

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6242185号
(P6242185)

(45) 発行日 平成29年12月6日(2017.12.6)

(24) 登録日 平成29年11月17日(2017.11.17)

(51) Int.Cl.

G01T 1/17 (2006.01)
G01N 23/20 (2006.01)

F 1

G01T 1/17
G01N 23/20

E

請求項の数 7 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2013-242291 (P2013-242291)
 (22) 出願日 平成25年11月22日 (2013.11.22)
 (65) 公開番号 特開2015-102397 (P2015-102397A)
 (43) 公開日 平成27年6月4日 (2015.6.4)
 審査請求日 平成28年1月27日 (2016.1.27)

(73) 特許権者 000250339
 株式会社リガク
 東京都昭島市松原町3丁目9番12号
 (74) 代理人 100114258
 弁理士 福地 武雄
 (74) 代理人 100125391
 弁理士 白川 洋一
 (72) 発明者 作村 拓人
 東京都昭島市松原町3丁目9番12号 株式会社リガク内
 (72) 発明者 中江 保一
 東京都昭島市松原町3丁目9番12号 株式会社リガク内

審査官 南川 泰裕

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】補正情報生成方法および補正情報生成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エネルギーを識別できる波長依存性のあるピクセル検出器に対して任意のエネルギーに対するX線検出感度の一様性補正を行なうための補正情報生成方法であって、

任意のエネルギーのX線源を用いて形成された検出面を横断するビーム断面形状の任意のエネルギー帯の入射X線に対して、総時間で前記検出面の全体が前記入射X線により照射され、かつ移動方向に並ぶ各ピクセルが均等に照射されるように検出器の相対位置を移動させるステップと、

前記検出器側で必要な所定エネルギー帯のみ検出するステップと、

前記入射X線の所定エネルギー帯について検出された強度値をもとにピクセルの感度を補正するための情報を生成するステップと、を含むことを特徴とする補正情報生成方法。

【請求項 2】

前記入射X線は、回折線であり、

前記入射X線に対する前記検出器の相対的な移動方向は、前記回折線の回折角方向であることを特徴とする請求項1記載の補正情報生成方法。

【請求項 3】

前記入射X線は、デバイ環であることを特徴とする請求項2記載の補正情報生成方法。

【請求項 4】

前記移動方向に並ぶ各ピクセル間で一様な積算強度を照射されているという仮定で、前記ピクセルの感度を補正するための情報を生成することを特徴とする請求項1から請求項

3のいずれかに記載の補正情報生成方法。

【請求項 5】

前記検出された強度値を球面補正し、前記検出面の全体について一様な積算強度を照射されているという仮定で前記ピクセルの感度を補正するための情報を生成することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の補正情報生成方法。

【請求項 6】

前記ピクセルの感度を補正するための情報は、前記ピクセル各々の補正係数で構成されるテーブルであることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の補正情報生成方法。

【請求項 7】

エネルギーを識別できる波長依存性のあるピクセル検出器に対して任意のエネルギーに対するX線検出感度の一様性補正を行なうための補正情報生成装置であって、

任意のエネルギーのX線源を用いて形成された検出面を横断するビーム断面形状の任意のエネルギー帯の入射X線に対して、総時間で前記検出面の全体が前記入射X線により照射され、かつ移動方向に並ぶ各ピクセルが均等に照射されるように検出器の相対位置を移動させることで、前記検出器側で必要な所定エネルギー帯のみ検出し、前記入射X線の所定エネルギー帯について検出された強度値をもとにピクセルの感度を補正するための情報を生成する補正情報生成部を備えることを特徴とする補正情報生成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、ピクセル検出器に対してX線検出感度の一様性補正を行なうための補正情報生成方法および補正情報生成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

ピクセル検出器においてピクセル毎に相違する感度を補正して実際の感度を仮想的に一様にする補正を一様性補正(Flat -Field Correction)という。ピクセル検出器の一様性補正は、各ピクセルで読み出される値を規格化して行なわれ、1次元以上の検出器に対して効果がある。

【0003】

20

検出器が一様なX線を照射されると、各ピクセルの読み出しチャネルは同じカウント数を測定するはずである。しかし、感度の違いにより各ピクセルの感度パラメータに違いが生じ、ピクセル毎にカウント数が異なってしまう。このような影響を低減するために一様性補正が行なわれる。

