

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4299880号  
(P4299880)

(45) 発行日 平成21年7月22日 (2009. 7. 22)

(24) 登録日 平成21年4月24日 (2009. 4. 24)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 J 37/20 (2006. 01) HO 1 J 37/20  
 GO 1 B 15/00 (2006. 01) GO 1 B 15/00  
 G2 1 K 5/04 (2006. 01) G2 1 K 5/04

請求項の数 7 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2008-526308 (P2008-526308)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成19年6月8日 (2007. 6. 8)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/JP2007/061654</p> <p>(87) 国際公開番号 W02008/149461</p> <p>(87) 国際公開日 平成20年12月11日 (2008. 12. 11)</p> <p>審査請求日 平成20年6月11日 (2008. 6. 11)</p> <p>早期審査対象出願</p>	<p>(73) 特許権者 390005175 株式会社アドバンテスト 東京都練馬区旭町1丁目32番1号</p> <p>(74) 代理人 100091672 弁理士 岡本 啓三</p> <p>(72) 発明者 伊藤 啓介 東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会社アドバンテスト内</p> <p>(72) 発明者 岩井 俊道 東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株式会社アドバンテスト内</p> <p>審査官 松岡 智也</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線検査装置及び荷電粒子線検査方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

電子ビームを放出する電子銃と、  
 前記電子ビームを集束させる第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズと、  
 前記第1のコンデンサレンズと第2のコンデンサレンズの間に配置されるビーム制御板と、  
 前記第2のコンデンサレンズと前記電子ビームの照射対象の試料との間に配置される対物レンズと、

前記第1のコンデンサレンズに供給する励磁電流を測定時の励磁電流より下げて前記第1のコンデンサレンズの焦点距離を長くして前記ビーム制御板の開口を通過する電子ビームの電流量を調整し、前記第2のコンデンサレンズに供給する励磁電流を測定時の励磁電流より上げて、前記第2のコンデンサレンズの焦点距離を測定時と同じ焦点距離に調整して、前記対物レンズの倍率を測定時と同じ倍率に維持し、試料に照射される電子ビームの電流量を測定時よりも大きくして当該試料上に所定の照射時間の間、当該電子ビームを照射して当該試料の表面の電位を定常化する定常化処理を行う制御部とを有することを特徴とする荷電粒子線検査装置。

【請求項2】

前記制御部は、前記定常化処理をした後、前記第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズに供給する励磁電流を測定時の値に戻し、試料の寸法測定を行うことを特徴とする請求項1に記載の荷電粒子線検査装置。

## 【請求項 3】

前記所定の照射時間は、前記調整された励磁電流によって制御された前記第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズを通過する電子ビームを試料に照射してから照射を停止するまでの時間であって当該時間の当該電子ビームの照射によって前記試料表面の電位が定常化する時間であり、測定時の励磁電流によって制御された前記第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズを通過する電子ビームを前記試料に照射してから照射を停止するまでの時間であって当該時間の当該電子ビームの照射によって前記試料表面の電位が定常化する時間より短いことを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子線検査装置。

## 【請求項 4】

さらに、前記第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズに供給する励磁電流、及び前記所定の照射時間を格納する記憶部を有し、

前記制御部は、前記定常化処理時の第 1 のコンデンサレンズに供給する第 1 の励磁電流の値、第 2 のコンデンサレンズに供給する第 2 の励磁電流の値及び前記所定の照射時間を前記記憶部から抽出して、

前記第 1 のコンデンサレンズに前記第 1 の励磁電流を供給して前記第 1 のコンデンサレンズの焦点距離を測定時よりも長くし、

前記第 2 のコンデンサレンズに前記第 2 の励磁電流を供給して前記第 2 のコンデンサレンズの焦点距離を測定時と同じにして、

前記所定の照射時間の間、前記電子ビームを前記試料に照射して表面電位を定常化することを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子線検査装置。

## 【請求項 5】

電子ビームを放出する電子銃と、前記電子ビームを集束させる第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズと、前記第 1 のコンデンサレンズと第 2 のコンデンサレンズの間配置されるビーム制御板と、前記第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズに供給する励磁電流、及び所定の照射時間を格納する記憶部と、前記電子銃、第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズを制御する制御部とを有する荷電粒子線検査装置を用いて試料に形成されたパターンの寸法を測定する荷電粒子線検査方法において、

前記記憶部から、測定時の電流よりも下げて、前記第 1 のコンデンサレンズの焦点距離を測定時よりも長くした前記第 1 のコンデンサレンズに供給する励磁電流の値、測定時の電流よりも上げて、前記第 2 のコンデンサレンズの焦点距離を測定時と同じにする前記第 2 のコンデンサレンズに供給する励磁電流の値、及び前記所定の照射時間を抽出するステップと、

