(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-201313
(P2017-201313A)
(43)公開日　平成29年11月9日(2017.11.9)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
G01N 23/225	(2006.01)	G01N	23/225	312	2G001
G01N 23/223	(2006.01)	G01N	23/223		2G188
G01T 1/24	(2006.01)	G01T	1/24		

審査請求 有　請求項の数 6　ＯＬ　（全 14 頁）

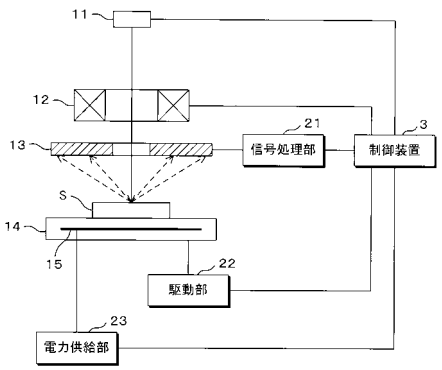
(21)出願番号　特願2017-115313 (P2017-115313)
(22)出願日　平成29年6月12日 (2017.6.12)
(62)分割の表示　特願2013-548253 (P2013-548253)の分割
原出願日　平成24年12月5日 (2012.12.5)
(31)優先権主張番号　特願2011-270689 (P2011-270689)
(32)優先日　平成23年12月9日 (2011.12.9)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(71)出願人　000155023
株式会社堀場製作所
京都府京都市南区吉祥院宮の東町２番地
(74)代理人　100114557
弁理士　河野　英仁
(74)代理人　100078868
弁理士　河野　登夫
(72)発明者　西方　健太郎
京都府京都市南区吉祥院宮の東町２番地
株式会社堀場製作所内
(72)発明者　大橋　聡史
京都府京都市南区吉祥院宮の東町２番地
株式会社堀場製作所内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】Ｘ線分析装置

(57)【要約】
【課題】元素分布画像の生成を繰り返すことにより、迅速な位置決めを可能にし、また時間的な変化の観察を可能にするＸ線分析装置を提供する。
【解決手段】Ｘ線分析装置は、電子銃（ビーム源）１１からの電子線で試料Ｓの走査を繰り返し、試料Ｓからの特性Ｘ線をＸ線検出器１３で検出し、走査の都度、試料Ｓの元素分布画像を信号処理部２１で生成し、時系列順に複数の元素分布画像を記憶する。試料Ｓの元素分布画像の時間的な変化が得られる。また、走査と並行して駆動部２２が試料台１４を移動させることにより、走査位置が変更された試料Ｓの元素分布画像が得られる。走査位置を変更しながら元素分布画像を生成することにより、元素分布画像そのものに基づいて、試料Ｓ上で元素分布画像を取得すべき範囲の位置決めを迅速に行うことができる。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
ビーム源と、試料保持部と、該試料保持部が保持する試料を前記ビーム源からのビームで走査する走査手段と、該走査手段による走査によって試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出器と、該Ｘ線検出器の検出結果に基づいて、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成する生成手段とを備えるＸ線分析装置において、
前記Ｘ線検出器は、前記ビーム源と前記試料保持部との間の位置に配置され、前記ビームを通過させるための孔が設けられ、該孔を囲んで配置された複数のＸ線検出素子を有しており、
前記走査手段は、試料を前記ビームで繰り返し走査するように構成してあり、
前記生成手段は、前記走査手段が試料を走査する都度、元素分布画像を生成するように構成してあり、
特定の時点からの経過時間を計測する手段と、
前記生成手段が生成した複数の元素分布画像を、計測された経過時間を示し、各元素分布画像が生成された時系列順を示す情報に関連付けて記憶する記憶手段と、
前記記憶手段が記憶している複数の元素分布画像を、前記時系列順に連続して表示する表示部と、
前記生成手段が前記複数の元素分布画像を生成した時間間隔の比率と前記表示部が前記複数の元素分布画像を表示する時間間隔の比率とを同一の比率にした上で、前記表示部が前記複数の元素分布画像を表示する時間間隔を変更する手段とを備えること
を特徴とするＸ線分析装置。
【請求項２】
前記生成手段が元素分布画像を生成する都度、前記表示部が表示している元素分布画像を更新する手段を更に備えること
を特徴とする請求項１に記載のＸ線分析装置。
【請求項３】
ビーム源と、試料保持部と、該試料保持部が保持する試料を前記ビーム源からのビームで走査する走査手段と、該走査手段による走査によって試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出器と、該Ｘ線検出器の検出結果に基づいて、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成する生成手段とを備えるＸ線分析装置において、
前記Ｘ線検出器は、前記ビーム源と前記試料保持部との間の位置に配置され、前記ビームを通過させるための孔が設けられ、該孔を囲んで配置された複数のＸ線検出素子を有しており、
前記走査手段は、試料を前記ビームで繰り返し走査するように構成してあり、
前記生成手段は、前記走査手段が試料を走査する都度、元素分布画像を生成するように構成してあり、
前記生成手段が生成した複数の元素分布画像を、各元素分布画像が生成された時系列順を示す情報に関連付けて記憶する記憶手段と、
前記生成手段が生成した元素分布画像を表示する表示部と、
前記走査手段が試料を走査する都度、リアルタイムで前記試料の元素分布画像を前記表示部に表示させる手段とを備えること
を特徴とするＸ線分析装置。
【請求項４】
前記走査手段及び前記生成手段の動作と並行して、前記試料保持部が保持する試料を移動させる手段を更に備えること
を特徴とする請求項１から３までの何れか一つに記載のＸ線分析装置。
【請求項５】
前記走査手段及び前記生成手段の動作と並行して、前記試料保持部が保持する試料に物理的又は化学的な変化を発生させるための手段を更に備えること
を特徴とする請求項１から４までの何れか一つに記載のＸ線分析装置。

