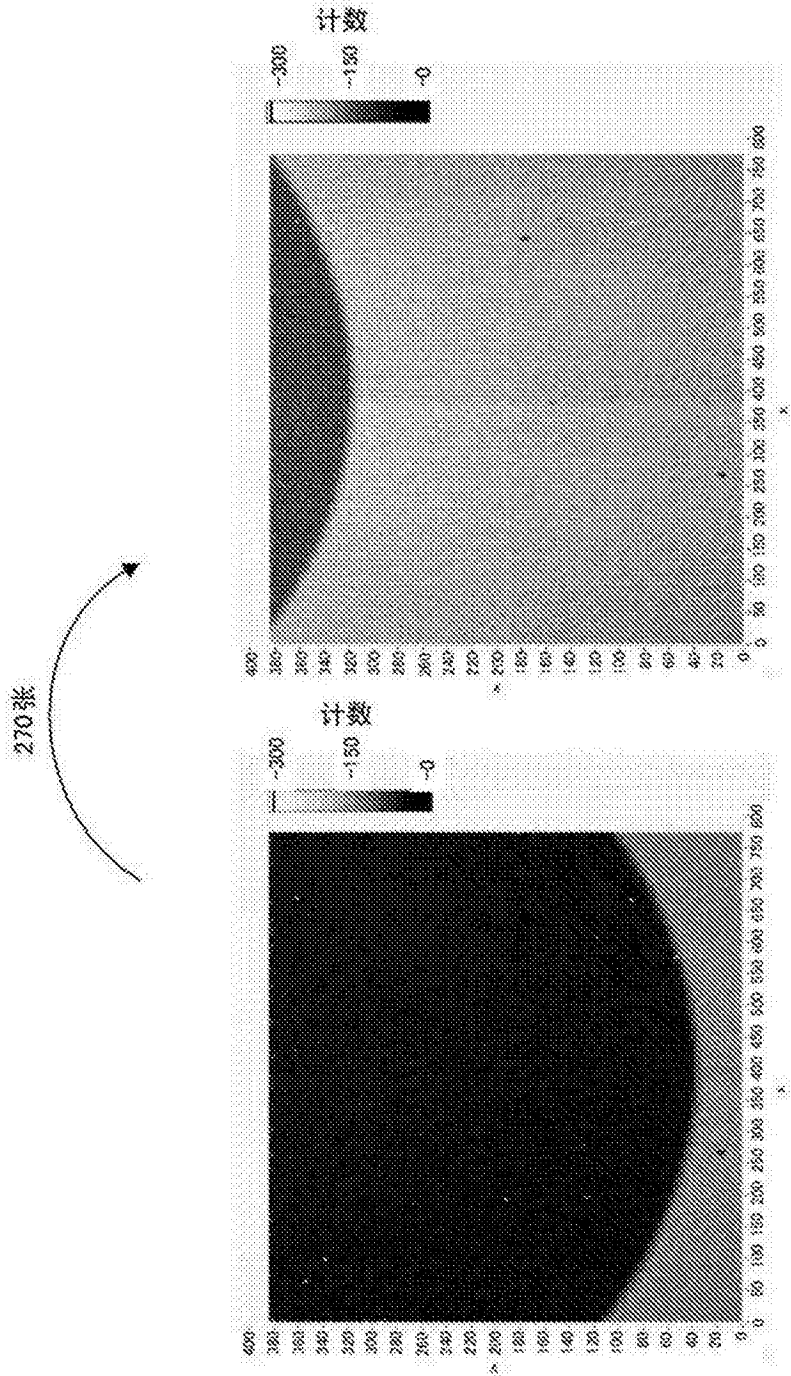


图5

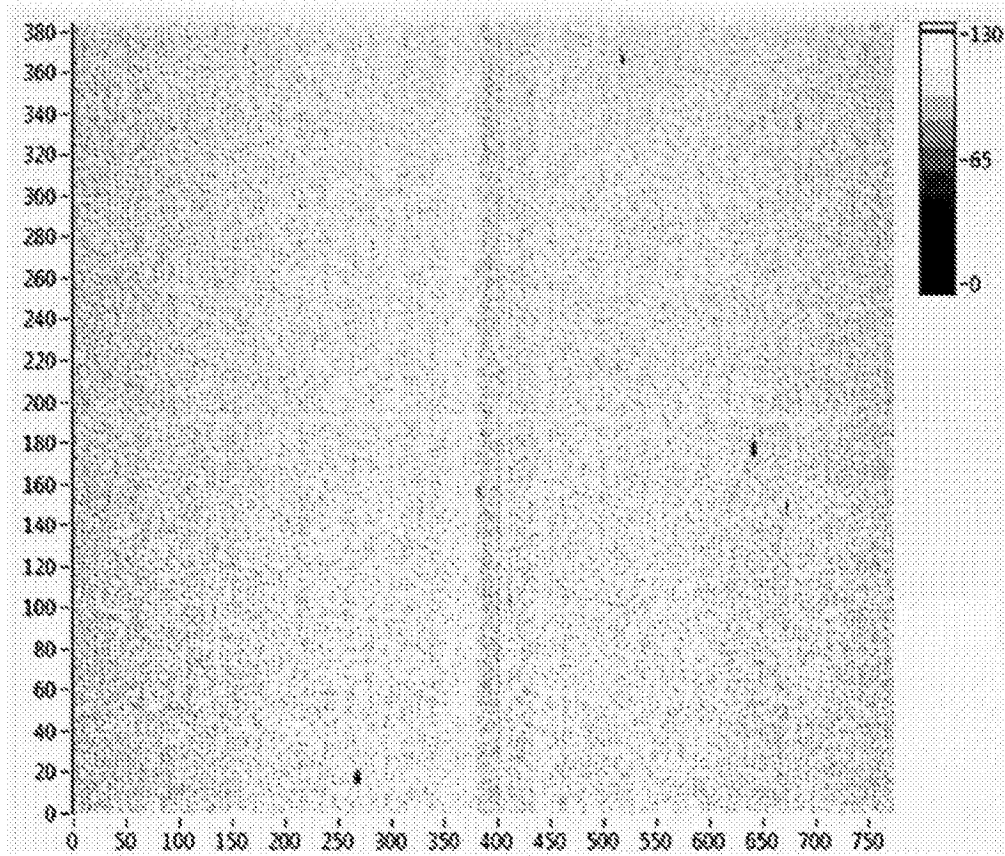


图6

