

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4854118号
(P4854118)

(45) 発行日 平成24年1月18日(2012.1.18)

(24) 登録日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int. Cl. F I
HO 1 L 21/304 (2006.01) HO 1 L 21/304 6 2 2 S
B 2 4 B 49/12 (2006.01) HO 1 L 21/304 6 2 2 D
GO 1 B 11/30 (2006.01) B 2 4 B 49/12
 GO 1 B 11/30 A

請求項の数 13 外国語出願 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2001-10633 (P2001-10633)
 (22) 出願日 平成13年1月18日(2001.1.18)
 (65) 公開番号 特開2001-319907 (P2001-319907A)
 (43) 公開日 平成13年11月16日(2001.11.16)
 審査請求日 平成19年12月19日(2007.12.19)
 (31) 優先権主張番号 60/176645
 (32) 優先日 平成12年1月18日(2000.1.18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLIED MATERIALS, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ パウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教
 (74) 代理人 100104282
 弁理士 鈴木 康仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 2段階化学機械的研磨プロセスにおける光学的監視方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を研磨する方法であって、第1の研磨スラリにより基板の第1の層を化学機械的に研磨するステップであり、前記基板は前記第1の層の下に配設される第2の層を有し、前記第1のおよび第2の層は異なる反射度を有する、ステップと、

前記第1の研磨スラリによる研磨中に前記基板を光学的に監視して、複数の強度トレースを生成するステップであって、各強度トレースは前記基板上の異なる半径方向範囲の強度測定値を含む、ステップと、

前記強度トレースのいずれかが、前記第2の層が少なくとも1つの部位で露出されたことを示すと、前記第1の研磨スラリと異なる研磨特性を有する第2の研磨スラリにより前記基板を化学機械的に研磨するステップと、

前記第2の研磨スラリによる研磨中に前記基板を光学的に監視することを継続するステップと、

前記第2の層が完全に露出されたことを全ての前記強度トレースが示した後に研磨を停止するステップと、
 を含む方法。

【請求項2】

光学的に監視するステップは、光ビームを研磨表面内にある窓部を透過するように向け、前記基板を横切る経路に前記光ビームを移動させ、前記基板から反射する前記光ビームによって生成される反射信号を監視し、前記反射信号から複数の強度測定値を抽出するこ

とを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記複数の強度トレースを生成するステップは、各強度測定値を前期強度測定中の前記光ビームの位置に従い前記半径方向範囲のひとつにソートし、前記半径方向範囲に関連する前記強度測定値から前記強度トレースを決定することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 のスラリは高選択度スラリであり、前記第 2 のスラリは低選択度スラリである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 の層は金属層である、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記金属層は銅を含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 2 の層は酸化層である、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

前記酸化物は二酸化ケイ素を含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 2 の層はバリア層である、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 10】

前記バリア層はタンタルまたは窒化タンタルを含む、請求項 9 に記載の方法。

20

【請求項 11】

前記第 1 の層は前記第 2 の層より反射性である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

基板を研磨する方法であって、

窓部を有する研磨表面と基板の表面とを接触させるステップであり、前記基板は第 2 の層の上に配設される第 1 の層を有し、前記第 1 のおよび第 2 の層は異なる反射度を有する、ステップと、

第 1 のスラリを前記基板へ第 1 の研磨段階のために供給するステップと、

前記基板と前記研磨表面との間に相対運動を引起こすステップと、

前記窓部を透過するように光ビームを向けるステップであり、前記基板に対する前記研磨表面の前記運動は前記基板を横切る経路に前記光ビームを移動させる、ステップと、
前記基板から反射する前記光ビームによって生成される反射率信号を監視するステップと、

30

前記反射率信号から複数の強度測定値を抽出するステップと、

複数の強度トレースを生成するステップであり、各強度トレースには前記基板上の異なる半径方向範囲の強度測定値を含む、ステップと、

前記強度トレースのいずれかが、前記第 2 の層が少なくとも 1 つの部位で露出されたことを示すと、第 2 研磨段階のために、第 2 のスラリを前記基板へ供給するステップであって、前記第 2 のスラリが前記第 1 のスラリと異なる研磨特性を有する、ステップと、

前記第 2 の層が完全に露出されたことを全ての前記強度トレースが示した後に研磨を停止するステップと、
を含む方法。

40

【請求項 13】

前記第 1 のスラリは高選択度スラリであり、前記第 2 のスラリは低選択度スラリである、請求項 12 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

関連出願のクロスレファレンス

本出願は、2000年1月18日出願の米国特許出願第60/176,645号の優先権

50

を主張する。

【0002】

本発明は、一般的に、基板の化学機械的研磨に関し、より詳細には、化学機械的研磨操作中に金属層の終了点を検出するための方法および装置に関する。

【0003】

【背景技術】

集積回路は、普通には、基板上に、導電性、半導体性、または絶縁性の層のシリコンウェハ上への順次堆積によって形成される。各層が堆積された後に、層はエッチングされ、回路フィーチャを作成する。一連の層が順次堆積されエッチングされるのに従い、基板の外側つまり最上部の表面、すなわち、基板の露出された表面は、次第に平面でなくなる。この非平面の表面は、集積回路製造プロセスのフォトリソグラフィック段階において問題を提起する。それ故に、基板表面を周期的に平面化するニーズがある。

10

【0004】

化学機械的研磨(CMP)は、容認された平面化の方法の一つである。この平面化方法は、普通には、基板がキャリアヘッドつまり研磨ヘッド上に搭載されることを必要とする。基板の露出表面は、回転する研磨パッドに対して載置される。研磨パッドは、「標準」パッドまたは固定砥粒パッドのいずれかであり得る。標準パッドは、耐久性のある粗表面を有し、それに対し、固定砥粒パッドは、封じ込め(containment)媒体中に保持された研磨砥粒を有する。キャリアヘッドは、基板上にそれを研磨パッドに対して押付ける制御可能な荷重、すなわち圧力を提供する。少なくとも一つの化学反応性の薬剤(agent)と、標準パッドが使用される場合には研磨砥粒とを含む研磨スラリが、研磨パッドの表面へ供給される。

20

【0005】

CMPにおける一つの問題は、研磨プロセスが完了したかどうか、すなわち、基板の層が所望の平坦度または厚さに平面化されたかどうかを決定することである。基板層の当初厚さでの変動、スラリ組成、研磨パッドの状態、研磨パッドと基板との間の相対速度、および、基板上への荷重は、材料の除去レートを変動させ得る。この変動は、研磨終了点に達することに必要とされる時間を変動させる。それ故に、研磨終了点は、単に研磨時間の関数として決定され得ない。

【0006】

研磨終了点を決定する一つの方式は、基板を研磨表面から取去り、それを検査することである。例えば、基板は、基板層の厚さが、例えば、側面計(profilometer)または固有抵抗測定により測定される測定ステーションへ転送され得る。所望の仕様が満足されない場合、基板は、更なる処理のためにCMP装置内へ再ローディングされる。これは、CMP装置のスループットを低下させる時間の掛かる手順である。その代わりに、検査は、過度の量の材料が除去されたことを明らかにするかも知れず、基板を使用不可にする。

30

【0007】

幾つかの方法が、その場での(in-situ)研磨終了点検出のために開発された。これらの方法のほとんどは、基板表面に関連するパラメータを監視し、パラメータが急に変化する際に終了点を指示することに関与する。例えば、絶縁性つまり誘電体層が研磨されており下地の金属層を露出する場合、基板の摩擦係数および反射度は、金属層が露出される際に、急に変化するであろう。

40

【0008】

監視されるパラメータが研磨終了点で急に変化する場合、そのような終了点検出方法は容認できる。しかし、基板が研磨されているのに従い、パッドと基板の界面での研磨パッド状態およびスラリ組成は変化し得る。そのような変化は下地層の露出を隠蔽するかもしれない、または、変化は終了状態を模擬するかもしれない。加えて、単に平面化だけが遂行されている場合、下地層が過剰研磨されるべき場合、または、下地層と上部層とが類似の物理特性を有する場合、そのような終了点検出方法は役に立たないであろう。

【0009】

50

【発明の概要】

一つの態様で、本発明は、基板を研磨する方法に向けられる。基板の第1の層は第1の研磨流体で化学機械的に研磨される。基板は第1の層の下に配設される第2の層を有し、第1のおよび第2の層は異なる反射度を有する。基板は、第1の研磨スラリによる研磨中に光学的に監視され、複数の強度トレースを生成する。各強度トレースは、基板の異なる半径方向範囲からの強度測定値を含む。強度トレースのいずれかが第1の層の初期一掃を指示する後に、基板は、第1の研磨流体と異なる研磨特性を有する第2の研磨流体により化学機械的研磨される。基板の光学的監視は、第2の研磨スラリによる研磨中に継続し、第2の層が完全に露出されたことを全てのトレースが指示する後に研磨は停止される。

【0010】

本発明の実施の形態は、以下の特徴の一つ以上を含んでいてもよい。光学的監視は、研磨表面での窓を通して光ビームを向け、基板を横切る経路に光ビームを移動させること、基板から反射する光ビームで作成される反射率信号を監視すること、および、反射率信号から複数の強度測定値を抽出することを含んでもよい。複数の強度トレースを生成することは、各強度測定値を強度測定中の光ビームの位置に従い半径方向範囲のひとつにソートすること、および、半径方向範囲に関連する強度測定値から強度トレースを決定することを含んでもよい。第1のスラリは高選択度スラリであってもよく、第2のスラリは低選択度スラリであり得る。第1の層は、第2の層より反射性であってもよい。第1の層は、銅等の金属層であり得る。第2の層は、二酸化ケイ素等の酸化物層、または、タンタルまたは窒化タンタル等のバリア層であってもよい。