前記第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズに当該励磁電流を自動的に供給することで前記ビーム制御板の開口を通過する電子ビームの電流量を高速に設定し、試料に照射される電子ビームの電流量を測定時よりも大きくするステップと、

前記試料上に前記記憶部から抽出した前記所定の照射時間の間、前記電子ビームを照射するステップと、

当該電子ビームの照射の後、自動的に前記第 1 のコンデンサレンズ及び前記第 2 のコンデンサレンズに供給する電流をそれぞれ測定時の値に戻して前記ビーム制御板の開口を通過する電子ビームの電流量を高速に設定し、試料上のパターンの測定を行うステップとを有することを特徴とする荷電粒子線検査方法。

## 【請求項 6】

前記所定の照射時間は、前記調整された励磁電流によって制御された前記第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズを通過する電子ビームを試料に照射してから照射を停止するまでの時間であって当該時間の当該電子ビームの照射によって前記試料表面の電位が定常化する時間であり、測定時の励磁電流によって制御された前記第 1 のコンデンサレンズ及び第 2 のコンデンサレンズを通過する電子ビームを前記試料に照射してから照射を停止するまでの時間であって当該時間の当該電子ビームの照射によって前記試料表面の

10

20

30

40

50

電位が定常化する時間より短いことを特徴とする請求項 5 に記載の荷電粒子線検査方法。

【請求項 7】

電子ビームを放出する電子銃と、

前記電子銃から放出される電子ビームを受けて、所定の第 1 焦点距離で集束する第 1 集束ビームを形成する第 1 のコンデンサレンズと、

前記第 1 集束ビームを受けて、光軸中央の所定の開口で前記第 1 集束ビームの一部分を通過した通過ビームを形成するビーム制御板と、

前記通過ビームを受けて、所定の第 2 焦点距離で収束する第 2 集束ビームを形成する第 2 のコンデンサレンズと、

前記第 2 集束ビームを受けて、所定の第 3 焦点距離で照射対象の試料へ照射する対物レンズと、

前記試料表面の電位を安定化する場合において、前記第 1 焦点距離と前記第 2 焦点距離を変更して、前記開口を通過する通過ビームの電流量が増大するように、前記第 1 のコンデンサレンズと前記第 2 のコンデンサレンズの集束条件を制御する制御部と、  
を有することを特徴とする荷電粒子線検査装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子ビーム等の荷電粒子線を試料に照射して試料の観察や検査をする荷電粒子線検査装置及び荷電粒子線検査方法に関する。

20

【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。

【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。試料表面の帯電電位に伴って、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、検出される電子量が不安定になるという問題がある。また、試料表面の帯電電位が一定状態であれば支障とはならないが経時変動すると、一次電子ビームの加速条件や偏向条件が変動する結果、正確な観測が維持できない。

30

【0004】

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。

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放電できるので、試料の帯電を低減することができ、実用上の問題にはならない。

【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状態が経時変化し、測定対象画像がドリフトする難点がある。

50

## 【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、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、エッチング後の測定では、マスク上の配線パターンはそのほとんどが電氣的に接地できずフローティング状態である。その場合、測定対象配線の表面電位が極めて不安定な状態となる。

10

## 【0010】

この帯電は時間とともに変化して定常状態になるまで進行する。従って、定常状態になった後であれば試料の観測や測定を安定に行うことができる。しかし、定常状態になるまでに、例えば数十秒時間がかかるため、測定処理のスループットが低下するという不都合が発生している。

## 【0011】

なお、上記した、加速電圧を利用して試料表面の帯電を制御する方法では、加速電圧変更前後の測定精度が保証されないおそれがある。

【特許文献1】特開2003-142019号公報

## 【発明の開示】

20

## 【0012】

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、試料表面の電位の定常化を容易かつ短時間で行うことができ、精度よく試料を測定することのできる荷電粒子線検査装置及び荷電粒子線検査方法を提供することを目的とする。

## 【0013】

上記した課題は、電子ビームを放出する電子銃と、前記電子ビームを集束させる第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズと、前記第1のコンデンサレンズと第2のコンデンサレンズの間に配置されるビーム制御板と、前記第2のコンデンサレンズと前記電子ビームの照射対象の試料との間に配置される対物レンズと、前記第1のコンデンサレンズに供給する励磁電流を測定時の励磁電流より下げて前記第1のコンデンサレンズの焦点距離を長くして前記ビーム制御板の開口を通過する電子ビームの電流量を調整し、前記第2のコンデンサレンズに供給する励磁電流を測定時の励磁電流より上げて、前記第2のコンデンサレンズの焦点距離を測定時と同じ焦点距離に調整して、前記対物レンズの倍率を測定時と同じ倍率に維持し、試料に照射される電子ビームの電流量を測定時よりも大きくして当該試料上に所定の照射時間の間、当該電子ビームを照射して当該試料の表面の電位を定常化する定常化処理を行う制御部とを有することを特徴とする荷電粒子線検査装置により解決する。

