

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5353541号
(P5353541)

(45) 発行日 平成25年11月27日(2013.11.27)

(24) 登録日 平成25年9月6日(2013.9.6)

(51) Int.Cl.		F I			
H O 1 L 21/304	(2006.01)	H O 1 L	21/304	6 2 1 D	
B 2 4 B 37/10	(2012.01)	H O 1 L	21/304	6 2 2 R	
B 2 4 B 49/16	(2006.01)	B 2 4 B	37/04	G	
		B 2 4 B	49/16		

請求項の数 5 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-183148 (P2009-183148)	(73) 特許権者	308014341
(22) 出願日	平成21年8月6日(2009.8.6)		富士通セミコンダクター株式会社
(65) 公開番号	特開2011-35348 (P2011-35348A)		神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目10番23
(43) 公開日	平成23年2月17日(2011.2.17)	(74) 代理人	100091340
審査請求日	平成24年5月9日(2012.5.9)		弁理士 高橋 敬四郎
		(74) 代理人	100105887
			弁理士 来山 幹雄
		(72) 発明者	安本 民秀
			東京都新宿区西新宿二丁目7番1号 富士通マイクロエレクトロニクス株式会社内
		審査官	金丸 治之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 化学機械研磨装置及びその運転方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転するパッドに回転するウエハが接触して該ウエハが研磨され、研磨中に該パッドの回転に伴いパッド周方向に関する該ウエハの位置が相対的に移動し、該ウエハを保持して回転させるヘッドを有する化学機械研磨装置の運転方法であって、

前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量を、前記パッド上の周方向の複数の位置で測定する工程と、

前記パッド上の複数の位置で測定された前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量に基づき、該パッド上の異常箇所を特定する工程と

を有する化学機械研磨装置の運転方法。

【請求項2】

さらに、

特定された前記パッド上の異常箇所を避けた前記ウエハの軌道となるように、前記パッドに対する前記ウエハの相対位置を、該パッドの径方向に関して移動させる工程を有する請求項1に記載の化学機械研磨装置の運転方法。

【請求項3】

前記パッドに対する前記ウエハの相対位置を、該パッドの径方向に関して移動させる工程は、前記ヘッド及びそれに保持された該ウエハを移動させる請求項1または2に記載の化学機械研磨装置の運転方法。

【請求項4】

パッドを保持し回転させるプラテンと、
 回転する前記パッドに回転するウエハが接触して該ウエハが研磨されるように、該ウエハを保持し回転させるヘッドと、
 前記パッド上の周方向の複数の位置で前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量を測定するトルク測定器と、
 測定された前記物理量に基づき、前記パッド上の異常箇所を特定する制御装置とを有する化学機械研磨装置。

【請求項 5】

さらに、
 前記プラテンに対する前記ヘッドの相対位置を、前記パッドの径方向に関して移動させる移動機構を有し、
 前記制御装置は、特定された前記パッド上の異常箇所を避けた前記ウエハの軌道となるように、前記移動機構を制御して、前記プラテンに対する前記ヘッドの相対位置を移動させる請求項 4 に記載の化学機械研磨装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、化学機械研磨装置及びその運転方法に関する。

【背景技術】

【0002】

CMP (Chemical Mechanical Polishing: 化学機械研磨) は、表面に研磨布が貼り付けられ回転する研磨パッド上に、研磨液であるスラリー (slurry: 粉末状の固体と液体との混合物) を滴下しながら、別に固定されたウエハを該研磨パッドに押し付けて、ウエハ表面を研磨する方法である。CMP は、例えば、STI (shallow trench isolation) による素子分離絶縁膜の形成、タングステンプラグの形成、ダマシンによる銅配線の形成等に用いられている。

【0003】

半導体装置の製造工程においては、平坦な面を得ることが重要であるため、上記のようにCMP が多用される。そのため、処理条件を安定させて、CMP を行なう技術が望まれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特表 2001 - 514092 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 99467 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

半導体装置の製造工程においては、平坦な面を得ることが重要であるため、上記のようにCMP が多用される。そのため、処理条件を安定させて、CMP を行なう技術が望まれている。処理条件を安定化させるためには、研磨パッド上の異常箇所を容易に特定することが重要である。本発明の一目的は、化学機械研磨における処理条件の安定化に寄与する化学機械研磨装置及びその運転方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一観点によれば、回転するパッドに回転するウエハが接触して該ウエハが研磨され、研磨中に該パッドの回転に伴いパッド周方向に関する該ウエハの位置が相対的に移動し、該ウエハを保持して回転させるヘッドを有する化学機械研磨装置の運転方法であって、前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量を、前記パッド上の周方向の複数の位置で測定する工程と、前記パッド上の複数の位置で測定された前記ヘッドの回転トルクに対応

10

20

30

40

50

する物理量に基づき、該パッド上の異常箇所を特定する工程とを有する化学機械研磨装置の運転方法が提供される。

【発明の効果】

【0007】

パッド上の周方向の複数位置で測定されたヘッドの回転トルクに対応する物理量に基づき、パッド上の異常箇所が特定される。これにより、パッド状態に面内分布が生じていることを検知できる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】図1は、本発明の第1の実施例によるCMP装置を示す概略斜視図である。 10

