

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3673559号
(P3673559)

(45) 発行日 平成17年7月20日(2005.7.20)

(24) 登録日 平成17年4月28日(2005.4.28)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 21/304

H O 1 L 21/304 6 2 2 S

H O 1 L 21/66

H O 1 L 21/66 P

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平7-151164	(73) 特許権者	504199127
(22) 出願日	平成7年5月26日(1995.5.26)		フリースケール セミコンダクター イン
(65) 公開番号	特開平8-51090		コーポレイテッド
(43) 公開日	平成8年2月20日(1996.2.20)		アメリカ合衆国 7 8 7 3 5 テキサス州
審査請求日	平成11年10月12日(1999.10.12)		オースティン ウィリアム キャノンド
審査番号	不服2003-2505(P2003-2505/J1)		ライブ ウェスト 6 5 0 1
審査請求日	平成15年2月17日(2003.2.17)	(74) 代理人	100091214
(31) 優先権主張番号	253013		弁理士 大貫 進介
(32) 優先日	平成6年6月2日(1994.6.2)	(72) 発明者	トーマス・エス・コバヤシ
(33) 優先権主張国	米国(US)		アメリカ合衆国テキサス州オースティン、リ
			ーガン・テラス 1 0 1 4

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターニングされた半導体基板上の層を研磨する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パターニングされた半導体基板上の層を研磨する方法であって：

前記パターニングされた半導体基板上に、第 1 露出表面を有する前記層を形成する段階

；

スラリー粒子を含むスラリーを使用して前記層を研磨し、第 2 露出表面を形成する研磨段階；

前記第 2 露出表面上のある位置に向かう放射ビームを提供する放射段階であって、前記放射ビームの少なくとも一部を、前記ある位置にスラリー粒子が存在する間に前記第 2 露出表面で反射させ、反射ビームを形成する放射段階；

前記放射ビームの反射ビームを検出し、検出強度を判定する判定段階；

前記検出強度を閾強度と比較する比較段階；

前記検出強度が前記閾強度より高かったならば、前記研磨段階、前記放射段階、前記判定段階及び前記比較段階を反復する段階；及び

前記パターニングされた半導体基板を乾燥させる段階；

より成ることを特徴とする方法。

【請求項 2】

パターニングされた半導体基板上の層を研磨する方法であって：

前記パターニングされた半導体基板上に、第 1 露出表面を有する前記層を形成する段階

；

10

20

スラリー粒子を含むスラリーを使用して前記層を研磨し、第2露出表面を形成する研磨段階；

前記第2露出表面上のある位置に向かう放射ビームを提供する放射段階であって、前記放射ビームの少なくとも一部を、前記ある位置にスラリー粒子が存在する間に前記第2露出表面で反射させ、反射ビームを形成する放射段階；

前記放射ビームの反射ビームを検出し、検出強度を判定する判定段階；

前記検出強度を閾強度と比較する比較段階；

前記検出強度が前記閾強度より高かったならば、前記研磨段階、前記放射段階、前記判定段階及び前記比較段階を反復する段階；

前記検出強度が前記閾強度より高くなかったならば、前記パターニングされた半導体基板から前記スラリー粒子を除去するために、前記層の残留する部分を含む前記パターニングされた半導体基板を研磨する段階；および

前記パターニングされた半導体基板を乾燥させる段階；

より成ることを特徴とする方法。

【請求項3】

半導体基板上の層を研磨する方法であって：

パターニングされた半導体基板上に、第1露出表面を有する前記層を形成する段階；

スラリー粒子を含むスラリーを使用して前記層を研磨し、第2露出表面を形成する研磨段階；

前記第2露出表面のある位置に向かう放射ビームを提供する段階であって、前記放射ビームの少なくとも一部を、前記ある位置にスラリー粒子が存在する間に前記第2露出表面で反射させ、反射ビームを形成する段階；

検出器を利用して、前記ある位置にスラリー粒子が存在する間に、反射した放射ビームのみを検出し、検出強度を判定する段階；

検出強度を閾強度と比較する段階；及び

前記検出強度が強度閾値より高かったならば、前記研磨段階を反復する段階；

より成ることを特徴とする方法。

【請求項4】

パターニングされた半導体基板上の層を研磨する方法であって：

前記パターニングされた半導体基板上に、第1露出表面を有する前記層を形成する段階；

スラリー粒子を含むスラリーを使用して前記層を研磨し、第2露出表面を形成する研磨段階；

放射ビームを使用して、ある位置にスラリー粒子が存在する間に前記第2露出表面を分析する段階であって、前記放射ビームは、ある入射強度で前記第2露出表面に方向付けられ、前記放射ビームの少なくとも一部を前記第2露出表面により反射させて反射ビームを形成し、検出器により前記反射ビームを検出して検出強度を判定し、前記検出強度が強度閾値より高かったならば前記研磨段階を反復するところの段階；および

前記パターニングされた半導体基板を乾燥させる段階；

より成ることを特徴とする方法。

【請求項5】

パターニングされた半導体基板上の層を研磨する方法であって：

前記パターニングされた半導体基板上に、第1露出表面を有する前記層を形成する段階；

スラリー粒子を含むスラリーを使用して前記層を研磨し、第2露出表面を形成する研磨段階；

前記第2露出表面のある位置に向かう放射ビームを提供する放射段階であって、前記放射ビームの少なくとも一部を、前記ある位置にスラリー粒子が存在する間に前記第2露出表面で反射させ、反射ビームを形成する放射段階；