【請求項６】
前記走査手段は、前記ビームの方向を順次変更するように構成してあること
を特徴とする請求項１から５までの何れか一つに記載のＸ線分析装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、ビームで試料を走査し、試料から発生するＸ線を検出し、試料中の成分分布を分析するＸ線分析装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
Ｘ線分析は、電子線又はＸ線等のビームを試料へ照射し、試料から発生する特性Ｘ線又は蛍光Ｘ線を検出し、特性Ｘ線又は蛍光Ｘ線のスペクトルから試料に含有される元素の定性分析又は定量分析を行う分析手法である。またビームで試料を走査しながら特性Ｘ線又は蛍光Ｘ線を検出することにより、試料に含有される元素の分布を表した元素分布画像を得ることができる。電子線を用いるＸ線分析装置は、電子顕微鏡に組み込まれていることもある。特許文献１には、Ｘ線分析により元素分布画像を生成する技術の例が開示されている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特許第４１３６６３５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
従来のＸ線分析装置では、元素分布画像は静止画で生成される。試料上で元素分布画像を取得すべき範囲の位置決めを行う際には、試料の電子顕微鏡像又は光学顕微鏡像等の元素分布画像以外の画像を元に位置決めが行われる。しかしながら、元素分布画像以外の画像を生成した後に、元素分布画像を生成し、生成した元素分布画像を確認し、望ましい元素分布画像が生成されるまで作業を繰り返す必要があり、手間と時間がかかるという問題がある。また、元素分布画像以外の画像と元素分布画像とでは得られる情報の内容が異なるので、元素分布画像以外の画像から元素分布画像を取得すべき範囲を定めることができるとは限らない。従って、従来のＸ線分析装置では、迅速に位置決めを行うことが困難である。また、従来のＸ線分析装置では、元素分布画像は静止画で生成されるので、移動する試料の観察、又は試料中で移動する元素の観察等、時間的な変化の観察ができないという問題がある。
【０００５】
本発明は、斯かる事情に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、元素分布画像の生成を繰り返すことにより、迅速な位置決めを可能にし、また時間的な変化の観察を可能にするＸ線分析装置を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明に係るＸ線分析装置は、ビーム源と、試料保持部と、該試料保持部が保持する試料を前記ビーム源からのビームで走査する走査手段と、該走査手段による走査によって試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出器と、該Ｘ線検出器の検出結果に基づいて、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成する生成手段とを備えるＸ線分析装置において、前記Ｘ線検出器は、前記ビーム源と前記試料保持部との間の位置に配置され、前記ビームを通過させるための孔が設けられ、該孔を囲んで配置された複数のＸ線検出素子を有しており、前記走査手段は、試料を前記ビームで繰り返し走査するように構成してあり、前記生成手段は、前記走査手段が試料を走査する都度、元素分布画像を生成するように構成してあり　特定の時点からの経過時間を計測する手段と、前記生成手段が生成し

た複数の元素分布画像を、計測された経過時間を示し、各元素分布画像が生成された時系列順を示す情報に関連付けて記憶する記憶手段と、前記記憶手段が記憶している複数の元素分布画像を、前記時系列順に連続して表示する表示部と、前記生成手段が前記複数の元素分布画像を生成した時間間隔の比率と前記表示部が前記複数の元素分布画像を表示する時間間隔の比率とを同一の比率にした上で、前記表示部が前記複数の元素分布画像を表示する時間間隔を変更する手段とを備えることを特徴とする。

【０００７】

本発明においては、Ｘ線分析装置は、ビームで試料を繰り返し走査し、走査の都度、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成し、生成の時系列順を示す情報に関連付けて複数の元素分布画像を記憶する。試料の元素分布画像の時間変化が記録される。

【０００８】

本発明においては、Ｘ線分析装置は、複数の元素分布画像を経過時間に応じた順番で連続して表示する。時間の経過に従った元素分布画像の変化が表示される。

【０００９】

本発明に係るＸ線分析装置は、前記生成手段が元素分布画像を生成する都度、前記表示部が表示している元素分布画像を更新する手段を更に備えることを特徴とする。

【００１０】

本発明に係るＸ線分析装置は、ビーム源と、試料保持部と、該試料保持部が保持する試料を前記ビーム源からのビームで走査する走査手段と、該走査手段による走査によって試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出器と、該Ｘ線検出器の検出結果に基づいて、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成する生成手段とを備えるＸ線分析装置において、前記Ｘ線検出器は、前記ビーム源と前記試料保持部との間の位置に配置され、前記ビームを通過させるための孔が設けられ、該孔を囲んで配置された複数のＸ線検出素子を有しており、前記走査手段は、試料を前記ビームで繰り返し走査するように構成してあり、前記生成手段は、前記走査手段が試料を走査する都度、元素分布画像を生成するように構成してあり、前記生成手段が生成した複数の元素分布画像を、各元素分布画像が生成された時系列順を示す情報に関連付けて記憶する記憶手段と、前記生成手段が生成した元素分布画像を表示する表示部と、前記走査手段が試料を走査する都度、リアルタイムで前記試料の元素分布画像を前記表示部に表示させる手段とを備えることを特徴とする。