30

## 【0014】

上記した荷電粒子線検査装置において、前記制御部は、前記定常化処理をした後、前記第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズに供給する励磁電流を測定時の値に戻し、試料の寸法測定を行うようにしても良い。

40

## 【0016】

本発明では、第1のコンデンサレンズに供給する励磁電流を、測定時に供給する励磁電流よりも低い電流にして、第1のコンデンサレンズの焦点距離を長くしている。その結果、ビーム制御板に照射される電子ビームの面積を狭くし、ビーム制御板の開口を通過する電子ビームを相対的に測定時よりも大きくしている。これにより、試料上に照射される電子ビームの電流量を大きな値としている。このように調整された大電流の電子ビームを所定の時間照射することにより、短時間で試料表面の帯電を定常化することが可能になる。その結果、電子ビームの軌道が一定になり、精度良く試料上のパターンの寸法測定を行うことが可能となる。

50

## 【0017】

また、上記した荷電粒子線検査装置において、さらに、前記第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズに供給する励磁電流を格納する記憶部を有し、前記制御部は、前記定常化処理時の第1のコンデンサレンズに供給する第1の励磁電流の値、第2のコンデンサレンズに供給する第2の励磁電流の値及び照射時間を前記記憶部から抽出して、前記第1のコンデンサレンズに前記第1の励磁電流を供給して前記第1のコンデンサレンズの焦点距離を測定時よりも長くし、前記第2のコンデンサレンズに前記第2の励磁電流を供給して前記第2のコンデンサレンズの焦点距離を測定時と同じにして、前記照射時間の間、前記電子ビームを前記試料に照射して表面電位を定常化するようにしても良い。

## 【0018】

本発明では、上記した電位定常化をするために、所望の定常化時間に対する第1及び第2のコンデンサレンズに供給する電流の値（定常化条件）を予め求め、試料毎の定常化条件を記憶部に記憶している。この記憶部に格納された定常化条件を参照して荷電粒子線検査装置が自動的に定常化処理を行うため、ユーザの手間を大幅に低減することが可能となる。

## 【0019】

また、上記した課題は、電子ビームを放出する電子銃と、前記電子銃から放出される電子ビームを受けて、所定の第1焦点距離で集束する第1集束ビームを形成する第1のコンデンサレンズと、前記第1集束ビームを受けて、光軸中央の所定の開口で前記第1集束ビームの一部分を通過した通過ビームを形成するビーム制御板と、前記通過ビームを受けて、所定の第2焦点距離で収束する第2集束ビームを形成する第2のコンデンサレンズと、前記第2集束ビームを受けて、所定の第3焦点距離で照射対象の試料へ照射する対物レンズと、前記試料表面の電位を安定化する場合において、前記第1焦点距離と前記第2焦点距離を変更して、前記開口を通過する通過ビームの電流量が増大するように、前記第1のコンデンサレンズと前記第2のコンデンサレンズの集束条件を制御する制御部と、を有することを特徴とする荷電粒子線検査装置により解決する。

## 【0020】

また、本発明の他の形態によれば、上記の形態に係る荷電粒子線検査装置において実施される荷電粒子線検査方法が提供される。その一形態に係る荷電粒子線検査方法は、電子ビームを放出する電子銃と、前記電子ビームを集束させる第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズと、前記第1のコンデンサレンズと第2のコンデンサレンズの間に配置されるビーム制御板と、前記第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズに供給する励磁電流、及び所定の照射時間を格納する記憶部と、前記電子銃、第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズを制御する制御部とを有する荷電粒子線検査装置を用いて試料に形成されたパターンの寸法を測定する荷電粒子線検査方法であって、前記記憶部から、測定時の電流よりも下げて、前記第1のコンデンサレンズの焦点距離を測定時よりも長くした前記第1のコンデンサレンズに供給する励磁電流の値、測定時の電流よりも上げて、前記第2のコンデンサレンズの焦点距離を測定時と同じにする前記第2のコンデンサレンズに供給する励磁電流の値、及び前記所定の照射時間を抽出するステップと、前記第1のコンデンサレンズ及び第2のコンデンサレンズに当該励磁電流を自動的に供給することで前記ビーム制御板の開口を通過する電子ビームの電流量を高速に設定し、試料に照射される電子ビームの電流量を測定時よりも大きくするステップと、前記試料上に前記記憶部から抽出した前記所定の照射時間の間、前記電子ビームを照射するステップと、当該電子ビームの照射の後、自動的に前記第1のコンデンサレンズ及び前記第2のコンデンサレンズに供給する電流をそれぞれ測定時の値に戻して前記ビーム制御板の開口を通過する電子ビームの電流量を高速に設定し、試料上のパターンの測定を行うステップとを有することを特徴とする。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0021】

