

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6783071号  
(P6783071)

(45) 発行日 令和2年11月11日(2020.11.11)

(24) 登録日 令和2年10月23日(2020.10.23)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 J 37/04 (2006.01)	HO 1 J 37/04 B
HO 1 J 37/28 (2006.01)	HO 1 J 37/28 B
HO 1 J 37/24 (2006.01)	HO 1 J 37/24
HO 1 J 37/22 (2006.01)	HO 1 J 37/22 5 O 2 H

請求項の数 15 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2016-101308 (P2016-101308)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成28年5月20日 (2016.5.20)		株式会社日立ハイテク
(65) 公開番号	特開2017-208285 (P2017-208285A)		東京都港区虎ノ門一丁目17番1号
(43) 公開日	平成29年11月24日 (2017.11.24)	(74) 代理人	100091096
審査請求日	平成31年3月5日 (2019.3.5)		弁理士 平木 祐輔
		(74) 代理人	100105463
			弁理士 関谷 三男
		(74) 代理人	100102576
			弁理士 渡辺 敏章
		(72) 発明者	伊藤 峻太郎
			東京都港区西新橋一丁目24番14号 株
			式会社日立ハイテクノロジーズ内
		(72) 発明者	大八木 敏行
			東京都港区西新橋一丁目24番14号 株
			式会社日立ハイテクノロジーズ内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子線の照射によって生じる試料の像を撮影する撮影装置と、  
前記荷電粒子線を偏向させる偏向コイルと、  
前記荷電粒子線を集束させる磁界レンズと、  
前記偏向コイル及び前記磁界レンズを制御する制御装置と、  
前記荷電粒子線の電磁的軸調整に用いられる情報を表示するインターフェース部と  
を有し、  
前記制御装置は、  
前記電磁的軸調整に用いられる情報として、  
オペレータによる手動での前記電磁的軸調整の前後で、同一の前記撮影装置を用いて取得された2枚の画像に基づいて、前記2枚の画像間の変化に内在する変換特性を含む第1  
の情報を算出し、

前記第1の情報に基づいて、前記オペレータに調整させるべき前記偏向コイルの調整量及び前記磁界レンズの調整量の両方又は一方を含む第2の情報を算出し、

前記第1の情報及び前記第2の情報を前記インターフェース部に表示させる荷電粒子線装置。

【請求項2】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記電磁的軸調整に用いられる情報は、電流軸中心調整、電圧軸中心調整、ビーム偏向

支点調整及びフォーカス調整に用いられる情報のうち少なくとも1つであることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項3】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記撮影装置は、前記荷電粒子線によって照射される前記試料の表面像を撮影する撮影装置、前記試料を透過した前記荷電粒子線が蛍光板に形成する像を撮影する撮影装置、前記試料を通過した前記荷電粒子線の像を直接撮影する撮影装置のうちのいずれか1つ又は組み合わせである

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項4】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記第1の情報は、前記オペレータによる手動での前記電磁的軸調整の前後で、同一の前記撮影装置を用いて取得された2枚の画像間の回転量である

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

10

【請求項5】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記第1の情報は、前記オペレータによる手動での前記電磁的軸調整の前後で、同一の前記撮影装置を用いて取得された2枚の画像間で共通する特徴的な図形の縦方向と横方向の移動量のピクセル値である

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

20

【請求項6】

請求項5に記載の荷電粒子線装置において、

前記ピクセル値は、特徴的な図形の画面上での長さである

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項7】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記第1の情報は、前記オペレータによる手動での前記電磁的軸調整の前後で、同一の前記撮影装置を用いて取得された2枚の画像間で共通する特徴的な図形の中心位置又は重心位置を表示する記号である

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

30

【請求項8】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記第1の情報は、前記オペレータによる手動での前記電磁的軸調整の前後で、同一の前記撮影装置を用いて取得された2枚の画像間のフォーカス量を表示する図形である

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項9】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記第2の情報は、調整手順を含む

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項10】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記第2の情報は、前記偏向コイル及び前記磁界レンズの位置関係が記号又は図で表され、前記磁界レンズ及び前記偏向コイルの両方又は一方を通過する前記荷電粒子線の軌道が表される図を含む

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

40

【請求項11】

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、

前記第2の情報は、前記オペレータによる調整時に変化させる前記偏向コイル及び前記磁界レンズの両方又は一方の名称を含む

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

50

## 【請求項 1 2】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、  
前記第 2 の情報は、前記偏向コイルの調整量及び前記磁界レンズの調整量の両方又は一方を前記オペレータが調整するためのツマミの模式図を含む  
ことを特徴とする荷電粒子線装置。

## 【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の荷電粒子線装置において、  
前記第 2 の情報は、前記ツマミの回転方向を含む  
ことを特徴とする荷電粒子線装置。

## 【請求項 1 4】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置において、  
前記調整量は、前記オペレータによる調整時に変化させる前記偏向コイル及び前記磁界レンズの両方又は一方に対応する電流値若しくは電流値に相当する値である  
ことを特徴とする荷電粒子線装置。

10

## 【請求項 1 5】

請求項 1 に記載の荷電粒子線装置に加えて、  
前記インターフェース部は、前記電磁的軸調整に用いられる情報をリアルタイムに更新する  
ことを特徴とする荷電粒子線装置。

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、荷電粒子線装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

透過型電子顕微鏡（以下、TEM）は、試料を通過した電子線により生じる透過像を観察する装置である。観察方法の 1 つは、蛍光板を使用する方法である。この場合、TEM は、試料を通過した電子線を蛍光板に結像し、蛍光板に写った試料の透過像を装置の窓を通じて観察する。この観察は、実時間（すなわち、リアルタイム）で行うことが可能である。

30

## 【0003】

観察方法には、蛍光板を使用しない方法もある。この場合、TEM は、試料を透過した電子線の画像をテレビカメラ等の撮影装置を用いて直接検出し、検出された透過像の画像信号を装置の外部に接続された表示装置に送り表示する。この場合、オペレータは、表示装置に表示された透過像を観察する。ただし、この観察方法は、装置構成によっては画像処理に時間を要し、リアルタイムでなく時間遅れが生じる可能性がある。

## 【0004】

通常、TEM の制御装置は装置本体から離れた場所に設置されており、オペレータは、当該制御装置のある場所から TEM の動作を制御する。このため、透過像が表示される表示装置は、オペレータが観察し易いように、制御装置が設置された場所に設置される。

40

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

## 【0005】

【特許文献 1】特開 2008 - 181786 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

TEM を用いて試料を観察する場合、試料を観察する前に軸調整を行う必要がある。軸調整には、機械的軸調整と電磁的軸調整がある。機械的軸調整では、物理的に鏡体等を動かして光軸を調整する。電磁的軸調整では、レンズやコイル等の電流値を変化させて光軸

