

【書類名】 明細書

【発明の名称】 研磨装置および研磨装置の制御方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、研磨装置および研磨装置の制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

研磨装置において基板等の研磨対象物を研磨すると、研磨パッドの表面には砥粒や研磨屑が付着し、また、研磨パッドの表面状態が変化して研磨性能が劣化してくる。研磨パッドの表面の状態を再生するために、ドレッシング装置を用いて研磨パッドのドレッシング処理が行われる。従来、ドレッシングを実施するタイミングとして、所定枚数の基板を研磨する毎にドレッシングを実施することが行われている（例えば特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】 特開2022-112194号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

従来のドレッシングのタイミングでは、ドレッシングを実施したことにより研磨装置のスループットが低下する場合がある。また、ドレッシングによって過度に研磨パッドが消耗することもある。そこで、適時のタイミングでドレッシングを実施するように研磨装置を制御することが求められる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

一実施形態によれば、研磨装置であって、前記研磨装置は、1または複数の研磨ユニットと、研磨の前処理または後処理を行うための1または複数の機能ユニットと、研磨対象物を少なくとも前記研磨ユニットと前記機能ユニットとの間で搬送するための1または複数の搬送ユニットと、前記研磨対象物に対する研磨を行うために、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットを所定の動作スケジュールに従って動作するよう制御するコントローラであって、前記動作スケジュールは、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットの間の動作の制約によって前記研磨ユニットが処理を実施できない複数の空き時間スロットを含む、コントローラと、を備え、前記1または複数の研磨ユニットの各々は、前記研磨対象物の研磨時に前記研磨対象物に押し当てられるように構成された研磨パッドと、前記研磨パッドの研磨面の状態を測定するための測定装置と、前記研磨パッドをドレッシング処理するように構成されたドレッシング装置と、を備え、前記コントローラは、前記測定装置によって測定された前記研磨パッドの前記研磨面の状態に基づいて、前記研磨パッドの研磨能力が閾値レベルを下回ると予測されるタイミングを決定し、前記予測タイミングの直前の空き時間スロットを、前記動作スケジュールにおける前記複数の空き時間スロットから特定し、前記特定された空き時間スロットにおいて、前記ドレッシング装置に、前記研磨パッドに対するドレッシング処理を行わせる、ように構成される、研磨装置が提供される。

【0006】

一実施形態によれば、研磨装置であって、前記研磨装置は、1または複数の研磨ユニットと、研磨の前処理または後処理を行うための1または複数の機能ユニットと、研磨対象物を少なくとも前記研磨ユニットと前記機能ユニットとの間で搬送するための1または複数の搬送ユニットと、前記研磨対象物に対する研磨を行うために、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットを所定の動作スケジュールに従って動作するよう制御する

コントローラであって、前記動作スケジュールは、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットの間の動作の制約によって前記研磨ユニットが処理を実施できない複数の空き時間スロットを含む、コントローラと、を備え、前記1または複数の研磨ユニットの各々は、前記研磨対象物の研磨時に前記研磨対象物に押し当てられるように構成された研磨パッドと、前記研磨パッドをドレッシング処理するように構成されたドレッシング装置と、を備え、前記コントローラは、前記複数の空き時間スロットの各空き時間スロットにおいて、前記ドレッシング装置に前記研磨パッドに対するドレッシング処理を行わせるように構成される、研磨装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の一実施形態に係る研磨装置の全体構成を示す平面図である。

【図2】一実施形態による研磨ユニットの構成を示す斜視図である。

【図3】図2の研磨ユニットを概略的に示す側面図である。

【図4】研磨装置におけるコントローラの処理フローの一例を示すフローチャートである。

【図5】研磨装置を制御するための動作スケジュールの一例である。

【図6】研磨装置のある特定の研磨ユニットにおける、研磨パッドのパッド状態指標値の時間変化の例を示すグラフである。

【図7】本発明の一実施形態に係る研磨装置の例示的な制御フローを示すフローチャートである。

【図8】本実施形態で利用される、研磨装置を制御するための例示的な動作スケジュールである。

【図9】本実施形態における、研磨装置のある特定の研磨ユニットについてのパッド状態指標値の時間変化の例を示すグラフである。

【図10】本実施形態の制御によって空き時間スロットTS303においてドレッシングを実施した場合の、研磨ユニットにおける波長構成比の時間変化の一例である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳しく説明する。

【0009】

図1は、本発明の一実施形態に係る研磨装置10の全体構成を示す平面図である。研磨装置10は、例えばCMP（Chemical Mechanical Polishing）装置であってよい。CMP装置は、半導体基板やガラス基板、あるいはそれらの表面に形成された金属薄膜や半導体薄膜等を研磨するために使用される。図1に示されるように、CMP装置（すなわち研磨装置）10は、ロード／アンロードユニット100と、第1搬送ユニット200と、第2搬送ユニット300と、第3搬送ユニット400と、1または複数の研磨ユニット500と、ウェハステーション600と、1または複数の洗浄ユニット700と、コントローラ800とを備える。

【0010】

ロード／アンロードユニット100は、研磨対象物である基板の、研磨装置10への搬入および研磨装置10からの搬出を行うためのモジュールである。例えば、研磨前の多数の基板が格納されたFOUP等のカセット（不図示）が、ロード／アンロードユニット100に搭載され、カセットから取り出された基板が、研磨装置10内へ搬送される。また、研磨終了後の基板は再びカセットに収容され、カセットが研磨装置10から取り外される。なお、図1の例において、研磨装置10は4つのロード／アンロードユニット100を備えているが、ロード／アンロードユニット100の数は任意であってよい。

