

明 細 書

発明の名称： 研磨装置および研磨方法

技術分野

[0001] 本発明は、研磨装置および研磨方法に関する。

背景技術

[0002] 研磨テープを基板（例えば、ウェハ）の周縁部に押し付けて、ウェハの周縁部を研磨する研磨装置が知られている。このような研磨装置は、所定の研磨条件に基づいて、研磨対象となるウェハを研磨する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-066891号公報

特許文献2：特開2013-103318号公報

特許文献3：特開2017-124471号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、研磨対象となるウェハには、ばらつき（例えば、膜厚のばらつき、エッジカット量のばらつき）が存在する場合があります、予め決定された研磨条件でウェハを研磨することにより、研磨不足や過研磨といった異常研磨が発生するおそれがある。

[0005] そこで、本発明は、研磨不足および過研磨を防止することができる研磨装置および研磨方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 一態様では、ベアウェハ上に膜が形成された基板を回転させる保持ステージと、前記基板の周縁部を研磨する研磨ヘッドと、前記研磨ヘッドの動作を制御する制御装置と、を備える研磨装置が提供される。前記制御装置は、前記基板の周縁部を研磨したときにおける前記保持ステージの回転トルク値をリアルタイムで監視するトルク検出部と、前記ベアウェハを研磨したときに

における前記保持ステージの回転トルク値を、設定トルク値として記憶する記憶部と、前記膜の除去を判定する判定部と、を備えており、前記判定部は、前記回転トルク値が前記設定トルク値で安定したときに、前記膜の除去を決定する。

[0007] 一態様では、前記基板の周縁部は、前記基板の最外周面よりも前記基板の半径方向内側に位置するエッジ部を含んでおり、前記記憶部は、前記ベアウエハのエッジ部を研磨したときの設定エッジトルク値を記憶しており、前記判定部は、前記基板のエッジ部を研磨したときにおける前記回転トルク値が前記設定エッジトルク値で安定したときに、前記基板のエッジ部の膜の除去を決定する。

一態様では、前記制御装置は、前記基板のエッジ部を、前記基板の半径方向に沿って複数の研磨領域に分割し、前記複数の研磨領域ごとに研磨条件を設定する設定部を備えている。

一態様では、前記設定部は、前記研磨条件として、少なくとも、前記複数の研磨領域間における前記研磨ヘッドの移動速度を設定する。

[0008] 一態様では、前記制御装置は、前記判定部が前記複数の研磨領域のうちの少なくとも一つの研磨領域における前記膜の除去を決定すると、前記膜の除去が決定された研磨領域を除く他の研磨領域を研磨するように、前記研磨ヘッドの動作を制御する。

一態様では、前記設定部は、前記回転トルク値と前記設定エッジトルク値との間の差分に基づいて、前記研磨ヘッドの移動速度を変更する。

一態様では、前記制御装置は、前記研磨ヘッドを前記基板に対して垂直方向に移動させるように構成されており、前記判定部は、前記回転トルク値が前記設定トルク値で安定したときに、前記垂直方向における前記膜の除去を決定する。

[0009] 一態様では、前記制御装置は、前記研磨ヘッドを前記基板に対して平行方向に移動させるように構成されており、前記制御装置は、前記判定部が前記垂直方向における前記膜の除去を決定した後に、前記研磨ヘッドを前記平行

方向に移動させる。

一態様では、前記基板の周縁部は、前記基板の最外周面であるベベル部を含んでおり、前記記憶部は、前記ベアウェハのベベル部を研磨したときの設定ベベルトルク値を記憶しており、前記判定部は、前記基板のベベル部を研磨したときにおける前記回転トルク値が前記設定ベベルトルク値で安定したときに、前記基板のベベル部の膜の除去を決定する。

一態様では、前記研磨装置は、前記基板のベベル部の断面形状を測定する断面測定装置を備えており、前記記憶部は、前記断面測定装置によって測定された前記ベベル部の断面形状と前記設定ベベルトルク値との相関関係を記憶しており、前記判定部は、前記相関関係に基づいて、前記基板のベベル部の膜の除去を決定する。

[0010] 一態様では、ベアウェハ上に膜が形成された基板を保持ステージによって回転させながら、前記基板の周縁部を研磨する研磨方法が提供される。研磨方法は、前記基板の周縁部を研磨したときにおける前記保持ステージの回転トルク値をリアルタイムで監視し、前記回転トルク値と、前記ベアウェハを研磨したときにおける前記保持ステージの設定トルク値と、を比較し、前記回転トルク値が前記設定トルク値で安定したときに、前記膜の除去を決定する。

[0011] 一態様では、前記基板の周縁部に含まれる、前記基板の最外周面よりも前記基板の半径方向内側に位置するエッジ部を研磨したときの設定エッジトルク値と、前記基板のエッジ部を研磨したときにおける前記回転トルク値と、を比較し、前記回転トルク値が前記設定エッジトルク値で安定したときに、前記基板のエッジ部の膜の除去を決定する。

一態様では、前記基板のエッジ部を、前記基板の半径方向に沿って複数の研磨領域に分割し、前記複数の研磨領域ごとに研磨条件を設定する。

一態様では、前記研磨条件として、少なくとも、前記複数の研磨領域間における前記研磨ヘッドの移動速度を設定する。

[0012] 一態様では、前記複数の研磨領域のうちの少なくとも一つの研磨領域にお

ける前記膜の除去を決定すると、前記膜の除去が決定された研磨領域を除く他の研磨領域を研磨する。

一態様では、前記回転トルク値と前記設定エッジトルク値との間の差分に基づいて、前記研磨ヘッドの移動速度を変更する。

一態様では、前記研磨ヘッドを前記基板に対して垂直方向に移動させ、前記回転トルク値が前記設定トルク値で安定したときに、前記垂直方向における前記膜の除去を決定する。

[0013] 一態様では、前記垂直方向における前記膜の除去を決定した後に、前記研磨ヘッドを、前記基板に対して平行方向に移動させる。

一態様では、前記基板の周縁部に含まれる、前記基板の最外周面であるベベル部を研磨したときの設定ベベルトルク値と、前記基板のベベル部を研磨したときにおける前記回転トルク値と、を比較し、前記回転トルク値が前記設定ベベルトルク値で安定したときに、前記基板のベベル部の膜の除去を決定する。