【００１１】

本発明においては、Ｘ線分析装置は、元素分布画像を表示し、ビームによる試料の走査及び元素分布画像の生成を行う都度、表示している元素分布画像を更新する。試料の元素分布画像がリアルタイムで表示される。

【００１２】

本発明に係るＸ線分析装置は、前記走査手段及び前記生成手段の動作と並行して、前記試料保持部が保持する試料を移動させる手段を更に備えることを特徴とする。

【００１３】

本発明においては、Ｘ線分析装置は、ビームによる試料の走査及び元素分布画像の生成に並行して、試料を移動させる。移動する試料の元素分布画像の時間変化が記録される。

【００１４】

本発明に係るＸ線分析装置は、前記走査手段及び前記生成手段の動作と並行して、前記試料保持部が保持する試料に物理的又は化学的な変化を発生させるための手段を更に備えることを特徴とする。

本発明に係るＸ線分析装置は、前記走査手段は、前記ビームの方向を順次変更するように構成してあることを特徴とする。

【００１５】

本発明においては、Ｘ線分析装置は、ビームによる試料の走査及び元素分布画像の生成に並行して、試料に物理的又は化学的な変化を発生させる。試料の元素分布画像の物理的又は化学的な時間変化が記録される。

【発明の効果】

【００１６】
本発明にあっては、試料の元素分布画像の時間変化を確認することによって、試料上で元素分布画像を取得すべき範囲の位置決めを元素分布画像そのものに基づいて行うことが可能となり、迅速な位置決めが可能となる。また、試料の元素分布画像の時間変化を観測することが可能となる等、本発明は優れた効果を奏する。
【図面の簡単な説明】
【００１７】
【図１】実施の形態１に係るＸ線分析装置の構成を示すブロック図である。
【図２】制御装置の内部構成を示すブロック図である。
【図３】Ｘ線分析装置が実行するＸ線分析の処理の手順を示すフローチャートである。
【図４】実施の形態２に係るＸ線分析装置の構成を示すブロック図である。
【発明を実施するための形態】
【００１８】
以下本発明をその実施の形態を示す図面に基づき具体的に説明する。
（実施の形態１）
図１は、実施の形態１に係るＸ線分析装置の構成を示すブロック図である。Ｘ線分析装置は、試料Ｓに電子線（ビーム）を照射する電子銃（ビーム源）１１と、電子レンズ系１２と、試料Ｓが載置される試料台（試料保持部）１４を備えている。電子レンズ系１２は、電子線の方向を変更させる走査コイルを含んでおり、本発明における走査手段に対応する。電子銃１１及び電子レンズ系１２は、Ｘ線分析装置全体を制御する制御装置３に接続されている。なお、図１中には、平面状の試料Ｓを図示しているが、Ｘ線分析装置は、球面状等のその他の形状の試料を測定することも可能である。また、図１では、電子銃１１、電子レンズ系１２及び試料台１４が同一軸上にある状態を示しているが、試料台１４を傾斜させた場合等、電子銃１１、電子レンズ系１２及び試料台１４が同一軸上に乗っていない場合もある。
【００１９】
電子レンズ系１２と試料台１４との間には、Ｘ線検出器１３が配置されている。Ｘ線検出器１３は、電子線を通すための孔を設けた形状に形成されている。また、Ｘ線検出器１３は、Ｘ線検出素子としてＳＤＤ（Silicon Drift Detector）を用いて構成されている。例えば、Ｘ線検出器１３は、孔を形成した基板に複数のＳＤＤが実装され、孔を囲んで複数のＳＤＤが配置された構成となっている。図１中には、Ｘ線検出器１３の断面を示している。Ｘ線検出器１３は、孔を電子線が通る位置に配置され、Ｘ線の入射面が電子線の光軸に直交して配置されている。また、Ｘ線検出器１３には、ペルチェ素子等の図示しない冷却機構が付属している。試料Ｓが試料台１４に載置された状態では、試料Ｓの電子線が照射される面の前面にＸ線検出器１３が配置されている。制御装置３からの制御信号に従って、電子銃１１が電子線を放出し、電子レンズ系１２が電子線の方向を定め、電子線はＸ線検出器１３の孔を通って試料台１４上の試料Ｓへ照射される。試料Ｓ上で、電子線を照射された部分では、特性Ｘ線が発生し、発生した特性Ｘ線はＸ線検出器１３で検出される。図１には、電子線を実線矢印で示し、特性Ｘ線を破線矢印で示している。Ｘ線検出器１３は、検出した特性Ｘ線のエネルギーに比例した信号を出力する。
【００２０】
Ｘ線検出器１３には、出力した信号を処理する信号処理部２１が接続されている。信号処理部２１は、Ｘ線検出器１３が出力した信号を受け付け、各値の信号をカウントし、Ｘ線検出器１３が検出した特性Ｘ線のエネルギーとカウント数との関係、即ち特性Ｘ線のスペクトルを取得する処理を行う。信号処理部２１は、制御装置３に接続されている。
【００２１】
電子レンズ系１２が電子線の方向を順次変更することにより、電子線は試料Ｓ上を走査しながら試料Ｓに照射される。電子線が試料Ｓを走査することにより、試料Ｓの走査範囲内の夫々の部分に電子線が順次照射される。電子線が試料Ｓを走査することに伴い、試料Ｓ上の夫々の部分で発生した特性Ｘ線がＸ線検出器１３で順次検出される。信号処理部２

