

WO 2018/154706 A1

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).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

in such a manner that the charge removal by the charge removing device is executed after reaching a certain number of processed samples irradiated by the charged particle beam, or after a predetermined processing time. When the result of the electric potential measurement by the electrometer does not meet a predetermined condition, the control device executes at least one among increasing and decreasing the number processed or the processing time.

(57) 要約: 本発明は、測定、検査の高スループット化と帯電の影響の抑制の両立する荷電粒子線装置の提供を目的とする。この目的を達成するために、静電チャック(803)を備えた荷電粒子線装置であって、前記静電チャックの電位を計測する電位計(11)と、前記静電チャックを除電する除電装置(805)と、荷電粒子ビームが照射される試料の処理数、或いは所定の処理時間の後、前記除電装置による除電を実行するように除電装置を制御する制御装置(806)を備え、当該制御装置は、前記電位計による電位計測結果が所定の条件を外れた場合に、前記処理数、或いは処理時間の増加及び減少の少なくとも一方を実行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] 本開示は、荷電粒子ビームを試料に照射する荷電粒子線装置に係り、特にビームの照射対象である試料を保持する静電チャック機構を備えた荷電粒子線装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体ウエハの測定や検査を行う走査電子顕微鏡の中には、半導体ウエハに対するビーム照射時に半導体ウエハを保持する静電チャック機構を備えているものがある。静電チャックの試料吸着面は絶縁材料で形成されているため、試料吸着時に試料との摩擦等によって電荷が蓄積されることがある。特許文献 1 には、静電チャック表面側の電位を計測し、電位が一定値を超えている場合には、除電を行う荷電粒子線装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2014-137905 号公報（対応米国特許 US 9,543,113）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献 1 に開示されているように、試料電位の計測に基づいて除電を行うことによって、帯電の影響を抑制しつつ、半導体ウエハの測定や検査を行うことができるが、帯電の計測や除電を行っている時間は、ビーム照射に基づく測定や検査ができないため、その分、装置の処理能力が低下する。半導体デバイスの測定や検査に用いられる走査電子顕微鏡には高いスループットが要求されるため、スループットの維持、或いは向上と、帯電の影響の抑制の両立が求められる。

[0005] 以下に測定、検査の高スループット化と帯電の影響の抑制の両立を第 1 の

目的とする荷電粒子線装置について説明する。また、高感度な帯電計測を第2の目的とする荷電粒子線装置について説明する。

課題を解決するための手段

[0006] 上記第1の目的を達成するための一態様として、静電チャックを備えた荷電粒子線装置であって、前記静電チャックの電位を計測する電位計と、前記静電チャックを除電する除電装置と、荷電粒子ビームが照射される試料の処理数、或いは所定の処理時間の後、前記除電装置による除電を実行するように除電装置を制御する制御装置を備え、当該制御装置は、前記電位計による電位計測結果が所定の条件を外れた場合に、前記処理数、或いは処理時間の増加及び減少の少なくとも一方を実行する荷電粒子線装置を提案する。

[0007] 上記第2の目的を達成するための一態様として、静電チャックを備えた荷電粒子線装置であって、前記静電チャックを移動させるステージと、前記静電チャックの電位を計測する電位計と、前記ステージと前記電位計を制御する制御装置を備え、前記静電チャックの試料吸着面は、複数の突起が形成された第1の領域と、当該第1の領域より、単位面積当たりの突起の数が多く形成された第2の領域を有し、前記制御装置は、前記第2の領域の電位を計測するように、前記ステージと前記電位計を制御する荷電粒子線装置を提案する。

発明の効果

[0008] 上記構成によれば、測定、検査の高スループット化と帯電の影響の抑制の両立が可能となる。また、高感度の帯電計測を行うことが可能となる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]帯電速度に応じて除電装置を用いた除電タイミングを調節する工程を示すフローチャート（実施例1）。

[図2]静電チャックの試料吸着面の構造を説明する図。

[図3]CD-SEMの概要を示す図。

[図4]試料の処理数が所定数に達したときに静電チャックの除電を実行する工程を示すフローチャート。

[図5]帯電速度に応じて除電装置を用いた除電タイミングを調節する工程を示すフローチャート（実施例2）。

[図6]帯電速度に応じて除電装置を用いた除電タイミングを調節する工程を示すフローチャート（実施例3）。

[図7]帯電速度に応じて除電装置を用いた除電タイミングを調節する工程を示すフローチャート（実施例4）。

[図8]除電装置を備えた走査電子顕微鏡の一例を示す図。

発明を実施するための形態

[0010] 近年、半導体デバイスパターンの寸法測定や欠陥検査に電子顕微鏡が応用されている。例えば、半導体デバイスのゲート寸法の測定には荷電粒子線装置の一種である測長SEM（Critical-Dimension Scanning Electron Microscope、以下CD-SEM）を用い、欠陥検査には欠陥検査SEMを用いる。また、電位コントラストを利用し、配線用深穴の導通検査にも走査電子顕微鏡が用いられるようになっている。

[0011] 一例として、CD-SEMを例にとり、測定の基本原理を簡単に説明する。画像取得の方法は基本的に走査型電子顕微鏡と同じである。電子銃から一次電子を放出させ、電圧を印加して加速する。その後、電磁レンズによって電子ビームのビーム径を細く絞る。この電子ビームを半導体ウエハ等の試料上に2次元的に走査する。走査した電子ビームが試料に入射することにより発生する二次電子を検出器で検出する。この二次電子の強度は、試料表面の形状を反映するので、電子ビームの走査と二次電子の検出を同期させてモニタに表示することで、試料上の微細パターンが画像化できる。CD-SEMで例えばゲート電極の線幅を測定する場合には、得られた画像の明暗の変化にもとづいてパターンのエッジを判別して寸法を導き出す。これを、ユーザがあらかじめ決めた半導体ウエハ面内の位置をステージで移動し計測するのがCD-SEMの測定原理である。

[0012] このCD-SEMは半導体製造ラインにおけるデバイスパターンの寸法測

定に使用されるため、分解能、測長再現性といった電子顕微鏡としての性能や、単位時間あたりの処理能力を表すスループットが重要であるだけでなく、長期間にわたり安定的に装置を稼働させることが極めて重要になってくる。

[0013] 一方、測定や検査の対象となるウエハを保持するために静電チャックを使用することが望ましい。これは成膜プロセス等により反りが生じたウエハを静電気力で矯正しながら固定し、高速でステージを移動することでスループットを確保することができるからである。一方、静電チャックの表面は高抵抗のセラミックスであるため、その吸着面が帯電する。帯電が進行するとウエハが意図せずに静電吸着する場合があります。残留吸着となる。もし残留吸着した状態で処理終了後にウエハをその力に抗してリフトアップすると、剥がれた瞬間にウエハが跳ね上がり搬送エラーを引き起こす可能性が考えられる。また、ウエハが破損することも起こりうるため、残留吸着が発生しないように装置を安定運用することが極めて重要になる。

[0014] 残留吸着力は静電チャックの表面が一定のレベル以上に帯電することによって発生するが、静電チャックの表面が帯電する原因としてはウエハと静電チャックの接触による摩擦帯電、静電チャックに電圧を印加したことで微小なリーク電流が流れ表面に蓄積する帯電、ウエハの裏面から放出される微小な放出ガスの電離による帯電、等が考えられる。

