

(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
2017年8月3日(03.08.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/130364 A1

- (51) 国際特許分類:
H01J 37/147 (2006.01) H01J 37/22 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/052559
- (22) 国際出願日: 2016年1月29日(29.01.2016)
- (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24番14号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 酒井 計(SAKAI Kei); 〒1058717 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 Tokyo (JP). 山口 聡(YAMAGUCHI Satoru); 〒1058717 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 Tokyo (JP). 板井 秀樹(ITAI Hideki); 〒1058717 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 Tokyo (JP). 高杉 容徳(TAKASUGI Yasunori); 〒1058717 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 Tokyo (JP). 清水 久美子(SHIMIZU Kumiko); 〒1058717 東京都港区西新橋一丁目24番14号

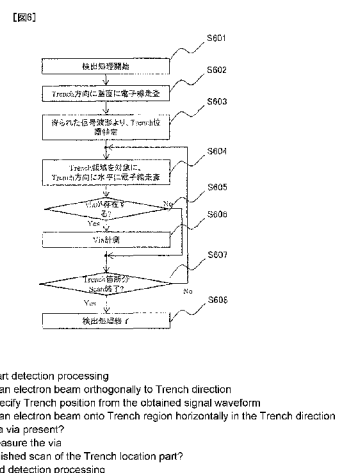
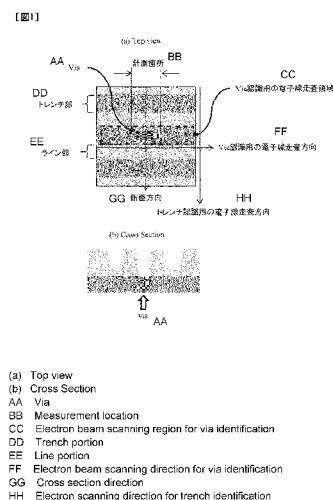
株式会社 日立ハイテクノロジーズ内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 戸田 裕二(TODA Yuji); 〒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



(57) Abstract: The objective of the present invention is to provide a charged particle beam device for setting, from an image of a trench-like groove or a pit, device conditions for finding a hole or the like provided in the trench or the pit, or measuring a hole or the like provided inside the trench or the like with high accuracy. In the present invention, a charged particle beam device comprises: a deflector for causing a charged particle beam emitted from a charged particle source to perform a scan; a detector for detecting a charged particle obtained on the basis of the scanning of the charged particle beam; and a computation processing device for generating an image on the basis of the output of the detector. In the charged particle beam device, the computation processing device specifies, from within the generated image, a relatively dark region with respect to other parts thereof, and controls the deflector in such a manner that the charged particle beam selectively scans a sample position corresponding to the dark region.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2017/130364 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

本発明は、トレンチのような溝或いは孔の画像から、トレンチや孔内に設けられた孔等を見つけるための装置条件の設定、或いはトレンチ等内に設けられた孔等を高精度に測定する荷電粒子線装置の提供を目的とする。本発明では、荷電粒子源から放出される荷電粒子ビームを走査する偏向器と、前記荷電粒子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、当該検出器の出力に基づいて、画像を生成する演算処理装置を備えた荷電粒子線装置であって、前記演算処理装置は、前記生成された画像の中から他の部分に対して相対的に暗い暗部領域を特定し、当該暗部領域に相当する試料位置に選択的に前記荷電粒子ビームが走査されるように、前記偏向器を制御する荷電粒子線装置を提案する。

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、特に試料に応じた適切な走査を行うことができる荷電粒子線装置に関する。

背景技術

[0002] 昨今の半導体デバイスは高集積化が進み、その多層化に伴って上層と下層に形成されたパターンを接続するためのビア（ホールパターン）のアスペクト比（深さ／幅）は大きくなる傾向にある。一方、半導体デバイスの製造プロセスを管理するために、走査電子顕微鏡等の荷電粒子線装置が用いられている。走査電子顕微鏡（Scanning Electron Microscope：SEM）は、集束した電子ビームを微細パターン上で走査することによって、パターンの画像や信号波形を取得する装置であり、微細なパターンの測定や検査が可能な装置である。しかしながら、アスペクト比の大きなパターンの底から放出される電子は、試料表面に放出される前にビアの側壁に衝突してしまうものがあるため、検出効率が低く、結果としてビア底の高精度な測定は困難である。

[0003] 特許文献1には、下層配線とホールとの重なり具合を測定する走査電子顕微鏡が開示されている。より具体的には、信号波形の中にエッジに対応するピークが検出できないと、しきい値法によるエッジ抽出が困難となるため、エッジ位置を含む領域をセグメント化し、セグメント内で閾値を設定することによって、エッジ位置を検出する手法が開示されている。特許文献2には、S／Nを向上したい部分について、ビームの照射量を高く維持する共に、それ以外の部分については帯電等の影響を緩和するために照射量を低くするビーム走査法が説明されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2014-163860号公報

特許文献2：WO2015045498A

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 試料表面から放出される電子は高効率に検出できる一方、ビア底のようなアスペクト比の大きなパターンの底部から放出される電子の検出効率は低い。特許文献1に開示されているように、ビアを含む広い領域にビームを走査してしまうと、ビア底のような低輝度領域の微妙なコントラストが、高輝度領域に埋もれてしまい、ビア底等の高精度測定が困難となる。また、特許文献2に開示されているように、高輝度領域に対し低輝度領域の輝度を相対的に高めるために、低輝度領域の照射量を向上させることも考えられるが、アスペクト比の大きなパターンの場合、試料表面とビア底の信号検出効率には顕著な差があり、ビア底の測定や検査を高精度に行えない場合が考えられる。

[0006] 一方、最近の半導体デバイスでは微細化や高集積化、低消費電力に対応するために電気抵抗率の低いCu配線が広く用いられるようになってきた。Cu配線は一般にデュアルダマシン工程で形成される。デュアルダマシン工程は絶縁膜に上層配線が形成されるトレンチ（Trench）とこの上層配線を下層配線または基板に接続するビア（Via）を形成して、Cuを充填しCMPで平坦化する工程である。

[0007] このようなトレンチ底にビアが形成されたパターン（ビアイントレンチ）の観察、計測には、微細パターンの測定や検査が可能な電子顕微鏡を用いることが望ましいが、高アスペクトのトレンチ内部から、更に高アスペクトのビアを見つけ出すことは非常に困難である。更に、昨今の半導体プロセス管理において、測定や検査の効率化の要求は高く、自動化が求められている。

[0008] 以下に、トレンチのような溝或いは孔の画像から、トレンチや孔内に設けられた孔等を見つけるための装置条件の設定、或いはトレンチ等内に設けられた孔等を高精度に測定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荷電粒子ビームを走査する偏向器と、前記荷電粒子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、当該検出器の出力に基づいて、画像を生成する演算処理装置を備えた荷電粒子線装置であって、前記演算処理装置は、前記生成された画像の中から他の部分に対して相対的に暗い暗部領域を特定し、当該暗部領域に相当する試料位置に選択的に前記荷電粒子ビームが走査されるように、前記偏向器を制御する荷電粒子線装置を提案する。

[0010] また、上記目的を達成するための他の一態様として、以下に荷電粒子源から放出される荷電粒子ビームを走査する偏向器と、前記荷電粒子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、当該検出器の出力に基づいて、画像を生成する演算処理装置を備えた荷電粒子線装置であって、前記演算処理装置は、前記生成された画像の中から他の部分に対して相対的に暗い暗部領域を特定し、当該暗部領域に相当する試料位置であって、暗部領域の長手方向に走査線方向を沿わせるように、前記偏向器による走査線方向と走査領域を設定する荷電粒子線装置を提案する。

発明の効果

[0011] 上記構成によれば、トレンチのような溝或いは孔の画像から、トレンチや孔内に設けられた孔等を見つけるための装置条件の設定、或いはトレンチ等内に設けられた孔等を高精度に測定することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]ビアイントレンチの構造（平面、断面図）を説明する図である。

