(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4146103号
(P4146103)

(45)発行日　平成20年9月3日(2008.9.3)　(24)登録日　平成20年6月27日(2008.6.27)

(51)Int.Cl.		F I		
H01J 37/141	(2006.01)	H01J	37/141	Z
G21K 5/04	(2006.01)	G21K	5/04	M
H01J 37/073	(2006.01)	H01J	37/073	
H01J 37/12	(2006.01)	H01J	37/12	
H01J 37/28	(2006.01)	H01J	37/28	B

請求項の数 2　(全 7 頁)

(21)出願番号　特願2001-153692(P2001-153692)
(22)出願日　平成13年5月23日(2001.5.23)
(65)公開番号　特開2002-352759(P2002-352759A)
(43)公開日　平成14年12月6日(2002.12.6)
審査請求日　平成17年6月14日(2005.6.14)

前置審査

(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　箕田　政顕
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　遠藤　直恵

(56)参考文献　特開２０００－１１３８４５（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－０９６９５１（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１３９９７６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２７６８５６（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０９２３６１（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電界放射型電子銃を備えた電子ビーム装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

電界放射エミッタと、エミッタから電子を引き出すための引出電極と、エミッタから放出された電子ビームを加速するためのアノード電極と、アノード電極の上方に主面が位置し、引出電極により引き出された電子ビームを平行ビームまたは平行状態よりも集束性が与えられた実像モードビームとするための磁界型の第１のコンデンサレンズと、アノード電極の下方に設けられた第２のコンデンサレンズと、開き角制御レンズと、試料上に電子ビームを集束するための対物レンズとを有した電子光学系を備えており、第１のコンデンサレンズにより電子ビームを平行ビームまたは当該実像モードビームとするようにされ、当該電子ビームがアノード電極を通過し、第２のコンデンサレンズによりビーム電流量が制御された状態で、開き角制御レンズによる集束作用により試料上での開き角が最適になるように、開き角制御レンズ及び対物レンズにより試料上に集束されることを特徴とする電界放射型電子銃を備えた電子ビーム装置。

【請求項２】

第１のコンデンサレンズにより電子ビームを平行ビームまたは実像モードビームとするモードと実質的に第１のコンデンサレンズの動作を停止させるモードとを切り替え得るようにされていることを特徴とする請求項１記載の電界放射型電子銃を備えた電子ビーム装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】
本発明は、電界放射型電子銃を電子ビーム源とした、走査電子顕微鏡、電子プローブマイクロアナライザー、オージェ分光装置などの電子ビーム装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
走査電子顕微鏡では、試料上に電子ビームを細く集束すると共に、試料上の所定範囲を電子ビームで走査するようにしている。試料に電子ビームを照射することによって２次電子が発生するが、この２次電子を検出し、この検出信号を一次電子ビームの走査と同期した陰極線管に供給し、試料の走査像を表示するようにしている。
【０００３】
また、電子プローブマイクロアナライザーでは、試料に電子ビームを照射し、試料から発生した特性Ｘ線を検出するようにしている。更に、オージェ分光装置では、試料の表面部分からのオージェ電子を検出し、そのエネルギーを測定するようにしている。
【０００４】
このような各種の電子ビーム装置では、最近、照射電流量の可変範囲が広い電子ビーム源として電界放射型電子銃を使用している。走査電子顕微鏡、電子プローブマイクロアナライザー、オージェ分光装置などの電子ビーム装置では、照射電流量の可変範囲が、ピコアンペアオーダーから数百ナノアンペアまで広い範囲の照射電流が必要となる。
【０００５】
ところで、トータルエミッション電流量の少ない電界放射型電子銃で、軸上の電子ビームを効率よく集光するためには、アノード電極絞りより上に第１のコンデンサレンズを設置することが望ましい。また、電界放射型電子銃を搭載した電子ビーム装置において、ナノアンペア以上の大照射電流時の分解能は、電界放射電子源の角電流密度、および第１のコンデンサレンズの球面収差係数に依存して劣化することが知られている。
【０００６】
更に、角電流密度は、電界放射電子源により決まってしまう。このため、大照射電流時の分解能を改善するためには、第１のコンデンサレンズの球面収差係数を改善する必要がある。そのため、従来の２段コンデンサレンズを使用した電子光学系では、第１のコンデンサレンズで照射電流量をコントロールし、第２のコンデンサレンズで最適開き角条件に合わせる制御を行っていた。
【０００７】
【発明が解決しようとする課題】
第１のコンデンサレンズを電界放射エミッタの近傍に設置すると、第１のコンデンサレンズの主面と物点の距離が短すぎるため、第１のコンデンサレンズを実像モードで使用することが難しくなる。このため、従来の第１のコンデンサレンズでは、虚像モードで照射電流を連続的にコントロールしていた。この場合、大照射電流量時の分解能を決める第１のコンデンサレンズの収差係数については考慮することができない。また、エミッタ近傍に第１のコンデンサレンズを設置し、かつ虚像モードで使用した場合、仮に２段コンデンサレンズ系を用いたとしても、照射電流量の可変範囲に制約が生じる。
【０００８】
本発明は、このような点に鑑みてなされたもので、その目的は、どのような照射電流の領域でも無理なく最適に使用できる電界放射型電子銃を備えた電子ビーム装置を実現するにある。
【０００９】
請求項１に基づく発明は、電界放射エミッタと、エミッタから電子を引き出すための引出電極と、エミッタから放出された電子ビームを加速するためのアノード電極と、アノード電極の上方に主面が位置し、引出電極により引き出された電子ビームを平行ビームまたは平行状態よりも集束性が与えられた実像モードビームとするための磁界型の第１のコンデンサレンズと、アノード電極の下方に設けられた第２のコンデンサレンズと、開き角制御レンズと、試料上に電子ビームを集束するための対物レンズとを有した電子光学系を備

