(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6054708号
(P6054708)
(45)発行日　平成28年12月27日(2016.12.27)　(24)登録日　平成28年12月9日(2016.12.9)

(51)Int.Cl.　F I
H01J 37/147 (2006.01)　H01J 37/147 B

請求項の数 6　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2012-243466(P2012-243466)
(22)出願日　平成24年11月5日(2012.11.5)
(65)公開番号　特開2014-93211(P2014-93211A)
(43)公開日　平成26年5月19日(2014.5.19)
審査請求日　平成27年6月15日(2015.6.15)

(73)特許権者　000004271
日本電子株式会社
東京都昭島市武蔵野３丁目１番２号
(72)発明者　寺尾　光央
東京都昭島市武蔵野三丁目１番２号　日本電子株式会社内

審査官　鳥居　祐樹

(56)参考文献　特開昭６０－１３９００７（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－１１００７８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－００４０３３（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】荷電粒子ビームの偏向装置及びそれを備えた荷電粒子ビーム装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
荷電粒子ビームを偏向するための偏向コイルと、一方の入力端子に走査信号が入力され、これに応じた駆動電流を偏向コイルの一端側に供給するための増幅器と、一方の入力端子に偏向コイルの他端側が接続され、増幅器の他方の入力端子に出力信号を帰還する帰還アンプと、帰還アンプの該入力端子と基準電位配線との間に介在し、直列接続された複数の抵抗素子からなる抵抗素子群と、抵抗素子群の各抵抗素子間の配線及び基準電位配線における何れか一つの配線を帰還アンプの他方の入力端子に選択的に接続可能な第１の切替手段と、抵抗素子群の各抵抗素子間の配線における何れか一つの配線を基準電位配線に選択的に接続可能な第２の切替手段とを備える荷電粒子ビームの偏向装置。
【請求項２】
帰還アンプの他方の入力端子と基準電位配線との間には、高抵抗素子が配置されていることを特徴とする請求項１記載の荷電粒子ビームの偏向装置。
【請求項３】
偏向コイルに対して並列にノイズフィルターが接続されていることを特徴とする請求項１乃至２何れか記載の荷電粒子ビームの偏向装置。
【請求項４】
第１の切替手段はシグナルリレーからなり、第２の切替手段はパワーリレーからなることを特徴とする請求項１乃至３何れか記載の荷電粒子ビームの偏向装置。
【請求項５】

荷電粒子ビームは電子ビームであることを特徴とする請求項１乃至４何れか記載の荷電粒子ビームの偏向装置。
【請求項６】
請求項１乃至５何れか記載の荷電粒子ビームの偏向装置を備えた荷電粒子ビーム装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、走査透過電子顕微鏡（ＳＴＥＭ）や走査電子顕微鏡（ＳＥＭ）等の荷電粒子ビーム装置において用いられる荷電粒子ビームの偏向装置及びそれを備えた荷電粒子ビーム装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
荷電粒子ビームとして電子ビームを用いた走査透過電子顕微鏡においては、集束された電子ビームを試料上で走査し、このとき試料を透過した透過電子を電子検出器により検出する。これによる透過電子の検出信号と電子ビームの走査信号とに基づき、ＳＴＥＭ像の形成を行う。
【０００３】
また、走査電子顕微鏡においては、集束された電子ビームを試料上で走査し、このとき試料から発生する２次電子又は反射電子等の被検出電子を電子検出器により検出する。これによる被検出電子の検出信号と電子ビームの走査信号とに基づき、ＳＥＭ像の形成を行う。
【０００４】
このような電子ビームを用いた電子顕微鏡においては、電子ビームを偏向し、これにより試料上で電子ビームを走査するための偏向装置を具備している。
【０００５】
図１に、従来技術における偏向装置の一例（要部）を示す。同図に示すように、この偏向装置は、電子ビームを偏向するための偏向コイル５３と、この偏向コイル５３の一端側にＳＣＡＮ電流（駆動電流）を供給するための演算増幅器５６を備えている。演算増幅器５６は、前段側のオペアンプ５１と後段側のパワーアンプ５２とからなる。
【０００６】
演算増幅器５６を構成するオペアンプ５１の非反転入力端子（＋）には、図示しないスキャンジェネレータから、正負最大振幅±５Ｖ程度の鋸歯状波からなるＳＣＡＮ信号が供給される。これによるオペアンプ５１からの出力信号はパワーアンプ５２に供給される。
【０００７】
パワーアンプ５２は、当該出力信号を増幅し、これによる増幅後の信号（ＳＣＡＮ電流）を偏向コイル５３の一端側に供給する。これにより、演算増幅器５６から偏向コイル５３に駆動電流が供給される。
【０００８】
また、偏向コイル５３の他端側は、オペアンプ５１の反転入力端子（－）に接続されている。オペアンプ５１は、非反転入力端子（＋）に入力されたＳＣＡＮ信号と反転入力端子（－）に入力された偏向コイル５３からの信号（フィードバック信号）との間で差異が生じないように出力信号を制御する。
【０００９】
さらに、偏向コイル５３の他端側と基準電位となる接地配線（ＧＮＤ配線）との間には、粗倍率切替回路５７が設けられている。この粗倍率切替回路５７は、抵抗値の異なる複数の抵抗素子Ｒ１～Ｒ４と、これら各抵抗素子Ｒ１～Ｒ４のうちの何れか一つを選択可能な切替器５５とを備えている。この切替器５５は、抵抗素子Ｒ１に接続された開閉スイッチＲＹ１と、抵抗素子Ｒ２に接続された開閉スイッチＲＹ２と、抵抗素子Ｒ３に接続された開閉スイッチＲＹ３とを有している。
【００１０】

