

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4815351号
(P4815351)

(45) 発行日 平成23年11月16日(2011.11.16)

(24) 登録日 平成23年9月2日(2011.9.2)

(51) Int.Cl.	F I
B 2 4 B 37/00 (2006.01)	B 2 4 B 37/00 J
H O 1 L 21/304 (2006.01)	H O 1 L 21/304 6 2 1 D
	H O 1 L 21/304 6 2 2 R
	H O 1 L 21/304 6 2 2 M

請求項の数 15 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-533931 (P2006-533931)	(73) 特許権者	591016172
(86) (22) 出願日	平成16年9月17日(2004.9.17)		アドバンスト・マイクロ・デバイス・
(65) 公表番号	特表2007-524518 (P2007-524518A)		インコーポレイテッド
(43) 公表日	平成19年8月30日(2007.8.30)		ADVANCED MICRO DEVI
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/030410		CES INCORPORATED
(87) 国際公開番号	W02005/032763		アメリカ合衆国、94088-3453
(87) 国際公開日	平成17年4月14日(2005.4.14)		カリフォルニア州、サニベイブル、ピー・
審査請求日	平成19年9月18日(2007.9.18)		オウ・ボックス・3453、ワン・エイ・
(31) 優先権主張番号	10345381.4		エム・ディ・プレイス、メール・ストップ
(32) 優先日	平成15年9月30日(2003.9.30)		・68(番地なし)
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)	(74) 代理人	100108833
(31) 優先権主張番号	10/859,336		弁理士 早川 裕司
(32) 優先日	平成16年6月2日(2004.6.2)	(74) 代理人	100132207
(33) 優先権主張国	米国(US)		弁理士 太田 昌孝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パッドコンディショナーのセンサー信号を使用して化学機械研磨を制御する方法およびシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の位置に基板を受容し保持するように構成される、制御可能な研磨ヘッドと、
第1ドライブアセンブリに接続されるプラテン上にマウントされる研磨パッドと、
電気モータを含んだ第2ドライブアセンブリに接続されるパッド・コンディショナーと

、
前記電気モータからセンサ信号を受信し、このセンサ信号に基づいて前記研磨ヘッドを
制御するように構成され、前記研磨ヘッドおよび前記第2ドライブアセンブリに機能的に
接続される制御ユニットと、を含む、

化学機械研磨(CMP)システム。

【請求項2】

前記電気モータから受信した前記センサ信号は、前記電気モータのトルクおよび回転数
の少なくとも一方を示す、請求項1記載のシステム。

【請求項3】

前記制御ユニットは、前記電気モータの前記トルクおよび前記回転数を示す前記センサ
信号を受信し、

複数の以前に処理した基板の前記センサ信号に基づき、前記研磨ヘッドについての制御
信号を決定する、請求項2記載のシステム。

【請求項4】

CMPシステムの研磨パッドに関連してパッド・コンディショナーを移動させる間に、

前記CMPシステムの前記パッド・コンディショナーを駆動する電気モータからセンサ信号を得るステップと、

前記CMPシステムで処理される少なくとも1つの基板についての前記センサ信号に基づいて、前記CMPシステムの少なくとも1つのプロセス・パラメータを調節するステップと、を含み、

少なくとも1つのプロセス・パラメータが一度だけ調整された前記CMPシステムで複数の基板が処理される、CMPシステムの動作方法。

【請求項5】

前記センサ信号は、前記電気モータのトルクおよび回転数の少なくとも一方を示す、請求項4記載の方法。

10

【請求項6】

前記CMPシステムを制御するステップは、

複数の基板が処理される際に、前記複数の基板についての前記センサ信号の値を収集することにより、前記センサ信号についての参照データを構築するステップと、

少なくとも1つのプロセス・パラメータを調節するように、前記参照データと共に前記センサ信号を使用するステップと、を含む、請求項5記載の方法。

【請求項7】

前記参照データを構築するステップは、

前記パッド・コンディショナーの以前に実行された多くのオペレーションから得られるセンサ信号の移動平均を決定するステップを含む、請求項6記載の方法。

20

【請求項8】

前記CMPシステムの少なくとも1つの消耗品の状態の変化についての情報を得るステップと、前記情報と前記参照データとに基づき前記少なくとも1つのプロセス・パラメータを調節するステップと、を更に含む、請求項6記載の方法。

【請求項9】

前記研磨パッドに関連する前記パッド・コンディショナーの動作中に、前記電気モータは、実質的に一定の速度を有するように制御される、請求項5記載の方法。

【請求項10】

前記電気モータのモータ電流を示す信号は、前記センサ信号として使用される、請求項9記載の方法。

30

【請求項11】

前記CMPシステムの動作を制御するステップは、前記センサ信号に基づく基板と前記研磨パッドとの間の相対速度、研磨時間、および研磨ヘッドに作用するダウンフォースの少なくとも1つを再調整するステップを含む、請求項4記載の方法。

【請求項12】

前記CMPシステムの動作を制御するステップは、コンディショニング効果を調節するように、前記センサ信号に基づく前記電気モータに対するドライブ信号を再調整するステップを含む、請求項11記載の方法。

【請求項13】

CMPシステムの研磨パッドに関連してパッド・コンディショナーを移動させる間に、前記CMPシステムのパッド・コンディショナーを駆動する電気モータからセンサ信号を得るステップを含み、前記センサ信号は前記電気モータのトルクおよび回転数の少なくとも一方を示すものであって、

40

前記CMPシステムで処理される少なくとも1つの基板についての前記センサ信号に基づいて、前記CMPシステムの少なくとも1つのプロセス・パラメータを調節するステップと、

複数の基板が処理される際に、前記複数の基板についての前記センサ信号の値を収集することにより、前記センサ信号についての参照データを構築するステップと、

前記少なくとも1つのプロセス・パラメータを調節するように、前記参照データと共に前記センサ信号を使用するステップと、を含む、CMPシステムの動作方法。

50

【請求項 14】

前記参照データを構築するステップは、

前記パッド・コンディショナーの以前に実行された多くのオペレーションから得られるセンサ信号の移動平均を決定するステップを含む、請求項 13 記載の方法。

【請求項 15】

前記CMPシステムの少なくとも1つの消耗品の状態の変化についての情報を得るステップと、前記情報と前記参照データとに基づき前記少なくとも1つのプロセス・パラメータを調節するステップと、を更に含む、請求項 13 記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

