

(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
2012年9月27日(27.09.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/127901 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/244 (2006.01) H01J 37/22 (2006.01)
H01J 37/05 (2006.01) H01J 37/28 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/051812
- (22) 国際出願日: 2012年1月27日(27.01.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-066724 2011年3月24日(24.03.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 葛西 祐二(KASAI Yuji) [JP/JP]; 〒3128504 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内 Ibaraki (JP). 鈴木 誠

(SUZUKI Makoto) [JP/JP]; 〒3128504 茨城県ひたちなか市大字市毛882番地 株式会社日立ハイテクノロジーズ 那珂事業所内 Ibaraki (JP). 牧野浩士(MAKINO Hiroshi) [JP/JP]; 〒1858601 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 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 平木 祐輔, 外(HIRAKI Yusuke et al.); 〒1056232 東京都港区愛宕2丁目5番1号 愛宕グリーンヒルズMORIタワー32階 Tokyo (JP).

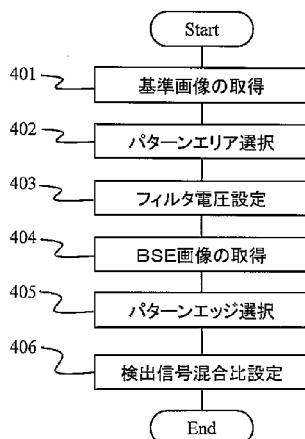
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

[続葉有]

(54) Title: CHARGED PARTICLE RAY APPARATUS AND PATTERN MEASUREMENT METHOD

(54) 発明の名称: 荷電粒子線装置及びパターン測定方法

[図5]



- 401 ACQUISITION OF REFERENCE IMAGE
402 SELECTION OF PATTERN AREA
403 FILTER VOLTAGE SETTING
404 ACQUISITION OF BSE IMAGE
405 SELECTION OF PATTERN EDGE
406 SETTING OF DETECTION SIGNAL MIXING RATIO

(57) Abstract: The purpose of the present invention is to automate the function of synthesising signal charged particles having different energies. For this purpose, a charged particle ray apparatus is provided with: a charged particle source that directs a primary charged particle ray onto a sample; a first detector that detects first signal electrons having a first energy, from among the signal charged particles generated from the sample; a second detector that detects second signal electrons having a second energy, from among the signal charged particles generated from the sample; a first computation section that varies the synthesis ratio of the signal intensity of the first signal electrons and the signal intensity of the second signal electrons, and generates a detection image corresponding to each synthesis ratio; a second computation section that calculates the ratio of the signal intensities corresponding to two prescribed areas of the detection image generated with respect of each synthesis ratio; and a third computation section that determines the mixing ratio employed for acquisition of the detection image, based on the change in the ratio of the signal intensities.

(57) 要約: エネルギーの異なる信号荷電粒子の合成機能を自動化することを目的とする。このため、一次荷電粒子線を試料に照射する荷電粒子源と、試料から発生した信号荷電粒子のうち第1のエネルギーを有する第1の信号電子を検出する第1の検出器と、試料から発生した信号荷電粒子のうち第2のエネルギーを有する第2の信号電子を検出する第2の検出器と、第1の信号電子の信号強度と第2の信号電子の信号強度の合成比を変化させ、各合成比に対応する検出画像を生成する第1の演算部と、各合成比について生成された検出画像の所定の2つのエリアに対応する信号強度の比を算出する第2の演算部と、信号強度の比の変化に基づいて、検出画像の取得に使用する混合比を決定する第3の演算部とを荷電粒子線装置に搭載する。



(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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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：荷電粒子線装置及びパターン測定方法

技術分野

[0001] 本発明は、荷電粒子線の照射により試料から発生する信号電子を検出して画像を生成する荷電粒子線装置及びその画像に基づいて試料表面のパターンを測定する方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの高集積化に伴い、最表面にあるパターンだけでなく、上層パターンと下層パターンの位置合わせ管理（形状管理）や中層部を貫通するホール開口部の寸法管理が重要となっている。これら多層化されたデバイス（３次元デバイス）の形状管理や寸法管理には、一般に、走査型電子顕微鏡（以下「SEM」という。）が用いられている。

[0003] 特許文献１は、検出する信号電子を、そのエネルギーにより選別することができるエネルギーフィルタのSEMへの搭載を開示する。この種のSEMは、エネルギーフィルタの閾値電圧を調整することにより、デバイスの表面電位の違いに応じたコントラスト像を得ることができる。

特許文献２は、後方散乱電子（back scattered electron）用の検出器と二次電子（secondary electron）用の検出器を実装するSEMを開示する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特許第４０６９６２４号

特許文献２：特開平８－２７３５６９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところが、エネルギーフィルタの閾値電圧（threshold voltage）を、観察デバイスに応じて自動的に設定する方法は知られていない。このため、自動化と高速化が要求される半導体デバイスの形状管理・寸法管理装置には、エ

エネルギーフィルタを実装することが困難である。

[0006] また、後方散乱電子像のコントラストは低い。このため、後方散乱電子像だけに基づいてパターンを測定することは困難である。従って、形状管理や寸法管理に際し、後方散乱電子像を二次電子像に合成することは合理的な判断である。

[0007] しかし、特許文献2は、後方散乱電子像と二次電子像の合成に最適な比率を決定する手法を開示しない。このため、自動化と高速化が要求される半導体デバイスの形状管理・寸法管理装置への後方散乱電子像と二次電子像の合成機能の搭載は困難である。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明は、以上の課題を解決するため、一次荷電粒子線を試料に照射する荷電粒子源と、試料から発生した信号荷電粒子のうち第1のエネルギーを有する第1の信号電子を検出する第1の検出器と、試料から発生した信号荷電粒子のうち第2のエネルギーを有する第2の信号電子を検出する第2の検出器と、第1の信号電子の信号強度と第2の信号電子の信号強度の合成比を変化させ、各合成比に対応する検出画像を生成する第1の演算部と、各合成比について生成された検出画像の所定の2つのエリアに対応する信号強度の比を算出する第2の演算部と、信号強度の比の変化に基づいて、検出画像の取得に使用する混合比を決定する第3の演算部とを有する荷電粒子線装置を提案する。

[0009] また、本発明は、以上の課題を解決するため、一次荷電粒子線を試料に照射する荷電粒子源と、信号荷電粒子をエネルギーの大きさに応じて分離するエネルギーフィルタと、エネルギーフィルタを通過した信号荷電粒子を検出する検出器と、エネルギーフィルタに印加するフィルタ電圧を変化させ、各フィルタ電圧に対応する検出画像を生成する第1の演算部と、各フィルタ電圧について生成された検出画像の所定の2つのエリアに対応する信号強度の比を算出する第2の演算部と、信号強度の比の変化に基づいて、検出画像の取得に使用するフィルタ電圧を決定する第3の演算部とを有する荷電粒子線

装置を提案する。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、3次元デバイスの形状管理及び寸法管理の自動化に必要な取得条件の設定を自動化できる。上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

- [0011] [図1]走査電子顕微鏡の第1の構成例を示す図。
[図2]エネルギーフィルタの構成例を示す図。
[図3]信号電子のエネルギー分布を示す図。
[図4]実施例1で観察対象とするパターンの構造例を示す図。
[図5]検出系の設定条件を決定するフローチャート。
[図6]条件設定画面（初期画面）を示す図。
[図7]条件設定画面（基準画像の観察画面）を示す図。
[図8]条件設定画面（エリア選択画面）を示す図。
[図9]条件設定画面（フィルタ設定画面）を示す図。
[図10-1]信号電子のエネルギー分布と信号強度の関係を示す図。
[図10-2]階調比がパターン1で変化する場合に最適なフィルタ電圧の決定方法を説明する図。
[図10-3]階調比がパターン2で変化する場合に最適なフィルタ電圧の決定方法を説明する図。
[図10-4]階調比がパターン1で変化する場合に最適な合成比の決定方法を説明する図。
[図10-5]階調比がパターン2で変化する場合に最適な合成比の決定方法を説明する図。
[図11]条件設定画面（BSE画像の観察画面）を示す図。
[図12]条件設定画面（エッジ選択画面）を示す図。
[図13]条件設定画面（エッジ強調画面）を示す図。
[図14]実施例2で観察対象とするパターンの構造例を示す図。

[図15]条件設定実行時の画像例を示す図。

[図16]実施例3で観察対象とするパターンの構造例を示す図。

[図17]走査電子顕微鏡の第2の構成例を示す図。

[図18]走査電子顕微鏡の第3の構成例を示す図。

[図19]走査電子顕微鏡の第4の構成例を示す図。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、図面に基づいて、本発明の実施の形態を説明する。本発明は、後述する形態例に限定されるものでなく、その技術思想の範囲において、種々の変形が可能である。以下の説明では、荷電粒子線装置の一例として走査電子顕微鏡を例に説明するが、本発明は集束イオンビーム（FIB: Focused Ion Beam）顕微鏡にも適用することができる。

[0013] <形態例1>

（全体構成）

図1に、走査電子顕微鏡の第1の形態例を示す。ここでは、半導体ウェハ上に形成された回路パターンやレジストパターンの観察、寸法計測、形状計測、検査、欠陥レビューに用いられる電子線検査装置について説明する。

[0014] 電子顕微鏡鏡筒1には、電子放出源101が取り付けられる。電子放出源101は、電子源制御部201により制御され、一次電子線102を放出する。一次電子線102は、電子放出源101に接続された電子源加速電圧202により加速される。この後、一次電子線102は、一つ以上の集束レンズ103と電流制限絞り104により、その直径が最適化される。集束レンズ103は、レンズ制御部203aにより制御される。その後、一次電子線102は、対物レンズ105により試料106の表面に焦点を結ぶ。対物レンズ105は、レンズ制御部203bにより制御される。

[0015] 試料106には、負電圧（リターディング電圧）204が印加される。負電圧（リターディング電圧）204の印加により、試料106と対物レンズ105の間には減速電界が発生する。減速電界により、一次電子線102は試料直前で減速され、試料106の表面に到達する。なお、照射電圧は、電

子源加速電圧ーリターディング電圧で与えられる。

- [0016] 一次電子線102は偏向器107により偏向され、試料106の表面を走査する。その際、一次電子線102の走査位置からは信号電子108が発生される。ここで、偏向器107は、偏向制御部205により制御される。
- [0017] 本形態例の場合、信号電子108は、運動エネルギーが50 eVよりも小さい真の二次電子（TSE: True secondary electron）108aと、50 eVよりも高い運動エネルギーを持つ後方散乱電子（Backscattered electron, BSE）108bを含む意味で使用する。
- [0018] 試料106から発生した信号電子108は、リターディング電圧204により加速され、エネルギーフィルタ109に入射する。エネルギーフィルタ109を通過した信号電子108は変換電極（converting electrode）120に衝突し、第2の二次電子130を発生する。第2の二次電子130は、検出器110aで検出される。エネルギーフィルタ109で撥ね返された二次電子131は、検出器110bで検出される。なお、検出器110aと110bには正の電圧が印加されており、当該電圧により発生した電界により二次電子130及び131が吸引される。
- [0019] 検出器110a及び110bの検出信号は、増幅器206a及び206bにおいて増幅され、合成演算部207に入力される。合成演算部207において合成演算された後の画像は、表示部208に表示される。
- [0020] 制御部201、203a、203b及び205は、中央制御部209により統合的に制御される。制御値や調整値は記憶装置210に保存される。
- [0021] 図2に、エネルギーフィルタ109の基本構造を示す。エネルギーフィルタ109は、2枚のシールドメッシュ109aと、1枚のフィルタメッシュ109bから構成される。これら3枚のメッシュには、一次電子線102を通過させるための開口111が設けられている。
- [0022] フィルタメッシュ109bには、フィルタ電圧を印加するためのフィルタ電源211が接続されている。フィルタ電源211は、他の制御部同様、中央制御部209により制御される。図2においては、フィルタメッシュ10

9 bを1枚としているが、複数枚であっても良い。なお、複数枚のフィルタメッシュ109 bは、独立にフィルタ電源211に接続される構造でも良い。

[0023] (信号電子のエネルギー分布)