【図2】図2は、第1（及び第2）の実施例のCMP装置の運転方法を概略的に示すフローチャートである。

【図3】図3は、第1（及び第2）の実施例のCMP装置の運転方法について、計測時間、トルク値、測定ポイント、判定結果等をまとめた表である。

【図4】図4A及び図4Bは、第1（及び第2）の実施例のCMP装置の運転方法で、異常箇所を避けるウエハ軌道を示す概略斜視図である。

【図5】図5は、第2の実施例によるCMP装置を示す概略斜視図である。

【図6】図6は、事前検討に用いたCMP装置を示す概略斜視図である。

【図7】図7は、研磨ステップ全体の流れを示すタイミングチャートである。

【図8】図8は、STIによる素子分離絶縁膜の形成されたウエハの概略断面図である。 20

【図9】図9は、ヘッド回転トルクとディッシング量とが、CMPの累積処理ウエハ数に対してどのように変化するかを示すグラフである。

【図10】図10は、（ウエハ当たり）平均ヘッド回転トルクが小、中、大の3水準の時期について、ヘッド回転トルク全データをプロットした箱ひげ図である。

【図11】図11は、パッド上のヘッド回転トルク測定点を示す概略平面図である。

【図12】図12A及び図12Bは、それぞれ、平均ヘッド回転トルクが小及び大の時期について、測定点A～Cごとに、ヘッド回転トルクに関して累積確率をプロットしたグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0009】 30

本発明の実施例による化学機械研磨（CMP）装置とその運転方法について説明する前に、本願発明者が行なった事前検討について説明する。

【0010】

図6は、事前検討におけるCMP装置を示す概略斜視図である。パッド（研磨布）1が、円盤状のプラテン（定盤）2の上面に貼られている。プラテン駆動シャフト3を介してプラテン2が回転されることにより、パッド1が回転する。パッド1の回転方向は、例えばパッド1の上方から見て反時計回りであり、プラテン2及びパッド1の回転数は、50rpm～200rpm（例えば100rpm）である。

【0011】

被研磨物であるウエハ11が、円盤状のヘッド（マウント板）12の下面に保持されている。ヘッド駆動シャフト13を介してヘッド回転モータ14によりヘッド12が回転されることにより、ウエハ11が回転する。ウエハ11の回転方向は、パッド1の回転方向と揃っており、例えばパッド1の上方から見て反時計回りである。ヘッド12及びウエハ11の回転数は、50rpm～200rpm（例えば150rpm）である。 40

【0012】

ヘッド12を所望の回転数で回転させるように、ヘッド回転モータ14の駆動電流が制御される。ヘッド回転モータ14として、駆動電流と回転トルクが比例するような回転モータ、駆動用モータを用いることができる。

【0013】

ヘッド回転モータ14の駆動電流が、ヘッド12の回転トルクに対応し、ヘッド回転モ 50

ータ14の駆動電流に基づいて、ヘッド12の回転トルクを測定することができる。ヘッド12の回転トルクを測定する回路をまとめて、ヘッド回転トルク測定器17と呼ぶこととする。

【0014】

支軸16に取り付けられたヘッド支持アーム15が、ヘッド12を上下方向に移動させる。スラリー（研磨液）供給ノズル21が、パッド1上にスラリーを供給する。スラリーを供給したパッド1を回転させながら、回転するウエハ11をパッド1に押し付けることにより、ウエハ11の表面が研磨される。パッド1の回転に伴い、ウエハ11のパッド1上での相対位置が、パッド周方向に移動する。

【0015】

ウエハ11の直径は例えば12インチであり、パッド1の直径は、ウエハ直径の2倍より少し大きい程度、例えば30インチである。パッド1の径方向について、パッド1の中心から縁の間にウエハ11が配置されて、研磨が行なわれる。

【0016】

ヘッド12のウエハ保持面は、ウエハ11と同程度の大きさで、例えば直径12インチ程度である。プラテン2のパッド保持面は、パッド1と同程度の大きさで、例えば直径30インチ程度である。

【0017】

次に、図7を参照し、ウエハ1枚分の研磨ステップについて説明する。図7は、研磨ステップ全体の流れを示すタイミングチャートであり、横軸は研磨時間、縦軸はプロセスステップを示す。ウエハ1枚分の研磨ステップは、パッドのコンディショニング、ランプアップ、メイン研磨、純水リンスの4つステップに大別される。

【0018】

パッドのコンディショニングステップに次ぐランプアップステップは、ウエハのロード動作や、ウエハの回転開始動作等を含む。メイン研磨ステップは、パッド及びウエハの回転数等が定常的になった状態で研磨を行なう。メイン研磨時間は例えば80秒程度である。

【0019】

研磨ステップ中のプロセスデータ（ヘッド回転数、プラテン回転数、ヘッド回転トルク、研磨圧力、スラリー流量等）が、所定の測定間隔で取得される。本事前検討では、1秒間隔でデータを取得した。ウエハ1枚当たりのメイン研磨ステップでの取得データ数は、80個程度となる。

【0020】

次に、図8を参照して、ディッシングについて説明する。図8は、シャロートレンチアイソレーション（STI）による素子分離絶縁膜STIの形成されたウエハの概略断面図である。素子分離絶縁膜STIに対しCMPを行うとき、中央部が端部に比べて多く研磨され、中央部が沈み込むディッシングが生じる。ディッシングは、トランジスタ特性に影響することが判っている。端部に対する中央部の沈み込み量でディッシング量を定義する。なお、素子分離絶縁膜の幅が広いほど、ディッシング量が大きくなる傾向がある。

【0021】

次に、図9を参照して、ヘッド回転トルクとディッシング量との関係を調べた考察について説明する。図9は、ヘッド回転トルクとディッシング量とが、CMPの累積処理ウエハ数に対してどのように変化するかを示すグラフである。

【0022】

横軸にロット番号を示す。各ロットは10枚～20枚程度ウエハを含む。横軸右方のロットほど、後に処理されている。全ロットのウエハを処理する間に、3回のパッド交換が行なわれ（すなわち4枚のパッドが使われ）ている。各パッドでの処理期間を、処理期間T1～処理期間T4と呼ぶこととする。なお、パッドは、原則として、一定枚数のウエハを処理するごとに交換される。ただし、何らかの不具合が生じた場合は、交換周期を待たずにパッドが交換される。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 3 】

ヘッド回転トルクは、ヘッド回転モータの駆動電流で評価することができる。左側の縦軸が、ヘッド回転トルクに対応する電流を A 単位で示す。ウエハ 1 枚ごとのメイン研磨ステップのヘッド回転モータ電流の平均値を菱形のプロットで示す。以下、ヘッド回転トルクに対応する電流を、単にヘッド回転トルクと呼ぶこともある。

