

明 細 書

発明の名称： 基板処理方法及び基板処理システム

技術分野

[0001] 本開示は、基板処理方法及び基板処理システムに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、基板の表面を研削する研削工程と、研削された前記基板の厚さを測定する測定工程と、測定された前記基板の厚さに基づき、前記基板に対して行われるウェットエッチング処理の処理条件を決定する条件決定工程と、決定された前記処理条件に基づいて、研削された前記基板に処理液を供給してウェットエッチング処理を行う工程と、を含む基板処理方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2018-147908号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示にかかる技術は、エッチング処理後のエッチング対象の表面形状を適切に制御する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一態様は、基板を処理する基板処理方法であって、最適エッチング条件を決定することと、前記最適エッチング条件に基づいて、前記基板におけるエッチング対象の表面にエッチング液を供給して、当該表面をエッチングすることと、を含み、前記最適エッチング条件を決定することは、複数の異なるエッチング条件で前記エッチング対象の表面をエッチングした際の、当該エッチング対象の径方向のエッチング指標分布を取得することと、最適化手法を用いて、前記複数のエッチング条件に対応する前記エッチング指標分布を重ね合わせて、前記エッチング対象の表面の形状が目標形状になる

ように、重ね合わせに用いる前記エッチング指標分布と、当該エッチング指標分布を重ね合わせる回数との組み合わせを最適化することと、前記最適化された組み合わせに対応するエッチング条件を統合して前記最適エッチング条件を決定することと、を含む。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、エッチング処理後のエッチング対象の表面形状を適切に制御することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]複数の異なるエッチング条件でウェハをエッチングした場合における、各々のエッチング量偏差分布を示すグラフである。

[図2]ウェハ処理システムで処理される重合ウェハの一例を示す側面図である。

[図3]本実施形態にかかるウェハ処理システムの構成の概略を模式的に示す平面図である。

[図4]エッチング装置の構成の概略を示す側面図である。

[図5]ノズルが径方向に移動する様子を示す説明図である。

[図6]本実施形態にかかるウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。

[図7]最適エッチング条件の決定方法の主な工程を示すフロー図である。

[図8]複数のパーツの一例を示す説明図である。

[図9]目標エッチング量偏差分布の一例を示す説明図である。

[図10]重ね合わせに用いるパーツの一例を示す説明図である。

[図11]最適化された複数のパーツを重ね合わせた一例を示す説明図である。

[図12]研削後とエッチング後の第1のウェハの厚み偏差分布の一例を示す説明図である。

[図13]研削後とエッチング後の第1のウェハの厚み分布の一例を示す説明図である。

[図14]他の実施形態にかかるウェハ処理システムの構成の概略を模式的に示す平面図である。

[図15]他の実施形態の第1のパターンにかかるウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。

[図16]他の実施形態の第1のパターンにかかるウェハ処理の主な工程を示す説明図である。

[図17]他の実施形態の第2のパターンにかかるウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。

[図18]他の実施形態の第3のパターンにかかるウェハ処理の主な工程を示すフロー図である。

[図19]他の実施形態の第3のパターンにかかるウェハ処理の主な工程を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0008] 半導体デバイスの製造工程では、表面に複数の電子回路等のデバイスが形成された半導体基板（以下、「ウェハ」という。）を研削して薄化し、更に、当該ウェハの研削面を平滑化することが行われている。研削面の平滑化は、例えばウェハを回転させながら当該ウェハの研削面上方からエッチング液を供給する、いわゆるスピネッチングにより行われる。

[0009] 上述した特許文献1には、研削後のウェハにウェットエッチング処理を行って、研削処理によりウェハの表面に形成されたダメージ層を除去することが開示されている。特許文献1に記載の条件決定工程では、測定工程で得られたウェハの厚さに基づいて、ウェットエッチング処理の条件として、処理液を供給するノズルの動作、ウェハの回転数、処理液の供給量、処理液の供給時間、処理液の種類等を決定している。

[0010] しかしながら、特許文献1に開示される方法のように、ウェハを回転させながら処理液を供給するスピネッチングを行った場合、ウェハ表面に供給された処理液が遠心力により径方向外側へと通流する関係で、精密なエッチング制御を行うことが困難であった。より具体的には、特にウェハの中心部において、エッチング処理後のウェハの表面形状を適切に制御することが困難であった。

[0011] ここで、本発明者らは、複数の異なるエッチング条件（エッチングレシピ）でウェハをエッチングした際の、ウェハ径方向のエッチング量偏差分布（エッチングプロファイル）を取得し、当該複数のエッチング量偏差分布を重ね合わせることで、エッチング処理後のウェハ表面形状を制御できる可能性を見出した。なお、エッチング量偏差は、ウェハ面内のエッチング量から、当該エッチング量の平均値を差し引いた値（偏差）を示す。エッチング量の平均値は、エッチング量をウェハ面内で平均した値である。また、エッチング量偏差分布は、ウェハのエッチング処理を制御する際の指標となるエッチング指標分布である。

[0012] 本エッチング処理では、ウェハを回転させるとともに、ノズルをウェハの中心を通る径方向に移動させながら、当該ノズルからエッチング液を供給する。ノズルは、ウェハの両端部間において複数回、往復移動させる。なお、以下の説明では、ウェハの両端部間におけるノズルの往復移動を１ループとする。

[0013] 図１は、複数の異なるエッチング条件でウェハをエッチングした場合における、各々のエッチング量偏差分布を示すグラフである。図１の横軸は、ウェハの中心（横軸の０（ゼロ））から外端（横軸のＲ）までの径方向位置を示し、縦軸はエッチング量偏差を示す。

[0014] 図１中の比較例１（一点鎖線）は、ウェハの回転速度が２００rpmとなる条件Ａでのエッチング処理のみを実施した場合のエッチング量偏差分布を示している。比較例２（二点鎖線）は、ウェハの回転速度が１０００rpmとなる条件Ｂでのエッチング処理のみを実施した場合のエッチング量偏差分布を示している。これに対して、実施例１（太実線）は、条件Ａと条件Ｂを時間（ループ回数）比率１：１で実施した場合のエッチング量偏差分布を示している。細実線は、実施例１のエッチング条件におけるエッチング量偏差分布の計算値である。この計算値は、比較例１のエッチング量偏差分布の１／２と比較例２のエッチング量偏差分布の１／２を足し合わせたものである。実施例２（太破線）は、条件Ａと条件Ｂを時間比率５：１で実施した場合

のエッチング量偏差分布を示している。細破線は、実施例2のエッチング条件におけるエッチング量偏差分布の計算値である。この計算値は、比較例1のエッチング量偏差分布の $5/6$ と比較例2のエッチング量偏差分布の $1/6$ を足し合わせたものである。なお、比較例1、2及び実施例1、2のいずれにおいても、ウェハの回転速度以外のエッチング条件は同様とした。

[0015] かかる場合、図1に示されるように、条件Aと条件Bを時間比率1：1で実施した実施例1のエッチング量偏差分布の実測値は、比較例1のエッチング量偏差分布と比較例2のエッチング量偏差分布の平均値（計算値）と略一致することが確認された。また、条件Aと条件Bを時間比率5：1で実施した実施例2のエッチング量偏差分布の実測値は、比較例1のエッチング量偏差分布と比較例2のエッチング量偏差分布を時間比率で按分した比例配分値（計算値）と略一致することが確認された。このように、実測値と計算値が略一致していることから、重ね合わせ後のエッチング量偏差分布が正確であることが分かった。

[0016] 更に、実施例1と実施例2を比較すると、実施例1ではウェハ中心のエッチング量偏差が外周に比べて少ないのに対し、実施例2ではエッチング量偏差分布はウェハ面内で均一になっている。換言すれば、時間比率を調整することで、任意のエッチング量偏差分布が得られることが分かった。

[0017] 以上のように複数のエッチング条件に対応するエッチング量偏差分布を重ね合わせることで、エッチング処理後のウェハ表面形状も重ね合わせて制御できる。そして本発明らは、複数のエッチング条件に対して時間比率（ループ回数比率）を調整することで、エッチング量偏差分布を制御して、エッチング処理後のウェハ表面形状を制御することができることを見出した。

[0018] 本開示にかかる技術は、上記知見に鑑みてなされたものであり、エッチング処理後のエッチング対象の表面形状を適切に制御する。以下、本実施形態にかかる基板処理システムとしてのウェハ処理システム、及び基板処理方法としてのウェハ処理方法について、図面を参照しながら説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する要素においては

