(19)日本国特許庁(JP)　(12)公表特許公報(A)　(11)特許出願公表番号

特表2006-511699

(P2006-511699A)

(43)公表日　平成18年4月6日(2006.4.6)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
C25F 3/30	(2006.01)	C25F	3/30		5F033
C25F 7/00	(2006.01)	C25F	7/00	V	5F043
H01L 21/3063	(2006.01)	C25F	7/00	X	
H01L 21/3205	(2006.01)	H01L	21/306	L	
		H01L	21/88	K	

審査請求 未請求　予備審査請求 未請求　（全 19 頁）

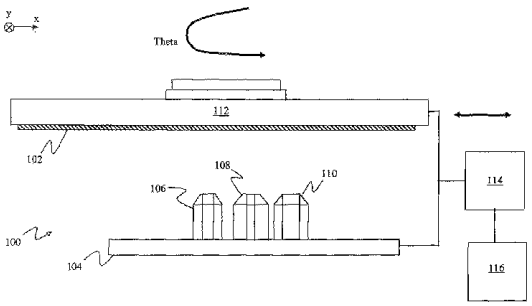
(21)出願番号　特願2004-523307 (P2004-523307)
(86)(22)出願日　平成15年7月22日 (2003.7.22)
(85)翻訳文提出日　平成17年3月17日 (2005.3.17)
(86)国際出願番号　PCT/US2003/022928
(87)国際公開番号　WO2004/010477
(87)国際公開日　平成16年1月29日 (2004.1.29)
(31)優先権主張番号　60/397,941
(32)優先日　平成14年7月22日 (2002.7.22)
(33)優先権主張国　米国 (US)
(31)優先権主張番号　60/403,996
(32)優先日　平成14年8月17日 (2002.8.17)
(33)優先権主張国　米国 (US)

(71)出願人　500379299
エーシーエム　リサーチ，インコーポレイティド
アメリカ合衆国，カリフォルニア　９４５３８，フレモント，スイート　６１０，フレモント　ブールバード　４６５２０
(74)代理人　100099759
弁理士　青木　篤
(74)代理人　100092624
弁理士　鶴田　準一
(74)代理人　100102819
弁理士　島田　哲郎
(74)代理人　100122965
弁理士　水谷　好男

最終頁に続く

(54)【発明の名称】厚さの計測値を使用した適応型の電解研磨と障壁及び犠牲層の除去

(57)【要約】
半導体ウエハ上に形成された金属層を適応的に研磨する。金属層の一部分が電解研磨され、金属層のその他の部分が別個に電解研磨される。電解研磨の前に、金属層の研磨部分の厚さの測定値が決定される。電解研磨量は厚さの測定値に基づいて調整される。半導体ウエハ上に形成される金属層が研磨され、その金属層は障壁層上に形成されており、障壁層は凹部領域と非凹部領域を有する誘電体層上に形成され、さらに金属層は凹部領域と非凹部領域をカバーする。非凹部領域をカバーする金属層を取り除くために金属層が研磨される。凹部領域中の金属層を非凹部領域以下の高さにまで研磨するが、この高さは障壁層の厚さと等しくあるいはそれよりも大きい。



【特許請求の範囲】
【請求項１】
半導体ウエハ上に形成された金属層を適応的に電解研磨する方法であって、
前記金属層の一部分を電解研磨する段階であって、前記金属層の各部分が別個に電解研磨される、段階と、
前記一部分を電解研磨する前に、電解研磨する対象の前記金属層の前記部分の厚さの計測値を判定する段階と、
前記厚さの計測値に基づいて、前記部分を電解研磨する量を調節する段階と、
を有する方法。
【請求項２】
前記金属層の一部分を電解研磨する段階は、前記金属層の前記部分に隣接するノズルを通じて前記金属層の前記部分に電解液の流れを適用する段階を有する、請求項１記載の方法。
【請求項３】
前記ウエハは、前記ノズルが前記金属層に隣接して静止状態で保持されている間に、ウエハチャックを使用し、保持、回転、及び並進運動される、請求項２記載の方法。
【請求項４】
前記ウエハは、前記ノズルが前記金属層に隣接して並進運動する間に、ウエハチャックを使用して、保持及び回転される、請求項２記載の方法。
【請求項５】
前記部分を電解研磨する量を調節する段階は、前記電解液の流れに印加する研磨電流又は電圧を調節する段階を有する、請求項２記載の方法。
【請求項６】
前記部分を電解研磨する量を調節する段階は、前記部分の研磨持続時間を調節する段階を有する、請求項２記載の方法。
【請求項７】
前記厚さの計測値を判定する段階は、厚さ測定ツールを使用して判定された前記金属層の前記厚さの計測値のマップを取得する段階を有する、請求項１記載の方法。
【請求項８】
前記厚さの計測値を判定する段階は、エンドポイント検出器を使用して前記金属層の厚さの計測値を計測する段階を更に有し、
前記部分を電解研磨する量を調節する段階は、
前記厚さ測定ツールを使用して判定された前記金属層の前記厚さの計測値の前記マップを使用して、初期研磨において、前記部分を電解研磨する量を調節する段階と、
前記エンドポイント検出器を使用して計測された前記厚さの計測値を使用して、後続の研磨において、前記部分を電解研磨する量を調節する段階と、
を有する、請求項７記載の方法。
【請求項９】
前記マップ上に厚さの計測値を具備する前記金属層の複数の部分の厚さの計測値に基づいて、前記マップ上に厚さの計測値を具備していない前記金属層の部分の厚さの計測値を補間する段階を更に有する、請求項７記載の方法。
【請求項１０】
厚さの計測値を判定する段階は、前記金属層に隣接するエンドポイント検出器を使用して前記金属層の厚さの計測値を計測する段階を有する、請求項１記載の方法。
【請求項１１】
前記ウエハは、前記エンドポイント検出器が前記金属層に隣接して静止状態で保持されている間に、ウエハチャックを使用して、保持、回転、及び並進運動される、請求項１０記載の方法。
【請求項１２】
前記厚さの計測値は、複数のピクセルパーティションを使用してマッピングされ、１つ

のピクセル位置は、前記エンドポイント検出器を使用して計測可能な１つのフィールドに対応している、請求項１０記載の方法。
【請求項１３】
前記ウエハ上のパターンの金属密度に基づいて、前記部分の研磨の終了点を判定する段階を更に有する、請求項１０記載の方法。
【請求項１４】
前記エンドポイント検出器は、光学センサである、請求項１０記載の方法。
【請求項１５】
前記エンドポイント検出器は、渦電流センサである、請求項１０記載の方法。
【請求項１６】
半導体ウエハ上に形成された金属層を適応的に電解研磨するシステムであって、
前記金属層の各部分を別個に電解研磨するべく構成された電解研磨モジュールと、
制御システムと、を有し、
前記制御システムは、
前記金属層の一部分を電解研磨する前に、前記部分の厚さの計測値を判定し、
前記厚さの計測値に基づいて、前記部分を電解研磨する量を調節するべく、構成されている、システム。
【請求項１７】
前記電解研磨モジュールは、前記金属層の前記部分に電解液の流れを適用するべく構成されたノズルを有する、請求項１６記載のシステム。
【請求項１８】
前記ノズルが前記ノズルに隣接して静止状態で保持されている間に、前記ウエハを保持、回転、及び並進運動させるべく構成されたウエハチャックを更に有する、請求項１７記載のシステム。
【請求項１９】
前記ノズルは、並進運動するべく構成されており、前記ウエハを保持及び回転させるべく構成されたウエハチャックを更に有する、請求項１７記載のシステム。
【請求項２０】
前記制御システムは、前記電解液の流れに印加する研磨電流又は電圧を調節するか、或いは前記部分の研磨持続時間を調節するべく構成されている、請求項１７記載のシステム。
【請求項２１】
前記制御システムは、前記部分を電解研磨する量に対する調節を、オフセット時間だけ、前記部分の研磨に先行して、判定するべく構成されている、請求項１６記載のシステム。
【請求項２２】
厚さ測定ツールを更に有し、前記制御システムは、前記厚さ測定ツールから前記金属層の前記厚さの計測値のマップを取得する、請求項１６記載のシステム。
【請求項２３】
前記電解研磨モジュールは、前記金属層の前記厚さを計測するべく構成されたエンドポイント検出器を有する、請求項１６記載のシステム。
【請求項２４】
前記電解研磨モジュールは、前記エンドポイント検出器が前記金属層に隣接して静止状態で保持されている間に、前記ウエハを保持、回転、並進運動させるべく構成されたウエハチャックを更に有している、請求項２３記載のシステム。
【請求項２５】
前記電解研磨モジュールは、前記エンドポイント検出器が並進運動している間に、前記ウエハを保持及び回転させるべく構成されたウエハチャックを更に有している、請求項２３記載のシステム。
【請求項２６】