10

【0001】

本発明は、ミクロ構造の製造技術分野に関し、より詳しくは、基板を化学機械研磨（CMP）するためのツールに関する。このツールは、例えば集積回路を形成するために複数のダイを支持し、ツールの研磨パッドの表面をコンディショニング（再加工）するためのコンディショナーシステムを備える。

【背景技術】**【0002】**

集積回路のようなミクロ構造においては、半導体層、導電層、絶縁材料層をたい積し、フォトリソグラフィおよびエッチング技術によりこれらの層をパターン化することによって、トランジスタ、キャパシタ、レジスタのような多くの回路素子が1つの基板に製造される。前に形成された材料層にはっきりとした凹凸（pronounced topography）ができると、その後の材料層のパターン化に悪影響を及ぼすという問題が、頻繁に生じる。

20

さらに、ミクロ構造の製造においては、先にたい積された材料層における余分な材料の除去が必要とされることが多い。

例えば、各回路素子を誘電層に組み込まれた金属線によって電氣的に接続し、これにより、通常メタライゼーション層と呼ばれる層を形成する。

近年の集積回路においては、通常このようなメタライゼーション層が複数形成され、必要とされる機能を維持するようにそれぞれ互いにその上面に積み重ねられなければならない。

しかしながら、金属層のパターン化を繰り返すことで表面形状がますます平坦ではなくなり、特に、非常に複雑な集積回路の場合のように、サブミクロン範囲における最小寸法を有する構造を含むミクロ構造について、後続のパターン化プロセスを悪化させる可能性がある。

30

【0003】

このため、特定の後続の層の形成の間に、基板の表面をプレーナ化することが必要であることが分かっている。

様々な理由により基板の平坦な表面が必要とされるが、その理由の1つとして、ミクロ構造の材料層をパターン化するのに使用されるフォトリソグラフィにおける光学的焦点深度（optical depth of the focus）の制限が挙げられる。

【発明の開示】

40

【発明が解決しようとする課題】**【0004】**

化学機械研磨（CMP）は、基板の余分な材料を除去し、基板の広範囲なプレーナ化を実現するのに広く使用されている適切なプロセスである。

このCMPプロセスでは、研磨ヘッドと呼ばれる適切に形成されたキャリア上にウェーハがマウントされ、キャリアが研磨パッドに対して動き、ウェーハが研磨パッドと接触するようになっている。

このCMPプロセスの間、研磨パッドにスラリーが供給される。このスラリーは、例えば材料を酸化物に変化させることによって、プレーナ化される材料または複数の材料層と反応する化学化合物を包含する。金属酸化物のような反応生成物はその後、スラリーおよ

50

び（または）研磨パッドに含まれる研磨材で機械的に除去される。

層を高度にプレーナ化すると同時に必要とされる除去率を達成するためには、CMPプロセスのパラメータおよびコンディショニングを適切に選択しなければならない。このため、研磨パッドの構造、スラリーの種類、研磨パッドに対して相対的に動く際にウェーハに加えられる圧力、およびウェーハおよび研磨パッド間の相関速度のようなファクタを考慮しなければならない。

さらに、除去率はスラリーの温度にかなり依存し、続いて研磨パッドとウェーハ間の相関的な動きにより生じる摩擦量、蒸発したパーティクル（粒子）によるスラリーの飽和度、特に研磨パッドの研磨表面の状態によってかなりの影響を受ける。

【0005】

10

多くの研磨パッドは、多くのボイド（空隙）を有する多孔質のマイクロ構造ポリマー材料で形成されるが、処理中に、このボイドにスラリーが入り込む。

基板表面から除去され、スラリー内に蓄積されたパーティクルがボイド内に吸収されることで、スラリーの緻密化（densification）が生じる。

この結果、除去率が低下し、これによりプレーナ化プロセスの信頼性に悪い影響を及ぼし、完成した半導体デバイスのイールド（yield）および信頼性を低下させる。

【0006】

この問題の一部を解決すべく、研磨表面と研磨パッドを“リコンディショニング（recondition: 再調整）”する、通常パッドコンディショナーと呼ばれるものが使用される。

このパッドコンディショナーは、例えば、耐性材料で覆われたダイヤモンドのような様々な材料で構成され得るコンディショニング表面を含む。

20

このような例では、除去率が低すぎると評価されると、パッドの劣化した表面の除去および（または）パッドコンディショナーの比較的硬い材料によるリワークがなされる。精巧なCMP装置のような他の例では、パッドコンディショナーと研磨パッドとを絶えず接触させながら、基板を研磨する。

【0007】

非常に複雑な集積回路では、1つの基板（可能な限りの複数の基板についても同様である）の全領域にわたって可能な限り研磨パッドの状態を一定して維持するように、CMPプロセスの均一性に関するプロセス要求が、かなり厳格となる。

その結果、パッドコンディショナーは通常、ドライブアセンブリと制御ユニットに設けられる。これらにより、パッドコンディショナー、すなわち、少なくともコンディショニング表面を含むキャリア、が、研磨ヘッドの動きに関連して動くことが可能となり、また、研磨ヘッドの動きによる干渉を避けながら、研磨パッドによる均一なリワークが可能となる。

30

したがって、通常1つ以上の電気モータがコンディショナードライブアセンブリに与えられ、コンディショニング表面を適切に回転および（または）スイープさせる。

【0008】

従来のCMPシステムの問題の1つは、コンディショニング表面、研磨パッド、研磨ヘッドのコンポーネント等のような消耗品を定期的に交換しなければならないことである。

例えば、コンディショニング表面を含むダイヤモンドの耐用期間は、一般に、基板2000個を処理するには不十分なものであり、この実際の耐用年数は、適切な交換時期を予測することを非常に困難にする種々のファクタに依存する。