【0004】

30

標準的な補正の手順では、検出器に一様なX線を照射して全ピクセルのカウントを測定し、測定された値を規格化する。すなわち、X線源と検出器との距離を離して配置しX線ができるだけ一様にして検出面全体に同じ強度でX線が照射されることを保証し、得られた計数値は実際には強度が同じになるべきであることから補正係数を算出している。

【0005】

40

図8は、従来の検出ピクセルの感度補正方法を示す概略斜視図である。図8に示すように、上記のような手順は、X線源線源からのX線を空間的散乱を最小化するように設計されたヘリウムチェンバによるビーム経路を経て検出器に照射することで行なわれる。

【0006】

一方、補正方法を提案している特許文献も存在する。特許文献1には、基準光源の経時劣化による補正の従来技術として、蓄積性蛍光体シートにX線を一様露光したときのデータを用いて補正処理を行なう方法が記載されている。特許文献2には、X線発生装置を幅方向に往復させながら蓄積性蛍光体シートを移送させて一様に露光し、感度補正を行なう方法が記載されている。特許文献3には、第1のデータセットを記録した後、検出面をずらして第2のデータセットを記録して重ねることでデッドピクセルを減少させる方法が記

50

載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2004-128695号公報

【特許文献2】特開2004-191789号公報

【特許文献3】米国特許公開2005/0259790公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、上記のような検出ピクセルの一様性補正を、X線回折装置内に一様性照射の可能な専用の設備を付属させてユーザ側で行なうことは、補正機器のコストや補正機器のためのスペースを考慮すると困難である。また、例えば技術上の問題として、測定時の温度次第で補正係数がずれるおそれもある。例えば25°で補正された機器を35°の環境で使用する場合には使用される現地で補正した方がよい。

【0009】

本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、特殊な附属の設備なしで容易に一様性補正の作業を可能にする補正情報生成方法および補正情報生成装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

(1) 上記の目的を達成するため、本発明の補正情報生成方法は、ピクセル検出器に対してX線検出感度の一様性補正を行なうための補正情報生成方法であって、検出面を横断するビーム断面形状の入射X線に対して、総時間で前記検出面の全体が前記入射X線により照射され、かつ移動方向に並ぶ各ピクセルが均等に照射されるように検出器の相対位置を移動させるステップと、前記入射X線の所定エネルギー帯について検出された強度値をもとにピクセルの感度を補正するための情報を生成するステップと、を含むことを特徴としている。

【0011】

これにより、特殊な附属の設備なしで容易に一様性補正の作業が可能になり、すでに使用されているX線回折装置においても、現場で容易に一様性補正の作業ができる。

【0012】

(2) また、本発明の補正情報生成方法は、前記入射X線は、回折線であり、前記入射X線に対する前記検出器の相対的な移動方向は、前記回折線の回折角方向であることを特徴としている。

【0013】

これにより、一様で高強度のX線を用いた仮想の一様性照射が可能になる。高強度のX線の照射により効率よく短時間での一様性補正の作業が可能になる。

【0014】

(3) また、本発明の補正情報生成方法は、前記入射X線が、デバイ環であることを特徴としている。これにより、一様で高強度のX線を用いて仮想の一様性照射が可能になる。

【0015】

(4) また、本発明の補正情報生成方法は、前記移動方向に並ぶ各ピクセル間で一様な積算強度を照射されているという仮定で、前記ピクセルの感度を補正するための情報を生成することを特徴としている。これにより、球面補正を行なうことなく、簡単にピクセル毎の感度補正ができる。

【0016】

(5) また、本発明の補正情報生成方法は、前記検出された強度値を球面補正し、前記検出面の全体について一様な積算強度を照射されているという仮定で前記ピクセルの感度

10

20

30

40

50

を補正するための情報を生成することを特徴としている。これにより、検出面の全面を用いてさらに正確な補正ができる。

【0017】

(6) また、本発明の補正情報生成方法は、前記ピクセルの感度を補正するための情報は、前記ピクセル各々の補正係数で構成されるテーブルであることを特徴としている。これにより、テーブルを読み出し検出された強度に掛けることで容易にピクセル毎の感度補正ができる。