50

を調整する。機械的軸調整はオペレータが行うことは無いが、電磁的軸調整はオペレータが行うこともある。

【0007】

オペレータが行う電磁的軸調整には、電流軸中心調整、電圧軸中心調整、ビーム偏向支点調整、フォーカス調整がある。これらのうち電流軸中心調整と、電圧軸中心調整と、ビーム偏向支点調整は定期的に行われる。これらの軸調整は、オペレータが目視により行う。そのため、調整精度と調整時間にバラツキが生じ得る。特に、軸調整の調整精度は試料観察に影響を与えるため、高い調整精度が求められる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明は、例えば特許請求の範囲に記載の構成を採用する。本明細書は上記課題を解決する手段を複数含んでいるが、その一例を挙げるならば、「荷電粒子線の照射によって生じる試料の像を撮影する撮影装置と、前記荷電粒子線を偏向させる偏向コイルと、前記荷電粒子線を集束させる磁界レンズと、前記偏向コイル及び前記磁界レンズを制御する制御装置と、前記荷電粒子線の電磁的軸調整に関する情報を表示するインターフェース部とを有する荷電粒子線装置」である。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、オペレータは、調整指標として表示された情報を参照して電磁的軸調整を行うことができ、調整精度と調整時間のバラツキを低減できる。前述した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施の形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例に係るTEMの構成例を示す図。

【図2】電流軸中心調整時に用いられる操作画面の一例を示す図。

【図3】電流軸中心調整時に実行される処理手順例を示すフローチャート。

【図4】TEMで取得される観察像の一例を示す図。

【図5】画面更新処理S109の詳細内容を示すフローチャート。

【図6】電圧軸中心調整時に用いられる操作画面の一例を示す図。

【図7】ビーム偏向支点調整時に用いられる操作画面の一例を示す図。

【図8】ビーム偏向支点調整時に実行される処理手順例を示すフローチャート。

【図9】ビーム偏向支点調整時に取得される観察像の一例を示す図。

【図10】フォーカス調整時に用いられる操作画面の一例を示す図。

【図11】フォーカス調整時に実行される処理手順例を示すフローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、図面に基づいて、本発明の実施例を説明する。なお、本発明は、後述する実施例に限定されるものではなく、その技術思想の範囲において、種々の変形が可能である。

【0012】

(1) 実施例 1

(1-1) 装置構成

図1に、TEMの構成例を示す。電子銃1から放出されて加速された電子線は、照射系レンズ2によって収束された後、第1偏向コイル3及び第2偏向コイル4によって偏向される。更に、電子線は、対物レンズ(前磁場)5によって試料台7に装着された試料6に結像される。電子線発生装置12は、電子銃1に与える電圧を調整して電子線のエネルギーを制御する。電子線を試料6に照射する電子線照射系は、破線で囲んで示す装置本体の内部に収納される。装置本体の内部は、真空排気ポンプ16によって真空に保たれる。

【0013】

試料6を透過した電子線は、結像系レンズ8により拡大されて蛍光板11に結像される。これにより、蛍光板11には試料透過像に対応する蛍光板面像が現れる。蛍光板面像は

10

20

30

40

50

、蛍光板撮影用のカメラ（第1の撮像装置）9により撮影される。カメラ9は、蛍光板画像に当たる画像信号を出力する。本実施例のTEMは、蛍光板11を使用しない観察方法にも対応する。当該観察方法を用いる場合、蛍光板駆動装置15が蛍光板11を電子線の光軸上から退避させ、試料6を透過した電子線をカメラ（第2の撮像装置）10の撮影面に直接入射させる。これにより、カメラ10は、試料透過像に当たる画像信号を出力する。

#### 【0014】

画像の撮影倍率は、電子線調整装置13の制御により可変できる。撮影視野は、試料移動装置14による試料台7の位置移動により調整できる。電子線発生装置12、電子線調整装置13、試料移動装置14、蛍光板駆動装置15、真空排気ポンプ16は、いずれも装置本体側に設けられる。

10

#### 【0015】

破線で囲んで示すコンピュータ17には、中央演算ユニット17a、画像表示用メモリ17b、入出力インターフェース17c、画像メモリ17d、17e、プログラム格納メモリ17f、データ保存用メモリ17gが含まれる。中央演算ユニット17aは、プログラム格納メモリ17fに格納されているプログラムを実行し、各種の機能を提供する。例えば中央演算ユニット17aは、カメラ9又は10から受信した画像信号を画像メモリ17dに一時保管する。ここでの画像信号は、蛍光板画像又は試料透過像である。画像メモリ17dに既に画像信号が保管されている場合、中央演算ユニット17aは、画像信号を画像保存メモリ17eに一時保管する。画像メモリ17dと画像保存メモリ17eの両方に既に画像信号が保管されている場合、中央演算ユニット17aは、交互に、格納されている画像信号を削除し、保管領域を確保する。

20

#### 【0016】

中央演算ユニット17aは、試料透過像を画面に表示する場合、画像メモリ17d（又は17e）から読み出した画像信号を画像表示用メモリ17bに格納し、その後、入出力インターフェース17cを通じて表示装置（インターフェース部）18に表示する。TEMに関する各種データ、中央演算ユニット17aが演算により算出したデータ等は、データ保存用メモリ17gに保存される。中央演算ユニット17aは、プログラム格納メモリ17fに格納されているプログラムの実行を通じ、電子線発生装置12、電子線調整装置13、試料移動装置14、蛍光板駆動装置15、真空排気ポンプ16の動作を制御する。

30

#### 【0017】

##### (1-2) 電流軸中心の調整動作

##### (a) 処理の概要

電流軸中心の調整時、オペレータは、操作パネルの操作を通じて中央演算ユニット17aにアクセスし、該当するプログラムの実行を指示する。中央演算ユニット17aは、電子線調整装置13を制御し、対物レンズ5の電流値を正負の方向にわずかに変化させ続ける。対物レンズ5の電流値の変化により、蛍光板11に表示される蛍光板画像又はカメラ10で観察された試料透過像は回転され、同時に拡大又は縮小される。

#### 【0018】

次に、中央演算ユニット17aは、カメラ9又は10から受信した画像信号を画像メモリ17d又は17eに一時的に保管すると共に、画像表示用メモリ17bに画像信号を保管して、表示装置18に表示する。

40

#### 【0019】

図2に、電流軸中心の調整時に表示される操作画面の一例を示す。中央演算ユニット17aは、インターフェース画面19と調整情報表示画面23に表示される情報の全部又は一部をリアルタイムで更新する。これにより、オペレータは、リアルタイムで調整結果を確認することができ、作業効率を上げることができる。

#### 【0020】

インターフェース画面19には、電流値を変化させる前後に撮影された2つの画像19A又は19Bが表示されている。画像19Aは電流値の変化前の画像に対応し、画像19

50

Bは電流値の変化後の画像に対応する。いずれも同じカメラ9又は10で撮影された画像である。すなわち、画像19A及び19Bは、いずれも蛍光板画像又は試料透過像である。図2は、電流値の変化により、画像19Bが画像19Aに対して回転され同時に拡大された様子を表している。勿論、画像19Bが画像19Aに対して縮小されることもある。

#### 【0021】

中央演算ユニット17aは、プログラム格納メモリ17fに格納されている画像処理プログラムを実行し、画像19Aから画像19Bへの変化に内在する変換特性と当該変換特性を打ち消すための調整量を計算する。中央演算ユニット17aは、計算結果として、回転中心位置20、回転中心移動方向21、移動量22をインターフェース画面19に表示する。回転中心位置20は、電流値の変化に伴い画像間に生じた回転変換の中心位置を示す。回転中心移動方向21は、調整時に回転中心を移動すべき方向を示す。移動量22は、調整時に回転中心位置20を移動すべき量を示す。なお、インターフェース画面19には、移動量22として、ピクセル値が表示される。ピクセル値は、後述する特徴的な図形の画面上での長さに相当する。