１は、順次信号処理を行うことにより、試料Ｓ上の夫々の部分で発生した特性Ｘ線のスペクトルを順次生成する。また、信号処理部２１は、特性Ｘ線のスペクトルから試料Ｓに含まれる種々の元素の量を計算し、試料Ｓ上の夫々の部分で発生した特性Ｘ線のスペクトルから得られた各元素の量を、試料Ｓ上の各部分に対応させることによって、試料Ｓ上の各元素の分布を表した元素分布画像を生成する。元素分布画像は、試料Ｓ上の夫々の部分に含有される各元素の量が色又は濃淡で表された画像である。信号処理部２１は、生成した元素分布画像のデータを制御装置３へ出力する。

【００２２】

試料台１４には、試料台１４を移動させるステッピングモータ等の駆動部２２が連結されている。駆動部２２は、試料台１４を水平面方向に移動させる。駆動部２２は、制御装置３に接続されており、制御装置３に動作を制御される。また、試料台１４には、試料台１４に載置された試料Ｓを加熱するヒータ１５が内蔵されている。ヒータ１５には、電力を供給してヒータ１５を発熱させるための電力供給部２３が接続されている。電力供給部２３は、制御装置３に接続されており、制御装置３に動作を制御される。Ｘ線分析装置の構成の内、少なくとも電子銃１１、電子レンズ系１２、Ｘ線検出器１３及び試料台１４は、図示しない真空箱の中に納められている。真空箱は、電子線及びＸ線を遮蔽する材料で構成されており、Ｘ線分析装置の動作中には真空箱の内部は真空に保たれている。

【００２３】

図２は、制御装置３の内部構成を示すブロック図である。制御装置３は、パーソナルコンピュータ等のコンピュータを用いて構成されている。制御装置３は、演算を行うＣＰＵ（Central Processing Unit ）３１と、演算に伴って発生する一時的なデータを記憶するＲＡＭ（Random Access Memory）３２と、光ディスク等の記録媒体４から情報を読み取るドライブ部３３と、ハードディスク等の不揮発性の記憶部（記憶手段）３４とを備えている。また制御装置３は、使用者の操作を受け付けるキーボード又はマウス等の操作部３５と、液晶ディスプレイ等の表示部３６と、時間を計測する時計部３７と、インタフェース部３８とを備えている。インタフェース部３８には、電子銃１１、電子レンズ系１２、信号処理部２１、駆動部２２及び電力供給部２３が接続されている。ＣＰＵ３１は、記録媒体４に記録されたコンピュータプログラム４１をドライブ部３３に読み取らせ、読み取ったコンピュータプログラム４１を記憶部３４に記憶させる。コンピュータプログラム４１は必要に応じて記憶部３４からＲＡＭ３２へロードされ、ＣＰＵ３１は、ロードされたコンピュータプログラム４１に従って、Ｘ線分析装置に必要な処理を実行する。なお、コンピュータプログラム４１は、制御装置３の外部からダウンロードされてもよい。また、記憶部３４は、信号処理部２１から入力された元素分布画像のデータと時計部３７が計測した時間を示すデータとを関連付けた画像データを記憶する。

【００２４】

図３は、Ｘ線分析装置が実行するＸ線分析の処理の手順を示すフローチャートである。使用者の操作により操作部３５で受け付けた指示、又は時計部３７が計測した時間等のトリガに応じて、ＣＰＵ３１がインタフェース部３８から電子銃１１及び電子レンズ系１２へ制御信号を送信することにより、Ｘ線分析装置は処理を開始する。このとき、時計部３７は、トリガの発生から経過した時間の計測を開始する。電子銃１１は電子線を放出し、電子レンズ系１２は制御装置３からの制御に従って電子線の方向を調整することにより、電子線で試料Ｓを走査し、Ｘ線検出器１３は特性Ｘ線を検出する（Ｓ１）。電子レンズ系１２は、試料Ｓ上の定められた広さの範囲を二次元的に走査する。Ｘ線検出器１３は、電子レンズ系１２と試料台１４との間に配置され、試料Ｓに近いので、試料Ｓから発生した特性Ｘ線は大きい立体角でＸ線検出器１３へ入射する。従来のＸ線分析装置では、Ｘ線検出器は電子レンズ系の脇に配置されており、Ｘ線検出器へ入射する特性Ｘ線の立体角は小さい。Ｘ線検出器１３へ入射する特性Ｘ線の立体角は従来よりも大きく、電子線の照射によって試料Ｓから発生した特性Ｘ線の内でＸ線検出器１３へ入射する特性Ｘ線の割合が従来よりも大幅に増加している。このため、Ｘ線検出器１３で検出する特性Ｘ線の強度が従来よりも高くなる。

【００２５】
Ｘ線検出器１３は、検出した特性Ｘ線のエネルギーに応じた信号を信号処理部２１へ出力する。信号処理部２１は、走査の進展に応じて、試料Ｓ上の夫々の部分で発生した特性Ｘ線のスペクトルを順次生成し、フレーム、ライン又はピクセル等の所定の単位で走査が終了した段階で、元素分布画像を生成する（Ｓ２）。Ｘ線検出器１３で検出する特性Ｘ線の強度が従来よりも高いので、単位時間当たりにＸ線検出器１３が出力する信号が増大し、特性Ｘ線のスペクトルのＳ／Ｎ（signal/noise）比が向上する。このため、元素分布画像を生成するレートを従来よりも上げたとしても、従来と同等のコントラスト及び画質で元素分布画像の生成が可能である。従って、元素分布画像の画質を従来と同等に保ちながら、電子線の走査及び元素分布画像の生成を従来よりも高速化することが可能となる。

