



〒1000013 東京都千代田区霞が関3丁目8番1号 虎ノ門ダイビルイースト 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 測定装置は、測定部と、制御部とを有する。測定部は、基板を吸着可能に構成される基板吸着部に基板を吸着させた吸着状態で、基板を基板吸着部上ですらすらするために必要な力を測定可能に構成される。制御部は、測定部により測定された力に基づいて、基板吸着部の吸着力を算出するように構成される。

## 明 細 書

発明の名称：測定装置、測定方法及び校正方法

### 技術分野

[0001] 本開示は、測定装置、測定方法及び校正方法に関する。

### 背景技術

[0002] 下記の特許文献1には、「板状のシリカガラスに導電性材料からなる電極が埋設され、一主面を吸着面として被吸着物を吸着する静電チャックであって、前記電極と前記吸着面との距離が、前記吸着面の中央部で最大値をとり、前記吸着面の中央部から前記吸着面の外周部にかけて連続して変化し、前記吸着面の外周部で最小値をとる形状であり、さらに、前記吸着面の表面粗さが前記吸着面の中央領域より外周領域のほうが粗いことを特徴とする静電チャック。」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2012-204447号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、再現性良く定量的に吸着力を測定する技術を提供する。

#### 課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様による測定装置は、測定部と、制御部とを有する。測定部は、基板を吸着可能に構成される基板吸着部に基板を吸着させた吸着状態で、基板を基板吸着部上でずらすために必要な力を測定可能に構成される。制御部は、測定部により測定された力に基づいて、基板吸着部の吸着力を算出するように構成される。

### 発明の効果

[0006] 本開示によれば、再現性良く定量的に吸着力を測定できる。

## 図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、第1実施形態に係る測定装置の構成の一例を概略的に示した図である。

[図2]図2は、第1実施形態に係る測定装置の下部付近の構成の一例を概略的に示した図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係る測定処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[図4]図4は、第2実施形態に係る基板処理装置の構成の一例を概略的に示した図である。

[図5]図5は、搬送機構により基板の側面を押しした状態の一例を概略的に示した図である。

[図6]図6は、第2実施形態に係る校正処理の流れの一例を示すフローチャートである。

## 発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照して本願の開示する測定装置、測定方法及び校正方法の実施形態について詳細に説明する。なお、本実施形態により、開示する測定装置、測定方法及び校正方法が限定されるものではない。

[0009] 基板処理装置には、半導体ウェハ等の基板を静電チャックにより吸着して保持する構成のものがある。静電チャックの吸着力を測定する手法として、例えば、静電チャックに吸着させた基板を垂直方向に引っ張り、基板が剥がれる際の力から吸着力を測定する方法がある。また、例えば、静電チャックと吸着した基板の間にガスを供給し、基板が剥がれるガス圧で吸着力を評価する手法がある。

[0010] しかし、いずれの方法も、静電チャックに対して基板を垂直方向に引っ張る過程で基板に反りや滑りが発生し、また、基板の一部分から剥がれる過程を伴う。このため、いずれの方法も、基板の剥がれ方の違いにより、測定される吸着力が変化し、再現性良く定量的に吸着力を測定できない。

[0011] (第1実施形態)

## [装置構成]

第1実施形態について説明する。図1は、第1実施形態に係る測定装置10の構成の一例を概略的に示した図である。測定装置10は、測定対象である静電チャック20の吸着力を測定する装置である。本実施形態では、静電チャック20が本開示の基板吸着部に対応する。後述するように、静電チャック20は、吸着力の経時変化を測定するため実際に運用されている基板処理装置から取り外したものの、あるいは出荷前検査などで基板処理装置に搭載される前のものなどである。

[0012] 静電チャック20は、半導体ウェハ等の基板Wを載置する載置面21が形成されている。静電チャック20は、載置面21に載置された基板Wを吸着可能に構成される。例えば、静電チャック20は、セラミック部材22とセラミック部材22内に配置される静電電極23とを含む。静電チャック20は、静電電極23に電圧が印加されることにより、基板Wを静電吸着する。

[0013] 測定装置10は、静電チャック20により基板Wを吸着させた吸着状態で、静電チャック20上で基板Wをずらすために必要な力を測定可能に構成される。測定装置10は、測定された力に基づいて、静電チャック20の吸着力を算出するように構成される。

[0014] 例えば、測定装置10は、静電チャック20を保持するステージ30を有する。静電チャック20は、接着あるいはボルト等の機械的な固定機構によりステージ30に固定される。

[0015] 測定装置10は、ステージ30に保持された静電チャック20に基板Wを押し付け可能に構成されている。例えば、測定装置10は、基板保持プレート31と、固定プレート32とを含む。基板保持プレート31及び固定プレート32は、ステージ30よりも広く形成されている。基板保持プレート31の下面には、接着あるいはボルト等の機械的な固定機構により基板Wが固定される。

[0016] 基板保持プレート31は、ステージ30の上方に配置されている。固定プレート32は、基板保持プレート31の上方に配置されている。基板保持プ

レート31及び固定プレート32は、複数のポール33により支持されている。例えば、固定プレート32は、複数のポール33に上端に固定されている。基板保持プレート31は、ポール33が貫通する貫通孔が形成されている。基板保持プレート31は、貫通孔を通過するポール33との間に若干隙間が設けられており、ポール33に沿って上下に移動可能に構成されている。ポール33は、基板保持プレート31の下側にリング34が設けられている。リング34は、ポール33に固定されている。基板保持プレート31は、リング34により下側への移動が制限されている。各ポール33の下端は、ステージ30に下方に設けられた基台40に固定されている。

[0017] 固定プレート32の下面側には、圧力センサ35を介してプレート36が設けられている。プレート36の下面には、複数の接触部材37が設けられている。接触部材37の下側には、半円形の突起37aが形成されている。接触部材37全体又は突起37a部分は、弾性部材により形成されている。

[0018] ステージ30は、下面の中央に支持部41が接続されている。支持部41は、円柱状に形成され、基台40に形成された開口40aを通過し、基台40の下方に設けられた昇降機構42に接続されている。昇降機構42は、支持部41を回転可能に支持しており、支持部41を昇降可能に構成されている。昇降機構42により支持部41が昇降することで、ステージ30は昇降する。本実施形態では、ステージ30、基板保持プレート31、固定プレート32、ポール33、プレート36、接触部材37、支持部41及び昇降機構42が本開示の押付機構に対応する。また、圧力センサ35が本開示の圧力測定部に対応する。

[0019] 支持部41は、側面から支持部41の中心軸に対して垂直方向にアーム43が設けられている。アーム43は、支持部41に固定されている。支持部41は、アーム43の移動に伴い、回転する。