【0011】

第1搬送ユニット200は、ロード／アンロードユニット100と第2搬送ユニット300

0に隣接して配置され、研磨前の基板をロード／アンロードユニット100に搭載されたカセットから取り出して第2搬送ユニット300へ受け渡し、また研磨終了後の基板を第2搬送ユニット300から受け取ってロード／アンロードユニット100のカセットに収容するように構成される。

【0012】

第2搬送ユニット300は、第1搬送ユニット200に加えて、1または複数の研磨ユニット500における各研磨ユニットと、ウェハステーション600にも隣接するように配置される。図1に示されるように、第2搬送ユニット300は、一方向に並んで配列された複数の研磨ユニット500の配列方向に沿って配置されるのであってよい。第2搬送ユニット300は、研磨前の基板を第1搬送ユニット200から受け取って、1または複数の研磨ユニット500のうちの所定の研磨ユニットへ搬送し、当該研磨ユニットに収容するように構成される。また、第2搬送ユニット300は、研磨ユニット500において研磨された基板をその研磨ユニット500から取り出して、ウェハステーション600へ搬送し、ウェハステーション600に受け渡すように構成される。

【0013】

1または複数の研磨ユニット500は、研磨対象物である基板を研磨するユニットであり、その詳細については後述する。なお、図1の例において、研磨装置10は4つの研磨ユニット500を備えているが、研磨ユニット500の数は任意であってよい。

【0014】

ウェハステーション600は、研磨ユニット500において研磨された基板を一時的に保持するように構成されたユニットである。なお、ウェハステーション600は、第2搬送ユニット300または第3搬送ユニット400の一部として構成されてもよい。

【0015】

第3搬送ユニット400は、ウェハステーション600と、1または複数の洗浄ユニット700における各洗浄ユニットに隣接するように配置される。図1に示されるように、第3搬送ユニット400は、一方向に並んで配列された複数の洗浄ユニット700の配列方向に沿って配置されるのであってよい。第3搬送ユニット400は、ウェハステーション600に一時的に保持された基板を、1または複数の洗浄ユニット700のうちの所定の洗浄ユニットへ搬送し、当該洗浄ユニットに収容するように構成される。また、第3搬送ユニット400は、洗浄ユニット700において洗浄された基板をその洗浄ユニット700から取り出して、ウェハステーション600へ戻すように構成される。第3搬送ユニット400は、洗浄後の基板をウェハステーション600へ戻す代わりに、第1搬送ユニット200へ受け渡すように配置および構成されてもよい。さらに、第3搬送ユニット400は、ある洗浄ユニット700において洗浄された基板を当該洗浄ユニット700から取り出した後、例えばより清浄度の高い洗浄をするために、その基板を別の洗浄ユニット700へ搬送するように構成されてもよい。

【0016】

1または複数の洗浄ユニット700は、研磨ユニット500における研磨工程中に基板表面に付着した研磨液や研磨屑等を洗い流すために、研磨後の基板を洗浄するユニットである。1または複数の洗浄ユニット700の各洗浄ユニットは、例えば1つの基板に対して段階的に異なる清浄度での洗浄を行うために、それぞれ異なる洗浄液または洗浄条件を用いて動作するように構成されてもよい。なお、図1の例において、研磨装置10は4つの洗浄ユニット700を備えているが、洗浄ユニット700の数は任意であってよい。

【0017】

洗浄ユニット700は、研磨ユニット500で研磨された基板に対する後処理を行う機能ユニットの一例である（すなわち洗浄は後処理の一例である）。研磨装置10は、洗浄以外の他の種類の後処理を実施するように構成された他の機能ユニット（例えば洗浄後の基板を乾燥させる乾燥ユニット）、および／または研磨前の基板に対して所定の前処理を実施する

ように構成された他の機能ユニット（例えば研磨前の基板を洗浄する前洗浄ユニット）を、洗浄ユニット 700 に加えてさらに備えてもよい。

【0018】

コントローラ 800 は、研磨装置 10 における上記の各要素の動作を制御するための装置である。コントローラ 800 は、プロセッサおよびメモリを備える一般的なコンピュータによって構成することができる。メモリには研磨装置 10 の制御用の所定のプログラムが格納され、プロセッサがメモリから当該プログラムを読み出して実行することにより、研磨装置 10 の各部に対する制御が実現される。コントローラ 800 による制御の詳細については後述する。

【0019】

次に、研磨装置 10 が備える研磨ユニット 500 の詳細について説明する。図 2 は、一実施形態による研磨ユニット 500 の構成を示す斜視図である。図 3 は、図 2 の研磨ユニット 500 を概略的に示す側面図である。なお、研磨装置 10 が複数の研磨ユニット 500 を備える場合、各研磨ユニット 500 はすべて図 2 および図 3 と同じ構成を有するのであってよい。図 2 に示すように、研磨ユニット 500 は、研磨テーブル 350 と、研磨対象物である基板を保持して研磨テーブル 350 上の研磨面に押圧する研磨ヘッドを構成するトップリング 302 とを備えている。研磨テーブル 350 は、テーブル軸 351 を介してその下方に配置される研磨テーブル回転モータ（図示せず）に連結されており、そのテーブル軸 351 周りに回転可能になっている。研磨テーブル 350 の上面には研磨パッド 352 が貼付されており、研磨パッド 352 の表面 352a が基板を研磨する研磨面を構成している。

