

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7040199号
(P7040199)

(45)発行日 令和4年3月23日(2022.3.23)

(24)登録日 令和4年3月14日(2022.3.14)

(51)国際特許分類

H 01 J	37/04 (2006.01)	H 01 J	37/04	B
H 01 J	37/147 (2006.01)	H 01 J	37/147	B
H 01 J	37/22 (2006.01)	H 01 J	37/22	5 0 2 H
H 01 J	37/252 (2006.01)	H 01 J	37/252	A

請求項の数 14 (全23頁)

(21)出願番号 特願2018-58282(P2018-58282)
 (22)出願日 平成30年3月26日(2018.3.26)
 (65)公開番号 特開2019-169434(P2019-169434)
 A)
 (43)公開日 令和1年10月3日(2019.10.3)
 審査請求日 令和2年8月4日(2020.8.4)

(73)特許権者 000001993
 株式会社島津製作所
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
 (74)代理人 100098305
 弁理士 福島 祥人
 (74)代理人 100108523
 弁理士 中川 雅博
 (74)代理人 100187931
 弁理士 澤村 英幸
 (72)発明者 石川 丈寛
 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
 株式会社島津製作所内
 審査官 後藤 大思

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 荷電粒子ビーム軸合わせ装置、荷電粒子ビーム照射装置および荷電粒子ビーム軸合わせ方法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アパーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ装置であって、

前記集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させる強度変化部と、

磁場強度が前記第1の強度であるときの前記対物アパーチャ板の開口を示す第1のアパーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が前記第2の強度であるときの前記対物アパーチャ板の前記開口を示す第2のアパーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成する生成部と、

前記第1の情報に基づいて前記第1のアパーチャ像を画像として表示部に表示させるとともに、前記第2の情報に基づいて前記第2のアパーチャ像を画像として前記表示部に表示させる表示制御部と、

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアパーチャ像の第1の移動指令を行う第1の移動指令部と、

前記第1の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアパーチャ像を移動させるように前記第1の偏向部を制御する第1の偏向制御部と、

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアパーチャ像の第2の移動指令を行う第2の移動指令部と、

前記第2の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーバーチャ像を移動させるように前記第2の偏向部を制御する第2の偏向制御部とを備え、

前記第1の移動指令部は、前記第1の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第1の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて前記第1の移動指令を行い、

前記第2の移動指令部は、前記第2の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第2の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて前記第2の移動指令を行い、

前記生成部は、前記第1または第2の偏向部の制御に追従した前記第1および第2のアーバーチャ像の移動に伴って前記第1および第2の情報を更新し、

前記表示制御部は、更新された前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーバーチャ像の移動を示すように、前記表示部に表示される前記第1および第2のアーバーチャ像の画像を更新する、荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項2】

前記第1および第2の操作子の一方は、ポインティングデバイスの第1の押下部であり、前記第1および第2の操作子の他方は、前記ポインティングデバイスの第2の押下部である、請求項1記載の荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項3】

前記強度変化部は、残像効果により前記表示部に前記第1および第2のアーバーチャ像が同時に視認される周期で前記第1および第2の強度の繰り返し変化を行う、請求項1または2記載の荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項4】

荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーバーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ装置であって、

前記集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間に交互に繰り返し変化させる強度変化部と、

磁場強度が前記第1の強度であるときの前記対物アーバーチャ板の開口を示す第1のアーバーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が前記第2の強度であるときの前記対物アーバーチャ板の前記開口を示す第2のアーバーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成する生成部と、

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーバーチャ像の第1の移動指令を行う第1の移動指令部と、

前記第1の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーバーチャ像を移動させるように前記第1の偏向部を制御する第1の偏向制御部と、

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーバーチャ像の第2の移動指令を行う第2の移動指令部と、

前記第2の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーバーチャ像を移動させるように前記第2の偏向部を制御する第2の偏向制御部とを備え、

前記生成部は、前記第1または第2の偏向部の制御に追従した前記第1および第2のアーバーチャ像の移動に伴って前記第1および第2の情報を更新し、

前記第1の移動指令部は、前記第1および第2の情報に基づいて前記第1のアーバーチャ像と前記第2のアーバーチャ像とを重ねるための前記第1および第2のアーバーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、特定された移動方向および移動距離に基づいて前記第1の移動指令を行い、

前記第2の移動指令部は、前記第1および第2の情報に基づいて前記第1および第2のアーバーチャ像を予め定められた位置に移動させるための前記第1および第2のアーバーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、特定された移動方向および移動距離に基づいて前記第2の移動指令を行う、荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項5】

10

20

30

40

50

前記第1の移動指令部は、前記第1のアパーチャ像の重心と前記第2のアパーチャ像の重心とを重ねるための前記第1および第2のアパーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、

前記第2の移動指令部は、前記第1および第2のアパーチャ像の重心を前記予め定められた位置に移動させるための前記第1および第2のアパーチャ像の移動方向および移動距離を特定する、請求項4記載の荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項6】

前記予め定められた位置は、対物レンズの光軸に重なる位置である、請求項4または5記載の荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項7】

前記集束レンズは、第1および第2のコンデンサレンズを含み、

前記第1の強度は、前記第1のコンデンサレンズの所定の磁場強度と前記第2のコンデンサレンズの所定の磁場強度との組み合わせとして決定され、

前記第2の強度は、前記第1のコンデンサレンズの他の所定の磁場強度と前記第2のコンデンサレンズの他の所定の磁場強度との組み合わせとして決定される、請求項1～6のいずれか一項に記載の荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項8】

荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アパーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ装置であって、

前記集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間に交互に繰り返し変化させる強度変化部と、

磁場強度が前記第1の強度であるときの前記対物アパーチャ板の開口を示す第1のアパーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が前記第2の強度であるときの前記対物アパーチャ板の前記開口を示す第2のアパーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成する生成部と、

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアパーチャ像の第1の移動指令を行う第1の移動指令部と、

前記第1の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアパーチャ像を移動させるように前記第1の偏向部を制御する第1の偏向制御部と、

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアパーチャ像の第2の移動指令を行う第2の移動指令部と、

前記第2の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアパーチャ像を移動させるように前記第2の偏向部を制御する第2の偏向制御部とを備え、

前記対象面は、荷電粒子ビームの電流を測定可能なファラデーカップに設けられ、前記生成部は、前記ファラデーカップにより測定された電流に基づいて前記第1および第2の情報を生成する、荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項9】

前記第1および第2の強度の一方は、前記ファラデーカップにより測定される荷電粒子ビームの電流が最大となるように決定される、請求項8記載の荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項10】

前記ファラデーカップは、電流に対する複数の測定レンジにおいて荷電粒子ビームの電流を測定可能に構成され、

前記第1および第2の強度は、前記ファラデーカップにより測定される電流が同一の測定レンジに含まれるように決定される、請求項8または9記載の荷電粒子ビーム軸合わせ装置。

【請求項11】

荷電粒子ビームを生成する荷電粒子源と、

前記荷電粒子源により生成された荷電粒子ビームを磁場により集束する集束レンズと、前記荷電粒子源により生成された荷電粒子ビームを偏向することにより荷電粒子ビームの

10

20

30

40

50

軸と前記集束レンズの光軸との位置関係を調整する第1の偏向部と、
 前記集束レンズにより集束された荷電粒子ビームの電流を制限する対物アーチャ板と、
 前記集束レンズにより集束された荷電粒子ビームを偏向することにより対象面上における
 荷電粒子ビームの位置関係を調整する第2の偏向部と、
 荷電粒子ビームの軸を調整する請求項1～10のいずれか一項に記載の荷電粒子ビーム軸
 合わせ装置とを備える、荷電粒子ビーム照射装置。

【請求項12】

荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ方法であって、

10

前記集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させるステップと、

磁場強度が前記第1の強度であるときの前記対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が前記第2の強度であるときの前記対物アーチャ板の前記開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成するステップと、

前記第1の情報に基づいて前記第1のアーチャ像を画像として表示部に表示させるとともに、前記第2の情報に基づいて前記第2のアーチャ像を画像として前記表示部に表示させるステップと、

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行うステップと、

20

前記第1の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像を移動させるように前記第1の偏向部を制御するステップと、

磁場の強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行うステップと、

前記第2の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像を移動させるように前記第2の偏向部を制御するステップとを含み、

前記第1の移動指令を行うステップは、前記第1の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第1の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて前記第1の移動指令を行うことを含み、

前記第2の移動指令を行うステップは、前記第2の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第2の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて前記第2の移動指令を行うことを含み、

30

前記第1および第2の情報を生成するステップは、前記第1または第2の偏向部の制御に追従した前記第1および第2のアーチャ像の移動に伴って前記第1および第2の情報を更新することを含み、

前記第1および第2のアーチャ像を前記表示部に表示させるステップは、更新された前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像の移動を示すように、前記表示部に表示される前記第1および第2のアーチャ像の画像を更新することを含む、荷電粒子ビーム軸合わせ方法。