【 0 0 2 4 】

右側の縦軸が、ディッシング量を nm 単位で示す。ロットによりウエハ上に形成された半導体集積回路の品種は違うが、どのウエハにもテストパターンとして S T I による共通形状の素子分離絶縁膜が形成されており、S T I のテストパターン (4 0 μ m × 4 0 μ m の正形状) におけるディッシング量を測定している。ウエハ 1 枚ごとのディッシング量を正方形のプロットで示す。

10

【 0 0 2 5 】

本願発明者は、同一パッドでの研磨時、累積処理ウエハ数が増えるほどヘッド回転トルクが上昇し、さらに、ディッシング量が大きくなる傾向を見出した。ヘッド回転トルクの上昇が、ディッシング量の増加を招いているのではないかと考えられる。このような傾向は、1 枚目 ~ 3 枚目のパッドの処理期間 T 1 ~ T 3 で見られる。

【 0 0 2 6 】

トランジスタ特性のばらつきを抑制するために、ディッシング量のばらつきを抑制したい。そのためには、CMP 時のヘッド回転トルクの変動を抑えることが有効と考えられる。

20

【 0 0 2 7 】

次に、ヘッド回転トルク上昇の理由について考察する。

【 0 0 2 8 】

図 1 0 は、図 9 の処理期間 T 1 における、平均ヘッド回転トルクが小、中、大の 3 水準の時期 (初期、中期、後期) について、それぞれ、ロット内のウエハ数枚分の全ヘッド回転トルクデータをプロットした箱ひげ図である。

【 0 0 2 9 】

これより、平均ヘッド回転トルクの上昇は、累積処理数が増えるにつれてトルクの大きい側へのデータのばらつきが増えるためであることがわかる。

【 0 0 3 0 】

本事前検討では、パッドを 1 0 0 r p m で回転させ、ヘッド回転トルクの測定間隔を 1 秒としている。パッドの回転周期は 0 . 6 秒であるので、(1 + 2 / 3) 回転ごとに、ヘッド回転トルクが測定される。

30

【 0 0 3 1 】

図 1 1 は、パッド 1 上のヘッド回転トルク測定点を示す概略平面図である。パッド 1 が反時計回りに回転する例を示す。(1 + 2 / 3) 回転ごとにヘッド回転トルクが測定されるので、パッド 1 を周方向に 3 等分する位置に (すなわち方位角 1 2 0 ° ごとに)、3 箇所測定点 A、B、C が配置される。

【 0 0 3 2 】

A 点での測定後、(1 + 2 / 3) 回転して B 点が測定され、B 点での測定後、(1 + 2 / 3) 回転して C 点が測定され、C 点での測定後、(1 + 2 / 3) 回転して再び A 点が測定される。このように、A 点 ~ C 点の 3 箇所での測定が繰り返される。

40

【 0 0 3 3 】

図 1 2 A 及び図 1 2 B は、それぞれ、上記の平均ヘッド回転トルクが小及び大の時期について、測定点 A ~ C ごとに、ヘッド回転トルクに関して累積確率をプロットしたグラフである。

【 0 0 3 4 】

図 1 2 A に示すように、平均ヘッド回転トルクが小の時期は、測定点 A ~ C 間で、累積確率の分布形状のばらつきが小さい。

【 0 0 3 5 】

50

一方、図12Bに示すように、平均ヘッド回転トルクが大の時期は、測定点A～C間で、累積確率の分布形状のばらつきが大きくなっている。特に、測定点B、Cのヘッド回転トルクが、測定点Aのそれに比べて高い方にシフトしている。

【0036】

これより、平均ヘッド回転トルクの上昇は、一部の測定点（この例ではB点、C点）でのヘッド回転トルクの上昇に起因しているものと考えられる。

【0037】

以上の考察をまとめると、累積処理数が増えるにつれ、パッド上の一部領域に抵抗が高くなるような異常（劣化）が生じ（パッドの状態に面内分布が生じ）、異常箇所では所望のヘッド回転数を維持するために、ヘッド回転トルクの上昇が起こっているものと考えられる。

10

【0038】

以上の事前検討を踏まえ、次に、本発明の第1の実施例によるCMP装置とその運転方法について説明する。

【0039】

図1は、第1の実施例によるCMP装置を示す概略斜視図である。CMP装置としての基本的な構造は事前検討で図6を参照して説明したCMP装置と同様であり、以下、事前検討のCMP装置との違いについて説明する。

【0040】

第1の実施例のCMP装置は、パッド1a及びプラテン2aの直径が、事前検討の装置のパッド1及びプラテン2の直径よりも大きい。ウエハ11の直径は、事前検討と同様に例えば12インチである。第1の実施例のパッド1aの直径は、ウエハ直径の4倍より少し大きい程度で、例えば60インチである。パッド1aに対応して、プラテン2aの直径も例えば60インチ程度である。すなわち、パッド1a（あるいはプラテン2aのパッド保持面）の半径として、ウエハ11（あるいはヘッド12のウエハ保持面）の直径の2倍以上が確保されている。

20

【0041】

また、第1の実施例のCMP装置は、ヘッド支持アーム31が、パッド1aの径方向に移動可能であり、この方向にヘッド12を移動させる。ヘッド移動モータ32が、ヘッド支持アーム31を動かす。ヘッド支持アーム31及びヘッド移動モータ32を含んで、パッド径方向のヘッド移動機構33が形成される。

30

【0042】

事前検討で考察したように、ヘッド回転トルク上昇に基づいて、パッド上の異常箇所を検知できる。以下に詳しく説明するように、第1の実施例のCMP装置では、ヘッド回転トルクに基づいてパッド上の異常箇所を特定し、パッド上の異常箇所を避けるように、パッド径方向にヘッド12を移動させる。

