



(10) **DE 10 2014 223 692 A1** 2015.05.28

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 223 692.4**

(22) Anmeldetag: **20.11.2014**

(43) Offenlegungstag: **28.05.2015**

(51) Int Cl.: **G01N 23/207** (2006.01)  
**G03B 42/02** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**2013-242291** **22.11.2013** **JP**

(71) Anmelder:  
**RIGAKU CORPORATION, Tokyo, JP**

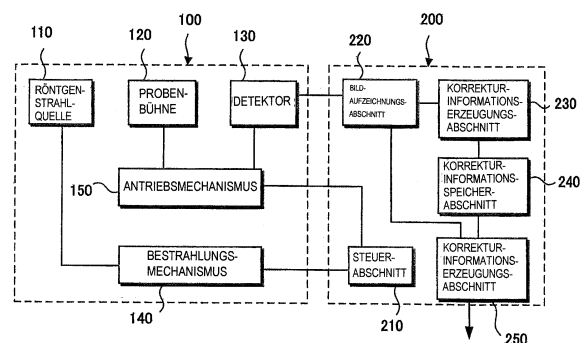
(74) Vertreter:  
**HOFFMANN - EITLE Patent- und Rechtsanwälte  
PartmbB, 81925 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Sakumura, Takuto, c/o RIGAKU CORPORATION,  
Tokyo, JP; Nakaye, Yasukazu, c/o RIGAKU  
CORPORATION, Tokyo, JP**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Korrekturinformationserzeugungsverfahren und Korrekturinformationserzeugungs-  
vorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Ein Korrekturinformationserzeugungsverfahren und eine Korrekturinformationserzeugungs-  
vorrichtung, die einfache Flachfeldkorrekturoperation ermöglicht, ohne spezielle Zubehörausrüstung, werden be-  
reitgestellt. Das Korrekturinformationserzeugungsverfahren zum Durchführen von Flachfeldkorrektur von Röntgendetek-  
tionssensitivität auf einen Pixeldetektor beinhaltet die Schritte: Bewegen der Relativposition eines Detektor 130 in Bezug  
auf einen einfallenden Röntgenstrahl mit einer Querschnitts-  
strahlform, die eine Detektionsoberfläche so quert, dass die  
gesamte Detektionsoberfläche mit dem einfallenden Rönt-  
genstrahl in der Gesamtzeit bestrahlt wird und jedes von in  
einer Bewegungsrichtung angeordneten Pixeln gleichförmig  
bestrahlt wird; und Erzeugen von Informationen zum Kor-  
rigieren der Sensitivität eines Pixels, basierend auf einem  
für ein gegebenes Energieband des einfallenden Röntgen-  
strahls detektierten Intensitätswert.



**Beschreibung****HINTERGRUND DER ERFINDUNG****Gebiet der Erfindung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Korrekturinformationserzeugungsverfahren und eine Korrekturinformationserzeugungsanordnung zum Durchführen von Flachfeldkorrektur von Röntgenstrahldetektionssensitivität an einem Pixeldetektor.

**Beschreibung verwandten Stands der Technik**

**[0002]** Es wird Flachfeldkorrektur genannt, Sensitivität zu korrigieren, die sich pro Pixel in einem Pixeldetektor unterscheidet, so dass die tatsächliche Sensitivität praktisch gleichförmig wird. Eine Flachfeldkorrektur des Pixeldetektors, die durch Normalisieren der Werte von Zählungen ausgeführt wird, die von jedem Pixel gelesen werden, ist wirksam bei ein- oder mehrdimensionalen Detektoren.

**[0003]** Wenn ein Detektor mit einem gleichförmigen Röntgenstrahl bestrahlt wird, würden Auslesekanäle jedes Pixel dieselbe Anzahl von Zählungen messen. Jedoch wird eine Differenz bei den Sensitivitätsparametern pro Pixel aufgrund einer Differenz bei der Sensitivität auftreten, und die Anzahl von Zählungen wird sich pro Pixel unterscheiden. Um einen solchen Effekt zu reduzieren, wird eine Flachfeldkorrektur ausgeführt.

**[0004]** Bei einer Standardkorrekturprozedur werden Zähler aller Pixel gemessen, indem gleichförmige Röntgenstrahlen auf einen Detektor gestrahlt werden und die gemessenen Werte normalisiert werden. Das heißt, durch Sicherstellen, dass die gesamte Detektoroberfläche mit Röntgenstrahlen derselben Intensität bestrahlt wird, indem eine Röntgenstrahlquelle und der Detektor so angeordnet werden, dass eine lange Distanz zwischen ihnen aufrechterhalten wird, um Röntgenstrahlen so gleichförmig wie möglich zu machen, und Korrekturkoeffizienten basierend auf der Voraussetzung berechnet werden, dass die ermittelten Werte von Zählungen tatsächlich dieselbe Intensität haben sollten.

**[0005]** Fig. 8 ist eine schematische perspektivische Ansicht, die ein konventionelles Verfahren zum Korrigieren der Sensitivität eines Detektorpixels illustriert. Wie in Fig. 8 illustriert, wird in der oben beschriebenen Prozedur der Detektor mit einem Röntgenstrahler seine Röntgenstrahlquelle über einen Strahlpfad durch eine Heliumkammer bestrahlt, die ausgelegt ist, die räumliche Streuung der Röntgenstrahlen zu minimieren.

**[0006]** Andererseits gibt es auch Patentedokumente, die ein Korrekturverfahren vorschlagen. Im Patentedo-

kument 1 wird als konventionelle Technologie zum Korrigieren von Zeitdegradierung eine Referenzlichtquelle ein Verfahren, das eine Korrekturprozedur unter Verwendung von Daten, wenn ein akkumulatives Phosphorblatt gleichmäßig mit Röntgenstrahlen bestrahlt wird, ausführt, offenbart. In Patentedokument 2 wird ein Verfahren, das eine Sensitivitätskorrektur durch einen Schritt des gleichförmigen Exponierens eines akkumulativen Phosphorblatts durch Übertragen des Blatts während eine Röntgenstrahlerzeugungsanordnung in einer Breitenrichtung bewegt wird, exponiert wird, offenbart. In Patentedokument 3 wird ein Verfahren, das tote Pixel durch die Schritte des Aufzeichnens eines ersten Datensatzes, dann Verschieben einer Detektionsfläche zum Aufzeichnen eines zweiten Datensatzes und Überlagern des zweiten Datensatzes und des ersten Datensatzes reduziert, offenbart.

**Patentedokumente****[0007]**

Patentedokument 1: JP-A 2004-128695

Patentedokument 2: JP-A 2004-191789

Patentedokument 3: US Patenveröffentlichung Nr. 2005/0259790

**[0008]** Jedoch ist es schwierig, die oben erwähnte Flachfeldkorrektur eines Detektorpixels auf einer Anwenderseite durch Anbringen spezieller Ausrüstung durchzuführen, welche eine Flachfeldkorrektur in einem Röntgenstrahldiffraktometer ermöglicht, im Hinblick auf Kosten und Raum für die Korrekturausrüstung. Weiter kann beispielsweise als ein technologisches Problem der Korrekturkoeffizient abhängig von der Temperatur während der Messung abweichen. Beispielsweise in einem Fall, bei dem eine bei 25°C korrigierte Vorrichtung unter einer Umgebung von 35°C verwendet wird, ist es besser, eine Korrektur vor Ort, wo die Vorrichtung verwendet wird, auszuführen.

**Zusammenfassung der Erfindung**

**[0009]** Die vorliegende Erfindung, die im Hinblick auf eine solche Situation gemacht worden ist, hat als Aufgabe, ein Korrekturinformationserzeugungsverfahren und eine Korrekturinformationserzeugungsanordnung bereitzustellen, die einen Flachfeldkorrekturbetrieb einfach ohne spezielle Zubehörausrüstung ermöglicht.