【0020】

研磨テーブル 350 の上方には研磨液供給ノズル 354 が設置されており、この研磨液供給ノズル 354 によって研磨テーブル 350 上の研磨パッド 352 上に研磨液が供給されるようになっている。また、図 2 に示されるように、研磨テーブル 350 およびテーブルシャフト 351 には、研磨液を供給するための通路 353 が設けられている。通路 353 は、研磨テーブル 350 の表面の開口部 355 に連通している。研磨テーブル 350 の開口部 355 に対応する位置において研磨パッド 352 は貫通孔 357 が形成されており、通路 353 を通る研磨液は、研磨テーブル 350 の開口部 355 および研磨パッド 352 の貫通孔 357 から研磨パッド 352 の表面に供給される。なお、研磨テーブル 350 の開口部 355 および研磨パッド 352 の貫通孔 357 は、1 つであっても複数でもよい。また、研磨テーブル 350 の開口部 355 および研磨パッド 352 の貫通孔 357 の位置は任意であるが、一実施形態においては研磨テーブル 350 の中心付近に配置される。

【0021】

トップリング 302 は、トップリングシャフト 18 に接続されており、このトップリングシャフト 18 は、上下動機構 319 により揺動アーム 360 に対して上下動するようになっている。このトップリングシャフト 18 の上下動により、揺動アーム 360 に対してトップリング 302 の全体を上下動させ位置決めするようになっている。トップリングシャフト 18 は、図示しないトップリング回転モータの駆動により回転するようになっている。トップリングシャフト 18 の回転により、トップリング 302 がトップリングシャフト 18 を中心にして回転するようになっている。なお、トップリングシャフト 18 の上端にはロータリージョイント 323 が取り付けられている。

【0022】

トップリング 302 は、その下面に研磨対象物である基板を保持できるようになっている。揺動アーム 360 は支軸 362 を中心として旋回可能に構成されている。トップリング 302 は、揺動アーム 360 の旋回により、不図示の搬送ユニット（例えば図 1 に関して説明した第 2 搬送ユニット 300）の基板受け渡し位置と研磨テーブル 350 の上方との間で移動可能である。トップリングシャフト 18 を下降させることで、トップリング 302 を下降させて基板を研磨パッド 352 の表面（研磨面） 352a に押圧することができる。このと

き、トップリング 302 および研磨テーブル 350 をそれぞれ回転させ、研磨テーブル 350 の上方に設けられた研磨液供給ノズル 354 から、および／または、研磨テーブル 350 に設けられた開口部 355 から研磨パッド 352 上に研磨液を供給する。このように、基板を研磨パッド 352 の研磨面 352 a に押圧して基板の表面を研磨することができる。基板の研磨中に、トップリング 302 が研磨パッド 352 の貫通孔 357 を覆うようにアーム 360 を固定してもよいし、あるいは、トップリング 302 が研磨パッド 352 の中心を通過するようにアーム 360 を揺動させてもよい。

【0023】

トップリングシャフト 18 およびトップリング 302 を上下動させる上下動機構 319 は、軸受 321 を介してトップリングシャフト 18 を回転可能に支持するブリッジ 28 と、ブリッジ 28 に取り付けられたボールねじ 32 と、支柱 130 により支持された支持台 29 と、支持台 29 上に設けられた AC サーボモータ 38 とを備えている。サーボモータ 38 を支持する支持台 29 は、支柱 130 を介して揺動アーム 360 に固定されている。

【0024】

ボールねじ 32 は、サーボモータ 38 に連結されたねじ軸 32 a と、このねじ軸 32 a が螺合するナット 32 b とを備えている。トップリングシャフト 18 は、ブリッジ 28 と一体となって上下動するようになっている。したがって、サーボモータ 38 を駆動すると、ボールねじ 32 を介してブリッジ 28 が上下動し、これによりトップリングシャフト 18 およびトップリング 302 が上下動する。

【0025】

一実施形態による研磨ユニット 500 は、研磨パッド 352 の研磨面 352 a をドレッシングするドレッシングユニット 356 を備えている。このドレッシングユニット 356 は、研磨面 352 a に摺接されるドレッサ 50 と、ドレッサ 50 が連結されるドレッサシャフト 51 と、ドレッサシャフト 51 の上端に設けられたエアシリンダ 53 と、ドレッサシャフト 51 を回転自在に支持する揺動アーム 55 とを備えている。ドレッサ 50 の下部はドレッシング部材 50 a により構成され、このドレッシング部材 50 a の下面には針状のダイヤモンド粒子が付着している。エアシリンダ 53 は、支柱 56 により支持された支持台 57 上に配置されており、これらの支柱 56 は揺動アーム 55 に固定されている。

【0026】

揺動アーム 55 は図示しないモータに駆動されて、支軸 58 を中心として旋回するように構成されている。ドレッサシャフト 51 は、図示しないモータの駆動により回転し、このドレッサシャフト 51 の回転により、ドレッサ 50 がドレッサシャフト 51 周りに回転するようになっている。エアシリンダ 53 は、ドレッサシャフト 51 を介してドレッサ 50 を上下動させ、ドレッサ 50 を所定の押圧力で研磨パッド 352 の研磨面 352 a に押圧する。