40

さらに、消耗品の劣化が、経験的に得られた知見からプロセス安定性を維持することを困難にする。

【0009】

上述した問題の点から、消耗品の状態を考慮したCMPシステムにおける制御対策の改善が必要とされている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、概して、パッドコンディショナーに接続されたドライブアセンブリの電気モ

50

ータの状態を表す信号に基づきCMPシステムを制御するための技術に関する。ドライブアセンブリによって供給された信号は、現在のツール状態を示し、CMPプロセス制御のクオリティを改善するのに使用される。

このため、パッドコンディショナーのドライブアセンブリから受け取った信号が、コンディショニング表面の現在の状態についての情報を含む“センサ”信号として働き、CMPプロセスの1つ以上のプロセスパラメータの調整を評価することができる。

基板と研磨パッド間に生成される摩擦力とは反対に、コンディショニング表面と研磨パッド間の相対運動によって生成される摩擦力は、短時間の変動に対して実質的に影響を受けないと考えられることから、この摩擦力を示すモータトルクのような信号は、パッド・コンディショナー、研磨パッド、スラリー群、化学品群およびこれらに類するもののような消耗品の状態が変化することによって生じ得る研磨の非均一性および（または）除去率に関するプロセス変化を補うまたは少なくとも縮小するようにCMPプロセス・パラメータを調節するために効率的に使用できる。

パッドコンディショナーのドライブアセンブリの電気モータが、この摩擦力を示す信号を生成する供給源として使用することができ、それゆえパッドコンディショナーの少なくともコンディショニング表面の“状態”センサとして働く。

【0011】

本発明の例示的な実施形態の一例によると、化学機械研磨に関するシステムは、所定の位置に基板を受容し保持するように構成される制御可能な研磨ヘッドと、第1ドライブアセンブリに接続されるプラテン上にマウントされる研磨パッドと、を含んでいる。

パッドコンディショニングアセンブリは、電気モータを含んだ第2ドライブアセンブリに接続される。

このシステムは、研磨ヘッドおよび第2ドライブアセンブリに機能的に接続される制御ユニットをさらに含む。この制御ユニットは、電気モータからセンサ信号を受信し、このセンサ信号に基づいて研磨ヘッドを制御するように構成される。

【0012】

本発明のさらなる他の例示的な実施形態によれば、CMPシステムを動作する方法は、CMPシステムの研磨パッドに関連してパッドコンディショナーを移動させている間に、CMPシステムのパッドコンディショナーを駆動する電気モータからセンサ信号を得るステップを含む。

さらに、CMPシステムの少なくとも1つのプロセス・パラメータは、CMPシステムで処理される少なくとも1つの基板のセンサ信号に基づいて調節される。

【0013】

また、実施形態の一例においては、電気モータのモータ電流の信号は、前述のセンサ信号として使用される。

【0014】

さらなる実施形態では、複数の基板は、少なくとも1つのプロセス・パラメータが一度だけ調整された前述のCMPシステムで処理されている。

【0015】

さらなる実施形態においては、この方法は、CMPシステムの少なくとも1つの消耗品の状態の変化についての情報を得るステップと、この情報と参照データに基づく少なくとも1つのプロセス・パラメータを調節するステップと、を含んでいる。

【0016】

本発明のさらなる利点、対象物および実施形態は、添付の請求項において明確にされ、添付の図面と併せて以下の詳細な説明により明らかになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明は、図面と共に以下の詳細な説明において示される実施形態を参照しながら記載される一方で、以下の詳細な説明が図面と同様に開示された特定のな実施形態に制限されることを意図したものではなく、むしろ記載された例示的な実施形態は本発明の種々の態

10

20

30

40

50

様を単に例示したものであり、本発明の趣旨は添付の請求項において限定されるものであることが理解されよう。

以下、図面を参照しながら、本発明の例示的な実施形態を詳細に説明する。

【0018】

図1は、本発明によるCMPシステム100を概略的に示す。

CMPシステム100は、その上に研磨パッド102がマウントされるプラテン101を含む。

このプラテン101は、回転可能なようにドライブアセンブリ103に取り付けられ、このドライブアセンブリは毎分ゼロ回から数百回の範囲内の所望の回転数でプラテン101を回転するように構成される。

研磨ヘッド104はドライブアセンブリ105に接続され、このドライブアセンブリ105は研磨ヘッド104を回転させ、符号106によって示されるように、プラテン101の径方向に動くようになっている。

【0019】

さらに、ドライブアセンブリ105は、研磨ヘッド104をローディングおよびアンローディングするのに必要となる所望の方法で基板107を動かす構成とされている。この基板107は、研磨ヘッド104によって所定の位置に受容され、保持される。

スラリー109が研磨パッド102に適切に供給されるように、スラリー供給装置108が形成され、配置される。

【0020】

CMPシステム100は、以下パッドコンディショナー110とも呼ばれるコンディショニングシステム110をさらに含む。このパッドコンディショナーは、ダイヤモンドのような適切な材料で構成されるコンディショニング表面を含むコンディショニングメンバ113に取り付けられるヘッド111を含む。このコンディショニング表面は、研磨パッド102に最適なコンディショニング効果を与えられるように設計された特定のテクスチャを有する。

ヘッド111は、ドライブアセンブリ112に接続され、このドライブアセンブリが次にヘッド111を回転し、矢印114によって示されるようにプラテン101について径方向に動くように構成される。

さらに、ドライブアセンブリ112は、適切なコンディショニング効果が生じるのに必要とされる可動式のヘッド111を提供するように構成されてよい。

【0021】

ドライブアセンブリ112は、適切な構造により構成される少なくとも1つの電気モータを含み、必要とされる機能をパッドコンディショナー110に与える。例えば、このドライブアセンブリ112は、DCまたはACのいずれのタイプのサーボモータとすることができる。

同様に、ドライブアセンブリ103および105は、1つ以上の適切な電気モータを備えていてもよい。

【0022】

このCMPシステムは、ドライブアセンブリ103, 105, 112に操作可能に接続される制御ユニット120をさらに含む。この制御ユニット120はまた、スラリーの排出を開始するようにスラリー供給装置に接続することができる。