(1) Um die oben erwähnte Aufgabe zu lösen, ist das Korrekturinformationserzeugungsverfahren der vorliegenden Erfindung zum Durchführen von Flachfeldkorrektur einer Röntgendetektionssensitivität an einem Pixeldetektor dadurch gekennzeichnet, dass es die Schritte enthält: Bewegen der Relativposition eines Detektors in Bezug auf eine einfallende Röntgenstrahlung mit einer Querschnittsstrahlform, welche die Detekti-

onsoberfläche so schneidet, dass die gesamte Detektionsoberfläche mit dem einfallenden Röntgenstrahl in der Gesamtzeit bestrahlt wird und jedes von in der Bewegungsrichtung angeordneten Pixeln gleichförmig bestrahlt wird; und Erzeugen von Information zum Korrigieren der Sensitivität eines Pixels, basierend auf einem für ein gegebenes Energieband des einfallenden Röntgenstrahls detektierten Intensitätswert.

Daher wird eine Flachfeldkorrekturoperation ohne spezielle Zubehörausrüstung leicht ermöglicht, somit wird selbst mit einem bereits verwendeten Röntgenstrahldiffraktometer eine Flachfeldkorrekturoperation leicht vor Ort ermöglicht.

(2) Weiter ist das Verfahren zum Erzeugen von Korrekturinformation der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass der einfallende Röntgenstrahl ein Diffraktionsröntgenstrahl ist und die relative Bewegungsrichtung des Detektors in Bezug auf den einfallenden Röntgenstrahl eine Diffraktionswinkelrichtung des Diffraktionsröntgenstrahls ist.

Dies ermöglicht eine virtuelle Flachfeldbestrahlung unter Verwendung eines gleichförmigen Hochintensitätsröntgenstrahls. Durch Bestrahlen mit Hochintensitätsröntgen wird eine Flachfeldkorrekturoperation effektiver in einer kurzen Zeit ermöglicht.

(3) Weiter ist das Verfahren zum Erzeugen von Korrekturinformation der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass der einfallende Röntgenstrahl ein Debye-Ring ist. Dies ermöglicht die virtuelle Flachfeldbestrahlung unter Verwendung des gleichförmigen Hochintensitätsröntgenstrahls.

(4) Weiter ist das Korrekturinformationserzeugungsverfahren der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass die Information zum Korrigieren der Sensitivität des Pixels unter einer Annahme, dass jedes der in der Bewegungsrichtung angeordneten Pixel bei gleichförmig integrierter Intensität bestrahlt wird. Dies ermöglicht Sensitivitätskorrektur für jedes Pixel in einfacher Weise ohne Ausführung sphärischer Korrektur.

(5) Weiter ist das Verfahren zum Erzeugen von Korrekturinformation der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass die Information zum Korrigieren der Sensitivität des Pixels unter einer Annahme erzeugt wird, dass der detektierte Intensitätswert sphärisch korrigiert wird und die gesamte Detektionsoberfläche bei gleichförmig integrierter Intensität bestrahlt wird. Dies ermöglicht eine präzisere Korrektur unter Verwendung der gesamten Detektionsoberfläche.

(6) Weiter ist das Verfahren zum Erzeugen von Korrekturinformation der vorliegenden Erfindung dadurch gekennzeichnet, dass die Information zum Korrigieren der Sensitivität des Pixels eine Tabelle ist, die einen Korrekturkoeffizienten jedes der Pixel beinhaltet. Dies ermöglicht leichte Sen-

sitivitätskorrektur für jedes Pixel durch Multiplizieren detektierter Intensität, die aus der Tabelle ausgelesen wird.

(7) Weiterhin, die Korrekturinformationserzeugungs Vorrichtung der vorliegenden Erfindung, die eine Vorrichtung zum Erzeugen von Korrekturinformation zum Durchführen von Flachfeldkorrektur der Röntgendetektionssensitivität an einem Pixeldetektor ist, gekennzeichnet durch Beinhaltens eines Korrekturinformationserzeugungsabschnitts, der Information zum Korrigieren der Sensitivität eines Pixels erzeugt, basierend auf einem für ein gegebenes Energieband des einfallenden Röntgenstrahls detektierten Intensitätswert, durch Bewegen der Relativposition eines Detektors in Bezug auf den einfallenden Röntgenstrahl, der eine Querschnittsstrahlform aufweist, welche die Detektionsoberfläche so kreuzt, dass die gesamte Detektionsoberfläche mit dem einfallenden Röntgenstrahl in der Gesamtzeit bestrahlt wird und jedes der in der Bewegungsrichtung angeordneten Pixel gleichförmig bestrahlt wird. Dies ermöglicht eine leichte Flachfeldkorrekturoperation ohne spezielle Zubehörausrüstung.

**[0010]** Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Flachfeldkorrekturoperation leicht durchgeführt werden, ohne spezielle Zubehörausrüstung, und selbst mit einem bereits verwendeten Röntgendiffraktometer wird eine Flachfeldkorrekturoperation leicht vor Ort ermöglicht.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0011]** Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, welches die Konfigurationen eines Röntgendiffraktometers und einer Vorrichtung zum Erzeugen von Korrekturinformation illustriert;

**[0012]** Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht, welche die Konfiguration des Röntgendiffraktometers illustriert;

**[0013]** Fig. 3 ist ein Flussdiagramm, das ein Flachfeldkorrekturverfahren illustriert;

**[0014]** Fig. 4 ist eine Ansicht, die Bilder illustriert, in denen ein Debye-Ring in jeder Zeit detektiert wird;

**[0015]** Fig. 5 ist eine Ansicht, die Bilder illustriert, in denen jeweils integrierte Zählungen aufgezeichnet werden;

**[0016]** Fig. 6 ist eine Ansicht, die ein Bild illustriert, in welchem die gesamten integrierten Zählungen, subtrahiert um Zählungen aufgrund von Streuung, aufgezeichnet werden;

**[0017]** Fig. 7A ist ein Graph, der die Verteilung von Zählungen in einer Bewegungsrichtung illustriert;

**[0018]** Fig. 7B ist ein Graph, der den Durchschnittswert der integrierten Zählungen in einer Richtung rechtwinklig zur Bewegungsrichtung illustriert; und

**[0019]** Fig. 8 ist eine schematische perspektivische Ansicht, die ein konventionelles Sensitivitätskorrekturverfahren eines Detektionspixels illustriert.

#### Detaillierte Beschreibung der Erfindung

**[0020]** Als Nächstes werden Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf Zeichnungen beschrieben. Um das Verständnis der Beschreibung zu erleichtern, sind in jeder Zeichnung dieselben Bezugszeichen an denselben Komponenten angebracht und eine duplizierte Beschreibung wird weggelassen.

#### Beste Modi zum Ausführen der Erfindung

##### (Röntgendiffraktometer)

**[0021]** Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das Konfigurationen eines Röntgendiffraktometers **100** und einer Korrekturinformationserzeugungsvorrichtung **200** illustriert. Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht, welche die Konfiguration des Röntgendiffraktometers **100** illustriert. Wie in den Fig. 1 und Fig. 2 illustriert, beinhaltet das Röntgendiffraktometer **100** eine Röntgenstrahlquelle **110**, eine Probenbühne **120**, einen Detektor **130**, einen Bestrahlungsmechanismus **140** und einen Antriebsmechanismus **150**.

