

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6795337号
(P6795337)

(45) 発行日 令和2年12月2日(2020.12.2)

(24) 登録日 令和2年11月16日(2020.11.16)

(51) Int.Cl.

F 1

B24B 37/013 (2012.01)
HO1L 21/304 (2006.01)B24B 37/013
HO1L 21/304 621D
HO1L 21/304 622S

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2016-128716 (P2016-128716)
(22) 出願日	平成28年6月29日 (2016.6.29)
(65) 公開番号	特開2018-1310 (P2018-1310A)
(43) 公開日	平成30年1月11日 (2018.1.11)
審査請求日	令和1年6月27日 (2019.6.27)

(73) 特許権者	000000239 株式会社荏原製作所 東京都大田区羽田旭町11番1号
(74) 代理人	100140109 弁理士 小野 新次郎
(74) 代理人	100106208 弁理士 宮前 徹
(74) 代理人	100146710 弁理士 鐘ヶ江 幸男
(74) 代理人	100117411 弁理士 串田 幸一
(74) 代理人	100186613 弁理士 渡邊 誠

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】膜厚信号処理装置、研磨装置、膜厚信号処理方法、及び、研磨方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力されたセンサデータを受信して、第1、及び第2の膜厚データを生成する受信部と、

前記受信部によって生成された前記第2の膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記第1の膜厚データの補正を行う補正部と、を備え、

前記受信部は、前記膜厚センサの中心が前記研磨対象物の前記エッジより内側にあるときに前記膜厚センサから出力される前記センサデータを受信して、前記第1の膜厚データを生成し、前記膜厚センサによって前記研磨対象物にスポット径が発生しているとき、かつ、前記膜厚センサの中心が前記研磨対象物の前記エッジより外側にあるときに前記膜厚センサから出力される前記センサデータを受信して、前記第2の膜厚データを生成し、

前記補正部は、前記研磨対象物の前記エッジより外側において前記受信部によって生成された前記第2の膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において前記受信部によって生成された前記第1の膜厚データを補正することを特徴とする膜厚信号処理装置。

【請求項2】

請求項1の膜厚信号処理装置において、

前記受信部によって生成された第1、及び第2の膜厚データに基づいて、前記研磨対象物の前記エッジの位置を推定する推定部を有し、前記補正部は、推定された前記エッジの位置を用いて、前記第1の膜厚データの補正を行うことを特徴とする膜厚信号処理装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 の膜厚信号処理装置において、

前記補正部は、前記エッジから外側へ第 1 の距離にある位置において前記受信部によって生成された前記第 2 の膜厚データを、前記エッジから内側へ第 2 の距離にある位置において前記受信部によって生成された前記第 1 の膜厚データに加算することにより、前記補正を行い、前記第 1 の距離と前記第 2 の距離は等しいことを特徴とする膜厚信号処理装置。

【請求項 4】

研磨対象物を研磨するための研磨パッドが貼り付け可能な研磨テーブルと、

前記研磨テーブルを回転駆動できる駆動部と、

前記研磨対象物を保持して前記研磨パッドに押圧可能な保持部と、

前記研磨テーブルに形成された穴に配置され、前記研磨テーブルの回転に伴い前記研磨対象物の膜厚を検出可能な膜厚センサと、

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項の膜厚信号処理装置と、

を備える研磨装置。

【請求項 5】

研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力されたセンサデータを受信して、第 1、及び第 2の膜厚データを生成し、

生成された前記第 2 の膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記第 1 の膜厚データの補正を行い、

前記生成を行うときは、前記膜厚センサの中心が前記研磨対象物の前記エッジより内側にあるときに前記膜厚センサから出力される前記センサデータを受信して、前記第 1 の膜厚データを生成し、前記膜厚センサによって前記研磨対象物にスポット径が発生しているとき、かつ、前記膜厚センサの中心が前記研磨対象物の前記エッジより外側にあるときに前記膜厚センサから出力される前記センサデータを受信して、前記第 2 の膜厚データを生成し、

前記補正を行うときは、前記研磨対象物の前記エッジより外側において、生成された前記第 2 の膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において生成された前記第 1 の膜厚データを補正することを特徴とする膜厚信号処理方法。

【請求項 6】

研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力されたセンサデータを受信して、第 1、及び第 2の膜厚データを生成し、

生成された前記第 2 の膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記第 1 の膜厚データの補正を行い、

補正された前記第 1 の膜厚データに基づいて、前記研磨対象物の押圧力を制御し、

前記生成を行うときは、前記膜厚センサの中心が前記研磨対象物の前記エッジより内側にあるときに前記膜厚センサから出力される前記センサデータを受信して、前記第 1 の膜厚データを生成し、前記膜厚センサによって前記研磨対象物にスポット径が発生しているとき、かつ、前記膜厚センサの中心が前記研磨対象物の前記エッジより外側にあるときに前記膜厚センサから出力される前記センサデータを受信して、前記第 2 の膜厚データを生成し、

前記補正を行うときは、前記研磨対象物の前記エッジより外側において生成された前記第 2 の膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において生成された前記第 1 の膜厚データを補正することを特徴とする研磨方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、膜厚信号処理装置、研磨装置、膜厚信号処理方法、及び、研磨方法に関するものである。

【背景技術】

10

20

30

40

50

【0002】

近年、半導体デバイスの高集積化・高密度化に伴い、回路の配線がますます微細化し、多層配線の層数も増加している。回路の微細化を図りながら多層配線を実現するためには、半導体デバイス表面を精度よく平坦化処理する必要がある。

【0003】

半導体デバイス表面の平坦化技術として、化学的機械研磨 (C M P (C h e m i c a l M e c h a n i c a l P o l i s h i n g)) が知られている。C M P を行うための研磨装置は、研磨パッドが貼り付けられた研磨テーブルと、研磨対象物（例えば半導体ウェハなどの基板、又は基板の表面に形成された各種の膜）を保持するためのトップリングとを備えている。研磨装置は、研磨テーブルを回転させながら、トップリングに保持された研磨対象物を研磨パッドに押圧することによって研磨対象物を研磨する。10

