

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4644954号
(P4644954)

(45) 発行日 平成23年3月9日 (2011.3.9)

(24) 登録日 平成22年12月17日 (2010.12.17)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/304 (2006.01)

B 2 3 H 7/26 (2006.01)

B 2 3 H 5/08 (2006.01)

B 2 3 H 7/12 (2006.01)

B 2 3 H 7/36 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 2 1 D

B 2 3 H 7/26 E

B 2 3 H 5/08

B 2 3 H 7/12

B 2 3 H 7/36 A

請求項の数 20 (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2001-56039 (P2001-56039)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成13年2月28日 (2001.2.28)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2001-322036 (P2001-322036A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成13年11月20日 (2001.11.20)	(74) 代理人	100094053
審査請求日	平成20年1月22日 (2008.1.22)		弁理士 佐藤 隆久
(31) 優先権主張番号	特願2000-71083 (P2000-71083)	(72) 発明者	佐藤 修三
(32) 優先日	平成12年3月9日 (2000.3.9)		東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		ニー株式会社内
		(72) 発明者	瀬川 雄司
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
			ニー株式会社内
		(72) 発明者	由尾 啓
			東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
			ニー株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研磨装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被研磨面に銅膜を有する被研磨対象物を研磨する研磨装置であって、
研磨面を有する導電性の研磨工具と、
前記研磨工具を所定の回転軸を中心に回転させ、かつ保持する研磨工具回転保持手段と、
前記被研磨対象物を保持し所定の回転軸を中心に回転させる被研磨対象物回転保持手段と、
前記研磨工具を前記被研磨対象物の前記被研磨面に対して略垂直な方向に移動位置決めする移動位置決め手段と、
前記被研磨面と前記研磨面とを所定の平面に沿って相対移動させる相対移動手段と、
前記被研磨面上にキレート剤を含む電解液を供給する電解液供給手段と、
前記被研磨面を陽極とし前記研磨工具を陰極として、前記被研磨面から前記電解液を通じて前記研磨工具に流れる電流を供給する電流供給手段とを備え、
前記電流供給手段は、前記被研磨面に接触可能または接近可能に配置され、前記被研磨面を陽極として通電する陽極部材、および前記陽極部材と前記研磨工具との間に所定電圧を印加する電源を有し、
前記研磨工具は、環状形状を有し、その環状の一端面が研磨面を構成しており、
前記陽極部材は、前記研磨工具の環の内側に非接触で設けられ、前記研磨工具回転保持手段によって前記研磨工具とともに回転し、保持される、

研磨装置。

【請求項 2】

前記電源は、所定周期のパルス状の電圧を出力する、
請求項 1 記載の研磨装置。

【請求項 3】

前記陽極部材の前記被研磨面に対向する側に当該被研磨面を洗浄する面を有する洗浄部材をさらに備え、当該洗浄部材は、前記電解液を吸収し、かつ通過させることができる材料から形成されており、前記陽極部材側から供給される前記電解液を前記被研磨面に供給する、

請求項 1 記載の研磨装置。

10

【請求項 4】

前記被研磨面から前記研磨工具に流れる電流の値を検出する電流検出手段と、
前記電流検出手段からの検出信号に基づいて、前記電流の値が一定となるように前記研磨工具の前記被研磨面に対して略垂直方向の位置を制御する制御手段とをさらに有する、
請求項 1 記載の研磨装置。

【請求項 5】

被研磨面に銅膜を有する被研磨対象物を研磨する研磨装置であって、
前記被研磨対象物を保持する保持手段と、
前記被研磨面に平行に配置される電極板と、
前記被研磨対象物に接続された、パルスジェネレータ、アンプおよび加振器からなる加振手段と、

20

研磨砥粒を含まず、キレート剤を含む電解液と、

前記電解液を貯留する水槽と、

前記被研磨面を陽極とし前記電極板を陰極として、前記被研磨面から前記電解液を通じて前記電極板に流れる電解電流を供給する電解電流供給手段とを備え、

前記電解電流供給手段は、20 ~ 50 m s e c 毎にパルス状の電圧を出力し、

前記被研磨対象物の前記保持手段および前記電極板は前記電解液中に浸漬されて配置され、

前記銅膜が前記キレート剤と反応してキレート膜が形成されるように、前記電解電流供給手段が前記電解電流を供給し、

30

前記キレート膜の凸部が除去されるように前記加振手段が前記被研磨対象物を振動させる、

研磨装置。

【請求項 6】

被研磨面に金属膜を有する被研磨対象物を研磨する研磨装置であって、
前記被研磨対象物の前記被研磨面を払拭する、通気孔が設けられたワイピング部材と、
前記被研磨面に対向し、前記ワイピング部材の上面に配設された対向電極と、
前記対向電極および前記ワイピング部材を所定の回転軸を中心に回転させ、かつ保持するワイピング部材回転保持手段と、

前記被研磨対象物を保持し所定の回転軸を中心に回転させる被研磨対象物回転保持手段と、

40

前記被研磨面上に電解液を供給する電解液供給手段と、

前記被研磨面と前記対向電極間に電流を供給する電流供給手段と、

前記ワイピング部材回転保持手段を貫通して前記対向電極および前記ワイピング部材の中心部に垂直に接続された、貫通孔を有し、前記電流を通電する通電軸とを備え、

前記電解液は、前記電解液供給手段から前記貫通孔を経由し、前記ワイピング部材を通過して前記被研磨面上に供給される、

研磨装置。

【請求項 7】

前記被研磨面と前記ワイピング部材とを相対移動させる相対移動手段をさらに有する、

50

請求項 6 に記載の研磨装置。

【請求項 8】

前記相対移動手段は、前記被研磨面に前記ワイピング部材を押圧し、前記被研磨面上に前記ワイピング部材を水平移動させる、

請求項 7 記載の研磨装置。

【請求項 9】

前記相対移動手段は、前記ワイピング部材の前記被研磨面側の面上に前記被研磨面が位置するように前記被研磨対象物回転保持手段を水平移動させる、

請求項 7 記載の研磨装置。

【請求項 10】

前記金属膜は、配線金属膜である、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 11】

前記ワイピング部材は、弾塑性体材料で構成されている、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 12】

前記被研磨対象物の周囲を包含するように形成され、前記電解液供給手段により供給された電解液を溜める浴槽をさらに有する、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 13】

前記電解液供給手段は、電解質と添加剤を含む電解液を供給する、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 14】

前記添加剤は、少なくとも光沢剤、キレート剤、銅イオンのいずれかを含む、

請求項 13 記載の研磨装置。

【請求項 15】

前記対向電極は、前記被研磨面の金属膜に比して同等または貴なる金属材料を有する、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 16】

前記対向電極は、通気孔が設置されている、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 17】

前記電流供給手段からの電流を前記被研磨面の金属膜に導くための接触電極をさらに有する、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 18】

前記電流供給手段は、前記被研磨面と前記対向電極間に周期性パルスを印加することにより電流を供給する、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 19】

前記電流供給手段は、前記被研磨面と前記対向電極間に流れる電流値を少なくとも研磨初期と研磨終点付近で変更可能である、

請求項 6 記載の研磨装置。

【請求項 20】

前記電解液供給手段により供給された電解液の温度を調節する温度調整手段をさらに有する、

請求項 6 記載の研磨装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

10

20

30

40

50

本発明は、研磨装置に関し、特に金属膜形成に伴う凹凸面を緩和する際に使用する研磨装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

半導体装置の高集積化、小型化に伴い、配線の微細化、配線ピッチの縮小化および配線の多層化が進んでおり、半導体装置の製造プロセスにおける多層配線技術の重要性が増大している。

一方、従来、多層配線構造の半導体装置の配線材料としてアルミニウムが多用されてきたが、近年の 0.25 μ m ルール以下のデザインルールにおいて、信号の伝搬遅延を抑制するために、配線材料をアルミニウムから銅に代えた配線プロセスの開発が盛んに行われている。銅を配線に使用すると、低抵抗と高エレクトロマイグレーション耐性を両立できるというメリットがある。

【 0 0 0 3 】

この銅を配線に使用するプロセスでは、例えばあらかじめ層間絶縁膜に形成した溝状の配線パターンに金属を埋め込み、CMP (Chemical Mechanical Polishing : 化学機械研磨) 法によって余分な金属膜を除去して配線を形成する、ダマシン (damascene) 法と呼ばれる配線プロセスが有力となっている。このダマシン法は、配線のエッチングが不要であり、さらに上層の層間絶縁膜も自ずと平坦なものになるので、工程を簡略化できるという利点がある。

さらに、層間絶縁膜に配線用溝だけでなく、コンタクトホールも溝として開け、配線用溝とコンタクトホールを同時に金属で埋め込むデュアルダマシン (dual damascene) 法では、さらに大幅な配線工程の削減が可能となる。

【 0 0 0 4 】

ここで、上記のデュアルダマシン法による銅配線形成プロセスの一例について下記の図を参照して、説明する。

まず、図 25 (a) に示すように、例えば、不図示の不純物拡散領域が適宜形成されているシリコン等の半導体基板 301 上に、例えば酸化シリコンからなる層間絶縁膜 302 を、例えば減圧 CVD (Chemical Vapor Deposition) 法により形成する。

【 0 0 0 5 】

次に、図 25 (b) に示すように、半導体基板 301 の不純物拡散領域に通じるコンタクトホール CH、および半導体基板 301 の不純物拡散領域と電氣的に接続される所定のパターンの配線が形成される溝 M を公知のフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いて形成する。

【 0 0 0 6 】

次に、図 25 (c) に示すように、バリヤ膜 305 を層間絶縁膜 302 の表面、コンタクトホール CH および溝 M 内に形成する。このバリヤ膜 305 は、例えば、Ta、Ti、TaN、TiN 等の材料を公知のスパッタ法により、形成する。バリヤ膜 305 は、配線を構成する材料が銅で層間絶縁膜 302 が酸化シリコンで構成されている場合には、銅は酸化シリコンへの拡散係数が大きく、酸化されやすいため、これを防止するために設けられる。

【 0 0 0 7 】

次に、図 26 (d) に示すように、バリヤ膜 305 上に、銅を公知のスパッタ法により、所定の膜厚で堆積させ、シード膜 306 を形成する。

次に、図 26 (e) に示すように、コンタクトホール CH および溝 M を銅で埋め込むように、銅膜 307 を形成する。銅膜 307 は、例えば、メッキ法、CVD 法、スパッタ法等により形成する。

【 0 0 0 8 】

次に、図 26 (f) に示すように、層間絶縁膜 302 上の余分な銅膜 307 およびバリヤ膜 305 を CMP 法によって除去し、平坦化する。

以上の工程により、銅配線 308 およびコンタクト 309 とが形成される。

10

20

30

40

50

上記したプロセスを配線 308 上で繰り返し行うことにより、多層配線を形成することができる。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記のデュアルダマシン法を用いた銅配線形成プロセスでは、余分な銅膜 307 を CMP 法によって除去する工程において、従来の CMP 法を用いた平坦化技術では、研磨工具と銅膜との間に所定の圧力をかけ、研磨するため、半導体基板へのダメージが大きく、特に層間絶縁膜に機械的強度の低い低誘電率の有機系絶縁膜などを採用している場合には、このダメージは、無視できないものとなり、層間絶縁膜へのクラック（亀裂）の発生、半導体基板からの層間絶縁膜の剥離などの問題がある。

10

【0010】

また、層間絶縁膜 302 と、銅膜 307 およびバリヤ膜 305 との除去性能が異なることから、配線 308 にディッシング、エロージョン（シンニング）、リセス等が発生しやすいという問題が存在した。

ディッシングは、図 27 に示すように、例えば、 $0.18\text{ }\mu\text{m}$ ルールのデザインルールにおいて、例えば、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 程度のような幅の広い配線 308 が存在した場合に、当該配線の中央部が過剰に除去され、へこんでしまう現象であり、このディッシングが発生すると配線 308 の断面積が不足するため、配線抵抗値不良等の原因となる。このディッシングは、配線材料に比較的軟質の銅やアルミニウムを用いた場合に発生しやすい。

エロージョンは、図 28 に示すように、例えば、 $3000\text{ }\mu\text{m}$ の範囲に $1.0\text{ }\mu\text{m}$ の幅の配線が 50 パーセントの密度で形成されているようなパターン密度の高い部分が過剰に除去されてしまう現象であり、エロージョンが発生すると、配線の断面積が不足するため、配線抵抗値不良等の原因となる。

20

リセスは、図 29 に示すように、層間絶縁膜 302 と配線 308 との境界で配線 308 が低くなり段差ができてしまう現象であり、この場合にも配線の断面積が不足するため、配線抵抗値の不良等の原因となる。

【0011】

一方、余分な銅膜 307 を CMP 法によって、平坦化および除去する工程では、銅膜を効率的に除去する必要があるため、単位時間当たりの除去量である研磨レートは、例えば、 500 nm/min 以上となるように要求されている。

30

この研磨レートを稼ぐためには、ウェーハに対する加工圧力を大きくする必要があり、加工圧力を大きくすると、図 30 に示すように、配線表面にスクラッチ SC やケミカルダメージ CD が発生しやすくなり、特に、軟質の銅では発生しやすい。このため、配線のオープン、ショート、配線抵抗値不良等の不具合の原因となり、また、加工圧力を大きくすると、上記のスクラッチ、層間絶縁膜の剥離、ディッシング、エロージョンおよびリセスの発生量も大きくなるという不利益が存在した。

【0012】

本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、従って、本発明は、金属膜を研磨によって平坦化する際に、初期凹凸を容易に平坦化でき、かつ余分な金属膜の除去効率に優れ、金属膜へのダメージを抑制可能な研磨装置を提供することを目的とする。

40

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明の研磨装置は、被研磨面に銅膜を有する被研磨対象物を研磨する研磨装置であって、研磨面を有する導電性の研磨工具と、前記研磨工具を所定の回転軸を中心に回転させ、かつ保持する研磨工具回転保持手段と、前記被研磨対象物を保持し所定の回転軸を中心に回転させる被研磨対象物回転保持手段と、前記研磨工具を前記被研磨対象物の前記被研磨面に対して略垂直な方向に移動位置決めする移動位置決め手段と、前記被研磨面と前記研磨面とを所定の平面に沿って相対移動させる相対移動手段と、前記被研磨面上にキレート剤を含む電解液を供給する電解液供給手段と、前記被研磨面を陽極とし前記研磨工具を陰極として、前記被研磨面から前記電解液を通じて前記研

