

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5241168号
(P5241168)

(45) 発行日 平成25年7月17日 (2013. 7. 17)

(24) 登録日 平成25年4月12日 (2013. 4. 12)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/66 (2006. 01)	HO 1 L 21/66 J
HO 1 J 37/28 (2006. 01)	HO 1 J 37/28 B
HO 1 J 37/20 (2006. 01)	HO 1 J 37/20 H

請求項の数 8 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2007-207342 (P2007-207342)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成19年8月9日 (2007. 8. 9)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2009-43936 (P2009-43936A)		東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号
(43) 公開日	平成21年2月26日 (2009. 2. 26)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成22年2月24日 (2010. 2. 24)		弁理士 井上 学
		(74) 代理人	100098660
			弁理士 戸田 裕二
		(72) 発明者	池上 明
			茨城県ひたちなか市大字市毛8 8 2 番地
			株式会社 日立ハイ
			テクノロジーズ 那珂事業所内
		(72) 発明者	山崎 実
			茨城県ひたちなか市大字市毛8 8 2 番地
			株式会社 日立ハイ
			テクノロジーズ 那珂事業所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子顕微鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料に電位を与えるステージと、電子ビームを試料上で走査する偏向器を有する走査電子顕微鏡において、

試料に与える電位を加速電子ビームよりも大きく設定して入射電子を試料直上で反射させる制御装置と、当該反射電子（ミラー電子）の到達位置、もしくは分布、又は電子顕微鏡内の構造物の画像を形成するための電子を検出する検出器を備え、

前記制御装置は、予め求められた前記到達位置、分布、或いは構造物の画像の特徴量と試料電位との関係に基づいて、前記試料の電位を求め、当該求められた試料電位に基づいて、前記偏向器の偏向量の調整を行うことを特徴とする走査型電子顕微鏡。

10

【請求項 2】

請求項 1 に示す走査型電子顕微鏡において、

半導体ウェハに電圧を印加する場合、測定した電位に基づいて半導体ウェハに印加する電圧を調整することを特徴とする走査型電子顕微鏡。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 において、

前記偏向器と前記電子ビームを集束する対物レンズとの間に前記検出器を配置することを特徴とする走査型電子顕微鏡。

【請求項 4】

請求項 3 において、

20

前記検出器は、複数の検出素子が二次元的に配列されていることを特徴とする走査型電子顕微鏡。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれかにおいて、

前記試料電位を求める際に、前記電子ビームの開き角を変化させることを特徴とする走査型電子顕微鏡。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれかにおいて、

前記試料電位を求める際に、前記試料に印加する電圧に同期して偏向支点を変化させることを特徴とする走査型電子顕微鏡。

10

【請求項 7】

試料に電位を与えるステージを有する走査電子顕微鏡において、

試料に与える電位を加速電子ビームよりも大きく設定して入射電子を試料直上で反射させる制御装置と、当該反射電子（ミラー電子）の到達位置、もしくは分布、又は電子顕微鏡内の構造物の画像を形成するための電子を検出する検出器を備え、

前記制御装置は、観察を開始する前に当該観察領域について、予め求められた前記到達位置、分布、或いは構造物の画像の特徴量と試料電位との関係に基づいて、前記試料の電位を求め、

当該観察領域内に横方向の電位勾配が発生していた場合、予備帯電を行うことを特徴とする走査型電子顕微鏡。

20

【請求項 8】

試料に電位を与えるステージを有する走査電子顕微鏡において、

試料に与える電位を加速電子ビームよりも大きく設定して入射電子を試料直上で反射させる制御装置と、当該反射電子（ミラー電子）の到達位置、もしくは分布、又は電子顕微鏡内の構造物の画像を形成するための電子を検出する検出器を備え、

前記制御装置は、観察を開始する前に当該観察領域について、予め求められた前記到達位置、分布、或いは構造物の画像の特徴量と試料電位との関係に基づいて、前記試料の電位を求め、

当該観察領域内に横方向の電位勾配が発生していた場合、

当該横方向の電位勾配による電子ビームの到達点の変化分を補正するよう観察座標を変更することを特徴とする走査型電子顕微鏡。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の目的は、試料上の帯電によって生ずる荷電粒子線装置のフォーカスずれ、倍率変動、測長値誤差を低減するのに好適な荷電粒子線装置の提供にある。

【背景技術】

【0002】

昨今、特に半導体デバイスの進歩に伴って、半導体の測定・検査技術は益々、その重要性を増している。CD-SEM (Critical Dimension-Scanning Electron Microscope) に代表される走査電子顕微鏡は、電子ビームを試料上に走査し、試料から放出される二次電子等の電子を検出することによって、半導体デバイスに形成されたパターンの測定を行うための装置である。このような装置において、高精度な測定、検査を行うためには、装置の条件を適正に設定する必要があるが、昨今のデバイスの中には、電子ビームの照射、或いは半導体プロセスの影響によって帯電が付着する試料がある。特にレジスト、絶縁膜、Low-k 材等の絶縁試料は、帯電が付着し易い試料として知られている。