【0011】

別の態様で、本発明は、基板を研磨する方法に向けられ、ここで、基板の表面は窓を有する研磨表面と接触させられる。基板は、第2の層の上に配設される第1の層を有し、第1のおよび第2の層は異なる反射度を有する。第1のスラリが、第1の研磨段階のために基板へ供給され、基板と研磨表面との間に相対運動が引起こされる。光ビームが窓を通して向けられ、基板に対する研磨表面の運動が基板を横切る経路に光ビームを移動させる。基板から反射する光ビームで作成される反射率信号が監視され、複数の強度測定値が反射率信号から抽出され、および、複数の強度トレースが基板上の異なる半径方向範囲からの強度測定値を含む各強度トレースにより生成される。強度トレースのいずれかが第1の層の初期一掃を指示する際に、第2のスラリが第2の研磨段階を研磨するために基板へ供給される。第2のスラリは、第1のスラリと異なる研磨特性を有する。第2の層が完全に露出されたことを全ての強度トレースが指示する後に研磨は停止される。

【0012】

本発明の実施の形態は、以下の特徴の一つ以上を含んでいてもよい。第1のスラリは高選択度スラリであってもよく、第2のスラリは低選択度スラリであってもよい。第2の層は、基板で第3層の上に配設されてもよい。

【0013】

別の態様で、本発明は、酸化物層の上に配設される金属層を有する基板を研磨する方法に向けられる。方法では、基板の表面は、窓を有する研磨表面と接触させられる。高選択度スラリが研磨表面へ供給される。基板と研磨表面との間に相対運動が引起こされる。光ビームが窓を通して向けられ、研磨表面の基板に対する運動が基板を横切る経路に光ビームを移動させる。基板から反射する光ビームで作成される反射率信号が監視され、複数の強度測定値が反射率信号から抽出される。半径方向位置が各強度測定値に対して決定され、複数の強度測定値は半径方向位置に従い複数の半径方向範囲内へ分類される。複数の強度トレースが生成され、各強度トレースは複数の半径方向範囲の一つからの強度測定値を含む。強度トレースのいずれかが金属層の初期一掃を指示する際に、低選択度スラリが研磨表面へ供給され、酸化物層が完全に露出されたことを全ての強度トレースが指示する際に研磨は停止される。

【0014】

本発明の実施の形態は、以下の特徴の一つ以上を含んでいてもよい。反射率トレースでの

10

20

30

40

50

突然の下落は、反射率トレースに関連する半径方向範囲での金属層の初期一掃を指示してもよい。反射率トレースの平坦化は、反射率トレースに関連する半径方向範囲での酸化物層の露出を指示してもよい。基板は、金属層、例えば、銅と、酸化物層、例えば、二酸化ケイ素との間に、バリア層、例えば、タンタルまたは窒化タンタルを含んでもよい。

【0015】

本発明の利点は、以下の一つ以上を含む。銅被覆された基板は、皿状凹み (dishing) および侵食 (erosion) を低減して研磨されてもよい。研磨終了点、および、研磨装置が高選択度スラリから低選択度スラリへ切替えるべき点の両方が精密に決定されてもよい。ウエハの異なる場所での金属研磨操作の進捗について詳細なデータが入手可能である。

【0016】

本発明の他の特徴および利点は、図面および特許請求の範囲を含む、以下の説明から明白になる。

【0017】

【発明の実施の形態】

図1および2を参照すると、一つ以上の基板10が、CMP装置20によって研磨されてもよい。類似の研磨装置20の説明は、米国特許第5,738,574号に見出すことができ、その開示全体を引用して本明細書に組込む。研磨装置20は、一連の研磨ステーション22および転送ステーション23を含む。転送ステーション23は多数の機能を果たし、個々の基板10をローディング装置(図示せず)から受取ること、基板を洗浄すること、基板をキャリアヘッドへローディングすること、基板をキャリアヘッドから受取ること、基板を再度洗浄すること、および、最後に、ローディング装置へ基板を戻し転送することを含む。

【0018】

各研磨ステーションは、その上に研磨パッド30が載置される回転可能なプラテン24を含む。第1のと第2のステーションは、硬い耐久性のある外側表面を持つ2層研磨パッドを含むことができ、それに対し、最終研磨ステーションは、比較的柔らかいパッドを含むことができる。基板10が「8インチ」(200ミリメートル)、または「12インチ」(300ミリメートル)直径のディスクである場合、プラテンおよび研磨パッドは、それぞれ直径で約20インチ、または30インチであろう。各プラテン24は、プラテン駆動モータ(図示せず)へ接続されてもよい。大抵の研磨処理のために、プラテン駆動モータはプラテン24を毎分約30から200回転で回転させるが、より低いまたはより高い回転速度が使用されてもよい。各研磨ステーションは、パッドコンディショニング装置28も含むことができ、基板を効果的に研磨するよう研磨パッドの状態を維持する。

【0019】

研磨パッド30は、普通にはプラテン24の表面に接する裏打層32と基板10を研磨することに使用される上張層34とを有する。上張層34は、普通には裏打層32より硬い。しかし、幾つかのパッドは、上張層だけで裏打層を有しない。上張層34は、気泡開放の発泡ポリウレタン、または、溝付き表面を持つポリウレタンのシートで構成されてもよい。裏打層32は、ウレタンで浸出され圧縮されたフェルト繊維で構成されてもよい。IC-1000で構成される上張層とSUBA-4で構成される裏打層を持つ、2層研磨パッドは、De

laware州NewarkのRodel, Inc., から入手可能である。(IC-1000とSUBA-4とはRodel, Inc.の製品名である。)

回転可能なマルチヘッドのカラセル60が、中心支柱62で支持され、その上でカラセル軸64のまわりに、カラセルモータアセンブリ(図示せず)によって回転される。中心支柱62は、カラセル支持プレート66およびカバー68を支持する。カラセル60は4つのキャリアヘッドシステム70を含む。中心支柱62は、カラセルモータが、カラセル軸64のまわりに、カラセル支持プレート66を回転させ、キャリアヘッドシステムとそれへ付着された基板とを旋回させることを可能にする。キャリアヘッドシステムの3つは、基板を受取り保持し、それを研磨パッドに対して押付けることによって基板を研磨する。その一方で、キャリアヘッドシステムの一つが、転送ステーション23から基板を受取り

10

20

30

40

50

、それへ基板を引渡す。

【0020】

各キャリアヘッドシステムは、キャリアつまりキャリアヘッド80を含む。キャリア駆動シャフト74が、(カバー68の4分の1の取外しで示す)キャリアヘッド回転モータ76を各キャリアヘッド80へ接続し、それにより、各キャリアヘッド80は、それ自体の軸のまわりに独立して回転することができる。各ヘッドに対して一つのキャリア駆動シャフトとモータとがある。加えて、各キャリアヘッド80は、カラセル支持プレート66に形成された半径方向スロット72内で横方向に独立して揺動する。スライダ(図示せず)が、各駆動シャフトをその関連する半径方向スロット内に支持する。半径方向駆動モータ(図示せず)は、キャリアヘッドを横方向に揺動させるようスライダを動揺できる。

10

【0021】

キャリアヘッド80は、幾つかの機械的機能を行う。一般的に、キャリアヘッドは、研磨操作中に、基板を研磨パッドに対して保持し、下向きの圧力を基板の背面にわたり平等に配分し、トルクを駆動シャフトから基板へ転送し、および、基板がキャリアヘッドの真下から滑り出ないことを確実にする。

【0022】

キャリアヘッド80は、基板10のための搭載表面を提供する可撓性膜82と、基板を搭載表面の真下に保有する保有リング84とを含むことができる。可撓性膜82で画成されるチャンバ86の加圧が、基板を研磨パッドに対して押しつける。保有リング84は、高い反射性の材料で形成されてもよく、または、反射性層で被覆されて、反射性の下側表面88を提供してもよい。類似のキャリアヘッド80の説明は、本発明の譲受人へ譲渡された、Steven M. Zuniga 他 による、1996年11月8日出願の米国特許出願第08/745,679号で、発明の名称「化学機械的研磨システム用の可撓性膜を持つキャリアヘッド(A CARRIER HEAD WITH A FLEXIBLE MEMBRANE FOR A CHEMICAL MECHANICAL POLISHING SYSTEM)」に見出すことができ、その開示全体を引用して本明細書に組込む。

20

【0023】

反応性薬剤(例えば、酸化物研磨用の脱イオン水)および化学反応性の触媒(例えば、酸化物研磨用の水酸化カリウム)を含有するスラリー38が、研磨パッド30の表面へスラリー供給ポートまたは兼用のスラリー/リンスアーム39によって供給されてもよい。研磨パッド30が標準パッドである場合、スラリー38は、研磨砥粒(例えば、酸化物研磨用の二酸化ケイ素)も含んでいてもよい。

