

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6397896号
(P6397896)

(45) 発行日 平成30年9月26日 (2018. 9. 26)

(24) 登録日 平成30年9月7日 (2018. 9. 7)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/304 (2006. 01)

B 2 4 B 37/00 (2012. 01)

B 2 4 B 49/10 (2006. 01)

H O 1 L 21/304 6 2 2 Z

H O 1 L 21/304 6 2 2 R

H O 1 L 21/304 6 2 2 X

H O 1 L 21/304 6 2 1 D

B 2 4 B 37/00 Z

請求項の数 15 (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-511785 (P2016-511785)
 (86) (22) 出願日 平成26年4月28日 (2014. 4. 28)
 (65) 公表番号 特表2016-517185 (P2016-517185A)
 (43) 公表日 平成28年6月9日 (2016. 6. 9)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2014/035756
 (87) 国際公開番号 W02014/179241
 (87) 国際公開日 平成26年11月6日 (2014. 11. 6)
 審査請求日 平成29年4月26日 (2017. 4. 26)
 (31) 優先権主張番号 13/874, 495
 (32) 優先日 平成25年5月1日 (2013. 5. 1)
 (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 バウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 110002077
 園田・小林特許業務法人
 (72) 発明者 チュー, シオン イエウ
 シンガポール国 カン クレセント 68
 1690, チョア チュー, ブロック
 690エー, 07-110番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 S i 貫通電極露出処理の音響的なモニター及び制御のための装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ディスク形状のベースであって、その表面の上に研磨パッドを受容するように構成され、少なくとも1つの貫通孔を有するディスク形状のベース、及び

前記少なくとも1つの貫通孔内に受容された音響センサであって、前記研磨パッドのベース側表面の非貫通孔の中に受容される、前記ディスク形状のベースの前記表面から突出する部分を有し、コントローラに電気的に連結されるように構成される音響センサを備える化学機械研磨 (CMP) 装置用プラテン。

【請求項 2】

前記ディスク形状のベースに取り付けられる研磨パッドを更に備え、前記研磨パッドが、そのベース側表面上に、前記音響センサの、前記ディスク形状のベースの前記表面から突出する部分を中に受容するように構成される非貫通孔を有する、請求項 1 に記載のプラテン。

【請求項 3】

前記少なくとも1つの貫通孔が、前記ディスク形状ベースのほぼ中央に、又は中央から約5インチ (約12.7センチ) 径方向外側に、又は中央から約10インチ (約25.4センチ) 径方向外側に位置決めされる、請求項 1 に記載のプラテン。

【請求項 4】

前記音響センサが、前記ディスク形状のベースの前記表面から約50ミル (約1.27ミリメートル) 突出する、請求項 1 に記載のプラテン。

10

20

【請求項 5】

化学機械研磨（CMP）プロセスを実行するように構成されるCMP装置であって、
研磨パッドを受容するように構成されたプラテン、
研磨される基板を保持するように構成される基板ホルダ、
音響センサであって、前記CMPプロセス中に前記プラテン上に位置する研磨パッド内
に受容可能となるために前記音響センサの一部が前記プラテンの表面から突出するように
前記プラテンに組み込まれる音響センサ、及び

前記音響センサに電氣的に連結され、TSV（Si貫通電極）の破損を検出するために
前記音響センサから受信される1つ又は複数の信号を分析するように構成される音響プロ
セッサ

10

を備え、前記プラテン又は前記基板ホルダが、前記基板と前記研磨パッドを互いに接触さ
せるように構成される、CMP装置。

【請求項 6】

前記音響プロセッサが、TSVの破損の検出に応答して、オペレータに自動的に通知す
るように更に構成される、請求項5に記載のCMP装置。

【請求項 7】

前記音響プロセッサが、TSVの破損の検出に応答して、押下力を減少させること、回
転速度を減少させること、又はその両方によって、TSVの破損の検出に応答して、前記
CMPプロセスを自動的に停止又は修正するように更に構成される、請求項5に記載のC
MP装置。

20

【請求項 8】

前記音響センサが、約100～500kHzの領域にわたって平坦な周波数応答を備え
、且つ約50～100Hzの領域を有するハイパスフィルタを備える、請求項5に記載の
CMP装置。

【請求項 9】

前記音響センサが、約40～60dBのゲインで音響信号を増幅する、請求項5に記載
のCMP装置。

【請求項 10】

研磨パッドをさらに備え、前記プラテンの前記表面から突出する前記音響センサの一部
が前記研磨パッド内に受容されるように、前記音響センサが前記プラテンに組み込まれる
、請求項5に記載のCMP装置。

30

【請求項 11】

前記音響センサが、前記プラテンのほぼ中央で、又は中央から約5インチ（約12.7
センチ）径方向外側で、又は中央から約10インチ（約25.4センチ）径方向外側で、
前記プラテンに組み込まれる、請求項5に記載のCMP装置。

【請求項 12】

Si貫通電極（TSV）露出処理をモニター且つ制御する方法であって、
TSVの破損事象を特定する処理を実行することであって、
突出するTSVスタブを有しない第1の設定基板を用いて基本音響信号を記録するこ
と、

40

突出するTSVスタブを有する第2の設定基板を用いてTSV破損音響信号を記録す
ること、

前記基本音響信号と前記TSV破損音響信号とを比較して、TSVの破損事象を示す
信号スパイクを特定することを含む、実行すること、

化学機械研磨（CMP）プロセスを使用して基板を処理すること、

前記CMPプロセスの音響放出を感知すること、及び

前記TSVの破損事象を特定する処理の間に特定された、TSV破損事象を示す前記信
号スパイクに基づいてTSVの破損を検出するために、前記音響放出を分析すること
を含む方法。

【請求項 13】

50

T S Vの破損の検出に応答して、オペレータに自動的に通知することを更に含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

T S Vの破損の検出に応答して、前記 C M P プロセスを自動的に停止又は修正することを更に含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記自動的に修正することが、T S Vの破損の検出に応答して、押下力を減少させること、回転速度を減少させること、又はその両方によって、前記 C M P プロセスを自動的に修正することを含む、請求項 1 4 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

関連出願

【0001】本出願は、2013年5月1日に出願された「APPARATUS AND METHODS FOR ACOUSTICAL MONITORING AND CONTROL OF THROUGH-SILICON-VIA REVEAL PROCESSING」（代理人整理番号第20654号）と題する米国非仮特許出願第13/874,495号から優先権を主張し、あらゆる目的のためにその全体が参照により本明細書に組み込まれている。