[0015] したがって、装置を安定的に稼働させるためにはチャック表面の帯電を一定のレベル以下に保ちながら運用する必要がある。そのために、チャック表面（試料吸着面）を適正なタイミングでモニタし、除電を行うことが望ましいが、実用上は静電チャックの帯電をモニタして適正なタイミングで除電を実行するのは困難である。また、除電を定期的に実行するか、または表面電位センサで静電チャックの帯電をモニタして除電する場合でも、その実行タイミングを適正化して運用することが望ましい。特に定期的に除電を行う場合、一度除電を行った後、次の除電を行うまでの間、大きな帯電が付着すると、搬送エラーやウエハ破損が発生する可能性を抱えたまた次の除電ま

で処理を継続することになる。また、高頻度に除電を行うことによって、試料吸着面への大きな帯電の付着を抑制することも考えられるが、測定、検査装置としての稼働時間を低下させてしまうことになるため、搬送エラー等の発生可能性を抑制しつつ、除電頻度を低くすることが望ましい。

[0016] 以下に、主に静電チャック表面の帯電を感度良く正確に測定することができる走査電子顕微鏡について説明する。また、除電実行の前後の静電チャック電位を測定し、前回除電実行からの帯電状態にもとづき、自動的に次回除電実行までの累積処理枚数を見直すことができる走査電子顕微鏡について説明する。更に、突発的に静電チャックが帯電した場合でも搬送エラーやウエハ破損の発生可能性を低減する走査電子顕微鏡を説明する。

[0017] 後述する実施例では、高感度電位計測のために、例えば表面にウエハを支持するための突起を備えた静電チャックを備えた走査電子顕微鏡において、表面電位計で静電チャックの表面を測定するための領域の突起の密度をそれ以外の領域に対して高くした走査電子顕微鏡について説明する。また、少なくとも除電実行前の静電チャック電位を測定し、前回除電実行後からの期間における帯電の進み具合に応じて次回除電を実行するまでの累積処理枚数ないしは期間を自動的に見直す走査電子顕微鏡について説明する。さらに、除電実行の判断を累積処理枚数に加え、累積処理時間ないしは残留吸着力の有無にもとづいて判定する走査電子顕微鏡について説明する。

[0018] 上記構成によれば、静電チャックの表面電位を感度良く正確に測定することができるため、少なくとも除電実行前の帯電を測定することで静電チャックの帯電の進み具合を正確に把握することが可能な走査電子顕微鏡を提供することができる。また、上記他の構成によれば静電チャックの帯電の進み具合に応じて次回除電を実行するまでの累積処理枚数ないしは期間を自動的に見直すことができるため、残留吸着力による搬送エラーはウエハ破損の発生可能性の少ない走査電子顕微鏡を提供することができる。さらに、上記更なる他の構成によれば累積処理枚数だけでなく、累積の処理時間ないしは残留吸着力の有無にもとづいて除電を実行することができるため、残留吸着力に

よる搬送エラーやウエハ破損の発生可能性のより少ない走査電子顕微鏡を提供することができる。

[0019] 以下、図面を用いて電位計を備えた走査電子顕微鏡について説明する。はじめに図1から図3を用いて、第一の実施例を説明する。図1はフローチャート、図2は静電チャックを上部から見た図、図3はCD-SEMの概略図を示す。図3に示すように、高真空（ 10^{-6} Pa以下）に維持された筐体13内に保持された電子源1から放出された電子は、高圧電源3により高圧電圧が印加された一次電子加速電極2で加速される。電子ビーム14（荷電粒子ビーム）は、収束用の電子レンズ4で収束される。電子ビームは絞り5でビーム電流量を調節された後、走査コイル6で偏向され、ウエハ上を2次元的に走査される。電子ビームは試料である半導体ウエハ（以下、単にウエハ）9の直上に配置された電子対物レンズ8で絞られ焦点合わせがなされ、ウエハに入射する。一次電子が入射した結果発生する二次電子15は、二次電子検出器7により検出される。検出される二次電子の量は、試料表面の形状を反映するので、二次電子の情報にもとづき表面の形状を画像化することができる。ウエハ9は静電チャック10上に一定の平坦度を確保しながら保持されており、X-Yステージ16上に固定されている。なお、本図では筐体とその内部構造を横方向から見た断面図で記述したが、X-Yステージと静電チャック、ウエハは動作をイメージしやすいように斜視図で記載している。したがって、ウエハはX方向、Y方向いずれも自由に動作可能であり、ウエハ面内の任意の位置を計測可能となっている。また、図2に示すように、ウエハを静電チャックに対して着脱するため上下動作可能な弾性体33が組み込まれたウエハ搬送用リフト機構32が備えてあり、搬送ロボット81との連携動作によりロード室83との間でウエハの受け渡しを行うことができる。

[0020] 測定対象であるウエハを静電チャックまで搬送する際の動作は、まずウエハカセット86にセットされたウエハをミニエン85の搬送ロボット84でロード室83に搬入する。ロード室内は図示しない真空排気系により真空引

きおよび大気解放することができ、バルブ 8 2 の開閉と搬送ロボット 8 1 の動作で筐体 1 3 内の真空度を実用上問題ないレベルに維持しながらウエハを静電チャック上に搬送する。筐体 1 3 には表面電位計 1 1 が取り付けられている。表面電位計 1 1 は静電チャックまたはウエハの表面電位を非接触で測定することができるように、プローブ先端からの距離が適切になる高さ方向の位置に固定されている。

[0021] また、図 8 に例示するように本実施例にて説明する走査電子顕微鏡には、除電装置として、紫外光源 8 0 5 が設けられている。図 8 に例示する走査電子顕微鏡 8 0 0 には、電子源、レンズ、偏向器等の電子顕微鏡の光学素子を含む電子顕微鏡カラム 8 0 1 が設けられ、試料室 8 0 2 内には、静電チャック 8 0 3 が搭載されたステージ 8 0 4、紫外光源 8 0 5、試料 8 0 9、或いは静電チャック 8 0 3 の試料吸着面の電位を計測する表面電位計 1 1 が備えられている。また、制御装置 8 0 6 は、静電電位計 1 1 によって予め登録されたタイミング（例えば、静電チャックの表面電位を計測する場合、ウエハが試料室外に搬送された状態であって、所定数のウエハの計測処理が終了した後）で電位計測を行うように制御すると共に、静電電位計 1 1 の出力に基づいて、予め記憶された制御プログラムに従って、ステージ 8 0 3 や紫外光源 8 0 4 等を制御する。

[0022] 被照射対象物 8 0 7 に紫外光源 8 0 5 から紫外光 8 0 8 を照射することによって、被照射対象物からガスを電離させ、当該ガスが試料や静電チャックの試料吸着面に到達することによって除電が行われる。また、図 8 に例示した除電装置は一例に過ぎず、他の除電装置を適用することも可能である。

[0023] 図 2 に例示するように静電チャック表面（試料吸着面）には、ウエハとの直接接触を避けることで裏面異物の発生を抑制するためと、ウエハと静電チャック間の接触熱伝達を適切に管理するための頭頂部が球面状の突起 3 0 が一定のピッチで配置されている第 1 の領域が形成されている。この突起の形状は静電吸着力との兼ね合いから、通常は上から見た直径が $\phi 0.5 \text{ mm}$ から 2 mm 、高さは数 $\mu \text{ m}$ から数十 $\mu \text{ m}$ の半球型が一般的である。本実施例で

