

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5361137号  
(P5361137)

(45) 発行日 平成25年12月4日(2013.12.4)

(24) 登録日 平成25年9月13日(2013.9.13)

(51) Int.Cl. F I  
**GO 1 B 15/00 (2006.01)** GO 1 B 15/00 K  
**GO 1 N 23/225 (2006.01)** GO 1 N 23/225

請求項の数 7 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-49357 (P2007-49357)</p> <p>(22) 出願日 平成19年2月28日 (2007.2.28)</p> <p>(65) 公開番号 特開2008-215824 (P2008-215824A)</p> <p>(43) 公開日 平成20年9月18日 (2008.9.18)</p> <p>審査請求日 平成21年6月17日 (2009.6.17)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 501387839 株式会社日立ハイテクノロジーズ 東京都港区西新橋一丁目24番14号</p> <p>(74) 代理人 110000198 特許業務法人湘洋内外特許事務所</p> <p>(72) 発明者 早田 康成 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内</p> <p>(72) 発明者 中山 義則 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内</p> <p>(72) 発明者 小柳 肇 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム測長装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子ビームを試料に照射走査し、該試料からの二次粒子から得られるデータに基づいて、試料中の部分の寸法データを得る荷電粒子ビーム測長装置において、

校正用標準材は、

互いに幅寸法が異なる複数の校正マーク部材を有する第一及び第二校正用標準部材を有し、該第一校正用標準部材の複数の校正マーク部材の高さと該第二校正用標準部材の複数の校正マーク部材の高とは異なり、

前記荷電粒子ビーム測長装置は、

試料の高さを検出する高さ検出手段と、

前記校正用標準材の各校正マーク部材の幅の寸法データが記憶されている第一の記憶手段と、

前記校正用標準材を照射走査して得られた該校正用標準材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データ毎に、該実測寸法データと前記記憶手段に記憶されている複数の寸法データのうちの対応寸法データとの非線形な差を求める誤差算出手段と、

前記校正用標準材を照射走査して得られた該校正用標準材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データと、前記誤差算出手段により求められた対応誤差との関係、又は各実測寸法データと、前記誤差算出手段により求められた対応誤差で補正した後の補正後幅寸法データとの関係を求める関係生成手段と、

前記関係生成手段で求められた前記関係が記憶される第二の記憶手段と、

10

20

前記荷電粒子ビームを試料に照射走査して得られた実測寸法データを、前記第二の記憶手段に記憶された前記関係を用いて補正する補正手段と、を備え、

前記第一の記憶領域には、前記第一校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各寸法データ及び該校正マーク部材の高さと、前記第二校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各寸法データ及び該校正マーク部材の高さが記憶されており、

前記誤差算出手段は、前記第一校正用標準部材を照射走査して得られた該第一校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データ毎に、該実測寸法データと前記記憶手段に記憶されている複数の寸法データのうちの対応寸法データとの差を求めると共に、前記第二校正用標準部材を照射走査して得られた該第二校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データ毎に、該実測寸法データと前記記憶手段に記憶されている複数の寸法データのうちの対応寸法データとの差を求め、

10

前記関係生成手段は、

前記第一校正用標準部材を照射走査して得られた該第一校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データと前記誤差算出手段により求められた対応誤差との第一関係  $a$  を求めると共に、前記第二校正用標準部材を照射走査して得られた該第二校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データと前記誤差算出手段により求められた対応誤差との第一関係  $b$  を求める第一関係生成手段と、

前記第一関係  $a$  及び該第一関係  $a$  を求める際に用いた前記第一校正用標準部材の高さと、前記第一関係  $b$  及び該第一関係  $b$  を求める際に用いた前記第二校正用標準部材の高さとを用いて、実測寸法データと試料高さと前記誤差算出手段により求められた対応誤差との第二関係を求める、又は、実測寸法データと試料高さと前記誤差算出手段により求められた対応誤差で補正した後の補正後寸法データとの第二関係を求める第二関係生成手段と、

20

を有し、

前記第二の記憶手段は、前記第二関係生成手段で求められた前記第二関係が記憶され、前記補正手段は、前記荷電粒子ビームを試料に照射走査して得られた実測寸法データと、前記高さ検出手段で検出された該試料の高さと前記第二の記憶手段に記憶された前記第二関係とを用いて補正する、

ことを特徴とする荷電粒子ビーム測長装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の荷電粒子ビーム測長装置において、前記校正用標準材を備えている、ことを特徴とする荷電粒子ビーム測長装置。

30

【請求項 3】

請求項 1 に記載の荷電粒子ビーム測長装置において、前記校正用標準材は、複数の前記校正マーク部材の各寸法が予め定められた寸法になっており、複数の前記校正マーク部材は急峻な界面を有する、ことを特徴とする荷電粒子ビーム測長装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の荷電粒子ビーム測長装置において、前記校正用標準材は、複数の前記校正マーク部材のうちの隣り合っている 2 つの校正マーク部材の間に配置され、該 2 つの校正マーク部材の間隔を保持する間隔保持部材を備え、前記間隔保持部材は、前記校正マーク部材と異なる物質で形成されている、ことを特徴とする荷電粒子ビーム測長装置。

40

【請求項 5】

請求項 4 に記載の荷電粒子ビーム測長装置において、前記校正用標準材は、前記校正マーク部材の表面と、前記間隔保持部材の表面であって、該校正マーク部材の該表面と同じ側の表面との間には、段差がある、

50

ことを特徴とする荷電粒子ビーム測長装置。

【請求項6】

請求項4及び5のいずれか一項に記載の荷電粒子ビーム測長装置において、前記校正用標準材は、前記校正マーク部材と前記間隔保持部材とのうち、一方の部材がシリコンを含み、他方の部材がモリブデンを含む、ことを特徴とする荷電粒子ビーム測長装置。

【請求項7】

請求項3から6のいずれか一項に記載の荷電粒子ビーム測長装置において、前記校正用標準材を二つ備え、二つの前記校正用標準材のうち、第一の校正用標準部材は、該第一の校正用標準部材の複数の前記校正マーク部材の並んでいる方向が、第二の校正用標準部材の複数の前記校正マーク部材の並んでいる方向に対して、垂直な方向成分を含む方向である、又は、該第一の校正用標準部材の前記校正マーク部材の高さが、第二の校正用標準部材の前記校正マーク部材の高さと異なる、ことを特徴とする荷電粒子ビーム測長装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子ビームを試料に照射走査し、該試料からの二次粒子から得られるデータに基づいて、試料中の部分の寸法データを得る荷電粒子ビーム測長装置、この装置での寸法校正方法、この装置及びその方法で用いられる校正用標準材に関する。