図3に、信号電子のエネルギー分布を模式的に示す。ここで、横軸は信号電子のエネルギーであり、縦軸は発生頻度である。前述したように、信号電子には、射出方向とエネルギーが異なる2種類の電子が含まれている。真の二次電子108 aと後方散乱電子108 bである。

[0024] 図3において、真の二次電子108 aのエネルギー分布は、数eVから10eVの辺りにピークを持つ。一方、後方散乱電子108 bのエネルギー分布は、試料106の平均原子番号に強く依存する。例えば平均原子番号(Z1)が大きい試料106の場合、一次電子線102の入射エネルギーとほぼ等しいエネルギーにピークを持つ弾性散乱的な分布を持つ。一方、平均原子番号(Z2)が小さい試料106の場合、一次電子線102の入射エネルギーの半分程度のエネルギーにピークを持つ。図3においては、エネルギーが小さい方の後方散乱電子108 bの波形を破線で示している。

[0025] 図3に示すように、観察(測定)時に実際に発生する信号電子のエネルギー分布は、試料106を構成する材料により変化する。このため、2つの検出器110 a及び110 bから出力される2つの検出信号の合成比率を事前に決定することはできない。

[0026] 以下の実施例では、これら2つの検出信号の合成比率を自動的に調整し、3次元デバイスの形状管理及び寸法管理を自動化する合成演算部207や中央制御部209の処理機能について説明する。

[0027] (実施例1)

図4に、測定対象として想定する3次元デバイスの表面パターンの一例を示す。上段の図は3次元デバイスの平面図であり、下段の図は3次元デバイスの断面図である。この3次元デバイスは、最下層に金属301が埋め込まれており、その上層に配線パターン302が複数列平行に形成されている。

なお、配線パターン同士のギャップ部分には、下層の金属 301 と導通させるための開口 303 が下地層に形成されている。

[0028] この 3 次元デバイスの開口 303 の寸法を測定する場合、合成画像内におけるギャップ底部と下層の金属部分の区別をはっきりさせる必要がある。

[0029] 検出条件の設定時に、中央制御部 209 が、処理プログラムに従って実行する処理手順を図 5 に示す。この際、表示部 208 に表示される設定画面の一例を図 6 に示す。検出条件の設定は、測定パターンの初期画像（すなわち、基準画像）を取得することから開始される。初期画像を取得する際、中央制御部 209 は、フィルタ電圧を 0 V、検出信号の合成比率を 1 : 1 に設定する。

[0030] 基準画像の取得時（ステップ 401）、表示部 208 には、図 7 に示す画面が表示される。基準画像の取得は、オペレータが、設定画面上の「基準画像」ボタン 501 をクリック操作することで開始される。取得動作の終了後、表示部 208 の画像表示部 507 には、新たに取得された基準画像（平面画像）が表示される。

[0031] 基準画像が取得されると、次は、エリアの入力受付処理に移行する（ステップ 402）。ここでは、測定対象とするパターンエッジを画像内に表示させるために、オペレータによるエリアの選択を受け付けるための画面が表示される。

[0032] 図 8 に、当該処理に対応する画面例を示す。この画面において、オペレータは、初期画像内で隣接する 2 つの領域を選択する。オペレータが設定画面内の「エリア選択」ボタン 502 を押すと、画像表示部 507 の横の領域に、エリア選択ボタン 508 が表示される。また、画像表示部 507 の基準画像の上には、エリアボックス 509 a 及び 509 b が重疊的に表示される。この二つのエリアボックスを、以下の説明では、それぞれ「エリアボックス A」及び「エリアボックス B」と呼ぶ。

[0033] エリア選択ボタン 508 は、基準画像上に設定するエリアボックスの種類を選択に使用される。各エリアボックスの表示に使用する形状は、テンプレ

ート510の中から選択される。オペレータは、エリアボックスの種類と形状を選択し、画像上の適切な位置に各エリアボックスを配置する。もっとも、エリアボックスの配置後にテンプレートを選択し、エリアボックスの形状を変更しても良い。エリアボックスのサイズは、予め設定されたボックス面積の最小値と最大値の間で任意に変更できるようにすれば良い。

[0034] エリアの選択が終了すると、中央制御部209は、フィルタ電圧の設定画面を表示部208に表示する（ステップ403）。図9に、フィルタ電圧の設定画面を示す。オペレータが設定画面の「フィルタ設定」ボタン503を押すと、中央制御部209は、フィルタ電圧の最適値を決定する処理を開始する。なお、後述する検出信号の合成比率に必要な画像が得られている場合には、このフィルタ電圧の設定処理をスキップすることができる。

[0035] フィルタ電圧の自動設定処理においては、検出器110aで検出された検出信号だけを使用する。ここで、中央制御部209は、フィルタ電圧を初期値から所定量ずつステップ的に変化させ、その都度、試料106の画像を取得する。画像内のエリアボックスA及びBで囲まれた領域の階調値をそれぞれ S_A 及び S_B とすると、中央制御部209は、フィルタ電圧が変更され、画像が取得されるたびに、階調比 S_A/S_B を計算する。中央制御部209は、ここでの階調比を評価値とし、次の手順でフィルタ電圧の最適化を行う。

[0036] 以下、図10-1～図10-3を用い、フィルタ電圧の最適値を設定する方法を説明する。図10-1に、信号電子のエネルギーと信号強度の関係を示す。横軸は信号電子のエネルギーであり、縦軸は信号強度である。なお、3次元デバイスの下層の金属部分（エリアボックスAで選択した場所）は重金属で構成され、その周辺部（エリアボックスBで選択した場所）は軽元素で構成されることが多い。

[0037] その場合、エネルギーが低い二次電子の検出信号の部分では、両者の強度差は僅かである（図中[I]の領域）。一方、エネルギーが入射エネルギー E_0 に近い後方散乱電子の検出信号の部分では、エリアボックスBの部分よりもエリアボックスAの部分から多く検出される（図中[II]の領域）。

- [0038] 前述したように、中央制御部209は、エネルギーフィルタ109を作動させ、有限のフィルタ電圧（図中 ΔV_f ）を設定する。すると、 ΔV_f より低いエネルギーの信号は、エネルギーフィルタ109で撥ね返され、 ΔV_f よりも高エネルギーの信号のみが検出される。
- [0039] 従って、 ΔV_f を十分大きくすると、図10-1の[1]部からは検出信号を検出しないようにできる。このとき、階調比 S_A/S_B は増大する。一方、 ΔV_f をあまり大きくしすぎると、エリアボックスAからの信号もエリアボックスBからの信号も信号絶対強度が小さくなり、信号検出時のノイズと区別できなくなってしまう。
- [0040] ノイズの振幅に相当する画像上の階調を N とし、その5倍をノイズ閾値とすると、エリアボックスAの階調値 $>5N$ 、エリアボックスBの階調値 $>5N$ を保ちつつ階調比 S_A/S_B を最大化するように ΔV_f を決めることが出来る。このとき、ノイズ閾値をノイズ振幅 N の5倍以上と規定したが、この定数は変化しても良い。
- [0041] ΔV_f を最適化する方法を、図10-2及び図10-3を用いて説明する。図10-2は、 ΔV_f を大きくするほど、階調比 S_A/S_B も大きくなる場合の例を示している。この場合、 ΔV_f を大きくしすぎると、 S_B がノイズ閾値より小さくなる。従って、階調比 S_A/S_B がこのように変化する場合、中央制御部209は、 S_B がノイズ閾値に等しくなる ΔV_f をフィルタ電圧の最適値に設定する。
- [0042] 図10-3は、階調比 S_A/S_B が ΔV_f に対して極大値を持つ場合の例である。 S_A 及び S_B が共にノイズ閾値を下回らない ΔV_f の範囲において、 S_A/S_B は極大となる。そこで、中央制御部209は、 S_A/S_B が極大となる時の ΔV_f をフィルタ電圧の最適値に設定する。
- [0043] 以上の手順は、評価値（階調比 S_A/S_B ）を数値化して大小関係を判定するだけであり、自動化することは容易である。中央制御部209は、このようにして求めたフィルタ電圧を最適値に設定する。
- [0044] フィルタ電圧の設定が終了すると、中央制御部209は、後方散乱電子の

検出画像（BSE画像）の取得画像を表示する（ステップ404）。図11に、BSE画像の設定画面を示す。オペレータが「BSE画像」ボタン504を押すと、中央制御部209は、BSE画像の取得処理を実行する。

[0045] この場合、中央制御部209は、検出器110aで検出された検出信号だけを使用する。中央制御部209は、ステップ403で最適化されたフィルタ電圧を用いて画像を取得する。中央制御部209は、最適化されたフィルタ電圧に基づいて新たな画像が取得されると、画像表示部507に取得画像を表示する。

[0046] BSE画像が取得されると、中央制御部209は、BSE画像内のうち観察しようとするエッジの領域をオペレータに設定入力させるための処理を実行する（ステップ405）。図12に、エッジ選択画面を示す。オペレータが設定画面の「エッジ選択」ボタン505を押すと、画像表示部507の横の領域に、エッジ選択ボタン511が表示される。また、画像表示部507のBSE画像の上には、エリアボックス509cが表示される。このエッジを指定するエリアボックスを、以下の説明では、「エリアボックスC」と呼ぶ。エリアボックスの形状は、オペレータが、テンプレート510から選択する。また、オペレータは、BSE画像上の適切な位置にエリアボックスCを配置する。エリアボックスCのサイズは任意に変更できると良い。

[0047] エリアボックスCの設定が終了すると、中央制御部209は、2つの検出信号の混合比を自動設定するための設定画面を表示部208に表示する（ステップ406）。図13に、混合比の設定画面を示す。オペレータが設定画面の「エッジ強調」ボタン506を押すと、中央制御部209は、2つの検出器110a及び110bの混合比を自動的に決定する処理を開始する。

[0048] 処理を開始した中央制御部209は、検出器110aの検出信号と検出器110bの検出信号の混合比をステップ的に変化させ、その都度、設定された混合比に基づいて2つの検出信号を合成した画像を取得する。

[0049] ここで、画像内のエリアボックスCの階調を S_c とする。この場合、中央制御部209は、階調比 S_c/S_A を計算する。この階調比を評価値とし、中央

制御部 209 は、以下の手順により最適な混合比を決定する。もっとも、エリアボックス C と階調値を比較する領域をエリアボックス B とし、評価値として階調比 S_C / S_B を算出しても良い。

[0050] 以下、図 10-4 及び図 10-5 を用い、混合比の最適値を設定する方法を説明する。図 10-4 は、混合比を大きくするほど階調比 S_C / S_A も大きくなる場合の例である。混合比を大きくしすぎると、 S_A がノイズ閾値より小さくなる。そこで、階調比 S_C / S_A がこのように変化する場合、中央制御部 209 は、 S_A がノイズ閾値に等しくなる混合比を最適値に決定する。

[0051] これに対し、図 10-5 は、階調比 S_C / S_A が混合比に対して極大値を持つ場合の例である。 S_C 及び S_A が共にノイズ閾値を下回らない混合比の範囲において、 S_C / S_A が極大となる。そこで、中央制御部 209 は、 S_C / S_A が極大となる時の混合比を最適値に設定する。

[0052] (まとめ)

以上の手順により、中央制御部 209 は、フィルタ電圧と検出信号の混合比を自動的に最適化し、階調比が最も良好となる条件で画像を取得する。これにより、真の二次電子と後方散乱電子に最適な混合比を、測定対象とする試料 106 に応じて自動的に設定することができる。これにより、画像内で 2 番目に暗く、最も暗い領域との階調差が小さい開口 303 の観察が可能になる。これにより、3 次元デバイスの構造が未知の場合でも、開口 303 の寸法を最適な条件で測定することができる。

[0053] なお、前述の実施例においては、基準画像を取得する際のフィルタ電圧を 0 V、検出信号の合成比率を 1 : 1 に設定したが、それらの値はオペレータが任意に設定しても良い。