検出器を利用して、スラリー粒子が前記ある位置に存在する間に、反射した放射ビーム

10

20

30

40

50

のみを検出し、検出強度を判定する判定段階；

前記検出強度を閾強度と比較する比較段階；

前記検出強度が前記閾強度より高かったならば、前記研磨段階、前記放射段階、前記判定段階及び前記比較段階を反復する段階；

前記検出強度が前記閾強度より高くなかったならば、前記パターニングされた半導体基板から前記スラリー粒子を除去するために、前記第2露出表面を研磨する段階；

前記パターニングされた半導体基板を乾燥させる段階；

より成ることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

10

【産業上の利用分野】

本発明は、半導体基板の研磨(polishing)に関し、更に特定すれば、既にパターニングされた半導体基板上に設けられた層の研磨に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体素子の製造においてステップ・カバレッジ(step coverage)の問題がより重大な役割を担うことになるにつれて、半導体基板上の層の平面化は益々重要になりつつある。また、研磨分野では、研磨工程の終点検出が重要な領域となりつつある。

【0003】

半導体基板の研磨は、最初に半導体ウエハが作られたとき以来行われている。いつ研磨終点になるかを判定するための多くの光学のおよびその他の方法が存在する。これらの方法には、音響波発生および検出、熱画像、摩擦検出、インピーダンスまたはキャパシタンスの測定、研磨パッドに対抗してウエハを回転させるために用いられるモータの電流監視、触針輪郭検査法(stylus profilometry)、位相シフト干渉法(phase shift interferometry)、光散乱分析(light scattering analysis)、走査トンネリング顕微鏡検査法(scanning tunneling microscopy)、原子力顕微鏡検査法(atomic force microscopy)、および三次元光学輪郭(three dimensional optical profiling)が含まれる。

20

【0004】

一般的に、研磨中に基板を監視する際、パターニングされていない基板に比較して、既にパターニングされた基板の場合更に難しくなる。シリコン・ウエハ等のようなパターニングされていない基板では、下層の微細構造(underlying topography)が存在しない。したがって、モニタで見られる微細構造自体が表面にも存在する訳であり、下層面の微細構造ではない。パターニングされていない基板上に単一層が配されている場合、このパターニングされていない基板は実質的に平面であるとみなせるので、この場合にも同様の結果が得られる。

30

【0005】

既にパターニングされている半導体基板上の層の研磨を監視する場合、より困難になる。多くの光学的方法では、下層のパターニングされた半導体基板の微細構造変化と、研磨中の層における微細構造変化との区別を確認することは殆ど不可能である。また、金属層のように多くの層は光に対して不透明(opaque)であるので、光学的方法は更に不利である。特に金属層用の反射防止層(ARC: antireflective coating)が金属層上に配されると信頼性のある測定が損なわれるので、光学的な厚さの測定が困難となる。更に、積層された酸化物層(1つの酸化物層上に別の酸化物層が積層される場合)の場合、厚さの読み取り値には通常累積誤差が含まれるので、光学的測定には問題があり、特定の工程においてプロセス制御に関わる問題となり得る。層表面を横切って触針を移動させるような、機械的方法を用いることもできるが、層表面を横切って触針を移動させれば、層に損傷を与えることになる。

40

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

パターニングされた半導体基板上で研磨される層を分析するには、典型的に、基板を乾燥

50

させ、次にその基板を分析器に移す。研磨後および分析前に、多くの研磨プロセスでは、乾燥させる前に「軽質(light-duty)」研磨工程を行い、層の表面からスラリー状粒子を除去する必要がある。こうしないと、いくつかのスラリー状粒子が層表面上で乾燥し、除去するのが非常に難しくなる。また、乾燥が必要なのは、層が濡れていたり、その表面に粒子があると、分析機器の多くは正確に層を分析できないからである。研磨機と分析機器との間の基板の移動は、典型的に、操作者によって行われる。取り扱いの手間が増えるとコストが上昇すると共に、典型的に歩留まりを低下させる原因となる。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、パターニングされた半導体基板上に第1露出表面を有する層を形成する段階、前記層を研磨して第2露出表面を形成する段階、および第2露出表面を分析する段階から成る、パターニングされた半導体基板上の層を研磨するプロセスを含む。分析は放射ビームを用いて行い、これを第2露出表面に対して第1角度で第2露出表面に向けて発射する。この放射ビームの少なくとも一部は、第2露出表面から反射され、反射ビームを形成する。この反射ビームは第2露出表面に対して第2角度をなす。第2角度は第1角度の補角の5度以内である。この反射ビームを検出器で分析し、検出強度を判定する。第1角度の補角の5度以内となる反射ビームを検出するように検出器を配置する場合、検出強度がスレシホールド強度より低ければ、研磨段階を繰り返す。第1角度の補角の5度以内とならない反射ビームを検出するように検出器を配置する場合、検出強度がスレシホールド強度より高ければ、研磨段階を繰り返す。

【0008】

また、本発明は、パターニングされた半導体基板上に第1微細構造が形成された第1露出表面を有する層を形成する段階、前記層を研磨して第2微細構造を有する第2露出表面を形成する段階、放射ビームを用いて第2表面を分析し第2露出表面に沿った微細構造変化に関する情報を含む研磨出力を形成する段階、および第1露出表面に沿った微細構造変化に関する標準出力即ち第1出力と研磨出力とを比較する段階から成る、パターニングされた基板上の層を研磨するプロセスも含む。研磨出力が標準即ち第1出力の許容範囲外にある場合、研磨段階を繰り返す。

