

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016 年 8 月 4 日(04.08.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/121009 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/28 (2006.01) H01J 37/05 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/052250
- (22) 国際出願日: 2015 年 1 月 28 日(28.01.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社 日立ハイテクノロジーズ
(HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 横須賀 俊之(YOKOSUKA Toshiyuki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号
株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 数見 秀之(KAZUMI Hideyuki); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号
株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 水原 譲(MIZUHARA Yuzuru); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号
株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP). 川野 源(KAWANO Hajime); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号
株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

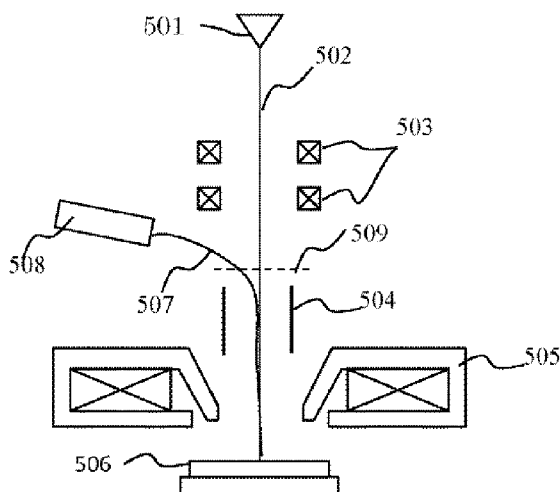
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号
株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: CHARGED PARTICLE BEAM DEVICE

(54) 発明の名称: 荷電粒子線装置

[図5]



(57) Abstract: Provided is a charged particle beam device that enables, even if a visual field includes therein a plurality of regions having different secondary electron emission conditions, the setting of appropriate energy filter conditions adapted to each of these regions. The charged particle beam device is equipped with a detector (508) for detecting charged particles (507) obtained on the basis of scanning, over a sample (506), a charged particle beam (502) emitted from a charged particle source (501), and an energy filter (509) for filtering by energy the charged particles (507) emitted from the sample (506). Index values are determined for the plurality of regions contained within the scanning region of the charged particle beam (502), and, for each of a plurality of energy filter conditions, differences are calculated between the plurality of index values and the reference index values that have been set for each of the plurality of regions.

(57) 要約: 視野内に二次電子の放出条件が異なる領域が複数含まれる場合であっても、その各領域に応じた適正なエネルギーフィルタ条件の設定を可能とする荷電粒子線装置を提供する。荷電粒子源 (501) から放出される荷電粒子ビーム (502) の試料 (506) 上の走査に基づいて

得られる荷電粒子 (507) を検出する検出器 (508) と、前記試料 (506) から放出される荷電粒子 (507) をエネルギーフィルタリングするエネルギーフィルタ (509) を備えた荷電粒子線装置において、前記荷電粒子ビーム (502) の走査領域に含まれる複数の領域の指標値を求め、当該複数の指標値と、前記複数の領域のそれぞれに設定されている基準指標値との差分演算を、複数のエネルギーフィルタ条件毎に実行する。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：荷電粒子線装置

技術分野

[0001] 本発明は、荷電粒子線装置に係り、特に荷電粒子ビームの走査によって画像データや信号波形データを生成する荷電粒子線装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体パターンの微細化に伴い、僅かな形状差がデバイスの動作特性に影響を及ぼすようになり、形状管理のニーズが高まっている。そのため、半導体の検査・計測に用いられる走査電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscope）には、高感度、高精度が従来に増して求められるようになっている。SEMでは、試料に電子線を照射した際に、試料から放出される2次電子を検出して表面の形状を観察している。この際、検出される2次電子はエネルギーが低く、試料の帯電の影響を受け易い。Low-kなどの低誘電率材料の使用によって、帯電の影響が顕在化し、管理が必要となる場所（ROI：Region Of Interest）の信号を捉える事が困難な場合が出てきている。また、近年の微細化やホール、トレンチの高アスペクト比化により通常の2次電子検出では、観察自体が困難となるケースが出てきている。

[0003] このような場合、検出する電子を電子のエネルギーや角度で弁別することにより、観察場所の情報を相対的に強調することが解決策となり得る。

[0004] 特許文献1には、エネルギーフィルタを備えた電子顕微鏡において、エネルギーフィルタの印加電圧とビーム照射部の輝度のグラフを求め、輝度変化が大きくなるエネルギーフィルタの印加電圧を見出す方法が開示されている。また、特許文献2には、エネルギーフィルタを備えた走査電子顕微鏡において、2つのエリアを選択し、フィルタ電圧を変化させたエリアの画像を取得し、画像の階調比から最適なフィルタ電圧を求める方法が開示されている。特許文献3には、エネルギーフィルタ電圧を変えたときの信号強度を検出

し、2点の信号強度からコントラストを算出し、コントラストが最大となるフィルタ電圧を決定する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5663412号公報（対応米国特許公開公報US2014/0124666）

特許文献2：特許第5584159号公報（対応米国特許公報USP8,890,068）

特許文献3：特許第4147233号公報（対応米国特許公報USP6,700,122）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] エネルギーフィルタを使用して、電位コントラスト像を取得するには、エネルギーフィルタに印加する電圧を予め決めておく必要がある。一方、パターンの微細化、複雑化によって、1つの視野（Field Of View：FOV）内に、種々の材料、構造からなる多種の構造体が、従来と比較して数多く含まれるようになってきた。これは、FOV内の各箇所における二次電子の放出量や放出エネルギー等の多様化を意味する。即ち、FOV内の各箇所における適正なエネルギーフィルタ条件が異なることになる。特許文献1乃至3には、そのような環境下にて適正なエネルギーフィルタ条件を設定する手法についての開示がない。

[0007] 更に、測定、検査の高速化を実現するためには、1つのFOV内に複数の測定点を含め、1つのFOVに対する走査（1枚の画像）で一括して測定を行うことが望ましいが、複数の測定点毎に、適正なエネルギーフィルタ条件が異なる場合、高速測定の実現が難しい。特許文献2によれば、画像内に2つのエリアを設定し、この2つのエリアの階調比が大きくなるような電圧を、エネルギーフィルタに印加することが説明されている。この手法によれば

、2つのエリアの階調差が大きくなるため、1つのエリアを高精度に測定するには優れた手法であるが、他方のエリアの階調値が低下するため、1つのF O V内に条件の異なる複数の測定点が含まれる画像を用いた測定には不向きである。特許文献1や特許文献3にも、エネルギーフィルタ条件を求めるための手法について、説明があるが、F O V内に条件の異なる複数の測定点を測定する際のエネルギーフィルタ条件を求める手法についての説明がない。

[0008] 以下に、F O V内に二次電子の放出条件が異なる領域が複数含まれる場合であっても、その各領域に応じた適正なエネルギーフィルタ条件の設定を可能とすることを目的とする荷電粒子線装置を提案する。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するための一態様として、以下に、荷電粒子源から放出されるビームの走査に基づいて得られる荷電粒子を検出する検出器と、前記試料から放出される荷電粒子をエネルギーフィルタリングするエネルギーフィルタを備えた荷電粒子線装置であって、前記荷電粒子ビームの走査領域に含まれる複数の領域の指標値を求め、当該複数の指標値と、前記複数の領域のそれぞれに設定されている基準指標値との差分演算を、複数のエネルギーフィルタ条件毎に実行する荷電粒子線装置を提案する。