50

工具に流れる電流を供給する電流供給手段とを備え、前記電流供給手段は、前記被研磨面に接触可能または接近可能に配置され、前記被研磨面を陽極として通電する陽極部材、および前記陽極部材と前記研磨工具との間に所定電圧を印加する電源を有し、前記研磨工具は、環状形状を有し、その環状の一端面が研磨面を構成しており、前記陽極部材は、前記研磨工具の環の内側に非接触で設けられ、前記研磨工具回転保持手段によって前記研磨工具とともに回転し、保持されるものである。

【0014】

上記の本発明の研磨装置によれば、例えば被研磨対象物の被研磨面に凹凸のある銅膜が形成されている場合に、電流供給手段により、被研磨面の銅膜表面が、陽極酸化され、当該陽極酸化された銅が電解液供給手段によって供給される電解液中のキレート剤により、キレート化され、容易に除去可能な機械的強度の非常に低いキレート膜が形成される。

移動位置決め手段によって、被研磨面に研磨面を接触もしくは接近させ、研磨工具回転保持手段および回転保持手段によって、研磨面および被研磨面を接触もしくは接近した状態でそれぞれ回転させることによって、キレート膜の凸部分が除去され、さらに、相対移動手段により、被研磨面全体におけるキレート膜の凸部分を研磨除去することにより、低い研磨圧力で効率的に被研磨対象物を研磨することができる。

【0015】

また、陽極部材により電解液を通じて局所的に銅膜に電流を流すことにより、安定した電流供給を行うことができる。この場合には、陽極部材から電解液を介して被研磨面に通電され、さらに被研磨面から電解液を通じて研磨工具へと通電されることから、陰極である研磨工具近傍の銅膜が陽極酸化され、キレート化される。

【0016】

本発明の研磨装置は、好適には、前記電源は、所定周期のパルス状の電圧を出力する。例えば、パルス幅を非常に短くすることで、1パルス当たりの陽極酸化によるキレート膜生成量を非常に小さくして、表面の凹凸に接触した場合など電極間距離の急変による放電、気泡やパーティクルなどが介在した場合に起こる電気抵抗の急変によるスパーク放電など、銅膜の突発的かつ巨大な陽極酸化を防止し、できるだけ小さなものの連続にするために有効なものとなる。

【0017】

本発明の研磨装置は、好適には、前記陽極部材は、前記被研磨面に形成された銅に比して貴なる金属からなる。これにより、陽極部材の電解液への溶出などを防止し、銅膜を積極的に陽極酸化させることができる。なお、本来、陰極は溶出しないため、貴卑を考慮する必要はない。

【0018】

本発明の研磨装置は、好適には、前記被研磨面から前記研磨工具に流れる電流の値を検出する電流検出手段と、前記電流検出手段からの検出信号に基づいて、前記電流の値が一定となるように前記研磨工具の前記被研磨面に対して略垂直方向の位置を制御する制御手段とをさらに有する。

電流値を一定に制御することにより、電流密度は常に一定となり、陽極酸化によるキレート膜生成量も一定に制御することができる。

【0021】

さらに、上記の目的を達成するため、本発明の研磨装置は、被研磨対象物を保持する保持手段と、前記被研磨面に平行に配置される電極板と、前記被研磨対象物に接続された、パルスジェネレータ、アンプおよび加振器からなる加振手段と、研磨砥粒を含まず、キレート剤を含む電解液と、前記電解液を貯留する水槽と、前記被研磨面を陽極とし前記電極板を陰極として、前記被研磨面から前記電解液を通じて前記電極板に流れる電解電流を供給する電解電流供給手段とを備え、前記電解電流供給手段は、20～50ms毎にパルス状の電圧を出力し、前記被研磨対象物の前記保持手段および前記電極板は前記電解液中に浸漬されて配置され、前記銅膜が前記キレート剤と反応してキレート膜が形成されるように、前記電解電流供給手段が前記電解電流を供給し、前記キレート膜の凸部が除去さ

れるように前記加振手段が前記被研磨対象物を振動させるものである。

【 0 0 2 2 】

上記の本発明の研磨装置によれば、例えば被研磨対象物の被研磨面に凹凸のある銅膜が形成されている場合に、電解電流供給手段により、被研磨面の銅膜表面が、陽極酸化され、当該陽極酸化された銅が電解液供給手段によって供給される電解液中のキレート剤により、キレート化され、容易に除去可能な機械的強度の非常に低いキレート膜が形成される。当該キレート膜の凸部は、加振手段による被研磨対象物への振動作用により選択的に除去され、被研磨対象物へのダメージの少ない効率的な研磨を達成することができる。

【 0 0 2 5 】

さらに、上記の目的を達成するため、本発明の研磨装置は、被研磨面に金属膜を有する被研磨対象物を研磨する研磨装置であって、前記被研磨対象物の前記被研磨面を払拭する、通気孔が設けられたワイピング部材と、前記被研磨面に対向し、前記ワイピング部材の上面に配設された対向電極と、前記対向電極および前記ワイピング部材を所定の回転軸を中心に回転させ、かつ保持するワイピング部材回転保持手段と、前記被研磨対象物を保持し所定の回転軸を中心に回転させる被研磨対象物回転保持手段と、前記被研磨面上に電解液を供給する電解液供給手段と、前記被研磨面と前記対向電極間に電流を供給する電流供給手段と、前記ワイピング部材回転保持手段を貫通して前記対向電極および前記ワイピング部材の中心部に垂直に接続された、貫通孔を有し、前記電流を通電する通電軸とを備え、前記電解液は、前記電解液供給手段から前記貫通孔を経由し、前記ワイピング部材を通過して前記被研磨面上に供給されるものである。

【 0 0 2 6 】

さらに、上記の目的を達成するため、本発明の研磨装置は、前記被研磨面と前記ワイピング部材とを相対移動させる相対移動手段をさらに有する。

【 0 0 2 7 】

前記相対移動手段は、前記被研磨面に前記ワイピング部材を押圧し、前記被研磨面上に前記ワイピング部材を水平移動させる。あるいは、前記相対移動手段は、前記ワイピング部材の前記被研磨面側の面上に前記被研磨面が位置されるように前記被研磨対象物回転保持手段を水平移動させる。

【 0 0 2 8 】

上記の本発明の研磨装置によれば、例えば被研磨対象物の被研磨面に金属膜が形成されている場合に、電解液供給手段により、被研磨対象物表面上に電解液が供給され、電流供給手段により被研磨対象物表面と前記対向電極間に電流が供給されることで、被研磨面の金属膜が陽極酸化されてイオン状態となり、容易に除去可能な機械的強度の非常に低い状態となる。

そして、陽極酸化された金属膜の表面をワイパにより払拭することで、陽極酸化された金属膜が除去されることから、低い押圧で効率的に被研磨対象物を研磨することができる。

【 0 0 2 9 】

【 発明の実施の形態 】

以下に、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

【 0 0 3 0 】

第 1 実施形態

(半導体装置の製造方法および研磨方法)

本発明の実施形態について、一例として半導体装置の製造工程におけるデュアルダマシン法による金属配線形成プロセスに適用する場合について説明する。

【 0 0 3 1 】

まず、図 1 (a) に示すように、例えば不図示の不純物拡散領域が適宜形成されている、例えばシリコン等の半導体基板 1 0 1 上に、例えばシリコン酸化膜からなる層間絶縁膜 1 0 2 を、例えば反応源として T E O S (tetraethylorthosilicate) 等を用いて減圧 C V D (Chemical Vapor Deposition) 法により形成する。

なお、層間絶縁膜 1 0 2 としては、C V D 法により形成される T E O S (tetraethylorth

10

20

30

40

50

osilicate)膜やシリコン窒化膜の他、いわゆるLow-k(低誘電率膜)材料等を用いることができる。

ここで、低誘電率絶縁膜としては、SiF、SiOCH、ポリアリールエーテル、ポラスシリカ、ポリイミド等がある。

【0032】

次に、図1(b)に示すように、半導体基板101の不純物拡散領域に通じるコンタクトホールCHおよび配線用溝Mを、例えば公知のフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術を用いて形成する。なお、配線用溝Mの深さは、例えば、800nm程度である。

【0033】

次に、図1(c)に示すように、バリヤ膜103を層間絶縁膜102の表面、コンタクトホールCHおよび配線用溝M内に形成する。

このバリヤ膜103は、例えば、Ta、Ti、W、Co、Si、Ni、およびそれらの金属とリンあるいは窒素からなるTa₃N₅、TiN、WN、CoW、CoWP、TiSiN、NiWP等の合金、およびそれらの積層膜で構成される。これらの材料からなるバリア膜は、既知のスパッタリング装置、真空蒸着装置等をもちいたPVD(Physical Vapor Deposition)法あるいはCVD法により、例えば25nm程度の膜厚で形成する。

バリヤ膜103は、配線を構成する材料が層間絶縁膜102中に拡散するのを防止するため、および、層間絶縁膜102との密着性を上げるために設けられる。例えば、配線材料が銅で層間絶縁膜102が酸化シリコンのような場合には、銅は酸化シリコンへの拡散係数が大きく酸化されやすいため、これを防止する必要がある。

【0034】

次に、図2(d)に示すように、バリヤ膜103上に、配線形成材料と同じ材料からなるシード膜104を公知のスパッタ法により、例えば150nm程度の膜厚で形成する。シード膜104は、後に電解メッキを行うために形成するものであり、例えば金属膜を配線用溝MおよびコンタクトホールCH内に埋め込んだ際に、金属膜の成長を促すために形成する。

【0035】

次に、図2(e)に示すように、コンタクトホールCHおよび配線用溝Mを埋め込むように、バリヤ膜103上にAl、W、WN、Cu、Au、Ag等あるいはそれらの合金膜からなる配線用層105を、例えば1600nm程度の膜厚で形成する。配線用層105は、好ましくは、電解メッキ法または無電解メッキ法によって形成するが、CVD法、PVD法、スパッタ法などによって形成してもよい。なお、シード膜104は配線用層105と一体化する。

配線用層105の表面には、コンタクトホールCHおよび配線用溝Mの埋め込みによって生じた、例えば、800nm程度の高さの凹凸が形成されている。

なお、以下では、例えば配線用層として銅を積層させた場合について説明する。

【0036】

以上のプロセスは、従来と同様のプロセスで行われるが、本発明の研磨方法では、層間絶縁膜102上に存在する余分な配線用層105の除去を化学機械研磨でなく、電解作用を用いた電解複合研磨によって行う。具体的には、電解作用により銅膜を陽極酸化し、表面にキレート膜を形成する。なお、本願発明における研磨とは、削り取る機能、磨く機能、擦る機能、拭き取る機能と広く定義する。

【0037】

キレート膜の形成方法は、図3(f)に示すように、陰極部材120を銅膜105に平行に配置し、電解質、および添加剤として例えば銅をキレート化するキレート剤を含む電解液ELを陰極部材120と銅膜105との間に介在させる。なお、図4以降は、陰極部材120および電解液ELの図中への記載を省略してある。

また、電解液ELには、上記の他、添加剤として、光沢剤、Cuイオン等を含めることができる。

そして、この電解液を温度コントロールして、金属膜表面の酸化、キレート形成割合、拡

10

20

30

40

50

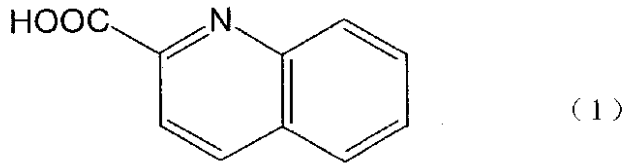
拭割合等を最適化する。

ここで、キレート剤としては、例えば、化学構造式(1)のキナルジン酸、化学構造式(2)のグリシン、化学構造式(3)のクエン酸、化学構造式(4)のシュウ酸、化学構造式(5)のプロピオン酸などを用いる。

次に、陰極部材120を陰極として、銅膜105およびバリヤ膜103を陽極として、電圧を印加する。

【0038】

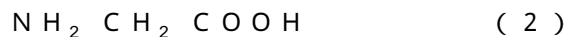
【化1】



10

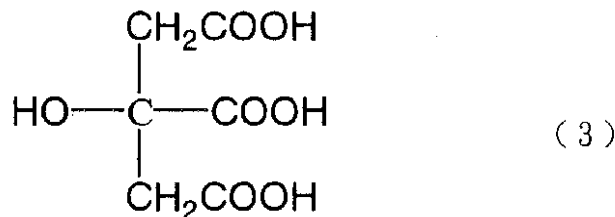
【0039】

【化2】



【0040】

【化3】



20

【0041】

【化4】



【0042】

【化5】



【0043】

陽極である銅膜105は、陽極酸化されることにより、CuOを形成する。ここで、銅膜105表面の凸部と陰極部材120との距離d1は、銅膜105表面の凹部と陰極部材120との距離d2に比して、短いことから、陰極部材120と銅膜105の電位差が一定の場合には、凸部における電流密度の方が凹部に比して大きくなるため、陽極酸化が促進される。

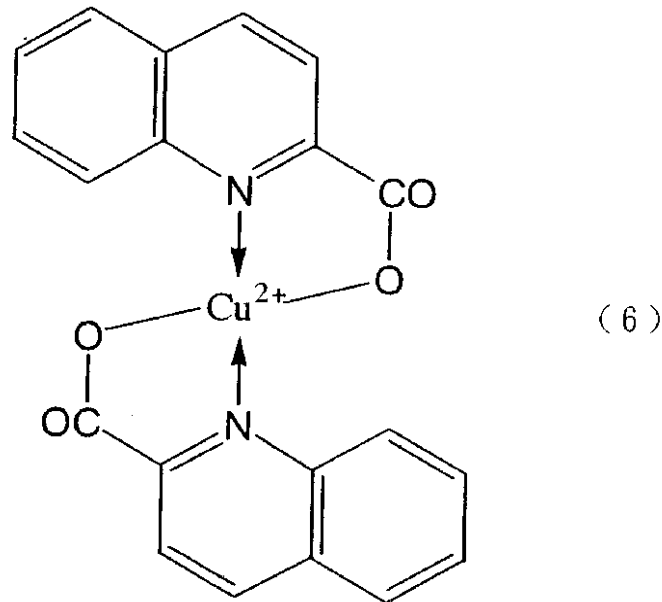
【0044】

図3(g)に示すように、陽極酸化された銅膜(CuO)105の表面は、電解溶液中のキレート剤により、キレート化される。キレート剤にキナルジン酸を用いた場合には、化学構造式(6)のキレート化合物からなる膜となり、グリシンを用いた場合には、化学構造式(7)のキレート化合物からなる膜となる。これらのキレート膜106は、電気抵抗が銅に比して高く、機械的強度は非常に小さい。従って、銅膜105の表面にキレート膜106が形成された後は、銅膜105から電解液ELを通じて陰極部材120へ流れる電流値は低下する。陽極酸化されない前は、銅のキレート化は抑制された状態にある。