【0004】

研磨装置は、研磨対象物の膜厚に基づいて研磨工程の終点検知を行うために膜厚測定装置を備えている。膜厚測定装置は、研磨対象物の膜厚を検出する膜厚センサを備えている。膜厚センサは代表的には、渦電流センサ、又は、光学式センサが挙げられる。

【0005】

渦電流センサ又は光学式センサは、研磨テーブルに形成された穴に配置され、研磨テーブルの回転とともに回転しながら、研磨対象物と対向している時に膜厚を検出する。渦電流センサは、導電膜などの研磨対象物に渦電流を誘起させ、研磨対象物に誘起された渦電流によって発生する磁界の変化から研磨対象物の厚さの変化を検出する。一方、光学式センサは、研磨対象物に光を照射し、研磨対象物から反射する干渉波を測定することによって研磨対象物の厚さを検出する。20

【0006】

ところで、膜厚センサは、研磨テーブルの回転にともなって研磨対象物の研磨面に沿って相対的に移動しながら膜厚を検出する。一方、膜厚センサは、膜厚を検出するための磁界又は光のスポット径を有する。このため、膜厚センサの出力がおよそ 100 % 到達するためには、スポット径の全範囲が研磨対象物のエッジの内側に入る必要がある。すなわち、研磨対象物の研磨面の中央部に膜厚センサが対向している状態では、膜厚センサのスポット径の全範囲が研磨対象物のエッジの内側に入るので膜厚センサの出力がおよそ 100 % になる。一方、研磨対象物のエッジ部分に膜厚センサが対向している状態では、膜厚センサのスポット径の一部のみが研磨対象物のエッジの内側に入るので膜厚センサの出力が 100 % 到達しない。30

【0007】

従来技術では、膜厚センサの出力がおよそ 100 % 到達していない箇所では膜厚センサの出力を破棄して処理する、いわゆるエッジカット処理を行うことが知られている。エッジカット処理を行うため、従来技術では、エッジ部分の膜厚が正しく測定できない。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0008】**

【特許文献 1】特開 2005 - 11977 号公報

40

【特許文献 2】特開 2005 - 121616 号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0009】**

すなわち、従来技術は、膜厚センサの出力がおよそ 100 % 到達していない箇所では、いわゆるエッジカット処理を行うので、研磨対象物のエッジ部分において膜厚を高い精度で検出することが難しい。

【0010】

近年、半導体ウェハのエッジ近くの不良品率を減らすために、半導体ウェハのエッジの、より近くまで膜厚を測定して、In-situの閉ループ制御で膜厚コントロールを行いたい50

という要求がある。

【0011】

そこで、本願発明は、エッジでの膜厚の検出精度を向上させて、研磨対象物のエッジ近くの不良品率を減らすことを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するために、第1の形態では、研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力されたセンサデータを受信して、膜厚データを生成する受信部と、前記受信部によって生成された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記膜厚データの補正を行う補正部と、を備え、前記補正部は、前記研磨対象物の前記エッジより外側において前記受信部によって生成された前記膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において前記受信部によって生成された前記膜厚データを補正することを特徴とする膜厚信号処理装置という構成を採っている。10

【0013】

本実施形態によれば、エッジでの膜厚の検出精度が向上するため、研磨対象物のエッジ近くの不良品率を減らすことができる。

【0014】

膜厚センサがエッジの近傍で、エッジの内側に位置するときは、スポット径の一部は、エッジの外側に位置する。このとき、センサデータは、その大きさが減衰しているので、エッジより外側において膜厚センサから出力されたセンサデータを用いて、エッジより内側において膜厚センサから出力されたセンサデータを補正する。この結果、よりエッジ近傍まで膜厚を測定できる。すなわち、センサの有効範囲がエッジにおいて拡大するため、研磨対象物のエッジでの膜厚の検出精度が改善する。20

【0015】

第2の形態では、前記受信部によって生成された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物の前記エッジの位置を推定する推定部を有し、前記補正部は、推定された前記エッジの位置を用いて、前記膜厚データの補正を行うことを特徴とする膜厚信号処理装置、という構成を採っている。

【0016】

従来は、エッジ位置の確認は、例えば、エッジ位置でのセンサ出力値を事前に確認することにより、センサ出力値からエッジ位置を確認することが行われる。本実施形態によれば、生成された膜厚データに基づいて、エッジの位置を推定するため、研磨開始前にエッジ位置をあらかじめ確認する必要がない。30

【0017】

また、研磨対象物のロットによって金属膜のエッジ位置がずれることがある。本実施形態を用いれば、ロットごとに生成された膜厚データに基づいて、エッジの位置を推定できるため、ロットの影響を受けることなく、エッジ近傍まで、膜厚をより正確に測定できる。

【0018】

第3の形態では、前記補正部は、前記エッジから外側へ第1の距離にある位置において前記受信部によって生成された前記膜厚データを、前記エッジから内側へ第2の距離にある位置において前記受信部によって生成された前記膜厚データに加算することにより、前記補正を行い、前記第1の距離と前記第2の距離は等しいことを特徴とする膜厚信号処理装置、という構成を採っている。40

【0019】

第4の形態では、研磨対象物を研磨するための研磨パッドが貼り付け可能な研磨テーブルと、前記研磨テーブルを回転駆動できる駆動部と、前記研磨対象物を保持して前記研磨パッドに押圧可能な保持部と、前記研磨テーブルに形成された穴に配置され、前記研磨テーブルの回転に伴い前記研磨対象物の膜厚を検出可能な膜厚センサと、形態1～3のいずれか1つの膜厚信号処理装置と、を備える研磨装置、という構成を採っている。50