一態様では、前記基板のベベル部の断面形状を測定する断面測定装置によって測定された前記ベベル部の断面形状と前記設定ベベルトルク値との関係に基づいて、前記基板のベベル部の膜の除去を決定する。

発明の効果

[0014] 制御装置は、保持ステージの回転トルク値および設定トルク値に基づいて、膜の除去を決定する。したがって、研磨装置は、研磨不足や過研磨といった異常研磨を発生させることなく、精度よく基板を研磨することができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1A]図1 Aは、基板の周縁部を示す拡大断面図である。

[図1B]図1 Bは、基板の周縁部を示す拡大断面図である。

[図2]研磨装置の一実施形態を示す模式図である。

[図3]ベアウェハを研磨したときの回転トルク値の変動を示す図である。

[図4]ベアウェハ上に形成された膜を研磨したときの回転トルク値の変動を示す図である。

[図5]複数の研磨領域に分割されたウェハのエッジ部を示す図である。

[図6]研磨ヘッドによって除去された1 s t ポジションにおける膜を示す図である。

[図7]1 s t ポジションにおける膜を研磨したときの回転トルク値の変動を示す図である。

[図8A]図8 Aは、研磨ヘッドの移動速度が速すぎる場合における膜の除去状態を示す図である。

[図8B]図8 Bは、研磨ヘッドの移動速度が速すぎる場合における膜の除去状態を示す図である。

[図9A]図9 Aは、研磨ヘッドの移動速度が適切な速度である場合における膜の除去状態を示す図である。

[図9B]図9 Bは、研磨ヘッドの移動速度が適切な速度である場合における膜の除去状態を示す図である。

[図10]膜の厚さに応じて変動する回転トルク値を示す図である。

[図11]研磨ヘッドを傾斜させるヘッドチルト機構を示す図である。

[図12]研磨ヘッドを傾斜させるヘッドチルト機構を示す図である。

[図13A]図1 3 Aは、ウェハの断面形状の例を示す図である。

[図13B]図1 3 Bは、ウェハの断面形状の例を示す図である。

[図14A]図1 4 Aは、ベアウェハのベベル部を研磨したときの回転トルク値の変動の例を示す図である。

[図14B]図1 4 Bは、ベアウェハのベベル部を研磨したときの回転トルク値の変動の例を示す図である。

[図15]ウェハのベベル部の断面形状を測定する断面測定装置の一例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図1 Aおよび図1 Bは、基板の周縁部を示す拡大断面図である。より具体的には、図1 Aはいわゆるストレート型の基板の断面図であり、図1 Bはい

わゆるラウンド型の基板の断面図である。

[0017] 基板の例としては、ウェハが挙げられる。基板の周縁部は、ベベル部およびエッジ部を含む領域として定義される。図1AのウェハWにおいて、ベベル部Sは、上側傾斜部（上側ベベル部）P、下側傾斜部（下側ベベル部）Q、および側部（アペックス部）Rから構成されるウェハWの最外周面である。

[0018] 図1BのウェハWにおいては、ベベル部Sは、ウェハWの最外周面を構成する、湾曲した断面を有する部分である。エッジ部T1は、ベベルSよりも半径方向内側に位置する環状の平坦部である。エッジ部T1は、ベベルSに接続されている。エッジ部T1は、トップエッジ部とも呼ばれる。

[0019] 図1Aおよび図1Bに示すように、ウェハWは、ベアウェハB上に膜Fが形成された構造を有している。本実施形態では、ベアウェハBは、ベアシリコンウェハ（Bare-Si）である。以下に説明する研磨装置は、ウェハWの周縁部（すなわち、エッジ部T1およびベベル部S）における膜Fを除去するように構成されている。以下、研磨装置の詳細な構造について説明する。

[0020] 図2は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。研磨装置は、基板の一例であるウェハWを保持し、回転軸心CLを中心にウェハWを回転させるウェハ回転装置（基板回転装置）3と、ウェハWの周縁部を研磨する研磨ユニット10と、を備えている。本実施形態では、1つの研磨ユニット10が設けられているが、複数の研磨ユニット10が設けられてもよい。

[0021] 研磨装置は、ウェハ回転装置3および研磨ユニット10の動作を制御する制御装置1をさらに備えている。制御装置1は、ウェハ回転装置3および研磨ユニット10に電氣的に接続されている。

[0022] 制御装置1は、プログラムが格納された記憶部1aと、プログラムに従って演算を実行する処理部1bと、を備えている。処理部1bは、記憶部1aに格納されているプログラムに従って演算を行うCPU（中央処理装置）またはGPU（グラフィックプロセッシングユニット）などを含む。記憶部1a

は、処理部 1 b がアクセス可能な主記憶装置（例えばランダムアクセスメモリ）と、データおよびプログラムを格納する補助記憶装置（例えば、ハードディスクドライブまたはソリッドステートドライブ）と、を備えている。制御装置 1 は、専用のコンピュータまたは汎用のコンピュータから構成されている。

[0023] ウェハ回転装置 3 は、ウェハ W の下面を保持するためのウェハ保持面（基板保持面） 4 a を有する保持ステージ 4 と、回転軸心 CL を中心に、ウェハ保持面 4 a を回転させるモータ 8 と、を備えている。ウェハ保持面 4 a には、溝 4 b が形成されており、溝 4 b は真空ライン 9 に連通している。ウェハ W がウェハ保持面 4 a に置かれた状態で溝 4 b に真空が形成されると、ウェハ W は真空吸引によりウェハ保持面 4 a に保持される。