【0045】

【化6】

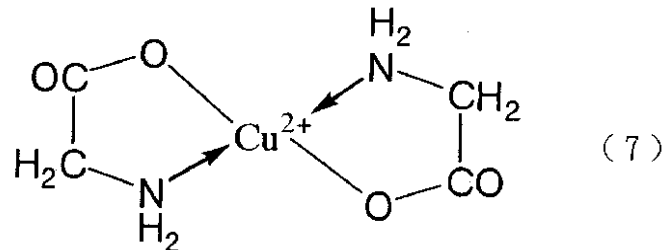
40



10

【 0 0 4 6 】

【 化 7 】



20

【 0 0 4 7 】

次に、図 4 (h) に示すように、銅膜 1 0 5 の表面に形成されたキレート膜 1 0 6 の凸部を、ワイピング、機械研磨などによって選択的に除去する。なお、機械研磨によって、キレート膜 1 0 6 の凸部を除去する場合に、あらかじめ、電解液 E L に不図示のスラリーを

30

含ませていても良い。また、当該キレート膜の機械的強度は非常に小さいため、基板 1 0 1 に振動を与えたり、電解液 E L に噴流を与えたりすることによってもキレート膜 1 0 6 を容易に除去することができる。

【 0 0 4 8 】

次に、図 4 (i) に示すように、電解液中に露出した銅膜 1 0 5 の凸部は、電気抵抗が低いこと、および陰極部材 1 2 0 との距離が短いことから集中的に陽極酸化され、陽極酸化された銅は、キレート化される。このとき、銅膜 1 0 5 から電解液 E L を通じて陰極部材 1 2 0 へ流れる電流値は再び低下する。

40

その後、キレート膜 1 0 6 の凸部を上述したワイピング、機械研磨などにより、選択的に除去し、露出した銅膜 1 0 5 が集中的に陽極酸化、キレート化され、当該キレート膜 1 0 6 の凸部を選択的に除去する工程を繰り返す。このとき、銅膜 1 0 5 から電解液 E L を通じて陰極部材 1 2 0 へ流れる電流値は、キレート膜 1 0 6 の除去と同時に増加し、キレート膜 1 0 6 の形成と同時に低下するという状態を繰り返す。

【 0 0 4 9 】

次に、図 5 (j) に示すように、上記の工程の後、銅膜 1 0 5 が平坦化する。平坦化された当該銅膜 1 0 5 をワイピング、機械研磨等によって全面に除去することにより、銅膜 1 0 5 から電解液 E L を通じて陰極部材 1 2 0 へ流れる電流値は、1 度最大値をとる。

【 0 0 5 0 】

50

次に、図 5 (k) に示すように、平坦化された銅膜 1 0 5 の全面について、陽極酸化による生成キレート膜の除去工程を、バリヤ膜 1 0 3 上の余分な銅膜 1 0 5 がなくなるまで続ける。

【 0 0 5 1 】

次に、図 5 (l) に示すように、当該銅膜 1 0 5 の全面を例えば上述したワイピング、機械研磨などにより除去し、バリヤ膜 1 0 3 の表面を露出させる。このとき、銅膜 1 0 5 より電気抵抗の高いバリヤ膜 1 0 3 が露出するため、キレート膜 1 0 6 除去後の電流値の値が低下し始める。当該電流値が低下し始めた時点（終点付近）で、印加電圧を小さくし、その後、電圧を印加するのを停止し、陽極酸化によるキレート化の進行を止める。ここまでのプロセスによって、銅膜 1 0 5 の初期凹凸の平坦化は達成される。

10

その後、配線用溝の外部に堆積されたバリヤ膜 1 0 3 を除去することにより、銅配線が形成される。

【 0 0 5 2 】

本実施形態に係る研磨方法によれば、電気化学的に研磨レートをアシストされた研磨であるため、通常の化学機械研磨に比して、低い加工圧力で研磨を行うことができる。このことは、単純な機械研磨と比較してもスクラッチの低減、段差緩和性能、ディッシングやエロージョンの低減などの面で非常に有利である。

また、低い加工圧力で研磨を行うことができるため、機械強度が弱く通常の化学機械研磨では破壊されてしまい易い、有機系の低誘電率膜や多孔質低誘電率絶縁膜を層間絶縁膜 1 0 2 に用いる場合に非常に有用である。

20

【 0 0 5 3 】

通常の化学機械研磨で、アルミナ粒子などを含むスラリーを使用した場合には、CMP加工に寄与したのち磨滅せずに残留したり、銅表面に埋没することが起こる（パーティクル）が、本発明の研磨方法では、砥粒を含まないキレート剤を電解液とする機械的研磨もしくはワイピングなどでも、表面に形成されたキレート膜は機械的強度が非常に小さいため、十分に除去可能である。

また、電解電流をモニタリングすることで、研磨プロセスの管理を行うことができ、研磨プロセスの進行状態を正確に把握することが可能となる。

【 0 0 5 4 】

本発明に係る研磨方法は、上記の実施の形態に限定されない。

30

銅以外にも、上述したように、例えば、Al、W、WN、Cu、Au、Ag等あるいはそれらの合金膜からなる配線層に適用することができ、上述した材料等からなるバリア膜の研磨にも適用することができる。

また、配線等以外に使用される種々の金属膜の研磨に適用することができる。

また、キレート剤の種類や、陰極部材の種類など、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

また、本発明に係る半導体装置の製造方法は上記の実施の形態に限定されない。

例えば、金属膜の研磨方法以外に係る方法は何ら限定はなく、本実施形態においては、デュアルダマシン法を例に説明したが、シングルダマシン法にも適用でき、その他、コンタクトホールもしくは配線用溝の形成方法や銅膜の形成方法、バリヤ膜の形成方法などは、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

40

【 0 0 5 5 】

（研磨装置）

図 6 は、本発明の実施形態に係る研磨装置の構成を示す図である。

図 6 に示す研磨装置は、加工ヘッド部と、電解電源 6 1 と、研磨装置全体を制御する機能を有するコントローラー 5 5 と、スラリー供給装置 7 1 と、電解液供給装置 8 1 とを備えている。

なお、図示しないが研磨装置は、クリーンルーム内に設置され、当該クリーンルーム内には、被研磨対象物のウェーハを収納したウェーハカセットを搬出入する搬出入ポートが設けられている。さらに、この搬出入ポートを通じてクリーンルーム内に搬入されたウェー

50

ハカセットと研磨装置との間でウェーハの受け渡しを行うウェーハ搬送ロボットが搬出入ポートと研磨装置の間に設置される。また、当該研磨装置により研磨された後のウェーハを洗浄するための洗浄機構が１ユニットとして構成されていてもよい。

【００５６】

加工ヘッド部は、研磨工具１１を保持し、回転させる研磨工具保持部（研磨工具回転保持手段）１０と、研磨工具保持部１０をＺ軸方向の目標位置に位置決めするＺ軸位置決め機構部（移動位置決め手段）３０と、被研磨対象物のウェーハＷを保持し回転させＸ軸方向に移動するＸ軸移動機構部（回転保持手段および相対移動手段）４０とから構成されている。

【００５７】

Ｚ軸位置決め機構部３０は、不図示のコラムに固定されたＺ軸サーボモータ３１と、Ｚ軸サーボモータ３１に接続されたボールネジ軸３１ａと、保持装置１３および主軸モータ１４に連結され、ボールネジ軸３１ａに螺合するネジ部を有するＺ軸スライダ３２と、Ｚ軸スライダ３２をＺ軸方向に移動自在に保持する不図示のコラムに設置されたガイドレール３３とを有する。

【００５８】

Ｚ軸サーボモータ３１は、Ｚ軸サーボモータ３１に接続されたＺ軸ドライバ５１から駆動電流が供給されて回転駆動される。ボールネジ軸３１ａは、Ｚ軸方向に沿って設けられ、一端がＺ軸サーボモータ３１に接続され、他端は、上記の不図示のコラムに設けられた保持部材によって、回転自在に保持され、その間に、Ｚ軸スライダ３２のネジ部と螺合されている。

上記の構成により、Ｚ軸サーボモータ３１の駆動により、ボールネジ軸３１ａが回転され、Ｚ軸スライダ３２を介して、研磨工具保持部１０に保持された研磨工具１１がＺ軸方向の任意の位置に移動位置決めされる。Ｚ軸位置決め機構部３０の位置決め精度は、例えば分解能０．１μｍ程度としている。

【００５９】

Ｘ軸移動機構部４０は、ウェーハＷをチャッキングするウェーハテーブル４２とウェーハテーブル４２を回転駆動させる駆動力を供給する駆動モータ４４と、駆動モータ４４と保持装置４５の回転軸とを連結するベルト４６と、保持装置４５に設けられた加工パン４７と、駆動モータ４４および保持装置４５が設置されたＸ軸スライダ４８と、不図示の架台に設置されたＸ軸サーボモータ４９と、Ｘ軸サーボモータ４９に接続されたボールネジ軸４９ａと、Ｘ軸スライダ４８に連結されボールネジ軸４９ａに螺合するネジ部が形成された可動部材４９ｂとから構成されている。

【００６０】

ウェーハテーブル４２は、例えば、真空吸着手段によってウェーハＷを吸着する。加工パン４７は、使用済の電解液や、スラリー等の液体を回収するために設けられている。

駆動モータ４４は、テーブルドライバ５３に接続されており、当該テーブルドライバ５３から駆動電流が供給されることによって駆動され、この駆動電流を制御することでウェーハテーブル４２を所定の回転数で回転させることができる。

Ｘ軸サーボモータ４９は、Ｘ軸ドライバ５４に接続されており、当該Ｘ軸ドライバ５４から供給される駆動電流によって回転駆動し、Ｘ軸スライダ４８がボールネジ軸４９ａおよび可動部材４９ｂを介してＸ軸方向に駆動する。このとき、Ｘ軸サーボモータ４９に供給する駆動電流を制御することによって、ウェーハテーブル４２のＸ軸方向の速度制御が可能となる。

【００６１】

スラリー供給装置７１は、スラリーを不図示の供給ノズルを介して、ウェーハＷ上に供給する。スラリーとしては、例えば、過酸化水素、硝酸鉄、ヨウ素酸カリウム等をベースとした酸化力のある水溶液に酸化アルミニウム（アルミナ）、酸化セリウム、シリカ、酸化ゲルマニウム等を研磨砥粒として含有させたものを使用する。なお、スラリーは必要に応

10

20

30

40

50

じて供給すればよい。

【 0 0 6 2 】

電解液供給装置 8 1 は、電解質と添加剤を含む電解液 E L を不図示の供給ノズルを介して、ウェーハ W 上に供給する。

電解質は、有機溶媒あるいは水溶液をベースとしたものを用いることができる。

電解質は、酸として、例えば、硫酸銅、硫酸アンモニウム、リン酸等があり、アルカリの例としては、エチルジアミン、NaOH、KOH等がある。

また、電解質として、メタノール、エタノール、グリセリン、エチレングリコール等の有機溶媒希釈混合液を用いることもできる。

添加剤としては、Cuイオン、光沢剤またはキレート剤を含む。

光沢剤としては、例えば、イオウ系、水酸化銅やリン酸銅等の銅イオン系、塩酸等の塩素イオン系、ベンゾトリアゾール(BTA)、ポリエチレングリコール等を用いることができる。

キレート剤としては、例えば、上述したキナルジン酸、グリシン、クエン酸、シュウ酸、プロピオン酸などの他、キノリン、アントラニル酸等を用いる。

【 0 0 6 3 】

図 7 は、本実施形態に係る研磨装置の研磨工具保持部 1 0 の内部構造を示す図である。

研磨工具保持部 1 0 は、研磨工具 1 1 と、研磨工具 1 1 を保持するフランジ部材 1 2 と、フランジ部材 1 2 を主軸 1 3 a を介して回転自在に保持する保持装置 1 3 と、保持装置 1 3 に保持された主軸 1 3 a を回転させる主軸モータ 1 4 と、主軸モータ 1 4 上に設けられたシリンダ装置 1 5 から構成されている。

【 0 0 6 4 】

主軸モータ 1 4 は、例えば、ダイレクトドライブモータからなり、このダイレクトドライブモータの不図示のロータは、主軸 1 3 a に連結されている。

また、主軸モータ 1 4 は、中心部にシリンダ装置 1 5 のピストンロッド 1 5 b が挿入される貫通孔を有している。主軸モータ 1 4 は、主軸ドライバ 5 2 から供給される駆動電流によって駆動される。

【 0 0 6 5 】

保持装置 1 3 は、例えば、エアベアリングを備えており、このエアベアリングで主軸 1 3 a を回転自在に保持している。保持装置 1 3 の主軸 1 3 a も中心部にピストンロッド 1 5 b が挿入される貫通孔を有している。

【 0 0 6 6 】

フランジ部材 1 2 は、金属材料から形成されており、主軸 1 3 a に連結され、開口部 1 2 a を備え、下端面 1 2 b に研磨工具 1 1 が固着されている。

フランジ部材 1 2 の上端面 1 2 c 側は、主軸 1 3 a に連結されているため、主軸 1 3 a の回転によってフランジ部材 1 2 も回転する。

フランジ部材 1 2 の上端面 1 2 c は、主軸モータ 1 4 および保持装置 1 3 の側面に設けられた導電性の通電部材 2 8 (陰極通電部材)に固定された通電ブラシ 2 7 と接触しており、通電ブラシ 2 7 とフランジ部材 1 2 とは電氣的に接続されている。

【 0 0 6 7 】

シリンダ装置 1 5 は、主軸モータ 1 4 のケース上に固定されており、ピストン 1 5 a を内蔵しており、ピストン 1 5 a は、例えば、シリンダ装置 1 5 内に供給される空気圧によって矢印 A 1 および A 2 のいずれかの向きに駆動される。

このピストン 1 5 a には、ピストンロッド 1 5 b が連結されており、ピストンロッド 1 5 b は、主軸モータ 1 4 および保持装置 1 3 の中心を通過して、フランジ部材 1 2 の開口部 1 2 a から突き出ている。

ピストンロッド 1 5 b の先端には、押圧部材 2 1 が連結されており、この押圧部材 2 1 はピストンロッド 1 5 b に対して所定の範囲で姿勢変更が可能な連結機構によって連結されている。

押圧部材 2 1 は、対向する位置に配置された絶縁板 2 2 の開口 2 2 a の周縁部に接触可能

10

20

30

40

50

となっており、ピストンロッド 15 b の矢印 A 2 方向への駆動によって絶縁板 22 を押圧する。

【0068】

シリンダ装置 15 のピストンロッド 15 b の中心部には、貫通孔が形成されており、貫通孔内に通電軸 20 が挿入され、ピストンロッド 15 b に対して固定されている。