40

【0003】

従来から、帯電電位測定方法として次の方法が考えられている。特開平 7 - 288096 号公報には、電子ビームを試料上に集束し、電子ビームを試料上で走査し、ビームの照射に応じて得られた「反射電子」信号を検出器によって検出して、所定時間内における検

50

出信号の変動分を求め、求められた変動分に基づいて試料周辺の圧力、電子ビームの照射量、電子ビームの加速電圧のいずれかを制御する方法が開示されている（従来技術１）。さらには、帯電を検出してそれを基に、フィードバックを掛ける制御方法がUS 6521891に開示されている（従来技術２）。これによれば、試料上に電子ビームを走査し、２次電子及び後方散乱電子を検出して画像を形成する。電子ビームの加速エネルギーを変化させて画像を取得し、その画像の分析結果を用いて、電子ビームの加速エネルギーを変化させて、試料の帯電を補償しようとしている。一方、試料電位を非接触で測定する方法が特開平１－２１４７６９号公報に示されている。先端が尖った金属針、該金属針を通してフィールドエミッション電流またはトンネル電流を検出し、該電流が一定になるように金属針に電圧を印加するフィードバック回路と金属針電圧を読み出す回路を備えている（従来技術３）。

10

【０００４】

【特許文献１】特開平７－２８８０９６号公報

【特許文献２】US 6521891

【特許文献３】特開平１－２１４７６９号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

特許文献１乃至２に記載の技術は、いずれも試料上の帯電量を測定し、その測定に基づいて装置条件を調整する技術に関するものであるが、試料に対する電子ビームの照射に基づいて得られる信号を検出することで、帯電量を測定しているため、電子ビームの照射によって帯電を誘起してしまうことになり、電子ビーム照射前の帯電量を測定することが困難であるという問題がある。

20

【０００６】

一方、特許文献３に記載の技術によれば、電子ビームによる帯電の誘起なしに、試料表面の電位測定が可能であるが、金属針を試料に近づけるために時間がかかるという問題と、金属針を試料に近づけることによる試料電位の変化や、帯電量が大きいときは放電の問題がある。

【０００７】

本発明の目的は、荷電粒子線の照射、或いは半導体プロセスの影響によって付着する試料帯電の電位を試料に電子線を照射せずに測定し、試料帯電によって変化する装置条件（倍率、フォーカス、観察座標）を自動的に補正する装置の提供にある。

30

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記目的を達成するために、本発明は、荷電粒子線を試料に向けて照射している状態において、当該荷電粒子線が試料へ到達しない状態（以下ミラー状態と称することもある）となるように、試料に電圧を印加した状態で得られる信号を用いて試料電位を測定し、試料帯電によって変化する装置条件（倍率、フォーカス、観察座標）を自動的に補正する装置の提供する。

【０００９】

40

具体的な方法について以下に示す。本発明による手段は以下の２つのステップからなりたつ。

１．電位を測定するステップ

試料に一次電子線が入射しないミラー条件下で、光学的なパラメータ（対物レンズに対する物点ZC、対物レンズの励磁電流 I_{obj} 、試料電位 $V_s = V_r + V_b$ 、ブースタ電位 V_b ）を任意の値に設定し、変位量（検出器上のH軌道の到達点）若しくは、倍率（検出器上のG軌道の到達点）を計測して試料電位を算出する。変位量及び倍率の検出方法を下に示す。

【００１０】

ミラー電子の検出器位置での変位量及び倍率を計測する場合、検出器は複数の検出素子

50

が二次元的に拡がったものを用いることが望ましい。これら複数の検出素子の出力信号からミラー電子の到達位置、もしくは分布を求め、基準値からのずれを求めることが可能となる。

【 0 0 1 1 】

また、画像を用いてずれ量を検出するようにすれば、より簡単にずれ量を検出することができる。ミラー電子は、試料直上で反射され、レンズ系の中を通過する際に、ビームの通路や構造物の影響を受ける。画像を取得するためには、入射ビームの位置を走査させてもよい。これによってビーム経路にある構造物の形状が、画像として形成される。画像に移りこんだ構造物の形状の大きさ、エッジのだれを測定することで変位量や倍率を測定できる。