40

【請求項13】

荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ方法であって、

前記集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させるステップと、

磁場強度が前記第1の強度であるときの前記対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が前記第2の強度であるときの前記対物アーチャ板の前記開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成するステップと、

50

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行うステップと、

前記第1の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像を移動させるように前記第1の偏向部を制御するステップと、

磁場の強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行うステップと、

前記第2の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像を移動させるように前記第2の偏向部を制御するステップとを含み、

前記第1および第2の情報を生成するステップは、前記第1または第2の偏向部の制御に追従した前記第1および第2のアーチャ像の移動に伴って前記第1および第2の情報を更新することを含み、

前記第1の移動指令を行うステップは、前記第1および第2の情報に基づいて前記第1のアーチャ像と前記第2のアーチャ像とを重ねるための前記第1および第2のアーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、特定された移動方向および移動距離に基づいて前記第1の移動指令を行うことを含み、

前記第2の移動指令を行うステップは、前記第1および第2の情報に基づいて前記第1および第2のアーチャ像を予め定められた位置に移動させるための前記第1および第2のアーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、特定された移動方向および移動距離に基づいて前記第2の移動指令を行うことを含む、荷電粒子ビーム軸合わせ方法。

【請求項14】

荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ方法であって、

前記集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間に交互に繰り返し変化させるステップと、

磁場強度が前記第1の強度であるときの前記対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が前記第2の強度であるときの前記対物アーチャ板の前記開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成するステップと、

磁場強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行うステップと、

前記第1の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像を移動させるように前記第1の偏向部を制御するステップと、

磁場の強度の繰り返し変化の間に、前記第1および第2の情報に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行うステップと、

前記第2の移動指令に基づいて、前記第1および第2のアーチャ像を移動させるように前記第2の偏向部を制御するステップとを含み、

前記対象面は、荷電粒子ビームの電流を測定可能なファラデーカップに設けられ、

前記第1および第2の情報を生成するステップは、前記ファラデーカップにより測定された電流に基づいて前記第1および第2の情報を生成することを含む、荷電粒子ビーム軸合わせ方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子ビームの軸合わせを行う荷電粒子ビーム軸合わせ装置、荷電粒子ビーム照射装置および荷電粒子ビーム軸合わせ方法に関する。

【背景技術】

【0002】

試料を高い分解能で分析または観察する装置として、荷電粒子ビーム照射装置が知られている。例えば、特許文献1には、電子銃、入口側ビーム偏向部、二段のコンデンサレンズ

10

20

30

40

50

からなる集束レンズ系、出口側ビーム偏向部、対物アーチャ板、走査コイルおよび対物レンズを含む電子ビーム照射装置が記載されている。

【0003】

電子ビーム照射装置においては、電子銃から出射された電子ビームが、集束レンズ系を通過することにより集束された後、対物アーチャ板を通過することによりビーム径が制限される。その後、電子ビームは、走査コイルを通過することにより面内で走査されつつ、対物レンズを通過することにより小さな径に絞られ、試料に照射される。電子ビームが照射された試料からは二次電子または特性X線等が放出され、これらが検出されることにより試料の観察または分析が行われる。

【0004】

入口側ビーム偏向部は、電子ビームが集束レンズ系の各コンデンサレンズの中心を通過するように電子ビームの軸合わせを行うために用いられる。出口側ビーム偏向部は、電子ビームが対物レンズの中心を通過するように電子ビームの軸合わせを行うために用いられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2011-54426号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献1に記載された電子ビームの軸合わせにおいては、一方のコンデンサレンズの焦点が固定された状態で、他方のコンデンサレンズの焦点が異なる2つの位置にあるとき、出口側ビーム偏向部が走査されることにより2つの走査像がそれぞれ形成される。各走査像には、対物アーチャ板の開口を示すアーチャ像が現れる。2つのアーチャ像の位置のずれは、2つのコンデンサレンズの中心と電子ビームの軸とのずれを反映する。そこで、2つのアーチャ像が重畠された画像が作成され、表示部に表示される。なお、少なくとも一方のアーチャ像は、ソフトウェアにより再生された静止画像またはその位置を示すマークである。

【0007】

使用者は、他方のアーチャ像が一方のアーチャ像に重なるように入口側ビーム偏向部を調整した後、他方のアーチャ像が画像の中心に位置するように出口側ビーム偏向部を調整する。ここで、電子ビーム照射装置の構成によっては、2つの調整が互いに干渉し、上記の調整を繰り返すことが必要になることがある。この場合、使用者は、2つのアーチャ像が重畠された画像を作成および更新する操作と、入口側ビーム偏向部を調整する操作と、出口側ビーム偏向部を調整する操作とを繰り返すこととなる。そのため、電子ビームの軸合わせは面倒であり、軸合わせを容易に行うことが可能な電子ビーム照射装置の開発が望まれている。

【0008】

本発明の目的は、荷電粒子ビームの軸を容易に合わせることが可能な荷電粒子ビーム軸合わせ装置、荷電粒子ビーム照射装置および荷電粒子ビーム軸合わせ方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

(1) 第1の発明に係る荷電粒子ビーム軸合わせ装置は、荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ装置であって、集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させる強度変化部と、磁場強度が第1の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が第2の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成

10

20

30

40

50

する生成部と、第1の情報に基づいて第1のアーチャ像を画像として表示部に表示させるとともに、第2の情報に基づいて第2のアーチャ像を画像として表示部に表示させる表示制御部と、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行う第1の移動指令部と、第1の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第1の偏向部を制御する第1の偏向制御部と、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行う第2の移動指令部と、第2の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第2の偏向部を制御する第2の偏向制御部とを備え、第1の移動指令部は、第1の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第1の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて第1の移動指令を行い、第2の移動指令部は、第2の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第2の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて第2の移動指令を行い、生成部は、第1または第2の偏向部の制御に追従した第1および第2のアーチャ像の移動に伴って第1および第2の情報を更新し、表示制御部は、更新された第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の移動を示すように、表示部に表示される第1および第2のアーチャ像の画像を更新する。

【0010】

この荷電粒子ビーム軸合わせ装置においては、集束レンズの磁場強度が第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化される。磁場強度が第1の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報が生成され、磁場強度が第2の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報が生成される。

【0011】

磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1の移動指令が行われる。第1の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第1の偏向部が制御される。また、磁場の強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第2の移動指令が行われる。第2の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第2の偏向部が制御される。

【0012】

上記の構成によれば、磁場強度が第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化されるので、使用者は、強度を都度切り替えて第1および第2の情報を生成するための操作を行う必要がない。そのため、使用者の操作負担が軽減される。その結果、荷電粒子ビームの軸を合わせることが容易になる。

【0013】

また、荷電粒子ビーム軸合わせ装置は、第1の情報に基づいて第1のアーチャ像を画像として表示部に表示させるとともに、第2の情報に基づいて第2のアーチャ像を画像として表示部に表示させる表示制御部をさらに備え、第1の移動指令部は、第1の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第1の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて第1の移動指令を行い、第2の移動指令部は、第2の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第2の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて第2の移動指令を行い、生成部は、第1および第2のアーチャ像の移動に伴って第1および第2の情報を更新し、表示制御部は、更新された第1および第2の情報に基づいて表示部に表示される第1および第2のアーチャ像の画像を更新する。

【0014】

この場合、第1または第2の偏向部の調整に追従して、表示部に表示された画像における第1および第2のアーチャ像が移動する。そのため、使用者は、画像における第1および第2のアーチャ像を視認しつつ、第1および第2の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整することができる。また、第1の操作子の操作と第2の操作子

の操作とを使い分けることにより、第1の偏向部による調整と第2の偏向部による調整とを容易にかつ即座に切り替えることができる。これにより、荷電粒子ビーム軸合わせ装置の操作性が向上する。その結果、荷電粒子ビームの軸を短時間で容易に合わせることができる。

【0015】

(2) 第1および第2の操作子の一方は、ポインティングデバイスの第1の押下部であり、第1および第2の操作子の他方は、ポインティングデバイスの第2の押下部であってもよい。

【0016】

この場合、使用者は、ポインティングデバイスの第1の押下部の押下と第2の押下部の押下とを使い分けることにより、第1の偏向部による調整と第2の偏向部による調整とをより容易にかつ即座に切り替えることができる。これにより、荷電粒子ビーム軸合わせ装置の操作性がより向上する。その結果、荷電粒子ビームの軸をより容易に合わせることができる。

10

【0017】

(3) 強度変化部は、残像効果により表示部に第1および第2のアーチャ像が同時に視認される周期で第1および第2の強度の繰り返し変化を行ってもよい。この場合、使用者は、画像における第1および第2のアーチャ像を同時に視認し、第1および第2のアーチャ像の位置関係を容易に把握することができる。これにより、荷電粒子ビームの軸をより容易に合わせることができる。

