

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5108757号
(P5108757)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月12日(2012.10.12)

(51) Int.Cl. F I
 G O 1 B 7/06 (2006.01) G O 1 B 7/06 M
 H O 1 L 21/66 (2006.01) H O 1 L 21/66 P

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-519343 (P2008-519343)	(73) 特許権者	504401617
(86) (22) 出願日	平成18年6月13日 (2006.6.13)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2009-500605 (P2009-500605A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(43) 公表日	平成21年1月8日 (2009.1.8)		538-6470, フレモント, カッシン
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/023033		グ パークウェイ 4650番地
(87) 国際公開番号	W02007/005211	(74) 代理人	110000659
(87) 国際公開日	平成19年1月11日 (2007.1.11)		特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所
審査請求日	平成21年6月10日 (2009.6.10)	(72) 発明者	ベイリー, アンドリュウ, ディー., サード
(31) 優先権主張番号	11/172,017		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(32) 優先日	平成17年6月29日 (2005.6.29)		566, プレザントン, 5167 ノース
(33) 優先権主張国	米国 (US)		ウェイ ロード
		審査官	中川 康文

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導電層の電気的応答を最適化する方法、及びその装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ターゲット基板上の導電材料から形成される導電膜の厚さを決定する方法であって、
 前記ターゲット基板の位置の近くに渦電流センサを配置するステップと、
 前記渦電流センサを使用して、測定温度において、電圧測定値と電流測定値の少なくとも一つを含む前記ターゲット基板上の前記導電膜の電気的応答を測定するステップと、
 前記ターゲット基板の前記導電材料に類似する導電材料から形成される導電膜を有する
 校正基板を提供するステップと、

前記校正基板の校正温度での導電膜厚、及び、前記測定温度での導電膜厚を測定し、前記校正温度及び前記測定温度の間の前記校正基板の導電膜厚測定値の変化から温度依存補償
 因数を定めるステップと、

前記温度依存補償因数を使用して前記ターゲット基板の電気的応答を補正し、それによ
 って補正された電気的応答を取得するステップと、

前記補正された電気的応答を使用して前記ターゲット基板上の導電膜の厚さを決定する
 ステップと、
 を備え、

前記温度依存補償因数を定めるステップは、前記ターゲット基板の前記電気応答の測定
 の前後における、前記校正基板の前記測定温度での導電膜厚測定値を平均化することを含
 み、前記平均化が温度ドリフトに起因する誤差を削減する、ことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記温度依存補償因数が、温度の変化に応じて前記較正基板の導電材料の抵抗率の変化に関連する請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記ターゲット基板の電気的応答を測定することと、前記較正基板の導電膜厚を測定することとが、前記渦電流センサを使用して実行される請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記ターゲット基板の電気的応答を測定することと、前記較正基板の導電膜厚を測定することとが、類似する測定プロトコルを使用して実行される請求項2に記載の方法。

【請求項5】

前記較正基板の導電膜厚を測定することが、前記渦電流センサとは異なる渦電流センサを使用して実行される請求項1に記載の方法。

10

【請求項6】

前記ターゲット基板上の導電膜の厚さを決定することが、厚さ相関曲線のセットと、前記補正された電気的応答とを相互に関連させることを含む請求項1に記載の方法。

【請求項7】

前記ターゲット基板上の導電膜が、アルミニウムと銅の少なくとも1つを備える請求項1に記載の方法。

【請求項8】

前記ターゲット基板の電気的応答が、前記渦電流センサと前記ターゲット基板との間の近接変動について補正された電気的応答を表す請求項1に記載の方法。

20

【請求項9】

前記ターゲット基板と前記較正基板とが、前記ターゲット基板の電気的応答が測定される温度と、前記温度依存補償因数が取得される温度とを含む関心のある温度範囲内での温度変化に対して同じ抵抗率反応を有するように選択される請求項1に記載の方法。

【請求項10】

ターゲット基板上の導電材料から形成される導電膜の厚さを決定するための装置であって、

前記ターゲット基板の近くに配置される渦電流センサを使用して、測定温度において、電圧測定値と電流測定値の少なくとも1つを含む電気的応答を測定するための手段と、

較正基板の較正温度での導電膜厚、及び、前記測定温度での導電膜厚を測定し、前記較正温度及び前記測定温度の間の前記較正基板の導電膜厚測定値の変化から温度依存補償因数を定める手段と、

30

前記温度依存補償因数を使用して電気的応答を補正し、それによって補正された電気的応答を取得するための手段と、

前記補正された電気的応答を使用して前記ターゲット基板上の導電膜の厚さを決定するための手段と、を備え、

前記温度依存補償因数を定める手段は、前記ターゲット基板の前記電気応答の測定の前後における、前記較正基板の前記測定温度での導電膜厚測定値を平均化する手段を含み、前記平均化手段が温度ドリフトに起因する誤差を削減する、ことを特徴とする装置。

【請求項11】

40

前記温度依存補償因数が、温度の変化に対応する前記較正基板の導電材料の抵抗率の変化に関連する請求項10に記載の装置。

【請求項12】

前記ターゲット基板と前記較正基板とが、前記ターゲット基板の電気的応答が測定される温度と、前記温度依存補償因数が取得される温度を含む関心のある温度範囲内での温度変化に対して同じ抵抗率反応を有するように選択される請求項10に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概して基板製造技術に関し、特に基板上の導電層に対する電気的応答を最適

50

化するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば半導体ウェハ、MEMSデバイス、またはフラットパネルディスプレイの製造で使用されているもののようなガラスパネル等の基板の処理では、多くの場合プラズマが利用されている。例えば基板の処理（化学蒸着、プラズマ化学気相成長法、物理的気相成長法等）の一部として、基板は、それぞれが集積回路になる複数の金型、つまり矩形領域に分けられる。次に、基板は、その上に電気部品を形成するために材料が選択的に除去され（エッチング）、蒸着される（蒸着）一連のステップで処理される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

基板製造において金属は特に重要な材料である。例えば、デュアルダマシンとして知られている製造方法では、誘電体層がビアホールを充填する導電性の栓によって電氣的に接続されている。一般的には、開口部は、通常はTa₂N₅またはTiNの障壁で裏打ちされている誘電体層に形成された後、導電パターンの2つのセットの間での電気接触を可能にする他の導電材料（例えば、アルミニウム（Al）、銅（Cu）、タングステン（W）等）で充填される。これは、例えばソース領域/ドレイン領域等の基板上の2つのアクティブな領域の間に電気接点を確立する。誘電体層の表面の過剰な導電材料は、通常は化学機械研磨（CMP）で除去される。その後、銅を覆うために窒化ケイ素または炭化ケイ素のブランケット層が蒸着される。

【0004】

その後、プロセスが許容パラメータの範囲内にあることを保証するために、多くの場合には基板上的特定の点で導電層の電気膜/層の特性（厚さ、シート抵抗等）を決定することが重要である。測定の方法は、渦電流センサを使用することである。通常、渦電流は、交番磁界によって導電媒質の中で誘発される電流である。