10

【 0 0 1 2 】

このようにして検出した変位量や倍率から試料電位を導出する一例として、図 2 にリターディング電位 V_r と変位量の関係を示す。図中の曲線 A は、帯電電位 $V_s = 0$ V の時に I_{obj} を任意の値 (I_{obj1}) に固定して取得したものである。試料に帯電が発生した場合、試料電位 V_s はリターディング電位 V_r と帯電電位 V_s の和で表すことが出来るため、リターディング電位に対する変位量の曲線は V_s だけシフトする。よって検出器上で変位量が 0 となるリターディング電位 V_r を求めれば、変位量曲線 A を参照して帯電電位 V_s を導出できる。また、2 種類以上のリターディング電位 V_r での変位量を測定し曲線 A のシフト量を見積もることで帯電電位 V_s を見積もれる。

20

【 0 0 1 3 】

ここで、 I_{obj} の設定値を低く (高く) にすれば、フォーカスを結ぶ試料電位は高く (低く) なり、照射電子が反射される位置 Z_m (ミラー面) は低く (高く) なる。よって電位測定の間解能をあげたい場合は、 I_{obj} の設定値を低くして、ミラー面を試料に近づけた状態でフォーカスを結ぶようにすれば良い。

【 0 0 1 4 】

更に I_{obj} の設定値を変化させながら電位を測定すれば、光軸上の電位分布 $V_{axis}(Z)$ を測定することも可能である。

2. 装置条件 (フォーカス, 倍率, 観察座標) を自動的に補正するステップ

ウェハが帯電していない場合、フォーカスに必要な対物レンズの励磁電流は一般的に式 (1) に示すような関数であらわされる。

30

【 0 0 1 5 】

$$I_{obj} = F(V_o, V_r, Z) \quad (1)$$

ここで、 I_{obj} はウェハが帯電していない時の対物レンズの励磁電流、 F は対物レンズの励磁電流を計算する関数、 V_r はウェハに印加されるリターディング電位、 Z はウェハの高さである。関数 F は光学シミュレーションあるいは実測により導出できる。通常帯電していないウェハの電位は、ウェハに印加されたりターディング電位と同電位で、式 (1) を満たすため、所定のフォーカス制御が可能である。ところがウェハ自身が帯電している場合に必要な対物レンズの励磁電流は式 (2) に示すようになるため帯電している場合と帯電していない場合ではフォーカス電流が異なる。

【 0 0 1 6 】

40

$$I_{obj} = F(V_o, V_s, Z) \quad (2)$$

V_s は試料電位でウェハに印加されるリターディング電位 V_r と帯電電位 V_s の和で表せる。

【 0 0 1 7 】

そのため、いくら高さを正確に検出しても、フォーカスが合わないために二次荷電粒子像がぼやけてしまう。

【 0 0 1 8 】

そこで、1. で示した方法により試料電位 $V_s (= V_r + V_s)$ を測定し、式 (2) で求められる励磁電流 I_{obj} を用いて観察すれば帯電した場合においてもフォーカス制御が可能となる。

50

【 0 0 1 9 】

上述の例は、電位測定の結果を励磁電流にフィードバックする方法についてだが、電位測定によって得られた試料電位 V_s をリターディング電位 V_r にフィードバックして、フォーカス制御することも出来る。

【 0 0 2 0 】

また、他にも対物レンズ内に正電位を印加した筒状電極を配置するいわゆるブースティング法を用いたSEMの場合、印加される正電位 V_b を調整することでフォーカス制御が出来る。更に他にも電子線のフォーカスを調整する技術全般が適用できる。

【 0 0 2 1 】

本発明をSEMの倍率制御に応用した場合の説明を示す。

10

【 0 0 2 2 】

試料帯電によって電位が変動した場合、走査電子顕微鏡の倍率が変動する。クロスオーバー面の一点から放射状に出射された一次電子ビームは試料面の一点に集中する時、仮想的な一次ビームの出射点が1単位距離だけ離れるようにすると、試料面上では M_{obj} 単位距離だけ離れる。走査偏向器の換算係数及びコイル電流をそれぞれ K 及び I_{SCAN} とすると試料上の2点間距離 a は次式で計算出来る。

【 0 0 2 3 】

$$A = K \cdot M_{obj} \cdot I_{SCAN} \quad (3)$$

また、 M_{obj} は下式で表せる。

【 0 0 2 4 】

$$M_{obj} = M(V_o, V_r, Z, S_{charge}, V_s) \quad (4)$$

ここで、 S_{charge} は帯電している領域の面積である。

20

【 0 0 2 5 】

倍率変動に対しても関数 M_{obj} を光学シミュレーションあるいは実験から導出しておけば、式(3)より A を一定とする偏向コイルの入力電流 I_{SCAN} を求めることが出来る。