[0024] 研磨ユニット 10 は、ウェハ W の周縁部を研磨テープ 12 で研磨する研磨ヘッド 14 と、研磨テープ 12 を研磨ヘッド 14 に供給し、研磨ヘッド 14 から回収する研磨テープ供給機構 16 と、を備えている。本実施形態では、研磨ヘッド 14 は、ウェハ保持面 4 a に保持されたウェハ W のエッジ部 T1 の上方に配置されている。

[0025] 研磨テープ供給機構 16 は、研磨テープ 12 を巻き出す巻き出しリール 17 と、研磨テープ 12 を巻き取る巻き取りリール 18 と、を備えている。巻き出しリール 17 および巻き取りリール 18 にはテンションモータ 21、22 がそれぞれ連結されている。それぞれのテンションモータ 21、22 は、巻き出しリール 17 および巻き取りリール 18 に所定のトルクを与え、研磨テープ 12 に所定のテンションを掛けることができるようになっている。

[0026] 研磨テープ 12 は、研磨テープ 12 の研磨面がウェハ W を向くように研磨ヘッド 14 に供給される。すなわち、研磨テープ 12 は、巻き出しリール 17 から研磨ヘッド 14 に供給され、研磨に使用された研磨テープ 12 は巻き取りリール 18 に回収される。研磨テープ 12 の片面は、砥粒が固定された研磨面を構成している。

[0027] 研磨ヘッド 14 は、ヘッド支持部材 25 に固定されている。ヘッド支持部

材 2 5 は、研磨ヘッド移動機構 2 6 に連結されている。この研磨ヘッド移動機構 2 6 は、研磨ヘッド 1 4 および研磨テープ 1 2 を、ウェハ保持面 4 a の半径方向、すなわちウェハ W の半径方向に移動させるように構成されている。

[0028] より具体的には、研磨ヘッド移動機構 2 6 は、ヘッド支持部材 2 5 に連結されたボールねじ機構 2 8 と、ボールねじ機構 2 8 を作動させるモータ 2 9 と、を備えている。ボールねじ機構 2 8 は、ヘッド支持部材 2 5 に固定されたナット機構 2 8 a と、ナット機構 2 8 a に螺合するねじ軸 2 8 b と、を備えている。ねじ軸 2 8 b は軸受 3 0 によって回転可能に支持されており、かつモータ 2 9 に連結されている。モータ 2 9 には、サーボモータまたはステッピングモータが使用される。

[0029] 研磨ヘッド移動機構 2 6 は、制御装置 1 に電氣的に接続されており、研磨ヘッド移動機構 2 6 の動作は制御装置 1 によって制御される。制御装置 1 が研磨ヘッド移動機構 2 6 に指令を発して、モータ 2 9 およびねじ軸 2 8 b を一方向に回転させると、ナット機構 2 8 a およびヘッド支持部材 2 5 が外側に移動し、研磨ヘッド 1 4 および研磨テープ 1 2 は、ウェハ W の半径方向（ウェハ保持面 4 a の半径方向）において外側に移動する。

[0030] 制御装置 1 が研磨ヘッド移動機構 2 6 に指令を発して、モータ 2 9 およびねじ軸 2 8 b を逆方向に回転させると、ナット機構 2 8 a およびヘッド支持部材 2 5 が内側に移動し、研磨ヘッド 1 4 および研磨テープ 1 2 は、ウェハ W の半径方向（ウェハ保持面 4 a の半径方向）において内側に移動する。

[0031] 図 2 に示すように、研磨ヘッド 1 4 は、研磨テープ 1 2 をウェハ W のエッジ部 T 1 に押し付ける押圧部材 3 5 と、押圧部材 3 5 をウェハ保持面 4 a に対して垂直な方向（すなわち、ウェハ W の上面に対して垂直な方向）に移動させるエアシリンダ 3 7 と、を備えている。研磨ヘッド 1 4 は、ウェハ保持面 4 a に対して垂直に配置されている。

[0032] 研磨装置は、ウェハ W の膜 F を除去するように構成されている。しかしながら、ウェハ W には、ばらつき（例えば、膜 F の厚さ）が存在する場合があ

るため、所定の研磨条件に基づいて、すべてのウェハWを研磨すると、研磨不足や過研磨といった異常研磨が発生するおそれがある。そこで、制御装置1は、膜F（図1Aおよび図1B参照）の除去を正確に決定するように構成されている。以下、制御装置1の構成について、説明する。

[0033] 図2に示すように、制御装置1は、ウェハWの周縁部（本実施形態では、エッジ部T1）を研磨したときにおける保持ステージ4の回転トルク値（本実施形態では、回転エッジトルク値）をリアルタイムで監視するトルク検出部1cと、膜Fの除去を判定する判定部1dと、を備えている。

[0034] 図3は、ベアウェハを研磨したときの回転トルク値の変動を示す図である。図4は、ベアウェハ上に形成された膜を研磨したときの回転トルク値の変動を示す図である。図3および図4において、横軸はウェハWの処理時間を示しており、縦軸はステージトルク（すなわち、保持ステージ4の回転トルク）を示している。

[0035] 図3に示す実施形態では、ベアウェハB上には、膜Fが形成されていないため、研磨ヘッド14がベアウェハBを研磨しても、モータ8にかかる負荷は変化しない。したがって、保持ステージ4の回転トルク値は、ベアウェハBの研磨中において一定である。記憶部1aは、このベアウェハBを研磨したときの回転トルク値を、保持ステージ4の設定トルク値として記憶している。本実施形態では、この回転トルク値は、ベアウェハBのエッジ部T1を研磨したときの値であるため、設定エッジトルク値と呼ばれてもよい。設定トルク値は、膜Fの除去を決定するための基準値である。