発明の効果

[0010] 上記構成によれば、F O V内に二次電子の放出条件が異なる領域が複数含まれる場合であっても、その各領域に応じた適正なエネルギーフィルタ条件を設定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]エネルギーフィルタを設定する工程を示すフローチャート。

[図2]エネルギーフィルタの電圧判定を行うROI (Region Of Interest) およびフィルタ電圧の判定指標および閾値を設定するGUI (Graphical User Interface) の一例を示す図。

[図3]エネルギーフィルタ電圧に対する指標の標準偏差分布を示す図

[図4]エネルギーフィルタ電圧に対するROIの輝度分布を示す図。

[図5]走査電子顕微鏡の概要を示す図。

[図6]ビア・トレンチパターンにエネルギーフィルタを適用した際の画像およびプロファイル変化を示す図。

[図7]走査電子顕微鏡を含む半導体計測システムの一例を示す図。

[図8]エネルギーフィルタ条件の変化に対する測長値 (CD result) の変化を示すグラフ。

発明を実施するための形態

[0012] 荷電粒子線装置の1種である走査電子顕微鏡は、試料に電子ビームを照射することによって、試料から放出される電子を検出することによって、試料の画像や測定のための波形信号を生成する装置である。また、走査電子顕微鏡には、エネルギーフィルタが設けられているものがある。エネルギーフィルタは例えば3枚のメッシュ状電極が積層され、中央のメッシュ電極に、負の電圧を印加することによって、印加電圧よりエネルギーの低い電子の通過を制限する。例えば中央のメッシュ電極に -50 V 、中央のメッシュ電極を挟む2枚のメッシュ電極を接地電位とすると、 50 eV よりエネルギーが低い電子の通過を制限し、高エネルギーの電子を選択的に通過させ、検出することができる。

[0013] このようなエネルギーフィルタは、適正な電圧を印加によって、所望の測定や検査を行うことができる。例えば、エネルギーフィルタの印加電圧と画像の輝度の関係を求め、観察条件を決定する場合がある。この際に、画像のコントラストを評価基準として、フィルタ電圧を求めることができるが、視野毎に最適なフィルタ電圧が異なる場合、その都度エネルギーフィルタ電圧の探索および判定が必要となり、検査のスループットは低下する。

[0014] また、各場所でコントラストが最大となる条件を選択した場合でも、フィルタ電圧が異なることで、検出電子のエネルギーが画像間で異なり、画像間での寸法比較が困難になる場合がある。その一方で、スループットを優先し

、エネルギーフィルタ電圧を変えずに電位コントラスト像を取得する場合には、試料側の帯電差が測長値のばらつきに結びつく可能性がある。

[0015] 以上のような条件を勘案してフィルタ条件を選択する必要がある。本実施例では、視野内に含まれる複数のパターンに適したフィルタ条件を選択することができる荷電粒子線装置を説明する。

[0016] 以下に説明する実施例では、例えば、試料から放出される荷電粒子をエネルギーフィルタリングするエネルギーフィルタを備えた荷電粒子線装置において、前記エネルギーフィルタのフィルタ条件を設定する演算処理装置を備え、当該演算処理装置は、2つ以上の異なるパターン、或いはROIを含む領域への荷電粒子ビームの照射に基づいて得られる2つ以上の指標値（パラメータ）が、所定の条件となるよう前記エネルギーフィルタのフィルタ条件を設定する荷電粒子線装置を提案する。

[0017] 以下に説明する実施例によれば、複数間の画像で電位コントラスト像のバラつきを抑制しつつ、事前に決定した条件で観察することで、スループットの向上が図れる。

[0018] 以下に説明する実施例では主に、エネルギーフィルタによる信号弁別を行った際に、測定点等が含まれるROI（Region Of Interest）の視認性（コントラスト等）を確保しつつ、測長再現性など操作者によって異なる観察ニーズに合致したエネルギーフィルタ電圧の最適条件を見出す事ができる荷電粒子線装置について説明する。更に、その過程で得られたエネルギーフィルタ電圧に対する輝度等の情報を元に、任意のエネルギー帯の検出電子像を提供することが可能な荷電粒子線装置について説明する。

[0019] 以下に説明する実施例では例えば、荷電粒子源から放出された荷電粒子ビームを集束する対物レンズと、当該荷電粒子ビームの走査位置を変更する偏向器と、前記走査偏向器の制御を行う制御装置と、試料を搭載するための試料ステージと、前記試料から放出される荷電粒子を荷電粒子のエネルギーで弁別するエネルギーフィルタと、前記フィルタを通過した荷電粒子を検出する検出器とを備えた荷電粒子線装置であって、正規の観察に先立って、観察

条件を設定するための条件設定動作として、少なくとも2つ以上の場所で、エネルギーフィルタ電圧を繰り返し変化させて複数の電位コントラスト像を取得し、それらの画像からエネルギーフィルタ電圧を選択できる荷電粒子線装置を説明する。

[0020] 複数の場所において、エネルギーフィルタ電圧と電位コントラスト像を取得することにより、測定箇所のコントラスト、測長値など優先する指標に対するばらつきを抑制しつつ、電位コントラスト像を取得できる。

[0021] 図5に荷電粒子線装置の一種であるエネルギーフィルタを備えた走査型電子顕微鏡の概略図を示す。電子銃501で発生した電子線502（電子ビーム）をコンデンサレンズ503で収束させ、最後に対物レンズ505で試料506上に収束させる。偏向器504で電子線502を試料の電子線走査領域の上を走査（以後、スキャンとも呼ぶ）させる。1次電子を2次元的に走査する際、照射によって試料内を散乱する1次電子は試料を励起し、試料からは2次電子507が放出される。放出された2次電子507をエネルギーフィルタ509で2次電子のエネルギーにより弁別した後、検出器508で検出し、電子の信号を画像に変換することで、試料の観測・計測を行う。図5に例示するSEMは、画素ごとに検出信号を記憶する画像メモリを備えており、検出信号は当該画像メモリに記憶される。

[0022] SEMで観察する試料が誘電体である場合、SEM観察中の走査領域（FOV）内には2次元の帯電分布が形成される。SEMで主に検出している電子は、放出量が多く、エネルギーの小さい（～数eV）2次電子であるため、表面に形成されるわずかな帯電の影響を受け易い。このため、帯電する試料のSEM観察では、照射時にどのような帯電分布が形成されているかによって得られる画像が変化する。エネルギー弁別の際、試料帯電の影響を受け易いフィルタ電圧を設定した場合には、コントラスト反転など、像質が大きく変化することがわかっている。また一方で、近年の半導体デバイスの微細化および構造複雑化によって、通常の2次電子検出では、ROIの観察自体が困難な場合が出てきている（見たい領域の2次電子量が少ない）。このた