【００２６】
信号処理部２１は、生成した元素分布画像のデータを制御装置３へ出力し、制御装置３は、インタフェース部３８に元素分布画像のデータが入力される。ＣＰＵ３１は、入力された元素分布画像のデータと時計部３７が計測した時間を示す時間情報とを関連付けた画像データを記憶部３４に記憶させる（Ｓ３）。時間情報は、処理開始のトリガが発生した時点からの経過時間を示すデータを含んでいる。経過時間は、走査が終了した時点、又は元素分布画像を生成した時点等、個々の元素分布画像の生成に関する時点までの経過時間である。また時間情報は、前の元素分布画像を生成した時点から個々の元素分布画像を生成した時点までの経過時間を示すデータを含んでいてもよい。また時間情報は、年月日及び時刻を示すデータを含んでいてもよい。時間情報と、元素分布画像のデータとを関連付けることにより、複数の元素分布画像の夫々を生成した時系列順が記録される。ＣＰＵ３１は、次に、入力された元素分布画像のデータに基づいて、元素分布画像を表示部３６に表示させる（Ｓ４）。ステップＳ４では、既に元素分布画像が表示されている場合は、表示する元素分布画像を新たな元素分布画像に更新する。ステップＳ１～Ｓ４の処理により、電子線で試料Ｓを走査する都度、試料Ｓの元素分布画像が表示される。電子線の走査が高速化されているので、表示部３６には、ほぼリアルタイムで試料Ｓの元素分布画像が表示される。ＣＰＵ３１は、次に、使用者の操作により操作部３５で終了の指示を受け付けたか、又は予め定められた所定の時間が経過した等、Ｘ線分析の処理を終了すべきタイミングであるか否かを判定する（Ｓ５）。まだ処理を終了すべきタイミングではない場合は（Ｓ５：ＮＯ）、ＣＰＵ３１は、処理をステップＳ１へ戻す。処理を終了すべきタイミングである場合は（Ｓ５：ＹＥＳ）、ＣＰＵ３１は、Ｘ線分析の処理を終了する。

【００２７】
ステップＳ１～Ｓ５の処理により、Ｘ線分析装置は、電子線で試料Ｓの走査を繰り返し、走査の都度、試料Ｓの元素分布画像がほぼリアルタイムで表示部３６に表示される。ステップＳ１～Ｓ５の処理と並行して、ＣＰＵ３１は、使用者の操作により操作部３５で受け付けた指示に従って、駆動部２２へ制御信号を出力し、駆動部２２は試料台１４を制御信号に従って移動させる。試料台１４の移動に応じて試料Ｓが移動し、試料Ｓ上で走査が行われる位置が変更され、走査位置が変更された試料Ｓの元素分布画像がリアルタイムで表示部３６に表示される。このため、使用者は、表示された元素分布画像を見ながら、操作部３５を操作して、試料Ｓ上で元素分布画像が取得される位置を変更することができる。従って、元素分布画像そのものに基づいて、試料Ｓ上で元素分布画像を取得すべき範囲の位置決めを行うことが可能となる。元素分布画像そのものに基づいた位置決めが可能であるので、注目すべき元素を元素分布画像の中から探してその元素を十分に観察できる範囲の元素分布画像を取得する等、試料Ｓ上で元素分布画像を取得すべき範囲の迅速な位置決めが可能となる。

【００２８】
また、Ｘ線分析装置は、元素分布画像のデータと時間情報とを関連付けた画像データを記憶部３４に記憶する。画像データには、生成された複数の元素分布画像のデータが含まれている。ＣＰＵ３１は、画像データに基づいて、各元素分布画像のデータに関連付けられた時間情報が示す経過時間に応じた順番で、複数の元素分布画像を連続して表示部３６

に表示させる処理を行うことができる。この処理により、時間の経過に従った元素分布の変化が表示部３６に表示される。従って、元素分布画像の時間変化の観測が可能となる。例えば、試料Ｓ中で移動する元素の観察が可能となる。また、Ｘ線分析装置は、各元素分布画像のデータに関連付けられた時間情報が示す経過時間に従って、各元素分布画像を生成した時間間隔と同一の時間間隔で複数の元素分布画像を連続して表示部３６に表示させる処理を行うことができる。この処理により、試料Ｓで発生した変化と同一の時間スケールで元素分布画像の時間変化の観測が可能となる。また、Ｘ線分析装置は、各元素分布画像を生成した時間間隔の比率と複数の元素分布画像を表示する時間間隔の比率とを同一の比率にした上で、複数の元素分布画像を表示する時間間隔を変更する処理を行うこともできる。この処理により、元素分布画像の時間変化の早送り表示又はスロー表示が可能になる。

【００２９】

また、Ｘ線分析装置は、前述したように、試料Ｓの走査と並行して、試料Ｓを移動させることができる。移動する試料Ｓから得られた複数の元素分布画像を連続して表示部３６に表示させることにより、移動する元素分布の時間変化が表示部３６に表示される。従って、移動する試料Ｓの観察をＸ線分析によって行うことができる。