10

#### 【0022】

中央演算ユニット17aは、回転中心位置20、回転中心移動方向21、移動量22等の情報に基づいて調整情報を計算し、計算結果(調整指標)を調整情報表示画面23に提示する。図2の場合、調整情報表示画面23は、インターフェース画面19の右側に配置される。調整情報表示画面23には、調整手順24、簡易光線図25、調整対象名26、擬似ツマミ27A及び27B、ツマミ回転方向28、調整量29が表示される。因みに、擬似ツマミ27AはX軸用の調整ツマミであり、擬似ツマミ27BはY軸用の調整ツマミである。調整対象名26を表す記号「BT」は、偏向コイル3及び4を表している。

20

#### 【0023】

インターフェース画面19に表示される画像19A及び19Bの組が更新されるたび、中央演算ユニット17aは、前記の画像処理プログラムを実行し、その都度、回転中心位置20、回転中心移動方向21、移動量22及び調整情報表示画面23の表示内容を更新する。オペレータは、インターフェース画面19と調整情報表示画面23に提示された情報を参照し、電流軸中心調整を行う。このように本実施例では、オペレータは、具体的な数値や客観的な情報に基づいて調整作業を行うことができ、オペレータ間での調整バラツキや調整時間差を小さくすることができる。

30

#### 【0024】

##### (b) 処理動作の内容

図3に、電流軸中心調整時において、中央演算ユニット17aが実行する画像処理プログラムの処理手順例を示す。画像処理プログラムは、画像メモリ17d(又は17e)に保管された画像信号を処理対象とし、インターフェース画面19及び調整情報表示画面23に表示する情報の計算などを実行する。

#### 【0025】

まず、中央演算ユニット17aは、画像メモリ17d(又は17e)から画像信号を取得する(S101)。前述したように、画像信号は、カメラ9で撮影された蛍光板面像又はカメラ10で撮影された試料透過像であり、両方ではない。次に、中央演算ユニット17aは、対物レンズ5の現在の電流値を電子線調整装置13より取得し、変化の有無を確認する(S102)。対物レンズ5の現在の電流値が、S101で読み出した画像信号を撮影したときの電流値と異なる場合、中央演算ユニット17aは、別の画像メモリ17e(又は17d)から画像信号を取得する(S103)。対物レンズ5の現在の電流値が、S101で読み出した画像信号を撮影したときの電流値と同じである場合、中央演算ユニット17aは、その変化が確認されるまでS102の確認処理を繰り返す。

40

#### 【0026】

中央演算ユニット17aは、S101で取得された画像信号とS103で取得された画像信号を処理し、2枚の画像間の回転量を算出する(S104)。この2枚の画像は同じカメラで撮影された画像である。以下、回転量の算出手順を説明する。まず、中央演

50

算ユニット17aは、取得した2枚の画像から特徴的な領域を抽出する。特徴的な領域とは、例えば試料上の傷や汚れである。

【0027】

図4に、特徴的な領域の一例を示す。特徴的領域101は、対物レンズ5の電流値が変化したことにより、観察像中の特徴的領域100が回転及び平行移動した状態を表している。特徴的な領域には、例えばSIFT(Scale Invariant Feature Transform)特徴量がある。SIFT特徴量は、例えば以下の方法により抽出できる。まず、画像から特徴点を検出する。特徴点は、例えば平滑度の異なるGaussianフィルタで平滑化した画像の変化から検出する。拡大又は縮小の影響を排除するために、異なる解像度の画像を作成してGaussianフィルタによる平滑化を行う。次に、検出した特徴点からSIFT特徴量を生成する。SIFT特徴量は、特徴点周辺の輝度変化が最も大きい向きを調べる。

10

【0028】

特徴点の向きを基準に、特徴点を中心とした4×4のブロックを設定し、ブロック毎に輝度変化を8方向で表すことで128次元のベクトルを求める。128次元ベクトルを長さ1に正規化し、1つの特徴点に対するSIFT特徴量とする。SIFT特徴量は、一般的な画像処理ライブラリでアルゴリズムが提供されており、それらを利用しても良い。SIFT特徴量は、128次元のベクトルを扱うため、移動、回転、拡大又は縮小により変化した画像に対して、変化前の画像のSIFT特徴量と変化後のSIFT特徴量の画像を対応させることができる。

【0029】

20

次に、中央演算ユニット17aは、2枚の画像から抽出した特徴的な領域の座標を利用して、ホモグラフィ行列を求める。ホモグラフィ行列は、2次元の射影変換を表す。ホモグラフィ行列は、一般的な画像処理ライブラリを利用することにより容易に算出することができる。2枚の画像間で対応する特徴点座標の組みから求められるホモグラフィ行列の一般式を式1に示す。

【0030】

$$\begin{bmatrix} sx * \cos \theta & sy * -\sin \theta & e \\ sx * \sin \theta & sy * \cos \theta & f \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \dots \text{(式1)}$$

30

【0031】

ここで、sxはX方向の拡大率であり、syはY方向の拡大率である。θは回転角度、eはX方向の移動量、fはY方向の移動量である。なお、\*は、乗算子である。

【0032】

次に、中央演算ユニット17aは、ホモグラフィ行列を用いて回転量を求める。式2に、その計算式を示す。

【0033】

$$\theta = \text{ArcTan}((s * \sin \theta) / (s * \cos \theta)) \dots \text{(式2)}$$

40

【0034】

その後、中央演算ユニット17aは、2枚の画像から特徴的な領域の拡大率又は縮小率を算出する(S105)。拡大率又は縮小率も、ホモグラフィ行列を用いて求めることができる。式3に、その計算式を示す。

【0035】

$$sx = \sqrt{(sx^* \cos \theta)^2 + (sy^* - \sin \theta)^2}$$

$$sy = \sqrt{(sx^* \sin \theta)^2 + (sy^* \cos \theta)^2} \quad \dots \text{(式3)}$$

【0036】

その後、中央演算ユニット17aは、2枚の画像から特徴的な領域の回転中心座標を算出する(S106)。回転中心座標もホモグラフィ行列から算出することができる。式4に、その計算式を示す。

【0037】

$$rY = \frac{\frac{f}{s^* \sin \theta} - \frac{e}{s^* \cos \theta - 1}}{\frac{s^* - \sin \theta}{s^* \cos \theta - 1} - \frac{s^* \cos \theta - 1}{s^* \sin \theta}}, \quad \dots \text{(式4)}$$

$$rX = -\frac{s^* \cos \theta - 1}{s^* \sin \theta * y} - \frac{f}{s^* \sin \theta}$$

【0038】

その後、中央演算ユニット17aは、求めた回転中心位置から画像の中心位置までの距離を算出する(S107)。式5に、その計算式を示す。

【0039】

$$\Delta D = \sqrt{(rX - cX)^2 + (rY - cY)^2} \quad \dots \text{(式5)}$$

【0040】

次に、中央演算ユニット17aは、回転中心座標と画像の中心位置までの距離に基づいて、必要な調整値を求める(S108)。調整値を求めるために、中央演算ユニット17aは、調整パラメータに対する電子ビームの傾斜角度をキャリブレーション値として求めておく。キャリブレーション値は、例えば電流値1mA当たりのビームスポットの移動ベクトル( $b_x, b_y$ )である。式6に、キャリブレーション値の例を示す。

【0041】

$$Acal = \frac{(bx, by)}{1[mA]} \quad \dots \text{(式6)}$$

【0042】

次に、中央演算ユニット17aは、S108で求めておいたパラメータを使用し、回転中心を観察画面の中央まで調整するための傾斜用コイルの電流値を算出する。式7に、その計算式を示す。