[0054] 前述の実施例では、ステップ 403 でフィルタ電圧を決定する際、処理過程の画像を表示させなかったが、ステップ的にフィルタ電圧を変化させた時の各画像の一覧を表示させても良い。また、これらの一覧画像をオペレータが見て、任意に選択した画像の条件をフィルタ設定電圧としても良い。

[0055] 前述の実施例では、ステップ 406 で 2 つの検出信号の合成比率を決定す

る際、処理過程の画像を表示させなかったが、ステップ的に検出信号の合成比率を変化させた時の各画像の一覧を表示させも良い。また、これらの一覧表をオペレータが見て、任意に選択した画像の条件を合成比率としても良い。

[0056] (実施例2)

図14(a)～(c)に、測定対象として想定する3次元デバイスの表面パターンの他の一例について説明する。この3次元デバイスにおいては、横方向に延びるライン&スペースパターン601(以下「下層ライン601」という。)と、縦方向に延びるライン&スペース602(以下「上層ライン602」という。)を積層した格子状デバイスを想定する。

[0057] 上層ライン602と下層ライン601が交差する領域を除いた隙間部分603の面積はデバイス特性を左右し、寸法管理が要求される。従って、隙間部分603の横幅を測定する必要がある、下層ライン601と隙間部分603のコントラストを強調しつつ、下層ライン601のエッジと上層ライン602のエッジをそれぞれ明確にする必要がある。

[0058] 上層ライン601のライン間幅に比べてライン高さが高い場合、ライン間のスペースは深い溝状となり、下層ライン601の有無は判別困難になる。このデバイスにおいても、図5に示した方法によれば、設定パラメータを最適化することができる。図15(a)～(c)に、ステップ401からステップ406まで実行した時の画像例を示す。図15(a)と(c)を比較して分かるように、図15(a)では表示されていなかった横方向の筋模様1501が、混合比を調整した後の図15(c)では描画されている。

[0059] (実施例3)

測定対象として測定可能な3次元デバイスは、図4や図14に示す3次元デバイスに限らない。図16(a)～(c)に示すパターン構造を有する3次元デバイスの測定にも好適である。本図に示す3次元デバイスは、図15(b)に示すように、パターン711の並び方向に下地層710が分離されているような形状を想定する。このパターン構造は、図15(b)に示すよ

うに、一次電子線の照射方向から見て高さ位置が異なる３つの層で形成される。このため、検出信号には、３つの代表的な明るさが含まれる構造を想定する。

[0060] ただし、下地層 710 とその基体との段差は小さい。このため、その明るさの違いはわずかである。従って、ステップ 401 における基準画像の取得時には、最も暗い部位 701 の形状を強調する必要があり、かつ、最も暗い部位と隣り合う部位の境界の輪郭 702 を強調する必要がある場合には、前述した本発明の方法を適用することができる。

[0061] 実際、ステップ 403 は、最も暗い部位 701 の形状を強調する工程であり、ステップ 406 は輪郭 702 を強調する工程に対応する。

[0062] <形態例 2>

図 17 に、他の形態例に係る走査電子顕微鏡の構成例を示す。図 17 には、図 1 との対応部分に同一符号を付して示す。本形態例の場合、後方散乱電子 (BSE) 108b のように、中心軸から広範囲に広がった信号電子 108 は、中心軸に対し大きな開口を有する環状の検出器 (annular detector) 801a において検出する。また、真の二次電子 (TSE) 108a のように、リターディング電圧 204 によって加速され、なおかつ中心軸から広範囲には広がらないような信号電子 108 は、中心に一次電子線 102 を通過させるための開口を有する円盤状の検出器 801b において検出する。

[0063] それぞれの検出器 801a 及び 801b で検出された検出信号は、増幅器 206a 及び 206b において増幅され、それぞれの信号は、合成演算部 207 で画像演算された後、表示部 208 に表示される。

[0064] 検出器 801a 及び 801b は、それぞれ中心軸方向に高さを変えて配置される。検出器 801a の検出面の下には、同検出器と同等の形状を有する環状のフィルタメッシュ 802 が配置される。フィルタメッシュ 802 には、フィルタ電源 211 が接続されており、中央制御部 209 によりフィルタ電圧が制御される。

[0065] このように、エネルギーフィルタを通過した信号電子を検出する検出器と

、エネルギーフィルタを通過も衝突もしない信号電子を検出する検出器を有する走査電子顕微鏡の場合にも、形態例 1 で説明した技術をそのまま応用することができる。

[0066] <形態例 3>

図 18 に、走査電子顕微鏡の他の形態例を説明する。本形態例に係る走査電子顕微鏡は、形態例 1 の場合と同様、試料 106 から発生した信号電子 108 をエネルギーレベル別に分離するエネルギーフィルタ 109 を使用する。

[0067] ただし、本形態例の場合、エネルギーフィルタ 109 を通過した二次電子のみを検出する検出器 901 だけを走査電子顕微鏡に搭載する。この場合、検出器 901 で検出した検出信号は増幅器 206 で増幅され、表示部 208 に表示される。

[0068] この形態例の場合、エネルギーフィルタ 109 は、図 2 に示す構成を有している。検出器 901 が、一次電子線 102 を通すための開口を有する円盤状に形成されている場合、材料コントラストの違いによる後方散乱電子 (BSE) 像を取得するためのフィルタ電源 211 の最適値は、図 5 に示すステップ 401 からステップ 403 までを実行すれば容易に決定することができる。

[0069] <形態例 4>

なお、射出角度とエネルギーレベルが異なる 2 種類の信号電子を 2 つの検出器で別々に検出可能であれば、図 1 との対応部分に同一符号を付して示す図 19 に示すように、エネルギーフィルタを有しない走査電子顕微鏡であっても良い。この場合において、エネルギーフィルタの調整は不要である。この場合でも、図 5 に示すステップ 404 からステップ 406 までの処理の実行により、2 つの検出信号の混合比を自動的に決定することができる。

[0070] <形態例 5>

前述の形態例においては、いずれもリターディング電圧 204 を印加する構成について記載した。しかし、リターディング電圧 204 を印加しなくて

も良い。また、リターディング電圧204が印加されず、試料直上に正電圧を印加する電極を配置し、試料106から出力された信号電子108を加速的に引上げる構成でも良い。勿論、リターディング電圧204を印加し、信号電子108を引上げ、加速するよう正電圧を印加する電極が配置される構成であっても良い。

[0071] <他の形態例>

本発明は上述した形態例に限定されず、様々な変形例を含む。例えば、上述した形態例は、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、ある形態例の一部を他の形態例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある形態例の構成に他の形態例の構成を加えることも可能である。また、各形態例の構成の一部について、他の構成を追加、削除又は置換することも可能である。

[0072] また、上述した各構成、機能、処理部、処理手段等は、それらの一部又は全部を、例えば集積回路その他のハードウェアとして実現しても良い。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実現しても良い。すなわち、ソフトウェアとして実現しても良い。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) 等の記憶装置、ICカード、SDカード、DVD等の記憶媒体に格納することができる。

[0073] また、制御線や情報線は、説明上必要と考えられるものを示すものであり、製品上必要な全ての制御線や情報線を表すものでない。実際にはほとんど全ての構成が相互に接続されていると考えて良い。

符号の説明

- [0074] 1…電子顕微鏡筒
101…電子放出源
102…一次電子線
103…集束レンズ

104…電流制限絞り
105…対物レンズ
106…試料
107…偏向器
108…信号電子
108a…真の二次電子
108b…後方散乱電子
109…エネルギーフィルタ
110a…検出器
110b…検出器
120…変換電極
130、131…二次電子
201…制御部
203a、203b…制御部
205…制御部
204…リターディング電圧
206a、206b…増幅器
207…合成演算部
208…表示部

請求の範囲

[請求項1]

一次荷電粒子線を試料に照射する荷電粒子源と、
前記試料から発生した信号荷電粒子のうち第1のエネルギーを有する第1の信号電子を検出する第1の検出器と、
前記試料から発生した信号荷電粒子のうち第2のエネルギーを有する第2の信号電子を検出する第2の検出器と、
前記第1の信号電子の信号強度と前記第2の信号電子の信号強度の合成比を変化させ、各合成比に対応する検出画像を生成する第1の演算部と、
各合成比について生成された検出画像の所定の2つのエリアに対応する信号強度の比を算出する第2の演算部と、
前記信号強度の比の変化に基づいて、前記検出画像の取得に使用する混合比を決定する第3の演算部と
を有することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項2]

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、
前記第3の演算部は、前記2つのエリアに対応する2つの信号強度のいずれもが所定の閾値より大きい範囲において、前記信号強度の比の最大値を与える合成比を、前記検出画像の取得時に使用する混合比に決定する
ことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項3]

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、
前記2つのエリアのうちの一つは、オペレータにより表示画面上で指定されたエッジを指定するエリアである
ことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項4]

請求項1に記載の荷電粒子線装置において、
前記第1の検出器と前記第2の検出器で検出される信号荷電粒子をエネルギーの大きさに応じて分離するエネルギーフィルタを有する
ことを特徴とする荷電粒子線装置。

- [請求項5] 請求項4に記載の荷電粒子線装置において、
 前記エネルギーフィルタに印加するフィルタ電圧を変化させ、各フィルタ電圧に対応する検出画像を生成する第4の演算部と、
 各フィルタ電圧について生成された検出画像の所定の2つのエリアに対応する信号強度の比を算出する第5の演算部と、
 前記信号強度の比の変化に基づいて、前記検出画像の取得に使用するフィルタ電圧を決定する第6の演算部と
 を有することを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項6] 請求項5に記載の荷電粒子線装置において、
 前記第6の演算部は、前記2つのエリアに対応する2つの信号強度のいずれもが所定の閾値より大きい範囲において、前記信号強度の比の最大値を与えるフィルタ電圧を、前記検出画像の取得時に使用するフィルタ電圧に決定する
 ことを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項7] 請求項5に記載の荷電粒子線装置において、
 前記2つのエリアは、オペレータにより表示画面上で指定されたエリアである
 ことを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項8] 請求項4に記載の荷電粒子線装置において、
 前記第1の検出器は、前記信号荷電粒子のうち前記エネルギーフィルタを通過した信号荷電粒子により発生される二次電子を検出し、
 前記第2の検出器は、前記信号荷電粒子のうち前記エネルギーフィルタに衝突して発生する二次電子を検出する
 ことを特徴とする荷電粒子線装置。
- [請求項9] 請求項4に記載の荷電粒子線装置において、
 前記第1の検出器は、前記信号荷電粒子のうち前記エネルギーフィルタを通過しない信号荷電粒子を検出し、
 前記第2の検出器は、前記信号荷電粒子のうち前記エネルギーフィ

ルタを通過した信号荷電粒子を検出する

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項10]

一次荷電粒子線を試料に照射する荷電粒子源と、

信号荷電粒子をエネルギーの大きさに応じて分離するエネルギーフィルタと、

前記エネルギーフィルタを通過した信号荷電粒子を検出する検出器と、

前記エネルギーフィルタに印加するフィルタ電圧を変化させ、各フィルタ電圧に対応する検出画像を生成する第1の演算部と、

各フィルタ電圧について生成された検出画像の所定の2つのエリアに対応する信号強度の比を算出する第2の演算部と、

前記信号強度の比の変化に基づいて、前記検出画像の取得に使用するフィルタ電圧を決定する第3の演算部と

を有することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項11]

請求項10に記載の荷電粒子線装置において、

前記第3の演算部は、前記2つのエリアに対応する2つの信号強度のいずれもが所定の閾値より大きい範囲において、前記信号強度の比の最大値を与えるフィルタ電圧を、前記検出画像の取得時に使用するフィルタ電圧に決定する

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項12]

請求項10に記載の荷電粒子線装置において、

前記2つのエリアは、オペレータにより表示画面上で指定されたエリアである

ことを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項13]

一次荷電粒子線を試料に照射する荷電粒子源と、前記試料から発生した信号荷電粒子のうち第1のエネルギーを有する第1の信号電子を検出する第1の検出器と、前記試料から発生した信号荷電粒子のうち第2のエネルギーを有する第2の信号電子を検出する第2の検出器と