【００３０】

また、Ｘ線分析装置は、ヒータ１５を用いて試料Ｓを加熱することができる。ＣＰＵ３１は、使用者の操作により操作部３５で受け付けた指示に従って、電力供給部２３へ制御信号を出力し、電力供給部２３は制御信号に従ってヒータ１５へ電力を供給し、ヒータ１５は発熱し、試料Ｓが加熱される。Ｘ線分析装置は、試料Ｓの走査と並行して、試料Ｓを加熱する処理を行い、複数の元素分布画像を取得することができる。加熱した試料Ｓから得られた複数の元素分布画像を連続して表示部３６に表示させることにより、加熱による元素分布の時間変化が表示部３６に表示される。従って、熱による元素分布画像の時間変化を観測することが可能となる。例えば、試料Ｓとしてプリント基板を用い、プリント基板を加熱することによって、プリント基板上の配線パターン中に含まれる特定の元素が拡散し、断線又は短絡が発生する現象の観察が可能となる。

【００３１】

なお、Ｘ線分析装置は、試料Ｓに熱的変化以外の物理的な変化を起こさせるための機能を備えた形態であってもよい。例えば、Ｘ線分析装置は、アクチュエータ等、試料Ｓに外部応力を加える機能を備えた形態であってもよい。この形態では、試料Ｓに外部応力に応じた変形等の物理的な変化が発生し、元素分布画像の時間変化を観測することが可能となる。具体的には、試料Ｓとして基板上の鉛フリーはんだ部を用い、鉛フリーはんだ部に外部応力を印加することによって、鉛フリーはんだ部にウイスカが発生する現象の観察が可能となる。また例えば、Ｘ線分析装置は、試料Ｓに電圧を印加するための電極と電源とを備えた形態であってよい。この形態では、試料Ｓに印加電圧に応じた物理的な変化が発生し、元素分布画像の時間変化を観測することが可能となる。

【００３２】

また、Ｘ線分析装置は、試料Ｓに化学的な変化を起こさせるための機能を備えた形態であってもよい。例えば、Ｘ線分析装置は、試料Ｓに他の液体又は薬剤を質量又は速度を制御しながら混合する混合装置を備えた形態であってもよい。この形態では、試料Ｓに他の液体又は薬剤を混合した場合に試料Ｓで発生する化学的な変化の観察が可能である。また例えば、Ｘ線分析装置は、試料Ｓへ光を照射する光照射装置を備えた形態であってもよい。この形態では、光の照射に応じた試料Ｓの物性の変化の観察が可能である。また、試料Ｓが触媒である場合は、Ｘ線分析装置を用いることで、触媒反応を観察することも可能である。

【００３３】

また、Ｘ線分析装置は、元素分布画像を表示部３６で表示する形態に限るものではなく、外部の表示装置に元素分布画像を表示させる形態であってもよい。例えば、Ｘ線分析装置は、図示しないインタフェースを用いて画像データを外部の表示装置へ送信することが

できる形態であってもよい。外部の表示装置は、送信された画像データに基づいて元素分布画像を表示することができる。また例えば、Ｘ線分析装置は、ドライブ部３３により画像データを記録媒体に記録することができる形態であってもよい。外部の表示装置は、記録媒体に記録された画像データに基づいて、元素分布画像を表示することができる。

【００３４】

なお、信号処理部２１は、本実施の形態で説明した制御装置３の処理の一部を実行する形態であってもよく、制御装置３は、本実施の形態で説明した信号処理部２１の処理の一部を実行する形態であってもよい。また、Ｘ線分析装置は、信号処理部２１と制御装置３とが一体になった形態であってもよい。また、Ｘ線分析装置は、元素分布画像が生成された時系列順を示す情報として、元素分布画像が生成された順番を示すデータを記憶してもよく、順番を示すデータと共に元素分布画像を生成した時間間隔を示すデータを記憶してもよい。また、本実施の形態に係るＸ線分析装置は、ＳＥＭ（走査型電子顕微鏡）又はＴＥＭ（透過型電子顕微鏡）に組み込まれた形態であってもよい。この形態では、Ｘ線分析装置には、ＳＥＭ又はＴＥＭ用に、反射電子、二次電子又は透過電子等の電子を検出する検出器と、検出器からの信号を処理する信号処理部とが備えられる。

【００３５】

（実施の形態２）

図４は、実施の形態２に係るＸ線分析装置の構成を示すブロック図である。Ｘ線分析装置は、電子銃１１及び電子レンズ系１２は備えておらず、Ｘ線源（ビーム源）１６を備えている。Ｘ線源１６はＸ線管を用いて構成されている。Ｘ線源１６は、試料台１４上の試料ＳへＸ線ビームを照射する。Ｘ線検出器１３は、Ｘ線源１６と試料台１４との間に配置されており、Ｘ線ビームの照射によって試料Ｓから発生した蛍光Ｘ線を検出する。信号処理部２１は、Ｘ線検出器１３が出力した信号に基づいて、蛍光Ｘ線のスペクトルを取得する。また、制御装置３は、Ｘ線ビームが試料Ｓへ照射されている状態で、駆動部２２の動作を制御して、試料台１４を水平面方向に移動させることによって、Ｘ線ビームで試料Ｓを走査する処理を実行する。制御装置３及び駆動部２２は、本発明における走査手段に対応する。信号処理部２１は、蛍光Ｘ線のスペクトルに基づき、試料Ｓ上の各元素の分布を表した元素分布画像を生成する。Ｘ線分析装置のその他の構成は実施の形態１と同様である。