切替器５５には、図示しない制御手段から粗倍率切替信号が供給される。これにより、切替器５５は、供給された粗倍率切替信号に基づいて開閉スイッチＲＹ１～ＲＹ３の開閉状態を制御する。この結果、その粗倍率に応じた電流検出抵抗が偏向コイル５３の他端側と接地配線との間で設定される。

【００１１】

電子顕微鏡が走査透過電子顕微鏡の場合、取得されるＳＴＥＭ像の倍率は、１０Ｋ倍～１５０Ｍ倍程度と設定範囲が広いので、ＳＣＡＮ電流も最大電流の１／１５０００となる微小電流まで制御する必要がある。オペアンプ５１に供給されるＳＣＡＮ信号における電圧を下げるのみでは、それに対応する制御を行うことは不可能である、

従って、電流検出抵抗として、５Ω（Ｍａｇ１：１０Ｋ～１５０Ｋ倍に対応）、５０Ω（Ｍａｇ２：２００Ｋ～１．５Ｍ倍に対応）、５００Ω（Ｍａｇ３：２Ｍ～１５Ｍ倍に対応）、５ｋΩ（Ｍａｇ４：２０Ｍ～１５０Ｍ倍に対応）の何れかの抵抗値が設定されるように切替器５５の制御が行われる。

【００１２】

ここで、低倍の倍率範囲のＭａｇ１のときには、開閉スイッチＲＹ１のみを閉じて（ＯＮ）、電流検出抵抗を「５Ω／／５ｋΩ　５Ω」とする。この場合、上記ＳＣＡＮ信号の正負最大振幅は±５Ｖ程度なので、偏向コイル５３には、正負方向での最大電流として±１Ａ程度の電流が流れる。ここで、「ＸΩ／／ＹΩ」とは、ＸΩの抵抗とＹΩの抵抗とを並列接続したときの合成抵抗値を表わす。

【００１３】

また、次の倍率範囲となるＭａｇ２のときには、開閉スイッチＲＹ２のみを閉じて、電流検出抵抗を「５０．５Ω／／５ｋΩ　５０Ω」とする。この場合、偏向コイル５３には、正負方向の最大電流として±０．１Ａ程度の電流が流れる。

【００１４】

さらに、次の倍率範囲となるＭａｇ３のときには、開閉スイッチＲＹ３のみを閉じて、電流検出抵抗を「５５５Ω／／５ｋΩ　５００Ω」とする。この場合、偏向コイル５３には、正負方向の最大電流として±０．０１Ａ程度の電流が流れる。

【００１５】

そして、次の倍率範囲となるＭａｇ４のときには、全ての開閉スイッチＲＹ１～ＲＹ３を開いた状態（ＯＦＦ）とし、電流検出抵抗を「５ｋΩ」とする。この場合、偏向コイル５３には、正負方向の最大電流として±１ｍＡ程度の電流が流れる。

【００１６】

このように粗倍率として設定された各倍率範囲において、さらに細かい倍率設定（ファイン制御）を行う際には、オペアンプ５１に供給されるＳＣＡＮ信号の最大振幅の絶対値を適宜下げることにより調整される。

【００１７】

上記において、偏向コイル５３に流れる最大電流の絶対値が大きいほど試料上での電子ビームによる走査範囲が広くなり、この結果、倍率の低い像が取得されることとなる。一方、偏向コイル５３に流れる最大電流の絶対値が小さいほど試料上での電子ビームによる走査範囲が小さくなり、この結果、倍率の高い像が取得されることとなる。

【００１８】

なお、上記の例では、走査透過電子顕微鏡における偏向装置の例として説明したが、走査電子顕微鏡における偏向装置でも同様の構成を備えたものがある（特許文献１参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１９】

【特許文献１】特開２０００－８２４３８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００２０】

走査透過電子顕微鏡や走査電子顕微鏡において、上記構成の偏向装置が用いられた場合、粗倍率切替回路５７内での電流検出抵抗を像の粗倍率に応じて切り替えるための切替器５５としてリレーが用いられている。このリレーとしては、通常のシグナルリレーが使用されることが多い。

【００２１】

ここで、最近では偏向コイル５３に供給されるＳＣＡＮ電流信号を低ノイズ化するために、図１のごとく偏向コイル５３と並列接続されるノイズフィルター用のコンデンサ５４が配置されている。

【００２２】

このような場合において、粗倍率の変更に基づいて当該リレーの開閉状態が切り替わるときに、通常のシグナルリレーでは、ノイズ成分に応じてコンデンサ５４を介して流れる突入電流等が何れかの開閉スイッチの接点に流れた際に、当該接点が溶着等してしまうことがある。