【0005】

一般的には、第1の交流が、通常はソレノイド形状の中に含まれているワイヤ（例えば、渦電流センサ内のワイヤ）に印加されると、ソレノイドの中または周りに第1の交流電磁場が生じ、ソレノイドの端部を、ほぼソレノイドの直径の距離だけ越えて広がる。この第1の場を第2の導体（例えば、基板上的導電層）と近接させると、第2の交流も第2の導体流れ、第1の場と相互作用し（例えば、ベクトル的に増加させ）、プローブ周辺の場に摂動を生じさせる第2の場を引き起こす。プローブの初期の場におけるこれらの摂動は、プローブのインピーダンスと周波数応答を含むプローブの電気特性で検出可能な変化を生じさせることがある。インピーダンス-電圧変換器を使用すると、インピーダンスの変化は、さらなる信号処理と分析のために電圧の変化に変換できる。

【0006】

渦電流プローブ特性のこれらの検出された差異から信号を生じさせるための多くの技法が利用できる。例えば、第1の技法では、プローブ/渦電流センサシステム（センサシステム）の周波数に依存する電力吸収の幅を報告できる。同様に、第2の技法では、プローブインピーダンスの実部及び/または虚部の大きさの変化はプローブと第2の導体の間で報告できる。これらの測定は、通常、第2の導体が存在しない信号と、第2の導体が信号の最大変化を引き起こす信号によって制限することができる一連の電圧を生じさせるために受動回路網または能動回路網を使用して行われる。プローブ信号で最大変化を生じさせる第2の導体の正確な形状、厚さ及び導電性は、一般的にはプローブの幾何学形状、励起周波数、及び測定のために適応された方法に依存しているが、一般的にはそれは可能な限りプローブの近くに配置される（プローブの直径のほぼ何倍も）厚い導電性の膜（層）である。

【0007】

用途に応じて、プローブ場の空間的な範囲と規模、したがって第2の導電層に対する空

10

20

30

40

50

間感度と電気感度とを修正するために、導電素子または磁気素子をプローブの設計の中に組み込むこともできる。最適性能のために、センサシステムは、他のすべての影響と変数に対するセンサシステムの感度を最小限に抑えながら、導電膜の所望される電気特性（例えば、厚さ、シート抵抗等）に対するセンサシステムの感度を最大限にする必要がある。

【0008】

一般的には、センサの磁場（渦電流摂動）に対する電氣的応答、したがってその精度は、センサの基板に対する近接（基板近接応答）によって影響を及ぼされる。すなわち、励磁プローブ場は限られた空間的広がりとなり、その大きさは、プローブから位置が拡大するにつれて減少し、測定されている第2の導体により引き起こされる全体的な渦電流摂動も、第2の導体がプローブからさらに遠くに移動するにつれて減少する。したがって、渦電流センサは近接性と電気膜特定の両方に敏感である場合がある。一般的には、報告される値にその後誤差を引き起こす可能性のある、近接性によって生じる電氣的応答（基板近接応答）の部分から、電気膜特性のセットによって生じる電氣的応答（電気膜特性応答）の部分と隔離することは困難である。

【0009】

加えて、ある特定の基板の電気膜特性のセットはそれ自体可変である場合がある。例えば、センサの電氣的応答は導電膜の抵抗率によって影響を及ぼされる可能性がある。すなわち、渦電流信号の変動はおもに膜抵抗率の逆数に比例している。（特殊電気抵抗としても知られている）電気抵抗は、一般的には材料がどれほど強力に電流の流れに対抗するのを示している。低い抵抗率は、一般的には電子の移動を容易に可能にする材料を示す。しかしながら、抵抗率は、一般的には温度にも依存している。

【0010】

ここで図1を参照すると、渦電流センサの簡略図が示されている。一般的には、センサのコイルインピーダンス102の変化は、センサ（コイル）と基板106の間の距離104を変えることによって生じる。ターゲット材抵抗率と透磁率の電気パラメータが測定されるセンサの摂動を決定する可能性があるため、センサシステムは一般的にはターゲット材について較正される。

【0011】

既定のセンサの応答を改善するための1つの解決策は、それぞれが同時に同じ近接性から基板上の同じ点を測定しようとする複数のセンサ（例えば、同時複数センサ）の近接誤差を平均することによってよい。例えば、それぞれが互いにとって既知であり、固定された近接性を持つ2台のセンサは、それらの間に配置される導電層に固定された近接性で配置されてよい。共通の実現例では、一方のセンサは基板の上方に配置され、他方のセンサは基板の下方に配置される。各センサが近接性に対してほぼ同一の感度を有する場合、任意の一方のセンサでの電氣的応答は実質的に等しいが、他方のセンサでの電氣的な応答に反対となる可能性がある。続いて、各センサからの信号をともに平均することによって、結合された信号を生じさせてよく、その信号は2台のセンサの内のどちらか一方に対する導電層の位置（近接性）への感受性がより低く、続いて導電膜の所望される電気特性（例えば、より低い近接性への依存）をよりうまく伝えるために使用されてよい。

【0012】

理論上、測定を行う前に周期的にセンサシステム（センサ、基板幾何学形状及び基板の扱い、段移動等）を定期的に較正することによって、近接性誤差は、基板がセンサ間の既知の位置に設置されるときに、採取された1組の測定値を平均することによって相殺されてよい。しかしながら実際には、渦電流センサを測定される導電層に対して反復自在に正確に配置することは多くの場合非常に困難である。

【0013】

例えば、センサ間に基板を配置するために使用される装置は広すぎる公差範囲を有してよく、その結果、基板膜厚の変化に起因するセンサの摂動は、異なる配置または時間で異なる近接性のために測定されるセンサ摂動と比較して、実質的に類似している。同様に、センサに関して基板を移動するために使用される機構（つまり、ターンテーブル等）は、

10

20

30

40

50

測定された膜厚の差異を超え、プローブ信号の摂動を引き起こす振幅あるいはセンサシステムのための所望される精度を超える不確実性を報告された膜厚にもたらず振幅によって、基板の振動または基板の近接性の変化を誘発する可能性がある。続いて、相対的に小さな近接性の変動も測定値にかなりの誤差を生じさせ、基板製造等の高精度測定値にとっての問題を呈することがある。

【 0 0 1 4 】

加えて、同時複数センサの近接誤差が実質的に最小限に抑えられる場合にも、さまざまな時点で測定を行うことが依然として望ましい場合がある（例えば、連続測定）。例えば、センサは多くの場合センサスイングアーム上に位置しているので、基板表面全体でセンサスイングを移動するときには両方のセンサの位置合わせをすることは不便である可能性がある。すなわち、2台のセンサは、それらが、ターンテーブル上の基板の回転に接しているベクトルに平行に線を形成するようにセンサスイングアーム上に配置されてよい。センサアームは回転する基板全体で揺動するので、センサ線と接線ベクトル間の角度は、両方のセンサを同時に基板上の同じ点の上に配置できない点まで増加してよい。さらに、センサスイングアーム構造自体が、互いの上にセンサを配置することを妨げる可能性がある。つまり1台のセンサからの干渉（例えばストローク）が両方のセンサの同時使用を妨げることがある。

10

【 0 0 1 5 】

ここで図2を参照すると、センサアームでそれを回転するための機構の中の基板の簡略図が示されている。この例では、基板202は、センサスイングアーム204が基板202の表面全体でセンサ206を移動させるにつれて、方向208に回転する。

20

【 0 0 1 6 】

本発明は、前記に鑑みて、基板上の導電層に対する電気的応答を最適化するための方法、及びその装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