[0020] 図2は、第1実施形態に係る測定装置10の下部付近の構成の一例を概略的に示した図である。測定装置10は、ガスシリンダ等のアクチュエータ45が設けられている。アクチュエータ45は、ロッド46の伸縮が可能とさ

れている。アクチュエータ45は、アーム43の端部に対応した位置に設けられている。アクチュエータ45は、ロッド46の先端がアーム43に接続されている。支持部41の回転軸からアーム43とロッド46との接続位置までの距離をLとする。アクチュエータ45のロッド46が伸縮することで、支持部41にはアーム43を介してトルクがかかる。支持部41は、トルクがかかることで、中心軸を回転軸として回転する。本実施形態では、ステージ30、支持部41、アーム43及びアクチュエータ45が本開示の回転機構に対応する。

[0021] ロッド46とアーム43の接続部分には、圧力センサ47が設けられている。圧力センサ47は、ロッド46がアーム43を押す圧力を測定することにより、静電チャック20を回転させるトルクを測定する。本実施形態では、圧力センサ47が本開示の測定部に対応する。

[0022] 図1に戻る。測定装置10は、直流電源48を有する。直流電源48は、配線49を介して静電チャック20の静電電極23と接続されている。直流電源48は、配線49を介して静電電極23に電圧を印加する。静電チャック20は、直流電源48から静電電極23に電圧が印加されることで静電気が発生し、基板Wを吸着する。

[0023] 測定装置10は、制御部50を有する。制御部50には、ユーザインターフェース51と、記憶部52とが接続されている。

[0024] ユーザインターフェース51は、ユーザが測定装置10を操作するためにコマンドの入力操作を行うキーボード等の操作部や、測定装置10の稼働状態や測定結果を可視化して表示するディスプレイ等の表示部から構成されている。

[0025] 記憶部52には、測定装置10で実行される各種処理を実行するための制御プログラム（ソフトウェア）や処理パラメータ等のデータが格納されている。なお、制御プログラムやデータは、コンピュータで読み取り可能なコンピュータ記録媒体（例えば、ハードディスク、DVD等の光ディスク、フレキシブルディスク、半導体メモリ等）に記憶されていてもよい。また、制御

プログラムやデータは、他の装置に記憶され、例えば専用回線を介してオンラインで読み出して利用されてもよい。

[0026] 制御部50は、例えば、プロセッサ、メモリ、及び入出力インターフェイスを有するコンピュータである。制御部50は、入出力インターフェイスを介して測定装置10の各部を制御する。例えば、制御部50は、直流電源48を制御して、直流電源48から静電電極23に印加する電圧を制御する。また、制御部50は、昇降機構42を制御して、ステージ30の昇降を制御する。また、制御部50は、アクチュエータ45を制御して、ステージ30の回転を制御する。

[0027] 制御部50は、ユーザインターフェース51からの指示等に基づいて、記憶部52に記憶された制御プログラムやデータをメモリに読み出し、読み出した制御プログラムの処理をプロセッサで実行する。制御部50は、制御プログラムに基づいて、入出力インターフェイスを介して測定装置10の各部を制御することで、後述する測定処理を含む各種の処理を実行する。

[0028] 次に、測定装置10の動作を説明する。

[0029] 測定装置10では、吸着力の測定対象とされた静電チャック20が、ステージ30に固定される。また、吸着力の測定に用いる基板Wが基板保持プレート31の下面に固定される。基板Wは、静電チャック20が搭載される基板処理装置で実際に処理を行う状態の基板であってもよい。半導体ウェハ等の基板は様々なプロセス工程を経ているので、たわみ等の形状変化が発生している。基板Wを、基板処理装置で実際に処理対象となる状態の基板とすることで、より正確に吸着力を測定することが可能である。

[0030] 測定装置10は、基板Wを静電チャック20に押し付ける。例えば、制御部50は、昇降機構42を制御し、昇降機構42により支持部41及びステージ30を上昇させる。ステージ30が上昇すると、ステージ30に保持された静電チャック20の上面が、基板保持プレート31に保持された基板Wと接触する。そして、ステージ30がさらに上昇すると、静電チャック20と基板Wとが接触した状態で、基板保持プレート31が上昇し、基板保持プ

レート31の上面が固定プレート32の各接触部材37に接触する。そして、さらに昇降機構42から支持部41に上昇させる力を加えると、固定プレート32から各接触部材37を介して基板保持プレート31に下向きの応力が加わる。これにより、基板保持プレート31に保持された基板Wから静電チャック20の載置面21に下向きの圧力がかかり、基板Wが静電チャック20の載置面21に押し付けられる。基板保持プレート31をポール33に沿って上下に移動可能に構成し、複数の接触部材37を介して基板保持プレート31に下向きの応力を加えることで、基板保持プレート31は、基板Wを静電チャック20の載置面21に略均一に押し付けることができる。第1実施形態の構成に関する押し付ける力は、例えば、最大で標準大気圧+0.1MPaとする。

[0031] 測定装置10は、静電チャック20により基板Wを吸着させた吸着状態と、静電チャック20に基板Wを吸着させていない未吸着状態のそれぞれにおいて、静電チャック20を回転させる力を加え、静電チャック20が回転を開始するトルクを測定する。例えば、制御部50は、直流電源48を制御し、静電電極23に印加する電圧をオン・オフして、静電チャック20を吸着状態と未吸着状態に切り替える。吸着状態の際に印加する電圧の電圧値は、ユーザインターフェース51から入力させてもよく、記憶部52に予め記憶してもよい。制御部50は、吸着状態と未吸着状態でそれぞれアクチュエータ45を制御し、アクチュエータ45のロッド46を伸ばしてアーム43を押すことにより支持部41を回転させる力を加え、ステージ30及び静電チャック20を回転させる。制御部50は、圧力センサ47により、吸着状態と未吸着状態で静電チャック20が回転を開始する圧力を測定する。制御部50は、測定された吸着状態と未吸着状態の圧力と、支持部41の回転軸からアーム43とロッド46の接続位置までの距離Lから、吸着状態と未吸着状態で静電チャック20が回転を開始するトルクを算出する。例えば、制御部50は、測定された吸着状態と未吸着状態の圧力に、支持部41の回転軸からアーム43とロッド46の接続位置までの距離Lをそれぞれ乗算して、

吸着状態と未吸着状態で静電チャック 20 が回転を開始するトルクを算出する。

[0032] また、測定装置 10 は、基板 W を静電チャック 20 に押し付けている圧力を測定する。例えば、制御部 50 は、圧力センサ 35 により、圧力を測定する。

[0033] 測定装置 10 は、吸着状態のトルクと、未吸着状態のトルクと、基板 W を静電チャック 20 に押し付ける圧力から静電チャック 20 の吸着力を算出する。