【背景技術】

【0002】

荷電粒子ビーム測長装置では、校正用標準材を用いて、試料の測長結果を校正している。この校正技術に関しては、例えば、以下の特許文献1に記載されているものがある。

【0003】

この特許文献1では、校正用標準材として、シリコン基板上に、エッチング等で、一定幅で一定ピッチの溝を複数形成したものをを用いている。この特許文献1に記載の技術では、この校正用標準部材の所定数の溝の間隔を測長し、この測長結果と実際の校正用標準部材の所定数の溝の間隔との誤差を求め、実際に試料を測長した際には、寸法の変化に対して誤差が線形変化するものとして、測長で得られた寸法を校正している。

【0004】

【特許文献1】特開2005 - 241328号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

荷電粒子ビームによる測長技術では、常に、より正確に測長できることが望まれている。

【0006】

そこで、本発明は、このような要望に応えるべく、測長により得られた寸法データをより精密に校正することができる荷電粒子ビーム測長装置、この装置での寸法データの校正方法、この装置及びその方法で用いられる校正用標準材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】

【0007】

前記問題点を解決するために、荷電粒子ビームを試料に照射走査し、該試料からの二次粒子から得られるデータに基づいて、試料中の部分の寸法データを得る荷電粒子ビーム測長装置において、校正用標準材は、互いに幅寸法が異なる複数の校正マーク部材を有する第一及び第二校正用標準部材を有し、該第一校正用標準部材の複数の校正マーク部材の高

10

20

30

40

50

さと該第二校正用標準部材の複数の校正マーク部材の高さとは異なり、前記荷電粒子ビーム測長装置は、試料の高さを検出する高さ検出手段と、前記校正用標準材の各校正マーク部材の幅の寸法データが記憶されている第一の記憶手段と、前記校正用標準材を照射走査して得られた該校正用標準材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データ毎に、該実測寸法データと前記記憶手段に記憶されている複数の寸法データのうちの対応寸法データとの非線形な差を求める誤差算出手段と、前記校正用標準材を照射走査して得られた該校正用標準材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データと、前記誤差算出手段により求められた対応誤差との関係、又は各実測寸法データと、前記誤差算出手段により求められた対応誤差で補正した後の補正後幅寸法データとの関係を求める関係生成手段と、前記関係生成手段で求められた前記関係が記憶される第二の記憶手段と、前記荷電粒子ビームを試料に照射走査して得られた実測寸法データを、前記第二の記憶手段に記憶された前記関係を用いて補正する補正手段と、を備え、前記第一の記憶領域には、前記第一校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各寸法データ及び該校正マーク部材の高さと、前記第二校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各寸法データ及び該校正マーク部材の高さとが記憶されており、前記誤差算出手段は、前記第一校正用標準部材を照射走査して得られた該第一校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データ毎に、該実測寸法データと前記記憶手段に記憶されている複数の寸法データのうちの対応寸法データとの差を求めると共に、前記第二校正用標準部材を照射走査して得られた該第二校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データ毎に、該実測寸法データと前記記憶手段に記憶されている複数の寸法データのうちの対応寸法データとの差を求め、前記関係生成手段は、前記第一校正用標準部材を照射走査して得られた該第一校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データと前記誤差算出手段により求められた対応誤差との第一関係 a を求めると共に、前記第二校正用標準部材を照射走査して得られた該第二校正用標準部材の複数の校正マーク部材の幅の各実測寸法データと前記誤差算出手段により求められた対応誤差との第一関係 b を求める第一関係生成手段と、前記第一関係 a 及び該第一関係 a を求める際に用いた前記第一校正用標準部材の高さと、前記第一関係 b 及び該第一関係 b を求める際に用いた前記第二校正用標準部材の高さとを用いて、実測寸法データと試料高さ前記誤差算出手段により求められた対応誤差との第二関係を求める、又は、実測寸法データと試料高さ前記誤差算出手段により求められた対応誤差で補正した後の補正後寸法データとの第二関係を求める第二関係生成手段と、を有し、前記第二の記憶手段は、前記第二関係生成手段で求められた前記第二関係が記憶され、前記補正手段は、前記荷電粒子ビームを試料に照射走査して得られた実測寸法データを、前記高さ検出手段で検出された該試料の高さと前記第二の記憶手段に記憶された前記第二関係とを用いて補正する、ことを特徴とする。

【0009】

前記問題点を解決するための荷電粒子ビーム測長装置の前記校正用標準材は、複数の前記校正マーク部材の各寸法が予め定められた寸法になっており、複数の前記校正マーク部材は急峻な界面を有することを特徴とする。

【0010】

なお、前記校正用標準材を寸法データの校正に用いる場合には、複数の前記校正マーク部材の寸法は、荷電粒子の入射ビーム径の2倍以上であることが好ましい。また、前記校正用標準材を荷電粒子の入射ビーム径の測定に用いる場合には、複数の前記校正マーク部材の寸法は、荷電粒子の入射ビーム径の2倍以下であることが好ましい。

【0011】

また、前記校正用標準材の表面であって、複数の前記校正マーク部材が並んでいる方向に広がっている表面の面積は、荷電粒子ビームの照射により発生する二次粒子から得られる二次元分布データのデータ取得領域の面積以上であることが好ましい。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、互いに幅寸法の異なる複数の校正マーク部材の幅を実測したときの各

10

20

30

40

50

実測値に対する誤差に基づいて、校正関数を定め、この校正関数により試料の実測値を補正しているため、実測値の変化に対して誤差が非線形であっても、より精密に実測値を校正することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明に係る各種実施形態について、図面を用いて説明する。

【0014】

まず、本発明に係る第一の実施形態について、図1～図6を用いて説明する。

【0015】

本実施形態の荷電粒子ビーム測長装置は、電子ビームを試料に照射走査して、この試料からの二次電子（又は反射電子）に基づいて、試料の部分の寸法を計測する走査電子顕微鏡である。

10

【0016】

この走査電子顕微鏡は、図1に示すように、試料Mに電子ビームを照射走査して、この試料からの二次電子を検出する電子光学系10と、各種電源回路等21～27と、試料Mが搭載されるステージ30と、試料M等を外部から搬送してステージ30上に搭載する搬送装置（図示されていない）、電子光学系10で検出された二次電子データを画像処理する画像処理装置50と、各種電源回路等21～27や画像処理装置50や搬送装置を制御する統合制御装置60と、統合制御装置60からの出力を表示する一方で統合制御装置60へ指示を与える入出力装置65と、を備えている。

20

【0017】

電子光学系10は、電子ビームを発生する電子銃11と、電子ビームを集束させるコンデンサレンズ12と、電子ビームを試料M上で走査するための偏向器13と、電子ビームを試料M上で合焦させる対物レンズ14と、試料Mからの二次電子を検出する検出器15と、試料Mの高さを検出する高さセンサ16と、を備えている。

【0018】

各電源回路等21～27としては、電子銃11を駆動制御する電子銃電源回路21と、コンデンサレンズ12を駆動制御するコンデンサレンズ電源回路22と、偏向器13を駆動制御する偏向器電源回路23と、対物レンズ14を駆動制御する対物レンズ電源回路24と、高さセンサ16を駆動制御すると共に高さセンサ16からのアナログ信号をデジタル信号に変換するセンサコントローラ26と、ステージ30を駆動制御するステージコントローラ27と、を備えている。以上の電源回路等21～27は、いずれも、統合制御装置60からの制御信号を受信する。なお、センサコントローラ26は、統合制御装置60からの制御信号を受信すると共に、前述したように、高さセンサ16からのアナログ信号をデジタル信号に変換し、これを統合制御装置60へ送信する。