一実施形態において、本発明は、ターゲット基板上の第1の導電材料から形成される第1の導電膜の第1の厚さを決定する方法に関する。方法は、ターゲット基板上の位置のセットの近くに第1の渦電流センサを配置することを含む。また、方法は、第1の渦電流センサを使用して、第1の電圧測定値と第1の電流測定値の少なくとも1つを含む電気的応答の第1のセットを測定することを含む。方法は、ターゲット基板の第1の導電材料と実質的に類似する第2の導電材料から形成されている第2の導電膜を有する、ターゲット基板とは別の較正基板から取得される温度依存補償因数を使用して第1の電気的応答のセットを補正し、それによって電気的応答の補正された第1のセットを取得することと、電気的応答の補正された第1のセットを使用して第1の厚さを決定することとをさらに含む。

30

【 0 0 1 8 】

別の実施形態において、本発明は、ターゲット基板上の第1の導電材料から形成される第1の導電膜の第1の厚さを決定するための装置に関する。装置は、ターゲット基板の近くに配置される第1の渦電流センサを使用して、第1の電圧測定値と第1の電流測定値の少なくとも1つを含む電気的応答の第1のセットを測定するための手段を含む。また、装置は、温度依存補償因数を使用して第1の電気的応答のセット補正し、それによって電気的応答の補正された第1のセットを取得するための手段と、電気的応答の補正された第1のセットを使用して第1の厚さを決定するための手段とを含む。

40

【 0 0 1 9 】

別の実施形態において、本発明は、ターゲット基板上の第1の導電材料から形成される第1の導電膜の第1の厚さを決定する方法に関する。方法は、ターゲット基板近くに第1の渦電流センサを配置することを含む。また、方法は、第1の渦電流センサを使用して、第1の電圧測定値と第1の電流測定値の少なくとも1つを含む電気的応答の第1のセットを測定することを含む。方法は、電気的応答の第1のセットが取得されるターゲット基板温度に基づいて決定される温度依存補償因数を使用して第1の電気的応答のセットを補正

50

し、補正が電氣的応答の補正された第1のセットを生じさせることと、電氣的応答の補正された第1のセットを使用して第1の厚さを決定することとをさらに備える。

【0020】

本発明のこれらの特長及び他の特長は、本発明の詳細な説明にさらに詳しく、以下の図に関連して説明される。

【0021】

本発明は、類似する参照数字が類似した要素を指す添付図面の図中で、制限としてではなく一例として描かれている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

本発明は、ここで添付図面に描かれているようにそのいくつかの好適実施形態に関して詳説される。以下の説明では、本発明の十分な理解を提供するために多数の特定の詳細が述べられている。しかしながら、本発明がこれらの特定の詳細のいくらかまたはすべてがなくても実践されてよいことが当業者に明らかになる。他の例では、周知のプロセスステップ及び/または構造は本発明を不必要に不明瞭にしないために詳しく説明されてこなかった。

【0023】

理論によって拘束されることを望まない一方で、センサ電氣的応答を最適化するために、基板電気膜特性の変動が補償されてよいことが発明者によって理解される。実施形態では、既知の温度での基準基板サンプルのセンサ電氣的応答は未知の温度でのターゲット基板のセンサ電氣的応答を補正するために使用されてよい。実施形態では、基準基板の導電層材料は、ターゲット基板の導電層材料に実質的に類似している。

【0024】

実施形態では、基準基板とターゲット基板は実質的に類似した測定プロトコルを使用して測定される。例えば、基準基板とターゲット基板は、ほぼ同じ近接で、及びほぼ同じ測定サイト（幾何学形状）等で同じ渦電流測定技法を使用して測定されてよく、その結果、基準基板とターゲット基板の間の主要な変数は温度である。ある実施形態では、基板が異なる抵抗率の温度係数のある2枚の導電膜を有する場合、測定値のセットは所望される膜厚の実質的に温度に依存しない値を引き出すためにさまざまな温度で採取されてよい。

【0025】

方法及び技法を含む多様な実施形態が後述されている。本発明が、本発明の技法の実施形態を実施するためのコンピュータ可読命令が記憶されているコンピュータ可読媒体を含む製造品も対象としてよいことが留意される必要がある。コンピュータ可読媒体は、例えば、半導体、コンピュータ可読コードを記憶するための磁気、光磁気、光学、または他の形式のコンピュータ可読媒体を含んでよい。さらに、本発明は、本発明の実施形態を実践するための装置も対象にしてよい。このような装置は、本発明の実施形態に関するタスクを実施するための、専用及び/またはプログラム可能な回路を含んでよい。このような装置の例は、適宜にプログラミングされたときに汎用コンピュータ及び/または専用コンピュータデバイスを含み、本発明の実施形態に関する多様なタスクに適応されるコンピュータ/コンピュータデバイスと専用/プログラム可能回路の組み合わせを含んでよい。このような装置の例は、本書に開示されているコンピュータによって実現される技法を実施するように構成された1つまたは複数の集積回路の中に適切な専用及び/またはプログラム可能な回路網を含んでよい。加えて、及び一般的には、コンピュータを使用するあらゆる計算には、メモリまたはコンピュータレジスタの中のオペランドが必要とされる。

【0026】

前述されたように、磁場に対するセンサの電氣的応答（渦電流摂動）、したがってその精度は、基板に対するセンサの近接性（基板近接応答）によって影響を及ぼされる。すなわち、励磁プローブ場は限られた空間的な広がりであり、その大きさは、位置がプローブから拡大するにつれて減少するので、測定されている第2の導体によって引き起こされる全体的な渦電流摂動も、第2の導体がプローブからさらに遠くに移動するにつれて減少す

10

20

30

40

50

る。したがって、渦電流センサは近接性と電気膜特定の両方に敏感である場合がある。一般的には、報告される値にその後誤差を引き起こす可能性のある、近接性によって生じる電気的応答（基板近接応答）の部分から、電気膜特性のセットによって生じる電気的応答（電気膜特性応答）の部分とを隔離することは困難である。

【 0 0 2 7 】

加えて、ある特定の基板の電気膜特性のセットはそれ自体可変である場合がある。例えば、センサの電気的応答は導電膜の抵抗率によって影響を及ぼされる可能性がある。すなわち、渦電流信号の変動はおもに膜抵抗率の逆数に比例している。（特殊電気抵抗としても知られている）電気抵抗は、一般的には材料がどれほど強力に電流の流れに対抗するのかが示している。低い抵抗率は、一般的には電子の移動を容易に可能にする材料を示す。しかしながら、抵抗率は、一般的には温度にも依存している。

10

【 0 0 2 8 】

一般的には、各センサ応答 R は、複数の基本変数の関数としてモデル化でき、

$$R(-) = R(d, p, S, (T)) \quad \text{[方程式 1]}$$

ここでは d は測定される膜厚であり、 p は近接であり、 S は一般的には、測定される膜による特定の渦電流プローブの場の検出された摂動の、便宜上の測定単位への変換についてのすべての情報に対する応答の関数依存性を示す速記の表記であるセンサシリアルナンバーであり、 (T) は温度依存抵抗率である。ある実施形態では、便宜上の測定単位はボルト (V) である。すべてのセンサが同じセンサシリアルナンバーを有すると仮定すると、方程式 1 はさらに以下に簡略化されてよい。