【 0 0 2 6 】

第3の応用例として、予備帯電を利用した観察時に発生する、像ドリフト制御や倍率制御が挙げられる。

【 0 0 2 7 】

アスペクト比が高いコンタクトホール観察時に、コンタクトホールの穴底が見えなくなる現象が発生する。そこで、電子線を低倍率で予め照射することによって、試料表面に正帯電を作り出し、コンタクトホールの穴底と試料表面の間に形成される引き上げ電界によって、コンタクトホールの穴底から出た二次電子を引き上げ、穴底観察を行う技術が特開平5-151927に示されている。しかし、予備帯電時に出来た電位勾配によって、倍率変動や像ドリフト等の問題が発生する。図9に像ドリフト発生メカニズムの説明図を示す。

30

【 0 0 2 8 】

予備帯電によって形成された帯電領域(一般的な大きさとして、一辺が数十 μm ~ 数百 μm) を図中 A に示す。この領域に様に正の電荷が蓄積されると図9の下図に示すような中心部が最も高い電位分布を形成する。このような電位分布が形成された後に観察(観察領域の広さが一辺数百 nm ~ 数 μm) すると、一次電子ビームが予備帯電による電位勾配から力を受け偏向されてしまう。その結果として、本来観察したい領域と異なる領域を観察することになる。

40

【 0 0 2 9 】

本発明による技術を用いれば、一次電子ビームを試料に照射することなく帯電電位の分布を高い空間分解能で測定することが出来る。よって、本発明は、観察前に観察領域の電位勾配を測定することに応用できる。電位勾配の測定結果を基に観察座標を補正すれば、所望の観察領域を観察できる。また、図10に示すように観察領域の電位勾配をなくすように再び予備照射を行うことで、帯電による像ドリフトの影響を抑制し高いアスペクト比のコンタクトホールの穴底を観察できるようになる。本方法はコンタクトホールの穴底観

50

察時のみならず、予備帯電を行った後観察する技術全般に有効である。

【発明の効果】

【0030】

以上のような構成によれば、試料に荷電粒子線を入射しない状態にて得られる情報から、試料電位を検出し光学条件の制御を行うため、電子線照射による帯電の影響を抑制した試料観察を行うことが出来る。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

本発明を実施する際に好適な検出器の位置について示す。

【0032】

本発明による電位測定の間分解能を上げるためには次の2つの条件を満たす必要がある。

- ・一次電子線の反射面であるミラー面を試料に近づける。
- ・ミラー面上での一次電子の拡がりを小さくする。

【0033】

図3に本発明を利用し電位測定を行う際に最も高い間分解能を期待できる光学条件（光学条件A）についての説明図を示す。図中Zcは対物レンズの物点であり、検出器をZcの位置に配置する（図3）。図3に示すような配置にすれば、検出器上でフォーカスを合わせた時ミラー面でもフォーカスされる。このため、検出器上で焦点ズレを最小とする条件から試料電位を算出する場合、図3に示す配置を用いれば、電位測定の間分解能を向上できる。

【0034】

この時、試料電位の変化によって検出器に投影される変位量は、物点の開き角に比例（収差による焦点ズレを無視できる条件下の場合）する。よって、物点の開き角を大きく取れば試料電位変化の検出感度が上昇する。しかし、図3に示すような光学条件ではミラー面上で横方向の速度を持ってしまう。このため、開き角が大きい一次ビームほどミラー面のよりも上の位置（図4の図中A）で反射され、検出面で焦点がズレてしまう。このため、開き角を大きく取って、試料電位の測定感度を向上させても、上述した開き角に依存する焦点ズレが発生するため、開き角を大きくとることが出来ない。

【0035】

上述の問題を解決するために、図5に示すような光学条件（光学条件B）を用いればよい。図中Zcはクロスオーバー面であり、検出器をZcの位置に配置する。次に、ミラー面上での一次電子ビームの傾きが光軸と並行になるように対物レンズの励磁量を調整する。本条件で電子ビームを照射すれば、物点上でいかなる角度を持った一次電子ビームも、ミラー面に対し垂直に入射し、同じポテンシャルの電位面で反射され、検出器上で同位置に収束される。このため、測定に使用する一次電子ビームの開き角を増加できるので、電位測定の間分解能を向上できる。しかしながら、ミラー面で一次電子ビームが空間的に広がってしまうため、間分解能は落ちる。よって、電位測定の間分解能が重要な場合は光学条件Aで電位測定し、電位の測定精度が重要な場合は光学条件Bで電位測定を行えばよい。更に、ミラー電子を用いた電位測定に最適な光学条件（具体的には、クロスオーバー位置Zc、ブースタ電圧Vb、リターディング電圧Vr、クロスオーバー面の開き角 θ_c 、変更支点Zp）と観察時に最適な光学条件は一致しないため、電位測定時と観察時に用いる光学条件を切り替えて行うことが望ましい。