[0034] ここで、吸着状態で静電チャック 20 が回転を開始するトルクを  $T$  とし、未吸着状態で静電チャック 20 が回転を開始するトルクを  $T'$  とし、基板 W を静電チャック 20 に押し付ける圧力を  $P$  とする。また、静電チャック 20 の吸着力を  $N$  とし、静電チャック 20 と基板 W の動摩擦係数を  $\mu$  とする。未吸着状態では、以下の式 (1-1) の関係が成り立ち、吸着状態では、以下の式 (1-2) の関係が成り立つ。

$$T' = \mu \cdot P \quad \dots (1-1)$$

$$T = \mu \cdot (P + N) \quad \dots (1-2)$$

[0035] 式 (1-1)、(1-2) から  $\mu$  を消去して変換すると、以下の式 (2) が求まる。

$$N = P (T' / T - 1) \quad \dots (2)$$

[0036] また、基板 W の直径を  $D$  とすると、動摩擦係数  $\mu$  には、以下の式 (3) の関係がある。

$$\mu = (2 / D \cdot P) \cdot T \quad \dots (3)$$

[0037] 制御部 50 は、吸着状態のトルク  $T$  と、未吸着状態のトルク  $T'$  と、基板 W を静電チャック 20 に押し付ける圧力  $P$  から、式 (2) により静電チャック 20 の吸着力  $N$  を算出する。また、制御部 50 は、基板 W の直径  $D$  と、吸着状態のトルク  $T$  と、基板 W を静電チャック 20 に押し付ける圧力  $P$  から、式 (3) により動摩擦係数  $\mu$  を算出する。基板 W の直径  $D$  は、ユーザインターフェース 51 から入力させてもよく、記憶部 52 に予め記憶してもよい。

[0038] 制御部50は、算出した静電チャック20の吸着力N及び動摩擦係数 $\mu$ を出力する。例えば、制御部50は、静電チャック20の吸着力N及び動摩擦係数 $\mu$ をユーザインターフェース51の表示部に表示する。

[0039] このように、測定装置10は、基板Wと接触した静電チャック20に回転する力を加え、静電チャック20上で基板Wをずらすために必要な力（トルク）を測定し、測定された力に基づいて、静電チャック20の吸着力Nを算出する。測定装置10は、吸着力の測定において静電チャック20に対して基板Wを垂直方向に引っ張らず、ずらすために必要な力を測定することで、再現性良くずらすために必要な力を測定でき、再現性良く定量的に静電チャック20の吸着力を測定できる。

[0040] このように再現性良く定量的に静電チャック20の吸着力を測定できることで、静電電極23に印加する印加電圧による吸着力の変化を測定できる。これにより、基板Wの吸着に適した印加電圧を求めることができる。また、基板処理装置から静電チャック20を定期的に取り出して測定装置10により静電チャック20の吸着力を測定し、吸着力の経時的な変化を求めことで、静電チャック20の交換タイミングを把握できる。同様の基板処理を実施する基板処理装置が複数ある場合、何れかの基板処理装置で静電チャック20の吸着力の経時的な変化を求めことで、他の基板処理装置の静電チャック20の交換タイミングも把握できる。また、静電チャック20は、静電電極23に印加する電圧をオフした場合でも、オフしたタイミングから経時的に吸着力が低下する。そこで、静電電極23に印加する電圧をオフしたタイミングから経時的な静電チャック20の吸着力の変化を測定することにより、静電チャック20から基板Wを持ち上げる適切なタイミングを求めることができる。

[0041] [測定処理の流れ]

次に、本開示の測定方法を含む測定処理の流れを説明する。図3は、第1実施形態に係る測定処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0042] 測定装置10は、基板Wを静電チャック20に押し付ける（ステップS1

0)。例えば、制御部50は、昇降機構42を制御し、昇降機構42により支持部41及びステージ30を上昇させて、基板保持プレート31に保持された基板Wにより静電チャック20を載置面21に押し付ける。

[0043] 測定装置10は、基板Wを静電チャック20に押し付ける圧力Pを測定する(ステップS11)。例えば、制御部50は、圧力センサ35により、圧力Pを測定する。

[0044] 測定装置10は、未吸着状態で静電チャック20が回転を開始するトルク $T'$ を測定する(ステップS12)。例えば、制御部50は、直流電源48を制御し、静電電極23に印加する電圧をオフして、静電チャック20を未吸着状態に切り替える。制御部50は、アクチュエータ45のロッド46を伸ばし、ロッド46でアーム43を押すことにより支持部41を回転させる力を加えてステージ30及び静電チャック20を回転させる。制御部50は、圧力センサ47により、ステージ30及び静電チャック20が回転を開始する圧力を測定する。制御部50は、測定された圧力に距離Lをそれぞれ乗算して、未吸着状態で静電チャック20が回転を開始するトルク $T'$ を算出する。

[0045] 測定装置10は、吸着状態で静電チャック20が回転を開始するトルクTを測定する(ステップS13)。例えば、制御部50は、直流電源48を制御し、静電電極23に電圧を印加して、静電チャック20を吸着状態に切り替える。制御部50は、アクチュエータ45のロッド46を伸ばし、ロッド46でアーム43を押すことにより支持部41を回転させる力を加えてステージ30及び静電チャック20を回転させる。制御部50は、圧力センサ47により、ステージ30及び静電チャック20が回転を開始する圧力を測定する。制御部50は、測定された圧力に距離Lをそれぞれ乗算して、吸着状態で静電チャック20が回転を開始するトルクTを算出する。

[0046] なお、ステップS11は、ステップS12又はステップS13と並列に実行してもよい。また、ステップS12とステップS13は、処理順序が逆であってもよい。

[0047] 測定装置10は、静電チャック20の吸着力Nを算出する（ステップS14）。例えば、制御部50は、吸着状態のトルクTと、未吸着状態のトルクT'と、基板Wを静電チャック20に押し付ける圧力Pから、上述した式（2）により静電チャック20の吸着力Nを算出する。

[0048] 測定装置10は、静電チャック20の動摩擦係数 $\mu$ を算出する（ステップS15）。例えば、制御部50は、基板Wの直径をDと、吸着状態のトルクTと、基板Wを静電チャック20に押し付ける圧力Pから、上述した式（3）により動摩擦係数 $\mu$ を算出する。

[0049] 測定装置10は、静電チャック20の吸着力N及び動摩擦係数 $\mu$ を出力し（ステップS16）、処理を終了する。例えば、制御部50は、静電チャック20の吸着力N及び動摩擦係数 $\mu$ をユーザインターフェース51の表示部に表示する。

[0050] これにより、ユーザは、静電チャック20の吸着力N及び動摩擦係数 $\mu$ を把握できる。

[0051] （第2実施形態）

[装置構成]