前記エンドポイント検出器は、光学センサ又は渦電流センサである、請求項２３記載のシステム。

【請求項２７】

前記エンドポイント検出器は、前記ウエハ上の金属密度に基づいて、前記部分の研磨の終了点を判定するべく構成されている、請求項２３記載のシステム。

【請求項２８】

前記電解研磨モジュールは、

第１処理チャンバと、

前記第１処理チャンバを制御するべく構成された第１サブシステムと、

第２処理チャンバと、

前記第２処理チャンバを制御するべく構成された第２サブシステムと、

を有し、

前記制御システムは、前記第１及び第２サブシステムに接続されている、請求項１６記載のシステム。

【請求項２９】

半導体ウエハ上に形成された金属層を研磨する方法であって、前記金属層は、障壁層上に形成されており、該障壁層は、凹部領域と非凹部領域を具備する誘電体層上に形成されており、前記金属層は、前記誘電体層の前記凹部領域と前記非凹部領域を覆っている、前記方法において、

前記金属層を研磨し、前記非凹部領域を覆っている前記金属層を除去する段階と、

前記凹部領域内の前記金属層を前記非凹部領域の高さに研磨する段階であって、前記高さは、前記障壁層の厚さ以上である、段階と、

を有する方法。

【請求項３０】

前記金属層を研磨する段階は、前記金属層を電解研磨する段階を有する、請求項２９記載の方法。

【請求項３１】

前記金属層を電解研磨する段階は、前記金属層の一部分に隣接するノズルを通じて前記金属層の前記部分に電解液の流れを適用する段階を有する、請求項３０記載の方法。

【請求項３２】

前記ノズルが静止状態に保持されている間に、ウエハチャックを使用して前記ウエハを保持、回転、及び並進運動させる段階を更に有する、請求項３１記載の方法。

【請求項３３】

前記ノズルが並進運動する間に、ウエハチャックを使用して前記ウエハを保持及び回転させる段階を更に有する、請求項３１記載の方法。

【請求項３４】

前記金属層を研磨した後に、プラズマエッチングを使用して前記非凹部領域から前記障壁層を除去する段階を更に有する、請求項２９記載の方法。

【請求項３５】

前記プラズマエッチング段階は、エッチングガスを使用する段階を有し、添加剤を前記エッチングガスに追加し、前記凹部領域内の前記金属層及び前記障壁層上に残留物を形成する、請求項３４記載の方法。

【請求項３６】

プラズマエッチングを使用して前記凹部及び非凹部領域の一部分を除去する段階であって、前記凹部領域内の前記障壁層のエッチング速度は、前記誘電体層のエッチング速度以上である、段階を更に有する、請求項３４記載の方法。

【請求項３７】

ハードマスク層が、前記誘電体層及び障壁層間に配設されており、前記高さは、前記障壁層の前記厚さと前記ハードマスク層の厚さの合計を下回っている、請求項２９記載の方法。

【請求項３８】
犠牲層が、前記ハードマスク層及び障壁層の間に配設されており、前記ハードマスク層は、前記障壁層よりも低い除去速度を具備し、前記犠牲層は、前記障壁層以上の除去速度を具備している、請求項３７記載の方法。
【請求項３９】
前記誘電体層は、低ｋ誘電材料を含み、前記金属層は、銅を含んでいる、請求項２９記載の方法。
【請求項４０】
凹部及び非凹部領域を具備する誘電体層と、
前記誘電体層上に堆積された障壁層と、
前記障壁層上に堆積された金属層であって、前記金属層は、前記誘電体層の前記非凹部領域からは、除去され、前記凹部領域内においては、前記非凹部領域を下回る高さに研磨され、前記高さは、前記障壁層の厚さ以上である、金属層と、
を有する半導体ウエハの層。
【請求項４１】
前記誘電体層及び障壁層の間に配設されたハードマスク層であって、前記高さは、前記障壁層の前記厚さと前記ハードマスク層の厚さの合計を下回っている、ハードマスク層を更に有する、請求項４０記載の半導体ウエハの層。
【請求項４２】
前記ハードマスク層及び障壁層の間に配設された犠牲層であって、前記ハードマスク層は、前記障壁層よりも低い除去速度を具備し、前記犠牲層は、前記障壁層以上の除去速度を具備する、犠牲層を更に有する、請求項４１記載の半導体ウエハの層。
【請求項４３】
前記誘電体層は、低ｋ誘電材料を含み、前記金属層は、銅を含んでいる、請求項４０記載の半導体ウエハの層。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
（関連出願に対する相互参照）
本出願は、２００２年７月２２日付けで出願された「ＭＥＴＨＯＤ　ＦＯＲ　ＥＬＥＣＴＲＯＰＯＬＩＳＨＩＮＧ　ＭＥＴＡＬ　ＦＩＬＭ　ＯＮ　ＳＵＢＳＴＲＡＴＥ」という名称の米国仮特許出願第６０／３９７，９４１号と、２００２年８月１７日付けで出願された「ＭＥＴＨＯＤＳ　ＦＯＲ　ＢＡＲＲＩＥＲ　ＡＮＤ　ＳＡＣＲＩＦＩＣＩＡＩＬ　ＬＡＹＥＲ　ＲＥＭＯＶＡＬ」という名称の米国仮特許出願第６０／４０３，９９６号に対する優先権を主張するものである。
【０００２】
本出願は、基板上に形成された金属フィルムの電解研磨に関するものであり、更に詳しくは、金属膜の厚さの計測値を使用した、半導体ウエハ上に形成された金属膜の適応的な電解研磨に関するものである。又、本出願は、研磨及びプラズマエッチングプロセスにおける障壁及び犠牲層の除去にも関するものである。
【背景技術】
【０００３】
半導体デバイスは、トランジスタ及び相互接続要素を生成する、様々で多数の処理段階を経て、半導体ウエハ上に製造又は製作される。トランジスタ及び／又は相互接続要素を形成するべく、半導体ウエハに対して、例えば、マスキング、エッチング、及び堆積プロセスを施すことにより、半導体デバイスの所望の電気回路を形成することができる。具体的には、ダマスクプロセスにおいて、複数のマスキング及びエッチング段階を実行し、半導体ウエハ上の誘電体層内に、相互接続用のトレンチ及びビアとして機能する凹部領域のパターンを形成する。次いで、堆積プロセスを実行し、半導体ウエハ上に金属層を堆積させ、これにより、半導体ウエハのトレンチ及びビアの内部と非凹部領域上の両方に金属を

堆積させる。そして、これらのパターン化されたトレンチ及びビアなどの相互接続を絶縁するべく、半導体ウエハの非凹部領域上に堆積した金属層を除去するのである。

【０００４】

しかしながら、除去する金属層の量が過剰又は不十分な場合には、トランジスタ及び／又は相互接続要素が誤動作することになる。例えば、過剰な量の金属が、相互接続を形成するトレンチから除去されると、その相互接続は、電気信号を適切に伝達できなくなる。

【０００５】

又、導電体の相互接続における信号遅延を減少させる方法として、従来、低誘電率を具備する誘電材料（低ｋ誘電体）が使用されている。しかしながら、低ｋ誘電材料は、多孔性の微細構造を具備しているため、その他の誘電材料と比べて、機械的な強度と熱伝導性が低い。このため、低ｋ誘電材料は、通常、従来のダマスクプロセスにおいて印加される応力及び圧力に耐えることができない。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