【0036】

本発明による電位測定を行う際、検出器を偏向器の上に配置すると、ミラー電子は偏向器の影響により検出器上を走査される。よって本発明による電位測定を行う際には検出器を偏向器と対物レンズの間に配置することが望ましい。

【0037】

以下に図面を用いて、本発明の好適な実施例について説明する。

【0038】

図 1 は、走査電子顕微鏡の概略を説明する図である。なお、以下の説明では電子ビームを試料上にて走査する走査電子顕微鏡 (Scanning Electron Microscope: SEM) を例にとって説明するが、これに限られることはなく、例えば FIB (Focused Ion beam) 装置 (集束イオンビーム装置) 等の他の荷電粒子線装置にも適用することも可能である。但し、ビームの電荷の極性によって、試料に印加する電圧の極性を変化させる必要がある。また、図 1 は走査電子顕微鏡の一例を説明しているに過ぎず、図 1 とは異なる構成からなる走査電子顕微鏡においても、発明の趣旨を変えない範囲において、本発明の適用が可能である。

【0039】

図 1 に説明する走査電子顕微鏡では、電界放出陰極 11 と、引出電極 12 との間に引出電圧が印加され、一次電子ビームが引き出される。

【0040】

このようにして引き出された一次電子ビーム 1 は、加速電極 13 によって加速され、コンデンサレンズ 14 による集束と、上走査偏向器 21、及び下走査偏向器 22 による走査偏向を受ける。走査偏向器 21、及び下走査偏向器 22 の偏向強度は、対物レンズ 17 のレンズ中心を支点として試料 23 上を二次元走査するように調整されている。

【0041】

偏向を受けた一次電子ビーム 1 は、対物レンズ 17 の通路に設けられた加速円筒 18 でさらに後段加速電圧 19 の加速を受ける。後段加速された一次電子ビーム 1 は、対物レンズ 17 のレンズ作用で絞られる。筒状電極 20 は、接地されており、加速円筒 18 との間に、一次電子ビーム 1 を加速させる電界を形成する。

【0042】

試料から放出された二次電子や後方散乱電子等の電子は、試料に印加される負電圧 (以下リターディング電圧と称することもある) と、加速円筒 18 との間に形成される電界によって、一次電子ビーム 1 の照射方向とは逆の方向に加速され、検出器 29 によって検出される。

【0043】

検出器 29 にて検出された電子は、走査偏向器に供給される走査信号と同期して図示しない画像表示装置上に表示される。また、得られた画像は図示しないフレームメモリに記憶される。なお、図 1 に示す走査電子顕微鏡の各構成要素に供給、印加する電流或いは電圧は、走査電子顕微鏡本体とは別に設けた制御装置を用いて、制御するようにしても良い。

【実施例 1】

【0044】

以下に、電子ビームを用いて、試料の電位を測定する方法、について説明する。

【0045】

本実施例のフローチャートを図 6 に示す。また、帯電制御装置の概要を図 8 に示す。

【0046】

ステップ s1 で参照関数記録部 102 に今回補正する取得条件の参照関数 FR を保存しているか否かの判別を行う。記録部 102 に今回の補正に必要な参照データが無い場合、ループ 1 のステップ s100 で取得条件記録部 103 に保存されている条件を設定して参照試料若しくは未帯電試料を Mirror 状態にし、ステップ s120 で Vr に対する変位量あるいは倍率を特徴量演算装置 101 で検出する。得られた変位量あるいは倍率を用いてステップ s130 にて関数フィッティングして得られる参照関数 FR を取得、ステップ s140 にて参照関数記録部 102 に保存する。ループ 1 で参照関数 FR を取得した場合あるいはステップ s1 で既に参照関数 FR 数がある場合、試料帯電後にループ 2 のステップ s100 で取得条件記録部 103 から取得条件を読み出し Mirror 状態に設定する。ステップ s110 で特徴量演算装置 101 を用いて変位量あるいは倍率を Vr に対して複数個検出する。ステップ s130 で電位演算装置 104 で得られた特徴量と参照件数 FM から試料電位 Vs を導出する。ステップ s150 でフォーカス電流制御装置 105 を用いて得られた

10

20

30

40

50

試料電位を基に、励磁電流 I_{obj} の補正值を算出し、対物レンズの励磁量を調整する。本実施例によれば、帯電した試料の電位を非接触電子線で測定し励磁電流を補正してフォーカス制御を行うことができる。これによって、絶縁物試料観察時のフォーカス制御を短時間かつ試料状態の変化なしに行うことができる。