め、解決策の一つとして後方散乱電子（BSE: Back Scattering Electron）など高エネルギーの電子で観察を行う方法も検討されているが、BSEは2次電子に対して放出量が少ない。このため、像質（S/N）改善には、大電流および高フレーム積算が必要となり、スループット低下の問題がある。また、高エネルギーの電子には試料内を散乱した物も含まれるため、数ナノの微細な差は判別できない場合がある。このため、BSEに対して信号量の多い2次電子で観察することが、スループット、形状変化に対する感度のいずれにおいても望ましいが、前述の先端デバイスにおいては、ROIの輝度が低い（暗い）部分が存在し、測定や検査が困難となるケースがある。

[0023] この現象は、材質またはパターンの違いによって同一視野内に2次電子検出量が多い領域と、少ない領域が複数混在するために、相対的にROIの輝度が低くなって生じるものである（FOV内全面の信号量が少ないのであれば、照射電流の増加で解決できる）。このため、複数のROIの輝度増加には、信号弁別により2領域間の2次電子検出量の差を縮小することが有効と考えられるが、2次電子のエネルギー分布は前述の試料帯電に非常に影響を受け易いため、電位コントラスト像が観察場所によって安定せず、エネルギーフィルタ電圧の設定が非常に困難であった。エネルギーフィルタ電圧を印加した際の、画像のばらつきに関して、図6を用いて説明する。

[0024] ここでは、トレンチの中にビアが存在するビア・トレンチパターンに対して、検出電子像をシミュレーションで求め、エネルギーフィルタの効果の評価した例を示す。ビア深さの異なる2種類のモデルを用いて、帯電の違いを表した。ボトム幅は両者で差は無いが、エネルギーフィルタ電圧によってプロファイルの変化が異なることがわかる。特に、2Vのフィルタ電圧をかけた際には、ボトムの落ち込み箇所が大きくずれており、フィルタ電圧で測長値が大きくばらつくことを示している。一方、5V、10Vではボトム部のプロファイルはほぼ重なっており、測長値の差は小さい。このように、電位コントラスト像での計測には、最適なエネルギーフィルタ電圧を選択する

ことが必要である。

- [0025] 上記課題の解決策として、以下に複数のパターンに対して、エネルギーフィルタを変更した画像をもとに、コントラスト、測長値等の各指標のばらつきを抑制できるエネルギーフィルタ電圧を決定する方法について、図面を用いて説明する。
- [0026] 図1にエネルギーフィルタ条件設定のためのフローチャートを示す。まず、観察場所へ移動し、ROIが含まれるSEM画像を少なくとも2箇所以上の場所で取得する。最小は2点であるが、点数が増えるほど、指標の判定精度が高まるため、可能な限り多いほうが望ましい。この際、観察倍率および観察角度（観察パターンに対するFOVの角度）、フレーム数は揃えておく。この場合、例えば同じ材質、構造を持つパターンを含む領域であって、試料上の異なる位置に、複数のFOVを設定する。
- [0027] この際、エネルギーフィルタ無しの条件で取得した2次電子像での測長値、あるいはエネルギーフィルタ電圧を表面電位に対して50V印加した際の反射電子像での測長値のばらつきが一定の閾値以下となる箇所について、データを取得する。この際、2次電子像で帯電の影響（シェーディング、歪み等）が顕著に見える場合、または測長箇所の信号がほとんど得られない場合には、反射電子像を用いることが望ましい。
- [0028] これは、エネルギーフィルタ印加時に帯電の違いでコントラストが変化している場合と、寸法自体によってコントラストが変化する場合との切り分けのために実施する。これにより、そもそもの寸法が異なる箇所に関しては、エネルギーフィルタ設定の対象から排除し、寸法が一定の閾値以内に含まれる箇所のみを対象に以下の処理を実施する。
- [0029] 次に得られたSEM画像に対して、FOV内で測長（管理）を行う領域（ROI）を指定する。ここで、最適化するための指標として、ROIの平均信号量（輝度）が別途指定する場所とのコントラスト比、或いは別途指定する場所とのCNR（Contrast to Noise Ratio）、或いは測長値のいずれかをGUI上で指定する。

[0030] コントラスト比を指定した場合には、ROIとコントラスト比を算出する領域を追加で指定する。CNRは、ノイズに対するROIのコントラストの大きさを表したものであり、コントラスト比を算出する領域に加え、ノイズ判定領域も指定する。また、エネルギーフィルタの変更範囲（最大／最小）、変更ステップ、得られた指標値を判定する閾値もここで設定しておく（詳細は後述）。この工程にて、後述するばらつき等を評価するための基準データをROI毎に生成する。走査電子顕微鏡に設けられた制御装置に含まれる演算装置では、選択されたROI単位で指標値を求め、後述する演算に用いるための基準データとして、所定の記憶媒体に登録する。

[0031] 次に指定した視野位置（複数可）において、エネルギーフィルタ電圧を変えてSEM画像を取得する。各エネルギーフィルタ電圧に対して、前段で設定したROIの指標値を求め、フィルタ電圧毎の指標の標準偏差を求める。得られた標準偏差が閾値以下となる条件をフィルタ条件として選択する。複数のフィルタ電圧が該当する場合には、操作者が各フィルタ画像を見ながら、GUI上で選択することも可能である。また、既に取得した画像に対して、指標値を変更して（例えば、コントラスト→測長値）、結果を評価しても良い。同様に、後処理で複数の指標を組み合わせることも可能である。得られたエネルギーフィルタ条件を元に観察を行う。

[0032] 次に、ROI等の指定に関して説明する。ROIは、予め取得した画像（或いはレイアウトデータ）上で実施する。ROIは画像上の任意の2次元領域を指定することによって設定する。図2は、後述する入力装置等に表示されるSEMの動作条件を設定するためのGUI画面の一例を示す図である。図2に例示するGUI画面には、SEMの動作条件設定部201、輝度解析設定部202、画像評価指標設定部203、指標閾値設定部204が設けられている。SEM動作条件設定部201では、観察点の座標、パターン種類、エネルギーフィルタ電圧の変更幅および変更ステップ、フレーム数、回転角度の設定が可能となっている。また、輝度解析設定部では、エネルギーフィルタ電圧に対する設定領域の輝度の変化を解析するかどうかを指定できる

。輝度解析を行う領域としては、複数個所が選択可能である。次に、画像評価指標設定部203では、エネルギーフィルタ電圧毎に取得した画像の評価指標を設定する。指標値としては、コントラスト、平均輝度、CNR、測長値が選択できる。また、ここで選択した指標の判定基準は、指標閾値設定部204で設定する。コントラスト、平均輝度、CNRであれば許容するばらつきの割合[%]、測長値の場合は長さ[nm]で指定する。また、輝度解析領域および、コントラスト判定領域等の指定は、設定画面上で実施する。

[0033] 次に、エネルギーフィルタ電圧を変更し、データ取得した後の結果表示に関して、図3を用いて説明する。図3はエネルギーフィルタ電圧に対するコントラストの標準偏差を表示した例である。設定した閾値に対して、各フィルタ電圧の標準偏差が表示される。候補となる条件が複数ある場合には、操作者が任意の電圧を選択可能である。プロットされた各点をダブルクリックすると、その電圧の画像群が表示され、画像を参照しながら条件を選択することができる。また、ウィンドウ左上で指標が選択でき、取得した画像群に対して別指標の結果を表示することも可能である。また、複数の指標を組み合わせ結果を評価しても良い。この際、各指標の閾値はそれぞれ指定する必要がある。走査電子顕微鏡に設けられた制御装置に含まれる演算装置等では、各画像間での標準偏差が最も小さい（複数のROIでコントラストのばらつきが小さい）フィルタ電圧を選択する。