20

【0018】

(4) 第2の発明に係る荷電粒子ビーム軸合わせ装置は、荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ装置であって、集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させる強度変化部と、磁場強度が第1の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が第2の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成する生成部と、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行う第1の移動指令部と、第1の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第1の偏向部を制御する第1の偏向制御部と、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行う第2の移動指令部と、第2の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第2の偏向部を制御する第2の偏向制御部とを備え、生成部は、第1または第2の偏向部の制御に追従した第1および第2のアーチャ像の移動に伴って第1および第2の情報を更新し、第1の移動指令部は、第1および第2の情報に基づいて第1のアーチャ像と第2のアーチャ像とを重ねるための第1および第2のアーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、特定された移動方向および移動距離に基づいて第1の移動指令を行い、第2の移動指令部は、第1および第2の情報に基づいて第1および第2のアーチャ像を予め定められた位置に移動させるための第1および第2のアーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、特定された移動方向および移動距離に基づいて第2の移動指令を行う。

30

【0019】

この場合、第1および第2のアーチャ像が予め定められた位置で重なるように第1および第2の偏向部が自動的に調整される。そのため、使用者は、第1および第2の偏向部を調整するための操作を行う必要がない。これにより、荷電粒子ビームの軸をさらに容易に合わせることができる。

【0020】

(5) 第1の移動指令部は、第1のアーチャ像の重心と第2のアーチャ像の重心とを重ねるための第1および第2のアーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、第2の

40

50

移動指令部は、第1および第2のアーチャ像の重心を予め定められた位置に移動させるための第1および第2のアーチャ像の移動方向および移動距離を特定してもよい。この構成によれば、第1および第2のアーチャ像の中心を予め定められた位置で重ねる場合よりも、荷電粒子ビームの軸を正確に合わせることができる。

【0021】

(6) 予め定められた位置は、対物レンズの光軸に重なる位置であってもよい。この場合、第1および第2のアーチャ像を予め定められた位置に重ねることにより、荷電粒子ビームの軸を対物レンズの光軸に合わせることができる。

【0022】

(7) 集束レンズは、第1および第2のコンデンサレンズを含み、第1の強度は、第1のコンデンサレンズの所定の磁場強度と第2のコンデンサレンズの所定の磁場強度との組み合わせとして決定され、第2の強度は、第1のコンデンサレンズの他の所定の磁場強度と第2のコンデンサレンズの他の所定の磁場強度との組み合わせとして決定されてもよい。10

【0023】

この場合、荷電粒子ビームの電流を大きい範囲で変化させることができる。また、第1のコンデンサレンズの磁場強度と第2のコンデンサレンズの磁場強度とを連動して変化させた状態で荷電粒子ビームの軸合わせが行われる。そのため、軸合わせ後に、第1のコンデンサレンズの磁場強度と第2のコンデンサレンズの磁場強度とを連動して変化させた状態で荷電粒子ビーム照射装置を使用する場合でも、試料の所望の部分に正確に荷電粒子ビームを照射することができる。20

【0024】

(8) 第3の発明に係る荷電粒子ビーム軸合わせ装置は、荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ装置であって、集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間に交互に繰り返し変化させる強度変化部と、磁場強度が第1の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が第2の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成する生成部と、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行う第1の移動指令部と、第1の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第1の偏向部を制御する第1の偏向制御部と、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行う第2の移動指令部と、第2の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第2の偏向部を制御する第2の偏向制御部とを備え、対象面は、荷電粒子ビームの電流を測定可能なファラデーカップに設けられ、生成部は、ファラデーカップにより測定された電流に基づいて第1および第2の情報を生成する。30

【0025】

この場合、試料に荷電粒子ビームを照射することなく荷電粒子ビームの軸合わせを行うことができる。これにより、荷電粒子ビームにより試料が損傷することを防止することができる。40

【0026】

(9) 第1および第2の強度の一方は、ファラデーカップにより測定される荷電粒子ビームの電流が最大となるように決定されてもよい。この構成によれば、荷電粒子ビームの電流が最大となる状態で荷電粒子ビームの軸合わせが行われる。そのため、軸合わせ後に、荷電粒子ビームの電流が最大となる状態で荷電粒子ビーム照射装置を使用する場合でも、試料の所望の部分に正確に荷電粒子ビームを照射することができる。

【0027】

(10) ファラデーカップは、電流に対する複数の測定レンジにおいて荷電粒子ビームの電流を測定可能に構成され、第1および第2の強度は、ファラデーカップにより測定され50

る電流が同一の測定レンジに含まれるように決定されてもよい。この構成によれば、磁場強度を変化させた場合でも、第1および第2の情報に白とびおよび黒つぶれが発生することが防止される。これにより、第1および第2のアーチャ像を正確に合わせることができる。

【0028】

(11) 第4の発明に係る荷電粒子ビーム照射装置は、荷電粒子ビームを生成する荷電粒子源と、荷電粒子源により生成された荷電粒子ビームを磁場により集束する集束レンズと、荷電粒子源により生成された荷電粒子ビームを偏向することにより荷電粒子ビームの軸と集束レンズの光軸との位置関係を調整する第1の偏向部と、集束レンズにより集束された荷電粒子ビームの電流を制限する対物アーチャ板と、集束レンズにより集束された荷電粒子ビームを偏向することにより対象面上における荷電粒子ビームの位置関係を調整する第2の偏向部と、荷電粒子ビームの軸を調整する第1～第3のいずれかの発明に係る荷電粒子ビーム軸合わせ装置とを備える。10

【0029】

この荷電粒子ビーム照射装置においては、荷電粒子源により生成された荷電粒子ビームが集束レンズの磁場により集束されて対象面に照射される。荷電粒子源により生成された荷電粒子ビームが第1の偏向部により偏向されることにより、荷電粒子ビームの軸と集束レンズの光軸との位置関係が調整される。集束レンズにより集束された荷電粒子ビームの電流が対物アーチャ板により制限される。集束レンズにより集束された荷電粒子ビームが第2の偏向部により偏向されることにより対象面上における荷電粒子ビームの位置関係が調整される。荷電粒子ビームの軸は、荷電粒子ビーム軸合わせ装置により調整される。20

【0030】

荷電粒子ビーム軸合わせ装置においては、場強度が第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化されるので、使用者は、強度を都度切り替えて第1および第2の情報を生成するための操作を行う必要がない。そのため、使用者の操作負担が軽減される。その結果、荷電粒子ビームの軸を合わせることが容易になる。

【0031】

(12) 第5の発明に係る荷電粒子ビーム軸合わせ方法は、荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ方法であって、集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させるステップと、磁場強度が第1の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が第2の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成するステップと、第1の情報に基づいて第1のアーチャ像を画像として表示部に表示させるとともに、第2の情報に基づいて第2のアーチャ像を画像として表示部に表示させるステップと、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行うステップと、第1の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第1の偏向部を制御するステップと、磁場の強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行うステップと、第2の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第2の偏向部を制御するステップとを含み。30
第1の移動指令を行うステップは、第1の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第1の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて第1の移動指令を行うことを含み、第2の移動指令を行うステップは、第2の偏向部による荷電粒子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を第2の操作子から受け付け、受け付けられた操作に基づいて第2の移動指令を行うことを含み、第1および第2の情報を生成するステップは、第1または第2の偏向部の制御に追従した第1および第2のアーチャ像の移動に伴って第1および第2の情報を更新することを含み、第1および第2のアーチャ像を表示部に表示させるステップは、更新された第1および第2の40
50

情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の移動を示すように、表示部に表示される第1および第2のアーチャ像の画像を更新することを含む。

【0032】

この荷電粒子ビーム軸合わせ方法によれば、磁場強度が第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化されるので、使用者は、強度を都度切り替えて第1および第2の情報を生成するための操作を行う必要がない。そのため、使用者の操作負担が軽減される。その結果、荷電粒子ビームの軸を合わせることが容易になる。

(13) 第6の発明に係る荷電粒子ビーム軸合わせ方法は、荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ方法であって、集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させるステップと、磁場強度が第1の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が第2の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成するステップと、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報に基づいて、第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行うステップと、第1の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第1の偏向部を制御するステップと、磁場の強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報を生成して、第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行うステップと、第2の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第2の偏向部を制御するステップとを含み、第1および第2の情報を生成するステップは、第1または第2の偏向部の制御に追従した第1および第2のアーチャ像の移動に伴って第1および第2の情報を更新することを含み、第1の移動指令を行うステップは、第1および第2の情報を基づいて第1のアーチャ像と第2のアーチャ像とを重ねるための第1および第2のアーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、特定された移動方向および移動距離に基づいて第1の移動指令を行うことを含み、第2の移動指令を行うステップは、第1および第2の情報を基づいて第1および第2のアーチャ像を予め定められた位置に移動させるための第1および第2のアーチャ像の移動方向および移動距離を特定し、特定された移動方向および移動距離に基づいて第2の移動指令を行うことを含む。

この荷電粒子ビーム軸合わせ方法によれば、第1および第2のアーチャ像が予め定められた位置で重なるように第1および第2の偏向部が自動的に調整される。そのため、使用者は、第1および第2の偏向部を調整するための操作を行う必要がない。これにより、荷電粒子ビームの軸をさらに容易に合わせることができる。

