

(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2016-178037

(P2016-178037A)

(43) 公開日 平成28年10月6日(2016.10.6)

| (51) Int.Cl. | | F I | テーマコード (参考) | | | | |
|---------------|--------------|------------------|-------------|-------|---------|-----------|-----------|
| HO 1 J | 37/22 | (2006.01) | HO 1 J | 37/22 | 5 O 2 F | 2 F O 6 7 | |
| HO 1 J | 37/28 | (2006.01) | HO 1 J | 37/28 | | B | 5 C O 3 3 |
| GO 1 B | 15/00 | (2006.01) | HO 1 J | 37/22 | 5 O 2 H | | |
| GO 1 B | 15/04 | (2006.01) | GO 1 B | 15/00 | | K | |
| | | | GO 1 B | 15/04 | | K | |

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2015-58593 (P2015-58593)
 (22) 出願日 平成27年3月20日 (2015. 3. 20)

(71) 出願人 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
 (74) 代理人 110001689
 青稜特許業務法人
 (72) 発明者 池田 一樹
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 (72) 発明者 李 ウェン
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内
 (72) 発明者 川野 源
 東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム装置及び荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法並びに画像処理装置

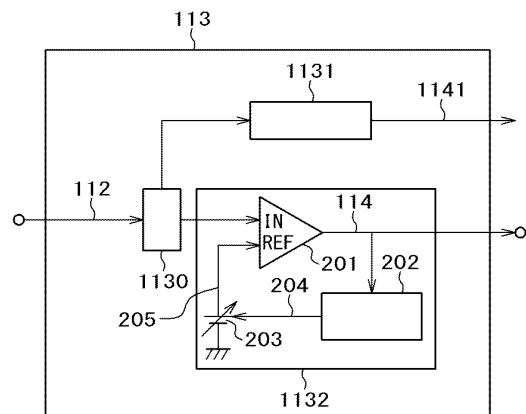
(57) 【要約】

【課題】 荷電粒子ビーム装置において、微細なパターンからの微小な二次荷電粒子検出信号からノイズ成分を除去して、コントラストが良く、視認性のよい画像を取得できるようにする。

【解決手段】 荷電粒子ビーム装置を、収束させた荷電粒子ビームを試料の表面に照射して走査する荷電粒子光学系と、荷電粒子光学系により荷電粒子ビームが照射された試料から発生した二次荷電粒子を検出する検出部と、検出部の検出信号を受けて試料の画像を生成する画像生成部と、画像生成部で生成した画像を処理する画像処理部と、画像処理部で処理して結果を表示する表示部とを備えて構成し、画像生成部は、検出部の検出信号のうちのパルス信号成分の累積ヒストグラム情報を作成し、この作成した累積ヒストグラム情報を用いてパルス信号検出の閾値を設定し、この設定したしきい値よりも大きい検出信号をパルス信号として出力するパルスカウント方式信号処理部を備えて構成した。

【選択図】 図2

図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

収束させた荷電粒子ビームを試料の表面に照射して走査する荷電粒子光学系と、
前記荷電粒子光学系により荷電粒子ビームが照射された前記試料から発生した二次荷電粒子を検出する検出部と、
前記検出部の検出信号を受けて前記試料の画像を生成する画像生成部と、
前記画像生成部で生成した画像を処理する画像処理部と、
前記画像処理部で処理して結果を表示する表示部と
を備えた荷電粒子ビーム装置であって、

前記画像生成部は、

前記検出部の検出信号のうちのパルス信号成分の累積ヒストグラム情報を作成し、前記作成した累積ヒストグラム情報を用いてパルス信号検出の閾値を設定し、前記設定したしきい値よりも大きい検出信号をパルス信号として出力するパルスカウント方式信号処理部を有する

ことを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の荷電粒子ビーム装置であって、

前記画像生成部は、パルスカウント画像生成部を更に有し、前記パルスカウント方式信号処理部から出力されたパルス信号情報を用いてパルス信号成分に基づく画像を生成することを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の荷電粒子ビーム装置であって、

前記パルスカウント方式信号処理部は、前記荷電粒子光学系で前記収束させた荷電粒子ビームを試料の表面の所定の領域に照射して走査することを複数回繰返したときに前記前記パルスカウント方式信号処理部から出力された複数のフレーム分のパルス信号情報から各フレームの対応する位置にパルス数をカウントするパルスカウント部と、

前記パルスカウント部でカウントしたパルス数の情報から画像の明るさ諧調を設定する明るさ諧調設定部と、

前記パルスカウント部でカウントした前記複数のフレームの各位置ごとのパルス数の情報と前記諧調設定部で設定した画像の明るさ諧調の情報を用いて画像を生成する画像生成部と、

を備えることを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項 4】

請求項 1 記載の荷電粒子ビーム装置であって、

前記画像生成部は前記検出部の検出信号のうち低周波成分の信号を処理して画像を生成するアナログ方式信号検出部と、

アナログ方式信号検出部で生成した画像を積算する積算画像合成部と、

をさらに備えることを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の荷電粒子ビーム装置であって、

前記画像処理部は、前記画像生成部で形成した画像を処理して、前記試料に形成されたパターンの寸法を計測し、前記表示部は、前記画像処理部で計測した前記パターンの寸法に関する情報を表示することを特徴とする荷電粒子ビーム装置。

【請求項 6】

荷電粒子光学系により収束させた荷電粒子ビームを試料の表面に照射して走査し、

前記荷電粒子ビームが照射された前記試料から発生した二次荷電粒子を検出部で検出し、

前記二次荷電粒子を検出した検出部の検出信号を受けて画像生成部で前記試料の画像を形成し、

前記画像生成部で生成した画像を画像処理部で処理し、

10

20

30

40

50

前記画像処理部で処理した結果を表示部に表示する
荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法であって、

前記画像形成部で画像を形成することを、

前記検出部からの検出信号のうちのパルス信号成分の累積ヒストグラム情報を作成し、
前記作成した累積ヒストグラム情報を用いてパルス信号検出の閾値を設定し、前記設定したしきい値よりも大きい検出信号をパルス信号として抽出し、前記抽出したパルス信号の
情報を用いてパルス信号成分に基づく画像を形成する

ことを特徴とする荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法。

【請求項 7】

請求項 6 記載の荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法であって、

10

前記パルス信号成分に基づく画像を形成することを、

前記荷電粒子光学系で前記収束させた荷電粒子ビームを試料の表面の所定の領域に照射
して走査することを複数回繰返して得られる複数のフレーム分のパルス信号情報から各フ
レームの対応する位置のパルス数をカウントし、

前記カウントしたパルス数の情報から画像の明るさ諧調を設定し、

前記複数のフレームの各位置ごとのパルス数の情報と前記設定した画像の明るさ諧調の
情報を用いて画像を生成する、

ことにより行うことを特徴とする荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法。

【請求項 8】

請求項 6 記載の荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法であって、

20

前記画像形成部で画像を形成することが、前記検出部の検出信号のうち低周波成分の信
号を処理して画像を生成し、前記生成した画像を積算して画像を合成することをさらに含
むことを特徴とする荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法。