【0027】

研磨パッド 352 の研磨面 352 a のドレッシングは次のようにして行われる。ドレッサ 50 はエアシリンダ 53 により研磨面 352 a に押圧され、これと同時に図示しない純水供給ノズルから純水が研磨面 352 a に供給される。この状態で、ドレッサ 50 がドレッサシャフト 51 周りに回転し、ドレッシング部材 50 a の下面（ダイヤモンド粒子）を回転する研磨面 352 a に摺接させるとともに揺動アーム 55 を研磨面 352 a 上で揺動させる。このようにして、ドレッサ 50 により研磨パッド 352 が削り取られ、研磨面 352 a がドレッシングされる。

【0028】

一実施形態による研磨ユニット 500 は、さらに、研磨パッド 352 の研磨面 352 a の状態を測定するための測定ユニット 502（図 2 において不図示）を備える。例えば、図 3 に示されるように、研磨パッド 352 の研磨面 352 a の上方に、測定ユニット 502 が配置される。測定ユニット 502 は、例えば、研磨パッド 352 へ向けて測定光 L1 を放射し、研磨パッド 352 の研磨面 352 a からの反射光 L2 を検出するように構成される。一実

施態様において、測定ユニット５０２は、反射光Ｌ２の検出信号をコントローラ８００に提供するように構成されるのであってよい。コントローラ８００は、測定ユニット５０２から得られた研磨パッド３５２からの反射光Ｌ２の検出信号に基づいて、研磨パッド３５２の研磨面３５２ａの状態を識別することができる。例えば、研磨パッド３５２からの反射光Ｌ２の強度または空間スペクトルを分析することに基づいて、研磨パッド３５２の研磨面３５２ａの状態を示す指標値（以下、パッド状態指標値という）が算出されるのであってよい。

【００２９】

パッド状態指標値は、研磨パッド３５２からの反射光Ｌ２の強度または空間スペクトルを適宜の方法で分析することに基づいて算出することができる。一例では、パッド状態指標値として、特開２０２２－１１２１９４号公報に開示された「波長構成比」が用いられてよい。具体的に、波長構成比は、測定された反射光Ｌ２から、次式（１）に従って算出することができる。

【００３０】

【数１】

$$\frac{\int_{\xi_1}^{\xi_2} I(\xi) d\xi}{\int_{\xi_3}^{\xi_4} I(\xi) d\xi} \quad (1)$$

【００３１】

ここで、 $I(\xi)$ は研磨パッド３５２からの反射光Ｌ２の空間スペクトル分布であり、 ξ は反射光Ｌ２の空間周波数の逆数である。また、 $\xi_3 < \xi_1 < \xi_2 < \xi_4$ であるとする。波長構成比は、研磨パッド３５２の研磨面３５２ａの粗さが大きいほど（すなわち研磨パッド３５２の研磨能力が高いほど）、その値は小さい。またその逆に、研磨パッド３５２の研磨面３５２ａの平滑度が上がるほど（すなわち研磨パッド３５２の摩耗により研磨能力が低下するほど）、波長構成比の値は大きくなる。したがって、波長構成比の値を知ることによって、研磨パッド３５２の研磨面３５２ａの状態（あるいは研磨パッド３５２の研磨能力）を把握することが可能である。

【００３２】

なお、上記のような波長構成比に代えて、別の適宜の指標がパッド状態指標値として用いられるのであってよい。また、上記では測定ユニット５０２が光学的手法による測定を実施する態様を説明したが、測定ユニット５０２は他の手法、例えば音響的手法による測定を実施するように構成されてもよい。測定ユニット５０２は、光学的手法、音響的手法、またはその他の手法による測定を実施し、その測定信号またはデータをコントローラ８００へ送信するように構成されてよく、コントローラ８００は、測定ユニット５０２からの測定信号またはデータに基づいて、研磨パッド３５２の研磨面３５２ａの状態を示すパッド状態指標値を算出または決定するように構成されるのであってよい。あるいは、測定ユニット５０２自体（または研磨ユニット５００）が、測定信号またはデータに基づいてパッド状態指標値を算出する演算機能（例えばプロセッサ）を備え、算出されたパッド状態指標値をコントローラ８００へ提供するように構成されてもよい。

【００３３】

図４は、上述した研磨装置１０におけるコントローラ８００の処理フローの一例を示すフローチャートである。図４を参照して、研磨装置１０が研磨対象物を研磨する際の一連の動作を説明する。

【００３４】

まず、ステップ４０２において、コントローラ８００は、所定のレシピ情報に基づいて、研磨装置１０の各搬送ユニット２００、３００、４００、各研磨ユニット５００、および各洗浄ユニット７００をそれぞれ適切な動作順序で動作させるための動作スケジュールを作成

する。続くステップ404において、コントローラ800は、作成された動作スケジュールに従って研磨装置10の各ユニットの動作を制御する。

【0035】

動作スケジュールを作成するための所定のレシピ情報は、例えば、当該処理ロットで研磨すべき研磨対象基板の枚数、研磨対象基板の目標研磨膜厚、研磨する膜の材質、基板1枚当りの予想研磨所要時間、稼働する研磨ユニット500の台数、各研磨ユニット500の研磨動作条件（例えば、研磨テーブル350およびトップリング302のそれぞれの回転数、研磨テーブル350に対するトップリング302の押圧力、使用する研磨液の種類および量、等）、稼働する洗浄ユニット700の台数、各洗浄ユニット700における洗浄条件（例えば洗浄液の種類、温度、洗浄時間等）等を含むのであってよい。