【図1】本発明の実施形態で使用される荷電粒子線検査装置の構成図である。

10

20

30

40

50

【図 2】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 3】図 3 ( 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 4】図 1 に係る荷電粒子線検査装置における測定時の電子ビームの軌道を説明する図である。

【図 5】ビーム制御板に照射される電子ビームを説明する図である。

【図 6】図 1 に係る荷電粒子線検査装置における定常化処理時の電子ビームの軌道を説明する図である。

【図 7】第 1 及び第 2 のコンデンサレンズに供給する電流値を決定する処理を示すフローチャートである。

【図 8】荷電粒子線検査方法を示すフローチャートである。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 2 】

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。

【 0 0 2 3 】

はじめに、荷電粒子線検査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定常化する処理について説明する。次に、荷電粒子線検査装置を用いた荷電粒子線検査方法について説明する。

【 0 0 2 4 】

( 荷電粒子線検査装置の構成 )

図 1 は、本実施形態に係る荷電粒子線検査装置の構成図である。

20

【 0 0 2 5 】

この荷電粒子線検査装置 1 0 0 は、電子走査部 1 0 と、信号処理部 3 0 と、表示部 4 0 と、電子走査部 1 0、信号処理部 3 0 及び表示部 4 0 の各部を制御する制御部 2 0 とに大別される。このうち、電子走査部 1 0 は、電子鏡筒部 ( コラム ) 1 5 と試料室 1 6 とで構成される。

【 0 0 2 6 】

電子鏡筒部 1 5 は、電子銃 1 とコンデンサレンズ部 2 と偏向コイル 3 と対物レンズ 4 とを有している。コンデンサレンズ部 2 は、第 1 のコンデンサレンズ 2 a と第 2 のコンデンサレンズ 2 b と開口 2 d を有するビーム制御板 2 c で構成される。ビーム制御板 2 c は第 1 のコンデンサレンズ 2 a と第 2 のコンデンサレンズ 2 b の間に配置される。

30

【 0 0 2 7 】

試料室 1 6 は、試料 7 を載置する X Y Z ステージ 5 及び試料 7 から放出される二次電子等を検出する電子検出器 8 を有している。また、試料室 1 6 には X Y Z 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 1 6 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。

【 0 0 2 8 】

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部 2、偏向コイル 3、対物レンズ 4 を通して、X Y Z ステージ 5 上の試料 7 に照射するようになっている。

【 0 0 2 9 】

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。

40

【 0 0 3 0 】

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。

【 0 0 3 1 】

以上のように構成した荷電粒子線検査装置 1 0 0 において、X Y Z ステージ 5 上に載置

50

された試料 7 の観察又は測長をする際には、試料 7 上の電位を定常化させる処理を行う。

【 0 0 3 2 】

( 試料の表面の電位を定常化する処理 )

試料 7 の観察又は測長に先立って行う表面電位の定常化処理により、試料 7 の表面の電位を一定にする。この原理について以下に示す。

【 0 0 3 3 】

図 2 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 2 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、位置 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、位置 E m で二次電子放出比が最大となり、位置 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、位置 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 ] の間になる。

10

【 0 0 3 4 】

図 3 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 3 ( 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 3 ( b ) は、二次電子放出比が 1 より小さい場合で、図 2 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。

20

【 0 0 3 5 】

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、 - 1 0 0 0 [ 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。

【 0 0 3 6 】

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 [ e V ] のエネルギーしか持たない二次電子 4 3 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あ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。

30

【 0 0 3 7 】

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、試料表面の電位が定常化するまでに時間がかかり、スループットが低下してしまうという問題が発生していた。

【 0 0 3 8 】

本実施形態では、短時間で試料表面の電位定常化をする際に必要となる電流を得るために、コンデンサレンズを制御することに着目した。

40

【 0 0 3 9 】

図 4 は、測定時 ( 標準状態 ) の電子ビーム 9 の経路を示した模式図である。図 4 において、第 1 のコンデンサレンズ C L 1、第 2 のコンデンサレンズ C L 2 及び対物レンズ O L は、模式的に破線で示すような凸レンズで記載している。

【 0 0 4 0 】

電子銃 1 から放出された電子は第 1 のコンデンサレンズ C L 1 によって集束作用を受け、第 1 のコンデンサレンズ C L 1 の主面からの距離 ( 焦点距離 ) d 1 1 の点 F C 1 に焦点を結ぶ。なお、模式的に示したレンズの中心を通り光軸に垂直な面を主面とする。