従来のダマスクプロセスにおいては、金属又は低ｋ誘電材料上に、障壁層を形成することができる。障壁層は、通常、ＴａＮ、Ｔａ、Ｔｉ、及びＴｉＮなどの硬く且つ化学的に不活性な材料によって形成されるため、ＣＭＰの際に高いパッド圧力を使用したり、電解研磨において高電圧を使用しない限り、ＣＭＰ又は電解研磨を使用して障壁層を除去することは困難である。しかしながら、ＣＭＰの場合には、高いパッド圧力により、表面不良密度が増大し、場合によっては、低ｋ誘電体が層間剥離することになる。電解研磨の場合にも、高い電圧により、過剰な量の金属が除去され、この結果、ラインの抵抗値が増大する可能性がある。一方、従来のプラズマエッチングを使用して障壁層を除去する場合には、非凹部領域上の障壁層のすべてが除去されるように、オーバーエッチングが必要となる。しかしながら、次のカバー層が堆積された際に、このオーバーエッチングにより、空洞が生じる可能性がある。そして、金属原子がこの空洞から外部に（場合によっては、デバイスのゲート領域に）拡散し、その結果、半導体デバイスの誤動作を引き起こす可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

模範的な一実施例においては、半導体ウエハ上に形成された金属層を適応的に電解研磨する。金属層の各部分を別個に電解研磨するが、この金属層の一部分を電解研磨するに当たり、その部分を電解研磨する前に、電解研磨する対象の金属層の部分の厚さの計測値を判定する。そして、この厚さの計測値に基づいて、その部分を電解研磨する量を調節する。

【０００８】

別の模範的な実施例においては、半導体ウエハ上に形成された金属層を研磨する（この金属層は、障壁層上に形成されており、この障壁層は、凹部領域及び非凹部領域を具備する誘電体層上に形成されている。そして、金属層は、この誘電体層の凹部領域及び非凹部領域を覆っている）。金属層を研磨し、非凹部領域を覆っている金属層を除去する。又、凹部領域内の金属層を、非凹部領域を下回る高さに研磨する（この高さは、障壁層の厚さ以上である）。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００９】

本発明については、添付の図面との関連で、以下の詳細な説明を参照することにより、十分に理解することができよう。尚、これらの添付図面においては、類似の参照符号によって類似の部分を示している。

【００１０】

以下の説明においては、多数の具体的な構成、パラメータ、及びこれらに類似するものが示されている。しかしながら、これらの説明は、本発明の範囲を限定することを意図す

るものではなく、それらは、模範的な実施例を説明するべく提供されているものである。
【００１１】
（Ｉ．適応型の電解研磨）
前述のように、半導体ウエハ上におけるトランジスタ及び相互接続要素の形成の際には、半導体ウエハ上に金属を堆積させた後に、除去する。具体的には、金属の層（即ち、金属層）を、化学蒸着（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ：ＣＶＤ）、物理蒸着（Ｐｈｙｓｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ：ＰＶＤ）、原子層蒸着（Ａｔｏｍｉｃ Ｌａｙｅｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ：ＡＬＤ）、電気メッキ、無電解メッキ、及びこれらに類似するものなどの堆積プロセスを使用して半導体ウエハ上に形成する。次いで、この金属層を、化学機械研磨（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｍｅｃｈａｎｉｃａｌ Ｐｏｌｉｓｈｉｎｇ：ＣＭＰ）、電解研磨、及びこれらに類似するものなどのエッチング又は研磨プロセスを使用して除去している。
【００１２】
図１を参照すれば、模範的な一実施例においては、電解研磨モジュール１００を使用し、半導体ウエハ１０２上に形成された金属層を除去／研磨することができる。この模範的な実施例においては、ウエハ１０２は、図１に示されているように、ウエハチャック１１２によって保持されており、このウエハチャックは、角度θだけ、ウエハ１０２を回転させ、且つ、ｘ方向などに、ウエハ１０２を横方向に並進運動させる。そして、ウエハ１０２がウエハチャック１１２によって回転及び並進運動する際に、ノズル１０８及び／又はノズル１１０を通じて、ウエハ１０２上に形成された金属層に電解液が適用される。図１に示されているように、ノズル１０８は、ノズル１１０よりも狭い電解液の流れを適用するべく構成可能である。この結果、ノズル１０８は、ノズル１１０よりも正確な研磨に使用することができる。例えば、ノズル１１０を初期の粗研磨に使用し、ウエハ１０２の表面から初期量の金属層を研磨して除去した後に、後続の更に精細な研磨にノズル１０８を使用することにより、初期の粗研磨におけるよりも更に均一に金属層を研磨することができる。この模範的な実施例においては、エンドポイント検出器１０６を使用し、ウエハ１０２上の金属層の厚さを計測可能である。尚、この図１においては、エンドポイント検出器１０６、ノズル１０８、及びノズル１１０がノズルプレート１０４上に互いに隣接配置されるものとして示されているが、エンドポイント検出器１０６、ノズル１０８、及びノズル１１０は、様々な構成で配列し、様々な方式で取り付け可能であることを認識されたい。又、ウエハ１０２上の金属層を電解研磨するべく、１個のノズルを含むどのような数のノズルをも使用可能であることを認識されたい。更には、ウエハチャック１１２を使用したウエハ１０２の並進運動の代わりに（又は、これに加え）、エンドポイント検出器１０６、ノズル１０８、及び／又はノズル１１０が並進運動することも可能であることを認識されたい。
【００１３】
尚、模範的な電解研磨プロセス及びシステムの更に詳細な説明については、１９９９年７月２日付けで出願された「ＭＥＴＨＯＤＳ ＡＮＤ ＡＰＰＡＲＡＴＵＳ ＦＯＲ ＥＬＥＣＴＲＯＰＯＬＯＳＨＩＮＧ ＭＥＴＡＬ ＩＮＴＥＲＣＯＮＮＥＣＴＩＯＮＳ ＯＮ ＳＥＭＣＯＮＤＵＣＴＯＲ ＤＥＶＩＣＥＳ」という名称の米国特許第６，３９４，１５２Ｂ１号明細書、「ＭＥＴＨＯＤＳ ＡＮＤ ＡＰＰＡＲＡＴＵＳ ＦＯＲ ＨＯＬＤＩＮＧ ＡＮＤ ＰＯＳＩＴＩＯＮＩＮＧ ＳＥＭＩＣＯＮＤＵＣＴＯＲ ＷＯＲＫＰＩＥＣＥＳ ＤＵＲＩＮＧ ＥＬＥＣＴＲＯＰＯＬＩＳＨＩＮＧ ＡＮＤ／ＯＲ ＥＬＥＣＴＲＯＰＬＡＴＩＮＧ ＯＦ ＴＨＥ ＷＯＲＫＰＩＥＣＥＳ」という名称の米国特許第６，２４８，２２２Ｂ１号明細書、及び２００２年４月１４日付けで出願された「ＭＥＴＨＯＤ ＡＮＤ ＡＰＰＲＡＲＡＴＵＳ ＦＯＲ ＥＬＥＣＴＲＯＰＯＬＩＳＨＩＮＧ ＡＮＤ／ＯＲ ＥＬＥＣＴＲＯＰＬＡＴＩＮＧ」という名称の米国仮特許出願第６０／３７２、５６６号明細書を参照されたい（これらの内容のすべては、本引用により、本明細書に包含される）。又、模範的なエンドポイント検出器の更に詳しい説明については、２０００年５月１２日付けで出願された「ＭＥＴＨＯＤ ＡＮＤ ＡＰＰＡＲＡＴＵＳ

ＦＯＲ　ＥＮＤ－ＰＯＩＮＴ　ＤＥＴＥＣＴＩＯＮ」という名称の米国特許出願第６，４４７，６６８号明細書を参照されたい（この内容のすべては、本引用により、本明細書に包含される）。

【００１４】

本実施例においては、一般に、液体の流速、電流又は電圧の設定ポイント、中心／エッジ距離、初期回転速度、研磨持続時間、中心研磨回転速度、ノズルのタイプ、電流又は電圧テーブル、定電流用のバルク比テーブル、反復設定、及びこれらに類似するものなどの様々な処理パラメータを含むレシピを使用してウエハを処理する。同一の堆積プロセスを使用して処理されるウエハは、一般に、類似した金属層の厚さプロファイルを有することになるため、類似した研磨レシピを使用してウエハを初期研磨することができる。