【0036】

図5は、研磨装置10を制御するための動作スケジュールの一例である。具体的に、図5には、N番目からN+3番目までの4枚の研磨対象基板についての動作スケジュールが示されている。図5の横軸は時間を表し、図5の縦方向は異なる基板に対応する。図5の例示の動作スケジュールにおいて、例えばN番目の研磨対象基板（図中の一番下）は、時間スロットTS101において第1搬送ユニット200によってロード／アンロードユニット100から第2搬送ユニット300へ搬送され、時間スロットTS102において第2搬送ユニット300によって1または複数の研磨ユニット500のうちの所定の研磨ユニット（研磨ユニットAとする）へさらに搬送される。次いで、時間スロットTS103において、研磨パッド352に対する定期的なドレッシングがドレッシングユニット356によって実施される。この定期的なドレッシングは、例えば、使用中の研磨パッド352の累積使用時間に基づいて定められるのであってよい。

【0037】

その後、時間スロットTS104において、研磨ユニットAによってN番目の研磨対象基板に対する研磨が行われる。ここで、N番目の研磨対象基板の研磨終了時点において、第2搬送ユニット300がN+1番目の研磨対象基板をウェハステーション600へ搬送中である（N+1番目の基板についての時間スロットTS204を参照）ため、N番目の研磨対象基板は、次の時間スロットTS105の間、研磨ユニットAにそのまま滞留させられる。ウェハステーション600が使用可能になる時間スロットTS106において、N番目の研磨対象基板は第2搬送ユニット300によって研磨ユニットAから取り出され、ウェハステーション600まで搬送されて、時間スロットTS107の間そこに一時的に保持される。

【0038】

次いで、時間スロットTS108において、N番目の研磨対象基板は第3搬送ユニット400によってウェハステーション600から1または複数の洗浄ユニット700のうちの1つの洗浄ユニット（洗浄ユニットAとする）へ搬送され、時間スロットTS109において、洗浄ユニットAによりN番目の研磨対象基板の洗浄が行われる。さらに、N番目の研磨対象基板は、時間スロットTS110において第3搬送ユニット400によって洗浄ユニットAから別の洗浄ユニットBへ搬送され、時間スロットTS111において洗浄ユニットBによって2回目の洗浄を施される。その後さらに、時間スロットTS112およびTS113における同様の処理により、洗浄ユニットCによって3回目の洗浄が行われる。最後に、時間スロットTS114において、N番目の研磨対象基板は第1搬送ユニット200によってロード／アンロードユニット100へ戻される。

【0039】

N+1番目の研磨対象基板についても同様に、時間スロットTS201～TS212において、研磨装置10の各部の動作が実施される。ただし、N+1番目の研磨対象基板を研磨する研磨ユニットは、N番目の研磨対象基板を研磨する研磨ユニットAとは別の研磨ユニットBであるとする（時間スロットTS203を参照）。なお、第1搬送ユニット200がロード／アンロードユニット100からN+1番目の研磨対象基板の搬送を開始できるように

なるのは、第1搬送ユニット200が1つ前の基板であるN番目の研磨対象基板を第2搬送ユニット300へ渡した後であるため、第1搬送ユニット200がN+1番目の研磨対象基板を搬送する時間スロットTS201の開始タイミングは、N番目の研磨対象基板についての時間スロットTS101（またはTS102）の終了タイミングよりも後となる。

【0040】

同様に、N+2番目およびN+3番目の研磨対象基板についても、図5に示されるそれぞれの時間スロットに従って研磨装置10の各部の動作が実施される。ただし、N+2番目の基板は研磨ユニットAによって、またN+3番目の基板は研磨ユニットBによって、それぞれ研磨が行われるものとする（時間スロットTS304およびTS403を参照）。

【0041】

ここで、N+2番目の研磨対象基板を研磨ユニットAへ搬送する時間スロットTS302の時点で、研磨ユニットAはまだ1つ前の基板（すなわちN番目の基板）を処理中であるため、このN+2番目の研磨対象基板は、当該時間スロットTS302の次の時間スロットTS303の間（つまり研磨ユニットAでN番目の基板の研磨が終わるまで）、第1搬送ユニット200に滞留させられる。この動作の遅延は、N番目の研磨対象基板を研磨ユニットAで研磨するのに先立って、研磨パッド352の定期的なドレッシングをするための時間スロットTS103が導入されたために、研磨ユニットAがN番目の基板を処理するタイミングが後ろにずらされたことによるものである。また、N+2番目の研磨対象基板が時間スロットTS303の間は第1搬送ユニット200に滞留しなければならない結果として、第1搬送ユニット200がロード／アンロードユニット100から次のN+3番目の基板を搬送する時間スロットTS401の開始が、時間スロットTS303の終わりまで延期させられる。

。

【0042】

このように、研磨パッド352のドレッシングを定期的なタイミングで行った場合、研磨装置10におけるあるユニットの動作に遅延が生じ、それにより研磨装置10のスループット（単位時間当りの基板処理枚数）が低下することが起こり得る。また、次に説明するように、研磨パッド352の消耗を早めることにもなる可能性が想定される。