(14) 第7の発明に係る荷電粒子ビーム軸合わせ方法は、荷電粒子ビームを第1の偏向部、集束レンズ、第2の偏向部および対物アーチャ板を通して対象面に照射する荷電粒子ビーム照射装置における荷電粒子ビームの軸を調整する荷電粒子ビーム軸合わせ方法であって、集束レンズの磁場強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させるステップと、磁場強度が第1の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第1のアーチャ像の位置に対応する第1の情報を生成し、磁場強度が第2の強度であるときの対物アーチャ板の開口を示す第2のアーチャ像の位置に対応する第2の情報を生成するステップと、磁場強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報を基づいて、第1および第2のアーチャ像の第1の移動指令を行うステップと、第1の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第1の偏向部を制御するステップと、磁場の強度の繰り返し変化の間に、第1および第2の情報を基づいて、第1および第2のアーチャ像の第2の移動指令を行うステップと、第2の移動指令に基づいて、第1および第2のアーチャ像を移動させるように第2の偏向部を制御するステップとを含み、対象面は、荷電粒子ビームの電流を測定可能なファラデーカップに設けられ、第1および第2の情報を生成するステップは、ファラデーカップにより測定された電流に基づいて第1および第2の情報を生成することを含む。

この荷電粒子ビーム軸合わせ方法によれば、試料に荷電粒子ビームを照射することなく

10

20

30

40

50

荷電粒子ビームの軸合わせを行うことができる。これにより、荷電粒子ビームにより試料が損傷することを防止することができる。

【発明の効果】

【0033】

本発明によれば、荷電粒子ビームの軸を容易に合わせることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】第1の実施の形態に係る荷電粒子ビーム照射装置の構成を示す図である。

【図2】図1の照射部の概略構成を示す図である。

【図3】荷電粒子ビーム照射装置が備える軸合わせ装置の構成を示す図である。

10

【図4】軸合わせプログラムにより行われる軸合わせ処理のアルゴリズムを示すフローチャートである。

【図5】軸合わせ処理における画像の変化の一例を示す図である。

【図6】第2の実施の形態に係る荷電粒子ビーム照射装置が備える軸合わせ装置の構成を示す図である。

【図7】第2の実施の形態における軸合わせプログラムにより行われる軸合わせ処理のアルゴリズムを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0035】

[1] 第1の実施の形態

20

以下、本発明の第1の実施の形態に係る荷電粒子ビーム軸合わせ装置（以下、軸合わせ装置と略記する。）、それを備えた荷電粒子ビーム照射装置、および荷電粒子ビーム軸合わせ方法について図面を参照しながら詳細に説明する。本実施の形態においては、荷電粒子ビーム照射装置は、EPMA（電子線マイクロアナライザ）用の電子ビーム照射装置である。

【0036】

(1) 荷電粒子ビーム照射装置の構成

図1は、第1の実施の形態に係る荷電粒子ビーム照射装置の構成を示す図である。図1においては、主として荷電粒子ビーム照射装置100のハードウェアの構成が示される。図1に示すように、荷電粒子ビーム照射装置100は、処理装置10および照射部20を含む。

30

【0037】

処理装置10は、CPU（中央演算処理装置）11、RAM（ランダムアクセスメモリ）12、ROM（リードオンリーメモリ）13、記憶装置14、操作部15、表示部16および入出力I/F（インターフェイス）17により構成される。CPU11、RAM12、ROM13、記憶装置14、操作部15、表示部16および入出力I/F17はバス18に接続される。

【0038】

RAM12は、CPU11の作業領域として用いられる。ROM13にはシステムプログラムが記憶される。記憶装置14は、ハードディスクまたは半導体メモリ等の記憶媒体を含み、軸合わせプログラムを記憶する。CPU11が記憶装置14に記憶された軸合わせプログラムをRAM12上で実行することにより、後述する軸合わせ処理が行われる。

40

【0039】

操作部15は、タッチパネル、キーボードまたはポインティングデバイスであり、操作子15a, 15bを含む。ポインティングデバイスとしては、マウスまたはジョイスティック等が用いられる。本実施の形態においては、操作部15はマウスであり、本体部15cをさらに含む。この場合、マウスの右押下部および左押下部がそれぞれ操作子15a, 15bであり、マウス本体が本体部15cである。使用者は、操作部15を用いて後述する軸合わせ装置に各種指示を行うことができる。表示部16は、軸合わせ装置により生成された画像データに基づく画像を表示可能である。表示部16は、液晶表示装置等の表示デ

50

バイスである。入出力 I / F 17 は、照射部 20 に接続される。

【 0 0 4 0 】

図 2 は、図 1 の照射部 20 の概略構成を示す図である。図 2 に示すように、照射部 20 は、荷電粒子源 21、集束レンズ 22、偏向部 23, 24、対物アーチャ板 25、走査部 26、対物レンズ 27、試料台 28、検出部 29 および電流測定部 30 を含む。また、照射部 20 は、荷電粒子源 21、集束レンズ 22、偏向部 23, 24、走査部 26、対物レンズ 27、検出部 29 および電流測定部 30 の各々を駆動するための図示しない電源をさらに含む。電源の動作は、処理装置 10 により制御される。

【 0 0 4 1 】

荷電粒子源 21 は、例えば電子銃であり、試料台 28 に向けて電子ビームを荷電粒子ビームとして出射する。偏向部 23、集束レンズ 22、偏向部 24、対物アーチャ板 25、走査部 26 および対物レンズ 27 は、この順で電子ビームの出射方向に並ぶように、荷電粒子源 21 と試料台 28 とを結ぶ軸 A × 上に配列される。

10

【 0 0 4 2 】

偏向部 23 は、例えばアライメントコイルにより構成され、電子ビームを偏向部 23 の光軸に垂直な平面内で偏向する。偏向部 23 は、軸 A × に平行な方向に離間して配置された 2 つのアライメントコイルにより構成されてもよい。偏向部 23 は、荷電粒子源 21 から出射された電子ビームが後述する各コンデンサレンズ 22A, 22B の中心を通過するように調整される。

【 0 0 4 3 】

集束レンズ 22 は、互いの相対的な位置関係が固定されたコンデンサレンズ 22A, 22B により構成される。各コンデンサレンズ 22A, 22B は、偏向部 23 により偏向された電子ビームが対物アーチャ板 25 の前の焦点で集束するように調整される。

20

【 0 0 4 4 】

偏向部 24 は、偏向部 23 と同様の構成を有し、集束レンズ 22 により集束された電子ビームが対物レンズ 27 の中心を通過するように調整される。また、偏向部 24 の調整時には、偏向部 24 は偏向量を 2 次元的に走査することができる。対物アーチャ板 25 は、偏向部 24 により偏向された電子ビームを通過させることにより、電子ビームの電流を制限する。

【 0 0 4 5 】

走査部 26 は、例えば走査コイルにより構成され、対物アーチャ板 25 を通過した電子ビームを走査部 26 の光軸に垂直な平面内で 2 次元的に走査する。対物レンズ 27 は、走査部 26 により走査された電子ビームが所定の位置で集束するように調整される。

30

【 0 0 4 6 】

試料台 28 には、分析または観察の対象となる試料 S が載置される。走査部 26 により 2 次元的に走査されかつ対物レンズ 27 により集束された電子ビームは、試料 S の表面の各部に照射される。検出部 29 は、反射電子検出器または二次電子検出器により構成され、電子ビームが照射されたことにより試料 S の表面の各部から反射される電子または試料 S の表面の各部から放出される電子（二次電子）を検出する。検出部 29 により検出された電子に基づいて図 1 の処理装置 10 により試料 S の走査像が生成される。

40

【 0 0 4 7 】

電流測定部 30 は、電子ビームが照射される対象面を有するファラデーカップを含み、対象面の各部に照射された電子ビームの電流を測定する。電流測定部 30 には、電流に対する複数の測定レンジが設けられている。測定レンジを適切に切り替えることにより、微小な電流から大きい電流までを測定することができる。

【 0 0 4 8 】

電流測定部 30 は、偏向部 23, 24 の調整の際には、図示しないアクチュエータにより、対物アーチャ板 25 と走査部 26 との間ににおける軸 A × 上に介挿される（図 2 の太い矢印を参照）。後述するように、電流測定部 30 により測定された電流に基づいて画像を示す画像データが生成される。電流測定部 30 は、画像の中心が対物レンズ 27 の光軸に

50

重なるように配置される。

【 0 0 4 9 】

電子ビームが各コンデンサレンズ 22A, 22B の中心を通過していない場合、コンデンサレンズ 22A またはコンデンサレンズ 22B の焦点が変化すると、試料 S 上における電子ビームの照射位置が変化する。そこで、電子ビームが各コンデンサレンズ 22A, 22B の中心を通過するように、電流測定部 30 により測定される電流に基づいて偏向部 23, 24 を調整するための軸合わせ装置が荷電粒子ビーム照射装置 100 に設けられる。