20

$$R(-) = R(d, p, (T)) \quad \text{[方程式 2]}$$

したがって、基板上の導電膜の厚さ d は以下のようにモデル化されてよい。

$$d = f(R(d, p, (T))) \quad \text{[方程式 3]}$$

【 0 0 2 9 】

（特殊電気抵抗としても知られている）電気抵抗は、一般的には材料がどれほど強力に電流の流れに対抗するのかが示している。低い抵抗率は、一般的には電子の移動を容易に可能にする材料を示す。電気抵抗の $S I$ 単位は抵抗計である。材料の電気抵抗は、通常以下によって示され、

$$\rho = \frac{RA}{l} \quad \text{[方程式 4]}$$

30

ここでは ρ は（抵抗計で測定される）電気抵抗率であり、 R は（オームで測定される）材料の同型の試料の抵抗であり、 l は（メートルで測定される）試料の長さであり、 A は（平方メートルで測定される）試料の断面積である。

【 0 0 3 0 】

電気抵抗は、以下のように定めることもでき、

$$\rho = \frac{E}{J} \quad \text{[方程式 5]}$$

ここでは E は（1メートルあたりのボルトで測定される）電場の大きさであり、 J は（1平方メートルあたりのアンペアで測定される）電流密度の大きさである。

40

【 0 0 3 1 】

ここで図 3 を参照すると、基板上の導電層（つまり Cu 等）の厚さを決定するためのある特定の基板温度（較正温度）での 3 つの較正曲線のセットが、本発明の一実施形態に従って示されている。横軸は渦電流センサによって測定されるような電圧応答 (V) 3 0 2 を示すが、縦軸はオングストローム (\AA) で測定される厚さ 3 0 4 を示す。この例では、高い方の応答電圧が小さい方の厚さに相互に関連する。較正曲線は、例えば、測定される膜がないシステム内で取得されるその最大電圧で各プローブ応答電圧を相殺することによって、応答電圧が減少する同じ目的のために作成されてもよい。

【 0 0 3 2 】

50

簡略化された例では、特定の基板温度で、妥当な近接補正特性の報告された渦電流応答 V (電圧) は、以下としてモデル化されてよく、

$$2V = R_I(d, p_I) + R_{II}(d, p_{II}) \approx R_I(d, p_I) + \varepsilon_p \cdot dR_I/dp + R_{II}(d, p_{II}) - \varepsilon_p \cdot dR_{II}/dp \quad \text{【方程式 6】}$$

ここでは p がセンサ I のための測定の実際的な時間での p_I からの近接変動である場合には、センサ I I からの測定が同時に行われるとき且つそのときに限り、センサ I とセンサ I I の間の固定された幾何学形状から推論するのは、センサ I I のための測定の実際の時間での p_{II} からの近接変動である。この例の目的のために、センサシリアルナンバー S はすべてのセンサにとって同じであると仮定され、 d と p だけが計算の目的で検討される。加えて、応答は電圧で示されているが、例えば電流等の他の電気特性も使用されてよい。

10

【0033】

両方のセンサとも、膜厚に対してその名目近接 $R(d, p_I) = R(d, p_{II})$ で実質的に同一の応答を有すると仮定されている。実際には、これは後述されるように機械的に、あるいはセンサ依存相関関数を用いて妥当に実行できる。加えて、両方のセンサの近接変動 (例えば近接電氣的応答) に対する応答感度も同じ大きさであると仮定される。その後、 p_I で評価された dR_I/dp は、 p_{II} で評価された dR_{II}/dp に等しく、方程式 6 の近接依存項は相殺し、膜厚と相互関連できる近接に依存しない測定値を提供する。

20

【0034】

実施形態では、これは実質的に同じタイプ (したがってほぼ同じ性能) の組にされたセンサのセットを使用し、それらの間の中間で基板を装填することによって達成されてよい。その後、膜は両方のセンサに対して同じ名目近接を有してよい。したがって、項を相殺し、簡略化された報告測定値は以下のように示すことができ、

$$2V = 2R(d) + 0 \quad \text{【方程式 7】}$$

小さい近接変動とは無関係であってよい。簡略化された例では、単一のセンサの場合、 $R_I(d, p_I) = R_{II}(d, p_{II}) = 1.5V$ 及び $dR_I/dp = 2V/mm$ であると、 $p = 0.1mm$ であり、その結果

30

$$2V = R_I(d, p_I) + \varepsilon_p \cdot dR_I/dp + R_{II}(d, p_{II}) - \varepsilon_p \cdot dR_{II}/dp =$$

$$1.5V + 2V/mm * 0.1mm + 1.5V - 2V/mm * 0.1mm = 3V$$

【方程式 8】

である。

【0035】

したがって、理想的な同時測定状況では、この方法は近接誤差で約 0%、あるいは通常約 $3 < 0.03V$ を生じさせる。これらの分析が、関連する近接項の取り消しを保証するために、または、3台以上のセンサを含むために合計2台のセンサの間の重みづけ割合の適切な変化をもって実行されてよいが、説明される根本的な特性は残ることが明らかでなければならない。

40

【0036】

しかしながら、較正温度で基板を測定することが実際的ではない場合がある。例えば、基板プロセスは、基板が較正温度より実質的に高い温度まで加熱されることを必要とする可能性がある。その後、測定値のセットを採取するためだけに基板が冷却するのを待機すると、実質的には生産スループットが下がる可能性がある。しかしながら、温度は導電膜の根本的な抵抗率に影響を及ぼす可能性があり、したがって測定される渦電流応答に影響を及ぼす。

【0037】

ここで図 4、本発明のある実施形態に従って 200 分に渡って約 21 と約 23 の間

50

で循環されるCuを備える導電膜のある基板の簡略図を参照する。右側縦軸404が渦電システムによって報告されているオングストローム(A)で導電膜厚を表す一方、横軸406は分単位で時間を表し、左縦軸402は度()単位で基板温度を表す。プロット410が渦電システムによって測定される報告されている導電膜厚の対応する変化を示す一方で、プロット408は約200分間隔での基板と膜温度の変化を表す。この例では、Cuは0.0035/摂氏度の温度係数()を有する。基板温度408が一方向で移動し、増減するにつれて、(渦電流応答で測定されるような)対応する導電膜厚は反対方向で移動する。例えば、約60分(412)では、対応する導電膜厚は約9536Aである一方、基板温度は約21.58である。しかしながら、約68分では、対応する導電膜厚は約21.68Aである一方、基板温度は約22.10である。

10

【0038】

ここで図5、本発明のある実施形態に従って200分に渡って約21と約23の間で循環される、Siを備える導電膜のある基板の簡略図を参照する。右縦軸504がオングストローム(A)で導電膜厚を表す一方で、横軸506は分単位で時間を表し、左縦軸502は度()で基板温度を表す。プロット510が測定された導電膜厚の対応する変化を示す一方で、プロット508は約200分間隔で基板温度の変化を表す。この例では、Siは-0.011/摂氏度という温度係数()を有する。基板温度508が一方向で移動し、増減するにつれて、(渦電流応答で測定されるような)対応する導電膜厚は反対方向で移動する。例えば、約60分(512)では、対応する導電膜厚は約14.15Aである一方、基板温度は約21.63である。しかしながら、約68分では、対応する導電膜厚は約13.1Aである一方、基板温度は約22.12である。