**[0022]** Die Röntgenstrahlquelle **110** besteht aus einer Röntgenröhre und strahlt charakteristische Röntgenstrahlen wie etwa Cu und Mo ab. Monochromatisierte, charakteristische Röntgenstrahlen werden durch einen Kollimator oder dergleichen zu parallelen Strahlen geformt, die einen gegebenen Durchmesser aufweisen, und werden dann auf eine polykristalline Probe S gestrahlt. Die gestrahlten Röntgenstrahlen werden um die Probe S in einem Winkel  $2\theta$  als Diffraktionsröntgenstrahlen gestreut, welche die Polykristallinprobe S gebrochen werden, und dringen in die Detektionsoberfläche des Detektor **130** ein.

**[0023]** Die Probenbühne **120** hält drehbar Pulverkristalle als eine Probe S. Als die Probe S wird beispielsweise Silizium oder Aluminiumoxidpulver verwendet. Wenn eine Siliziumpulverprobe verwendet wird, wird ein Diffraktionsröntgenstrahl einer hohen Intensität erhalten und wenn eine Aluminiumoxidpulverprobe verwendet wird, wird ein Diffraktionsröntgenstrahl hoher Gleichförmigkeit bei der Intensität erhalten. Die Probenbühne **120** kann eine sein, die um einen Winkel  $\theta$  rotiert, während sie mit einer  $2\theta$ -Rotation des Detektor **130** gekoppelt ist, ist aber bevorzugt eine, welche unabhängig vom Detektor **130** rotiert, so dass ein gleichförmiger Diffraktionsröntgenstrahl erzeugt wird.

**[0024]** Obwohl ein zu verwendender Diffraktionsröntgenstrahl nicht besonders beschränkt ist, ist es wahrscheinlich, dass ein Diffraktionsröntgenstrahl aus einer weitgewinkelten kristallinen Ebene zu einer geraden Linie auf der Detektionsoberfläche wird, wodurch Korrektur leichtgemacht wird. Weiter, selbst wenn die Diffraktionswinkel von 2 Diffraktionsröntgenstrahlen nah aneinander sind, wird eine gleichförmige Bestrahlung ermöglicht, indem beide Röntgenstrahlen die Detektionsoberfläche passieren.

**[0025]** Der Detektor **130** detektiert einen einfallenden Röntgenstrahl, der eine Querschnittsstrahlform hat, die seine Detektionsoberfläche quert. Der Detektor **130**, der ein Pixeldetektor ist, kann ein ein-dimensionaler Detektor, jedoch vorzugsweise ein zwei-dimensionaler Detektor sein. Spezifisch ist der Detektor **130** vorzugsweise ein wellenlängenabhängiger zweidimensionaler Detektor, der zum Identifizieren von Energie in der Lage ist.

**[0026]** Der ein-dimensionale Detektor ist ein Röntgendetektor mit einer Positionsauflösung einer Röntgenintensität auf einer geraden Linie. Beispielsweise kann der ein-dimensionale Detektor durch Anordnen einer Mehrzahl von kleinsten Röntgenfotoakzeptanzeinheiten gebildet werden, dessen Röntgenstrahlung in einer Form einer geraden Linie detektierbar ist. Der zwei-dimensionale Detektor ist ein Röntgendetektor mit einer Positionsauflösung der Röntgenintensität auf einer Ebene. Beispielsweise kann der zwei-dimensionale Detektor mit einem Halbleiterröntgendetektor gebildet werden, der durch Anordnen einer Mehrzahl von kleinen Röntgenfotoakzeptanzeinheiten auf einer Ebene detektiert ist, und kann einen Röntgenstrahl pro Pixel detektieren und ein Signal pro Pixel ausgeben. Als Beispiele solcher Halbleiterfotoakzeptanzeinheit gibt es CCD und CMOS.

**[0027]** Der Detektor **130** kann die Relativposition des Detektors **130** in Bezug auf einen einfallenden Röntgenstrahl so bewegen, dass die gesamte Detektionsoberfläche mit dem Röntgenstrahl die gesamte Zeit bestrahlt werden kann. Weiter kann die Relativposition des Detektors **130** in Bezug auf die einfallende Röntgenstrahlung längs der Bewegungsrichtung des Röntgenstrahls zum Detektor **130** so bewegt werden, dass jedes Pixel des Detektors **130** mit derselben integrierten Intensität bestrahlt werden kann.

**[0028]** Spezifisch wird es bevorzugt, dass der Detektor **130** so gehalten wird, dass er bei einer konstanten Geschwindigkeit auf einem Kreis um die Probe S in Richtung eines Diffraktionswinkels beweglich ist, während ein Diffraktionsröntgenstrahl detektiert wird. Als ein am Detektor **130** zu bestrahlender, einfallender Röntgenstrahl kann ein zerstreuter Strahl amorpher Kohlenstoffs verwendet werden, aber in diesem Fall wird die Intensität kleiner als im Fall eines Diffraktionsröntgenstrahls. Der Rotationsarm eines Gonio-

mers kann zur Bewegung des Detektors **130** beispielsweise verwendet werden. Zum Steuern der Bewegung des Detektors **130** kann die Abtastfunktion in üblicher Messung eines Diffraktionsröntgenstrahls so verwendet werden, wie sie vorliegt.

**[0029]** Der Bestrahlungsmechanismus **140**, der mit einer Stromversorgung und Schaltungen konfiguriert ist, steuert die Bestrahlung eines Röntgenstrahls aus der Röntgenstrahlquelle **110**. Der Antriebsmechanismus **150** steuert die Rotation der Probenbühne **120** und die Bewegung des Detektors **130**. Im Falle der Verwendung eines Diffraktionsröntgenstrahls wird der Detektor **130** in der Richtung des Diffraktionswinkels bewegt.

**[0030]** Die oben erwähnte Konfiguration kann selbst an eine Röntgenvorrichtung für Fabriklinien eines Halbleiters angewendet werden. Eine aus der Röntgenstrahlquelle **110** emittierter direkter Strahl wird durch einen Abschwächer abgeschwächt und wird durch einen Schlitz in einen Strahl eingeeengt, der im Querschnitt eine dünne Linienform aufweist, der auf den Detektor **130** gestrahlt wird. In diesem Fall, obwohl Strahlen in breiten Energiebändern in dem direkten Strahl enthalten sind, ist es nur notwendig, einen Strahl in einem Energieband zu detektieren, das für die Seite des Detektors **130** notwendig ist.

(Korrekturinformationserzeugungsvorrichtung)

**[0031]** Die Korrekturinformationserzeugungsvorrichtung **200** führt eine Flachfeldkorrektur von Röntgendetektionssensitivität am Detektor **130** durch die Schritte des Aufzeichnens von erhaltenen Bilddaten gleichförmiger Bestrahlung und Erzeugen von Korrekturinformation unter Verwendung der aufgezeichneten Bilddaten durch. Wie in **Fig. 1** illustriert, beinhaltet die Korrekturinformationserzeugungsvorrichtung **200**, die beispielsweise aus Servern aufgebaut ist, einen Steuerabschnitt **210**, einen Bildaufzeichnungsabschnitt **220**, einen Korrekturinformationserzeugungsabschnitt **230**, einen Korrekturinformationsspeicherabschnitt **240** und einen Korrekturabschnitt **250**.

**[0032]** Der Steuerabschnitt **210** ermöglicht gleichförmige Röntgenbestrahlung auf den Detektor **130** durch die Schritte: Steuern des Bestrahlungsmechanismus **140** und des Antriebsmechanismus **150**; und Verriegeln des Bestrahlungsmechanismus **140** und des Antriebsmechanismus **150**. Die Röntgenstrahlquelle **110** emittiert einen gegebenen Röntgenstrahl zur Bestrahlung der Probe **S**, dann wird der Detektor **130** um eine gegebene Distanz auf einem Kreis bewegt und wird die Probenbühne **120** rotiert.

**[0033]** Der Bildaufzeichnungsabschnitt **220** zeichnet die Bilddaten der Intensitätsverteilung auf, die durch den Detektor **130** so wie sie sind, ermittelt werden.