【0009】

更に、本発明は、パターニングされた半導体基板上に第1露出表面を有する層を形成する段階；スラリー粒子を有するスラリーを用いて前記層を研磨し第2露出表面を形成する段階；放射ビームを用いて第2露出表面を分析する段階；および分析段階の後に基板を乾燥させる段階から成る、パターニングされた半導体基板上の層を研磨するプロセスを含む。分析段階は、基板の乾燥前でかつ研磨段階の後に行われる。

【0010】

更に、本発明は、パターニングされた半導体基板上に第1露出表面を有する層を形成する段階；前記層を研磨して第2露出表面を形成する段階；および第2露出表面を分析する段階から成る、パターニングされた半導体基板上の層を研磨するプロセスを含む。第2露出表面に向けて放射ビームが発射される。放射ビームの少なくとも一部は第2露出表面から反射されて、反射ビームを形成する。この反射ビームを検出器で分析し、ある特性が検出されたかを判定する。研磨前に検出可能な特性の場合、この特性が検出されたなら研磨段階を繰り返す。また、研磨前には検出不可能な特性の場合、この特性が検出されなければ研磨段階を繰り返す。

【0011】

本発明のその他の特徴および利点は、添付図面および以下の詳細な説明から明らかとなるう。

【0012】

【実施例】

本発明を添付図面にしたがってその一例について説明するが、本発明はこれに限定される訳ではない。また、図面では、同様の参照番号は同様の要素を示すものとする。

【0013】

本発明の実施例を用いれば、分析に用いられる放射光束(radiation)に対して不透明な層であっても、その研磨終点を判定することができる。研磨された層の分析は、液体が基板に接触している間に行うこともできる。したがって、研磨および分析工程は、1台の機器上で行うことができる。以下に説明する実施例によって、本発明をより良く理解することができる。

反射ビーム分析

図1は、パターニングされた半導体基板10の一部と、この基板上に配された層11とを示す。エッジ15はパターニングされた基板のエッジに対応し、一方エッジ16は層11のエッジに対応する。基板10は基板微細構造(substrate topography)を有し、一方層11は、基板微細構造と同様の未研磨微細構造(pre-polishing topography)を有する未研磨露出表面を有する。パターニングされた半導体基板10と層11の可能な種類全てをリストにすると巨大になるので、そのような総合的なリストの編集は事実上不可能であろう。いくつかの例を以下にまとめる。パターニングされた半導体基板10はシリコン材料内に溝を含むこともあり、また層11は絶縁材料を含む場合もある。層11を研磨して、溝フィールド分離(trench field isolation)を形成する。他の実施例では、パターニングされた基板10は、シリコン・ウエハ上に配され、開口を有する絶縁層を含むこともある。層11は導電層を構成し、パターニングされた基板10の開口内で、層11が接触プラグ、ビア・プラグ(via plug)、または相互接続部を形成するように、層11を研磨する。更に他の実施例では、パターニングされた基板10は第1絶縁層上に設けられた相互接続部を含む。(相互接続部と第1絶縁層との組み合わせが、パターニングされた基板10として図示されている。)層11は、絶縁材料を含む第2絶縁層である。層11が平面になるまで、またはパターニングされた基板10が露出されるまで、層11を研磨する。このリストは、本発明の実施例を例示するためのものであり、本発明の限定を意味する訳ではない。

【0014】

研磨の範囲は、反射ビームの強度を分析し、いつ研磨終点が到達したかを判定することによって決定される。層11は、研磨を監視するために用いられる放射ビームに対して透明でも不透明でもよい。

【0015】

図2は、研磨前のパターニングされた基板10および層11の断面図を示す。図2は、ある入射強度の入射放射ビーム(incident radiation beams)22が、入射角 θ_1 で層11の未研磨面に向けて発射されている状態を図示したものである。入射ビーム22は未研磨面で反射して、一次反射ビーム24を形成し、これが角度 θ_2 で表面から遠ざかっていく。角度 θ_2 は、 θ_1 の補角の5度以内(within five degrees of the supplementary angles)である。例えば、 θ_1 が層11の平面に対して10度の場合、 θ_2 は層11の平面に対して170度とすることができる。入射ビーム22および一次反射ビーム24は双方とも、図2の面に平行な方向に進む。

【0016】

図2の右側付近の一次反射ビーム24(右側反射ビーム24)は、エッジ16で反射され、二次反射ビーム25を形成する。二次反射ビーム25は、角度 θ_3 で表面から遠ざかる。一般的に、二次反射ビーム25は、入射ビーム22に対して80~100度の範囲の角度で、エッジ16から反射する。複数の二次反射ビーム25が発生した場合、これらは実際図2の面に垂直に方向付けされた面を形成することになる。 θ_1 が層11の平面に対して10度で、図2の面に平行な方向に進む1本の入射ビーム22に対して、二次反射ビーム25は θ_3 の角度で読み手に向かって図2から外側に進む。 θ_3 は層11の平面に対して約15度である。入射ビーム22は図2の面に沿った方向に進み、一方、二次反射ビームは図2の表面から外側に進むので、入射ビーム22および二次反射ビーム25は互いに垂直となる。或いは、二次反射ビームは、読み手から遠ざかるように進んでもよい。図2の左側付近の一次反射ビーム24(左側反射ビーム24)は影響を受けないことに注意され