【0002】

20

【0002】本発明は、概して、半導体装置の製造、より具体的には、T S V（S i 貫通電極）の背面化学機械研磨に関する。

【背景技術】

【0003】

【0003】化学機械平坦化としても知られる化学機械研磨（C M P）は、半導体基板上の集積回路（I C）の製造において通常使用されるプロセスである。C M P プロセスは、部分的に処理された基板から形態的な特徴及び材料を取り除き、後続する処理のために平坦な表面を生成することができる。C M P プロセスでは、基板の表面に対して押し付けられる1つ又は複数の回転研磨パッド上に、研磨剤及び/又は化学的に活性な研磨溶液が使用される場合がある。基板は、基板を回転させる基板ホルダ内で保持されることができ、基板ホルダは、更に、回転研磨パッドの表面にわたって基板を前後に振動させることができる。

30

【0004】

【0004】I Cの製造においては、3 D パッケージングを使用して、回路機能及び/又はコンパクトな設置面積におけるパフォーマンスを向上させることができる。3次元パッケージングには、積層されたI Cチップを電氣的に接続するためにT S V（S i 貫通電極）を使用して、交互に積層したI Cチップを相互接続することが伴う場合がある。T S Vは、基板を通して延在する垂直な導電体である。基板の背面からT S Vにアクセスするためには（下方の別のI Cに引き続き電気接続することを目的として）、C M PをT S V露出処理（T S V r e v e a l p r o c e s s）で使うことができる。T S V露出処理は、基板の背面を磨き且つエッチングし、T S Vを裏側表面から突出するスタブ（s t u b）として露出させることを含んでもよい。次に、誘電体膜を裏側表面上に堆積することができる。C M Pを使用して、突出するスタブを取り除き、裏側表面を研磨して誘電体膜の厚みを所望する厚みにすることができ、T S V露出処理が完成する。しかしながら、T S Vの破損（すなわち、1つ又は複数のスタブの破損）が生じる場合があり、これによって基板が破壊される場合がある。したがって、T S V露出処理の改善が望まれる。

40

【発明の概要】

【0005】

【0005】1つの態様によると、化学機械研磨（C M P）装置用プラテンが提供される。プラテンは、表面の上に研磨パッドを受容するように構成され、少なくとも1つの貫

50

通孔を有するディスク形状のベース、及び少なくとも1つの貫通孔内に受容され、且つディスク形状のベースの表面から突出する音響センサであって、コントローラに電氣的に連結されるように構成される音響センサを備える。

【0006】

【0006】別の態様によると、CMPプロセスを実行するように構成される化学機械研磨（CMP）装置が提供される。CMP装置は、研磨パッドを備えるプラテン、研磨される基板を保持するように構成される基板ホルダを備え、プラテン又は基板ホルダが、基板と研磨パッドを互いに接触させるように構成され、CMPプロセス中に研磨パッド又は基板に近接するように位置決めされる音響センサ、及び音響センサに電氣的に連結され、TSV（Si貫通電極）の破損を検出するために音響センサから受信される1つ又は複数の信号を分析するように構成される音響プロセッサを備える。

10

【0007】

【0007】更なる態様によると、TSV（Si貫通電極）露出処理をモニター且つ制御する方法が提供される。この方法は、化学機械研磨（CMP）プロセスを使用して基板を処理すること、CMPプロセスの音響放出を感知すること、及びTSVの破損を検出するために音響放出を分析することを含む。

【0008】

【0008】本発明の更に他の態様、特徴、及び利点は、以下の詳細な説明から容易に明らかになることができ、本発明を実行するために企図されるベストモードを含む数々の例示的な実施形態及び実装形態が記載且つ図示される。本発明は、他の実施形態及び異なる実施形態を更に含んでもよく、その幾つかの詳細は、すべて本発明の範囲から逸脱しない限り、様々な側面で修正してもよい。したがって、図面及び説明は、事実上例示的であるとみなすべきであり、限定的であるとみなすべきではない。図面は、必ずしも縮尺どおりではない。本発明は、本発明の範囲に含まれるすべての修正例、同等物、及び代替例を含む。

20

【図面の簡単な説明】

【0009】

【0009】以下で説明される図面は、例示のみを目的としている。図面は、決して本発明の範囲を限定することが意図されていない。

【図1】先行技術に従って、TSVの破損を有しないTSV（Si貫通電極）露出処理を経ている半導体基板の連続する断面図を示す。

30

【図2】先行技術に従って、破損を有しないTSVを示す。

【図3】先行技術に従って、TSVの破損を有するTSVの破損を有する半導体基板の断面図を示す。

【図4】先行技術に従って、破損を有するTSVを示す。

【図5】実施形態に係る化学機械研磨（CMP）システムの概略部分側面図を示す。

【図6A】実施形態に従って、CMPシステムのプラテンの上面図を示す。

【図6B】実施形態に従って、CMPシステムのプラテン及び研磨パッドの側断面図（図6Aの線6B-6Bに沿って切り取った）を示す。

【図7】実施形態に従って、TSV露出処理をモニター且つ制御する方法のフロー図を示す。

40

【発明を実施するための形態】

【0010】

【0017】これより、添付の図面に示される本開示の例示的な実施形態を詳細に参照する。可能な限り、同じ部分又は類似部分を参照するために、図面全体にわたって、同じ参照番号が使用される。

【0011】

【0018】1つの態様では、CMP（化学機械研磨）を使用するTSV（Si貫通電極）露出処理は、TSVの破損を検出し、且つそれに自動的に応答するために、音響的にモニター且つ制御されてもよい。幾つかのIC製造プロセスにおいては、TSVの破損は

50

、CMPの間により頻繁に起こる場合があり、TSVアスペクト比（すなわち、TSVの直径に対する露出したTSVスタブの高さ）は高い（例えば、小さい直径を有するTSV）場合がある。高アスペクト比のTSVによって、ICが、より高い密度のチップ間の相互接続を有することが可能になる場合がある。しかしながら、高アスペクト比TSVでは、剛性がより低い場合があり、結果として、基板の裏側表面から露出したTSVスタブを取り除くCMPプロセス中に破損がより起きやすい。

【0012】

【0019】1つ又は複数の音響センサは、CMPシステム内に位置決めされ、CMPプロセス中に音響放出を受信することができる。1つ又は複数の音響センサは、例えば、基板ホルダ及び/又は研磨パッドプラテンに連結されてもよい。幾つかの実施形態では、研磨パッドプラテンは、その中に組み込まれ、研磨パッドプラテン上に取り付けられる研磨パッド内に延在する1つ又は複数の音響センサを有してもよい。