通電軸 20 は、導電性材料から形成されており、上端側はシリンダ装置 15 のピストン 15 a を貫通してシリンダ装置 15 上に設けられたロータリジョイント 16 まで伸びており、下端側は、ピストンロッド 15 b および押圧部材 21 を貫通して電極板 23 まで伸びており、電極板 23 に接続されている。

【0069】

通電軸 20 は、中心部に貫通孔が形成されており、この貫通孔が化学研磨剤（スラリー）およびキレート剤を含む電解液をウェーハ W 上に供給する供給ノズルとなっている。また、通電軸 20 は、ロータリジョイント 16 と、電極板 23 とを電氣的に接続する役割を果たしている。

【0070】

ロータリジョイント 16 は、電解電源 61 のプラス極と電氣的に接続されており、通電軸 20 が回転しても通電軸 20 への通電を維持する。

【0071】

通電軸 20 の下端部に接続された電極板（陽極部材）23 は、金属材料からなり、特に、ウェーハ W に形成される例えば銅等の金属膜と同等または金属膜より貴なる金属で形成されている。

電極板 23 は、上面側が絶縁板 22 に保持されており、電極板 23 の外周部は絶縁板 22 に嵌合しており、下面側にはスクラブ部材 24 が貼着されている。

【0072】

絶縁板 22 は、例えば、セラミクス等の絶縁材料から形成されており、この絶縁板 22 は複数の棒状の連結部材 26 によって主軸 13 a に連結されている。連結部材 26 は、絶縁板 22 の中心軸から所定の半径位置に等間隔に配置されており、主軸 13 a に対して移動自在に保持されている。このため、絶縁板 22 は主軸 13 a の軸方向に移動可能である。また、絶縁板 22 と主軸 13 a との間には、各連結部材 26 に対応して、例えば、コイルスプリングからなる弾性部材 25 で接続されている。

【0073】

絶縁板 22 を保持装置 13 の主軸 13 a に対して移動自在にし、絶縁板 22 と主軸 13 a とを弾性部材 25 で連結する構成とすることにより、シリンダ装置 15 に高圧エアを供給してピストンロッド 15 b を矢印 A 2 の向きに下降させると、押圧部材 21 が弾性部材 25 の復元力に逆らって絶縁板 22 を下方に押し下げ、これとともにスクラブ部材 24 も下降する。

この状態からシリンダ装置 15 への高圧エアの供給を停止すると、弾性部材 25 の復元力によって、絶縁板 22 は上昇し、これとともにスクラブ部材 24 も上昇する。

【0074】

研磨工具 11 は、フランジ部材 12 の環状の下端面 12 b に固着されている。この研磨工具 11 は、ホイール状に形成されており、下端面に環状の研磨面 11 a を備えている。研磨工具 11 は、導電性を有しており、好ましくは、比較的軟質性の材料で形成する。例えば、バインダマトリクス（結合剤）自体が導電性を持つカーボンや、あるいは、焼結銅、メタルコンパウンド等の導電性材料を含有するウレタン樹脂、メラミン樹脂、エポキシ樹脂、ポリビニルアセタール（PVA）などの樹脂からなる多孔質体から形成することができる。

研磨工具 11 は、導電性を有するフランジ部材 12 に直接接続され、フランジ部材 12 に接触する通電ブラシ 27 から通電される。

すなわち、主軸モータ 14 および保持装置 13 の側面に設けられた導電性の通電部材 28 は、電解電源 61 のマイナス極と電氣的に接続され、通電部材 28 に設けられた通電ブラ

10

20

30

40

50

シ 2 7 はフランジ部材 1 2 の上端面 1 2 c に接触しており、これにより、研磨工具 1 1 は電解電源 6 1 と通電部材 2 8、通電ブラシ 2 7 およびフランジ部材 1 2 を介して電氣的に接続されている。

【 0 0 7 5 】

電解電源（電流供給手段）6 1 は、上記したロータリジョイント 1 6 と通電部材（陰極通電部材）2 8 との間に所定の電圧を印加する装置である。ロータリジョイント 1 6 と通電部材 2 8 との間に電圧を印加することによって、研磨工具 1 1 とスクラブ部材 2 4 との間には電位差が発生する。

電解電源 6 1 には、常に一定の電圧を出力する定電圧電源ではなく、好ましくは、電圧を一定周期でパルス状に出力する、例えば、スイッチング・レギュレータ回路を内蔵した電

10

源を使用する。具体的には、パルス状の電圧を一定周期で出力し、パルス幅を適宜変更可能な電源を使用する。一例としては、出力電圧が D C 2 ~ 5 V、最大出力電流が 2 ~ 3 A、パルス幅が 1 , 2 , 5 , 1 0 , 2 0 , 5 0 m s e c のいずれかに変更可能なものを使用する。

上記のような幅が短いパルス状の電圧出力とするのは、1 パルス当たりの陽極酸化量を非常に小さくするためである。すなわち、ウェーハ W の表面に形成された例えば銅等の金属膜の凹凸に接触した場合などにみられる極間距離の急変による放電、気泡やパーティクルなどが介在した場合におこる電気抵抗の急変によるスパーク放電など、金属膜の突発的かつ巨大な陽極酸化を防止し、できる限り小さなものの連続にするために有効である。

また、出力電流に比して出力電圧が比較的高いため、極間距離の設定にある程度のマージンを設定する事ができる。すなわち、極間距離が多少変わっても出力電圧が高いため電流値変化は小さい。

20

なお、印加するパルスとしては、上記に限られるものでなく、周期性パルスとして矩形パルス、サイン波形、鋸歯状波形、P A M 波形を印加してもよい。

【 0 0 7 6 】

電解電源 6 1 には、本発明の電流検出手段としての電流計 6 2 を備えており、この電流計 6 2 は、電解電源 6 1 に流れる電解電流をモニタするために設けられており、モニタした電流値信号 6 2 s をコントローラ 5 5 に出力する。

また、電解電源 6 1 は、電流検出手段に変わって抵抗値検出手段としての抵抗計を備えていてもよく、その役割は電流検出手段と同様である。

30

【 0 0 7 7 】

コントローラ 5 5 は、研磨装置の全体を制御する機能を有し、具体的には、主軸ドライバ 5 2 に対して制御信号 5 2 s を出力して研磨工具 1 1 の回転数を制御し、Z 軸ドライバ 5 1 に対して制御信号 5 1 s を出力して研磨工具 1 1 の Z 軸方向の位置決め制御を行い、テーブルドライバ 5 3 に対して制御信号 5 3 s を出力してウェーハ W の回転数を制御し、X 軸ドライバ 5 4 に対して制御信号 5 4 s を出力して、ウェーハ W の X 軸方向の速度制御を行う。

また、コントローラ 5 5 は、電解液供給装置 8 1 およびスラリー供給装置 7 1 の動作を制御し、電解液 E L およびスラリー S L の供給動作を制御する。

【 0 0 7 8 】

40

また、コントローラ 5 5 は、電解電源 6 1 の出力電圧、出力パルスの周波数、出力パルスの幅等を制御可能となっている。

また、コントローラ 5 5 には、電解電源 6 1 の電流計 6 2 からの電流値信号 6 2 s が入力される。コントローラ 5 5 は、これら電流値信号 6 2 s に基づいて、研磨装置の動作を制御可能となっている。具体的には、電流値信号 6 2 s から得られる電解電流が一定となるように、電流値信号 6 2 s をフィードバック信号として Z 軸サーボモータ 3 1 を制御したり、電流値信号 6 2 s で特定される電流値に基づいて、研磨加工を停止させるように研磨装置の動作を制御する。

陰極部材と前記金属膜を流れる電流がステップ状に変化するように設定された周期性パルス

50

スを印加することが可能であり、例えば金属膜除去の初期においては、陰極部材と金属膜

を流れる電流が徐々に増加するように設定された周期性パルスを印加する。これにより、電圧印加開始時などにおいて瞬間的に高電圧が印加されてしまい、除去される金属膜の表面状態が劣化するのを防止することができる。

また、金属膜除去の終点付近では、電流値信号 6 2 s が小さくなることから、所定のしきい値と比較して、当該しきい値よりも電流値信号 6 2 s が小さくなった場合には、終点付近であるとして出力パルスを小さくするように制御し、その後、パルスの出力を止めるように電解電源 6 1 へ制御信号を出力する。

【 0 0 7 9 】

コントローラ 5 5 に接続されたコントロールパネル 5 6 は、オペレータが各種のデータを入力したり、例えば、モニタリングした電流値信号 6 2 s を表示したりする。

10

【 0 0 8 0 】

ここで、図 8 (a) は電極板 2 3 の構造の一例を示す下面図であり、図 8 (b) は電極板 2 3 と、通電軸 2 0、スクラブ部材 (洗浄部材) 2 4 および絶縁板 2 2 との位置関係を示す断面図である。

図 8 (a) に示すように、電極板 2 3 の中央部には円形の開口部 (供給ノズル) 2 3 a が設けられており、この開口部 2 3 a を中心に電極板 2 3 の半径方向に放射状に伸びる複数の溝部 2 3 b が形成されている。

また、図 8 (b) に示すように、電極板 2 3 の開口部 2 3 a には、通電軸 2 0 の下端部が嵌合固着されている。

【 0 0 8 1 】

20

このような構成とすることで、通電軸 2 0 の中心部に形成された供給ノズル 2 0 a を通じて供給されるスラリーおよび電解液が、溝部 2 3 b を通じてスクラブ部材 2 4 の全面に拡散するようになっている。

すなわち、電極板 2 3、通電軸 2 0、スクラブ部材 2 4 および絶縁板 2 2 が回転しながら、スラリーおよび電解液が供給ノズル 2 0 a を通じてスクラブ部材 2 4 の上側面に供給されると、スクラブ部材 2 4 の上側面全体にスラリーおよび電解液が広がる。

なお、スクラブ部材 2 4 および通電軸 2 0 の供給ノズル 2 0 a が本発明の研磨剤供給手段および電解液供給手段の一具体例に対応している。

【 0 0 8 2 】

電極板 2 3 の下面に貼着されたスクラブ部材 2 4 は、電解液およびスラリーを吸収し、これらを上側面から下側面に通過させることができる材料から形成されている。また、このスクラブ部材 2 4 は、ウェーハ W に接触してウェーハ W をスクラブする面を有しており、ウェーハ W 表面にスクラッチ等を発生させないように、例えば、柔らかいブラシ状の材料、スポンジ状の材料、多孔質状の材料等から形成される。例えば、ウレタン樹脂、メラミン樹脂、エポキシ樹脂、ポリビニルアセタール (P V A) などの樹脂からなる多孔質体が挙げられる。

30

【 0 0 8 3 】

図 9 に、研磨する際の研磨工具 1 1 とウェーハの位置関係を示す。

研磨工具 1 1 の中心軸は、例えばウェーハ W に対して微小な角度で傾斜している。また、保持装置 1 3 の主軸 1 3 a もウェーハ W の主面に対して研磨面 1 1 a の傾斜と同様に傾斜している。例えば、保持装置 1 3 の Z 軸スライダ 3 2 への取り付け姿勢を調整することで主軸 1 3 a の微小な傾斜をつくり出すことができる。

40

【 0 0 8 4 】

このように、研磨工具 1 1 の中心軸がウェーハ W の主面に対して微小角度で傾斜していることにより、研磨工具 1 1 の研磨面 1 1 a を所定の加工圧力 F でウェーハ W に押し付けた際に、実行的な接触面積は一定に維持される。

本実施形態に係る研磨装置では、研磨工具 1 1 の一部を部分的に研磨面 1 1 a として、ウェーハ W の表面に作用させ、実効的接触領域をウェーハ W の表面に均一に走査させてウェーハ W の全面を均一に研磨する。

これにより、電解電流の値を一定に制御すれば、電流密度は常に一定とでき、金属膜の陽

50

極酸化によるキレート化の量も常に一定にすることができる。

【 0 0 8 5 】

次に、上記した研磨装置による研磨動作（研磨方法）をウェーハW表面に形成された金属膜として例えば銅膜を研磨する場合を例に説明する。図10は、研磨装置において研磨工具11をZ軸方向に下降させ、ウェーハWの表面に接触させた状態を示す概略図である。まず、ウェーハテーブル42にウェーハWをチャッキングし、ウェーハテーブル42を駆動して所定の回転数でウェーハWを回転させる。

また、ウェーハテーブル42をX軸方向に移動して、フランジ部材12に取り付けられた研磨工具11をウェーハWの上方の所定の場所に配置させ、研磨工具11を所定の回転数で回転させる。研磨工具11を回転させると、フランジ部材12に連結された絶縁板22、電極板23およびスクラブ部材24も回転駆動される。また、スクラブ部材24を押圧している押圧部材21、ピストンロッド15b、ピストン15a、通電軸20も同時に回転する。

10

【 0 0 8 6 】

この状態から、スラリー供給装置71および電解液供給装置81からそれぞれスラリーSおよび電解液Eを通電軸20内の供給ノズル20aに供給すると、スクラブ部材24の全面からスラリーSおよび電解液Eが供給される。

研磨工具11をZ軸方向に下降させて研磨工具11の研磨面11aをウェーハWの表面に接触させ、所定の加工圧力で押圧させる。

また、電解電源61を起動させて、通電ブラシ27を通じて研磨工具11にマイナスの電位を印加し、ロータリジョイント16を通じて電極板23およびスクラブ部材24にプラスの電位を印加する。

20

【 0 0 8 7 】

さらに、シリンダ装置15に高圧エアを供給して、図7の矢印A2の方向にピストンロッド15bを下降させ、スクラブ部材24の下面をウェーハWに接触あるいは接近する位置まで移動させる。

この状態からウェーハテーブル42をX軸方向に所定の速度パターンで移動させ、ウェーハWの全面を一様に研磨加工する。

【 0 0 8 8 】

図11は図10の円C内の拡大図であり、図12は図11の円D内の拡大図である。

30

図11に示すように、スクラブ部材24はウェーハWに形成された銅膜MTを、電解液Eを介して、または、直接接触することにより陽極として通電し、研磨工具11もウェーハWに形成された銅膜MTを、電解液Eを介して、または、直接接触することにより陰極として通電する。なお、図11に示すように、銅膜MTとスクラブ部材24との間には、ギャップ g_b が存在している。さらに、図12に示すように、銅膜MTと研磨工具11の研磨面11aとの間にはギャップ g_w が存在している。

図11に示すように、絶縁板22は、研磨工具11とスクラブ部材24（電極板23）との間に介在しているが、絶縁板22の抵抗R0は非常に大きく、したがって、スクラブ部材24から絶縁板22を介して研磨工具11に流れる電流 i_0 はほぼ零であり、スクラブ部材24から絶縁板22を介して研磨工具11には電流が流れない。