【００２３】

この結果、当該リレーによる切り替えに支障が生じることとなり、粗倍率切替回路５７が正常に動作しなくなるという問題が発生する。

【００２４】

なお、この対策として、切替器５５としてパワーリレー等の接点容量の大きなリレーを使用することも考えられる。

【００２５】

しかしながら、市販のもので接点容量の大きなパワーリレーでは、接点の接触抵抗の安定性等が軽視されてしまうため、不安定となることがある。

【００２６】

このような場合、粗倍率切替回路５７の動作に基づき偏向コイル５３からオペアンプ５１にフィードバックされる電圧が、「（リレーの接触抵抗）＋（電流検出抵抗）」で検出された電圧値となる。この結果、リレー接点の接触抵抗の変動がＳＣＡＮ電流の変動を生じさせることとなり、安定した像の取得ができなくなる。

【００２７】

本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、ノイズ成分に応じて流れる突入電流等が発生しても安定的に動作が行われる荷電粒子ビームの偏向装置及びそれを備えた荷電粒子ビーム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】

【００２８】

本発明に係る一の荷電粒子ビームの偏向装置は、荷電粒子ビームを偏向するための偏向コイルと、入力端子に走査信号が入力され、これに応じた駆動電流を偏向コイルの一端側に供給するための増幅器と、一方の入力端子に偏向コイルの他端側が接続され、増幅器の入力端子に出力信号を帰還する帰還アンプと、帰還アンプの該入力端子と基準電位配線との間に介在し、直列接続された複数の抵抗素子からなる抵抗素子群と、抵抗素子群の各抵抗素子間の配線及び基準電位配線における何れか一つの配線を帰還アンプの他方の入力端子に選択的に接続可能な第１の切替手段と、抵抗素子群の各抵抗素子間の配線における何れか一つの配線を基準電位配線に選択的に接続可能な第２の切替手段とを備えることを特徴とする。

【００３０】

本発明に係る荷電粒子ビーム装置は、上記の偏向装置を備えたことを特徴とする。

【発明の効果】

【００３１】

本発明に係る一の荷電粒子ビームの偏向装置においては、偏向コイルからのフィードバックが誤差アンプを介して行われ、該誤差アンプの一方の入力端子と基準電位配線との間に介在された抵抗素子群の各抵抗素子間の配線及び基準電位配線における何れか一つの配線を該誤差アンプの他方の入力端子に選択的に接続可能な第１の切替手段を有し、さらに

該抵抗素子群の各抵抗素子間の配線における何れか一つの配線を基準電位配線に選択的に接続可能な第２の切替手段を有している。

【００３２】

この構成により、偏向コイルに供給される駆動電流の安定度を左右する箇所には第１の切替手段が配置され、大電流の流入に対応すべき箇所には第２の切替手段が配置されることとなり、第１の切替手段を接点抵抗の安定した切替手段とするとともに、第２の切替手段を接点容量の大きな切替手段とすることができ、ノイズ成分に応じて流れる突入電流等が発生しても安定的に動作する荷電粒子ビームの偏向装置を提供することができる。

【００３３】

また、本発明に係る他の荷電粒子ビームの偏向装置においても、偏向コイルからのフィードバックが誤差アンプを介して行われ、偏向コイルに供給される駆動電流の安定度を左右する箇所には第１の切替手段が配置され、大電流の流入に対応すべき箇所には第２の切替手段が配置されることとなるので、上記と同様の効果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【００３４】

【図１】従来技術における荷電粒子ビームの偏向装置の一例（要部）を示す図である。

【図２】荷電粒子ビーム装置の一例としての走査透過電子顕微鏡の概略構成を示す図である。

【図３】本発明の第１実施例における荷電粒子ビームの偏向装置の要部を示す図である。

【図４】本発明の第２実施例における荷電粒子ビームの偏向装置の要部を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【００３５】

以下、図面を参照して、本発明における荷電粒子ビームの偏向装置及びそれを備えた荷電粒子ビーム装置について説明する。

【００３６】

図２は、本発明における荷電粒子ビーム装置の構成を示す概略構成図である。当該荷電粒子ビーム装置は、本実施例において走査透過電子顕微鏡（ＳＴＥＭ）の構成を備えている。

【００３７】

電子銃１から加速されて放出された電子ビーム（荷電粒子ビーム）１１は、集束レンズ２により集束され、さらに対物レンズ４の前段磁場により試料７上で集束される。これにより、試料７面上で集束電子ビームが形成される。

【００３８】

このとき、偏向コイル３による偏向作用により、集束電子ビーム１１は、試料７面上で設定された走査エリア内における各走査点を順次移動していき、試料７上を走査することとなる。これにより、偏向コイル３は、走査コイル（ＳＣＡＮ Ｃｏｉｌ）としての役割を果たす。

【００３９】

偏向コイル３には、走査駆動手段８より走査用の駆動電流（ＳＣＡＮ電流）が供給される。走査駆動手段８には、スキャンジェネレータ９からＳＣＡＮ信号が供給される。また、スキャンジェネレータ９は、当該ＳＣＡＮ信号を画像形成手段１９に送る。