[図2]走査型電子顕微鏡システムを示す構成図である。

[図3]ビアパターン検出のための装置条件設定工程を示すフローチャートである。

[図4]トレンチ認識のための電子線走査時のフレーム数自動設定処理の概要を説明する図である。

[図5]ビア認識のための電子線走査時のフレーム数自動設定処理の概要を説明

する図である。

[図6]ビアパターン検出処理工程を示すフローチャートである。

[図7]トレンチ認識処理の概要を示す図である。

[図8]トレンチ領域特定処理の概要を示す図である。

[図9]トレンチの長手方向が走査線方向となるように、走査領域を設定したときに得られる信号波形例を示す図。

[図10]走査電子顕微鏡システムの具体的な一例を示す図。

[図11]画素単位でビームの照射条件を記憶する座標メモリの概要を示す図。

[図12]ビア探索工程を含む自動測定工程を示すフローチャート。

発明を実施するための形態

[0013] 昨今の半導体デバイスの微細化に伴い、トレンチ（溝状パターン）やビア（ホールパターン）のアスペクト比（深さ／幅）が大きくなりつつある。その結果、ビアエッジやトレンチ底の信号が検出し難くなってきている。また微細なビアやトレンチの形成においてはSADP（Self Aligned Double Patterning）等の2重パターニングを用いる必要があり、成膜やエッチング工程などさまざまな工程の影響を受ける。このためビアやトレンチの寸法だけでなくそれぞれの位置ずれや残膜などを管理する必要がある。

[0014] 以下に説明する実施例では、パターンに合わせた方向に電子線走査を行うことで、計測対象パターンをピンポイントで撮像し、撮像時間の短縮によりスループット向上を図る。特に、図1に示すビアイントレンチのような多層構造の計測に有効である。ビアイントレンチは、少なくとも2つのパターン層から構成され、上層のラインパターン間の溝（トレンチ）領域の下層にビアが位置する（図1（a）、（b））。上層のLine／Spaceパターンと比較すると、電子の試料上への脱出が制限される下層のホールパターンの信号検出は困難である。そのため、相対的に検出しやすいトレンチ領域の認識と、その領域内に存在するビアパターンの認識を段階的に行うことで、集中してviaパターンの領域に電子線を照射することができる。

[0015] トレンチ領域の認識は、まずトレンチ方向に垂直となるよう電子線走査を行い、得られた信号波形を用いて実施する。トレンチ方向に垂直となる方向、つまりパターンのE d g e 方向に垂直に電子線照射を行うため、効率よく信号を得ることがきる。また、ここではトレンチ領域を認識できればよいため、単位面積当たりの電子線照射量は、認識できる最低限の照射量で十分である。次にビアの計測を行うために、前記で認識したトレンチ部分に対し、トレンチ方向と水平方向となるように電子線照射を行う。ここでは、信号の発生効率が悪いため、電子線照射量を増やす必要がある。ただし、ここでは、トレンチ領域にのみ集中して電子線走査を行うため、ビア部分の周辺領域も含めて電子線走査を行う場合に比べ、効率よく電子線走査ができる。

[0016] 上述のような手法によれば、計測対象のパターンのエッジ方向に集中的に走査線を照射することができ、計測対象以外の箇所には無用な電子線照射は行わないため、装置のスループット向上が期待できる。

[0017] 図2は、走査型電子顕微鏡システムを示す構成図である。走査型電子顕微鏡システムは、画像処理装置1と、外部記憶媒体2と、電子ビーム制御部3と、筐体4と、画像生成部5とを含めて構成される。画像処理装置1は、C P U (C e n t r a l P r o c e s s i n g U n i t) とメモリとハードディスク(記憶手段)とネットワークインタフェースを有するコンピュータとして構成され、このコンピュータは、C P U が、メモリ上に読み込んだプログラムを実行することにより、各処理部を動作させる。画像処理装置1は、表示部であるディスプレイと接続されている。外部記憶媒体2は、画像データなどを保持する。電子ビーム制御部3は、画像処理装置1で決定した走査方法に従い電子ビームを制御する。筐体4は、電子銃401と、電子銃から出射された電子ビーム402の照射位置を制御する走査コイル403と、電子ビーム402の照射位置により試料404から放出される2次電子405を検出する2次電子検出部406から構成される。画像生成部5は、筐体4にて検出された情報を画像として生成する。

[0018] 図10は、走査電子顕微鏡システムの具体的な構成を示す図である。電子

源 1001 から引出電極 1002 によって引き出され、図示しない加速電極によって加速された電子ビーム 1003 は、集束レンズの一形態であるコンデンサレンズ 1004 によって、絞られた後に、走査偏向器 1005 により、試料 1009 上を一次元的、或いは二次元的に走査される。電子ビーム 1003 は試料台 1008 に内蔵された電極に印加された負電圧により減速されると共に、対物レンズ 1006 のレンズ作用によって集束されて試料 1009 上に照射される。

[0019] 電子ビーム 1003 が試料 1009 に照射されると、当該照射箇所から二次電子、及び後方散乱電子のような電子 1010 が放出される。放出された電子 1010 は、試料に印加される負電圧に基づく加速作用によって、電子源方向に加速され、変換電極 1012 に衝突し、二次電子 1011 を生じさせる。変換電極 1012 から放出された二次電子 1011 は、検出器 1013 によって捕捉され、捕捉された二次電子量によって、検出器 113 の出力が変化する。この出力に応じて図示しない表示装置の輝度が変化する。例えば二次元像を形成する場合には、走査偏向器 1005 への偏向信号と、検出器 1013 の出力との同期をとることで、走査領域の画像を形成する。また、図 1 に例示する走査電子顕微鏡には、電子ビームの走査領域を移動する偏向器（図示せず）が備えられている。この偏向器は異なる位置に存在する同一形状のパターンの画像等を形成するために用いられる。この偏向器はイメージシフト偏向器とも呼ばれ、試料ステージによる試料移動等を行うことなく、電子顕微鏡の視野位置の移動を可能とする。イメージシフト偏向器と走査偏向器を共通の偏向器とし、イメージシフト用の信号と走査用の信号を重畳して、偏向器に供給するようにしても良い。

[0020] なお、図 10 の例では試料から放出された電子を変換電極にて一端変換して検出する例について説明しているが、無論このような構成に限られることはなく、例えば加速された電子の軌道上に、電子倍像管や検出器の検出面を配置するような構成とすることも可能である。また、SEM 1000 内には図示しないブランキング用偏向器が設置されている。ブランキング偏向器は

ビームをビーム光軸外に偏向することで、試料に対するビーム照射を遮断する機構であり、後述する座標メモリに記憶された動作パラメータに従って制御される。

[0021] なお、本実施例では、走査偏向器 1005 として静電式の偏向器を採用している。電磁式の偏向器と比較して、高速な走査が可能である。なお、高速走査が要求されないのであれば、電磁式の偏向器を用いるようにしても良い。制御装置 120 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、ラインプロファイルと呼ばれる検出電子の強度分布に基づいて、試料上に形成されたパターンのパターン幅を測定する機能を備えている。また、制御装置 1020 内には、主に SEM の光学条件を制御する SEM 制御部 1030 と、検出器 1013 によって得られた検出信号の信号処理を行う信号処理部 1031（画像処理部）が含まれている。

[0022] 信号処理部 1031 には、上述のようなラインプロファイルの生成に基づいて、パターンの寸法を測定するパターン寸法測定部 1032、プロファイル波形に基づいて、パターンの有無、位置、形状を判定するパターン判定部 1033 が含まれている。SEM 制御部 1030 には、パターン判定部 1034 にて判定されたパターン有無、位置、形状等に基づいて、電子ビームの走査範囲を設定する走査範囲設定部 1034、当該走査範囲設定部 1034 によって設定される走査範囲の中での走査線方向を設定する走査方向設定部 1035、及び走査範囲設定部 1034 や走査方向設定部 1035 によって設定されたビーム走査条件に基づいて、走査信号を生成する偏向器制御部 1036 が含まれている。

[0023] 偏向器制御部 1036 は、図 11 に例示するような座標メモリに記憶された情報に基づいて、ビーム走査を実行する。座標メモリ 1100 には、アドレス毎に、時間データ、X 座標データ、Y 座標データ、動作パラメータ、取込みイネーブルデータが格納されている。座標メモリ 1100 には、走査範囲設定部 1034 や走査線方向設定部 1035 によって設定されたビームの