10

【0013】

【0020】幾つかの実施形態では、1つ又は複数の音響センサによって受信される音響放出は、システムコントローラ及び/又は音響プロセッサによって分析され、TSVの破損を検出することができる。音響プロセッサは、CMPシステムコントローラの一部、又は代替的に、CMPシステムコントローラに連結される別個の独立型構成要素であってもよい。TSVの破損の検出にตอบสนองして、システムコントローラ及び/又は音響プロセッサは、1つ又は複数の是正措置を自動的に開始することができる。例えば、幾つかの実施形態では、オペレータは、TSVの破損を通知されることができる。追加的に又は代替的に、CMPプロセスは、システムコントローラ及び/又は音響プロセッサ内で予めプログラムされ得るように、例えば、所定の量で基板又は研磨パッドの押下力を他方に対して減少させることによって、所定の量で研磨パッド及び/又は基板の回転速度を減少させることによって、及び/又はその両方の組み合わせによって、自動的に修正されてもよい。幾つかの実施形態では、CMPプロセスは、TSVの破損の検出にตอบสนองして、自動的に停止及び/又はシステムコントローラのエンドポイントルーチンに制御移行されてもよい。

20

【0014】

【0021】他の態様では、図1Aから図7に関連して以下でより詳しく説明されるように、TSV露出処理をモニター且つ制御する方法が提供される。

【0015】

30

【0022】図1Aから図1Cは、先行技術に従って、BVR（裏側ビア露出（back side via reveal））CMPプロセスと呼ばれ得るTSV露出処理を経ている基板100を示す。図1Aは、TSV露出処理によって部分的に処理された裏側表面102Aを有する基板100を示す。基板100は、シリコン基層104、金属（例えば、銅）層105、金属層106から延在し、且つシリコン基層104を越えて突出する複数のTSV108、TSV108及び金属層106を覆うバリア層110、及び裏側表面102Aを覆う誘電体層112を有してもよい。幾つかの製造プロセスでは、TSV108は、約2µmから約4µmの範囲に及び得るシリコン基層104を上回る高さHを有してもよく、これは、TSV108からTSV108へと変動し得る。裏側表面102Aを有する基板100は、図1B及び図1Cに示される更なるTSV露出処理のためのCMPシステムで受容されてもよい。

40

【0016】

【0023】図1Bは、更に処理された裏側表面102Bを有する基板100を示し、誘電体層112及びバリア層110は、CMPプロセスによって、TSV108の上面109から取り除かれた可能性がある。CMPプロセスは、TSVの破損が起きないという条件の下、図1Cの裏側表面102Cが生成されるまで、基板100の裏側表面102Bから材料を取り除くこと、及び/又は、基板100の裏側表面102Bを研磨することを継続する場合がある。図1Cで示されるように、TSV108は、誘電体層112の表面113と面一であってもよく、又は、幾つかの製造プロセスでは、所望される薄さの誘電体層112が得られるまで、微妙により低くてもよい。図示されるように、幾つかの銅の

50

ディッシング 111 が TSV 108 の端面上で起こり得る。最終的なソフトバフが提供される場合があり、それにより、表面の仕上げが制御され、表面の小さな傷や欠陥が取り除かれる。TSV の破損が起きなかった場合、基板 100 の最終的な表面の状態は、TSV 露出処理が完了したときに図 1C に示されるように見える場合がある。

【0017】

【0024】図 2 は、TSV の破損なく TSV 露出処理が完了したときに、TSV 208 及び周囲の裏側基板表面 202 を有する基板 200 の顕微鏡写真を示す。

【0018】

【0025】図 3 は、先行技術に係る、TSV の破損を有する処理済裏側表面 302 を有する基板 300 を示す。TSV の破損によって、基板の表面にわたって再加工不能なスクラッチ及び／又は傷が生じる場合があり、これにより、IC チップの収率及び信頼性に悪影響が及ぶ場合がある。基板 300 は、シリコン基層 304、金属（例えば、銅）層 306、TSV 308a 及び 308b、バリア層 110、及び誘電体層 312 を有してもよい。TSV 308b は、CMP プロセス中に壊れてしまった場合がある。この破損により、処理中にシリコン基層 304 を金属汚染に曝し得る酸化物のガウジング (oxide gouging) 315 が引き起される場合がある。幾つかの実施形態では、TSV 308b は、例えば、比較的柔らかい材料である銅で形成されてもよい。TSV の破損によって生じるシリコン基層 304 上の銅の汚れは、ポストパッケージング電気テスト (post-packaging electrical testing) の間、IC の品質及び／又は信頼性に潜在的に影響を及ぼす場合がある。

【0019】

【0026】図 4 は、TSV の破損が起きた後の、TSV 408 及び周囲の裏側基板表面 402 を有する基板 400 の顕微鏡写真を示す。図示されているように、表面の実質的なスクラッチ及び傷は、CMP プロセス中の TSV 408 の破損の後に生じる場合がある。更に、TSV の破損によって引き出された可能性のある金属粒によって、例えば、金属パッド 414（すなわち、TSV 408 の上面）が更なる処理に必要とされる 1 つ又は複数の仕様を満たさなくなる場合があり、これにより、IC の収率及び／又は信頼性に更に影響が及ぶ場合がある。

【0020】

【0027】図 5 は、1 つ又は複数の実施形態に係る化学機械研磨 (CMP) システム 500 を示す。CMP システム 500 は、研磨パッド 516 と接触する基板 501 を保持するように構成されてもよく、TSV 露出処理の一部として基板 501 上で CMP プロセスを実行するために使用されてもよい。基板 501 は、部分的に又は完全に形成されたトランジスタ及びその中に形成される複数の TSV を含むパターン化されたウエハなどのケイ素含有ウエハであってもよい。TSV 露出処理を基板 501 上で実行することができるように、基板 501 を第 2 キャリアウエハ又は他の適切なバックングに付着（例えば、接着剤を介して）させてもよい。研磨パッド 516 は、プラテン 518 上に取り付けられてもよく、プラテン 518 は、ディスク形状であってもよく、シャフト 520 によってプラテン 518 に連結される適切なモータ（図示せず）によって回転する。プラテン 518 は、約 10 ~ 200 rpm の間で回転してもよい。他の回転速度を用いてもよい。