40

【 0 0 8 9 】

このため、スクラブ部材24から研磨工具11に流れる電流は、直接電解液E中の抵抗R1を経由して研磨工具11に流れる電流 i_1 と、電解液E中からウェーハWの表面に形成された銅膜MTを経由して再度電解液E中を通して研磨工具11に流れる電流中に流れる電流 i_2 に分岐する。

銅膜MTの表面に電流 i_2 が流れると、銅膜MTを構成する銅は、電解液Eの電解作用によって陽極酸化され、電解液中のキレート剤により、キレート化される。

【 0 0 9 0 】

ここで、電解液E中の抵抗R1は、陽極としてのスクラブ部材24と陰極としての研磨工具11との距離dに比例して極端に大きくなる。このため、極間距離dを、ギャップ

50

b およびギャップ w よりも十分に大きくしておくことで、直接電解液 EL 中の抵抗 R_1 を経由して研磨工具 11 に流れる電流 i_1 は非常に小さくなり、電流 i_2 が大きくなって、電解電流のほとんどは銅膜 MT の表面経由することになる。このため、銅膜 MT を構成する銅の陽極酸化によるキレート化を効率的に行うことができる。

また、電流 i_2 の大きさは、ギャップ b およびギャップ w の大きさによって変化するため、上述したように、コントローラ 55 によって研磨工具 11 の Z 軸方向の位置制御を行ってギャップ b およびギャップ w の大きさを調整することにより、電流 i_2 を一定にすることができる。ギャップ w の大きさの調整は、電流値信号 $62s$ から得られた電解電流、すなわち、電流 i_2 が一定となるように、電流値信号 $62s$ をフィードバック信号として Z 軸サーボモータ 31 の制御を行うことで可能である。

10

また、研磨装置の Z 軸方向の位置決め精度は分解能 $0.1 \mu m$ と十分に高く、加えて、主軸 $13a$ をウェーハ W の主面に対して微小角度で傾斜させていることで実行的な接触面積は常に一定に維持されることから、電解電流の値を一定に制御すれば、電流密度は常に一定とでき、銅膜の陽極酸化によるキレート化の量も常に一定にすることができる。

【0091】

以上のように、上記構成の研磨装置は、上述したウェーハ W に形成された銅膜 MT の表面に、陽極酸化によるキレート膜を生成し、除去する電解研磨機能を備えている。

さらに、上記構成の研磨装置は、この電解研磨機能に加えて、研磨工具 11 およびスラリー SL による通常の CMP 装置の化学機械研磨機能も備えており、ウェーハ W をこれら電解研磨機能および化学機械研磨の複合作用によって研磨すること（以下、電解複合研磨という）もできる。

20

また、上記構成の研磨装置は、スラリー SL を用いずに研磨工具 11 の研磨面 $11a$ の機械的な研磨と電解研磨機能との複合作用によって研磨加工を行うこともできる。

【0092】

本実施形態に係る研磨装置によれば、電解研磨および化学機械研磨の複合作用によって銅等の金属膜を研磨できるため、化学機械研磨のみ、あるいは、機械研磨のみを用いた研磨装置に比べてはるかに高能率に金属膜の除去を行うことができる。金属膜に対する高い研磨レートが得られるため、研磨工具 11 のウェーハ W に対する加工圧力 F を化学機械研磨のみ、あるいは機械研磨のみを用いた研磨装置に比べて低く抑えることが可能となり、ディッシング、エロージョンの発生を抑制することができる。

30

【0093】

また、通常の化学機械研磨に用いるスラリーにおいて、アルミナ粒子などを含むスラリーを使用した場合に、研磨後に、スラリーが磨滅せずに金属膜表面に残留したり、埋没することも起こるが、本実施形態に係る研磨装置では、研磨砥粒を含まないキレート剤を含む電解液を使用する機械研磨のみであっても、表面に残存するキレート膜は機械的強度が非常に低いため、十分に除去可能であることから、パーティクルやスラリーのウェーハ表面への残留を防止することができる。

【0094】

さらに、研磨装置の Z 軸方向の位置決め精度は分解能 $0.1 \mu m$ と十分に高く、加えて、主軸 $13a$ をウェーハ W の主面に対して微小角度で傾斜させていることで実行的な接触面積は常に一定に維持されることから、電解電流の値を一定に制御すれば、電流密度は常に一定とでき、金属膜の陽極酸化によるキレート化の量も常に一定にすることができる。上述した実施形態では、金属膜の研磨加工量の絶対値は、電解電流の積算量と研磨工具 11 のウェーハ W を通過する時間で制御できる。

40

【0095】

変形例 1

図 13 は、本発明に係る研磨装置の一変形例を示す概略図である。

上述した実施形態に係る研磨装置では、ウェーハ W 表面への通電を、導電性の研磨工具 11 と、スクラブ部材 24 を備えた電極板 23 とによって行った。

図 13 に示すように、ホイール状の研磨工具 311 に、上述した研磨装置の場合と同様に

50

導電性を持たせるとともに、ウェーハWをチャッキングし回転させるウェーハテーブル342にも導電性を持たせる構成としてもよい。研磨工具311への給電は、上述した実施形態と同様の構成で行う。

この場合には、ウェーハテーブル342への通電は、ウェーハテーブル342の下部にロータリジョイント316を設け、ロータリジョイント316によって回転するウェーハテーブル342への通電を常に維持する構成とすることで、電解電流の供給を行うことができる。

【0096】

変形例2

図14は、本発明に係る研磨装置の他の変形例を示す概略図である。

10

ウェーハWをチャッキングし、回転させるウェーハテーブル442は、ウェーハWをウェーハWの周囲に設けたリテーナリング410によって保持している。

研磨工具411には、導電性を持たせるとともに、リテーナリング410にも導電性を持たせ、研磨工具411には上述した実施形態と同様の構成で給電する。

また、リテーナリング410は、ウェーハWに形成された上記のバリア層部分まで覆い通電する。さらに、リテーナリング410には、ウェーハテーブル442の下部に設けられたロータリジョイント416を通じて給電する。

なお、研磨工具411がウェーハWに接触しても、エッジの部分でリテーナリング410の厚さ以上の隙間が維持できるように研磨工具411の傾斜量を大きくしておくことで、研磨工具411とリテーナリング410との干渉を防ぐことができる。

20

【0097】

変形例3

図15は、本発明に係る研磨装置の他の実施形態を示す概略構成図である。

図15に示す研磨装置は、従来型のCMP装置に本発明の電解研磨機能を付加したものであって、定盤201上に研磨パッド(研磨布)202が貼着された研磨工具の研磨面にウェーハチャック207によってチャッキングされたウェーハWの全面を回転させながら接触させてウェーハWの表面を平坦化する研磨装置である。

【0098】

研磨パッド202には、陽極電極204と陰極電極203とが放射状に交互に配置されている。また、陽極電極204と陰極電極203とは絶縁体206によって電氣的に絶縁されており、陽極電極204と陰極電極203は、定盤201側から通電される。これら陽極電極204と陰極電極203と絶縁体206とによって研磨パッド202は構成されている。

30

また、ウェーハチャック207は、絶縁材料から形成されている。

さらに、この研磨装置には、研磨パッド202の表面に電解液ELおよびスラリーSLを供給する供給部208が設けられており、電解研磨および化学機械研磨を複合させた電解複合研磨が可能になっている。

【0099】

ここで、図16は、上記構成の研磨装置による電解複合研磨動作(研磨方法)を説明するための図である。なお、ウェーハW表面には、銅等の金属膜210が形成されているものとする。

40

図16に示すように、電解複合研磨中には、ウェーハW表面に形成された金属膜210と研磨パッド202の研磨面との間には、電解液ELおよびスラリーSLが介在した状態で、陽極電極204と陰極電極203との間に電圧が印加され、電流*i*が陽極電極204から電解液ELを通過して金属210内を伝って再び電解液ELを通過して陰極電極203に流れる。

このとき、図16に示す円G内の付近で、金属膜210の表面は、陽極酸化によりキレート膜を生成し、当該キレート膜は研磨パッド202とスラリーSLによる機械的除去作用によって除去されることにより、金属膜の平坦化が達成される。

【0100】

50

このような構成とすることにより、上述した実施形態に係る研磨装置と同様の効果が奏される。

なお、研磨パッドに設ける陽極電極、陰極電極の配置は図 1 5 の構成に限定されるわけではなく、例えば、図 1 7 に示すように、線状の複数の陽極電極 2 2 2 を縦横に等間隔に配列し、陽極電極 2 2 2 によって囲まれる各矩形領域に陰極電極 2 2 3 を配置し、陽極電極 2 2 2 と陰極電極 2 2 3 とを絶縁体 2 2 4 で電氣的に絶縁した研磨パッド 2 2 1 としてもよい。

さらに、例えば、図 1 8 に示すように、半径がそれぞれ異なる環状の陽極電極 2 4 2 を同心上に配置し、各陽極電極 2 4 2 間に形成される環状領域に陰極電極 2 4 3 をそれぞれ配置し、陽極電極 2 4 2 と陰極電極 2 4 3 とを絶縁体 2 4 4 で電氣的に絶縁した研磨パッド 2 4 1 としてもよい。

10

【 0 1 0 1 】

参考実施形態

図 1 9 は本発明の参考実施形態に係る研磨装置の概略構成図である。本実施形態に係る研磨装置は、電解液 E L を所定量満たした水槽 5 0 1 と、当該水槽の電解液 E L 中に配置されたウェーハ保持手段 5 3 0 および電極板 5 1 0 と、水槽の電解液 E L を管 5 2 2 により吸い上げて管 5 2 1 により噴流として送り出すジェットポンプ 5 2 0 (流動手段)と、電極板 5 1 0 を陰極としてウェーハを陽極として電圧を印加する電源 5 6 1 (電解電流供給手段)と、電流計 5 6 2 と、コントローラ 5 5 5 およびコントロールパネル 5 5 6 から構成されている。

20

【 0 1 0 2 】

保持手段 5 3 0 は、ウェーハを固定する導電性の第 1 保持部材 5 3 1 と導電性の第 2 保持部材 5 3 2 と、不図示のカラムなどに固定され、第 1 保持部材および第 2 保持部材を所定の位置に固定する Z 軸位置決め機構 5 3 3 とから構成されている。ウェーハの下側に位置する第 2 保持部材は、円形の開口部 5 3 2 a を有している。

【 0 1 0 3 】

電極板 5 1 0 は、電解液 E L 中にウェーハに平行に配置されており、例えば無酸素銅などにより、構成されている。

【 0 1 0 4 】

電解液 E L は、第 1 実施形態と同様のものを使用することができ、例えば銅等の金属をキレート化するキレート剤を含んでおり、その他の添加剤などを含んでいても良い。例えば、電解質として、ウェーハと電極板 5 1 0 の間に印加される電圧を低下させるための、硫酸銅を用いる。

30

【 0 1 0 5 】

電解電源 (電解電流供給手段) 5 6 1 には、常に一定の電圧を出力する定電圧電源ではなく、好ましくは、電圧を一定周期でパルス状に出力する電源を使用する。例えば、電解電源 5 6 1 により印加される電圧は、20 ~ 50 m s e c 毎に高電圧と低電圧を繰り返す矩形形状のパルス電圧 (例えば 2 ~ 5 V、電流 2 . 2 A) である。

【 0 1 0 6 】

上記のパルス電圧としては、ウェーハと電極板 5 1 0 との距離 d などにより、最も効率的に金属を除去することができる電圧およびパルス幅を選択することができる。

40

電極板 5 1 0 とウェーハとの距離 d が小さすぎると、電極板 5 1 0 とウェーハとの間に介在する電解液の流動作用が十分に機能しないため、距離 d は、所定の値以上を取ることが好ましく、上記の電圧と合わせて設定することが好ましい。

【 0 1 0 7 】

電解電源 5 6 1 には、本発明の電流検出手段としての電流計 5 6 2 を備えており、この電流計 5 6 2 は、電解電源 5 6 1 に流れる電解電流をモニタするために設けられており、モニタした電流値信号 5 6 2 s をコントローラ 5 5 5 に出力する。

また、コントローラ 5 5 5 には、電解電源 5 6 1 の電流計 5 6 2 からの電流値信号 5 6 2 s が入力される。コントローラ 5 5 5 は、これら電流値信号 5 6 2 s に基づいて、研磨装

50

置の動作を制御可能となっている。具体的には、電流値信号 5 6 2 s で特定される電流値に基づいて、研磨加工を停止させるように研磨装置の動作を制御する。

【0108】

コントローラ 5 5 5 に接続されたコントロールパネル 5 5 6 は、オペレータが各種のデータを入力したり、例えば、モニタリングした電流値信号 5 6 2 s を表示したりする。

【0109】

上記の研磨装置の構成によっても、第 1 実施形態に係る研磨装置と同様に、例えばウェーハ W の表面に凹凸のある金属膜が形成されている場合に、ウェーハ W を陽極として印加することで、ウェーハ W の金属膜表面が陽極酸化され、当該陽極酸化された金属膜が電解液 E L 中のキレート剤によりキレート化され、当該キレートは機械的強度が非常に弱いことから、ジェットポンプ 5 2 0 の管 5 2 1 からの電解液の流動作用によって、当該キレート膜の凸部が除去されることにより、金属膜の平坦化除去が達成される。

また、電解電流をモニタリングすることで、研磨プロセスの管理を行うことができ、研磨プロセスの進行状態を正確に把握することが可能となる。

【0110】

本実施形態に係る研磨装置によれば、機械的強度の非常に低いキレート膜の除去によって、金属膜の除去を達成できることから、従来の化学機械研磨のみ、あるいは、機械研磨のみを用いた研磨装置に比べてはるかに高能率に金属膜の除去を行うことができる。

従来の機械研磨のような強い押圧を必要としないため、配線金属膜下層の層間絶縁膜などに与えるダメージを低く抑えることが可能となり、ディッシング、エロージョンなどの発生を抑制することができる。配線金属膜下層の絶縁膜に高い圧力を印加しないので、該絶縁膜材料として機械的強度が T E O S などを原料にした酸化シリコンよりも低い低誘電率材料にも適用可能である。

また、研磨装置としては、装置構成が簡便であるので、小型化を容易に実現でき、メンテナンスも容易で稼働率を向上させることができる。

【0111】

さらに、通常の化学機械研磨に用いるスラリーにおいて、アルミナ粒子などを含むスラリーを使用した場合に、研磨後にスラリーが磨滅せずに金属表面に残留したり、埋没することも起こるが、本実施形態に係る研磨装置では、そのような問題はない。

