

明 細 書

発明の名称： 基板研磨装置および膜厚算出方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板研磨装置および膜厚算出方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造装置のひとつに、CMP（Chemical Mechanical Polishing、化学機械研磨）装置がある。代表的なCMP装置は、研磨パッドが取り付けられた研磨テーブルと、基板が取り付けられた研磨ヘッドと、を備える。代表的なCMP装置においては、研磨液を研磨パッドに供給し、研磨パッドと基板とを接触させた状態で研磨テーブルおよび研磨ヘッドの少なくとも一方を回転させることで基板が研磨される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-058955号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 基板の研磨中に研磨対象の膜の厚さを測定するために、渦電流センサを用いることができる。渦電流センサは、例えば研磨テーブルに設けられる。渦電流センサは、研磨テーブルの回転に伴って基板の表面をある軌道に沿って移動し、軌道上の各点の膜厚を測定する（例えば特許文献1参照）。しかし、基板に研磨対象の膜（金属膜）の他に局所的な金属構造物が存在していると、その影響により、本来測定すべき研磨対象の膜の厚さを精度良く測定することが困難となる。

課題を解決するための手段

[0005] 一実施形態によれば、渦電流センサが設けられた研磨テーブルであって、回転可能に構成された研磨テーブルと、前記研磨テーブルに対向し、回転可能に構成された研磨ヘッドであって、前記研磨テーブルと対向する面に基板

を取り付け可能である研磨ヘッドと、制御部と、を備える基板研磨装置であって、前記制御部は、参照基板に対する前記渦電流センサの出力信号を用いて、前記参照基板の表面または内部に局所的に存在する1または複数の金属構造物の配置を表すマッピングデータを生成し、前記参照基板と同じ金属構造物の配置を有する研磨対象基板の研磨中に、前記渦電流センサが前記研磨対象基板の被研磨面上のある軌道を通過した時の前記渦電流センサの出力信号のプロファイルを取得し、前記プロファイルに基づいて、当該プロファイルに対応する、前記渦電流センサが前記研磨対象基板の被研磨面上を通過した軌道を特定し、前記研磨対象基板の前記特定された軌道上に金属構造物があるか否かを、前記マッピングデータに基づいて判定し、前記研磨対象基板に対する前記渦電流センサの出力信号の前記プロファイルを、前記金属構造物があると判定された位置の信号値を減少させるよう補正し、前記補正された渦電流センサの出力信号のプロファイルに基づいて、前記研磨対象基板の膜厚を計算する、ように構成される、基板研磨装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]一実施形態にかかる基板研磨装置の正面図である。

[図2]基板研磨装置による研磨の対象とされる例示的な基板の構造を示す断面模式図である。

[図3]一実施形態に係る基板研磨装置の概略動作を示すフローチャートである。

[図4]本発明の一実施形態に係る方法のアルゴリズムを示すフローチャートである。

[図5]本発明の一実施形態に係る方法のアルゴリズムを示すフローチャートである。

[図6]基板上を通過する渦電流センサの例示的な軌道を示す模式図である。

[図7]参照基板に対するセンサ出力マップの一例である。

[図8]センサ出力マップにおける極大値（または極小値）の位置を補正する処理の概念図である。

[図9]マッピングデータの一例である。

[図10]渦電流センサの出力信号のプロファイルに対する補正処理の説明図である。

[図11]渦電流センサの軌道を特定する処理を示すフローチャートである。

[図12]研磨対象基板に対するセンサ出力マップの一例である。

[図13]渦電流センサの出力信号のプロファイルの一例である。

[図14]センサ出力マップから切り出されたプロファイルの例である。

発明を実施するための形態

[0007] 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。以下で説明する図面において、同一の又は相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

[0008] 図1は、一実施形態にかかる基板研磨装置100の正面図である。図1に示される基板研磨装置100は、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 装置である。ただし、基板研磨装置100はCMP装置に限られない。基板研磨装置100は、渦電流センサが設けられた研磨テーブルを回転させて基板を研磨する装置であればよい。

[0009] CMP装置100は、研磨テーブル110と、研磨ヘッド120と、液体供給機構130とを備える。CMP装置100は、各構成要素を制御するための制御部140をさらに備える。制御部140は、たとえば、ストレージデバイス141、プロセッサ142、および入出力装置143を備えてよい。

[0010] 研磨テーブル110の上面には、研磨パッド111が着脱可能に取り付けられている。ここで研磨テーブル110の上面とは、研磨テーブル110のうち研磨ヘッド120と対向する面を指す。したがって、研磨テーブル110の上面は、鉛直上方向に位置する面に限られない。研磨ヘッド120は、研磨テーブル110と対向するように設けられている。研磨ヘッド120のうち研磨テーブル110と対向する面には、基板121が着脱可能に取り付けられている。液体供給機構130は、スラリーなどの研磨液を研磨パッド1