【００３６】

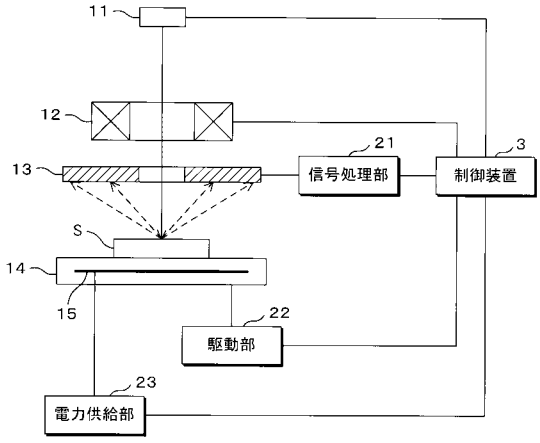
Ｘ線分析装置は、実施の形態１と同様に、ステップＳ１～Ｓ５の処理を実行する。本実施の形態においても、元素分布画像そのものに基づいて、試料Ｓ上で元素分布画像を取得すべき範囲の位置決めを行うことが可能となる。また、同様に、Ｘ線分析装置は、元素分布の時間変化を表示することができる。また、Ｘ線分析装置は、走査のための試料台１４の移動に加えて、試料Ｓ上の走査範囲を移動させるために試料台１４を移動させる処理を行うことが可能である。従って、本実施の形態においても、Ｘ線分析装置は、移動する元素分布の時間変化を表示することができる。更に、本実施の形態においても、Ｘ線分析装置は、ヒータ１５を用いて試料Ｓを加熱して、加熱による元素分布の時間変化を表示することが可能である。また、同様に、Ｘ線分析装置は、試料Ｓに熱的変化以外の物理的又は化学的な変化を起こさせるための機能を備えた形態であってもよい。

【００３７】

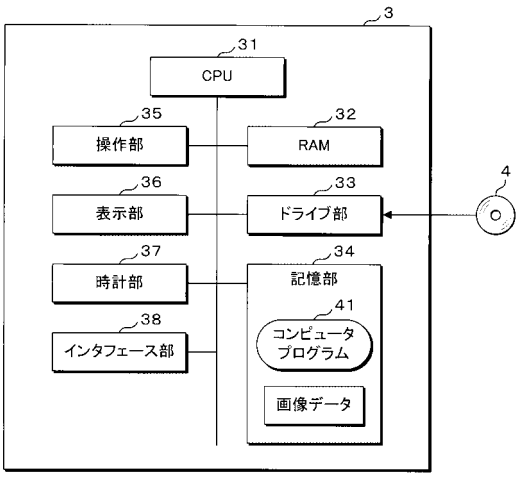
なお、Ｘ線分析装置は、Ｘ線ビームを試料Ｓへ導くための図示しないＸ線光学系を備えていてもよい。また、Ｘ線分析装置は、加速器を用いたＸ線源等、Ｘ線管を用いたＸ線源１６以外のＸ線源を備えた形態であってもよい。また、実施の形態１においては電子線を試料Ｓへ照射する形態を示し、実施の形態２においてはＸ線ビームを試料Ｓへ照射する形態を示したが、Ｘ線分析装置は、試料Ｓへ照射するためのその他のビームを放射するその他のビーム源を備えた形態であってもよい。例えば、Ｘ線分析装置は、荷電粒子のビームを放射するビーム源を備えた形態であってもよい。また、実施の形態１及び２においては、試料保持部として試料Ｓを載置する試料台１４を備えた形態を示したが、Ｘ線分析装置は、載置以外の方法で試料を保持する試料保持部を備えた形態であってもよい。

【符号の説明】
【００３８】
１１　電子銃（ビーム源）
１２　電子レンズ系
１３　Ｘ線検出器
１４　試料台（試料保持部）
１５　ヒータ
１６　Ｘ線源（ビーム源）
２１　信号処理部
２２　駆動部
２３　電力供給部
３　制御装置
３１　ＣＰＵ
３４　記憶部（記憶手段）
３６　表示部