【0043】

図6は、研磨装置10のある特定の研磨ユニット500（例えば研磨ユニットA）における、研磨パッド352のパッド状態指標値（例えば波長構成比）の時間変化の例を示すグラフである。図6には、グラフと同じ時間スケールで図5の例示の動作スケジュールも併記されており、図6のパッド状態指標値の時間変化は、研磨装置10を図5の例示の動作スケジュールに従って動作させたときのものを表している。また図6のグラフには、パッド状態指標値の適正範囲の上限値を示す点線602と下限値を示す点線604も描かれている。前述したように、波長構成比は、研磨パッド352の使用により研磨面352aの摩耗が進むにつれて、その値が増加し、また研磨パッド352のドレッシングにより研磨面352aの粗さが回復すると、その値は減少する。図6には、ドレッシングユニット356が研磨パッド352をドレッシングする時間スロットTS103において、波長構成比の値が減少する様子が示されている。しかし、図6の例では、時間スロットTS103の始まりの時点で、波長構成比の値は適正範囲の上限値（点線602）に対してまだ余裕があり（すなわち研磨パッド352はまだ十分な研磨能力を有しており）、研磨パッド352のドレッシングを実施しなくても、そのまま基板の研磨を実行することが可能である。つまり、図5の動作スケジュールは、必要以上に早く研磨パッド352のドレッシングを行うようにスケジュールされたものであり、そのため、ドレッシングの実施回数が増大して、研磨パッド352が早期に寿命に達してしまう可能性が憂慮される。

【0044】

図7は、上記のような点に関して研磨装置10をより効率的に動作させることが可能な、本発明の一実施形態に係る研磨装置10の例示的な制御フローを示すフローチャートである。

。図 7 を参照して、研磨装置 10 の改良された動作の一例を説明する。

【0045】

まず、ステップ 702 において、コントローラ 800 は、所定のレシピ情報に基づいて、研磨装置 10 の各搬送ユニット 200、300、400、各研磨ユニット 500、および各洗浄ユニット 700 をそれぞれ適切な動作順序で動作させるための動作スケジュールを作成する。ただし、この作成された動作スケジュールは、前述の図 5 における動作スケジュールと異なり、研磨パッド 352 をドレッシングするための時間スロットを含まないものである。続くステップ 704 において、コントローラ 800 は、ステップ 702 で作成された動作スケジュールに従って、研磨装置 10 の各ユニットの動作制御を開始する。

【0046】

図 8 は、本実施形態で作成され利用される、研磨装置 10 を制御するための例示的な動作スケジュールである。図 8 の動作スケジュールは、図 5 の動作スケジュールと同様の凡例に沿って記述されている。したがって、説明の煩雑さを避けるため、図 8 の動作スケジュールについての具体的説明は省略する。ただし、図 8 の動作スケジュールには、いくつかの「空き時間スロット」が含まれることに留意されたい。空き時間スロットとは、研磨装置 10 における各ユニット（例えば研磨ユニット 500、洗浄ユニット 700、および搬送ユニット 200、300、400）の間の動作の制約によって、ある特定の研磨ユニット 500 が処理を実施できない時間スロットを意味する。例えば、図 8 の例示の動作スケジュールにおいて、N+2 番目の研磨対象基板の時間スロット TS303 は、以下のような理由から空き時間スロットとなっている。すなわち、N+2 番目の研磨対象基板を研磨ユニット A へ搬送する時間スロット TS302 の時点で、研磨ユニット A はまだ 1 つ前の基板である N 番目の基板を処理中である（前述した図 5 の例と同様）。N 番目の基板が第 2 搬送ユニット 300 によって研磨ユニット A から取り出されるのは時間スロット TS105 においてであり、第 2 搬送ユニット 300 は、N 番目の基板を研磨ユニット A から取り出すのに先立って、N+3 番目の研磨対象基板を時間スロット TS402 において搬送するようスケジュールされている。したがって、時間スロット TS302 の後、研磨ユニット A における N 番目の基板の研磨（時間スロット TS103）が終わり、第 2 搬送ユニット 300 が時間スロット TS402 で N+3 番目の基板を搬送しさらに時間スロット TS105 で研磨ユニット A から N 番目の基板の取り出しを完了するまで、N+2 番目の基板に対する研磨ユニット A による研磨処理（時間スロット TS304）の開始が保留される。このように、図 8 の例示の動作スケジュールには、研磨ユニット A が動作を実施できない空き時間スロット TS303 が生じている。

【0047】

フローチャートに戻り、研磨装置 10 に対する動作制御が開始されると、次にステップ 706 において、コントローラ 800 は、各研磨ユニット 500 の測定ユニット 502 から、当該研磨ユニット 500 における研磨パッド 352 の研磨面 352a の状態を取得する。例えば、コントローラ 800 は、各測定ユニット 502 から研磨パッド 352 の研磨面 352a の状態を示す測定信号を取得する。続くステップ 708 において、コントローラ 800 は、各測定ユニット 502 から取得された測定信号に基づいて、各研磨ユニット 500 の研磨パッド 352 についてのパッド状態指標値を算出する。パッド状態指標値の例示的な算出態様については前述したとおりである（例えば波長構成比の算出式（1）を参照）。