この制御ユニット120は、ケーブル接続、ワイヤレスネットワーク等のような適切な通信ネットワークと通信可能である2つ以上のサブユニットで構成されてよい。

例えば、この制御ユニット120は従来のCMPシステムにおいて提供されるようなサブ制御ユニットを含んでいてよく、研磨ヘッド104、研磨パッド102、パッドコンディショナー110の動きを調整するために、それぞれ制御信号121、122および123をドライブアセンブリ105、103および112に適切に供給することができる。制御信号121、122および123は、必要とされる回転速度および(または)直動速度で動作するように、対応するドライブアセンブリに指示を与えるための適切な信号形式を

10

20

30

40

50

表すことができる。

【 0 0 2 3 】

従来のCMPシステムとは反対に、この制御ユニット120は、オペレーション中研磨パッド102とコンディショニングメンバ113との間に作用する摩擦力を基本的に示す信号をドライブアセンブリ112から受信し、処理するように構成される。したがって、信号124は、“センサ”信号とも呼ばれる。

このセンサ信号124を受信し処理する能力は、対応するサブユニット、PCのような別の制御デバイスの形式で導入してよいし、または設備マネージメントシステムの一部として導入してもよい。

従来のプロセス制御機能をセンサ信号プロセッシングに結合するデータ通信は、上述の通信ネットワークによって得ることができる。

10

【 0 0 2 4 】

CMPシステム100のオペレーション中、基板107を受容し、研磨パッド102に搬送するように適切に配置されている研磨ヘッド104が、基板107をローディングしてよい。

研磨ヘッド104は通常複数のガス線を含み、これにより研磨ヘッド104を真空とする、および(または)研磨ヘッド104にガスを供給して基板107を固定し、基板107と研磨パッド102との間の相対運動の間、特定のダウンフォース(下方への力)を与えることに注目されたい。

【 0 0 2 5 】

20

研磨ヘッド104の適切な動作に必要なとされる様々な機能もまた、制御ユニット120によって制御することができる。

プラテン101と研磨ヘッド104が回転する際に研磨パッド102に散布されるスラリー109を供給すべく、例えば制御ユニット120がスラリー供給装置108を作動する。

ドライブアセンブリ105および103にそれぞれ供給される制御信号121および122が、基板107および研磨パッド102間に特定の相対運動をもたらし、必要とされる除去率を実現される。上述したように、この除去率は特に、基板107の特性、研磨パッド102の構造および現在の状態、使用するスラリー109の種類、基板107に使用されるダウンフォース(下方への力)に依存する。

30

基板107の研磨前および(または)研磨中に、研磨パッド102の表面をリワークするようにコンディショニングメンバ113が研磨パッド102と接触するようになる。

このため、ヘッド111は回転および(または)研磨パッド102全体をスイープする。例えば、コンディショニングプロセスの間、回転速度のような速度を実質的に一定の速度に維持するように、制御ユニット120は制御信号123を提供する。

研磨パッド102の状態とメンバ113のコンディショニング表面に、与えられたスラリー109の種類についての摩擦力が作用し、この摩擦力は特定の一定回転速度を維持するための特定量のモータトルクを必要とする。

【 0 0 2 6 】

基板107と研磨パッド102間に作用する摩擦力が基板の仕様にかかなり依存し、それゆえ一つの基板の研磨プロセス中に大きく変化することとは逆に、コンディショニングメンバ113と研磨パッド102間の摩擦力は、パッドとコンディショニングメンバの状態における“長期間”の変化や進行によって実質的に決定され、基板に基づく短期間の変動に感応することはない。

40

例えば、複数の基板107についてのコンディショニングプロセスの進行中、コンディショニングメンバ113の基板構成のシャープネスが劣化する可能性があり、パッド102およびコンディショニングメンバ113間の摩擦力が減退するおそれがある。その結果、モータトルクが減少し、これにより回転速度定数を維持することが必要なモータ電流も減少することとなる。

このように、モータトルクの値は、摩擦力に関する情報を伝え、少なくともコンディシ

50

ョニングメンバ 1 1 3 の状態に依存するのである。例えばモータトルクまたはモータ電流を表すセンサ信号 1 2 4 は、制御ユニット 1 2 0 によって受信され、少なくともコンディショニングメンバ 1 1 3 の現在の状態を推測するように処理される。このように、本発明の一実施形態では、モータトルクがコンディショニングメンバ 1 1 3 の現在の状態を推定するようにその特性を表し得る。すなわち、このモータトルクが摩擦力の特性を示すので、コンディショニングメンバ 1 1 3 によって現在与えられるコンディショニング効果を示すことになる。

【 0 0 2 7 】

上述の信号の受信および処理（例えばしきい値との比較）を行うと、制御ユニット 1 2 0 は次に、コンディショニングメンバ 1 1 3 の現在の状態が有効か否か、すなわち求められるコンディショニング効果を提供するのに適切であると考えられるか否かを示し得る。

さらに、他の実施形態においては、図 2 を参照して以下により詳細に説明するように、例えば、前に得たモータトルク値を記録し、適切なアルゴリズムおよび（または）前に得た参照データに基づいてこれらの値をさらなるコンディショニング時間について補間することによって、制御ユニット 1 2 0 がコンディショニングメンバ 1 1 3 の残存する耐用年数を推定することができる。

【 0 0 2 8 】

図 2 に、CMP システム 1 0 0 の特定のオペレーティングコンディションについてのドライブアセンブリ 1 1 2 のモータ電流とコンディショニング時間との依存関係を概略的にグラフで示す。

特定のオペレーティングコンディションでは、プラテン 1 0 1 とヘッド 1 1 1 の回転速度が実質的に一定に維持されるコンディショニングプロセスの間、特定の種類のスラリー 1 0 9 が与えられることを意味する。さらに、モータ電流についての代表的なデータまたは参照データを得る場合において、コンディショニングメンバ 1 1 3 の状態の推定にあたってパッド劣化の依存を最小限に抑えるように、基板 1 0 7 を使用せずに CMP システム 1 0 0 を動作させてもよい。

他の実施形態においては、以下に説明するように製品基板 1 0 7 または専用テスト基板が研磨され得、これにより研磨パッド 1 0 2 とコンディショニングメンバ 1 1 3 の状態に関する情報を同時に得ることができる。