を有する荷電粒子線装置におけるパターン測定方法において、

前記第1の信号電子の信号強度と前記第2の信号電子の信号強度の合成比を変化させ、各合成比に対応する検出画像を生成する第1の処理と、

各合成比について生成された検出画像の所定の2つのエリアに対応する信号強度の比を算出する第2の処理と、

前記信号強度の比の変化に基づいて、前記検出画像の取得に使用する混合比を決定する第3の処理と、

決定された混合比を用いて取得された検出画像に基づいてパターンを測定する第4の処理と

を有することを特徴とするパターン測定方法。

[請求項14]

一次荷電粒子線を試料に照射する荷電粒子源と、信号荷電粒子をエネルギーの大きさに応じて分離するエネルギーフィルタと、前記エネルギーフィルタを通過した信号荷電粒子を検出する検出器とを有する荷電粒子線装置におけるパターン測定方法において、

前記エネルギーフィルタに印加するフィルタ電圧を変化させ、各フィルタ電圧に対応する検出画像を生成する第1の処理と、

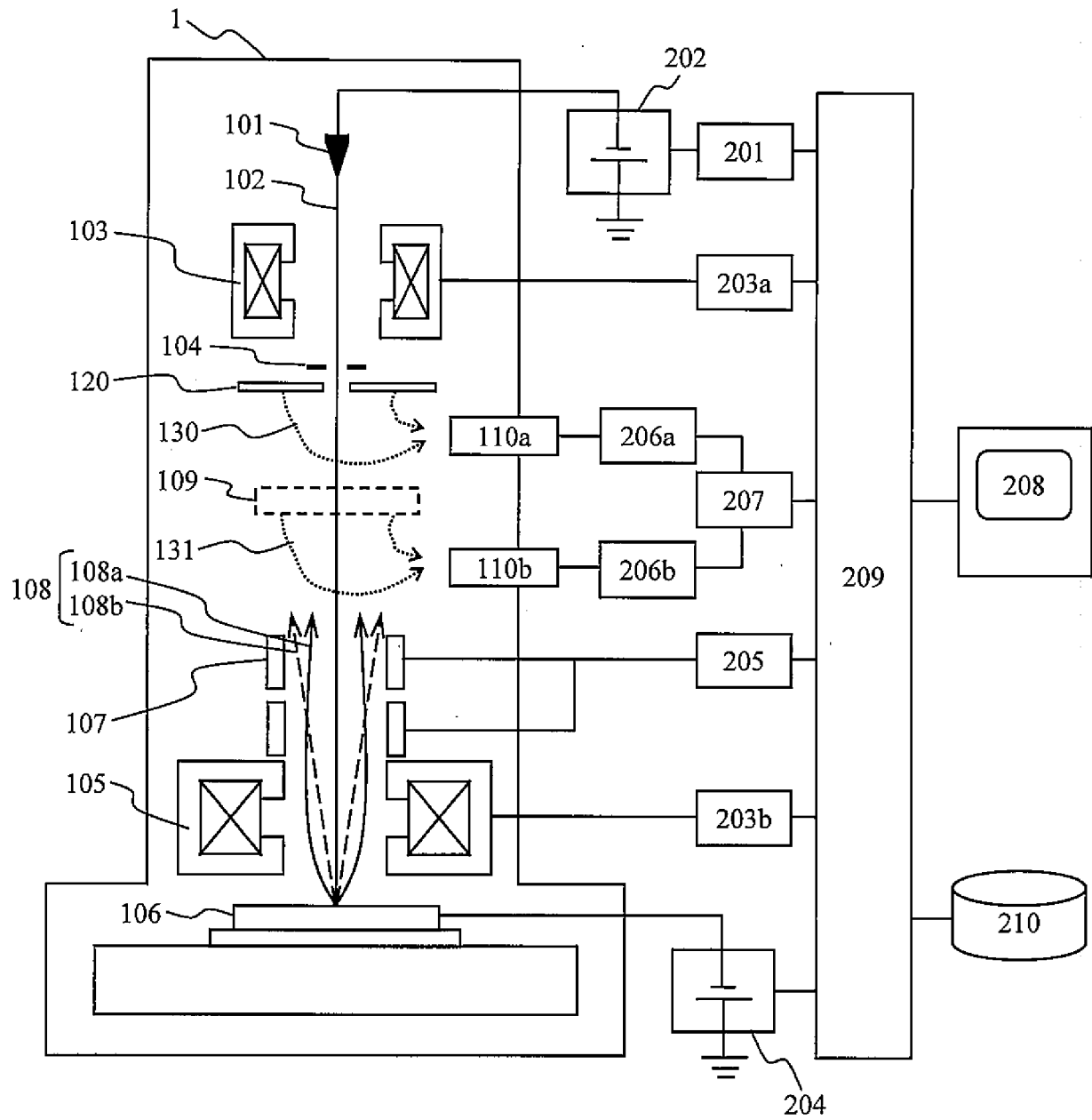
各フィルタ電圧について生成された検出画像の所定の2つのエリアに対応する信号強度の比を算出する第2の処理と、

前記信号強度の比の変化に基づいて、前記検出画像の取得に使用するフィルタ電圧を決定する第3の処理と、

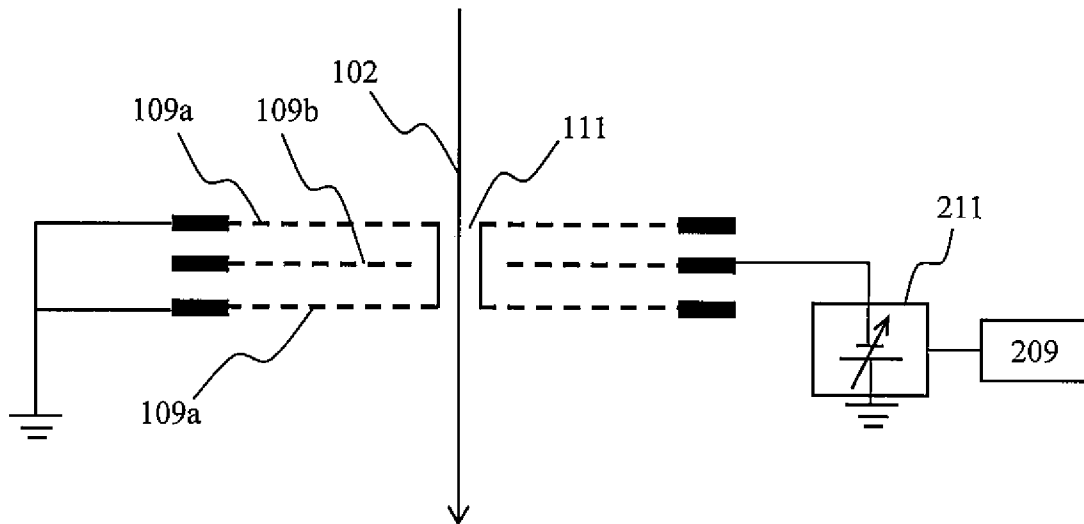
決定されたフィルタ電圧を用いて取得された検出画像に基づいてパターンを測定する第4の処理と

を有することを特徴とするパターン測定方法。

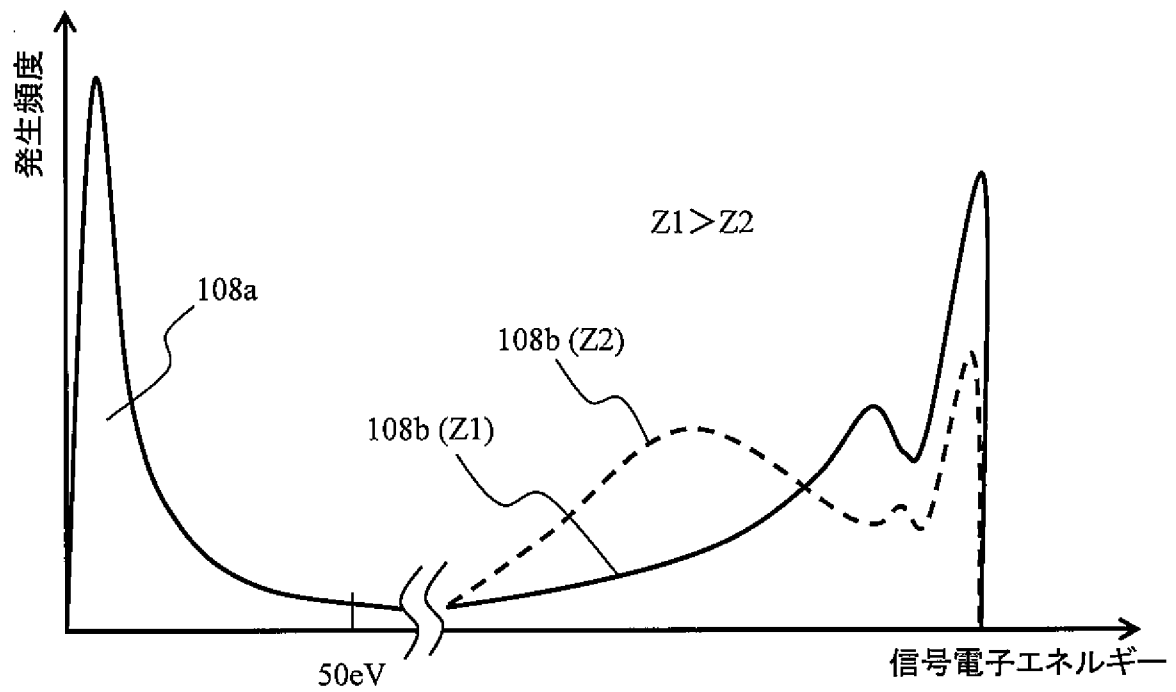
[図1]



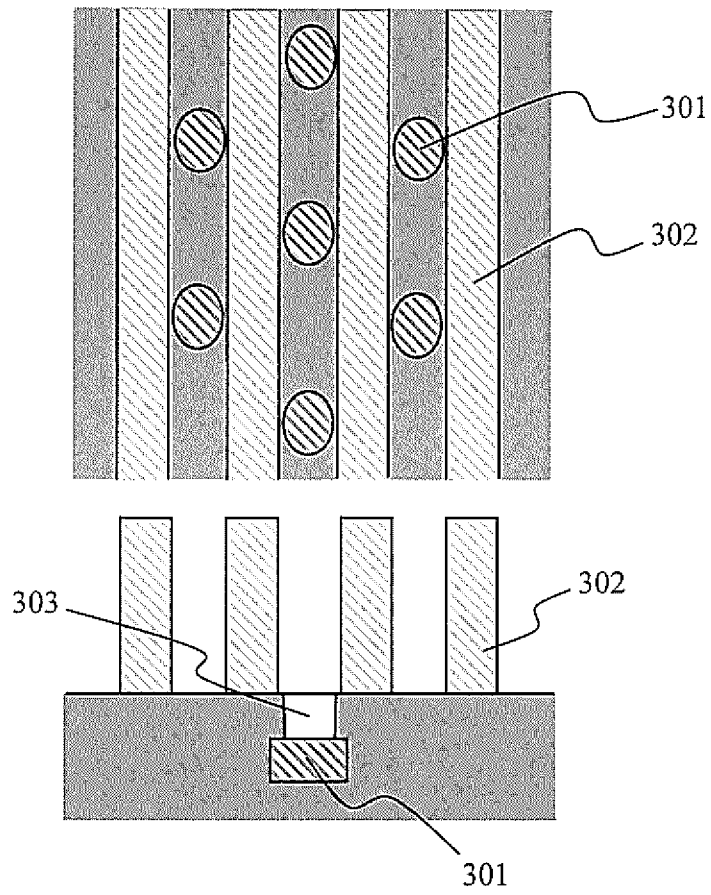
[図2]