は、静電チャックの帯電を表面電位計で計測する際に、その計測感度を向上させる目的で突起のピッチを小さくして突起の密度を高くした（相対的に第1の領域に対し、単位面積当たりの突起の数が多く形成された）高密度領域31（第2の領域）を備えている。このように突起の密度を高めた領域を設けておくことで、表面電位計を用いたチャック帯電の測定感度を高めることができる。これは、ウエハとチャックの真実接触が突起の極めて小さな領域でなされるために、帯電電荷が極めて小さな領域に分布するのに対し、表面電位計で測定する領域は通常φ数mm程度であるため、例えば表面電位計の計測領域がφ4mmに対し突起のピッチが5mmとした場合には測定領域に入る突起は入ったとしても1個しかいないため感度よく帯電を測定することができないことによる。そこで、本実施例では高密度領域内の突起のピッチを1/3としてドット密度を9倍とし、表面電位計での電位計測の感度を高め正確に帯電をモニタすることが可能になる。制御装置806は、ステージを駆動し、上記高密度領域31上に表面電位計11を位置づけることによって、表面電位計11を用いた帯電計測を実行する。

[0024] 図4は計測や検査の対象となる試料の処理数が所定数となったときに、除電処理を行う工程を示すフローチャートである。本例では、定期的に帯電をモニタして除電を実施する場合の実施例を説明する。レシピが開始（900）されるとウエハを処理室（試料室）に搬送（901）し、あらかじめ決められた条件にもとづき計測を実行（902）し、計測が終了したらウエハを搬出（903）する。次に、前回除電処理を実行してからの累積処理枚数があらかじめ決められた処理枚数に到達したか判定（904）し、到達していない場合には次のウエハを処理室に搬送して計測を繰り返す（905）。一方、到達した場合には前述した除電機構を用いて処理室内の除電を実行（906）する。実行後は静電チャックの表面を表面電位計で計測（907）する。測定の結果、電位が基準の電位以内になっていれば除電が完了したと判断し、次のウエハの処理に移行（910）する。一方、電位が基準を満たしていない場合には再度除電が完了するまで除電を繰り返す（909）。

[0025] 図4に例示する工程を経て除電を行う場合、規定の処理枚数に到達後に除電処理が実行されるため、例えば残留吸着力が残る帯電のレベルが仮に50Vである場合、累積処理枚数が適切に設定されていれば安定的に処理を継続することが可能である。しかしながら、実際の半導体製造ラインではCDS-SEMに投入されるウエハの状態はウエハ毎に異なり、製造プロセスが変化すれば静電チャックの帯電状況も変化する。

[0026] 例えば、装置に投入されるウエハの温度が変化した場合には、ウエハの熱収縮が変化するためウエハと静電チャックの突起の摩擦具合が変化するため、帯電状態が変化する。したがって、当初設定した累積処理枚数が100としていた場合で、80枚で帯電が50Vに到達したときには残り20枚のウエハは残留吸着などの搬送を阻害する可能性のある状態で処理が継続されることになり、場合によっては搬送エラーで装置が停止したり、ウエハが破損したりすることが考えられる。

[0027] そこで、以下に適切なタイミングで除電を実行する走査電子顕微鏡について説明する。制御装置806には、後述するような装置の制御や演算を行う演算装置が内蔵されており、所定の動作プログラムに従って、適宜設定されたタイミングで除電処理等を実行する。図1は除電を実行するための帯電モニタの間隔を自動的に調節するシーケンスを説明する。処理が開始(100)されると、ウエハを処理室に搬送(101)し、あらかじめ決められた条件にもとづき計測を実行(102)し、計測が終了したらウエハを搬出(104)する。次に、前回除電処理を実行してからの累積処理枚数が、前回除電処理終了後に決定した処理枚数に到達したか判定(105)し、到達していない場合には次のウエハを処理室に搬送して計測を繰り返す(106)。

[0028] 一方、到達した場合には、表面電位計が静電チャックの突起密集領域を計測できる位置にステージを移動(107)し、静電チャック電位を計測(108)する。その後、除電処理を実行(109)し、再度ステージを移動して除電後の静電チャック電位を測定(110)する。もし、電位が基準の電位以内になっていれば(111)除電が完了したと判断し、次のウエハの処

理に移行する。一方、電位が基準を満たしていない場合には再度除電が完了するまで除電を繰り返す（112）。図示はしないが、この除電を繰り返す回数に上限を設け、一定回数実施しても除電が完了しない場合には異常と判断して装置を停止し事故を未然に防止することも可能である。

[0029] 次に、前回の除電後から今回除電を実行するまでの期間内の帯電の進行状況を判定する（113）。本実施例では、除電実行前に測定した静電チャック電位 V_{n_pre} を累積処理枚数 N_w で除した値を帯電速度 V_{sp} として帯電の指標とした。この帯電速度 V_{sp} が予め決められた基準値 1 を超えた場合（114（所定の条件を外れた場合））、或いは基準値 1 以上となった場合には、予め決めた枚数 a 枚分だけ次回除電実行までの累積処理枚数を減らして（117）次の処理に移行する（120）。もし、 V_{sp} が予め決められた値に達しておらず（115）、予め決めた基準値 2 にも到達していない場合（所定の条件を外れた場合）、或いは基準値 2 以下となった場合には、帯電が発生していない、或いは発生した帯電の影響を無視できると判断できるため、予め決めた枚数 b 枚分だけ次回除電実行までの累積処理枚数を増やして（118）次の処理に移行する（120）。また、もし V_{sp} が基準値 2 より大きく、基準値 1 より小さい値である場合（所定の範囲（条件）内である場合）には、現在の除電実行間隔は適正と判断できるため、累積処理枚数 N_w を維持したまま（119）次の処理に移行する（120）。これらのパラメータ、すなわち帯電速度の上・下限値、累積処理枚数を見直すための枚数 a 、 b は装置の制御装置内のファイルで管理する。なお、上述の V_{n_pre} はウエハ 1 枚を処理する間の帯電の進行の程度（速度）を示しているが、 n 枚（ $n > 1$ ）単位の帯電の進行を示す値（所定処理単位での帯電を示す値）に基づいて帯電速度を評価するようにしても良い。

[0030] このように構成された第一の実施例によれば、除電実施前に静電チャック上に設けた突起密集領域の 1 か所の電位を測定することで帯電の状況を短時間で感度良くモニタすることができ、この測定結果にもとづいて次回除電を実行するまでの間隔を自動的に調節するために装置に投入されるウエハの状

態が変化して静電チャックの帯電状況が変化した場合であっても常に適正な累積処理枚数毎に除電が実行されるため、残留吸着による搬送エラーやウエハ破損を回避することが可能な走査電子顕微鏡を提供することができる。

[0031] 本実施例では、累積処理枚数見直し用のパラメータを a 、 b としたが、これに限らず、例えば帯電速度が上限値 V_{sp_u} を超えた場合の見直し枚数を帯電速度に応じて分けておくことも有効である。例えば、投入されたウエハがガス放出を引き起こすような場合、帯電速度が急激に大きくなる場合もあるため、このような場合にはより短い間隔で除電処理を実行したほうが良いためである。

[0032] また、本実施例では除電実行のタイミングを累積処理枚数だけで判定したが、これに加え累積処理時間や残留吸着の有無に関連する情報を併用して除電実行回数を管理することも可能である。静電チャックの帯電を示唆する情報としては、残留吸着力そのもの、残留吸着力がある状態でウエハを引き剥がしたときに電源回路に発生する信号、残留吸着力がある状態でウエハを引き剥がすことで生じる搬送精度のばらつきが挙げられる。