[0036] ベアウェハB上に形成された膜Fは、ベアウェハBよりも軟質な材料から構成されている。したがって、研磨ヘッド14が膜Fを研磨したときにおける保持ステージ4にかかる負荷は、研磨ヘッド14がベアウェハBを研磨したときにおける保持ステージ4にかかる負荷よりも小さい。結果として、膜Fの研磨を開始したときにおける保持ステージ4の回転トルク値は、ベアウェハBを研磨したときにおける保持ステージ4の回転トルク値よりも小さい。

- [0037] ウェハWの研磨を継続すると、膜Fが徐々に除去され、ウェハWの表面は、膜FおよびベアウェハBとが混在した状態となる。すると、図4に示すように、保持ステージ4の回転トルク値が徐々に増加し、やがて、回転トルク値が設定トルク値に到達する。上述したように、設定トルク値は、ベアウェハBを研磨したときにおける回転トルク値に相当するため、判定部1dは、現在の回転トルク値と設定トルク値とを比較し、回転トルク値が設定トルク値に到達したときに、膜Fの除去を決定することができる。
- [0038] 膜Fの除去をより精度よく決定するために、判定部1dは、回転トルク値が設定トルク値で安定したときに、膜Fの除去を決定することが望ましい。膜FとベアウェハBとが混在した状態では、回転トルク値は変動し、不安定になる。
- [0039] そこで、制御装置1は、保持ステージ4の回転トルク値が設定トルク値に到達した後、回転トルク値が安定するまでウェハWの研磨を継続する。所定の処理時間が経過した後、判定部1dは、回転トルク値が安定したときに、膜Fの除去を決定する。このような構成により、判定部1dは、完全な膜Fの除去を決定することができる。所定の処理時間は、ウェハWの過研磨が生じない短時間に決定される。
- [0040] 本実施形態によれば、制御装置1は、保持ステージ4の回転トルク値および設定トルク値に基づいて、膜Fの除去を決定するように構成されている。したがって、研磨装置は、研磨不足や過研磨といった異常研磨を発生させることなく、最適な研磨量で基板を研磨することができる。
- [0041] 図5は、複数の研磨領域に分割されたウェハのエッジ部を示す図である。図5に示すように、制御装置1は、ウェハWのエッジ部T1を、ウェハWの半径方向に沿って複数の研磨領域に分割し、複数の研磨領域ごとに研磨条件を設定する設定部1e（図2参照）を備えてもよい。
- [0042] 図5に示す実施形態では、設定部1eは、エッジ部T1を5つの研磨領域に分割している（図5の1stポジション乃至5thポジション参照）。しかしながら、研磨領域の数は、本実施形態には限定されず、エッジ部T1を

少なくとも2つの研磨領域に分割してもよい。本実施形態では、1 s t ポジションはウェハWの中心側に配置されており、5 t h ポジションはウェハWの最外周面側に配置されている。

[0043] 図5に示すように、制御装置1は、まず、研磨ヘッド移動機構26を動作させて、ヘッド退避位置にある研磨ヘッド14を所定の研磨位置（研磨開始位置）まで移動させる。研磨ヘッド14が研磨位置まで移動すると、制御装置1は、エアシリンダ37を動作させて、押圧部材35を研磨テープ12とともに下降させる。

[0044] 制御装置1は、押圧部材35の下降により、研磨テープ12をウェハWの表面（すなわち、膜F）に接触させる。制御装置1は、研磨ヘッド14をウェハWの表面に対して垂直方向に移動させるように構成されている。図5に示すように、1 s t ポジションにおける待ち時間を設定することにより、研磨ヘッド14は、1 s t ポジション（すなわち、研磨開始位置）における膜Fを除去する。

[0045] 図6は、研磨ヘッドによって除去された1 s t ポジションにおける膜を示す図である。図7は、1 s t ポジションにおける膜を研磨したときの回転トルク値の変動を示す図である。図7において、横軸はウェハWの処理時間を示しており、縦軸はステージトルクを示している。図7に示すように、1 s t ポジションにおける膜Fの研磨が進行すると、保持ステージ4の回転トルク値が徐々に増加し、やがて、回転トルク値が設定トルク値に到達する。判定部1dは、回転トルク値が設定トルク値で安定したときに垂直方向における膜Fの除去を決定し、研磨ヘッド14のベアウェハBへの到達を決定する。

[0046] 1 s t ポジションにおける膜Fが除去された後、制御装置1は、研磨ヘッド移動機構26を動作させて、研磨ヘッド14を2 n d ポジションから5 t h ポジションまで移動させる。上述したように、制御装置1の設定部1eは、複数の研磨領域ごとに研磨条件を設定するように構成されている。より具体的には、設定部1eは、研磨条件として、少なくとも、複数の研磨領域間

における研磨ヘッド14の移動速度を設定する。他の研磨条件として、例えば、エアシリンダ37の押圧力、研磨テープ12の研磨ヘッド14への供給速度を上げることができる。

[0047] 図5に示す実施形態では、設定部1eは、1stポジションから2ndポジションまで研磨ヘッド14を1st速度で移動させ、2ndポジションから3rdポジションまで研磨ヘッド14を2nd速度で移動させる。さらに、設定部1eは、3rdポジションから4thポジションまで研磨ヘッド14を3rd速度で移動させ、4thポジションから5thポジションまで研磨ヘッド14を4th速度で移動させる。

[0048] 設定部1eは、1st速度から4th速度までの各速度を、膜Fの厚さに基づいて決定してもよい。記憶部1aは、膜Fの厚さに関するデータを記憶している。したがって、設定部1eは、記憶部1aに記憶されている膜Fのデータに基づいて、1st速度から4th速度までの各速度を決定することができる。