、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0019] 本実施形態にかかる後述のウェハ処理システム1では、図2に示すように第1のウェハWと、第2のウェハSとが接合された基板としての重合ウェハTに対して処理を行う。以下、第1のウェハWにおいて、第2のウェハSと接合される側の面を表面Waといい、表面Waと反対側の面を裏面Wbという。同様に、第2のウェハSにおいて、第1のウェハWと接合される側の面を表面Saといい、表面Saと反対側の面を裏面Sbという。

[0020] 第1のウェハWは、例えばシリコン基板等の半導体ウェハであって、表面Wa側に複数のデバイスを含むデバイス層Dwが形成されている。また、デバイス層Dwには更に接合用膜Fwが形成され、当該接合用膜Fwを介して第2のウェハSと接合されている。接合用膜Fwとしては、例えば酸化膜（THOX膜、SiO₂膜、TEOS膜）、SiC膜、SiCN膜又は接着剤などが用いられる。

[0021] 第2のウェハSは、例えば第1のウェハWと同様の構成を有しており、表面Saにはデバイス層Ds及び接合用膜Fsが形成されている。なお、第2のウェハSはデバイス層Dsが形成されたデバイスウェハである必要はなく、例えば第1のウェハWを支持する支持ウェハであってもよい。かかる場合、第2のウェハSは第1のウェハWのデバイス層Dwを保護する保護材として機能する。

[0022] 図3に示すようにウェハ処理システム1は、搬入出ステーション2と処理ステーション3を一体に接続した構成を有している。搬入出ステーション2では、例えば外部との間で複数の重合ウェハTを収容可能なカセットCが搬入出される。処理ステーション3は、重合ウェハTに対して所望の処理を施す各種処理装置を備えている。

[0023] 搬入出ステーション2には、複数、例えば3つのカセットCを載置するカセット載置台10が設けられている。また、カセット載置台10のX軸負方向側には、当該カセット載置台10に隣接してウェハ搬送装置20が設けられている。ウェハ搬送装置20は、Y軸方向に延伸する搬送路21上を移動

自在に構成されている。また、ウェハ搬送装置20は、重合ウェハTを保持して搬送する、例えば2つの搬送アーム22、22を有している。各搬送アーム22は、水平方向、鉛直方向、水平軸回り及び鉛直軸周りに移動自在に構成されている。なお、搬送アーム22の構成は本実施形態に限定されず、任意の構成を取り得る。そして、ウェハ搬送装置20は、カセット載置台10のカセットC、及び後述するトランジション装置30に対して、重合ウェハTを搬送可能に構成されている。

[0024] 搬入出ステーション2には、ウェハ搬送装置20のX軸負方向側において、当該ウェハ搬送装置20に隣接して、重合ウェハTを処理ステーション3との間で受け渡すためのトランジション装置30が設けられている。

[0025] 処理ステーション3には、例えば3つの処理ブロックB1～B3が設けられている。第1の処理ブロックB1、第2の処理ブロックB2、及び第3の処理ブロックB3は、X軸正方向側（搬入出ステーション2側）から負方向側にこの順で並べて配置されている。

[0026] 第1の処理ブロックB1には、エッチング装置40、厚み測定装置41及びウェハ搬送装置50が設けられている。エッチング装置40と厚み測定装置41は、積層して配置されている。なお、エッチング装置40と厚み測定装置41の数や配置はこれに限定されない。

[0027] エッチング装置40は、後述の加工装置80における研削後の第1のウェハWの裏面Wb（研削面）をエッチングし、研削後の第1のウェハW（重合ウェハT）の更なる薄化を行うとともに、研削処理により生じた研削痕の除去により研削面を平滑化する。なお、エッチング装置40の詳細な構成は後述する。

[0028] 厚み測定装置41は、一例において測定部（図示せず）と算出部（図示せず）を備える。測定部は、エッチング後の第1のウェハWの厚みを複数点で測定するセンサを備える。算出部は、測定部による測定結果（第1のウェハWの厚み）から第1のウェハWの厚み分布を取得し、更に第1のウェハWの平坦度（TTV: Total Thickness Variation）

を算出する。なお、かかる第1のウェハWの厚み分布及び平坦度の算出は、当該算出部に代えて、後述の制御装置90で行われてもよい。換言すれば、後述の制御装置90内に算出部（図示せず）が設けられてもよい。なお、厚み測定装置41の構成はこれに限定されず、任意に構成できる。

[0029] ウェハ搬送装置50は、トランジション装置30のX軸負方向側に配置されている。ウェハ搬送装置50は、重合ウェハTを保持して搬送する、例えば2つの搬送アーム51、51を有している。各搬送アーム51は、水平方向、鉛直方向、水平軸回り及び鉛直軸回りに移動自在に構成されている。そしてウェハ搬送装置50は、トランジション装置30、エッチング装置40、厚み測定装置41、後述の洗浄装置60、後述の厚み測定装置61及び後述するバッファ装置62に対して、重合ウェハTを搬送可能に構成されている。

[0030] 第2の処理ブロックB2には、洗浄装置60、厚み測定装置61、バッファ装置62及びウェハ搬送装置70が設けられている。洗浄装置60、厚み測定装置61及びバッファ装置62は、積層して配置されている。なお、洗浄装置60、厚み測定装置61及びバッファ装置62の数や配置はこれに限定されない。

[0031] 洗浄装置60は、後述の加工装置80における研削後の第1のウェハWの裏面Wb（研削面）を洗浄する。例えば裏面Wbにブラシを当接させて、当該裏面Wbを洗浄する。なお、第1のウェハWの洗浄には、加圧された洗浄液を用いてもよい。また、洗浄装置60は、第1のウェハWを洗浄する際、第2のウェハSの裏面Sbを同時に洗浄可能に構成されていてもよい。

[0032] 厚み測定装置61は、一例において測定部（図示せず）と算出部（図示せず）を備える。測定部は、研削後の第1のウェハWの厚みを複数点で測定するセンサを備える。算出部は、測定部による測定結果（第1のウェハWの厚み）から第1のウェハWの厚み分布を取得し、更に第1のウェハWの平坦度（TTV）を算出する。なお、かかる第1のウェハWの厚み分布及び平坦度の算出は、当該算出部に代えて、後述の制御装置90で行われてもよい。換

言すれば、後述の制御装置 90 内に算出部（図示せず）が設けられてもよい。なお、厚み測定装置 61 の構成はこれに限定されず、任意に構成できる。

[0033] バッファ装置 62 は、第 1 の処理ブロック B1 から第 2 の処理ブロック B2 に受け渡される処理前の重合ウェハ T を一時的に保持する。バッファ装置 62 の構成は任意である。なお、バッファ装置 62 は、後述するチャック 83 に対する重合ウェハ T の中心位置、及び／又は重合ウェハ T の水平方向の向きを調整するアライメント機構（図示せず）を有していてもよい。

[0034] ウェハ搬送装置 70 は、例えば洗浄装置 60、厚み測定装置 61 及びバッファ装置 62 の Y 軸正方向側に配置されている。ウェハ搬送装置 70 は、重合ウェハ T を図示しない吸着保持面により吸着保持して搬送する、例えば 2 つの搬送アーム 71、71 を有している。各搬送アーム 71 は、多関節のアーム部材 72 に支持され、水平方向、鉛直方向、水平軸回り及び鉛直軸回りに移動自在に構成されている。そしてウェハ搬送装置 70 は、エッチング装置 40、厚み測定装置 41、洗浄装置 60、厚み測定装置 61、バッファ装置 62 及び後述する加工装置 80 に対して、重合ウェハ T を搬送可能に構成されている。

[0035] 第 3 の処理ブロック B3 には、加工装置 80 が設けられている。加工装置 80 は、第 1 のウェハ W を研削して薄化し、本開示における薄化装置として機能する。

[0036] 加工装置 80 は、回転テーブル 81 を有している。回転テーブル 81 は、回転機構（図示せず）によって、鉛直な回転中心線 82 を中心に回転自在に構成されている。回転テーブル 81 上には、重合ウェハ T を吸着保持するチャック 83 が 2 つ設けられている。チャック 83 は、回転テーブル 81 と同一円周上に均等に配置されている。2 つのチャック 83 は、回転テーブル 81 が回転することにより、受渡位置 A0 及び加工位置 A1 に移動可能になっている。また、2 つのチャック 83 はそれぞれ、回転機構（図示せず）によって鉛直軸回りに回転可能に構成されている。

[0037] 受渡位置 A0 では、重合ウェハ T の受け渡しが行われる。加工位置 A1 に

は、研削ユニット84が配置され、第2のウェハSをチャック83で吸着保持した状態で第1のウェハWを研削する。研削ユニット84は、環状形状で回転自在な研削砥石（図示せず）を備えた研削部85を有している。また研削部85は、支柱86に沿って鉛直方向に移動可能に構成されている。