【0043】

このような動作に必要なデータ処理や、ヘッド移動機構33の制御等を、制御装置100が行なう。なお、事前検討で説明したように、ヘッド回転トルクに対応する物理量としてヘッド回転モータ14の駆動電流を測定することができるが、これ以外の方法でヘッド回転トルクを見積もるヘッド回転トルク測定器を用いることも可能である。

40

【0044】

次に、第1の実施例のCMP装置の運転方法について説明する。

【0045】

図2は、第1の実施例のCMP装置の運転方法を概略的に示すフローチャートである。メイン研磨ステップについて示す。他のプロセスステップ（パッドのコンディショニング、ランプアップ、純水リンス）は、事前検討のCMP装置の運転方法と特に変わらない。まず、ステップS1で、メイン研磨が開始される。

【0046】

次に、ステップS2で、ヘッド回転トルクが測定される。ここで、パッド上の異常箇所

50

を特定するのに望ましい、ヘッド回転トルクの測定方法について考察する。パッド回転数は、事前検討と同様に100rpmとする。パッドの回転周期は0.6秒となる。メイン研磨ステップの時間は、例えば80秒程度である。

【0047】

パッドの状態の面内分布を検知するために、パッド上の周方向の複数位置でヘッド回転トルクを測定したい。しかし、パッド回転周期（及びその整数倍）を測定間隔とすれば、測定点はパッド上の1箇所になってしまう。そのため、パッド回転周期（及びその整数倍）を測定間隔とするのは望ましくない。

【0048】

例えば2箇所測定する場合は、 $1/2$ 回転周期（あるいはそれに回転周期の整数倍を足した $(1 + 1/2)$ 回転周期、 $(2 + 1/2)$ 回転周期等）を測定間隔とすればよい。パッド回転周期が0.6秒ならば、測定間隔は、0.3秒、0.9秒、1.5秒等である。

10

【0049】

また例えば3箇所測定する場合は、 $1/3$ 回転周期（あるいはそれに回転周期の整数倍を足した $(1 + 1/3)$ 回転周期、 $(2 + 1/3)$ 回転周期等）、あるいは、 $2/3$ 回転周期（あるいはそれに回転周期の整数倍を足した $(1 + 2/3)$ 回転周期、 $(2 + 2/3)$ 回転周期等）を測定間隔とすればよい。パッド回転周期が0.6秒ならば、測定間隔は、0.2秒、0.8秒、1.4秒等、または、0.4秒、1秒、1.6秒等である。

【0050】

なお、測定点が多すぎると、データ数が多くなりすぎたり、測定点当たりのデータ数を十分に確保するのが難しくなったりする。測定点の数は、例えば2箇所～5箇所程度とするのがよいであろう。

20

【0051】

なお、測定間隔が長すぎると、測定点当たりのデータ数を十分に確保するのが難しくなる。一方、測定間隔は短すぎても、データ数が多くなりすぎる等、好ましくないであろう。測定間隔は、例えば0.5秒～2.0秒程度とするのがよいであろう。

【0052】

なお、測定間隔は、一定間隔に限定されるものではないが、一定の測定間隔とすれば、パッドの周方向に一定の間隔で（つまり一定の方位角角度差で）測定点を配置することが容易である。測定点が、パッド周方向の特定部分に偏って配置されることを抑制しやすい。

30

【0053】

本実施例では、事前検討と同様に、測定間隔を1秒として、測定箇所を3箇所とする。メイン研磨ステップ中に、全部で80個程度（測定点当たり約27個程度）のヘッド回転トルクデータが取得される。

【0054】

ステップS3において、ステップS2で測定されたヘッド回転トルクに基づいて、ヘッド回転トルクの変動の有無が判定される。ステップS3でヘッド回転トルクの変動有りと判定されたら、ステップS4に進む。

40

【0055】

ステップS4で、パッドの異常箇所が特定される。

【0056】

そして、ステップS5で、ヘッドを移動させることにより、ウエハ軌道が、パッドの異常箇所を避ける軌道に修正される。

【0057】

ステップS3でヘッド回転トルクの変動無しと判定されたら、その測定点は正常と判定され、ウエハ軌道の修正は行なわれない。

【0058】

ヘッド回転トルクの変動の有無の判定、パッドの異常箇所の特定、及び、ウエハ軌道の

50

修正手順について、さらに説明する。

【 0 0 5 9 】

まず、実施例のCMP処理に先立って、許容されるヘッド回転トルクの範囲を決める上限基準値及び下限基準値を準備しておく。パッドが最も安定な状態、例えば交換周期の初期の10%の期間（例えば交換周期が2000枚の場合、交換後200枚処理する期間）でのCMP処理を行っておき、この期間内でのヘッド回転トルクの最大値及び最小値をそれぞれ、上限基準値及び下限基準値に設定する。

【 0 0 6 0 】

なお、ヘッド回転トルクの測定値はばらつきが大きい傾向がある。そのため例えば、3データごとの移動平均を取ることににより、ばらつきを均すことができる。よって、移動平均データの最大値、最小値を用いるのが望ましいと考えられる。

10

【 0 0 6 1 】

図3は、左側から、ロット番号、ウエハ番号、計測時間、ヘッド回転トルクに対応する電流値（単にトルク値と呼んでいる）、測定ポイント、移動平均トルク（左記「トルク値」の3データごとの移動平均）、判定結果、及び、ヘッド動作についてまとめた表である。30秒間分のデータ例を示す。

【 0 0 6 2 】

図2のステップS2で、トルク値が測定される。トルク値は測定間隔1秒ごとに測定され、測定ごとに、測定点がA点、B点、C点、再びA点、と循環的に移動する。測定点ごとに、3データごとの移動平均トルクが算出される。移動平均トルクが、上限基準値及び下限基準値と比較され、許容範囲内であるかどうか判定される。例えば、上限基準値は59.7、下限基準値は26.2である。