[0034] 次に輝度解析を指定した際の結果表示に関して、図4を用いて説明する。図2の設定画面で、輝度解析(Brightness Analysis)にチェックを入れた際には、エネルギーフィルタ電圧に対する輝度の変化を解析する。ここでは、図2に示す3領域を設定した場合について説明する。図4は、エネルギーフィルタ電圧に対する各領域の輝度(Sカーブ)の変化分(Δ 輝度)を表示したものである。これは、すなわち検出電子のエネルギー分布を示しており、表面の帯電分布を反映した結果となる。試料上の帯電が不均一な場合には、図4に示すように各領域のエネルギー分布が分離する。エネルギーフィルタは通常ハイパスフィルタであるが、このような場合異

なるエネルギーフィルタ電圧を印加した画像を演算することで、エネルギーのバンドパスフィルタ画像を得ることができる。走査電子顕微鏡に設けられた制御装置に含まれる演算装置等では、少なくとも（１）及び（２）の少なくとも２つのフィルタ電圧条件を選択し、測定のための動作プログラム（レシピ）を設定する。

[0035] 上述の実施例では、まず、基準データとなる画像（第１の画像）を取得し、当該基準データ画像から、設定した複数の領域（第１のROI群）の指標値（第１の指標値）を求める。次に、基準データ画像を取得した領域とは異なる領域であって、基準データ画像に含まれるパターンと同等のパターンが含まれる領域の画像（第２の画像）を取得し、当該画像に含まれる複数の領域（第２のROI群）の指標値（第２の指標値）を求める。第１のROI群と第２のROI群は、異なる視野の同等のパターンに設定される。このような第２の指標値を、エネルギーフィルタ条件毎に求める。その上で、図３に例示するように、第１の指標値に対する第２の指標値のばらつきを、エネルギーフィルタ条件毎に求める。

[0036] 例えば、ROIが３つ（ROI１、ROI２、ROI３）ある場合、各ROIについて、第１の指標値と第２の指標値の差分を求め、３つの指標値の差分の統計値が最も小さいエネルギーフィルタ条件を選択する。後述する演算処理装置では、上述のような処理を自動的に走査電子顕微鏡に行わせるレシピによる動作に基づいて、上記演算を実行する。

[0037] 以上のような処理によれば、FOV内に含まれる複数のROIのいずれにも適したエネルギーフィルタ条件を選択することが可能となる。なお、ばらつきが最小となるエネルギーフィルタ条件を選ぶことが望ましいが、他条件とのアンドで条件を抽出するようにしても良い。この場合、例えば、測長値とコントラストについて２種の指標値を求め、両者の指標値の標準偏差値が所定値以下となるエネルギーフィルタ条件を選択するようにしても良い。

[0038] 図２において、ROIが領域Ａであるとする、Ａの信号はＢおよびＣに対して非常に少なく、エネルギーフィルタではＡのみの信号を分離すること

はできない（Aの信号を検出する際には、Bの信号が含まれる）。このような場合、2条件のエネルギーフィルタ（電圧（1）、電圧（2））を設定し、得られた画像を演算（差分）することで簡易的にエネルギーのバンドパス画像を評価できる。その際、操作者は、図4に示す輝度解析結果ウィンドウのグラフ上で2種類のフィルタ電圧（最小、最大）をマウス等で指定し、バンドパス条件を指定することができる。また、ウィンドウ上部の `Image Calculate` ボタンを押すことで、現在の結果でのバンドパス画像を表示できる。

[0039] 次に、指標値の安定度に基づいて、フィルタ電圧を決定する手法について説明する。図8は、フィルタ電圧と、領域A、Bの測長値との関係を示すグラフである。領域Aはトレンチの中に含まれるビアであり、輝度プロファイルのピーク間距離を求めることによって、フィルタ電圧ごとのビアの径（測長値）を算出する。また、領域Bはトレンチであり、フィルタ電圧ごとのトレンチの寸法（例えば幅）を算出する。図8の例では、ビアとトレンチでは、もともとの寸法が異なるため、測長値が大きく乖離している。

[0040] 例えば最表面の材料が帯電し易い材料である場合、帯電の状態によって、領域A、Bから放出される電子のエネルギーも変化することになる。例えば最表面の試料が正に帯電している場合、領域A、Bから放出される電子は、試料から放出される際に、帯電分、減速する。放出電子のエネルギーの変化は、エネルギーフィルタの条件の変化と等価であり、このような条件も踏まえた上で、フィルタ電圧を設定することが望ましいが、帯電状態を最初から把握しておくことは難しい場合がある。

[0041] そこで、本例では、フィルタ電圧を変化させたときに得られるトレンチの測定値の変化801と、ビアの測定値の変化802を取得し、両者の変化がゼロ、或いは所定値以下となるフィルタ電圧803を算出する。この場合、例えば変化801、802を微分し、微分値が所定値以下となる電圧を求める。更に、フィルタ電圧803に所定値805を加算して得られるフィルタ電圧806を求める。このフィルタ電圧806は、仮に所定値805分、表

面帯電が変化しても、ビア、トレンチのいずれの測定値も変化しないフィルタ電圧である。

- [0042] 上述のように、各ROI、或いは各測定点において指標値を求め、当該指標値の評価に基づいて、フィルタ電圧を求めることによって、帯電等の発生によって指標値が変動しにくいフィルタ電圧を求めることが可能となる。

<設計データとの連携>

走査電子顕微鏡の制御装置は、走査電子顕微鏡の各構成を制御すると共に、検出された電子に基づいて画像を形成する機能や、検出電子の強度分布に基づいて、予め設定したROIの平均信号量やコントラスト比を導出する機能を備えている。図7に演算処理装置603を備えたパターン測定システムの一例を示す。

- [0043] 本システムには、SEM本体601、当該SEM本体の制御装置602、及び演算処理装置603からなる走査電子顕微鏡システムが含まれている。演算処理装置603には、制御装置602に所定の制御信号を供給、及びSEM本体601にて得られた信号の信号処理を実行する演算処理部604と、得られた画像情報や、レシピ情報を記憶するメモリ605が内蔵されている。なお、本実施例では、制御装置602と演算処理装置602が別体のものとして説明するが一体型の制御装置であっても良い。

- [0044] 偏向器606によるビーム走査によって、試料から放出された電子、或いは変換電極にて発生した電子は、エネルギーフィルタ607通過後、検出器608にて捕捉され、制御装置602に内蔵されたA/D変換器でデジタル信号に変換される。演算処理装置602に内蔵されるCPU、ASIC、FPGA等の画像処理ハードウェアによって、目的に応じた画像処理が行われる。

- [0045] 演算処理部604には、入力装置613によって入力された測定条件等に基づいて、偏向器606の走査条件等の測定条件を設定する測定条件設定部609、入力装置614によって入力されたROI内の輝度やコントラストを得られた画像データから求める画像特徴量演算部610が内蔵されている。