【0043】

$$Aresult = \frac{\Delta D}{Acal} \quad \dots \text{(式7)}$$

【0044】

その後、中央演算ユニット17aは、S104～S108で算出した結果をインターフェース画面19及び調整情報表示画面23に表示する(S109)。具体的には、調整手

10

20

30

40

50

順 2 4、簡易光線図 2 5、調整対象名 2 6、擬似ツマミ 2 7 A 及び 2 7 B、ツマミ回転方向 2 8、調整量 2 9 が表示される。

【 0 0 4 5 】

図 5 に、画面更新処理 S 1 0 9 の詳細内容を示す。画面更新処理 1 0 9 は、中央演算ユニット 1 7 a によって算出した移動量や回転量を、インターフェース画面 1 9 と調整情報表示画面 2 3 に表示するための処理である。画面更新処理 S 1 0 9 の実行時、中央演算ユニット 1 7 a は、計算値（すなわち計算結果）をデータ保存用メモリ 1 7 g（図 1）から取得する（S 2 0 1）。

【 0 0 4 6 】

次に、中央演算ユニット 1 7 a は、取得した結果に基づいて、インターフェース画面 1 9 上に、電流の変化前後に撮影された 2 つの画像 1 9 A 及び 1 9 B と、その回転中心位置 2 0 を表すマーカを描画する（S 2 0 2）。マーカの描画後、中央演算ユニット 1 7 a は、インターフェース画面 1 9 上に移動量 2 2 を描画し（S 2 0 3）、更に、回転中心移動方向 2 1 を描画する（S 2 0 4）。

【 0 0 4 7 】

次に、中央演算ユニット 1 7 a は、調整情報表示画面 2 3 に調整手順 2 4 を描画する（S 2 0 5）。調整手順 2 4 とは、例えば「1．観察画面を表示する」、「2．電源電圧を 100V 増やす」、「3．観察画面上に表示された観察像の変化量を確認する」、「4．調整情報表示画面で調整対象のツマミや調整量を確認する」、「5．調整対象のツマミを調整情報表示画面に表示された量だけ変化させる」、「6．電源電圧を 100V 減らす」、「7．調整終了」等のメッセージである。

【 0 0 4 8 】

調整手順 2 4 の表示後、中央演算ユニット 1 7 a は、調整内容に対応した簡易光線図 2 5 を描画する（S 2 0 6）。簡易光線図 2 5 には、例えば調整対象である磁界レンズ（照射系レンズ 2、対物レンズ 5、結像系レンズ等）及び偏向コイル 3、4 の両方又は一方の位置関係が記号又は図で表され、磁界レンズ及び偏向コイルの両方又は一方を通過する電子ビームの軌道が表される。

【 0 0 4 9 】

その後、中央演算ユニット 1 7 a は、調整対象名 2 6 と対応する調整ツマミ模式図（図 2 の場合は擬似ツマミ 2 7 A 及び 2 7 B）を調整情報表示画面 2 3 の下部に表示する（S 2 0 7）。最後に、中央演算ユニット 1 7 a は、調整が必要となる擬似ツマミ（擬似ツマミ 2 7 A 及び 2 7 B の両方又は一方）の上部に、調整量 2 9 と調整方向（図 2 の場合はツマミ回転方向 2 8）を描画する（S 2 0 8）。調整量 2 9 は、磁界レンズ及び偏向コイル 3、4 の制御に用いる電流値又は電流値に相当する値である。電流値に相当する値とは、例えばディジット（digit）と呼ばれるアナログ値をデジタル値に変換した時の最小単位である。なお、図 5 に示す処理手順は一例であり、各ステップの実行順序は任意である。

【 0 0 5 0 】

（ 1 - 3 ）実施例の効果

前述したように、本実施例における TEM（図 1）は、オペレータによる電磁的軸調整作業に際し、手動調整の前後で生じた変化や調整作業をサポートする各種の情報を計算してインターフェース画面 1 9 及び調整情報表示画面 2 3 に表示する。従って、オペレータは、適切な調整手順や調整量を参照して軸調整作業を行うことができ、調整精度と調整時間差のバラツキを共に低減できる。

【 0 0 5 1 】

（ 2 ）実施例 2

（ 2 - 1 ）装置構成

本実施例においても、図 1 に示す構成の TEM を使用する。本実施例では、オペレータが、TEM の電圧軸中心を調整する場合の動作を説明する。

【 0 0 5 2 】

（ 2 - 2 ）電圧軸中心の調整動作

10

20

30

40

50

電圧軸中心の調整時も、オペレータは、操作パネルの操作を通じて中央演算ユニット 17 a にアクセスし、該当するプログラムの実行を指示する。中央演算ユニット 17 a は、電子線発生装置 12 を制御し、電子銃 1 に印加する電圧を正負の方向に交互に変化させ続ける。電子銃 1 に印加される電圧値が変化すると、蛍光板 11 に表示される蛍光板画像又はカメラ 10 で観察された試料透過像が対物レンズ 5 の電流値変化に合わせて拡大され又は縮小される。

【 0053 】

次に、中央演算ユニット 17 a は、カメラ 9 又はカメラ 10 から受信した画像信号を画像メモリ 17 d 又は 17 e に一時的に保管すると共に、画像表示用メモリ 17 b に画像信号を保管して、表示装置 18 に表示する。

10

【 0054 】

図 6 に、電圧軸中心の調整時に表示されるインターフェース画面 31 と調整情報表示画面 35 の一例を示す。インターフェース画面 31 には、電圧値を変化させる前後に撮影された 2 つの画像 30 A 及び 30 B が表示される。本実施例では、画像 30 A は電圧値の変化前の画像に対応し、画像 30 B は電圧値の変化後の画像に対応する。いずれも同じカメラ 9 又は 10 で撮影された画像である。すなわち、画像 30 A 及び 30 B は、いずれも蛍光板画像又は試料透過像である。図 6 は、電圧値の変化により、画像 30 B が画像 30 A に対して拡大された様子を表している。勿論、画像 30 B が画像 30 A に対して縮小されることもある。

【 0055 】

20

中央演算ユニット 17 a は、プログラム格納メモリ 17 f に格納されている画像処理プログラムを実行し、画像 30 A から画像 30 B への変化をもたらす変換特性と当該変換特性を打ち消すための調整量を計算する。中央演算ユニット 17 a は、計算結果として、拡大・縮小中心位置 32、拡大・縮小中心移動方向 33、移動量 34 をインターフェース画面 31 に表示する。拡大・縮小中心位置 32 は、電圧値の変化に伴い画像間に生じた拡大・縮小変換の中心位置を示す。拡大・縮小中心移動方向 33 は、調整時に拡大・縮小中心を移動すべき方向を示す。移動量 34 は、調整時に拡大・縮小中心位置 32 を移動すべき量を示す。なお、インターフェース画面 31 には、移動量 34 として、ピクセル値が表示される。

【 0056 】

30

中央演算ユニット 17 a は、拡大・縮小中心位置 32、拡大・縮小中心移動方向 33、移動量 34 等の情報に基づいて調整情報を計算し、計算結果を調整情報表示画面 35 に提示する。図 6 の場合、調整情報表示画面 35 は、インターフェース画面 31 の右隣に配置される。調整情報表示画面 35 には、調整手順 36、簡易光線図 37、調整対象名 38、擬似ツマミ 39 A 及び 39 B、ツマミ回転方向 40、調整量 41 が表示される。因みに、擬似ツマミ 39 A は X 軸用の調整ツマミであり、擬似ツマミ 39 B は Y 軸用の調整ツマミである。調整対象名 38 を表す記号「BT」は、偏向コイル 3 及び 4 を表している。