えており、第１のコンデンサレンズにより電子ビームを平行ビームまたは当該実像モードビームとするようにされ、当該電子ビームがアノード電極を通過し、第２のコンデンサレンズによりビーム電流量が制御された状態で、開き角制御レンズによる集束作用により試料上での開き角が最適になるように、開き角制御レンズ及び対物レンズにより試料上に集束されることを特徴とする。

【００１０】

請求項１の発明では、第１のコンデンサレンズにより、エミッタからの電子ビームを平行ビームまたは実像モードビームとするので、従来の虚像モードで使用することに比べて分解能を改善することができる。

【００１１】

請求項２の発明では、第１のコンデンサレンズにより電子ビームを平行ビームまたは実像モードビームとするモードと実質的に第１のコンデンサレンズの動作を停止させるモードとを切り替え得るようにしており、微少電流の使用領域から、大照射電流照射領域まで分解能を損なうことなく電流量の可変が可能となる。

【００１４】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。図１、図２は、本発明に基づく電子ビーム装置の電子光学系の一例を示したもので、図１は大電流を試料に照射するモードを、図２は微少電流を試料に照射する際のモードを示している。

【００１５】

この図１，図２において、１は電界放射エミッタであり、２は引出電極である。図示していないがエミッタ１と引出電極２との間には、引出電圧が印加されている。３はアノード電極であり、エミッタ１とアノード電極３との間には、電子ビームの加速電圧が印加されている。

【００１６】

引出電極２とアノード電極３との間には、第１のコンデンサレンズ４が配置され、アノード電極３の下方には、第２のコンデンサレンズ５が配置されている。

【００１７】

第２のコンデンサレンズ５の下方には、対物レンズ絞り６が配置され、その下方には開き角制御レンズ７が配置されている。開き角制御レンズ７の下方には対物レンズ８が設けられており、対物レンズ８によって集束された電子ビームが試料９に照射される。