[0038] なお、加工装置80の構成はこれに限定されるものではない。例えば、回転テーブル81上に4つのチャック83を設け、当該4つのチャック83が、重合ウェハTの受渡位置、第1のウェハWの粗研削を行う粗研削部（図示せず）、第1のウェハWの中研削を行う中研削部（図示せず）及び第1のウェハWの仕上げ研削を行う仕上研削部（図示せず）の間で移動可能に構成されてもよい。また、例えば加工装置80には、研削後の第1のウェハWの厚みを複数点で測定する厚み測定装置（図示せず）が設けられていてもよい。

[0039] 以上のウェハ処理システム1には、制御装置90が設けられている。制御装置90は、例えばCPUやメモリ等を備えたコンピュータであり、プログラム格納部（図示せず）を有している。プログラム格納部には、ウェハ処理システム1における重合ウェハTの処理を制御するプログラムが格納されている。なお、上記プログラムは、コンピュータに読み取り可能な記憶媒体Hに記録されていたものであって、当該記憶媒体Hから制御装置90にインストールされたものであってもよい。また、上記記憶媒体Hは、一時的なものであっても非一時的なものであってもよい。

[0040] 次に、上述したエッチング装置40の構成について説明する。図4に示すようにエッチング装置40は、基板保持部としてのウェハ保持部100と、回転機構101と、エッチング液供給部としてのノズル102とを有している。

[0041] ウェハ保持部100は、重合ウェハTの外縁部を複数点、本実施形態においては3点で保持する。なお、ウェハ保持部100の構成は図示の例には限定されず、例えばウェハ保持部100は、重合ウェハTを下方から吸着保持するチャックを備えていてもよい。回転機構101は、ウェハ保持部100に保持された重合ウェハT（第1のウェハW）を鉛直な回転中心線100a

を中心に回転させる。

[0042] ノズル102は、ウェハ保持部100に保持された第1のウェハWの裏面Wbにエッチング液Eを供給する。ノズル102は、当該ノズル102にエッチング液Eを供給するエッチング液供給源（図示せず）に接続されている。ノズル102は、ウェハ保持部100の上方に設けられ、移動機構103によって水平方向及び鉛直方向に移動可能に構成されている。一例においてノズル102は、ウェハ保持部100の回転中心線100aを通して、すなわち、図5に示すように第1のウェハWの中心部上方を通して往復移動（スキャン移動）可能に構成される。

[0043] エッチング液Eには、エッチング対象となり得る第1のウェハWのシリコンを適切にエッチングするため、少なくともフッ酸又は硝酸が含まれている。また、エッチング液Eには、リン酸又は硫酸が含まれていてもよい。なお、エッチング対象は、第1のウェハWに限定されず、例えばアモルファスシリコンでもよい。また、本実施形態のエッチング対象は、第1のウェハWの裏面Wbに限定されない。例えば加工装置80による加工処理が行われないウェハの処理の場合にも適応できる。例えば、裏面Wbに膜が形成されている場合には、当該膜もエッチング対象になる。

[0044] 次に、以上のように構成されたウェハ処理システム1を用いて行われるウェハ処理について説明する。なお本実施形態では、予めウェハ処理システム1の外部の接合装置（図示せず）において重合ウェハTが形成されている。また、第1のウェハWの周縁部、例えば第1のウェハWの外端部から径方向に0.5mm～3mmの範囲は、予め除去されていてもよい。

[0045] 先ず、複数の重合ウェハTを収納したカセットCが、搬入出ステーション2のカセット載置台10に載置される。次に、ウェハ搬送装置20によりカセットC内の重合ウェハTが取り出され、トランジション装置30に搬送される。トランジション装置30に搬送された重合ウェハTは、ウェハ搬送装置50によりバッファ装置62に搬送される。なお、バッファ装置62では、チャック83に対する重合ウェハTの中心位置、及び／又は重合ウェハT

の水平方向の向きを調整してもよい。

[0046] 次に、重合ウェハTはウェハ搬送装置70により加工装置80に搬送され、受渡位置A0のチャック83に受け渡される。チャック83では、第2のウェハSの裏面Sbが吸着保持される。次に、チャック83を加工位置A1に移動させ、研削ユニット84によって第1のウェハWの裏面Wbを研削する。かかる研削処理により、第1のウェハW（重合ウェハT）の厚みを所望の研削目標厚みまで減少させる（図6のステップS1）。

[0047] 次に、重合ウェハTはウェハ搬送装置70により厚み測定装置61に搬送される。厚み測定装置61では、研削後の第1のウェハW（重合ウェハT）の厚みを複数点で測定することで第1のウェハWの研削後の厚み分布を取得し、更に第1のウェハWの平坦度を算出する（図6のステップS2）。算出された第1のウェハWの厚み分布及び平坦度は例えば制御装置90に出力される。なお、加工装置80に厚み測定装置が設けられている場合、研削後の第1のウェハWの厚みは、当該加工装置80の厚み測定装置で測定してもよい。

[0048] 制御装置90では、出力された第1のウェハWの厚み分布及び平坦度から、後続のエッチング処理における最適エッチング条件を決定する（図6のステップS3）。制御装置90における最適エッチング条件の詳細な決定方法については後述する。

[0049] 第1のウェハWの厚みが測定された重合ウェハTは、次に、ウェハ搬送装置70又はウェハ搬送装置50により洗浄装置60に搬送される。洗浄装置60では、研削後の第1のウェハWの研削面である裏面Wbを洗浄する（図6のステップS4）。また、洗浄装置60では、上述したように第2のウェハSの裏面Sbが洗浄されてもよい。なお、本実施形態のように厚み測定装置61で研削後の厚みを測定する場合、ステップS2及びステップS3と、ステップS4との順序は逆でもよい。すなわち、洗浄装置60で第1のウェハWの裏面Wbを洗浄した後、厚み測定装置61での第1のウェハWの厚みを測定し、エッチング処理における最適エッチング条件を決定してもよい。

- [0050] 次に、重合ウェハTはウェハ搬送装置50によりエッチング装置40に搬送される。エッチング装置40では、最適エッチング条件で、第1のウェハWの研削面である裏面Wbがエッチング液Eによりエッチングされる（図6のステップS5）。
- [0051] 第1のウェハWのエッチングに際しては、まず、ウェハ保持部100（第1のウェハW）を鉛直な回転中心線100aを中心に回転させるとともに、ノズル102からのエッチング液Eの供給（吐出）を開始し、裏面Wbのエッチングを開始する。
- [0052] 第1のウェハWのエッチングに際しては、ノズル102からのエッチング液Eの供給を継続しながら、図5に示したようにノズル102を第1のウェハWの回転中心の上方、すなわち回転中心線100aを通るように、当該回転中心線100aを中間点として往復移動（スキャン）させる。なお、第1のウェハWの回転速度、ノズル102のスキャン幅、及びノズル102を往復移動させる際のスキャン速度等のエッチング条件の詳細な決定方法については後述する。
- [0053] 最適エッチング条件での裏面Wbのエッチングが終了すると、ノズル102からのエッチング液Eの供給を停止し、第1のウェハWの裏面Wbを純水でリンスした後、振り切り乾燥させる。その後、ウェハ保持部100（第1のウェハW）の回転を停止し、第1のウェハWのエッチングを終了する。
- [0054] ここで、第1のウェハWの最適エッチング条件は、上述したように研削後の第1のウェハWの厚み分布及び平坦度に基づいて決定される。具体的には、厚み測定装置61における第1のウェハWの厚み分布及び平坦度の実測値と、目標とするエッチング後の第1のウェハWの表面形状（以下、「目標形状」という。）における厚み分布及び平坦度との差分に基づいて最適エッチング条件を決定する。そしてステップS5では、最適エッチング条件で第1のウェハWをエッチングすることにより、第1のウェハWの厚みの実測値と目標値との差分をエッチングにより除去し、第1のウェハWの表面を目標形状に加工する。これにより本実施形態によれば、研削後の第1のウェハWの