１１に供給するよう構成されている。なお、液体供給機構１３０は、研磨液以外にも、洗浄液または薬液などを供給するように構成されていてもよい。

[0011] CMP装置１００は、図示しない上下動機構により研磨ヘッド１２０を下降させて、基板１２１を研磨パッド１１１に接触させることができる。ただし、上下動機構は研磨テーブル１１０を上下動させることができてもよい。研磨テーブル１１０および研磨ヘッド１２０は、図示しないモータなどによって回転させられる。CMP装置１００は、基板１２１と研磨パッド１１１とが接触した状態で研磨テーブル１１０および研磨ヘッド１２０の双方を回転させることで、基板１２１を研磨する。

[0012] CMP装置１００はさらに、複数の同心円状の区画に分割されたエアバッグ１２２を備えてよい。エアバッグ１２２は、研磨ヘッド１２０に設けられていてよい。追加または代替として、エアバッグ１２２は、研磨テーブル１１０に設けられていてもよい。エアバッグ１２２は、基板１２１の研磨圧力を基板１２１の領域ごとに調整するための部材である。エアバッグ１２２は、内部に導入された空気の圧力によって体積が変化するように構成されている。エアバッグ１２２には、空気以外の流体、たとえば窒素ガスや純水が導入されてもよい。

[0013] 研磨テーブル１１０の内部には、渦電流センサ１５０が設けられている。渦電流センサ１５０は、研磨中に研磨テーブル１１０が回転する際に渦電流センサ１５０が基板１２１の中心を通過するような位置に、設置されている。渦電流センサ１５０は、基板１２１の表面の導電層に渦電流を誘起するように構成される。渦電流センサ１５０はさらに、当該渦電流により生じる磁界に起因するインピーダンスの変化を受けて、基板１２１の表面の導電層の厚さに応じた信号を出力するように構成される。この渦電流センサ１５０からの出力信号を用いることで、基板１２１の表面の研磨対象である膜の膜厚を求めることができる。

[0014] ここで、渦電流センサ１５０の出力信号に影響を与えるのは、基板１２１の最表面に露出している研磨対象の膜（基板１２１の最表面の全面にわたっ

て形成されている膜)に限られない。図2は、基板研磨装置100による研磨の対象とされる例示的な基板121の構造を示す断面模式図である。図2に示されるように、この例示的な基板121の上面には、その全面にわたって、誘電体膜(例えば SiO_2 等からなる膜)202が形成され、さらにその上に誘電体膜202を覆って金属膜(例えばCu等からなる膜)204が形成されている。金属膜204は、基板121の最表面に位置する研磨対象の膜である。また基板121は、その一方の面と他方の面を導通するための1または複数の貫通電極206を有してよい。さらに、基板121上の誘電体膜202には金属配線208が埋設されていてもよい。渦電流センサ150がこのような貫通電極206や金属配線208の上または近傍を通過したとき、これら金属構造物にも渦電流が誘起されるので、渦電流センサ150の出力信号はその影響を受け、信号の値は、基板121上に貫通電極206や金属配線208が存在しない領域を渦電流センサ150が通過した場合の渦電流センサ150の出力信号から変化する。つまり、基板121に形成された局所的な金属構造物である貫通電極206や金属配線208は、渦電流センサ150の出力信号にノイズを発生させる原因となり得る。なお、金属構造物は、上記のような貫通電極206や誘電体膜202に埋設された金属配線208に限定されず、その他に例えば、基板121の最表面に露出した配線やビアも含み得る。

[0015] 図3は、一実施形態に係る基板研磨装置100の概略動作を示すフローチャートである。

[0016] ステップ302において、研磨処理が行われる。具体的に、基板121が研磨ヘッド120に取り付けられ、液体供給機構130からスラリが供給される。基板121が研磨ヘッド120によって研磨テーブル110に押し付けられた状態で、研磨テーブル110と研磨ヘッド120の双方が回転し、基板121が研磨される。研磨中に、渦電流センサ150の出力信号に基づいて、基板121上の研磨対象の膜(例えば図2における金属膜204)の膜厚の基板面内分布を示す膜厚マップが作成される。膜厚マップの作成につ

いては以下で詳述する。ステップ302の研磨処理は、所定の終了条件が満たされるまで、例えば、研磨対象である膜を所望量だけ研磨するためのあらかじめ設定された研磨時間が経過するまで、継続する。ステップ302の研磨処理の後、ステップ304へ進む。

[0017] ステップ304において、上記作成された膜厚マップに基づいて、基板121の研磨をさらに継続するかどうか判定される。例えば、基板121の全面にわたって、あるいは基板121の少なくとも一部分において、所望の膜厚または膜厚プロファイルが達成されたかどうか判定される。所望の膜厚または膜厚プロファイルが達成されていない場合は、基板121の研磨を継続するためにステップ306へ進む。一方、所望の膜厚または膜厚プロファイルが達成された場合には、基板研磨装置100の動作は終了する。