【００１８】

図示されていないが、走査電子顕微鏡では電子ビームＥＢを試料９上で２次元的に走査するための偏向器が備えられている。また、試料９の近傍には、電子ビームの試料９への照射によって発生した２次電子を検出するための２次電子検出器が配置されている。更に、電子プローブマイクロアナライザーでは、電子ビームの試料への照射によって発生した特性Ｘ線を分光するためのＸ線分光器が取り付けられ、オージェ分析装置では、試料９からのオージェ電子を分光するための電子分光装置が取り付けられる。

【００１９】

さて、図１、図２の電子光学系においては、エミッタ１と引出電極２との間の引出電圧に応じてエミッタ１から電子が放出される。エミッタ１からの電子はアノード電極３によって加速され、第２のコンデンサレンズ５，開き角制御レンズ７，対物レンズ８によって試料９上に細く集束される。

【００２０】

走査電子顕微鏡では、電子ビームＥＢは図示していない偏向器によって偏向され、試料９上の電子ビームは２次元的に走査される。試料９への電子ビームの照射によって発生した例えば２次電子は、２次電子検出器によって検出される。図示していないが、検出器の検出信号は、増幅器によって増幅された後、信号処理回路に供給され、コントラストや輝度調整等の信号処理が施される。信号処理回路からの映像信号は、陰極線管１４に供給される。この結果、陰極線管には試料の２次電子像が得られることになる。

【００２１】
また、電子プローブマイクロアナライザーでは、試料９への電子ビームの照射によって発生した特性Ｘ線が分光結晶に導かれ、特性Ｘ線の波長に応じたスペクトルが得られる。更に、オージェ分光装置にあっては、試料９への電子ビームの照射によって発生したオージェ電子がエネルギーアナライザーに導かれ、オージェ電子のエネルギー分析が行われる。

【００２２】
さて、図１の状態は、試料に大電流の電子ビームを照射するモードにされている。すなわち、数百ナノアンペアオーダーの大照射電流を得るためには、エミッタ１から放出された電子をできる限り集めることが必要であるが、エミッタ１から放出された電子は、はじめにアノード電極３上の絞りでカットされてしまう。

【００２３】
そのため、本発明では、図１（ｂ）に示すように電界放射エミッタ１から発生した電子ビームは、第１のコンデンサレンズ４によって平行ビーム（実線）または平行状態よりも若干集束性が与えられた実像モードビーム（点線）とされる。その結果、アノード電極３により制限される電子線を最小限に抑えることができる。

【００２４】
平行ビームまたは実像モードビームとされた電子ビームは、アノード電極３の開口を通過し、第２のコンデンサレンズ５によって集束される。この第２のコンデンサレンズ５による電子ビームの集束の度合いと対物レンズ絞り６の開口径により、試料９に照射されるビーム電流量が定められる。

【００２５】
対物レンズ絞り６の開口を通過した電子ビームＥＢは、開き角制御レンズ７によって適宜集束され、対物レンズ８によって試料９上に細く集束される。このとき、開き角制御レンズ７で図の実線で示すように比較的強く電子ビームを集束させれば、試料９に照射される電子ビームの開き角は比較的小さくなる。一方、点線で示すように比較的弱く電子ビームを集束させれば、試料９に照射される電子ビームの開き角は比較的大きくなる。

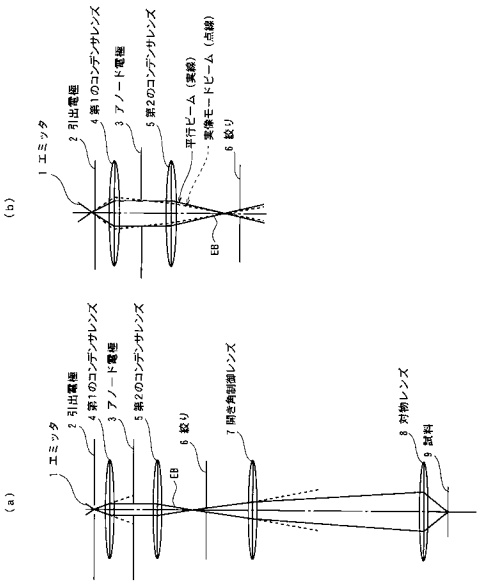
【００２６】
このように、図１に示したモードでは、エミッタ１から放出された電子ビームを第１コンデンサレンズ４で平行ビームまたは実像モードビームとすることにより、大電流が得られると共に、収差係数を低く抑えることができる。なお、第１のコンデンサレンズ４で電子ビームを平行ビームまたは実像モードビームとした場合、電流量の可変は、第２のコンデンサレンズ５の結像位置と対物レンズ絞り６の開口径との関係で決まる。