走査条件が書き込まれる。メモリの「時間」に入力されるデータは、各アドレスでの照射時間や到達時間等であり、画素単位での設定が可能となっている。また、ビームの動作パラメータ（ブランキングのオンオフ、方向等）も画素単位での設定が可能であり、画素単位での照射時間（走査時間）、ブランキングオンオフ等の制御が可能となっている。各アドレスは画素に対応する。タイマによって座標メモリの時間データが読み出され、アドレスカウンタのカウントアップにより、座標メモリから、1座標データを1単位として、データが読み出される。アドレスカウンタの更新時間は、座標単位で変更することができる。ブランキングイネーブルデータは、1次電子線のブランキングを座標単位で制御する。また、取込みイネーブルデータは、信号処理装置内に含まれる画像メモリへの書き込みを制御する。

[0024] 画像メモリは、例えば1024×1024の画素で、深さ方向に256段階の階調を記憶することが可能なメモリである。SEM制御装置から出力される信号に基づいて、各アドレス（画素）に対する信号の書き込みを実施する。画像メモリのメモリ位置に対応したアドレス信号を、ビームの照射位置に同期させることによって、ビームの照射位置と書き込み座標を一致させる。アドレスに対応して読み出された信号は、D-A変換器でデジタルからアナログに変換され、像表示装置の輝度変調入力となる。信号処理部1031では、複数回の走査に基づいて得られた画像データを積算する積算処理が行われる。積算処理は例えば画素毎に複数のフレームによって得られる信号を加算平均することによって行う。制御装置1020は、座標メモリ1100に入力された情報に基づいて、後述するような処理を実行する。

[0025] なお、パターン計測処理は、予め登録しておいた先見情報を元に自動で計測位置の認識を行うため、計測パターン登録処理とパターン計測時の自動認識処理について説明する。

[0026] 走査方向設定部1035では、一次元、或いは二次元走査を行うときの走査線方向を設定する。例えば、二次元的な走査を行う場合、一方向（例えばX方向）に向かってビームを走査すると共に、そのビーム走査位置を他の方

向（例えばY方向）に順次移動させることによって、二次元走査を行う。

[0027] まず、ビアイントレンチにおけるパターン計測における計測パターン登録処理について説明する。処理フローを図3に示す。まず、トレンチ方向の特定を行うため、トレンチが含まれる所定の領域に対し電子線照射を行い、得られた信号波形からトレンチ領域とトレンチ方向を特定する（S302）。初期のビーム走査条件は、予め登録されている動作プログラムであるレシピに従って走査を実行する。パターン判定部1033では、例えば画像の2値化を行い、高輝度領域と低輝度領域のプロブ検出を行う。また、パターン判定部1033は、低輝度領域の長手方向を特定し、後述する走査線方向設定のための判断情報として、所定の記憶媒体に記憶する。また、トレンチ方向（トレンチの長手方向）は信号の2値化を行い、高輝度または低輝度側の領域のプロブ検出を行い、プロブ長が長い方向をトレンチ方向として認識することもできるし、信号を周波数変換して最も強いピークが現れる方向をトレンチ方向とすることも可能である。また、予めトレンチ方向がわかっている場合は、本処理を省略可能である。

[0028] 次に、トレンチの認識を行う上で必要な情報を登録する。まずは、走査範囲設定部1034では、トレンチ検出で電子線を照射する領域（撮像倍率）の設定を行う（S303）。トレンチの認識においては、トレンチ方向に垂直となるよう電子線走査を行うが、ここではトレンチのみの認識であるため、単位面積あたりの電子線照射量はトレンチ位置特定できる最低限の照射量とすることができ、本処理において電子線照射量の自動設定を行う（S304）。SEM像の撮像においては、同じ領域に対し複数回電子線走査を行い、その信号を加算することでS/N比を向上させるが、ここでは電子線照射量は同じ領域を走査する回数（フレーム数）とする。トレンチの認識は、予め登録しておいた画像データを用いて行うテンプレートマッチング、または撮像した画像の2値化により暗部を特定する方法がある。ここでは、2値化により暗部特定のためのフレーム数自動設定処理について説明する（図4）。

[0029] まず、1フレームからフレームを一つずつ増やして電子線走査を行い（図4（a））、各フレームにおいて加算した信号の信号強度のヒストグラムの算出を行う（図4（b））。ライン／トレンチ部でヒストグラムの強度分布が2つに分かれるため、二つのピークの距離（分離度）を算出する。フレーム数が増えれば信号のS／N比が安定していき、また分離度も安定してくるため、分離度の変化が所定の量より少なくなったフレームをトレンチ検出のフレーム数として設定する（図4（c））。また、フレーム数を手動で設定する場合は、本処理を省略可能である。トレンチの幅については、登録時に設定しておくことも可能だが、実際のパターン計測処理において自動検出することも可能である。自動検出処理については、以降の実施例で説明する。

[0030] 次にビアの認識を行う上で必要な情報を登録する。必要となる情報はビア領域の走査範囲（ビームが照射される領域情報）、走査方向、及び電子線走査のフレーム数である（S305、S306）。ビアの計測に必要なパラメータやアルゴリズムなども本処理で登録可能であるが、ここでは、フレーム数の登録処理について説明する。ビア部はライン部の下層に存在し、電子線照射による信号が出にくいため、計測に必要なS／N比を得るために、十分な電子線照射を行う必要がある。そこで、十分なS／N比を得られるフレーム数に設定するために、計測対象とするビア部に複数回電子線照射を行い（図5（a））、各加算フレームにおける信号の最大値と最小値の差を算出する（図5（b））。最大値と最小値の差が前回のフレーム数と比較して所定のしきい値以内であれば、そのフレーム数をビア撮像用のフレーム数として登録する（図5（c））。

[0031] ビアイントレンチにおけるパターン検出工程、及びパターン測定工程を図6に例示するフローチャートを用いて説明する。処理を開始する前に、電子線走査領域内にビアが入るよう、ステージなどをビア計測可能な位置に移動させておく必要がある。まず、上層のトレンチ部を特定するために、登録時に設定した電子線走査方向（トレンチ方向に垂直な方向）、倍率、フレーム数を設定し電子線走査を行う（S602）。パターン判定部1033では、

電子線を走査して得られた信号波形を用いて、トレンチ部の特定を行う（S603）。トレンチ部の特定は、得られた信号波形を大津の2値化または予め設定したしきい値などで2値化して特定できる。より具体的には図7に例示するように、電子ビームを走査したときに得られるプロファイル波形を用いて、ライン部である明部と、トレンチ部である暗部を識別する。図7の例では所定の閾値より明るい部分をライン部、所定の閾値より暗い部分をトレンチとして識別している。

[0032] 次に走査範囲設定部1034では、ビア計測時の電子線照射幅（トレンチ幅）を算出する。図8に例示するように、走査範囲設定部1034は、ビア撮像時に明部が含まれないよう、暗部のみを特定する。そこで、信号波形の最大値、最小値と所定のしきい値から算出した輝度値以下の領域を検出する。所定のしきい値はプログラム内部で設定してもよいし、外部パラメータとして設定することも可能である。暗部のみを選択的に走査範囲とすることによって、試料表面の明るい部分（電子をより多く検出できる部分）を信号波形形成範囲から除外することができるため、相対的にトレンチ内のビアエッジのコントラストを高めることができる。

[0033] また、走査方向設定部1035では、走査線の線方向がトレンチの長手方向となるように、走査条件を設定する。図9に例示するトレンチは、トレンチの長手方向が紙面横方向（x方向）であるため、x方向に走査線（走査軌跡）が沿うように、走査線方向が設定される。このようにトレンチの長手方向に沿って（理想的にはトレンチのエッジに平行に）走査線を設定することによって、トレンチ内に設けられたビアのエッジを強調することができる。また、y方向に走査線位置の移動方向を設定する。トレンチ内に形成されたビアは、紙面縦方向（y方向）のエッジはトレンチのエッジとほぼ重なっているため、検出が困難であり、また、トレンチ内に選択的に走査範囲を設定する前提を考慮すると、ビアのy方向のエッジを走査範囲に含めることは困難である。本実施例では、トレンチ内に選択的に走査範囲を設定すると共に、走査範囲内にビアのエッジを確実に収めるべく、トレンチの長手方向に走