表面形状に依らず、適切に目標とする第1のウェハWの表面形状を得ることができる。

- [0055] 次に、重合ウェハTはウェハ搬送装置50により厚み測定装置41に搬送される。厚み測定装置41では、エッチング後の第1のウェハW（重合ウェハT）の厚みを複数点で測定することで第1のウェハWのエッチング後の厚み分布を取得する（図6のステップS6）。更に第1のウェハWの平坦度を算出してもよい。算出された第1のウェハWの厚み分布は例えば制御装置90に出力され、一例として、次にウェハ処理システム1で処理される他の重合ウェハTの処理に用いられる。なお、加工装置80の厚み測定装置で研削後の第1のウェハWの厚みを測定する場合、厚み測定装置61において、エッチング後の第1のウェハWの厚みを測定してもよい。
- [0056] その後、全ての処理が施された重合ウェハTは、トランジション装置30を介してカセット載置台10のカセットCに搬送される。こうして、ウェハ処理システム1における一連のウェハ処理が終了する。
- [0057] 次に、上述した最適エッチング条件の詳細な決定方法（図6のステップS3）について説明する。
- [0058] 先ず、最適エッチング条件の決定に際しては、ウェハ処理システム1における重合ウェハTに対する処理に先立って、後述の最適化処理において用いられる複数のパーツを取得する（図7のステップS3-0）。なお、パーツは、あるエッチング条件に対する第1のウェハWのエッチング量偏差分布である。
- [0059] ステップS3-0では、例えば複数の異なるエッチング条件でダミーウェハに対してエッチングを行う。具体的には、例えばエッチング時のダミーウェハの回転速度、ノズル102のスキャン速度、又は、ノズル102のスキャン幅（図5のスキャン幅Lを参照）等を変更して、ダミーウェハのエッチングを行う。この際、各ダミーウェハに対するエッチングの処理時間は同じである。ダミーウェハのエッチングは、ステップS5におけるエッチングと同様に、ダミーウェハを回転させるとともに、ノズル102を往復移動させな

がら、ノズル102からダミーウェハにエッチング液Eを供給して行う。以下の説明では、ダミーウェハの両端部間におけるノズル102の往復移動を1ループとする。

[0060] 各エッチング条件でのダミーウェハのエッチングは、予め決められた所望の時間（所望のループ回数）で実施される。そして、ダミーウェハのエッチング量偏差分布が取得され、当該エッチング量偏差分布は制御装置90に出力される。更に制御装置90では、出力された各エッチング条件でのエッチング量偏差分布を単位時間（単位ループ回数）でのエッチング量偏差分布に圧縮し、当該圧縮された各々のエッチング量偏差分布を、上記パーツとして記憶する。

[0061] 図8は、複数のパーツの一例を示す。図8の横軸は、ウェハの中心（横軸の0（ゼロ））から外端（横軸の±R）までの径方向位置を示し、縦軸はエッチング量偏差を示す。図8に示した例は、合計36種類のパーツが制御装置90に記憶された場合であり、換言すれば、合計36種類の異なるエッチング条件でエッチング量偏差分布を取得した場合の例である。

[0062] なお、上記単位時間（単位ループ回数）は目的に応じて任意に設定できるが、後述のパーツの重ね合わせにおいて適切に目標となるエッチング量偏差分布を取得するため、単位時間（単位ループ回数）は短いことが望ましい。一例において、制御装置90に記憶されるパーツの単位時間は1ループ（図5に示したスキャン幅Lの一往復）分の時間、好ましくは0.5ループ（図5に示したスキャン幅Lの半往復）分の時間であり得る。

[0063] なお、上記においてはダミーウェハのエッチングにより上記パーツを取得する場合を例に説明を行ったが、パーツを取得する際のエッチング対象はダミーウェハには限定されない。具体的には、例えばウェハ処理システム1で実処理される第1のウェハWのエッチング処理結果を、上記パーツとして記憶するようにしてもよい。また、例えば第1のウェハWの裏面Wbに膜が形成されている場合には、エッチング対象を膜として、当該膜のエッチング処理結果を、上記パーツとして記憶するようにしてもよい。

- [0064] 本開示にかかるウェハ処理システム1でのウェハ処理に際しては、このように取得された複数のパーツ（図8）を用いて最適エッチング条件の決定を行う。
- [0065] 先ず、エッチング後の第1のウェハWの目標形状における厚み分布と、上記ステップS2で取得された研削後の第1のウェハWの表面形状（以下、「実測形状」という。）における厚み分布とに基づいて、上記ステップS5のエッチング処理における目標エッチング量偏差分布を取得する（図7のステップS3-1）。エッチング処理の目標エッチング量偏差分布は、一例として第1のウェハWの目標形状の厚み分布と実測形状の厚み分布との差分を算出することで取得できる。
- [0066] 図9は目標エッチング量偏差分布の一例であり、本例では目標エッチング量偏差分布はV字型形状である。なお、目標エッチング量偏差分布の形状は、V字型形状に限定されない。すなわち、第1のウェハWの目標形状の厚み分布と実測形状の厚み分布との差分に基づいて、目標エッチング量偏差分布はV字型、A字型、M字型、W字型等、種々の形状となり得る。
- [0067] 次に、複数のパーツを重ね合わせて、上記ステップS3-1で取得された目標エッチング量偏差分布になるように、最適化手法を用いて、重ね合わせに用いるパーツと、当該パーツの重ね合わせ回数を最適化する（図7のステップS3-2）。
- [0068] ステップS3-2では、例えばエッチング量偏差分布の制御をナップサック問題に当てはめて、パーツとパーツの重ね合わせ回数を最適化する。例えば、エッチング量偏差分布がナップサック問題のナップサックであって、パーツがナップサック問題のアイテムである。そして、重ね合わせたエッチング量偏差分布と、目標エッチング量偏差分布との差分が最小になるように、パーツとパーツの重ね合わせ回数を最適化する。
- [0069] この最適化手法としては、例えば遺伝的アルゴリズムや動的計画法を用いることができる。そして、最適化計算を実行することにより、図8に示した複数のパーツから、図10に示すように重ね合わせに用いるパーツを1つ以

上選択し、更に図 11 に示すように選択されたパーツを重ね合わせる。そうすると、重ね合わせたエッチング量偏差分布（図 11 中の実線）は、目標エッチング量偏差分布（図 11 中の破線）に近似する。

[0070] また、この最適化計算では、エッチング処理においてノズル 102 から第 1 のウェハ W へのエッチング液 E の供給時間が最小となるように、パーツとパーツの重ね合わせ回数が最適化される。以上のように本実施形態では、エッチング量偏差分布、すなわちエッチング精度と、エッチング液 E の供給時間とを両方最適化する、いわゆる多目的最適化が行われる。具体的には、下記式（1）を用いて最適化される。なお、エッチング精度は、エッチング量偏差分布のウェハ面内における精度である。

[0071] [数1]

$$\text{Min} \left\{ \alpha \cdot TTV + (1 - \alpha) \cdot RMSE_{centerized} \right\}_{t_{dispense}} \leq 50 \quad \dots (1)$$

但し、 α : 0（ゼロ）～1 の係数、TTV : 実測形状の平坦度、 $RMSE_{centerized}$: ウェハの厚み分布のばらつき、 $t_{dispense}$: エッチング液 E の供給時間

[0072] ステップ S3-2 では、上記式（1）に示すように、エッチング量偏差分布（エッチング精度）の損失関数は、実測形状の平坦度と、実測形状の厚み分布のばらつきとの重み付け線形和で算出する。例えば、上記式（1）において係数 α が 0.5 の場合、平坦度（TTV）と厚み分布のばらつき（RMSE）は同じ重みをもつ。一方、例えば係数 α が 1 の場合、平坦度を重視したアルゴリズムになり、係数 α が 0（ゼロ）の場合、厚み分布のばらつきを重視したアルゴリズムになる。

[0073] ステップ S3-2 において、パーツの重ね合わせ回数を最適化する際には、0.5 ループ単位で重ね合わせ回数を最適化してもよい。かかる場合、例えば、エッチング液 E の供給を、第 1 のウェハ W の中心から始めて中心で終えることが可能となる。