【００１５】

しかしながら、前述のように、ウエハ上に形成された金属層の研磨の場合には、過剰な又は過少な金属層の研磨により、結果的に半導体デバイスの誤動作が発生する可能性がある。従って、この模範的な実施例においては、ウエハ上の金属層の厚さを使用し、金属層を適応的に電解研磨している。具体的には、ウエハ上に形成された金属層の一部分を電解研磨する前に、その電解研磨する対象の部分の厚さを判定し、この判定された厚さに基づいて、その部分を電解研磨する量を調節しているのである。

【００１６】

例えば、制御システム１１４をウエハチャック１１２とノズル１０８及びノズル１１０に接続することができる。制御システム１１４は、ウエハチャック１１２の位置に基づいて、電解研磨する対象のウエハ１０２上の金属層の部分の場所を判定することができる。そして、制御システム１１４は、その電解研磨する対象の金属層の部分の厚さを判定し、ノズル１０８及び／又はノズル１１０によってその部分を電解研磨する量を調節する。

【００１７】

模範的な一実施例においては、ウエハ１０２を研磨モジュール１００内において処理する前に、基板の厚さ測定ツール１１６を使用し、ウエハ１０２上の金属層の厚さを計測及びマッピングする。図２Ａを参照すれば、測定ツール１１６（図１）は、ウエハ１０２上の様々な場所２０２における厚さの計測値を提供することができる。尚、これらの場所２０２は、様々な座標系を使用してマッピング可能であることに留意されたい。例えば、図２Ａに示されているように、単純なｘ及びｙ座標軸を使用可能である。或いは、この代わりに、ウエハ１０２の回転角度に応じた半径及び角度θを使用することも可能である。そして、制御システム１１４（図１）は、このウエハ１０２上の金属層の厚さのマッピングを使用することにより、金属層の一部分を電解研磨する前に、その部分の厚さを取得することができる。

【００１８】

図２Ａに示されているように、ウエハ１０２上の金属層の厚さのマッピングには、ギャップが含まれている（これは、金属層の厚さが不明な場所を意味している）。具体的には、図２Ａに示されてるように、ウエハ１０２の回転及び並進運動の結果、ノズル１０８（図１）及び／又はノズル１１０（図１）によって適用される電解液の流れは、螺旋状の経路２０４を辿ることになる。又、図２Ａに示されているように、この電解液の流れは、場所２０６に適用される可能性があり、この場所の金属層の厚さは不明である。このため、この模範的な実施例においては、金属層の厚さが判明している複数の場所２０２の厚さの計測値を使用し、場所２０６における金属層の厚さを判定している。

【００１９】

例えば、図２Ｂに示されているように、場所２０６における金属層の厚さを、場所２０２Ａ、２０２Ｂ、２０２Ｃ、及び２０２Ｄにおける金属層の厚さに基づいて判定する。尚、図２Ａにおいて使用されているｘ及びｙ座標系に従い、場所２０６は、位置（ｘ，ｙ）に対応しており、場所２０２Ａ、２０２Ｂ、２０２Ｃ、及び２０２Ｄは、それぞれ、位置（x_i，y_{j+1}）、（x_{i+1}，y_{j+1}）、（x_{i+1}，y_j）、及び（x_i，y_j）に対応していることに留意されたい。図２Ｃは、この金属層の厚さにおける変動を透視図によって示して

いる。

【００２０】

この例においては、場所２０６における金属層の厚さは、次の式によって特徴付けられるものと仮定している。

【００２１】

$$T = Ax + By + Cxy + D \quad (1)$$

【００２２】

又、(x_i, y_j)における厚さ$T_{i,j}$、(x_i, y_{j+1})における厚さ$T_{i,j+1}$、及び(x_{i+1}, y_j)における$T_{i+1,j}$、及び(x_{i+1}, y_{j+1})における厚さ$T_{i+1,j+1}$は、次の式によって特徴付けられるものと仮定している。

【００２３】

$$T_{i,j} = Ax_i + By_j + Cx_iy_j + D \quad (2)$$

$$T_{i,j+1} = Ax_i + By_{j+1} + Cx_iy_{j+1} + D \quad (3)$$

$$T_{i+1,j} = Ax_{i+1} + By_j + Cx_{i+1}y_j + D \quad (4)$$

$$T_{i+1,j+1} = Ax_{i+1} + By_{j+1} + C \quad (5)$$

【００２４】

次いで、Ａ、Ｂ、Ｃ、及びＤの値は、次のように、式（２）～式（５）を解くことにより、取得することができる。

【００２５】

$$C = (T_{i,j} - T_{i,j+1} + T_{i+1,j+1}) / [(x_i - x_{i+1}) * (y_j - y_{j+1})]$$

$$B = (T_{i,j} - T_{i,j+1}) / (y_j - y_{j+1}) - X_i * D$$

$$A = (T_{i,j} - T_{i+i,j}) / (x_i - x_{i+1}) - y_j * D$$

$$D = T_{i,j} - x_i * B - y_i * [(T_{i,j} - T_{i,j+1}) / (y_j - y_{j+1})]$$

【００２６】

尚、場所２０６における金属層の厚さを判定するには、金属層の厚さが判明している場所２０２をいくつでも使用可能であることを認識されたい。例えば、前述のものよりも更に正確な補間のために、場所２０６における金属層の厚さが、次の式によって特徴付けられるものと仮定することも可能である。

【００２７】

$$T = Ax^2 + By^2 + Cxy + Dx + Ey + F \quad (6)$$

【００２８】

（ｘ，ｙ）における厚さＴを、場所２０６に最も近い６つの場所を使用して補間可能であり、定数Ａ、Ｂ、Ｃ、Ｄ、Ｅ、及びＦは、前述の４つの場所を使用した場合において定数Ａ、Ｂ、Ｃ、及びＤを解いたものと同様の方式で６つの式を解くことにより、取得可能である。

【００２９】

図１を再度参照すれば、この模範的な実施例においては、ウエハ１０２上の金属層の厚さの計測値は、エンドポイント検出器１０６を使用して取得することができる。具体的には、ノズル１０８及び／ノズル１１０を使用してウエハ１０２を電解研磨するのと同様の方式で、ウエハ１０２を、エンドポイント検出器１０６に隣接した状態で、回転及び並進運動させる。この結果、ノズル１０８及び／又はノズル１１０を使用して金属層を電解研磨する際に辿るものと同一の経路２０４（図２）に沿って、ウエハ１０２上の金属層の厚さの計測値を取得することができる。

【００３０】

例えば、エンドポイント検出器１０６が、光学センサである場合には、ウエハ１０２の回転及び並進運動に伴って、エンドポイント検出器１０６に隣接するウエハ表面の反射率を記録すればよい。この場合には、場所２０６（図２）などの場所における金属層の厚さは、次の式を使用して算出することができる。

【００３１】

$$T(x, y) = P(T) * R(x, y) \quad (7)$$

【００３２】
ここで、Ｒ（ｘ、ｙ）は、エンドポイント検出器１０６によって計測された場所２０６（図２）における金属膜の反射率であり、Ｐ（Ｔ）は、反射率から厚さへの変換ファクタであり、これ自体が厚さの関数である。このＰ（Ｔ）は、判明している様々な厚さを有する金属層の組を使用し、これらの判明している厚さを金属層の反射率に関連付けることによって判定可能である。そして、この判定された変化ファクタＰ（Ｔ）を使用することにより、厚さが不明な金属層の反射率に対応した厚さを判定することができる。
【００３３】
或いは、この代わりに、判明している厚さと対応する反射率を、制御システム１１４などのコンピュータ内に、ルックアップテーブルとして保存することも可能である。例えば、このルックアップテーブルは、次のように、コンピュータメモリ内に保存された厚さの行列を含むことができる。
【００３４】

$$\begin{matrix} T_{1,1} & T_{1,2} & T_{1,3} \cdots & T_{1,m} \\ T_{2,1} & T_{2,2} & T_{2,3} \cdots & T_{2,m} \\ T_{3,1} & T_{3,2} & T_{3,3} \cdots & T_{3,m} \\ & & \cdots\cdots & \\ T_{n,1} & T_{n,2} & T_{n,3} \cdots & T_{n,m} \end{matrix}$$