20

【 0 0 6 3 】

図3に示した例では、測定点Cに関して、計測時間11:01:25の移動平均トルク（計測時間11:01:19、11:01:22、11:01:25のデータを平均した移動平均トルク）が、60.83であり、上限基準値を超えて、許容範囲外と判定される。すなわち、ヘッド回転トルクの変動有りと判定され（ステップS3）、トルク測定点Cが異常箇所であると特定される（ステップS4）。

【 0 0 6 4 】

さらに、これに基づいて、測定点Cに関する次回の計測時間11:01:28以後、C点を避けるウエハ軌道となるように、C点通過時にヘッドを動作させる（ステップS5）。

30

【 0 0 6 5 】

図4A及び図4Bは、異常が生じたC点を避ける、パッド1a上のウエハ11の軌道T1を示す概略斜視図である。パッドに異常が生じていない場合（正常時と呼ぶこととする）、ウエハ11の中心は円状の軌道T0を通る。正常時の軌道T0の半径は、例えば半径24インチである。パッド1aの中心から、正常時の軌道T0を移動するウエハ11の最もパッド中心側の縁までの距離は、ウエハ11の直径以上確保されている。

【 0 0 6 6 】

図4Aに示すように、パッド1aの回転に伴い、パッド周方向についてウエハ11が異常点C（PC）に近づいたら、ウエハ11をパッド中心に近づくようパッド径方向内側に、（少なくとも）ウエハ1枚分（ヘッド1つ分）移動させる。このようにして、ウエハ11の軌道が、正常時の軌道T0からずれた、異常点Cを避ける軌道T1に修正される。

40

【 0 0 6 7 】

これにより、異常点Cの内側の、未使用で劣化していないパッド領域での研磨を行なうことができる。パッド1aの半径として、ウエハ11の直径の2倍以上を確保しているので、修正された軌道T1でも、パッド1aの中心から縁の間にウエハ11を配置して、研磨を行なうことができる。

【 0 0 6 8 】

図4Bに示すように、パッド周方向についてウエハ11が異常点C（PC）を過ぎたら

50

、ウエハ 1 1 をパッド中心から遠ざかるようにパッド径方向外側に移動させて、ウエハ 1 1 を正常時の軌道 T 0 上に戻す。

【 0 0 6 9 】

図 3 に示したデータの例では、A 点及び B 点では異常が生じていない。従って、A 点及び B 点に関しては、ヘッド回転トルクの変動無しと判定される（ステップ S 3）。A 点及び B 点に関しては、正常時の軌道 T 0 からの修正を行なわない。

【 0 0 7 0 】

なお、図 3 に示すように、計測時間 1 1 : 0 1 : 3 4 等で、C 点の移動平均トルクが許容範囲内に戻っているが、一度許容範囲外と判定されたら、その後移動平均トルクが許容範囲内に復帰しても、異常点 C を避けるヘッド動作は継続させる。一旦異常が生じたパッド領域は、その後正常な状態に戻る可能性は低いと考えられるからである。

10

【 0 0 7 1 】

図 2 に戻って説明を続ける。ステップ S 6 で、メイン研磨ステップの残り時間が充分かどうか判定される。残り時間が充分（例えば、2、3 秒以上）であるうちは、ステップ S 2 に戻り、必要に応じてステップ S 5 のウエハ軌道の修正を行なう。残り時間がわずか（例えば 2、3 秒未満）となったら、もうステップ S 2 には戻らず、ステップ S 5 のウエハ軌道の修正も行わずに、ステップ S 7 に進み、メイン研磨を終了する。

【 0 0 7 2 】

以上説明したように、第 1 の実施例の C M P 装置を用いれば、パッド周方向の複数箇所測定されたヘッド回転トルク（ヘッド回転トルクそのものに限らず、広く、ヘッド回転トルクに対応する物理量であればよい）に基づいて、パッド上の異常箇所を特定する。パッド状態に、面内分布が生じていることを検知できる。

20

【 0 0 7 3 】

第 1 の実施例の C M P 装置は、さらに、パッド上の異常箇所を回避したウエハ軌道で C M P 処理を行う。これにより、C M P 処理条件のばらつき低減が図られる。例えば、S T I による素子分離絶縁膜の形状のウエハごとのばらつきが抑制される。なお、素子分離絶縁膜形成に限らず、例えばタングステンプラグ形成や銅配線形成等に用いる C M P 処理においても、C M P 処理条件のばらつき低減効果は有用と考えられる。

【 0 0 7 4 】

なお、上記実施例では、異常点 C の近傍のみでウエハ軌道を正常時の軌道から修正したが、つまり、異常の検知されない A 点、B 点近傍では正常時のウエハ軌道に戻したが、A 点、B 点近傍で正常時のウエハ軌道に戻さずに、異常点 C を回避するパッド径方向内側位置にウエハを留めたままの軌道としても、異常点 C を回避した C M P 処理を行うことはできる。なお、異常の検知されない A 点、B 点近傍では正常時のウエハ軌道、すなわち、パッド径方向外側を通る軌道に戻した方が、パッドの広い面積を使うことができる。

30

【 0 0 7 5 】

次に、第 2 の実施例による C M P 装置とその運転方法について説明する。第 1 の実施例の C M P 装置は、パッド上の異常箇所を回避したウエハ軌道とするために、ヘッド及びウエハを移動させる構造としたが、プラテン及びパッドを動かして、このような軌道とすることも可能である。第 2 の実施例では、プラテン及びパッドを移動させる機構を採用する。

40

【 0 0 7 6 】

図 5 は、第 2 の実施例による C M P 装置を示す概略斜視図である。第 1 の実施例の C M P 装置との違いについて説明する。第 2 の実施例では、ヘッド側は（パッド径方向に）移動させないので、ヘッド支持アーム 1 5、及びその支軸 1 6 は、事前検討の C M P 装置と同様である。