【 0057 】

インターフェース画面 31 に表示される画像 19 A 及び 19 B の組が更新されるたび、中央演算ユニット 17 a は、前記画像処理プログラムを実行し、その都度、拡大・縮小中心位置 32、拡大・縮小中心移動方向 33、移動量 34 及び調整情報表示画面 35 の表示内容を更新する。オペレータは、インターフェース画面 31 と調整情報表示画面 35 に提示された情報を参照し、電圧軸中心調整を行う。このように本実施例では、具体的な数値や客観的な情報に基づいて調整作業を行うことができ、オペレータ間での調整バラツキや調整時間差を小さくすることができる。

40

【 0058 】

本処理は、実施例 1 で説明した処理動作と類似している処理が多い。従って、基本的な処理動作は図 3 と同じになる。相違部分は、本実施例の場合、S104 の回転量の算出処理が不要な点と S106 で回転中心ではなく拡大・縮小中心位置を算出する点と S107 で回転中心ではなく拡大・縮小中心から画像の中心までの移動距離を算出する点である。

50

電圧軸調整時の観察像は、電圧が変化しても回転しないためである。

【 0 0 5 9 】

( 2 - 3 ) 実施例の効果

前述したように、本実施例における T E M ( 図 1 ) は、オペレータによる電磁的軸調整作業に際し、調整前後で生じた変化や調整作業をサポートする各種の情報を計算してインターフェース画面 3 1 及び調整情報表示画面 3 5 に表示する。従って、オペレータは、適切な調整手順や調整量を参照して軸調整作業を行うことができ、調整精度と調整時間差のバラツキを共に低減できる。

【 0 0 6 0 】

( 3 ) 実施例 3

( 3 - 1 ) 装置構成

本実施例においても、図 1 に示す構成の T E M を使用する。本実施例では、オペレータが、T E M のビーム偏向支点を調整する場合の動作を説明する。

【 0 0 6 1 】

( 3 - 2 ) ビーム偏向支点の調整動作

T E M の電子ビームを傾斜させるための偏向支点の調整時も、オペレータは、操作パネルの操作を通じて中央演算ユニット 1 7 a にアクセスし、該当するプログラムの実行を指示する。中央演算ユニット 1 7 a は、電子線調整装置 1 3 を制御して照射系レンズ 2 の電流値を変化させ、電子線が蛍光板 1 1 上でスポットとなるように調整する。その後、オペレータは、操作パネルを操作して中央演算ユニット 1 7 a にアクセスし、カメラ制御プログラムの実行を指示する。カメラ制御プログラムを実行した中央演算ユニット 1 7 a は、蛍光板 1 1 をカメラ 9 で撮影して、画像メモリ 1 7 d ( 又は 1 7 e ) に保存する。

【 0 0 6 2 】

この後、オペレータは、操作パネルの操作を通じて電子線調整装置 1 3 を制御し、偏向コイル 3 及び偏向コイル 4 の両方又は一方の電流値を変化させる。偏向コイル 3 又は偏向コイル 4 の電流値が変化すると、蛍光板 1 1 に照射される電子ビームのスポット位置が変化する。その後、オペレータは、カメラ制御プログラムを用いて蛍光板 1 1 をカメラ 9 で撮影し、画像メモリ 1 7 e ( 又は 1 7 d ) に保存する。この状態で、中央演算ユニット 1 7 a は、プログラム格納メモリ 1 7 f に格納されている画像処理プログラムを実行し、表示装置 1 8 に表示する。

【 0 0 6 3 】

図 7 に、ビーム偏向支点の調整時に表示されるインターフェース画面 5 1 と調整情報表示画面 5 6 の一例を示す。インターフェース画面 5 1 には、移動前の基準スポット 5 2 A と移動後のスポット 5 3 A が表示される。また、インターフェース画面 5 1 には、移動後のビームスポット中心位置 5 3 から基準ビームスポット中心位置 5 2 の方向に向かうビームスポット移動方向 5 4 と移動量 5 5 が表示される。

【 0 0 6 4 】

また、調整情報表示画面 5 6 には、調整手順 5 7、調整時の簡易光線図 5 8、調整対象名 5 9、擬似ツマミ 6 0 A 及び 6 0 B、ツマミ調整方向 6 1、調整量 6 2 が表示される。因みに、擬似ツマミ 6 0 A は X 軸用の調整ツマミであり、擬似ツマミ 6 0 B は Y 軸用の調整ツマミである。調整対象名 5 9 を表す記号「 B T X 」は、偏向コイル 3 及び 4 の X 軸成分を表している。

【 0 0 6 5 】

偏向コイル 3 又は偏向コイル 4 の電流値を変化させる度、中央演算ユニット 1 7 a は、画像メモリ 1 7 d ( 又は 1 7 e ) に画像信号を格納する。画像メモリ 1 7 d ( 又は 1 7 e ) に格納されている画像信号は、基準ビームスポット中心位置 5 2 を求めるために必要となる。このため、この画像信号は、ビーム偏向支点の調整作業が終了するまで破棄されない。電子ビームを並行移動させるための偏向支点の調整も、同様の手順を適用できる。

【 0 0 6 6 】

図 8 に、ビーム偏向支点の調整時において、中央演算ユニット 1 7 a が実行する画像処

10

20

30

40

50

理プログラムの処理手順例を示す。画像処理プログラムは、画像メモリ17d又は17eに保存された画像信号を処理対象とし、インターフェース画面51及び調整情報表示画面56に表示する情報の計算などを実行する。

【0067】

まず、中央演算ユニット17aは、画像メモリ17d(又は17e)から基準となる画像信号を取得する(S301)。図9を参照し、基準となる画像信号の具体例を説明する。図9は、ビーム偏向支点の調整中にインターフェース画面51に表示される観察像の一例である。スポット52Aは、偏向コイル3又は4の電流値を変化させる前の電子ビームスポットを示し、スポット53Aは、偏向コイル3又は4の電流値を変化させた後の電子ビームスポットを示す。S301では、例えば観察視野内にスポット52Aのみが存在する画像信号が取得される。

10

【0068】

次に、中央演算ユニット17aは、偏向コイル3と偏向コイル4に流す電流が変化しているか否かを確認する(S302)。変化が無い場合、中央演算ユニット17aは、確認動作を繰り返す。変化がある場合、中央演算ユニット17aは、画像メモリ17e(又は17d)から画像を取得する(S303)。この時取得される画像は、例えば観察視野内にスポット53Aのみが存在している画像である。

【0069】

2つの画像が取得されると、中央演算ユニット17aは、画像メモリ17d(又は17e)の画像と画像メモリ17e(又は17d)の画像に基づいてビームスポットの移動量を計算する(S304)。移動量Dの計算式を式8に示す。