査線方向が沿うように、走査条件を設定する。

- [0034] 続いて、走査範囲設定部 1034 や走査方向設定部 1035 にて算出された領域に、電子ビームを走査することによってビアの検出を行う。電子線を走査する長さ（走査線の長さ）は登録時に設定した幅、走査する幅（走査線方向と直交する方向の走査範囲の大きさ）は、走査範囲設定部 1034 によって求められた幅、フレーム数は登録時に設定した枚数が設定される。走査方向はパターン判定部 1033 によって特定された暗部の長手方向に、走査線方向が沿うように設定される。このようにトレンチ領域を対象として、トレンチの長手方向に水平に電子線軌道が描かれるよう電子線走査を行う（S604）。
- [0035] 次に、トレンチ領域には必ずしもビアが存在するとは限らないため、ビアが存在するかどうかの判定を行う（S605）。走査領域の信号の最大値、最小値を引いた値が所定のしきい値以上であれば、ビアが存在する領域と判定することができる。図9の例では、走査領域（2）にて取得された信号に、所定値以上の最大値と最小値の差異があるため、パターン判定部 1033 では走査領域（2）にビアが存在すると判定する。
- [0036] 最後に、ビアと判定した領域について、パターン寸法測定部 1032 は、所定のアルゴリズム、計測パラメータを用いてビアの幅を算出する（S606）。本処理をパターン判定部 1033 にて、ビアが存在していると判定されたトレンチ分繰り返す（S607）。
- [0037] このように、パターンの方向に対し電子線走査方向を分けて走査することで、計測対象部分のみ効率的に電子線走査を行うことが可能になり、装置のスループットを向上させることができる。
- [0038] 図12は、電子顕微鏡を用いた自動測定工程を示すフローチャートである。図12に例示する自動測定工程には、自動でビアイントレンチを探索し、測定を実行する工程が含まれている。まず、図10に例示するような走査電子顕微鏡の偏向器制御部 1036 は、予め定められた走査条件に基づいて、トレンチを含む領域に視野を位置付け、ビーム走査を実行する（ステップ1

201)。試料ステージの移動条件や視野移動用偏向器の偏向条件を予め撮像レシピとして設定しておくことによって、自動での視野合わせ、及びビーム走査が可能となる。次に、走査によって得られた二次電子や後方散乱電子等の信号に基づいて、画像を生成する（ステップ1202）。次に、パターン判定部1033では、得られた画像から図7、8に例示するような手法に基づいて、トレンチ部を特定する（ステップ1203）。トレンチは溝底から放出される電子の検出に基づいて輝度が決まるため、ラインパターン上部と比較すると、輝度が低く、その輝度差を利用して、トレンチ部とそれ以外の部分を識別する。ステップ1202で形成された画像内に暗部が存在しない場合は、測定対象となるビアイントレンチがないものとして、測定を終了する。トレンチの特定には例えば、輝度が所定値以下の画素の集合（所定数以上の画素の集合）が存在する場合に、当該部分をトレンチと判定するようにしても良いし、トレンチの形状情報を予め記憶しておき、当該形状情報と暗部との比較に基づいて、形状情報と暗部の形状状態指標が所定値以上の場合に、トレンチが存在すると判断するようにしても良い。また、暗部が特定の方向に長く延びているような場合に当該長い暗部領域をトレンチとして特定するようにしても良い。

[0039] 次に、パターン判定部1033は、トレンチの長手方向を判定する（ステップ1204）。トレンチの長手方向の判定には例えば、暗部領域の重心を求め、当該重心を基準として複数の方向の長さを求め、その中で最も長い方向をトレンチの長手方向とする等の処理が考えられる。また、暗部領域のエッジを抽出し、直線近似できる部位の長さが最も長いエッジ方向を長手方向と判定するようにしても良い。

[0040] 次に、走査範囲設定部1034は、トレンチ内部を選択的に走査領域とし、走査方向設定部1035は、走査線方向（主走査方向）をトレンチの長手方向とすると共に、走査線の移動方向（副走査方向）をトレンチの長手方向に直交する方向に設定する（ステップ1205）。走査線方向の走査領域の長さは、ビアが含まれると思われる領域を含むように設定する必要があるため、

位置ずれ等も考慮してビア径より十分に長い走査範囲を設定することが望ましい。また、走査線に直交する方向の走査領域の長さは、試料表面と走査範囲が重畳しないように設定する。更に、試料表面と走査範囲が重畳しないように、測定精度を低下させない範囲で、トレンチ領域より狭い走査領域を設定するようにしても良い。

[0041] 次に、偏向器制御部 1036 は、走査範囲設定部 1034 と走査方向設定部 1035 によって設定された走査条件に基づいて、ビーム走査を行うための信号を走査偏向器 1005 に供給し、トレンチへの選択的なビーム走査を実行する（ステップ 1206）。トレンチが複数ある場合には、設定されたトレンチ分、ステップ 1206 の走査を繰り返す。このような走査によって得られた信号波形を用いて、パターン判定部 1033 ではビアの検出を行う（ステップ 1207、1208）。図 9 に例示するような各走査領域の信号検出によって、ビアの有無を判定することができるので、パターン寸法測定部 1032 は、ビアが存在する走査領域について、測定を実行する（ステップ 1209）。ビアが存在しない場合は、測定を行わず測定処理を終了する。但し、設計データ上、ビアが位置すべき位置にビアが存在しない場合は、半導体デバイスの不良や、電子顕微鏡の画像が適正に形成されていないことが考えられるので、パターン判定部 1033 からエラー情報を出力するようにしても良い。

[0042] なお、ビアが半導体デバイスの不良等によって検出できないのか、もともとビアが存在しないトレンチであるが故にビアが検出できないのか判断できない場合には、パターン判定部 1033 は、ビアの配列情報を参照することによって、その識別を行うことができる。例えば、ビアが配列されたトレンチの 1 つおきに配列されていることが、設計データ上明らかな場合には、ビアの検出結果（ビアの配列状態）と設計データとを比較し、ビアの検出結果が設計データの配列状態と合致している場合は、半導体デバイスが適正に形成されている、或いは測定結果が適切であると判定し、両者が不一致である場合には、半導体デバイスの不良、或いはパターン検出が適切に行われなか

った可能性があるため、その旨を検出結果として出力するようにしても良い。このような構成によれば、適正に測定が行われなかったときの原因追究を行うことが容易になる。

符号の説明

- [0043] 1 画像処理装置
2 外部記憶媒体
3 電子ビーム制御部
4 筐体
5 画像生成部
401 電子銃
402 電子ビーム
403 走査コイル
404 試料
405 2次電子
406 2次電子検出部

請求の範囲

[請求項1] 荷電粒子源から放出される荷電粒子ビームを走査する偏向器と、前記荷電粒子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、当該検出器の出力に基づいて、画像を生成する演算処理装置を備えた荷電粒子線装置において、

前記演算処理装置は、前記生成された画像の中から他の部分に対して相対的に暗い暗部領域を特定し、当該暗部領域に相当する試料位置に選択的に前記荷電粒子ビームが走査されるように、前記偏向器を制御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において、

前記演算処理装置は、前記暗部の長手方向に前記荷電粒子ビームの走査線方向を沿わせるように、前記荷電粒子ビームの走査方向を設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において、

前記演算処理装置は、前記選択的な走査に基づいて得られた信号に基づいて、前記暗部領域に含まれるパターンの寸法測定を実行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、

前記演算処理装置は、前記選択的な走査に基づいて得られた信号に基づいて、前記暗部領域に含まれるパターン寸法測定実行の有無を判定することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項5] 請求項1において、

前記暗部領域は、その内部にビアを含むトレンチであることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項6] 荷電粒子源から放出される荷電粒子ビームを走査する偏向器と、前記荷電粒子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、当該検出器の出力に基づいて、画像を生成する演算処理装置を備えた荷電粒子線装置において、