【 0 0 2 9 】

図 2 に、この実施形態における、コンディショニング時間に関する 3 つの異なるコンディショニングメンバ 1 1 3 のモータ電流を表すセンサ信号 1 2 4 を示す。図示されるように、モータ電流値は離散時間において得られるか実質的に継続して得られるかのどちらかであり得るが、センサ信号 1 2 4 を処理する際の制御ユニット 1 2 0 の性能に依存し、また離散時間方法または実質的に継続した方法でセンサ信号 1 2 4 を供給するドライブアセンブリ 1 1 2 の性能に依存する。

【 0 0 3 0 】

他の実施形態においては、離散的なモータ電流値を補間するか、またはフィットアルゴリズムを使用することによって、滑らかなモータ電流曲線を得ることができる。

【 0 0 3 1 】

図 2 において、曲線 A、B および C は、3 つの異なるコンディショニングメンバ 1 1 3 の各センサ信号 1 2 4 を表す。この例では、曲線 A、B および C では、モータ電流に関するパッド劣化の影響を実質的に避けるために研磨パッド 1 0 2 が頻繁に置換されるものとする。

曲線 A は、曲線 B および C によって表されるコンディショニングメンバ 1 1 3 と比較して、コンディショニング時間の全域にわたって多大なモータ電流量が必要とされるコンディショニングメンバ 1 1 3 を表す。

このように、摩擦力、したがって曲線 A によって表されるコンディショニングメンバ 1 1 3 のコンディショニング効果は、曲線 B および C によって表すコンディショニングメンバ 1 1 3 によって与えられるコンディショニング効果より高くなり得る。

10

20

30

40

50

Lで示される破線は、最小モータ電流、つまり最小限のコンディショニング効果を表すことができる。この値は、基板107の研磨の間のプロセス安定性を保証するのに十分であると考えられるコンディショニング効果を提供するために最小限必要とされる値である。その結果、3つの時点 t_A 、 t_B 、 t_C が、曲線A、B、およびCによって表される3つのコンディショニングメンバ113の各々の有用な耐用年数を示す。

【0032】

実際の製品基板107のそれぞれを同時に研磨することによって曲線A、B、およびCが得られる例においては、一度対応する時点 t_A 、 t_B 、 t_C に達すると、制御ユニット120がシステムの無効状態を示し得る。

【0033】

他の実施形態では、モータ電流のそれまでの進行状況 (preceding progression) を評価して対応するモータ電流曲線の将来の挙動の補間に使用することで、センサ信号124に基づき制御ユニット120によって、コンディショニングメンバ113の残存する耐用年数を予測することができる。

例えば、センサ信号124が図2に示す曲線Bに従い、時点 t_p においてコンディショニングメンバ113の残存する耐用年数に関する予測が求められる場合である。例えば、ある製造シーケンスに関するプロセスプランを構築するときにツールが使用可能であるかを推定し、またはCMPシステム100の様々なコンポーネントのメンテナンスを調整する場合である。

それまでの進行状況と曲線Bの勾配から、制御ユニット120は、例えば補間法によって $t_B \sim t_P$ の差分、すなわちコンディショニングメンバの残存する有用な耐用年数を推定することができる。制御ユニット120のこの予測はさらに、初期段階 t_p の間の進行状況が非常に似ている他のモータ電流曲線の“過去の実測値 (Experience)”に基づいて行われ得る。このため、センサ信号124を表す曲線のライブラリが生成され得、このセンサ信号124、例えば、モータ電流は、CMPシステム100の特定のオペレーティングコンディションに関する対応するコンディショニング時間に関連付けられる。

参照データとしてライブラリを用いることによって、予測された残存する耐用年数の信頼性は、ライブラリに入力されているデータ量が増えるのに従って向上する。

さらに、曲線A、B、およびCのような複数の代表的な曲線からコンディショニングメンバ113の残存する耐用年数を予測する際の信頼性をさらに向上させるように、所定の時点におけるその後の平均的な挙動が構築され得る。

【0034】

既に指摘したように、摩擦力も研磨パッド102の現在の状態に依存し得るので、研磨パッド102の劣化もまた、センサ信号124の時間経過に伴う変化の要因となる。

研磨パッド102とコンディショニングメンバ113の耐用年数とはかなり異なる可能性があるため、それぞれのコンポーネントの交換が必要とされる時期を別々に示すことが可能とすべく、コンディショニングメンバ113および研磨パッド102の双方の状態の情報を得ることが有利となる。

したがって、本発明の例示的な実施形態の一例においては、モータ電流信号の一例であるセンサ信号124の時間の経過についての挙動と、研磨パッド102の劣化と、の間の関係が構築される。このため、特定のCMPプロセス (すなわち所定のCMPレシピ) が複数の基板に関して実行され、測定結果に対するコンディショニングメンバ113の劣化の影響を最小限に抑えるようにコンディショニングメンバ113が頻繁に交換される。

【0035】

図3は、例示的な方法で、時間の経過により得られるセンサ信号124を概略的に表し、コンディショニングメンバ113と研磨パッド102間の摩擦力の減少を示す。ここでは、コンディショニング効果の低下が実質的に研磨パッド102の表面の変化によって生じるものと仮定する。

この実施例では、パッドの劣化によりモータ電流信号がわずかに減少することとなる。これに対して他のCMPプロセスでは、異なる挙動が生じ得る。

10

20

30

40

50

センサ信号 124 が、明白な挙動、例えば、時間の経過に伴い少なくともある特定の期間において実質的に単調な挙動をしている限りにおいては、センサ信号 124 のいずれの種類の変動も、研磨パッド 102 の状態を示すものとして使用されることに注目されたい。

図 2 について上述したように、参照データのライブラリを構築するために、または CMP システム 100 の消耗品の現在の状態評価について制御ユニット 120 で使用されるパラメータを絶えず更新するために、複数の研磨パッド 102 と複数の異なる CMP プロセスを調査することができる。