30

【0024】

操作では、プラテンはその中心軸25のまわりに回転され、そして、キャリアヘッドは、その中心軸81のまわりに回転され、研磨パッドの表面を横切り横方向へ移行される。

【0025】

孔26がプラテン24に形成され、透明な窓36が孔の上にある研磨パッド30の部分に形成される。透明な窓36は、本発明の譲受人へ譲渡された、Manoocher Birang 他 による、1996年8月26日出願の米国特許出願第08/689,930号で、発明の名称「化学機械的研磨装置用の研磨パッドに透明な窓を形成する方法(METHOD OF FORMING A TRANSPARENT WINDOW IN A POLISHING PAD FOR A CHEMICAL MECHANICAL POLISHING APPARATUS)」に説明されたように構築されることができ、その開示全体を引用して本明細書に組込む。孔26と透明な窓36とは、キャリアヘッドの移行位置に関らず、プラテンの回転の一部分中に基板10の眺望(view)を有するように位置決めされる。

40

【0026】

反射率計40が、概して孔26の真下でプラテン24へ固着され、プラテンと共に回転する。反射率計は、光源44および検出器46を含む。光源は、光ビーム42を生成し、それは透明な窓36およびスラリー38を通し伝播し(図3参照)、基板10の露出された表面に突当る。例えば、光源44はレーザーであることができ、光ビーム42はコリメートされたレーザービームであり得る。光レーザービーム42は、基板10の表面に垂直な軸から角度を持ち、すなわち、軸25および81から角度を持ちレーザー44から投射され

50

る。加えて、孔 2 6 および窓 3 6 が細長にされる場合、ビームエキスパンダ（図示せず）が光ビームの経路に位置決めされることができ、光ビームを細長にされた窓の軸に沿って拡張する。レーザー 4 4 は連続的に動作できる。代替として、レーザーは、孔 2 6 が概して基板 1 0 に隣接する時間中にレーザービーム 4 2 を生成するよう起動されてもよい。

【 0 0 2 7 】

図 2 および図 5 A ~ 図 5 E を参照すると、CMP 装置 2 0 は、光学的遮断器（interrupter）等の位置センサ 1 6 0 を含むことができ、窓 3 6 が基板の近くにある場合を検知する。例えば、光学的遮断器は、キャリアヘッド 8 0 に対向する固定点に搭載され得よう。フラグ 1 6 2 がプラテンの外周に取付けられる。フラグ 1 6 2 の取付の点および長さは、窓 3 6 がキャリアヘッド 8 0 の真下を掃引する少し前の時点からその少し後の時点までフラグがセンサ 1 6 0 の光学的信号を遮断するように選定される。センサ 1 6 0 の光学的信号が遮断される間に、検出器 4 6 からの出力信号が測定され、格納されてもよい。

10

【 0 0 2 8 】

操作では、CMP 装置 2 0 は反射率計 4 0 を使用し、基板の表面から除去された材料の量を決定する、または、表面が平面化された時機を決定する。汎用のプログラム可能なデジタルコンピュータ 4 8 が、レーザー 4 4、検出器 4 6、およびセンサ 1 6 0 へ接続されてもよい。コンピュータ 4 8 は、基板が概して窓の上にある際にレーザーを起動し、検出器からの強度測定値を格納し、強度測定値を出力装置 4 9 上に表示し、強度測定値を格納し、強度測定値を半径方向範囲内へソートし、および、研磨終了点を検出するようプログラムされてもよい。

20

【 0 0 2 9 】

図 3 を参照すると、基板 1 0 は、シリコンウェハ 1 2 と、酸化物または窒化物の層 1 4 の上に配設された上にある金属層 1 6 とを含む。金属層は、とりわけ、銅、タングステン、アルミニウムであってもよい。異なる反射度を持つ基板の異なる部分が研磨されるのに従い、検出器 4 6 からの信号出力は、時間と共に変化する。詳細には、金属層 1 6 が研磨され尽して酸化物または窒化物の層 1 4 を露出する場合、基板の反射度は下落する。検出器 4 6 の時間変化する出力は、インシトゥーの反射率測定値トレース（または、より簡単に、反射率トレース）と称されてもよい。後に検討するように、この反射率トレースは、金属層研磨操作の終了点を決定することに使用されてもよい。

【 0 0 3 0 】

図 4 および図 5 A ~ 図 5 E を参照すると、金属被覆されたウェハを研磨することによって生成された過渡強度波形 9 0 を持つ測定された反射率トレースを示す。強度波形 9 0 は、（秒で測定される）比較的長い時間規模にわたり生成される。波形の特性特徴は、上位レベル平坦域 9 7 を含み、その各々は左および右の中間平坦域 9 8 で包囲される。波形 9 0 の一周期は、左および右の中間レベル平坦域 9 8、上位レベル平坦域 9 7 の一つ、および、背景レベル 9 4 を含む。

30

【 0 0 3 1 】

中間平坦域 9 8 は保有リング 8 4 からの反射を表し、その一方、上位レベル平坦域 9 7 は基板 1 0 からの反射を表す。背景レベルは窓およびスラリからの散乱された反射を表す。保有リング 8 4 からの反射は背景レベルより高い。基板 1 0 が研磨され、金属層 1 6 が除去され下地層 1 4 を露出する際に、終了点波形 9 0 は、中間平坦域 9 8 のレベルへ向かい、または、それ以下に下落する。

40

【 0 0 3 2 】

図 4 および図 5 A ~ 図 5 E を参照すると、反射率トレース 9 0 の大規模構成は、プラテン 2 4 の角度位置を参照して説明することができる。当初、窓 3 6 は、基板の眺望を持たない（図 5 A 参照）。結果として、レーザービーム 4 2 は反射されず、検出器 4 6 で測定される強度は、スラリ 3 8 および透明な窓 3 6 からの反射を含む背景強度の結果である。この低い強度は、背景レベル 9 4 に相当する。プラテン 2 4 が回転すると、窓 3 6 はキャリアヘッド 8 0 の保有リング 8 4 の下を最初に掃引する（図 5 B 参照）。保有リング 8 4 の下側表面 8 8 は、レーザービーム 4 2 の一部分を検出器 4 6 内へ反射し、中間平坦域 9 8

50

に相当する中間強度測定値を創成する。窓 36 が基板 10 の真下を掃引すると (図 5 C 参照)、レーザービーム 42 の一部分が基板で反射される。一般的に、基板 10 の金属層は高い反射度を有し、結果として反射率トレース 90 上に上位レベル平坦域 97 を生じる。プラテンが継続して回転すると、窓 36 は再度保有リング 84 の真下を通過する (図 5 D 参照)。最後に、窓 36 はキャリアヘッド 80 の真下から外れて掃引し (図 5 E 参照)、検出器は背景 94 に相当する低い強度を測定する。

【 0033】

CMP 装置 20 のコンピュータ 48 は、金属層研磨操作の終了点を決定することに、反射率計 40 で生成された反射率トレースを使用できる。各測定は、複数の半径方向位置で行ってもよい。加えて、コンピュータ 48 は、後に説明するように、CMP の用具 (tool) およびプロセスの認定のために、基板の平坦度および研磨の均一性を決定することに強度測定値を使用できる。

10

【 0034】

ここで図 6 を参照すると、終了点決定プロセスを示す。最初に、終了点決定中に使用される幾つかの研磨パラメータが、コンピュータ 48 のメモリに格納される (ステップ 101)。対象の研磨パラメータは、プラテンの回転レートおよびキャリアヘッドの掃引プロフィールを含む。

【 0035】

基板 12 の表面上の金属層が、基板の表面を研磨パッド 30 と接触させること (図 2) によって研磨される (ステップ 102)。研磨パッド 30 は回転され、基板と研磨パッドとの間に相対運動を引起す。

20

【 0036】

過渡強度データが複数の標本化区域に対して監視され収集される (ステップ 104)。これは、反射率計 40 で生成された光ビームを窓を通して向けることによって行われる。基板 12 に対する研磨パッド 30 の運動が、基板表面を横切る経路に光ビームを移動させる。基板 10 および保有リング 84 からの光ビームの反射はセンサで検出され、それは光ビームの反射に関連する反射データを生成する。

【 0037】

過渡強度データは、モニタ上に表示され (ステップ 106)、操作者が研磨操作の進捗を監視する。パターン認識器 (recognizer) が過渡強度データへ適用され、信号変化を検出する (ステップ 108)。パターン認識器は、簡単には、強度データが所定の閾値より下に下がったかどうかをチェックする閾値検出器であってもよい。代替として、別の実施の形態では、ウインドウロジックがデータへ適用されることができ、信号変化の筋道 (sequence) を検出する。3 種類のウインドウロジックが使用され、極大および極小を検出する：反射データでの下向き傾向を検出する先下がり尖端 (cusp) を持つウインドウロジック；反射データでの上向き傾向を検出する先上がり尖端を持つウインドウロジック；および、反射データが比較的動きのないことを検出する実質的に平坦な線を持つウインドウロジックである。信号変化は平均化されてもよい。終了点検出のためのパターン認識アルゴリズムの更なる検討は、上記で言及した米国特許出願第 08 / 689, 930 号に見出すことができる。

30

40

【 0038】

パターン認識器の出力は停止信号であり、それは、追加のフィードバックデータと一緒に、研磨器コントローラへ供給される (ステップ 110)。研磨器コントローラは、種々の変数およびパラメータを調節することにフィードバックデータを使用し、表面層の侵食および皿状凹みを最小化する。例えば、研磨圧力、研磨速度、化学薬品、および、スラリー組成が、総合的な研磨性能および/または研磨品質を最適化するよう展開されてもよい。停止信号は、研磨器コントローラに現行の金属層研磨操作を停止させる (ステップ 112)。