10

20

30

40

50

たい。

【0017】

検出器20を基板10および層11から離れた所に配置し、一次反射ビーム24が検出器20に到達したなら、この一次反射ビーム24を検出する。 θ_1 が10度の場合、一次反射ビーム24を検出できるように検出器を配置する。左側反射ビーム24は検出器によって検出されるが、右側反射ビーム24はエッジ16で反射されるので、検出されないか、或いは左側反射ビーム24に較べて低い強度で検出される。検出器20に到達する一次反射ビーム24を分析して、反射強度を決定することができる。本明細書で用いられているように、「検出強度」とは、検出器に到達した反射ビーム（一次または二次）の全体的な強度を意味する。この特定状況では、二次反射ビーム25は検出器20に到達しないので、検出強度は検出器20に到達する一次反射ビーム24の全体的な強度となる。

10

【0018】

基板10および層11を化学・機械的研磨機において研磨し、図3に示すように、層11の一部を除去する。基板10と層11の表面が共通面(co-planar)となるように、エッジ16を研磨によって除去する。研磨後、層11は研磨後微細構造を有する研磨後露出表面を有し、これが分析される。2本の二次反射ビーム24が検出器20によって検出可能である。図2とは異なり、エッジ16が既に存在しないので、右側反射ビーム24はエッジ16によって反射されない。したがって、反射ビーム24は全て検出器20に到達するはずであり、このため検出される強度は高くなる。これ以上基板10および層11を研磨しても、検出強度を大きく変化させることはない。

20

【0019】

研磨終点は、少なくとも2つの異なる方法で判定することができる。一方の方法では、検出器20に到達する反射ビーム24を分析(analyze)して、検出強度を判定する。検出強度をスレシホールド強度と比較する。検出強度がスレシホールド強度より低ければ、基板10および層11を更に研磨する。層11が比較的平坦な場合、スレシホールド強度は、入射する放射ビーム22の入射強度の少なくとも80パーセントでよい。層11が比較的荒い場合、例えば、電氣的にプログラム可能なリード・オンリ・メモリ・セル用フローティング・ゲート・電極の一部として使用可能なポリシリコンのような場合、スレシホールド強度は放射ビーム22の強度のわずか50パーセントとすればよい。スレシホールド強度を用いて分析を行う場合、基板10および層11の研磨前分析(pre-polishing analysis)は不要である。一旦検出強度が少なくともスレシホールド強度と同程度の高さになったなら、研磨終点に到達したことになる。

30

【0020】

他方の方法では、研磨前(pre-polishing)および研磨後(post-polishing)双方について検出器20に到達した反射ビーム24を分析して、検出強度を判定する。研磨前および研磨後の検出強度を比較する。その差がスレシホールド量より多い場合、研磨を繰り返す。スレシホールド量は研磨前または研磨後の検出強度の5パーセント以下とする。研磨を繰り返す場合、最初の研磨工程後の検出強度と2回目の研磨工程後の検出強度とを比較する。再び検出強度間の差がスレシホールド量より多い場合、更に研磨を繰り返す。差がスレシホールド量より低くなれば、研磨終点に到達したことになる。

40

【0021】

上述の方法のいずれかによって終点が検出された後、層11または研磨プロセスの不均一性を考慮して、更にある固定時間の間研磨を継続してもよい。例えば、仮に5分と考えて、研磨を終点まで行う。更に、10～60秒間研磨を行ってもよい。終点検出後に追加する研磨時間は任意であり、追加研磨の時間長は1～300秒の範囲である。

【0022】

図4および図5は他の実施例を示しており、この場合入射する放射ビーム42の補角より5度外れた角度で反射する反射ビームを検出するように、検出器40を配置する。図4を参照する。層11の平面に対して入射角 θ_4 で層11の未研磨表面に発射された、ある入射強度を有する入射放射ビーム42を用いて、層11に照射する。入射ビーム42は未研

50

磨表面で反射され、一次反射ビーム 4 4 を形成する。この一次反射ビーム 4 4 は、層 1 1 の平面に対して角度 θ_5 で表面から遠ざかるように進む。この角度は、 θ_1 の補角の 5 度以内である。ビーム 4 2 , 4 4 は、図 2 の面に沿った方向に進む。例えば、 θ_4 が層 1 1 の平面に対して 20 度の場合、 θ_5 は層 1 1 の平面に対して 160 度とすることができる。