【００２７】
このため、第１のコンデンサレンズ４で電子ビームを平行ビームまたは実像モードビームにした場合の試料９に照射される電子ビームの電流量の可変範囲は、エミッタ１の角電流密度、エミッタ１と第１のコンデンサレンズ４との間の距離、第２のコンデンサレンズ５と対物レンズ絞り６との間の距離で決まる。なお、エミッタ１と第１のコンデンサレンズ４との間の距離が短い方が、大照射電流量を得やすくなる。また、第２のコンデンサレンズ５と対物レンズ絞り６との間の距離は、できる限り短い方が、外乱などに対して強くなる。

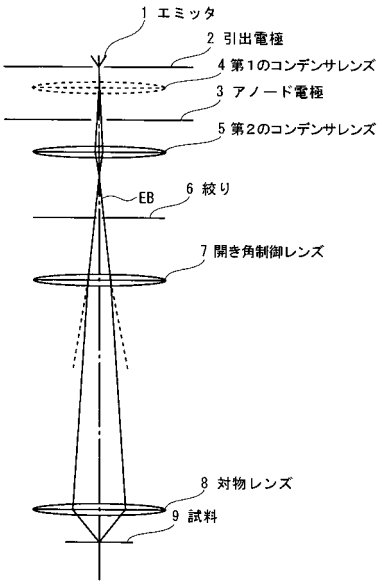
【００２８】
ところで、第２のコンデンサレンズ５と対物レンズ絞り６との間の距離が短いと、第２のコンデンサレンズ５と対物レンズ絞り６との間の距離が短いと、第２のコンデンサレンズを最強励磁にしても、ピコアンペアオーダーの微弱電流を得ることができなくなる。すなわち、第１図に示すように第１のコンデンサレンズ４により平行ビームまたは実像モードビームにされた電子ビームを第２のコンデンサレンズ５だけで照射電流量の制御をしようとすると、第２のコンデンサレンズ５に非常に大きな起磁力が必要となり、現実的でなくなる。また、第２のコンデンサレンズ５と対物絞り６との距離を離すと、鏡筒の高さが高くなり、外乱の影響を受けやすくなってしまう。

【００２９】
しかしながら、微弱電流領域での分解能を決める一番の原因は、対物レンズの収差になるので、第１のコンデンサレンズ４の収差係数が大きくなっても分解能には影響しない。
【００３０】
上記の理由から、本発明では、微弱電流領域では、図２に示すように、第１のコンデンサレンズ４の励磁をオフにして、第２のコンデンサレンズ５のみで照射電流のコントロールを行うようにしている。このような制御により、ピコアンペアオーダーの微弱照射電流領域から、数百ナノアンペア領域の大照射電流領域まで、常に最適な分解能を提供することができる。なお、図２では、第１のコンデンサレンズ４の励磁を完全にオフにしたが、加速電圧に比例した一定の微弱な励磁状態としても良い。
【００３１】
図３，図４は本発明の他の実施の形態を示す図である。この実施の形態では、第１のコンデンサレンズ４をアノード電極３の下方に配置している。図３は大電流照射時の光線図であり、図４は微少電流照射時の光線図である。図１，図２の形態では、第１のコンデンサレンズ４の主面をアノード電極３の上に設けるようにしたが、そのためには、第１のコンデンサレンズの構造、耐熱性等種々の制約が生じるが、図３，図４の構造では、そのような制約が軽減される。
【００３２】
【発明の効果】
以上説明したように、請求項１の発明に基づく電界放射型電子銃を備えた電子ビーム装置では、第１のコンデンサレンズにより、エミッタからの電子ビームを平行ビームまたは実像モードビームとするので、従来の虚像モードで使用することに比べて分解能を改善することができる。
【００３３】
また、請求項２の発明では、第１のコンデンサレンズにより電子ビームを平行ビームまたは実像モードビームとするモードと実質的に第１のコンデンサレンズの動作を停止させるモードとを切り替え得るようにしており、微少電流の使用領域から、大照射電流照射領域まで分解能を損なうことなく電流量の可変が可能となる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明に基づく電子ビーム装置の大電流照射時の光線図を示す図である。
【図２】本発明に基づく電子ビーム装置の微少電流照射時の光線図を示す図である。
【図３】本発明に基づく電子ビーム装置の大電流照射時の光線図を示す図である。
【図４】本発明に基づく電子ビーム装置の微少電流照射時の光線図を示す図である。
【符号の説明】
１　エミッタ
２　引出電極
３　アノード電極
４　第１のコンデンサレンズ
５　第２のコンデンサレンズ
６　対物レンズ絞り
７　開き角制御レンズ
８　対物レンズ
９　試料