[0018] ステップ306において、研磨処理の研磨条件が調整される。例えば、膜厚マップに基づいて、追加で行う研磨の継続時間が設定される。また、膜厚マップに基づいて、制御部140は、エアバッグ122の内部圧力を増減させて、膜厚が厚い領域（すなわち研磨の進行度が低い領域）の研磨圧力を高くし、膜厚が薄い（すなわち研磨の進行度が高い領域）の研磨圧力を低くしてもよい。この制御により、基板121の研磨状態を均一化することができる。このように調整された研磨条件に従って、ステップ302の研磨処理が再び実施される。

[0019] 図4および図5は、基板121の局所的な金属構造物に起因して渦電流センサ150の出力信号に生じるノイズを除去または低減することが可能な、本発明の一実施形態に係る膜厚算出方法のアルゴリズムを示すフローチャートである。本方法は、事前準備として、基板の表面または内部に局所的に存在する1または複数の金属構造物の配置を表すマッピングデータを作成する段階（図4）と、事前準備で作成されたマッピングデータを用いて渦電流センサ150の出力信号を補正することで、基板上の膜厚を精度良く算出する段階（図5）とを含む。各フローチャートの処理は、プロセッサ（例えば制御部140のプロセッサ142）によって実施されるのであってよい。

[0020] まず図4のフローチャートを参照し、マッピングデータを作成する処理について説明する。この事前準備段階では、「参照基板」が使用される。参照基板は、その表面に金属膜が形成されていない基板である。例えば、図2の例示的な基板121（以下「研磨対象基板」という）において、その全面から金属膜204を除去し、最表面に誘電体膜202を露出させた基板が、参照基板である（以下では便宜上「参照基板121'」と記述する）。例えば、同種の（すなわち同一の製造工程で製造される）多数の研磨対象基板121のうちの1つまたは複数を先行して研磨したものを、参照基板121'として用いることができる。ここで「同種の基板」とは、「その上に設けられた配線パターンが少なくとも設計上は同一である基板」を意味する。

[0021] ステップ402において、参照基板121'に対する渦電流センサ150の出力信号が取得される。具体的に、参照基板121'が取り付けられた研磨ヘッド120と、研磨テーブル110の双方をそれぞれ所定の回転速度で回転させながら、渦電流センサ150から出力信号が取得される。渦電流センサ150は、参照基板121'に対して（すなわち参照基板121'から見ると）、研磨テーブル110の回転速度と研磨ヘッド120の回転速度との比に応じた円弧状の軌道を描いて移動する。渦電流センサ150は、研磨テーブル110が1回転するごとに、研磨テーブル110と研磨ヘッド120の回転速度で決まる所定の曲率の円弧状の軌道に沿って参照基板121'の表面を横切り、研磨テーブル110の次の1回転では、その前の1回転と同じ曲率の円弧であるが別の円弧に対応した軌道を通過する。したがって、渦電流センサ150からは、これらの多数の円弧軌道上の各点における信号値が連続的に得られる。なお、ステップ402の実施中に基板の研磨が進行してしまうと正確なマッピングデータを作成することができないため、ステップ402は、液体供給機構130からスラリーではなく水を供給しながら実施する（すなわち水研磨処理として実施する）ことが望ましい。これにより、参照基板121'の研磨が進行しない状態で、参照基板121'上の多数の軌道に対応する渦電流センサ150からの信号値を取得することができる。

。

[0022] 図6は、基板121（例えば参照基板121'）上を通過する渦電流センサ150の例示的な軌道を示す模式図である。同図において、円弧状の各曲線矢印は、渦電流センサ150の1つの軌道とその軌道上を渦電流センサ150が進む向きを表す。また図中の符号「1」～「10」は、渦電流センサ150が通過する軌道の順番を示している。渦電流センサ150は、研磨テーブル110および研磨ヘッド120の回転に伴って、軌道「1」～「10」の順に基板121の表面を移動していきながら、軌道上の各点における信号値を出力する。

[0023] なお、図6の例では、隣り合う軌道の角度間隔 θ は36度に設定されており、研磨テーブル110が10回転すると、渦電流センサ150は前と同じ軌道をたどる（軌道「10」の次は再び軌道「1」になる）。つまり、渦電流センサ150が通る軌道の本数は、この例では高々10本である。しかしながら、渦電流センサ150による測定点の数を増やすために、渦電流センサ150が通る軌道の本数は十分に多いことが好ましく、そのために軌道の角度間隔 θ は、例えば10度以下に設定されてよく、好適には5度以下、より好適には1度以下に設定されてよい。基板121上に渦電流センサ150の測定点が十分に密に配置されるように、軌道の角度間隔 θ が選択されてよい。研磨テーブル110の回転速度と研磨ヘッド120の回転速度の組み合わせにより、軌道の角度間隔 θ を任意に設定することが可能である。