【0047】

本実施例はリターディング電位 V_r と変位置量或いは倍率の係数を用いて試料電位を導出し、励磁電流 I_{obj} を調整することでフォーカス制御を行うものであるが、ここで示した光学パラメータ（リターディング電位 V_r 及び励磁電流 I_{obj} ）をその他の光学パラメータに置き換えても同様の効果を望むことができる。

【実施例2】

【0048】

第二の実施例のフローチャートを図7に示す。また、帯電制御装置の概要を図8に示す。

【0049】

ステップ s_1 で参照関数記録部 102 に今回補正する取得条件の参照関数 F_R を保存しているか否かの判別を行う。記録部 102 に今回の補正に必要な参照データが無い場合、ループ1のステップ s_{100} で取得条件記録部 103 に保存されている条件を設定して参照試料若しくは未帯電試料をMirror状態にし、ステップ s_{120} で V_r に対する変位置量或いは倍率を特徴量演算装置 101 で検出する。得られた変位置量或いは倍率を用いてステップ s_{130} にて関数フィッティングして得られる参照関数 F_R を取得、ステップ s_{140} にて参照関数記録部 102 に保存する。ループ1で参照関数 F_R を取得した場合あるいはステップ s_1 で既に参照関数 F_R がある場合、試料帯電後にループ2のステップ s_{100} で取得条件記録部 103 から取得条件を読み出しMirror状態に設定する。ステップ s_{110} で特徴量演算装置 101 を用いて変位置量或いは倍率を V_r に対して複数個検出する。ステップ s_{130} で電位演算装置 104 で得られた特徴量と参照関数 F_R から試料電位 V_s を導出する。ステップ s_{160} で偏向電流制御装置 105 を用いて得られた試料電位を基に、偏向電流 I_{SCAN} の補正值を算出し、偏向量の調整を行う。本実施例によれば、帯電した試料の電位を非接触電子線で測定し励磁電流を補正して倍率制御を行うことができる。

【0050】

本実施例はリターディング電位 V_r と変位置量或いは倍率の係数を用いて試料電位を導出し、偏向電流 I_{SCAN} を調整することで倍率制御を行うものであるが、ここで示した光学パラメータ（リターディング電位 V_r ）をその他の光学パラメータに置き換えても同様の効果を望むことができる。

【0051】

また、得られた画像の倍率にフィードバックしても良い。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】走査電子顕微鏡の概略を説明する図。

【図2】変位置量から試料電位を導出する方法の説明図。

【図3】高い空間分解能で電位測定するのに好適な光学条件の説明図。

【図4】開き角を増加時に発生するフォーカスずれの説明図。

【図5】高精度な電位測定を行うのに好適な光学条件の説明図。

【図6】本発明による第一の実施例のフローチャート（フォーカス制御）。

【図7】本発明による第二の実施例のフローチャート（倍率制御）。

【図8】本発明による第三の実施例のフローチャート（開き角制御）。

【図9】本発明による第四の実施例のフローチャート（偏向支点制御）。

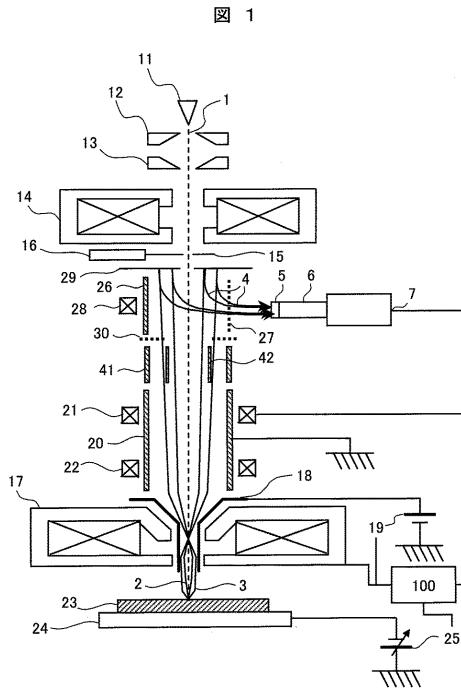
【図10】予備照射を行うことによって、観察領域の電位勾配を抑制する例を説明する図。