【0018】

(7) また、本発明の補正情報生成装置は、ピクセル検出器に対してX線検出感度の一様性補正を行なうための補正情報生成装置であって、検出面を横断するビーム断面形状の入射X線に対して、総時間で前記検出面の全体が前記入射X線により照射され、かつ移動方向に並ぶ各ピクセルが均等に照射されるように検出器の相対位置を移動させることで、前記入射X線の所定エネルギー帯について検出された強度値をもとにピクセルの感度を補正するための情報を生成する補正情報生成部を備えることを特徴としている。これにより、特殊な附属の設備なしで容易に一様性補正の作業が可能になる。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、特殊な附属の設備なしで容易に一様性補正の作業が可能になり、すでに使用されているX線回折装置においても、現場で容易に一様性補正の作業ができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】X線回折装置および補正情報生成装置の構成を示すブロック図である。

【図2】X線回折装置の構成を示す斜視図である。

【図3】一様性補正方法を示すフローチャートである。

【図4】各時刻におけるデバイ環を検出した画像を示す図である。

【図5】それぞれ積算カウントを記録した画像を示す図である。

【図6】散乱によるカウントを引いた全積算カウントを記録した画像を示す図である。

【図7】(a)、(b)それぞれ移動方向、その垂直方向に沿ったカウントの分布および積算カウントの平均値を示すグラフである。

【図8】従来の検出ピクセルの感度補正方法を示す概略斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

次に、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。説明の理解を容易にするため、各図面において同一の構成要素に対しては同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

【0022】

(X線回折装置)

図1は、X線回折装置100および補正情報生成装置200の構成を示すブロック図である。図2は、X線回折装置100の構成を示す斜視図である。図1、図2に示すように、X線回折装置100は、X線源110、試料台120、検出器130、照射機構140および駆動機構150を備えている。

【0023】

X線源110は、X線管からなり、Cu、Mo等の特性X線を放射する。単色化された特性X線は、コリメータ等により所定の径の平行線にされた後、多結晶体の試料Sに照射される。照射X線は、多結晶体の試料Sによる回折X線として、試料Sを中心として角度2θで散乱され検出器130の検出面に入射する。

【0024】

試料台120は、試料Sとして粉末結晶を回転可能に保持している。試料Sには、例えば、シリコンまたはアルミナ粉末を用いる。シリコンの試料を用いれば強度の大きい回折X線が得られ、アルミナ粉末の試料を用いれば強度の均一度が高い回折X線が得られる。

10

20

30

40

50

試料台 120 は、検出器 130 の 2 回転に連動して 回転するものであってもよいが、検出器 130 とは独立した回転により一様な回折 X 線を発生させるものであることが好ましい。

【 0025 】

利用する回折 X 線については特に限定されないが、広角の結晶面の回折 X 線の方が検出面上で直線に近くなり補正しやすい。また、2 本の回折 X 線が近い回折角にある場合でも両方とも検出面を通過させることで一様な照射が可能になる。

【 0026 】

検出器 130 は、その検出面を横断するビーム断面形状の入射 X 線を検出する。検出器 130 は、ピクセル検出器であって、1 次元検出器であってもよいが、2 次元検出器であることが好ましい。検出器 130 は、特にエネルギーを識別できる波長依存性のある 2 次元検出器であることが好ましい。

【 0027 】

1 次元検出器は、直線上での X 線強度の位置分解能を有している X 線検出器である。1 次元検出器は、例えば、X 線を検出できる微小な X 線受光素子を複数個、直線状に並べることによって形成できる。2 次元検出器は、平面内の X 線強度の位置分解能を有している X 線検出器である。2 次元検出器は、例えば、複数の微小な X 線受光素子を平面内に並べて構成され、ピクセル毎に X 線を検出でき、ピクセル毎に信号を出力する半導体 X 線検出器によって形成できる。このような半導体 X 線受光素子には、例えば、CCD、CMOS がある。

【 0028 】

検出器 130 は、総時間で検出面全体が X 線照射されるように入射 X 線に対する検出器 130 の相対位置を移動させることができ。また、検出器 130 に対する X 線の移動方向に沿って検出器 130 の各ピクセルが同じ積算強度だけ照射されるように入射 X 線に対する検出器 130 の相対位置を移動させることができ。