。また、演算処理部604には、入力装置614によって入力された条件によって、設計データ記憶媒体613から設計データを読み出し、必要に応じて、ベクトルデータからレイアウトデータに変換する設計データ抽出部711が内蔵されている。また、取得された信号波形に基づいて、パターンの寸法を測定するパターン測定部612が内蔵されている。パターン測定部712では、例えば検出信号に基づいて、ラインプロファイルを形成し、プロファイルのピーク間の寸法測定が実行する。

[0046] 更に演算処理装置603とネットワークを経由して接続されている入力装置614に設けられた表示装置には、操作者に対して画像や検査結果等を表示するGUIが表示される。

[0047] なお、演算処理装置603における制御や処理の一部又は全てを、CPUや画像の蓄積が可能なメモリを搭載した電子計算機等に割り振って処理・制御することも可能である。また、制御装置602と演算処理装置603を1の演算装置とするようにしても良い。また、入力装置614は、検査等に必要とされる電子デバイスの座標、パターンの種類、撮影条件（光学条件やステージの移動条件）を含む測定条件を、撮像レシピとして設定する撮像レシピ作成装置としても機能する。また、入力装置614は、入力された座標情報や、パターンの種類に関する情報を、設計データのレイヤ情報やパターンの識別情報と照合し、必要な情報を設計データ記憶媒体613から読み出す機能も備えている。

[0048] 設計データ記憶媒体612に記憶される設計データは、GDSフォーマットやOASISフォーマットなどで表現されており、所定の形式にて記憶されている。また、設計データは、設計データを表示するソフトウェアがそのフォーマット形式を表示でき、図形データとして取り扱うことができれば、その種類は問わない。また、図形データは、設計データに基づいて形成されるパターンの理想形状を示す線分画像情報に替えて、露光シミュレーションを施すことによって、実パターンに近くなるような変形処理が施された線分画像情報であっても良い。

[0049] 測定条件設定部604では、図2に例示したステップによって、適正な走査条件を設定する。例えば、入力装置614を用いて、設計データ抽出部611によって抽出された測定対象パターン近傍のレイアウトデータに、F O Vの大きさ、F O Vの位置（座標）、R O Iの大きさ、及びR O Iの位置を設定することによって、装置の動作条件を自動で設定する。より具体的には、複数の走査速度条件と、複数の照射点間間隔条件の組み合わせ毎のF O V位置を決定する。このときF O V内のパターン構造が同じであり、且つ別の位置に位置する領域を複数選択し、F O Vとして登録する。

[0050] なお、設計データ抽出部611では、入力装置614によって入力された条件によって、設計データ記憶媒体613から設計データを読み出し、必要に応じて、ベクトルデータからレイアウトデータに変換することによって、レイアウトデータ上でのF O VやR O Iの設定を可能とする。

[0051] 測定条件設定部609では、前述のエネルギーフィルタ電圧の変更を実施する。また、画像特徴量演算部610は、取得された画像から、R O Iの信号情報を抽出し、入力装置613の表示信号を生成する。画像特徴量演算部610は、検出信号に基づいて、エネルギーフィルタ電圧ごとに事前に設定したR O Iの指標値（指定部位とのコントラスト比等）を導出し、図3、図4に例示するようなエネルギーフィルタ電圧と指標値の標準偏差、輝度のグラフを、入力装置614の表示画面等に表示させる。

符号の説明

[0052] 201 SEMの動作条件設定部

202 輝度解析設定部

203 画像評価指標設定部

204 指標閾値設定部

205 R O I 設定画面

501 電子源、

502 電子線

503 コンデンサレンズ、

- 5 0 4 偏向器
- 5 0 5 対物レンズ
- 5 0 6 試料
- 5 0 7 2次電子
- 5 0 8 検出器
- 5 0 9 エネルギーフィルタ
- 6 0 1 S E M本体
- 6 0 2 制御装置
- 6 0 3 演算処理装置
- 6 0 4 演算処理部
- 6 0 5 メモリ
- 6 0 6 偏向器
- 6 0 7 エネルギーフィルタ
- 6 0 8 検出器
- 6 0 9 測定条件設定部
- 6 1 0 画像特徴量演算部
- 6 1 1 設計データ抽出部
- 6 1 2 パターン測定部
- 6 1 3 設計データ
- 6 1 4 入力装置

請求の範囲

[請求項1] 荷電粒子源から放出されるビームの走査に基づいて得られる荷電粒子を検出する検出器と、前記試料から放出される荷電粒子をエネルギーフィルタリングするエネルギーフィルタを備えた荷電粒子線装置において、

前記荷電粒子ビームの走査領域に含まれる複数の領域の指標値を求め、当該複数の指標値と、前記複数の領域のそれぞれに設定されている基準指標値との差分演算を、複数のエネルギーフィルタ条件毎に実行する演算処理装置を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項2] 請求項1において、

前記演算処理装置は、前記差分演算に基づいて前記指標値の標準偏差を求めることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項3] 請求項2において、

前記演算処理装置は、前記指標値が最小、或いは所定の条件を満たす前記エネルギーフィルタ条件を選択することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項4] 請求項1において、

前記指標値は、前記領域に関するコントラスト情報、測長値、コントラストノイズ比の少なくとも1つであることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項5] 請求項4において、

前記領域に関するコントラスト情報、測長値、コントラストノイズ比の少なくとも1つと、当該少なくとも1つの指標値を評価する領域を設定する入力装置を備えたことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項6] 請求項1において、

前記演算処理装置は、各エネルギーフィルタ条件の前記指標値の標準偏差、および各領域の輝度値をグラフでG U I上に表示させ、そのグラフを元にG U I上で観察条件または画像演算条件を設定すること

を特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項7]

請求項1において、

前記演算処理装置は、予め指定した形状に基づいて、設計データから前記領域を選択し、前記指標値が閾値以下となるエネルギーフィルタ電圧を探索することを特徴とする荷電粒子線装置。

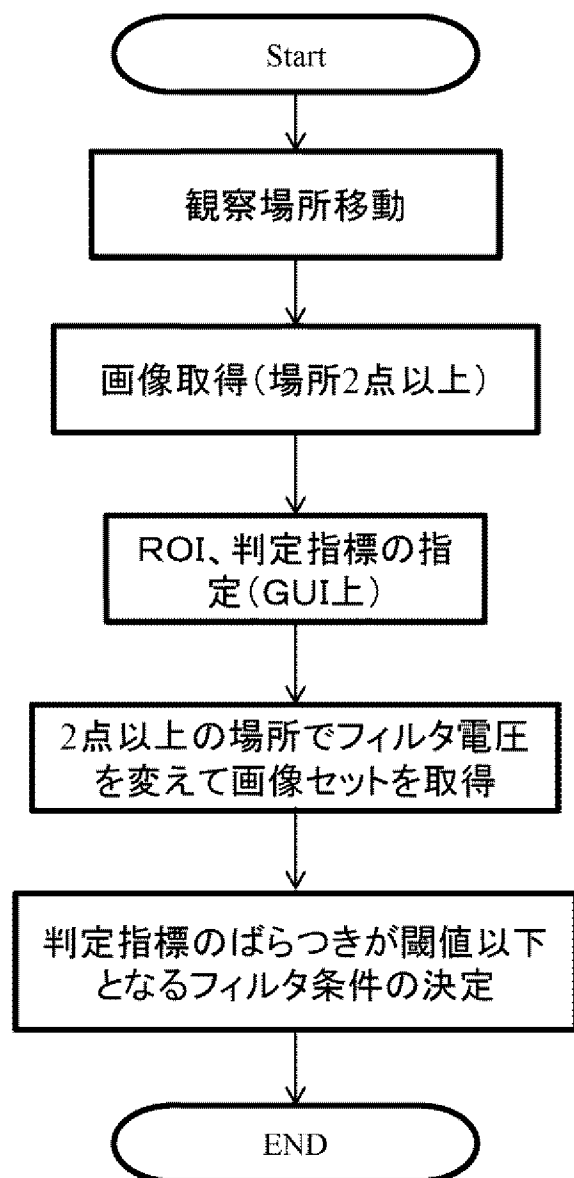
[請求項8]