【 0039】

ステップ 106 - 112 と並行して、図 6 のプロセスは、その後の処理のために過渡強度

50

データをデータ記憶装置、例えば、コンピュータディスク上に格納する（ステップ 114）。手短かに言えば、各標本化区域に対する強度が決定され（ステップ 116）、各標本化区域の半径方向位置が計算され（ステップ 118）、強度測定値が半径方向範囲内へソートされる（ステップ 150）。ソートされた強度測定値は、基板の異なる半径方向範囲での研磨均一性および除去レートを測定することに使用される（ステップ 152）。これらのステップの各々は、更に詳細に後で検討する。

【0040】

一般的に、反射された強度は、基板上の異なる半径方向位置に対して研磨中に変化する。金属層は、基板の異なる部分に対して異なるレートで除去されてもよい。例えば、基板の中心近くの金属層は最後に除去されてもよい一方で、基板の周辺つまり縁部近くの金属層は最初に除去されるか、または、その逆であってもよい。ウェハ全体からの反射データは、比較的細かい時間規模でミリ秒の桁で捕捉され、堆積プロセスを改善する実験のために利用可能である。記録されたデータを解析することによって、プロセスは、それをより早く、より短く、より円滑にするよう変更され得る。理解され得るように、格納されたデータは、プロセス性能を最適化しようとするプロセスの研究および開発のために有用である。

10

【0041】

図 7 A および 7 B を参照すると、プラテンの回転とキャリアヘッドの直線的掃引との組合せが、窓 36（および、従ってレーザービーム 42）をキャリアヘッド 80 および基板 10 の底部表面を横切り掃引経路 120 で掃引させる。レーザービームが基板を横切り掃引するのに従い、反射率計 40 は、測定された強度を標本化期間 T_{sample} にわたり積算し、一連の個々の強度測定値 I_a 、 I_b 、...、 I_j を生成する。反射率計 40 の標本化レート F （強度測定値が生成されるレート）は、 $F = 1 / T_{\text{sample}}$ で与えられる。反射率計 40 は、約 10 と 400 ヘルツ（Hz）との間の標本化レートを有することができ、約 2.5 と 100 ミリ秒との間の標本化期間に相当する。特に、反射率計 40 は、約 40 Hz の標本化レートおよび約 25 ミリ秒の標本化期間を有していてもよい。

20

【0042】

従って、レーザー 44 が起動される度毎に、反射率計 40 は、複数の標本化区域 122 a - 122 j から強度を測定する。各標本化区域は、レーザービームが対応する標本化期間中にその上を掃引する基板の領域に相当する。要約すると、ステップ 106 で、反射率計 40 は、標本化区域 122 a、122 b、...、122 j に対応する一連の強度測定値 I_a 、 I_b 、...、 I_j を生成する。

30

【0043】

図 7 A は 10 の標本化区域を図解するとは言え、プラテンの回転レートおよび標本化レートに依存して、より多くのまたはより少ない区域があり得よう。詳細には、低い標本化レートは少なく広い標本化区域に帰着し、それに対し、高い標本化レートは多数の狭い標本化区域に帰着するであろう。同様に、低い回転レートは多数の狭い標本化区域に帰着し、それに対し、高い回転レートは少数の広い標本化区域に帰着するであろう。加えて、多数の検出器がより多くの標本化区域を提供することに使用され得よう。

【0044】

図 7 B に示すように、それぞれ標本化区域 122 a および 122 j に対する強度測定値 I_a および I_j は、窓 36 がキャリアヘッドの眺望を有せず、結果としてレーザービーム 42 は反射されないで、低い。標本化区域 122 b および 122 i は保有リング 84 の真下に配置され、それ故に、強度測定値 I_b および I_i は中間強度であろう。標本化区域 122 c、122 d、...、122 h は基板の真下に配置され、結果として、基板を横切る種々の異なる半径方向位置で比較的大きな強度測定値 I_c 、 I_d 、...、 I_h を生成する。

40

【0045】

図 12 は、幾つかの過渡信号線図 300 - 320 の重なりである。過渡信号線図 300 - 320 のそれぞれは、キャリアヘッドの真下の窓の掃引に関連する間隔にわたる強度データを表す。例えば、線図 300 は、約 1.7 と約 2.7 秒との間の終了点データを示し、線図 320 は、約 350.8 秒と約 351.8 秒との間の終了点データを示す。勿論、過

50

渡信号線図は、後の参照のためにコンピュータ 48 に格納され得る。

【0046】

図12は、終了点の反射された強度信号が、研磨操作中にどのように変化するかを示す。当初、期間300で、基板10の表面上の金属層が削り取られる(jagged)。金属層16は、下地パターン化層14の形状(topology)の故に、かなり当初の凹凸(topography)を有する。この凹凸の故に、光ビームは金属層に突当る際に散乱する。研磨操作が進捗するのに従い、金属層はより平面になり、研磨された金属層の反射度は、期間302 - 308中に増大する。それで、信号強度は着実に安定したレベルへ増大する。期間310 - 320から、金属層16がますます取除かれ酸化物層14を露出するのに従い、全般的な信号強度は減退し、遂に研磨操作は完了する。従って、期間320では、金属の微小量だけが、基板10の中心に残存する。

10

【0047】

基板の表面全体が銅等の金属層で覆われる場合、基板10からの反射は方形のプロファイルを有する。金属層が基板10の縁部から除去されるのに従い、基板からの反射のプロファイルは台形をとる。最終的に金属層が研磨操作によってほとんど除去される際に、基板10からの反射のプロファイルは三角形をとる。

【0048】

過渡信号線図300 - 320は、操作者によってディスプレイ49上で研磨操作中またはその後に観察され得る。操作者は、表示された過渡信号線図を種々の診断およびプロセス制御の決定(それは、金属研磨での反射度測定および酸化物研磨での干渉測定の両方に適用可能であってもよい)のために使用できる。過渡信号線図は、研磨の均一性を最適化するためにプロセスパラメータを選定することに使用され得る。例えば、プレートの回転レート、キャリアヘッド圧力、キャリアヘッド回転レート、キャリアヘッド掃引プロファイル、および、スラリ組成、等のプロセスパラメータを初めて選定した場合、試験ウェハが研磨され得る。高い反射度領域は、金属が基板上に残存する部位を表し、低い反射度領域は、金属が基板上から除去された部位を表す。ノイズの多い過渡信号線図は、金属が基板から平等に除去されなかったことを示し、それに対し、比較的平坦な過渡信号線図は、均一な研磨を示す。結果として、操作者は、選定されたプロセスパラメータの有効性に関して、基板の層厚さを測定器(metrology tool)による測定に助けを求めること(resorting)なく直接の結論を引出すことができる。操作者は、そこで、研磨パラメータを調節し、もう一枚試験ウェハを研磨し、新規の研磨パラメータが研磨の均一性を改善したかどうかを決定する。

20

30

【0049】

操作者は、基板が平面に研磨されたかどうか、および、研磨は停止されるべきかどうかを決定することにも過渡信号線図を審査できる。その上、実際のデバイスウェハの研磨中に基板の一部が過度に遅くまたは過度に早く研磨されていることを操作者が気付いた場合、プロセスパラメータは、研磨が進行中に、研磨レートプロファイルを調節するよう変更され得る。

【0050】

過渡信号線図は、プロセス再現性の測度としても使用され得る。例えば、過渡信号線図が予期される形状から著しく逸脱する場合、これは、研磨機械またはプロセスに何らかの問題があることを指示する。

40

【0051】

加えて、過渡信号線図は、プロセスを「認定」することに使用され得る。詳細には、研磨機械が、新規のセットの消耗品を受入れる場合、例えば、研磨パッドまたはスラリが取換えられる場合、操作者は、研磨の均一性が影響されていないことの検証を希望するであろう。操作者は、消耗品の変更の前および後で研磨された基板に対する過渡信号線図を比較し、研磨の均一性が影響されたかどうかを決定できる。

【0052】

ここで図8に戻ると、ステップ108で、標本化区域122a、122b、...、122j

50

に対応する半径方向位置 R_a 、 R_b 、...、 R_j が決定される。標本化区域の半径方向位置を決定する一つの方式は、測定時間 T_{measure} とプラテン回転レートおよびキャリアヘッド掃引プロファイルとに基づき基板の真下のレーザーの位置を計算することである。残念ながら、実際のプラテン回転レートおよびキャリアヘッド掃引プロファイルは、研磨パラメータと正確に整合しないかもしれない。それ故に、標本化区域の半径方向位置を決定する好ましい方法 130 を図 9 A に示す。最初に、レーザービーム 42 が基板の中央線 124 (図 5 C 参照) の真下を通過する時間 T_{sym} が決定される (ステップ 132)。次に、標本化区域の半径方向位置が、測定時間 T_{measure} と対称時間 T_{sym} との間の時間差から決定される (ステップ 134)。

【0053】

対称時間 T_{sym} を決定する一つの方法は、各掃引から最初と最後の大強度測定値の時間を平均することである、何故なら、これらの強度測定値は基板縁部に対応する筈である。しかし、基板の真下の標本化区域の位置は不明であるので、これは、 T_{sym} に幾らかの不確実性を結果として生じる。