【 0029 】

具体的には、検出器 130 は、回折 X 線を検出し、回折角方向に試料 S 回りの円上を一定速度で移動可能に支持されていることが好ましい。検出器 130 に照射される入射 X 線としてアモルファスカーボンの散乱線を用いてもよいが、回折 X 線に比べて強度が小さくなる。検出器 130 の移動には、例えばゴニオメータの回転アームを用いることができる。検出器 130 の移動制御には、通常の回折 X 線の測定におけるスキャン機能をそのまま利用できる。

【 0030 】

照射機構 140 は、電源や回路により構成されており、X 線源 110 からの X 線の照射を制御する。駆動機構 150 は、試料台 120 の回転や検出器 130 の移動を制御している。回折 X 線を用いる場合には、検出器 130 は回折角方向に移動させる。

【 0031 】

上記のような構成は、半導体の工場のライン向けの X 線装置であっても適用可能である。X 線源 110 から放射されたダイレクトビームをアッテネータで減衰させてスリットで絞り、断面を細い線状のビームにして検出器 130 に照射する。この場合、ダイレクトビームには広いエネルギー帯のビームが含まれるが、検出器 130 側で必要なエネルギー帯のみ検出すればよい。

【 0032 】

(補正情報生成装置)

補正情報生成装置 200 は、得られた一様照射の画像データを記録し、記録された画像データを用いて補正情報を生成しておき、検出器 130 に対する X 線検出感度の一様性補正を行なう。図 1 に示すように、補正情報生成装置 200 は、例えばサーバで構成され、制御部 210、画像記録部 220、補正情報生成部 230、補正情報記憶部 240 および補正部 250 を備えている。

【 0033 】

10

20

30

40

50

制御部 210 は、照射機構 140 および駆動機構 150 を制御し、照射機構 140 と駆動機構 150 とを連動させることで、検出器 130 への一様な X 線照射を可能にしている。X 線源 110 から所定の X 線を試料 S に照射し、検出器 130 を円上で一定移動させるとともに、試料台 120 を回転させる。

【0034】

画像記録部 220 は、検出器 130 で得られた強度分布の画像データをそのまま記録する。その場合には、検出器 130 で所定エネルギー帯について検出された X 線のカウント数（強度値）を記録する。

【0035】

補正情報生成部 230 は、所定エネルギー帯について検出された X 線のカウント数をもとに、補正情報を生成する。補正情報は、検出器 130 の各ピクセルの感度を補正するための情報であり、例えば各ピクセルの補正係数で構成されたテーブルである。これにより、任意のエネルギーに対して一様性の補正情報を生成でき、現場の X 線回折装置においても、容易に一様性補正の作業が可能になる。

10

【0036】

特定のピクセルの補正係数は、例えば、その特定のピクセルを含む一様になるはずのピクセル間で平均値を求め、（平均値） / （特定のピクセルのカウント数）を算出することで得られる。なお、カウント数には、得られた画像データから散乱によるバックグラウンドを差し引いたカウント数を用い、非対称な 1 次光の散乱を除去する。

【0037】

20

補正情報記憶部 240 は、テーブル等の生成された補正情報を記憶する。補正部 250 は、補正情報記憶部 240 に記憶された補正情報を読み出すとともに、実際の実験時に記録された画像データに対し、補正情報を用いて一様性補正して出力する。出力された画像データは、例えばユーザ PC に転送される。

【0038】

（一様性補正方法）

上記のような構成を用いて、検出器 130 に対して X 線検出感度の一様性補正を行なうことができる。図 3 は、一様性補正方法を示すフローチャートである。図 3 に示すように、まず、検出器 130 に対して検出面を横断するビーム断面形状の X 線の照射を開始する（ステップ S1）。このような X 線として、上記の例のように回折 X 線を用いることが好ましい。これにより、効率よく短時間での一様性補正の作業が可能になる。用いられるのは必ずしも回折 X 線に限られず、ダイレクトビームをスリットで制限したものでもよい。

30

【0039】

検出器 130 に照射される X 線が回折 X 線である場合には、一様で高強度の X 線を用いた仮想の一様性照射が可能になる。高強度の X 線の照射により効率よく短時間での一様性補正の作業が可能になる。なお、この場合の検出器 130 に対する入射 X 線の相対的な移動方向は、回折線の回折角方向となる。