[0024] 次に、ステップ404において、ステップ402で得られた渦電流センサ150の出力信号を用いて、参照基板121'に対するセンサ出力マップが作成される。センサ出力マップは、基板121（ここでは参照基板121'）の表面全面における渦電流センサ150の出力信号の大きさの分布を表すマップである。前述したように、参照基板121'における多数の軌道の各々について、軌道上の各測定点に対する渦電流センサ150の信号値が得られており、これら信号値をXY平面上にプロットすることで、参照基板121'に対するセンサ出力マップを作成することができる。軌道上の各測定点

のXY座標は、研磨テーブル110および研磨ヘッド120の回転速度によって定まる軌道の形状（曲率）に基づいて、または研磨テーブル110および研磨ヘッド120を回転させるためのモータに設けられたエンコーダからの信号に基づいて、特定することが可能である。

[0025] 図7は、ステップ404に従って作成された、参照基板121'に対するセンサ出力マップの一例700である。この例では、各測定点における渦電流センサ150の信号値の分布が濃淡によって示されている。センサ出力マップ700は、参照基板121'の面内に散らばって存在する多数の明るいスポット702を有する。これらの明るいスポット702は、渦電流センサ150の信号値の大きい領域であり、参照基板121'に設けられている局所的な金属構造物（図2の貫通電極206や金属配線208等）に対応するものである。なお、基板121から製造される最終製品（例えば半導体チップ）の設計上、例えば貫通電極206は、規則的に（例えば、各貫通電極206が直線状におよび／または等間隔に並ぶように）配置されることがしばしばある。

[0026] 次に、ステップ406において、ステップ404で作成されたセンサ出力マップにおいて極大値（または極小値）が探索され、発見された極大値（または極小値）の位置（すなわちXY座標）が一時記憶される。極大値（または極小値）の探索アルゴリズムは適宜の周知手法を適用でき、その詳細説明はここでは省略する。

[0027] 次に、極大値（または極小値）の位置に対する補正を適用する場合（ステップ408でYes）、ステップ410へ進む。ステップ410において、ステップ406で発見された複数の極大値（または極小値）がXY平面で直線状に並ぶように、各極大値（または極小値）の位置を補正する。続くステップ412において、ステップ406で発見された複数の極大値（または極小値）がXY平面で等間隔に並ぶように、各極大値（または極小値）の位置を補正する。ステップ410とステップ412のいずれか一方が省略されてもよい。なお、ステップ412において、欠落している極大値（または極小

値)を補間するように補正を行ってもよい。

[0028] 図8は、ステップ410およびステップ412における極大値(または極小値)の位置補正処理を説明するための概念図である。前述したように、例えば複数の貫通電極206が直線状かつ等間隔に配置された基板121(参照基板121')が使用される場合において、もし渦電流センサ150の軌道がそのような全ての貫通電極206の真上を正確に通っているのであれば、ステップ404で作成されるセンサ出力マップ700上の明るいスポット702は、正確に直線状かつ等間隔に並ぶことが期待される。しかしながら、渦電流センサ150がある貫通電極206から幾分ずれた場所を通過した場合、その貫通電極206に対応するセンサ出力マップ700上のスポット702は、その位置が直線状かつ等間隔の想定位置から外れ得る。図8において、スポット702aは、そのような位置ずれしたスポットを表している。一方、他のスポット702b、702c、…は、位置ずれせず、直線状かつ等間隔に並んでいる。位置ずれしたスポット702aに対するステップ406で特定された極大値の位置802aは、ステップ410およびステップ412において、位置ずれしていないスポット702b、702c、…のそれぞれに対応する極大値の位置802b、802c、…に基づいて、直線状かつ等間隔の修正位置802a'へと補正される。これにより、渦電流センサ150の軌道にかかわらず、参照基板121'に設けられた局所的な金属構造物(貫通電極206または金属配線208等)の位置を正しく特定することができる。

[0029] 次に、ステップ414において、参照基板121'上の局所的な金属構造物のサイズを決定する。例えば、金属構造物が貫通電極206である場合、貫通電極206の径を決定する。また、金属構造物が金属配線208である場合、配線の幅および/または長さが決定されるのであってよい。例えば、貫通電極206の径は、渦電流センサ150のスポットサイズ(すなわち渦電流センサ150が磁界を検出できる領域の大きさ)、渦電流センサ150と参照基板121'との離間距離、参照基板121'上の実際の貫通電極2

06の寸法（既知の設計寸法）等に基づいて、予め決定することが可能である。あるいは、貫通電極206の径は、ステップ404で作成されたセンサ出力マップ700における明るいスポット702の大きさに基づいて、決定されるのであってもよい。センサ出力マップ700における明るいスポット702の大きさは、例えば、信号値が所定値以上である領域として定めてもよいし、あるいはセンサ出力マップ700における各極大値に対して、信号値が所定割合以上であるような領域として定めてもよい。