【0023】

図 4 の右側付近の一次反射ビーム 4 4 (右側反射ビーム 4 4) はエッジ 1 6 で反射されて、二次反射ビーム 4 5 を形成する。これは、図 2 の二次反射ビーム 2 5 と同様である。二次反射ビームは、角度 θ_6 で層 1 1 から遠ざかるように進む。例えば、 θ_4 が層 1 1 の平面に対して 20 度の場合、 θ_6 は層 1 1 の平面に対して 25 度とすることができる。入射ビーム 4 2 は図 4 の面に沿った方向に進み、一方、二次反射ビーム 4 5 は図 4 の表面に入るまたは表面から出る方向に進むので、入射ビーム 4 2 および二次反射ビーム 4 5 は互いに垂直である。図 5 は、図 4 の平面図である。図 5 において、上側の矢印付きの線は、入射ビーム 4 2 の 1 本および左側反射ビーム 4 4 に対応する。下側の線は、その他の入射ビーム 4 2、右側反射ビーム 4 4、および二次反射ビームに対応する。二次反射ビーム 4 5 は、入射ビーム 4 2 および一次反射ビーム 4 4 の双方に対して角度 θ_7 で進む。角度 θ_7 は典型的に 80 ~ 100 度であり、通常は約 90 度である。複数の反射ビームが形成されるときは、二次反射ビームの面に沿った強度は、その面に沿って均一な強度を有さないことがある。具体的には、反射ビーム 4 5 の強度は、層 1 1 の平面に対して 80 度のような他の位置と比較したとき、入射角 θ_1 よりも僅かに大きな角度におけるものとなる場合がある。検出器 4 0 の位置は、エッジ 1 6 があるときには検出器 4 0 に到達する二次反射ビーム 4 5 の強度が比較的高くなり、エッジ 1 6 がないときには検出強度が比較的低くなるように決められる。上述の具体的な実施例の角度では、検出器 4 0 は図 4 の表面に対向し、層 1 1 の平面に対して約 25 度の角度となるように配向される。

【0024】

基板 1 0 および層 1 1 を化学 - 機械的研磨機において研磨し、図 6 に示すように層 1 1 の一部を除去する。基板 1 0 と層 1 1 の表面が共通面となるように、エッジ 1 6 を研磨によって除去する。研磨後、層 1 1 は研磨後露出表面と研磨後微細構造とを有する。図 4 とは異なり、エッジ 1 6 がもはや存在しないので、二次反射ビーム 4 5 は形成されない。研磨後、検出器 4 0 を用いて、基板 1 0 および層 1 1 を分析する。エッジ 1 6 が研磨によって除去されたので、二次反射ビーム 4 5 は検出器 4 0 に到達することはない。基板 1 0 および層 1 1 を更に研磨しても、検出器 4 0 によって検出される検出強度が大きく変化することはない。言い換えれば、検出器 4 0 は、検出器 4 0 に到達する唯 1 つの背景 (ノイズ) レベル強度を有し、これは更に研磨しても変わらない。

【0025】

本実施例と共に用いる終点判定方法は、検出器 2 0 を用いた先の実施例について論じたものと同様である。検出強度をスレシホールド強度と比較してもよい。前述の実施例の 1 つとは異なり、研磨終点に到達するのは、検出強度がスレシホールド強度より高くないときである。スレシホールド強度は背景強度 (ノイズ・レベル) よりも高い必要がある。さもないければ、研磨終点は検出されない。背景レベルは、適切に研磨されたものと認められる既に研磨された基板を分析し、それに照射 (irradiate) することによって決定することができる。検出器 4 0 はそれでも研磨された表面或いはエッジ 1 5 のような下層の表面からの反射ビームを検出することがある。スレシホールド強度は、背景強度、入射ビーム 4 2 の入射強度、または層 1 1 の研磨前の二次反射ビーム 4 5 よりも 5 パーセント程高ければよい。

【0026】

加えて、終点の検出は、上述の実施例の 1 つと同様、差によって行うこともできる。同一基板 1 0 の 2 回の連続研磨工程後の二次反射ビーム 4 5 の検出強度間の差がスレシホールド量よりも少ないときに、研磨終点に達したことになる。

【0027】

他の実施例では、検出器は層 1 1 の平坦面に対して 25 度以外の角度に配置してもよい。

10

20

30

40

50

検出器 40 は一次反射ビーム 44 を検出しない限り、ほぼいかなる角度に位置付けてもよい。通常、検出器を同一面に沿って配向したり、 θ_4 の補角の 5 度以内に配向することはない。また、 θ_6 に比較して同一のまたは異なる面または角度に、複数の検出器を配置して用いてもよい。

放射散乱分析(radiation scattering analysis)研磨終点の判定に放射散乱分析器を用いることもできる。粒子カウンタには、アルゴン・レーザ、ヘリウム・ネオン・レーザ等のレーザを用いて表面微細構造や、基板または層の露出表面上の粒子を検出するものがある。粒子カウンタからの出力は、パターン成分(pattern component)と粒子成分とを含むことがある。パターン成分のみを出力させることが可能でありしかも望ましければ、パターン成分のみが出力に現れるように粒子成分を除去(disable)してもよい。反射ビームを用いた実施例と同様、放射散乱分散分析は、不透明または透明な層の研磨の監視に用いることができる。粒子カウンタの出力を監視して、エッジまたは色(color)の変化を検出する。

10

【0028】

図 7 は、層 11 が透明な場合の、図 1 の上面図である。図 7 では、エッジ 15, 16 が双方とも目視可能(visible)である。図 8 は、層 11 が不透明な場合の、図 1 の平面図である。図 8 では、エッジ 16 のみが目視可能である。研磨を行って、図 9 に示すように、層 11 が下に設けられている基板 10 の部分を露出させる。層 11 が放射光束(radiation)に対して透明か不透明かに拘わらず、現状態ではエッジ 15 は目視可能である。終点の判定は、エッジ 16 の消失(不存在)に起因する信号変化によって行うことができる。層 11 が不透明な場合、エッジ 15 の存在によって終点を検出することもできる。エッジまたは色の変化によって、研磨を監視してもよい。層 11 が放射光束に対して不透明な場合、標準化された出力(standardized output)は、エッジ 16 の不存在、またはエッジ 15 の存在を含むことができる。