前記演算処理装置は、前記生成された画像の中から他の部分に対して相対的に暗い暗部領域を特定し、当該暗部領域に相当する試料位置であって、暗部領域の長手方向に走査線方向を沿わせるように、前記偏向器による走査線方向と走査領域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6において、

前記演算処理装置は、前記暗部領域の長手方向に対する走査の領域が、前記暗部領域に相当する試料位置に含まれるように、走査領域を設定することを特徴とする荷電粒子線装置。

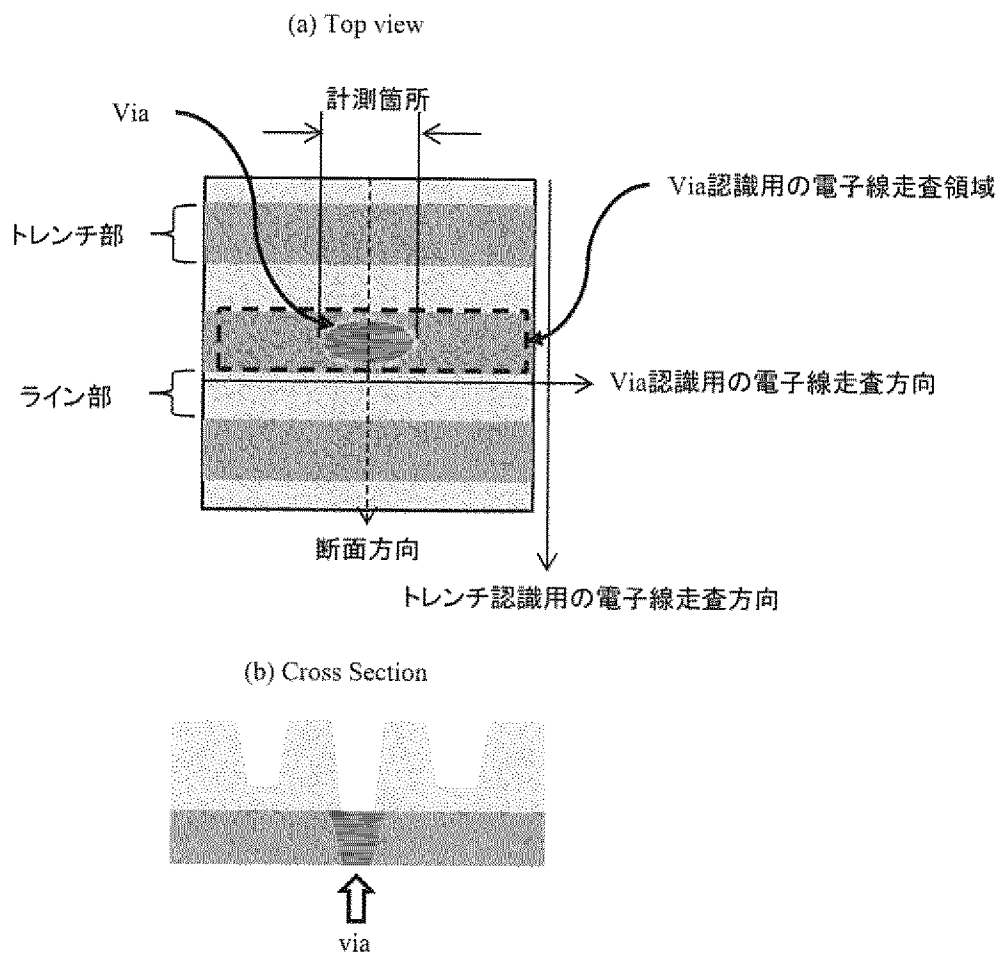
[請求項8]

請求項6において、

前記演算処理装置は、前記暗部領域の特定に基づいて、前記試料上に形成されたトレンチの長手方向を特定し、当該長手方向に走査線方向が平行となるように、走査条件を設定することを特徴とする荷電粒子線装置。

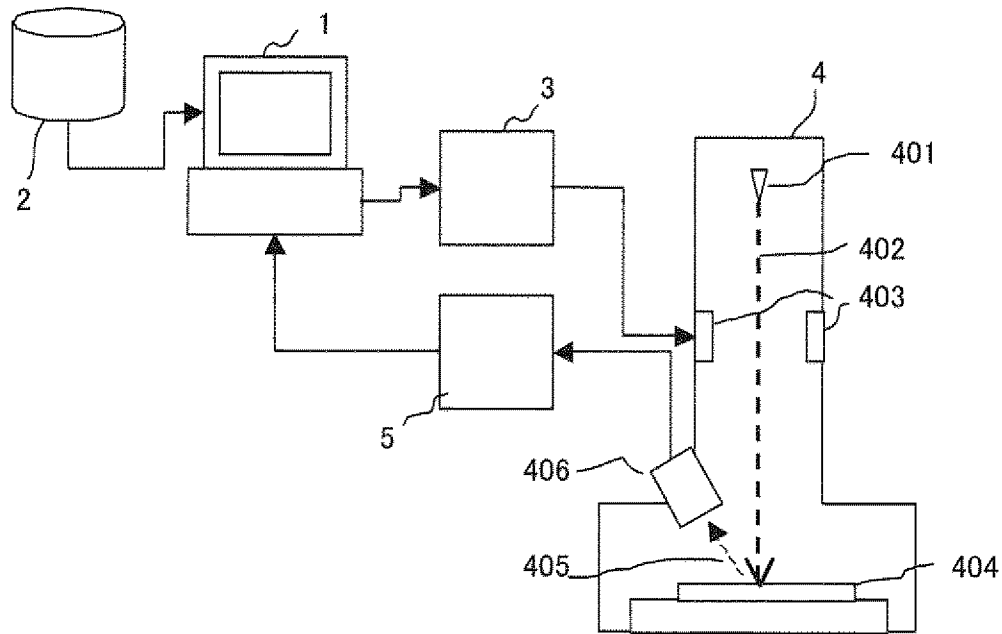
[図1]

【図1】



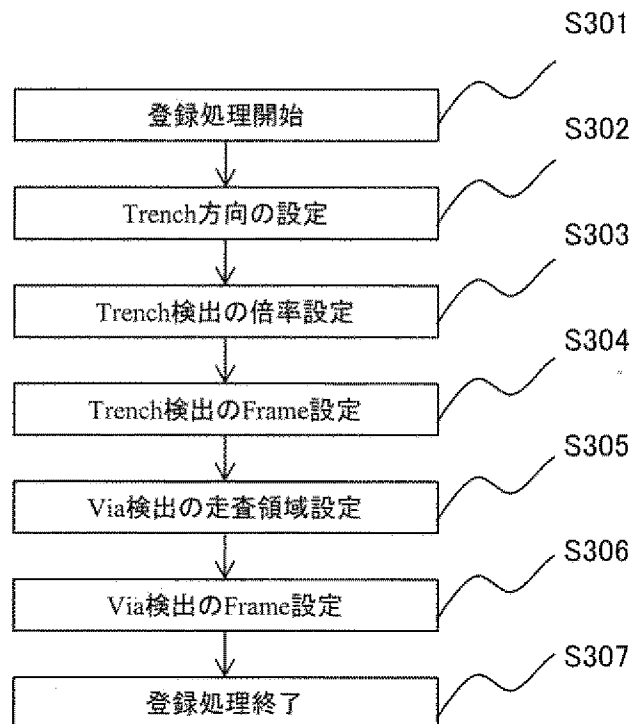
[図2]