[0049] 一実施形態では、膜Fの厚さは、研磨装置に組み込まれた膜厚測定器（図示しない）または研磨装置の外部に配置された膜厚測定器（図示しない）によって測定されてもよい。他の実施形態では、膜Fの厚さは、研磨対象となるウェハWを同一の構造を有するウェハの膜厚情報に基づいて決定してもよい。さらに他の実施形態では、膜Fの厚さは、ウェハWと同一の構造を有するウェハを過去に研磨したときの実験結果に基づいて決定してもよい。

[0050] 膜Fの除去量は、研磨ヘッド14の移動速度に依存する。研磨ヘッド14の移動速度が遅い場合、膜Fの除去量は大きくなる。逆に、研磨ヘッド14の移動速度が速い場合、膜Fの除去量は小さくなる。したがって、設定部1eは、膜Fの厚さが厚い研磨領域における研磨ヘッド14の移動速度を遅くし、膜Fの厚さが薄い研磨領域における研磨ヘッド14の移動速度を速くしてもよい。このような構成により、膜Fを除去するために必要な研磨時間を短縮することができ、結果として、研磨装置のスループットを向上させることができる。

- [0051] 一実施形態では、制御装置1は、研磨ヘッド14を5 t hポジションまで移動させた後、ウェハWの研磨を終了してもよい。この場合、制御装置1は、5 t hポジションにおいて、エアシリンダ37を動作させて、押圧部材35を上昇させる（図5の加圧OFF参照）。その後、制御装置1は、研磨ヘッド14をヘッド退避位置まで移動させて、ウェハWの研磨を終了する。
- [0052] 図8Aおよび図8Bは、研磨ヘッドの移動速度が速すぎる場合における膜の除去状態を示す図である。図8Aに示すように、制御装置1は、押圧部材35を下降させて、1 s tポジションにおける膜Fを除去する。その後、制御装置1は、研磨ヘッド移動機構26を動作させて、研磨ヘッド14を1 s tポジションから5 t hポジションまで移動させる。
- [0053] 図8Aおよび図8Bに示すように、研磨ヘッド14の移動速度が速すぎる場合、研磨テープ12が膜F上に乗り上げてしまい、研磨ヘッド14は、膜Fを除去することができない。そこで、制御装置1は、トルク検出部1cによって検出される現在の回転トルク値に基づいて、研磨ヘッド移動機構26の動作をフィードバック制御してもよい。より具体的には、制御装置1は、研磨ヘッド14のウェハWの半径方向への移動により、回転トルク値が設定トルク値よりも低くなった場合、回転トルク値が設定トルク値に達するまで、研磨ヘッド14の移動速度を遅くしてもよい。
- [0054] 図9Aおよび図9Bは、研磨ヘッドの移動速度が適切な速度である場合における膜の除去状態を示す図である。制御装置1は、回転トルク値と設定トルク値との間の差分が小さくなるように、研磨ヘッド14の移動速度を変更する。このような構成により、制御装置1は、研磨ヘッド14を、常に最適な移動速度で移動させることができ、結果として、図9Aおよび図9Bに示すように、研磨ヘッド14は、膜Fを確実に除去することができる。このようにして、制御装置1（より具体的には、設定部1e）は、回転トルク値と設定トルク値との間の差分に基づいて、研磨ヘッド14の移動速度を変更してもよい。
- [0055] 上述した実施形態では、制御装置1は、研磨ヘッド14を5 t hポジショ

ンまで移動させた後、ウェハWの研磨を終了するが、一実施形態では、制御装置1は、研磨ヘッド14を5 t hポジションまで移動させた後、再び、研磨ヘッド14を1 s tポジションまで移動させて、ウェハWの研磨を繰り返してもよい。言い換えれば、制御装置1は、研磨ヘッド移動機構26を動作させて、研磨ヘッド14を往復移動させてもよい。

[0056] この場合、制御装置1は、研磨テープ12をウェハWに押し付けたまま、研磨ヘッド14を5 t hポジションから1 s tポジションまで移動させてもよい。制御装置1は、研磨テープ12をウェハWから離間させた状態で、研磨ヘッド14を5 t hポジションから1 s tポジションまで移動させてもよい。

[0057] 制御装置1は、研磨ヘッド14を往復移動させる場合、研磨ヘッド14を、基準となる移動速度（すなわち、基準速度）よりも速い速度で移動させてもよい。基準速度は、最も短時間でウェハWの膜Fを除去することが可能な速度であり、蓄積されたウェハWの研磨データに基づいて決定される。記憶部1aは、基準速度に関する研磨データを記憶している。

[0058] 研磨ヘッド14を基準速度よりも速い速度で往復移動させることにより、研磨ヘッド14は、複数回にわたって膜Fを徐々に除去することができる。したがって、トルク検出部1cは回転トルク値の僅かな変動を精度よく検出することができる。結果として、判定部1dは、より精度よく、膜Fの除去を決定することができる。

[0059] 図10は、膜の厚さに応じて変動する回転トルク値を示す図である。図10において、横軸は処理時間を示しており、縦軸はステージトルクを示している。図10に示すように、研磨ヘッド14が膜Fを研磨すると、回転トルク値は設定トルク値よりも小さな値になる。逆に、研磨ヘッド14がベアウェハB（すなわち、ウェハWの、膜Fの存在しない部分）を研磨すると、回転トルク値は設定トルク値に到達する。