【００４０】

集束電子ビーム１１が走査された試料７の各走査点において、試料７を透過した電子（透過電子）１２は、対物レンズ４の後段磁場及び投影レンズ５の磁場により電子検出器６の受光面に集光される。

【００４１】

電子検出器６により検出された透過電子１２の検出信号は、画像形成手段１０に送られる。画像形成手段１０は、当該検出信号と上記ＳＣＡＮ信号とを同期させて走査像（ＳＴＥＭ像）の形成を行う。このようにして形成された走査像は、図示しない表示手段により表示される。

【００４２】
なお、走査駆動手段８、スキャンジェネレータ９及び画像形成手段１０等は、図示しない制御手段により動作制御される。
【００４３】
次に、図３を参照して、本発明の第１実施例における荷電粒子ビームの偏向装置の構成について説明する。本発明の当該偏向装置は、上述した偏向コイル３と、偏向コイル３の一端側３ａにＳＣＡＮ電流を供給するための演算増幅器２６を備えている。演算増幅器２６は、前段側のオペアンプ２１と、後段側のパワーアンプ２２とからなる。
【００４４】
演算増幅器２６を構成するオペアンプ２１の非反転入力端子（＋）には、スキャンジェネレータ９（図２参照）から、正負最大振幅±５Ｖ程度の鋸歯状波からなるＳＣＡＮ信号が供給される。これによるオペアンプ２１からの出力信号は、パワーアンプ２２に供給される。
【００４５】
パワーアンプ２２は、当該出力信号を増幅し、これによる増幅後の信号（ＳＣＡＮ電流）を偏向コイル３の一端側３ａに供給する。これにより演算増幅器２６から偏向コイル３に駆動電流が供給される。
【００４６】
また、偏向コイル３の他端側３ｂは、誤差アンプ２３を介して、オペアンプ２１の反転入力端子（－）に接続されている。オペアンプ２１は、非反転入力端子（＋）に入力されたＳＣＡＮ信号と反転入力端子（－）に入力された信号（フィードバック信号）との間で差異が生じないように出力信号を制御する。
【００４７】
誤差アンプ２３における一方の入力端子２３ａには、偏向コイル３の他端側３ｂが接続されており、この他端側３ｂと基準電位となる接地配線（ＧＮＤ配線）との間には、粗倍率切替回路２７が設けられている。
【００４８】
この粗倍率切替回路２７は、直列接続された抵抗値の異なる複数の抵抗素子（抵抗）Ｒ１０～Ｒ４０と、シグナルリレーからなる第１の切替手段２８と、パワーリレーからなる第２の切替手段２９とを備える。抵抗Ｒ１０，Ｒ２０，Ｒ３０，Ｒ４０の抵抗値は、それぞれ５Ω，４５Ω，４５０Ω，４．５ｋΩとされている。
【００４９】
第１の切替手段２８は、各抵抗Ｒ１０～Ｒ４０間の配線及び接地配線のうちの何れか一つの配線を、誤差アンプ２３における他方の入力端子２３ｂに選択的に接続する機能を備える。
【００５０】
ここで、第１の切替手段２８は、開閉スイッチＲＹ１．１～ＲＹ４．１を有している。開閉スイッチＲＹ１．１は、抵抗Ｒ１０，Ｒ２０間の配線と当該入力端子２３ｂとの間に配置されている。開閉スイッチＲＹ２．１は、抵抗Ｒ２０，Ｒ３０間の配線と当該入力端子２３ｂとの間に配置されている。開閉スイッチＲＹ３．１は、抵抗Ｒ３０，Ｒ４０間の配線と当該入力端子２３ｂとの間に配置されている。開閉スイッチＲＹ４．１は、接地配線と当該入力端子２３ｂとの間に配置されている。
【００５１】
第１の切替手段２８は、制御手段から供給される粗倍率信号に基づき、その内部に備える各開閉スイッチＲＹ１．１～ＲＹ４．１のうちの何れか一つのスイッチを閉じるように動作する。
【００５２】
また、第２の切替手段２９は、各抵抗Ｒ１０～Ｒ４０間の配線のうちの何れか一つの配線を接地配線に選択的に接続する機能を備える。
【００５３】

ここで、第２の切替手段２９は、開閉スイッチＲＹ１．２～ＲＹ３．２を有している。開閉スイッチＲＹ１．２は、抵抗Ｒ１０，Ｒ２０間の配線と接地配線との間に配置されている。開閉スイッチＲＹ２．２は、抵抗Ｒ２０，Ｒ３０間の配線と接地配線との間に配置されている。開閉スイッチＲＹ３．２は、抵抗Ｒ３０，Ｒ４０間の配線と接地配線との間に配置されている。

【００５４】

第２の切替手段２９は、制御手段から供給される粗倍率信号に基づき、その内部に備える各開閉スイッチＲＹ１．２～３．２のうちの何れか一つのスイッチを閉じる又は全てのスイッチを開くように動作する。

【００５５】

なお、上記構成の走査駆動手段８において、誤差アンプ２３における一方の入力端子２３ａとパワーアンプ２２の出力端子との間には、ノイズフィルター用のコンデンサ２４が配置されている。また、誤差アンプ２３における他方の入力端子２３ｂと接地配線との間には、１ＭΩ程度の高抵抗素子２５が配置されている。