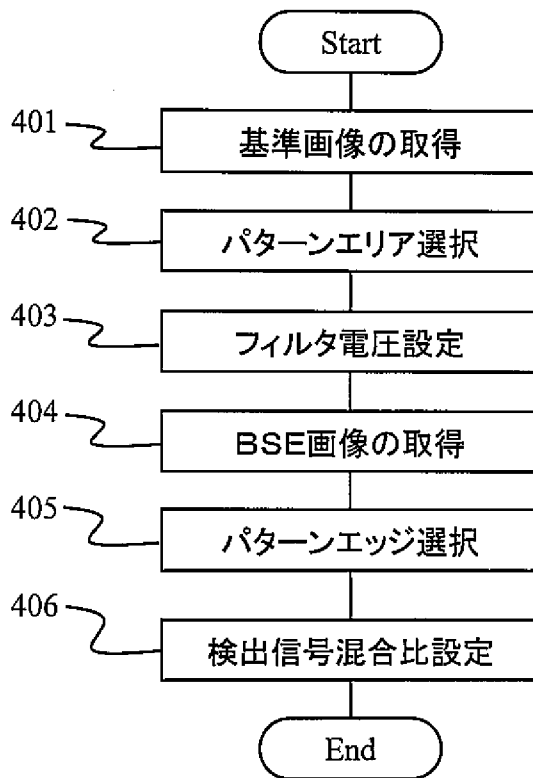
[図3]



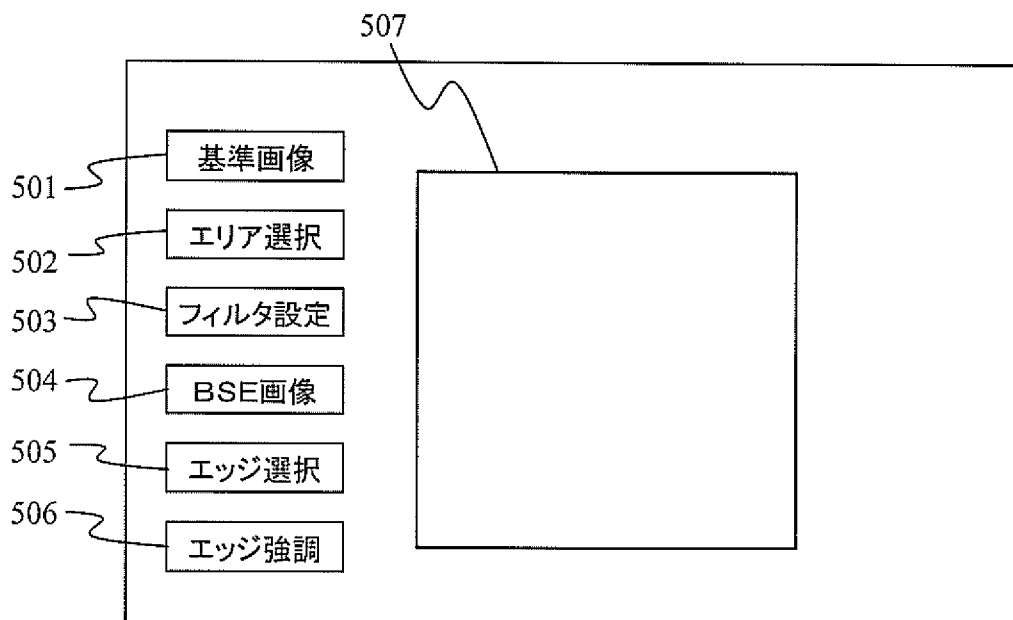
[図4]



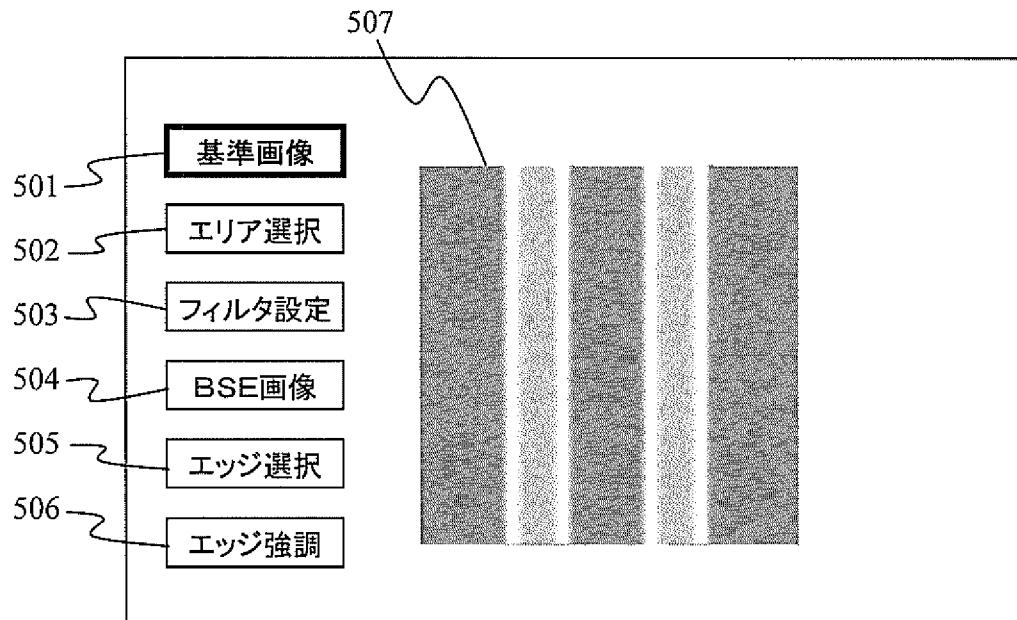
[図5]



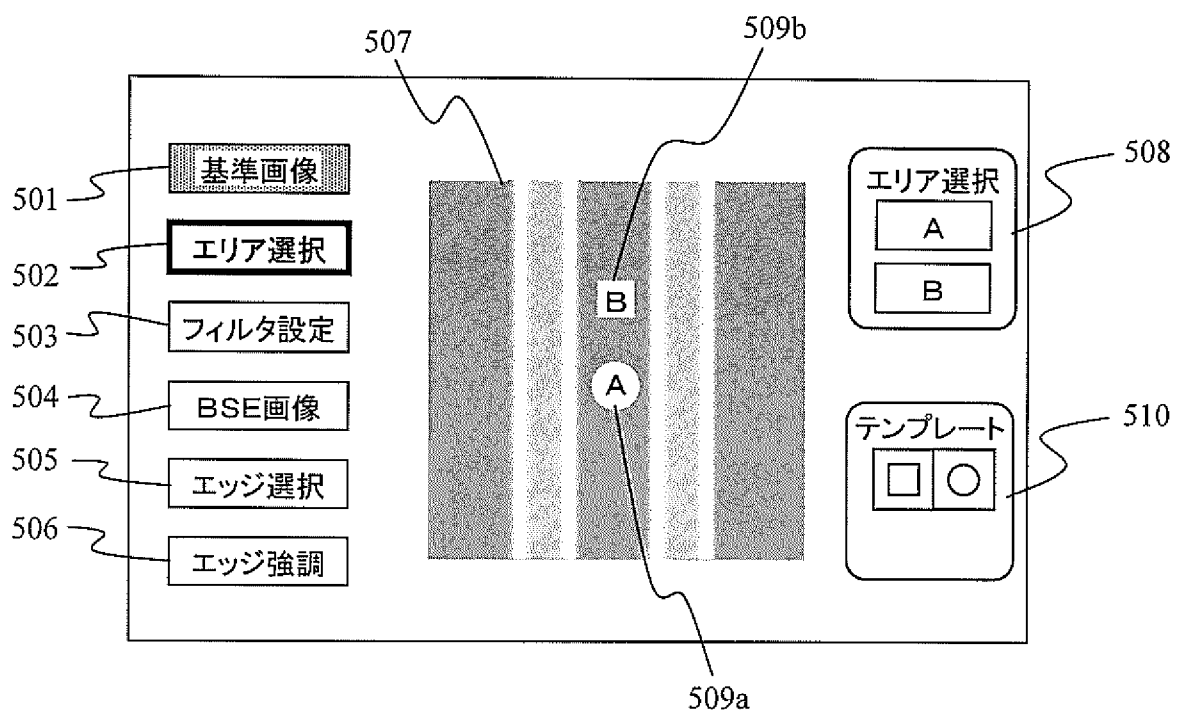
[図6]



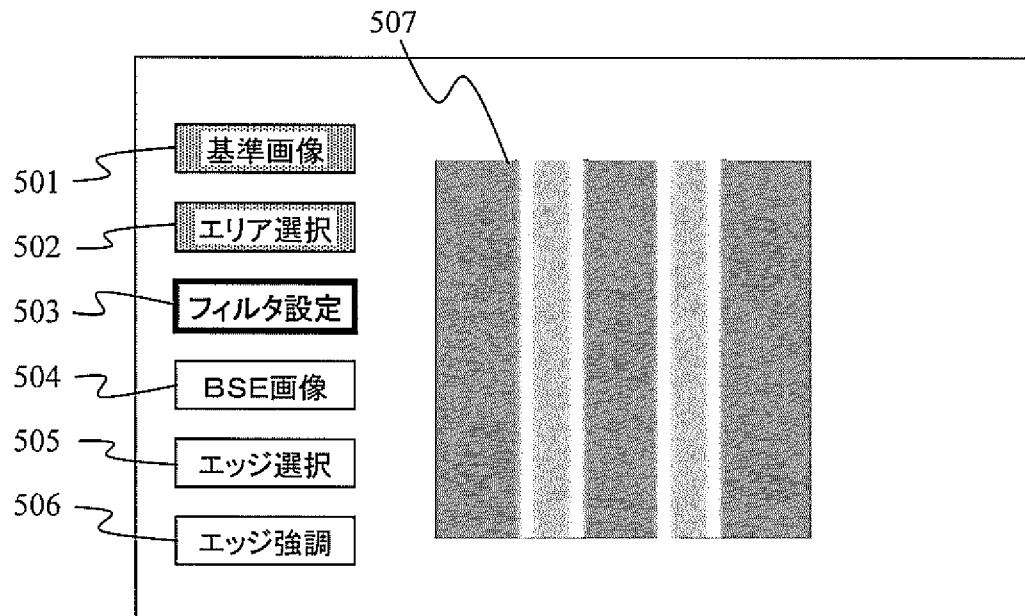
[図7]



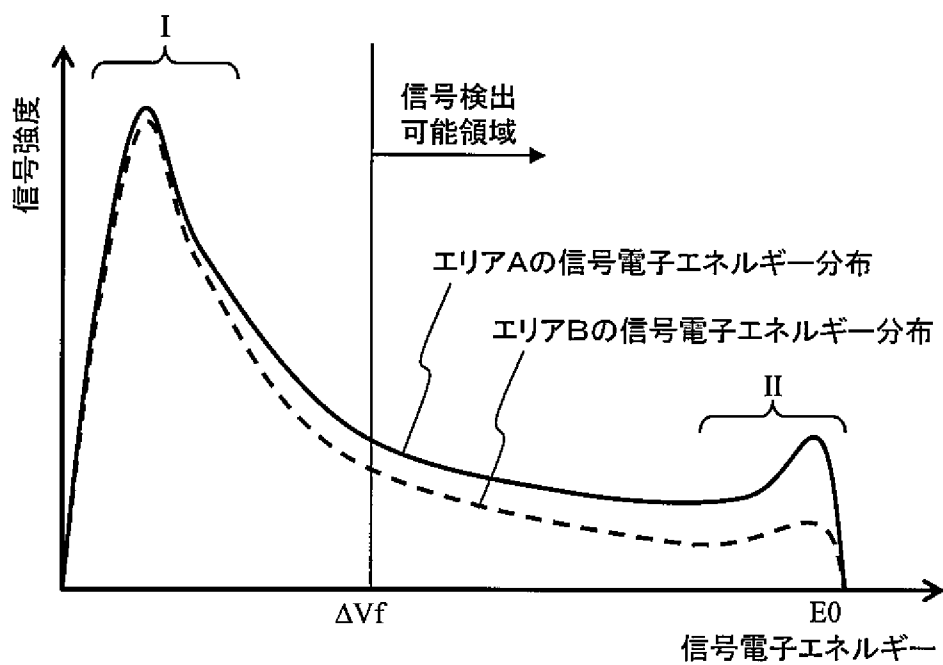
[図8]