【0036】

例示的な実施形態の一例では、図 3 に例示的に表された測定結果を図 2 に示した測定データと合わせることができ、これにより、制御ユニット 120 が研磨パッド 102 およびコンディショニングメンバ 113 の双方の残存する有用な耐用年数を推定することができるようになる。例えば、研磨パッド 102 とコンディショニングメンバ 113 が使用されるとき、制御ユニット 120 が時間を正確にモニタする構成とすることができる。

実質的にパッドの変化の影響を受けないコンディショニングメンバ 113 の劣化を表した図 2 の測定結果からは、研磨パッド 102 がさらに劣化することによってセンサ信号 124 の値がさらに小さくなることにより、センサ信号 124 が僅かではあるがさらに小さくなることが予測される。

したがって、複数の基板の研磨中にコンディショニングメンバ 113 と研磨パッド 102 とを交換しないで得られる実際のセンサ信号は、全使用期間中にわたってこれらの曲線の傾きがある程度大きくなる、ということを除いては、図 2 に示される曲線と同様のものになると考えられる。

したがって、実際のセンサ信号 124 を、図 2 に示すような代表的な曲線と図 3 に示すような代表的な曲線とに比較することによって、研磨パッド 102 とコンディショニングメンバ 114 の双方の状態が推定できる。

【0037】

さらに、センサ信号 124 はまた、実際の CMP プロセスについて記録され、CMP ステーション 100 の消耗品の交換後その状態に関連づけられ、これによって実際の CMP プロセス中の、センサ信号 124 と消耗品の現在の状態との間の関係の“ロバスト性 (robustness)” が強化される。

例えば、上述したことを考慮に入れて制御ユニット 120 によって交換が決定されたコンディショニングメンバ 113 の交換後、特定のセンサ信号 124 の進行状況が評価される。ここでは、コンディショニングメンバ 113 に加えて、研磨パッド 102 のような他の消耗品の実際の状態を考慮に入れてもよい。

コンディショニングメンバ 113 と、他の消耗品があればその消耗品と、の検査により、センサ信号 124 による状態が十分正しく表されていないことが示されると、例えば、図 2 に示す限界 L が対応して調整される。

このように、センサ信号 124 に基づき制御ユニット 120 を絶えず更新することができる。

【0038】

上述した実施形態においては、センサ信号 124 がドライブアセンブリ 112 における少なくとも一つの電気モータのモータ電流を表すことに注目されたい。

他の実施形態においては、センサ信号は、コンディショニングメンバ 113 および研磨パッド 102 間の相互作用を示す適切な信号によって表すことができる。例えば、ドライブアセンブリ 112 に使用されるモータの種類により、制御ユニット 120 が定電流または定電圧を供給するようにできるし、それからコンディショニングメンバ 113 および研磨パッド 102 間の相互作用における変化についてドライブアセンブリ 112 の“レスポンス”を使用してよい。例えば、AC 型サーボモータがドライブアセンブリ 112 において使用されるとすると、コンディショニングメンバ 113 および (または) 研磨パッド 102 の劣化に伴い摩擦力が減少した場合、ドライブアセンブリに定電流が供給されている

10

20

30

40

50

ことから、結果として回転速度の増大をもたらす得る。この回転速度における変化は、図2と図3を参照しながら説明したように、現在の電流状態を示すインジケータとして使用することができる。

【0039】

図4を参照しながら以下に説明するように、本発明のさらなる例示的な実施形態の制御ユニット120は、センサ信号124に基づきCMPプロセスを制御するための機能をさらにまたは代替的に含んでいる。

上述したように、CMPシステム100の消耗品のうちの1つ、例えばコンディショニングメンバ113の劣化は、その使用可能な耐用年数がまだ許容範囲内にあるとしても、CMPシステム100の性能に悪い影響を及ぼす可能性がある。

CMPシステム100の性能と、例えばモータ電流信号の形式で与えられるセンサ信号124との間の関係を得るために、1つ以上の代表的なパラメータが信号124に関連して決定され得る。

ある実施形態においては、特定のCMPレシピに関する全体的な除去率が、ドライブアセンブリ112から得られる対応するセンサ信号に関して決定され得る。

このため、特定の材料層の除去された層厚を決定すべく、1つ以上のテスト基板を、例えば断続的に製品基板とともに研磨することができる。

同時に、対応するセンサ信号124が記録される。基層特性の影響を最小限に抑えるように、パターン化されていないかなり厚みのある材料層の上にテスト基板を形成してよい。

【0040】

図4は、特定のCMPレシピおよび特定の材料層に関する除去率の、センサ信号124の一例としてのモータ電流から示される依存関係を定性的に表す概略的な線図である。

次に、この測定データから、センサ信号124とCMP固有特性との間の対応関係を構築することができる。すなわち、図4に示される例では、各モータ電流値が、CMPシステム100の対応する除去率を表す。この関係は、センサ信号124に基づきCMPシステムを制御するように、例えばテーブルまたは数式等の形式で制御ユニット120に次に実装することができる。

例えば、CMPシステム100の除去率の低下を示すセンサ信号124が制御ユニット120によって検出されれば、対応して基板107に加えられるダウンフォースを増大するように、制御ユニット120が研磨ヘッド104に指示することができる。

他の例においては、除去率の低下を補うべく、研磨ヘッド104と研磨パッド102との相対速度を増大させてもよい。

さらなる実施例においては、全研磨時間にセンサ信号124によって示された現在有効な除去率を適用してよい。

【0041】

他の実施形態においては、CMPシステム100の除去率以外の代表的な特性をセンサ信号124に関連付けてもよい。

例えば、特定の製品またはテスト基板についての研磨プロセスの持続時間、すなわち研磨時間を決定することができる。この決定された研磨時間は、特定の基板の研磨中に受信したセンサ信号124と関連付けられ、その後、実際のCMPプロセスにおいて、制御ユニット120によって得られるセンサ信号124が、現在プロセスされている基板に関して決定された関係に基づいて研磨時間を調整するために使用される。

その結果、消耗品の状態を推定することに加えて、またはその代わりに、センサ信号124を使用することによって、プロセス制御がラン・トゥ・ラン(run-to-run)ベースで実行でき、これによりプロセスの安定性がかなり向上する。