【請求項 9】

請求項 6 記載の荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法であって、

前記画像処理部で画像を処理することは、前記画像形成部で形成した画像を処理して、
前記試料に形成されたパターンの寸法を計測し、前記表示部は、前記画像処理部で計測し
た前記パターンの寸法に関する情報を表示することを含むことを特徴とする荷電粒子ビー
ム装置を用いた画像の生成方法。

【請求項 10】

30

荷電粒子ビーム装置で収束させた荷電粒子ビームを試料の表面に照射して走査すること
により前記試料から発生した二次荷電粒子を検出器で検出した信号を受けて前記試料の画
像を生成する画像処理装置であって、

前記検出部の検出信号のうちのパルス信号成分の累積ヒストグラム情報を作成し、前記
作成した累積ヒストグラム情報を用いてパルス信号検出の閾値を設定し、前記設定したし
きい値よりも大きい検出信号をパルス信号として出力するパルスカウント方式信号処理部
と、

前記パルスカウント方式信号処理部から出力されたパルス信号情報を用いてパルス信号
成分に基づく画像を生成するパルスカウント画像生成部と、

を有することを特徴とする画像処理装置。

40

【請求項 11】

請求項 10 記載の画像処理装置であって、前記パルスカウント方式信号処理部は、

前記荷電粒子光学系で前記収束させた荷電粒子ビームを試料の表面の所定の領域に照射
して走査することを複数回繰返したときに前記前記パルスカウント方式信号処理部から出
力された複数のフレーム分のパルス信号情報から各フレームの対応する位置にパルス数を
カウントするパルスカウント部と、

前記パルスカウント部でカウントしたパルス数の情報から画像の明るさ諧調を設定する
明るさ諧調設定部と、

前記パルスカウント部でカウントした前記複数のフレームの各位置ごとのパルス数の情
報と前記諧調設定部で設定した画像の明るさ諧調の情報を用いて画像を生成する画像生成

50

部と、
を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 0 記載の画像処理装置であって、前記画像生成部は前記検出部の検出信号のうち低周波成分の信号を処理して画像を生成するアナログ方式信号検出部と、アナログ方式信号検出部で生成した画像を積算する積算画像合成部とをさらに備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 0 記載の画像処理装置であって、
前記画像生成部で形成した画像を処理して、前記試料に形成されたパターンの寸法を計測し、前記表示部は、前記画像処理部で計測した前記パターンの寸法に関する情報を表示する画像処理部をさらに備えることを特徴とする画像処理装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、試料上に形成された微細なパターンを計測、観察又は検査するための荷電粒子ビーム装置及び荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法並びに画像処理装置に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

試料上に形成された微細なパターンを計測、観察又は検査するための荷電粒子ビーム装置では、試料に荷電粒子ビームを照射した際に発生する二次荷電粒子を検出するために、シンチレータと光電子増倍管を組み合わせた検出器が用いられる。計測、観察又は検査対象のパターンの微細化が更に進むと、試料に荷電粒子ビームを照射した際に発生する二次荷電粒子の量が減少して、検出器に入射する二次荷電粒子が離散的になる。その結果、二次荷電粒子を検出した検出器からは、パルス状の信号が出力される。

20

【0 0 0 3】

この検出器から出力されたパルス状の信号を処理する方法の一方式として、パルスカウンティング方式がある。このパルスカウンティング方式に係る先行技術例として、国際公開 W O 2 0 1 3 / 1 8 7 5 1 1 号明細書 (特許文献 1)、特開平 0 8 - 0 6 2 2 7 4 号公報 (特許文献 2) 及び特開 2 0 1 1 - 1 7 5 8 1 1 号公報 (特許文献 3) に記載されているような技術がある。

30

【0 0 0 4】

特許文献 1 では、以下の内容が記載されている。「簡単な操作で微量の光の信号成分と暗電流に起因するノイズの信号成分とを弁別することができる光信号検出回路、光量検出装置、および荷電粒子線装置を提供すること。データ処理部 (4 4 1) が、アンプ (4 1) および A / D 変換部 (4 2) により変換された光量に応じたデジタル電圧信号からパルスを検出してパルスの最大電圧値である波高値を求め、求めた波高値ごとの出現頻度を頻度数記憶領域 (4 5 1) に記憶させ、データ解析部 (4 4 2) が、頻度数記憶領域 (4 5 1) に記憶された波高値に対応付けられた当該波高値の出現頻度のうち、波高値の値が小さいものから順に当該波高値の出現頻度と予め定められた頻度下限値とを比較し、比較の結果出現頻度が頻度下限値以下となった波高値の値をパルス判定しきい値とし、しきい値処理部 (4 3) が、パルス判定しきい値以上のデジタル電圧信号を検出信号として出力する。」

40

特許文献 2 では、以下の内容が記載されている。「入力は、比較器 2 に於て、閾値 V_{th} と比較される。閾値設定回路 1 が、閾値 V_{th} を随時決定している。閾値 V_{th} を越える入力 V_j に対して、比較器 2 は読み込み信号 3 を発生する。閾値 V_{th} を入力信号の大きさ、頻度に応じて変更し、閾値 V_{th} 以上の入力信号の単位時間内の数が常にある範囲内に収まるようにする。ノイズレベルが低い場合は閾値 V_{th} が低くなり、低レベルノイズも通して計測するので、測定器の故障でないことが分かる。ノイズが大きい場合は閾値 V_{th} を上げて

50

、ノイズの入るのを抑制する。この場合でも、部分放電の信号は落とさないで計測することができる。」

特許文献3では、「出力信号が当該検出器へ一つの荷電粒子が入射される状態における出力信号であるか、検出器へ複数の荷電粒子が入射される状態における出力信号であるかを判定する判定部と、出力信号が検出器へ一つの荷電粒子が入射される状態における出力信号であると判断された場合には、パルスカウント法による信号処理により画像形成を行い、出力信号が検出器へ複数の荷電粒子が入射される状態における出力信号であると判断された場合には、アナログ法による信号処理により画像形成を行う演算部を備えた」荷電粒子線装置について記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】国際公開WO2013/187511号明細書

【特許文献2】特開平08-062274号公報

【特許文献3】特開2011-175811号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

半導体製造プロセスにおいて、半導体基板（ウェハ）上に形成される回路パターンの微細化が急速に進んでおり、それらのパターンが設計通りに形成されているか否か等を監視するプロセスモニタリングの重要性が益々増加している。例えば、半導体製造プロセスにおける異常や不良（欠陥）の発生を早期に或いは事前に検知するために、各製造工程の終了時に、ウェハ上の回路パターン等の計測及び検査が行われる。

【0007】

上記計測・検査の際、走査型電子ビーム方式を用いた電子顕微鏡装置（SEM）などの計測検査装置及び対応する計測検査方法においては、対象のウェハ（試料）に対して電子ビーム（電子線）を走査（スキャン）しながら照射し、これにより発生する二次電子・反射などのエネルギーを検出する。そしてその検出に基づき信号処理・画像処理などにより画像（計測画像や検査画像）を生成し、当該画像に基づいて計測、観察又は検査が行われる。