【 0 0 7 7 】

プラテン移動アーム 3 5 が、プラテン駆動シャフト 3 を介してプラテン 2 a を移動させる。パッド 1 a に対して相対的にウエハ 1 1 がパッド径方向に移動できるよう、パッド 1 a の中心とウエハ 1 1 の中心とを結ぶ方向に、プラテンガイド部材 3 4 が、プラテン 2 a

50

の移動方向を案内する。プラテン移動モータ36が、プラテン移動アーム35を動かす。プラテンガイド部材34、プラテン移動アーム35、及びプラテン移動モータ36を含んで、プラテン移動機構37が形成される。プラテン移動機構37の制御は、制御装置100が行なう。

【0078】

次に、第2の実施例のCMP装置の運転方法について説明する。第2の実施例の運転方法も、第1の実施例と同様に、図2に示したフローチャートで示される。ただし、ステップS5でウエハ軌道を修正するために、プラテン及びパッドを移動させる。

【0079】

パッド上の異常箇所を避けたウエハ軌道とするときの、パッド1aに対するウエハ11の相対位置の移動は、第1の実施例と同様に、図4A及び図4Bに示される。ただし、このような軌道とするために、プラテン及びパッドを移動させる。

【0080】

第2の実施例のCMP装置でも、パッド上の異常箇所を避けたウエハ軌道でCMP処理を行うことができ、CMP処理条件のばらつき低減が図られる。

【0081】

以上、第1及び第2の実施例で説明したように、パッド上の異常箇所を避けたウエハ軌道とするために、パッドに対するウエハの相対位置を(プラテンに対するヘッドの相対位置を)、パッドの径方向に関して移動させるには、ヘッド及びそれに保持されたウエハを動かす方法と、プラテン及びそれに保持されたパッドを動かす方法とのどちらを使うこともできる。なお、ヘッドはプラテンに対して小さく軽いので、ヘッド及びウエハを移動させる方が、プラテン及びパッドを移動させるより容易と考えられる。

【0082】

以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0083】

以上説明した第1及び第2の実施例を含む実施形態に関し、さらに以下の付記を開示する。

(付記1)

回転するパッドに回転するウエハが接触して該ウエハが研磨され、研磨中に該パッドの回転に伴いパッド周方向に関する該ウエハの位置が相対的に移動し、該ウエハを保持して回転させるヘッドを有する化学機械研磨装置の運転方法であって、

前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量を、前記パッド上の周方向の複数の位置で測定する工程と、

前記パッド上の複数の位置で測定された前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量に基づき、該パッド上の異常箇所を特定する工程とを有する化学機械研磨装置の運転方法。

(付記2)

前記パッド上の異常箇所を特定する工程は、前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量が、予め決められた範囲外となった測定位置を、該パッド上の異常箇所として特定する付記1に記載の化学機械研磨装置の運転方法。

(付記3)

前記ヘッドは、ヘッド回転モータで回転され、該ヘッド回転モータの駆動電流を、該ヘッドの回転トルクに対応する物理量として測定する付記1または2に記載の化学機械研磨装置の運転方法。

(付記4)

さらに、

特定された前記パッド上の異常箇所を避けた前記ウエハの軌道となるように、前記パッドに対する前記ウエハの相対位置を、該パッドの径方向に関して移動させる工程を有する付記1～3のいずれか1つに記載の化学機械研磨装置の運転方法。

10

20

30

40

50

(付記 5)

前記パッドに対する前記ウエハの相対位置を、該パッドの径方向に関して移動させる工程は、該ウエハの該パッドに対する相対位置を、該パッドの径方向に関して、該ウエハ 1 枚分以上内側に移動させる付記 4 に記載の化学機械研磨装置の運転方法。

(付記 6)

前記パッドに対する前記ウエハの相対位置を、該パッドの径方向に関して移動させる工程は、パッド周方向について前記異常箇所の手前で、該ウエハの該パッドに対する相対位置をパッド径方向内側に移動させ、パッド周方向について前記異常箇所を過ぎたら、該ウエハの該パッドに対する相対位置をパッド径方向外側に移動させる付記 4 または 5 に記載の化学機械研磨装置の運転方法。

10

(付記 7)

前記パッドに対する前記ウエハの相対位置を、該パッドの径方向に関して移動させる工程は、前記ヘッド及びそれに保持された該ウエハを移動させる付記 4 ~ 6 のいずれか 1 つに記載の化学機械研磨装置の運転方法。

(付記 8)

パッドを保持し回転させるプラテンと、

回転する前記パッドに回転するウエハが接触して該ウエハが研磨されるように、該ウエハを保持し回転させるヘッドと、

前記パッド上の周方向の複数の位置で前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量を測定するトルク測定器と、

20

測定された前記物理量に基づき、前記パッド上の異常箇所を特定する制御装置とを有する化学機械研磨装置。

(付記 9)

前記制御装置は、前記ヘッドの回転トルクに対応する物理量が、予め決められた範囲外となった測定位置を、前記パッド上の異常箇所として特定する付記 8 に記載の化学機械研磨装置。

(付記 10)

さらに、前記ヘッドを回転させるヘッド回転モータを有し、

前記トルク測定器は、前記ヘッド回転モータの駆動電流を、該ヘッドの回転トルクに対応する物理量として測定する付記 8 または 9 に記載の化学機械研磨装置。

30

(付記 11)

さらに、

前記プラテンに対する前記ヘッドの相対位置を、前記パッドの径方向に関して移動させる移動機構を有し、

前記制御装置は、特定された前記パッド上の異常箇所を避けた前記ウエハの軌道となるように、前記移動機構を制御して、前記プラテンに対する前記ヘッドの相対位置を移動させる付記 8 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の化学機械研磨装置。

(付記 12)

前記制御装置は、前記移動機構を制御して、前記ウエハの前記パッドに対する相対位置を、該パッドの径方向に関して、該ウエハ 1 枚分以上内側に移動させる付記 11 に記載の化学機械研磨装置。

40

(付記 13)