【0054】

図 9 B を参照すると、ステップ 132 で対称時間 T_{sym} を演算するために、コンピュータ 48 は、掃引経路 120 から最初および最後の大強度測定値、すなわち、強度測定値 I_c および I_h を決定し、対応する測定時間 T_{lead} および T_{trail} を格納する。これらの前縁および後縁の時間 T_{lead} および T_{trail} は各掃引につき蓄積され、一連の前縁時間 $T_{\text{lead}1}$ 、 $T_{\text{lead}2}$ 、...、 $T_{\text{lead}N}$ および後縁時間 $T_{\text{trail}1}$ 、 $T_{\text{trail}2}$ 、...、 $T_{\text{trail}N}$ を生成する。コンピュータ 48 は、各前縁スパイク 96 に対して前縁時間 $T_{\text{lead}1}$ 、 $T_{\text{lead}2}$ 、...、 $T_{\text{lead}N}$ および関連するプラテン回転の回数 1、2、...、 N を格納する。同様に、コンピュータ 48 は、各後縁スパイク 98 の後縁時間 $T_{\text{trail}1}$ 、 $T_{\text{trail}2}$ 、...、 $T_{\text{trail}N}$ および関連する回転の回数 1、2、...、 N を格納する。プラテン 24 が実質的に一定のレートで回転することを仮定すると、時間 $T_{\text{lead}1}$ 、 $T_{\text{lead}2}$ 、...、 $T_{\text{lead}N}$ は、実質的に直線的増大する関数を形成する (線 136 で示す)。同様に、時間 $T_{\text{trail}1}$ 、 $T_{\text{trail}2}$ 、...、 $T_{\text{trail}N}$ も、実質的に直線的増大する関数を形成する (線 137 で示す)。コンピュータ 48 は、2つの最小 2 乗法適合を行い、2つの直線的関数 $T_{\text{lead}}(n)$ および $T_{\text{trail}}(n)$ を次のように生成する：

$$T_{\text{lead}}(n) = a_1 + (a_2 \cdot n)$$

$$T_{\text{trail}}(n) = a_3 + (a_4 \cdot n)$$

ここで n はプラテン回転の回数であり、 a_1 、 a_2 、 a_3 および a_4 は最小 2 乗法適用中に計算された適合係数である。適合係数が計算された後に、レーザービーム 42 が中央線 124 (仮想線 138 で示す) を横切る対称時間 T_{sym} が次のように計算され得る：

$$T_{\text{sym}} = \{ (a_1 + a_3) / 2 \} + \{ (a_2 + a_4) / 2 \} n$$

幾つかのプラテン回転にわたり最小 2 乗法を使用して対称時間 T_{sym} を計算することによって、保有リングの真下の標本化区域の相対位置での差に起因する不確実性は実質的に低減され、それによって、対称時間 T_{sym} での不確実性は著しく低減される。

【0055】

コンピュータ 48 が、レーザービーム 42 が中央線 124 を横切る時間 T_{sym} を計算した後に、ステップ 132 で、基板の中心 126 からの各標本化区域 122 a、122 b、...、122 j の半径方向距離 R_a 、 R_b 、...、 R_j が計算される。図 10 を参照すると、半径方向位置は次のように計算され得る：

$$R = (d^2 + L^2 + 2dL \cos \theta)^{1/2}$$

ここで、 d は研磨パッドの中心と窓 36 の中心との間の距離であり、 L は研磨パッドの中心から基板 10 の中心への距離であり、 θ は窓の角度位置である。窓の角度位置は次のように計算され得る：

$$\theta = f_{\text{platen}} \cdot 2 \pi (T_{\text{measure}} - T_{\text{sym}})$$

ここで、 f_{platen} は (r rpm での) プラテンの回転レートである。キャリアヘッドが正弦的パターンで移動することを仮定すると、キャリアヘッドの直線的な位置 L は次のように計

10

20

30

40

50

算され得る：

$$L = L_0 + A \cdot \cos(\omega \cdot T_{\text{measure}})$$

ここで、 ω は掃引周波数であり、 A は掃引の振幅であり、および、 L_0 はキャリア掃引の中心位置である。

【0056】

別の実施の形態では、位置センサ160が、窓が中央線124を横切る時間 T_{sym} の計算に使用され得よう。センサ160はキャリアヘッド80に対向して位置決めされることを仮定すると、フラグ162は透明な窓36から対称に横切り位置決めされるであろう。コンピュータ48は、フラグがセンサの光ビームを遮断する始動時間 T_{start} 、および、フラグが光ビームを邪魔しない始動時間 T_{end} の両方を格納する。時間 T_{sym} は T_{start} および T_{end} の平均として計算されてもよい。なお別の実施の形態では、プラテンおよびキャリアヘッドの位置は、それぞれプラテン駆動モータおよび半径方向駆動モータに接続された光学的エンコーダから、各標本化時間 T_a 、 T_b 、...、 T_h で、決定され得よう。

10

【0057】

標本化区域の半径方向位置 R_a 、 R_b 、...、 R_m が計算された後に、幾つかの強度測定値は軽視され得る。標本化区域の半径方向位置 R が基板の半径より大きい場合、その標本化区域に対する強度測定値は、主として、保有リングで反射された放射、または、窓またはスリからの背景反射を含む。それ故に、主として保有リングの真下にあるいずれの標本化区域に対する強度測定値は無視される。これは、偽の強度測定値が薄膜層の反射された強度の計算に使用されないことを確実にする。

20

【0058】

基板の真下でのレーザービーム42の幾つかの掃引の後に、コンピュータ48は測定時間 T_1 、 T_2 、...、 T_N にそれぞれ関連する、一組の強度測定値 I_1 、 I_2 、...、 I_N 、および半径方向位置 R_1 、 R_2 、...、 R_N を蓄積する。図11を参照すると、ステップ106および108で、強度、時間、および、半径方向位置の測定値が蓄積される際に、ステップ110で時間および強度の測定値がデータ構造140でのビン(bin)内へソートされる。各ビンは標本化区域の半径方向範囲と連係される。例えば、基板の中心から20mmまでに配置される標本化区域に対する強度測定値は、第1のビン142に置かれてもよく(図13A参照)、これは後に検討する、基板の中心から20mmと30mmとの間に配置される標本化区域に対してなされる強度測定値は、第2のビン144に置かれてもよく(図13B参照)、基板の中心から30mmと40mmとの間に配置される標本化区域に対してなされる強度測定値は、第3ビン146に置かれてもよく(図13C参照)、以下も同様である。ビンの厳密な数およびビンの半径方向範囲は、ユーザが引出すことを望む情報に依存する。一般的に、各ビンの半径方向範囲は、視覚的に意味のある情報を提供することに十分な数の強度測定値が蓄積されるように選定されてもよい。

30

【0059】

上記で検討した計算は、各ビンに対して遂行され、それによって、基板の表面を横切る複数の半径方向位置での反射された強度測定値を提供する。半径の関数として薄膜層の当初および最終の反射された強度の線図は、上記で検討した図12だけでなく図13A-13Hにも示される。

40

【0060】

ここで図13A-13Hに戻ると、多数のトレースが示され、それは、反射された強度が基板10上の異なる半径方向位置に対して研磨中にどのように変化するかを表示する。図13A-13Hの図表は、金属層が基板の異なる部分に対して異なるレートで除去されることを図解する。一般的に、図13A-13Hは、基板の中心近くの金属層が最後に除去され、その一方、基板の周辺つまり縁部近くの金属層は最初に取除かれることを示す。例えば、図13Aは、0-20mmの半径範囲内の金属層が約330秒で除去されることを示す。図13Bは、20-30mmの半径範囲内の金属層が約325秒で除去されることを示す。図13Cは、30-40mmの半径範囲内の金属層が約318秒で除去されることを示す。図13Dは、40-50mmの半径範囲内の金属層が約310秒で除去される

50

ことを示す。図13Eは、50 - 60 mmの半径範囲内の金属層が約295秒で除去されることを示す。図13Fは、60 - 70 mmの半径範囲内の金属層が約290秒で除去されることを示す。図13Gは、70 - 80 mmの半径範囲内の金属層が約290秒で除去されることを示し、図13Hは、80 - 90 mmの半径範囲内の金属層が早くも約260秒で除去されることを示す。

【0061】

ここに示すように、半径方向範囲の幾つかに対する反射率トレースは、2つの強度レベル（線160および162で示す）を提示する。2つの強度レベル間の距離は、基板の半径と共に増大する。いずれか特定の理論に限定されることなく、2つの強度レベルは、基板上でスラリ、または、スラリおよび金属層の反応の生成物の非対称配分に起因し得る。詳細には、基板を横切るレーザービームの各掃引につき、2つのデータ点が通常ピンに入力される：基板の前縁に近い一つのデータ点、および、基板の後縁に近い一つのデータ点である。しかし、スラリおよび反応生成物の基板真下の非対称配分の故に、レーザービームは、基板の異なる部位に隣接するスラリ層を通過する際により減衰されてもよい。従って、反射率トレースは、基板の真下のスラリ配分の均一性の測度としても使用されるかもしれない。