20

【0039】

以後、抵抗率の変化が、なんらかの既定温度範囲のような既定材料の対応する温度変化に比例する場合、その温度範囲内での変化温度に起因する基板上での導電層の抵抗率の変化は以下のようにモデル化されてよく、

$$(T_c + \Delta T) = (T_c) (1 + (\Delta T - T_c)) \quad [\text{方程式 9}]$$

ここでは $p(T_c)$ は較正温度(較正抵抗率)での導電膜の抵抗計での抵抗率であり、 ΔT は較正温度からのターゲット基板の温度偏差であり、 α は deg C^{-1} の導電膜の温度係数である。 α の典型的な値は以下の通りである。Cuの場合約+0.0039から約0.0068 deg C^{-1} であり、Siの場合約0.07から約-0.01 deg C^{-1} であり、関心のある大部分の材料について後述されるように調べるまたは測定することができる。

30

【0040】

以後、温度の相対的に小さな変更の場合、測定導電膜厚の結果として生じる変更は、測定抵抗率 (T_m) に実質的に正比例、較正抵抗率 (T_c) に実質的に反比例してよい。したがって、方程式3はさらに以下のように簡略化されてよく、

$$d_m = \frac{\rho(T_c)}{\rho(T_m)} f(R(d_a, p, \rho(T_c))) \quad [\text{方程式 10}]$$

40

この場合 d_m は渦電流応答測定から引き出される導電膜厚であり、 d_a は実際の導電膜厚であり、 T_c は較正温度であり、 T_m は、重要な測定渦電流応答の基板温度(測定温度)であり、 $f(R(d_a, p, \rho(T_c)))$ は較正温度 T_c での導電膜厚であり、 p は導電膜に対するセンサ近接であり、 $\rho(T_c)$ は較正温度 T_c での導電膜の抵抗率(較正抵抗率)であり、 $\rho(T_m)$ は測定温度 T_m での導電膜の抵抗率(測定抵抗率)である。

【0041】

方程式9を方程式10に代入すると、

$$d_m = \frac{f(R(d_a, p, \rho(T_c)))}{(1 + \alpha(\tau - T_c))} = \frac{f(R_c)}{(1 + \alpha\Delta T)} \quad \text{[方程式 11]}$$

ここでは、 $f(R(d, p, (T_c)))$ または $f(R_c)$ は較正温度での基板上の導電膜の厚さであり、 $\tau - T_c$ または ΔT は較正温度と、渦電流が測定された温度の温度差であり、 α は deg C^{-1} 単位の導電膜の温度係数である。小さい $(\tau - T_c)^2$ 積 (例えば、

$$\approx 0.0$$

10

) の場合、方程式 11 はさらに以下に簡略化できる。

$$d = \frac{f(R_c)}{(1 + \alpha\Delta T)} \frac{(1 - \alpha\Delta T)}{(1 - \alpha\Delta T)} = \frac{f(R_c) - f(R_c)\alpha\Delta T}{1 - (\alpha\Delta T)^2} \approx f(R_c) - f(R_c)\alpha\Delta T \quad \text{[方程式 12]}$$

【0042】

以後、温度によって生じる小さい渦電流摂動が検出されてよい。例えば、Cu から校正される導電膜の場合、合計の約 0.4% の摂動が測定されてよい。さらに、この摂動は、センサ近接 p とは無関係に測定されてよい。例えば、近接変動は、前述されたように実質的に同じタイプの組にされたセンサのセットを使用して、それらの間の中間に基板を装填する等の技法によって相殺されてよい。

20

【0043】

実施形態では、公知の温度での基準基板の電氣的応答は、未知の温度でのターゲット基板の電氣的応答を補正するために使用されてよい。すなわち、実質的に類似しているが未知の温度にあるが、温度変化に対する実質的に同じ抵抗率応答、及び公知の温度での基準基板の較正曲線のセットを有する基準基板とターゲット基板の場合、ターゲット基板のための抵抗率補正 $(T_c) / (T_m)$ は以下のように方程式 3 と方程式 10 を組み合わせることによって決定されてよく、

$$d_{c-ref} = f(R(d_a, p, (T_c))) \quad \text{[方程式 13]}$$

30

$$d_{m-ref} = f(R(d, p, \rho(T_m))) = \frac{\rho(T_c)}{\rho(T_m)} d_{c-ref} \quad \text{[方程式 14]}$$

ここでは d_{c-ref} は、一般的には実際の導電膜厚 d_a に等しい較正温度での基準基板上の測定導電膜厚であり、 d_{m-ref} は測定温度での基準基板上の測定された導電膜厚であり、 (T_c) は較正温度 T_c での基準基板の抵抗率であり、 (T_m) は、同じ温度でのターゲット基板の抵抗率に実質的に類似する測定温度 T_m での基準基板の抵抗率である。

【0044】

40

以後、基準基板がターゲット基板と実質的に類似した渦電流応答を有するように校正されると仮定すると、較正温度と測定温度間の基準導電膜厚の変化 (自動補正因数) はターゲット基板の渦電流応答を補正するために使用されてよい。したがって、方程式 14 は以下のように書き直されてよく、

$$d_{m-tar} = \eta \frac{\rho(T_c)}{\rho(T_m)} f(R(d, p)) \quad \text{[方程式 15]}$$

ここでは η は自動補正因数 d_{c-ref} / d_{m-ref} であり、 d_{c-ref} は較正温度での基準基板上の測定導電膜厚であり、 d_{m-ref} は測定温度での基準基板上の測定導

50

電膜厚であり、 $\rho(T_c)$ は校正温度 T_c での基準基板の抵抗率であり、 $\rho(T_m)$ は測定温度 T_m での基準基板の抵抗率であり、私たちは方程式 10 に示されているように抵抗率依存性を明示的にモデル化したので、 $f(R(d, p))$ は温度とは無関係である導電膜厚の関数である。 の代用をして、

$$d_{m-tar} = \frac{d_{c-ref} \rho(T_c)}{d_{m-ref} \rho(T_m)} f(R(d, p)) \quad \text{【方程式 16】}$$

【0045】

方程式 14 を方程式 16 に代入する。

$$d = \frac{d_{c-ref} \rho(T_c)}{\left(\frac{\rho(T_c) d_{c-ref}}{\rho(T_m)} \right)} f(R(d, p)) = f(R(d, p)) \quad \text{【方程式 17】}$$

【0046】

実施形態では、基準基板の d_{m-ref} が、ターゲット基板の d_{m-tar} を測定する前に渦電流センサによって測定されてよい。実施形態では、基準基板の d_{m-ref} が、ターゲット基板の d_{m-tar} を測定後、渦電流センサによって測定されてよいが、あるいは前後の d_{m-ref} 測定値の平均が基板上での複数のターゲットサイトの測定中の温度ドリフトに起因する誤差を最小限に抑えるために使用されてよい。前述されたように、及び一般的には、測定された導電膜厚は導電膜温度に関連している。したがって、温度が変化している可能性がある環境では、少なくとも計算の目的のための基準基板導電膜厚 d_{m-ref} の優れた近似が、 d_{m-tar} の測定の前に採取された d_{m-ref} から後に採取された d_{m-ref} までを平均することによって引き出されてよい。実施形態では、基準基板は、測定される基板上の既定の点近くの1つまたは複数の位置を基準にして配置される公知の Cu 導電膜厚の小さいランドパッドである。