【0020】

第5の形態では、研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力されたセンサデータを受信して、膜厚データを生成し、前記生成された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記膜厚データの補正を行い、前記補正を行うときは、前記研磨対象物の前記エッジより外側において、前記生成された膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において前記生成された膜厚データを補正することを特徴とする膜厚信号処理方法、という構成を探っている。

【0021】

第6の形態では、研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力された膜厚データを受信して、膜厚データを生成し、前記生成された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記膜厚データの補正を行い、前記補正された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物の押圧力を制御し、前記補正を行うときは、前記研磨対象物の前記エッジより外側において前記生成された膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において前記生成された膜厚データを補正することを特徴とする研磨方法、という構成を探っている。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】図1は、研磨装置の全体構成を模式的に示す図である。

【図2】図2は、本実施形態の渦電流センサ210の構成例を示す概略図である。

【図3】図3は、渦電流センサ210のスポット径10の全体が、研磨対象物102の内側にあるときと、スポット径10の一部が研磨対象物102の外側にあるときの磁束の状態を示す図である。

【図4】図4は、補正量を説明する図である。

【図5】図5は補正方法を説明するグラフである。

【図6】図6は、研磨対象物102がタンゲステンである場合の膜厚の測定例である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、本願発明の一実施形態に係る膜厚信号処理装置、研磨装置、膜厚信号処理方法、及び、研磨方法を図面に基づいて説明する。

【0024】

図1は、本発明の一実施形態の研磨装置の全体構成を模式的に示す図である。図1に示すように、研磨装置100は、研磨対象物（例えば、半導体ウェハなどの基板、又は基板の表面に形成された各種の膜）102を研磨するための研磨パッド108を上面に取付け可能な研磨テーブル110と、研磨テーブル110を回転駆動する第1の電動モータ（駆動部）112と、研磨対象物102を保持可能なトップリング（保持部）116と、トップリング116を回転駆動する第2の電動モータ（駆動部）118と、を備える。

【0025】

また、研磨装置100は、研磨パッド108の上面に研磨材を含む研磨砥液を供給するスラリーライン120を備える。研磨装置100は、研磨装置100に関する各種制御信号を出力する研磨装置制御部140を備える。

【0026】

研磨装置100は、研磨テーブル110に形成された穴に配置され、研磨テーブル110の回転に伴い研磨対象物102の膜厚を研磨面に沿って検出する渦電流センサ210を備える。また、研磨装置100は、研磨テーブル110に配置された近接センサ222と、研磨テーブル110の外側に配置されたドグ224とを含むトリガセンサ220を備える。

【0027】

渦電流センサ210は、励磁コイル、検出コイル、及びバランスコイルを備える。励磁コイルは、交流電源から供給される交流電流により励磁され、近傍に配置される研磨対象物102に渦電流を形成する。研磨対象物102に形成される渦電流によって生じる磁束

10

20

30

40

50

は、検出コイルとバランスコイルとに鎖交する。検出コイルのほうが導電膜に近い位置に配置されているので、両コイルに生じる誘起電圧のバランスが崩れる。これにより、渦電流センサ210は、研磨対象物の渦電流によって形成される鎖交磁束を検出し、検出した鎖交磁束に基づいて研磨対象物の厚さを検出す。なお、ここでは、渦電流センサ210を配置する例を示したが、これに限らず、研磨対象物に光を照射し、研磨対象物から反射する干渉波を測定することによって研磨対象物の厚さを検出す光学式センサを配置してもよい。

【0028】

図2は、本実施形態の渦電流センサ210の構成例を示す概略図である。図2に示すように、渦電流センサ210は、ポットコア60と、3個のコイル72, 73, 74により構成されている。磁性体であるポットコア60は、底面部61aと、底面部61aの中央に設けられた磁心部61bと、底面部61aの周囲に設けられた周壁部61cとを有する。

10

【0029】

3個のコイル72, 73, 74のうち中央のコイル72は、交流信号源に接続される励磁コイルである。励磁コイル72は、交流信号源より供給される電圧が形成する磁界により、近傍に配置される研磨対象物102上の金属膜（または導電性膜）に渦電流を形成する。励磁コイル72の金属膜（または導電性膜）側には、検出コイル73が配置され、金属膜（または導電性膜）に形成される渦電流により発生する磁界を検出す。励磁コイル72を挟んで検出コイル73と反対側にはバランスコイル74が配置されている。バランスコイル74は、渦電流により発生する磁界の検出に用いる抵抗ブリッジ回路で、バランスの調整を行うためのものである。バランスコイル74により、ゼロ点の調整が可能である。従って、金属膜（または導電性膜）に流れる渦電流をゼロの状態から検出することが可能になるので、金属膜（または導電性膜）中の渦電流の検出感度が高められる。励磁コイル72は、磁心部61bに配置され、導電性膜に渦電流を形成する。検出コイル73は、磁心部61bに配置され、導電性膜に形成される渦電流を検出す。渦電流センサ210は、従来のソレノイドコイルを用いた渦電流センサに対して、磁束20が集中しており、磁束20の広がりが狭いことがわかる。

20

【0030】

金属膜（または導電性膜）の膜厚が変化すると、渦電流に変化が生じ、検出コイル73とバランスコイル74のインピーダンスが変化する。本実施形態の渦電流センサ210は、インピーダンス変化から金属膜（または導電性膜）の膜厚の変化を検出す。受信部232は、渦電流センサ210が出力するセンサデータからインピーダンスを検出する。インピーダンスが変化すると、金属膜（または導電性膜）の膜厚の変化を検出することができる。

30

【0031】

受信部232は、検出したインピーダンスと、膜厚が「0」であるときのインピーダンスの差を計算し、差の絶対値の2乗を膜厚データとして出力する。膜厚が「0」であるときのインピーダンスは事前に測定をしておく。差を求める理由は、膜厚が「0」のときに、膜厚データが「0」となるようにするためである。差の絶対値の2乗を膜厚データとする理由は、後述するように、補正部238における補正において、エネルギーの有効量と損失量を考慮するためである。インピーダンスの絶対値の2乗は、エネルギーに相当する量と考えられるからである。