[0033] 例えば、残留吸着力は、ウエハをリフトアップする駆動機構にひずみセンサを組み込んでおき、ウエハを静電チャックから引き剥がすときのひずみセンサの出力をモニタすることで検出することができる。

[0034] 次に、電源回路に発生する信号は、例えば残留吸着が発生している場合には静電チャックの誘電体膜内に分極電荷が発生しているので、残留吸着力に抗してウエハを引き剥がす時に静電チャックの内部電極に電圧の変動が生じる。したがって、内部電極に電圧を印加する回路に組み込まれた抵抗の両端の電圧変動をモニタすれば、残留吸着の有無とその程度を推定することができる。この場合、残留吸着力を評価する値が所定値以上、或いは所定値より大きい場合には、処理枚数を減らすように、所定値以下、或いは所定値未満である場合には、増加させるように、除電条件を調整するようにすると良い。

[0035] さらに、搬送精度のばらつきは、通常は装置を安定に運用するために装置

内のウエハ搬送経路上に位置センサを設けているため、ウエハの搬送精度の変化をモニタすることで検出可能である。つまり、残留吸着力が発生している場合にこれに抗してウエハを引き剥がすと、ウエハがはがれた瞬間に反動でウエハが跳ねるため搬送精度が数十 μ mから数mm程度悪化する。これに閾値を設けておけば除電のタイミングを決めることができる。

いずれの信号を選択するかは装置構成との兼ね合いで適宜選択すればよい。

[0036] なお、上述の実施例では除電を行った後、除電を行うためのコマンドを、ウエハの処理数（計測対象となったウエハの数）をカウントし、当該カウント数が所定値（基準値）に達したときに、発する例について説明したが、処理時間のカウントに基づいて除電コマンドを発生するようにしても良い。この場合、所定時間に到達したときに、ウエハの計測処理が行われており、すぐに表面電位計測や除電処理ができない場合があるので、所定の処理時間の経過と、ウエハ処理の終了の2つの条件のANDが取れたときに、除電処理に移行するようにすると良い。図示しない記憶媒体に、帯電速度が所定値を超えていたときに初期値から減算する時間と、帯電速度が所定値以下である場合に、初期値に加算する時間を登録しておくことによって、適正なタイミングで除電を行うことが可能となる。

[0037] 以下に、累積処理枚数と時間、累積処理枚数と残留吸着信号を併用した場合の実施例について説明する。図5に、第二の実施例である時間を併用した例を示す。処理が開始（200）されると、ウエハを処理室に搬送（201）し、あらかじめ決められたレシピにもとづき計測を実行（202）し、計測が終了したらウエハを搬出（204）する。次に、前回除電処理を実行してからの累積処理枚数が、前回除電処理終了後に決定した処理枚数に到達したか判定（205）し、到達した場合には第一の実施例と同様に除電を実施（210）し、帯電速度を算出（214）して帯電状況を判定して次回除電を実施するまでの累積処理枚数を必要に応じて見直す（218～220）。

[0038] 一方、本実施例では、処理枚数が事前に設定された累積処理枚数に達していない場合（206）、次に前回除電を実施してからの経過時間が一定時間

経過したかを判定する。例えば、一定時間が24時間と予め決められている場合、累積処理枚数が規定の枚数に到達していない場合でも24時間を経過していれば除電処理を実施する。これは、例えば1枚のウエハ中に作りこまれた多数のチップ全点をすべて計測するような場合に、長時間静電チャックで吸着されたことによるわずかなリーク電流が静電チャック表面に帯電を引き起こすような場合の搬送エラーを抑制するのに有効である。

[0039] 本実施例では、時間の基準として前回除電を実行してからの経過時間で判定したが、これに限定されるわけではなく例えば静電チャックに電圧を印加していた累積時間で管理することも可能である。また、第一の実施例と同様に累積処理枚数を自動的に更新するだけでなく、帯電速度の結果にもとづいて経過時間を見直すようにすれば更に信頼性の高い運用が可能になる。

[0040] 図6には、第三の実施例である残留吸着力信号を併用した例を示す。処理が開始されると、ウエハを処理室に搬送し、あらかじめ決められたレシピにもとづき計測を実行し、計測が終了したらウエハを搬出する。このとき、上述したいずれかの手段により残留吸着力を計測し発生の有無を判定する(305)。もし、残留吸着力が閾値以上発生していれば(306)、第一の実施例と同様に除電を実施し、帯電速度を算出して帯電状況を判定して次回除電を実施するまでの累積処理枚数を必要に応じて見直す。残留吸着力の発生が認められない場合には、第一の実施例と同様に前回除電処理を実行してからの累積処理枚数が、前回除電処理終了後に決定した処理枚数に到達したかを判定(307)し、到達した場合には第一の実施例と同様に除電を実施し、帯電速度を算出して帯電状況を判定して次回除電を実施するまでの累積処理枚数を必要に応じて見直す。

[0041] 本実施例の方法であれば、通常の徐々に進行する帯電だけでなく、例えばウエハからの放出ガスの放電等により突発的に静電チャックが帯電した場合であっても搬送エラーを抑制するのに有効である。

[0042] 第二、第三の実施例では、それぞれ時間と残留吸着力を第一の実施例に組み合わせた例を説明したが、すべての基準を組み合わせてもよい。この場合

、より信頼性の高い運用が可能になる。搬送されるウエハの状態や、処理枚数など装置が適用される環境に応じて適宜選択されるべきである。

[0043] また、本実施例では表面電位計で帯電を計測した後は必ず除電を実施していたが、これに限定されるわけではない。図 7 に第四の実施例のシーケンス例を示す。本実施例では、累積処理枚数が規定の処理枚数に達したのち（４０５）、表面電位計で帯電を計測した結果（４０８）、帯電が実質的に帯電していない結果が得られた場合（４１０）、除電することなく次のウエハの計測に移行する。この場合、不要な除電に費やす時間を無くすることができるため、更に生産性の高い走査電子顕微鏡を提供することができる。

[0044] また、電位計測の結果を制御装置に内蔵された所定の記憶媒体に保存するようにし、後に装置の帯電状況を分析できるようにするようによっても良い。

符号の説明

[0045] １…電子源、２…一次電子加速電極、３…高圧電源、４…電子レンズ、５…絞り、６…走査コイル、７…二次電子検出器、８…電子対物レンズ、９…ウエハ、１０…静電チャック、１１…表面電位計、１２…、１３…筐体、１４…電子ビーム、１５…二次電子、１６…X-Yステージ、２６…円状内部電極、２７…直流電源、２８…直流電源、２９…リターディング電源、３０…突起、３１…高密度領域、８１…搬送ロボット、８２…バルブ、８３…ロード室、８４…搬送ロボット、８５…ミニエン、８６…ウエハカセット

請求の範囲

[請求項1] 荷電粒子ビームの照射対象である試料を吸着する静電チャックを備えた荷電粒子線装置において、

前記静電チャックの電位を計測する電位計と、前記静電チャックを除電する除電装置と、荷電粒子ビームが照射される試料の所定の処理数、或いは所定の処理時間の後、前記除電装置による除電を実行するように除電装置を制御する制御装置を備え、当該制御装置は、前記電位計による電位計測結果が所定の条件を外れた場合に、前記処理数、或いは処理時間の増加及び減少の少なくとも一方を実行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、