請求項1において、

前記指標値は、パターンの測長値であって、前記基準指標値となるパターンの寸法と、前記荷電粒子ビームの走査領域内の領域に含まれるパターンの寸法は、所定の閾値内に収まるパターンであることを特徴とする荷電粒子線装置。

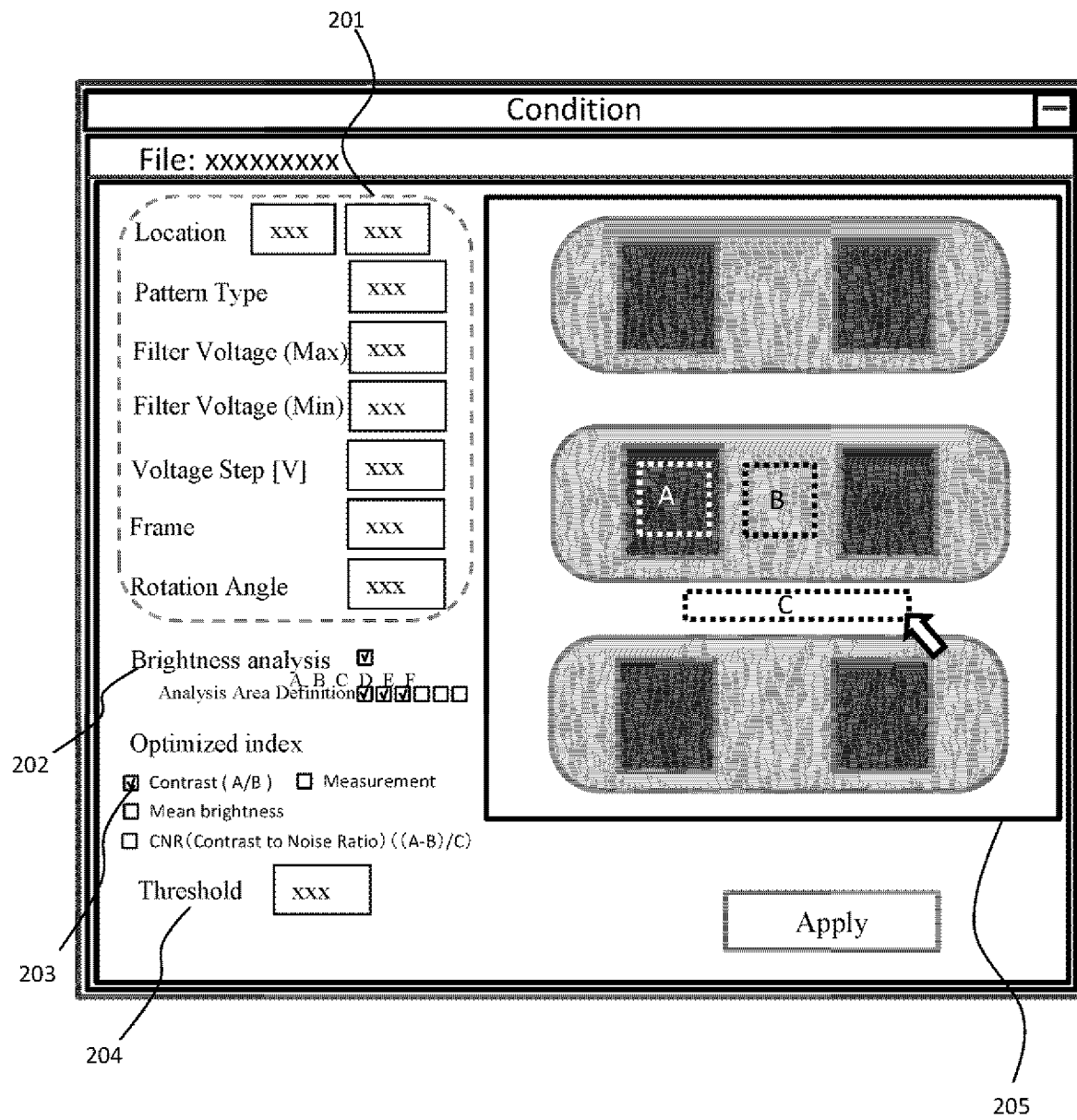
[図1]

【図1】



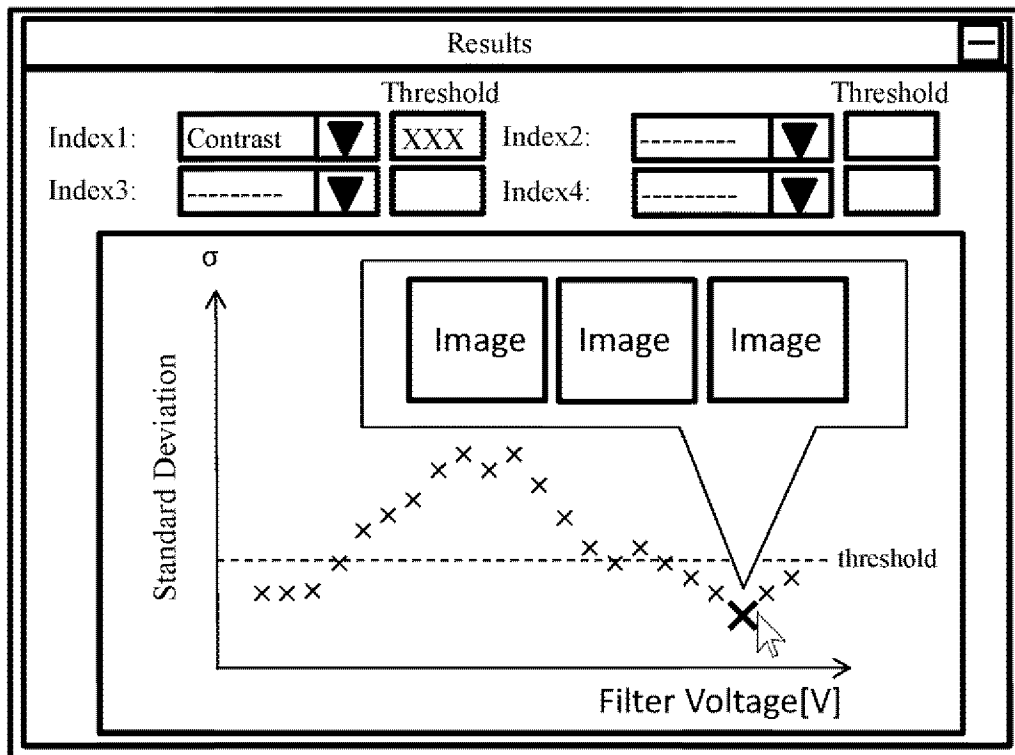
[図2]