40

【0032】

近接センサ222は、研磨テーブル110の下面（研磨パッド108が貼り付けられていない面）に貼り付けられている。ドグ224は、近接センサ222によって検出されるように、研磨テーブル110の外側に配置されている。トリガセンサ220は、近接センサ222とドグ224との位置関係に基づいて研磨テーブル110が1回転したことを示すトリガ信号を出力する。具体的には、トリガセンサ220は、近接センサ222とドグ224とが最も接近した状態でトリガ信号を出力する。

50

【0033】

渦電流センサ210は、トリガセンサ220から出力されたトリガ信号に基づいて、測定開始タイミング及び測定終了タイミングが制御される。例えば、渦電流センサ210は、トリガセンサ220からトリガ信号が出力されてから所定時間が経過したタイミングを測定開始タイミングとし、トリガセンサ220からトリガ信号が出力されてから所定時間が経過したタイミングを測定終了タイミングとする。ここで、所定時間は、あらかじめパラメータとして設定されているものとする。

【0034】

研磨装置100は、研磨対象物102を研磨するときは、研磨砥粒を含む研磨スラリーをスラリーライン120から研磨パッド108の上面に供給し、第1の電動モータ112によって研磨テーブル110を回転駆動する。そして、研磨装置100は、トップリング116を、研磨テーブル110の回転軸とは偏心した回転軸回りで回転させた状態で、トップリング116に保持された研磨対象物102を研磨パッド108に押圧する。これにより、研磨対象物102は研磨スラリーを保持した研磨パッド108によって研磨され、平坦化される。

【0035】

次に、膜厚信号処理装置230について説明する。図1に示すように、膜厚信号処理装置230は、ロータリージョイント・コネクタ160, 170を介して渦電流センサ210と接続されている。膜厚信号処理装置230は、渦電流センサ210から出力されたセンサデータに所定の信号処理を行って終点検出器240へ出力する。

10

20

【0036】

終点検出器240は、膜厚信号処理装置230から出力される信号に基づいて研磨対象物102の膜厚の変化を監視する。終点検出器240は、研磨装置100に関する各種制御を行う研磨装置制御部140と接続されている。終点検出器240は、研磨対象物102の研磨終点を検出すると、その旨を示す信号を研磨装置制御部140へ出力する。研磨装置制御部140は、終点検出器240から研磨終点を示す信号を受信すると、研磨装置100による研磨を終了させる。研磨装置制御部140は、研磨中は、補正された膜厚データに基づいて、研磨対象物102の押圧力を制御する。

【0037】

膜厚信号処理装置230は、受信部232、推定部234、及び、補正部238を備える。

30

【0038】

受信部232は、渦電流センサ210から出力されたセンサデータを受信して、膜厚データを生成する。

【0039】

推定部234は、例えば、受信部232によって生成された膜厚データの隣接する複数点の膜厚の差分に基づいて研磨対象物102のエッジの位置を推定する。推定部234は、膜厚データの隣接する複数点の膜厚の差分を計算することによってエッジ検出用波形を生成することができる。

【0040】

例えば、隣接する複数点(3点)の膜厚データをそれぞれ $f(i-1)$, $f(i)$, $f(i+1)$ とすると、研磨対象物102上の点*i*, *i*+1における差分による計算値 $F(i)$, $F(i+1)$ は、

$$F(i) = \{ (f(i-1) - f(i)) \}$$

$$F(i+1) = \{ (f(i) - f(i+1)) \}$$

と表される。このようにして得られた研磨対象物102上の各点におけるエッジ検出用波形($F(i)$)に現れるピークの位置を、膜厚データのエッジの位置とする。この計算は、膜厚データの微分を求めていることに相当する。なお、本実施形態では、隣接する複数点の膜厚の差分を乗算することによってエッジ検出用波形を生成する例を示すが、これに限らず、sobelフィルタなど他の演算を行うこともできる。

40

50

【0041】

補正部238は、受信部232によって生成された膜厚データに基づいて、研磨対象物102のエッジより内側における膜厚データの補正を行う。なお、本実施形態では、補正部238は、受信部232によって生成された膜厚データに基づいて、研磨対象物102のエッジより外側における膜厚データの補正も行う。補正部238は、研磨対象物102のエッジより外側において受信部232によって生成された膜厚データを用いて、研磨対象物102のエッジより内側において受信部232によって生成された膜厚データを補正する。補正部238は、エッジから外側へ第1の距離にある位置において受信部232によって生成された膜厚データを、エッジから内側へ第2の距離にある位置において受信部232によって生成された膜厚データに加算することにより、補正を行う。第1の距離と第2の距離は等しい。10

【0042】

補正部238は、インピーダンスの2乗である膜厚データを、そのまま終点検出器240に出力してもよいし、実際の膜厚に変換して、実際の膜厚を出力してもよい。インピーダンスの2乗である膜厚データによって、終点検知や、膜厚のコントロールは可能であるからである。インピーダンスを膜厚に変換する場合、その方法は、種々ある。事前に、インピーダンスと膜厚の関係を測定しておいて、変換テーブルとして研磨装置制御部140に格納する方法がある。また、インピーダンスと膜厚の関係を表す数式を理論的に求めておいて、この数式に従って、インピーダンスを膜厚に変換してもよい20

【0043】

次に、本実施形態において、このような補正を行う理由を、図3～図5により説明する。図3は、渦電流センサ210のスポット径10の全体が、研磨対象物102の内側にあるときと、スポット径10の一部が研磨対象物102の外側にあるときの磁束の状態を示す図である。図3(a)は、渦電流センサ210のスポット径10の全体が、研磨対象物102の内側にあるときの磁束の状態を示す図である。図3(b)は、渦電流センサ210の中心24が、研磨対象物102のエッジ26に位置して、スポット径10の一部が研磨対象物102の外側にあるときの磁束の状態を示す図である。20