【0112】

本発明は、上記の実施形態に限定されない。例えば、ジェットポンプの構成、電極板の種類、水槽中でのウェーハを保持する装置の構成など、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0113】

第 2 実施形態

図 2 0 は本発明の第 2 実施形態に係る研磨装置の概略構成図である。本実施形態に係る研磨装置では、パルスジェネレータ 6 4 0、アンプ 6 4 1、加振器 6 4 3 からなる加振手段と、電解液 E L を所定量満たした水槽 6 0 1 と、当該水槽の電解液 E L 中に配置されたウェーハ保持手段 6 3 0 および電極板 6 1 0 と、電極板 6 1 0 を陰極としてウェーハを陽極として、電圧を印加する電源 6 6 1 (電解電流供給手段) と、電流計 6 6 2 と、コントローラ 6 5 5 およびコントロールパネル 6 5 6 から構成されている。

【0114】

保持手段 6 3 0 は、電極板 6 1 0 をウェーハ W に対して平行に保持する第 1 保持部材 6 3 1、ウェーハを介在させて圧着して固定する第 2 保持部材 6 3 2 と第 3 保持部材 6 3 4、一端が第 2 保持部材 6 3 2 に取り付けられており他端が加振器 6 4 3 に取り付けられている第 4 保持部材 6 3 3 から構成されている。

【0115】

第 2 保持部材 6 3 2 は、導電性材料から構成されており、ウェーハ W を陽極として、通電する役割も果たす。また、第 2 保持部材 6 3 2 は、ウェーハの表面を電極板 6 1 0 に対して開口するための開口部分 6 3 2 a を有している。

【 0 1 1 6 】

電解液 E L は、第 1 実施形態と同様のものを使用することができ、例えば銅等の金属をキレート化するキレート剤を含んでおり、その他の添加剤などを含んでいても良い。例えば、電解質として、ウェーハと電極板 5 1 0 の間に印加される電圧を低下させるための、硫酸銅を用いる。

【 0 1 1 7 】

電極板 6 1 0 は、電解液 E L 中にウェーハに平行に配置されており、例えば無酸素銅などにより、構成されている。

【 0 1 1 8 】

電解電源（電解電流供給手段）6 6 1 には、常に一定の電圧を出力する定電圧電源ではなく、好ましくは、電圧を一定周期でパルス状に出力する電源を使用する。例えば、電解電源 6 6 1 により印加される電圧は、2 0 ~ 5 0 m s e c 毎に高電圧と低電圧を繰り返す矩形形状のパルス電圧（例えば 2 ~ 5 V、電流 2 . 2 A ）である。

10

【 0 1 1 9 】

上記のパルス電圧としては、ウェーハと電極板 6 1 0 との距離 d などにより、最も効率的に金属膜を除去することができる電圧およびパルス幅を選択することができる。

電極板 6 1 0 とウェーハとの距離 d が小さすぎると、電極板 6 1 0 とウェーハとの間に介在する電解液の循環作用が十分に機能しないため、距離 d は、所定の値以上を取ることが好ましく、上記の電圧と合わせて設定することが好ましい。

【 0 1 2 0 】

20

電解電源 6 6 1 には、本発明の電流検出手段としての電流計 6 6 2 を備えており、この電流計 6 6 2 は、電解電源 6 6 1 に流れる電解電流をモニタするために設けられており、モニタした電流値信号 6 6 2 s をコントローラ 6 5 5 に出力する。また、コントローラ 6 5 5 には、電解電源 6 6 1 の電流計 6 6 2 からの電流値信号 6 6 2 s が入力される。コントローラ 6 5 5 は、これら電流値信号 6 6 2 s に基づいて、研磨装置の動作を制御可能となっている。具体的には、電流値信号 6 6 2 s で特定される電流値に基づいて、研磨加工を停止させるように研磨装置の動作を制御する。

【 0 1 2 1 】

コントローラ 6 5 5 に接続されたコントロールパネル 6 5 6 は、オペレータが各種のデータを入力したり、例えば、モニタリングした電流値信号 6 6 2 s を表示したりする。

30

【 0 1 2 2 】

上記の研磨装置の構成によっても、第 1 実施形態に係る研磨装置と同様に、例えばウェーハ W の表面に凹凸のある金属膜が形成されている場合に、ウェーハ W を陽極として印加することで、ウェーハ W の金属膜表面が陽極酸化され、当該陽極酸化された金属膜が電解液 E L 中のキレート剤によりキレート化され、当該キレートは機械的強度が非常に弱いことから、加振器 6 4 3 からのウェーハ振動手段によって、当該キレート膜の凸部が除去されることにより、金属膜の平坦化除去が達成される。

また、電解電流をモニタリングすることで、研磨プロセスの管理を行うことができ、研磨プロセスの進行状態を正確に把握することが可能となる。

【 0 1 2 3 】

40

本実施形態に係る研磨装置によれば、機械的強度の非常に低いキレート膜の除去によって、金属膜の除去を達成できることから、従来の化学機械研磨のみ、あるいは、機械研磨のみを用いた研磨装置に比べてはるかに高能率に金属膜の除去を行うことができる。

従来の機械研磨のような強い押圧を必要としないため、配線金属膜下層の層間絶縁膜などに与えるダメージを低く抑えることが可能となり、ディッシング、エロージョンなどの発生を抑制することができる。配線金属膜下層の絶縁膜に高い圧力を印加しないので、該絶縁膜材料として機械的強度が T E O S などを原料にした酸化シリコンよりも低い低誘電率材料にも適用可能である。

また、研磨装置としては、装置構成が簡便であるので、小型化を容易に実現でき、メンテナンスも容易で稼働率を向上させることができる。

50

【 0 1 2 4 】

さらに、通常の化学機械研磨に用いるスラリーにおいて、アルミナ粒子などを含むスラリーを使用した場合に、研磨後にスラリーが磨滅せずに金属表面に残留したり、埋没することもあるが、本実施形態に係る研磨装置では、そのような問題はない。

【 0 1 2 5 】

本発明は、上記の実施形態に限定されない。例えば、加振器およびアンプの構成、電極板の種類、水槽中でのウェーハを保持する装置の構成など、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【 0 1 2 6 】

第 3 実施形態

図 2 1 に本実施形態に係る研磨装置の要部構成図を示す。基本的構成は、第 1 実施形態と同様であるが、本実施形態では、研磨工具を使用せず、ワイピング部材 2 4 a によりウェーハ上の金属膜を除去する。従って、説明の簡略化のため、第 1 実施形態と異なる構成のみについて説明する。

【 0 1 2 7 】

ワイピング部材 2 4 a は、例えば、電気又はイオンが通らない絶縁体で構成されその内部に気孔部を有し、当該気孔部に含有する電解液 E L を介してウェーハに通電することができる材料により構成されている。

上記の材料は、電解液 E L に侵されない材料である必要がある。

また、ワイピング部材 2 4 a は、ウェーハ W 表面とワイピング部材 2 4 a が押圧されてウェーハ W 表面の金属膜が除去されるため、ワイピング部材は、所定の強度が必要である。例えば、ウェーハ表面 W の金属膜の凸部のみをワイピングするための圧力を約 $20 \sim 100 \text{ g/cm}^2$ とした場合にも耐えうる弾性強度を有するとともに、スクラッチや傷等が発生しない柔らかさを有する硬度が必要である。

【 0 1 2 8 】

上記の条件を満たす材料として、弾塑性体材料を使用することができ、例えばポリビニルアセタール (P V A)、発砲ウレタン、テフロン発砲体、テフロン繊維不織布等を使用する。

また、導電性を有していてもよく、比較的軟質性の材料、例えば、バインダマトリクス (結合剤) 自体が導電性を持つカーボンや、あるいは、焼結銅、メタルコンパウンド等の導電性材料を含有するウレタン樹脂、メラミン樹脂、エポキシ樹脂、ポリビニルアセタール (P V A) などの樹脂からなる多孔質体を使用することもできる。

【 0 1 2 9 】

なお、電極板 2 3 は、ウェーハ W 表面に形成された金属膜よりも貴なる金属により構成され、ウェーハ W の表面に対して平行に配置されており、例えば、ウェーハ W 表面の金属膜の電解作用による被研磨表面から発生したガスを抜くための通気孔を設けることが好ましい。この通気孔は、ガスによる電極板 2 3 とウェーハ W との間の電解作用の不均一等の不利益を防止するために設けられる。

また、第 1 実施形態と同様、電極板 2 3 はワイピング部材 2 4 a とともに回転駆動可能となっており、これにより電極板 2 3 が回転することにより電解作用による被研磨表面から発生したガスをウェーハ W と電極板 2 3 の間から抜くことが可能である。

また、電極板 2 3 は、図 1 7 および図 1 8 で説明したように電極が領域ごとに分割された構成であってもよく、これにより被研磨表面への電解作用を部分的に選択して行うこともできる。

【 0 1 3 0 】

電解電源 6 1 は、第 1 実施形態と同様、上記したロータリジョイント 1 6 およびウェーハに接触する通電ブラシ 7 1 0 との間に上記した所定のパルスを印加する。

ここで、本実施形態では、電圧印加方向が逆になっており、従って、通電ブラシ 7 1 0 が陽極、電極板 2 3 が陰極となるように電圧を印加する。このように、通電ブラシ 7 1 0 によりウェーハ W 表面の金属膜に接触して電圧を印加する構成の他、ウェーハ W 表面の金属

10

20

30

40

50

膜に接近可能な電極を有して電圧を印加する構成としてもよい。

具体的には、第1実施形態と同様にパルス状の電圧を一定周期で出力し、パルス幅を適宜変更可能な電源であれば特に限定はない。例えば、0 Vを中心にプラスとマイナスを所定の周期で繰り返すP R (Periodic Reverse) パルス電圧を印加する。このP R パルス電圧として、例えば、出力電圧が0.8 ~ 1.2 V程度の正電圧と-0.8 ~ -1.2 V程度の逆電圧を繰り返し、電流密度が正流が10 mA / cm²で逆流が10 mA / cm²程度、パルス幅が正流パルスが20 ~ 50 msecで逆流パルスが5 ~ 10 msec程度のものを使用する。

なお、印加するパルスとしては、上記に限られるものでないことは第1実施形態と同様である。

10

【0131】

通電ブラシ710は、ウェーハW表面に形成された金属膜よりも貴なる金属により構成されており、ウェーハ表面に接触して電解電源61からの電圧をウェーハWに導く。従って、電解電源61から供給される電流は、ウェーハ表面の通電ブラシ710からウェーハWの金属膜表面、および電解液を介して電極板22へ流れることになる。

【0132】

上記の研磨装置の動作について、説明する。

まず、ウェーハテーブル42にウェーハWをチャッキングし、ウェーハテーブル42を駆動して所定の回転数でウェーハWを回転させる。

また、ウェーハテーブル42をX軸方向に移動して、ワイピング部材24aをウェーハWの上方の所定の場所に配置させ、ワイピング部材24aを所定の回転数で回転させる。例えば、ワイピング部材を、100 rpmで回転させる。

20

【0133】

この状態から、電解液供給装置81から電解液ELを通電軸20内の供給ノズル20aに供給すると、ワイピング部材24aの全面から電解液ELが供給される。

また、電解電源61を起動させて、通電ブラシ27を通じてウェーハ表面の金属膜にプラスの電位を印加し、ロータリジョイント16を通じて電極板23にマイナスの電位を印加する。

【0134】

これにより、通電ブラシ27を通じてウェーハ表面の金属膜にプラスの電位が直接印加され、電解液を介して電極板22へと電流が流れることになる。

30

従って、ワイピング部材24a下部の金属膜を電解液を介して、陽極として通電することができ、金属膜は電解液の電解作用によって陽極酸化され、電解液中のキレート剤により、キレート化される。

【0135】

上記の状態、シリンダ装置15に高圧エアを供給して、図7の矢印A2の方向にピストンロッド15bを下降させ、ワイピング部材24aの下面をウェーハWの表面に接触させ、所定の加工圧力で押圧させる。

この状態からウェーハテーブル42をX軸方向に所定の速度パターンで移動させ、ウェーハWの全面を一様に払拭する。

40

【0136】

以上のように、上記構成の研磨装置は、上述したウェーハWに形成された金属膜の表面に、陽極酸化によるキレート膜を生成し、除去することができる。

【0137】

本実施形態に係る研磨装置によれば、第1実施形態に係る研磨装置と同様の効果を奏することができる。

さらに、本実施形態に係る研磨装置では、研磨工具を用いず、ワイピング部材24aによるワイピングのみでウェーハ表面の金属膜の段差を緩和できることから、ウェーハに対する押圧を第1実施形態に係る研磨装置よりもさらに小さくすることができる。

【0138】

50

なお、本実施形態では、ワイピング方法として、ワイピング部材を回転させる例を示したが、ウェーハWに対して相対的に移動できればよく、例えば、水平運動手段を設け、ワイピング部材をウェーハW表面に対して水平方向に移動させることも可能である。この水平運動によるワイピングの場合、電解液が飛散することを防止するため、水平移動速度は、約15m/min以下とすることが好ましい。

また、陽極酸化を促進するため、電解液の温度を80以下程度に調節することが好ましい。

また、被研磨対象物表面に電解液を供給し、表面張力で電解液を保持することもできる。さらに、被研磨対象物の例としては、特に限定はないことは上述した通りである。

【0139】

本発明に係る研磨装置は、上述の実施形態に限定されない。例えば、上述したように研磨対象の例としては、銅膜以外にも、アルミニウム、タングステン、金、銀等の他、それらの合金、当該合金の窒化物や酸化物等の金属膜に広く適用することができる。また、これらの金属膜は、配線用、コンタクト用等の用途に限定されない。また、本実施形態では、第1および第3実施形態においてワイピング部材24aや研磨工具11をウェーハW上で回転させることにより払拭および研磨することとしているが、ウェーハWに対しワイピング部材24aや研磨工具11を相対移動可能であればよく、例えば、ウェーハW表面にワイピング部材24aや研磨工具11を押圧し、ウェーハW表面上を水平移動させる構成をとってもよい。さらに、ウェーハへの通電方法等、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0140】

【実施例】

以下に、本発明の研磨装置を用いた実施例について、図面を参照して説明する。

【0141】

第1実施例

図22は、本発明の第2実施形態に係る研磨装置を用いて、陽極酸化によるキレート化により、ウェーハW表面の銅膜を除去した場合の銅膜の単位時間当たりの除去量と、本発明の第2実施形態に係る研磨装置において、ウェーハWに電圧を印加せずに、電解液EL中にウェーハW表面の銅膜の酸化剤として、過酸化水素(H_2O_2)を所定の濃度加えて、酸化によるキレート化によりウェーハW表面の銅膜を除去した場合の銅膜の単位時間当たりの除去量を比較したものである。