次に、第2実施形態について説明する。第2実施形態では、本開示の測定装置の構成を基板処理装置に適用した場合を説明する。図4は、第2実施形態に係る基板処理装置60の構成の一例を概略的に示した図である。基板処理装置60は、基板Wに対して、エッチングや成膜、アッシング等の各種の基板処理を実施する装置である。基板処理装置60は、気密に構成されたチャンバを有し、減圧したチャンバ内で基板Wに対して基板処理を実施する真空処理装置であってもよい。また、基板処理装置60は、大気圧環境で基板Wに対して、成膜などの基板処理を実施するスピンコート等の塗布装置であってもよい。基板処理装置60は、図1に示した測定装置10と一部同様の構成であるため、同一部分に同一の符号を付して説明を省略し、異なる部分について主に説明する。

[0052] 基板処理装置60は、ステージ30と、直流電源48とを有する。ステー

ジ30には、静電チャック20が設けられている。

- [0053] 直流電源48は、配線49を介して静電チャック20の静電電極23と接続されている。直流電源48は、配線49を介して静電電極23に電圧を印加する。静電チャック20は、直流電源48から静電電極23に電圧が印加されることで、基板Wを吸着する。
- [0054] 静電チャック20の載置面21には、搬送アーム等の搬送機構61により基板Wが搬送されて載置される。搬送機構61は、先端側にピック62が設けられ、ピック62により基板Wを保持して搬送する。また、搬送機構61は、ピック62の先端で静電チャック20に載置された基板Wを押すことが可能に構成されている。搬送機構61は、基板Wを押した際の圧力を測定可能な圧力センサ63がピック62に設けられている。
- [0055] 基板処理装置60は、制御部70を有する。制御部70には、ユーザインターフェース71と、記憶部72とが接続されている。
- [0056] ユーザインターフェース71は、ユーザが基板処理装置60を操作するためにコマンドの入力操作を行うキーボード等の操作部や、基板処理装置60の稼働状態や測定結果を可視化して表示するディスプレイ等の表示部から構成されている。
- [0057] 記憶部72には、基板処理装置60で実行される各種処理を実行するための制御プログラム（ソフトウェア）や処理パラメータ等のデータが格納されている。例えば、記憶部72には、吸着状態の際に印加する電圧値を示す印加電圧データが記憶されている。印加電圧データの電圧値は、基板Wを安定して保持可能な所定の吸着力が得られるように設定されている。なお、制御プログラムやデータは、コンピュータで読み取り可能なコンピュータ記録媒体に記憶されていてもよい。また、制御プログラムやデータは、他の装置に記憶され、例えば専用回線を介してオンラインで読み出して利用されてもよい。
- [0058] 制御部70は、例えば、プロセッサ、メモリ、及び入出力インターフェースを有するコンピュータである。制御部70は、入出力インターフェースを

介して基板処理装置60の各部を制御する。例えば、制御部70は、直流電源48を制御して、直流電源48から静電電極23に印加する電圧を制御する。

[0059] 制御部70は、ユーザインターフェース71からの指示等に基づいて、記憶部72に記憶された制御プログラムやデータをメモリに読み出し、読み出した制御プログラムの処理をプロセッサで実行する。制御部70は、制御プログラムに基づいて、入出力インターフェースを介して基板処理装置60の各部を制御することで、後述する校正処理を含む各種の処理を実行する。

[0060] 次に、基板処理装置60の動作を説明する。

[0061] 基板処理装置60では、搬送機構61により基板Wが搬送され、載置面21に基板Wが載置される。基板処理装置60は、載置面21に載置された基板Wを静電チャック20により吸着する。例えば、制御部50は、記憶部72から印加電圧データを読み出し、直流電源48を制御し、印加電圧データの電圧値の電圧を静電電極23に印加して、基板Wを静電チャック20により吸着する。

[0062] ここで、静電チャック20は、静電電極23に同じ電圧値の電圧を印加した場合でも、吸着力が変化する場合がある。

[0063] そこで、基板処理装置60は、静電電極23の吸着力を測定する。例えば、制御部50は、直流電源48を制御し、印加電圧データの電圧値の電圧を静電電極23に印加して、基板Wを静電チャック20により吸着する。測定装置10は、静電チャック20に吸着された基板Wをずらすために必要な力を測定する。例えば、搬送機構61のピック62を基板Wの側面を押し付ける。なお、基板Wの周囲にエッジリングが設けられる場合には、エッジリングが取り外された状態で行う。

[0064] 図5は、搬送機構61により基板Wの側面を押し付けた状態の一例を概略的に示した図である。制御部70は、圧力センサ63により、吸着状態で基板Wが移動を開始する圧力を測定する。基板Wが移動を開始する圧力は、基板Wが移動を開始するために必要な力に相当する。

[0065] ここで、吸着状態で基板Wが移動を開始するために必要な力をFとし、静電チャック20の吸着力をNとし、静電チャック20と基板Wの動摩擦係数を $\mu$ とする。この場合、以下の式(4)の関係が成り立つ。

$$F = \mu \cdot N \quad \dots (4)$$

[0066] この式(4)は、以下の式(5)に変換できる。

$$N = F / \mu \quad \dots (5)$$

[0067] 基板処理装置60は、静電チャック20の吸着力Nを算出する。例えば、制御部70は、吸着状態で基板Wが移動を開始するために必要な力Fと、静電チャック20の動摩擦係数 $\mu$ から、式(5)により静電チャック20の吸着力Nを算出する。静電チャック20の動摩擦係数 $\mu$ は、ユーザインターフェース51から入力させてもよく、記憶部52に予め記憶してもよい。静電チャック20の動摩擦係数 $\mu$ は、上述した第1実施形態の測定装置10により求めることができる。動摩擦係数 $\mu$ は、経時的に変化させてもよい。例えば、基板処理を実施した処理回数や、基板処理を実施した基板Wの処理枚数ごとに、静電チャック20の動摩擦係数 $\mu$ を定めた動摩擦係数データを記憶部72に記憶させる。制御部70は、新しい静電チャック20に交換してからの基板処理の処理回数又は処理枚数をカウントする。制御部70は、吸着力Nを算出する際、その時点での処理回数又は処理枚数に応じた動摩擦係数 $\mu$ を動摩擦係数データから求め、求めた動摩擦係数 $\mu$ を用いて、静電チャック20の吸着力Nを算出してもよい。

[0068] 基板処理装置60は、基板Wを安定して保持可能な所定の吸着力が得られるように印加電圧データを補正することで、静電チャック20の吸着力Nを校正する。例えば、制御部70は、算出された吸着力Nが所定の吸着力よりも低い場合、吸着力が増加するように印加電圧データを補正する。例えば、制御部70は、印加電圧データの電圧値が大きくなるように補正する。なお、事前に所定の吸着力との吸着力の差ごとに、電圧値の補正值を定めた補正データを記憶部72に記憶させてもよい。制御部70は、所定の吸着力と算出された吸着力Nとの差に応じた補正值を補正データから求め、求めた補正