【0044】

図3において、励磁コイル72が生成する磁束12により、渦電流14が研磨対象物102内に生成される。渦電流14により、誘導磁場16が生成され、誘導磁場16が検出コイル73とバランスコイル74により検出される。スポット径10は、渦電流センサ210が研磨対象物102の内側に十分に入っているときに生成される渦電流14の外径であり、かつ、渦電流14の大きさが所定値以上である部分の外径である。30

【0045】

図3(a)においては、渦電流センサ210と研磨対象物102との間の距離18以上離れたところに、励磁コイル72により生成された磁束12の全体が、研磨対象物102内に存在する。このため、磁束12により、渦電流14が有効に生成されている。一方、図3(b)においては、渦電流センサ210と研磨対象物102との間の距離18以上離れたところに生成された磁束12の一部のみが、研磨対象物102内に存在する。このため、磁束12の一部は、渦電流14の生成に寄与していない。渦電流14は、研磨対象物102内にのみ生成されるため、渦電流14が弱まり、誘導磁場16も弱くなる。結果として、検出コイル73とバランスコイル74の出力が小さくなる。40

【0046】

本実施形態では、このような出力の低下を補正する。渦電流センサ210が、エッジ26よりも内側の研磨対象物102に対向して位置するときは、エッジ26の近くの内側でも、エッジ26から離れた内側でも、図3(a)の場合と同一の出力が得られることが望ましい。エッジ26の内側では、エッジ26の近くでも、エッジ26から離れたところでも、ほぼ同一の膜厚であるため、渦電流センサ210の出力も同一の値であることが望ましいからである。本実施形態では、エッジ26の内側である限りは、エッジ26の近くでも、エッジ26から離れたところでも、渦電流センサ210の出力が、ほぼ同一の値になる50

ように、補正を行う。なお、渦電流センサ 210 の位置とは、本実施形態では、渦電流センサ 210 の中心 24 がある位置を意味する。

【0047】

図 3(b)の場合、利用可能な磁束 12 のうち、半分程度が研磨対象物 102 の外部にある。点線で囲って示す磁束 28 が研磨対象物 102 に当たっていない。点線で示す渦電流 22 は、実在しないが、図 3(a)の渦電流 14 を比較のために図示したものである。渦電流 22 は、有効に利用されていない渦電流と考えられる。本実施形態では、渦電流 22 に相当する損失を評価して補正する。

【0048】

図 4 は、補正量を説明する図である。渦電流センサ 210 がエッジ 26 に位置するときの出力の低下をエネルギー的な観点から考える。渦電流センサ 210 の位置、すなわち、渦電流センサ 210 の中心 24 が、エッジ 26 から外側に離れているほど、研磨対象物 102 内に誘導される渦電流 14 が有するエネルギーが低下している。渦電流センサ 210 の中心 24 が、エッジ 26 から外側に離れているほど、研磨対象物 102 内に誘導される渦電流 14 が少なくなるからである。渦電流 14 のエネルギーの低下分は、励磁コイル 72 が提供するエネルギーのうち、有効に使われなかったエネルギー(エネルギーの損失)である。渦電流センサ 210 の検出コイル 73 は、渦電流 14 の大きさを検出していると考えられるため、検出コイル 73 は、損失分も間接的に測定していると考えられる。

【0049】

エネルギー損失量は、スポット径 10 内に存在する研磨対象物 102 の面積の割合に比例すると考える。スポット径 10 内に研磨対象物 102 が 100% 存在する場合は、損失量は 0% である。逆に、スポット径 10 内に研磨対象物 102 が全く存在しない場合は、損失は 100% である。なお、この評価方法は、スポット径 10 内に誘起される渦電流 14 のスポット径 10 内での面密度が、渦電流センサ 210 の位置によらず均一であれば、適切な評価であると考えられる。

【0050】

既述の図 3(a)は、スポット径 10 内に研磨対象物 102 が 100% 存在する場合であり、図 3(b)は、スポット径 10 内に研磨対象物 102 が 50% 存在する場合である。図 4 に、さらに、スポット径 10 内に研磨対象物 102 が種々の割合で存在する場合を示す。図 4(a)は、図 3(b)と同じであり、スポット径 10 内に研磨対象物 102 が 50% 存在する場合である。すなわち、渦電流センサ 210 の中心 24 が金属膜端(エッジ 26)に位置するとき、エネルギー損失(点線で示す損失量 32a)は、損失が全くない場合の全エネルギーの半分である。実線で示す有効量 32b が有効なエネルギーであり、損失量 32a と有効量 32b の和が 100% である。損失量 32a と有効量 32b は、同じ量であり、それぞれが 50% である。

【0051】

図 4(b)は、渦電流センサ 210 の中心 24 が、エッジ 26 より内側に、距離 30 の位置にある場合である。この時のエネルギー損失は点線で示す損失量 34a である。実線で示す有効量 34b が有効なエネルギーであり、損失量 34a と有効量 34b の和が 100% である。図 4(c)は、渦電流センサ 210 の中心 24 が、エッジ 26 より外側に、図 4(b)と同じ距離 30 の位置にある場合である。この時のエネルギー損失は点線で示す損失量 36a である。実線で示す有効量 36b が有効なエネルギーであり、損失量 36a と有効量 36b の和が 100% である。

【0052】

図 4(b)と図 4(c)のような 2 つのケースを比較すると、渦電流センサ 210 がエッジ 26 から、内側に距離 30 の位置と、外側に同一の距離 30 の位置にあるため、損失量 34a と有効量 36b は、大きさが同じであると考えられる。同様に、有効量 34b と損失量 36a は、大きさが同じであると考えられる。以上のことをまとめると以下になる。

$$\text{損失量 } 34a + \text{ 有効量 } 34b = \text{ 損失量 } 36a + \text{ 有効量 } 36b = 100\%$$