20

【0029】

既に説明した実施例の多くは、層 11 を研磨しその下に配された基板 10 の一部を露出させる場合を対象とするものであった。これらの実施例は、下に配された基板を全く露出することなく比較的厚い層を平面化するときにも用いることができる。本例では、層 11 は酸化物を含む。他の実施例では、層 11 は、異なる絶縁材料、金属含有材料、シリコン含有材料、または反射防止被覆層を含む場合もある。また、層 11 は、用いられる放射光束に対して透明でも不透明でもよい。図 10 は、基板 10 の一部と基板 10 上に配された層 91 との断面図であり、研磨前の状態を示すものである。図 11 は、層 91 の上側から見たエッジ 92 を示す、粒子カウンタの出力である。基板 10 はパターンニングされしかもエッジ 15 を有するので、層 91 も同様にエッジ 92 を有する。層 91 が放射光束に対して透明であれば、エッジ 15 は出力に示されるが、本実施例の理解を簡単にするために示されていない。エッジ 92 付近の高低差は、層 91 の厚さ未満である。層 91 を研磨して、基板 10 を全く露出させずに平坦な表面を得る。

30

【0030】

図 12 および図 13 に示すように、層 91 を研磨し、下層の基板 10 を露出させずに、平面化する。図 12 は断面図、図 13 は、層 91 の上面を示す粒子カウンタの出力を示す。エッジ 92 はもはや現れないことに注意されたい。研磨終点は、エッジ 92 の不存在によって判定される。層 91 または研磨プロセスの不均一性を考慮するために、前述の実施例と同様、過剰研磨(over-polishing)を行ってもよい。

40

【0031】

粒子カウンタによっては、線の不存在の代わりに、層 91 における色の変化によって変化を検出するものもある。また、粒子カウンタには、微細構造変化の有無に関するデータのみを与えるものもある。これらは、微細構造変化の方向および/または度合い(magnitude)に関する情報を与えないことがある。このような限定があっても、粒子カウンタを用いて研磨終点の判定を行うことができる。反射ビーム分析を用いる実施例と同様、層 91 または研磨プロセスの不均一性を考慮するために、終点に達した後一定の時間研磨工程を

50

設けてもよい。

反射ビームの特性

更に別の実施例では、検出器を用いて反射ビーム内にある特性が存在するか否かを判定することもできる。図9を参照して、層91はエッジ92に類似した多くの別のエッジを含む場合がある。これらはエッジは、回折格子(diffraction grating)を形成するように離間されている(may)。分光(非偏光)入射放射ビーム(spectral incident radiation beam)を回折格子によって反射させ、偏光放射光束(polarized radiation)を含む反射ビームを生成することができる。検出器で反射ビームを分析し、反射ビームが偏光放射光束を含むか否かを判定する。反射ビームに偏光放射光束が含まれている場合、層91を更に研磨する。図13に示すように層91を平面化した後は、エッジ92およびエッジ92によって形成される回折格子はもはや存在しない。プロセス中のこの時点では、反射ビームはもはや偏光放射光束を含まない可能性がある。検出器はもはや反射ビーム内では偏光放射光束(polarized radiation)を検出しないので、これを利用して研磨終点を知らせる。

10

【0032】

他の特性についても同様のプロセスが使用可能であることは明らかである。例えば、反射ビームは、層が平面になる前はある特性を有さず、層が平面になった後に当該特性を有すると仮定する。この反射ビームの特性における変化(不検出から検出への)も、研磨プロセスの終点信号として用いることができる。特性が検出されなければ、研磨を繰り返す。

【0033】

この場合でも、研磨終点到達した後に、追加研磨を行ってもよい。この追加研磨は、他の実施例において先に述べたものと同様である。追加研磨は、層91または研磨プロセスにおける不均一を考慮するために行われる。

20

プロセス・フロー

上述の実施例のいずれかを実施するためのプロセス・フローが、図14に見られる。このプロセスに含まれる工程は：パターンニングされた半導体基板上に層を形成する工程(131)；微細構造変化について前記層を分析する工程(任意的)(132)層を研磨する工程(133)；スラリー(slurry)粒子を除去する工程(134)；微細構造変化について層の表面を分析する工程(135)；終点到達したかを判定する工程(136)；および基板を乾燥させる工程(136)。

【0034】

これらのステップのいくつかについては既に説明した。研磨前の層を分析するか否かは、用いる終点検出法によって決まる。終点検出分析で研磨前および研磨後の出力を比較するのであれば、研磨前分析を行う必要がある。研磨後の出力を標準出力または入射ビーム強度と比較するような他の終点検出分析方法では、研磨前分析は不要である。

30

【0035】

前述の実施例は、基板10および/または層11または91に接触する液体と共に用いることができる。具体的には、分析の間、基板を水中に配置することもできる。この場合、放射源の終端(即ち、レーザ・ビームなどのための開口)および検出器の終端も、水中に配置されることになる。分析器の電氣的部分に液体が接触する可能性を低減する、或いは基板の汚染を低減するためには、ある程度用心する必要がある。クオーツ・フィルタのような被覆を用いてもよい。分析対象の基板と検出器との間に水の界面がある場合、水面からの反射が分析を妨害する可能性がある。レーザおよび分析器全体は水中に配置する必要はなく、放射ビームが発射される端部および反射ビームが検出される端部のみを水中に配置すればよいことを念頭に置かれない。反射ビームは全て同一流体内を進み、反射ビームが形成される点と検出器との間の流体界面を決して横切ってはならない。