30

【0019】

画像処理装置50は、検出器15からの二次電子データから二次電子画像を取得する画像取得部51と、この二次電子画像から所定部分の寸法を測定する寸法測定部52と、後述の校正用標準材40の寸法の実測値Lとその公証値Lnとの差を求める減算器54と、減算器54による減算結果に基づいて試料Mに関する実測値Laを補正するための校正関数を求める校正関数生成部55と、試料Mに関する実測値Laを校正関数を用いて補正する補正部56と、各種データを記憶しておく記憶部57と、寸法測定部52で測定された測定データの送信先を減算器54と補正部56とのうちの一方に選択的に切り替える切替器53と、備えている。

40

【0020】

記憶部57は、校正用標準材40の公証値Lnが記憶されている公証値記憶領域58と、校正関数生成部55が生成した校正関数が記憶される校正関数記憶領域59と、を有している。

【0021】

なお、この画像処理装置50及び統合制御装置60は、コンピュータであり、各種演算

50

を実行するCPU、メモリ、外部記憶装置、入力インタフェース、出力インタフェース等を有して構成されている。したがって、画像処理装置50の各機能部51～56は、いずれも、外部記憶装置又はメモリに記憶されているプログラムをCPUが実行することで機能する。また、画像処理装置50の記憶部57は、外部記憶装置又はメモリを有して構成されている。

【0022】

また、入出力装置65もコンピュータであり、各種演算を実行するCPU、メモリ、外部記憶装置、入力インタフェース、出力インタフェースの他、各種データを表示する表示装置、各種指示等を受け付ける入力装置を備えている。

【0023】

校正用標準材40は、図2に示すように、校正用標準部材41と、これが固定されるベース45とを有している。校正用標準部材41は、複数の校正マーク部材42a, 42b, ...と、校正マーク部材42a, 42b, ...の相互間の間隔を保持する間隔保持部材43, 43, ...と、端部形成部材44, 44とを有している。複数の校正用マーク42a, 42b, ...は、一定の方向に一定の間隔を保って並んでおり、この並んでいる方向の幅 $L_{n1}$ ,  $L_{n2}$ , ...が互いに異なっている。この実施形態で、複数の校正マーク部材42a, 42b, ...は、幅 $L_{n1}$ ,  $L_{n2}$ , ...が10nmから10nm単位で200nmのものまである。一方、複数の間隔保持部材43, 43, ...の幅は、いずれも30nmである。

【0024】

校正マーク部材42a, 42b, ... (以下では、必要ない限り、単に、42とする)の表面のうち、並んでいる方向に対して平行な一的面(以下、照射面とする)42sは、この照射面42sと平行な間隔保持部材43の面(以下、照射面とする)43sとは、並んでいる方向に対して垂直な方向にズレており、校正マーク部材42の照射面42sに対して間隔保持部材43の照射面43sが凹んでいる。間隔保持部材43の照射面43sから校正マーク部材42の照射面42sまでの段差量、つまり高さ差 $h$ と、校正マーク部材42の幅 $L_n$ とのアスペクト比( $h/L_n$ )は、間隔保持部材43に対する校正マーク部材42の凸部分の倒れを防ぐ意味で、2以下が好ましい。そこで、本実施形態では、高さ差 $h$ を20nmとし、アスペクト比( $h/L_{n1}=20/10=2$ )を最大でも2以下にしている。

【0025】

本実施形態では、複数の校正マーク部材42a, 42b, ...及び端部形成部材44, 44がモリブデンで形成され、複数の間隔保持部材43, 43, ...がシリコンで形成されている。

【0026】

この校正用標準部材41は、スパッタ等により、モリブデンとシリコンの多層膜部材を形成し、シリコン膜に対して各層が並んでいる方向に対して垂直な方向にエッチングを施して、モリブデン膜の端面に対してシリコン膜の端面に段差を生じさせたものである。

【0027】

この校正用標準部材41は、シリコン等で形成されたベース45に固定されている。

【0028】

校正用標準材40の複数の校正マーク部材42a, 42b, ...の各幅の寸法 $L_{n1}$ ,  $L_{n2}$ , ...は、透過電子顕微鏡の格子像により精密に計測され、この値が公証値として、記憶部57の公証値記憶領域58に記憶される。なお、各校正マーク部材42a, 42b, ...の各幅の寸法 $L_{n1}$ ,  $L_{n2}$ , ...は、光干渉やAFM(Atomic Force Microscope)で精密に計測することも可能である。

【0029】

ところで、本実施形態において、各部材42, 43をモリブデンとシリコンで形成するのは、以下の理由による。

【0030】

1) モリブデンとシリコン中のケイ素とは、原子番号の差が大きく、反射電子信号コン

10

20

30

40

50

トラストを得易い。

【0031】

2) スパッタにより均一厚みの多層膜の形成が可能である。

【0032】

3) 急峻な界面が得られる。

【0033】

4) 高い選択比を得られるエッチング液が存在する。

【0034】

従来の校正用標準材は、前述したように、シリコン基板上に、エッチング等で、一定幅で一定ピッチの溝を複数形成したものである。この校正用標準材では、凸部分と凹部分との高さ差により、両者からの反射電子信号相互のコントラストを確保している。しかしながら、コントラストを確保するために凸部分と凹部分との高さ差を一定以上確保しつつ、より精密な校正を行うために凸部分の幅を縮めると、凸部分の倒れが起こり易くなり、凸部分の幅を狭くするには一定の限界がある。これに対して、本実施形態では、凸部分と凹部分との高さ差により、両者からの反射電子信号相互のコントラストを得つつも、凸部分を形成する物質（モリブデン）と凹部分を形成する物質（シリコン）とを異ならせることでも、両者からの反射電子信号相互のコントラストを得ているため、凸部分と凹部分との高さ差を従来技術よりも小さくしても、十分なコントラストを得られる。このため、本実施形態では、凸部分の幅を狭くしても、凸部分の倒れを回避することができる。すなわち、本実施形態では、従来技術よりも、凸部分の幅を狭めることができる。

10

20

【0035】

また、本実施形態では、モリブデンとシリコンとのうち、シリコンをエッチングしているが、モリブデンをエッチングしてもよい。この場合、シリコンの剛性が高いことから、アスペクト比を大きくすることができるという利点がある。しかし、この場合、校正マーク部材を形成するシリコンからの反射電子信号自体が低減するので、このように、モリブデンをエッチングする方法は、ビームのチルト角を測定するときのように、高アスペクト比が要求される校正に向いている。