値分、印加電圧データの電圧値を補正してもよい。

[0069] [校正処理の流れ]

次に、本開示の校正方法を含む校正処理の流れを説明する。図6は、第2実施形態に係る校正処理の流れの一例を示すフローチャートである。

[0070] 搬送機構61により基板Wが搬送され、載置面21に載置される。

[0071] 基板処理装置60は、載置面21に載置された基板Wを静電チャック20により吸着する(ステップS20)。例えば、制御部50は、直流電源48を制御し、印加電圧データの電圧値の電圧を静電電極23に印加して、基板Wを静電チャック20により吸着する。

[0072] 測定装置10は、静電チャック20に吸着された基板Wをずらすために必要な力を測定する(ステップS21)。例えば、搬送機構61のピック62により基板Wの側面を押し付ける。制御部70は、圧力センサ63により、吸着状態で基板Wが移動を開始するために必要な力Fを測定する。

[0073] 測定装置10は、静電チャック20の吸着力Nを算出する(ステップS22)。例えば、制御部70は、吸着状態で基板Wが移動を開始するために必要な力Fと、静電チャック20の動摩擦係数 $\mu$ から、式(5)により静電チャック20の吸着力Nを算出する。

[0074] 基板処理装置60は、基板Wを安定して保持可能な所定の吸着力が得られるように印加電圧データを補正して、静電チャック20の吸着力Nを校正し(ステップS23)、処理を終了する。例えば、制御部70は、算出された吸着力Nが所定の吸着力よりも低い場合、吸着力が増加するように印加電圧データを補正する。

[0075] なお、本開示の吸着力の測定手法は、大気圧環境、減圧環境のいずれでも吸着力を測定できる。測定装置10及び基板処理装置60は、減圧したチャンバ内など減圧環境において吸着力を測定する構成としてもよい。

[0076] また、上記の実施形態では、基板吸着部を静電チャック20とし、基板Wを静電吸着する吸着力を測定する場合を例に説明した。しかし、開示の技術はこれに限定されるものではない。基板吸着部は、基板を吸着可能であれば

どのような構成であってもよい。また、基板Wを吸着する方式は、吸引による吸着など他の方式であってもよい。

[0077] また、上記の第1実施形態では、静電チャック20が固定されたステージ30を上昇させて、基板保持プレート31の下面に固定された基板Wに静電チャック20を押し付ける構成とした場合を例に説明した。しかし、開示の技術はこれに限定されるものではない。例えば、基板保持プレート31を下降させて基板Wを静電チャック20に押し付ける構成としてもよい。

[0078] また、上記の第1実施形態では、静電チャック20が固定されたステージ30を回転させて、基板Wを静電チャック20上でずらすために必要な力を測定する構成とした場合を例に説明した。しかし、開示の技術はこれに限定されるものではない。例えば、基板Wが固定された基板保持プレート31を回転させて、基板Wを静電チャック20上でずらすために必要な力を測定する構成としてもよい。

[0079] 今回開示された実施形態は全ての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。実に、上記した実施形態は多様な形態で具現され得る。また、上記の実施形態は、添付の特許請求の範囲及びその趣旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。

## 符号の説明

- [0080]
- 10 測定装置
  - 20 静電チャック
  - 21 載置面
  - 22 セラミック部材
  - 23 静電電極
  - 30 ステージ
  - 31 基板保持プレート
  - 32 固定プレート
  - 33 ポール
  - 34 リング

- 3 5 圧力センサ
- 3 6 プレート
- 3 7 接触部材
- 3 7 a 突起
- 4 0 基台
- 4 0 a 開口
- 4 1 支持部
- 4 2 昇降機構
- 4 3 アーム
- 4 5 アクチュエータ
- 4 6 ロッド
- 4 7 圧力センサ
- 4 8 直流電源
- 4 9 配線
- 5 0 制御部
- 5 1 ユーザーインターフェース
- 5 2 記憶部
- 6 0 基板処理装置
- 6 1 搬送機構
- 6 2 ピック
- 6 3 圧力センサ
- 7 0 制御部
- 7 1 ユーザーインターフェース
- 7 2 記憶部
- W 基板

## 請求の範囲

[請求項1] 基板を吸着可能に構成される基板吸着部に前記基板を吸着させた吸着状態で、前記基板を前記基板吸着部上ですらすらすために必要な力を測定可能に構成される測定部と、

前記測定部により測定された力に基づいて、前記基板吸着部の吸着力を算出するように構成される制御部と、

を有する測定装置。

[請求項2] 前記基板を前記基板吸着部に押し付け可能に構成される押付機構と、

、

前記押付機構により前記基板を前記基板吸着部に押し付ける圧力を測定可能に構成される圧力測定部と、

前記基板吸着部を回転可能に構成される回転機構と、

をさらに有し、

前記測定部は、前記基板吸着部を回転させるトルクを測定するように構成され、

前記制御部は、前記押付機構により前記基板を前記基板吸着部に押し付けて、前記吸着状態と、前記基板吸着部に前記基板を吸着させていない未吸着状態のそれぞれにおいて前記回転機構により前記基板吸着部を回転させる力を加え、前記基板吸着部が回転を開始するトルクを前記測定部により測定する共に、前記基板を前記基板吸着部に押し付ける圧力を前記圧力測定部により測定し、前記吸着状態のトルクと前記未吸着状態のトルクと前記圧力から前記基板吸着部の吸着力を算出するように構成される

請求項1に記載の測定装置。

[請求項3] 前記制御部は、前記吸着状態のトルクを $T$ とし、前記未吸着状態のトルクを $T'$ とし、前記圧力を $P$ とした場合、以下の式(1)により前記基板吸着部の吸着力 $N$ を算出する

請求項2に記載の測定装置。

$$N = P (T' / T - 1) \quad \dots (1)$$

[請求項4] 前記制御部は、前記基板の直径と前記吸着状態のトルクと前記圧力から前記基板吸着部の動摩擦係数を算出するように構成される請求項2に記載の測定装置。

[請求項5] 前記制御部は、前記基板の直径をDとし、前記吸着状態のトルクをTとし、前記圧力をPとした場合、以下の式(2)により前記基板吸着部の動摩擦係数 $\mu$ を算出する請求項4に記載の測定装置。

$$\mu = (2 / D \cdot P) \cdot T \quad \dots (2)$$

[請求項6] 前記制御部は、前記吸着状態で前記基板が側面から押されて移動を開始するために必要な力を前記測定部により測定し、前記吸着状態で基板が移動を開始するために必要な力と、前記基板吸着部の動摩擦係数から、前記基板吸着部の吸着力を算出する請求項1に記載の測定装置。