[0060] このように、判定部1dは、トルク検出部1cによって検出された回転トルク値の大きさによって膜Fの有無を判定することができるため、制御装置

1 は、この判定結果に基づいて、ウェハWの研磨中における研磨条件を自動的に変更することができる。

[0061] より具体的には、制御装置1は、判定部1dが複数の研磨領域のうちの少なくとも一つの研磨領域における膜Fの除去を決定すると、膜Fの除去が決定された研磨領域を除く他の研磨領域を研磨するように、研磨ヘッド14の動作を制御する。このような構成により、制御装置1は、研磨ヘッド14による、膜Fが存在しない部分の過研磨を防止することができる。

[0062] 一実施形態では、制御装置1は、膜Fの除去が決定された研磨領域における、研磨ヘッド14の移動速度を上昇させ、他の研磨領域における、研磨ヘッド14の移動速度を低下させてもよい。一実施形態では、制御装置1は、研磨ヘッド14が膜Fの除去が決定された研磨領域に到達すると、研磨ヘッド14の押圧部材35を上昇させてもよい。

[0063] 研磨ヘッド14を往復移動させる場合、制御装置1は、所定の回数だけ、研磨ヘッド14を1stポジションから5thポジションまで移動させた後、特定のポジションの研磨を避けるように、研磨ヘッド移動機構26を動作させてもよい。例えば、制御装置1は、3回だけ、研磨ヘッド14を1stポジションから5thポジションまで往復移動させ、4回目以降、研磨ヘッド14を1stポジションから2ndポジションまで往復移動させてもよい。言い換えれば、制御装置1は、4回目以降、3rdポジションから5thポジションまでのウェハWの研磨を省略する。

[0064] 一実施形態では、制御装置1は、予め、ウェハWを仕上げ研磨するための研磨テープを備える研磨ヘッド（図示しない）によって1stポジションから5thポジションまで研磨させてもよい。この研磨により、判定部1dは、トルク検出部1cによって検出された回転トルク値に基づいて、ウェハWの膜Fの有無を判定することができる。したがって、制御装置1は、判定部1dによって判定されたウェハWの状態に基づいて、研磨条件を自動的に決定してもよい。

[0065] 図11および図12は、研磨ヘッドを傾斜させるヘッドチルト機構を示す

図である。図 1 1 および図 1 2 に示すように、研磨装置は、ウェハ W の表面に対して研磨ヘッド 1 4 を傾斜させるヘッドチルト機構 4 0 を備えてもよい。ヘッドチルト機構 4 0 は、研磨ヘッド 1 4 に固定されたアーム A r と、アーム A r を回転軸 C t まわりに所定の角度だけ回転させるモータ M t と、を備えている。図示しないが、本実施形態においても、研磨装置は、研磨ヘッド移動機構 2 6 を備えている。

[0066] 研磨ヘッド 1 4 は、アーム A r の一端に固定され、アーム A r は、ウェハ W の接線方向に平行な回転軸 C t まわりに回転自在に構成されている。アーム A r の他端はプーリー p 1, p 2 およびベルト b 1 を介してモータ M t に連結されている。モータ M t が時計回りおよび反時計回りに所定の角度だけ回転することで、アーム A r が回転軸 C t 1 まわりに所定の角度だけ回転する。

[0067] 制御装置 1 は、ヘッドチルト機構 4 0 に電氣的に接続されており、ヘッドチルト機構 4 0 の動作を制御するように構成されている。研磨ヘッド 1 4 は、ヘッドチルト機構 4 0 によってウェハ W の最外周面であるベベル部 S を研磨するように構成されている。

[0068] 図 1 3 A および図 1 3 B は、ウェハの断面形状の例を示す図である。図 1 3 A および図 1 3 B に示すように、ウェハの断面形状は 2 種類に大別されるが、ウェハの寸法の規格は広く、様々な形状が存在する。

[0069] 図 1 4 A および図 1 4 B は、ベアウェハのベベル部を研磨したときの回転トルク値の変動の例を示す図である。図 1 4 A および図 1 4 B に示すように、ベベル部では、ウェハの断面形状や研磨ヘッド 1 4 を押し付ける角度や押圧力などの要素により、様々な傾向を示した回転トルク値の波形が得られる。

[0070] そこで、記憶部 1 a は、異なる断面形状を有するベアウェハ B を研磨したときの回転トルク値を、保持ステージ 4 の設定トルク値として記憶している。本実施形態では、この回転トルク値は、ベアウェハ B のベベル部 S を研磨したときの値であるため、設定ベベルトルク値と呼ばれてもよい。設定トル

ク値は、膜Fの除去を決定するための値であり、回転トルク値が所定の処理時間の間、安定したときの値である。言い換えれば、設定トルク値は、回転トルク値の変化量が所定の変動幅を越えて小さくなったときにおける値に相当する。

[0071] 制御装置1は、ヘッドチルト機構40を動作させて、研磨ヘッド14を所定の角度だけ回転させる。研磨ヘッド14がウェハWのベベル部Sを研磨すると、トルク検出部1cは、ウェハWのベベル部Sにおける保持ステージ4の回転トルク値（本実施形態では、回転ベベルトルク値）を検出する。判定部1dは、トルク検出部1cによって検出された回転トルク値が設定トルク値で安定したときに、ウェハWのベベル部Sの膜Fの除去を決定する。

[0072] 図15は、ウェハのベベル部の断面形状を測定する断面測定装置の一例を示す図である。図15に示すように、研磨装置は、ウェハWのベベル部Sの断面形状を測定する断面測定装置50を備えてもよいし、研磨装置の外部に配置された断面測定装置（図示しない）によって測定された断面形状のデータを、研磨装置に取り込んでもよい。

[0073] 断面測定装置50は、制御装置1に電氣的に接続されている。記憶部1aは、断面測定装置50によって測定されたウェハWのベベル部Sの断面形状と、ベベル部Sの断面形状に対応する設定トルク値との相関関係を記憶している。判定部1dは、この相関関係に基づいて、ベベル部Sの膜Fの除去を決定するように構成されている。