【0036】

次に、本実施形態の走査電子顕微鏡の動作について、図3に示すフローチャートに従って説明する。

30

【0037】

まず、校正前処理を行うか試料Mの実測処理を行うかの指示を入出力装置65で受け付ける(S0)。校正前処理を行う場合、統合制御装置60は、図示されていない搬送装置に指示を与え、ステージ30の所定位置に校正用標準材40をセットさせた後、この校正用標準材40上に電子ビームが照射されるようステージ30を移動させる(S1)。また、統合制御装置60は、画像処理装置50の切換器53に指示を与え、画像処理装置50の寸法測定部50で得られた寸法データが減算器54へ送られるようにしている。

【0038】

続いて、統合制御装置60は、電子銃電源回路21に指示を与え、電子銃11から電子ビームを出力させ(S2)、入出力装置65が受け付けた倍率になるように、偏向器電源回路23に指示を与え、倍率を受付倍率に設定する(S3)。この際、オペレータは、この校正前処理後に行う実測処理で採用する倍率を入出力装置65に入力することが好ましい。統合制御装置60は、次に、コンデンサレンズ電源回路22、偏向器電源回路23、対物レンズ電源回路24等に指示を与え、校正用標準材40上に電子ビームを合焦させると共に、この校正用標準材40上に電子ビームを照射走査させる(S4)。

40

【0039】

この結果、校正用標準材40から二次電子が放出され、この二次電子が検出器15により捕らえられる。この検出器15からの二次電子データは、画像処理装置50の画像取得部51へ送られ、そこで二次電子像が生成される(S5)。この二次電子像では、図4に示すように、校正マーク部材42の幅方向のエッジ部分がホワイトバンドと呼ばれるピー

50

クとして現れる。画像処理装置 50 の寸法測定部 52 は、このホワイトバンド間を測定し、各校正マーク部材 42 の幅寸法を得ている (S6)。

【0040】

なお、入射ビーム径に対して、校正マーク部材 42 の幅が 2 倍以上なければ、ホワイトバンドが消失するので、本実施形態では、3 nm の入射ビーム径に対して、校正マーク部材 42 の幅  $L_n$  を、最小でも 10 nm にしている。

【0041】

寸法測定部 52 で得られた寸法データは、切換器 53 を介して、減算器 54 に送られ、そこで、公証値記憶領域 58 に記憶されている公証値  $L_n$  との差が求められる (S7)。電子ビームは、校正用標準材 40 の第一校正マーク部材 42 a の表面から、第二校正マーク部材 42 b の表面へと順次照射されるように、統合制御装置 60 により制御される。このため、寸法測定部 52 からは、第一校正マーク部材 42 a の幅寸法  $L_1$  から第二校正マーク部材 42 b の幅寸法  $L_2$  へと順次出力される。減算器 54 は、この順序に従い、公証値記憶領域 58 に記憶されている複数の公証値  $L_{n1}$ ,  $L_{n2}$ , ... のうちから、第一校正マーク部材 42 a の公証値  $L_{n1}$  から第二校正マーク部材 42 b の公証値  $L_{n2}$  へと順次抽出し、実測幅寸法  $L_1$ ,  $L_2$ , ... に対して、対応する公証値  $L_{n1}$ ,  $L_{n2}$ , ... を減算している。

【0042】

実測幅寸法  $L_1$ ,  $L_2$ , ... と公証値  $L_{n1}$ ,  $L_{n2}$ , ... との減算処理 (S7) が終了すると、校正関数生成部 55 は、この減算結果に基づいて、試料 M に関する実測値  $L_a$  を補正するための校正関数  $f$  を求め、この校正関数  $f$  とこのときの倍率  $M$  とを対応付けて、校正関数記憶領域 59 に格納する (S8)。

【0043】

図 5 に示すように、仮に、幅の公証値  $L_n$  が 20 nm, 50 nm, 100 nm, 150 nm の校正マーク部材 42 を実測した結果、実測値  $L_a$  として、24.5 nm, 53.2 nm, 102.0 nm, 151.30 nm が得られたとする。この場合、実測値  $L_a$  (24.5 nm, 53.2 nm, 102.0 nm, 151.30 nm) から、対応公証値公証値  $L_n$  (20 nm, 50 nm, 100 nm, 150 nm) を減算して得れる差  $e$  は、4.5 nm、3.2 nm、2.0 nm、1.3 nm である。この実測値  $L_a$  と差  $e$  との関係は、図 6 に示すように、線形関係ではない、つまり非線形関係であるため、ここでは、二次関数でフィッティングし、 $e = e(L_a)$  の関数を得る。なお、本実施形態で、実測値  $L_a$  と差  $e$  との非線形関係は、多層膜を利用して、極めて小さい形状の寸法により寸法校正を行うようにしたことで見出されたと考えられる。

【0044】

ところで、公証値  $L_n$  と実測値  $L_a$  と差  $e$  との関係は、以下の式を満たす。

【0045】

$$L_a = L_n + e$$

そこで、この式中の  $e$  に、関数  $e(L_a)$  を代入して、公証値  $L_n$  について解くと、実測値  $L_a$  を変数とする、以下の式が得られる。

【0046】

$$L_n = L_a - e(L_a)$$

本実施形態では、この式を以下に示すように、校正関数  $f$  とし、校正関数記憶領域 59 に格納している。

【0047】

$$L_p = L_a - e(L_a) = f(L_a)$$

校正関数  $f$  が校正関数記憶領域 59 に格納されると (S8)、統合制御装置 60 は、入出力装置 65 に、「他の倍率で校正前処理を実行するか?」を表示させる。入出力装置 65 が他の倍率で校正前処理を実行する旨を受け付けると (S9)、ステップ 3 に戻って、統合制御装置 60 は新たな倍率を設定して、この倍率での校正関数を求める。また、入出力装置 65 が他の倍率で校正前処理を実行しない旨を受け付けると (S9)、ステップ 1

10

20

30

40

50



0に進み、統合制御装置60は、入出力装置65に、「実測処理を実行するか？」を表示させる。入出力装置65が実測処理を行わない旨を受け付けると(S10)、一連の処理が終了する。また、入出力装置65が実測処理を行う旨を受け付けると(S10)、実測処理を開始し、統合制御装置60は、図示されていない搬送装置に指示を与え、ステージ30の所定位置に試料Mをセットさせた後(S20a)、この試料M上に電子ビームが照射されるようステージ30を移動させる(S20b)。また、統合制御装置60は、実測処理を開始するにあたり、画像処理装置50の切換器53に指示を与え、画像処理装置50の寸法測定部50で得られた寸法データが補正部56へ送られるようにしている。

【0048】

統合制御装置60は、続いて、前述のステップ3,4と同様に、倍率設定(S22)、電子ビーム制御(S23)を行う。そして、画像処理装置50は、前述のステップ5,6と同様に、二次電子像取得(S24)、寸法実測(S25)を行う。但し、このステップ24では、試料Mの所定領域内の二次電子像を取得し、ステップ25では、この所定領域内の所定部分の寸法実測を行う。