【0008】

例えば、回路パターンにおける欠陥の検査を行う装置（検査装置、検査機能）の場合は、検査画像を用いて、同様の回路パターンの画像同士を比較し、それらの差が大きい箇所を欠陥として判定・検出する。また回路パターンにおける計測を行う装置（計測装置、計測機能）の場合は、二次電子・反射電子などの発生量が試料の凹凸（表面形状）によって変化するので、その二次電子などの信号の評価処理により、試料の表面形状の変化などを捉えることができる。特に、回路パターンのエッジ部で二次電子などの信号が急激に増減することを利用して、当該回路パターンの画像内でのエッジ位置を推定することで、回路パターンの寸法値などを計測することができる。そしてその計測結果に基づいて、当該回路パターンの加工の良否などを評価することができる。更に、他の検査装置で検出した欠陥を詳細に観察する装置（レビュー装置）の場合は、他の検査装置で検出した欠陥の位置座標に基づいて低倍率の二次電子像で欠陥位置を検出し、次に高倍率の二次電子像で欠陥の拡大像を撮像し、この拡大画像で欠陥を観察すると共に、拡大画像から欠陥の画像上の特徴量を抽出して欠陥の分類を行っている。

【0009】

従来例のSEM等の計測検査装置及び方法における電子ビーム走査方式について以下に説明する。例えばCD-SEM（測長SEM）における通常の走査を、TV走査またはラスト走査などと呼ぶ。またTV走査を基準としてそのn倍速とした走査をn倍速走査などと呼ぶ。従来例のラスト走査方式またはTV走査方式では、電子ビームの走査方向や走査速度、試料上に形成されたパターンの形状、大きさなどに応じて、試料の帯電量に違いが

10

20

30

40

50

生じるという課題がある。すなわち、試料の帯電量の違いにより、二次電子を検出して得た画像において、画像コントラストが低下、あるいは回路パターンのエッジが消失する等、試料表面状態の観察すなわち測定や検査の精度が低下するまたは不可能となる。この現象は、検査対象のパターンのサイズが微細化するにしたがって、より顕著に表れてくる。

【0010】

計測・検査の精度低下に対処する方法として、単位領域あたりの電子ビーム照射時間を短くし、即ち照射電荷密度を小さくし、試料の帯電量を下げる又は適切にすることが有効である。このためには、電子ビーム照射走査速度を n 倍速のように速くすること即ち高速走査を実現することが有効である。しかし、上記電子ビームの高速走査による照射電荷密度低下に伴い、試料から生じる二次電子・反射電子などの発生頻度が減少、すなわち二次電子等の検出頻度が低下する。

10

【0011】

二次電子・反射電子などの検出方式として、アナログ検出方式とパルスカウンティング方式がある。アナログ検出方式は、二次電子検出頻度が比較的高い場合に用いられ、二次電子等を信号に変換して平均化した信号強度を検出する方式である。一方、パルスカウンティング方式は、二次電子検出頻度が比較的低い場合に用いられ、二次電子等を信号に変換して二次電子数に相当する信号数を検出する方式である。二次電子等の発生頻度低下に対して、パルスカウンティング方式は、アナログ検出方式と比較して高い信号対雑音比（ S/N 比）で検出でき、低頻度の二次電子等検出に有効である。

【0012】

電子顕微鏡にパルスカウンティング方式を採用する場合、検出画像等の視認性を向上させるため、低頻度で発生する二次電子・反射電子等を漏れなく検出することが要求される。特に、深溝・深穴または高速スキャン等の条件下では、二次電子・反射電子等の発生頻度は極端に低下し、検出画像等の視認性改善に対する要求が高い。

20

【0013】

特許文献1に記載されたパルスカウンティング方式は、二次電子等を信号に変換した後、信号強度を増大または制御し、アナログ デジタル変換器（以下、ADC）で信号を検出するとともに、一定時間で検出した信号の波高値ごとに信号の出現頻度を求め、予め記憶した頻度より出現頻度が低いとき、予め記憶した値をしきい値として判定する方法である。この方法では、二次電子等の発生頻度が低下した場合、一定時間での信号の出現頻度が低下して誤ったしきい値を判定して信号を誤検出する可能性がある。

30

【0014】

特許文献2に記載された方法は、可変しきい値の比較器で信号を検出し、予め設定した検出信号数となるように、可変しきい値を判定する方法である。この方法では、二次電子等の発生頻度が低下した場合、ノイズを含めて検出するため、信号を誤検出する課題がある。すなわち、二次電子等の誤検出を生じ、検出画像等の視認性を劣化させる原因となる。

【0015】

特許文献3には、検出器からの信号収量を評価して、シングルシグナルと判定したときにはパルスカウント法による画像の作成を行い、マルチシグナルであると判定したときにはアナログ法による信号処理により画像を作成することが記載されているが、パルスカウント法においては、暗電流のピークとシングルシグナルピークとの間に設けたしきい値を超えた測定点の値を1、しきい値以下の場合には0として、各測定点の値を合計し、それをもとに明るさの諧調を決めるとしか記載されておらず、具体的に多諧調の画像を得る方法については記載されていない。

40

【0016】

本発明は、上記した従来技術の課題を解決して、微細なパターンからの微小な二次荷電粒子検出信号からノイズ成分を除去して、コントラストが良く、視認性のよい画像を取得できるようにした荷電粒子ビーム装置及び荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法並びに画像処理装置を提供するものである。

50

【課題を解決するための手段】

【0017】

上記課題を解決するために、本発明では、荷電粒子ビーム装置を、収束させた荷電粒子ビームを試料の表面に照射して走査する荷電粒子光学系と、荷電粒子光学系により荷電粒子ビームが照射された試料から発生した二次荷電粒子を検出する検出部と、検出部の検出信号を受けて試料の画像を生成する画像生成部と、画像生成部で生成した画像を処理する画像処理部と、画像処理部で処理して結果を表示する表示部とを備えて構成し、画像生成部は、検出部の検出信号のうちのパルス信号成分の累積ヒストグラム情報を作成し、この作成した累積ヒストグラム情報を用いてパルス信号検出の閾値を設定し、この設定したしきい値よりも大きい検出信号をパルス信号として出力するパルスカウント方式信号処理部を備えて構成した。

10

【0018】

また、上記課題を解決するために、本発明では、荷電粒子ビーム装置を用いた画像の生成方法を、荷電粒子光学系により収束させた荷電粒子ビームを試料の表面に照射して走査し、荷電粒子ビームが照射された試料から発生した二次荷電粒子を検出部で検出し、二次荷電粒子を検出した検出部の検出信号を受けて画像生成部で試料の画像を形成し、画像生成部で生成した画像を画像処理部で処理し、画像処理部で処理した結果を表示部に表示する方法とし、画像形成部で画像を形成することを、検出部からの検出信号のうちのパルス信号成分の累積ヒストグラム情報を作成し、この作成した累積ヒストグラム情報を用いてパルス信号検出の閾値を設定し、この設定したしきい値よりも大きい検出信号をパルス信号として抽出し、この抽出したパルス信号の情報を用いてパルス信号成分に基づく画像を形成するようにした。