In diesem Fall wird die Anzahl von Zählungen (Intensitätswert) von durch den Detektor **130** detektierten Röntgenstrahlen für ein gegebenes Energieband aufgezeichnet.

**[0034]** Der Korrekturinformationserzeugungsabschnitt **230** erzeugt Korrekturinformation, basierend auf der Anzahl von Zählungen von Röntgenstrahlen, die für ein gegebenes Energieband detektiert werden. Korrekturinformation ist Information zum Korrigieren der Sensitivität jedes Pixels des Detektor **130**, beispielsweise ist sie eine Tabelle, die einen Korrekturkoeffizienten für jeden Pixel enthält. Daher kann eine Flachfeldkorrekturinformation in Bezug auf eine gegebene Energie erzeugt werden, was somit eine leichte Flachfeldkorrekturoperation selbst einem Röntgendiffraktometer vor Ort ermöglicht.

**[0035]** Der Korrekturkoeffizient eines spezifischen Pixels wird beispielsweise durch die Schritte des Berechnens eines Durchschnittswerts von Pixeln, die den spezifischen Pixel enthalten, wo die Korrekturkoeffizienten derselbe sein sollten, und Ausführen der Berechnung: (Durchschnittswert)/(Anzahl von Zählungen des spezifischen Pixels) ermittelt. Zusätzlich wird als die Zahl von Zählungen die Zahl von Zählungen, die durch Subtrahieren des Hintergrundes von den ermittelten Bilddaten erhalten wird, verwendet, und wird eine Streuung asymmetrischen Primärlichtes entfernt.

**[0036]** Der Korrekturinformationsspeicherabschnitt **240** memorisiert erzeugte Korrekturinformation, wie etwa eine Tabelle. Der Korrekturabschnitt **250** liest Korrekturinformation, die im Korrekturinformationsspeicherabschnitt **240** memorisiert ist, aus, und führt eine Flachfeldkorrektur an während eines tatsächlichen Experiments unter Verwendung der Korrekturinformation aufgezeichneter Bilddaten durch und gibt die sich ergebenden Bilddaten aus. Die ausgegebenen Bilddaten werden an beispielsweise an einen PC eines Anwenders übertragen.

(Flachfeldkorrekturverfahren)

**[0037]** Die oben erwähnte Konfiguration verwendend kann eine Flachfeldkorrektur der Röntgendetektionssensitivität am Detektor **130** durchgeführt werden. **Fig. 3** ist ein Flussdiagramm, das ein Flachfeldkorrekturverfahren illustriert. Anfangs, wie in **Fig. 3** illustriert, wird eine Bestrahlung mit einem Röntgenstrahl, der eine Querschnittsstrahlform aufweist, welche die Detektionsoberfläche quert, auf den Detektor **130** gestartet (Schritt **S1**). Wie im oben erwähnten Fall wird es bevorzugt, einen Diffraktionsröntgenstrahl als solch einen Röntgenstrahl zu verwenden. Dies ermöglicht eine Flachfeldkorrekturoperation in einer kurzen Zeit. Der Diffraktionsröntgenstrahl sollte nicht notwendigerweise verwendet werden.

den, stattdessen kann ein durch einen Schlitz begrenzter direkter Strahl verwendet werden.

**[0038]** In einem Fall, bei dem der Detektor **130** mit einem Diffraktionsröntgenstrahl bestrahlt wird, wird eine virtuelle Flachfeldbestrahlung unter Verwendung eines gleichförmigen Hochintensitätsröntgenstrahls ermöglicht. Durch Bestrahlung mit einem Hochintensitätsröntgenstrahl wird eine effektivere Flachfeldkorrekturoperation in kurzer Zeit ermöglicht. Zusätzlich ist in diesem Fall die Bewegungsrichtung des einfallenden Röntgenstrahls in Bezug auf den Detektor **130** die Richtung des Diffraktionswinkels eines Diffraktionsröntgenstrahls.

**[0039]** Es ist bevorzugter, dass ein Diffraktionsröntgenstrahl ein Debye-Ring ist. In einem Fall, bei dem der Diffraktionsröntgenstrahl einen enthält, der durch eine orientierte Struktur gebeugt ist, kann der Detektor **130** nicht mit einem Röntgenstrahl bestrahlt werden, der in einer Ringform gleichförmig ist. Jedoch wird unter Verwendung eines Debye-Rings eine virtuelle Flachfeldbestrahlung unter Verwendung eines gleichförmigen Hochintensitätsröntgenstrahls mit einer Querschnittsstrahlform, welche die Detektionsoberfläche quert, ermöglicht. In einem Fall, bei dem die Flachfeldkorrektur unter Verwendung eines Diffraktionsröntgenstrahls einer orientierten Probe **S** ausgeführt wird, statt eines Debye-Rings, da die Uniformität in einer Richtung rechtwinklig zur Bewegungsrichtung (Abtastrichtung) nicht durch sphärische Korrektur alleine sichergestellt ist, wird es bevorzugt, eine Korrektur nur für die Bewegungsrichtung auszuführen.

**[0040]** Die Relativposition des Detektors **130** wird in Bezug auf den Röntgenstrahl bewegt, wie oben erwähnt, so dass die gesamte Detektionsoberfläche mit dem Röntgenstrahl in der Gesamtzeit bestrahlt wird (Schritt S2). Zu dieser Zeit wird die Relativposition des Röntgenstrahls in Bezug auf den Detektor **130** längs der Bewegungsrichtung des Röntgenstrahls so bewegt, dass jedes Pixel des Detektors **130** mit derselben integrierten Intensität bestrahlt wird. Zusätzlich, obwohl im obigen Konfigurationsfall der Detektor **130** bewegt wird, kann die Röntgenstrahlquelle **110** bewegt werden. Selbst für einen Strahl, der eine Querschnittsform aufweist, wird durch Bewegen des Detektors um den Abstand von drei Blättern von Detektionsoberflächen eine gleichförmige Bestrahlung ermöglicht.

**[0041]** Falls beispielsweise der Detektor **130** zu einem Röntgenstrahl mit einem Querschnitt einer Bogenform bewegt wird, bewegt der Bogen das Innere der Detektionsoberfläche des Detektors **130**. Durch Integrieren von Bestrahlungsbeträgen des Bogens auf die Detektionsoberfläche des Detektors **130** könnten Bestrahlungsmengen durch die Bewegung des Bogens für alle Pixel integriert werden. Eine

Flachfeldkorrektur wird unter Verwendung solcher integrierter Röntgendetektionsdaten ausgeführt. Weiter ist auch möglich, ein schlechtes Pixel aus den ermittelten Daten zu bestimmen.

**[0042]** Selbst in einem Fall der Verwendung eines Debye-Rings, da sich die Röntgenintensität abhängig von der Distanz vom Zentrum zu einer Messposition ändert, tendiert die Anzahl von Zählungen dazu, im Zentrum groß zu sein und tendiert dazu, an den beiden Enden in der Breitenrichtung der Detektionsoberfläche klein zu sein. Durch Ausführen sphärischer Korrektur an der Intensität, die eine solche Differenz aufweist, kann die Berechnung als gleichförmige Intensität ausgeführt werden. Die sphärische Korrektur hat einen Zweck, den Einfluss zu korrigieren, dass sich ein Röntgenstrahl, der ursprünglich die gleiche Intensität auf einer Kugel aufweist, erweitert, indem er auf eine Ebene projiziert wird.

**[0043]** Auf diese Weise, basierend auf der Anzahl von Zählungen der Röntgenstrahlen, welche für ein gegebenes Energieband detektiert werden, wird Korrekturinformation zum Korrigieren der Sensitivität jedes Pixels des Detektors **130** erzeugt (Schritt S3). Dies ermöglicht eine einfache Flachfeldkorrekturoperation ohne spezielle Zubehörausrüstung, selbst wenn das Röntgendiffraktometer **100** bereits durch einen Anwender verwendet wird.