【 0 0 4 1 】

50

ビーム制御板 2 c の開口 2 d を通過した電子ビーム 9 は、さらに第 2 のコンデンサレンズ C L 2 によって集束作用を受け、第 2 のコンデンサレンズ C L 2 の主面から距離  $d 1 2$  の点 F C 2 に焦点を結び、対物レンズ O L で収束され試料 7 上に照射される。

【 0 0 4 2 】

試料 7 上に照射される電子ビームの電流量は、電子ビーム 9 がビーム制御板 2 c の開口 2 d を通過する割合に依存して変化する。

【 0 0 4 3 】

図 5 はビーム制御板 2 c に照射される電子ビームを示す平面図である。図 5 ( a ) は測定時の電子ビームの照射範囲 5 1 を示している。電流量が  $I$  の電子ビームが円形の照射範囲 5 1 に均一に照射されるとしたとき、開口 2 d の半径を  $r_1$ 、照射範囲 5 1 の半径を  $r_2$  とすると、開口 2 d を通過する電子ビームの電流量は、 $(r_1^2 / r_2^2) I$  となる。図 5 ( b ) は図 5 ( a ) に比べて電子ビームの照射範囲 5 2 を狭くした場合の一例である。電子ビームの全体の電流量は電子ビームの照射範囲の大小にかかわらず一定である。従って、図 5 ( b ) のように電子ビームの照射範囲 5 2 を狭くした場合、開口 2 d を通過する電子ビームの電流量は、 $(r_1^2 / r_3^2) I$  となり、図 5 ( a ) に示した場合に比べて大きな値となる。

10

【 0 0 4 4 】

従って、ビーム制御板 2 c に照射される電子ビームの照射範囲を図 5 ( b ) に示すように、測定時よりも狭くするように調整すれば、試料 7 上に照射される電子ビームの電流量を測定時よりも大きくすることができる。

20

【 0 0 4 5 】

図 6 は定常化処理時の電子ビーム 9 の経路を示す模式図である。図 6 に示すように、ビーム制御板 2 c に照射される電子ビームの照射範囲を狭くするために、第 1 のコンデンサレンズ C L 1 の焦点距離  $d 2 1$  を測定時における第 1 のコンデンサレンズ C L の焦点距離  $d 1 1$  よりも長くしている。

【 0 0 4 6 】

第 1 のコンデンサレンズ C L 1 は電磁コイルで構成されており、この電磁コイルに供給する励磁電流を測定時に供給する励磁電流よりも小さな値にすることにより、第 1 のコンデンサレンズ C L 1 の焦点距離を測定時の焦点距離より長くしている。

【 0 0 4 7 】

開口 2 d を通過した多量の電子ビーム 9 は、さらに第 2 のコンデンサレンズ C L 2 によって集束作用を受ける。このとき、測定時における第 2 のコンデンサレンズ C L 2 の焦点距離  $d 1 2$  と同じになるように第 2 のコンデンサレンズの焦点距離  $d 2 2$  を調整する。第 2 のコンデンサレンズ C L 2 を構成する電磁コイルに供給する励磁電流を測定時に供給する励磁電流よりも大きな値に調整して、焦点距離を測定時と同じにする。

30

【 0 0 4 8 】

第 2 のコンデンサレンズ C L 2 の焦点距離を測定時と同じにすることにより、対物レンズ O L の倍率が変化しないようにし、測定時と同じ視野内で焦点を合わせるとともに、試料 7 に照射される電子ビームの電流量を測定時よりも大きくするようにしている。

【 0 0 4 9 】

このように、各レンズに供給する励磁電流を調整することにより、試料に照射する電子ビームの電流量を高速かつ容易に増減することが可能になる。

40

【 0 0 5 0 】

本実施形態では、試料の表面電位を定常化させる定常化条件として、第 1 及び第 2 のコンデンサレンズ C L 1 , C L 2 に供給する励磁電流、測定時よりも大きな電流を試料 7 に照射する時間を対象とする。

【 0 0 5 1 】

以下に、定常化条件を決定する方法について、図 7 のフローチャートを用いて説明する。

【 0 0 5 2 】

50



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。

【0053】

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]の放電状態とし、試料を測長して、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求める。

【0054】

次のステップS 1 2では、校正試料の接地の接続をはずす。接地の接続をはずすことにより、試料表面はプラス又はマイナス方向に帯電ができる。

10

【0055】

次のステップS 1 3では、第1及び第2のコンデンサレンズの電磁コイルに供給する電流を所定の値、例えば第1のコンデンサレンズの電磁コイルに供給する電流を測定時の電流値よりも小さい値に設定する。また、第2のコンデンサレンズの電磁コイルに供給する電流を測定時の電流値よりも大きい値に設定し、測定時の焦点距離と同じになるようにすることで、対物レンズの倍率を同一条件に維持しておく。これにより、測定時に対比して例えば10倍以上の多量な電子ビーム9が照射できる。