他の実施形態においては、1つ以上の消耗品の状態だけでなくCMPシステム100の現在有効な性能を示す状態信号として、センサ信号124を使用してもよい。この状態信号は、設備マネジメントシステムまたは一群の関連付けられたプロセスおよび計測ツールに与えられ、これによって様々なプロセスとこれらに係わる計測ツールの状態を共通に

10

20

30

40

50

評価し、それらの1つ以上のプロセスパラメータを対応して調整することによって、複雑なプロセスシーケンスの制御を向上させる。

例えば、たい積プロファイルを現在のCMP状態に適用するために、たい積ツールがセンサ信号124に基づき対応して制御されてよい。

センサ信号124と基板直径全体の研磨の均一性との間の相関関係が構築されたと仮定すると、この関係は200mmまたは300mmという大きな直径の基板全体において特に重要であり得る。

次に、電気メッキ炉(electroplating reactor)のようなたい積ツールのプロセスパラメータを調整し、現在検出された研磨不均一性にたい積プロファイルを適用するのにセンサ信号124の情報が使用される。

【0042】

図5は、例えば図1に関して記載されるようなCMPシステム100のような、CMPシステムの多くのコンディショニング・オペレーションについての測定データを概略的に示す。

図5においては、モータ電流信号によって表わされ、図5の符号Aによって示されるモータトルク信号は、約10日という比較的長い時間の間隔におけるオペレーション時間に対して記載される。

上述したように、測定データは、基板の研磨中に動作されるパッドコンディショナーについて得られる。このモータトルクは、処理された各基板について平均される。

パッドコンディショナーが動作している間、パッド・コンディショナーを駆動する電気モータは、現在商業上利用可能な多くのCMPシステムで提供されるように、対応する制御機能によって、図5における曲線Bで表されるように実質的に一定の速度で動作する。

【0043】

時間 t_1 においては、例えば研磨パッドのような消耗品が交換され、コンディショナーと新しい研磨パッドとの間の摩擦力の増加によりモータ電流が増加するに至っている。

時間 t_2 においては、スラリーの供給が変更される。このことはまた、モータ電流の著しい増加に結びつく。

同様に、時間 t_3 および t_4 においてはスラリー供給が変更され、これに対応してモータ電流が増加している。

最後に、時間 t_5 においては、消耗品、すなわち研磨パッド、コンディショナーパッド、およびこれに類するものが交換され、これにより、これに対応するモータ電流が変わる。

【0044】

図5の測定によって示されるように、CMPシステムの消耗品に関するすべての「イベント」は、対応するモータトルク信号において視認することができる。したがって、このモータトルク信号をCMPプロセスのプロセス変化を減少させるのに使用することができる。

例えば、モータトルク信号の移動平均(moving average)は、調節された少なくとも1つのプロセス・パラメータを有するCMPシステムの使用により研磨されることになっている1つ以上の基板を処理するために、CMPシステムの少なくとも1つのプロセス・パラメータを調節すべく、以前に処理された基板のうちの少なくともいくつかに基づいて決定することができる。

例えば、パッド102と研磨ヘッド104との間の相対速度における設定値は、例えば図5の t_1 における場合のように消耗品の交換によって生じるプロセス変動を補うまたは縮小するように、曲線Aの値の移動平均に基づいて再調整される。

これによって、任意の「突然の」イベントに十分速く応答するだけでなく、さらに長期にわたって曲線Aについて適度に滑らかなベースラインを提供するように、移動平均を決定することができる。

他の場合においては、制御ユニット120は、スラリー供給の変更およびこれに類するもののようなイベントについての情報を受信することができる。また、少なくとも1つの

10

20

30

40

50

プロセス・パラメータは、この受信情報、および図5のデータのような測定データに基づいて調整され得る。また、この調整されたプロセス・パラメータは、制御ユニット120の適切なレスポンスについての参照データとして使用されてよい。

すなわち、スラリー供給の変更のようなイベントが発生した際、これに対応してCMPプロセス・パラメータの調整が実行され得る。このイベントに対するレスポンスの大きさは、参照データに基づいて推定することができる。

【0045】

新しく得られたトルク信号を、参照データと合わせてパラメータ調節のさらなる調整に使用してよい。あるいはこの参照データを新しく得られた測定結果によって更新してもよい。

参照データとして測定データを使用することによって、少なくとも1つのCMPプロセスパラメータの制御は、消耗品を交換した場合に、ある程度の予測性またはフィードフォワード制御を得ることができる。この測定データに対して、データフィッティング、スムージング、およびこれに類するもののような適切なデータ操作をしてもよい。

他方において、現在処理された基板のトルク信号のモニタリングは、フィードバック制御についての可能性を提供する。

他の実施形態においては、CMPシステムの消耗品の交換に関連した任意のイベントに適切に応答する能力をさらに増強するように、上述したように例えば参照データを更新することにより、両方の制御方法の組合せを使用してもよい。

いくつかの実施形態においては、少なくとも1つのプロセス・パラメータの調節は、各基板がCMPシステム100で処理されるように実行される。

他の実施形態においては、少なくとも1つのプロセス・パラメータの調節は多くの基板が処理されるように維持されてよい。新しくプロセス・パラメータを調節するための間隔は予め決定するようにしてもよいし、および(または)センサ信号に基づいて決定するようにしてもよいし、および(または)消耗品、メンテナンス期間およびこれに類するものの変更についての情報のような追加情報に基づいて決定するようにしてもよい。

【0046】

いくつかの実施形態においては、上記概念は、個別のコンディショナー・アセンブリを有しないが、代わりに移動可能な、好ましくは回転可能な「プローブ」を有するCMPツールに適用することができる。このプローブは、電動モータに接続されるようになっていてもよい。

研磨パッドと接触する表面は、さらなるコンディショニング効果を提供するように構成することができる。または他の実施形態においては、この表面は、研磨プロセスに実質的に影響を与えないように選択することができる。