20

【0070】

$$\Delta D = \sqrt{(bX - aX)^2 + (bY - aY)^2} \quad \dots \text{(式8)}$$

【0071】

その後、中央演算ユニット17aは、計算した移動量Dに基づいて、スポット53Aをスポット52Aの位置に調整するための調整値を計算する(S305)。調整値を求めるために、中央演算ユニット17aは、調整パラメータに対する電子ビームの傾斜角度をキャリブレーション値として求めておく。キャリブレーション値は、例えば偏向コイル3及び4の電流値1mA当たりのビームスポットの移動ベクトル(bx, by)である。式9に、キャリブレーション値の例を示す。

30

【0072】

$$Acal = \frac{(bx, by)}{1[mA]} \quad \dots \text{(式9)}$$

【0073】

次に、中央演算ユニット17aは、調整値計算時に求めておいたパラメータを使用して、スポット201をスポット200の重心座標まで調整するための傾斜用コイルの電流値を算出する。式10に、その計算式を示す。

40

【0074】

$$Aresult = \frac{\Delta D}{Acal} \quad \dots \text{(式10)}$$

【0075】

最後に、中央演算ユニット17aは、S304及びS305の情報を利用して、インターフェース画面51及び調整情報表示画面56を更新する(S306)。更新動作の内容は、図5で説明した手順と同様である。

【0076】

50

## (3-3) 実施例の効果

前述したように、本実施例におけるTEM(図1)は、オペレータによる電磁的軸調整作業に際し、調整前後で生じた変化や調整作業をサポートする各種の情報を計算してインターフェース画面51及び調整情報表示画面56に表示する。従って、オペレータは、適切な調整手順や調整量を参照して軸調整作業を行うことができ、調整精度と調整時間差のバラツキを共に低減できる。

【0077】

## (4) 実施例4

## (4-1) 装置構成

本実施例においても、図1に示す構成のTEMを使用する。本実施例では、オペレータが、TEMのフォーカスを調整する場合の動作を説明する。

10

【0078】

## (4-2) フォーカスの調整動作

フォーカスの調整時も、オペレータは、操作パネル等の操作を通じて中央演算ユニット17aに対応するプログラムの実行を指示する。プログラムを実行した中央演算ユニット17aは、カメラ9で撮影された蛍光板画像を画像メモリ17d(又は17e)に格納する。さらに、オペレータは、操作パネル等を通じて電子線調整装置13を制御し、偏向コイル3又は偏向コイル4の電流値を変化させる。

【0079】

偏向コイル3又は偏向コイル4の電流値が変化した後、中央演算ユニット17aは、カメラ9で撮影された蛍光板画像を画像メモリ17e(又は17d)に格納する。その後、中央演算ユニット17aは、画像メモリ17d及び17eに格納された画像信号から画像のフォーカス量を計算する。この計算結果を、中央演算ユニット17aは、表示装置(インターフェース部)18に表示する。

20

【0080】

図10に、フォーカス調整時に表示されるインターフェース画面71と調整情報表示画面76の一例を示す。インターフェース画面71には、目標フォーカス量を表した点線の円形72と、現在のフォーカス量を表した一点鎖線の円形73と、アンダーフォーカス又はオーバーフォーカスの方向を示す矢印74と、現在のフォーカス量75が表示される。一方、調整情報表示画面76には、調整手順77、調整時の簡易光線図78、調整対象名79、擬似ツマミ80、調整ツマミ回転方向81、調整量82が表示される。調整対象名79を表す記号「OBJ」は、対物レンズ5を表している。

30

【0081】

本実施例の場合、中央演算ユニット17aは、対物レンズ5の電流値が変化する度、インターフェース画面71の表示内容(目標フォーカス量を表した点線の円形72、現在のフォーカス量を表した一点鎖線の円形73、アンダーフォーカス又はオーバーフォーカスの方向を示す矢印74、現在のフォーカス量75)と調整情報表示画面76の内容を更新する。また、偏向コイル3又は偏向コイル4の電流値が変化した場合、中央演算ユニット17aは、画像メモリ17d及び17eに保存されている画像信号を交互に更新する。

【0082】

40

図11に、フォーカス調整時において、中央演算ユニット17aが実行する画像処理プログラムの処理手順例を示す。まず、中央演算ユニット17aは、対物レンズ5の電流値を取得する(S401)。次に、中央演算ユニット17aは、カメラ9又は10を用いて蛍光板画像及び試料透過像のうちいずれか一方を撮影して、画像メモリ17d(又は17e)に画像信号を保存し、画像メモリ17d(又は17e)から画像信号を取得する(S402)。

【0083】

続いて、中央演算ユニット17aは、対物レンズ5の電流値が変化しているか否かを確認する(S403)。変化が無い場合、中央演算ユニット17aは、確認動作を繰り返す。変化がある場合、中央演算ユニット17aは、画像メモリ17e(又は17d)から画

50

像を取得する ( S 4 0 4 )。

【 0 0 8 4 】

この後、中央演算ユニット 1 7 a は、画像メモリ 1 7 d 及び 1 7 e から画像信号を取得し、2枚の画像から必要なフォーカス量を計算する ( S 4 0 5 )。具体的には、フォーカス量の計算のために2枚の画像間の相関値を取り、2枚の画像間の移動量を計算する。移動量の計算は、例えばテンプレートマッチングを用いる方法がある。移動量は、X方向とY方向の2つの方向の移動量が求められる。この時のX方向の移動量の符号が「+」の場合はアンダーフォーカスとなる。符号が「-」の場合はオーバーフォーカスとなる。

【 0 0 8 5 】

画像のフォーカス量の計算例を式 1 1 に示す。式 1 1 に用いられる変数について説明する。

【 0 0 8 6 】

$$Focus = \frac{1}{(Mag * MagCam * BeamTilt) * \sqrt{(X^2 + Y^2)} - Cs * BeamTilt^2}$$

… (式 1 1)

【 0 0 8 7 】

ここで、Magは、フォーカス調整時の装置倍率であり、MagCamは、カメラの倍率である。また、Csは、球面収差係数であり、Focusは、移動量より計算されたフォーカス量である。また、Xは、2枚の画像間のX方向の移動量であり、Yは、2枚の画像間のY方向の移動量である。BeamTiltは、電子ビームの傾斜角度である。因みに、Csの値は、事前に実験やシミュレーションにより求める必要がある。その他の変数は装置状態を管理するソフトウェア等から取得することが可能である。

【 0 0 8 8 】

求めたFocus量の単位は「mm」である。求めたFocus量とフォーカス調整時の対物レンズの電流値から、対物レンズ 5 に設定する調整値を計算することができる。フォーカス量から電流値を求める方法は、例えば実験により対物レンズ 5 の電流値の変化と像の移動量の関係を予め求めておき、その値を使用してフォーカス量の変化に必要な対物レンズ 5 の電流値を求めることが可能である。

【 0 0 8 9 】

計算結果に従い、中央演算ユニット 1 7 a は、インターフェース画面 7 1 と調整情報表示画面 7 6 の表示内容を変更する ( S 4 0 6 )。具体的には、中央演算ユニット 1 7 a は、インターフェース画面 7 1 に、目標フォーカス値を表した点線の円形 7 2、現在のフォーカス量を表した一点鎖線の円形 7 3、アンダーフォーカス又はオーバーフォーカスの方向を示す矢印 7 4、現在のフォーカス量 7 5 を表示する。また、中央演算ユニット 1 7 a は、調整情報表示画面 7 6 に、調整手順 7 7、調整時の簡易光線図 7 8、調整対象名 7 9、擬似ツマミ 8 0、調整ツマミ回転方向 8 1 と調整量 8 2 を表示する。