[0030] 次に、ステップ416において、ステップ406で特定されたセンサ出力マップ上の極大値（または極小値）の位置（またはステップ410およびステップ412で補正された極大値（または極小値）の位置）と、ステップ414で決定された金属構造物のサイズに基づいて、参照基板121'上の局所的な金属構造物の配置を表すマッピングデータが生成される。例えば、図8にX印で示される各極大値の位置802a'、802b、802c、…を中心とする複数の円であって、ステップ414で決定された貫通電極206の径が半径であるような複数の円を定義することができ、そのように定義された円の内部で値「1」を有し、外部で値「0」を有するように、マッピングデータが生成されるのであってもよい。これにより、複数の貫通電極206を備えた参照基板121'に対応したマッピングデータを得ることができる。

[0031] 図9は、こうして作成されたマッピングデータの一例である。マッピングデータ900は、基板121の表面を表すXY平面における各点の座標値（XY座標）と、基板121上の各点が金属構造物（貫通電極206または金属配線208等）であるか否かを識別する値とから構成される。図9の例示的なマッピングデータ900において、複数の黒丸902の内部の各点は値「1」を有し、基板121上の対応する領域が貫通電極206であることを示している。一方、黒丸902の外部の各点の値は「0」である。このようなマッピングデータ900を用いることで、基板121に設けられた局所的な金属構造物（例えば貫通電極206や金属配線208等）の位置を判別す

ることができる。

[0032] 次に図5のフローチャートを参照し、マッピングデータを用いて渦電流センサ150の出力信号を補正し、基板上の膜厚を算出する処理について説明する。なおこの処理で使用されるのは、参照基板121'でなく「研磨対象基板」121（すなわち、例えば図2に示されるような、その表面に研磨対象である金属膜204が形成されている基板）である。

[0033] まず、ステップ502において、研磨対象基板121に対する渦電流センサ150の出力信号が取得される。具体的に、研磨対象基板121が取り付けられた研磨ヘッド120と、研磨テーブル110の双方をそれぞれ所定の回転速度で回転させながら、渦電流センサ150から出力信号が取得される。ステップ502は基本的に前述した図4のフローチャートにおけるステップ402と同様であり、研磨テーブル110と研磨ヘッド120の回転に伴って渦電流センサ150が研磨対象基板121の表面を円弧状の軌道に沿って進むのに合わせて、研磨対象基板121の当該軌道上の各点における信号値が、渦電流センサ150から連続的に得られる。以下において、渦電流センサ150がある1つの軌道を通ったときに渦電流センサ150から得られる一連の信号値を、渦電流センサ150の出力信号の「プロファイル」と称する。なお、ステップ502は、前述した図3のフローチャートにおけるステップ302の研磨処理において研磨対象基板121を研磨する間に行われるのであってよい。

[0034] 次に、ステップ504において、渦電流センサ150の出力信号のプロファイルに基づいて、渦電流センサ150が通った研磨対象基板121上の軌道が特定される。このステップ504の詳細については、以下で図11を参照し後述する。

[0035] 次に、ステップ506において、ステップ502で得られた渦電流センサ150の出力信号のプロファイルのうち、基板121の外縁部（例えば基板121の端から内側へ数ミリ程度の帯状の領域）に対応する部分がマスクされる。これは、基板121の外縁部においては渦電流センサ150の測定精

度があまり良くないことが想定されるので、当該部分から得られた渦電流センサ 150 の信号値をこれ以降の計算対象から除外するのが好ましいからである。

[0036] 次に、ステップ 508 において、ステップ 506 の処理後の渦電流センサ 150 の出力信号のプロファイルを正規化する。

[0037] 次に、ステップ 510 において、図 4 のフローチャートの処理で作成されたマッピングデータに基づいて、ステップ 504 で特定された渦電流センサ 150 の軌道の中で研磨対象基板 121 の局所的な金属構造物（例えば貫通電極 206 や金属配線 208 等）と重なる部分の座標が抽出される。例えば、図 9 に示される例示的なマッピングデータ 900 に渦電流センサ 150 の軌道を重ね合わせることで、渦電流センサ 150 の軌道が研磨対象基板 121 の局所的な金属構造物と重なる部分を特定することができる。より具体的には、渦電流センサ 150 の軌道上の各点のうちマッピングデータ 900 上の値「1」（すなわち図 9 における黒丸 902）に対応する点を、渦電流センサ 150 の軌道と研磨対象基板 121 の局所的な金属構造物が重なった部分として抽出することができる。

[0038] 次に、ステップ 512 において、ステップ 510 の結果を用いて、渦電流センサ 150 の出力信号のプロファイルに対する補正が行われる。具体的に、ステップ 508 で正規化された渦電流センサ 150 の出力信号のプロファイルにおいて信号のピークが探索され、発見されたピークが、ステップ 510 で特定された渦電流センサ 150 の軌道と研磨対象基板 121 の局所的な金属構造物との重なり部分の位置に対応するかどうかが判定される。プロファイルのピークが重なり部分の位置に対応する場合、プロファイルの当該ピークを減衰させる（つまり当該ピーク部分の信号値を減少させる）ことにより、渦電流センサ 150 の出力信号のプロファイルが補正される。