40

【0036】

基板を乾燥させる前に、スラリー粒子を除去する必要があるが、スラリー粒子除去工程を行うのは分析の前でも後でもよい。分析前にスラリー粒子を除去しない場合、粒子カウンタの粒子成分を除去する必要がある。分析前にスラリー粒子を除去する場合は、粒子のカウントと微細構造の双方を判定するために粒子カウンタを用いることができる。

50

【 0 0 3 7 】

本実施例または前述の実施例に用いる放射光束は、事実上いかなる波長のものでもよいが、検出器は選択された特定波長について放射光束を検出できなければならない。具体的な放射光束の種類には、光学的（可視）、赤外線（I R）または紫外線（U V）が含まれる。放射源は、光またはレーザを含むこともできる。

【 0 0 3 8 】

【 発明の効果 】

上述の実施例は、現在利用可能な他の方法に比較して、いくつかの利点を有する。まず、本発明の実施例は測定のための特殊構造を必要とせず、しかも基板 1 0 または層 1 1 との物理的な接触も必要としない。また、多くの他の方法が多数の予め選択された場所について分析を行うのに対して、本発明では基板全体について行うため、他の方法に比べて分析も速い。また、用いられる放射源に対して層が透明であっても不透明であっても、前記実施例を用いることができる。多くの従来の光学的方法は、光に対して不透明な層には用いることができない。本発明の実施例以外では、本発明者は、金属層の平面化を判定する光学的方法を全く知らない。

10

【 0 0 3 9 】

分析の間基板に液体を接触させて分析することもできるので、研磨および分析プロセスを統合して進めることが可能となる。具体的には、研磨を行う部署および分析を行う別の部署を有するように、研磨機または他の単一機器を装備することができる。この統合によって、基板の取り扱い回数が減り、基板を分析するために停止することによって発生する機器のアイドル時間を減少させることになる。これを従来の分析方法と比較してみる。従来の分析方法では、分析器は研磨機の一部ではない。分析するためには、スラリー粒子を基板から除去し、基板を乾燥させる。研磨機から基板を取り出した後に、基板を分析する。本発明の実施例によって、ソフトウェアを用いて研磨および分析工程を自動化することができる。

20

【 0 0 4 0 】

他の利点は、研磨用スラリー粒子の除去は、分析の前に行う必要がないことである。スラリー粒子を除去するための「低レベル」研磨工程は、表面を分析する毎に行う必要はない。更に、スラリー粒子を除去する場合、粒子カウンタが粒子および微細構造変化を同時に分析することができる。

30

【 0 0 4 1 】

本発明の更に他の利点は、検査用ウエハまたは基板上の専用分析構造を用いる必要なく分析を可能とする能力である。検査用ウエハを用いるとコストが増大し、しかも製品基板上の実際の研磨速度 (polishing rates) または不均一性を正確に反映しない可能性がある。製品基板上に専用構造を設けると、これら基板上に更に半導体素子を付加するのに用いることができる貴重な面積を占領してしまうことになる。製品基板上の面積の損失は、収入や利益の損失に相当する。

【 0 0 4 2 】

本明細書では、本発明の具体的な実施例を参照しながら、本発明を説明した。しかしながら、特許請求の範囲に記載された本発明の範囲から逸脱することなく、種々の修正や変更が可能であることは明白であろう。したがって、本明細書および図面は、限定的な意味ではなく例示的な意味で考慮されるべきである。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 パターニングされた半導体基板の一部を、その上に配された層と共に示す断面図。