【0047】

ある実施形態では、複数の導電膜のある基板上のターゲット導電膜の厚さが決定されてよい。一般的には、基板上の測定された渦電流応答はその基板上のすべての導電膜の総応答を含む。しかしながら、それぞれが温度に対して別の抵抗率を備える導電膜のセットの場合、特定の導電膜渦電流応答は、 n 個の異なる温度で総渦電流応答を測定することによって隔離されてよく、ここでは n は基板上の導電膜数である。実際には、 T の小さな変化に対する膜スタックの挙動は有効温度係数 α_{eff} によって説明できる。その結果、それは温度係数の数値の知識に依存するのではなく、基準サンプルはターゲットウェハのように動作することにだけ依存するため、同じ自動補正因数の手法が使用されてよい。

【0048】

ここで図 6、本発明の一実施形態に従って温度係数 α_{eff} を、実質的に Cu を備える導電膜の平均厚さに比較する簡略図を参照する。横軸 606 はオングストローム (Å) 単位の測定された平均導電膜厚を示す。左縦軸 602 は、膜スタックとの基板の有効温度係数 α_{eff} () を示す。横線 610 は、Cu の温度係数 $0.0035 / \text{摂氏度}$ の名目値を示す。曲線 612 は、膜スタックのある基板のための有効アルファの変動を示す。右縦軸 604 は、オングストローム (Å) 単位の α_{eff} 変動性の削減を示すことが、本発明の履行で観察された。すなわち、渦電流の改善は、室温での $2 - 3$ の変動の補正によって生じる厚さ反復性を報告した。この改善が点プロット 608 として示されている。

【0049】

一般的には、特定の閾値を超えて、そのターゲット膜に起因する渦電流反応が増加する (例えば、さらに厚い導電膜) につれて、612 によって示されている導電膜の有効温度係数 α_{eff} () は、610 によって示されているその導電膜のための名目温度係数 $0.0035 / \text{摂氏度}$ () に近づく。したがって、相対的に少数の基準試料だけが測定導電膜厚に対する渦電流反応を較

10

20

30

40

50

正するために必要とされることがある。実際の基準サンプルの数は、一般的に、ターゲット導電膜の厚さ範囲だけではなく、所望される温度補償の精度に依存する。例えば、- 4000Aを超える銅膜の場合、大幅な改善は10,000Aの範囲内の銅厚の単一の基準試料で得られるであろう一方、614での~4000A未満の銅膜の温度補償はきわめて小さくてよく、無視できるであろう。少数の基準試料の中での適切な補正係数の選択は、ターゲット膜の補正されていない第1の測定値からのターゲット膜の厚さの推定値に基づいてよい。

【0050】

前述されたように、一般的には、基板上の測定された渦電流応答は、その基板上のすべての導電膜の総応答を含む。しかしながら、それぞれが温度に対して異なる抵抗率を備える導電膜のセットの場合、特定の導電膜渦電流応答は、n個の異なる温度で総渦電流応答を測定することによって隔離されてよく、ここではnは基板上の導電膜数である。導電膜が異なる温度係数を有する場合、この知識は、さまざまな膜によって引き起こされる渦電流測定部分を区別化するために使用されてよい。例えば、2つの導電膜（つまり、Cu、Si等）のある基板は導電膜の一方に起因する渦電流応答を実質的に隔離し、したがって渦電流応答を決定するために2つの異なる温度で測定されてよい。

10

【0051】

任意の既定温度Tで、2つの導電膜のある基板は以下のようにモデル化されてよく、

$$V = R(d_{A-CF1}, p, \rho_{CF1}(T_m)) + R(d_{A-CF2}, p, \rho_{CF2}(T_m))$$
 [方程式18]

20

この場合、 d_{A-CF1} は、基準基板上の第1の導電膜の実際の厚さであり、 d_{A-CF2} は基準基板上の第2の導電膜の実際の厚さであり、 p は導電膜に対するセンサ近接であり、 $\rho_{CF1}(T)$ は温度Tでの第1の導電膜の抵抗率であり、 $\rho_{CF2}(T)$ は温度Tでの第2の導電膜の抵抗率であり、 β は（例えば、前記図に示されているように、Si基板上での温度挙動を支配する非常に厚い銅等の導電膜3-d影響を考慮に入れるための）導電膜厚依存率であり、Vはボルト単位の渦電流応答である。

【0052】

方程式14を方程式18に代入すると、

$$V = \frac{\rho_{CF1}(T_c)}{\rho_{CF1}(T_m)} R_{c-CF1} + \frac{\rho_{CF2}(T_c)}{\rho_{CF2}(T_m)} \beta R_{c-CF2}$$
 [方程式 19]

30

ここでは、 T_m は渦電流応答が測定される温度であり、 T_c は較正温度であり、 ρ_{CF10} は第1の導電膜の抵抗率であり、 ρ_{CF20} は第2の導電膜の抵抗率であり、 R_{c-CF1} は較正温度での第1の導電膜の渦電流応答であり、 R_{c-CF2} は較正温度での第2の導電膜の渦電流応答であり、 β は膜厚依存率であり、Vはボルト単位の渦電流応答である。したがって、既定の温度で2つの導電膜のある基板の場合、一般的には2つの未知数、 R_{c-CF1} と R_{c-CF2} がある。

【0053】

しかしながら、一般的には2つの導電膜のある基板の総渦電流応答が少なくとも2つの異なる温度で測定される場合は、個々の導電膜の渦電流応答が決定されてよい。例えば、方程式19は、2つの異なる温度で採取される2つの総渦電流測定値について書き直されてよく、

40

$$V_1 = B_1 R_{c-CF1} + C_1 R_{c-CF2}$$
 [方程式20]

$$V_2 = B_2 R_{c-CF1} + C_2 R_{c-CF2}$$
 [方程式21]

ここでは、 $B_1 = \rho_{CF1}(T_c) / \rho_{CF1}(T_1)$ 、 $B_2 = \rho_{CF1}(T_c) / \rho_{CF1}(T_2)$ 、 $C_1 = \rho_{CF2}(T_c) / \rho_{CF2}(T_1)$ 、 $C_2 = \rho_{CF2}(T_c) / \rho_{CF2}(T_2)$ である。

【0054】

技術で一般的に理解されているように、方程式20と方程式21は、クラメールの法則

50

を使用してさらに簡略化できる。

$$R_{c-CF1} = \frac{\begin{vmatrix} V_1 & C_1 \\ V_2 & C_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} B_1 & C_1 \\ B_2 & C_2 \end{vmatrix}} = \frac{(V_1 C_2 - V_2 C_1)}{(B_1 C_2 - B_2 C_1)} \quad \text{[方程式 22]}$$

$$\beta R_{c-CF2} = \frac{\begin{vmatrix} V_1 & B_1 \\ V_2 & B_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} C_1 & B_1 \\ C_2 & B_2 \end{vmatrix}} = \frac{(V_1 B_2 - V_2 B_1)}{(C_1 B_2 - C_2 B_1)} \quad \text{[方程式 23]}$$

