

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-4367

(P2008-4367A)

(43) 公開日 平成20年1月10日(2008.1.10)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 J 37/28 (2006.01)	H O 1 J 37/28 B	2 G O O 1
H O 1 J 37/20 (2006.01)	H O 1 J 37/20 H	4 M 1 O 6
H O 1 L 21/66 (2006.01)	H O 1 L 21/66 J	5 C O O 1
G O 1 N 23/225 (2006.01)	G O 1 N 23/225	5 C O 3 3

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2006-172386 (P2006-172386)	(71) 出願人	390005175
(22) 出願日	平成18年6月22日 (2006. 6. 22)		株式会社アドバンテスト
			東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号
		(74) 代理人	100091672
			弁理士 岡本 啓三
		(72) 発明者	栗原 正行
			東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号 株式
			会社アドバンテスト内
		F ターム (参考)	2G001 AA03 BA07 CA03 GA05 GA06
			HA09 HA13 JA02 JA09 JA13
			KA03 LA11 MA05 PA14
			4M106 AA01 BA02 BA14 CA39 DB05
			DB18
			5C001 CC04
			5C033 UU08

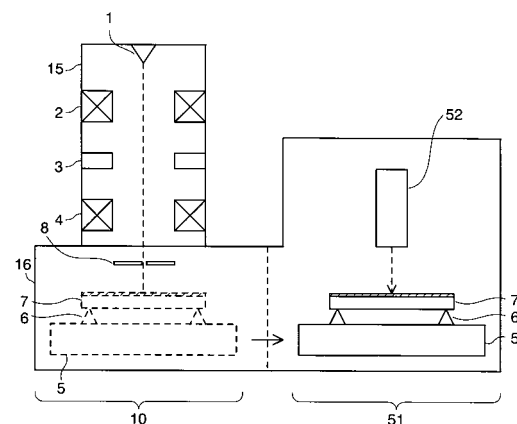
(54) 【発明の名称】 電子ビーム寸法測定装置及び電子ビーム寸法測定方法

(57) 【要約】

【課題】 試料表面の電位を一定にして精度よく試料を測定することのできる電子ビーム寸法測定装置及び電子ビーム寸法測定方法を提供すること。

【解決手段】 電子ビーム寸法測定装置は、電子ビームを試料の表面に照射する電子ビーム照射手段と、試料から放出される電子を検出する検出手段と、試料と検出手段の二次電子制御電極との間の距離を測定する距離測定手段と、試料を載置するステージと、距離測定手段に測定させた距離が予め定めた一定の距離になるようにステージの高さを調整し、該距離のときに試料の表面の電位が一定になるように予め求めた制御電圧を検出手段の二次電子制御電極に印加し、所定の加速電圧を印加して電子ビームを照射させる制御手段とを有する。前記ステージは、試料を電気的に接続しない保持手段と、試料を上下方向に移動させる移動手段とを有するようにしても良い。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子ビームを試料の表面に照射する電子ビーム照射手段と、
前記試料から放出される電子を検出する検出手段と、
前記試料と前記検出手段の二次電子制御電極との間の距離を測定する距離測定手段と、
前記試料を載置するステージと、
前記距離測定手段に測定させた前記距離が予め定めた一定の距離になるように前記ステージの高さを調整し、該距離のときに前記試料の表面の電位が一定になるように予め求めた制御電圧を前記検出手段の二次電子制御電極に印加し、所定の加速電圧を印加して前記電子ビームを照射させる制御手段と
を有することを特徴とする電子ビーム寸法測定装置。

10

【請求項 2】

前記制御電圧は、前記試料と材質が同一の校正試料の表面が帯電していない状態で寸法測定した値を第 1 の測定値とし、前記校正試料の表面が帯電した状態で前記電子ビームの照射と寸法測定を交互に行い、測定値に変化がなくなったときの値を第 2 の測定値としたときに、前記第 1 の測定値と第 2 の測定値とが等しいときの電圧であることを特徴とする請求項 1 に記載の電子ビーム寸法測定装置。

【請求項 3】

前記ステージは、前記試料を電氣的に接続しない保持手段と、前記試料を上下方向に移動させる移動手段とを有することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の電子ビーム寸法測定装置。

20

【請求項 4】

前記制御手段は、前記電子ビーム照射手段に、前記電子ビームを試料の表面全体に照射させることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の電子ビーム寸法測定装置。

【請求項 5】

前記制御手段は、前記電子ビーム照射手段に、前記電子ビームを前記試料上の導体が露出している範囲に照射させることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の電子ビーム寸法測定装置。

【請求項 6】

前記制御手段は、前記電子ビーム照射手段に前記電子ビームの照射電子量を、寸法測定を行うときの照射電子量よりも大きくさせることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の電子ビーム寸法測定装置。

30

【請求項 7】

前記制御手段は、前記試料の表面の電位を一定にした後、前記試料の寸法測定を行うことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の電子ビーム寸法測定装置。

【請求項 8】

試料と二次電子制御電極との間を予め定めた一定の距離とし、前記試料に照射する電子ビームの加速電圧を所定の値にしたときに、前記試料の帯電電位を一定にするための二次電子制御電極に印加する制御電圧を求めるステップと、

40

前記試料と二次電子制御電極との間を前記所定の距離に調整するステップと、

前記制御電圧を前記二次電子制御電極に印加して試料上に前記加速電圧の電子ビームを照射するステップと、

前記電子ビームを照射した後、前記試料の寸法測定を行うステップと
を含むことを特徴とする電子ビーム寸法測定方法。

【請求項 9】

前記制御電圧は、前記試料と材質が同一の校正試料の表面が帯電していない状態で寸法測定した値を第 1 の測定値とし、前記校正試料の表面が帯電した状態で前記電子ビームの照射と寸法測定を交互に行い、測定値に変化がなくなったときの値を第 2 の測定値としたときに、前記第 1 の測定値と第 2 の測定値とが等しいときの電圧であることを特徴とする