- [0074] 以上のようにパーツとパーツの重ね合わせ回数が最適化されると、次に、上記ステップS 3－2で最適化されたパーツに対応するエッチング条件を統合して、最適エッチング条件を決定する（図7のステップS 3－3）。具体的には、選択された複数のエッチング条件を、最適化された重ね合わせ回数で行うように、複数のエッチング条件を統合して、最適エッチング条件が決定される。換言すれば、エッチング量偏差分布を最適化する最適エッチング条件が決定される。
- [0075] その後、ステップS 4において、第1のウェハWの裏面Wbを洗浄した後、ステップS 5において、最適エッチング条件で、第1のウェハWの裏面Wbがエッチングされる。すなわち、エッチング装置40では、最適エッチング条件で決められた回転速度で重合ウェハT（第1のウェハW）を回転させると共に、決められたスキャン速度及びスキャン幅でノズル102を移動させつつ、第1のウェハWに対してエッチング液Eを供給する。
- [0076] 本実施形態にかかる最適エッチング条件の決定、及び当該最適エッチング条件に基づく第1のウェハWに対するエッチング処理は以上のようにして行われる。
- [0077] 以上の実施形態によれば、ステップS 3において最適化手法を用いて、重ね合わせるパーツとパーツの重ね合わせ回数を最適化して、最適エッチング条件を決定するので、その後、ステップS 5において当該最適エッチング条件で第1のウェハWをエッチングできる。これにより、エッチング処理におけるエッチング量偏差分布を最適化して目標エッチング量偏差分布に近づけることができ、その結果、エッチング後の第1のウェハWの表面形状を目標形状にすることができる。換言すれば、不定のエッチング条件から最適エッチング条件を決定することができ、エッチング後の第1のウェハWの表面形状を適切に制御することができる。
- [0078] 実際に本発明者らがシミュレーションを行ったところ、目標エッチング量偏差分布がV字型、A字型、M字型、W字型のいずれの場合でも、エッチング後の第1のウェハWの厚み分布のばらつきを許容範囲内に収めることがで

きた。また、エッチング後の第1のウェハWの平坦度(TTV)についても、従来より向上した。

[0079] また、1枚毎の重合ウェハTに対してステップS1～S6を行うので、エッチング後の第1のウェハWの表面形状を枚葉で制御することができる。

[0080] 以上の実施形態では、エッチング条件の変数として、第1のウェハWの回転速度、ノズル102のスキャン幅、及びノズル102のスキャン速度を用いたが、エッチング条件の変数はこれらに限定されない。例えば、エッチング液Eの種類、粘度、温度や供給量等をエッチング条件の変数として用いてもよい。かかる場合、ステップS3-0において、これらエッチング液Eの種類、粘度、温度や供給量等を変更した複数のパーツが取得される。そして、ステップS3-1～S3-3を実行して、最適エッチング条件が決定される。

[0081] 以上の実施形態では、第1のウェハWと第2のウェハSが接合された重合ウェハTにおいて、第1のウェハWの裏面Wbに各種処理を施す場合を例に説明したが、処理対象はこれに限定されない。例えば、1枚のウェハ単体に対して、薄化処理やエッチング処理を行ってもよい。処理対象は、ウェハの表面に形成された膜、例えば酸化膜やチタンナイトライドであってもよい。かかる場合、エッチング装置40におけるノズル102は、エッチング対象に応じて、異なる種類のエッチング液Eの供給を任意に切り替え可能に構成されてもよい。また、例えばウェハ表面に形成された膜をエッチング対象とする場合には、当該膜のエッチング処理結果を、上記パーツとして記憶するようにしてもよい。厚み測定装置61では、膜の厚みが測定される。また、ウェハのデバイス面に保護テープが貼り付けられている場合、保護テープと反対側の面に対して薄化処理やエッチング処理を行ってもよい。更に、インゴットからワイヤーソー等により切り出され、ラッピングされたウェハに対して、薄化処理やエッチング処理を行ってもよい。いずれの処理対象であっても、上記実施形態の最適エッチング条件でエッチング処理を行うことができる。

- [0082] また、例えば第1のウェハの裏面Wbに膜が形成されている場合、当該膜をエッチング対象としてもよい。かかる場合、例えば厚み測定装置61は膜の厚みを測定し、ステップS2において、第1のウェハWの厚みに代えて、膜の厚みが測定され、更に膜の厚み分布と膜の平坦度が算出される。そして、ステップS3において、算出された膜の厚み分布及び平坦度に基づいて、最適エッチング条件が決定される。
- [0083] また、ウェハ処理システム1は、エッチング装置40以外の種々の装置を備えているが、本開示が適用される装置構成はこれに限定されない。例えば、薄化装置である加工装置80を省略してもよい。かかる場合、エッチング対象は、薄化処理後のウェハに限定されない。また、例えば、エッチング装置単体においてウェハをエッチングする際にも本開示の技術を適用できる。
- [0084] 以上の実施形態では、加工装置80で第1のウェハWを薄化したが、薄化方法はこれに限定されない。例えば、第1のウェハWの薄化処理には、当該第1のウェハWの裏面Wbの研磨も含まれる。あるいは例えば、第1のウェハWの内部にレーザ加工により形成された改質層（図示せず）を基点とした分離により薄化されてもよい。かかる場合、ウェハ処理システム1には、加工装置80に代えて、改質層（図示せず）の形成用のレーザ処理装置（図示せず）が設けられる。
- [0085] 以上の実施形態では、第1のウェハWの裏面Wbのエッチング処理を制御するエッチング指標分布として、エッチング量偏差分布（ウェハ面内のエッチング量から、当該エッチング量の平均値を差し引いた値の分布）を用いたが、エッチング量（絶対値）の分布を用いてもよい。具体的には、ステップS3において最適エッチング条件を決定する際に、エッチング量偏差分布の最適化に代えて、エッチング量分布を最適化する。
- [0086] ステップS3-0において、エッチング量分布の複数のパーツを取得する。複数のパーツの一例は、図8における縦軸をエッチング量にしたパーツである。
- [0087] ステップS3-1において、エッチング後の第1のウェハWの目標形状に

おける厚み分布と、ステップS 2で取得された研削後の第1のウェハWの実測形状における厚み分布とに基づいて、ステップS 5のエッチング処理における目標エッチング量分布を取得する。目標エッチング量分布は、図9における縦軸をエッチング量にしたエッチング量分布である。

[0088] ステップS 3-2において、複数のパーツを重ね合わせて、ステップS 3-1で取得された目標エッチング量分布になるように、最適化手法を用いて、重ね合わせに用いるパーツと、当該パーツの重ね合わせ回数を最適化する。この際、重ね合わせに用いられるパーツの一例は、図10における縦軸をエッチング量にしたパーツである。そして、重ね合わせたエッチング量分布の一例は、図11における縦軸をエッチング量にした実線である。

[0089] ステップS 3-3において、ステップS 3-2で最適化されたパーツに対応するエッチング条件を統合して、最適エッチング条件を決定する。すなわち、裏面Wbのエッチング量分布を最適化する最適エッチング条件が決定される。

[0090] 以上のステップS 3-0～S 3-3のそれぞれの詳細方法は、上記実施形態のステップS 3-0～S 3-3の方法と同様であり、入力データのみが異なる。すなわち、上記実施形態の入力データがエッチング量偏差分布の複数のパーツと目標エッチング量偏差分布であったのに対し、本実施形態の入力データはエッチング量分布の複数のパーツと目標エッチング量分布である。

[0091] ここで、上記実施形態のようにエッチング量偏差分布を最適化すると、エッチング後の第1のウェハWの裏面Wbの形状（プロファイル）を精緻に制御することができる。一方、本実施形態のようにエッチング量を最適化すると、エッチング後の第1のウェハWの裏面Wbの形状を精緻に制御することができるとともに、第1のウェハWの厚みを精緻に制御することができる。

[0092] 図12は、研削後とエッチング後の第1のウェハWの厚み偏差分布（ウェハ面内の厚みから、当該厚みの平均値を差し引いた値の分布）の一例を示す。図12の横軸は、ウェハの中心（横軸の0（ゼロ））から外端（横軸の±R）までの径方向位置を示し、縦軸は第1のウェハWの厚み偏差分布を示す

。研削後の第1のウェハWの厚み偏差分布（図12中の破線）と、本実施形態のエッチング後の第1のウェハWの厚み偏差分布（図12中の実線）とを比較すると、エッチング後に第1のウェハWの平坦度（TTV）が改善する。したがって、本実施形態によれば、エッチングにより第1のウェハWの平坦度（TTV）を改善させることができ、裏面Wbの形状を精緻に制御することができる。

[0093] 図13は、研削後とエッチング後の第1のウェハWの厚み分布の一例を示す。図13の横軸は、ウェハの中心（横軸の0（ゼロ））から外端（横軸の±R）までの径方向位置を示し、縦軸は第1のウェハWの厚み分布を示す。研削後の第1のウェハWの厚み分布（図13中の破線）と、本実施形態のエッチング後の第1のウェハWの厚み分布（図12中の実線）とを比較すると、エッチング後に第1のウェハWの厚みの平均値（厚みをウェハ面内で平均した値）に均一化することができる。したがって、本実施形態によれば、エッチングにより第1のウェハWの第1のウェハWの厚みも精緻に制御することができる。