【 図 2 】 層が研磨される前の図 1 の基板を示す断面図。

【 図 3 】 層が研磨された後の図 2 の基板を示す断面図。

【 図 4 】 層の研磨に先だって図 1 の基板が照射された際の断面図。

【 図 5 】 層の研磨に先だって図 1 の基板が照射された際の上面図。

【 図 6 】 層の研磨後に図 4 および図 5 の基板が照射された際の断面図。

50

【図 7】層が透明な場合の、研磨前の図 1 の基板を示す断面図。

【図 8】層が不透明な場合の、研磨前の図 1 の基板を示す上面図。

【図 9】層を研磨した後の図 7 または図 8 の基板を示す上面図。

【図 10】パターニングされた半導体基板の一部を、その基板上に配された層と共に示す断面図。

【図 11】図 10 の基板の上面図を表わす、粒子カウンタからの出力を示す図。

【図 12】層を研磨した後の図 10 の基板を示す断面図。

【図 13】図 12 の基板の上面図を表わす、粒子カウンタからの出力を示す図。

【図 14】本発明の一実施例によるプロセス・フローを示す図。

【符号の説明】

10 半導体基板

11, 91 層

15, 16, 92 エッジ

22, 42 入射放射ビーム

24, 44 一次反射ビーム

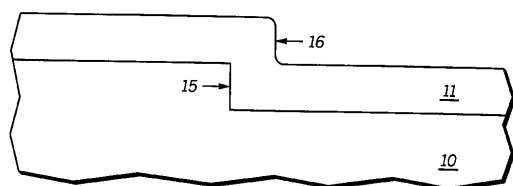
25, 45 二次反射ビーム

40 検出器

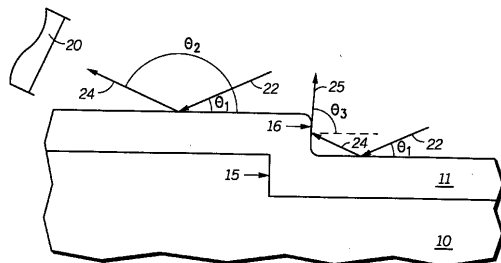
42 入射ビーム

10

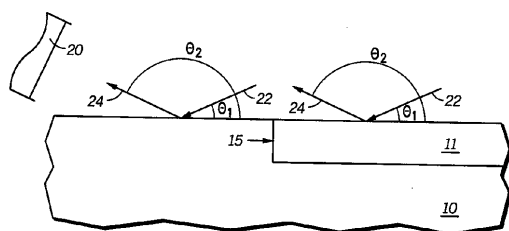
【図 1】



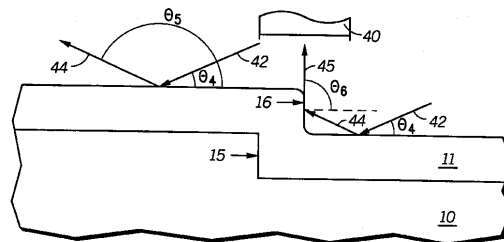
【図 2】



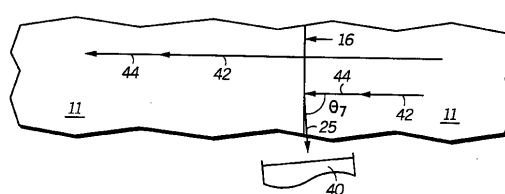
【図 3】



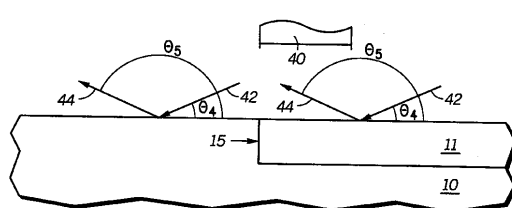
【図 4】



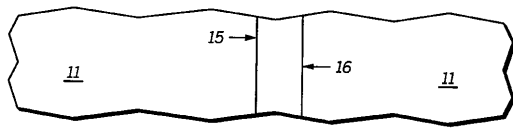
【図 5】



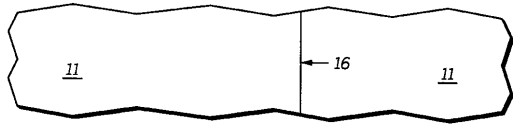
【図 6】



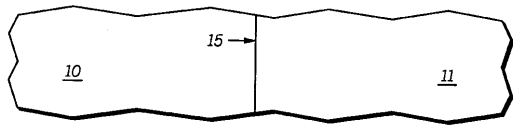
【図 7】



【図 8】



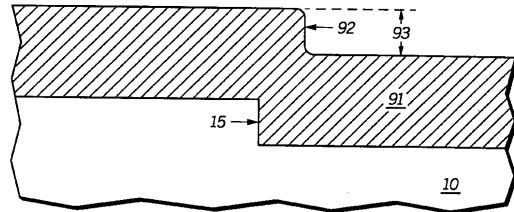
【図 9】



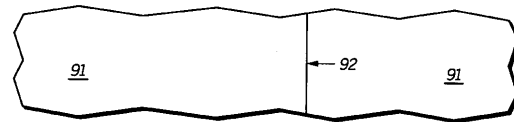
【図 13】



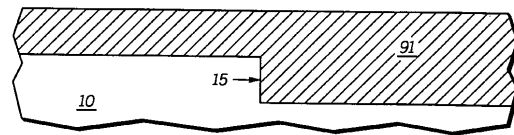
【図 10】



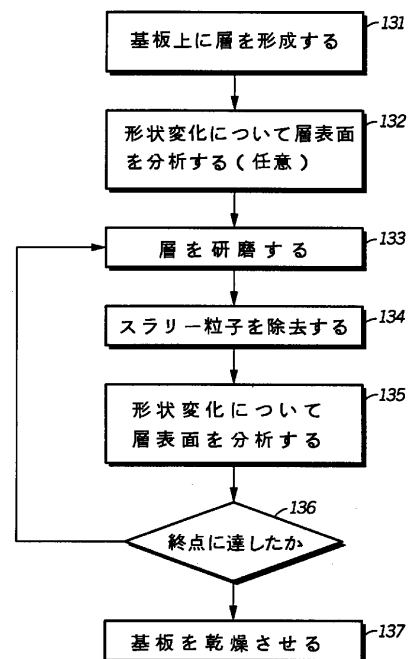
【図 11】



【図 12】



【図 14】



フロントページの続き

合議体

審判長 西川 恵雄

審判官 菅澤 洋二

審判官 岡野 卓也

- (56)参考文献 特開平5 - 6 2 9 5 2 (J P , A)
特開昭6 4 - 3 5 3 0 8 (J P , A)
特開平1 - 1 3 1 4 0 9 (J P , A)
特開平4 - 7 2 5 5 1 (J P , A)
特開平5 - 3 0 9 5 5 8 (J P , A)
実開平2 - 8 6 1 2 8 (J P , U)