【0021】

【0028】基板 501 は、基板ホルダ 522 内で保持されてもよい。基板ホルダは、更にリテーナ又はキャリアヘッドと呼ぶことができる。幾つかの実施形態では、基板 501 は、真空を介して基板ホルダ 522 に保持されてもよい。他の適切な基板保持技法を使用してもよい。幾つかの実施形態では、基板ホルダ 522 は、研磨パッド 516 と接触するように及び研磨パッド 516 から離れるように、基板 501 を移動させる（すなわち、図示のように上下に）ように構成されてもよい。基板ホルダ 522 を、回転させてもよく、幾つかの実施形態では、研磨パッド 516 が基板 501 の裏側表面と接触して回転するにつれて、研磨パッド 516 の表面にわたって前後に振動させてもよい。幾つかの実施形態では、基板ホルダ 522 の振動速度は、約 0.1 mm / 秒と 5 mm / 秒の間であっても

よい。他の振動率を用いてもよい。幾つかの実施形態では、基板ホルダ522は、約10～200rpmの間で回転させてもよい。他の回転速度を用いてもよい。振動は、研磨パッド516の中央部分と径方向側との間で生じる場合がある。幾つかの実施形態では、基板ホルダ522は、カリフォルニア州サンタクララのApplied Materials, Inc. から入手可能な輪郭形状の5ゾーン圧力ヘッド(Contour, 5-zone pressure head)であってもよい。

【0022】

【0029】他の実施形態では、研磨パッド516/プラテン518と基板501/基板ホルダ522の位置を逆にしてもよい。つまり、研磨パッド516とプラテン518は、オーバーヘッドアセンブリ又は研磨ヘッドの一部であってもよく、又はそれに取り付けられてもよい。オーバーヘッドアセンブリ又は研磨ヘッドは、研磨パッド516を、基板ホルダ522内で保持される基板501の裏側表面から離れるように上方に、且つそれと接触するように下方に移動させるように構成される。

【0023】

【0030】スラリー524(化学研磨液)を研磨パッド516に適用し、分配器526によって研磨パッド516と基板501との間に挿入してもよい。分配器526は、1つ又は複数の適切なコンジットを介してスラリー供給器528に連結されてもよい。ポンプ530、バルブ532、又は他の液体搬送及び移送機構は、研磨パッド516の表面に計量された量のスラリー524を供給することができる。幾つかの実施形態では、分配器526によって、スラリー524を基板501の前の研磨パッド516の表面上に施してもよく、それにより、スラリー524を、基板501の前で受容することができ、研磨パッド516の回転によって、研磨パッド516と基板501との間に引き寄せることができる。

【0024】

【0031】幾つかの実施形態では、CMPシステム500の1つ又は複数の部品は、カリフォルニア州サンタクララのApplied Materials, Inc. によるReflexion(登録商標)GT(商標)CMPシステムと同等であるか、又はそれに基づいてもよい。

【0025】

【0032】CMPシステム500は、基板501上で実行されるCMPプロセス中に生じる音響放出を感知するように動作可能な1つ又は複数の音響センサ534a及び/又は534bを更に含んでもよい。幾つかの実施形態では、CMPシステム500は、音響センサ534a又は534bのうちの1つのみを含んでもよい。他の実施形態では、CMPシステム500は、音響センサ534a及び534bの両方を含んでもよい。更に他の実施形態では、CMPシステム500は、2つ以上の音響センサを含んでもよく、音響センサ534a及び534bについて示される場所以外の場所に位置決めされてもよい。

【0026】

【0033】音響センサ534a及び/又は534bは、CMPプロセス中に研磨パッド516及び/又は基板501に近接するように位置決めされてもよい。幾つかの実施形態では、音響センサ534aは、任意の適切な態様でプラテン518(又はオーバーヘッド研磨ヘッド)に物理的に連結されてもよい。例えば、音響センサ534aは、プラテン518に機械的に締結されるブラケット内に取り付けられてもよい。幾つかの実施形態では、プラテン518は、共に取り付けられる上方プラテン及び下方プラテン(図示せず)を含むアセンブリであってもよい。上方プラテンは、その上に取り付けられる研磨パッド516を有してもよく、音響センサ534aは、例えばブラケット又は他の適切な機構を介して、上方プラテンに組み込まれるか、又はその下に取り付けられてもよく、或いは、例えば下方プラテンの外側端部に組み込まれるか、又はそれに取り付けられてもよい。幾つかの実施形態では、ブラケット又は他の適切な機構は、音響センサ534aが研磨パッドと常に接触を維持することを確実にするばね装填機構を含んでもよい。幾つかの実施形態では、ブラケット又は他の適切な機構は、緩衝パッドを含んでもよく、それにより、信号の減衰又は劣化が減少する。電源及び信号ケーブル(信号接続536aによって少なく

10

20

30

40

50

とも部分的に表すことができる)は、幾つかの実施形態では、プラテン518(又は上述のプラテンアセンブリの下方プラテン)を経由し、高周波数(例えば、約1MHz)の8ターミナルスリップリング(8-terminal slip ring)を介してセンサ534aに接続されてもよい。幾つかの実施形態では、音響センサ534bは、音響センサ534aに加えて又は代えて、任意の適切な態様で基板ホルダ522に物理的に連結されてもよい。例えば、音響センサ534bは、基板ホルダ522に機械的に締結されるブラケット内に取り付けられてもよい。音響センサ534a及び/又は534bは、代替的に、基板501及び研磨パッド516に対する他の適切な位置に配置されてもよい。幾つかの実施形態では、音響センサ534a及び/又は534bは、プラテン518、基板ホルダ522、及び/又はCMPシステム500の任意の他の適切な構成要素(例えば、図6A及び図6Bに関連する後述のプラテン618を参照)に直接作り付けられるか、又は組み込まれてもよい。

10

【0027】

[0034]音響センサ534a及び/又は534bは、無線又は有線の信号接続536a及び/又は536bのそれぞれを介して、CMPプロセスからの音響放出に基づいて、TSVの破損を検出するように構成される音響プロセッサ538及び/又はシステムコントローラ540に電氣的に連結されるように構成されてもよい。

【0028】

[0035]音響プロセッサ538は、図示されるようなシステムコントローラ540の一部、或いは、システムコントローラ540に電氣的に連結され得る別個の独立型構成要素であってもよい。システムコントローラ540は、TSV露出処理に使用される1つ又は複数のCMPプロセスを含むCMPシステム500の動作を制御することができるプロセッサ542を含んでもよい。幾つかの実施形態では、システムコントローラ540は、音響プロセッサ538に連結されない及び/又は音響プロセッサ538を含まない場合があり、その代わりに、プロセッサ542に本明細書に記載の音響プロセッサ538の機能を更に実行させる場合がある。