【図2】



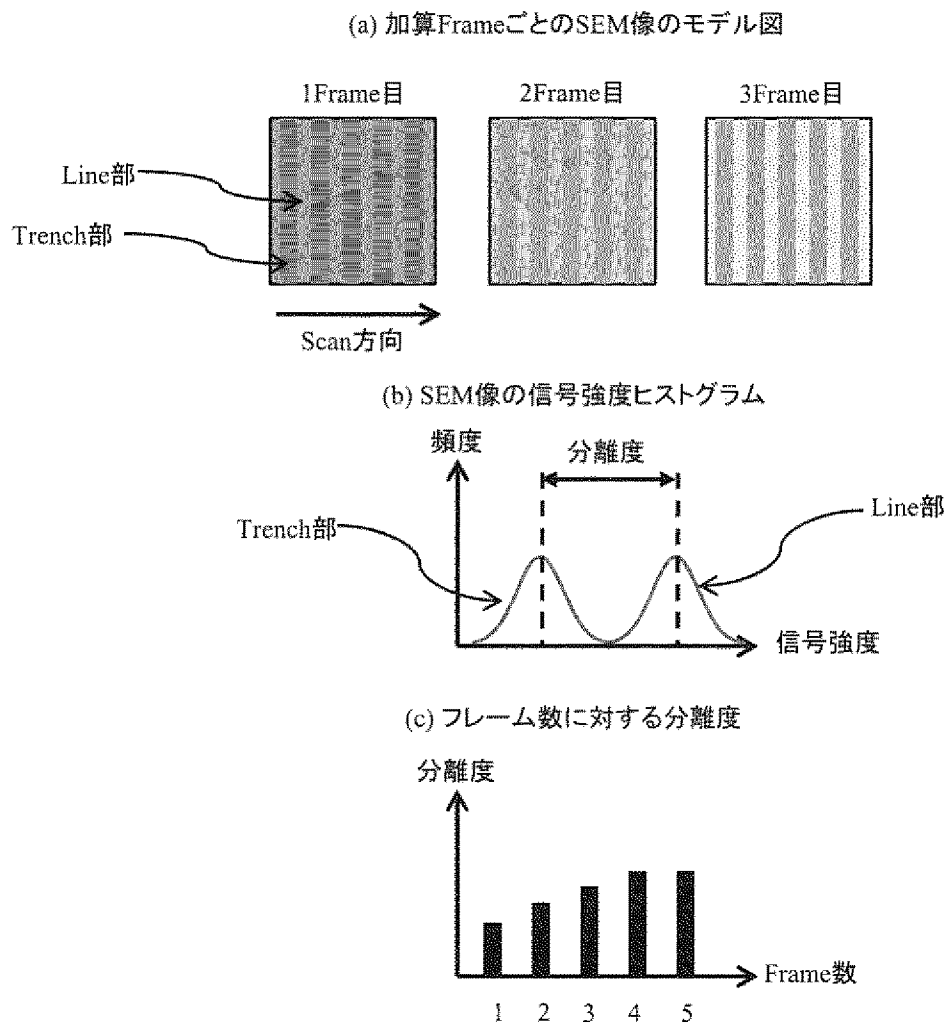
[図3]

【図3】



[図4]

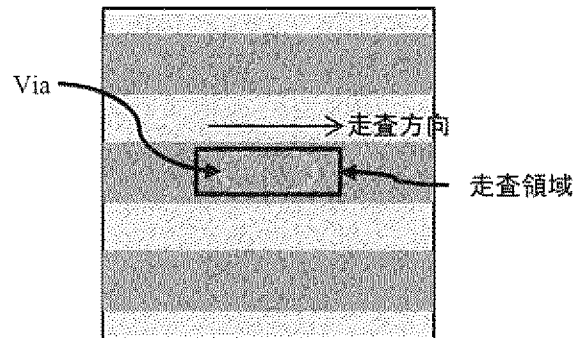
【図4】



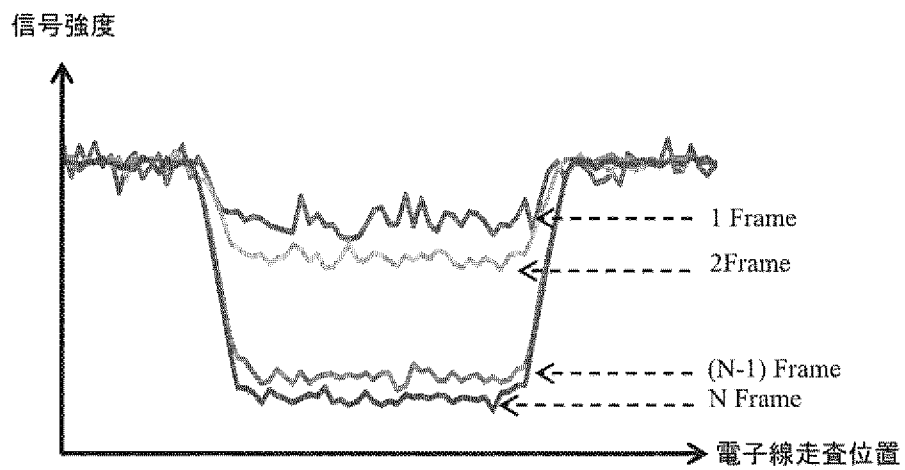
[図5]

【図5】

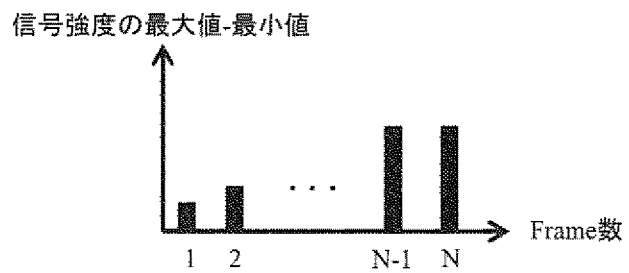
(a) Via領域の走査領域



(b) Frame数ごとのVia領域の信号強度投影波形

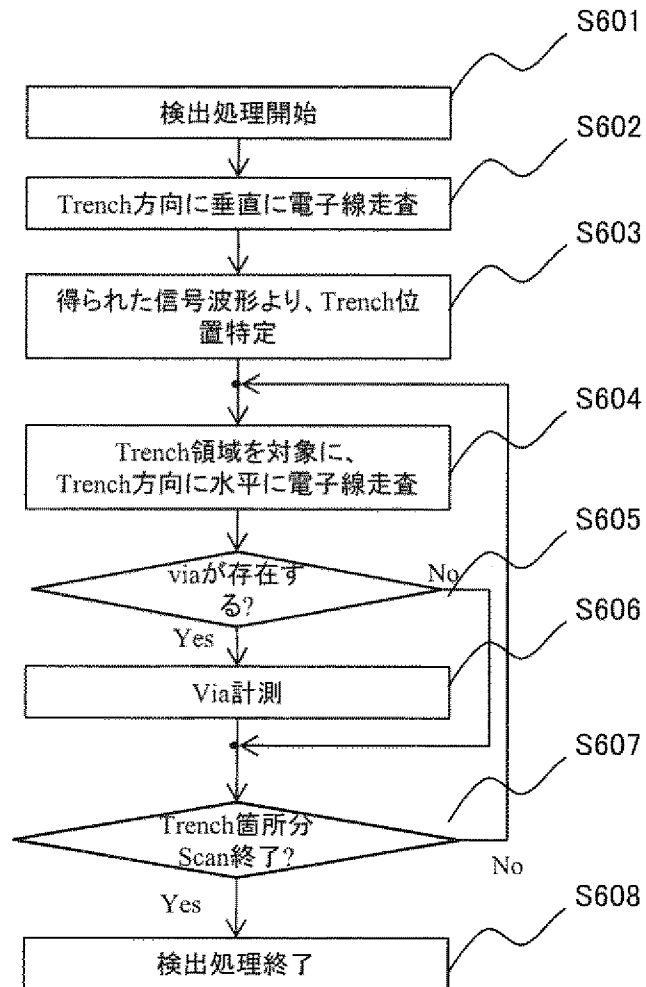


(c) Frame数ごとのVia領域の信号強度の最大値-最小値



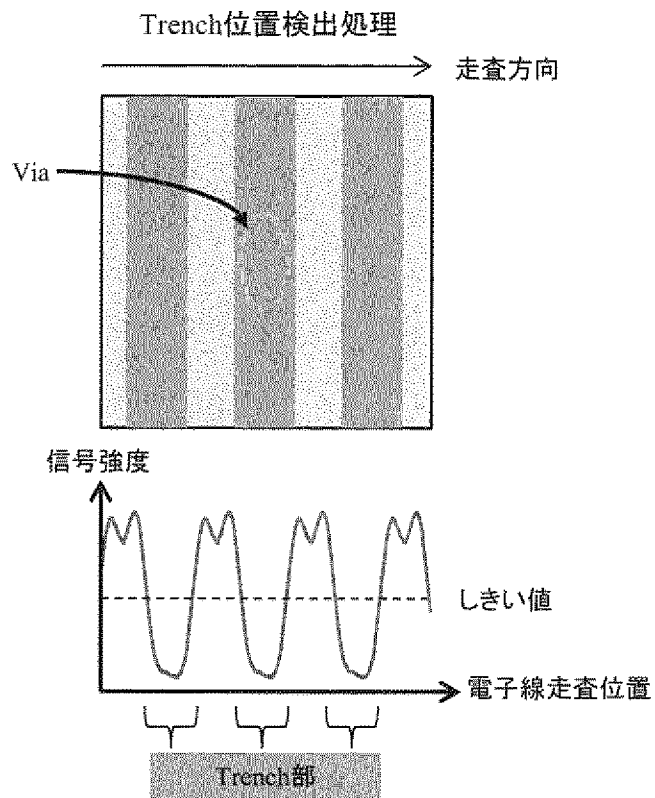
[図6]