【0049】

寸法測定部52で得られた試料Mの実測寸法データLaは、切換器53を介して、補正部56に送られる。補正部56は、統合制御装置60からステップ22で設定した倍率データを取得し、この倍率に対応した校正関数 $f(La)$ を校正関数記憶領域59から抽出する(S26)。なお、設定倍率と同一倍率での校正関数が校正関数記憶領域59に格納されていない場合には、補正部56は、設定倍率に最も近い倍率での校正関数を構成関数記憶領域59から抽出する。補正部56は、抽出した校正関数 $f(La)$ に、寸法測定部52から送られてきた実測寸法データLaを代入し、この実測寸法データLaを補正する(S27)。そして、補正後の寸法データLpを、統合制御装置60を介して入出力装置65へ出力する(S28)。

【0050】

入出力装置65が、補正後の寸法データLpを表示した後、この試料Mの他の部分の寸法実測の指示を受け付けると(S29)、再び、ステップ22bに戻り、他の部分の寸法実測をしない旨の指示を受け付けると、一連の処理が終了する。

【0051】

また、ステップ0で、入出力装置65が、試料Mの実測処理を行う旨の指示を受け付けると、統合制御装置60は、搬送装置により、ステージ30の所定位置に試料Mをセットさせた後、この試料Mに電子ビームが照射されるようステージ30を移動させる(S20)。この際、統合制御装置60は、画像処理装置50の切換器53に指示を与え、画像処理装置50の寸法測定部50で得られた寸法データが減算器54へ送られるようにしている。

【0052】

続いて、統合制御装置60は、電子銃電源回路21に指示を与え、電子銃11から電子ビームを出力させた後(S21)、前述のステップ22に進む。

【0053】

校正前処理(S1~S10)に続いて、実測処理(S20a, 20b, 22~S29)を行う場合、前述したように、オペレータが、校正前処理での倍率設定(S3)で、実測処理で採用する倍率を入出力装置65に入力すれば、ステップ8では、実測処理で採用する倍率での校正関数を得ることができる。しかしながら、直ちに、実測処理(S20, 21, 22~29)を行う場合には、校正関数記憶領域59には、実測時に採用する倍率での校正関数が格納されていない可能性がある。このような場合、補正部56は、前述したように、設定倍率に最も近い倍率での校正関数を構成関数記憶領域59から抽出する。

【0054】

以上のように、本実施形態では、互いに幅寸法の異なる校正マーク部材42を実測したときの各実測値に対する誤差に基づいて、校正関数を定め、この校正関数により試料Mの実測値を補正しているため、実測値の変化に対して誤差が非線形であっても、より精密に

10

20

30

40

50

実測値を校正することができる。

【0055】

なお、本実施形態では、校正関数記憶領域59に、校正関数  $f(La) = La - e(La)$  を格納しておき、補正部56では、試料Mの実測値  $La$  をこの校正関数に代入して、実測値  $La$  を補正しているが、校正関数記憶領域59に、関数  $e(La)$  を格納しておき、補正部56では、試料Mの実測値  $La$  をこの関数  $e(La)$  に代入して、公証値に対する実測値の差  $e$  を求めてから、実測値  $La$  から差  $e$  を減算して、実測値  $La$  を補正するようにしてもよい。

【0056】

また、本実施形態では、校正関数を記憶領域に記憶しておき、これを用いて実測値  $La$  を補正しているが、校正関数の代わりに、各実測値  $La$  と補正後の値  $Lp$  との関係、又は各実測値と誤差  $e$  との関係を数値として、テーブルで管理しておき、このテーブルに示されている数値を用いて、実測値  $La$  を補正するようにしてもよい。

10

【0057】

さらに、本実施形態では、各倍率毎に、実測値  $La$  を変数とする校正関数を求め、各倍率毎の校正関数を記憶領域に格納しているが、実測値  $La$  のみならず、倍率  $M$  も変数とする校正関数を求め、この校正関数を記憶領域に格納するようにしてもよい。

【0058】

また、本実施形態では、所定の方向に校正マーク部材42が並んでいる校正用標準部材41を有する校正用標準材40を用いているが、校正マーク部材42が並んでいる方向が互いに  $90^\circ$  を成す二つの校正用標準部材41、41を有する校正用標準材を用いれば、ステージ30の上面に対して平行な面内で、一方向の寸法校正のみならず、この一方向に対して垂直な方向の寸法校正も行うことができることは言うまでもない。

20

【0059】

次に、図7～図10を用いて、本発明に係る第二の実施形態について説明する。

【0060】

本実施形態の校正用標準材40Aは、図8に示すように、第一校正用標準部材41Aと第二校正用標準部材41Bと、これらが固定されるベース45とを備えている。

【0061】

第一校正用標準部材41Aと第二校正用標準部材41Bとは、いずれも、第一の実施形態における校正用標準部材41の構成と基本的に同一であるが、ベース45から第一校正用標準部材41Aの照射面42sまでの高さ  $H1$  と、ベース45から第二校正用標準部材41Bの照射面42sまでの高さ  $H2$  とが異なっている。両校正用標準部材41A、41Bの高さの差  $H$  は、この実施形態では、 $100\mu\text{m}$  である。

30

【0062】

このように、本実施形態では、第一の実施形態と異なる校正用標準材40Aを用いるので、走査電子顕微鏡においても、実測値の補正を行う画像処理装置の構成が第一の実施形態の画像処理装置と異なる。なお、画像処理装置のハード構成、その他の装置の構成は第一の実施形態と同様である。

【0063】

本実施形態の画像処理装置50aは、図7に示すように、検出器15からの二次電子データから二次電子画像を取得する画像取得部51と、この二次電子画像から所定部分の寸法を測定する寸法測定部52と、校正用標準材40Aの寸法の実測値  $L$  とその公証値  $Ln$  との差を求める減算器54と、実測値  $La$  を変数とする第一校正関数を求める第一校正関数生成部55aと、実測値  $La$  及び試料Mの高さ  $H$  を変数とする第二校正関数を求める第二校正関数生成部55bと、試料Mに関する実測値  $La$  を第二校正関数を用いて補正する補正部56aと、各種データを記憶しておく記憶部57aと、寸法測定部52で測定された測定データの送信先を減算器54と補正部56とのうちの一方に選択的に切り替える切換器53と、備えている。

40

【0064】

50

記憶部 5 7 は、校正用標準材 4 0 A の公証値  $L_n$  が記憶されている公証値記憶領域 5 8 a と、第一校正関数生成部 5 6 a が生成した第一校正関数が記憶される第一校正関数記憶領域 5 9 a と、第二校正関数生成部 5 6 b が生成した第二校正関数が記憶される第二校正関数記憶領域 5 9 b と、を有している。公証値記憶領域 5 8 a には、校正用標準材 4 0 A の第一校正用標準部材 4 1 A の各校正マーク部材 4 2 の幅の公証値及びその高さ、校正用標準材 4 0 A の第二校正用標準部材 4 1 B の各校正マーク部材 4 2 の幅の公証値及びその高さとが記憶されている。