前記制御装置は、前記移動機構を制御して、パッド周方向について前記異常箇所の手前で、前記ウエハの前記パッドに対する相対位置を、パッド径方向内側に移動させ、パッド周方向について前記異常箇所を過ぎたら、該ウエハの該パッドに対する相対位置を、パッド径方向外側に移動させる付記 11 または 12 に記載の化学機械研磨装置。

【符号の説明】

【 0 0 8 4 】

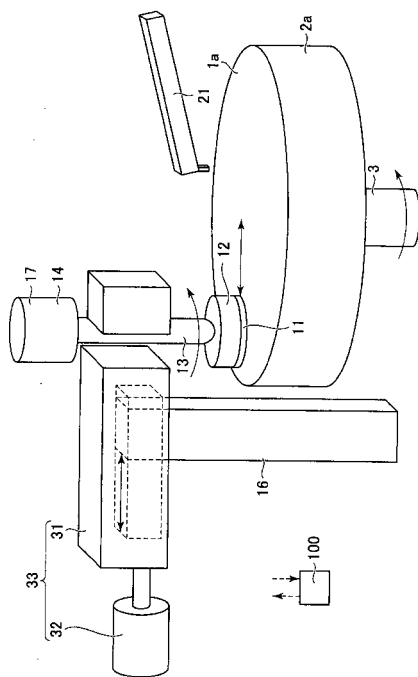
1 a パッド

2 a プラテン

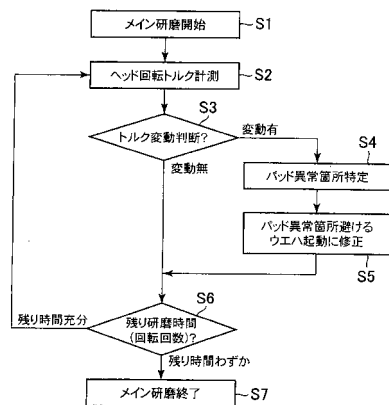
50

- 3 プラテン駆動シャフト
- 11 ウエハ
- 12 ヘッド
- 13 ヘッド駆動シャフト
- 14 ヘッド回転モータ
- 16 (ヘッド支持アームの)支軸
- 17 トルク測定器
- 21 スラリー供給ノズル
- 31 ヘッド支持アーム
- 32 ヘッド移動モータ
- 33 ヘッド移動機構
- 100 制御装置

【図1】



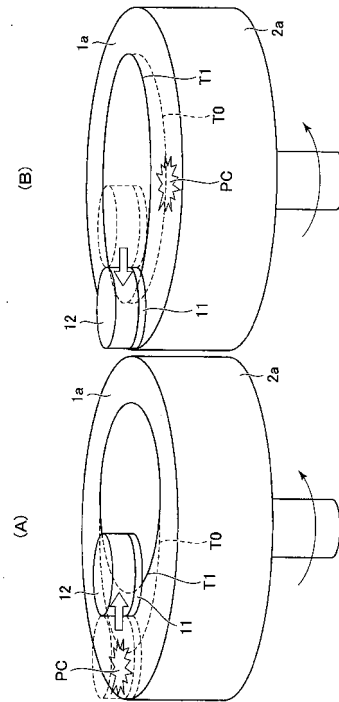
【図2】



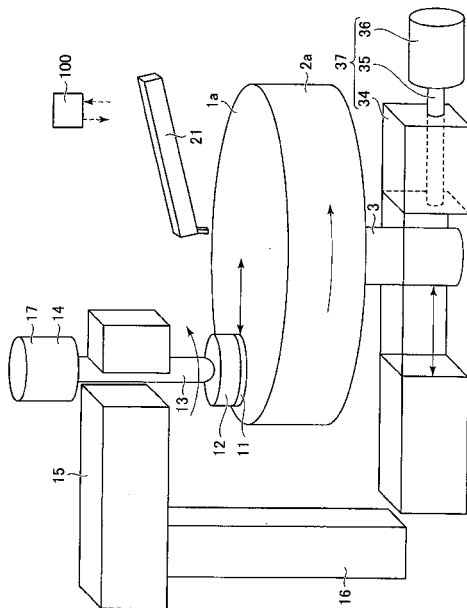
【図3】

LOT_NO	WF番号	計測時間	トルク値	測定ポイント	移動平均トルク	判定結果	ヘッド動作
Lot A	1	11:01:17	26.3	A点			
Lot A	1	11:01:18	54.4	B点			
Lot A	1	11:01:19	60.7	C点			
Lot A	1	11:01:20	46.1	A点			
Lot A	1	11:01:21	15.5	B点			
Lot A	1	11:01:22	59.7	C点			
Lot A	1	11:01:23	40.1	A点	37.50	OK	しない
Lot A	1	11:01:24	46.2	B点	38.70	OK	しない
Lot A	1	11:01:25	62.1	C点	60.83	NG	しない
Lot A	1	11:01:26	36.6	A点	40.93	OK	しない
Lot A	1	11:01:27	25.5	B点	29.07	OK	しない
Lot A	1	11:01:28	60.3	C点	60.70	NG	する
Lot A	1	11:01:29	50.7	A点	42.47	OK	しない
Lot A	1	11:01:30	54.5	B点	42.07	OK	しない
Lot A	1	11:01:31	58.7	C点	60.37	NG	する
Lot A	1	11:01:32	26.5	A点	37.93	OK	しない
Lot A	1	11:01:33	29.7	B点	36.57	OK	しない
Lot A	1	11:01:34	45.8	C点	54.93	OK	する
Lot A	1	11:01:35	48.9	A点	42.03	OK	しない
Lot A	1	11:01:36	59.7	B点	47.97	OK	しない
Lot A	1	11:01:37	59.8	C点	54.77	OK	する
Lot A	1	11:01:38	41.3	A点	38.90	OK	しない
Lot A	1	11:01:39	43	B点	44.13	OK	しない
Lot A	1	11:01:40	60.2	C点	55.27	OK	する
Lot A	1	11:01:41	45.1	A点	45.10	OK	しない
Lot A	1	11:01:42	42.3	B点	48.33	OK	しない
Lot A	1	11:01:43	59.3	C点	59.77	NG	する
Lot A	1	11:01:44	26.2	A点	37.53	OK	しない
Lot A	1	11:01:45	41.3	B点	42.20	OK	しない
Lot A	1	11:01:46	45.2	C点	54.90	OK	する