20

【0029】

[0036]音響プロセッサ538は、音響センサ534a及び/又は534bによって送信される音響放出を表す1つ又は複数の信号を受信するように構成されてもよい。音響プロセッサ538は、音響センサ534a及び/又は534bから受信される1つ又は複数の信号を分析することによって、TSVの破損を検出するように構成されてもよい。音響センサ534a及び/又は534bから受信された1つ又は複数の信号は、時間とともに変動し得る振幅(例えば、音響放出強度を表す)を有してもよい。音響プロセッサ538は、時間変動信号を受信するように構成されてもよく、その振幅を1つ又は複数の閾値及び/又は閾値帯(threshold band)に対して比較することができる。それらの閾値を越える信号振幅又はそれらの閾値帯外の信号振幅は、TSVの破損を示す場合がある。幾つかの実施形態では、受信信号の処理には、受信信号の波形の特定の態様又は領域を予め設定された閾値と比較することが含まれてもよい。音響プロセッサ538は、適切な信号フィルタリング、増幅、変換(例えば、A/D変換)、及び構成要素の処理を含んでもよく、データ及び1つ又は複数の分析値を記憶するように構成される適切なメモリを含んでもよい。データ及び分析値は、例えば、音響プロセッサ538及び/又はシステムコントローラ540の任意の適切な記憶媒体(例えば、RAM、ROM、又は他のメモリ)に記憶されてもよい。1つ又は複数の記憶された分析値及びデータは、TSVの破損の検出に関連する1つ又は複数のCMPプロセスをモニター且つ制御するために使用されてもよい。

30

40

【0030】

[0037]幾つかの実施形態では、音響的データを処理するために周波数に基づく分析が使用されてもよい。音響センサ534a及び/又は534bからの音響信号を高サンプリングレートで取得することによって、高速フーリエ変換(FFT)などの定常信号分析又はウェーブレットパケット変換(WPT)などの非定常信号分析を使用することが可

50

能になる場合がある。WPTは、受信された音響信号を2つの部分、信号識別性 (signal identity) の近似値を生成することができる低周波数構成要素、及び信号の詳細を生成することができる高周波数の構成要素に分解してもよい。後続の近似値が次々に分解されることによって、この分解が繰り返されてもよい。

【0031】

【0038】他の実施形態では、音響的データを処理するために時間に基づく分析が使用されてもよい。例えば、TSVの破損事象が、信号対雑音比に関して十分に大きな信号スパイク (signal spike) を所有するという条件の下で、例えば、音響センサ534a及び/又は534bから受信された音響信号の単純な二乗平均平方根 (rms) がモニターされてもよい。

10

【0032】

【0039】受信された音響信号をTSVの破損事象と関連付けるために、幾つかの実施形態で次の設定手順が使用されてもよい。突出するTSVスタブを有しない第1の設定基板は、CMPプロセスを経て、正規化のために基本音響信号データを生成することができる。非常に高く突出するTSVスタブ (例えば、5 µmの直径を有する15 µmの長さ) を有する第2の設定基板は、CMPプロセスを経る場合がある。第2の設定基板は、例えば、光学検査又はスキニング電子顕微鏡を使用して、TSVの破損の処理の後に検査されてもよい。第1の設定基板及び第2の設定基板からの記録された信号の大きさの比較を行うことができる。安定状態のCMPプロセス中の基本信号の上の音響活動で視認できる任意の信号スパイクは、破損信号として分類されてもよく、これらは、次にTSVの破損事象を関連付けるために使用してもよい。

20

【0033】

【0040】音響プロセッサ538は、1つ又は複数の是正措置を開始することによって、TSVの破損の検出に自動的に反応することができる。是正措置は、例えば、警報を引き起こすことによって、オペレータに通知すること、或いは、システムコントローラ540に連結されるディスプレイ装置上の警告又は他の種類のメッセージを表示することを含んでもよい。是正措置は、追加的に又は代替的に、TSVの破損の検出に応答して、CMPプロセスを自動的に停止することを含んでもよい。是正措置は、追加的に又は代替的に、TSVの破損の検出に応答して、CMPプロセスの1つ又は複数のパラメータを自動的に修正することを含んでもよい。例えば、音響プロセッサ538は、研磨パッド516に対して基板ホルダ522が (又はその逆の順序で) 適用する押下力 (down force) を自動的に減少させるように、及び/又は、TSVの破損の検出に応答して、音響プロセッサ538又はシステムコントローラ540によって実行された、1つ又は複数のプログラムされたルーチンに従って、基板ホルダ522、プラテン518、又はその両方の回転速度を自動的に減少させるように構成されてもよい。これによって、CMPシステム500が、修正された処理パラメータを用いて後続の基板を自動的に処理し続けることを可能にする場合がある。

30

【0034】

【0041】図6Aと図6Bは、1つ又は複数の実施形態に係る、例えば、CMPシステム500などのCMP装置において使用することができる研磨パッド616及びプラテン618のアセンブリ600を示す。プラテン618は、ディスク形状のベース644の表面617上の研磨パッド616を受容するように構成されるディスク形状のベース644を含んでもよい。ディスク形状のベース644は、1つ又は複数の貫通孔633a、633b、及び633cを有してもよい。つまり、幾つかの実施形態では、ディスク形状のベース644は、貫通孔633a、633b、及び633cのうちの1つのみ、又は貫通孔633a、633b、及び633cのうちの2つのみ、又は3つ以上の貫通孔633a、633b、及び633cを有する場合がある。

40

【0035】

【0042】プラテン618は、貫通孔633a、633b、及び633cそれぞれに受容される1つ又は複数の音響センサ634a、634b及び/又は634cを更に含ん

50

でもよい。幾つかの実施形態では、音響センサ 6 3 4 a、6 3 4 b、及び / 又は 6 3 4 c は、貫通孔 6 3 3 a、6 3 3 b、及び 6 3 3 c それぞれで摩擦嵌合してもよい。他の実施形態では、音響センサ 6 3 4 a、6 3 4 b、及び / 又は 6 3 4 c は、任意の適切な態様で、ディスク形状のベース 6 4 4 に物理的に連結されてもよく、又はディスク形状のベース 6 4 4 と一体的に形成されてもよい。幾つかの実施形態では、プラテン 6 1 8 は、その中に受容される音響センサを有しない貫通孔 6 3 3 a、6 3 3 b、及び 6 3 3 c を備えてもよい。