前記制御装置は、単位処理数、或いは単位処理時間当たりの帯電量を示す値が所定範囲を外れた場合に、前記処理数、或いは処理時間の増加及び減少の少なくとも一方を実行す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、

前記制御装置は、前記単位処理数、或いは単位処理時間当たりの帯電量を算出し、当該帯電量が所定値以上となった場合、或いは所定値を超えた場合に、前記処理数、或いは処理時間を減少させることを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項4] 請求項 2 において、

前記制御装置は、前記単位処理数、或いは単位処理時間当たりの帯電量を算出し、当該帯電量が所定値以下となった場合、或いは所定値に到達していない場合に、前記処理数、或いは処理時間を増加させ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、

前記静電チャックから試料を持ち上げるリフトピンと、当該リフトピンを用いて前記静電チャックから前記試料を持ち上げる際の吸着力

を評価する評価デバイスを備え、当該評価デバイスの評価結果が、所定の条件を外れた場合に、前記処理数、或いは処理時間の増加及び減少の少なくとも一方を実行する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、

前記制御装置は、前記所定の処理数に到達する前に、所定の処理時間が経過した場合、前記除電装置を用いた除電処理を実行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、

前記静電チャックから試料を持ち上げるリフトピンと、当該リフトピンを用いて前記静電チャックから前記試料を持ち上げる際の吸着力を評価する評価デバイスを備え、前記制御装置は、当該評価デバイスの評価結果が所定の条件を外れた場合に、前記処理数、或いは処理時間に到達しない場合であっても、前記除電装置を用いた除電処理を実行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、

前記制御装置は、前記電位計による電位計測結果が所定値以下、或いは所定値未満である場合に、前記除電装置を用いた除電を行うことなく、前記荷電粒子線装置に設けられた試料室に新たな試料を導入することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項9] 請求項1において、

前記前記静電チャックの試料吸着面は、複数の突起が形成された第1の領域と、当該第1の領域より、単位面積当たりの突起の数が多く形成された第2の領域を有し、前記制御装置は、前記電位計を用いて前記第2の領域の電位を計測することを特徴とする荷電粒子線装置。

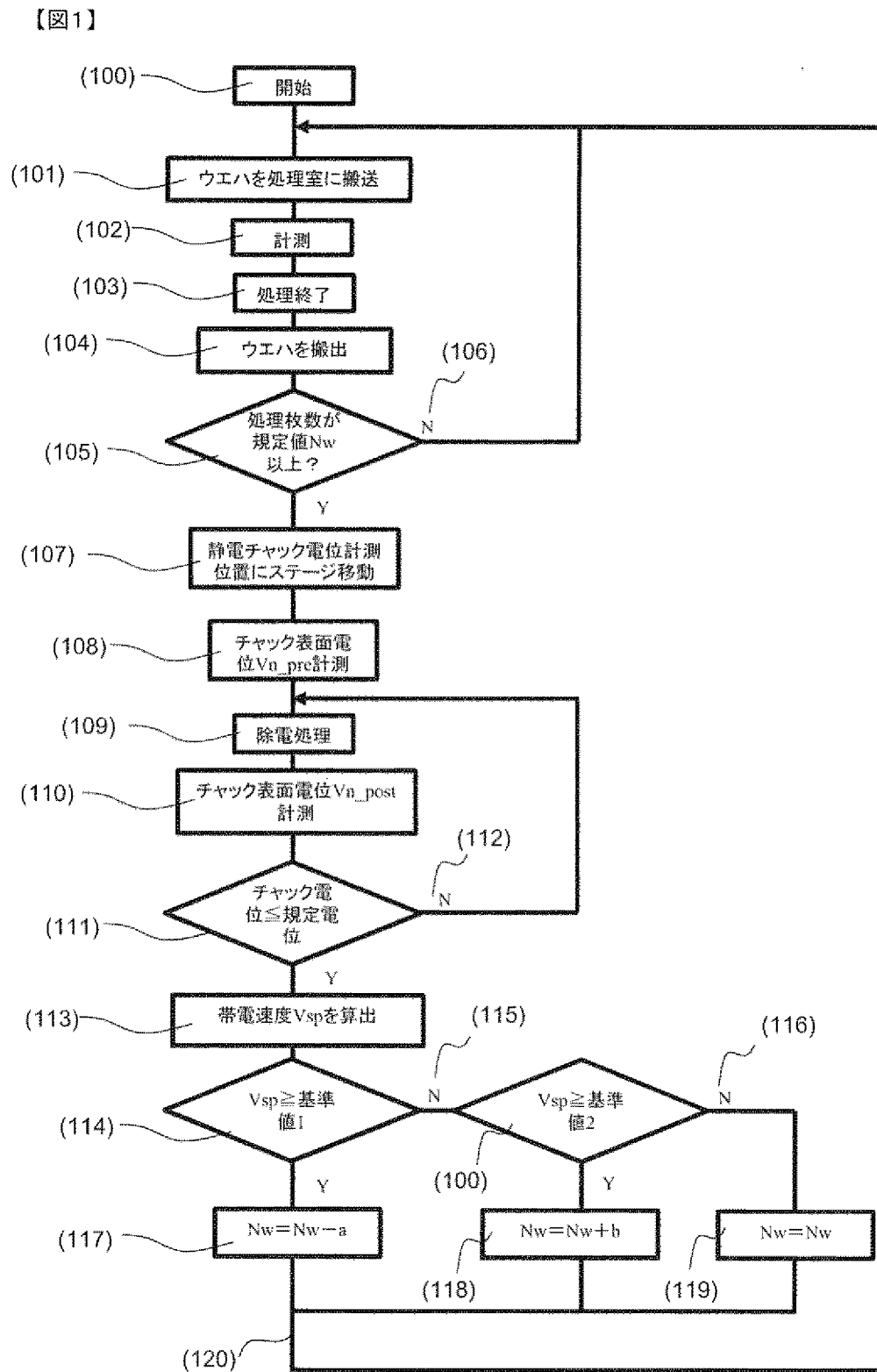
[請求項10] 請求項1において、

前記制御装置は、前記除電装置を用いた除電前後の電位を計測し、その電位を所定の記憶媒体に記憶することを特徴とする荷電粒子線装置。

[請求項11] 荷電粒子ビームの照射対象である試料を吸着する静電チャックを備えた荷電粒子線装置において、

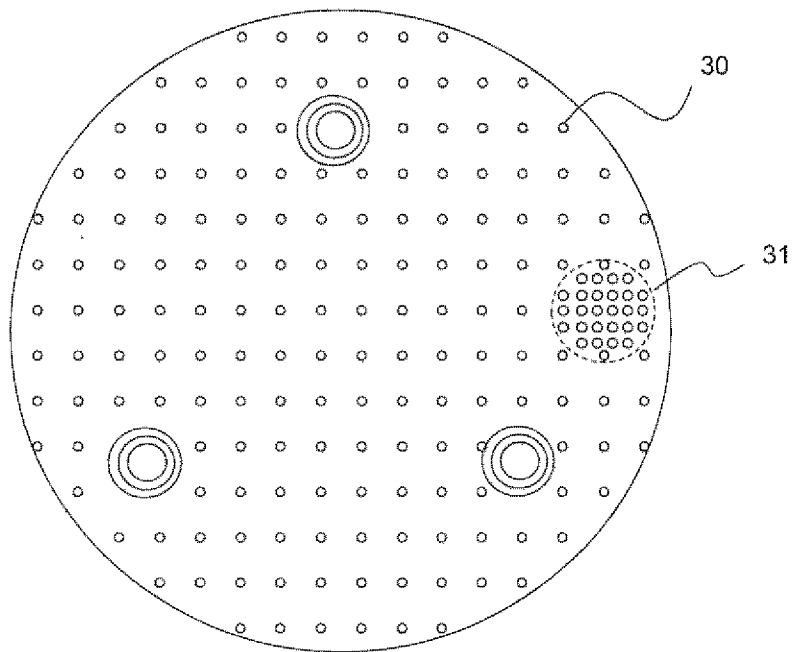
前記静電チャックを移動させるステージと、前記静電チャックの電位を計測する電位計と、前記ステージと前記電位計を制御する制御装置を備え、前記静電チャックの試料吸着面は、複数の突起が形成された第1の領域と、当該第1の領域より、単位面積当たりの突起の数が多く形成された第2の領域を有し、前記制御装置は、前記第2の領域の電位を計測するように、前記ステージと前記電位計を制御することを特徴とする荷電粒子線装置。