10

【0055】

立証のため、この方程式は、渦電流応答測定値の1つが較正温度で採取されるケースでさらに簡略化できる。例えば、 T_1 が較正温度である場合（例えば $T_c = T_1$ ）、方程式20と方程式21は以下のように書き換えることができ、

$$V_1 = R_{c-CF1} + R_{c-CF2} \quad \text{[方程式 24]}$$

$$V_2 = B_2 R_{c-CF1} + C_2 R_{c-CF2} \quad \text{[方程式 25]}$$

ここでは、 $B_2 = C_{CF1}(T_c) / C_{CF1}(T_2) = (1 + C_{CF1} T_2)^{-1}$ であり、 $C_2 = C_{CF2}(T_c) / C_{CF2}(T_2) = (1 + C_{CF2} T_2)^{-1}$ である。

20

【0056】

再び、技術で一般的に理解されているように、方程式24と方程式25は、クラメールの法則を使用してさらに簡略化できる。

$$R_{c-CF1} = \frac{\begin{vmatrix} V_1 & 1 \\ V_2 & C_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 1 \\ B_2 & C_2 \end{vmatrix}} = \frac{(V_1 C_2 - V_2)}{(C_2 - B_2)} \quad \text{[方程式 26]}$$

30

$$\beta R_{c-CF2} = \frac{\begin{vmatrix} V_1 & B_1 \\ V_2 & B_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} C_1 & B_1 \\ C_2 & B_2 \end{vmatrix}} = \frac{(V_1 B_2 - V_2)}{(B_2 - C_2)} \quad \text{[方程式 27]}$$

40

【0057】

例えば、方程式26の分母を拡大する。

$$R_{c-CF1} = \frac{V_1(1 + \alpha_{CF2} \Delta T_2)^{-1} - V_2}{(1 + \alpha_{CF2} \Delta T_2)^{-1} - (1 + \alpha_{CF1} \Delta T_2)^{-1}} \quad \text{[方程式 28]}$$

さらに方程式26を簡略化し、

$$R_{c-CF1} = \frac{V_1(1 + \alpha_{CF2}\Delta T_2)^{-1} - V_2}{(1 + \alpha_{CF2}\Delta T_2)^{-1} - (1 + \alpha_{CF1}\Delta T_2)^{-1}} \frac{(1 + \alpha_{CF2}\Delta T_2)}{(1 + \alpha_{CF2}\Delta T_2)} \quad \text{[方程式 29]}$$

$$R_{c-CF1} = \frac{V_1 - V_2(1 + \alpha_{CF2}\Delta T_2)}{1 - \frac{(1 + \alpha_{CF2}\Delta T_2)}{(1 + \alpha_{CF1}\Delta T_2)}} \quad \text{[方程式 30]}$$

ここでは R_{c-CF1} は較正温度での第1の導電膜の渦電流応答であり、 α_{CF1} は deg C^{-1} 単位での第1の導電膜の温度係数であり、 α_{CF2} は deg C^{-1} での第2の導電膜の温度係数であり、 ΔT_2 は較正温度 T_c と測定温度 T_2 の差異であり、 V_1 は較正温度 T_c での総渦電流応答であり、 V_2 は測定温度 T_2 での総渦電流応答である。導電膜1に関心があるにすぎない場合には、2つの膜（つまり等）の相対的寄与率の知識は必要とされない。人は、基板として R_{c-CF1} および温度依存渦電流応答の通常相関関数を構築してよく、したがって $CF1$ 膜厚のような改善された渦電流結果を報告する。

【0058】

同様に、 R_{c-CF2} の渦電流応答は以下のように示されてよく、

$$\beta R_{c-CF2} = \frac{V_2(1 + \alpha_{CF2}\Delta T_2) - V_1}{\frac{(1 + \alpha_{CF2}\Delta T_2)}{(1 + \alpha_{CF1}\Delta T_2)} - 1} \quad \text{[方程式 31]}$$

再び、ここでは R_{c-CF2} は較正温度での第2の導電膜の渦電流応答であり、 β は導電膜厚依存率であり、 α_{CF1} は deg C^{-1} での第1の導電膜の温度係数であり、 α_{CF2} は deg C^{-1} での第2の導電膜の温度係数であり、 ΔT_2 は較正温度 T_c と測定温度 T_2 の差異であり、 V_1 は較正温度 T_c での総渦電流応答であり、 V_2 は測定温度 T_2 での総渦電流応答である。両方の膜信号が膜厚の大きな差異に渡って所望される場合、関心のある膜スタックに関する渦電流測定値に対する相対的な寄与を測定するためにウェハを構築してよい。例えば、銅膜 ($CF1 = \text{銅}$) がおもに何らかの範囲の厚さにわたって変化しているケースでは、方程式31を (d_{c-CF1}) で除算することによって多様な膜厚に渡って正規化される渦電流応答 R_{c-CF2} を決定するために関心のある範囲で (d_{c-CF1}) を決定し、方程式30に基づいて相互関連結果を使用してよい。

【0059】

本発明の1つの実施形態に従って、ここで図7、ターゲット基板上の導電材料から形成される導電膜の厚さを決定する簡略な方法を参照する。初めは、702では、第1の渦電流センサがターゲット基板の位置のセットの近くに配置される。実施形態では、位置のセットは1つのみである。次に、704で、電流測定値値と電流測定値の少なくとも1つを含むセンサ電氣的応答のセットが測定される。次に、706では、電氣的応答のセットは、温度依存補償因数を使用して補正される。一般に、温度依存補償因数は、別の基板から派生して温度変化に依存している。最後に、708で、厚さは電氣的応答の補正された第1のセットを使用して決定される。

【0060】

本発明はいくつかの好適実施形態に関して説明されてきたが、本発明の範囲に含まれる改変、置換及び同等物がある。本発明の方法を実現する多くの代替方法があることも留意されなければならない。加えて、本発明は特定のセンサ設計、検出方法、励起周波数、能動または受動電気部品または測定対象の顕著な信号を報告するセンサベンダの方法の他の特性に限定されない。また、3台以上のセンサが使用されてよい。さらに、本書に使用されるような用語セットは、セットの1つまた複数の指定された要素を含む。例えば、「X

10

20

30

40

50

」というセットは1つまたは複数の「X」を指す。

【0061】

本発明の優位点は、基板上の導電層のセットに対する電氣的応答を最適化するための方法及び装置を含む。追加の優位点は近接補正及びさらに高い基板測定スループットを精緻化するための相対的に安価な装置の使用を含む。

【0062】

例示的な実施形態及び最良の態様を開示してきたが、以下の請求項によって明示されるような本発明の主題及び精神の範囲内に留まる一方で、変型及び変形が開示された実施形態に加えられてよい。