[0039] 図 10 は、ステップ 512 における補正処理の理解を助けるための、渦電流センサ 150 の出力信号の補正前のプロファイルと補正後のプロファイルの例である。図 10 のグラフの横軸は渦電流センサ 150 の軌道上の位置を

示し、縦軸は正規化されたセンサ出力信号（すなわちステップ508で正規化された渦電流センサ150の信号値）を示す。図10の例において、補正前のプロファイル1002は、マッピングデータから特定される渦電流センサ150の軌道と研磨対象基板121の局所的な金属構造物との重なり部分に対応するピークPa、Pb、Pc、Pd、Pe、Pf、Pg、Phと、それ以外のピークPi、Pj、Pk、Pl、Pm、Pnとを有している。補正後のプロファイル1004では、補正前のプロファイル1002におけるピークPa、Pb、Pc、Pd、Pe、Pf、Pg、Phおよびその近傍の信号値が、各ピークのピーク値よりも小さい所定値に変更されている。より具体的には、各ピークPa、Pb、Pc、Pd、Pe、Pf、Pg、Ph近傍の、渦電流センサ150の軌道と研磨対象基板121の局所的な金属構造物との重なり部分に対応する範囲（すなわちマッピングデータ900上の値「1」に相当する範囲）の信号値が、所定値に変更されている。所定値は、例えば、各ピークのピーク値に所定の減衰率（例えば30%）を乗じた値であってよい。なお、ピークの中心に近い位置ほど減衰率を大きく設定してもよい。一方、ピークPi、Pj、Pk、Pl、Pm、Pnは補正対象でなく、補正後のプロファイル1004にそのまま残存している。

[0040] このように、ステップ510および512により、マッピングデータに基づいて渦電流センサ150の出力信号のプロファイルを補正することで、研磨対象基板121に含まれる局所的な金属構造物に起因して渦電流センサ150の出力信号に生じるノイズを除去または低減することができる。

[0041] 次に、ステップ514において、ステップ508で正規化された値を元のスケールに戻すために、正規化の際に渦電流センサ150の信号値に乗じた比率の逆数を、ステップ512による補正後のプロファイルに乗じる。

[0042] 次に、ステップ516において、ステップ514の処理後のプロファイルに対し、渦電流センサ150の軌道に沿った方向に関する移動平均（すなわち図10のグラフにおける横軸方向に関する移動平均）を計算する。

[0043] 次に、ステップ518において、ステップ506でマスクされた基板12

1の外縁部に対応する信号値を、ステップ516の処理後のプロファイルに再結合する。

[0044] 次に、ステップ520において、渦電流センサ150の隣り合う複数の軌道についてのステップ518の処理後のプロファイルの移動平均を算出する。なお、ステップ516の移動平均は基板121の半径方向の移動平均をとることに相当し、ステップ520の移動平均は基板121の周方向の移動平均をとることに相当する。これらの移動平均処理により、渦電流センサ150の出力信号のプロファイルに存在している細かいノイズを除去することができる。

[0045] 次に、ステップ522において、ステップ520までの処理で得られた渦電流センサ150の複数の（基板全面にわたる）軌道に対する信号値のプロファイルに基づいて、研磨対象基板121の膜厚マップが作成される（図3のステップ302を参照）。例えば、渦電流センサ150の複数の軌道のそれぞれについて、ステップ520の処理後のプロファイルから軌道上の各点の膜厚を算出することができ、これら各点の膜厚をXY平面上にプロットすることで、研磨対象基板121上の膜厚分布を示す膜厚マップを作成することができる。前述したように、ステップ520の処理後のプロファイルでは研磨対象基板121の局所的な金属構造物に起因するノイズが除去または低減されているため、研磨対象基板121の貫通電極206や金属配線208等に影響されない、精度の高い膜厚マップを得ることができる。

[0046] 次に図11のフローチャートを参照し、上述したステップ504の、渦電流センサ150の軌道を特定する処理の詳細について説明する。

[0047] ステップ1102において、研磨対象基板121に対するセンサ出力マップが作成される。研磨対象基板121に対するセンサ出力マップは、前述した図4のステップ404で作成された参照基板121'に対するセンサ出力マップと同様の方法で、研磨対象基板121に対する渦電流センサ150の出力信号を用いて作成することができる。例えば、研磨対象基板121に対するセンサ出力マップは、図5のフローチャートの処理で使用される研磨対