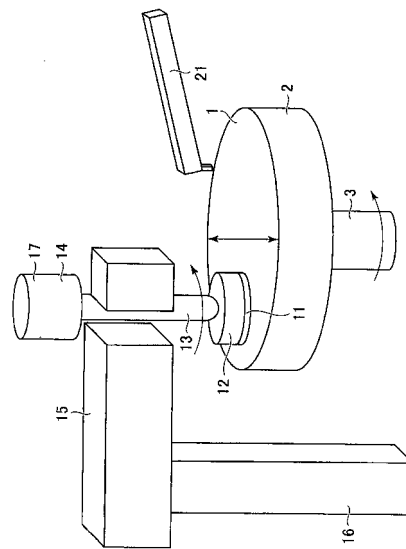
【図4】



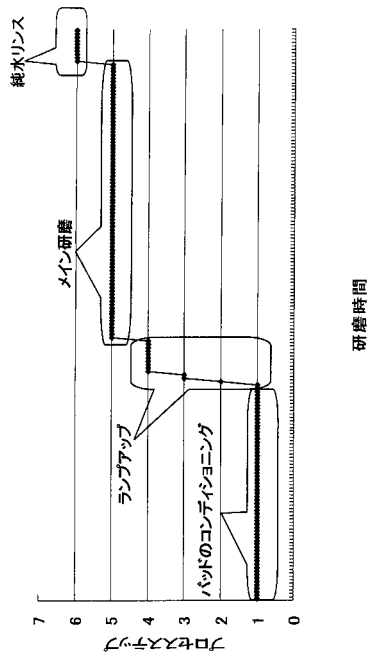
【図5】



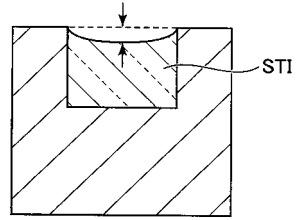
【図6】



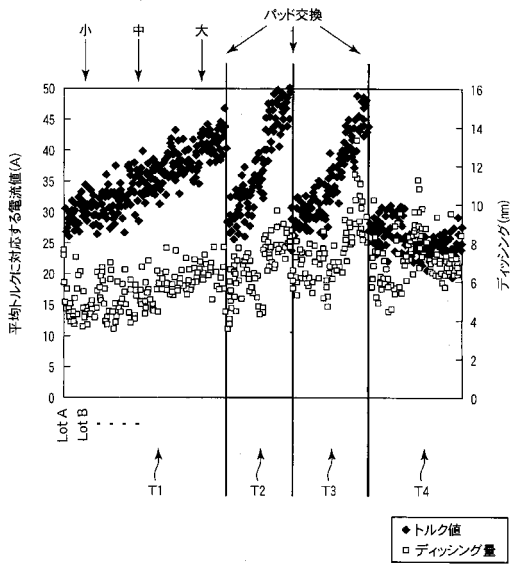
【図7】



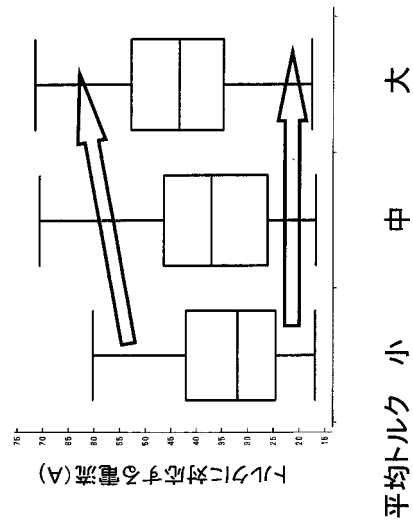
【図8】



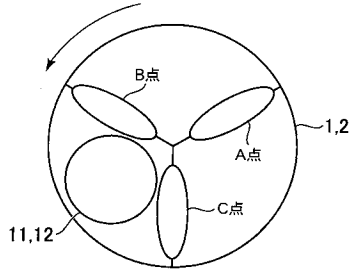
【図9】



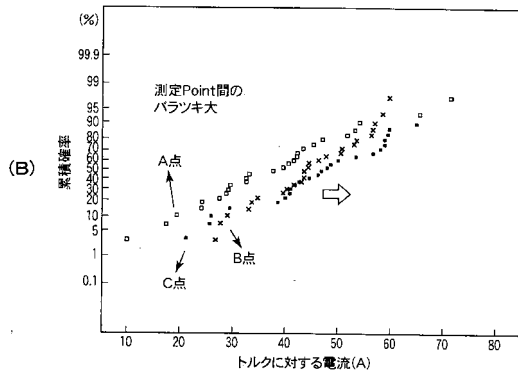
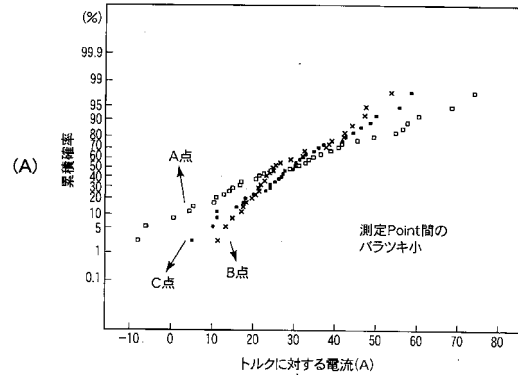
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特表2001-514092(JP,A)
特開平11-099467(JP,A)
特開2009-028805(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/304
B24B	37/10
B24B	49/16