【 0 0 9 0 】

( 4 - 3 ) 実施例の効果

前述したように、本実施例におけるTEM (図 1) は、オペレータによる電磁的軸調整作業に際し、調整前後で生じた変化や調整作業をサポートする各種の情報を計算してインターフェース画面 7 1 及び調整情報表示画面 7 6 に表示する。従って、オペレータは、適切な調整手順や調整量を参照して軸調整作業を行うことができ、調整精度と調整時間差のバラツキを共に低減できる。

【 0 0 9 1 】

( 5 ) 各実施例において提供される機能

上述したように、実施例 1 ~ 4 に係る画像処理機能を有するTEMには、電流軸中心調整、電圧軸中心調整、ビーム偏向支点調整又はフォーカス調整のいずれかの調整時に、以

10

20

30

40

50

下に示す機能が実行される。

( a ) 表示装置 1 8 上の観察画面に特徴的な図形の重心位置 ( 中心位置を含む。 ) を表示する機能

( b ) 軸調整のために移動する方向と移動量を表示する機能

( c ) 調整手順、調整時の簡易光線図、調整対象名、調整時に操作する偏向コイル又は磁界レンズを模した擬似ツマミ、ツマミの調整方向、調整量 ( 縦方向のpixel値単位の移動量、横方向のpixel値単位の移動量を含む。 ) を表示する機能

( d ) 調整の前で像の回転があった場合には、その回転中心を表示する機能

【 0 0 9 2 】

( 6 ) 他の実施例

本発明は、上述した実施例に限定されるものでなく、様々な変形例を含んでいる。例えば、上述した実施例は、本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備える必要はない。また、ある実施例の一部を他の実施例の構成に置き換えることができる。また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることもできる。また、各実施例の構成の一部について、他の実施例の構成の一部を追加、削除又は置換することもできる。なお、前述の各実施例では、荷電粒子線装置の一例としてTEMを例示しているが、本発明は、荷電粒子 ( 例えば電子線 ) によって照射される試料6の表面領域から出力される信号電子 ( 例えば2次電子、反射電子など ) を検出する走査型電子顕微鏡 ( いわゆるSEM ) の軸調整等にも適用することができる。

【 0 0 9 3 】

上述した各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現しても良い。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することにより ( すなわちソフトウェア的に ) 実現しても良い。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリ、ハードディスク、SSD ( Solid State Drive ) 等の記憶装置、又は、ICカード、SDカード、DVD等の記憶媒体に格納することができる。また、制御線や情報線は、説明上必要と考えられるものを示すものであり、製品上必要な全ての制御線や情報線を表すものでない。実際にはほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えて良い。

【 符号の説明 】

【 0 0 9 4 】

- 1 ... 電子銃
- 2 ... 照射系レンズ
- 3 ... 第1偏向コイル
- 4 ... 第2偏向コイル
- 5 ... 対物レンズ
- 6 ... 試料
- 7 ... 試料台
- 8 ... 結像系レンズ
- 9 ... カメラ ( 蛍光板撮影用 )
- 1 0 ... カメラ ( 透過像撮影用 )
- 1 1 ... 蛍光板
- 1 2 ... 電子線発生装置
- 1 3 ... 電子線調整装置
- 1 4 ... 試料移動装置
- 1 5 ... 蛍光板駆動装置
- 1 6 ... 真空排気ポンプ
- 1 7 ... コンピュータ
- 1 7 a ... 中央演算ユニット
- 1 7 b ... 画像表示用メモリ

10

20

30

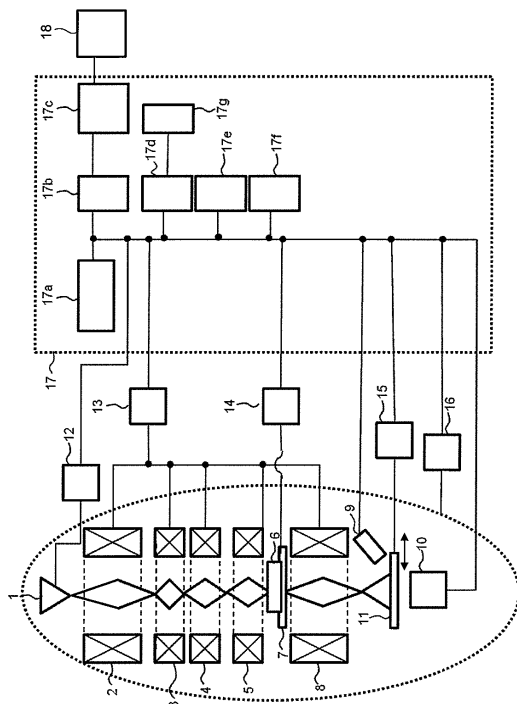
40

50

- 17c ... 入出力インターフェース
- 17d ... 画像メモリ
- 17e ... 画像メモリ
- 17f ... プログラム格納メモリ
- 17g ... データ保存用メモリ