その後、移動可能なプローブから得られた信号は、実際のコンディショナーから得られるトルク信号に関して上述した方法と同じ方法で使用されてよい。

この結果、本発明は、CMPシステムの性能を向上させるシステムおよび方法を提供する。パッドコンディショニングシステムのドライブアセンブリによって提供されるセンサ信号は、1つ以上の消耗品の現在の状態および(または)CMPシステムの現在の性能状態を検知するか少なくとも評価するために使用されるからである。

このセンサ信号に基づいて、CMPプロセスの制御はプロセス変動を縮小させるように実行される。センサ信号は、パッド・コンディショナーを駆動するモータから得られ、これによってモータの速度および(または)トルクが示される。

したがって、センサ信号に基づいた制御方法は、現在使用することができる利用可能な現存するCMPツールに容易に取り入れることができる。これにより、これらの信頼性と正確性を著しく高めることができる。

【0047】

当業者であれば、明細書を読むことにより、本発明のさらなる変形および修正が可能であることは明らかである。したがって、この明細書は、当業者にとって本発明を実行するための一般的な方法で示す目的であり、例示的なものに過ぎない。明細書に示され、記載

10

20

30

40

50

された本発明の形式は、現在好適な実施形態として思料されなければならないことが理解されよう。

【産業上の利用可能性】

【0048】

本発明は、ミクロ構造を製造するのに使用される製造プロセスに関する。よって、産業上利用可能性を有する。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1】本発明の例示的な実施形態に従ったCMPシステムの概略図。

【図2】コンディショナードライブアセンブリのモータ電流とコンディショニング時間との関係を示すグラフ。

10

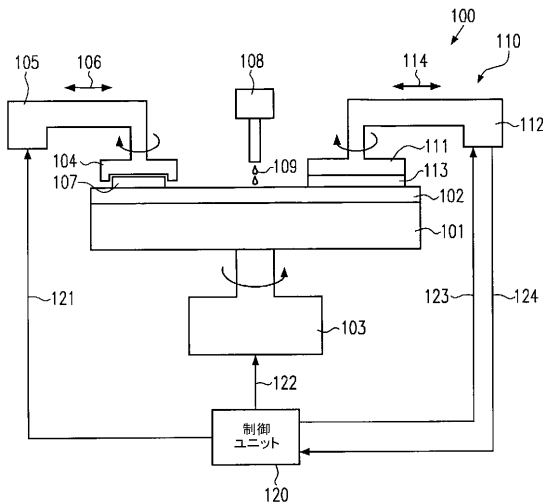
【図3】実質的に安定したコンディショニングコンディションで基板を研磨する際の、コンディショナードライブアセンブリのモータ電流と時間との関係を示す線図。

【図4】例えば、所定のオペレーティングコンディションで研磨パッドのコンディショニングを行うことによって得られる除去率に対するコンディショニング表面を駆動するモータ電流によって表されるコンディショニング表面の特定された特性の依存関係を表すグラフ。

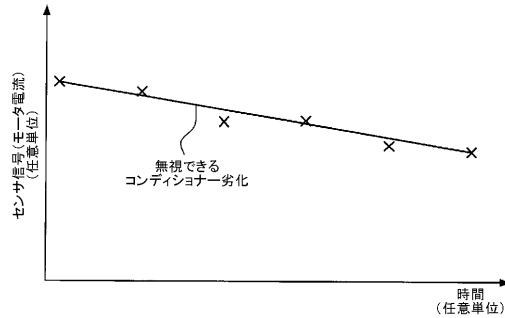
【図5】消耗品の様々な異なる条件の間に複数の基板がCMPシステムにおいて処理される場合において、実質的に一定速度のモータについて得られたモータトルク信号の測定値を概略的に示す図。

20

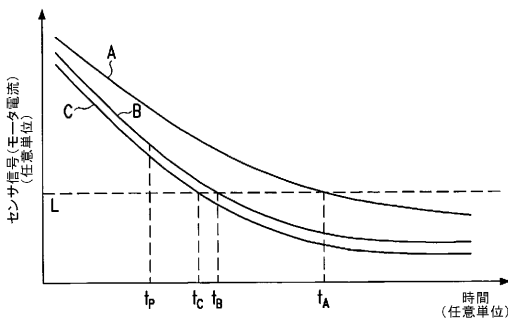
【図1】



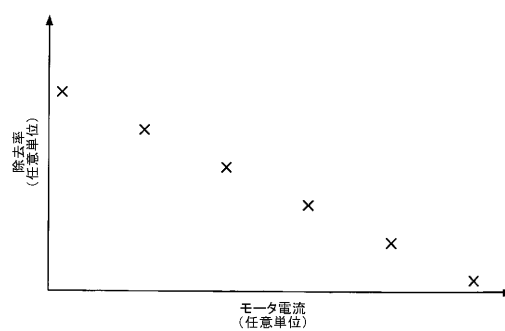
【図3】



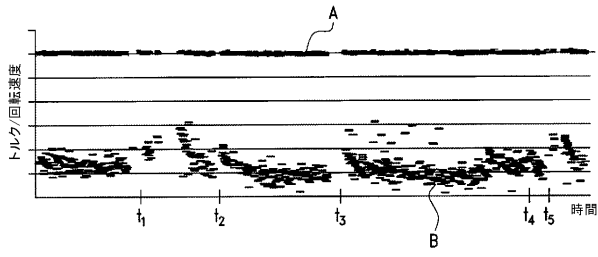
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (74)代理人 100162156
弁理士 村雨 圭介
- (74)代理人 100111615
弁理士 佐野 良太
- (72)発明者 ゲルト マルクスゼン
ドイツ、01445 ラーデボイル、ベッティンシュトラッセ 10
- (72)発明者 イェンズ クラマー
ドイツ、01127 ドレスデン、ペスタロツィブラット 16
- (72)発明者 ウベ ギュンター シュトックゲン
ドイツ、01324 ドレスデン、コレンブッシュシュトラッセ 28

審査官 橋本 卓行

- (56)参考文献 特開2002-126998(JP,A)
特開2003-117816(JP,A)
特開2003-200342(JP,A)
特開2002-353174(JP,A)
特開2001-260001(JP,A)
特開2005-22028(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 37/00
H01L 21/304
B24B 53/00
B24B 49/10
B24B 49/16