20

【0019】

更に、上記課題を解決するために、本発明では、荷電粒子ビーム装置で収束させた荷電粒子ビームを試料の表面に照射して走査することにより試料から発生した二次荷電粒子を検出器で検出した信号を受けて試料の画像を生成する画像処理装置を、検出部の検出信号のうちのパルス信号成分の累積ヒストグラム情報を作成し、作成した累積ヒストグラム情報を用いてパルス信号検出の閾値を設定し、設定したしきい値よりも大きい検出信号をパルス信号として出力するパルスカウント方式信号処理部と、パルスカウント方式信号処理部から出力されたパルス信号情報を用いてパルス信号成分に基づく画像を生成するパルスカウント画像生成部とを備えて構成した。

30

【発明の効果】

【0020】

本発明のうち代表的な形態によれば、計測・検査装置において、視認性の良い計測・検査用の画像を取得することができるようになった。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の実施例1における荷電粒子ビーム装置の概略の構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施例1における荷電粒子ビーム装置の二次電子検出信号処理部の概略の構成を示すブロック図である。

40

【図3A】本発明の実施例1における荷電粒子ビーム装置の弁別しきい値を設定して検査・計測画像を取得する処理の流れを示すフローチャートである。

【図3B】本発明の実施例1における荷電粒子ビーム装置の弁別しきい値を設定して検査・計測画像を取得する処理において使用する弁別しきい値電圧のデータテーブルである。

【図4】本発明の実施例1における荷電粒子ビーム装置における弁別しきい値電圧と検出信号のカウント数の関係を示すグラフである。

【図5】本発明の実施例1における荷電粒子ビーム装置の信号処理・画像生成ブロックの概略の構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の実施例1における荷電粒子ビーム装置のユーザインタフェースを示す画

50

面の正面図である。

【図 7】本発明の実施例 2 における荷電粒子ビーム装置の二次電子検出信号処理部の概略の構成を示すブロック図である。

【図 8 A】本発明の実施例 2 における荷電粒子ビーム装置の検出器のゲインと弁別しきい値を設定して検査・計測画像を取得する処理の流れを示すフローチャートである。

【図 8 B】本発明の実施例 2 における荷電粒子ビーム装置の弁別しきい値を設定して検査・計測画像を取得する処理において使用する弁別しきい値電圧のデータテーブルである。

【図 8 C】本発明の実施例 2 における荷電粒子ビーム装置の検出器のゲインを設定して検査・計測画像を取得する処理において使用するゲイン電圧のデータテーブルである。

【図 9】本発明の実施例 2 における荷電粒子ビーム装置の検出器のゲインを変えた場合の弁別しきい値電圧と検出信号のカウント数との関係を表す累積ヒストグラムである。

10

【発明を実施するための形態】

【0022】

本発明は、微細なパターンが形成された試料の表面に荷電粒子ビームを照射し走査して、試料から発生する二次荷電粒子を検出して試料の二次荷電粒子画像を得るときに、微細なパターンからの微小な二次荷電粒子検出信号からノイズ成分を除去することにより、コントラストが良く、視認性のよい画像を取得できるようにしたものである。

【0023】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。なお、実施形態の説明するための全図において、同一部には原則として同一符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。以下、計測観察検査装置および計測観察検査方法とは、計測、観察、検査のうち何れか一つ又はそれらの組み合わせた場合を含む。

20

【実施例 1】

【0024】

本発明は、荷電粒子ビーム装置として、電子ビームを用いた装置や、イオンビームを用いた装置を対象とするが、図 1 に、荷電粒子ビーム装置の一例として、走査型電子顕微鏡 (SEM) を用いた計測観察検査システムの一部 (概略) を示す。本実施例に係る計測観察検査システム 1000 は、走査型電子顕微鏡 100 と二次電子検出信号処理部 113、信号処理・画像生成ブロック 115、コンピュータ 120 を備えて構成される。

【0025】

走査型電子顕微鏡 100 には、カラム 150 と、電子ビーム 102 を照射させる電子銃 101、コンデンサレンズ 103、ブランキング制御電極 104、アパーチャ 105、偏向器 106、対物レンズ 107、二次電子検出器 109 などで構成される電子光学系 110 を備えている。

30

【0026】

二次電子検出器 109 は、電子ビーム 102 の照射により計測観察検査の対象である試料 1 から発生した二次電子 108 を検出する。

【0027】

また、二次電子検出信号処理部 113 は、二次電子検出器 109 からの出力信号を処理し、信号処理・画像生成ブロック 115 は、二次電子検出信号処理部 113 からの出力信号を受けて画像を生成する。更に、コンピュータ 120 は、信号処理・画像生成ブロック 115 からの出力信号 116 を入力して試料 1 を計測、観察、検査の何れか、又はそれらを組合せた画像処理を行い、その結果を計測観察検査画像 121 としてユーザインタフェース画面 122 に表示する。

40

【0028】

また、走査型電子顕微鏡 100 の電子銃 101、コンデンサレンズ 103、ブランキング制御電極 104、アパーチャ 105、偏向器 106、対物レンズ 107、二次電子検出器 109 は、カラム 150 の内部に配置されており、カラム 150 の内部は、図示していない真空排気手段により、真空中に排気される。

【0029】

50

本実施例における計測観察検査システム1000は、電子ビーム102が照射された試料1から発生した二次電子108を検出した信号を処理して試料1の計測観察検査を行うものであり、二次電子108を発生頻度の多い状態から発生頻度が低い状態まで対応するものであるが、本実施例では、試料1に形成された極微細なパターン上を電子ビーム102を高速に走査して撮像する場合のような、低頻度の二次電子が発生する状態における、信号とノイズとを弁別するしきい値を判定するための構成について説明し、二次電子108を発生頻度の多い状態で検出して二次電子の信号強度を画素単位の積分値を用いて画像化するアナログ法による信号処理を行うための構成についての詳細な説明は省略する。

【0030】

図1に示した構成において、電子銃101は、一次電子ビームであるビーム102を出射する。コンデンサレンズ103は、集束レンズであり、電子銃101から出射されたビーム102を集束させる。

【0031】

ブランキング制御電極104は、ビーム102の試料1上への照射の遮断をオン/オフ制御する場合に使用される。通常、遮断オフ時には、ブランキング制御電極104間をビームがそのまま通過し、ビーム102のようにアパーチャ106を通る。遮断オン時には、ブランキング制御電極104間でビームが曲げられ、ビーム102はアパーチャ106に照射されて試料1上への照射が遮断される。アパーチャ105を通過したビーム102は、偏向器106を通じて偏向制御される。即ちビーム102は、偏向制御を含む走査制御を通じて、対物レンズ107等を経て、試料1に対して走査しながら照射される。