[0074] より具体的には、制御装置1は、記憶部1aに記憶された相関関係に基づいて、断面測定装置50によって撮像されたベベル部Sの断面形状から研磨対象となるウェハWのベベル部Sの設定トルク値を決定することができる。このような構成により、判定部1dは、トルク検出部1cによって検出された現在の回転トルク値が設定トルク値に到達したか否かを判定することができる。上述した実施形態と同様に、判定部1dは、回転トルク値が設定トルク値で安定したときに、膜Fの除去を決定することが望ましい。

[0075] 本実施形態においても、制御装置1は、研磨ヘッド14のチルト動作を1

回だけ行ってもよく、または、複数回行ってもよい。このように、制御装置 1 は、任意の回数だけヘッドチルト機構 40 を動作させてもよい。

[0076] 上述した実施形態では、膜 F の除去を決定する制御装置 1 の構成について説明したが、記憶部 1 a は、膜 F の除去を決定するプログラムを格納してもよい。このプログラムは、ウェハ W の周縁部を研磨したときにおける保持ステージ 4 の回転トルク値をリアルタイムで監視し、回転トルク値と、ベアウェハ B を研磨したときにおける保持ステージ 4 の設定トルク値と、を比較し、回転トルク値が設定トルク値で安定したときに、膜 F の除去を決定する指令を含む。

[0077] プログラムは、回転エッジトルク値が記憶部 1 a に記憶された設定エッジトルク値で安定したときに、ウェハ W のエッジ部 T 1 の膜 F の除去を決定する指令を含んでもよい。さらに、プログラムは、ウェハ W のエッジ部 T 1 を、ウェハ W の半径方向に沿って複数の研磨領域に分割し、複数の研磨領域ごとに研磨条件を設定する指令を含んでもよい。

[0078] この場合、プログラムは、研磨条件として、少なくとも、複数の研磨領域間における研磨ヘッドの移動速度を設定する指令を含んでもよく、回転エッジトルク値と設定エッジトルク値との間の差分に基づいて、研磨ヘッド 14 の移動速度を変更する指令を含んでもよい。

[0079] プログラムは、判定部 1 d によって複数の研磨領域のうちの少なくとも一つの研磨領域における膜 F の除去が決定されると、膜 F の除去が決定された研磨領域を除く他の研磨領域を研磨する指令を含んでもよい。

[0080] プログラムは、研磨ヘッド 14 をウェハ W に対して垂直方向に移動させ、回転トルク値が設定トルク値で安定したときに、垂直方向における膜 F の除去を決定し、研磨ヘッド 14 のベアウェハ B への到達を決定する指令を含んでもよい。この場合、プログラムは、判定部 1 d によって研磨ヘッド 14 のベアウェハ B への到達が決定された後に、研磨ヘッド 14 をウェハ W に対して平行方向に移動させる指令を含んでもよい。

[0081] プログラムは、回転ベベルトルク値が記憶部 1 a に記憶された設定ベベル

トルク値で安定したときに、ベベル部Sの膜Fの除去を決定する指令を含んでもよい。この場合、プログラムは、記憶部1aに記憶された、ベベル部Sの断面形状と設定ベベルトルク値との相関関係に基づいて、ベベル部Sの膜Fの除去を決定してもよい。この場合、プログラムは、記憶部1aに記憶された、断面測定装置50によって測定されたベベル部Sの断面形状と設定ベベルトルク値との相関関係に基づいて、ベベル部Sの膜Fの除去を決定する指令を含んでもよい。

[0082] 上述した実施形態では、研磨装置は、ベアウェハBの上面に形成された膜Fを除去する研磨ヘッド14を備えているが、研磨ヘッド14は、ベアウェハBの下面に形成された膜Fを除去するように構成されてもよい。一実施形態では、研磨装置は、ウェハWの上方に配置された研磨ヘッド14と、ウェハWの下方に配置された研磨ヘッド（図示しない）と、を備えてもよい。このような構成により、研磨装置は、ベアウェハBの上面および下面に形成された膜Fを除去することができる。

[0083] 上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

産業上の利用可能性

[0084] 本発明は、研磨装置および研磨方法に利用可能である。

符号の説明

[0085] 1 制御装置
1a 記憶部
1b 処理部
1c トルク検出部
1d 判定部

1 e	設定部
3	ウェハ回転装置
4	保持ステージ
4 a	ウェハ保持面
4 b	溝
8	モータ
9	真空ライン
1 0	研磨ユニット
1 2	研磨テープ
1 4	研磨ヘッド
1 6	研磨テープ供給機構
1 7	巻き出しリール
1 8	巻き取りリール
2 1, 2 2	テンションモータ
2 5	ヘッド支持部材
2 6	研磨ヘッド移動機構
2 8	ボールねじ機構
2 8 a	ナット機構
2 8 b	ねじ軸
2 9	モータ
3 0	軸受
3 5	押圧部材
3 7	エアシリンダ
4 0	ヘッドチルト機構
5 0	断面測定装置