【0040】

回折 X 線はデバイ環であれば更に好ましい。回折 X 線には配向した構造により回折されたものも含まれ、その場合にはリング状に均一な X 線を検出器 130 に照射できない。しかし、デバイ環を用いることで、検出面を横断するビーム断面形状の一様で高強度の X 線を用いて仮想の一様性照射が可能になる。デバイ環ではなく配向した試料 S の回折線により一様性補正を行なう場合には、球面補正だけでは移動方向（スキャン方向）に垂直な方向の一様性が保証されないため、移動方向についてのみの補正を行なうことが好ましい。

40

【0041】

上記のような X 線に対し、総時間で検出面全体が X 線照射されるように検出器 130 の相対位置を移動する（ステップ S2）。その際には、検出器 130 に対する X 線の移動方向に沿って検出器 130 の各ピクセルが同じ積算強度だけ照射されるように検出器 130 に対する X 線の相対位置を移動する。なお、上記の構成例では、検出器 130 を移動させているが、X 線源 110 を移動させてもよい。任意の断面形状のビームでも検出面

50

3枚分移動させれば一様な照射が可能である。

【0042】

例えば、断面弧状のX線に対して検出器130を動かすと検出器130の検出面内を弧が動く。検出器130の検出面に対して弧の照射分を積算すると弧が動いた分が全ピクセルに対して積算される。このような積算されたX線検出データを用いて一様性補正をする。また、得られたデータからバッドピクセルを判定することもできる。

【0043】

デバイ環を用いる場合であっても中心から測定位置までの距離によりX線強度は異なるためカウント数は検出面の幅方向の中心部が大きく、両端部が小さくなる。このような強度差は、球面補正をすることで均一な強度として計算できる。球面補正是、本来は球面上で一定になる強度が平面に投影されて拡がっていることによる影響を補正するものである。
10

【0044】

このようにして、所定エネルギー帯について検出されたX線のカウント数をもとに、検出器130の各ピクセルの感度を補正するための補正情報を生成する(ステップS3)。これにより、すでにユーザの元で使用されているX線回折装置100においても、特殊な附属の設備なしで容易に一様性補正の作業が可能になる。

【0045】

エネルギーの違うX線を用いて一様照射するときには、例えばMo線等の一定エネルギー帯のX線を照射することができる。ただし、X線源110からのダイレクトビームを用いる場合には、特定のエネルギー帯の強度のみを検出するように検出器130側を調整してもよい。
20

【0046】

なお、補正情報は、各ピクセルの補正係数で構成されるテーブルであることが好ましい。これにより、テーブルを読み出し検出された強度に掛けることで容易にピクセル毎の感度補正ができる。

【0047】

次に、検出器130に対するX線の移動方向に沿って並ぶピクセル間で一様な積算強度を照射されているという仮定で検出器130の各ピクセルの感度を補正するための情報を生成する。これにより、球面補正を行なうことなく、簡易にピクセル毎の感度補正ができる。なお、このような処理は、X線回折装置100に接続された補正情報生成装置200で行なうことができる。
30

【0048】

なお、検出器130に照射するX線としてデバイ環を用いる場合には、検出されたX線のカウント数を球面補正し、検出面全体について一様な積算強度を照射されているという仮定で検出器130の各ピクセルの感度を補正するための情報を生成することが好ましい。これにより、検出面の全面を用いてさらに正確な補正ができる。また、試料Sから検出器130までの距離をとればとるほど球面補正は不要になる。

【0049】

上記のようにして作成された補正情報は、補正情報記憶部240に記憶しておく(ステップS4)。そして、実験において回折X線を検出したときには(ステップS5)、記憶した補正情報を読み出して(ステップS6)、これを検出された回折X線に適用して補正を行なう(ステップS7)。そして、補正されたX線回折像を外部へ出力する(ステップS8)。このようにしてX線のカウント誤差を補正できる。
40

【0050】

なお、同じ条件で測定を行なって、前回の感度と比較すれば、感度の経時変化も確認することができる。その場合には、補正係数ではなく、補正をかけた平均の強度が、所定の基準値を超えるか否かでX線源110または検出器130の劣化の有無を判断する。平均強度は、補正係数を算出した際に一緒に記憶しておく。

【0051】

(実施例)