10

20

30

40

50

損失量 3 4 a = 有効量 3 6 b

有効量 3 4 b = 損失量 3 6 a

【 0 0 5 3 】

従って、図 4 (b)と図 4 (c)のような 2 つのケースを比較すると、渦電流センサ 2 1 0 がエッジ 2 6 から、内側に距離 3 0 の位置にあるときと、外側に同一の距離 3 0 の位置にあるときのエネルギー損失の和（損失量 3 4 a + 損失量 3 6 a ）は、1 0 0 % になると考えられる。同様に、これらの位置にある時の有効量の和（有効量 3 4 b + 有効量 3 6 b ）は、1 0 0 % になると考えられる。

【 0 0 5 4 】

この点から、補正方法としては、エッジ 2 6 から距離 3 0 だけ内側での有効なエネルギー（有効量 3 4 b ）に、エッジ 2 6 から距離 3 0 だけ外側での有効なエネルギー（有効量 3 6 b ）を加算すればよい。なぜならば、有効量 3 6 b + 有効量 3 4 b = 1 0 0 % となり、渦電流センサ 2 1 0 が研磨対象物 1 0 2 の内側に十分入っているときの図 3 (a)における渦電流センサ 2 1 0 の出力である 1 0 0 % と等しくなるからである。

10

【 0 0 5 5 】

この補正により、得られる結果を図 5 により説明する。図 5 (a)は、受信部 2 3 2 によって生成された膜厚データを示すグラフである。図 5 (b)は、推定部 2 3 4 により膜厚データを既述のように差分して得られた曲線（エッジ検出用波形（ F (i) ））を示すグラフである。図 5 (c)は、補正部 2 3 8 による補正方法を示すグラフである。これらのグラフの横軸は、研磨対象物 1 0 2 が外径 3 0 0 mm の半導体ウェハ上の回路である場合の、ウェハ中心から半径方向に測った位置を示す。エッジ近傍である、半径 1 3 0 mm から 1 5 0 mm における膜厚を示す。縦軸は、図 5 (a)、図 5 (c)では膜厚データ、すなわちエネルギーである。図 5 (b)では、縦軸は膜厚データの差分である。

20

【 0 0 5 6 】

図 5 (a)に示す曲線 3 8 は、受信部 2 3 2 によって生成された膜厚データである。渦電流センサ 2 1 0 は、研磨対象物 1 0 2 上を線状に走査する。渦電流センサ 2 1 0 は、研磨対象物 1 0 2 上を複数回、例えば 5 0 回、走査することにより、研磨対象物 1 0 2 全体にわたる膜厚データを得る。曲線 3 8 として、渦電流センサ 2 1 0 が、研磨対象物 1 0 2 上を 1 回走査した時の 1 回分の膜厚データを用いてもよいし、複数回走査して得られた研磨対象物 1 0 2 全体にわたる膜厚データを用いてもよい。研磨対象物 1 0 2 全体にわたる膜厚データを用いる時は、各回の走査で得られた膜厚データを平均したデータを曲線 3 8 とすることが好ましい。本実施形態では、研磨対象物 1 0 2 全体にわたる膜厚データを、同一の半径位置に関して平均したデータである。曲線 3 8 は、研磨対象物 1 0 2 の半径位置に関しては、例えば、1 mm 間隔で得られるため、スプライン補間ににより、より狭い 0.1 m 刻みのデータにすることが好ましい。狭い刻みのデータを用いることにより、エッジ位置の検出精度が向上し、結果として補正の精度が向上する。

30

【 0 0 5 7 】

図 5 (b)に示す曲線 4 0 は、曲線 3 8 を推定部 2 3 4 によって差分して得られた差分データである。推定部 2 3 4 は、差分データのピーク位置 4 2 を検出し、ピーク位置 4 2 を膜厚データのエッジ 2 6 の位置と推定する。渦電流センサ 2 1 0 による測定誤差が少ないほど、推定したピーク位置 4 2 （膜厚データのエッジ 2 6 の位置）が、実際のエッジ位置に近づく。

40

【 0 0 5 8 】

図 5 (c)に点線で示す曲線 3 8 は、図 5 (a)に示す曲線 3 8 であり、補正前の曲線である。補正方法は以下のとおりである。ピーク位置 4 2 から距離 4 4 だけ外側の位置 4 6 における膜厚データ 4 8 を、ピーク位置 4 2 から距離 4 4 だけ内側の位置 5 0 における膜厚データ 5 4 に加算する。加算して得られた膜厚データ 5 6 により生成される曲線 5 8 が、補正後の膜厚データを示す。加算は、膜厚データが「 0 」になる点 6 2 までおこなわれる。このような補正是、以下のように表現することができる。

【 0 0 5 9 】

50

補正により加算する量は、ピーク位置 42 から外側にある曲線 38 の領域 64 にある。領域 64 は、ハッティングで示されている、ピーク位置 42 から外側にある領域である。ここで、領域 64 を、ピーク位置 42 にある曲線 38 上の点 66 を中心に、矢印 68 の方向に 180 度回転させると、ハッティングした領域 70 が得られる。領域 64 と領域 70 は、同一の形状である。領域 70 を曲線 38 に加算すると、補正後の曲線 58 が得られる。

【0060】

領域 64 と領域 70 が、同一の形状であることからわかるように、ピーク位置 42 における曲線 58 の値は、曲線 38 の値の 2 倍である。従って、ピーク位置 42 よりも外側における補正後の曲線 58 としては、曲線 58 の連続性を維持するという観点から、曲線 38 の値を 2 倍することにより、曲線 58 を生成することが好ましい。図 5(c) に示す、ピーク位置 42 よりも外側における補正後の曲線 58 は、補正前の曲線 38 の値を 2 倍して得られたものである。10