【 0 0 5 0 】

(2) 軸合わせ装置

図 3 は、荷電粒子ビーム照射装置 100 が備える軸合わせ装置 1 の構成を示す図である。
図 3 に示すように、軸合わせ装置 1 は、処理受付部 A、強度変化部 B、生成部 C、表示制御部 D、操作受付部 E, F および偏向制御部 G, H を含む。

10

【 0 0 5 1 】

図 1 の CPU 11 が記憶装置 14 に記憶された軸合わせプログラムを実行することにより、図 3 の軸合わせ装置 1 の構成要素 (A ~ H) の機能が実現される。図 3 の軸合わせ装置 1 の構成要素 (A ~ H) の一部または全部が電子回路等のハードウェアにより実現されてもよい。

【 0 0 5 2 】

処理受付部 A は、軸合わせ処理における種々の指示または指定を使用者から受け付ける。例えば、処理受付部 A は、使用者から集束レンズ 22 の磁場強度（以下、単に強度と呼ぶ。）の指定を受け付ける。使用者は、操作部 15 を操作することにより、第 1 および第 2 の強度を指定することができる。本実施の形態においては、コンデンサレンズ 22A の所定の強度とコンデンサレンズ 22B の所定の強度との組み合わせにより、集束レンズ 22 の第 1 の強度が指定される。また、コンデンサレンズ 22A の他の強度とコンデンサレンズ 22B の他の強度との組み合わせにより集束レンズ 22 の第 2 の強度が指定される。

20

【 0 0 5 3 】

ここで、電子ビームの電流が最大となるときに、軸合わせの精度が最も要求されることが多い。そのため、第 1 および第 2 の強度の一方は、電流測定部 30 により測定される電子ビームの電流が最大となるように指定されることが好ましい。また、第 1 および第 2 の強度の他方は、実際の試料 S の観察時に設定される強度に指定されることが好ましい。これにより、実際の試料 S の観察時に設定される強度の範囲内で偏向部 23, 24 の調整を行うことができる。これらの場合、試料 S の所望の部分に正確に電子ビームを照射することができる。

30

【 0 0 5 4 】

また、第 1 および第 2 の強度は、電子ビームの電流が電流測定部 30 の同一の測定レンジで測定可能となるように指定されることが好ましい。この場合、電流測定部 30 により測定された電流に基づいて生成される画像データに白とびおよび黒つぶれが発生することが防止される。これにより、電子ビームの軸を正確に合わせることができる。

40

【 0 0 5 5 】

強度変化部 B は、処理受付部 A により受け付けられた第 1 および第 2 の強度を設定する。また、強度変化部 B は、集束レンズ 22 の強度が設定された第 1 および第 2 の強度の間で交互に繰り返し変化するように集束レンズ 22 の駆動電源をランプ制御する。これにより、集束レンズ 22 の焦点が第 1 の強度に対応する焦点と第 2 の強度に対応する焦点との間でランプ状に交互に変化する。

【 0 0 5 6 】

電流測定部 30 の対象面には、荷電粒子源 21 から出射され、偏向部 23、集束レンズ 22、偏向部 24 および対物アパーチャ板 25 を順次通過した電子ビームが照射される。偏向部 24 による偏向量を走査させると、ビームの中心が対物アパーチャ板 25 の開口に近くほど電流が大きくなる。生成部 C は、偏向部 24 を走査させながら電流測定部 30 により測定された電流に基づいて画像データを順次生成する。画像データは、第 1 の強度時

50

における対物アーチャ板 25 の開口の位置に対応する情報または第2の強度時における対物アーチャ板 25 の開口の位置に対応する情報を含む。

【 0 0 5 7 】

表示制御部 D は、生成部 C により生成された画像データに基づく画像を表示部 16 に表示させる。表示部 16 に表示される画像には、第1の強度時における対物アーチャ板 25 の開口を示すアーチャ像と、第2の強度時における対物アーチャ板 25 の開口を示すアーチャ像とが交互に繰り返し現れる。本実施の形態においては、強度変化部 B は、短い周期で強度を第1の強度と第2の強度との間で交互に繰り返し変化させて、画像には残像効果により2つのアーチャ像が画像に同時に視認される。

【 0 0 5 8 】

ここで、荷電粒子源 21 から出射された電子ビームが各コンデンサレンズ 22A, 22B の中心を通過していない場合には、2つのアーチャ像の位置にずれが発生する。使用者は、表示部 16 に表示された画像の2つのアーチャ像の位置を確認しつつ、2つのアーチャ像の中心が重なるように操作部 15 を操作することにより偏向部 23, 24 を調整する。これにより、電子ビームが各コンデンサレンズ 22A, 22B の中心を通過するように電子ビームの軸を合わせることができる。

10

【 0 0 5 9 】

操作受付部 E は、偏向部 23 による電子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を操作部 15 の操作子 15a から受け付け、受け付けられた操作をアーチャ像の移動指令として偏向制御部 G に与える。操作子 15a が押下された状態における本体部 15c の移動方向および移動量は、偏向部 23 による電子ビームの偏向方向および偏向量にそれぞれ対応付けられている。使用者は、操作子 15a を押下しながら本体部 15c を所望の方向に所望の距離移動させることにより偏向部 23 による電子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を行うことができる。

20

【 0 0 6 0 】

操作受付部 F は、偏向部 24 による電子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を操作部 15 の操作子 15b から受け付け、受け付けられた操作をアーチャ像の移動指令として偏向制御部 H に与える。操作子 15b が押下された状態における本体部 15c の移動方向および移動量は、偏向部 24 による電子ビームの偏向方向および偏向量にそれぞれ対応付けられている。使用者は、操作子 15b を押下しながら本体部 15c を所望の方向に所望の距離移動させることにより偏向部 24 による電子ビームの偏向方向および偏向量を調整するための操作を行うことができる。

30

【 0 0 6 1 】

偏向制御部 G は、操作受付部 E により受け付けられた操作に基づいて偏向部 23 による電子ビームの偏向方向および偏向量を特定し、電子ビームが特定された偏向方向に特定された偏向量偏向するように偏向部 23 の駆動電源を制御する。偏向制御部 H は、操作受付部 F により受け付けられた操作に基づいて偏向部 24 による電子ビームの偏向方向および偏向量を特定し、電子ビームが特定された偏向方向に特定された偏向量偏向するように偏向部 24 の駆動電源を制御する。

【 0 0 6 2 】

40

(3) 軸合わせ処理

図4は、軸合わせプログラムにより行われる軸合わせ処理のアルゴリズムを示すフローチャートである。図5(a)～(c)は、軸合わせ処理における画像の変化の一例を示す図である。軸合わせ処理時には、図示しないアクチュエータにより電流測定部 30 が軸 A × 上に介挿される。なお、軸合わせ処理の実行前には、荷電粒子源 21 から出射される電子ビームはコンデンサレンズ 22A, 22B の中心の少なくとも一方を通過していないことを仮定する。

【 0 0 6 3 】

まず、処理受付部 A は、集束レンズ 22 の強度として第1および第2の強度が受け付けられたか否かを判定する(ステップ S1)。第1および第2の強度が受け付けられない場合

50

、処理受付部 A は、第 1 および第 2 の強度が受け付けられるまで待機する。第 1 および第 2 の強度が受け付けられた場合、強度変化部 B は、第 1 および第 2 の強度を設定する（ステップ S 2）。強度変化部 B は、ステップ S 2 で設定された第 1 および第 2 の強度の間で集束レンズ 22 の強度を交互に繰り返し変化させる（ステップ S 3）。

【 0 0 6 4 】

生成部 C は、電流測定部 30 により測定された対象面の各部の電流に基づいて画像データを生成する（ステップ S 4）。なお、画像データの生成時には、偏向部 24 により電子ビームが偏向部 24 の光軸に垂直な平面内で 2 次元的に走査される。表示制御部 D は、ステップ S 4 で生成された画像データに基づく画像を表示部 16 に表示させる（ステップ S 5）。

10

【 0 0 6 5 】

この場合、図 5 (a) に示すように、表示部 16 に表示された画像に、第 1 および第 2 の強度にそれぞれ対応するアーチャ像 G1, G2 が現れる。電子ビームはコンデンサレンズ 22A, 22B の中心の少なくとも一方を通過していないので、アーチャ像 G1, G2 の位置は互いに異なる。また、第 1 の強度における焦点と第 2 の強度における焦点とは異なるので、アーチャ像 G1, G2 の径は互いに異なる。

【 0 0 6 6 】

次に、操作受付部 E は、操作子 15a を用いた使用者の操作が第 1 の操作として受け付けられたか否かを判定する（ステップ S 6）。第 1 の操作が受け付けられた場合、偏向制御部 G は、受け付けられた第 1 の操作に基づいて、偏向部 23 による電子ビームの偏向方向および偏向量を特定する（ステップ S 7）。その後、偏向制御部 G は、電子ビームがステップ S 7 で特定された偏向方向に特定された偏向量偏向するように偏向部 23 を制御し（ステップ S 8）、ステップ S 4 に戻る。