【0142】

図22において、電圧を印加せずに酸化剤を加えて銅を酸化し、キレート化した後に除去したものが(A)であり、電解液としてキナルジン酸溶液を用い、 H_2O_2 濃度が0%、4.5%、8%、10.7%における単位時間当たりの銅膜の除去量(除去速度)を測定した。なお、電解液の液量は、150mlとした。また、本発明の第2実施形態に係る研磨装置を用いて銅膜を除去したものが(B)であり、電解液ELにキナルジン酸溶液150mlを用い、過酸化水素は含めず、電極板610およびウェーハWに電解液ELを介して、2.2Aの電流が流れるよう電圧を印加したときの単位時間当たりの銅膜の除去量(除去速度)を測定した。

【0143】

酸化剤として過酸化水素を用いた場合に、Cuは、酸化されて、銅水和イオン($[Cu(OH)_4]^{2-}$)が形成される。当該銅水和イオンが電解液EL中のキレート剤によりキレート化され、例えば、キレート剤がキナルジン酸の場合には、化学構造式(6)のキレートが生成され、キレート剤がグリシンの場合には、化学構造式(7)のキレートが生成される。

【0144】

その他の実験条件としては、ウェーハは8インチのものを使用し、バリヤメタルとしては、厚さが25nmのTaを用い、層間絶縁膜には、1200nmの厚さのTEOS(tetraethylorthosilicate)膜を用い、銅膜の厚さは1600nmのものを使用した。

【 0 1 4 5 】

図 2 2 では、酸化剤である過酸化水素の量を増やせば増やすほど、銅膜の酸化によるキレート膜の生成量が大きくなっていることから銅膜の単位時間当たりの除去量が増加していることがわかるが、本発明の第 3 本実施形態に係る研磨装置による研磨方法を用いた場合には、過酸化水素を加えずに、通電による銅の陽極酸化によるキレート生成のみで、酸化剤によるよりも飛躍的に除去レートが向上していることがわかる。

【 0 1 4 6 】

第 2 実施例

図 2 3 は、表面に銅膜を有するウェーハ W に本発明の第 2 実施形態に係る研磨装置を用いて、銅膜を陽極として、2.2 A の電流を 30 秒間流すごとにキレート膜を除去し、キレート膜除去後の Cu の膜厚を測定したものである。測定部分は、8 インチのウェーハを直径方向に 1 ポイントから 21 ポイントまでに分割したときの 21 ポイントの部分について測定した。1 ポイントと 21 ポイントはウェーハのエッジからそれぞれ 6 mm の部分とした。なお、電解液には、キナルジン酸を使用し、Cu 膜の厚さは 2000 nm で、バリヤメタルは膜厚 25 nm の Ta を用い、バリヤメタル下の層間絶縁膜には膜厚 1200 nm の TEOS 膜を有するウェーハ W を使用した。

10

【 0 1 4 7 】

図 2 3 において、横軸の 0、1、2、3、4、5 は、それぞれ 2.2 A の電流を 30 秒間通電した回数を表している。従って、それぞれ 2.2 A の電流を、0 は通電しておらず、1 は 30 秒間、2 はトータルで 60 秒間、3 はトータルで 90 秒間、4 はトータルで 120 秒間、5 はトータルで 150 秒間通電したことを示している。

20

縦軸には、通電後に銅を除去した後の、ウェーハ表面に残った銅の膜厚 (nm) を示している。

なお、同様の条件で、当該測定を複数回行った。

【 0 1 4 8 】

当該測定結果から、電流を所定時間通電するごとに、通電時間に比例して、除去後の Cu 膜の膜厚が減少していることがわかる。なお、平均除去量は、202.68 nm/min であった。

【 0 1 4 9 】

第 3 実施例

図 2 4 は、直径方向に 1 ポイントから 21 ポイントまで分割したウェーハの各ポイントにおける図 2 3 と同様の結果を示したものである。

30

通電量および通電時間は、第 2 実施例と同様であり、2.2 A の電流を 30 秒間通電するのを複数回繰り返した場合のそれぞれの時点における除去後の Cu 膜の膜厚を測定したものである。

用いたウェーハおよび電解液の種類などの他の条件は、第 2 実施例と同様である。

【 0 1 5 0 】

図 2 4 において、横軸の 1 ポイントから 21 ポイントまでは、上述したウェーハにおける位置を示しており、縦軸には除去後の銅の膜厚 (nm) を示している。

2.2 A の電流をそれぞれ、A は 0 秒間 (通電前)、B は 30 秒間、C はトータルで 60 秒間、D はトータルで 90 秒間、E はトータルで 120 秒間、F はトータルで 150 秒間通電したときのそれぞれの位置における除去後の銅の膜厚を示している。

40

【 0 1 5 1 】

本実施例によれば、各ポイントにおける銅膜の膜厚は、ほぼ電流と時間の積に比例して、減少している。なお、1 ポイントと 21 ポイントの銅膜の膜厚が小さいのは、前段階である Cu 膜生成の際のメッキの特性からくるものであり、本発明の研磨方法には無関係である。

【 0 1 5 2 】

【 発明の効果 】

本発明によれば、機械研磨と電解研磨との複合作用によって金属膜を研磨するので、機

50

械研磨による金属膜の平坦化の場合に比べて、非常に高能率に金属膜の凸部の選択的除去および平坦化が可能となる。また、本発明によれば、低い研磨圧力でも十分な研磨レートが得られるため、研磨した金属膜にスクラッチ、ディッシング、エロージョン等が発生するのを抑制することができる。また、金属膜下層の絶縁膜へのダメージを抑制できることから、半導体装置の低消費電力化および高速化等の観点から誘電率を低減するために層間絶縁膜として機械的強度が比較的低い有機系低誘電率膜や多孔質低誘電率絶縁膜を使用した場合にも、容易に適用可能である。さらに、本発明によれば、電解電流をモニタリングすることで、研磨プロセスの管理を行うことができ、研磨プロセスの進行状態を正確に把握することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

10

【図 1】 図 1 は、本発明の半導体装置の製造方法の製造工程を示す断面図であり、(a) は半導体基板への絶縁膜形成工程まで、(b) はコンタクトホールおよび配線用溝の形成工程まで、(c) はバリヤ膜の形成工程までを示す。

【図 2】 図 2 は、図 1 の続きの工程を示し、(d) はシード膜としての銅膜の形成工程まで、(e) は銅膜の形成工程までを示す。

【図 3】 図 3 は、図 2 の続きの工程を示し、(f) は銅膜の陽極酸化の工程まで、(g) はキレート膜の形成工程までを示す。

【図 4】 図 4 は、図 3 の続きの工程を示し、(h) は凸部のキレート膜の除去工程まで、(i) はキレート膜の再形成工程までを示す。

【図 5】 図 5 は、図 4 の続きの工程を示し、(j) は銅膜の平坦化工程まで、(k) は余分な銅膜の除去工程まで、(l) はバリヤ膜の露出工程までを示す。

20

【図 6】 図 6 は、本実施形態に係る研磨装置の構成を表す図である。

【図 7】 図 7 は、本実施形態に係る研磨装置の研磨工具保持部の内部構造を表す拡大図である。

【図 8】 図 8 (a) は、本実施形態に係る研磨装置に用いる電極板の底面図であり、(b) は電極板付近の拡大図である。

【図 9】 図 9 は、研磨工具とウェーハとの位置関係を示す図である。

【図 10】 図 10 は、本発明に係る研磨装置の電解研磨を説明するための断面図である

【図 11】 図 11 は、図 10 の円 C における拡大断面図である。

【図 12】 図 12 は、図 11 の円 D における拡大断面図である。

30

【図 13】 図 13 は、本発明に係る研磨装置の第 1 変形例を示す図である。

【図 14】 図 14 は、本発明に係る研磨装置の第 2 変形例を示す図である。

【図 15】 図 15 は、本発明に係る研磨装置の従来型 C M P 装置に応用した第 3 変形例を示す図である。

【図 16】 図 16 は、図 15 に示した研磨装置による電解複合研磨動作を説明するための図である。

【図 17】 図 17 は、研磨パッドの電極構成の他の例を示す図である。

【図 18】 図 18 は、研磨パッドの電極構成のさらに他の例を示す図である。

【図 19】 図 19 は、本発明の参考実施形態に係る研磨装置の概略構成図である。

【図 20】 図 20 は、本発明の第 2 実施形態に係る研磨装置の概略構成図である。

40

【図 21】 図 21 は、本発明の第 3 実施形態に係る研磨装置の要部構成図である。

【図 22】 図 22 は、本発明の第 1 実施例を説明するための図である。

【図 23】 図 23 は、本発明の第 2 実施例を説明するための図である。

【図 24】 図 24 は、本発明の第 3 実施例を説明するための図である。

【図 25】 図 25 は、従来例に係るデュアルダマシン法による銅配線の形成方法の製造工程を示す断面図であり、(a) は層間絶縁膜の形成工程まで、(b) は配線用溝およびコンタクトホールの形成工程まで、(c) はバリヤ膜の形成工程までを示す。

【図 26】 図 26 は、図 24 の続きの工程を示し、(d) はシード膜の形成工程まで、(e) は配線用層の形成工程まで、(f) は配線形成工程までを示す。

【図 27】 図 27 は、C M P 法による銅膜研磨工程において発生するディッシングを説

50

明するための断面図である。

【図 28】 図 28 は、CMP 法による銅膜研磨工程において発生するエロージョンを説明するための断面図である。

【図 29】 図 29 は、CMP 法による銅膜研磨工程において発生するリセスを説明するための断面図である。

【図 30】 図 30 は、CMP 法による銅膜研磨工程において発生するスクラッチおよびケミカルダメージを説明するための断面図である。

【符号の説明】

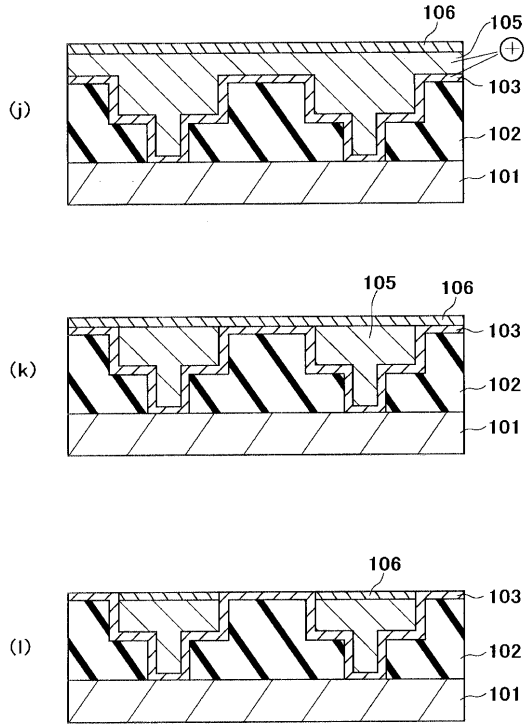
10 ... 研磨工具保持部、11, 311, 411 ... 研磨工具、12 ... フランジ部材、13 ... 保持装置、13a ... 主軸、14 ... 主軸モータ、15 ... シリンダ装置、15a ... ピストン、15b ... ピストンロッド、16, 316, 416 ... ロータリジョイント、20 ... 通電軸、20a ... 供給ノズル、21 ... 押圧部材、22 ... 絶縁板、23 ... 電極板、24 ... スクラブ部材、24a ... ワイピング部材、25 ... 弾性部材、26 ... 連結部材、27 ... 通電ブラシ、28 ... 通電部材、30 ... Z 軸位置決め機構部、31 ... Z 軸サーボモータ、31a ... ボールネジ軸、32 ... Z 軸スライダ、33 ... ガイドレール、40 ... X 軸移動機構部、42, 342, 442 ... ウェーハテーブル、44 ... 駆動モータ、45 ... 保持装置、46 ... ベルト、47 ... 加工パン、48 ... X 軸スライダ、49 ... X 軸サーボモータ、51 ... Z 軸ドライバ、52 ... 主軸ドライバ、53 ... テーブルドライバ、54 ... X 軸ドライバ、55, 555, 655 ... コントローラ、56, 556, 656 ... コントロールパネル、61, 561, 661 ... 電解電源、62, 562, 662 ... 電流計、63 ... 抵抗計、71 ... スラリー供給装置、81 ... 電解液供給装置、101 ... 半導体基板、102 ... 層間絶縁膜、103 ... パリヤ膜、104 ... シード膜、105 ... 銅膜、106 ... キレート膜、120 ... 陰極部材、201 ... 定盤、202, 221, 241 ... 研磨パッド、203, 223, 243 ... 陰極電極、204 ... 陽極電極、206, 224, 244 ... 絶縁体、207 ... ウェーハチャック、208 ... 電解液・スラリー供給部、210 ... 銅膜、410 ... リテーナリング、501, 601 ... 水槽、510, 610 ... 電極板、520 ... ジェットポンプ、521, 522 ... 管、531, 631 ... 第 1 保持部材、532, 632 ... 第 2 保持部材、533 ... Z 軸位置決め機構、634 ... 第 3 保持部材、640 ... パルスジェネレータ、641 ... アンプ、643 ... 加振器、644 ... 第 4 保持部材、710 ... 通電ブラシ、SC ... スクラッチ、CD ... ケミカルダメージ、EL ... 電解液、SL ... スラリー。