【００３５】
この厚さ行列内のそれぞれの厚さは、対応する反射率を具備している。
【００３６】
エンドポイント検出器１０６を使用して場所２０６（図２）における反射率を計測した後に、制御システム１１４は、変換ファクタＰ（Ｔ）又はルックアップテーブルなどを使用して厚さＴ（ｘ，ｙ）を判定可能である。次いで、この厚さの計測値を使用することにより、金属層を電解研磨することができる。そして、このプロセスは、エンドポイント検出器１０６によって記録される反射率が予め設定された範囲内になるまで反復可能である。尚、この予め設定される反射率の範囲は、金属パターン密度、過研磨の範囲、及びこれらに類似するものなどの様々なファクタによって左右され得るものであることに留意されたい。一般に、パターン化された密度が小さいほど、予め設定される反射率も小さくなる。又、予め設定される反射率は、パターン密度に基づいても変化し得るものである。この予め設定される反射率は、マスクのパターン密度に基づいて算出するか、或いは、最小限の金属凹部を有する１つの研磨済みのウエハによって計測することも可能である。尚、この予め設定される反射率の算出の更に詳しい説明については、２０００年５月１２日付けで出願された「ＭＥＴＨＯＤ　ＡＮＤ　ＡＰＰＡＲＡＴＵＳ　ＦＯＲ　ＥＮＤ－ＰＯＩＮＴ　ＤＥＴＥＣＴＩＯＮ」という名称の米国特許第６，４４７，６６８号明細書を参照されたい（この内容のすべては、本引用により、本明細書に包含される）。
【００３７】
尚、エンドポイント検出器１０６は、様々なタイプのセンサであってよいことを認識されたい。例えば、エンドポイント検出器１０６は、渦電流センサであってよい。この場合には、エンドポイント検出器１０６を使用して、反射率ではなく渦電流を計測し、反射率の計測値ではなく、渦電流の計測値に基づいて、金属層の厚さを判定することになる。
【００３８】
エンドポイント検出器１０６を使用して取得される厚さの計測値は、金属層を電解研磨する際に辿る経路と同一の経路を辿ることができるが、これらの厚さの計測値には、依然として、ギャップが存在する可能性がある。例えば、スループットを向上させるべく、厚さの計測値を、連続的にではなく、間隔をおいて取得する場合があるからである。厚さの計測値にギャップが存在する場合には、前述の補間プロセスを使用することにより、厚さの計測値が不明な場所の厚さの計測値を取得することができる。
【００３９】
又、この模範的な実施例においては、グリッドごとの画像化を使用し、ウエハ上のあら

ゆる位置をマッピングし、検出することができる。具体的には、ウエハの表面をピクセルパーティションにマッピングすることが可能であり、この場合に、それぞれのピクセルパーティションは、エンドポイント検出器１０６（図１）を使用して計測可能な１つのフィールドに対応している。図３には、様々な模範的なピクセルパーティションが示されている。エンドポイント検出器１０６（図１）は、ウエハの中心から始めて、ウエハのエッジに向かって（或いは、エッジから）、所与の位置（ｘ，ｙ）（即ち、ピクセルであり、これは、好ましくは、２．５ｍｍ　ｘ　２．５ｍｍのサイズを有している）の反射率を計測することができる。エンドポイント検出器１０６（図１）は、すべてのピクセル（例：２００ｍｍウエハの場合には、最大で１１，４９４個のピクセル（即ち、πR^2／（２．５）^{2}））が記録されるまで、一度に１つのピクセルずつ移動し、それぞれのピクセルの反射率データを記録可能である。

【００４０】

この模範的な実施例においては、ウエハを電解研磨する前に、基板の厚さ測定ツールから取得された厚さの初期計測値を使用して粗い初期電解研磨を実行している。そして、この粗い初期電解研磨が完了した後に、例えば、エンドポイント検出器を使用して、金属層の厚さの中間計測値を取得する。次いで、この厚さの中間計測値を使用して、金属層を再度電解研磨する。粗い初期の電解研磨は、約１０００Åなどの厚さの閾値を金属層の厚さが下回った場合に完了すればよい。但し、厚さの中間計測なしに、厚さの初期計測値に基づいて金属層を電解研磨することも可能であることを認識されたい。或いは、この代わりに、例えば、エンドポイント検出器を使用して取得された厚さの計測値を使用し、厚さの初期計測なしに、金属層を電解研磨することも可能である。

【００４１】

前述のように、この模範的な実施例においては、金属層の一部分を電解研磨する量を、その部分の厚さの計測値に基づいて調節している。この一部分を電解研磨する量は、その部分に適用される電解液の流れに印加する電流及び／又は電圧を変化させることにより、調節可能である。例えば、印加する研磨電流は、次のように、厚さに基づいて判定することができる。

【００４２】

$$I = kT(x, y) \qquad (7)$$

【００４３】

ここで、ｋは、研磨速度に関係するファクタである。尚、電解液の流れに印加する電流及び／又は電圧を変化させることに加え、電解液の流れを対象の部分に印加する時間の量（即ち、研磨持続時間）を、その部分の厚さの計測値に基づいて調節することも可能であることを認識されたい。更には、これらの電流、電圧、及び研磨持続時間の組み合わせを、その部分の厚さの計測値に基づいて調節することも可能である。

【００４４】

従って、図１を参照すれば、この模範的な実施例においては、制御システム１１４は、電解研磨する対象の金属層の一部分の厚さの計測値を判定し、次いで、その判定された厚さの計測値に基づいて、その部分を電解研磨する量を調節する。制御システム１１４は、前述のように、ノズル１０８及び／又はノズル１１０によって適用される電解液の流れに印加する電流及び／電圧を調節することができる。又、制御システム１１４は、ウエハチャック１１２の回転及び／又は並進運動の速度を制御することにより、研磨持続時間を調節することも可能である。

【００４５】

この模範的な実施例においては、施すべき調節内容を制御システム１１４が判定する時点とその調節が実施される時点間における遅延量（Δｔ）を、金属層の一部分を電解研磨する前に制御システム１１４がその部分に対して施す調節内容を判定する際の事前のオフセット時間として使用している。例えば、金属層の一部分について、ノズル１０８によって適用される電解液の流れに印加する電流を調節する場合には、制御システム１１４は、その電解研磨する対象の部分にノズル１０８が到達する時点よりも少なくともオフセット

時間（即ち、Δｔ）だけ先行して、印加する電流を判定することになる。

【００４６】

次に図４を参照すれば、制御システム１１４は、複数の電解研磨モジュール１００（即ち、処理チャンバ１（Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｃｈａｍｂｅｒ　１：ＰＣ１）、ＰＣ２、及びＰＣ３）に接続可能である。この図４に示されているように、制御システム１１４は、それぞれの電解研磨モジュール１００ごとに、プロセス制御を実行する。例えば、それぞれの電解研磨モジュール１００ごとに、制御システムは、研磨レシピを実行し、厚さの計測値（例：反射率データ）を記録し、厚さの計測値を処理し、金属膜の厚さプロファイルを更新し、電解研磨を調節し（例：ノズルによって適用される電解液の流れに印加する電流又は電圧を調節する）、電解研磨する対象のそれぞれのウエハごとに研磨レシピを反復する。又、制御システム１１４は、グラフィカルユーザーインターフェイス、ウエハのハンドリング、警報管理、及びこれらに類似するものなどの更なるタスクも実行する。

【００４７】

但し、制御システム１１４に要求される処理及び演算負荷のために、読み出し、電気的出力、及び機械的動作などのタスクの応答時間が低下する可能性がある。制御システム１１４による処理を要する負荷の数が増大すると、それぞれの負荷の完了時間が長くなることになる。従って、この模範的な実施例においては、制御システム１１４は、複数の分散したサブシステムを含んでおり、動作サーバーブロックコントローラなどの個別のサブシステムにタスク指向の機能を負荷分散している。