20

【 0 0 6 7 】

この場合、再度ステップ S 4, S 5 が実行されることにより、生成される画像データが更新されるとともに、表示部 16 に表示される画像が更新される。画像においては、電流測定部 30 の対象面上の電子ビームの照射位置が移動することによりアーチャ像 G1, G2 の位置が移動する。使用者は、アーチャ像 G1, G2 の位置を視認しつつ、図 5 (b) に太い矢印で示すようにアーチャ像 G1, G2 の中心が重なるように操作子 15a を用いて第 1 の操作を行うこととなる。

30

【 0 0 6 8 】

ステップ S 6 で第 1 の操作が受け付けられない場合、操作受付部 F は、操作子 15b を用いた使用者の操作が第 2 の操作として受け付けられたか否かを判定する（ステップ S 9）。第 2 の操作が受け付けられた場合、偏向制御部 H は、受け付けられた第 2 の操作に基づいて、偏向部 24 による電子ビームの偏向方向および偏向量を特定する（ステップ S 10）。その後、偏向制御部 H は、電子ビームがステップ S 10 で特定された偏向方向に特定された偏向量偏向するように偏向部 24 を制御し（ステップ S 11）、ステップ S 4 に戻る。

【 0 0 6 9 】

この場合、再度ステップ S 4, S 5 が実行されることにより、表示部 16 に表示される画像が更新される。画像においては、電流測定部 30 の対象面上の電子ビームの照射位置が移動することによりアーチャ像 G1, G2 の位置が移動する。使用者は、アーチャ像 G1, G2 の位置を視認しつつ、図 5 (c) に太い矢印で示すようにアーチャ像 G1, G2 の中心が画像の中心に重なるように操作子 15b を用いて第 2 の操作を行うこととなる。

40

【 0 0 7 0 】

ステップ S 9 で第 2 の操作が受け付けられない場合、処理受付部 A は、軸合わせ処理の終了が指示されたか否かを判定する（ステップ S 12）。使用者は、操作部 15 を操作することにより、軸合わせ処理の終了を指示することができる。軸合わせ処理の終了が指示されない場合、処理受付部 A はステップ S 4 に戻る。一方、軸合わせ処理の終了が指示され

50

た場合、処理受付部 A は軸合わせ処理を終了する。

【 0 0 7 1 】

ステップ S 9 ~ S 11においては、アパー チャ像 G 1 , G 2 が重なった状態で画像の中心に移動することが好ましい。しかしながら、偏向部 2 4 が偏向部 2 3 に近接して配置されている場合には、偏向部 2 4 による電子ビームの偏向がステップ S 6 ~ S 8 における偏向部 2 3 の調整に大きく干渉する。この場合、ステップ S 9 ~ S 11において偏向部 2 4 による電子ビームの偏向が行われても、アパー チャ像 G 1 , G 2 が重なった状態で移動しない。そのため、図 5 (c) に示すように、アパー チャ像 G 1 , G 2 の位置に再度ずれが発生する。

【 0 0 7 2 】

そこで、アパー チャ像 G 1 , G 2 の中心が画像の中心で重なるように、上記のステップ S 4 ~ S 11 が繰り返される。使用者は、アパー チャ像 G 1 , G 2 の中心が画像の中心で重なるまで第 1 および第 2 の操作を行うことができる。使用者は、アパー チャ像 G 1 , G 2 中心が画像の中心で重なった後、軸合わせ処理の終了を指示することとなる。

10

【 0 0 7 3 】

(4) 効果

本実施の形態に係る荷電粒子ビーム照射装置 100においては、集束レンズ 2 2 の磁場強度が第 1 の強度と第 2 の強度との間で強度変化部 B により交互に繰り返し変化される。第 1 の強度におけるアパー チャ像 G 1 の位置に対応する情報および第 2 の強度におけるアパー チャ像 G 2 の位置に対応する情報が生成部 C により生成される。これらの情報に基づいてアパー チャ像 G 1 , G 2 が画像として表示制御部 D により表示部 1 6 に表示される。

20

【 0 0 7 4 】

アパー チャ像 G 1 , G 2 の移動に伴って情報が更新され、更新された情報に基づいて表示部 1 6 に表示されるアパー チャ像 G 1 , G 2 の画像が更新される。この場合、偏向部 2 3 , 2 4 の調整に追従して、表示部 1 6 に表示された画像におけるアパー チャ像 G 1 , G 2 が移動する。そのため、使用者は、操作子 1 5 a , 1 5 b を用いて画像におけるアパー チャ像 G 1 , G 2 を視認しつつ、偏向部 2 3 , 2 4 による電子ビームの偏向方向および偏向量を調整することができる。

【 0 0 7 5 】

磁場強度の繰り返し変化の間に、操作子 1 5 a からの操作が操作受付部 E により受け付けられ、受け付けられた操作に基づいてアパー チャ像 G 1 , G 2 を移動させるように偏向部 2 3 が制御される。また、磁場の強度の繰り返し変化の間に、操作子 1 5 b からの操作が操作受付部 F により受け付けられ、受け付けられた操作に基づいてアパー チャ像 G 1 , G 2 を移動させるように偏向部 2 4 が制御される。

30

【 0 0 7 6 】

上記の構成によれば、集束レンズ 2 2 の磁場強度が第 1 の強度と第 2 の強度との間で交互に繰り返し変化されるので、使用者は、強度を都度切り替えてアパー チャ像 G 1 , G 2 の情報を生成するための操作を行う必要がない。そのため、使用者の操作負担が軽減される。また、操作子 1 5 a の操作と操作子 1 5 b の操作とを使い分けることにより、偏向部 2 3 による調整と偏向部 2 4 による調整とを容易にかつ即座に切り替えることができる。これにより、電子ビーム照射装置 100 の操作性が向上する。その結果、電子ビームの軸を短時間で容易に合わせることができる。

40

【 0 0 7 7 】

特に、本実施の形態においては、操作子 1 5 a , 1 5 b はそれぞれポインティングデバイスの右押下部および左押下部である。そのため、これらの押下部を使い分けることにより、偏向部 2 3 による調整と偏向部 2 4 による調整とをより容易にかつ即座に切り替えることができる。これにより、荷電粒子ビーム照射装置 100 の操作性がより向上する。その結果、電子ビームの軸をより容易に合わせることができる。

【 0 0 7 8 】

また、本実施の形態においては、電流測定部 3 0 を用いて電子ビームの電流が測定される

50

。この場合、試料 S に電子ビームを照射することなく電子ビームの軸合わせを行うことができる。これにより、電子ビームにより試料 S が損傷することを防止することができる。また、試料 S に電子ビームを照射して画像データを生成する場合と異なり、電流測定部 30 を用いて画像データを生成する場合には、画像の明るさに試料による個体差が生じない。そのため、明るさの条件を一度決定することにより、同じ荷電粒子源 21 を使用する限り、常に同じ条件で軸合わせが可能となる。

【 0 0 7 9 】

[2] 第 2 の実施の形態

(1) 軸合わせ装置

第 2 の実施の形態に係る荷電粒子ビーム照射装置 100 について、第 1 の実施の形態に係る荷電粒子ビーム照射装置 100 と異なる点を説明する。図 6 は、第 2 の実施の形態に係る荷電粒子ビーム照射装置 100 が備える軸合わせ装置 1 の構成を示す図である。図 6 に示すように、軸合わせ装置 1 は、図 3 の表示制御部 D および操作受付部 E, F に代えて、画像処理部 I、偏向特定部 J, K および判定部 L を含む。

10

【 0 0 8 0 】

図 1 の C P U 11 が記憶装置 14 に記憶された軸合わせプログラムを実行することにより、図 6 の軸合わせ装置 1 の構成要素 (A ~ C, G ~ L) の機能が実現される。図 6 の軸合わせ装置 1 の構成要素 (A ~ C, G ~ L) の一部または全部が電子回路等のハードウェアにより実現されてもよい。

20

【 0 0 8 1 】

画像処理部 I は、生成部 C により生成された画像データに画像処理を行う。偏向特定部 J は、画像処理部 I による画像処理の結果に基づいて、2 つのアーチャ像の重心を重ねるための偏向部 23 による電子ビームの偏向方向および偏向量を特定する。また、偏向特定部 J は、特定された偏向方向および偏向量をアーチャ像の移動指令として偏向制御部 G に与える。

20

【 0 0 8 2 】

偏向特定部 K は、画像処理部 I による画像処理の結果に基づいて、一方のアーチャ像の重心を画像の中心に重ねるための偏向部 24 による電子ビームの偏向方向および偏向量を特定する。また、偏向特定部 K は、特定された偏向方向および偏向量をアーチャ像の移動指令として偏向制御部 H に与える。判定部 L は、画像処理部 I による画像処理の結果に基づいて、2 つのアーチャ像の重心が画像の中心で重なっているか否かを判定する。なお、アーチャ像の重心とは、画像データにおいて対物アーチャ板 25 の開口の部分に対応する複数の画像の値により算出される重心を意味する。