【0048】

次に、ステップ 710 において、コントローラ 800 は、研磨ユニット 500 ごとにパッド状態指標値の時間変化を追跡して、パッド状態指標値が所定の適正範囲を超えるタイミングを予測する。前述したように、研磨パッド 352 の使用により研磨面 352a の摩耗が進むにつれて、波長構成比の値は増加していく。すなわち波長構成比の値の増大は、研磨パッド 352 の研磨能力の低下に対応する。例えば、コントローラ 800 は、各研磨ユニット 500 について、波長構成比の値の時間変化を追跡して、研磨パッド 352 の研磨能力が所定

の閾値レベルを下回るタイミングを予測する。

【0049】

図9は、本実施形態における、研磨装置10のある特定の研磨ユニット500（例えば研磨ユニットA）についてのパッド状態指標値（例えば波長構成比）の時間変化の例を示すグラフである。図9には、グラフと同じ時間スケールで図8の例示の動作スケジュールも併記されている。パッド状態指標値の適正範囲の上限値と下限値は、それぞれ点線902と点線904で示されている。図9において、波長構成比の値は、時間の経過とともに（すなわち研磨パッド352の使用時間の増加とともに）増加する。コントローラ800は、例えば、N+2番目の研磨対象基板についての時間スロットTS302の終了時よりも前の適宜の時点において、その時点までの波長構成比の時間変化に基づいて、その時点以降の時刻における波長構成比の値を（例えば外挿補間によって）予測し、その予測された波長構成比の値が上限値（点線902）を超えるタイミング t_x を特定する。

【0050】

次に、ステップ712において、コントローラ800は、研磨ユニット500ごとに、ステップ710における予測によって特定されたタイミング（例えば図9におけるタイミング t_x ）の直前に位置する空き時間スロットを、動作スケジュールの中から探索する。続くステップ714において、コントローラ800は、当該直前の空き時間スロットをドレッシング実施スロットとして指定し、各研磨ユニット500に対して、そのドレッシング実施スロットで研磨パッド352のドレッシングを実施するよう制御を行う。例えば、図9の例において、上記のように研磨ユニットAについての波長構成比に基づいてタイミング t_x が特定（予測）される。このタイミング t_x の直前に位置する研磨ユニットAの空き時間スロットは、時間スロットTS303である。したがって、この空き時間スロットTS303が研磨ユニットAのドレッシング実施ユニットに指定され、研磨ユニットAのドレッシングユニット356は、空き時間スロットTS303で研磨パッド352のドレッシングを実施するよう制御される。他の研磨ユニット500（例えば研磨ユニットB）におけるドレッシングの実施タイミングも、同様にして制御される。

【0051】

図10は、上記の制御によって空き時間スロットTS303においてドレッシングを実施した場合の、研磨ユニットAにおける波長構成比の時間変化の一例である。前述した図6の例と比較して、図10の例では、パッド状態指標値（波長構成比）が適正範囲の限界に近づいてからドレッシングが実施されるので、研磨パッド352の研磨能力をより有効に（つまり研磨能力が所定レベル以下となるギリギリまで）活用することができ、それにより、研磨パッド352が必要以上に早くドレッシングされることを回避し、研磨パッド352の長寿命化を図ることができる。また、本実施形態の制御では「空き時間スロット」を利用してドレッシングを実施するので、研磨装置10の他のユニットの動作に遅延を生じさせることなく研磨パッド352をドレッシングすることができ、それにより、研磨装置10のスループット低下を効果的に防ぐことができる。

【0052】

別の実施形態において、コントローラ800は、任意の空き時間スロット（例えば全ての空き時間スロット）で研磨パッド352をドレッシングするように制御を行ってもよい。この場合、ドレッシングの総回数は増えるが、各回のドレッシング時間を短く設定することで、ドレッシングによる研磨パッド352の過度な消耗を防ぐとともに、研磨装置10全体の動作スケジュールの効率化を図ることができる。

【0053】

以上、いくつかの例に基づいて本発明の実施形態について説明してきたが、上記した発明の実施形態は、本発明の理解を容易にするためのものであり、本発明を限定するものではない。本発明は、その趣旨を逸脱することなく、変更、改良され得るとともに、本発明には、その均等物が含まれることはもちろんである。また、上述した課題の少なくとも一部を解決

できる範囲、または、効果の少なくとも一部を奏する範囲において、特許請求の範囲および明細書に記載された各構成要素の任意の組み合わせ、または、省略が可能である。

【符号の説明】

【 0 0 5 4 】

1 0	研磨装置
1 0 0	ロード／アンロードユニット
2 0 0	第1搬送ユニット
3 0 0	第2搬送ユニット
4 0 0	第3搬送ユニット
5 0 0	研磨ユニット
6 0 0	ウェハステーション
7 0 0	洗浄ユニット
8 0 0	コントローラ
3 5 2	研磨パッド
3 5 6	ドレッシングユニット
5 0 2	測定ユニット

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

研磨装置であって、
前記研磨装置は、

1 または複数の研磨ユニットと、

研磨の前処理または後処理を行うための 1 または複数の機能ユニットと、

研磨対象物を少なくとも前記研磨ユニットと前記機能ユニットとの間で搬送するための

1 または複数の搬送ユニットと、

前記研磨対象物に対する研磨を行うために、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットを所定の動作スケジュールに従って動作するように制御するコントローラであって、前記動作スケジュールは、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットの間の動作の制約によって前記研磨ユニットが処理を実施できない複数の空き時間スロットを含む、コントローラと、