【図面の簡単な説明】

10

【0063】

【図1】渦電流センサの簡略図を示す。

【図2】センサアーム付きターンテーブル上の基板の簡略図を示す。

【図3】本発明の一実施形態に従って、基板上の導電層の厚さを決定するための3本の較正曲線のセットを示す。

【図4】本発明の実施形態に従って90分に渡って約21 と約23 の間で循環する、Cuを備える導電膜付き基板の簡略図を示す。

【図5】本発明の実施形態に従って90分に渡って約21 と約23度の間で循環する、Siを備える導電膜付き基板の簡略図を示す。

【図6】本発明の一実施形態に従って、実質的にCuを備える導電膜の基板平均厚さに温度係数 を比較する簡略図を示す。

20

【図7】本発明の一実施形態に従って、ターゲット基板上の導電材料から形成される導電膜の厚さを決定するための方法の簡略図を示す。

【符号の説明】

【0064】

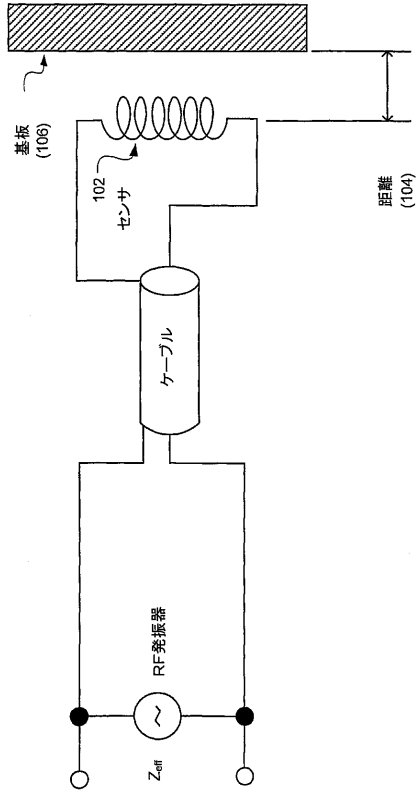
102 センサ

106 基板

202 基板

206 センサ

【図1】



【図2】

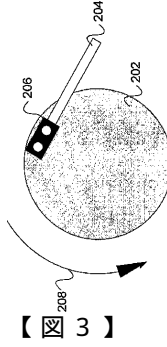
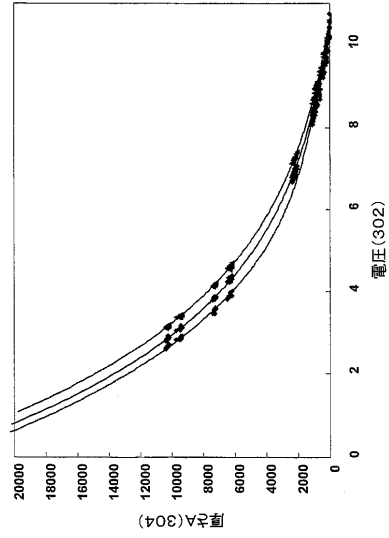
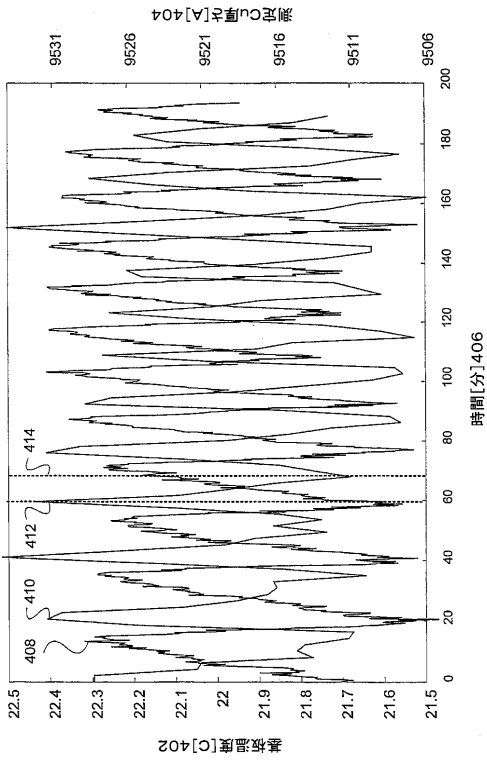


FIG. 2

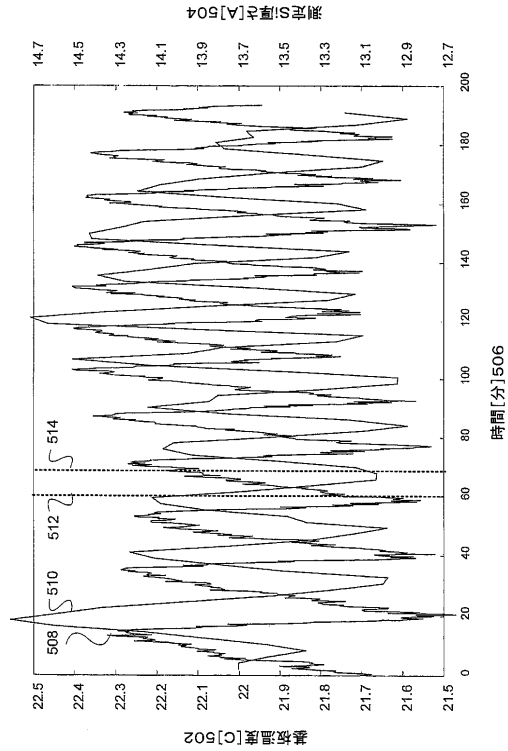
【図3】



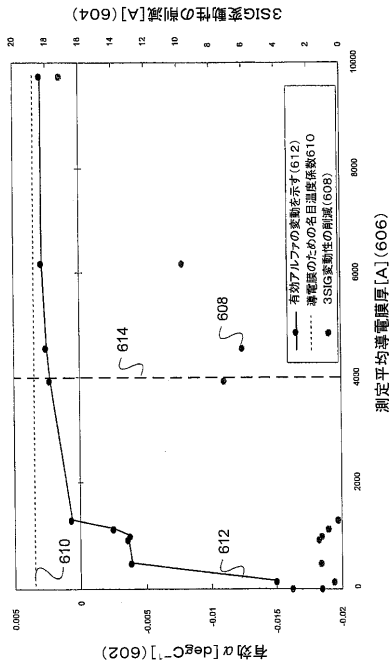
【図4】



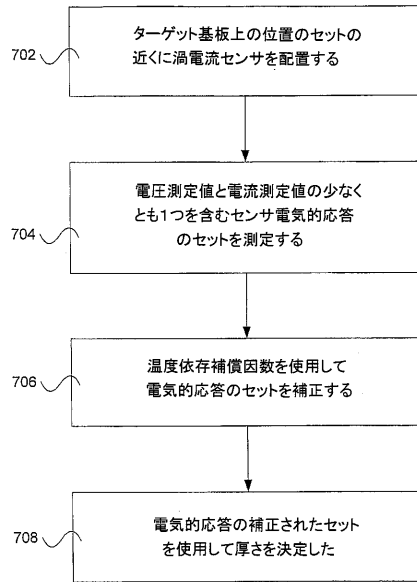
【図5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平01-239403(JP,A)
特開昭62-156501(JP,A)
特開平10-078336(JP,A)
特開2005-106823(JP,A)
特表2000-505905(JP,A)
特表2002-533659(JP,A)
特開昭61-225603(JP,A)
特開平10-082632(JP,A)
特開平04-231801(JP,A)
特開平05-264207(JP,A)
特開平07-318568(JP,A)
特開2000-193783(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

- G01B 7/00-7/34
G01D 5/00-5/252;5/39-5/62
G01K 1/00-19/00
G01N 27/00-27/10;27/14-27/24
H01L 21/64-21/66