【 0 0 6 5 】

次に、本実施形態の走査電子顕微鏡の動作について、図 9 に示すフローチャートに従って説明する。

10

【 0 0 6 6 】

本実施形態においても、図 3 を用いて説明した第一の実施形態と同様に、校正前処理を行うか試料 M の実測処理を行うかの指示受付 ( S 0 ) が行われる。そして、校正前処理を行う旨の指示を受けた場合、第一の実施形態と同様に、標準材セット・ステージ移動 ( S 1 )、電子ビーム生成 ( S 2 )、倍率設定 ( S 3 )、電子ビーム制御 ( S 4 )、二次電子像取得 ( S 5 )、各校正用マーク部材 4 2 の幅の実測 ( S 6 )、各校正用マーク部材 4 2 の幅の実測値と対応公証値との差の算出 ( S 7 ) が行われる。但し、本実施形態では、ステップ 4 で、電子ビームが第一校正用標準部材 4 1 A 上に照射される関係で、ステップ 7 では、第一校正用標準部材 4 1 A の各校正用マーク部材 4 2 の幅の実測値と対応公証値との差の算出が行われる。

20

【 0 0 6 7 】

続いて、第一校正関数生成部 5 5 a は、第一校正関数を求め、これを第一校正関数記憶領域 5 9 a に格納する ( S 8 a )。第一校正関数は、第一の実施形態での校正関数の求め方と同様の方法で求められる。但し、ここでは、第一校正関数として、実測値を変数  $L_a$  として、差  $e$  を求める関数  $e ( L_a )$  が求められる。

【 0 0 6 8 】

第一校正関数生成部 5 5 a は、次に、2 つの第一校正関数を求めたか否かについて判断し ( S 9 a )、2 つの校正関数を求めている場合には、第二校正用標準部材 4 1 B を電子ビームで走査するよう統合制御装置 6 0 へ指示を与える。この指示により、再び、ステップ 4 に戻り、ステップ 5 , 6 , 7 を経て、ステップ 8 a で、第一校正関数生成部 5 5 a により、第二校正用標準部材 4 1 B の各校正マーク部材 4 2 の実測に基づく第一校正関数が求められ、この第一校正関数が第一校正関数記憶領域 5 9 a に格納される。そして、再び、第一校正関数生成部 5 5 a は、2 つの第一校正関数を求めたか否かについて判断し ( S 9 a )、2 つの第一校正関数を求めた場合には、その旨を第二校正関数生成部 5 5 b に通知する。この通知を受けた第二校正関数生成部 5 5 b は、第一校正関数記憶領域 5 9 a に格納される 2 つの第一校正関数を用いて、第二校正関数を求め、これを第二校正関数記憶領域 5 9 b に格納する ( S 8 b )。

30

【 0 0 6 9 】

ここで、第二校正関数の求め方について、図 1 0 を用いて説明する。

【 0 0 7 0 】

前述した二回のステップ 8 a での処理により、高さ  $H_1$  の第一校正用標準部材 4 1 A の各校正マーク部材 4 2 の幅の実測に基づく第一校正関数  $e_{H_1} = e_{H_1} ( L_a )$  が求められると共に、高さ  $H_2$  の第二校正用標準部材 4 1 B の各校正マーク部材 4 2 の実測に基づく第一校正関数  $e_{H_2} = e_{H_2} ( L_a )$  が求められる。実測値が同じ場合、高さ  $H$  と差  $e$  との関係は、一次関数でフィッティングできるため、本実施形態の場合、この一次関数を求めて、実測値  $L_a$  と高さ  $H$  とを変数として、差  $e$  を求める関数  $e = e ( L_a , H )$  を生成する。そして、以下の式を二次校正関数  $g$  とする。

40

【 0 0 7 1 】

$$L_p = L_a - e ( L_a , H ) = g ( L_a , H )$$

第二校正関数  $g$  が求められると ( S 8 b )、第一の実施形態と同様に、実測処理の指示

50

を受け付けたか否かを判断 ( S 1 0 )、実測処理の指示を受け付けなかった場合には、処理終了、実測処理の指示を受け付けた場合には、試料Mのセット ( S 2 0 a )、ステージ移動 ( S 2 0 b ) が行われる。

【 0 0 7 2 】

統合制御装置 6 0 は、次に、高さセンサ 1 6 に試料Mの高さを検知させる ( S 2 1 a )。以下、第一の実施形態と同様に、倍率設定 ( S 2 2 )、電子ビーム制御 ( S 2 3 )、二次電子像取得 ( S 2 4 )、寸法実測 ( S 2 5 ) が行われる。寸法測定部 5 2 による寸法実測 ( S 2 5 ) で得られた寸法データは、切換器 5 3 を介して、補正部 5 6 a に送られる。

【 0 0 7 3 】

この補正部 5 6 a は、寸法測定部 5 2 から実測値  $L_a$  を取得すると共に、統合制御装置 6 0 からステップ 2 1 a で得られた試料Mの高さ  $H$  を取得する。続いて、補正部 5 6 a は、第二校正関数記憶領域 5 9 a から第二校正関数  $g ( L_a , H )$  を抽出し、この第二校正関数  $g ( L_a , H )$  に実測値  $L_a$  及び試料Mの高さ  $H$  を代入し、実測寸法データ  $L_a$  を補正する ( S 2 7 a )。そして、補正後の寸法データ  $L_p$  を、統合制御装置 6 0 を介して入出力装置 6 5 へ出力する ( S 2 8 )。

【 0 0 7 4 】

入出力装置 6 5 が、補正後の寸法データ  $L_p$  を表示した後、第一の実施形態と同様に、この試料Mの他の部分の寸法実測の指示を受け付けると ( S 2 9 )、再び、ステップ 2 2 b に戻り、他の部分の寸法実測をしない旨の指示を受け付けると、一連の処理が終了する。

【 0 0 7 5 】

以上のように、本実施形態でも、互いに幅寸法の異なる校正マーク部材 4 2 を実測したときの各実測値に対する誤差に基づいて、校正関数を定め、この校正関数により試料Mの実測値を補正しているため、実測値の変化に対して誤差が非線形であっても、より精密に実測値を校正することができる。しかも、本実施形態では、試料Mの高さに応じて、試料Mの実測値を補正しているため、極めて精密に実測値を補正することができる。

【 0 0 7 6 】

なお、本実施形態では、第二校正関数記憶領域 5 9 b に、第二校正関数  $g ( L_a , H ) = L_a - e ( L_a , H )$  を格納しておき、補正部 5 6 a では、試料Mの実測値  $L_a$  及び高さ  $H$  をこの校正関数に代入して、実測値  $L_a$  を補正しているが、校正関数記憶領域 5 9 に、関数  $e ( L_a , H )$  を格納しておき、補正部 5 6 では、試料Mの実測値  $L_a$  及び高さ  $H$  をこの関数  $e ( L_a , H )$  に代入して、公証値に対する実測値の差  $e$  を求めてから、実測値  $L_a$  から差  $e$  を減算して、実測値  $L_a$  を補正するようにしてもよい。