[0094] なお、第1のウェハWの裏面Wbの形状の制御は、エッチング量偏差分布に基づいて制御するほうが、エッチング量に基づいて制御するより、より精緻に制御することができる。そのため、裏面Wbの形状をより精微に制御したい場合は、エッチング量偏差分布に基づいて制御することを選択するのが好ましい。裏面Wbの形状に合わせて第1のウェハWの厚みを精緻に制御したい場合は、エッチング量に基づいて制御することが好ましい。

[0095] 以上の実施形態では、第1のウェハWの裏面Wbに各種処理を施す場合、すなわちウェハの片面に各種処理を施す場合を例に説明したが、ウェハの両面に各種処理を施す場合にも本開示の技術を適用することができる。以下、単結晶シリコンインゴットからワイヤーソー等により切り出して得られた円盤状のシリコンウェハ（以下、単に「ウェハ」という。）の切断面を平坦化、平滑化してウェハの厚みを均一化する場合について説明する。

[0096] 本実施形態では、図14に示すウェハ処理システム200を用いて、イン

ゴットからワイヤーソー等により切り出され、ラッピングされた基板としてのウェハWに対し、厚みの面内均一性を向上させるための処理を行う。以下、ウェハWの切り出し面を第1の面Waと第2の面Wbという。第1の面Waは第2の面Wbの反対側の面である。また、第1の面Waと第2の面Wbを総称してウェハWの表面という場合がある。

[0097] ウェハ処理システム200は、上記実施形態のウェハ処理システム1において、反転装置210、211を更に有し、また加工装置80に代えて加工装置220が設けられた構成を有している。なお、ウェハ処理システム200の他の構成は、ウェハ処理システム1の構成と同様であるので説明を省略する。

[0098] エッチング装置40は、加工装置220で研削後の第1の面Wa又は研削後の第2の面Wbのシリコン(Si)をエッチングする。ウェハ処理のスループットを向上させるため、エッチング装置40は複数設けられていてもよい。洗浄装置60は、加工装置220で研削後の少なくとも第1の面Wa又は第2の面Wbを洗浄する。

[0099] 反転装置210は、エッチング装置40と厚み測定装置41に積層して配置されている。反転装置211は、洗浄装置60、厚み測定装置61及びバフ装置62に積層して配置されている。これら反転装置210、211は、ウェハWの第1の面Waと第2の面Wbを上下方向に反転させる。反転装置210、211の構成は任意である。

[0100] 加工装置220は、回転テーブル221を有している。回転テーブル221は、回転機構(図示せず)によって、鉛直な回転中心線222を中心に回転自在に構成されている。回転テーブル221上には、ウェハWを吸着保持する、チャック223が4つ設けられている。4つのチャック223のうち、2つの第1のチャック223aは第1の加工位置C1で研削に用いられるチャックである。これら2つの第1のチャック223aは、回転中心線222を挟んで点对称の位置に配置されている。残りの2つの第2のチャック223bは第2の加工位置C2で研削に用いられるチャックである。これら2

つの第2のチャック223bも、回転中心線222を挟んで点対称の位置に配置されている。すなわち、第1のチャック223aと第2のチャック223bは、周方向に交互に配置されている。

[0101] 4つのチャック223は、回転テーブル221が回転することにより、受渡位置B1～B2及び加工位置C1～C2に移動可能になっている。また、4つのチャック223はそれぞれ、回転機構（図示せず）によって鉛直軸回りに回転可能に構成されている。

[0102] 第1の受渡位置B1は回転テーブル221のX軸負方向側且つY軸正方向側の位置であり、第1の面Waを研削する際に第1のチャック223aに対するウェハWの受け渡しが行われる。第2の受渡位置B2は回転テーブル221のX軸負方向側且つY軸負方向側の位置であり、第2の面Wbを研削する際に第2のチャック223bに対するウェハWの受け渡しが行われる。

[0103] 第1の加工位置C1は回転テーブル221のX軸正方向側且つY軸負方向側の位置であり、第1の研削ユニット230が配置される。第1の研削ユニット230は、環状形状で回転自在な研削砥石（図示せず）を備えた研削部231を有している。また研削部231は、支柱232に沿って鉛直方向に移動可能に構成されている。第1の研削ユニット230は、一例として、第1のチャック223aに保持されたウェハWの第1の面Wa又は第2の面Wbを研削する。

[0104] 第2の加工位置C2は回転テーブル221のX軸正方向側且つY軸正方向側の位置であり、第2の研削ユニット240が配置される。第2の研削ユニット240は、環状形状で回転自在な研削砥石（図示せず）を備えた研削部241を有している。また研削部241は、支柱242に沿って鉛直方向に移動可能に構成されている。第2の研削ユニット240は、一例として、第2のチャック223bに保持されたウェハWの第2の面Wb又は第1の面Waを研削する。

[0105] なお、受渡位置B1、B2又は加工位置C1、C2には、研削後のウェハWの厚みを測定する厚み測定装置（図示せず）が設けられていてもよい。

- [0106] 次に、以上のように構成されたウェハ処理システム200を用いて行われるウェハ処理（両面処理）について説明する。以下、3つのパターンのウェハ処理について説明する。
- [0107] 第1のパターンのウェハ処理では、まず、複数のウェハWを収納したカセットCが、搬入出ステーション2のカセット載置台10に載置される。カセットCにおいてウェハWは、第1の面Waが上側、第2の面Wbが下側を向いた状態で収納されている。次に、ウェハ搬送装置20によりカセットC内のウェハWが取り出され、トランジション装置30に搬送される。トランジション装置30に搬送されたウェハWは、ウェハ搬送装置50によりバッファ装置62に搬送される。なお、バッファ装置62では、チャック83に対するウェハWの中心位置、及び／又はウェハWの水平方向の向きを調整してもよい。
- [0108] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置70により加工装置220に搬送され、第1の受渡位置B1の第1のチャック223aに受け渡される。第1のチャック223aでは、ウェハWの第2の面Wbが吸着保持される。
- [0109] 次に、回転テーブル221を回転させて、ウェハWを第1の加工位置C1に移動させる。そして、第1の研削ユニット230によって、ウェハWの第1の面Waが研削される（図15のステップS101）。ステップS101において、制御装置90は加工装置220を制御して、図16（a）に示すように研削後の第1の面Waに、中心部が外周部より窪んだ凹部Warを形成するように、当該第1の面WaをV字型に研削してもよい。
- [0110] 次に、回転テーブル221を回転させて、ウェハWを第1の受渡位置B1に移動させる。第1の受渡位置B1では、洗浄部（図示せず）によって研削後のウェハWの第1の面Waを洗浄してもよい。
- [0111] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置70により洗浄装置60に搬送される。洗浄装置60では、ウェハWの第1の面Wa及び第2の面Wbが洗浄される（図15のステップS102）。
- [0112] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置70により反転装置211に搬送される

。反転装置 211 では、ウェハ W の第 1 の面 W a と第 2 の面 W b を上下方向に反転させる（図 15 のステップ S 103）。すなわち、第 1 の面 W a が下側、第 2 の面 W b が上側を向いた状態にウェハ W が反転される。

[0113] 次に、ウェハ W はウェハ搬送装置 70 により加工装置 220 に搬送され、第 2 の受渡位置 B 2 の第 2 のチャック 223 b に受け渡される。第 2 のチャック 223 b では、ウェハ W の第 1 の面 W a が吸着保持される。

[0114] 次に、回転テーブル 221 を回転させて、ウェハ W を第 2 の加工位置 C 2 に移動させる。そして、第 2 の研削ユニット 240 によって、ウェハ W の第 2 の面 W b が研削される（図 15 のステップ S 104）。ステップ S 104 において、制御装置 90 は加工装置 220 を制御して、図 16（b）に示すように研削後の第 2 の面 W b に、中心部が外周部より窪んだ凹部 W b r を形成するように、当該第 2 の面 W b を V 字型に研削してもよい。

[0115] 次に、回転テーブル 221 を回転させて、ウェハ W を第 2 の受渡位置 B 2 に移動させる。第 2 の受渡位置 B 2 では、洗浄部（図示せず）によって研削後のウェハ W の第 2 の面 W b を洗浄してもよい。

[0116] 次に、ウェハ W はウェハ搬送装置 70 により洗浄装置 60 に搬送される。洗浄装置 60 では、ウェハ W の第 2 の面 W b 及び第 1 の面 W a が洗浄される（図 15 のステップ S 105）。