上記のようなX線回折装置100を用いて、仮想的な一様照射の実験を行ない、一様性補正を行なうための補正情報を生成できることを確認した。まず、デバイ環に対して検出器130を移動させつつ、撮影されたX線を記録した。撮影は、一様性補正されたチップモジュールを備えた検出器130を一定速度で移動することで行なった。このようにして、全506画像を撮影した。図4は、それぞれ130枚目から60枚毎にデバイ環を検出した画像を示す図である。図中の濃度の薄さが各ピクセルのカウント数を示している。枚数に応じてリングの位置がy軸上でシフトしていることが分かる。

【0052】

図5は、それぞれ150枚目までと420枚目までの積算カウントを記録した画像を示す図である。図中の濃度の薄さが各ピクセルのカウント数を示している点では、図4と共通である。各ピクセルの合計カウント数が算出されている。図5の右側の画像の積算カウントは、最後まで積算されていないが、カウント数が図中のy軸方向に積算されることで非常に均一な画像が記録されていることが分かる。図5の画像では、バックグラウンドが差し引かれておらず、ダイレクトビームの中心側に近くなるほど、散乱によるバックグラウンドの影響が表れている。

【0053】

図6は、散乱によるカウントを引いた全積算カウントを記録した画像を示す図である。散乱によるカウントを排除するために、各ピクセルについて最大のカウント数の画像を特定し、その前の10枚とその後の10枚の合計カウントを算出した。これは回折線がピクセルに影響を与えた値のみを積算した結果を示している。x方向の中央付近に若干の積算カウントのムラが生じているが、少なくとも移動方向であるy方向については均一である。

【0054】

図7(a)、(b)は、それぞれ移動方向、その垂直方向に沿ったカウントの分布1a、2aおよび積算カウントの平均値1b、2bを示すグラフである。これらは、検出器のx方向とy方向のカウント数の均一性を表した結果を示している。

【0055】

図7(a)に示す結果では、平均値が約98カウントとなっており、y方向に沿ったカウント数の平均値2aに際立った変化は見られない。図7(b)に示す結果では、検出器130の中心からの距離により平均値2bが減少している。このような傾向は、試料Sから検出器130までの距離により球面補正で取り除くことができる。なお、中央にx方向に対して急激な変化が見られるが、これはデバイ環の不均一によるものである。このような不均一性は、粉末の試料Sを回転させることなどで改善できる。以上のように、デバイ環を用いて一様性補正の補正情報を生成できることを実証できた。

【符号の説明】

【0056】

- 100 X線回折装置
- 110 X線源
- 120 試料台
- 130 検出器
- 140 照射機構
- 150 駆動機構
- 200 補正情報生成装置
- 210 制御部
- 220 画像記録部
- 230 補正情報生成部
- 240 補正情報記憶部
- 250 補正部