[請求項7] 前記制御部は、前記移動を開始するために必要な力をFとし、前記基板吸着部の動摩擦係数を $\mu$ とした場合、以下の式(3)により前記基板吸着部の吸着力Nを算出する請求項6に記載の測定装置。

$$N = F / \mu \quad \dots (3)$$

[請求項8] 基板を吸着可能に構成される基板吸着部に前記基板を吸着させた吸着状態で、前記基板を前記基板吸着部上ですらすらするために必要な力を測定する工程と、

測定された力に基づいて、前記基板吸着部の吸着力を算出する工程と、

を含む測定方法。

[請求項9] 基板を吸着可能に構成される基板吸着部に前記基板を吸着させた吸着状態で、前記基板を前記基板吸着部上ですらすらするために必要な力を測定する工程と、

測定された力に基づいて、前記基板吸着部の吸着力を算出する工程と、

算出された吸着力に基づいて、前記基板吸着部の吸着力を校正する工程と、

を含む校正方法。

[請求項10]

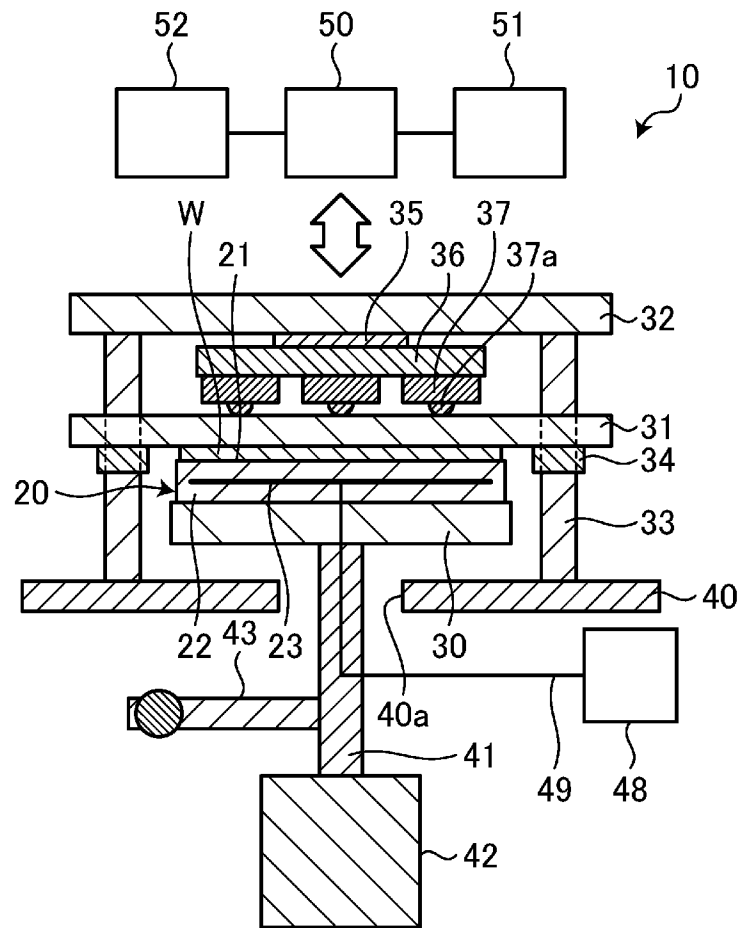
前記基板吸着部には、電極が内蔵されており、

前記基板吸着部による前記基板を吸着する力は、前記電極に印加される電圧に応じて変化し、

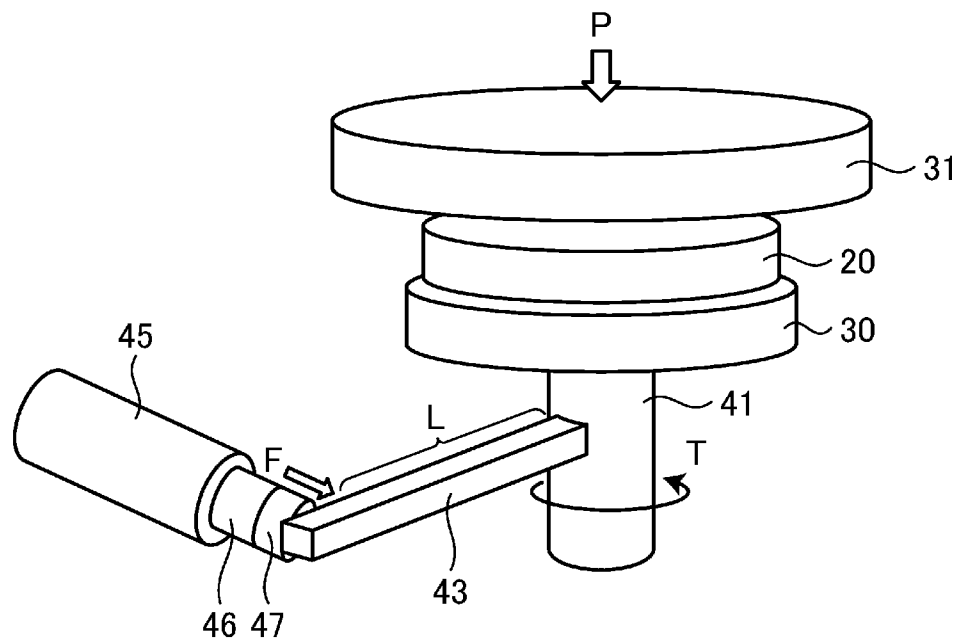
前記校正する工程は、算出された吸着力に基づいて、所定の吸着力が得られるように前記電極に印加する電圧の電圧値を補正する、