**[0044]** In einem Fall, bei dem Flachfeldbestrahlung unter Verwendung eines Röntgenstrahls mit einer anderen Energie ausgeführt wird, kann beispielsweise ein Röntgenstrahl in einem konstanten Energieband, beispielsweise (Mo)-Röntgen verwendet werden. Jedoch kann in einem Fall der Verwendung eines direkten Strahls aus der Röntgenstrahlquelle **110** die Detektor-**130**-Seite so justiert werden, dass sie die Intensität nur für ein spezifisches Energieband detektiert.

**[0045]** Zusätzlich ist bezüglich der Korrekturinformation sie vorzugsweise eine Tabelle, die einen Korrekturkoeffizienten jedes der Pixel enthält. Dies ermöglicht eine Sensitivitätskorrektur für jedes Pixel in einfacher Weise durch Lesen der Tabelle und ihr Multiplizieren mit der detektierten Intensität.

**[0046]** Als Nächstes wird Information zum Korrigieren der Sensitivität jedes Pixels des Detektors **130** unter einer Annahme erzeugt, dass jedes längs der Bewegungsrichtung angeordnete Pixel mit einem Röntgenstrahl bei gleichförmig integrierter Intensität bestrahlt wird. Dies ermöglicht Sensitivitätskorrektur für jedes Pixel in einfacher Weise ohne Ausführen von sphärischer Korrektur. Zusätzlich kann eine solche Operation durch die Korrekturinformationserzeugungsvorrichtung **200**, die mit dem Röntgendiffraktometer **100** verbunden ist, durchgeführt werden.

**[0047]** Zusätzlich ist es im Falle der Verwendung eines Debye-Rings als einem Röntgenstrahl, der den Detektor **130** zu bestrahlen hat, bevorzugt, die Information zum Korrigieren der Sensitivität jedes Pixels des Detektor **130** unter der Annahme zu erzeugen, dass die Anzahl von Zählungen detektierter Röntgenstrahlen sphärisch korrigiert ist und die gesamte Detektionsoberfläche mit gleichförmiger, integrierter Intensität bestrahlt wird. Dies ermöglicht eine präzise Korrektur unter Verwendung der gesamten Detektionsoberfläche. Weiterhin, wenn die Distanz von der Probe S bis zum Detektor **130** länger wird, wird spärische Korrektur nicht nötig sein.

**[0048]** Die wie oben erwähnt erzeugte Korrekturinformation wird im Korrekturinformationsspeicherabschnitt **240** memorisiert (Schritt S4). Bei Detektion eines Diffraktionsröntgenstrahls in einem Experiment (Schritt S5) wird die memorisierte Korrekturinformation auf gelesen (Schritt S6) und wird eine Korrektur durch Anwenden der Information auf den detektierten Röntgenstrahl ausgeführt (Schritt S7). Dann wird das korrigierte Röntgenstrahldiffraktionsmusterbild nach außen ausgegeben (Schritt S8). Auf diese Weise können Fehler bei den Röntgenzählungen korrigiert werden.

**[0049]** Zusätzlich kann durch Ausführen von Messung unter derselben Bedingung und Vergleichen des Ergebnisses mit der Sensitivität einer früheren Messung auch eine zeitliche Änderung der Sensitivität bestätigt werden. In diesem Fall wird, ob die Röntgenstrahlquelle **110** oder der Detektor **130** degradiert ist oder nicht, dadurch bestimmt, ob die korrigierte Durchschnittsintensität (anstelle des Korrekturkoeffizienten) einen gegebenen Referenzwert übersteigt oder nicht. Die Durchschnittsintensität wird zusammen mit dem Korrekturkoeffizienten memorisiert, wenn der Korrekturkoeffizient berechnet wird.

(Arbeitsbeispiel)

**[0050]** Die vorliegenden Erfinder haben ein virtuelles Flachfeldbestrahlungsexperiment unter Verwendung des Röntgendiffraktometers **100** wie oben erwähnt ausgeführt und bestätigt, das eine Korrekturinformation zum Ausführen von Flachfeldkorrektur erzeugt werden kann. Anfangs zeichnen wir einen Röntgenschuss auf, während der Detektor **130** relativ zu einem Debye-Ring bewegt wurde. Das Schießen wurde durch Bewegen des mit einem Chip-Modul versehenen Detektors **130**, der Flachfeldkorrektur unterworfen wurde, bei einer konstanten Geschwindigkeit ausgeführt. Auf diese Weise wurden insgesamt 506 Bilder geschossen. **Fig. 4** ist eine Ansicht, die Bilder illustriert, bei denen ein Debye-Ring alle 60 Blatt jeweils ab dem 130ten Blatt detektiert wird. In der Figur gibt ein Teil mit einer niedrigen Dichte die Anzahl von Zählungen jedes Pixels an. Es ist zu sehen, dass

die Position eines Debye-Rings auf einer Y-Achse abhängig von der Anzahl von Blättern verschoben wird.

**[0051]** **Fig. 5** ist eine Ansicht, die Bilder illustriert, auf welchen integrierte Zählungen bis zum 150ten Blatt bzw. 420ten Blatt aufgezeichnet sind. Sie hat mit **Fig. 4** gemein, dass ein Teil mit niedriger Dichte die Anzahl von Zählungen jedes Pixels angibt. Die Gesamtanzahl von Zählungen jedes Pixels wird berechnet. In **Fig. 5** werden integrierte Zählungen des rechtsseitigen Bildes nicht bis zum Ende integriert, aber es ist zu sehen, dass ein sehr gleichförmiges Bild aufgezeichnet wird, indem die Anzahl von Zählungen in einer Y-Achsenrichtung in der Figur integriert wird. In den Bildern von **Fig. 5** wird der Hintergrund nicht subtrahiert, somit erscheint der Einfluss des Hintergrunds aufgrund einer Streuung, wenn sich die Position näher der Zentrumsseite eines direkten Strahls annähert.

**[0052]** **Fig. 6** ist eine Ansicht, die ein Bild illustriert, auf welchem gesamte integrierte Zählungen, subtrahiert durch Zählungen aufgrund der Streuung, aufgezeichnet werden. Um die Zählungen aufgrund der Streuung zu eliminieren, wurden durch Spezifizieren eines Bildes der Maximalanzahl von Zählungen für jedes Pixel Gesamtzählungen von 10 Blättern vor dem Bild und 10 Blättern nach dem Bild berechnet. Dies repräsentiert das Ergebnis, bei dem nur durch ein Diffraktionsröntgenbild beeinträchtigte Pixel-Werte integriert werden. Obwohl einige Unebenheiten integrierter Zählungen nahe dem Zentrum einer X-Achse zu sehen sind, sind die integrierten Zählungen zumindest in einer Y-Richtung, welches die Bewegungsrichtung ist, gleichförmig.

**[0053]** **Fig. 7A** ist ein Graph, der die Verteilungen **1a** und **2a** von Zählungen in der Bewegungsrichtung illustriert, und **Fig. 7B** ist ein Graph, der die Durchschnittswerte **1b** und **2b** der integrierten Zählungen in einer Richtung rechtwinklig zur Bewegungsrichtung illustriert. Diese illustrieren die Ergebnisse, welche die Gleichförmigkeit der Anzahl von Zählungen in X und Y-Richtungen des Detektors repräsentieren.