【0056】

次のステップS 1 4では、試料表面を安定電荷状態にするため、第1及び第2のコンデンサレンズの電磁コイルに所定の電流を供給し、電子ビームを所定の時間照射する。このとき、多量の電子ビーム9が照射できるので、従来よりも大幅に時間短縮、例えば1/10以下にできる。

20

【0057】

次のステップS 1 5では、電子ビーム9を測長時の条件に戻した後、試料の電子顕微鏡像を取得して、校正試料の測長をする。すなわち、校正試料の測長における第1及び第2のコンデンサレンズの電磁コイルに供給する電流は、ステップS 1 3で調整されてステップS 1 7で決定する電流ではなく、測定時の値に切り替えた後、試料の電子顕微鏡像を取得して、校正試料の測長をする。

【0058】

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において試料表面を安定電荷状態にするため、 $t = 0$ から所定の時間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。例えば、電子ビーム照射時間が $t_1$ の時点の測長値と $t_2$ の時点での測長値の差分が許容可能な変動量以下となったとき、測長値が安定したとする。

30

【0059】

さらに、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分(Dとする)を求め、差分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。差分Dが所定の値よりも小さいと判定されたとき、適正な照射時間と判断できるので、当該電子ビーム照射時間 $t_x$ を保存した後ステップS 1 7に移行する。一方、差分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 1に移行し、再度校正試料を用いて基準値を測定し、ステップS 1 3で第1及び第2のコンデンサレンズに供給する電流値を変えて、処理を継続する。なお、所望により、差分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に移行しても良い。

40

【0060】

次のステップS 1 7では、ステップS 1 3で設定した第1及び第2のコンデンサレンズの電磁コイルに供給した励磁電流の電流と共に、得られた電子ビーム照射時間 $t_x$ の定常化条件を記憶部45に記録して本処理は終了する。

【0061】

なお、定常化条件は、試料の材質によって異なる。そのため、試料の材質ごとに定常化条件を求め、記憶部45に記録するようにしても良い。

50

## 【 0 0 6 2 】

以上説明したように、本実施形態の荷電粒子線検査装置では、第1のコンデンサレンズに供給する励磁電流を、測定時に供給する励磁電流よりも低い電流にして、第1のコンデンサレンズの焦点距離を長くしている。その結果、ビーム制御板に照射される電子ビームの面積を狭くし、ビーム制御板の開口を通過する電子ビームを相対的に測定時よりも大きくしている。これにより、試料上に照射される電子ビームの電流量を大きな値としている。このように調整された大電流の電子ビームを所定の時間照射することにより、短時間で試料表面の帯電を定常化することが可能になる。その結果、電子ビームの軌道が一定になり、精度良く試料上のパターンの寸法測定を行うことが可能となる。

## 【 0 0 6 3 】

また、本実施形態では、上記した電位定常化をするために、所望の定常化時間に対する第1及び第2のコンデンサレンズに供給する電流の値（定常化条件）を予め求め、試料毎の定常化条件を記憶部45に記憶している。この記憶部45に格納された定常化条件を参照して荷電粒子線検査装置が自動的に定常化処理を行うため、ユーザの手間を大幅に低減することが可能となる。

## 【 0 0 6 4 】

（荷電粒子線検査方法）

次に、本実施形態の荷電粒子線検査装置100を用いて試料7上の電位を定常化して試料7の測長を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。なお、測定対象とする各試料について、測定点や定常化条件は予め記憶部45に格納されているものとする。

## 【 0 0 6 5 】

まず、ステップS20において、試料7を試料室16に搬入する。

## 【 0 0 6 6 】

次のステップS21では、制御部20が当該試料の測定点を記憶部45から抽出し、その測定点に偏向コイル3を制御して照射位置を移動させる。

## 【 0 0 6 7 】

次のステップS22からステップS24では、試料7表面の定常化処理を行う。

## 【 0 0 6 8 】

ステップS22では、記憶部45から当該試料7に対する定常化条件を抽出する。

## 【 0 0 6 9 】

次のステップS23では、抽出した定常化条件の励磁電流に従って、第1及び第2のコンデンサレンズCL1、CL2に供給する電流を調整する。

## 【 0 0 7 0 】

次のステップS24では、抽出した定常化条件の電子ビーム照射時間に従って、試料7上に電子ビームを照射する。

## 【 0 0 7 1 】

次のステップS25では、定常化処理を実施した後、試料7表面の帯電が定常化した状態で、第1及び第2のコンデンサレンズCL1、CL2に供給する電流値をそれぞれ校正時の値に変更し、ステップS26において、試料7の測定を実施する。