10

【0062】

別の実施の形態では、操作者は、単一のピンだけを使用する決定をするかもしれない。この場合、特定の半径方向範囲に対する強度測定値の全てが、単一の強度トレースを決定することに使用され、それは、従来の様式での研磨終了点の決定のために使用される。操作者は、過渡信号線図の検査に基づきこの半径方向範囲を特定できる。例えば、基板の中心が研磨される最後の部分であることを過渡信号線図が示す場合、操作者は基板中心付近の半径方向範囲を選定でき、金属の全てが研磨し尽されるまで終了点が始動されないことを確実にする。

20

【0063】

研磨中の反射強度変化は、このように基板上の異なる半径方向位置に対して捕捉される。高分解能データの取得は、多段階操作での各プロセス段階の正確な時間制御を可能にする。ウェハ全体の均一性およびウェハの異なる半径方向部分に対する除去レート等の大量のパラメータが捕捉される。取得された高分解能データは、種々の変数およびパラメータを調節することにオンラインまたはオフラインで処理されることができ、表面層の侵食および皿状凹みを最少化する。データがリアルタイムで処理される場合、リアルタイムフィードバックデータは、プロセスパラメータによる厳格な閉ループ制御を可能にする。更に、反射データは、研磨プロセスを改善するようプロセス技術者がそのプロセスパラメータにより実験することに利用可能である。

30

【0064】

光学的監視システムによって生成された反射率トレースは、銅の研磨等の、多段階研磨プロセスにおいて特に有用である。図14を参照すると、基板10'は、シリコンウェハ12'、パターン化された酸化物層14'、酸化物層14'の上に配設されたタンタル（Ta）または窒化タンタル（Ta₂N₅）のバリア層18、および、バリア層18の上に配設された銅層16'を含む。図15Aおよび15Bを参照すると、基板10'が研磨されるのに従い、反射率トレース200が、各半径方向区域に対して生成される。各反射率トレースは、金属層の大量除去（平坦な部位202）、金属層の初の一掃およびバリア層への遷移（下落点204）、バリア層の初の一掃および酸化物層への遷移（傾斜での第1の減少点206）、および、バリア層の完全一掃および酸化物層の露出（点208で傾斜での第2の減少およびトレースの平坦化）を図解する。

40

【0065】

当初、基板は高選択度スラリ、例えば、Cabot 5001により研磨される。金属層16'の大量研磨は、バリア層18への初の一掃まで進行する。この点で、金属は依然バリア層18の一部の上であり得るが、しかし、バリア層は少なくとも一つの部位で露出されるであろう。光学的監視システムは、このバリア層の初の一掃を検出できる。詳細に

50

は、下落し始める最初の反射率トレースは、バリア層 18 が関連する半径方向区域において露出された指示として使用され得る。光学的監視システムがバリア層の初の露出を検出する際に、高選択度スラリによる研磨は停止され、低選択度スラリ、例えば、Arch Cu10k による研磨が開始される。低選択度スラリによる研磨は、金属層 16' およびバリア層 18 の全てが除去されるまで継続する。全ての金属層 16' およびバリア層 18 の完全な除去は、反射率トレースの全てが横這い状態になった際に指示されてもよい。この点で、研磨操作は完了される。バリア層の初の一掃で高選択度スラリから低選択度スラリへの信頼できる切替えによって、皿状凹みおよび侵食は著しく低減される。加えて、全ての反射率トレースが指示した後だけに研磨を停止することによって、バリア層の完全な除去が確実にされ得る。

10

【0066】

本発明が好ましい実施の形態に関して説明された。しかし、本発明は、図示され説明された実施の形態に限定されない。むしろ、本発明の範囲は、付属の特許請求の範囲によって定義される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】化学機械的研磨装置の分解斜視図である。

【図 2】光学的反射率計を含む化学機械的研磨装置の側面図である。

【図 3】処理される基板の単純化断面図であり、基板に突当り、それから反射するレーザービームを概略的に示す。

【図 4】測定された反射率トレースを任意の強度単位 (a . u .) で示す線図である。

20

【図 5 A】研磨パッドにある窓の位置をプラテンが回転するのに従い示す単純化平面図である。

【図 5 B】研磨パッドにある窓の位置をプラテンが回転するのに従い示す単純化平面図である。

【図 5 C】研磨パッドにある窓の位置をプラテンが回転するのに従い示す単純化平面図である。

【図 5 D】研磨パッドにある窓の位置をプラテンが回転するのに従い示す単純化平面図である。

【図 5 E】研磨パッドにある窓の位置をプラテンが回転するのに従い示す単純化平面図である。

30

【図 6】CMP 中に金属層の研磨の終了点を決定する方法のフローチャートである。

【図 7 A】キャリアヘッドの真下のレーザーの経路を示す概略図である。

【図 7 B】キャリアヘッドの真下の窓の単一扫引によって生成される反射率トレースの仮説的部分を示す線図である。

【図 8】レーザーの経路から標本化区域の半径方向位置を示す概略図である。

【図 9 A】標本化区域の半径方向位置を決定する方法のフローチャートである。

【図 9 B】レーザービームが基板の前縁および後縁の真下を通過する時間をプラテンの回転回数に関数として示す線図である。

【図 10】標本化区域の半径方向位置の計算を示す概略図である。

【図 11】強度測定値を格納するデータ構造の概略図である。

40

【図 12】異なる時間に取りられた幾つかの反射率トレースの重なりを示す線図である。

【図 13 A】金属層の反射強度を基板の中心からの距離の関数として研磨期間にわたり示す線図である。

【図 13 B】金属層の反射強度を基板の中心からの距離の関数として研磨期間にわたり示す線図である。

【図 13 C】金属層の反射強度を基板の中心からの距離の関数として研磨期間にわたり示す線図である。

【図 13 D】金属層の反射強度を基板の中心からの距離の関数として研磨期間にわたり示す線図である。

【図 13 E】金属層の反射強度を基板の中心からの距離の関数として研磨期間にわたり示

50

す線図である。

【図 1 3 F】金属層の反射強度を基板の中心からの距離の関数として研磨期間にわたり示す線図である。

【図 1 3 G】金属層の反射強度を基板の中心からの距離の関数として研磨期間にわたり示す線図である。

【図 1 3 H】金属層の反射強度を基板の中心からの距離の関数として研磨期間にわたり示す線図である。

【図 1 4】バリア層を持つ基板の単純化断面図である。

【図 1 5 A】図 1 4 に示す基板の研磨中の反射率トレースを示す線図である。

【図 1 5 B】図 1 4 に示す基板の研磨中の反射率トレースを示す線図である。

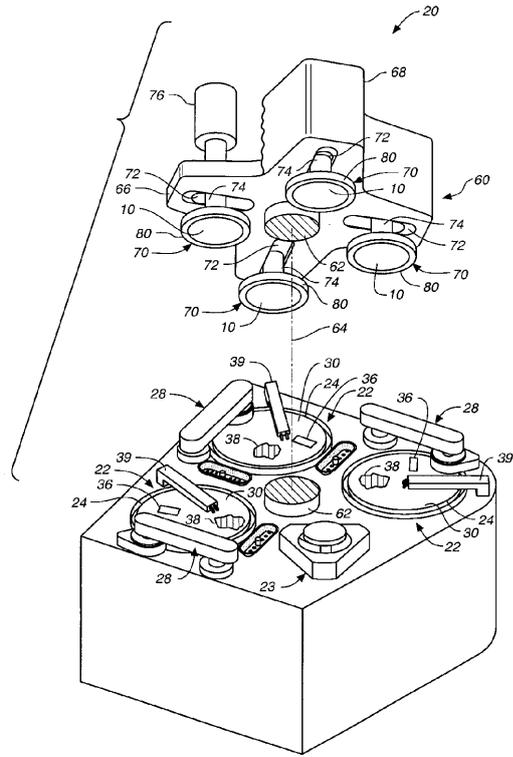
【符号の説明】

1 0 ... 基板、1 2 ... シリコンウェハ、基板、1 4 ... 下地パターン化層、下地層、酸化物層、1 6 ... 金属層、銅層、1 8 ... バリア層、2 0 ... 研磨装置、2 2 ... 研磨ステーション、2 3 ... 転送ステーション、2 4 ... プラテン、2 5 ... 中心軸、軸、2 6 ... 孔、2 8 ... パッドコンディショナ装置、3 0 ... 研磨パッド、3 2 ... 裏打層、3 4 ... 上張層、3 6 ... 窓、3 8 ... スラリ、3 9 ... リンスアーム、4 0 ... 反射率計、4 2 ... レーザービーム、4 2 ... 光ビーム、光レーザービーム、4 4 ... レーザー、光源、4 6 ... 検出器、4 8 ... コンピュータ、デジタルコンピュータ、4 9 ... ディスプレイ、4 9 ... 出力装置、6 0 ... カラセル、6 2 ... 中心支柱、6 4 ... カラセル軸、6 6 ... カラセル支持プレート、6 8 ... カバー、7 0 ... キャリアヘッドシステム、7 2 ... 半径方向スロット、7 4 ... キャリア駆動シャフト、7 6 ... キャリアヘッド回転モータ、8 0 ... キャリアヘッド、8 1 ... 中心軸、8 2 ... 可撓性膜、8 4 ... 保有リング、8 6 ... チャンバ、8 8 ... 下側表面、9 0 ... 反射率トレース、9 0 ... 強度波形、9 0 ... 波形、終了点波形、過渡強度波形、9 4 ... 背景、背景レベル、9 7 ... 上位レベル平坦域、9 8 ... 中間レベル平坦域、中間平坦域、各後縁スパイク、1 2 0 ... 掃引経路、1 2 2 a ~ 1 2 2 j ... 標本化区域、1 2 4 ... 中央線、1 2 6 ... 中心、1 3 6 , 1 3 7 , 1 6 0 ... 線、1 3 8 ... 仮想線、1 4 0 ... データ構造、1 6 0 ... センサ、位置センサ、1 6 2 ... フラグ、2 0 0 ... 反射率トレース、2 0 2 ... 部位、2 0 4 ... 下落点、2 0 6 ... 減少点、3 0 0 , 3 2 0 ... 線図、3 0 0 ... 期間、過渡信号線図、3 0 2 , 3 1 0 ... 期間。