**[0054]** Im in **Fig. 7A** illustrierten Ergebnis misst der Durchschnittswert etwa 98 Zählungen, somit wird im Durchschnittswert **2a** der Anzahl von Zählungen längs der Y-Richtung eine scharfe Änderung nicht gesehen. Im in **Fig. 7B** illustrierten Ergebnis nimmt der Durchschnittswert **2b** abhängig von der Distanz ab dem Zentrum des Detektors **130** ab. Eine solche Tendenz kann durch sphärische Korrektur entfernt werden, welche von der Distanz ab der Probe S bis zum Detektor **130** abhängt. Zusätzlich wird eine scharfe Änderung am Zentrum hin zur X-Richtung gesehen, die aufgrund der Unebenheit eines Debye-Rings auftritt. Solch eine Unebenheit kann beispielsweise durch Rotieren der Pulverprobe S verbessert werden. Wie oben beschrieben kann demonstriert wer-

den, dass Korrekturinformation für eine Flachfeldkorrektur unter Verwendung eines Debye-Rings erzeugt werden kann.



**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 2004-128695 A [0007]
- JP 2004-191789 A [0007]
- US 2005/0259790 [0007]

**Patentansprüche**

1. Korrekturinformationserzeugungsverfahren zum Durchführen von Flachfeldkorrektur einer Röntgendetektionssensitivität an einem Pixeldetektor, umfassend die Schritte:

Bewegen der Relativposition eines Detektors in Bezug auf eine einfallende Röntgenstrahlung mit einer Querschnittsstrahlform, welche die Detektionsoberfläche so schneidet, dass die gesamte Detektionsoberfläche mit dem einfallenden Röntgenstrahl in der Gesamtzeit bestrahlt wird und jedes von in der Bewegungsrichtung angeordneten Pixeln gleichförmig bestrahlt wird; und

Erzeugen von Information zum Korrigieren der Sensitivität eines Pixels, basierend auf einem für ein gegebenes Energieband des einfallenden Röntgenstrahls detektierten Intensitätswert.

2. Korrekturinformationserzeugungsverfahren gemäß Anspruch 1, wobei der einfallende Röntgenstrahl ein Diffraktionsröntgenstrahl ist und die relative Bewegungsrichtung des Detektors in Bezug auf den einfallenden Röntgenstrahl eine Diffraktionswinkelrichtung des Diffraktionsröntgenstrahls ist.

3. Korrekturinformationserzeugungsverfahren gemäß Anspruch 2, wobei der einfallende Röntgenstrahl ein Debye-Ring ist.

4. Korrekturinformationserzeugungsverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Information zum Korrigieren der Sensitivität des Pixels unter einer Annahme, dass jedes der in der Bewegungsrichtung angeordneten Pixel bei gleichförmig integrierter Intensität bestrahlt wird, erzeugt wird.

5. Korrekturinformationserzeugungsverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Information zum Korrigieren der Sensitivität des Pixels unter einer Annahme erzeugt wird, dass der detektierte Intensitätswert sphärisch korrigiert wird und die gesamte Detektionsoberfläche bei gleichförmig integrierter Intensität bestrahlt wird.

6. Korrekturinformationserzeugungsverfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Information zum Korrigieren der Sensitivität des Pixels eine Tabelle ist, die einen Korrekturkoeffizienten jedes der Pixel beinhaltet.

7. Korrekturinformationserzeugungsanordnung zum Durchführen von Flachfeldkorrektur der Röntgendetektionssensitivität an einem Pixeldetektor, wobei die Vorrichtung umfasst:

einen Korrekturinformationserzeugungsabschnitt, der Information zum Korrigieren der Sensitivität eines Pixels erzeugt, basierend auf einem für ein gegebenes Energieband des einfallenden Röntgenstrahls detektierten Intensitätswert, durch Bewegen der Re-

lativposition eines Detektors in Bezug auf den einfallenden Röntgenstrahl, der eine Querschnittsstrahlform aufweist, welche die Detektionsoberfläche so kreuzt, dass die gesamte Detektionsoberfläche mit dem einfallenden Röntgenstrahl in der Gesamtzeit bestrahlt wird und jedes der in der Bewegungsrichtung angeordneten Pixel gleichförmig bestrahlt wird.