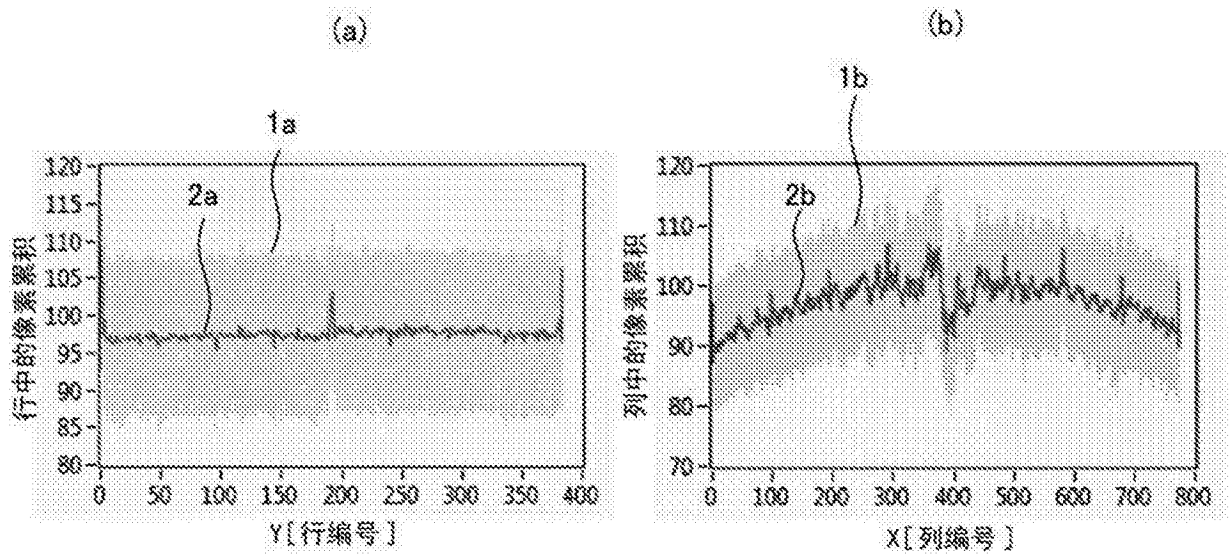


图7

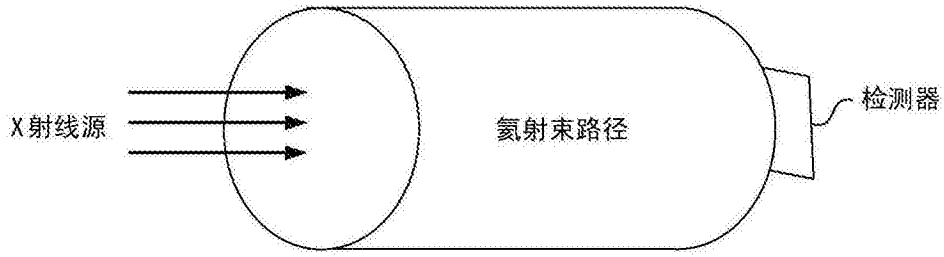


图8