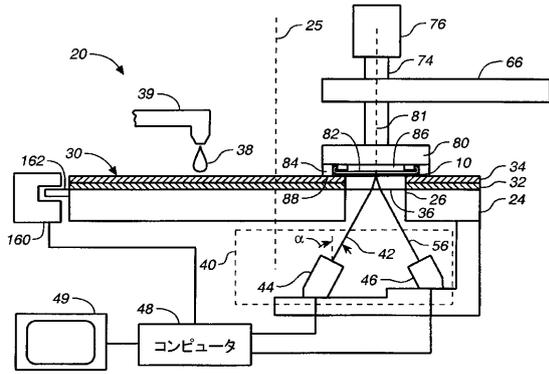
10

20

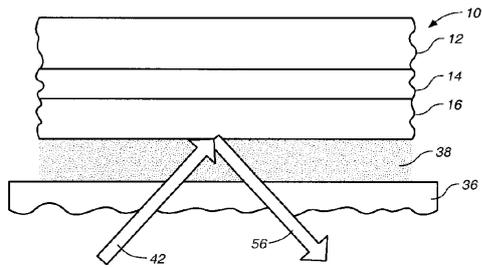
【図1】



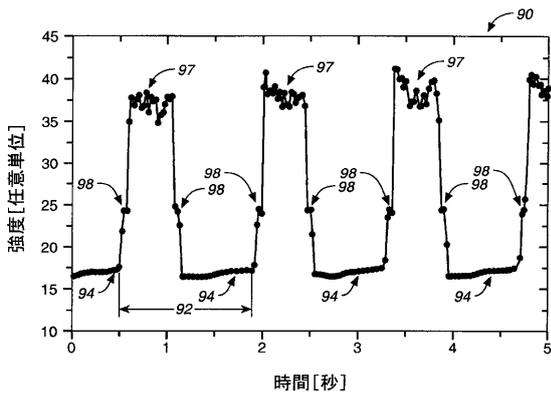
【図2】



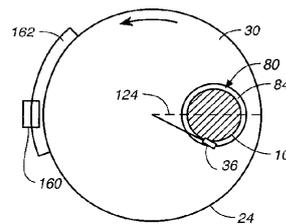
【図3】



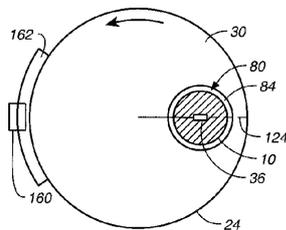
【図4】



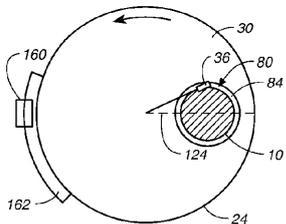
【図5B】



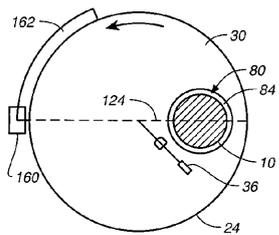
【図5C】



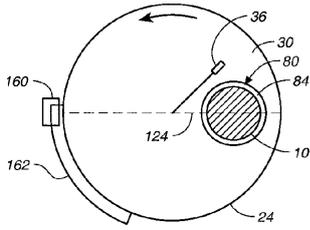
【図5D】



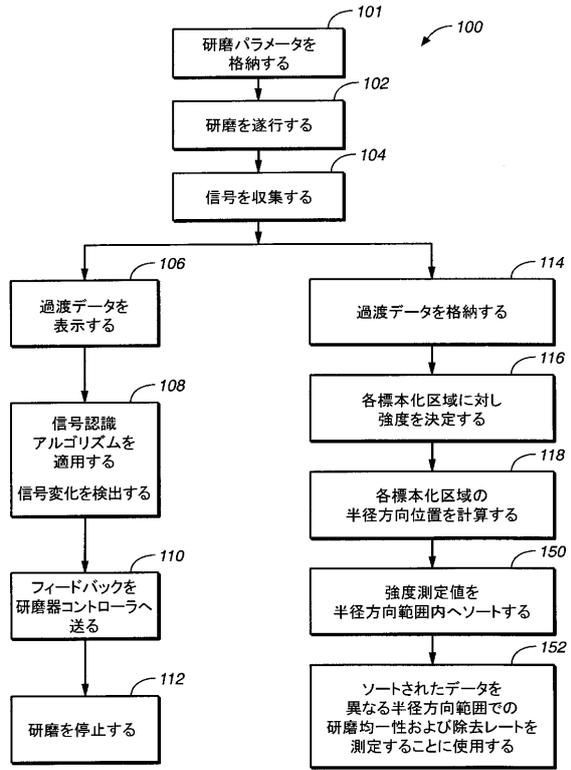
【図5A】



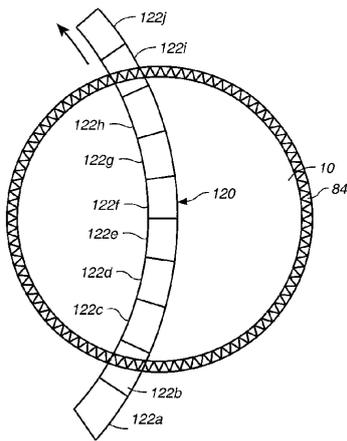
【図 5 E】



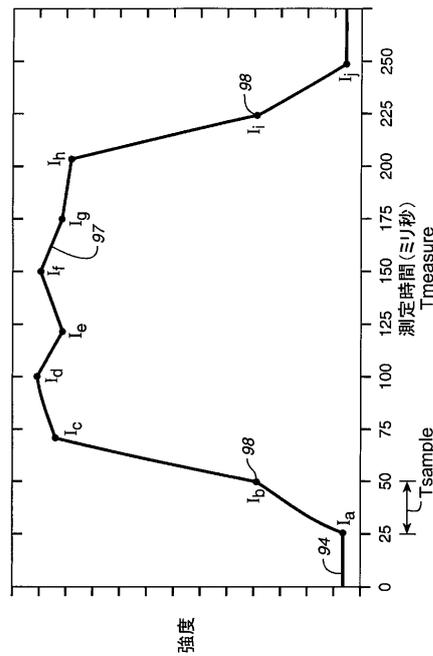
【図 6】



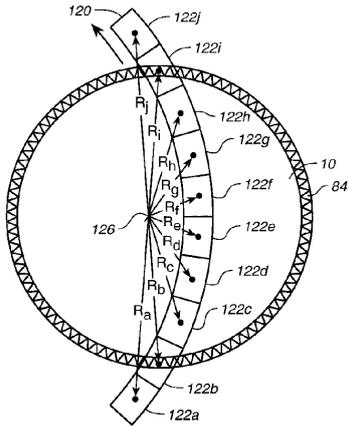
【図 7 A】



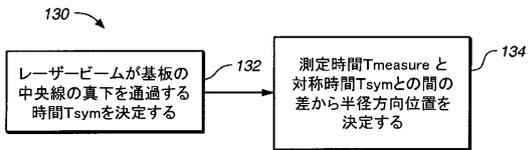
【図 7 B】



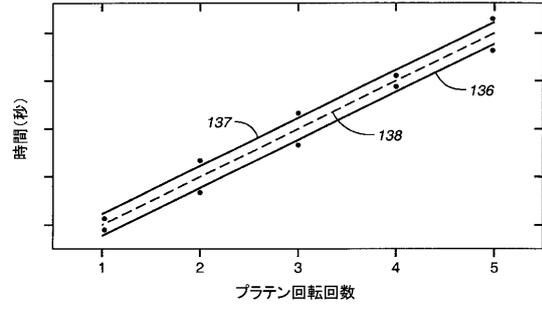
【図 8】



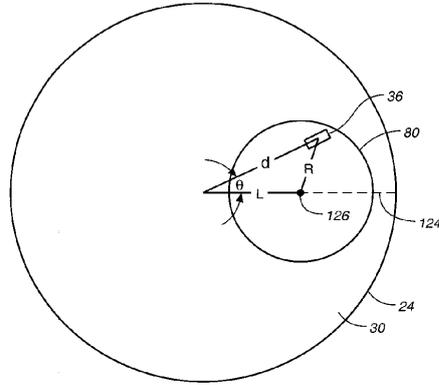
【図 9 A】



【図 9 B】



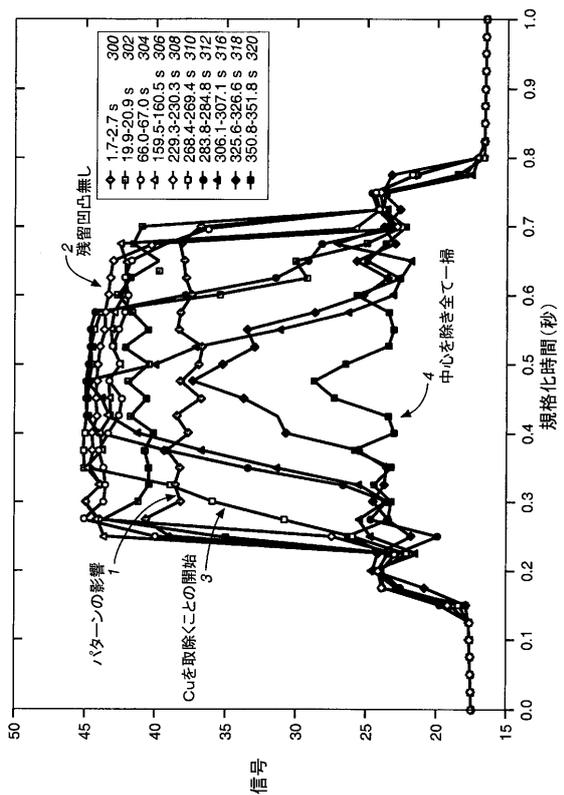
【図 10】



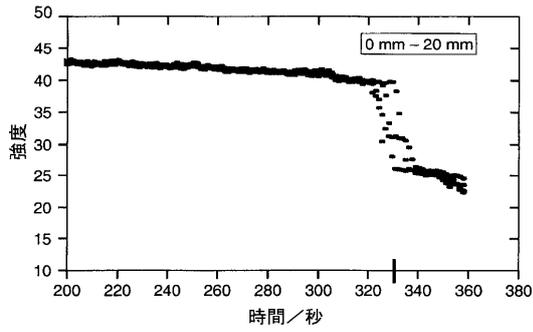
【図 11】

142	ピン1	I_1	I_{15}	I_{24}
144	ピン2	t_2	t_{17}	t_{19}
	ピン3	I_3	I_{12}		
		t_3	t_{12}		

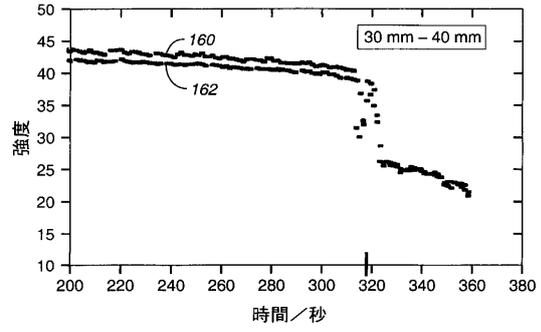
【図 12】



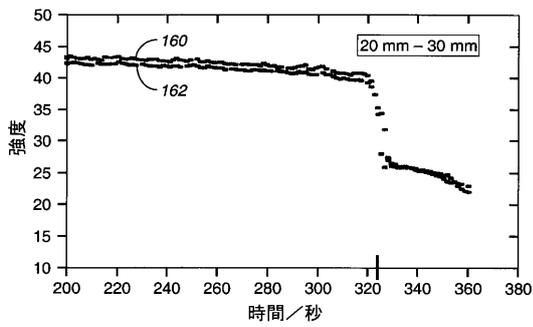
【図 1 3 A】



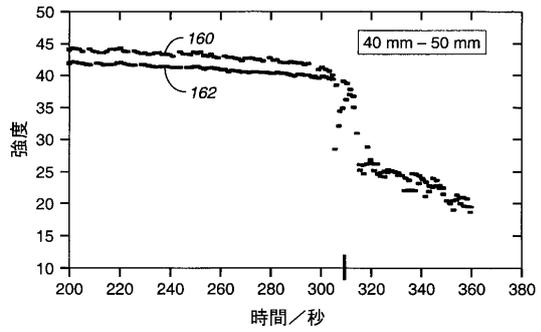
【図 1 3 C】



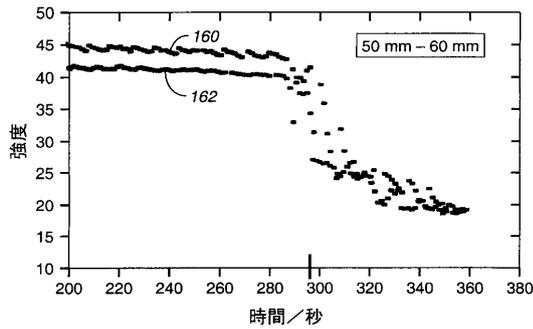
【図 1 3 B】



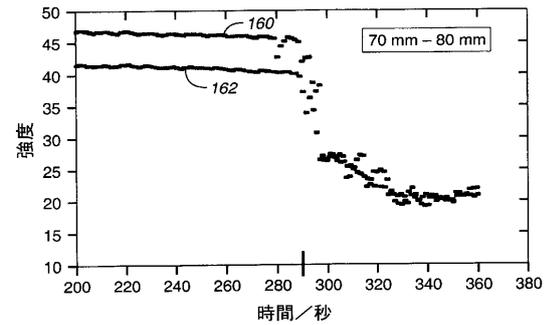
【図 1 3 D】



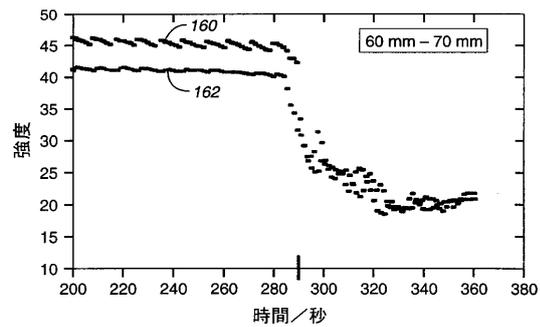
【図 1 3 E】



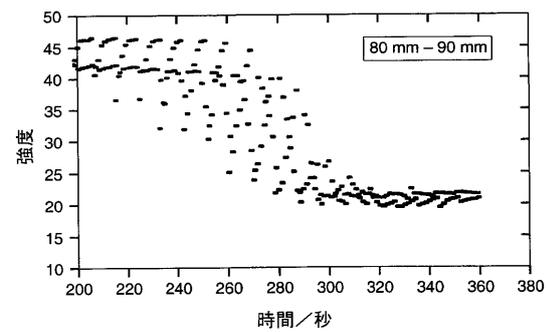
【図 1 3 G】



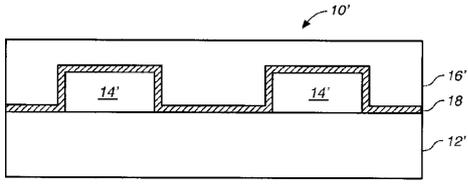
【図 1 3 F】