## 【 0 0 7 2 】

上記ステップS21からステップS26を繰り返し実行し、試料7内の測定点のすべてを測定する。

## 【 0 0 7 3 】

次のステップS27では、測定を終了した試料7を試料室16から取り出す。

## 【 0 0 7 4 】

次のステップS28では、すべての試料7の測定が終了したか否かを判定する。測定が終了していなければ、ステップS20に戻り、測定を継続する。

## 【 0 0 7 5 】

以上説明したように、本実施形態の荷電粒子線検査装置を用いた測定方法では、試料に

10

20

30

40

50

形成されたパターンの寸法の測定に先立って、試料上の測定点を中心に表面電位を定常化している。この電位定常化をするために、予め求めて記憶部45に格納された定常化条件を参照して自動的に各試料に対して最適な定常化処理を行った後、試料の測定を行うようにしている。これにより、試料の表面電位が所望の短時間で定常化され、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。さらに、記憶部45に格納された定常化条件を参照して荷電粒子線検査装置が自動的に定常化処理を行うため、ユーザの手間を大幅に低減することが可能となる。

【0076】

なお、本実施形態では、荷電粒子線検査装置をパターンの寸法測定に適用した場合について説明したが、これに限らず、例えば、半導体基板上に形成された素子パターンの欠陥検出に適用することも可能である。

10

【0077】

また、本実施形態では、試料の表面電位を定常化させるための照射時間を求める場合に、校正試料を用いたが、校正試料に代えて測長対象の試料7を適用し、最初に照射時間を求めても良い。照射時間の特定は、試料7に対して電子ビームを照射して各々測長値を求め、得られた複数回の測長値において、相対的な測長変動量が許容可能な変動量以下となる照射時間を求めることによって行う。

【0078】

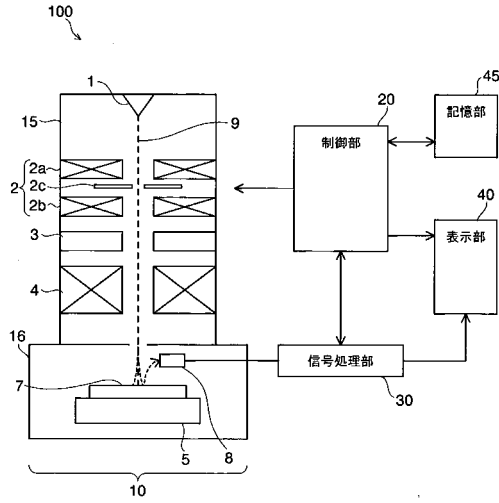
また、定常化する照射領域は、測長対象の試料7における測長領域に対して、測長値の差分が許容可能な変動量以下となるような、必要最小限の領域としても良い。これにより、定常化する照射時間を最小にすることができる。

20

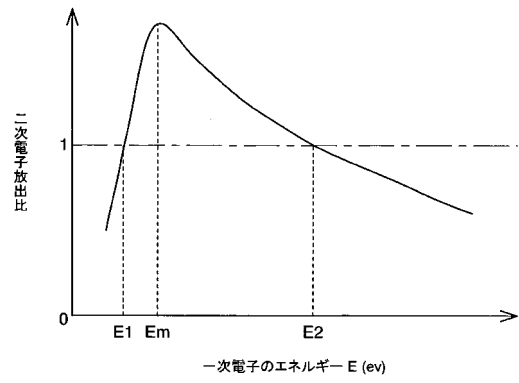
【0079】

また、試料7表面電位の定常化において、試料7上で焦点が合うように、第1及び第2のコンデンサレンズCL1、CL2、対物レンズCL3の焦点条件を制御するようにしても良い。また、試料7上で電子ビームが拡散されるように第1及び第2のコンデンサレンズCL1、CL2、対物レンズCL3の焦点条件を制御するようにしても良い。この場合には、試料7に与える局所的なダメージを防止することができる。