50

請求項 8 に記載の電子ビーム寸法測定方法。

【請求項 10】

前記電子ビームは、前記試料の表面全体に照射されることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の電子ビーム寸法測定方法。

【請求項 11】

前記電子ビームは、前記試料上の導体が露出している範囲に照射されることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の電子ビーム寸法測定方法。

【請求項 12】

前記電子ビームの照射電子量は、前記寸法測定を行うときの照射電子量よりも大きいことを特徴とする請求項 8 から 11 のいずれか一項に記載の電子ビーム寸法測定方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子ビームを試料に照射して試料を観察する電子ビーム寸法測定装置及び電子ビーム寸法測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程において、電子顕微鏡等の電子ビーム装置による試料の観察や、パターンの線幅等の測定が行われている。電子ビーム装置による試料の観察や測定では、観察する部分に電子ビームを照射させながら走査して、二次電子等の電子量を輝度に変換して表示装置に画像として表示している。

20

【0003】

このように試料を観察したり測定する際に、電子ビームを照射するが、この電子ビームの照射によって試料表面が帯電する現象が発生する。すなわち、試料に入射する荷電粒子と放出される荷電粒子が有する電荷の差によって、照射面が正または負に帯電する。試料表面に帯電が発生すると、放出された二次電子が加速されたり、試料に引き戻されたりして二次電子放出の効率が変化する。その結果、試料表面の画像の質が不安定になるという問題がある。また、試料表面の帯電が進行すると、一次電子ビームを偏向させ、画像に歪みを生じさせてしまう場合がある。

【0004】

30

このような問題に対し、試料上の帯電を防止する方法が種々提案されている。

【0005】

これに関する技術として、特許文献 1 には、二次電子の収率が 1 より大きくなる加速電圧と 1 より小さくなる加速電圧を利用して、試料表面の帯電を制御する方法が開示されている。また、特許文献 2 には、試料表面から放出される 2 次電子を試料直上の電極電圧で押し返して試料表面電位がプラス方向に進行することを抑制する方法が開示されている。

【特許文献 1】特開 2003-142019 号公報

【特許文献 2】特開 2006-54094 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

上記したように、電子ビーム装置における試料の観察において、試料が帯電する現象が発生するが、例えばウエハのように試料を電氣的に接続できる場合には、電氣的に接続されたウエハ上の導体を接地することにより、試料の帯電現象を防止することができ、特に問題にはならない。

【0007】

しかし、試料が非導電性の場合や、導電性の材料が使用されていても接地することができず、電氣的にフローティングな場合には試料の帯電現象が発生する。

【0008】

例えば、半導体の露光の原盤として用いられるフォトマスクの寸法を測定する場合に、

50

次の2つの状態で、帯電が発生してしまう。一つは、配線の製造途中過程であるガラス基板の上全体にクロム等の導体があり、その上にクロムへ配線をエッチングするためのレジスト配線がある状態である。二つめは、配線の製造工程が完了した状態であり、ガラス基板の上にクロム等の導体でできた配線がある状態である。

【0009】

特に、クロムをエッチングする直前の状態では、ガラス基板上の全体にクロム等の導体の層があるため、ある場所で電子ビームを照射して帯電が発生すると、基板上全体の導体の層が帯電するため、別の場所の観察や寸法測定にも影響を及ぼしてしまう。また、一つの場所での帯電が微小であっても、数百～数千の場所に電子ビームを照射すれば、最終的には大きな帯電となり、最初に測定した寸法と最後に測定した寸法の相関が取れなくなってしまう。

10

【0010】

このような寸法の変化として、例えば、電子ビームの照射エネルギーが1500[eV]の場合、試料表面電位が10[V]変化すると2[μm]の寸法が6[nm]変動することが発明者の実験により確認された。

【0011】

これに対し、電子ビーム寸法測定装置に対する寸法精度は2[μm]に対して誤差1[nm]以下となることが要求されている。従って、照射エネルギーが1500[eV]の場合は、許容される試料表面の電位変化は、1.7[V]程度が許容範囲である。

【0012】

また、配線描画プロセスの一過程であるレジスト材の寸法測定においては、レジスト材への損傷を避けるため、電子ビームの照射エネルギーを500[eV]程度まで下げることが一般的である。この場合、寸法精度の要求を満たすためには、試料表面の電位変動を約0.6[V]以下にする必要がある。

20

【0013】

さらに、レジスト材によっては電子ビームによる損傷感度が高いため、照射エネルギーを400[eV]から300[eV]程度にまで下げることが必要であり、試料表面の電位変動は限りなく0[V]に近くなることが望ましい。

【0014】

なお、上記した、二次電子を利用して試料表面の帯電を制御する方法では、試料表面の電位を1[V]以下の精度で一定にすることは困難である。

30

【0015】

本発明は、かかる従来技術の課題に鑑みなされたものであり、試料表面の電位を1[V]以下で一定にして精度よく試料を測定することのできる電子ビーム寸法測定装置及び電子ビーム寸法測定方法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】

【0016】

上記した課題は、電子ビームを試料の表面に照射する電子ビーム照射手段と、前記試料から放出される電子を検出する検出手段と、前記試料と前記検出手段の二次電子制御電極との間の距離を測定する距離測定手段と、前記試料を載置するステージと、前記距離測定手段に測定させた前記距離が予め定めた一定の距離になるように前記ステージの高さを調整し、該距離のときに前記試料の表面の電位が一定になるように予め求めた制御電圧を前記検出手段の二次電子制御電極に印加し、所定の加速電圧を印加して前記電子ビームを照射させる制御手段とを有することを特徴とする電子ビーム寸法測定装置により解決する。