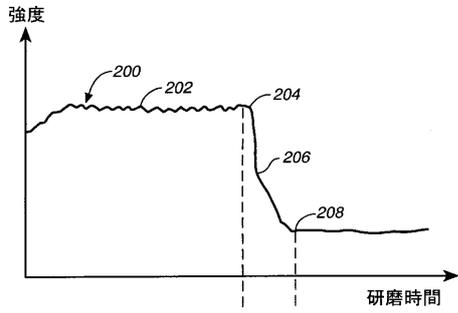
【図 1 3 H】



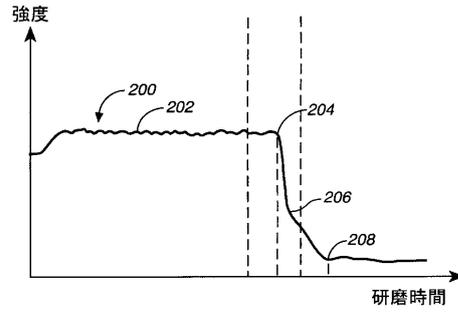
【圖 14】



【圖 15 A】



【圖 15 B】



フロントページの続き

- (72)発明者 ブレット ダブリュー アダムズ
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サニーヴェイル, メサ オーク コート 9 4 6
- (72)発明者 ボグスロー スウェデク
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, ウィロー レイク レーン 1 6 4 9
- (72)発明者 ラジーヴ バジャジュ
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フリーモント, スカイー ロード 4 3 6 5 1
- (72)発明者 サヴィサ ナンジャングド
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, ヴァルハラ コート 1 7 7 1
- (72)発明者 アンドレアス ノルベルト ヴィスヴェッサー
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, マウンテン ヴュー, ルース コート 7 7 5
- (72)発明者 スタン ディ. ツアイ
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フリーモント, デッカー テラス 5 4 4 4
- (72)発明者 デイヴィッド エー. チャン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サニーヴェイル, グラックル ウェイ 1 5 7 1
- (72)発明者 フレッド シー. レデカー
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フリーモント, シオックス ドライブ 1 8 0 1
- (72)発明者 マヌーチャ ピラング
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, ロス ガトス, ファーヴル リッジ ロード 1 8 8
3 6

審査官 太田 良隆

- (56)参考文献 特開平07-235520(JP,A)
特開平10-214834(JP,A)
特開平11-111657(JP,A)
特開2000-012543(JP,A)
特開平08-330260(JP,A)
特開平09-007985(JP,A)
特許第4575539(JP,B2)
特許第4484370(JP,B2)
特開2000-150435(JP,A)
特開2002-118084(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L21/304
B24B37/00 - 37/04
B24B49/12
G01B11/30