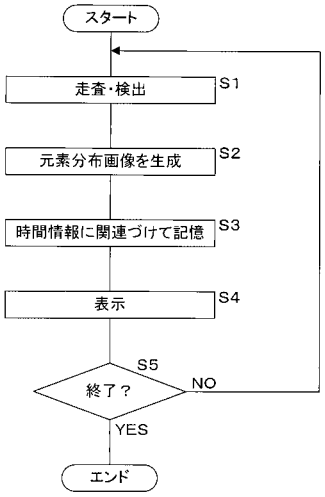
【図１】



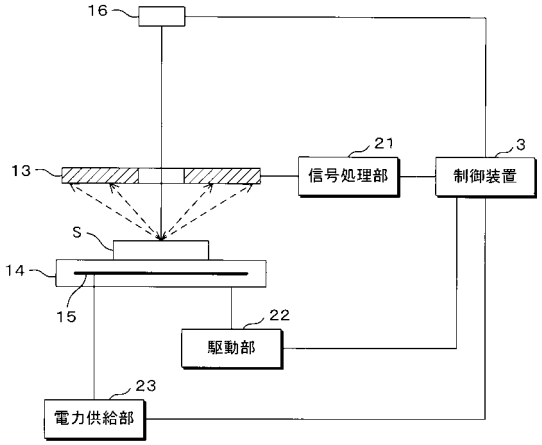
【図２】



【図３】



【図４】



【手続補正書】
【提出日】平成29年8月25日(2017.8.25)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】０００６
【補正方法】変更
【補正の内容】
【０００６】
本発明に係るＸ線分析装置は、ビーム源と、試料保持部と、該試料保持部が保持する試料を前記ビーム源からのビームで走査する走査手段と、該走査手段による走査によって試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出器と、該Ｘ線検出器の検出結果に基づいて、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成する生成手段とを備えるＸ線分析装置において、前記Ｘ線検出器は、前記ビーム源と前記試料保持部との間の位置に配置され、複数のＸ線検出素子を有しており、前記走査手段は、試料を前記ビームで繰り返し走査するように構成してあり、前記生成手段は、前記走査手段が試料を走査する都度、元素分布画像を生成するように構成してあり、特定の時点からの経過時間を計測する手段と、前記生成手段が生成した複数の元素分布画像を、計測された経過時間を示し、各元素分布画像が生成された時系列順を示す情報に関連付けて記憶する記憶手段と、前記記憶手段が記憶している複数の元素分布画像を、前記時系列順に連続して表示する表示部と、前記生成手段が前記複数の元素分布画像を生成した時間間隔の比率と前記表示部が前記複数の元素分布画像を表示する時間間隔の比率とを同一の比率にした上で、前記表示部が前記複数の元素分布画像を表示する時間間隔を変更する手段とを備えることを特徴とする。
【手続補正２】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】００１０

【補正方法】変更
【補正の内容】
【００１０】
本発明に係るＸ線分析装置は、ビーム源と、試料保持部と、該試料保持部が保持する試料を前記ビーム源からのビームで走査する走査手段と、該走査手段による走査によって試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出器と、該Ｘ線検出器の検出結果に基づいて、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成する生成手段とを備えるＸ線分析装置において、前記Ｘ線検出器は、前記ビーム源と前記試料保持部との間の位置に配置され、複数のＸ線検出素子を有しており、前記走査手段は、試料を前記ビームで繰り返し走査するように構成してあり、前記生成手段は、前記走査手段が試料を走査する都度、元素分布画像を生成するように構成してあり、前記生成手段が生成した複数の元素分布画像を、各元素分布画像が生成された時系列順を示す情報に関連付けて記憶する記憶手段と、前記生成手段が生成した元素分布画像を表示する表示部と、前記走査手段が試料を走査する都度、リアルタイムで前記試料の元素分布画像を前記表示部に表示させる手段とを備えることを特徴とする。
【手続補正３】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】請求項１
【補正方法】変更
【補正の内容】
【請求項１】
ビーム源と、試料保持部と、該試料保持部が保持する試料を前記ビーム源からのビームで走査する走査手段と、該走査手段による走査によって試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出器と、該Ｘ線検出器の検出結果に基づいて、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成する生成手段とを備えるＸ線分析装置において、
前記Ｘ線検出器は、前記ビーム源と前記試料保持部との間の位置に配置され、複数のＸ線検出素子を有しており、
前記走査手段は、試料を前記ビームで繰り返し走査するように構成してあり、
前記生成手段は、前記走査手段が試料を走査する都度、元素分布画像を生成するように構成してあり、
特定の時点からの経過時間を計測する手段と、
前記生成手段が生成した複数の元素分布画像を、計測された経過時間を示し、各元素分布画像が生成された時系列順を示す情報に関連付けて記憶する記憶手段と、
前記記憶手段が記憶している複数の元素分布画像を、前記時系列順に連続して表示する表示部と、
前記生成手段が前記複数の元素分布画像を生成した時間間隔の比率と前記表示部が前記複数の元素分布画像を表示する時間間隔の比率とを同一の比率にした上で、前記表示部が前記複数の元素分布画像を表示する時間間隔を変更する手段とを備えること
を特徴とするＸ線分析装置。
【手続補正４】
【補正対象書類名】特許請求の範囲
【補正対象項目名】請求項３
【補正方法】変更
【補正の内容】
【請求項３】
ビーム源と、試料保持部と、該試料保持部が保持する試料を前記ビーム源からのビームで走査する走査手段と、該走査手段による走査によって試料から発生するＸ線を検出するＸ線検出器と、該Ｘ線検出器の検出結果に基づいて、試料に含まれる元素の分布を表した元素分布画像を生成する生成手段とを備えるＸ線分析装置において、
前記Ｘ線検出器は、前記ビーム源と前記試料保持部との間の位置に配置され、複数のＸ

線検出素子を有しており、
前記走査手段は、試料を前記ビームで繰り返し走査するように構成してあり、
前記生成手段は、前記走査手段が試料を走査する都度、元素分布画像を生成するように構成してあり、
前記生成手段が生成した複数の元素分布画像を、各元素分布画像が生成された時系列順を示す情報に関連付けて記憶する記憶手段と、
前記生成手段が生成した元素分布画像を表示する表示部と、
前記走査手段が試料を走査する都度、リアルタイムで前記試料の元素分布画像を前記表示部に表示させる手段とを備えること
を特徴とするＸ線分析装置。

フロントページの続き

(72)発明者　小松原　隆司
京都府京都市南区吉祥院宮の東町２番地　株式会社堀場製作所内

Ｆターム(参考) 2G001 AA01 AA03 BA04 BA05 CA01 DA01 GA01 GA06 HA03 HA07
JA09 JA11 JA16 KA02 PA11 RA02 RA03
2G188 AA27 BB03 BB15 CC28 DD05 EE01 EE12 EE32