40

【0017】

上記した電子ビーム寸法測定装置において、前記制御電圧は、前記試料と材質が同一の校正試料の表面が帯電していない状態で寸法測定した値を第1の測定値とし、前記校正試料の表面が帯電した状態で前記電子ビームの照射と寸法測定を交互に行い、測定値に変化がなくなったときの値を第2の測定値としたときに、前記第1の測定値と第2の測定値とが等しいときの電圧であっても良い。

50

【0018】

また、上記した電子ビーム寸法測定装置において、前記制御手段は、前記電子ビーム照射手段に、前記電子ビームを試料の表面全体に照射させてもよいし、前記電子ビーム照射手段に、前記電子ビームを前記試料上の導体が露出している範囲に照射させるようにしてもよい。

【0019】

また、上記した課題は、試料と二次電子制御電極との間を予め定めた一定の距離とし、前記試料に照射する電子ビームの加速電圧を所定の値にしたときに、前記試料の帯電電位を一定にするための二次電子制御電極に印加する制御電圧を求めるステップと、前記試料と二次電子制御電極との間を前記所定の距離に調整するステップと、前記制御電圧を前記二次電子制御電極に印加して試料上に前記加速電圧の電子ビームを照射するステップと、前記電子ビームを照射した後、前記試料の寸法測定を行うステップとを含むことを特徴とする電子ビーム寸法測定方法により解決する。 10

【0020】

本発明では、測定対象の試料の表面と二次電子制御電極との間の距離を所定の一定の値にし、二次電子制御電極に予め求めた電圧を印加して電子ビームを照射している。二次電子制御電極に印加する電圧は、試料の表面と二次電子制御電極との間の距離を所定の一定の値にしたときに、試料表面の電位が一定になるように調整された電圧である。試料の表面と二次電子制御電極との間の距離を一定にすることにより、試料表面から出る電子には一定の力が作用し、表面から出た電子が試料表面に押し返される割合も一定になる。これにより、試料表面の電位が一定に保たれ、電子ビームの軌道が一定になり、電子ビームの照射範囲が一定になる。 20

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【0022】

はじめに、電子ビーム寸法測定装置の構成について説明する。次に、本発明の特徴である試料表面の電位を一定にする処理について説明する。次に、電子ビーム寸法測定装置を用いた電子ビーム寸法測定方法について説明する。最後に、本発明の電子ビーム寸法測定方法により寸法を測定した実施例について説明する。 30

【0023】

（電子ビーム寸法測定装置の構成）

図1は、本実施形態に係る電子ビーム寸法測定装置の構成図である。

【0024】

この電子ビーム寸法測定装置100は、電子走査部10と、信号処理部30と、表示部40と、距離測定部50と、電子走査部10、信号処理部30、表示部40及び距離測定部50の各部を制御する制御部20とに大別される。このうち、電子走査部10は、電子鏡筒部（コラム）15と試料室16とで構成される。

【0025】

電子鏡筒部15は、電子銃（電子ビーム照射手段）1とコンデンサレンズ2と偏向コイル3と対物レンズ4とを有し、試料室16は、XYZステージ5と絶縁物で構成される試料支持部6とを有している。 40

【0026】

試料室16にはXYZステージ5を移動させるためのモーター（不図示）、及び試料室16内を所定の減圧雰囲気に保持するための真空排気ポンプ（不図示）がそれぞれ接続されている。

【0027】

電子銃1から照射された電子ビーム9をコンデンサレンズ2、偏向コイル3、対物レンズ4を通して、XYZステージ5上の試料7に照射するようになっている。

【0028】

電子ビーム 9 が照射されて試料 7 から出た二次電子又は反射電子の量は、二次電子制御電極 8 a やシンチレータ等で構成される電子検出器 8 によって検出され、信号処理部 3 0 においてその検出量が A D 変換器によってデジタル量に変換され、さらに輝度信号に変換されて表示部 4 0 で表示される。偏向コイル 3 の電子偏向量と表示部 4 0 の画像スキャン量は制御部 2 0 によって制御される。

【0029】

制御部 2 0 はマイクロコンピュータで構成され、測長を実行するためのプログラムが格納されている。また、制御部 2 0 は電子ビーム 9 の加速電圧を決定し、電氣的に接続されている電子銃 1 に対して加速電圧を印加する。

【0030】

図 2 は、距離測定室 5 1 を含む電子ビーム寸法測定装置 1 0 0 を示した図である。距離測定室 5 1 では、X Y Z ステージ 5 上の試料 7 の高さを測定する。この測定には試料 7 と接触しない非接触型測定装置 5 2 を使用する。本実施形態では、試料室 1 6 とは別に距離測定室 5 1 を設け、X Y Z ステージ 5 を距離測定室 5 1 に移動させて試料 7 の高さを測定するようにしている。非接触型測定装置 5 2 として、例えば C C D カメラを使用し、C C D カメラのオートフォーカス機構により、焦点が合った位置を検知することにより試料 7 の高さを測定する。

【0031】

なお、試料 7 の高さの測定は、C C D カメラを使用する装置に限らず、試料電位により焦点位置に誤差を生じない測定装置であればよい。

【0032】

以上のように構成した電子ビーム寸法測定装置 1 0 0 において、試料支持部 6 を介して X Y Z ステージ 5 上に載置された試料 7 の観察又は測長をする前に、試料 7 と同じ材質の校正試料を用いて、中和シャワー条件を決定する。中和シャワー条件は、試料 7 表面の電位を一定（例えば 0 [V]）にするための中和シャワー（電子ビームの照射）に必要な、電子ビームの加速電圧、試料表面と二次電子制御電極との間の距離（基準距離）、及び二次電子制御電極に印加する電圧値（基準電圧）である。これらの条件を決定した後、試料 7 と二次電子制御電極との間の距離を基準距離に設定し、二次電子制御電極に基準電圧を印加して、試料 7 の中和シャワーを行う。