【００５６】

以上が、本発明における荷電粒子ビームの偏向装置の構成である。次に、動作について説明する。

【００５７】

制御手段は、装置の操作者により選択される粗倍率に基づき、走査駆動手段８内の第１及び第２の切替手段２８，２９の動作制御を行う。

【００５８】

本実施例において、従来技術の例と同様に、電流検出抵抗として、５Ω（Ｍａｇ１：１０Ｋ～１５０Ｋ倍に対応）、５０Ω（Ｍａｇ２：２００Ｋ～１．５Ｍ倍に対応）、５００Ω（Ｍａｇ３：２Ｍ～１５Ｍ倍に対応）、５ｋΩ（Ｍａｇ４：２０Ｍ～１５０Ｍ倍に対応）の各抵抗値が設定されている。

【００５９】

演算増幅器２６を構成するオペアンプ２１の非反転入力端子（＋）には、スキャンジェネレータ９からＳＣＡＮ信号が供給される。このＳＣＡＮ信号は、従来技術と同様に、正負最大振幅±５Ｖ程度の鋸歯状波の信号からなる。

【００６０】

まず、低倍率の倍率範囲であるＭａｇ１において像を取得する際には、制御手段は、第１の切替手段２８においてスイッチＲＹ１．１のみを閉じるとともに、第２の切替手段２９においてスイッチＲＹ１．２のみを閉じるように制御を行う。

【００６１】

この状態では、演算増幅器２６のパワーアンプ２２から偏向コイル３に供給されるＳＣＡＮ電流は、電流検出抵抗５Ωとなる抵抗Ｒ１０を経由して、接地配線に流れる。このとき、上記のごとくＳＣＡＮ信号は正負最大振幅±５Ｖ程度なので、偏向コイル３には、正負方向の最大電流として±１Ａ程度の電流が流れる。

【００６２】

偏向コイル３には、この電流幅に応じた磁場が発生し、これに応じて電子ビーム１１が偏向（走査）される。このときの電子ビーム１１の偏向幅は、当該電流幅に対応して大きくなるので、低倍率の走査像が取得される。

【００６３】

このとき、スイッチＲＹ１．１が閉じているので、誤差アンプ２３は、５Ωの電流検出抵抗（Ｒ１０）両端間の電圧を検出し、当該電圧をオペアンプ２１にフィードバックする。

【００６４】

一方、次の倍率範囲であるＭａｇ２において像を取得する際には、制御手段は、第１の切替手段２８においてスイッチＲＹ２．１のみを閉じるとともに、第２の切替手段２９においてスイッチＲＹ２．２のみを閉じるように制御を行う。

【００６５】
この状態では、演算増幅器２６のパワーアンプ２２から偏向コイル３に供給されるＳＣＡＮ電流は、電流検出抵抗５０Ωとなる抵抗Ｒ１０及びＲ２０の直列合成抵抗を経由して、接地配線に流れる。このとき、上記のごとくＳＣＡＮ信号は正負最大振幅±５Ｖ程度なので、偏向コイル３には、正負方向の最大電流として±０．１Ａ程度の電流が流れる。
【００６６】
偏向コイル３には、この電流幅に応じた磁場が発生し、これに応じて電子ビーム１１が偏向（走査）される。このときの電子ビーム１１の偏向幅は、当該電流幅に対応した幅となり、これに応じた倍率の走査像が取得される。
【００６７】
このとき、スイッチＲＹ２．１が閉じているので、誤差アンプ２３は、５０Ωの電流検出抵抗（Ｒ１０＋Ｒ２０）両端間の電圧を検出し、当該電圧をオペアンプ２１にフィードバックする。
【００６８】
さらに、次の倍率範囲であるＭａｇ３において像を取得する際には、制御手段は、第１の切替手段２８においてスイッチＲＹ３．１のみを閉じるとともに、第２の切替手段２９においてスイッチＲＹ３．２のみを閉じるように制御を行う。
【００６９】
この状態では、演算増幅器２６のパワーアンプ２２から偏向コイル３に供給されるＳＣＡＮ電流は、電流検出抵抗５００Ωとなる抵抗Ｒ１０，Ｒ２０及びＲ３０の直列合成抵抗を経由して、接地配線に流れる。このとき、上記のごとくＳＣＡＮ信号は正負最大振幅±５Ｖ程度なので、偏向コイル３には、正負方向の最大電流として±０．０１Ａ程度の電流が流れる。
【００７０】
偏向コイル３には、この電流幅に応じた磁場が発生し、これに応じて電子ビーム１１が偏向（走査）される。このときの電子ビーム１１の偏向幅は、当該電流幅に対応した幅となり、これに応じた倍率の走査像が取得される。
【００７１】
このとき、スイッチＲＹ３．１が閉じているので、誤差アンプ２３は、５００Ωの電流検出抵抗（Ｒ１０＋Ｒ２０＋Ｒ３０）両端間の電圧を検出し、当該電圧をオペアンプ２１にフィードバックする。
【００７２】
そして、次の倍率範囲であるＭａｇ４において像を取得する際には、制御手段は、第１の切替手段２８においてスイッチＲＹ４．１のみを閉じるとともに、第２の切替手段２９において全てのスイッチＲＹ１．２～ＲＹ３．２を開くように制御を行う。
【００７３】
この状態では、演算増幅器２６のパワーアンプ２２から偏向コイル３に供給されるＳＣＡＮ電流は、電流検出抵抗５ｋΩとなる抵抗Ｒ１０，Ｒ２０，Ｒ３０及びＲ４０の直列合成抵抗を経由して、接地配線に流れる。このとき、上記のごとくＳＣＡＮ信号は正負最大振幅±５Ｖ程度なので、偏向コイル３には、正負方向の最大電流として±１ｍＡ程度の電流が流れる。
【００７４】
偏向コイル３には、この電流幅に応じた磁場が発生し、これに応じて電子ビーム１１が偏向（走査）される。このときの電子ビーム１１の偏向幅は、当該電流幅に対応した幅となり、これに応じた倍率の走査像が取得される。
【００７５】
このとき、スイッチＲＹ４．１が閉じているので、誤差アンプ２３は、５ｋΩの電流検出抵抗（Ｒ１０＋Ｒ２０＋Ｒ３０＋Ｒ４０）両端間の電圧を検出し、当該電圧をオペアンプ２１にフィードバックする。
【００７６】