Es folgen 8 Seiten Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

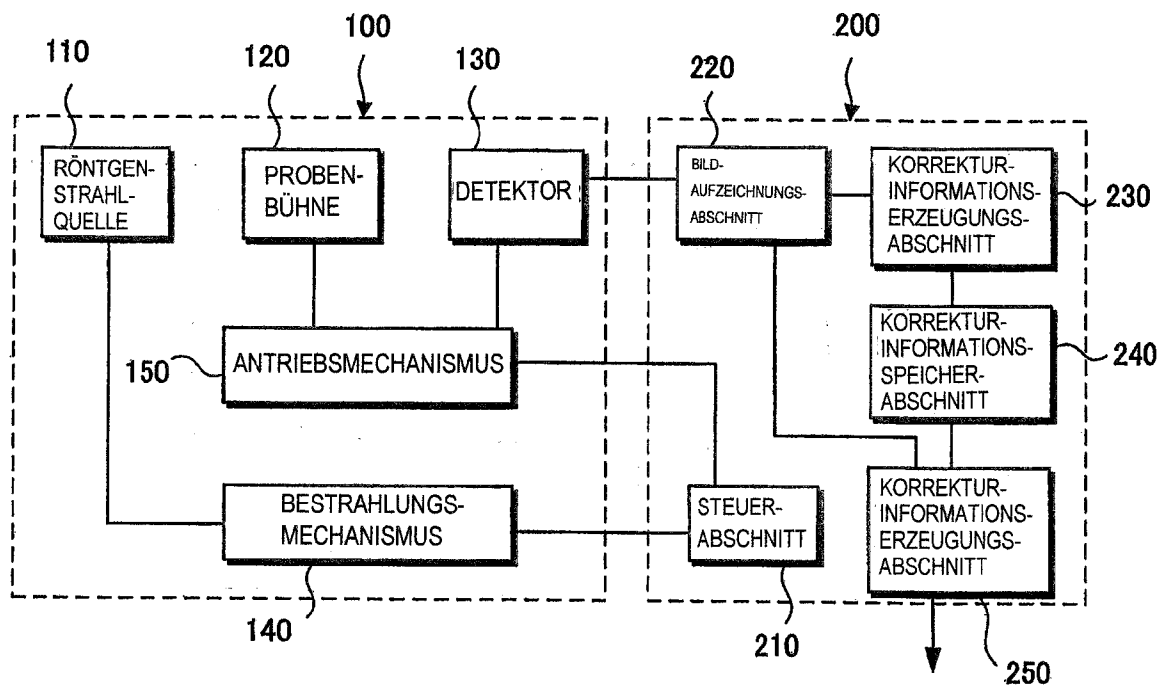


FIG. 1

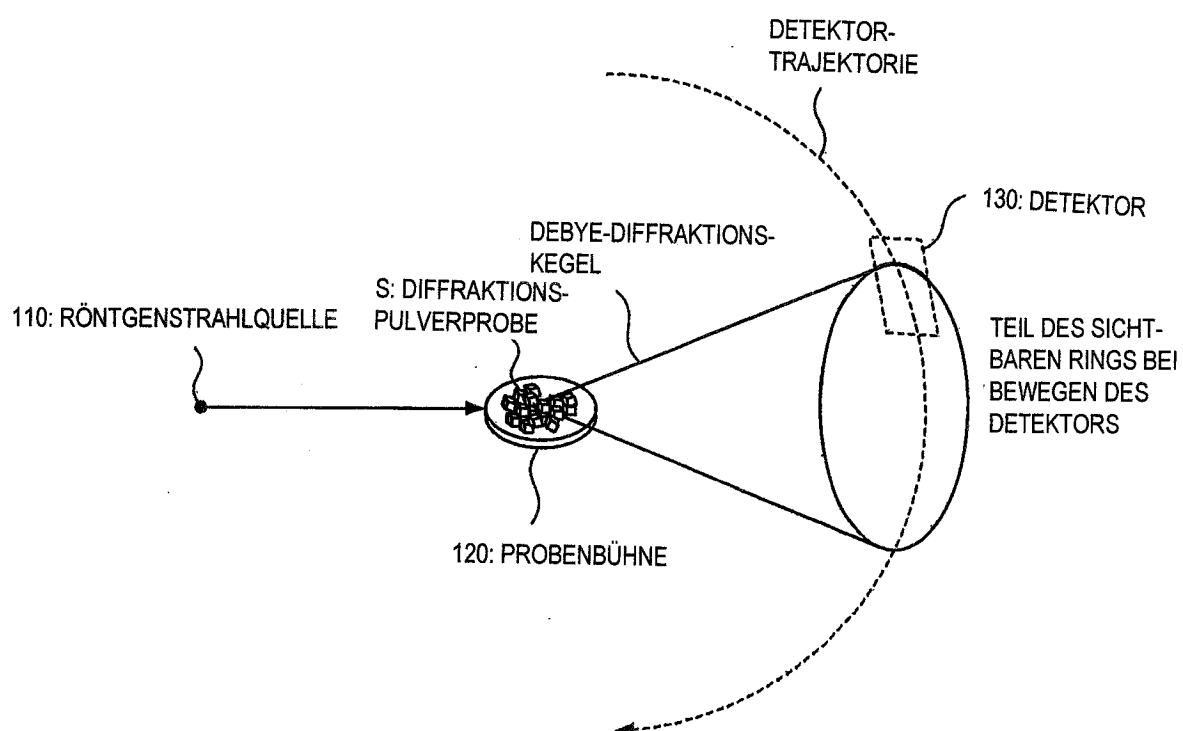


FIG. 2

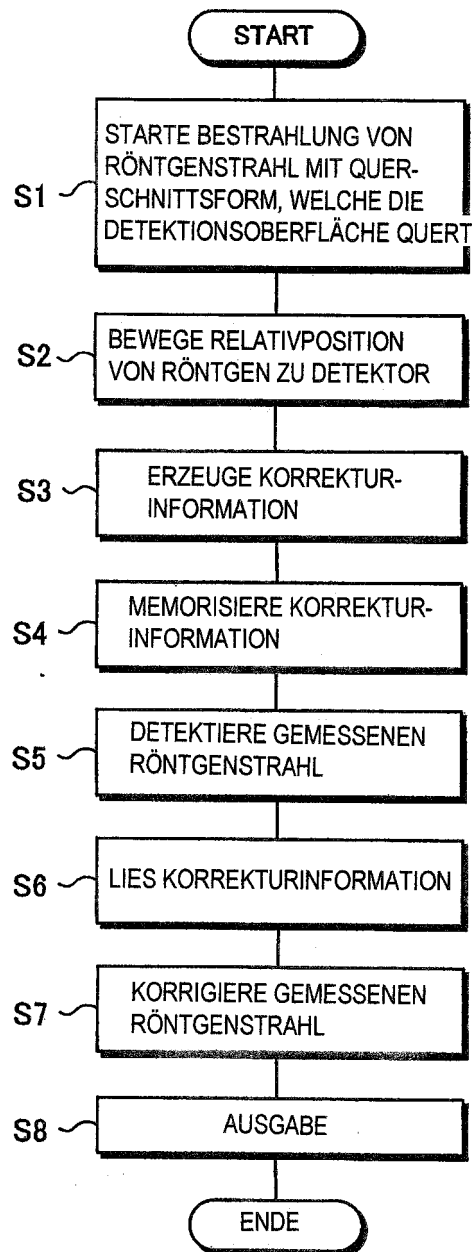


FIG. 3