請求項9に記載の校正方法。

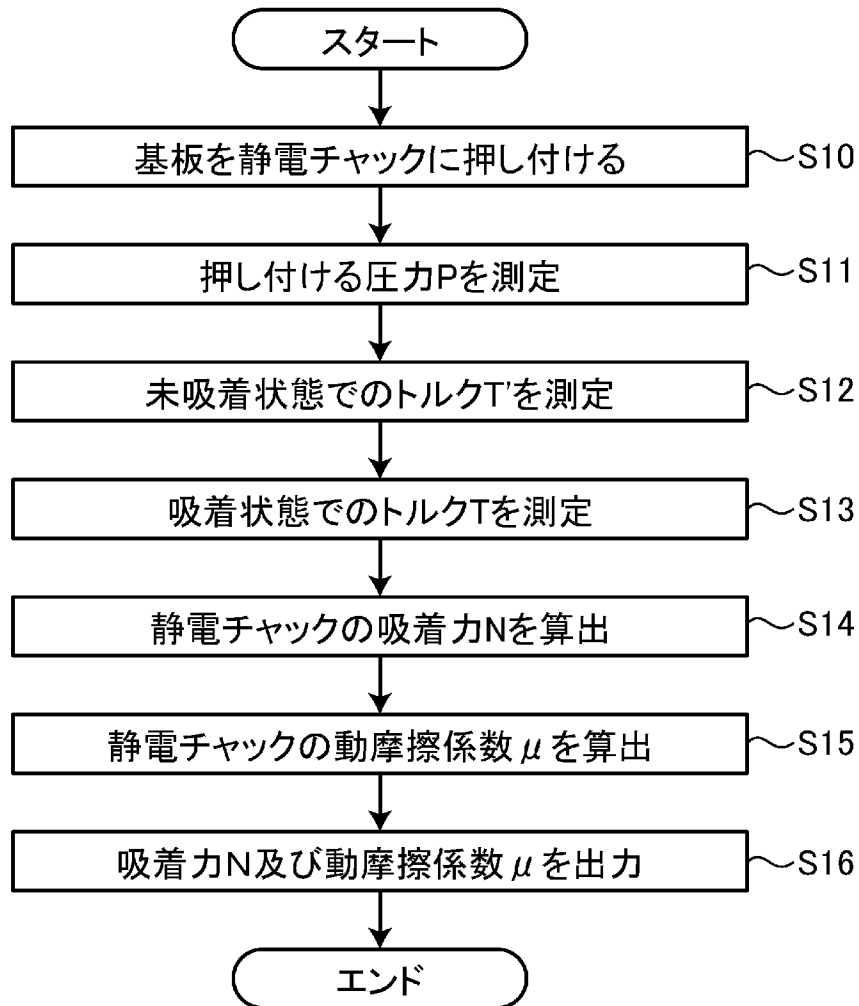
[図1]



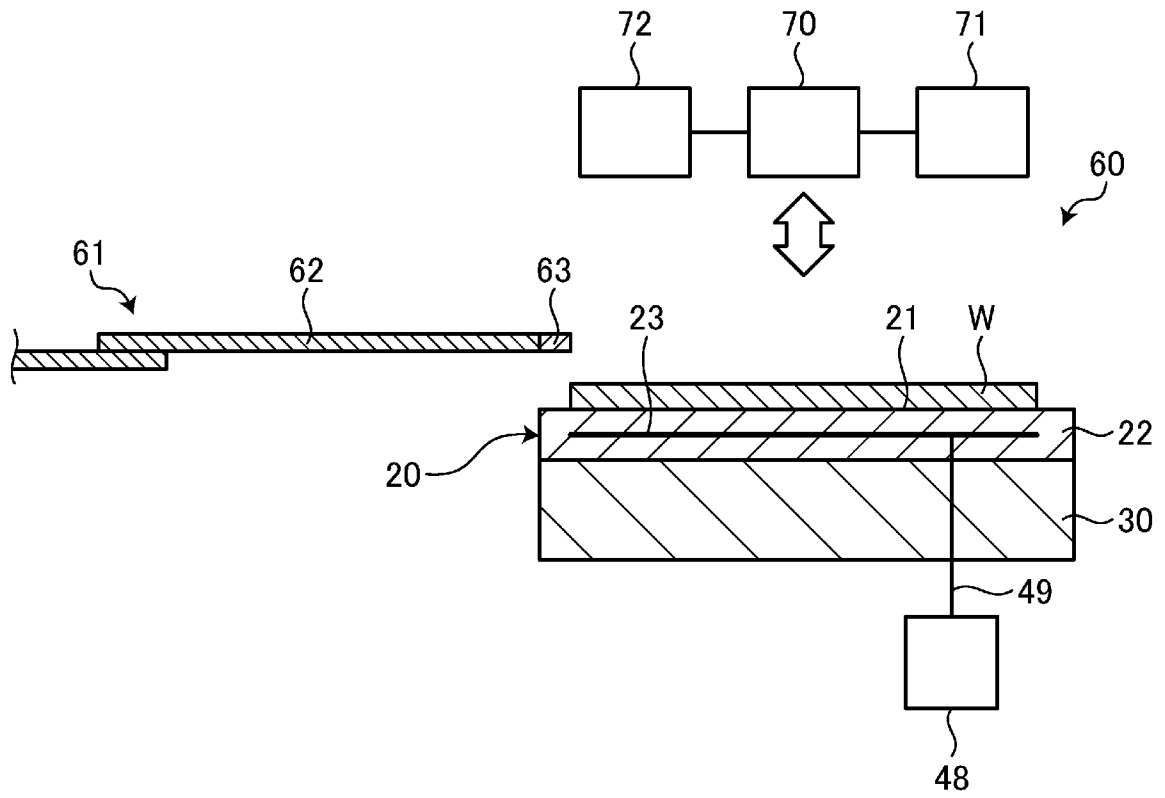
[図2]



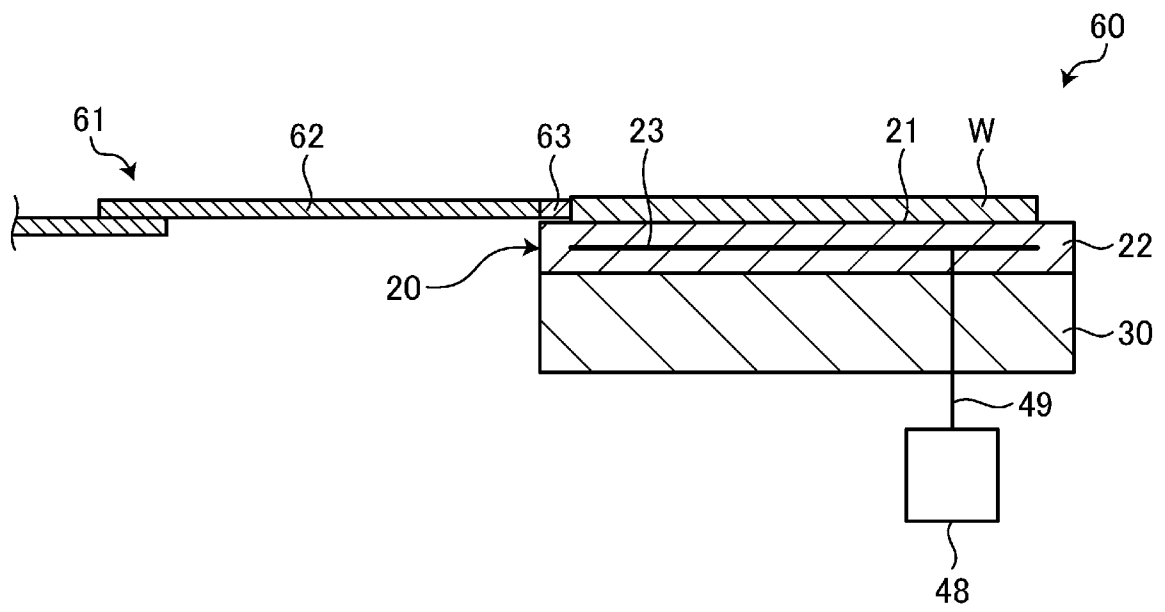
[図3]