[図1]



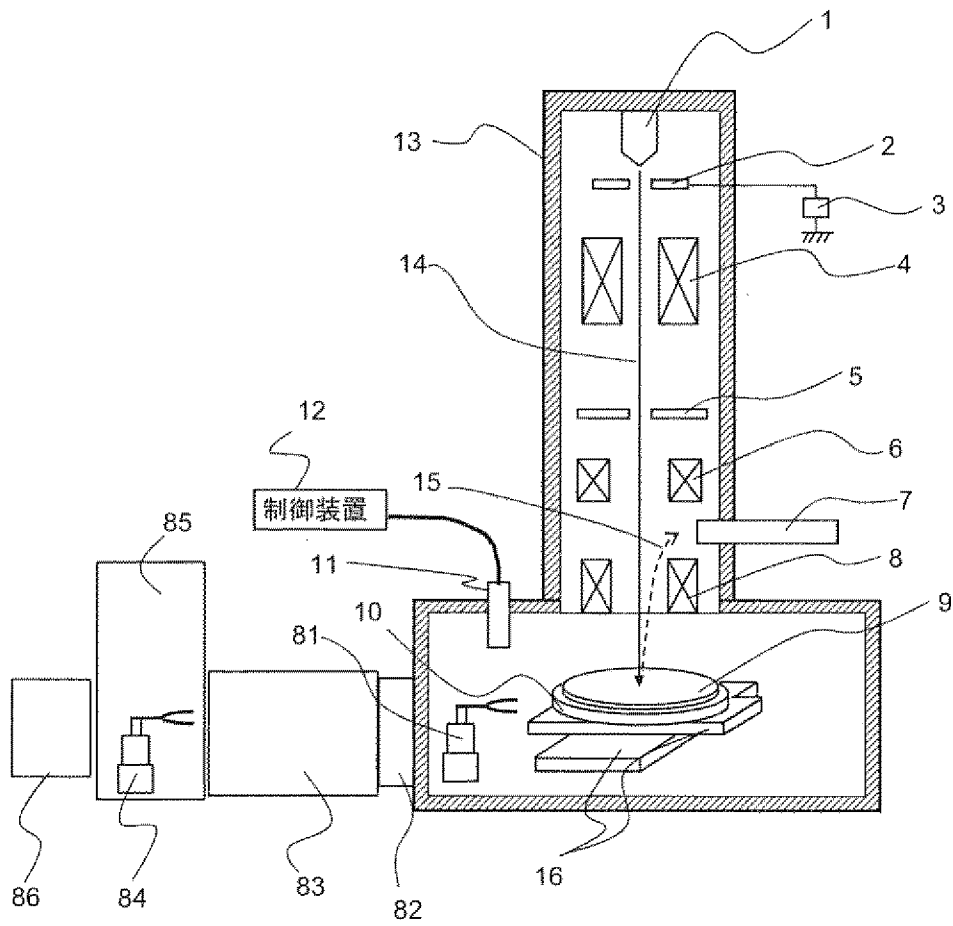
[図2]

【図2】



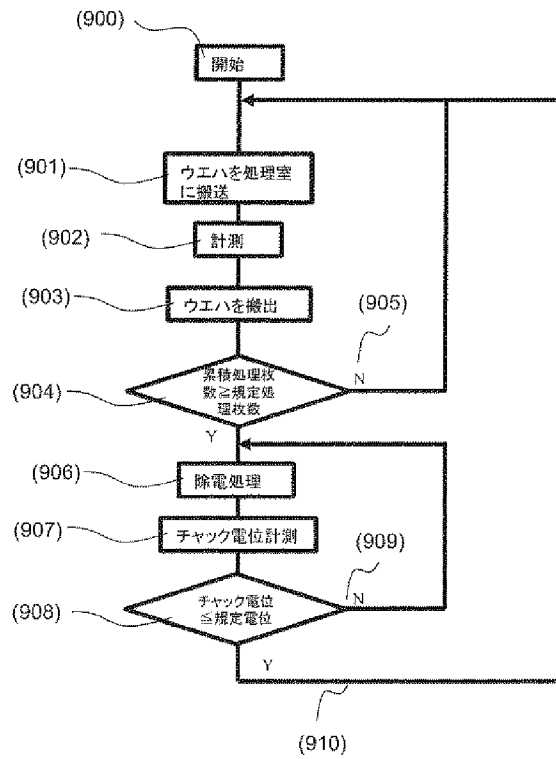
[図3]

【图3】



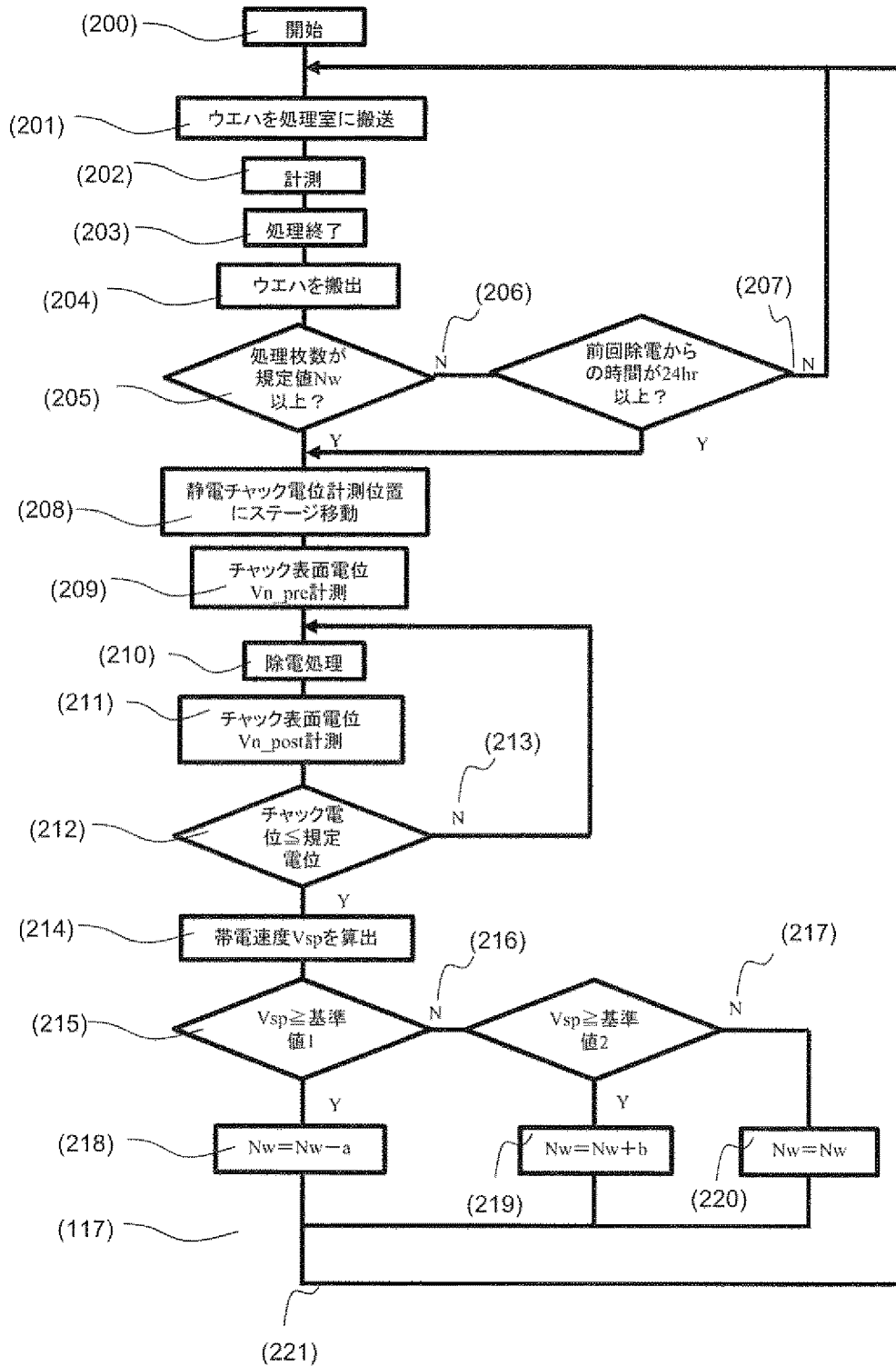
[図4]