【0061】

次に、本実施形態による補正方法を適用して得られた実測値の例を図 6 に示す。図 6 は、研磨対象物 102 がタンクステンである場合の膜厚の測定例である。曲線 76 は、渦電流センサ 210 により測定された膜厚である。曲線 78 は、本実施形態による補正方法を曲線 76 に適用して得られた補正後の膜厚である。曲線 80 は、曲線 78 の妥当性を確認するために、膜厚を、レーザ距離計を用いて実測したものである。グラフの横軸は、研磨対象物 102 が外径 300 mm の半導体ウェハ上の回路である場合の、ウェハ中心から半径方向に測った位置を示す。エッジ近傍である、半径 120 mm から 150 mm における膜厚を示す。縦軸は、膜厚である。膜厚の実測値と照合するため、縦軸は、インピーダンスの 2 乗である膜厚データではなく、膜厚そのものである。20

【0062】

曲線 78 と曲線 80 を比較すると、補正後の曲線 78 は、曲線 80 に、より近い形状になっている。本実施形態による補正の効果が表れており、曲線 78 と曲線 80 との差が小さくなっていると考えられる。補正により、仮に 5 mm 程度半径方向に、ウェハの有効領域が増えた場合、有効な面積の増加の割合としては、7 % 程度の増加が可能である。これは、7 % の生産量増加が可能と考えることができるため、補正による効果は大きい。

【0063】

以上、本発明の実施形態の例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。30

以上説明したように、本発明は以下の形態を有する。

形態 1

研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力されたセンサデータを受信して、膜厚データを生成する受信部と、

前記受信部によって生成された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記膜厚データの補正を行う補正部と、を備え、40

前記補正部は、前記研磨対象物の前記エッジより外側において前記受信部によって生成された前記膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において前記受信部によって生成された前記膜厚データを補正することを特徴とする膜厚信号処理装置。

形態 2

形態 1 の膜厚信号処理装置において、

前記受信部によって生成された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物の前記エッジの位置を推定する推定部を有し、前記補正部は、推定された前記エッジの位置を用いて、前記膜厚データの補正を行うことを特徴とする膜厚信号処理装置。

形態 3

形態 1 または 2 の膜厚信号処理装置において、

前記補正部は、前記エッジから外側へ第1の距離にある位置において前記受信部によって生成された前記膜厚データを、前記エッジから内側へ第2の距離にある位置において前記受信部によって生成された前記膜厚データに加算することにより、前記補正を行い、前記第1の距離と前記第2の距離は等しいことを特徴とする膜厚信号処理装置。

形態 4

研磨対象物を研磨するための研磨パッドが貼り付け可能な研磨テーブルと、
前記研磨テーブルを回転駆動できる駆動部と、
前記研磨対象物を保持して前記研磨パッドに押圧可能な保持部と、
前記研磨テーブルに形成された穴に配置され、前記研磨テーブルの回転に伴い前記研磨
対象物の膜厚を検出可能な膜厚センサと、
形態 1 ~ 3 のいずれか 1 項の膜厚信号処理装置と、
を備える研磨装置。

形態 5

研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力されたセンサデータを受信して、
膜厚データを生成し、

前記生成された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記
膜厚データの補正を行い、

前記補正を行うときは、前記研磨対象物の前記エッジより外側において、前記生成され
た膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において前記生成された膜厚デ
ータを補正することを特徴とする膜厚信号処理方法。

形態 6

研磨対象物の膜厚を検出するための膜厚センサから出力された膜厚データを受信して、
膜厚データを生成し、

前記生成された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物のエッジより内側における前記
膜厚データの補正を行い、

前記補正された膜厚データに基づいて、前記研磨対象物の押圧力を制御し、
前記補正を行うときは、前記研磨対象物の前記エッジより外側において前記生成され
た膜厚データを用いて、前記研磨対象物のエッジより内側において前記生成された膜厚デ
ータを補正することを特徴とする研磨方法。

【符号の説明】【0 0 6 4】

- 1 0 ... スポット径
- 1 4 ... 渦電流
- 2 6 ... エッジ
- 4 2 ... ピーク位置
- 7 2 ... 励磁コイル
- 7 3 ... 検出コイル
- 7 4 ... バランスコイル
- 1 0 0 ... 研磨装置
- 1 0 2 ... 研磨対象物
- 1 0 8 ... 研磨パッド
- 1 1 0 ... 研磨テーブル
- 1 4 0 ... 研磨装置制御部
- 2 1 0 ... 渦電流センサ
- 2 3 0 ... 膜厚信号処理装置
- 2 3 2 ... 受信部
- 2 3 4 ... 推定部
- 2 3 8 ... 補正部
- 2 4 0 ... 終点検出器