【 0 0 3 6 】

[0 0 4 3] 幾つかの実施形態では、音響センサ 6 3 4 a、6 3 4 b、及び / 又は 6 3 4 c は、距離 D 1 だけディスク形状のベース 6 4 4 の表面 6 1 7 から突出することができる。距離 D 1 は、音響信号減衰を減少させるために選択されてもよい。音響信号減衰は、研磨パッド 6 1 6 の幾つかの実施形態である、例えば、ポリウレタン軟質 (polyurethane soft) SUBA (商標) の部分において生じ得る。幾つかの実施形態では、距離 D 1 は、約 5 0 ミル (約 1 . 2 7 mm) であってもよい。これにより、音響センサ 6 3 4 a、6 3 4 b、及び / 又は 6 3 4 c のうちの 1 つ又は複数は、研磨パッド 6 1 6 の研磨表面 6 2 1 に確実に近接し得る一方で、研磨中に損傷を受ける恐れがない。

【 0 0 3 7 】

[0 0 4 4] 幾つかの実施形態では、音響センサ 6 3 4 a は、プラテン 6 1 8 のほぼ中央に配置されてもよい。この中央位置によって、処理中の基板への音響センサ 6 3 4 a の距離が確実に一定に留まるようにすることができる。音響センサ 6 3 4 b は、プラテン 6 1 8 の中央から径方向外側に距離 D 2 離れたところに配置されてもよく、音響センサ 6 3 4 c は、プラテン 6 1 8 の中央から径方向外側に距離 D 3 離れたところに配置されてもよい。1 つ又は複数の実施形態では、距離 D 2 は、プラテン 6 1 8 の中央から径方向外側約 5 インチ (約 1 2 . 7 センチ) であってもよく、距離 D 3 は、プラテン 6 1 8 の中央から径方向外側約 1 0 インチ (約 2 5 . 4 センチ) であってもよい。幾つかの実施形態では、約 1 0 インチ (約 2 5 . 4 センチ) の距離 D 3 は、音響センサ 6 3 4 c が各回転パス上の基板に最も近接するように配置される。幾つかの実施形態では、CMP プロセス中に基板が音響センサ 6 3 4 c から離れるとき、受信された音響的データがフィルターアウトされる。距離 D 2 及び / 又は D 3 は、代替的に他の適切な長さを有してもよい。

【 0 0 3 8 】

[0 0 4 5] 音響センサ 6 3 4 a、6 3 4 b、及び / 又は 6 3 4 c は、それぞれ、有線又は無線接続を介して、コントローラ又は音響プロセッサに電氣的に連結されてもよい。幾つかの実施形態では、音響センサ 6 3 4 a、6 3 4 b、及び / 又は 6 3 4 c は、プラテン 6 1 8 (すなわち、表面 6 1 7 の反対側) の下でそれぞれアクセス可能な電気コネクタ 6 4 6 a、6 4 6 b、及び / 又は 6 4 6 c を含んでもよい。

【 0 0 3 9 】

[0 0 4 6] 図 6 B を参照すると、研磨パッド 6 1 6 は、ディスク形状のベース 6 4 4 上に取り付けられてもよく、研磨パッド 6 1 6 のベース側表面 6 1 9 上に 1 つ又は複数の非貫通孔 6 3 5 a、6 3 5 b、及び 6 3 5 c を有してもよい。非貫通孔 6 3 5 a、6 3 5 b、及び 6 3 5 c は、距離 D 1 ほどの深さを有してもよく、その中に 1 つ又は複数の音響センサ 6 3 4 a、6 3 4 b、及び / 又は 6 3 4 c のそれぞれの突出する部分を受容するように構成されてもよい。非貫通孔 6 3 5 a、6 3 5 b、及び 6 3 5 c の数及び位置は、それぞれ、プラテン 6 1 8 の貫通孔 6 3 3 a、6 3 3 b、及び 6 3 3 c の数及び位置に対応することができる。研磨パッド 6 1 6 は、例えば、中に 1 つ又は複数の非貫通孔 6 3 5 a、6 3 5 b、及び 6 3 5 c が形成される SUBA (商標) IV サブパッドを備える IC 1 0 0 0 (商標) 研磨パッドと同一であるか、又は類似してもよい。

【 0 0 4 0 】

[0 0 4 7] 幾つかの実施形態では、任意の 1 つ又は複数の音響センサ 5 3 4 a、5 3 4 b、6 3 4 a、6 3 4 b、及び / 又は 6 3 4 c は、圧電、トランスデューサ、及び / 又は加速度計のタイプのセンサであってもよく、それぞれが、高い信号対雑音比を有しても

10

20

30

40

50

よい。音響センサ 534 a、534 b、634 a、634 b、及び/又は 634 c は、幾つかの実施形態では、約 100 ~ 500 kHz の領域の上に平坦な周波数応答を含んでもよい。幾つかの実施形態では、任意の 1 つ又は複数の音響センサ 534 a、534 b、634 a、634 b、及び/又は 634 c は、約 40 ~ 60 dB のゲインで音響信号を増幅することができる。音響センサ 534 a、534 b、634 a、634 b、及び/又は 634 c は、幾つかの実施形態では、約 50 Hz ~ 100 Hz の領域を有するハイパスフィルタを有してもよい。任意の適切な音響センサをセンサ 534 a、534 b、634 a、634 b、及び/又は 634 c のために使用してもよい。

【0041】

【0048】図 7 は、1 つ又は複数の実施形態に係る、TSV 露出処理をモニター且つ制御する方法 700 を示す。プロセスブロック 702 では、方法 700 は、CMP プロセスを使用して基板を処理することを含んでもよい。CMP プロセスは、TSV 露出処理の一部であってもよい。例えば、図 1A ~ 図 1C、及び図 5 を参照すると、裏側表面 102A を有する基板 100 が、CMP システム 500 で受容されてもよい。裏側表面 102B 及び 102C、或いは 302 に関連して図示且つ説明されるように、基板 100 は、CMP プロセスのために、基板ホルダ 522 に取り付けられて又は付着されてもよく、且つ研磨パッド 516 に対して押圧されてもよい。

【0042】

【0049】プロセスブロック 704 では、CMP プロセスの音響放出を感知することが起きてもよい。図 5、図 6A、図 6B を参照すると、音響放出の感知は、音響センサ 534 a、534 b、634 a、634 b、及び/又は 634 c のうちの任意の 1 つ又は複数によって実行されてもよい。音響放出は、例えば、図 1A の裏側表面 102A 又は図 5 の基板 501 を有する基板 100 などの基板が、図 5 の研磨パッド 516 又は図 6A 及び図 6B の研磨パッド 616 などの研磨パッドで処理される CMP プロセスからののものであってもよい。音響センサ 534 a、534 b、634 a、634 b、及び/又は 634 c は、基板 100 又は 501 の処理の結果生じる音響放出を感知することができ、それらの音響放出を表す電気信号を、例えば、システムコントローラ 540 及び/又は音響プロセッサ 538 などのコントローラ及び/又は音響プロセッサに送信することができる。