[0117] 次に、ウェハ W はウェハ搬送装置 70 又はウェハ搬送装置 50 により厚み測定装置 61 に搬送される。厚み測定装置 61 では、第 1 の面 W a と第 2 の面 W b の両面を研削後のウェハ W の厚みを複数点で測定することでウェハ W の研削後の厚み分布を取得し、更にウェハ W の平坦度を算出する（図 15 のステップ S 106）。算出されたウェハ W の厚み分布及び平坦度は例えば制御装置 90 に出力される。なお、加工装置 220 に厚み測定装置が設けられている場合、研削後のウェハ W の厚みは、当該加工装置 220 の厚み測定装置で測定してもよい。

[0118] 制御装置 90 では、出力されたウェハ W の厚み分布及び平坦度から、第 2 の面 W b のエッチング処理におけるエッチング量偏差分布を最適化する、当

該第2の面Wbの最適エッチング条件を決定する（図15のステップS107）。このステップS107は、上記実施形態のステップS3と同様である。

[0119] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置50によりエッチング装置40に搬送される。エッチング装置40では、ステップS107で決定された最適エッチング条件で、ウェハWの第2の面Wbがエッチング液Eによりエッチングされる（図15のステップS108）。ステップS108では、最適エッチング条件で第2の面Wbをエッチングすることにより、エッチング量偏差分布を最適化し、図16（c）に示すように第2の面Wbを目標形状、本実施形態においては平坦にする。

[0120] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置50により反転装置210に搬送される。反転装置210では、ウェハWの第1の面Waと第2の面Wbを上下方向に反転させる（図15のステップS109）。すなわち、第1の面Waが上側、第2の面Wbが下側を向いた状態にウェハWが反転される。

[0121] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置50により厚み測定装置41に搬送される。厚み測定装置41では、ウェハWの厚みを複数点で測定することでウェハWの研削後の厚み分布を取得し、更にウェハWの平坦度を算出する（図15のステップS110）。算出されたウェハWの厚み分布及び平坦度は例えば制御装置90に出力される。

[0122] 制御装置90では、出力されたウェハWの厚み分布及び平坦度から、第1の面Waのエッチング処理におけるエッチング量分布を最適化する、当該第1の面Waの最適エッチング条件を決定する（図15のステップS111）。このステップS111は、上記実施形態のステップS3と同様である。

[0123] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置50によりエッチング装置40に搬送される。エッチング装置40では、ステップS111で決定された最適エッチング条件で、ウェハWの第1の面Waがエッチング液Eによりエッチングされる（図15のステップS112）。ステップS112では、最適エッチング条件で第1の面Waをエッチングすることにより、エッチング量分布を最

適化し、図16(d)に示すように第1の面Waを目標形状、本実施形態においては平坦に加工する。

[0124] 次に、ウェハWはウェハ搬送装置50により厚み測定装置41に搬送される。厚み測定装置41では、第1の面Waと第2の面Wbの両面をエッチング後のウェハWの厚みを複数点で測定することでウェハWの研削後の厚み分布を取得する(図15のステップS113)。更にウェハWの平坦度を算出してもよい。このステップS111は、上記実施形態のステップS6と同様である。

[0125] その後、全ての処理が施されたウェハWは、トランジション装置30を介してカセット載置台10のカセットCに搬送される。こうして、ウェハ処理システム200における一連のウェハ処理が終了する。なお、ウェハ処理システム200で処理が施されたウェハWには、ウェハ処理システム200の外部においてポリッシングが行われてもよい。

[0126] 以上の実施形態においても、上記実施形態と同様の効果を享受することができる。すなわち、ステップS108における第2の面Wbのエッチング量偏差分布が最適化され、ステップS112における第1の面Waのエッチング量分布が最適化される。その結果、エッチング後のウェハWの表面形状を適切に制御することができるとともに、ウェハWの厚みを適切に制御することができる。

[0127] ここで、ステップS108(S112)におけるエッチングでは、プロセスの性質上、エッチング量偏差分布(エッチング量分布)は、ウェハWの中心付近のエッチング量偏差(エッチング量)が小さくなり、下方に窪んだV字型形状になる傾向がある。換言すれば、エッチング後のウェハ表面が上方に突出したA字型形状になりやすい。そこで、研削後のウェハ表面の形状はV字型形状に形成するのが好ましい。

[0128] このように第1の面Waと第2の面Wbをエッチングで制御容易な形状に研削することで、ステップS108、S110における第1の面Waと第2の面Wbのエッチング量偏差分布最適化の精度を向上させることができる。

- [0129] なお、本実施形態では、ステップS 1 0 7、S 1 1 1における最適エッチング条件の決定はそれぞれ、ステップS 1 0 6、S 1 1 0で取得されたウェハWの厚み分布及び平坦度に基づいて行われた。この点、ステップS 1 0 6で取得されたウェハWの厚み分布及び平坦度に基づいて、ステップS 1 0 7、S 1 1 1のそれぞれで第2の面W bと第1の面W aの最適エッチング条件を決定してもよい。
- [0130] 第2のパターンのウェハ処理は、第1のパターンのウェハ処理のステップS 1 0 7、S 1 0 8が異なる。なお、第2のパターンで処理されるウェハWの状態変化は、図1 6に示した第1のパターンと同様である。
- [0131] 先ず、図1 7に示すようにステップS 2 0 1～S 2 0 6を行って、ウェハWの両面研削、ウェハWの両面洗浄、ウェハWの厚み測定を順次行う。これらステップS 2 0 1～S 2 0 6は、第1のパターンのステップS 1 0 1～S 1 0 6と同様である。
- [0132] 次に、ステップS 2 0 7では、ステップS 2 0 6で取得されたウェハWの厚み分布及び平坦度から、第2の面W bのエッチング処理におけるエッチング量分布を最適化する、当該第2の面W bの最適エッチング条件を決定する。すなわち、上記実施形態のステップS 1 0 7ではエッチング量偏差分布を最適化した、ステップS 2 0 7ではエッチング量分布を最適化する。
- [0133] 次に、ステップS 2 0 8では、ステップS 2 0 7で決定された最適エッチング条件で、ウェハWの第2の面W bがエッチング液Eによりエッチングされる。この際、最適エッチング条件で第2の面W bをエッチングすることにより、エッチング量分布を最適化する。
- [0134] 次に、ステップS 2 0 9～S 2 1 3を行い、第1の面W aのエッチング、ウェハWの厚み測定を順次行う。これらステップS 2 0 9～S 2 1 3は、第1のパターンのステップS 1 0 9～S 1 1 3と同様である。ステップS 2 1 1においても、第1のパターンのステップS 1 1 1と同様に、第1の面W aのエッチング量分布を最適化する最適エッチング条件を決定する。
- [0135] 以上の実施形態においても、上記実施形態と同様の効果を享受することが

できる。すなわち、ステップS 2 0 8における第2の面W bのエッチング量分布が最適化され、ステップS 2 1 2における第1の面W aのエッチング量分布が最適化される。その結果、エッチング後のウェハWの表面形状を適切に制御することができるとともに、ウェハWの厚みを適切に制御することができる。

[0136] 第3のパターンのウェハ処理は、第1のパターン及び第2のパターンのウェハ処理のステップS 1 0 6、S 2 0 6以降が異なる。

[0137] 先ず、図18に示すようにステップS 3 0 1～S 3 0 5を行って、ウェハWの両面研削、ウェハWの両面洗浄を順次行う。これらステップS 3 0 1～S 3 0 6は、第1のパターンのステップS 1 0 1～S 1 0 5と同様である。ステップS 3 0 1では図19(a)に示すように、第1の面W aを研削する。一例として、中心部が外周部より窪んだ凹部W a rを形成するように、当該第1の面W aをV字型に研削する。ステップS 3 0 4では図19(b)に示すように、第2の面W bを研削する。一例として、中心部が外周部より窪んだ凹部W b rを形成するように、当該第2の面W bをV字型に研削する。

[0138] 次に、ステップS 3 0 6では、図19(c)に示すように、第2の面W bがエッチングされる。この際、第2の面W bのエッチング量偏差（又はエッチング量）は面内で均一であり、すなわちエッチング量偏差分布（又はエッチング量分布）は均一である。すなわち、第1のパターン及び第2のパターンと異なり、エッチング量偏差分布又はエッチング量分布を最適化しない。

[0139] 次に、ステップS 3 0 7～S 3 1 1を行い、ウェハWの厚み測定、第1の面W aのエッチングを順次行う。これらステップS 3 0 7～S 3 1 1は、第1のパターンのステップS 1 0 9～S 1 1 3と同様である。ステップS 3 0 9では、第1のパターンのステップS 1 1 1と同様に、第1の面W aのエッチング量分布を最適化する最適エッチング条件を決定する。そしてステップS 3 1 0では、図19(d)に示すように、ステップS 3 0 9で決定された最適エッチング条件で、第1の面W aがエッチングされる。すなわち、エッチング後の本実施形態では、ウェハWの厚み分布が均一になる。