【図6】



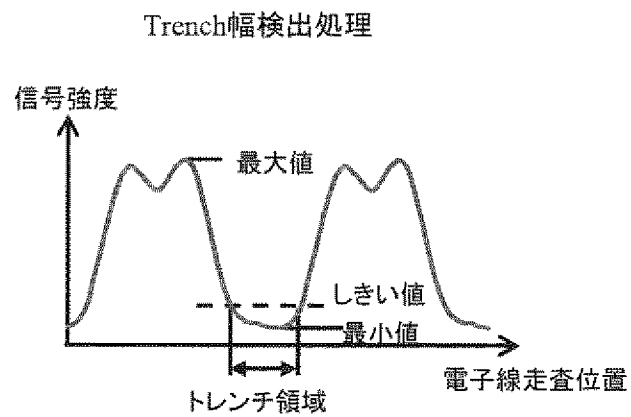
[図7]

【図7】



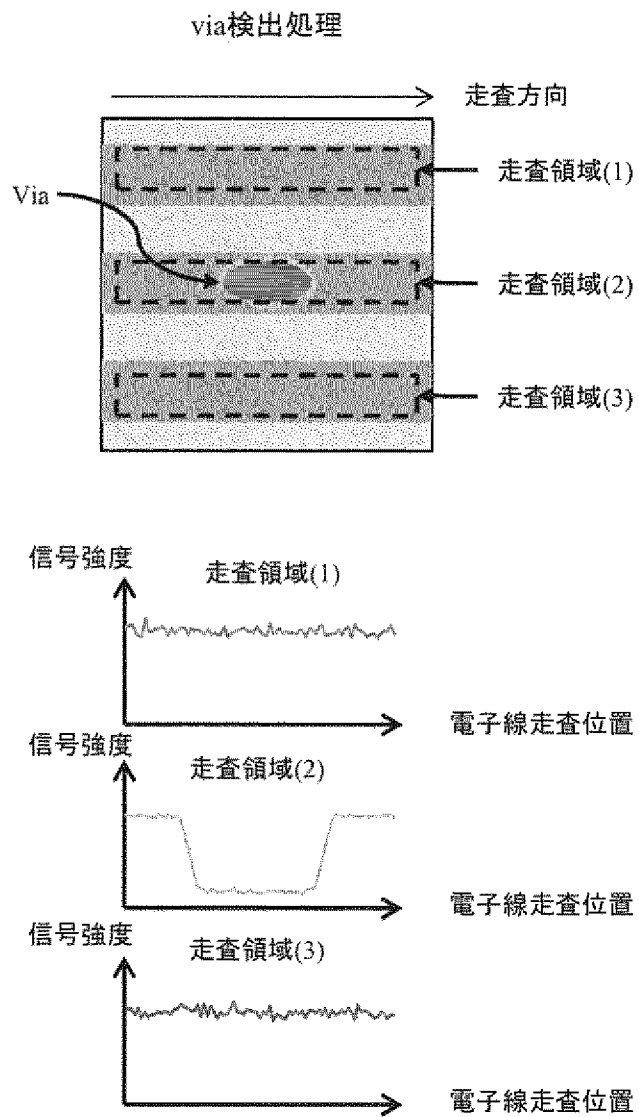
[図8]

【図8】



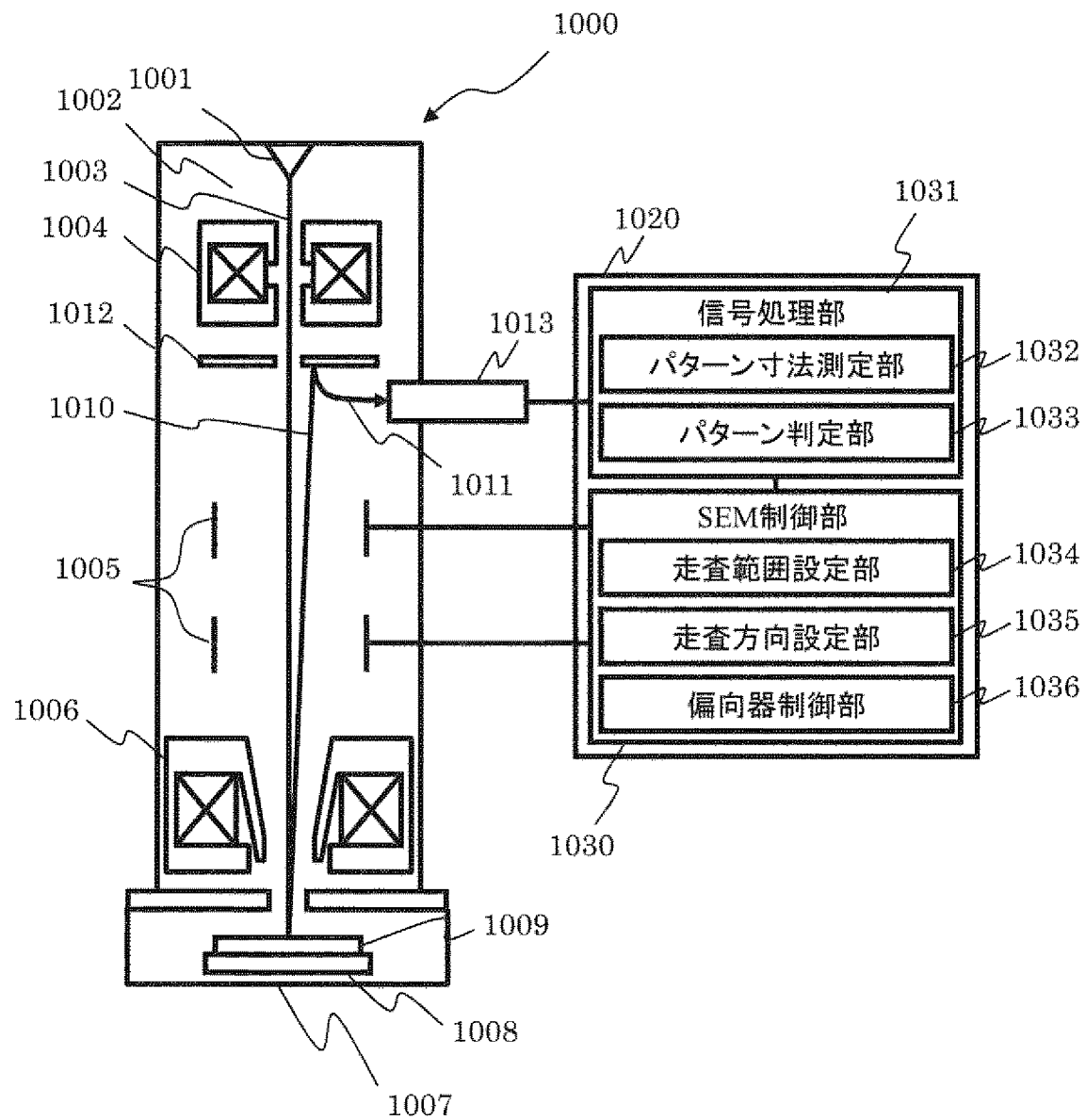
[図9]