【0032】

試料1に対する電子ビーム102の照射により試料1から発生する二次電子108の一部は検出器109に入射して、電気信号112に変換されて検出器109から出力される。

【0033】

二次電子108が入射した検出器109で検出されたアナログ信号は、プリアンプ回路(図示せず)での電流(I) - 電圧(V)変換、及び前置増幅を経て、二次電子検出信号処理部113に入力される。二次電子検出信号処理部113では、アナログ方式信号検出部1131とパルスカウント方式信号検出部1132を経て、アナログ方式信号検出部1131で処理された画像情報とパルスカウント方式信号検出部1132で得た画像情報を、信号処理・画像生成ブロック115で合成される。

【0034】

信号処理・画像生成ブロック115で合成された画像がコンピュータ120に送られて画像処理が行われ、計測観察検査システム1000が計測機能の場合は計測画像を生成し、当該画像内の試料1に形成されたパターンの寸法値の計算などを行う。また、計測観察検査システム1000が検査機能の場合は、検査画像を生成し、当該画像内の欠陥などを検出・判定する処理などを行う。

【0035】

図2に、本実施例における、二次電子検出信号処理部113の構成を示す。二次電子検出信号処理部113は、検出器109から出力されて増幅された検出信号を受けて信号を分離する信号分離部1130と、この信号分離部1130で分離された信号のうち発生頻度が高く連続的に検出される二次電子を検出した信号を低周波アナログ信号として処理するアナログ方式信号検出部1131と、信号分離部1130で分離された信号のうち離散的に発生した二次電子の検出信号を高周波信号としてパルスカウント方式の信号処理を行うパルスカウント方式信号検出部1132を備えている。

【0036】

アナログ方式信号検出部1131は、発生頻度の多い状態で検出した二次電子108のアナログ信号を画素単位で多値のデジタル化して画像を生成する信号処理を行うもので、その詳細な説明は省略する。

【0037】

10

20

30

40

50

パルスカウント方式信号検出部 1132 は、二次電子検出器 109 から入力した信号 112 と弁別しきい値 205 を比較し、検出信号 114 を出力するコンパレータ 201、検出信号 114 から制御信号 204 を生成する累積ヒストグラム処理部 202、累積ヒストグラム処理部 202 で生成した制御信号 204 から弁別しきい値電圧 205 を生成する可変電圧源 203 を備えて構成される。

【0038】

図 3A に、二次電子検出信号処理部 113 による弁別しきい値を判定するフローチャートを示す。また、図 4 に、弁別しきい値電圧 205 と検出信号 114 のカウント数との関係を表す累積ヒストグラム 401 を示す。

【0039】

本実施例における、弁別しきい値を判定する動作について、図 3A のフロー図を用いて説明する。まず、コンピュータ 120 より走査型電子顕微鏡 100 を操作して試料 1 の計測条件および計測領域を設定する (S301)。累積ヒストグラム処理部 202 で、カウンタ i を初期値である 0 に設定し (S302)、コンピュータ 120 のメモリ (図示せず) に保存された図 3B に示すようなテーブル 320 から $i = 0$ に相当するしきい値電圧 $V_{th}(0)$ を読み出し、制御信号 204 を出力して可変電圧源 203 から弁別しきい値 205 をしきい値電圧 $V_{th}(0)$ に設定する (S303)。

【0040】

次に、試料 1 の計測領域に電子ビーム 102 を走査するようにコンピュータ 120 で偏向部 103 を制御し、発生した二次電子 108 を検出した検出器 109 からの出力信号 112 をコンパレータ 201 に入力する。コンパレータ 201 では、信号 112 と S303 で設定した弁別しきい値 205 とを比較し、信号 112 が弁別しきい値 205 よりも大きいときには出力 1、信号 112 が弁別しきい値 205 よりも小さいときには出力 0 を検出信号 114 として順次検出し、このコンパレータ 201 から出力される検出信号 114 を累積ヒストグラム処理部 202 でカウントし (S304)、そのカウント数 $CNT(0)$ をコンピュータ 120 のメモリに保存する (S305)。

【0041】

次に、累積ヒストグラム処理部 202 でカウンタ i をインクリメントし (S306)、図 3B に示すようなテーブル 320 から $i = 1$ に相当するしきい値電圧 $V_{th}(1)$ をしきい値に設定し (S307)、S304 の場合と同様に検出信号をカウントし (S308)、そのカウント数 $CNT(1)$ をメモリに保存する (S309)。このとき、制御信号 204、可変電圧源 203 弁別しきい値 205、電子ビーム 102、偏向部 106、検出器 109 等の動作は前記と同様である。累積ヒストグラム処理部 202 でカウント数 $CNT(i)$ と $CNT(i-1)$ を比較し (S310)、比較の結果が判定値以下の場合、カウンタをインクリメントし (S306)、異なるしきい値で S307、S308、S309 を実行する。比較の結果が判定値を超える場合、カウンタをデクリメントしたしきい値電圧 $V_{th}(i-1)$ を図 3B のテーブル 320 から読み出し、制御信号 204 を出力して可変電圧源 203 から弁別しきい値 205 に $V_{th}(i-1)$ を設定する (S311)。

【0042】

しきい値 $V_{th}(i-1)$ と $V_{th}(i)$ とが、図 4 のグラフの信号とノイズを含む領域 404 にあるとき、カウント数 $CNT(i-1)$ と $CNT(i)$ との差は小さい。この場合、S310 における比較の結果 (比) は予め設定した判定値以下となり、S306 に戻って図 3B のテーブル 320 から読出した ($i+1$) の弁別しきい値電圧で S307、S308、S309 を実行する。

【0043】

図 3B のテーブルに示すように、しきい値 $V_{th}(i-1)$ はしきい値 $V_{th}(i)$ よりも大きい。すなわち、 i を順次大きくしていくことはしきい値電圧を順次小さくしていくことになり、図 4 のグラフで右側から左側に向かってカウント数 $CNT(i)$ のデータを取っていくことになる。

10

20

30

40

50

【0044】

ここで、判定値は、図4で累積ヒストグラム401の曲線の信号とノイズを含む領域404における傾きとノイズ領域403における傾きの差を識別できる値、即ち、信号とノイズを含む領域404における累積ヒストグラム401の曲線の傾きが最大となる位置におけるカウント数 $CNT(i-1)$ と $CNT(i)$ の比の値よりも大きく、ノイズ領域403における累積ヒストグラム401の曲線の傾きが最少となる位置におけるカウント数 $CNT(i-1)$ と $CNT(i)$ の比の値よりも小さくなるような値に設定する。

【0045】

一方、しきい値 $V_{th}(i-1)$ が適切な弁別しきい値402であるとき、カウント数 $CNT(i-1)$ は信号とノイズを含む領域404、カウント数 $CNT(i)$ はノイズ領域403にあり、カウント数の差は大きくなる。この場合、S310の判定における比較の結果(比)が上記に説明したように設定した判定値を超えるので、S311へ進んで、弁別しきい値205として $V_{th}(i-1)$ を設定する。