30

【 0 0 8 3 】

(2) 軸合わせ処理

図 7 は、第 2 の実施の形態における軸合わせプログラムにより行われる軸合わせ処理のアルゴリズムを示すフローチャートである。図 7 における軸合わせ処理は、ステップ S 5, S 6, S 9 に代えてステップ S 5a, S 6a, S 9a を有する点およびステップ S 12 を有しない点を除き、図 4 における軸合わせ処理と同様である。

40

【 0 0 8 4 】

ステップ S 4 の後、画像処理部 I は、ステップ S 4 で生成された画像データに画像処理を行う (ステップ S 5a)。判定部 L は、ステップ S 5a における画像処理の結果に基づいて、アーチャ像 G 1, G 2 の重心が重なっているか否かを判定する (ステップ S 6a)。

【 0 0 8 5 】

アーチャ像 G 1, G 2 の重心が重なっていない場合、偏向特定部 J は、ステップ S 5a における画像処理の結果に基づいて、アーチャ像 G 1, G 2 の重心を重ねるための偏向部 23 による電子ビームの偏向方向および偏向量を特定する (ステップ S 7)。偏向制御部 G は、電子ビームがステップ S 7 で特定された偏向方向に特定された偏向量偏向するよう偏向部 23 を制御し (ステップ S 8)、ステップ S 4 に戻る。ステップ S 6a でアーチャ像 G 1, G 2 の重心が重なっている場合、判定部 L は、ステップ S 5a における画

50

像処理の結果に基づいて、アパー・チャ像 G1, G2 の重心が画像の中心に位置しているか否かを判定する（ステップ S9a）。

【0086】

アパー・チャ像 G1, G2 の重心が画像の中心に位置していない場合、偏向特定部 K は、ステップ S5a における画像処理の結果に基づいて、アパー・チャ像 G1, G2 の重心を画像の中心に重ねるための偏向部 24 による電子ビームの偏向方向および偏向量を特定する（ステップ S10）。偏向制御部 H は、電子ビームがステップ S10 で特定された偏向方向に特定された偏向量偏向するように偏向部 24 を制御し（ステップ S11）、ステップ S4 に戻る。ステップ S9a でアパー・チャ像 G1, G2 の重心が画像の中心に位置している場合、判定部 L は軸合わせ処理を終了する。

10

【0087】

なお、アパー・チャ像 G1, G2 の重心が重なっているか否かの判定（ステップ S6a）と、アパー・チャ像 G1, G2 の重心が画像の中心に位置しているか否かの判定（ステップ S9a）とが同時に行われ、偏向部 23, 24 が同時に制御されてもよい。この場合、偏向部 23, 24 の干渉が考慮されて制御されることにより、1 度の収斂における調整の精度が向上する。

【0088】

（3）効果

本実施の形態に係る荷電粒子ビーム照射装置 100においては、アパー・チャ像 G1, G2 が画像の中心で重なるように偏向部 23, 24 が自動的に調整される。そのため、使用者は、偏向部 23, 24 を調整するための操作を行う必要がない。これにより、電子ビームの軸を容易に合わせることができる。

20

【0089】

また、アパー・チャ像 G1 とアパー・チャ像 G2 とは、中心ではなく重心が重なるように偏向部 23 が調整される。また、アパー・チャ像 G1, G2 は、中心ではなく重心が画像の中心に重なるように偏向部 24 が調整される。この場合、電子ビームの軸をより正確に合わせることができる。

【0090】

〔3〕他の実施の形態

（1）上記実施の形態において、荷電粒子ビームは電子ビームであるが、本発明はこれに限定されない。荷電粒子ビームはイオンビーム等の他の荷電粒子ビームであってもよい。

30

【0091】

（2）上記実施の形態において、荷電粒子ビーム照射装置 100 は 1 つの対物レンズ 27 を含むが、本発明はこれに限定されない。荷電粒子ビーム照射装置 100 は、多段に配置された複数の対物レンズ 27 を含んでもよい。このような荷電粒子ビーム照射装置 100 においても、軸合わせ処理を適用することが可能である。

【0092】

（3）上記実施の形態において、軸合わせ装置 1 は電流測定部 30 を含むが、本発明はこれに限定されない。検出部 29 により検出された電子に基づいて画像データが生成される場合には、軸合わせ装置 1 は電流測定部 30 を含まなくてもよい。この場合、試料 S の表面が対象面となる。また、生成された画像データには、アパー・チャ像の位置に対応する情報が含まれる。

40

【0093】

（4）上記実施の形態において、操作部 15 はマウスであり、操作子 15a, 15b がそれぞれマウスの右ボタンおよび左ボタンであるが、本発明はこれに限定されない。各操作子 15a, 15b は、十字ボタン、操作スティックまたは操作つまみ等の他の操作子であってもよい。

【0094】

（5）上記実施の形態において、アパー・チャ像 G1, G2 が画像の中心に重なるように偏向部 24 が調整されるが、本発明はこれに限定されない。電流測定部 30 が、画像の中心

50

以外の部分が対物レンズ 2 7 の光軸に重なるように配置されている場合には、アーチャ像 G 1 , G 2 が画像の中心以外の当該部分に重なるように偏向部 2 4 が調整されてもよい。

【 0 0 9 5 】

(6) 第 1 の実施の形態において、アーチャ像 G 1 , G 2 の中心が重なるように偏向部 2 3 が調整されるが、本発明はこれに限定されない。画像処理等により画像にアーチャ像 G 1 , G 2 の重心が現れている場合には、アーチャ像 G 1 , G 2 の重心が重なるように偏向部 2 3 が調整されてもよい。

【 0 0 9 6 】

同様に、第 1 の実施の形態において、アーチャ像 G 1 , G 2 の中心が画像の所定の部分に重なるように偏向部 2 4 が調整されるが、本発明はこれに限定されない。アーチャ像 G 1 , G 2 の重心が画像の所定の部分に重なるように偏向部 2 4 が調整されてもよい。

10

【 0 0 9 7 】

[4] 請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応関係

以下、請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応の例について説明するが、本発明は下記の例に限定されない。請求項の各構成要素として、上記実施の形態に記載された構成要素の他、請求項に記載されている構成または機能を有する他の種々の構成要素を用いることもできる。

【 0 0 9 8 】

上記実施の形態においては、偏向部 2 3 , 2 4 がそれぞれ第 1 および第 2 の偏向部の例であり、電流測定部 3 0 が対象面の例であり、偏向制御部 G , H がそれぞれ第 1 および第 2 の偏向制御部の例である。操作子 1 5 a , 1 5 b がそれぞれ第 1 および第 2 の操作子の例であり、コンデンサレンズ 2 2 A , 2 2 B がそれぞれ第 1 および第 2 のコンデンサレンズの例である。第 1 の実施の形態においては、操作受付部 E , F がそれぞれ第 1 および第 2 の移動指令部の例であり、第 2 の実施の形態においては、偏向特定部 J , K がそれぞれ第 1 および第 2 の移動指令部の例である。

20

【 符号の説明 】

【 0 0 9 9 】

1 ... 軸合わせ装置 , 1 0 ... 処理装置 , 1 1 ... C P U , 1 2 ... R A M , 1 3 ... R O M , 1 4 ... 記憶装置 , 1 5 ... 操作部 , 1 5 a , 1 5 b ... 操作子 , 1 5 c ... 本体部 , 1 6 ... 表示部 , 1 7 ... 入出力 I / F , 1 8 ... バス , 2 0 ... 照射部 , 2 1 ... 荷電粒子源 , 2 2 ... 集束レンズ , 2 2 A , 2 2 B ... コンデンサレンズ , 2 3 , 2 4 ... 偏向部 , 2 5 ... 対物アーチャ板 , 2 6 ... 走査部 , 2 7 ... 対物レンズ , 2 8 ... 試料台 , 2 9 ... 検出部 , 3 0 ... 電流測定部 , 1 0 0 ... 荷電粒子ビーム照射装置 , A ... 処理受付部 , A x ... 軸 , B ... 強度変化部 , C ... 生成部 , D ... 表示制御部 , E , F ... 操作受付部 , G , H ... 偏向制御部 , G 1 , G 2 ... アーチャ像 , I ... 画像処理部 , J , K ... 偏向特定部 , L ... 判定部 , S ... 試料