【００４８】

具体的には、次に図５を参照すれば、１つのサブシステム５０２が、１つの電解研磨モジュール１００（例：ＰＣ１、ＰＣ２、又はＰＣ３）に専用となっている。この図５に示されている分散サブシステムにより、図４に示されている中央システムに関連するタイムラグが軽減される。この図５に示されている模範的な実施例においては、ＰＣに基づいた制御システム１１４は、ＲＳ－４８５、ＤｅｖｉｃｅＮｅｔ、及びこれらに類似するものなどの装置間伝送媒体５０４を使用して、それぞれのサブシステム５０２との間でデータを送受信する。

【００４９】

例えば、それぞれのサブシステム５０２は、それぞれの電解研磨モジュール１００ごとに、同一のタスクの組を実行可能である。図５に示されているように、１つのサブシステム５０２は、ＰＣ１用のチャック、モーター駆動装置、ノズル、及びエンドポイント検出器を動作させ、デジタルＩＯ及びアナログＩＯ用のデータを処理するべく、専用であってよい。同時に、その他のサブシステム５０２も、それらの個々の電解研磨モジュール１００に専用であってよい。例えば、別のサブシステム５０２は、ＰＣ２用のチャック、モーター駆動装置、ノズル、エンドポイント検出器を動作させ、デジタルＩＯ及びアナログＩＯ用のデータを処理するべく、専用であってよい。

【００５０】

このような分散構成においては、それぞれのサブシステム５００は、機械的及び電気的な性能の両面において、良好且つ精緻な制御を施すことができる（即ち、残りの金属層を有するウエハの回転角度と場所の両方を記録し、所与の場所について記録された反射率に基づいて、４ミリ秒以内にノズルの機能を制御する）。向上した処理能力を具備するそれぞれのサブシステム５０２により、この模範的な実施例は、反射率データに基づいて、レシピにその他の値又はテーブルを追加又は外挿し、更に精緻な研磨の制御を実現することができる。

【００５１】

更には、ウエハの電解研磨の処理要件をサブシステム５０２に分散した結果、制御システム１１４及びサブシステム５０２は、その他のタスクを操作又は実行するための追加的な処理パワーを獲得することができる。具体的には、更なるツール及び／又はアプリケーションを、それらのツール構成の速度又は実用性を減じることなしに、研磨プロセスに追加可能である。例えば、インライン測定ツールを追加し、ウエハを電解研磨モジュールに

装填する前に、それぞれのウエハのプロファイルを計測することができる。このようなインライン測定ツールは、サブシステム５０２又は制御システム１１４が、平坦且つ均一な金属表面を実現するのに必要な電流出力を判定できるように、ウエハ上の金属層の厚さを計測することができる。そして、サブシステム５０２又は制御システム１１４は、「距離対電流比　ｘ　ユーザー定義設定ポイント（ｄｉｓｔａｎｃｅ　ｖｅｒｓｕｓ　ｃｕｒｒｅｎｔ　ｒａｔｅ　ｔｉｍｅｓ　ｕｓｅｒ　ｄｅｆｉｎｅｄ　ｓｅｔ－ｐｏｉｎｔｓ）」などのデータを有する新しいテーブルを生成することができる。

【００５２】

（ＩＩ．障壁及び犠牲層の除去）

図６Ａ～図６Ｄは、半導体デバイス内の相互接続の形成に使用可能な模範的なダマスクプロセスを示している。具体的には、図６Ａを参照すれば、半導体デバイスには、凹部領域６０６と非凹部領域６１０を具備する誘電体材料６０８が含まれており、この凹部領域６０６は、幅の広いトレンチなどの構造、大きな矩形構造、及びこれらに類似するものであってよい。障壁層６０４が凹部領域６０６と非凹部領域６０４の両方を覆うように、ＣＶＤ、ＰＶＤ、ＡＬＤ、及びこれらに類似するものなどの便利な堆積方法により、誘電材料６０８上に障壁層６０４を堆積させることができる。尚、誘電材料及び障壁層の更に詳しい説明については、２００３年3月１４日付で出願された「ＭＥＴＨＯＤ　ＦＯＲ　ＩＮＴＥＧＲＡＴＩＮＧ　ＣＯＰＰＥＲ　ＷＩＴＨ　ＵＬＴＲＡ－ＬＯＷ　Ｋ　ＤＩＥＬＥＣＴＲＩＣＳ」という名称の米国特許出願第１０／３８０，８４８号；２００１年４月２４日付けで出願された「ＥＬＥＣＴＲＯＰＯＬＩＳＨＩＮＧ　ＭＥＴＡＬ　ＬＡＹＥＲＳ　ＯＮ　ＷＡＦＥＲＳ　ＨＡＶＩＮＧ　ＴＲＥＮＣＨＥＳ　ＯＲ　ＶＩＡＳ　ＷＩＴＨ　ＤＵＭＭＹ　ＳＴＲＵＣＴＵＲＥＳ」という名称の先行する米国仮特許出願第６０／２８６，２７３号の優先権を主張する２００２年3月２７日付で出願された同名称の米国特許出願第１０／１０８，６１４号を参照されたい。尚、これらの特許出願の内容のすべては、本引用により、本明細書に包含される。

【００５３】

この模範的な実施例においては、図６Ｂを参照すれば、ＰＶＤ、ＣＶＤ、ＡＬＤ、電気メッキ、無電解メッキ、及びこれらに類似するものなどの便利な方法により、障壁層６０４上に金属層６１２を堆積可能である。次に、図６Ｃを参照すれば、金属層６１２が、凹部領域６０６内には残留しつつ、非凹部領域６１０からは除去されるように、ＣＭＰ、電解研磨、及びこれらの類似するものを使用し、金属層６１２を研磨して除去する。尚、金属層６１２は、銅、アルミニウム、ニッケル、クロミウム、亜鉛、カドミウム、銀、金、ロジウム、パラジウム、プラチナ、錫、鉛、鉄、インジウム、超伝導材料、及びこれらに類似のものなどの様々な導電性材料を含むことができる。又、金属層６１２は、様々な導電性材料のいずれかの合金、又は超伝導体の化合物をも含むことができる。好ましくは、金属層６１２は、銅及びその合金を含んでいる。

【００５４】

次に図６Ｄを参照すれば、非凹部領域６１０から金属層６１２を除去した後に、湿式エッチング、乾式化学エッチング、乾式プラズマエッチング、及びこれらに類似するものなどの便利な方法により、障壁層６０４を非凹部領域６１０から除去することができる。非凹部領域６１０から障壁層６０４をすべて除去するには、オーバーエッチングが必要である。しかしながら、図６Ｄに示されているように、オーバーエッチングによれば、ノッチ６１４が生じる可能性がある。そして、この模範的なプロセスにおいて、ＳｉＮ及びこれに類似するものなどの次のカバー層が堆積されると、ノッチ６１４は、空洞となり、この結果、金属の浸出が生じることになる。そして、この浸出した金属は、誘電材料６０８を通じてデバイスのゲート領域にまで拡散し、半導体デバイスの誤動作を引き起こす可能性がある。

【００５５】

図７Ａ～図７Ｄに示されているように、電解研磨を使用する過研磨及びプラズマエッチングの組み合わせを使用し、この問題に対処することができる。この模範的なプロセスに

おいては、図７Ａを参照すれば、凹部領域６０６内の金属層６１２は、凹部領域６０６内の障壁層６０４の最上部と金属層６０２の表面の間にｈミクロンの高さが存在するように、電解研磨、湿式エッチング、及びこれに類似するものを使用して過研磨される（高さｈは、障壁層６０４の厚さ以上である）。尚、電解研磨の場合には、相対的に良好な制御が可能であり、従って、湿式エッチング法と比べて、凹部領域６０６内の金属層６１２を過研磨するべく試みる際に、発生するプロセス問題が相対的に少ないことを認識されたい。電解研磨の説明については、１９９９年７月２日付けで出願された「ＭＥＴＨＯＤＳ ＡＮＤ ＡＰＰＡＲＡＴＵＳ ＦＯＲ ＥＬＥＣＴＲＯＰＯＬＩＳＨＩＮＧ ＭＥＴＡＬ ＩＮＴＥＲＣＯＮＮＥＣＴＩＯＮＳ ＯＮ ＳＥＭＩＣＯＮＤＵＣＴＯＲ ＤＥＶＩＣＥＳ」という名称の米国特許第６，３９５，１５２号明細書を参照されたい（尚、この内容のすべては、本引用により、本明細書に包含される）。