【0033】

（試料の表面の電位を一定にする処理）

試料 7 の観察又は測長に先立って行う中和シャワーにより、試料 7 の表面の電位を一定にすることができる。この原理について以下に示す。

【0034】

図 3 は、一次電子のエネルギーと二次電子放出比との関係を模式的に示したものである。図 3 に示すように、一次電子のエネルギーを低いエネルギーから増加していくと、二次電子放出比も増加し、E 1 で 1 になる。さらに一次電子のエネルギーを増加すると、E m で二次電子放出比が最大となり、E 2 を越えると再び二次電子放出比は 1 より小さくなる。ここで、E 1、E m、E 2 の値は、試料の材質に依存して変化するが、E m の値はほぼ 5 0 0 [e V] から 1 0 0 0 [e V] の間になっている。

【0035】

図 4 は、二次電子放出比と絶縁膜表面の帯電状態の関係を模式的に示したものである。図 4 (a) は、二次電子放出比が 1 より大きい場合である。二次電子放出比が 1 より大きい範囲では、試料 7 から放出される二次電子 4 2 の数が試料に入射する一次電子 4 1 の数を上回るため、試料 7 の表面は正に帯電する。一方、図 4 (b) は、二次電子放出比が 1 より小さい場合で、図 3 の一次電子エネルギーが E 1 より低いか、または E 2 より高い場合に対応している。二次電子放出比が 1 より小さい範囲では、試料 7 の表面に電子が多く残り、試料 7 の表面は負に帯電する。

【0036】

一次電子のエネルギーが十分大きく、二次電子放出比が 1 より小さい場合、試料 7 の表

10

20

30

40

50

面が負に帯電するため、一次電子は試料 7 の付近で減速する。この帯電は、一次電子が E 2 のエネルギーまで減速され、二次電子放出比が 1 に近づくまで進行することになる。このとき帯電電圧は E 2 と一次電子エネルギーの差となり、大きな負の値（例えば、 -100 [V] を超える値）に帯電する場合もある。このような帯電が発生すると、二次電子像が大きく歪み、測長誤差が増大する。

【0037】

一方、二次電子放出比が 1 より大きい場合には試料 7 の表面が正に帯電するが、数 [V] 帯電すると比較的量の多い数 [eV] のエネルギーしか持たない二次電子 43 は試料 7 の表面に引き戻されるようになる。一次電子と表面に引き戻される二次電子とを合わせた入射電流と放出される二次電子による放出電流とがつりあい、それ以上帯電が進行しない。このため、試料 7 の観察等には二次電子放出比が 1 より大きくなる範囲が採用されている。

10

【0038】

このような帯電均一化において、従来は、照射電子ビームのエネルギーを変えて試料表面の電位をプラス方向またはマイナス方向に帯電させ、試料表面の電位の変化を抑制している。この際に、二次電子放出比を 1 にして、帯電を防止するように、加速電圧を設定するようにしている。しかし、試料 7 の材質によって二次電子 42 の発生効率が 1 になる加速電圧が異なるため、加速電圧を調整しながら二次電子発生効率が 1 になるような加速電圧を見出さなければならず、加速電圧の設定が困難である。また、この方法では、 1 [V] 以下の精度で帯電を制御することは困難である。

【0039】

本実施形態では、試料 7 の表面と試料直上の電極（本実施形態では、電子検出器 8 の二次電子制御電極 8a）との間の距離に着目した。

20

【0040】

電子ビームが照射され、試料 7 表面から発生する二次電子量は、照射する電子ビームのエネルギー及び二次電子が受ける力に依存する。この力は、二次電子制御電極 8a に印加される電圧によって発生する電界に依存し、この電界は、試料 7 表面と二次電子制御電極 8a との間の距離（以下、「試料－電極間距離」ともいう。）及び二次電子制御電極 8a に印加する制御電圧によって決定される。

【0041】

従って、制御電圧と試料－電極間距離とを一定にすることにより、二次電子が受ける力を一定にすることができる。

30

【0042】

図 5 は、試料 7 の表面と二次電子制御電極 8a との間の距離が一定でない場合に発生する問題点を示している。

【0043】

図 5（a）に示すように、試料－電極間距離が $W1$ のときに、試料 7a 表面の電位が 0 [V] になったとする。このとき、試料 7a の表面が帯電していないため、試料 7a を精度良く測定することができる。

【0044】

次に、図 5（b）に示すように、XYZ ステージ 5 に載置された別の試料 7b について寸法を測定する。図 5（b）では、試料 7b のガラス基板の厚さが図 5（a）のガラス基板の厚さと異なり、試料－電極間距離が $W2$ に変化している。

40

【0045】

試料表面から放出される電子に作用する力 F は、電子の電荷と、試料表面と二次電子制御電極 8a との間の電界との積となる。従って、 $W2 (> W1)$ の場合には、電子に作用する力が弱くなり、試料 7b に戻される電子の量が多くなる。これにより、試料 7b の表面はマイナス側に帯電するようになる。

【0046】

一方、試料－電極間距離を一定にし、制御電極を一定にすると、電子に作用する力が一定となるため、試料 7 に戻される電子の量が一定になり、試料 7 の表面電位が 0 [V] にな

50

る。

【0047】

このように、試料表面と二次電子制御電極 8 a との間の距離を一定にすることにより、二次電子制御電極 8 a に印加する制御電圧と電子ビームの加速電圧の値を制御して、試料表面の電位を一定にすることができる。