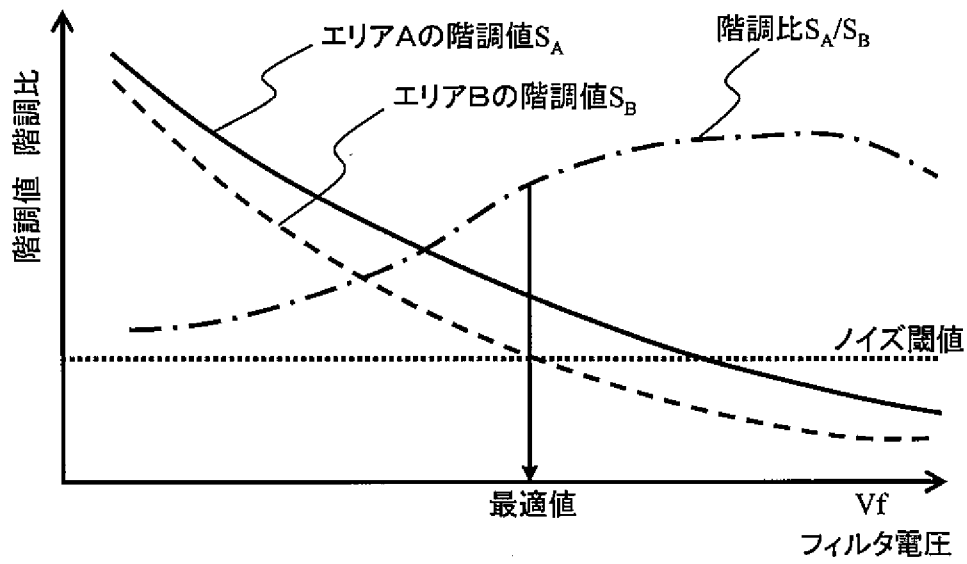
[図9]



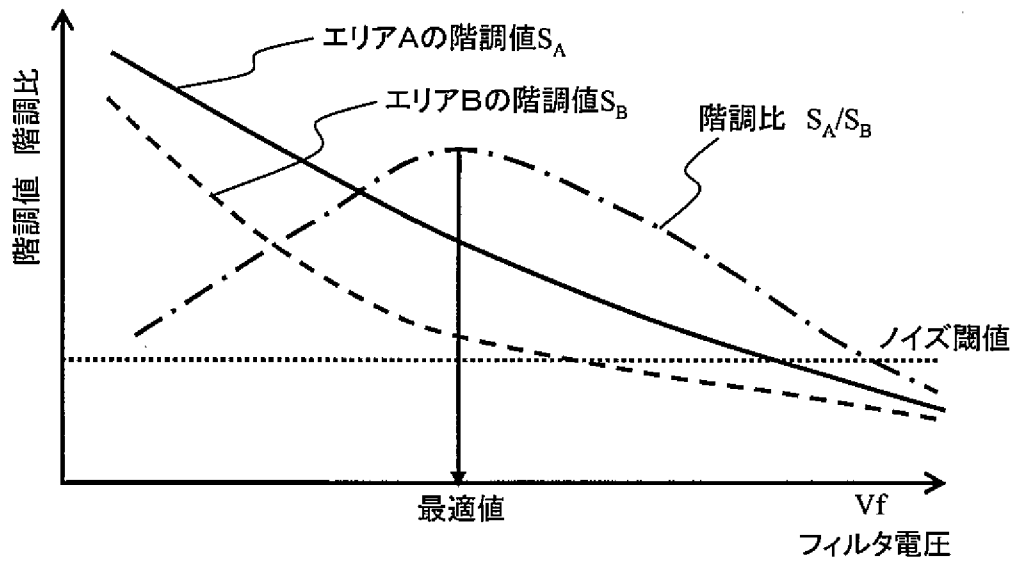
[図10-1]



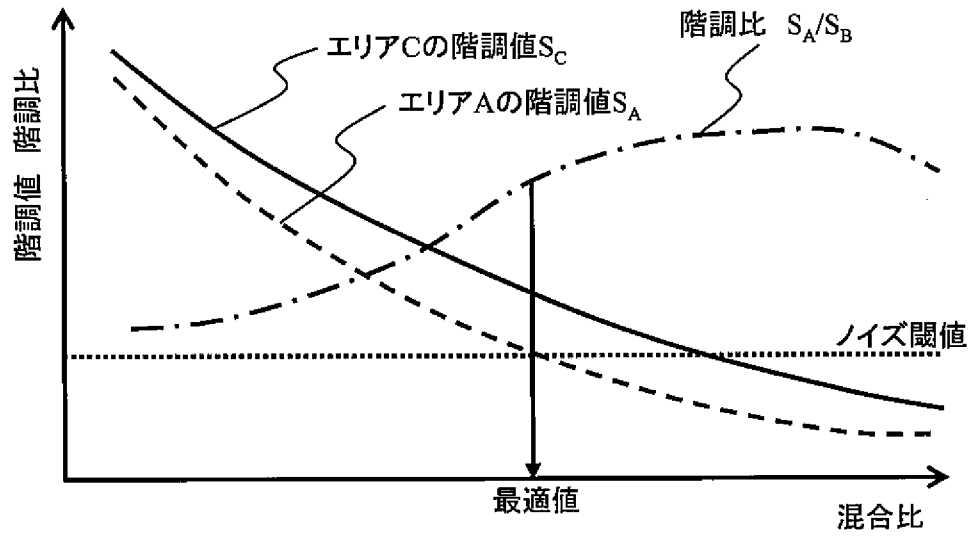
[図10-2]



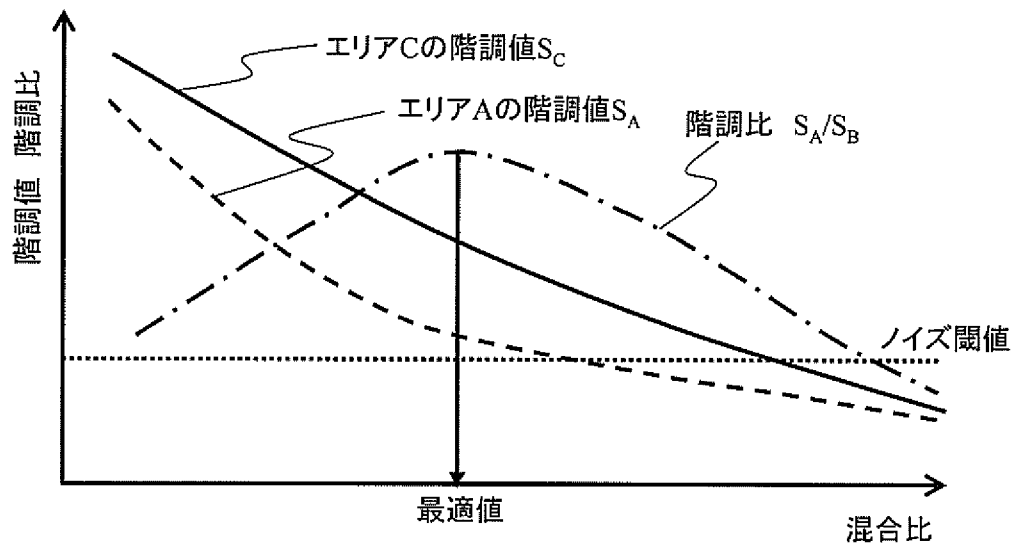
[図10-3]



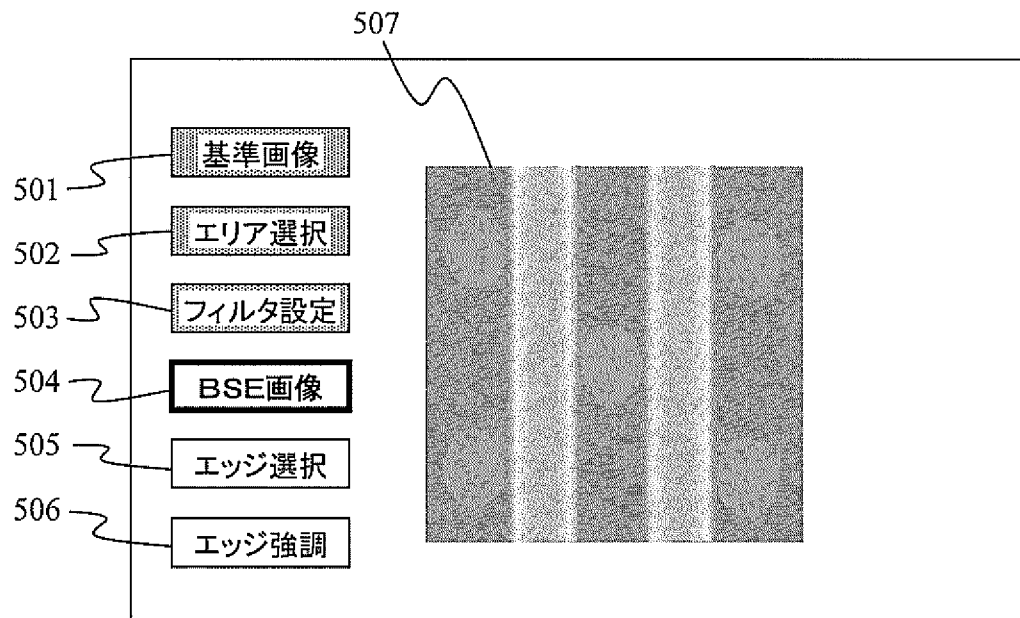
[図10-4]



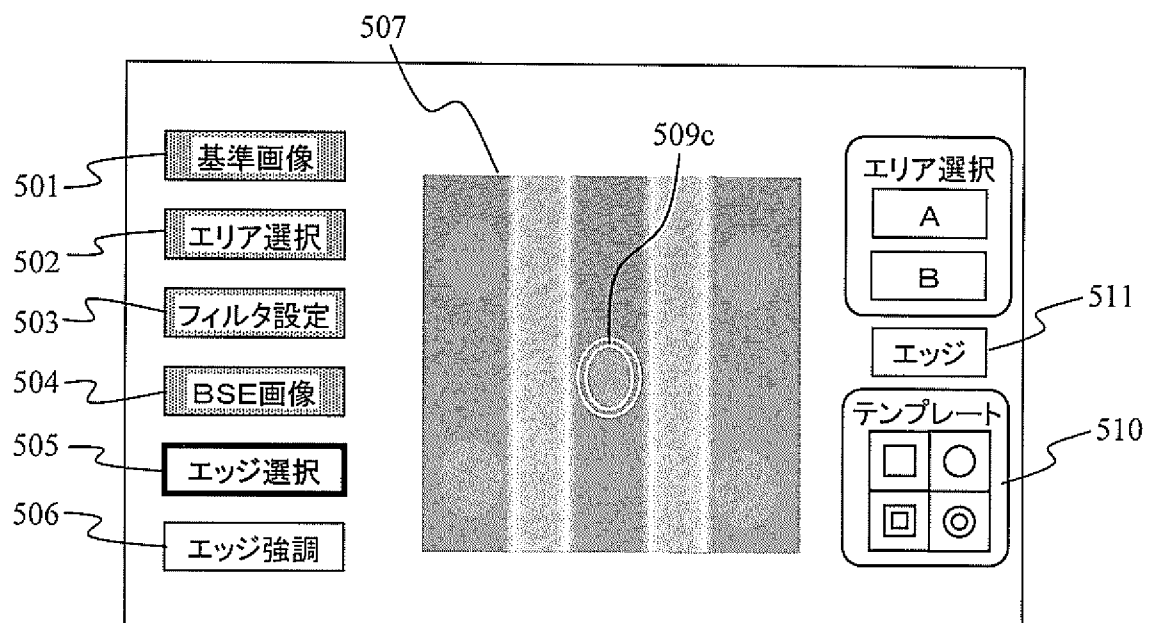
[図10-5]