象基板 1 2 1 と同種かつ別個体の 1 または複数の研磨対象基板 1 2 1 を用いて、あらかじめ作成しておくことができる。

[0048] 図 1 2 は、研磨対象基板 1 2 1 に対するセンサ出力マップの一例 1 2 0 0 である。センサ出力マップ 1 2 0 0 に描いた任意形状の線（例えば図中に示される線 A - A' 等）上において、渦電流センサ 1 5 0 の出力信号の値をプロファイル化することができる。すなわち、センサ出力マップ 1 2 0 0 から、マップ上の任意の線に沿ったプロファイルを算出することができる。

[0049] 次に、ステップ 1 1 0 4 において、ステップ 1 1 0 2 で作成された研磨対象基板 1 2 1 に対するセンサ出力マップから、前述した図 5 のフローチャートのステップ 5 0 2 で取得された渦電流センサ 1 5 0 の出力信号のプロファイル（例えば研磨対象基板 1 2 1 の研磨中に得られたプロファイル）と最も類似したプロファイルを有する軌道が抽出される。さらに、ステップ 1 1 0 6 において、このセンサ出力マップから抽出された軌道が、渦電流センサ 1 5 0 が通った研磨対象基板 1 2 1 上の軌道として特定される。

[0050] 例えば、ステップ 1 1 0 2 で作成されたセンサ出力マップのある軌道上のプロファイルと、ステップ 5 0 2 で取得された渦電流センサ 1 5 0 の出力信号のプロファイルの、対応する測定点における信号値の差分の総和を取ることによって、プロファイルの類似度を判断することができる。一例として、差分の総和が最も少ない場合に、2 つのプロファイルは最も類似していると判断されるのであってよい。他の手法として、例えばセンサ出力マップのある軌道上のプロファイルのピーク形状、ピーク位置、またはピークの大きさの少なくとも 1 つと、渦電流センサ 1 5 0 の出力信号のプロファイルのピーク形状、ピーク位置、またはピークの大きさの少なくとも 1 つを比較することによって、類似度が判断されてもよい。その他、プロファイルの類似度を判断するための任意の手法が用いられてもよい。

[0051] ステップ 1 1 0 4 およびステップ 1 1 0 6 の処理について、図 1 2 から図 1 4 を参照してより具体的に説明する。図 1 2 のセンサ出力マップ 1 2 0 0 からは、一例として、軌道 A - A'、軌道 B - B'、および軌道 C - C' 上

のプロファイルが切り出される。各軌道間の角度間隔 θ は例えば0.1度以下であってよく、切り出されるプロファイルの本数は4本以上であってよい。図12には軌道A-A'等が直線で示されているが、各軌道の形状は、実際の軌道と同じ円弧状であってよい。ここで、図5のフローチャートのステップ502において、図13に示すような渦電流センサ150の出力信号のプロファイル1300が得られたものとする。

[0052] 制御部140は、センサ出力マップ1200の各軌道上のプロファイルを取得する。この例では、図12に示すように軌道は3つである。したがって、この例では、図14に示すようにセンサ出力マップ1200から3つのプロファイル（プロファイルA-A'、プロファイルB-B'、およびプロファイルC-C'）が取得される。なお、図14のプロファイルは、図12のセンサ出力マップ1200のプロファイルを厳密に再現したものではないと理解されたい。

[0053] 制御部140は、類似度比較のための任意の手法を用いて、渦電流センサ150の出力信号のプロファイル1300と最も類似したプロファイルを有する軌道を特定する。例えば、制御部140は、渦電流センサ150の出力信号のプロファイル1300と、センサ出力マップ1200から得られたプロファイルA-A'、プロファイルB-B'、およびプロファイルC-C'を規格化したのちに、平均二乗誤差の大小から、類似度を算出することができる。この例では、プロファイルC-C'が、渦電流センサ150の出力信号のプロファイル1300と最も類似していると判定されたものとする。制御部140は、プロファイルC-C'に対応する軌道C-C'を、研磨対象基板121上を渦電流センサ150が通った軌道として特定することができる。

[0054] 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

- [0055] 1 0 0 基板研磨装置
- 1 1 0 研磨テーブル
- 1 1 1 研磨パッド
- 1 2 0 研磨ヘッド
- 1 2 1 基板
- 1 2 2 エアバッグ
- 1 3 0 液体供給機構
- 1 4 0 制御部
- 1 4 1 ストレージデバイス
- 1 4 2 プロセッサ
- 1 4 3 入出力装置
- 1 5 0 渦電流センサ
- 2 0 2 誘電体膜
- 2 0 4 金属膜
- 2 0 6 貫通電極
- 2 0 8 金属配線