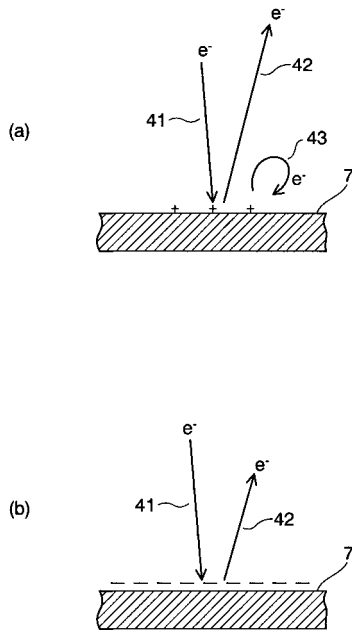
【図1】



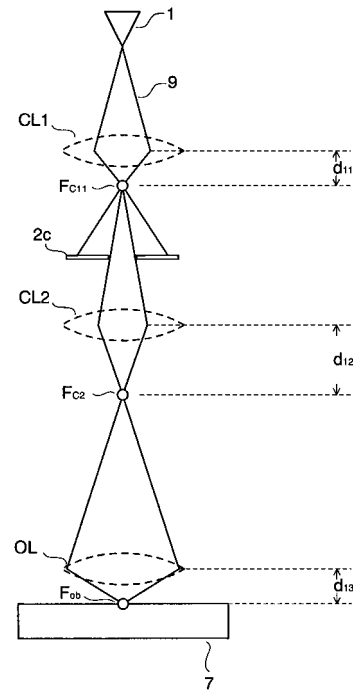
【図2】



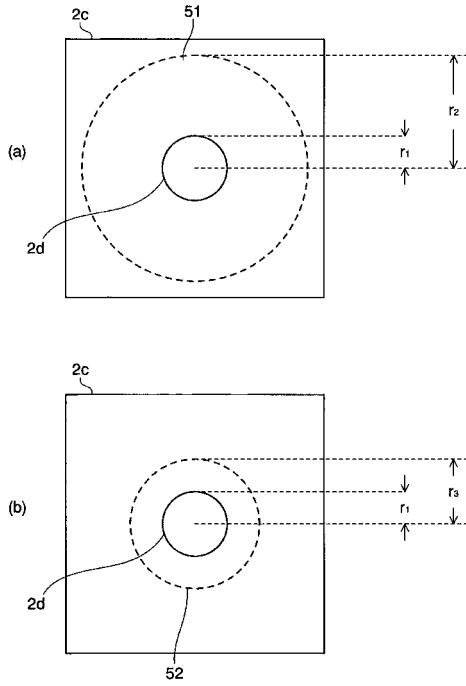
【図3】



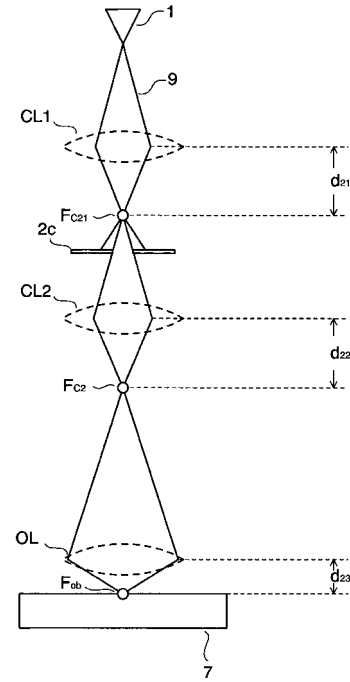
【図4】



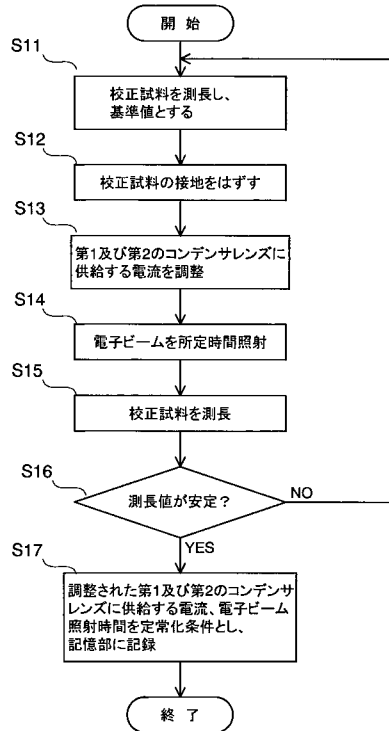
【図5】



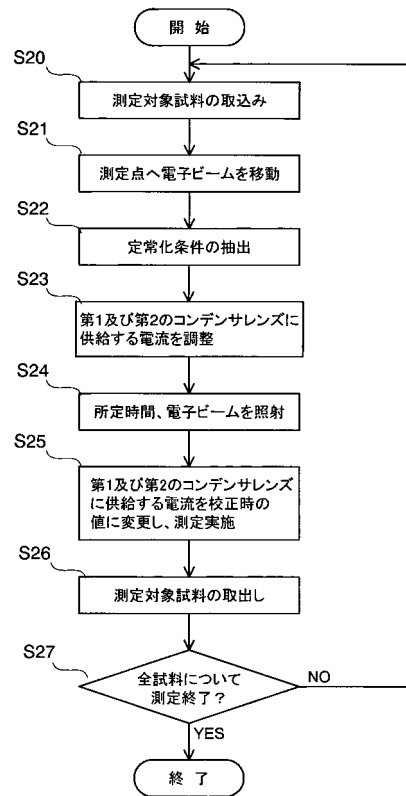
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-203241(JP,A)  
特開2002-118158(JP,A)  
特開2004-014485(JP,A)  
特開2007-109490(JP,A)  
特開平05-151927(JP,A)  
特開2003-142019(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/20、37/28  
G01B 15/00  
G21K 5/04