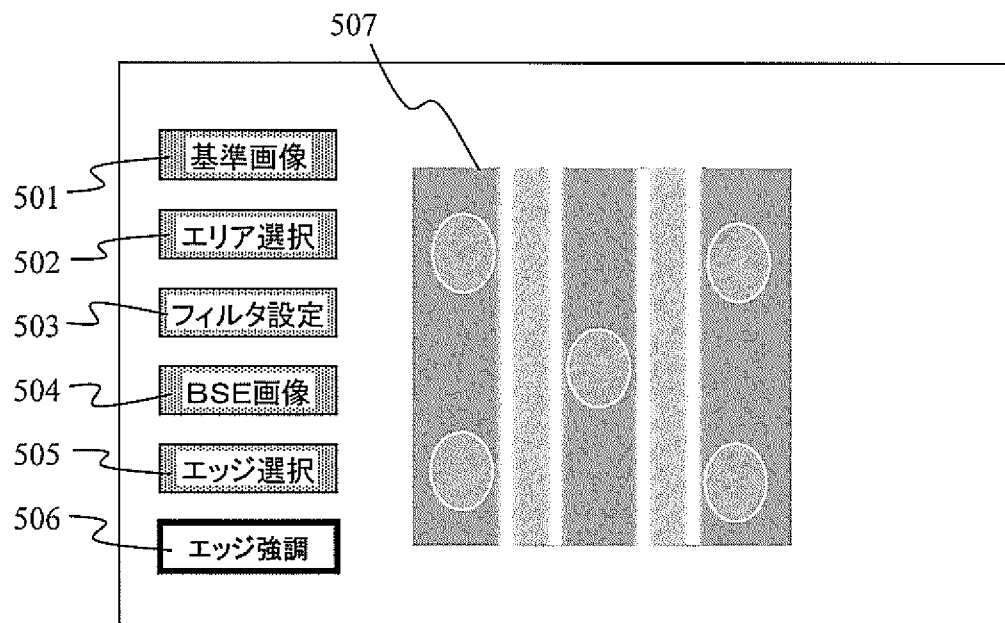
[図11]



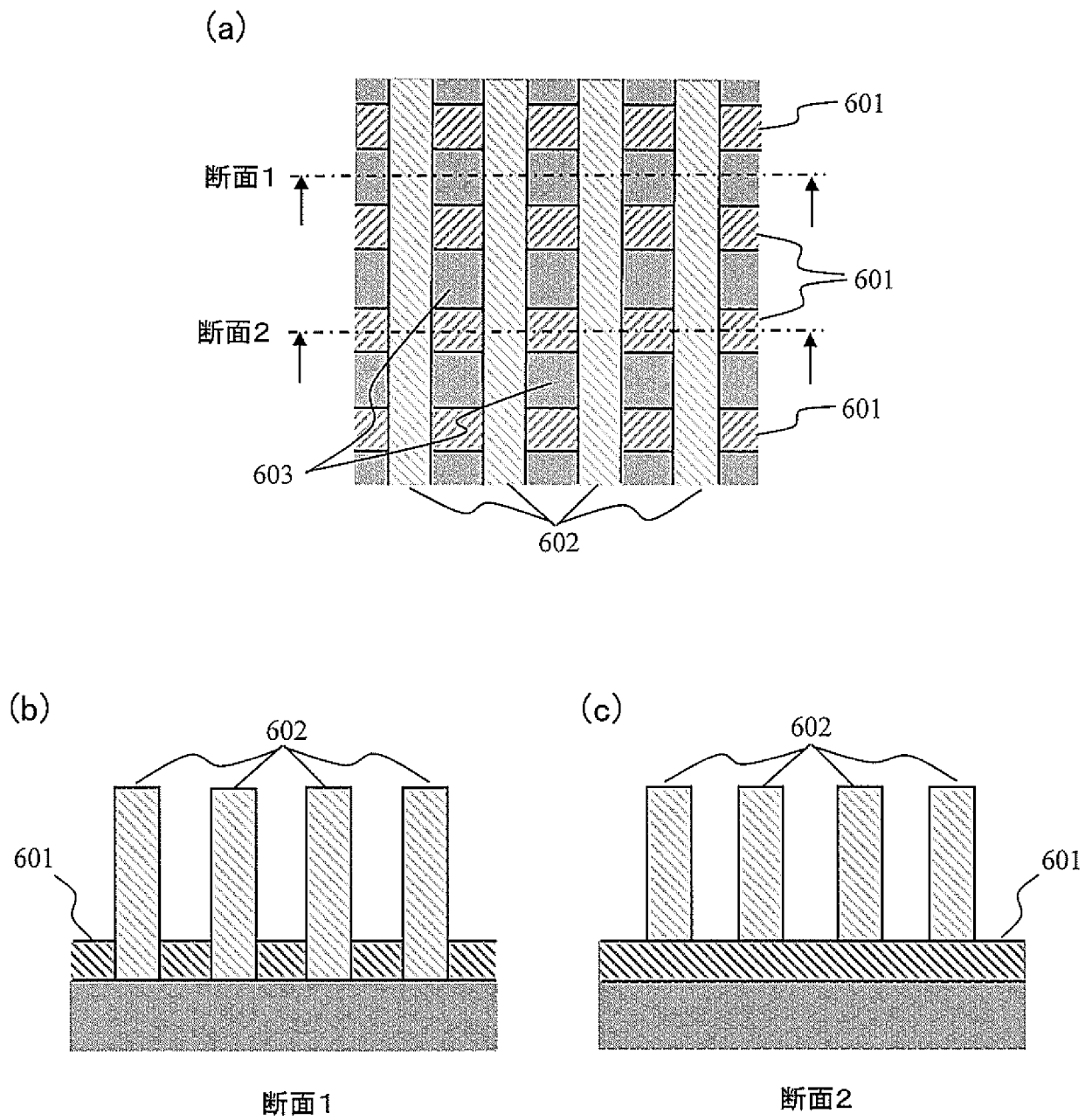
[図12]



[図13]

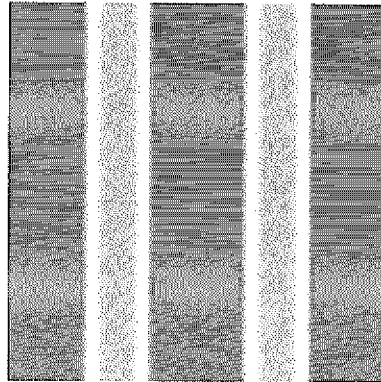


[図14]



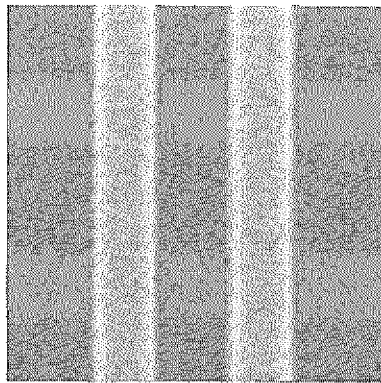
[図15]

(a)



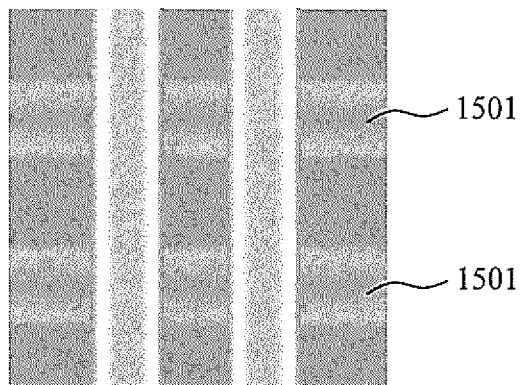
ステップ401実行

(b)



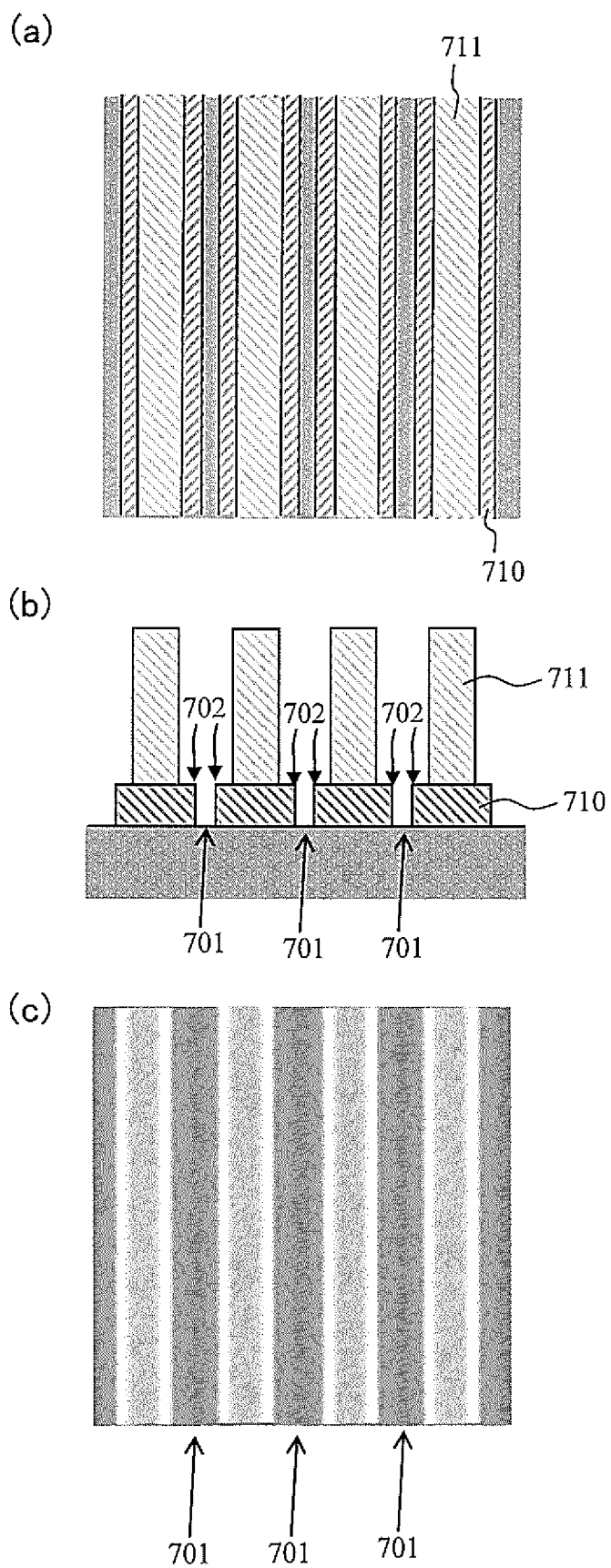
ステップ404実行

(c)