請求の範囲

- [請求項1] ベアウェハ上に膜が形成された基板を回転させる保持ステージと、
前記基板の周縁部を研磨する研磨ヘッドと、
前記研磨ヘッドの動作を制御する制御装置と、を備え、
前記制御装置は、
前記基板の周縁部を研磨したときにおける前記保持ステージの回転トルク値をリアルタイムで監視するトルク検出部と、
前記ベアウェハを研磨したときにおける前記保持ステージの回転トルク値を、設定トルク値として記憶する記憶部と、
前記膜の除去を判定する判定部と、を備えており、
前記判定部は、前記回転トルク値が前記設定トルク値で安定したときに、前記膜の除去を決定する、研磨装置。
- [請求項2] 前記基板の周縁部は、前記基板の最外周面よりも前記基板の半径方向内側に位置するエッジ部を含んでおり、
前記記憶部は、前記ベアウェハのエッジ部を研磨したときの設定エッジトルク値を記憶しており、
前記判定部は、前記基板のエッジ部を研磨したときにおける前記回転トルク値が前記設定エッジトルク値で安定したときに、前記基板のエッジ部の膜の除去を決定する、請求項1に記載の研磨装置。
- [請求項3] 前記制御装置は、前記基板のエッジ部を、前記基板の半径方向に沿って複数の研磨領域に分割し、前記複数の研磨領域ごとに研磨条件を設定する設定部を備えている、請求項2に記載の研磨装置。
- [請求項4] 前記設定部は、前記研磨条件として、少なくとも、前記複数の研磨領域間における前記研磨ヘッドの移動速度を設定する、請求項3に記載の研磨装置。
- [請求項5] 前記制御装置は、前記判定部が前記複数の研磨領域のうちの少なくとも一つの研磨領域における前記膜の除去を決定すると、前記膜の除去が決定された研磨領域を除く他の研磨領域を研磨するように、前記

研磨ヘッドの動作を制御する、請求項 3 または請求項 4 に記載の研磨装置。

[請求項6] 前記設定部は、前記回転トルク値と前記設定エッジトルク値との間の差分に基づいて、前記研磨ヘッドの移動速度を変更する、請求項 2 ～請求項 5 のいずれか一項に記載の研磨装置。

[請求項7] 前記制御装置は、前記研磨ヘッドを前記基板に対して垂直方向に移動させるように構成されており、

前記判定部は、前記回転トルク値が前記設定トルク値で安定したときに、前記垂直方向における前記膜の除去を決定する、請求項 1 ～請求項 6 のいずれか一項に記載の研磨装置。

[請求項8] 前記制御装置は、前記研磨ヘッドを前記基板に対して平行方向に移動させるように構成されており、

前記制御装置は、前記判定部が前記垂直方向における前記膜の除去を決定した後に、前記研磨ヘッドを前記平行方向に移動させる、請求項 7 に記載の研磨装置。

[請求項9] 前記基板の周縁部は、前記基板の最外周面であるベベル部を含んでおり、

前記記憶部は、前記ベアウェハのベベル部を研磨したときの設定ベベルトルク値を記憶しており、

前記判定部は、前記基板のベベル部を研磨したときにおける前記回転トルク値が前記設定ベベルトルク値で安定したときに、前記基板のベベル部の膜の除去を決定する、請求項 1 に記載の研磨装置。

[請求項10] 前記研磨装置は、前記基板のベベル部の断面形状を測定する断面測定装置を備えており、

前記記憶部は、前記断面測定装置によって測定された前記ベベル部の断面形状と前記設定ベベルトルク値との相関関係を記憶しており、

前記判定部は、前記相関関係に基づいて、前記基板のベベル部の膜の除去を決定する、請求項 9 に記載の研磨装置。

- [請求項11] ベアウェハ上に膜が形成された基板を保持ステージによって回転させながら、前記基板の周縁部を研磨する研磨方法であって、
- 前記基板の周縁部を研磨したときにおける前記保持ステージの回転トルク値をリアルタイムで監視し、
- 前記回転トルク値と、前記ベアウェハを研磨したときにおける前記保持ステージの設定トルク値と、を比較し、
- 前記回転トルク値が前記設定トルク値で安定したときに、前記膜の除去を決定する、研磨方法。
- [請求項12] 前記基板の周縁部に含まれる、前記基板の最外周面よりも前記基板の半径方向内側に位置するエッジ部を研磨したときの設定エッジトルク値と、前記基板のエッジ部を研磨したときにおける前記回転トルク値と、を比較し、
- 前記回転トルク値が前記設定エッジトルク値で安定したときに、前記基板のエッジ部の膜の除去を決定する、請求項11に記載の研磨方法。
- [請求項13] 前記基板のエッジ部を、前記基板の半径方向に沿って複数の研磨領域に分割し、前記複数の研磨領域ごとに研磨条件を設定する、請求項12に記載の研磨方法。
- [請求項14] 前記研磨条件として、少なくとも、前記複数の研磨領域間における前記研磨ヘッドの移動速度を設定する、請求項13に記載の研磨方法。
- [請求項15] 前記複数の研磨領域のうちの少なくとも一つの研磨領域における前記膜の除去を決定すると、前記膜の除去が決定された研磨領域を除く他の研磨領域を研磨する、請求項13または請求項14に記載の研磨方法。
- [請求項16] 前記回転トルク値と前記設定エッジトルク値との間の差分に基づいて、前記研磨ヘッドの移動速度を変更する、請求項12～請求項15のいずれか一項に記載の研磨方法。

- [請求項17] 前記研磨ヘッドを前記基板に対して垂直方向に移動させ、
前記回転トルク値が前記設定トルク値で安定したときに、前記垂直方向における前記膜の除去を決定する、請求項 11～請求項 16 のいずれか一項に記載の研磨方法。
- [請求項18] 前記垂直方向における前記膜の除去を決定した後に、前記研磨ヘッドを、前記基板に対して平行方向に移動させる、請求項 17 に記載の研磨方法。
- [請求項19] 前記基板の周縁部に含まれる、前記基板の最外周面であるベベル部を研磨したときの設定ベベルトルク値と、前記基板のベベル部を研磨したときにおける前記回転トルク値と、を比較し、
前記回転トルク値が前記設定ベベルトルク値で安定したときに、前記基板のベベル部の膜の除去を決定する、請求項 11 に記載の研磨方法。
- [請求項20] 前記基板のベベル部の断面形状を測定する断面測定装置によって測定された前記ベベル部の断面形状と前記設定ベベルトルク値との相関関係に基づいて、前記基板のベベル部の膜の除去を決定する、請求項 19 に記載の研磨方法。