10

【0046】

その後、試料104の計測領域に電子ビーム102を走査するように偏向部103を制御し、発生した二次電子108を検出器109を介して信号112に変換して出力する。信号112を入力した二次電子検出信号処理部113では、信号分離部1130で入力した信号112を信号1121と信号1122とに分離し、信号1121を低周波信号として処理するアナログ方式信号検出部1131へ送り、信号1122を高周波信号としてパルスカウント方式信号検出部1132へ送る。

20

【0047】

パルスカウント方式信号検出部1132では、信号分離部1130で分離された信号1122をコンパレータ201に入力する。コンパレータ201では、コンピュータ120で偏向電極106を作動させて電子ビーム102の試料1上の走査位置を制御する信号を受けて、入力した信号1122とS311で設定した弁別しきい値205とを比較して、入力した信号1122が弁別しきい値205より大きい場合には1を、小さい場合には0を検出信号114として信号処理・画像生成ブロック115へ出力する。

【0048】

信号処理・画像生成ブロック115の構成を図5に示す。信号処理・画像生成ブロック115は、積算画像作成部1155とパルスカウント画像生成部1150と画像合成部1156を備える。パルスカウント画像生成部1150は、パルスカウント部1151と、明るさ諧調作成部1152及び画像生成部1153を備えている。

30

【0049】

ここで、計測観察検査システム1000が計測機能の場合は、走査型電子顕微鏡100で撮像した試料表面の画像のコントラストを向上させるために、試料1の表面の同じ領域を電子ビーム102を走査して撮像することを複数回繰り返し、同じ領域の複数のフレームの画像を取得する。信号処理・画像生成ブロック115では、それら複数のフレームの画像を積算してコントラストを向上させた画像を得ている。

【0050】

パルスカウント方式信号検出部1132で複数のフレームの画像を順次処理した場合、コンパレータ201から出力される0又は1の信号に基づいて信号処理・画像生成ブロック115で作成される1フレーム分の画像は0と1だけで構成された2値画像になる。しかし、同じ領域の複数のフレームの画像を加算することにより、同じ領域の値が加算されて、多値の画像情報を得ることができる。

40

【0051】

試料1上の微細なパターンが形成された領域に電子ビーム102を照射して高速に走査したとき、試料から発生する二次電子の量は少なくなる。しかし、そのような状況の中でも、二次電子放出率が角度依存性を持つことから、微細なパターンの角部(エッジ)から発生する二次電子の量は平坦な部分と比べて多くなる。その結果、パルスカウント方式信号検出部1132から出力される1フレーム分の画像中の微細なパターンのエッジ部分に相

50

当する位置の画像信号は、1となる確率が高くなる。したがって、複数のフレーム画像を加算すると、パターンのエッジ部分が強調された画像を得ることができる。

【0052】

パルスカウンタ部1151では、コンパレータ201から出力された検出信号114とコンピュータ120からコンパレータ201へ送られた偏向電極106を作動させる信号とを受けて、複数のフレームについて領域ごとのパルス数をカウントする。次に、明るさ諧調作成部1152では、パルスカウンタ部1151で領域ごとにカウントしたパルス数の情報に基づいて、カウント数に応じた明るさ諧調を作成する。そして、画像生成部1153において明るさ諧調作成部1152で作成した明るさ諧調の情報に基づいてパルスカウンタ部1151で領域ごとにカウントしたパルス数の情報を用いてパルスカウント方式による多値の合成画像を作成する。この多値の合成画像は、前述したように、パターンのエッジ部分が強調された画像になる。

10

【0053】

一方、積算画像生成部1155では、アナログ方式信号検出部1131で検出器109から出力された二次電子検出信号波形に基づいて作成した各フレームごとの画像を積算して積算画像を生成する。

【0054】

画像合成部1156では、パルスカウント画像生成部1150で生成したパルスカウント方式による多値の合成画像と積算画像生成部1155で生成した積算画像とを合成して、合成画像を作成する。この合成画像には、パルスカウント画像生成部1150で生成されたパターンのエッジ部分が強調された画像成分が含まれているので、積算画像生成部1155で生成した積算画像と比べてパターンのエッジ部分のコントラストが良い画像となる。この合成した画像の情報は、画像情報116としてコンピュータ120に伝送する。

20

【0055】

コンピュータ120では、画像情報116を計測観察検査画像121としてユーザインタフェース画面122に表示する。また、画像情報116に含まれている試料1に形成されたパターンの寸法を計測してその結果及び基準値との比較結果をユーザインタフェース画面122に表示する。この一連の動作により、検査計測画像は取得される(S312)。この動作をS301で領域ごとに行うことにより領域ごとに弁別しきい値を設定することができる。よって、二次電子検出信号処理部113は、計測条件および計測領域ごとに、弁別しきい値205を適切な状態に設定することができ、適切な弁別しきい値で検査・計測画像を取得することが可能となる。

30

【0056】

図6に、コンパレータ201のリファレンス信号(REF)として入力する弁別しきい値電圧205を調整する場合のユーザインタフェースを示す。弁別しきい値電圧205は、前述のように自動で設定することができるが、必要に応じてユーザが調整することも可能である。ユーザは、弁別しきい値電圧を調整するため、ユーザインタフェース122の操作画面601に表示された調整する弁別しきい値603を、弁別しきい値調整ボタン602によって、調整することが可能である。

【0057】

以上は、二次電子108を検出して処理する処理系統：二次電子検出器109，二次電子検出信号処理部113、信号処理・画像生成ブロック115の信号処理の例について説明したが、反射電子を検出して処理する処理系統：反射電子検出器，反射電子検出信号処理部、信号処理・画像生成ブロックにおける構成及び信号処理手順も上記に説明した二次電子108を検出して処理する処理系統と同じであるので、その詳細な説明は省略する。

40

【0058】

以上、本実施例によれば、低頻度の二次電子が発生する状態において、二次電子検出信号処理部113にパルスカウント方式信号検出部1132を設けて画像ノイズとパルス信号とを確実に識別できるようにしたことにより、計測条件および計測領域ごとに適切な弁別しきい値205を設定することで、低頻度の二次電子等の未検出・誤検出を抑制でき、

50

検査、計測画像の視認性を向上することができる。

【実施例 2】

【0059】

本実施例では、検出器 109 から出力される信号 112 の未検出・誤検出を抑制するため、実施例 1 で図 1 に示した構成において、検出器 109 を制御して信号 112 の波高値を最適化する構成について説明する。

【0060】

図 7 に、本実施例における二次電子検出信号処理部 708 の構成を示す。図 7 においては、説明を簡単にするために、実施例 1 において図 2 の構成で説明した、信号分離部 1130、アナログ方式信号検出部 1131 の記載を省略した。図 7 に示した二次電子検出信号処理部 708 は、検出器 109 から出力された信号 112 とリファレンス入力端子 (REF) に入力する弁別しきい値電圧 705 を比較して検出信号 709 を出力するコンパレータ 701、検出信号 709 から制御信号 704、710 を生成する累積ヒストグラム処理部 702、制御信号 704 から弁別しきい値電圧 705 を生成する可変電圧源 703 を備えて構成される。