【0048】

(試料表面の電位を一定にする方法)

上記したように、試料表面から放出される二次電子は試料 7 と二次電子制御電極 8 a との間の電界によって二次電子制御電極 8 a に到達するか、試料 7 表面に引き戻されるかが決まる。従って、二次電子の挙動を一定にするために、二次電子制御電極 8 a に印加する電圧及び試料 7 表面と二次電子制御電極 8 a との間の距離を一定にして、電界が一定になるようにする。

10

【0049】

図 6 は、試料表面が一定電位でない場合に、試料の測定値が時間の経過によって変化する様子を示している。

【0050】

時間 t_0 において測定した寸法が α であるとする。試料上の寸法測定をする間、試料上には電子ビームが照射されるため、試料表面が帯電し、電子ビームの軌道が変化する。そのため、例えば、図 6 に示すように時間の経過とともに寸法が大きく測定されるようになってしまう。

20

【0051】

そこで、時間 t_1 において、試料表面を一定電位にするために、中和シャワーを実施する。この中和シャワーは、時間 t_0 における測定値と一致するまで行う。図 6 では、時間 t_2 まで実施することにより、時間 t_0 の状態に戻ったことになる。その後、試料上の寸法測定、中和シャワーを繰り返し行う。

【0052】

図 7 は、二次電子制御電極 8 a に制御電圧をパラメータとする寸法測定値の時間変化を示している。

【0053】

時間 t_0 における寸法測定値を β とする。この時点は図 6 の時間 t_1 に対応している。この時点から、二次電子制御電極 8 a に所定の電圧を印加して、安定した測定値を求める。

30

【0054】

図 7 の L 2 は、試料表面が 0 [V] になり、測定値が α になることを示している。また、図 7 の L 1、L 3 は、試料表面がプラスまたはマイナスに帯電し、測定値が α にならないことを示している。

【0055】

測定値が安定するのは、試料への入射電流と試料から出る放出電流とがつりあい、帯電が進行しなくなるためである。よって、試料表面の帯電は進行しなくなるが、試料表面が 0 [V] になるとは限らず、図 7 の L 1 又は L 3 のように、測定値が α になるとは限らない。

40

【0056】

そこで、二次電子制御電極 8 a の制御電圧を変えて、二次電子が受ける力を変化させ、試料表面の電位が 0 [V] になるような制御電圧を求める。この制御電圧、電子ビームの加速電圧、及び、試料 7 と二次電子制御電極 8 a との間の距離を使用することにより、試料表面の帯電を進行させず、しかも試料表面の電位を 0 [V] にすることが可能となる。

【0057】

以下に、中和シャワー条件を決定する方法について、図 8 のフローチャートを用いて説明する。

【0058】

50

中和シャワー条件を決定する前提として、電子ビームの加速電圧及び、試料表面と二次電子制御電極 8 a との間の距離を予め決めておく。例えば、加速電圧は 500 [eV] とし、試料表面と二次電子制御電極との間の距離は 3 [mm] とする。

【0059】

まず、ステップ S 1 1 において、校正試料を用いて基準寸法を測長する。この校正試料は測長対象とする試料 7 と材質が同じであるとする。

【0060】

校正試料は、基板全体が導体で構成され、寸法が既知であるものとする。この校正試料を接地して試料表面の電位を 0 [V] とし、試料表面の電位が変動する前に測長して、基準寸法とする。測長は、試料上に電子ビームを照射しながら走査し、画像を取得し、取得した画像から寸法を測定する。 10

【0061】

なお、校正試料は、基板全体を導体で構成したものだけでなく、ステージ上で一時的に接地する機構を持つものであれば良い。ステージ上で一時的に接地する機構を持つ校正試料を使用する場合には、接地状態で基準となる寸法を測定するようにする。

【0062】

次のステップ S 1 2 では、校正試料の接地をはずす。接地をはずしたときから、試料表面はプラス又はマイナス方向に帯電が進行する。

【0063】

次のステップ S 1 3 では、二次電子制御電極に印加する電圧を所定の値、例えば -50 [V] に設定する。 20

【0064】

次のステップ S 1 4 では、二次電子制御電極の所定の電圧を印加し、電子ビームを所定の時間、例えば 10 秒間照射する。

【0065】

次のステップ S 1 5 では、試料の電子顕微鏡像を取得して、校正試料の測長をする。校正試料の測長における二次電子制御電極に印加する電圧は、ステップ S 1 3 で調整されてステップ S 1 8 で決定する電圧とは異なり、電子ビームの分解能が十分高く、かつ二次電子の捕獲効率が高い測長に適した電圧値とする。

【0066】

次のステップ S 1 6 では、校正試料の測長値が安定したか否かを判定する。校正試料の測長は、ステップ S 1 4 において、 $t = 0$ から所定の時間 n だけ電子ビームを照射したあと、ステップ S 1 5 で測長をする。よって、測長時間は、 $t = n, 2n, 3n, \dots$ となる。例えば、 $2n$ の時点の測長値と $3n$ の時点での測長値の差が所定の値、例えば 0.1 [nm] よりも小さくなったとき、測長値が安定したとする。 30

【0067】

測長値が安定したと判定されたときは、この測長値をステップ S 1 3 で設定した制御電圧における測長値とし、ステップ S 1 7 に移行する。測長値が安定していないと判定されたときは、ステップ S 1 4 に戻り、さらに電子ビームを照射して測長を継続する。

【0068】

次のステップ S 1 7 では、測長値とステップ S 1 1 で求めた基準値とを比較する。測長値と基準値との差 (D とする) を求め、 D が所定の値、例えば 0.2 [nm] より小さいか否かを判定する。 D が所定の値よりも小さいと判定されたとき、ステップ S 1 8 に移行する。一方、 D が所定の値よりも大きいと判定されたときは、ステップ S 1 3 に移行し、二次電子制御電極に印加する電圧を変えて、処理を継続する。 40