【図2】



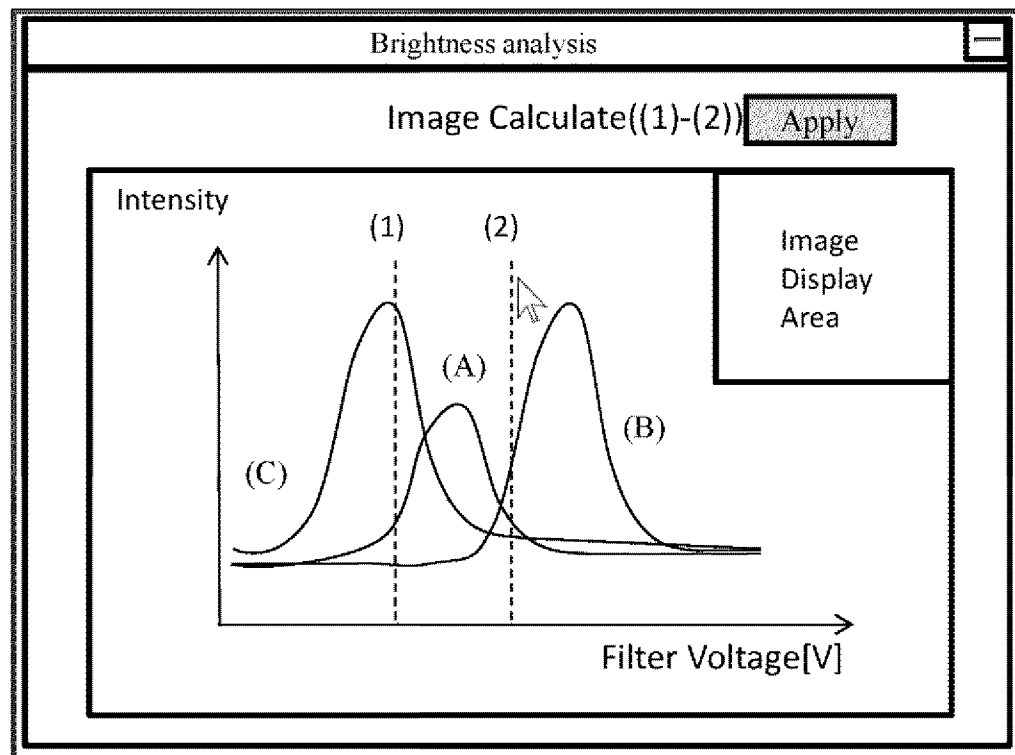
[図3]

【図3】



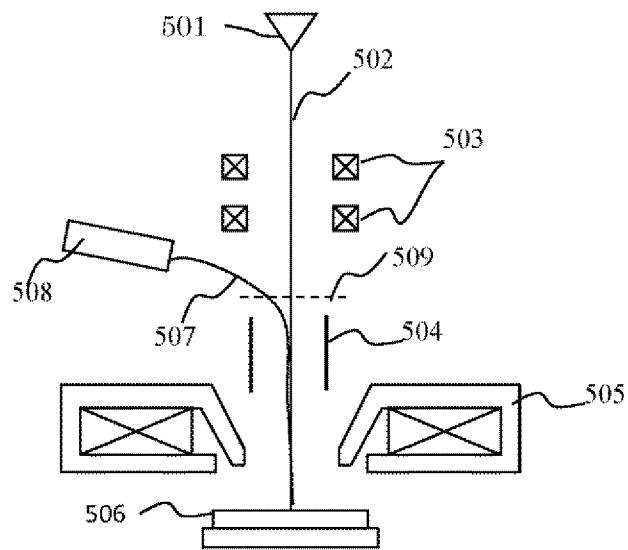
[図4]

【図4】



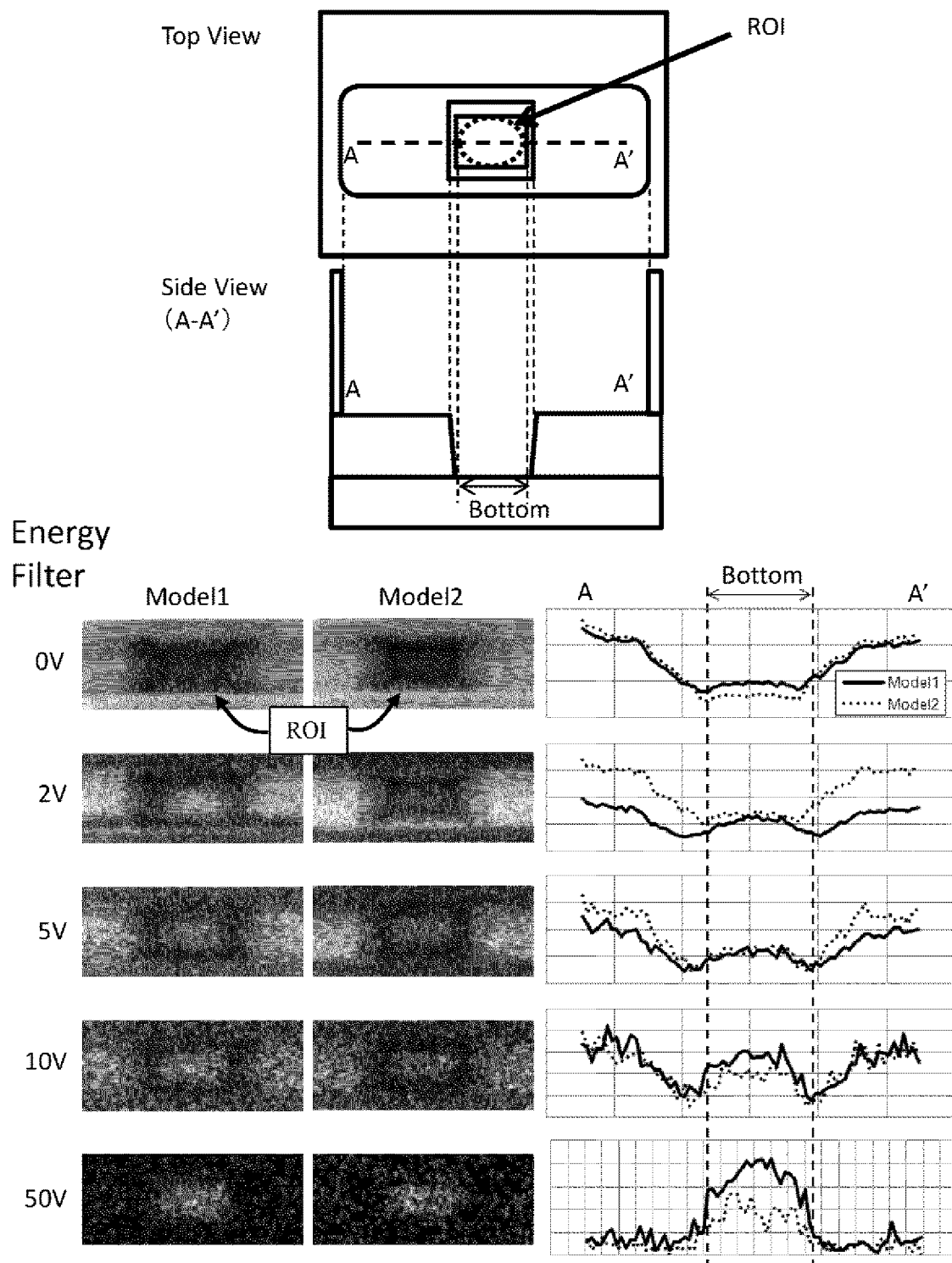
[図5]