請求の範囲

- [請求項1] 渦電流センサが設けられた研磨テーブルであって、回転可能に構成された研磨テーブルと、
- 前記研磨テーブルに対向し、回転可能に構成された研磨ヘッドであって、前記研磨テーブルと対向する面に基板を取り付け可能である研磨ヘッドと、
- 制御部と、
- を備える基板研磨装置であって、
- 前記制御部は、
- 参照基板に対する前記渦電流センサの出力信号を用いて、前記参照基板の表面または内部に局所的に存在する1または複数の金属構造物の配置を表すマッピングデータを生成し、
- 前記参照基板と同じ金属構造物の配置を有する研磨対象基板の研磨中に、前記渦電流センサが前記研磨対象基板の被研磨面上のある軌道を通過した時の前記渦電流センサの出力信号のプロファイルを取得し、
- 前記プロファイルに基づいて、当該プロファイルに対応する、前記渦電流センサが前記研磨対象基板の被研磨面上を通過した軌道を特定し、
- 前記研磨対象基板の前記特定された軌道上に金属構造物があるか否かを、前記マッピングデータに基づいて判定し、
- 前記研磨対象基板に対する前記渦電流センサの出力信号の前記プロファイルを、前記金属構造物があると判定された位置の信号値を減少させるよう補正し、
- 前記補正された渦電流センサの出力信号のプロファイルに基づいて、前記研磨対象基板の膜厚を計算する、
- ように構成される、基板研磨装置。
- [請求項2] 前記マッピングデータを生成する処理は、前記参照基板の全面にお

ける前記渦電流センサの出力信号の複数の極大値または極小値が直線状に並ぶように、各極大値または極小値の位置を補正する処理を含む、請求項 1 に記載の基板研磨装置。

[請求項3] 前記マッピングデータを生成する処理は、前記参照基板の全面における前記渦電流センサの出力信号の複数の極大値または極小値が等間隔に並ぶように、各極大値または極小値の位置を補正または補間する処理を含む、請求項 1 または 2 に記載の基板研磨装置。

[請求項4] 前記プロファイルを補正する処理は、前記プロファイルに含まれる複数のピークのうち前記金属構造物の位置に対応するピークおよびその近傍部分を減少させる処理を含む、請求項 1 に記載の基板研磨装置。

[請求項5] 前記プロファイルを補正する処理は、前記プロファイルに含まれる複数のピークのうち前記金属構造物の位置に対応するピークおよびその近傍部分を、前記金属構造物に対応していないピークよりも低くなるように減少させる処理を含む、請求項 4 に記載の基板研磨装置。

[請求項6] 前記近傍部分は前記金属構造物の大きさに対応する、請求項 4 または 5 に記載の基板研磨装置。

[請求項7] 前記参照基板は、その表面に金属膜が形成されていない基板である、請求項 1 に記載の基板研磨装置。

[請求項8] 前記研磨対象基板は、その表面に研磨対象である金属膜が形成されている基板である、請求項 1 に記載の基板研磨装置。

[請求項9] 前記金属構造物は、基板上に形成された貫通電極または金属配線である、請求項 1 に記載の基板研磨装置。

[請求項10] 前記プロファイルに基づいて前記軌道を特定する処理は、
前記研磨対象基板の表面全面における前記渦電流センサの出力信号の大きさの分布を表すセンサ出力マップを生成する処理と、
前記センサ出力マップから、前記研磨対象基板の研磨中に取得された前記プロファイルと最も類似したプロファイルを有する軌道を抽出

し、前記抽出した軌道を前記研磨対象基板に対する前記渦電流センサの軌道として特定する処理と、

を含む、請求項 1 に記載の基板研磨装置。

[請求項11] 前記研磨対象基板に対する研磨圧力を調整可能なエアバッグをさらに備え、

前記制御部は、さらに、前記研磨対象基板の前記計算された膜厚に基づいて前記エアバッグの内部圧力を制御するように構成される、

請求項 1 に記載の基板研磨装置。

[請求項12] 渦電流センサが設けられた研磨テーブルであって、回転可能に構成された研磨テーブルと、

前記研磨テーブルに対向し、回転可能に構成された研磨ヘッドであって、前記研磨テーブルと対向する面に基板を取り付け可能である研磨ヘッドと、

を備える基板研磨装置における膜厚算出方法であって、

参照基板に対する前記渦電流センサの出力信号を用いて、前記参照基板の表面または内部に局所的に存在する 1 または複数の金属構造物の配置を表すマッピングデータを生成するステップと、

前記参照基板と同じ金属構造物の配置を有する研磨対象基板の研磨中に、前記渦電流センサが前記研磨対象基板の被研磨面上のある軌道を通過した時の前記渦電流センサの出力信号のプロファイルを取得するステップと、

前記プロファイルに基づいて、当該プロファイルに対応する、前記渦電流センサが前記研磨対象基板の被研磨面上を通過した軌道を特定するステップと、

前記研磨対象基板の前記特定された軌道上に金属構造物があるか否かを、前記マッピングデータに基づいて判定するステップと、

前記研磨対象基板に対する前記渦電流センサの出力信号の前記プロファイルを、前記金属構造物があると判定された位置の信号値を減

少させるよう補正するステップと、

前記補正された渦電流センサの出力信号のプロファイルに基づいて、前記研磨対象基板の膜厚を計算するステップと、
を含む方法。