10

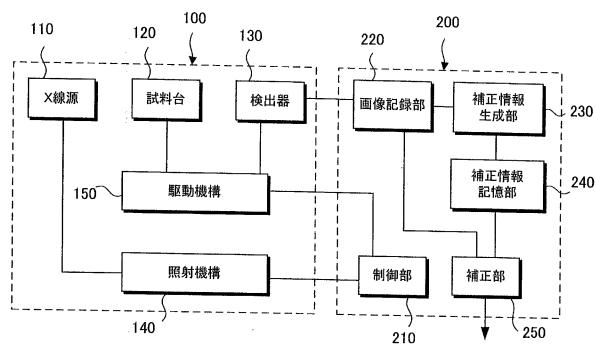
20

30

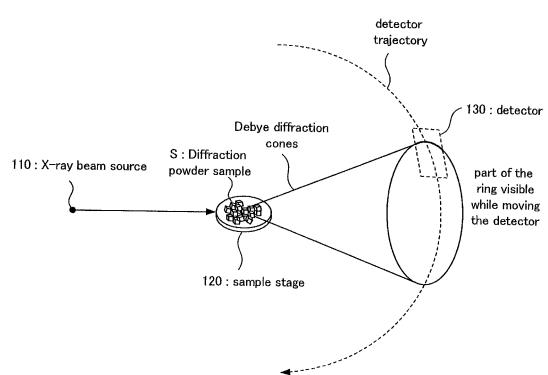
40

50

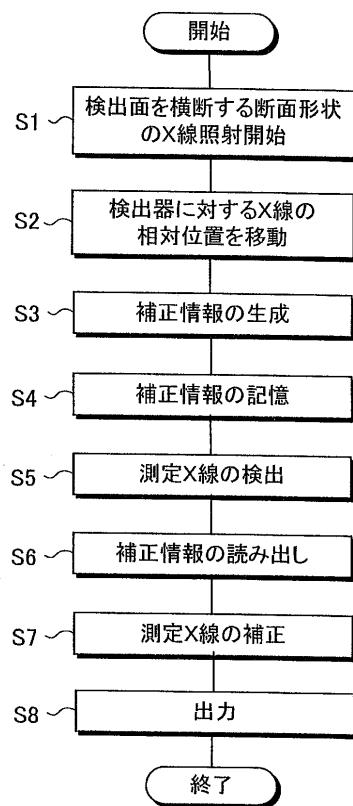
【図1】



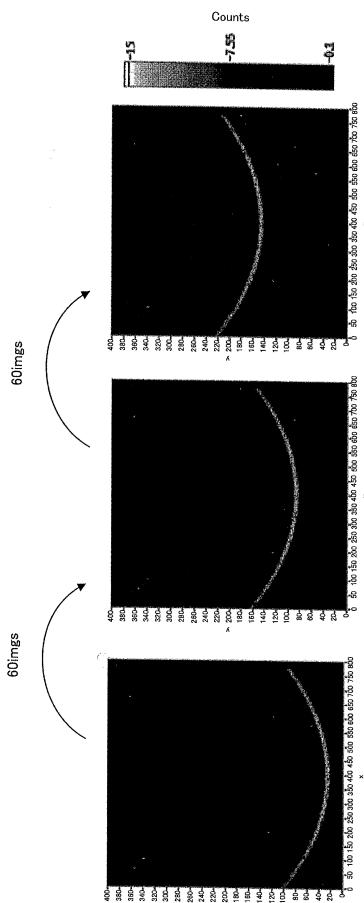
【図2】



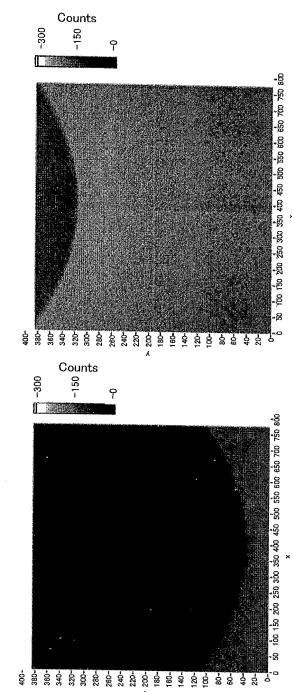
【図3】



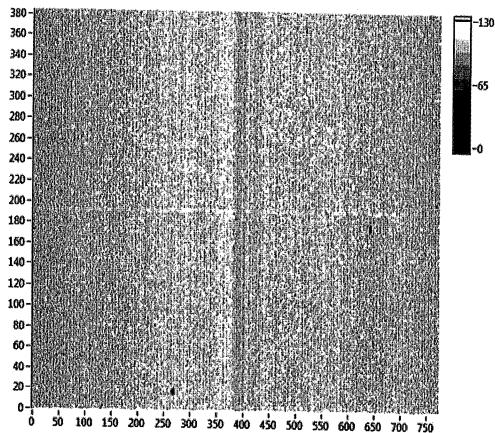
【図4】



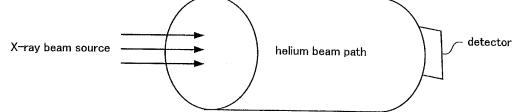
【図5】



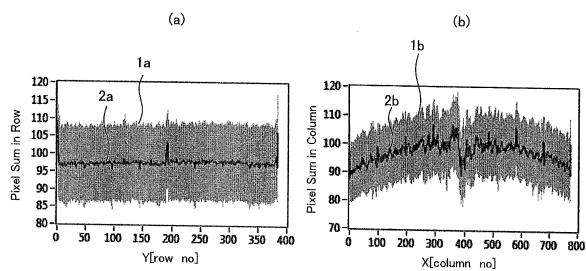
【図6】



【図8】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭64-031042(JP,A)
特開2002-098656(JP,A)
特開平01-265146(JP,A)
特開平04-138325(JP,A)
特開2010-038722(JP,A)
特開2002-250704(JP,A)
特開2004-128695(JP,A)
特開2004-191789(JP,A)
米国特許出願公開第2012/0014508(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01T 1/00 - 7/12
G01N 23/00 - 23/227