[図4]



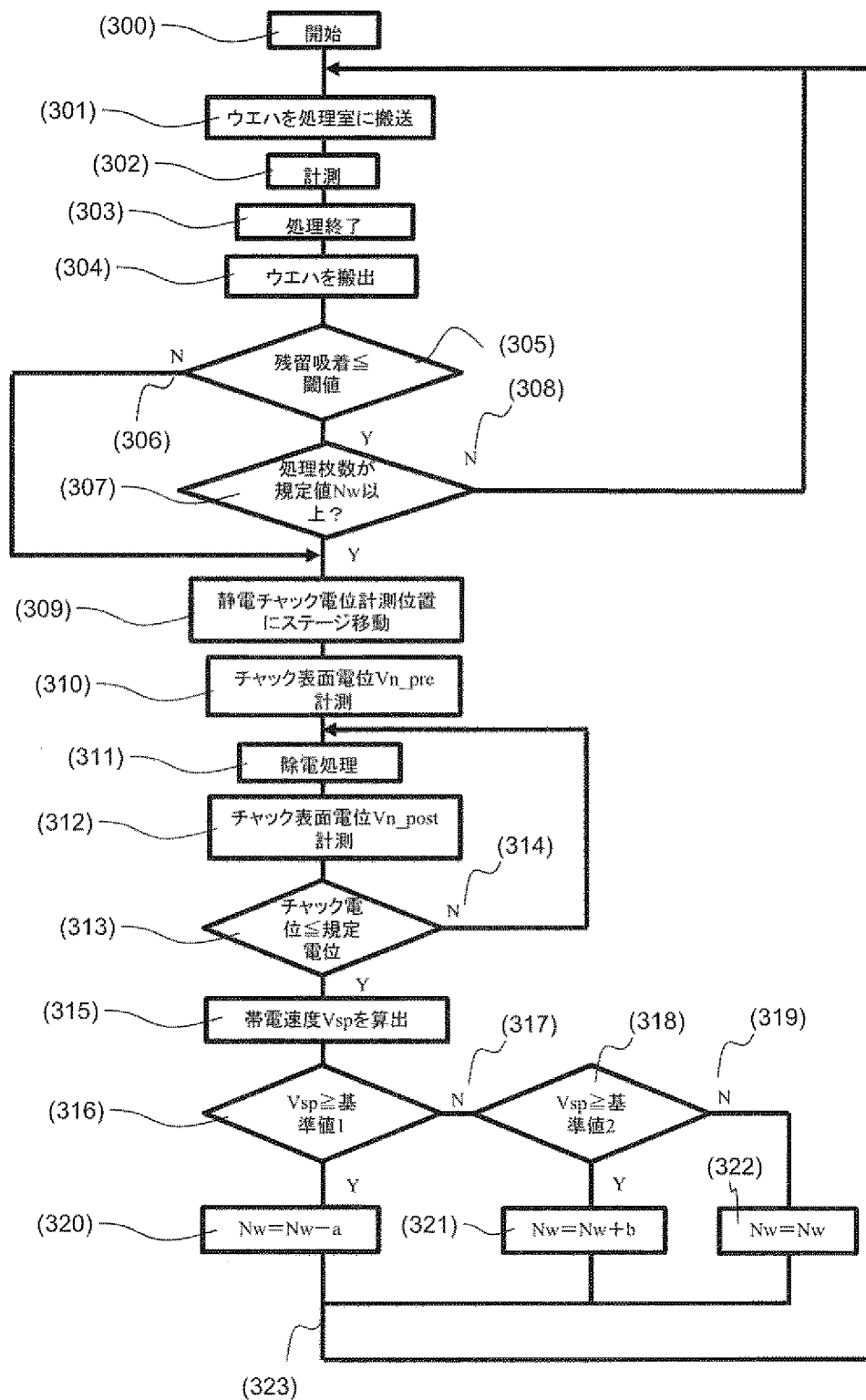
[図5]