10

【0061】

図 8 A に、本実施例において、制御信号 710 によって検出器 109 の利得を制御した場合の検出システム 708 による弁別しきい値を判定するフローチャートを示す。

【0062】

図 9 に、本実施例において、制御信号 710 によって検出器 109 の利得を制御した場合の弁別しきい値電圧 705 と検出信号 109 のカウント数との関係を表す累積ヒストグラムを示す。累積ヒストグラム 902 は、検出器 109 の利得が適切な場合であり、弁別しきい値電圧 705 が低い部分では低振幅なノイズによりカウント数が多く、弁別しきい値電圧 705 が高い部分では信号 112 の波高値分布に従ってカウント数が小さくなる。

20

【0063】

一方、検出器 109 の利得が高い場合の累積ヒストグラム 901 は、検出器 109 で低振幅なノイズを増幅し、増幅されたノイズの誤検出により、コンパレータ 701 から出力される検出信号 709 のカウント数はコンパレータ 701 に入力する信号 112 よりも多くなる。他方、検出器 109 の利得が低い場合の累積ヒストグラム 903 は、検出器 109 の増幅不足により信号 112 が未検出となるためカウント数が少ない。よって、信号 112 の誤検出・未検出を抑制するため、検出器 109 の利得を適切に設定する必要がある。

30

【0064】

本実施例における、弁別しきい値を判定する動作について、図 8 A のフローチャートに沿って、図 1、図 7 及び図 9 を参照したて説明する。

まず、コンピュータ 120 より走査型電子顕微鏡 100 を操作して試料 1 の計測条件および計測領域を設定する (S801)。累積ヒストグラム処理部 702 で、カウンタ i および j を初期値である 0 に設定し (S802)、コンピュータ 120 のメモリに保存された図 8 B に示したテーブル 830 から $i = 0$ に相当するしきい値電圧 $V_{th}(0)$ を読み出し、制御信号 704 を出力して可変電圧源 703 から弁別しきい値電圧 705 をしきい値電圧 $V_{th}(0)$ に設定し (S803)、メモリに保存された図 8 C に示したテーブル 831 から $j = 0$ に相当する印加電圧 $Gain(0)$ を読み出し、制御信号 710 を出力して検出器 109 の印加電圧を $Gain(0)$ に設定する (S804)。検出器からの出力に基づく信号 112 をカウントするため、試料 1 の計測領域に電子ビーム 102 を走査するようにコンピュータ 120 で偏向部 103 を制御し、発生した二次電子 108 を検出器 109 を介して信号 112 に変換し、コンパレータ 701 に入力する。コンパレータ 701 では、入力した信号 112 と弁別しきい値電圧 705 を比較、検出し、出力される検出信号 709 を累積ヒストグラム処理部 702 でカウントし (S805)、そのカウント数 $CNTG(0)$ をメモリに保存する (S806)。

40

【0065】

50

次に、累積ヒストグラム処理部702でカウンタjをインクリメントし(S807)、図8Cのテーブル831からj=1に相当するGain(1)を印加電圧に設定し(S808)、検出信号をカウントし(S809)、そのカウント数CNTG(1)をメモリに保存する(S810)。このとき、制御信号704、可変電圧源703弁別しきい値電圧705、電子ビーム102、偏向部103、検出器109等の動作は前記と同様である。累積ヒストグラム処理部702でカウント数CNTG(j)とCNTG(j-1)を比較し(S811)、Gain判定値未満の場合、カウンタをインクリメントし(S807)、異なる印加電圧でS808、S809、S810を実行する。S811で判定値以下の場合、印加電圧Gain(j)を図8Cのテーブル831から読み出し、制御信号710を出力して検出器109の印加電圧をGain(j)に設定する(S812)。また、S813~S822のフローチャートは、実施例1と同様であるため説明を割愛する。

10

【0066】

本実施例によれば、二次電子検出信号処理部708は、計測条件および計測領域ごとに、信号112の波高値、および、二次電子検出信号処理部708の弁別しきい値電圧705を適切な状態に設定することができ、適切な弁別しきい値で検査・計測画像を取得することが可能となる。

【0067】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。また、上記の各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路で設計する等によりハードウェアで実現してもよい。また、上記の各構成、機能等は、プロセッサがそれぞれの機能を実現するプログラムを解釈し、実行することによりソフトウェアで実現してもよい。各機能を実現するプログラム、テーブル、ファイル等の情報は、メモリや、ハードディスク、SSD(Solid State Drive)等の記録装置、または、ICカード、SDカード、DVD等の記録媒体に置くことができる。

20

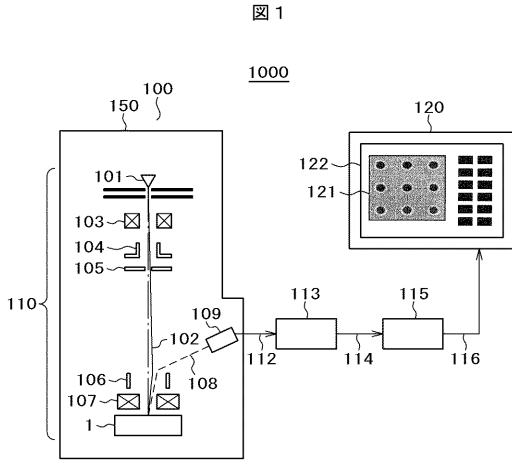
【符号の説明】

30

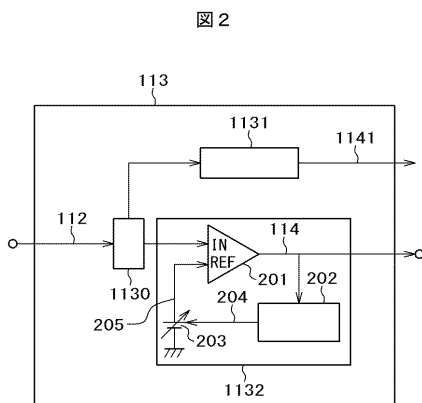
【0068】

| | | |
|------------------------|-------------------|---------------------|
| 100・・・走査型電子顕微鏡 | 101・・・電子銃 | 102・・・電子ビーム |
| 103・・・偏向部 | 104・・・ブランキング電極 | 105・・・アパーチャ |
| 106・・・偏向電極 | 107・・・対物レンズ | 109・・・検出器 |
| 110・・・電子光学系 | 113・・・二次電子検出信号処理部 | 115・・・信号処理・画像生成ブロック |
| 120・・・コンピュータ | 201, 701・・・コンパレータ | |
| 202, 702・・・累積ヒストグラム処理部 | 203, 703・・・可変電圧源 | |