【図9】



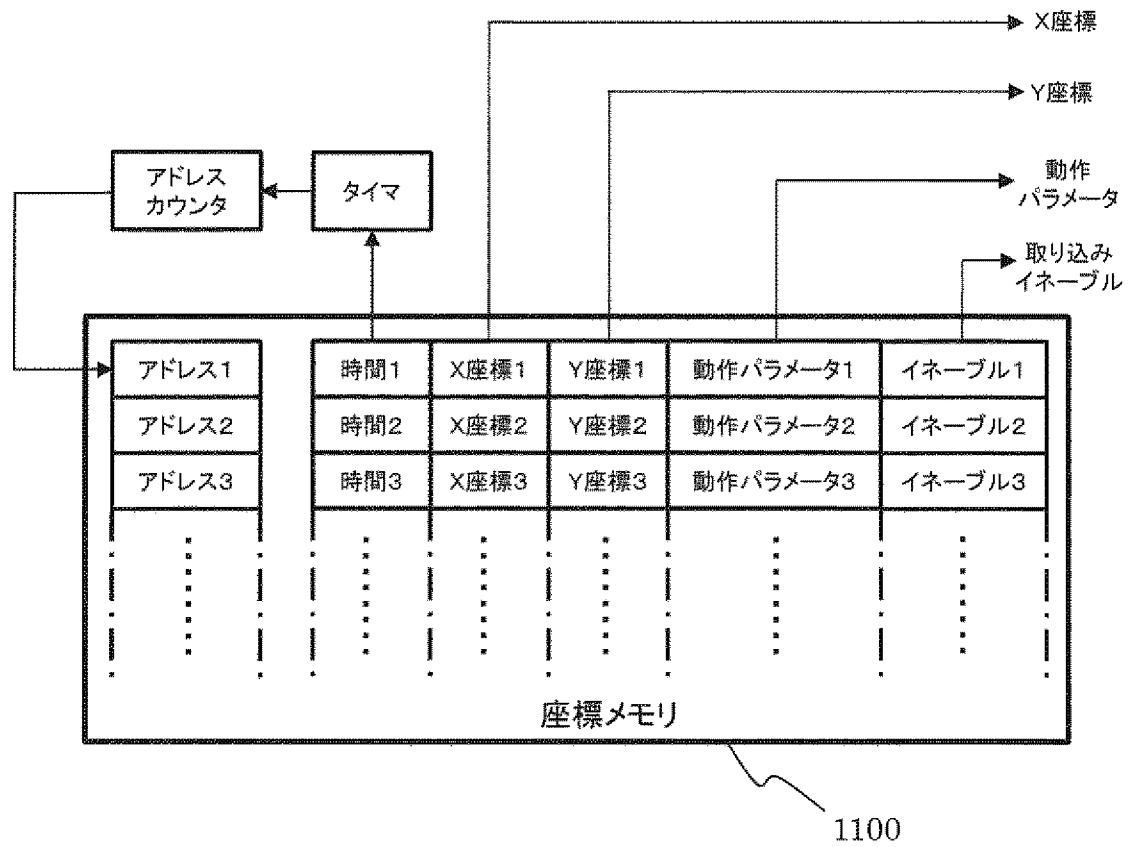
[図10]

【図10】



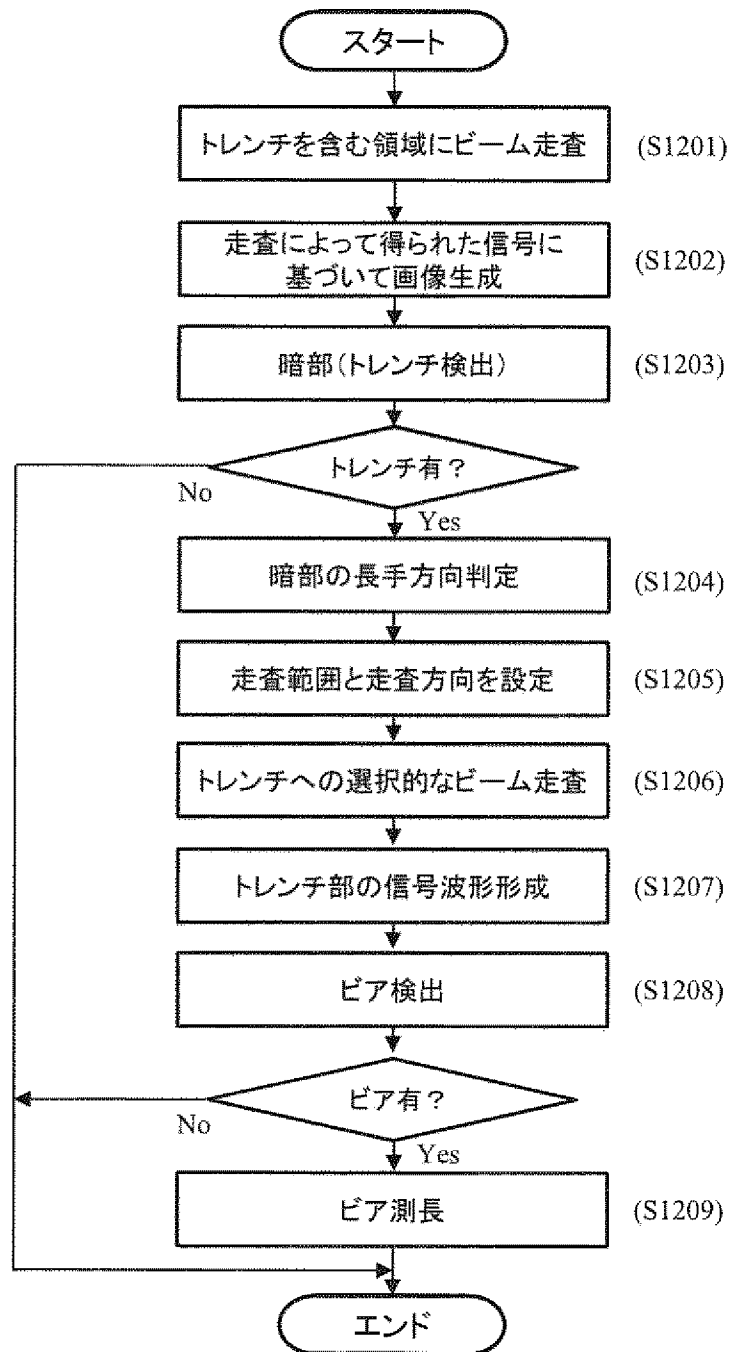
[図11]

【図11】



[図12]

【図12】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052559

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/147(2006.01)i, H01J37/22(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)

H01J37/147, H01J37/22

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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	WO 2015/045498 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 02 April 2015 (02.04.2015), paragraphs [0034] to [0038], [0043] to [0053]; fig. 6 to 10 (Family: none)	1, 3-5
Y	JP 2012-084287 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 26 April 2012 (26.04.2012), paragraphs [0004], [0029] to [0031]; fig. 3 to 4 (Family: none)	1, 3-5

☒ 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
09 May 2016 (09.05.16)

Date of mailing of the international search report
17 May 2016 (17.05.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/052559

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/182224 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 03 December 2015 (03.12.2015), entire text; all drawings & TW 201544791 A	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01J37/147(2006.01)i, H01J37/22(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 (IPC))

Int.Cl. H01J37/147, H01J37/22

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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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	W0 2015/045498 A1 (株式会社 日立ハイテクノロジーズ) 2015.04.02, 段落0034-0038、0043-0053、図6-10 (ファミリーなし)	1, 3-5
Y	JP 2012-084287 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2012.04.26, 段落0004、0029-0031、図3-4 (ファミリーなし)	1, 3-5
A	W0 2015/182224 A1 (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2015.12.03, 全文、全図 & TW 201544791 A	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

09.05.2016

国際調査報告の発送日

17.05.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

佐藤 仁美

2 G

4 0 7 3

電話番号 03-3581-1101 内線 3226