【0069】

次のステップ S 1 8 では、ステップ S 1 3 で設定した二次電子制御電極に印加する電圧を中和シャワー条件の基準電圧とし、本処理は終了する。

【0070】

なお、試料上の中和シャワー照射領域は、測長領域を含むことを基本とするが、試料上 50

の導体が露出している位置をC A Dや反射電子像等で検出し、その場所に中和シャワーを実施するだけでもよい。

【0071】

また、校正試料の材質は測長対象試料の材質と同じであることが望ましいが、異なる材質であっても、同じ中和シャワー条件で寸法の相関が取れば適用可能である。本発明者は、S iとC rで同じ中和シャワー条件で寸法の相関が取れることを確認している。

【0072】

(電子ビーム寸法測定方法)

次に、本実施形態の電子ビーム寸法測定装置100を用いて試料7上の電位を一定にして試料7の測長をする方法について図9のフローチャートを用いて説明する。

10

【0073】

まず、ステップS21において、中和シャワー条件を決定する。この条件は図8で説明した方法により決定する。

【0074】

次のステップS22では、電子ビームの加速電圧及び二次電子制御電極に印加する電圧をステップS21で決定した中和シャワー条件の値に設定する。

【0075】

次のステップS23では、試料を試料室16のX Y Zステージ5に載置する。

【0076】

次のステップS24では、X Y Zステージ5を距離測定室51に移動し、X Y Zステージ5に載置した試料7の高さを測定する。試料7と二次電子制御電極8aとの間の距離を予め定めた一定の距離にするために、X Y Zステージ5を上下方向(Z方向)に移動して高さ調整を行う。その後、距離測定室51から試料室16にX Y Zステージ5を移動する。

20

【0077】

次のステップS25では、中和シャワーを実施する。この中和シャワーを行う時間は、中和シャワー条件を決定する際に、測定値が安定するまでにかかった時間である。また、中和シャワーを照射する範囲は、試料上全体に電子ビームを照射するようにしてもよく、試料上の導体が露出している部分に照射するようにしてもよい。試料上の導体が露出している部分は、例えば、C A Dデータを用いて検出する。

30

【0078】

次のステップS26では、中和シャワーを実施した後、試料の表面が帯電されていない状態で、試料の測長を行う。試料の測長における二次電子制御電極に印加する電圧は、ステップS21で決定した電圧とは異なり、電子ビームの分解能が十分高く、かつ二次電子の捕獲効率が高い測長に適した電圧値とする。

【0079】

ステップS24からステップS26を繰り返し、試料内の測長点すべてを測定する。

【0080】

なお、試料全面での高さの変化が小さければステップS25とステップS26を繰り返すようにしても良い。

40

【0081】

次のステップS27では、測長を終了した試料7を試料室16から取り出す。

【0082】

次のステップS28では、すべての試料の測長が終了したか否かを判定する。測長が終了していなければ、ステップS23に戻り、測長を継続する。

【0083】

以上説明したように、本実施形態の電子ビーム寸法測定装置を用いた測定方法では、試料の寸法の測定に先立って、試料上の電位を一定にしている。この電位を一定にするために、試料表面と二次電子制御電極との間の距離を一定にしたときの、二次電子制御電極に印加する制御電圧、及び電子ビームの加速電圧を求める。この中和シャワー条件で試料の

50

中和シャワーを行うことにより、試料の表面電位が 0 [V] で一定になり、電子ビームが試料上の異なる電位の影響を受けて電子ビームの照射範囲が変化することがなく、安定した測定を行うことが可能となる。

【0084】

なお、本実施形態では、試料の測定を行う度に試料表面の電位一定化処理を行うようにしていたが、これに限らず、試料表面の電位一定化が必要なときにのみ行うようにしても良い。例えば、測長を 5 回行う毎に中和シャワーをするようにしても良い。

【0085】

また、電位を一定にするために照射する電子ビームを大電流にしてビーム照射量を多くするようにしてもよい。中和シャワー条件を求める際に、所定の加速電圧の電子ビームを照射して、測長値が安定する時間を求めたが、加速電圧を図 3 の E_m に相当する値にしてビーム照射量を多くすることにより、電位が一定化されるまでの時間を短縮することが可能となる。

【0086】

(実施例)

以下に、本実施形態の電子ビーム寸法測定装置 100 を用いて、試料 7 上の寸法を測定した結果について説明する。

【0087】

図 10 (a) は、試料と二次電子制御電極との間の距離を一定にしたときの寸法測定結果であり、図 10 (b) は、試料と二次電子制御電極との間の距離を一定にしないときの寸法測定結果である。

【0088】

本実施例では、材質がクロムの場合を対象として、中和シャワー条件（試料表面と二次電子制御電極との間の距離、電子ビームの加速電圧、二次電子制御電極に印加する電圧）を測定した結果、それぞれ 3 [mm], 500 [V], -50 [V] となった。

【0089】

図 10 (a) の t_1 、 t_2 の時点は、寸法測定の対象試料を変えた時点を示している。上記の中和シャワー条件により中和シャワーを行い、試料の寸法を測定した結果、図 10 (a) からわかるように、試料の高さが変化した場合であっても、試料表面と二次電子制御電極との間の距離を一定に調整することにより、寸法測定値 (α') に変化はない。このように、本実施形態の電子ビーム寸法測定装置を用いることにより、寸法測定を精度よく実施することが可能となる。