10

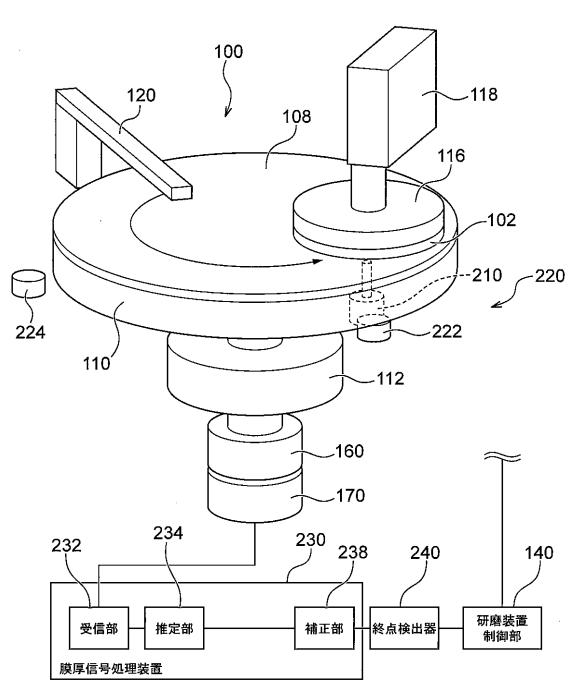
20

30

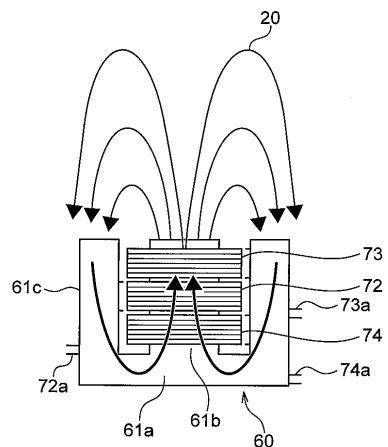
40

50

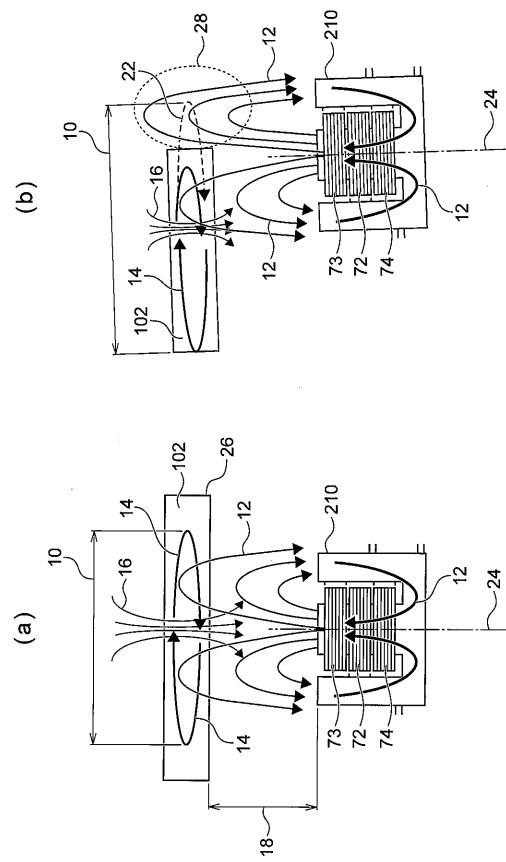
【図1】



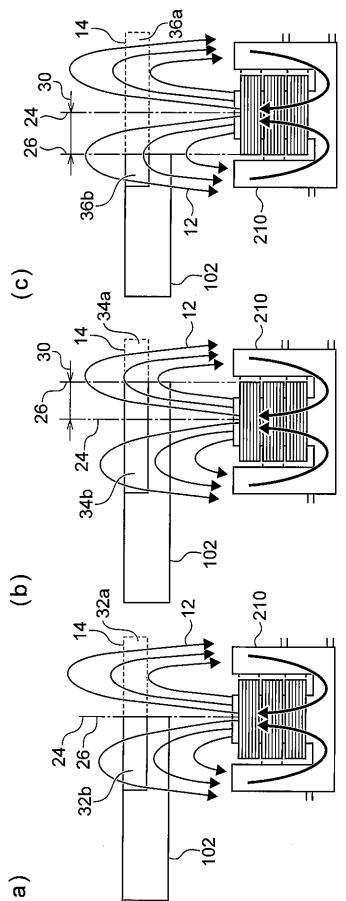
【図2】



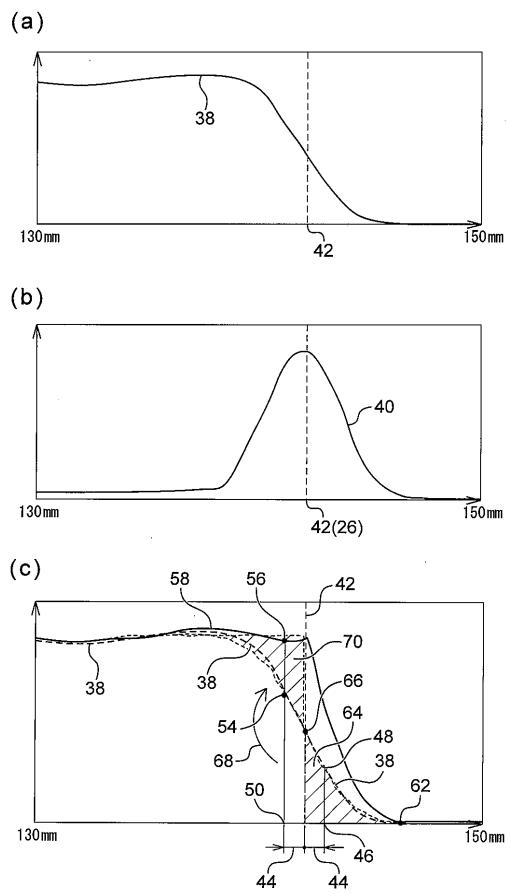
【図3】



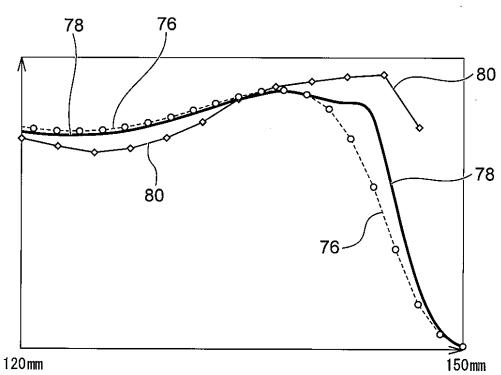
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 顕
東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所内

審査官 須中 栄治

(56)参考文献 特開2013-036881(JP, A)
特開2016-059992(JP, A)
米国特許出願公開第2013/0211765(US, A1)
特開2014-096585(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B3/00 - 3/60
B24B21/00 - 39/06
H01L21/304