【 0 0 7 7 】

また、以上の第二の実施形態では、倍率に応じた補正を行っていないが、第一の実施形態と同様に、倍率に応じた補正も併せて行うようにすることが好ましい。

【 0 0 7 8 】

また、以上の実施形態では、いずれも、校正用標準材 4 0 , 4 0 A を用いて、校正関数を求めているが、予めこの校正関数を記憶部に格納しておき、この校正関数で実測値を補正するようにしてもよい。

【 0 0 7 9 】

また、以上の各実施形態では、実測値  $L_a$  の補正のみに、校正用標準材 4 0 , 4 0 A を用いているが、校正用標準材は、実測値の補正以外に、入射ビーム径、入射ビームのチルト角を求める際にも用いることができる。入射ビーム径を求める場合には、複数の校正マーク部材の幅を、ビーム径の 2 倍以下、望むらくは 1 倍以下のとする。この場合、校正マーク部材の二次電子像には、前述したホワイトバンドが現れれず、なだらかな山形、言い換えるとガウス関数的な形状の像が得られ、この山型の特徴量からビーム径を求めることができる。また、入射ビームのチルト角を求める場合には、以上の実施形態と同様の校正用標準材を用いる。この場合、左右のホワイトバンドの幅の差からビームのチルト角を求める。

10

20

30

40

50

## 【図面の簡単な説明】

【0080】

【図1】本発明に係る第一の実施形態における走査電子顕微鏡の構成を示す説明図である。

【図2】本発明に係る第一の実施形態における校正用標準材の模式的な斜視図である。

【図3】本発明に係る第一の実施形態における走査電子顕微鏡の動作を示すフローチャートである。

【図4】本発明に係る第一の実施形態における校正用標準材の二次電子像を示す説明図である。

【図5】本発明に係る第一の実施形態における各校正マーク部材の幅の公証値とその実測値との関係を示すグラフである。

10

【図6】本発明に係る第一の実施形態における実測値と誤差との関係を示すグラフである。

【図7】本発明に係る第二の実施形態における走査電子顕微鏡の構成を示す説明図である。

【図8】本発明に係る第二の実施形態における校正用標準材の模式的な斜視図である。

【図9】本発明に係る第二の実施形態における走査電子顕微鏡の動作を示すフローチャートである。

【図10】本発明に係る第二の実施形態における実測値と試料高さとの関係を示すグラフである。

20

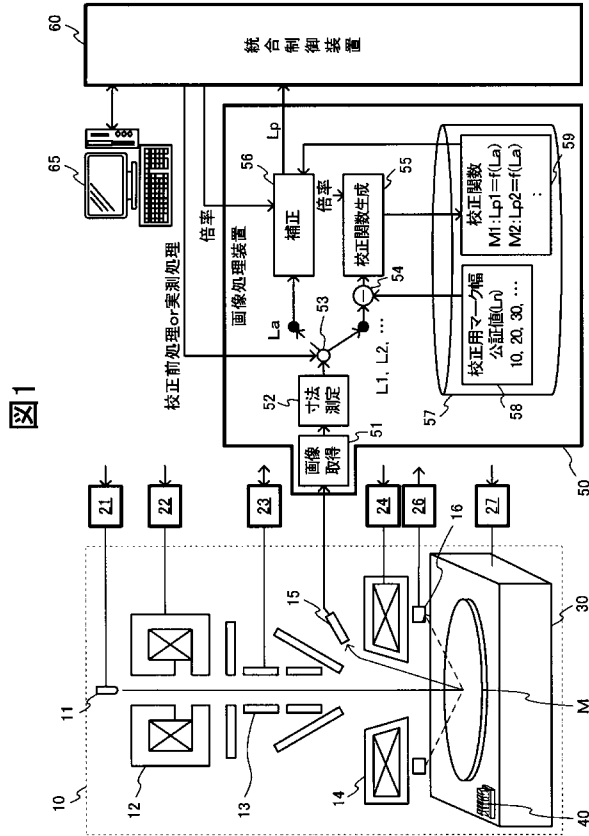
## 【符号の説明】

【0081】

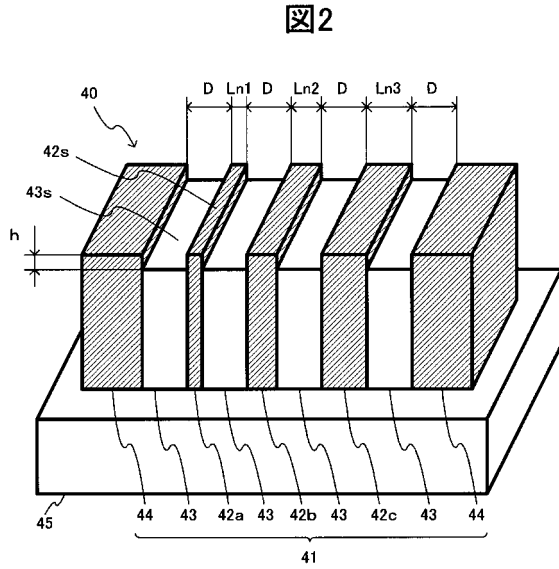
10：電子光学系、11：電子銃、12：コンデンサレンズ、13：偏向器、14：対物レンズ、15：検出器、16：高さセンサ、30：ステージ、40, 40A：校正用標準材、41, 41A, 41B：校正用標準部材、42：校正マーク部材、43：間隔保持部材、50：画像処理装置、51：画像取得部、52：寸法測定部、53：切換器、54：減算器、55：校正関数生成部、55a：第一校正関数生成部、55b：第二校正関数生成部、56：補正部、57, 57a：記憶部、58, 58a：公証値記憶領域、59：校正関数記憶領域、59a：第一校正関数記憶領域、59b：第二校正関数記憶領域、60：統合制御装置、65：入出力装置