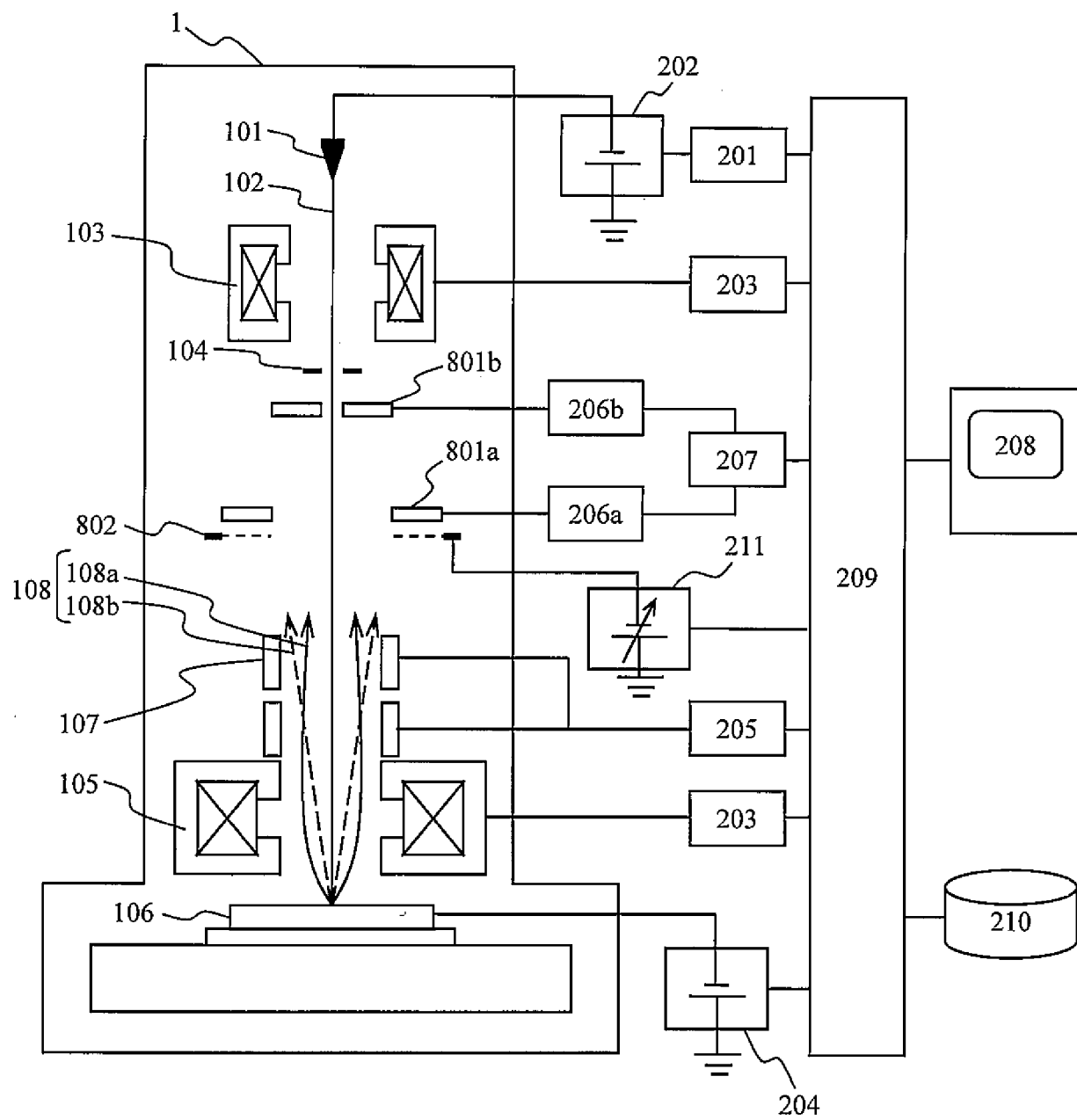


ステップ406実行

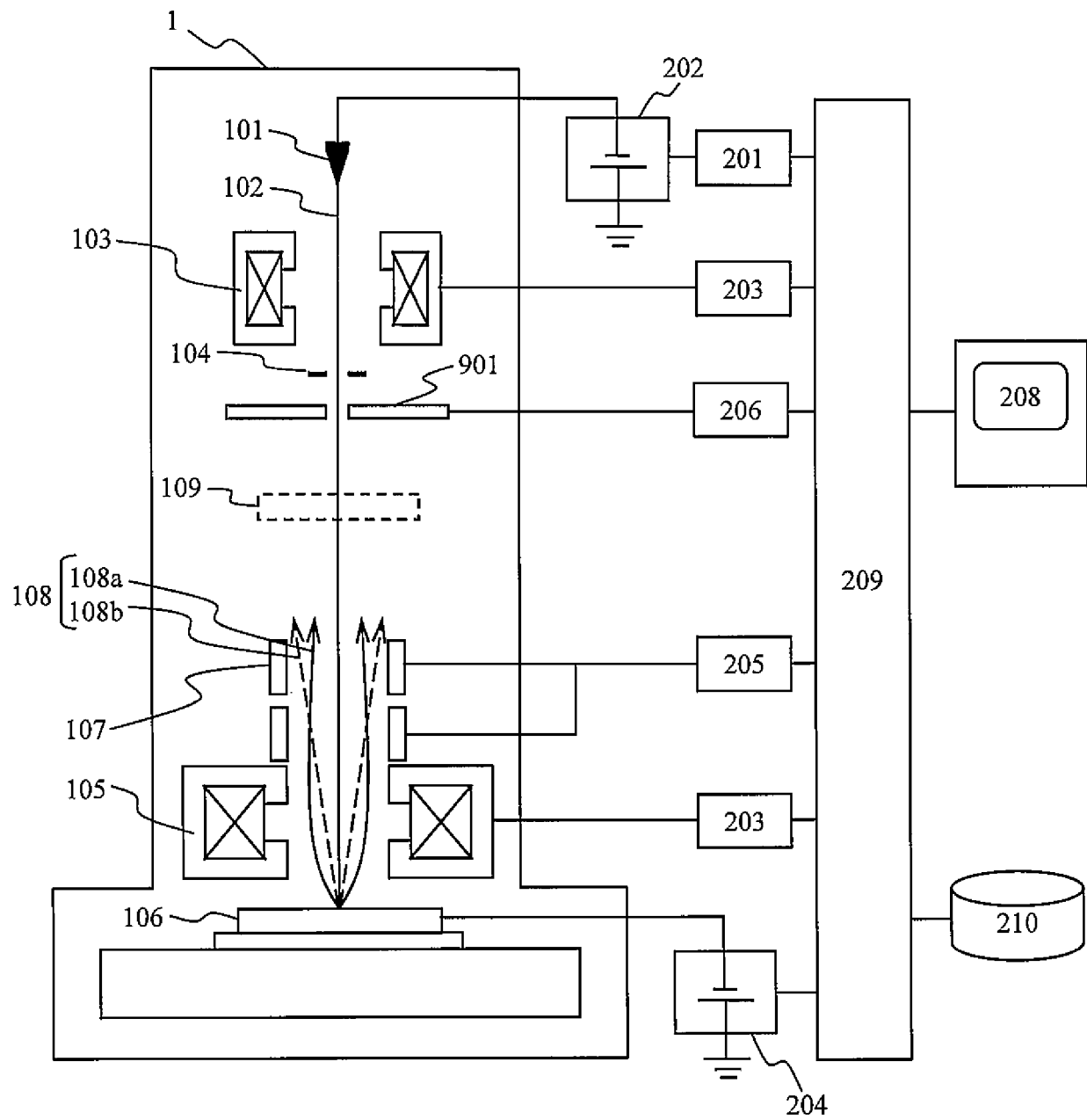
[図16]



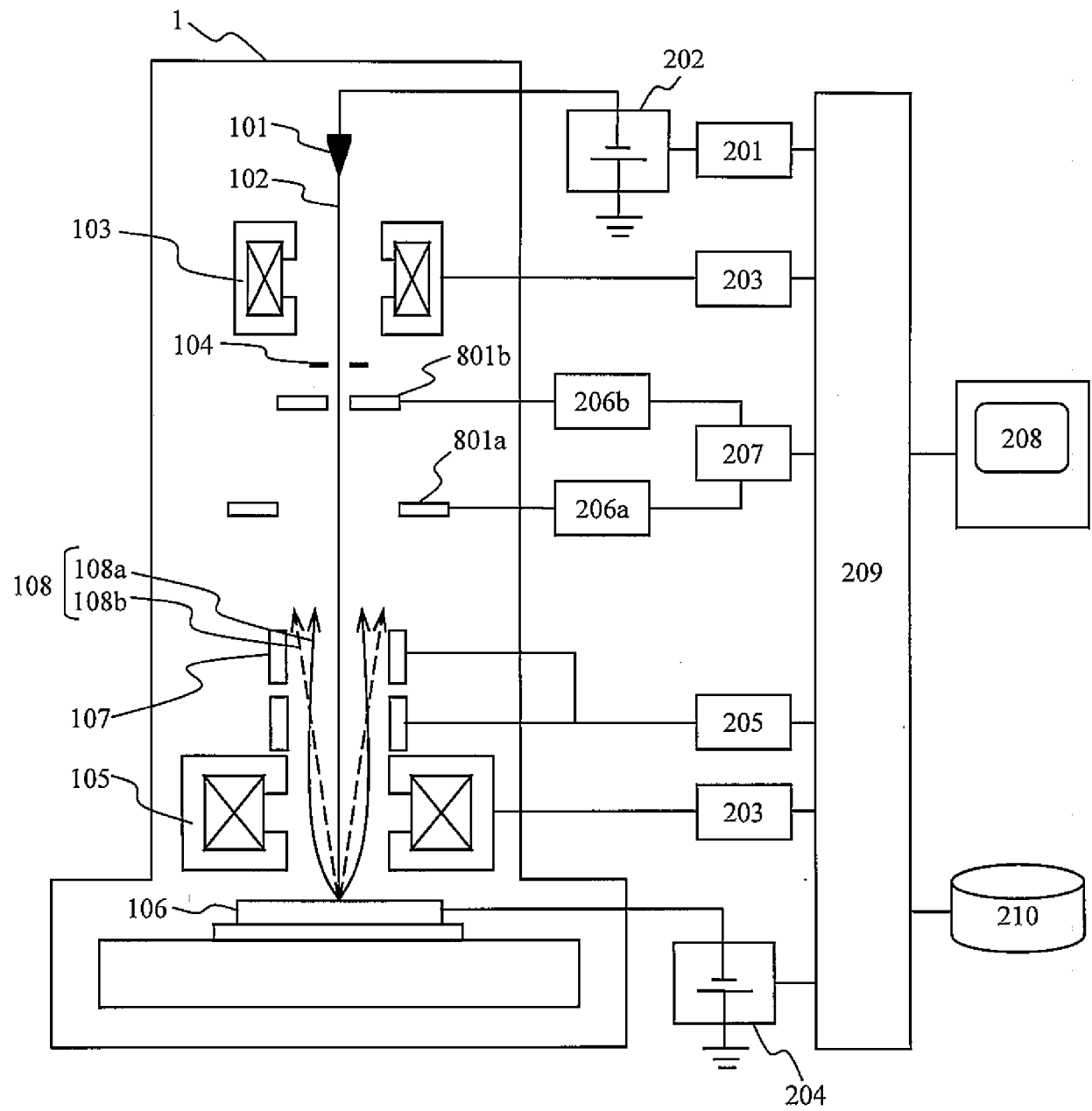
[図17]



[図18]



[図19]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/051812

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/244(2006.01)i, H01J37/05(2006.01)i, H01J37/22(2006.01)i, H01J37/28(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)

H01J37/244, H01J37/05, H01J37/22, H01J37/28

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
Y	JP 2004-14229 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 14 January 2004 (14.01.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-9, 13
Y	WO 2009/125603 A1 (Ebara Corp.), 15 October 2009 (15.10.2009), paragraphs [0353] to [0355]; fig. 36 & US 2011/0155905 A1 & KR 10-2011-0009138 A	1-9, 13
Y	JP 2000-48752 A (JEOL Ltd.), 18 February 2000 (18.02.2000), entire text; all drawings & US 6426501 B1	3

☒ 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
16 March, 2012 (16.03.12)

Date of mailing of the international search report
27 March, 2012 (27.03.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/051812

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 4069624 B1 (Hitachi, Ltd.), 05 December 2008 (05.12.2008), entire text; all drawings (Family: none)	4-12, 14
Y	JP 2001-357808 A (Hitachi, Ltd.), 26 December 2001 (26.12.2001), entire text; all drawings (Family: none)	5-12, 14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01J37/244 (2006.01)i, H01J37/05 (2006.01)i, H01J37/22 (2006.01)i, H01J37/28 (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. H01J37/244, H01J37/05, H01J37/22, H01J37/28

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
Y	JP 2004-14229 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2004.01.14, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9, 13
Y	WO 2009/125603 A1 (株式会社荏原製作所) 2009.10.15, 段落【0353】 - 【0355】、図36 & US 2011/0155905 A1 & KR 10-2011-0009138 A	1-9, 13
Y	JP 2000-48752 A (日本電子株式会社) 2000.02.18, 全文、全図 & US 6426501 B1	3

☒ 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

1 6 . 0 3 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 3 . 2 0 1 2

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

遠藤 直恵

2 G

3 7 0 1

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

C (続き) . 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
Y	JP 4069624 B1 (株式会社日立製作所) 2008. 12. 05, 全文、全図 (ファミリーなし)	4-12, 14
Y	JP 2001-357808 A (株式会社日立製作所) 2001. 12. 26, 全文、全図 (ファミリーなし)	5-12, 14