【0043】

【0050】プロセスブロック 706 では、方法 700 は、TSV の破損を検出するために音響放出を分析することを含んでもよい。音響放出の分析は、1 つ又は複数の受信信号の 1 つ又は複数のパラメータ（例えば、振幅）を 1 つ又は複数の閾値及び/又は閾値範囲に比較することを含んでもよい。1 つ又は複数の受信信号は、CMP プロセスからの音響放出を表すことができ、1 つ又は複数の閾値及び/又は閾値範囲は、TSV の破損が CMP プロセス中に起きたかどうかを示すことができる。1 つ又は複数の閾値及び/又は閾値範囲は、TSV の破損が生じた第 1 の設定基板及び TSV の破損が生じていない第 2 の設定基板で実行される、1 つ又は複数のベースライン CMP プロセス中に予め決定されている場合がある。

【0044】

【0051】決定ブロック 708 で TSV の破損が検出された場合、方法 700 は、プロセスブロック 710 に進んでもよい。例えば、幾つかの実施形態では、受信された音響信号における高いスパイクは、予め定義されたアルゴリズムに従って、方法 700 がプロセスブロック 710 に進むことを引き起す場合がある。このアルゴリズムは、例えば、音響プロセッサ 538 上で実行されるプログラムの一部、又は、例えば、システムコントローラ 540 上で実行されるエンドポイントソフトウェアの一部であってもよい。TSV の破損が検出されない場合、方法 700 は、決定ブロック 712 に進んでもよい。

【0045】

【0052】プロセスブロック 710 では、方法 700 は、TSV の破損の検出に自動的に応答することを含んでもよい。幾つかの実施形態では、これは、現在処理される基板を再加工することができるかもしれないオペレータに自動的に通知することを含んでもよい。

10

20

30

40

50

い。幾つかの実施形態では、方法 700 は、例えば、押下力を減少させること、回転速度を減少させること、又はその両方によって、追加的に又は代替的に、CMP プロセスを自動的に修正することによって、TSV の破損の検出に応答してもよい。方法 700 は、追加的に又は代替的に、CMP プロセスを自動的に停止することによって、TSV の破損の検出に応答してもよい。このことは、ターミナルブロック 714 に直接進む（破線で示されるパス）ことによって、又は、幾つかの実施形態では、決定ブロック 712 に進むことによって、発生する場合がある。YES という応答が自動的に引き起される場合があり、結果として、CMP プロセスが効果的に停止される。他の状況では、方法 700 は、決定ブロック 712 に進んでもよい。

【0046】

【0053】決定ブロック 712 では、方法 700 は、CMP プロセスのエンドポイントが検出されたかどうかを決定することを含んでもよい。エンドポイント検出は、例えば、CMP システム 500 のシステムコントローラ 540 などの CMP システムのシステムコントローラによって実行されてもよい。幾つかの実施形態では、TSV 露出処理のためのエンドポイント検出は、図 1C 及び図 2 で示されるように、TSV が誘電体酸化物表面と面一に平坦化されるポイントを検出することを含んでもよい。このエンドポイント検出は、モータ駆動（例えば、研磨パッドの回転）の、例えば、音響分析及び / 又はモータトルクフィードバック（motor torque feedback）によって決定されてもよい。音響分析とモータトルクフィードバックとの両方が、処理されている材料が変化するにつれて起こり得る摩擦変化に基づいてもよい。例えば、CMP プロセスが、基板表面上の金属材料を主に取り除く / 研磨することから、基板表面上の酸化物材料を主に取り除く / 研磨することへと変化するにつれて、基板表面と研磨パッドとの間に摩擦変化が生じる場合がある。この摩擦変化は、1 つ又は複数の受信された音響信号において及び / 又は受信されたモータトルクフィードバックにおいて示されることができる。追加的に又は代替的に、TSV 露出処理のためのエンドポイント検出は、特定の酸化物の厚みを示す白色光分光器（white light spectrograph）に基づいて決定されてもよい。エンドポイントが決定ブロック 712 で検出された場合、方法 700 は、終了ブロック 714 に進んでもよい。さもなければ、方法 700 は、プロセスブロック 704 に戻ることができる。

【0047】

【0054】終了ブロック 714 では、方法 700 並びに CMP プロセスを使用する基板の処理が終了することができる。

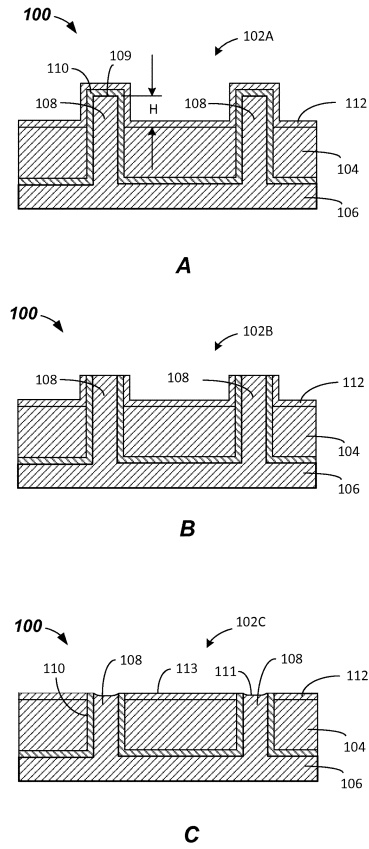
【0048】

【0055】以上のプロセス及び方法 700 の決定ブロックは、図示及び説明される順番及びシーケンスに限定されない順番及びシーケンスで実行又は実施されてもよい。例えば、幾つかの実施形態では、プロセスブロック 704 は、プロセスブロック 706 及び / 又は 710 と、或いは / 並びに、決定ブロック 708 及び / 又は 712 と同時に実行されてもよい。

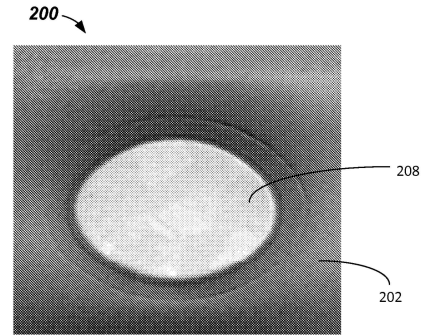
【0049】

【0056】当業者であれば、本明細書に記載の発明は、広範囲の実用及び適用が可能であることを容易に理解するべきである。本明細書の記載以外の本発明の多くの実施形態及び適応例、並びに、多くの変形例、修正例、及び同等の構成は、本発明の実体又は範囲から離れることなく、本発明及び本発明の以上の記載から、明白であり、或いは、合理的に示唆される。したがって、本発明は、特定の実施形態に関連して詳細に本発明で説明されているが、本開示は、例示のみであり、本発明の例を提示し、本発明の完全且つ可能な開示を提供するために作成されているに過ぎないことを理解するべきである。本開示は、本発明を開示される特定の装置、デバイス、アセンブリ、システム、又は方法に限定することが意図されておらず、逆に、本発明の範囲に含まれるすべての修正例、同等物、及び代替物を網羅することが意図されている。