【００５６】

次に、図７Ｂを参照すれば、CF_4/O_2、SF_6/O_2、及びこれらに類似するものなどの添加剤を、エッチングガスであるＴａ、Ｃ、及びＦに追加し、凹部領域６０６内の障壁層６０４及び金属層６１２上に残留物７０２を形成する。そして、図７Ｃに示されているように、障壁層６０４をエッチングによって除去すると、残留物７０２の存在により、凹部領域６０６内の誘電材料６０８と金属層６１２間の障壁層６０４のオーバーエッチングを防止することができる。

【００５７】

次の表１は、障壁層６０４を除去するべくプラズマ乾式エッチングプロセスにおいて採用可能なパラメータの模範的な範囲を提供している。

【００５８】

【表１】

表１

プラズマ出力：	５００～２０００Ｗ
真空：	３０～１００ｍＴｏｒｒ
ウエハの温度	約２０℃
ガス及び流速：	SF_6＝５０ｓｃｃｍ、CF_4＝５０ｓｃｃｍ、又はO_2＝１０ｓｃｃｍ
ガス圧：	０．１～５０ｍＴｏｒｒ
ＴａＮの除去速度：	２５０ｎｍ／ｍｉｎ
ＴｉＮの除去速度：	３００ｎｍ／ｍｉｎ
ＳｉＯ２の除去速度：	２００～４００ｎｍ／ｍｉｎ

【００５９】

これらのパラメータにより、結果的に、可能な誘電材料６０８の材料であるSiO_2のものに近い、２つの可能な障壁層６０４の材料であるＴａＮ及びＴｉＮの除去速度が得られる。このようにして選択度を選択することにより、障壁層６０４を除去する際の下部に位置する誘電材料６０８のエッチング又は損傷を軽減することができる。但し、これらのパラメータを変化させることにより、その他の選択度を得ることも可能であることに留意されたい。

【００６０】

次に図７Ｄを参照すれば、プラズマエッチングプロセス、又は乾式化学エッチング、又はその他の便利なプロセスを使用して、約Δｄの凹部領域６０６及び非凹部領域６１０の部分を除去可能である。障壁層６０４のエッチング速度は、障壁層６０４の高さが誘電材料６０８以上となるように、誘電材料６０８のエッチング速度以下に設定する必要がある。この結果、次の最上位層が堆積された際に、空洞が形成されなくなる。

【００６１】
図８Ａ～図８Ｄに、別の模範的なプロセスが示されている。この図８Ａ～図８Ｄに示されている模範的なプロセスは、６０６などの凹部領域を形成するエッチング及び堆積プロセスをウエハに施す前に、ハードマスク層８０２が誘電材料６０８上に形成されていることを除いて、図７Ａ～図７Ｄに示されているプロセスに多くの点で類似している。図示のように、ハードマスク層８０２は、障壁除去プロセスにおいて、ハードマスク層８０２の下方の誘電材料６０８のエッチングを防止し、これにより、誘電体（特に、低ｋ誘電体）の性能の劣化を回避することができる。凹部のｈは、障壁層６０４の厚さとハードマスク８０２の厚さの合計を下回っている必要がある。
【００６２】
図９Ａ～図９Ｂには、別の模範的なプロセスが示されている。図８Ａ～図８Ｄと同様に、図９Ａ～図９Ｄに示されている模範的なプロセスは、ハードマスク層８０２に加え、ハードマスク層８０２上に犠牲層９０２が堆積されていることを除いて、図７Ａ～図７Ｄに示されているプロセスに多くの点で類似している。この模範的なプロセスにおいては、ハードマスク層８０２は、障壁層６０４の除去速度よりも低い除去速度を具備し、障壁層６０４の除去レート以上の除去レートを有する犠牲層９０２を使用している。
【００６３】
図８Ａ～図８Ｄ及び図９Ａ～図９Ｄのいずれにおいても、ハードマスク８０２は、ＳｉＮ、ＳｉＣ、SiO_2、ＳｉＯＮ、ダイヤモンドフィルム、及びこれらに類似するものから選択可能である。犠牲層９０２は、ＳｉＮ、SiO_2、ＳｉＯＮ、及びこれらに類似するものから選択可能である。
【００６４】
以上、模範的な実施例について説明したが、本発明の精神及び／又は範囲を逸脱することなしに、様々な変更を加えることが可能である。従って、本発明は、添付の図面及び以上の説明に示されている特定の形態に限定されるものと解釈するべきではない。
【図面の簡単な説明】
【００６５】
【図１】模範的な電解研磨モジュールを示す図。
【図２Ａ】半導体ウエハ上に形成された金属層の模範的な厚さのマッピングを示す図。
【図２Ｂ】図２Ａに示されているマッピングの一部を示す図。
【図２Ｃ】図２Ａに示されているマッピングの一部を示す図。
【図３】様々なマッピング方式を示す図。
【図４】複数の模範的な電解研磨モジュールに接続された模範的な制御システムを示す図。
【図５】複数のサブシステムを通じて複数の模範的な電解研磨モジュールに接続された模範的な制御システムを示す図。
【図６】Ｆｉｇ．６ＡからＦｉｇ．６Ｄは、模範的なダマスクプロセスを示す図。
【図７】Ｆｉｇ．７ＡからＦｉｇ．７Ｄは、別の模範的なダマスクプロセスを示す図。
【図８】Ｆｉｇ．８ＡからＦｉｇ．８Ｄは、更に別の模範的なダマスクプロセスを示す図。
【図９】Ｆｉｇ．９ＡからＦｉｇ．９Ｄは、更に別の模範的なダマスクプロセスを示す図。