【符号の説明】

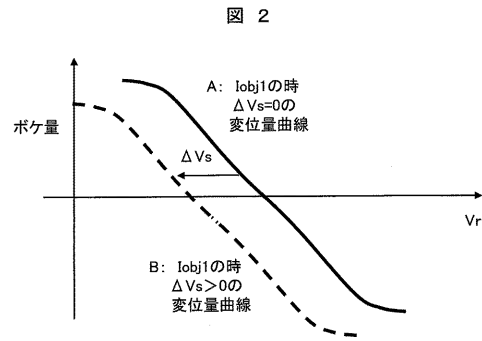
【 0 0 5 3 】

1	一次電子ビーム	
2	等電位面（ミラー面）	
3	ミラー電子	
1 1	電界放出陰極	
1 2	引出電極	
1 3	加速電極	
1 4	コンデンサレンズ	
1 5	絞り	
1 7	対物レンズ	10
1 8	加速円筒	
2 0	筒状円筒	
2 1	上走査偏向器	
2 2	下走査偏向器	
2 3	試料	
2 4	ホルダー	
2 9	検出器	
2 9 b	複数の検出器	
4 0	演算器	
4 1	分析器	20
4 2	対物レンズ制御系	
4 3	ステージ電圧制御系	
4 4	加速電圧制御系	
4 5	第 2 の演算器	
5 0	参照画像	
5 0 a	ビーム通過口の画像	
5 0 b	構造物（メッシュ）の画像	
5 1	電位測定時の画像	
5 1 a	ビーム通過口の画像	
5 1 b	構造物（メッシュ）の画像	30
5 2 a , 5 2 b , 5 2 c	参照画像のビーム通過口の位置	
5 3	電位測定時のビーム通過口位置	
5 4	画像	
5 5	抽出箇所	
5 8	相関曲線	