を備え、前記 1 または複数の研磨ユニットの各々は、

前記研磨対象物の研磨時に前記研磨対象物に押し当てられるように構成された研磨パッドと、

前記研磨パッドの研磨面の状態を測定するための測定装置と、

前記研磨パッドをドレッシング処理するように構成されたドレッシング装置と、

を備え、

前記コントローラは、

前記測定装置によって測定された前記研磨パッドの前記研磨面の状態に基づいて、前記研磨パッドの研磨能力が閾値レベルを下回ると予測されるタイミングを決定し、

前記予測タイミングの直前の空き時間スロットを、前記動作スケジュールにおける前記複数の空き時間スロットから特定し、

前記特定された空き時間スロットにおいて、前記ドレッシング装置に、前記研磨パッドに対するドレッシング処理を行わせる、

ように構成される、

研磨装置。

【請求項 2】

前記タイミングの決定は、前記研磨パッドの前記研磨面の状態を表す指標を外挿補間することに基づく、請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 3】

前記コントローラは、前記動作スケジュールにおける前記複数の空き時間スロットの各々について、前記研磨パッドの研磨能力が前記閾値レベルを下回るかどうかを外挿補間によって予測し、下回ると予測された場合、当該空き時間スロットにおいて、前記ドレッシング装置に前記研磨パッドに対するドレッシング処理を行わせるように構成される、請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 4】

前記機能ユニットは、前記研磨ユニットによる研磨後の前記研磨対象物を洗浄するための洗浄ユニットを含む、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の研磨装置。

【請求項 5】

前記コントローラは、所定のレシピ情報に基づいて前記所定の動作スケジュールを作成するようにさらに構成される、請求項 1 に記載の研磨装置。

【請求項 6】

研磨装置であって、

前記研磨装置は、

1 または複数の研磨ユニットと、

研磨の前処理または後処理を行うための 1 または複数の機能ユニットと、

研磨対象物を少なくとも前記研磨ユニットと前記機能ユニットとの間で搬送するための
1 または複数の搬送ユニットと、

前記研磨対象物に対する研磨を行うために、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットを所定の動作スケジュールに従って動作するよう制御するコントローラであって、前記動作スケジュールは、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットの間の動作の制約によって前記研磨ユニットが処理を実施できない複数の空き時間スロットを含む、コントローラと、

を備え、前記 1 または複数の研磨ユニットの各々は、

前記研磨対象物の研磨時に前記研磨対象物に押し当てられるように構成された研磨パッドと、

前記研磨パッドをドレッシング処理するように構成されたドレッシング装置と、

を備え、

前記コントローラは、前記複数の空き時間スロットの各空き時間スロットにおいて、前記ドレッシング装置に前記研磨パッドに対するドレッシング処理を行わせるように構成される

、

研磨装置。

【請求項 7】

研磨装置の制御方法であって、

前記研磨装置は、

1 または複数の研磨ユニットと、

研磨の前処理または後処理を行うための 1 または複数の機能ユニットと、

研磨対象物を少なくとも前記研磨ユニットと前記機能ユニットとの間で搬送するための
1 または複数の搬送ユニットと、

前記研磨対象物に対する研磨を行うために、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットを所定の動作スケジュールに従って動作するよう制御するコントローラであって、前記動作スケジュールは、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットの間の動作の制約によって前記研磨ユニットが処理を実施できない複数の空き時間スロットを含む、コントローラと、

を備え、前記 1 または複数の研磨ユニットの各々は、

前記研磨対象物の研磨時に前記研磨対象物に押し当てられるように構成された研磨パッドと、

前記研磨パッドの研磨面の状態を測定するための測定装置と、

前記研磨パッドをドレッシング処理するように構成されたドレッシング装置と、

を備え、

前記方法は、

前記コントローラによって、前記測定装置によって測定された前記研磨パッドの前記研磨面の状態に基づいて、前記研磨パッドの研磨能力が閾値レベルを下回ると予測されるタイミングを決定するステップと、

前記コントローラによって、前記予測タイミングの直前の空き時間スロットを、前記動作スケジュールにおける前記複数の空き時間スロットから特定するステップと、

前記コントローラによって、前記特定された空き時間スロットにおいて、前記ドレッシング装置に、前記研磨パッドに対するドレッシング処理を行わせるステップと、

を含む、研磨装置の制御方法。

【請求項 8】

研磨装置の制御方法であって、

前記研磨装置は、

1 または複数の研磨ユニットと、

研磨の前処理または後処理を行うための 1 または複数の機能ユニットと、

研磨対象物を少なくとも前記研磨ユニットと前記機能ユニットとの間で搬送するための
1 または複数の搬送ユニットと、

前記研磨対象物に対する研磨を行うために、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットを所定の動作スケジュールに従って動作するよう制御するコントローラであって、前記動作スケジュールは、前記研磨ユニット、前記機能ユニット、および前記搬送ユニットの間の動作の制約によって前記研磨ユニットが処理を実施できない複数の空き時間スロットを含む、コントローラと、

を備え、前記 1 または複数の研磨ユニットの各々は、

前記研磨対象物の研磨時に前記研磨対象物に押し当てられるように構成された研磨パッドと、

前記研磨パッドをドレッシング処理するように構成されたドレッシング装置と、

を備え、

前記方法は、前記コントローラによって、前記複数の空き時間スロットの各空き時間スロットにおいて、前記ドレッシング装置に前記研磨パッドに対するドレッシング処理を行わせるステップを含む、研磨装置の制御方法。