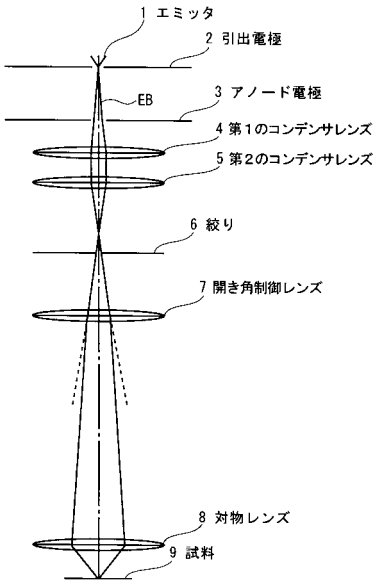
【図１】


(b)
1 エミッタ
2 引出電極
4 第1のコンデンサレンズ
3 アノード電極
5 第2のコンデンサレンズ
平行ビーム（実線）
実像モードビーム（点線）
6 絞り
EB
(a)
1 エミッタ
2 引出電極
4 第1のコンデンサレンズ
3 アノード電極
5 第2のコンデンサレンズ
6 絞り
EB
7 開き角制御レンズ
8 対物レンズ
9 試料

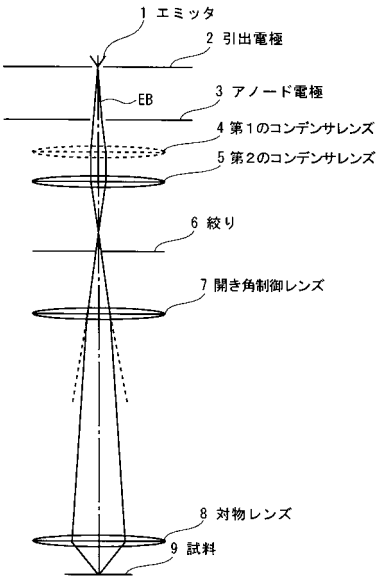
【図２】


1 エミッタ
2 引出電極
4 第1のコンデンサレンズ
3 アノード電極
5 第2のコンデンサレンズ
EB
6 絞り
7 開き角制御レンズ
8 対物レンズ
9 試料

【図３】


1 エミッタ
2 引出電極
EB
3 アノード電極
4 第1のコンデンサレンズ
5 第2のコンデンサレンズ
6 絞り
7 開き角制御レンズ
8 対物レンズ
9 試料

【図４】


1 エミッタ
2 引出電極
EB
3 アノード電極
4 第1のコンデンサレンズ
5 第2のコンデンサレンズ
6 絞り
7 開き角制御レンズ
8 対物レンズ
9 試料

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)

H01J 37/00-37/18,37/21,37/24-37/244,37/252-37/295