【0090】

一方、図 10 (b) は、本実施形態の電子ビーム寸法測定方法との比較のため、電子ビームの加速電圧及び二次電子制御電極に印加する電圧は本実施形態の場合と同じ値にし、試料表面と二次電子制御電極との間の距離を一定に調整する処理を行わずに中和シャワーを行い、寸法測定を行った結果である。

【0091】

図 10 (b) からわかるように、試料を変えたとき (t_1 、 t_2 の時点)、試料の高さが変化する事により測定結果に変化が発生している。この結果からわかるように、試料表面と二次電子制御電極との間の距離が変わることにより、測定誤差が発生することがわかる。

【0092】

なお、本実施例において試料の高さが 300 [μm] 変化した場合、2 [μm] の寸法に対して約 1 [nm] の誤差が生じる事を実験により測定した。

【図面の簡単な説明】

【0093】

【図 1】 本発明の実施形態で使用される電子ビーム寸法測定装置の構成図である。

【図 2】 図 1 に係る電子ビーム寸法測定装置の距離測定部を示す図である。

【図 3】 一次電子のエネルギーと二次電子放出比との関係を示す図である。

【図 4】 図 4 (a)、(b) は二次電子放出比と試料表面の帯電の関係を示す図である。

【図 5】 試料と二次電子制御電極との間の距離によって試料表面が帯電することを説明する図である。

【図 6】 寸法測定値の時間変化を示す図である。

【図 7】 二次電子制御電極の制御電圧をパラメータとしたときの寸法測定値の時間変化を示す図である。

【図 8】 二次電子制御電極の制御電圧を決定する処理を示すフローチャートである。

【図 9】 電子ビーム寸法測定方法を示すフローチャートである。

【図 10】 図 10 (a) は、試料と二次電子制御電極との間の距離を一定にしたときの寸法測定結果であり、図 10 (b) は、試料と二次電子制御電極との間の距離を一定にしな

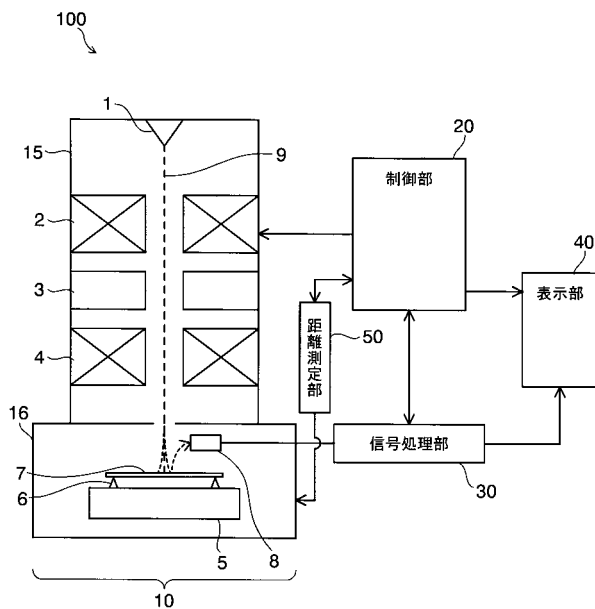
10

【符号の説明】

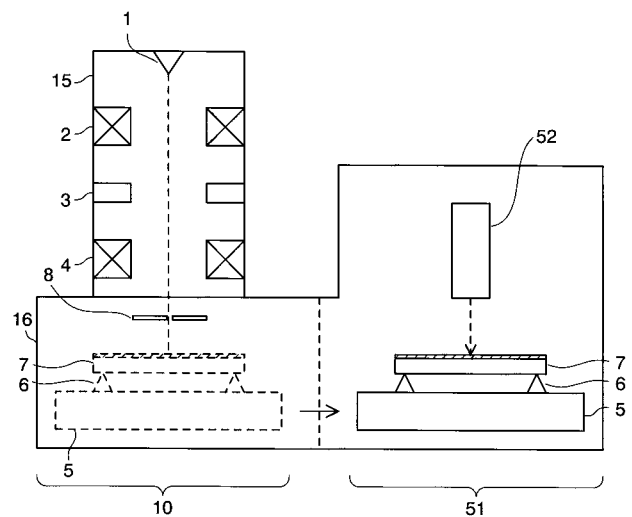
【0094】

100…電子ビーム寸法測定装置、1…電子銃、2…コンデンサレンズ、3…偏向コイル、4…対物レンズ、5…XYZステージ、6…試料支持部、7…試料、8…電子検出器、9…電子ビーム、10…電子走査部、15…電子鏡筒部、16…試料室、20…制御部、30…信号処理部、40…表示部、41…一次電子、42, 43…二次電子、50…距離測定部、51…距離測定室、52…非接触型測定装置。