以上が、粗倍率に基づく切替制御である。さらに細かい倍率設定を行う際には、上記のごとく粗倍率の設定を行うとともに、制御手段の制御に基づきスキャンジェネレータ９からオペアンプ２１に供給されるＳＣＡＮ信号における最大振幅の絶対値を適宜下げることにより調整される。

【００７７】

上記の構成において、誤差アンプ２３の入力インピーダンスは無限大と言えるほど大きいため、第１の切替手段２８の各スイッチＲＹ１．１，ＲＹ２．１，ＲＹ３．１，ＲＹ４．１のうちの何れかをＯＮ（閉）しても、ＯＮとされたスイッチを介して接地配線側に電流は殆ど流れることなく、突入電流等によるリレー接点の溶着の発生等を心配する必要がない。

【００７８】

従って、第１の切替手段２８としては、接点の接触抵抗が安定しているシグナルリレーを用いることができる。

【００７９】

また、第２の切替手段２９の各スイッチＲＹ１．２，ＲＹ２．２，ＲＹ３．２は、ＯＮしたときに突入電流等の大電流が流れる。

【００８０】

従って、第２の切替手段２９としては、突入電流等が流れても接点の溶着が発生しないようにするため、接点容量が十分大きなリレーを用いる必要があるので、パワーリレーを用いる。

【００８１】

ここで、第２の切替手段２９としてパワーリレーを用いた場合、その接点の接触抵抗が上昇することも考えられる。

【００８２】

先に述べたとおり、図１の従来例では、オペアンプ５１にフィードバックされる電圧が「（リレーの接触抵抗＋電流検出抵抗）」で検出された電圧値であったため、リレー接点の接触抵抗の変動分がＳＣＡＮ電流の変動を生じさせる。

【００８３】

その点、本実施例では、誤差アンプ２３は電流検出抵抗の両端に発生する電圧のみを検出するため、オペアンプにフィードバックされる電圧は、パワーリレーの接点の接触抵抗の変動による影響を受けない。

【００８４】

そのため、第２の切替手段２９（パワーリレー：ＲＹ１．２，ＲＹ２．２，ＲＹ３．２）の接点における接触抵抗が上昇あるいは変動しても、フィードバック制御が接触抵抗の上昇あるいは変動による影響を受けずに安定して行われる。

【００８５】

この結果、当該入力端子２３ａ，２３ｂ間の電圧に影響を及ぼすことがなく、オペアンプ２１へのフィードバックが良好に行われることとなる。

【００８６】

なお、上記の実施例においては、走査透過電子顕微鏡に当該偏向装置を適用した例であったが、これに限定されるものではない。この他にも、例えば、走査電子顕微鏡に当該偏向装置を適用することができる。

【００８７】

このように、本発明における一の荷電粒子ビームの偏向装置は、荷電粒子ビーム１１を偏向するための偏向コイル３と、入力端子（＋）に走査信号が入力され、これに応じた駆動電流を偏向コイル３の一端側３ａに供給するための増幅器（演算増幅器）２６と、一方の入力端子２３ａに偏向コイル３の他端側３ｂが接続され、増幅器２６の入力端子（－）に出力信号を帰還する誤差アンプ２３と、誤差アンプ２３の入力端子２３ａと基準電位配線（接地配線）との間に介在し、直列接続された複数の抵抗素子Ｒ１０～Ｒ４０からなる抵抗素子群１００と、抵抗素子群１００の各抵抗素子Ｒ１０～Ｒ４０間の配線及び基準電

位配線における何れか一つの配線を誤差アンプ２３の他方の入力端子２３ｂに選択的に接続可能な第１の切替手段２８と、抵抗素子群の各抵抗素子Ｒ１０～Ｒ４０間の配線における何れか一つの配線を基準電位配線に選択的に接続可能な第２の切替手段２９とを備えている。