【図１】

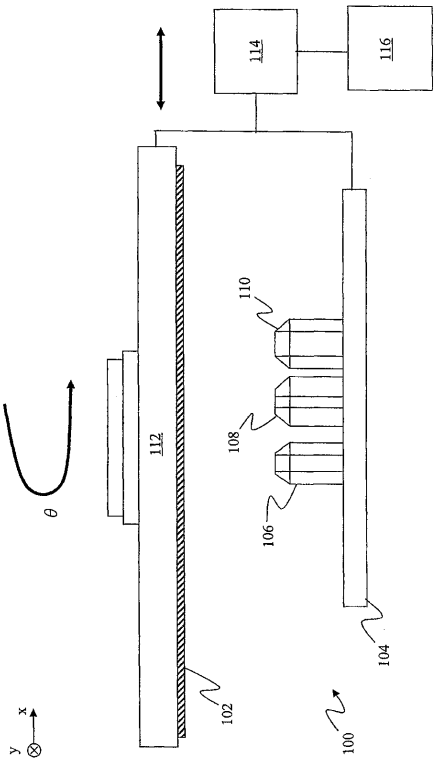


Fig. 1

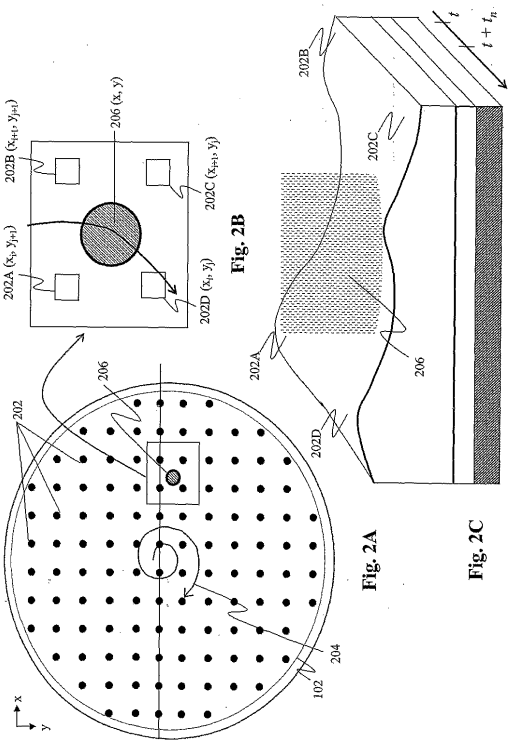


Fig. 2B

Fig. 2A

Fig. 2C

【図３】

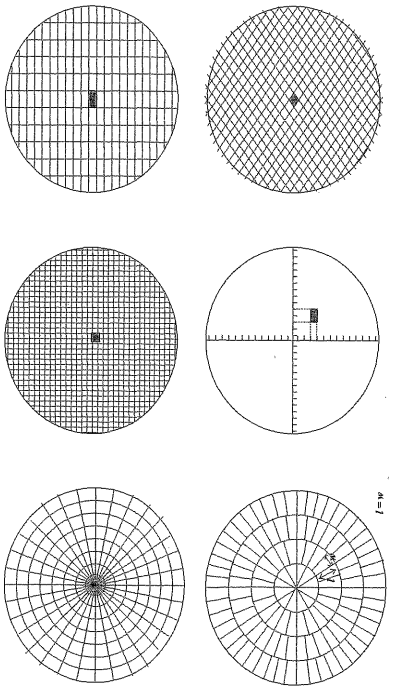


Fig. 3

【図４】

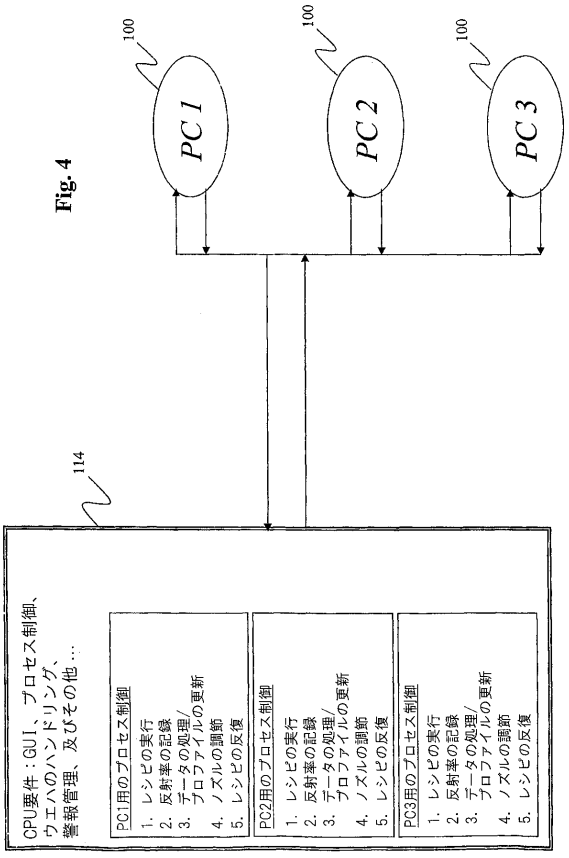
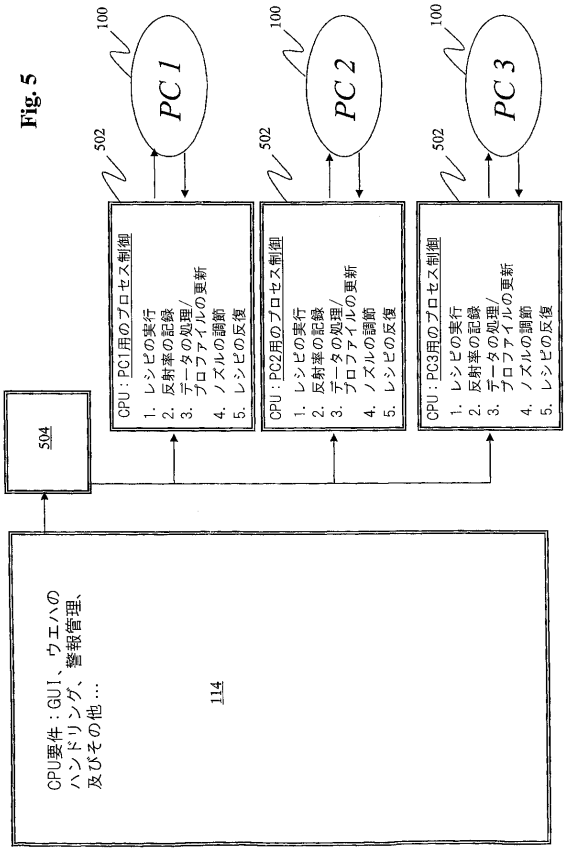


Fig. 4

【図５】

Fig. 5



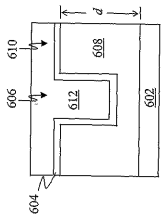


Fig. 6B

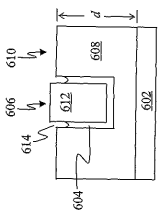


Fig. 6D

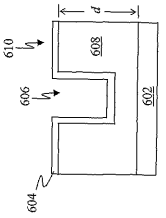


Fig. 6A

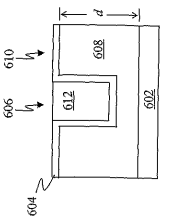


Fig. 6C

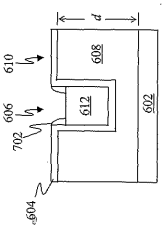


Fig. 7B

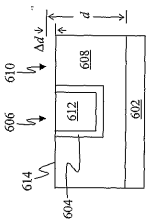


Fig. 7D

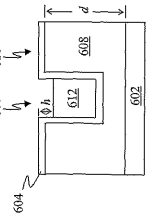


Fig. 7A

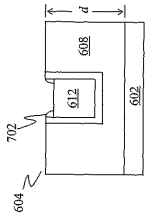


Fig. 7C

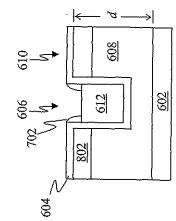


Fig. 8B

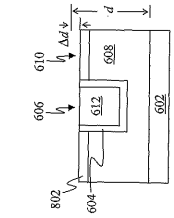


Fig. 8D

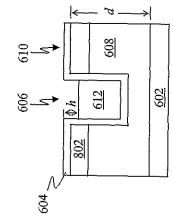


Fig. 8A

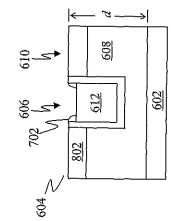


Fig. 8C

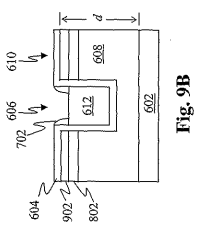


Fig. 9B

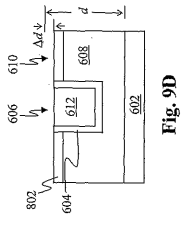


Fig. 9D

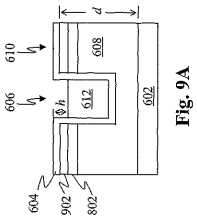


Fig. 9A

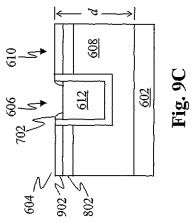


Fig. 9C

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100119987
弁理士 伊坪 公一
(74)代理人 100082898
弁理士 西山 雅也
(72)発明者 ワン，フイ
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９４５３９，フレモント，ジャカランダ ドライブ ３４０
(72)発明者 アフナン，ムハンマド
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９４５３９，フレモント，ブエルタ オリーブス １０４８
(72)発明者 イー，ペイハウアー
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９４５６０，ニューアーク，サイカモア ストリート ３７１７１，＃８２４
(72)発明者 コエラー，デイモン エル.
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９４５３８，フレモント，フレモント ブールバード ３９６０１
(72)発明者 ユ，チャウーチ
アメリカ合衆国，カリフォルニア ９５０７０，サラトガ，レイド レーン ２０６２５

Ｆターム(参考) 5F033 HH07 HH08 HH11 HH13 HH14 HH16 HH17 HH32 HH33 HH40
MM01 MM12 MM13 PP06 PP14 PP27 PP28 QQ08 QQ09 QQ11
QQ12 QQ19 QQ25 QQ46 QQ48 RR01 RR04 RR06 RR08 TT01
5F043 AA22 DD14 DD16 FF07 GG04