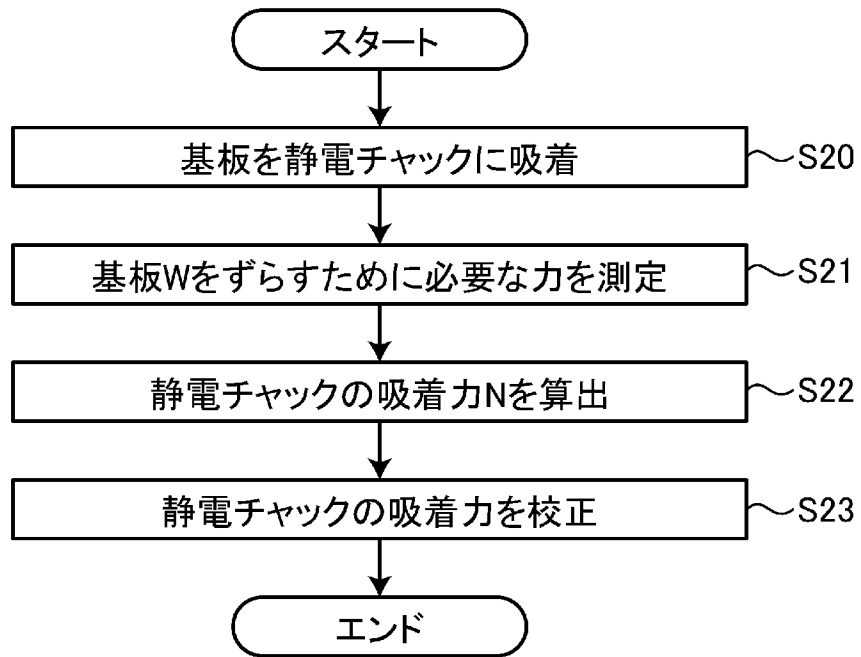
[図4]



[図5]



[図6]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/016631

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01L 5/00</i> (2006.01)i; <i>B23Q 3/15</i> (2006.01)i FI: G01L5/00 Z; B23Q3/15 D  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01L5/00; B23Q3/15		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 103698068 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 02 April 2014 (2014-04-02) paragraphs [0001]-[0082], fig. 1-5	1, 8
Y		6-7, 9-10
Y	JP 59-057446 A (KOKUSAI DENKI KK) 03 April 1984 (1984-04-03) p. 3, fig. 4	6-7
Y	JP 2003-110012 A (NISSIN ELECTRIC CO., LTD.) 11 April 2003 (2003-04-11) paragraphs [0003]-[0004], [0029]-[0030], [0064]-[0067]	9-10
Y	JP 6-170670 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 21 June 1994 (1994-06-21) paragraphs [0002], [0007], [0011], fig. 1	9-10
A	JP 2019-536290 A (APPLIED MATERIALS, INC.) 12 December 2019 (2019-12-12) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2-249935 A (TOTO LTD.) 05 October 1990 (1990-10-05) entire text, all drawings	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 <b>05 June 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>18 June 2024</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2024/016631**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-119637 A (SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) 28 April 1994 (1994-04-28) entire text, all drawings	1-10
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 093945/1981 (Laid-open No. 205040/1982) (FUJITSU LTD.) 27 December 1982 (1982-12-27), entire text, all drawings	1-10

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/JP2024/016631</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 103698068 A	02 April 2014	(Family: none)	
JP 59-057446 A	03 April 1984	(Family: none)	
JP 2003-110012 A	11 April 2003	US 2003/0072122 A1 paragraphs [0005]-[0006], [0043]-[0044], [0082]-[0085] EP 1298720 A1 CN 1411026 A	
JP 6-170670 A	21 June 1994	(Family: none)	
JP 2019-536290 A	12 December 2019	US 2018/0144959 A1 entire text, all drawings KR 10-2019-0073607 A CN 110036466 A	
JP 2-249935 A	05 October 1990	(Family: none)	
JP 6-119637 A	28 April 1994	(Family: none)	
JP 57-205040 U1	27 December 1982	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G01L 5/00(2006.01)i; B23Q 3/15(2006.01)i FI: G01L5/00 Z; B23Q3/15 D		
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）） G01L5/00; B23Q3/15		
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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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
X	CN 103698068 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 02.04.2014 (2014-04-02) 段落0001-0082, 図1-5	1, 8
Y		6-7, 9-10
Y	JP 59-057446 A (国際電気株式会社) 03.04.1984 (1984-04-03) 第3頁、第4図	6-7
Y	JP 2003-110012 A (日新電機株式会社) 11.04.2003 (2003-04-11) 段落0003-0004, 0029-0030, 0064-0067	9-10
Y	JP 6-170670 A (富士電機株式会社) 21.06.1994 (1994-06-21) 段落0002, 0007, 0011, 図1	9-10
A	JP 2019-536290 A (アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド) 12.12.2019 (2019-12-12) 全文、全図	1-10
A	JP 2-249935 A (東陶機器株式会社) 05.10.1990 (1990-10-05) 全文、全図	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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抵 触するものではなく、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 05.06.2024	国際調査報告の発送日 18.06.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 細見 斉子 2F 6000 電話番号 03-3581-1101 内線 3216	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 6-119637 A (住友金属鉱山株式会社) 28.04.1994 (1994 - 04 - 28) 全文, 全図	1-10
A	日本国実用新案登録出願56-093945号(日本国実用新案登録出願公開57-205040号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (富士通株式会社) 27.12.1982 (1982-12-27) 全文, 全図	1-10

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/016631

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN 103698068 A	02.04.2014	(ファミリーなし)	
JP 59-057446 A	03.04.1984	(ファミリーなし)	
JP 2003-110012 A	11.04.2003	US 2003/0072122 A1 段落0005-0006, 0043-0044, 0082-0085 EP 1298720 A1 CN 1411026 A	
JP 6-170670 A	21.06.1994	(ファミリーなし)	
JP 2019-536290 A	12.12.2019	US 2018/0144959 A1 全文, 全図 KR 10-2019-0073607 A CN 110036466 A	
JP 2-249935 A	05.10.1990	(ファミリーなし)	
JP 6-119637 A	28.04.1994	(ファミリーなし)	
JP 57-205040 U1	27.12.1982	(ファミリーなし)	