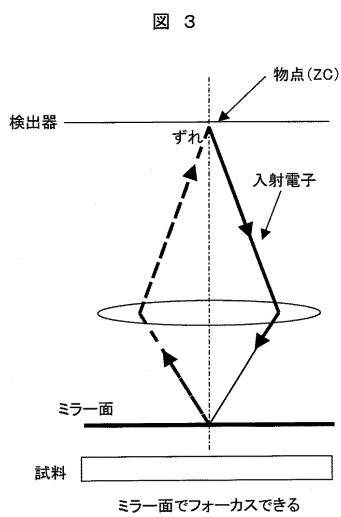
【図 1】



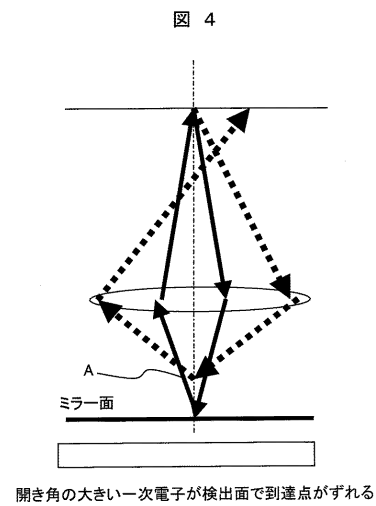
【図 2】



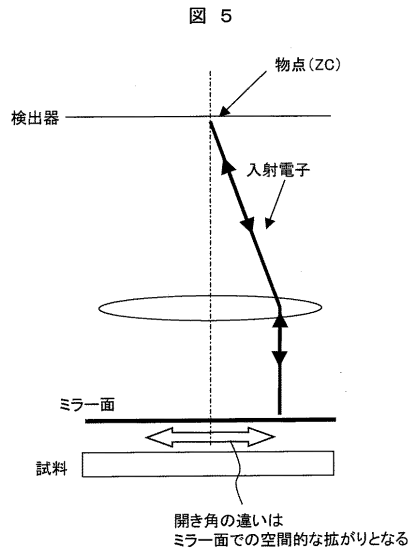
【図 3】



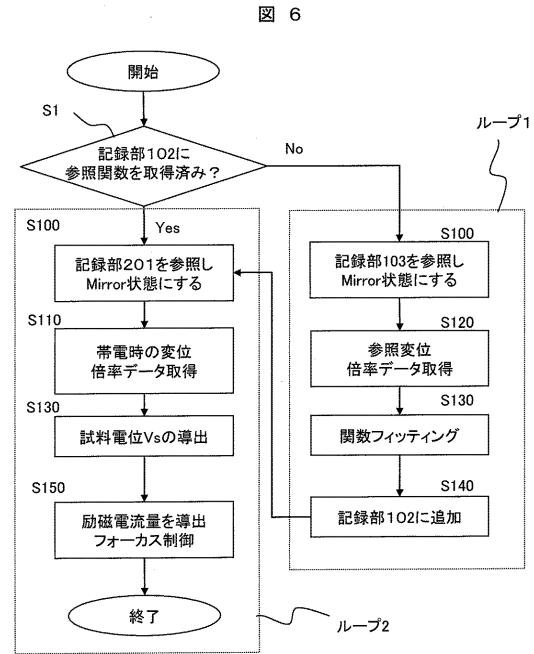
【図 4】



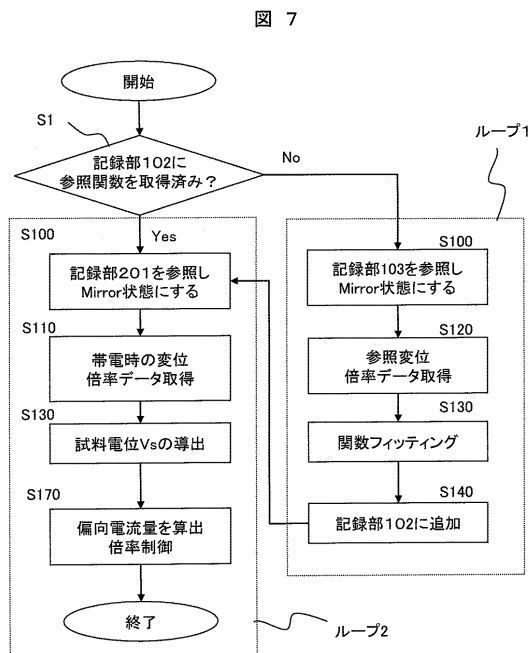
【図 5】



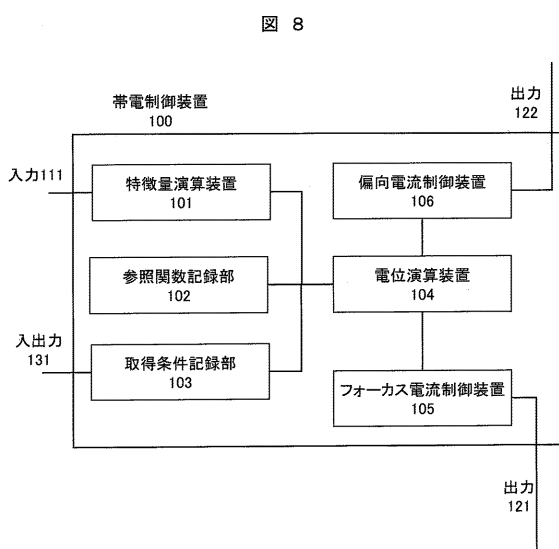
【図 6】



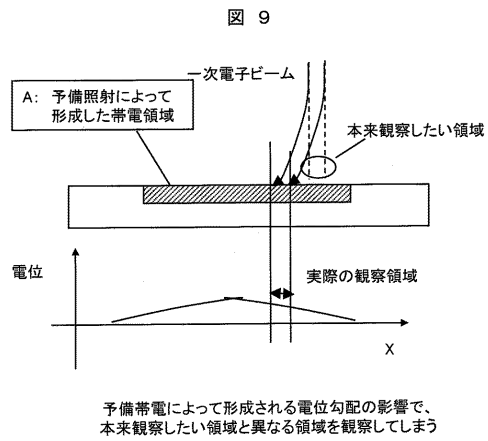
【図 7】



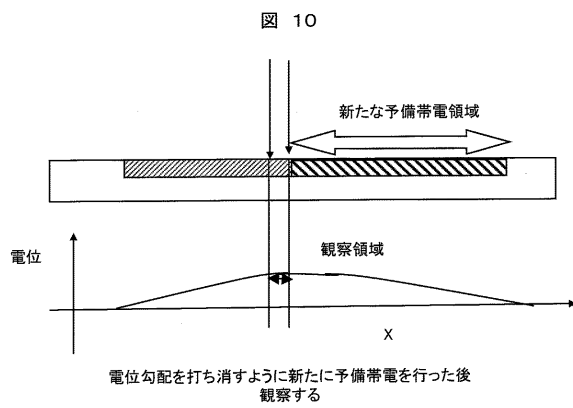
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (72)発明者 数見 秀之
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
ズ 那珂事業所内 株式会社 日立ハイテクノロジー
- (72)発明者 竹内 恒一郎
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
ズ 那珂事業所内 株式会社 日立ハイテクノロジー
- (72)発明者 村越 久弥
茨城県ひたちなか市大字市毛 8 8 2 番地
ズ 那珂事業所内 株式会社 日立ハイテクノロジー

審査官 正山 旭

- (56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 1 7 9 2 5 5 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 3 5 1 3 0 3 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 0 1 9 3 0 1 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 1 1 4 4 2 6 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 2 5 2 7 1 (J P , A)
特開 2 0 0 7 - 1 9 4 1 2 6 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 3 4 4 4 3 6 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 5 1 4 8 4 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 5 3 0 8 5 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 8 8 0 9 6 (J P , A)
米国特許第 0 6 5 2 1 8 9 1 (U S , B 1)
特開平 0 1 - 2 1 4 7 6 9 (J P , A)
特開平 0 5 - 1 5 1 9 2 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 6 6
H 0 1 J 3 7 / 2 0
H 0 1 J 3 7 / 2 8