【００８８】

ここで、偏向コイル３に対して並列にノイズフィルター２４が接続されている。また、

誤差アンプ２３の他方の入力端子２３ｂと基準電位配線との間には、高抵抗素子２５が配置されている。

【００８９】

次に、図４を参照して、本発明の第２実施例における荷電粒子ビームの偏向装置の構成について説明する。

【００９０】

同図に示すように、当該偏向装置は、荷電粒子ビームを偏向するための偏向コイル３と、入力端子に走査信号が入力され、これに応じた駆動電流を偏向コイル３の一端側３ａに供給するための増幅器２６と、第１及び第２の切替手段３８，３９と、これら第１及び第２の切替手段３８，３９を介して一方の入力端子３３ａに偏向コイル３の他端側３ｂが接続され、他方の入力端子３３ｂに基準電位配線が接続され、増幅器２６の入力端子に出力信号を帰還する誤差アンプ３３と、偏向コイル３の他端側３ｂと基準電位配線との間で、第２の切替手段の各開閉接点ＲＹ１．２～ＲＹ４．２を介して並列接続された複数の抵抗素子Ｒ１１～Ｒ４１（Ｒ１１：５Ω，Ｒ２１：５０Ω，Ｒ３１：５００Ω，Ｒ４１：５ｋΩ）からなる抵抗素子群１０１とを備え、第２の切替手段３９が、その何れか一つの開閉接点を閉じることにより抵抗素子群１０１における何れか一つの抵抗素子を選択し、これにより選択された抵抗素子を介して偏向コイル３の他端側３ｂと基準電位配線とを接続するように動作するとともに、第１の切替手段３８が、第２の切替手段３９において閉じられた当該開閉接点と当該選択された抵抗素子との間の配線を誤差アンプ３３の一方の入力端子３３ａに接続するように動作する。

【００９１】

本実施例が前述した第１の実施例と異なるのは、第１の実施例では、４つの電流検出抵抗を直列接続すると共に、第２の切替手段により各電流検出抵抗を一つずつ短絡するようにして抵抗値を４段階に変化させたのに対し、本実施例では、抵抗値の異なる４つの電流検出抵抗を第２の切替手段により個別に切り替えて偏向コイルに接続するようにした点である。

【００９２】

すなわち、図４の構成において、第２の切替手段の開閉接点ＲＹ１．２～ＲＹ４．２のいずれかを閉じることにより、偏向コイル３は閉じられた接点につながる抵抗に選択的に接続される。同時に、第１の切替手段の開閉接点ＲＹ１．１～ＲＹ４．１も、偏向コイル３に接続された抵抗につながる接点が閉じられる。

【００９３】

例えば、電流検出抵抗Ｒ１１を選択する場合には、第２の切替手段の開閉接点ＲＹ１．２と第１の切替手段の開閉接点ＲＹ１．１が閉じられるため、電流検出抵抗Ｒ１１の両端に発生する電圧が開閉接点ＲＹ１．１を介して誤差アンプ３３に伝えられ、演算増幅器２６により、誤差アンプ３３の出力と入力されたＳＣＡＮ信号に基づくフィードバック制御が行われる。

【００９４】

本実施例においても、誤差アンプの入力インピーダンスは無限大と言えるほど大きいため、第１の切替手段の開閉接点ＲＹ１．１～ＲＹ４．１には殆ど電流が流れず、リレー接点の溶着に注意を払う必要が無く、接点の接触抵抗が安定しているシグナルリレーを用いることができる。

【００９５】

また、第２の切替手段としてパワーリレーなどの接点容量が十分大きく大電流を流すこ

とのできるパワーリレーを用いても、誤差アンプで電流検出抵抗の両端の電圧を検出してフィードバックしているので、パワーリレーの接点の接触抵抗が大きかったり不安定になっても、検出電圧はそれによる影響を受けることがない。そのため、演算増幅器２６により、誤差アンプ３３の出力と入力されたＳＣＡＮ信号に基づくフィードバック制御が良好に行われることになる。

【００９６】

本発明においては、大電流が流れるおそれがある切替手段（第２の切替手段）には、接点容量の十分大きなパワーリレーを用いているので、接点の溶着による動作不具合の発生を確実に防止することができる。

【００９７】

また、駆動電流（ＳＣＡＮ電流）の安定度に影響を及ぼす切替手段（第１の切替手段）には、接点の接触抵抗が安定しているシグナルリレーを用いているので、リレー接点の接触抵抗による回路の安定度の悪化を防止することができる。

【００９８】

さらに、接点容量が大きいとともに接点の接触抵抗も安定しているような特殊なリレーを用いる必要がなく、安価な市販のリレー（パワーリレー，シグナルリレー）を使用することにより本発明は実施可能である。

【００９９】

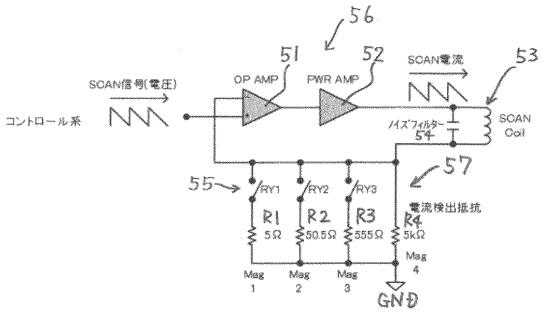
このとき、パワーリレーは接点容量を考慮するのみでよく、シグナルリレーは接点の接触抵抗を考慮するのみでよいので、これらのリレーを選定する際に選択の幅が広がる。