30

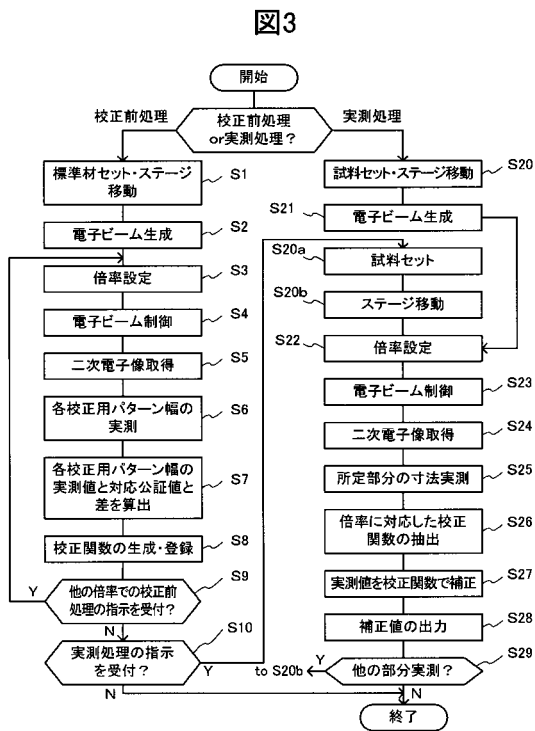
【図1】



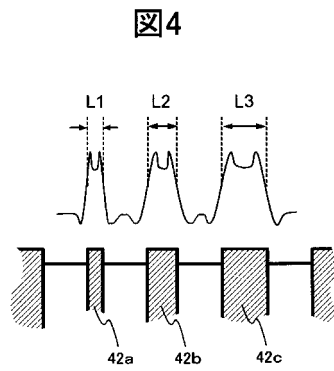
【図2】



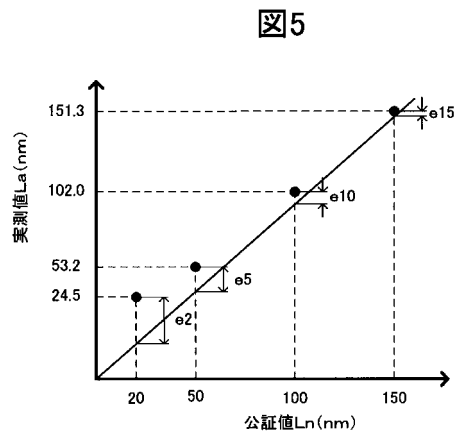
【図3】



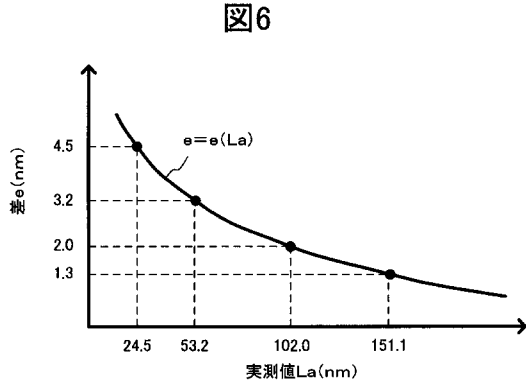
【図4】



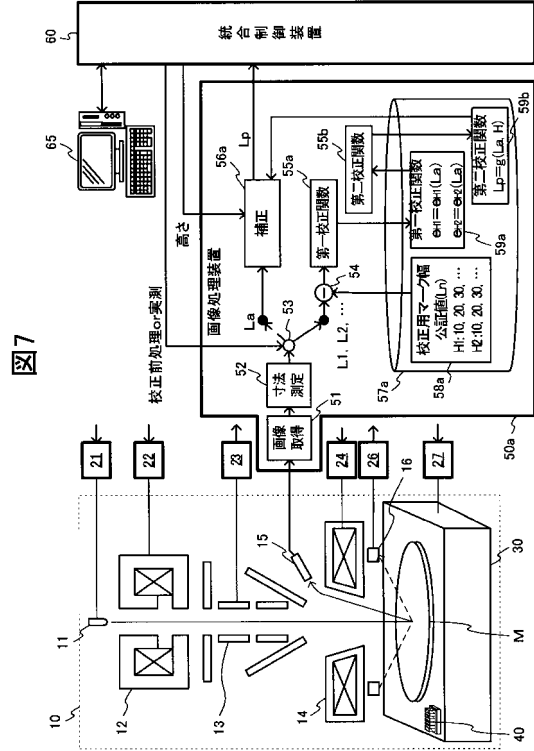
【図5】



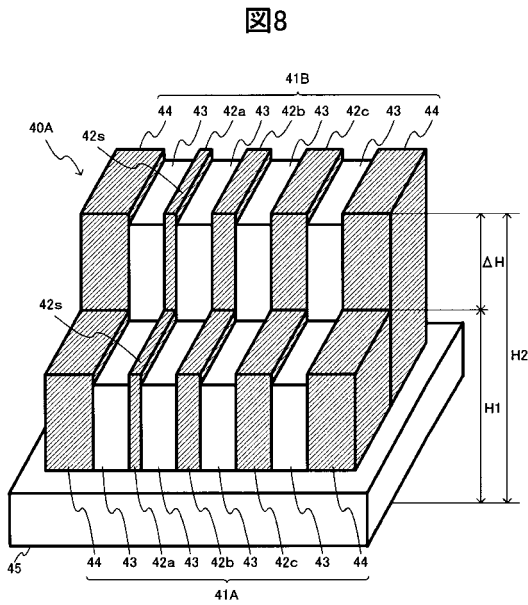
【 図 6 】



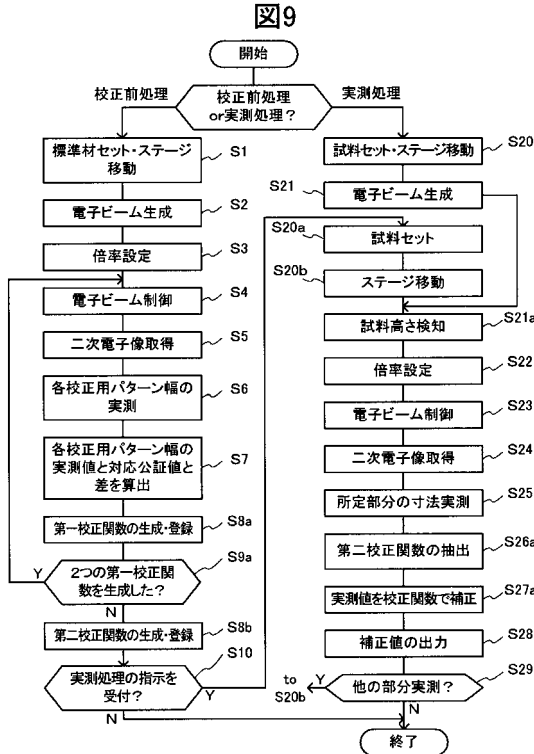
【 図 7 】



【 図 8 】

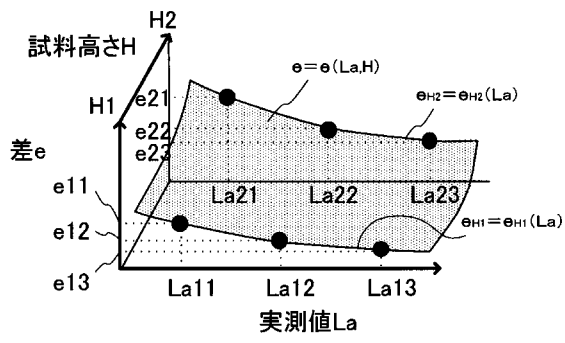


【 図 9 】



【図10】

図10





---

フロントページの続き

(72)発明者 人見 敬一郎

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 神谷 健一

(56)参考文献 米国特許第06570157(US, B1)

特開平07-218201(JP, A)

特開平08-031363(JP, A)

特開2005-241328(JP, A)

特開昭52-090960(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 15/00 - 15/08

H01J 37/00 - 37/36