【図1】



【図2】



【図3B】

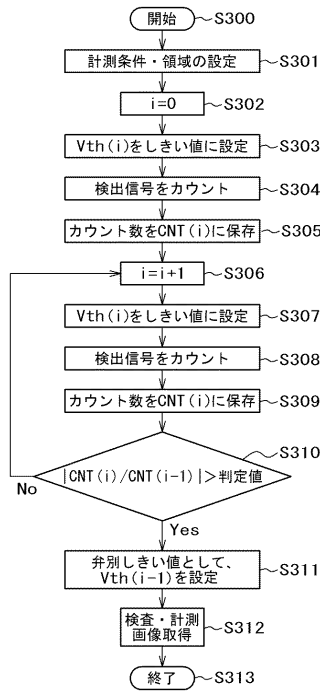
図3B

320

| i | Vth(i) |
|---|---------|
| 0 | 1.5 (V) |
| 1 | 1.4 (V) |
| 2 | 1.3 (V) |
| 3 | 1.2 (V) |
| 4 | 1.1 (V) |
| 5 | 1.0 (V) |
| ⋮ | ⋮ |

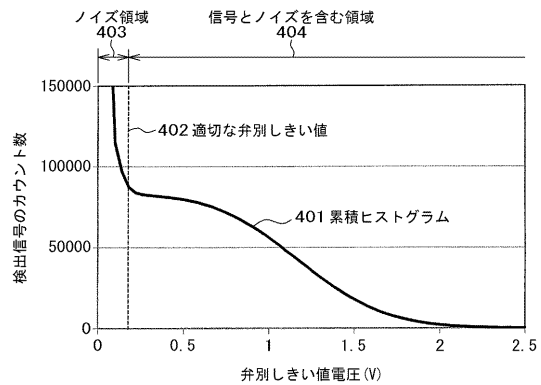
【図3A】

図3A

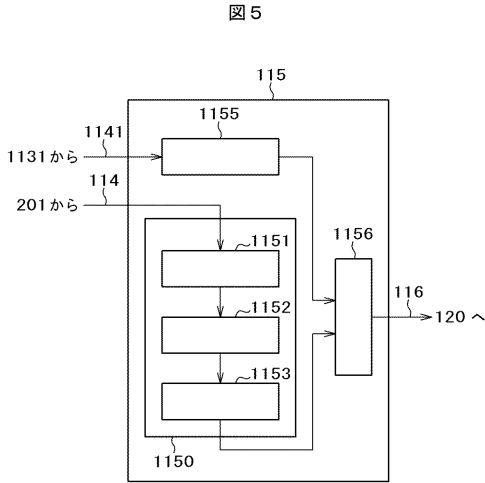


【図4】

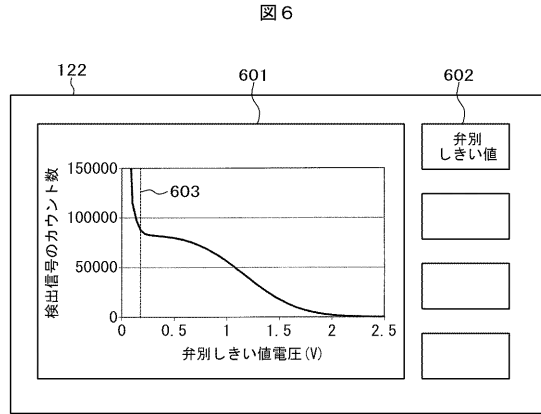
図4



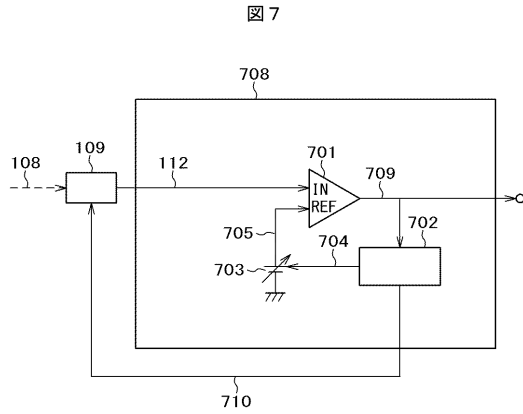
【 図 5 】



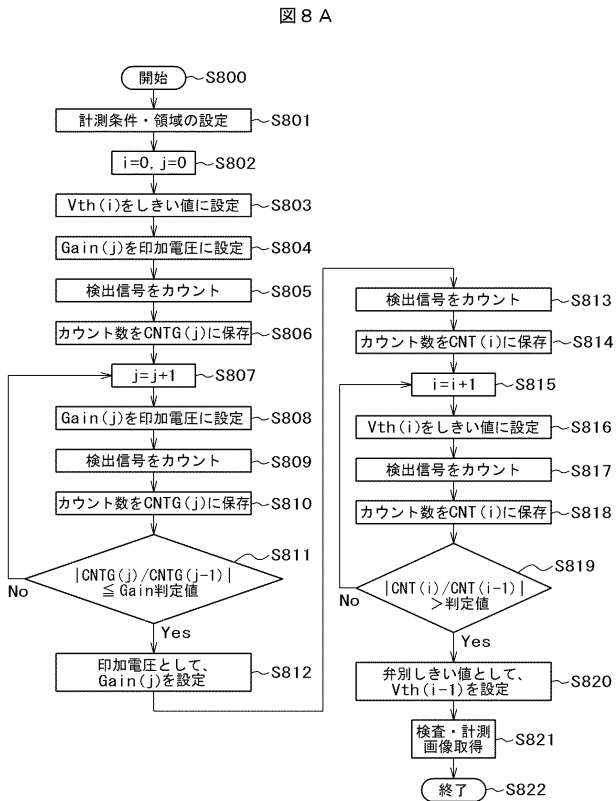
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 A 】



【 図 8 B 】

図 8 B

| i | Vth(i) |
|---|---------|
| 0 | 1.5 (V) |
| 1 | 1.4 (V) |
| 2 | 1.3 (V) |
| 3 | 1.2 (V) |
| 4 | 1.1 (V) |
| 5 | 1.0 (V) |
| ⋮ | ⋮ |

【図8C】

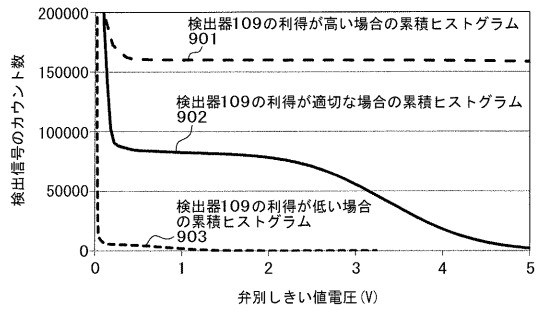
図8C

831

| j | Gain(j) |
|---|----------|
| 0 | 1.2 (kV) |
| 1 | 1.1 (kV) |
| 2 | 1.0 (kV) |
| 3 | 0.9 (kV) |
| 4 | 0.8 (kV) |
| 5 | 0.7 (kV) |
| ⋮ | ⋮ |

【図9】

図9



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 弘之

東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内

(72)発明者 鈴木 誠

東京都港区西新橋一丁目2番14号 株式会社日立ハイテクノロジーズ内

Fターム(参考) 2F067 AA21 AA54 HH06 HH13 JJ05 KK04 QQ02 QQ11 RR12 RR25

RR27 RR29 RR42

5C033 UU05 UU08