10

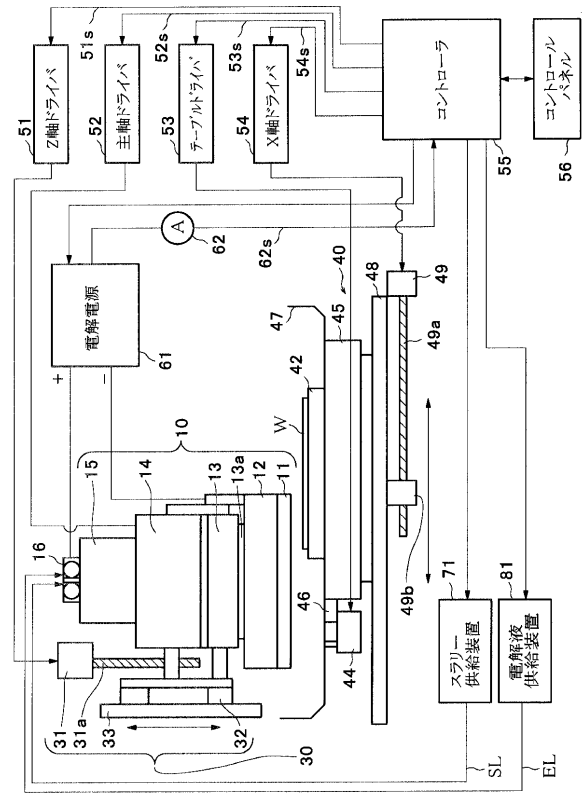
20

30

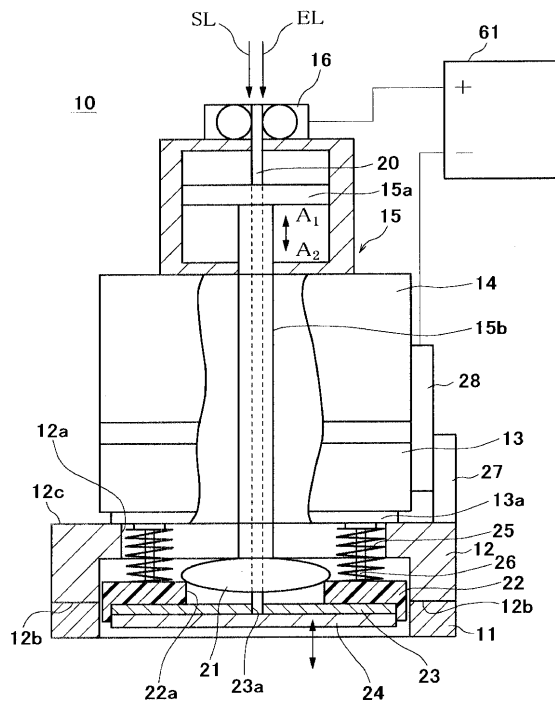
【図 5】



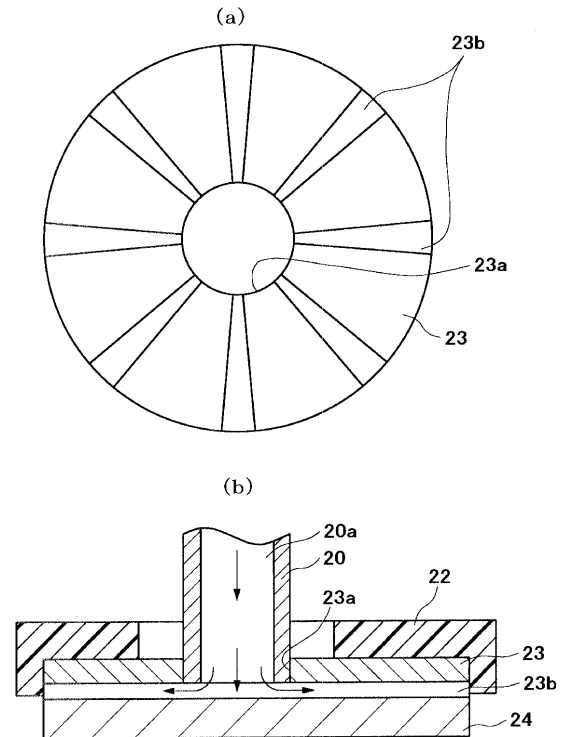
【図 6】



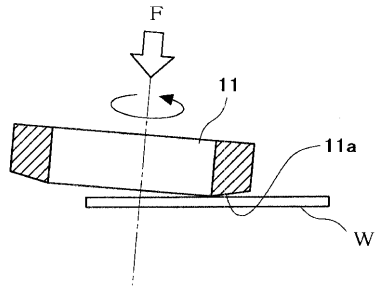
【図 7】



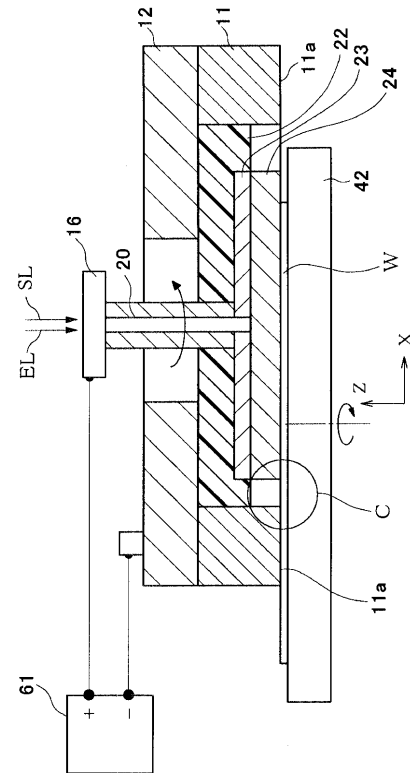
【図 8】



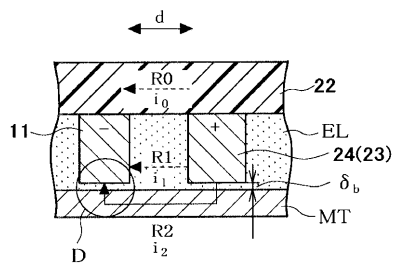
【図 9】



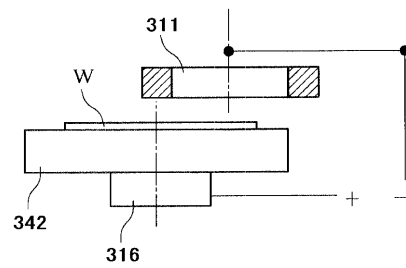
【図 10】



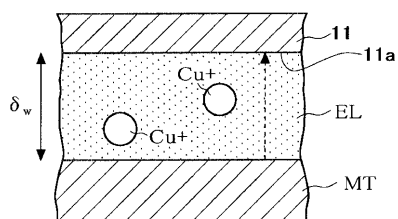
【図 11】



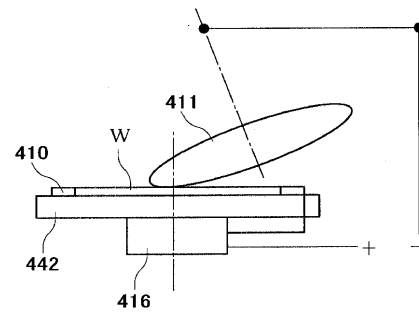
【図 13】



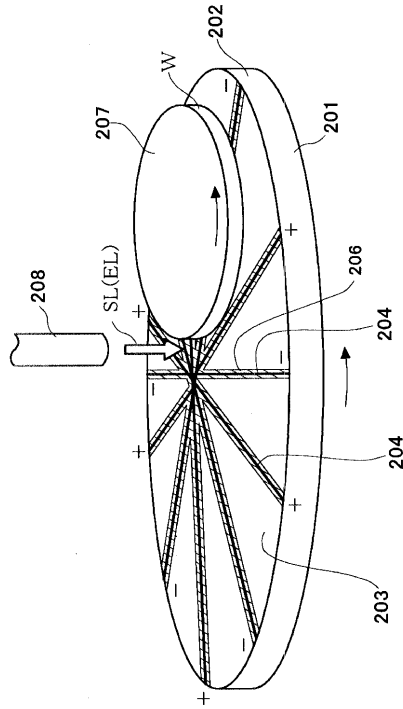
【図 12】



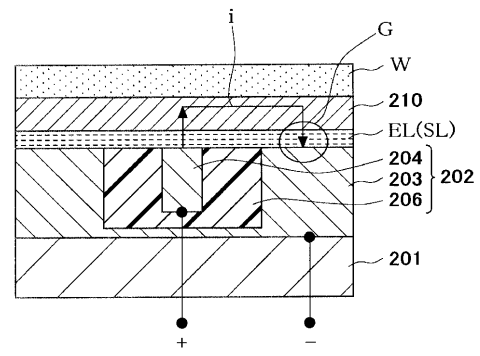
【図 14】



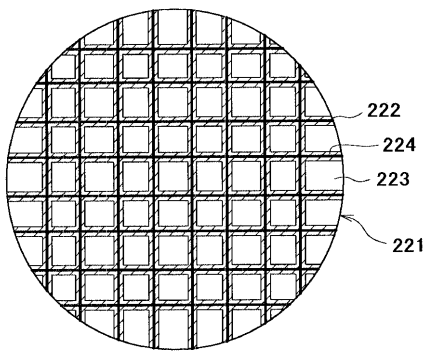
【図15】



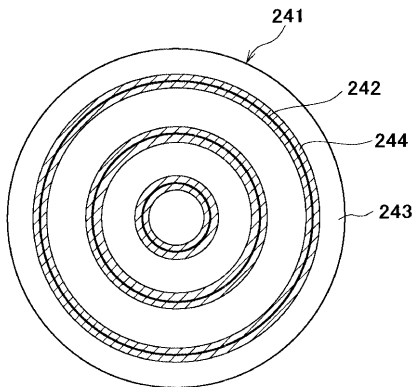
【図16】



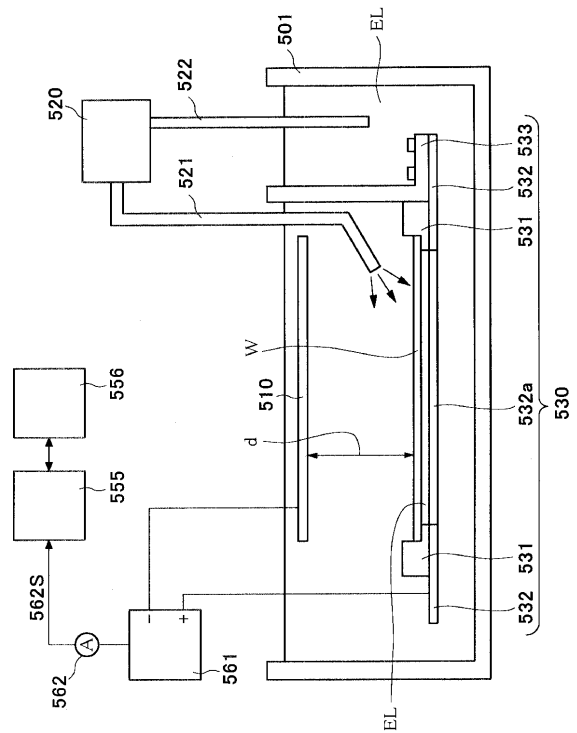
【図17】



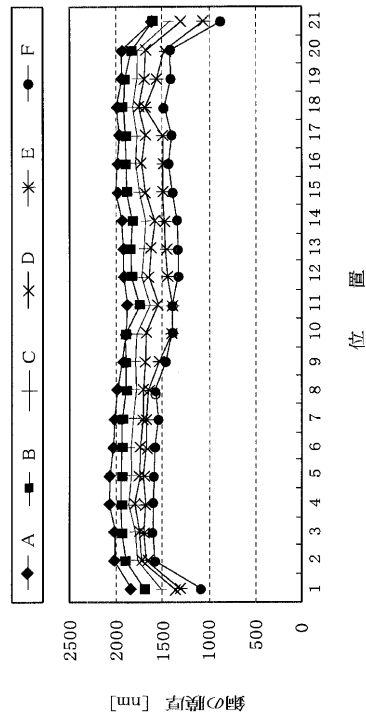
【図18】



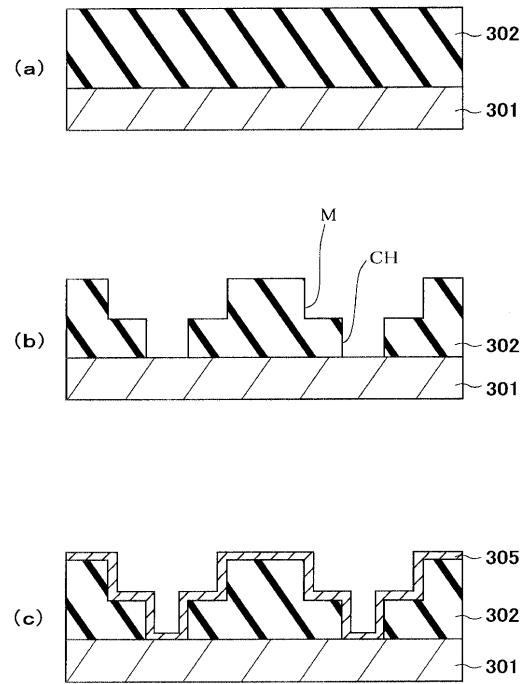
【図19】



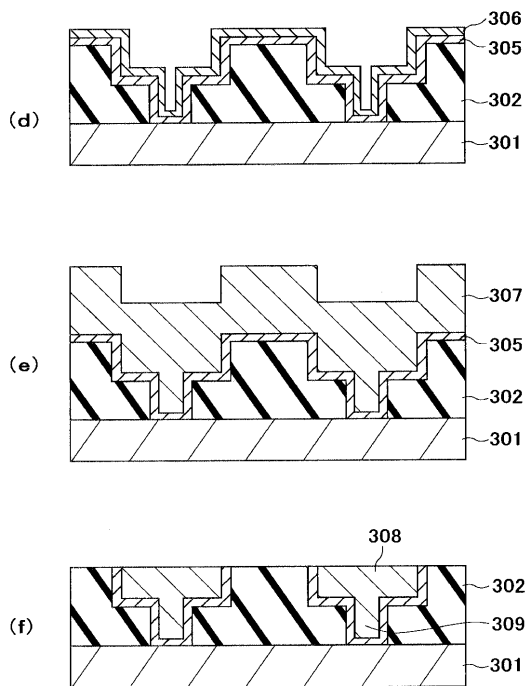
【図 24】



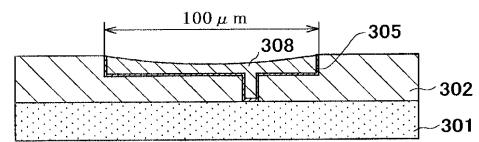
【図 25】



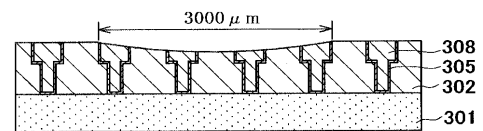
【図 26】



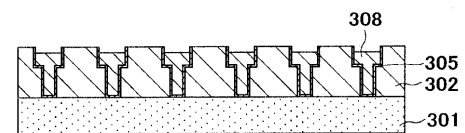
【図 27】



【図 28】



【図 29】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 4 B 37/00 (2006.01) B 2 4 B 37/00 Z

- (72)発明者 大鳥居 英
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 安田 善哉
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 石原 成郎
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 野上 毅
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 駒井 尚紀
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

審査官 太田 良隆

- (56)参考文献 特開平10-270412(JP,A)
特開昭51-044568(JP,A)
特開平11-345789(JP,A)
特開平09-213803(JP,A)
特開平10-156627(JP,A)
実開平07-040065(JP,U)
特開平09-290363(JP,A)
特表2003-525523(JP,A)
特開2001-077117(JP,A)
特開2001-326204(JP,A)
特開2001-203179(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L21/304

B24B37/00 - 37/04

B23H1/00-11/00