- [0140] なお、本実施形態において、複数のウェハWに対し連続してステップS 3 0 1～S 3 1 1を行う場合、ステップS 3 0 6では第2の面W bのエッチング量偏差（又はエッチング量）は面内で均一である。換言すれば、複数のウェハWに対して、同じエッチング条件で第2の面W bをエッチングする。
- [0141] 以上の実施形態においても、上記実施形態と同様の効果を享受することができる。すなわち、ステップS 3 0 6における第2の面W bのエッチング量偏差がウェハ面内で均一であっても、ステップS 3 1 0における第1の面W aのエッチング量分布が最適化される。その結果、エッチング後のウェハWの表面形状を適切に制御することができるとともに、ウェハWの厚みを適切に制御することができる。
- [0142] 今回開示された実施形態はすべ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。上記の実施形態は、添付の請求の範囲及びその主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

- [0143]
- | | |
|-----|-----------|
| 1 | ウェハ処理システム |
| 4 0 | エッチング装置 |
| 9 0 | 制御装置 |
| E | エッチング液 |
| T | 重合ウェハ |
| W | 第1のウェハ |
| S | 第2のウェハ |

請求の範囲

- [請求項1] 基板を処理する基板処理方法であって、
最適エッチング条件を決定することと、
前記最適エッチング条件に基づいて、前記基板におけるエッチング対象の表面にエッチング液を供給して、当該表面をエッチングすることと、を含み、
前記最適エッチング条件を決定することは、
複数の異なるエッチング条件で前記エッチング対象の表面をエッチングした際の、当該エッチング対象の径方向のエッチング指標分布を取得することと、
最適化手法を用いて、前記複数のエッチング条件に対応する前記エッチング指標分布を重ね合わせて、前記エッチング対象の表面の形状が目標形状になるように、重ね合わせに用いる前記エッチング指標分布と、当該エッチング指標分布を重ね合わせる回数との組み合わせを最適化することと、
前記最適化された組み合わせに対応するエッチング条件を統合して前記最適エッチング条件を決定することと、を含む、基板処理方法。
- [請求項2] 前記最適エッチング条件を決定する際、
前記複数の異なるエッチング条件での前記エッチング対象の表面のエッチングは、前記基板1枚毎に行われ、
前記各基板の前記エッチング対象に対するエッチングの処理時間は同じである、請求項1に記載の基板処理方法。
- [請求項3] 前記最適化手法では、前記エッチング対象の表面のエッチング精度と、前記エッチング対象の表面への前記エッチング液の供給時間とを同時に最適化する、請求項1又は2に記載の基板処理方法。
- [請求項4] 前記エッチング精度は、前記エッチング対象の平坦度と、前記エッチング対象の厚み分布のばらつきとの重み付け線形和で算出する、請求項3に記載の基板処理方法。

- [請求項5] 前記エッチング対象の表面をエッチングする際、前記基板を回転させるとともに、エッチング液供給部を前記エッチング対象の中心を通る径方向に移動させながら、当該エッチング液供給部から前記エッチング液を供給し、
前記エッチング対象の両端部間の前記エッチング液供給部の往復移動を1ループとした際、前記最適化手法では、0.5ループ単位で前記エッチング指標分布を重ね合わせる回数を最適化する、請求項1又は2に記載の基板処理方法。
- [請求項6] 前記エッチング対象の表面をエッチングする前に、前記エッチング対象の厚みを測定して、当該エッチング対象の厚み分布を取得することを含み、
前記最適エッチング条件は、取得された前記エッチング対象の厚み分布に基づいて決定される、請求項1又は2に記載の基板処理方法。
- [請求項7] 前記エッチング対象の厚みを測定する前に、前記基板を薄化することを含む、請求項6に記載の基板処理方法。
- [請求項8] 前記エッチング指標分布は、基板面内のエッチング量から当該エッチング量の平均値を差し引いた値のエッチング量偏差分布、又は基板面内のエッチング量のエッチング量分布の少なくともいずれかである、請求項1又は2に記載の基板処理方法。
- [請求項9] 前記基板の第1の面と第2の面を研削することと、
前記基板の厚みを測定して、当該基板の厚み分布を取得することと、
前記厚み分布から前記エッチング量偏差分布を最適化する前記最適エッチング条件に基づいて、前記第2の面をエッチングすることと、
前記厚み分布から前記エッチング量分布を最適化する前記最適エッチング条件に基づいて、前記第1の面をエッチングすることと、を含む、請求項8に記載の基板処理方法。
- [請求項10] 前記基板の第1の面と第2の面を研削することと、
前記基板の厚みを測定して、当該基板の厚み分布を取得することと、

前記厚み分布から前記エッチング量分布を最適化する前記最適エッチング条件に基づいて、前記第2の面をエッチングすることと、
前記厚み分布から前記エッチング量分布を最適化する前記最適エッチング条件に基づいて、前記第1の面をエッチングすることと、を含む、請求項8に記載の基板処理方法。

[請求項11] 前記基板の第1の面と第2の面を研削することと、
前記基板の厚みを測定して、当該基板の厚み分布を取得することと、
予め定められたエッチング量偏差分布又はエッチング量分布に基づいて前記第2の面をエッチングすることと、
前記厚み分布から前記エッチング量分布を最適化する前記最適エッチング条件に基づいて、前記第1の面をエッチングすることと、を含む、請求項8に記載の基板処理方法。

[請求項12] 基板を処理する基板処理システムであって、
前記基板におけるエッチング対象の表面にエッチング液を供給して、
当該表面をエッチングするエッチング装置と、
最適エッチング条件に基づいて、前記エッチング装置における前記エッチング対象のエッチングを制御する制御装置と、を有し、
前記制御装置は、
複数の異なるエッチング条件で前記エッチング対象の表面をエッチングした際の、当該エッチング対象の径方向のエッチング指標分布を取得することと、
最適化手法を用いて、前記複数のエッチング条件に対応する前記エッチング指標分布を重ね合わせて、前記エッチング対象の表面の形状が目標形状になるように、重ね合わせに用いる前記エッチング指標分布と、当該エッチング指標分布を重ね合わせる回数との組み合わせを最適化することと、
前記最適化された組み合わせに対応するエッチング条件を統合して前記最適エッチング条件を決定することと、を実行する、基板処理シス

テム。

- [請求項13] 前記制御装置は、前記最適エッチング条件を決定する際、前記複数の異なるエッチング条件での前記エッチング対象の表面のエッチングを前記基板1枚毎に行い、前記各基板の前記エッチング対象に対するエッチングの処理時間を同じに制御する、請求項12に記載の基板処理システム。
- [請求項14] 前記制御装置は、前記最適化手法において、前記エッチング対象の表面のエッチング精度と、前記エッチング対象の表面への前記エッチング液の供給時間とを同時に最適化する、請求項12又は13に記載の基板処理システム。
- [請求項15] 前記制御装置は、前記エッチング精度を、前記エッチング対象の平坦度と、前記エッチング対象の厚み分布のばらつきとの重み付け線形和で算出する、請求項14に記載の基板処理システム。
- [請求項16] 前記エッチング装置は、
前記基板を保持する基板保持部と、
前記基板保持部を回転させる回転機構と、
前記基板保持部に保持された前記基板における前記エッチング対象の表面の上方からエッチング液を供給するエッチング液供給部と、
前記エッチング液供給部を水平方向に移動させる移動機構と、を有し、
前記制御装置は、前記エッチング対象の両端部間の前記エッチング液供給部の往復移動を1ループとした際、前記最適化手法において、0.5ループ単位で前記エッチング指標分布を重ね合わせる回数を最適化する、請求項12又は13に記載の基板処理システム。
- [請求項17] エッチング前の前記エッチング対象の厚みを測定する厚み測定装置を有し、
前記制御装置は、前記厚み測定装置で測定された前記エッチング対象の厚みから取得される当該エッチング対象の厚み分布に基づいて、前

記最適エッチング条件を決定する、請求項 1 2 又は 1 3 に記載の基板処理システム。

[請求項18] 前記基板を薄化する薄化装置を有し、
前記厚み測定装置は、薄化後の前記基板における前記エッチング対象の厚みを測定する、請求項 1 7 に記載の基板処理システム。

[請求項19] 前記エッチング指標分布は、基板面内のエッチング量から当該エッチング量の平均値を差し引いた値のエッチング量偏差分布、又は基板面内のエッチング量のエッチング量分布の少なくともいずれかである、請求項 1 2 又は 1 3 に記載の基板処理システム。