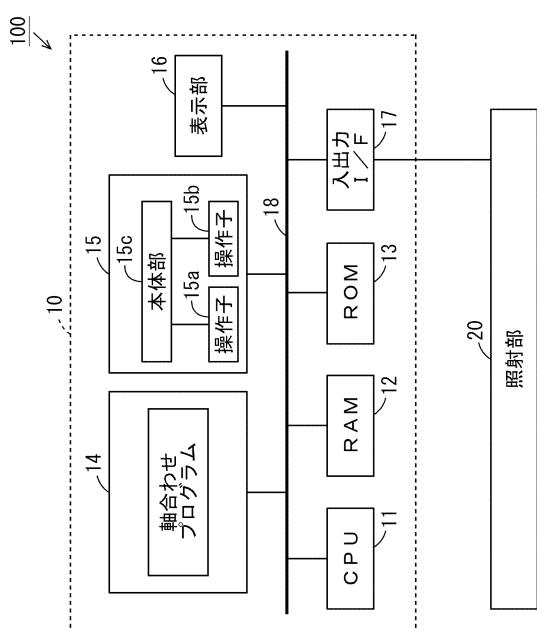
30

40

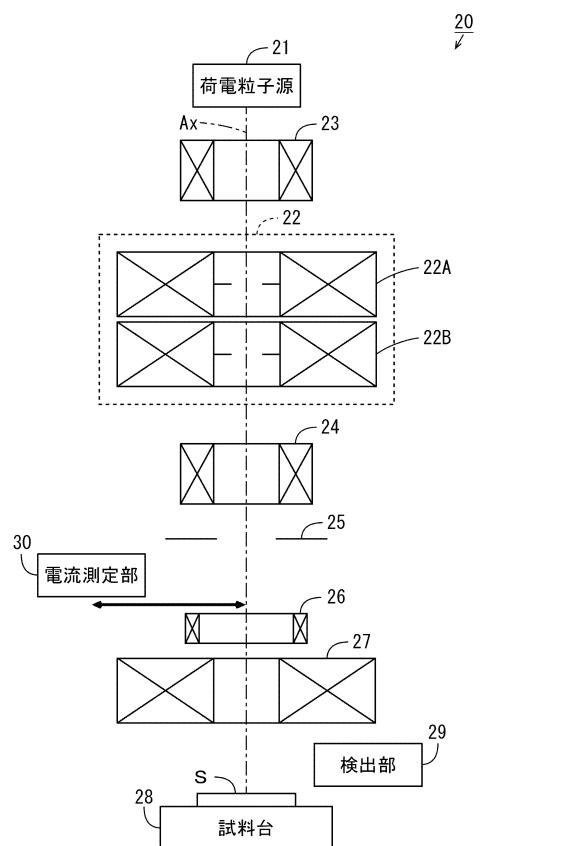
50

【四面】

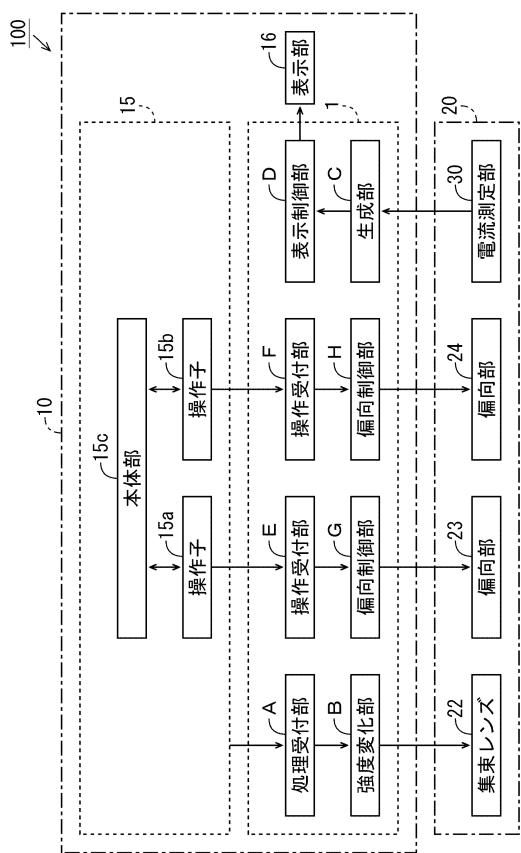
【 四 1 】



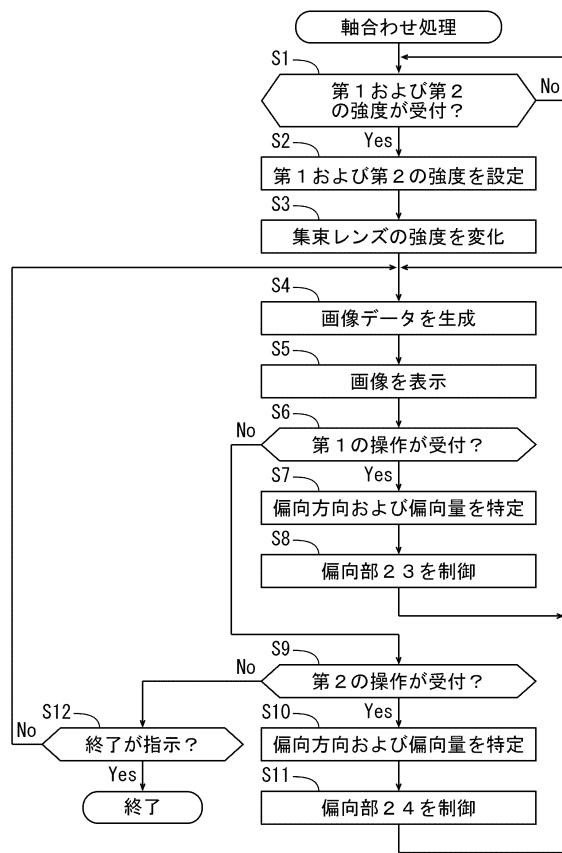
【図2】



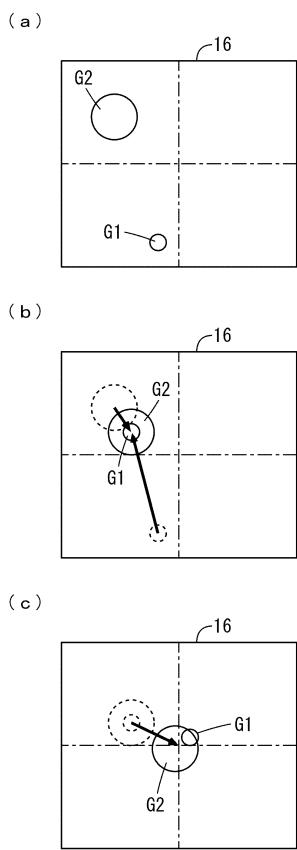
【図3】



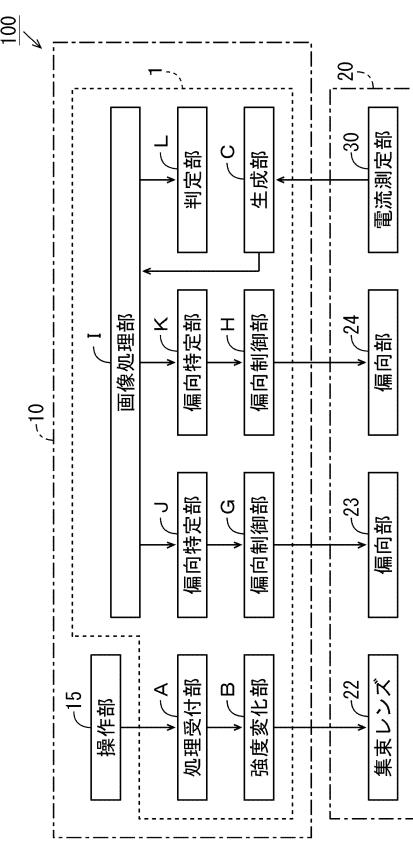
【図4】



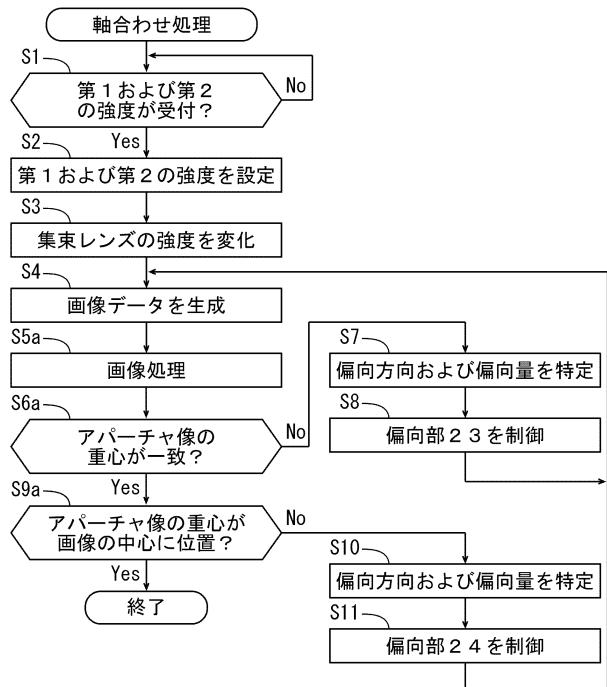
【図 5】



【図 6】



【図 7】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-054426 (JP, A)
 特開平03-095841 (JP, A)
 特開平06-243814 (JP, A)
 特開2000-077018 (JP, A)
 米国特許第05747814 (US, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
 H01J 37/00 - 37/36