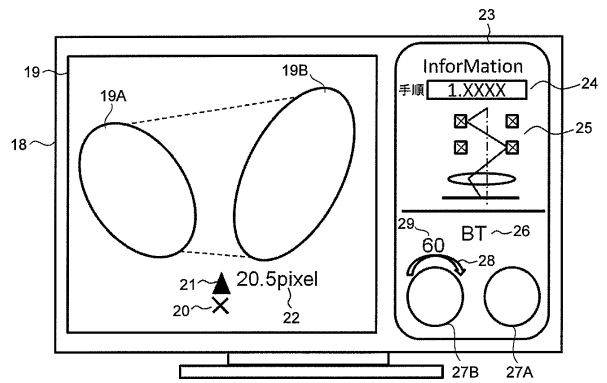
【図1】

図1

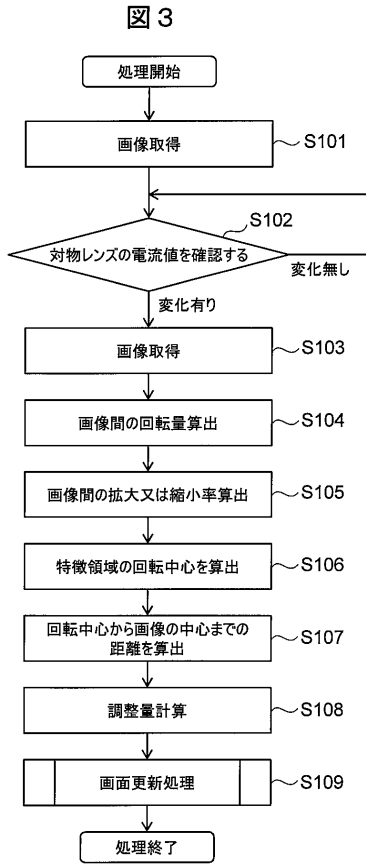


【図2】

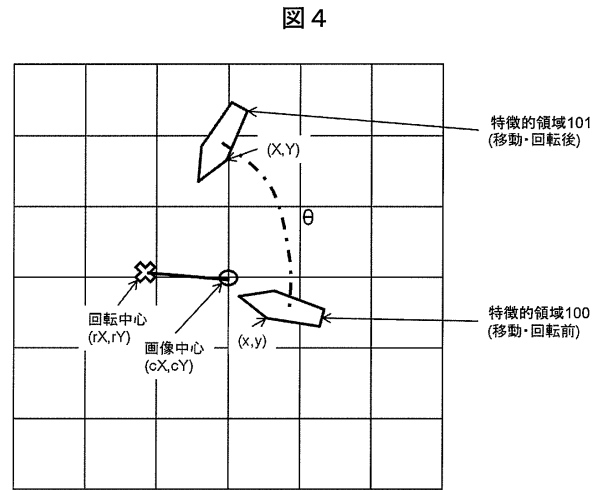
図2



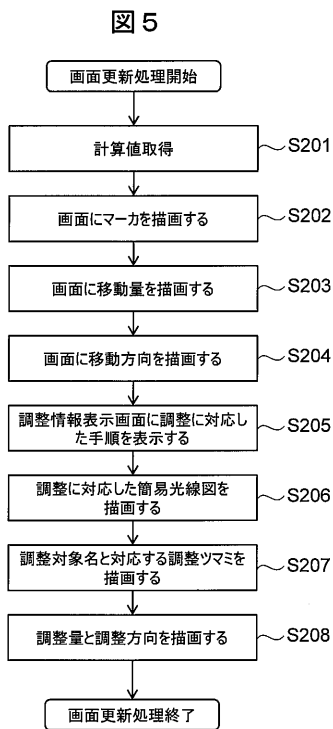
【 図 3 】



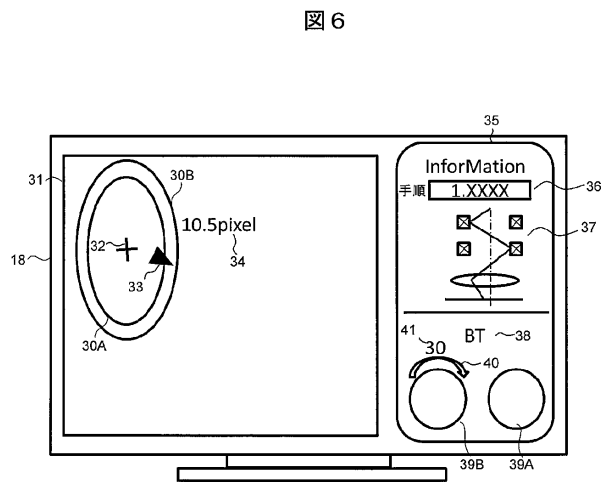
【 図 4 】



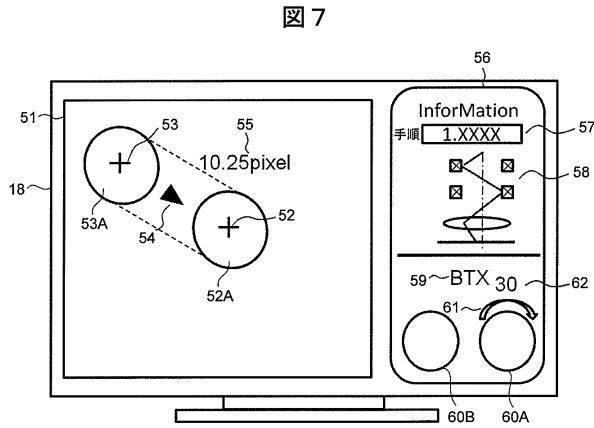
【 図 5 】



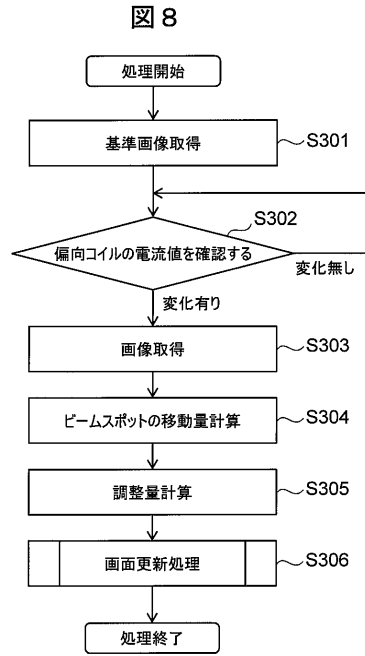
【 図 6 】



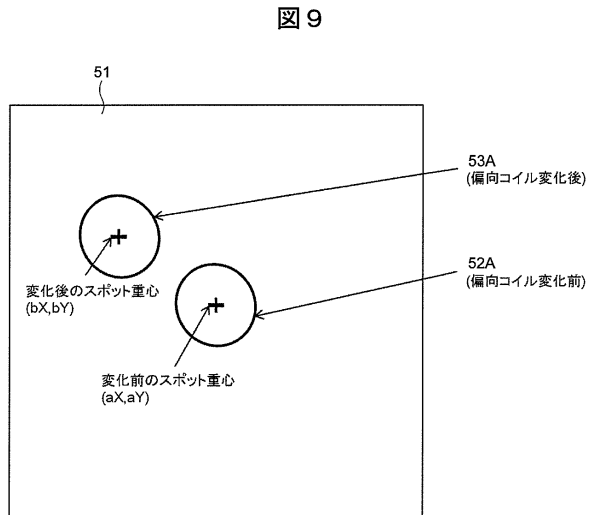
【図7】



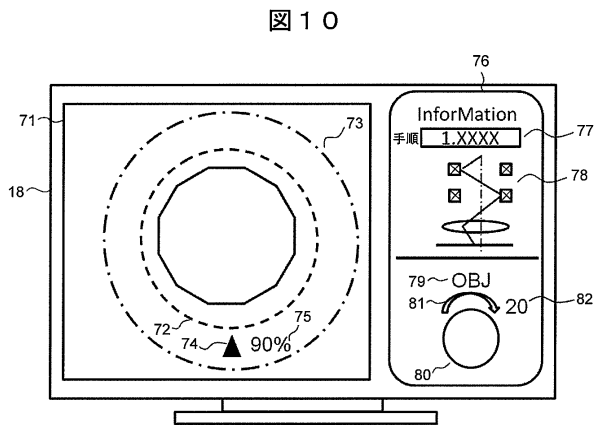
【図8】



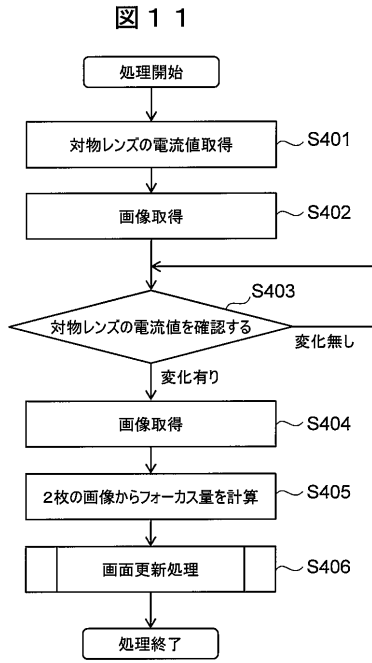
【図9】



【図10】



【図11】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 三瀬 大海  
東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内
- (72)発明者 玉置 央和  
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

審査官 橋本 直明

- (56)参考文献 特開昭63-094544(JP,A)  
特開2000-082433(JP,A)  
特開2010-157370(JP,A)  
特開平10-172489(JP,A)  
特開2013-143197(JP,A)  
特開2007-052972(JP,A)  
特開2014-107110(JP,A)  
特開2008-181786(JP,A)  
特開2012-018812(JP,A)  
特開平08-212951(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| H01J | 37/04 |
| H01J | 37/22 |
| H01J | 37/24 |
| H01J | 37/28 |