【符号の説明】

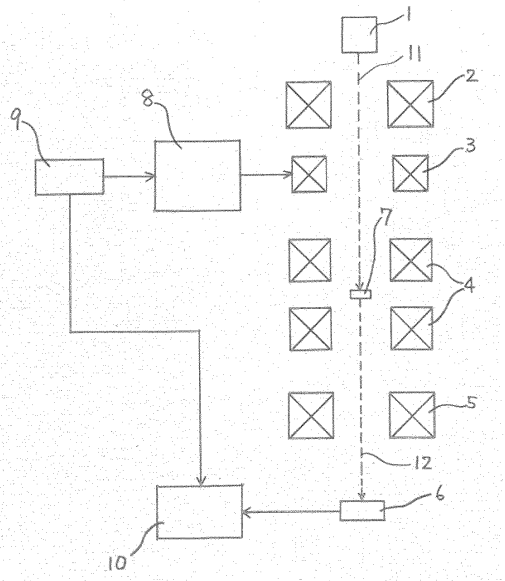
【０１００】

１…電子銃、２…集束レンズ、３…偏向コイル、４…対物レンズ、５…投影レンズ、６…電子検出器、７…試料、８…走査駆動手段、９…スキャンジェネレータ、１０…画像形成回路、２１…オペアンプ、２２…パワーアンプ、２３…誤差アンプ、２４…ノイズフィルター、２５…高抵抗素子、２６…演算増幅器、２７…粗倍率切替回路、２８…第１の切替手段、２９…第２の切替手段、３３…誤差アンプ、３８…第１の切替回路、３９…第２の切替回路、１００…抵抗素子群、１０１…抵抗素子群、Ｒ１０～Ｒ４０…抵抗素子、Ｒ１１～Ｒ４１…抵抗素子、ＧＮＤ…接地配線（基準電位配線）

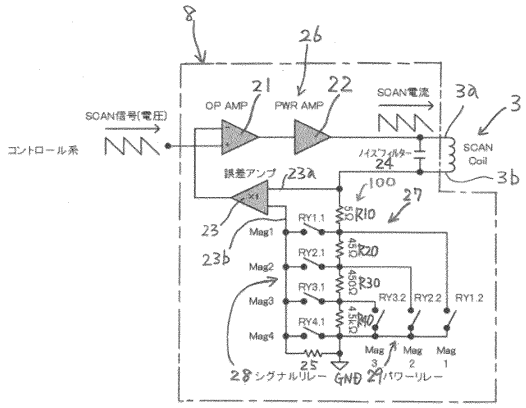
【図１】


56
51
52
53
SCAN信号(電圧)
OP AMP
PWR AMP
SCAN電流
コントロール系
ノイズフィルター
54
SCAN
Coil
55
57
RY1
RY2
RY3
R1
5Ω
R2
50.5Ω
R3
555Ω
R4
5kΩ
電流検出抵抗
Mag
4
Mag
1
Mag
2
Mag
3
GND

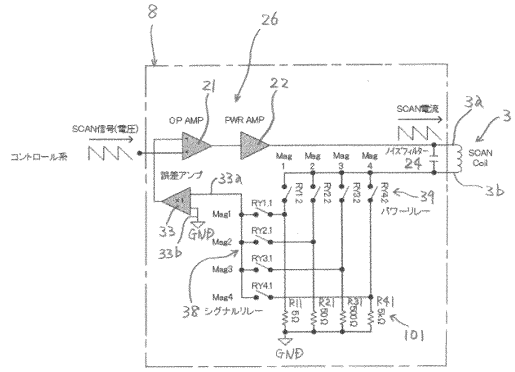
【図２】


1
11
2
3
4
5
6
7
8
9
10
12

【図３】


8
26
21
22
SCAN信号(電圧)
OP AMP
PWR AMP
SCAN電流
3a
3
コントロール系
ノイズフィルター
24
SCAN
Coil
3b
誤差アンプ
23a
100
27
23
23b
RY1.1
R10
Mag1
RY2.1
R20
Mag2
RY3.1
R30
Mag3
RY4.1
R40
Mag4
RY3.2
RY2.2
RY1.2
Mag
3
Mag
2
Mag
1
25
28 シグナルリレー
GND
29 パワーリレー

【図４】


8
26
21
22
SCAN信号(電圧)
OP AMP
PWR AMP
SCAN電流
3a
3
コントロール系
Mag
1
Mag
2
Mag
3
Mag
4
ノイズフィルター
24
SCAN
Coil
3b
誤差アンプ
33a
39
パワーリレー
33
GND
33b
RY1.1
R12
Mag1
RY2.1
R22
Mag2
RY3.1
R32
Mag3
RY4.1
R42
Mag4
38 シグナルリレー
R11
R21
R31
R41
101
GND

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
Ｈ０１Ｊ　３７／１４７
Ｇ２１Ｋ　１／０９３