【図5】



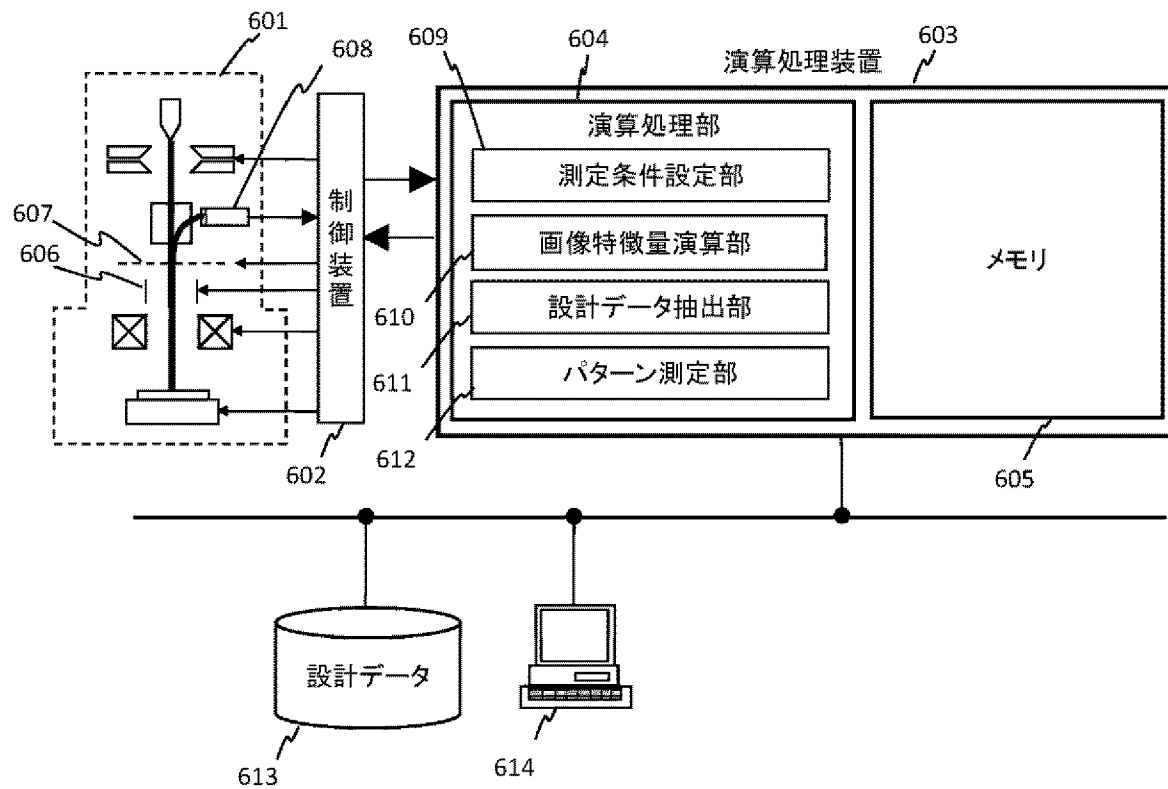
[図6]

【図6】



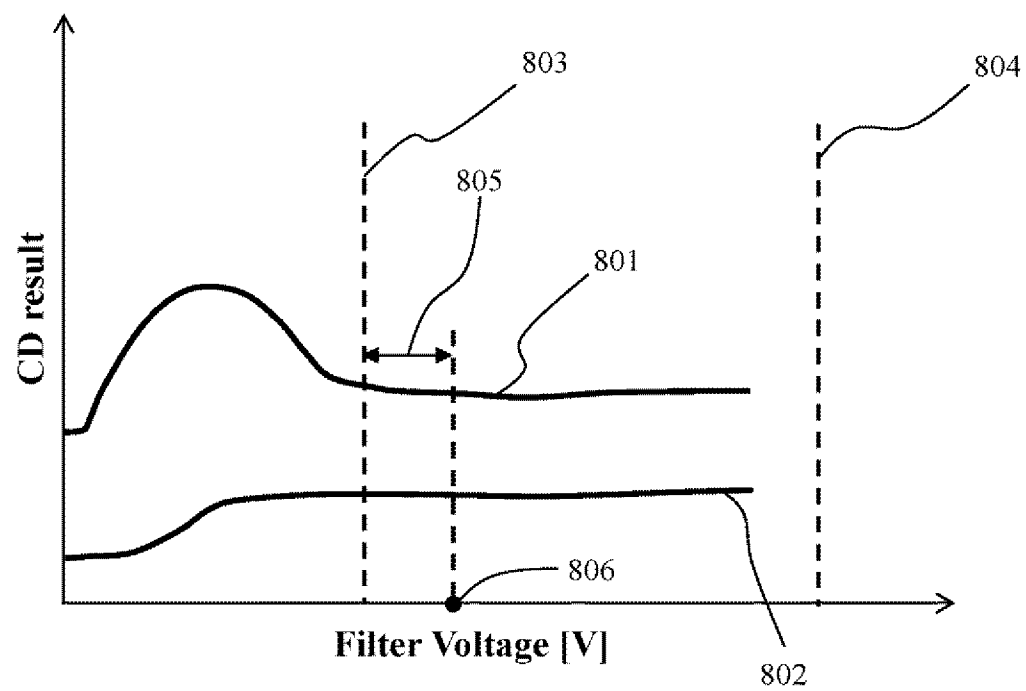
【図7】

【図7】



【図8】

【図8】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/052250

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/28(2006.01) i, H01J37/05(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J37/28, H01J37/05

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5584159 B2 (Hitachi High-Technologies Corp.), 03 September 2014 (03.09.2014), entire text; all drawings & US 2014/0001360 A1 & WO 2012/127901 A1	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 February 2015 (20.02.15)

Date of mailing of the international search report
03 March 2015 (03.03.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/28(2006.01)i, H01J37/05(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/28, H01J37/05

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 5584159 B2（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2014.09.03, 全文全図 & US 2014/0001360 A1 & WO 2012/127901 A1	1 - 8

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 0 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 3 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

桐畑 幸▲廣▼

2 G

9 6 0 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6