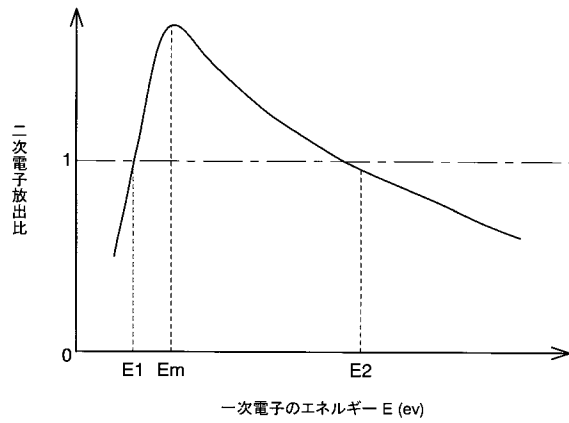
【図 1】



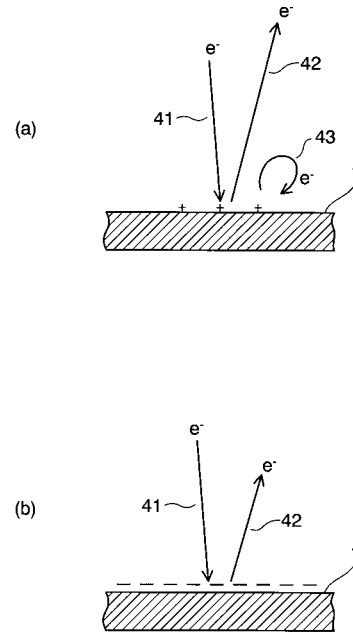
【図 2】



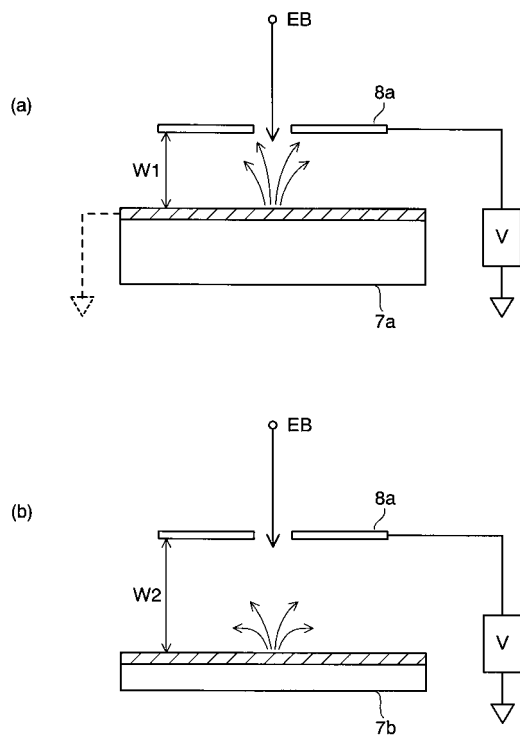
【図 3】



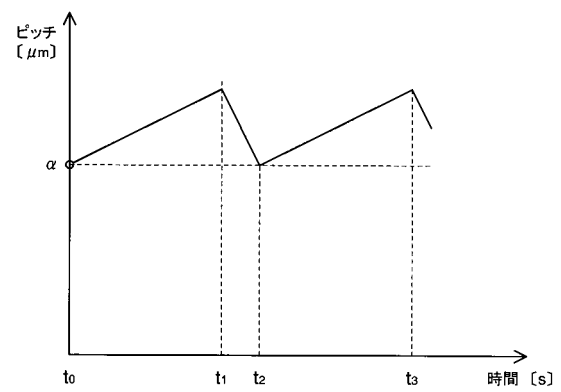
【図 4】



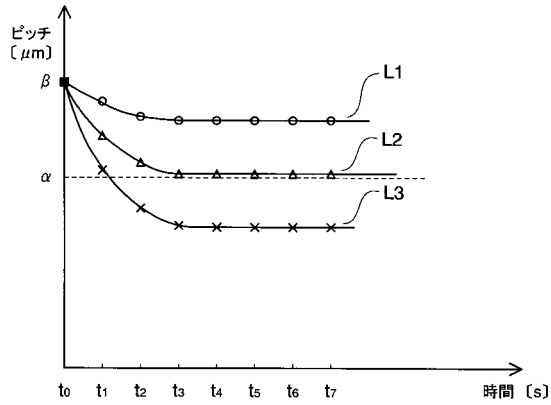
【図 5】



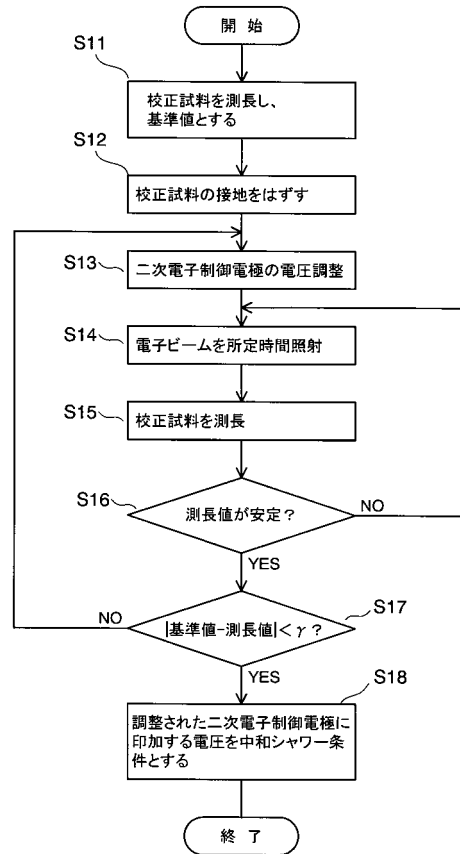
【図 6】



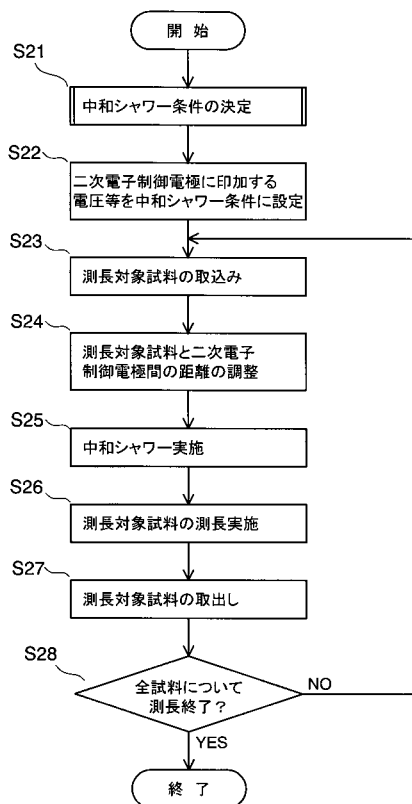
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