【図5】



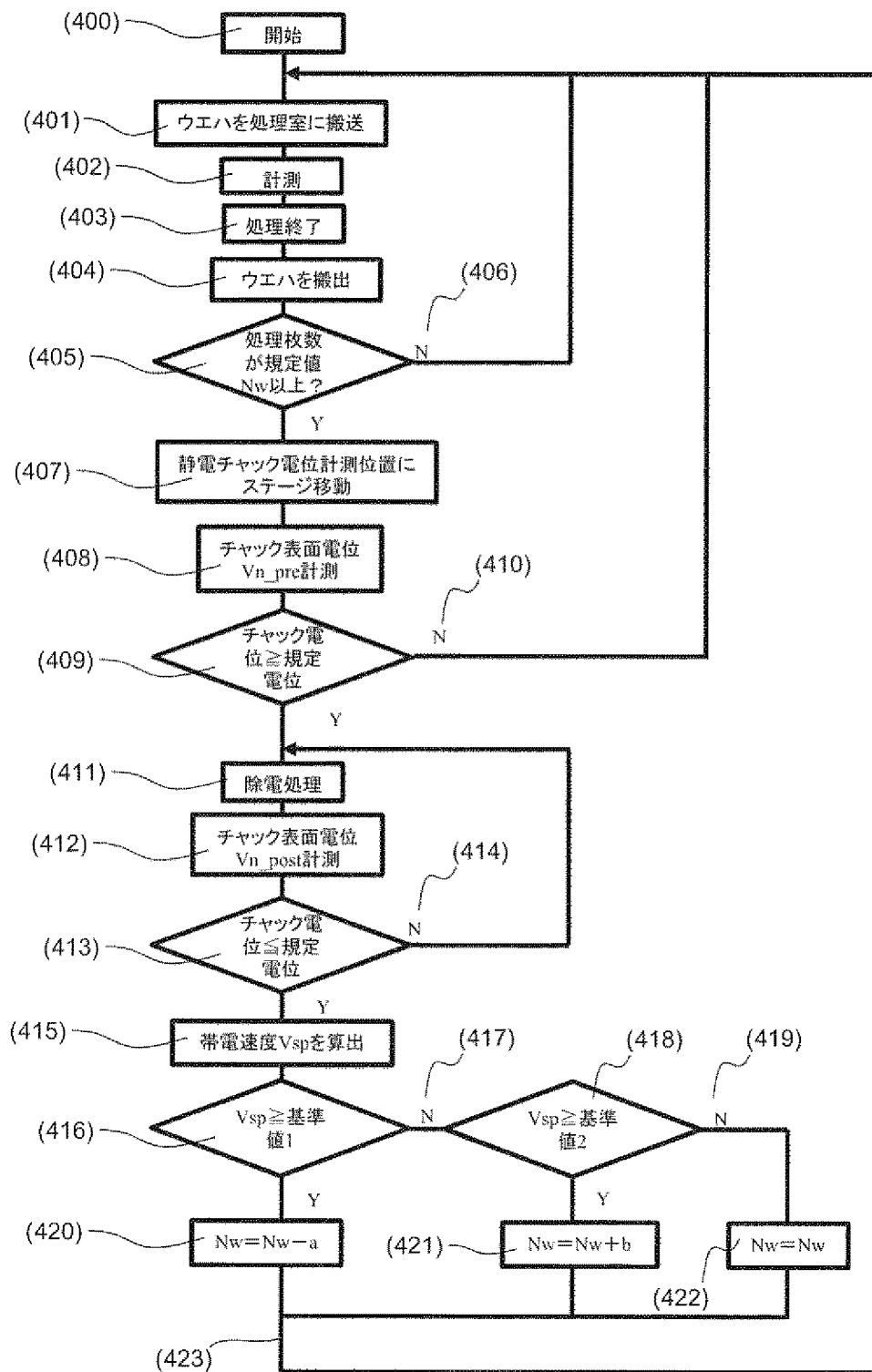
[図6]

【図6】



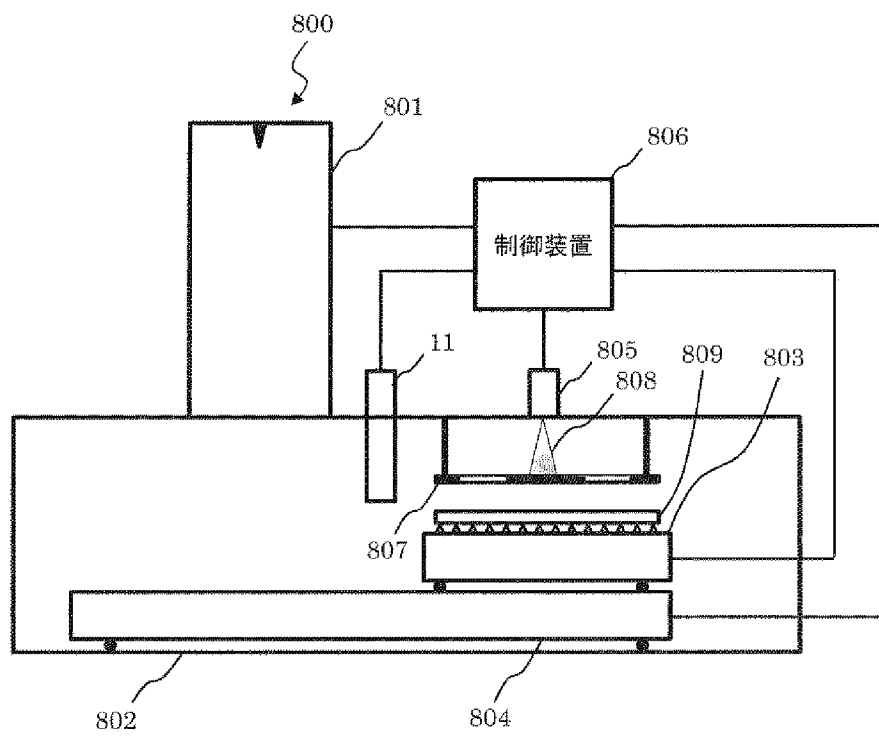
[図7]

【図7】



[図8]

【図8】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/007085

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J37/20(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)

H01J37/20

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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 2014-137905 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 28 July 2014 (28.07.2014), paragraphs [0025] to [0036]; fig. 3 to 5 & WO 2014/112428 A1 paragraphs [0030] to [0041]; fig. 3 to 5	1-10
A	WO 2015/163036 A1 (Hitachi High-Technologies Corp.), 29 October 2015 (29.10.2015), paragraphs [0048] to [0053]; fig. 11A (Family: none)	1-10
A	JP 2007-53405 A (Canon Inc.), 01 March 2007 (01.03.2007), paragraphs [0014] to [0016]; fig. 1, 2 (Family: none)	11



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

"I" 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
06 June 2017 (06.06.17)

Date of mailing of the international search report
20 June 2017 (20.06.17)

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/JP2017/007085

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Claim 1 and claim 11 have a common technical feature, i.e., "a charged particle beam apparatus which is provided with an electrostatic chuck for attracting a sample to be irradiated with a charged particle beam, the charged particle beam apparatus being provided with an electrometer for measuring the potential of the electrostatic chuck."

However, the above-said technical feature cannot be considered to be a special technical feature, since the technical feature does not make a contribution over the prior art in the light of the contents disclosed in paragraphs [0025] to [0036] in the document (JP 2014-137905 A).

(Continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/007085

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet(2)

On the other hand, there is no other same or corresponding special technical feature between these inventions.

Consequently, the invention of claim 1 and the invention of claim 11 have special technical features different from each other, and therefore, there are two inventions in this application.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J37/20(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. H01J37/20

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 2014-137905 A（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2014.07.28, 段落[0025]－[0036]、図3－5 & WO 2014/112428 A1, 段落[0030]－[0041]、図3－5	1-10
A	WO 2015/163036 A1（株式会社日立ハイテクノロジーズ）2015.10.29, 段落[0048]－[0053]、図11A（ファミリーなし）	1-10
A	JP 2007-53405 A（キャノン株式会社）2007.03.01, 段落[0014] －[0016]、図1、図2（ファミリーなし）	11

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

06.06.2017

国際調査報告の発送日

20.06.2017

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）

右▲高▼ 孝幸

2 G

7 8 5 8

電話番号 03-3581-1101 内線 3226

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

請求項1と請求項11は「荷電粒子ビームの照射対象である試料を吸着する静電チャックを備えた荷電粒子線装置において、静電チャックの電位を計測する電位計を備えた荷電粒子線装置」という共通の技術的特徴を有する。しかしながら、当該技術的特徴は、文献(JP2014-137905A)の段落[0025]－[0036]の開示内容に照らすと、先行技術に対する貢献をもたらすものではないから、当該技術的特徴は特別な技術的特徴であるとはいえない。一方で、これらの発明の間には、他に同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

したがって、請求項1に係る発明と請求項11に係る発明は、互いに異なる特別な技術的特徴を有しているから、この出願には2つの発明が存在する。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。