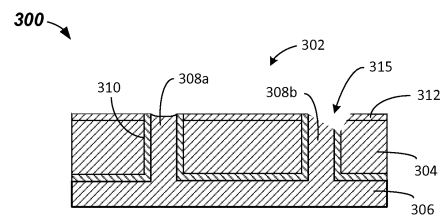
【図 1】



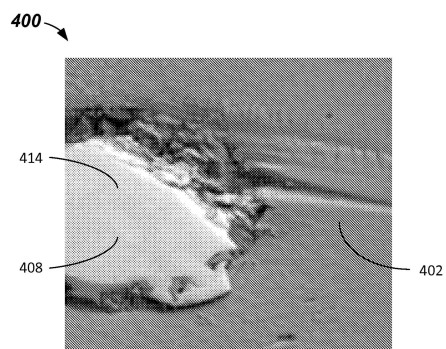
【図 2】



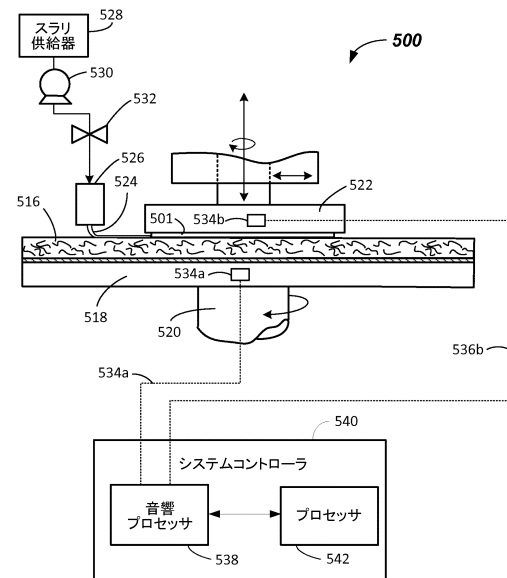
【図 3】



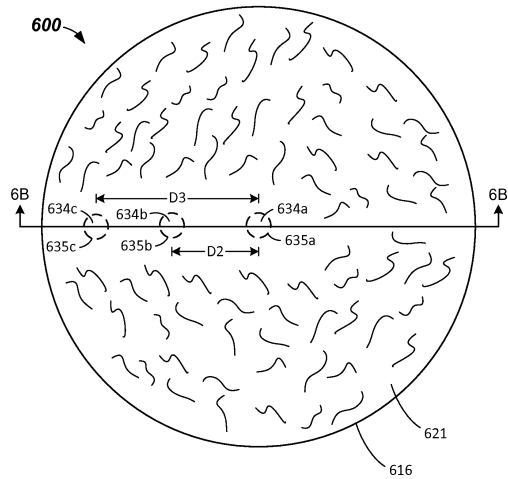
【図 4】



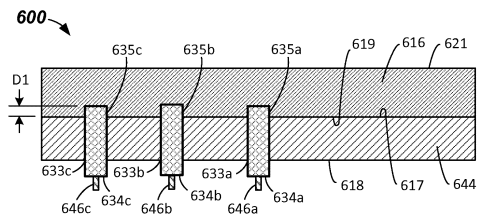
【図 5】



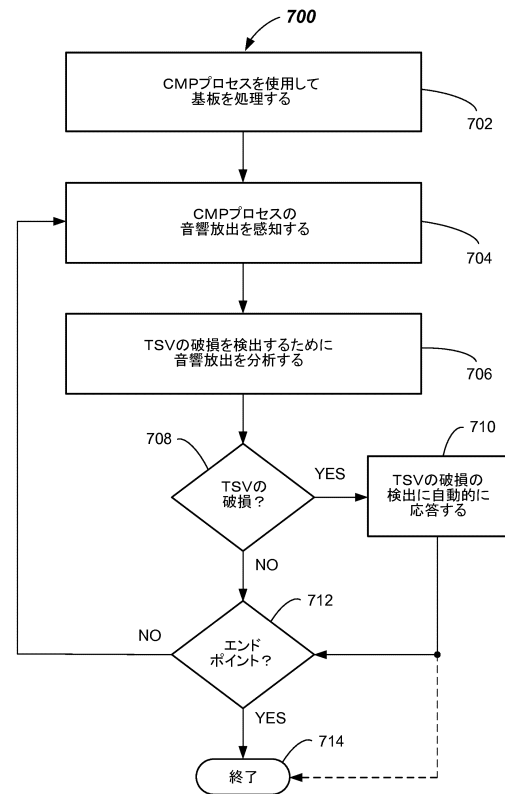
【図 6 A】



【図 6 B】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

B 2 4 B 49/10

(72)発明者 スブラマニヤム, コミセッティ

シンガポール国 7 3 0 7 3 4, ウッドランズ サークル ブロック 7 3 4, 1 1 - 3 6 1 番

(72)発明者 マハジャン, ウダイ

シンガポール国 5 9 2 0 0 1 パイン グローブ 1シー, 1 3 - 1 1

(72)発明者 スウェデク, ボグスロー エー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 0 8 6, サニーヴェール, イースト アークス アヴェニュー 9 7 4

(72)発明者 バジャージ, ラジープ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 3 9, フリーモント, スカイ ロード 4 3 6 5 1

(72)発明者 タン, チエンショー

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 1 2 3, サン ノゼ, リーン アヴェニュー 6 2 0 3

審査官 高橋 宣博

(56)参考文献 特開平 1 1 - 2 5 4 3 0 4 (J P , A)

特開 2 0 1 1 - 2 4 9 8 3 3 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 0 8 6 5 5 1 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 0 1 5 4 6 7 (J P , A)

特開 2 0 0 2 - 1 6 0 1 5 4 (J P , A)

特開平 1 1 - 2 5 4 3 1 1 (J P , A)

米国特許第 6 4 8 8 5 6 9 (U S , B 1)

米国特許出願公開第 2 0 0 2 / 0 1 7 3 2 2 3 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H 0 1 L 2 1 / 3 0 4

H 0 1 L 2 1 / 4 6 3

B 2 4 B 2 1 / 0 0 - 5 1 / 0 0