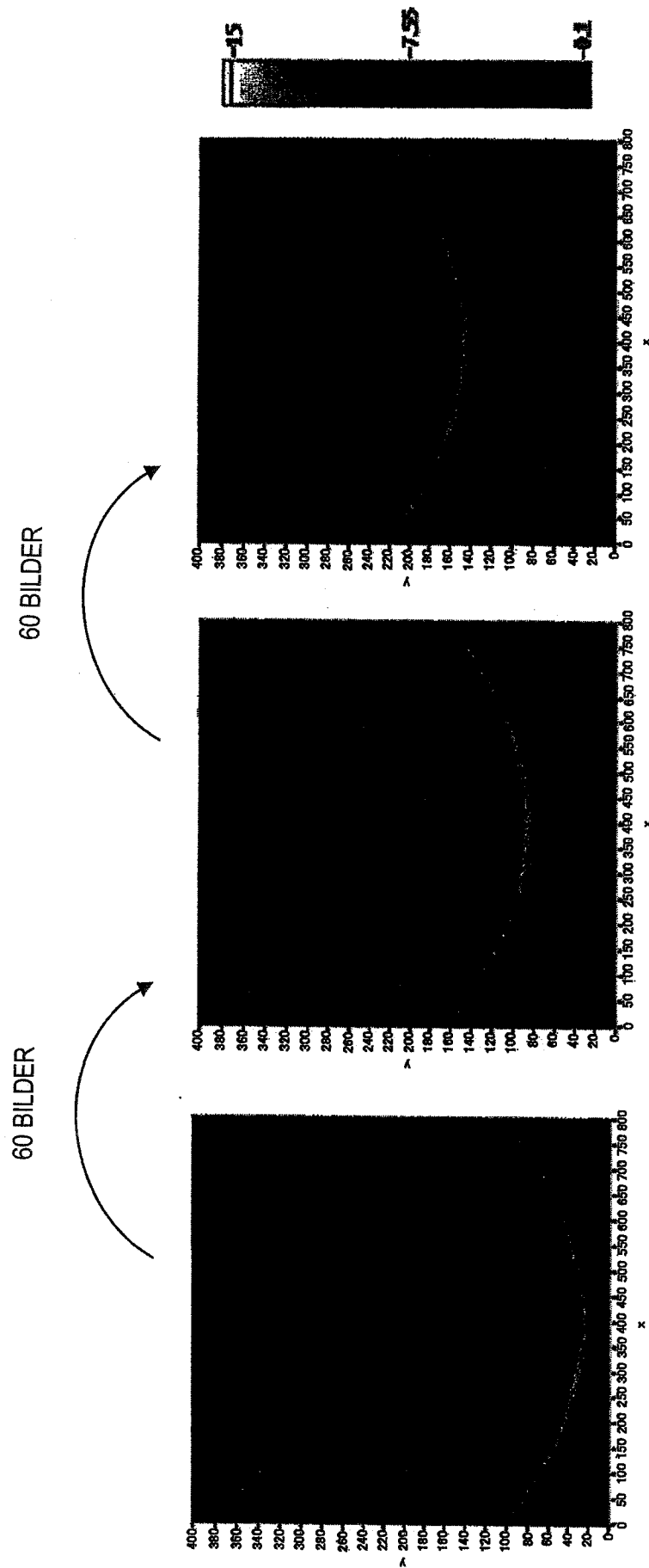


FIG. 4

270 BILDER

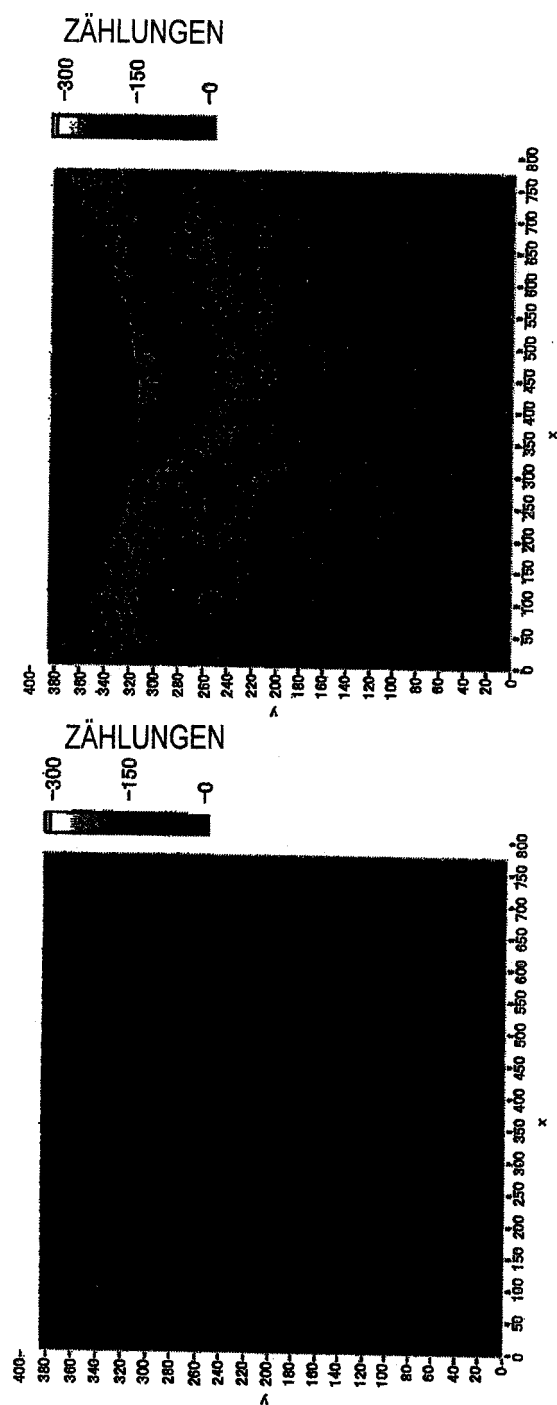


FIG. 5

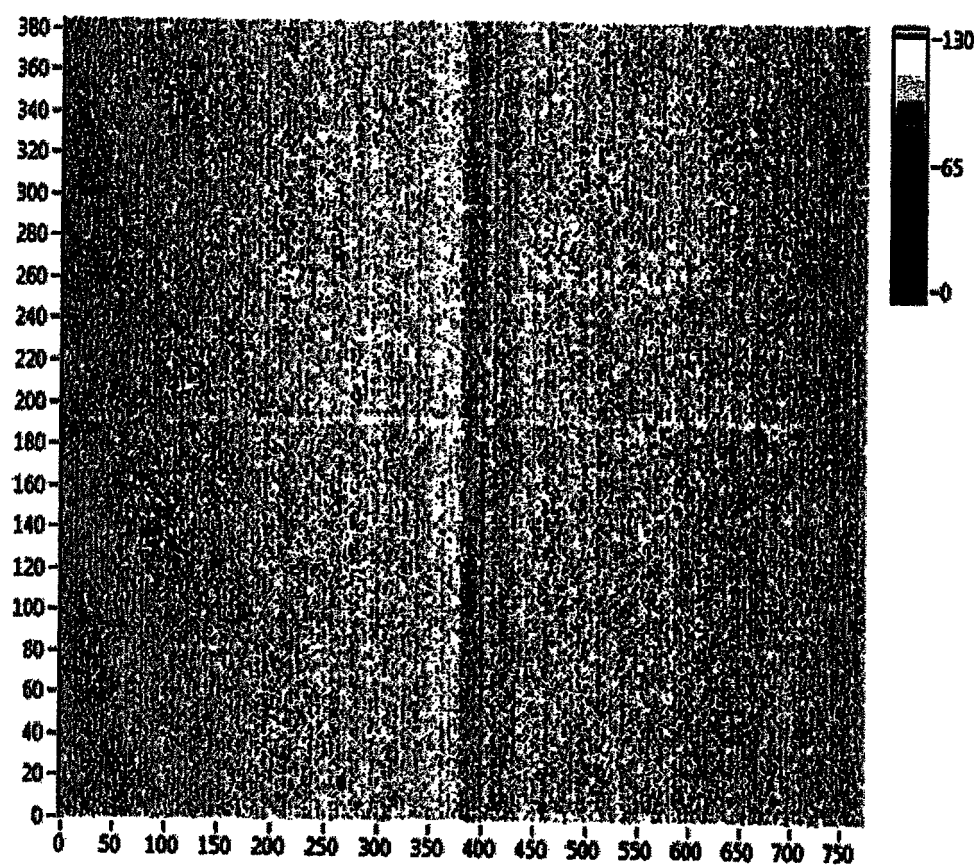
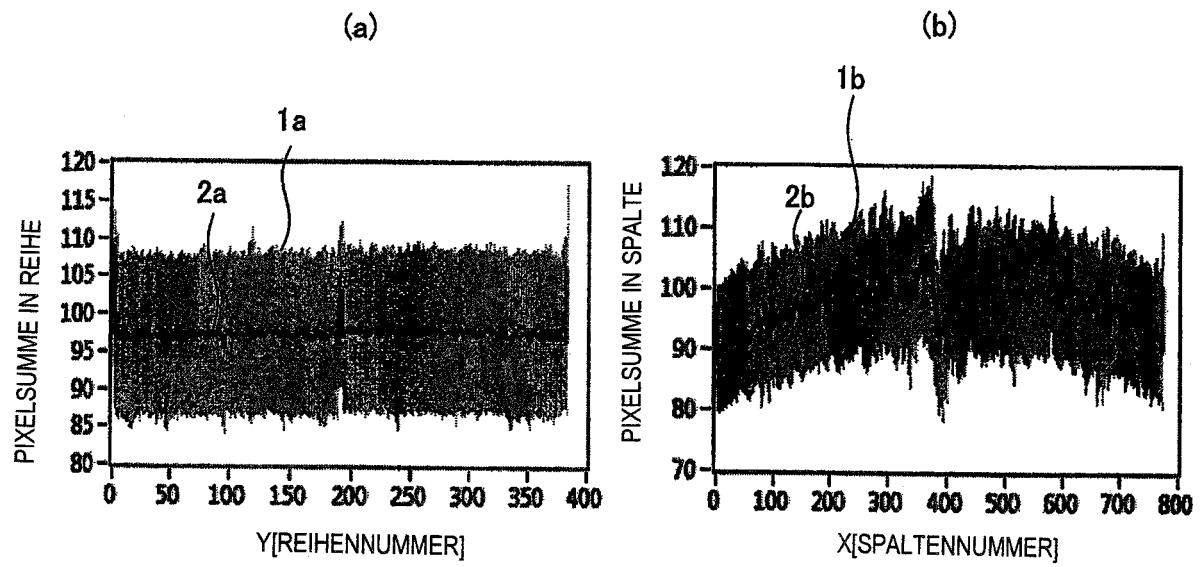


FIG. 6





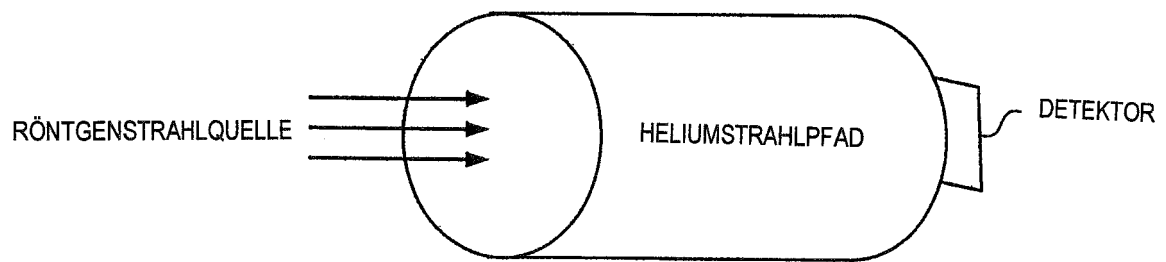


FIG. 8