

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-363155

(P2004-363155A)

(43) 公開日 平成16年12月24日(2004.12.24)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/3205	HO 1 L 21/88	5 F 0 0 4
HO 1 L 21/304	HO 1 L 21/304	6 2 2 X
HO 1 L 21/306	HO 1 L 21/302	1 0 4 C
HO 1 L 21/3065	HO 1 L 21/306	F

審査請求 未請求 請求項の数 27 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2003-156500 (P2003-156500)	(71) 出願人	000000239 株式会社荏原製作所 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
(22) 出願日	平成15年6月2日 (2003.6.2)	(74) 代理人	100091498 弁理士 渡邊 勇
		(74) 代理人	100092406 弁理士 堀田 信太郎
		(74) 代理人	100093942 弁理士 小杉 良二
		(74) 代理人	100109896 弁理士 森 友宏
		(72) 発明者	福永 明 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会 社荏原製作所内
		F ターム (参考)	5F004 AA07 DA00 DA24 EB02 最終頁に続く

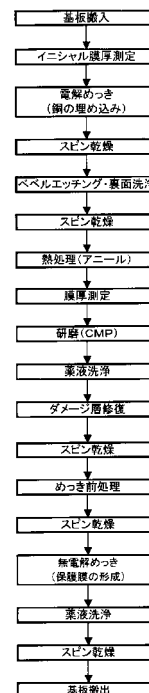
(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法及びその装置

(57) 【要約】

【課題】 ダマシンプロセスによって配線を形成する際の平坦化によって必然的に配線の露出表面に生じるダメージ層の影響をなくして、高い歩留りで半導体装置等を製造できるようにした。

【解決手段】 表面に設けた層間絶縁膜に配線用の微細凹部を形成した基板を用意し、基板の表面に配線材料を成膜して該配線材料を前記微細凹部内に埋込み、基板の表面に余剰に成膜された配線材料を除去し平坦化して配線材料からなる配線を形成し、配線の露出表面に形成されたダメージ層を修復する。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面に設けた層間絶縁膜に配線用の微細凹部を形成した基板を用意し、基板の表面に配線材料を成膜して該配線材料を前記微細凹部内に埋込み、基板の表面に余剰に成膜された前記配線材料を除去し平坦化して前記配線材料からなる配線を形成し、前記配線の露出表面に形成されたダメージ層を修復することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記ダメージ層の修復を、ドライプロセスで行うことを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。 10

【請求項 3】

前記ダメージ層の修復を、ウェットプロセスで行うことを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記ダメージ層のウェットプロセスによる修復を、基板の表面に余剰に成膜された配線材料を除去し平坦化する処理に引き続いて行うことを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記ダメージ層のウェットプロセスによる修復を、基板の表面に余剰に成膜された配線材料を除去し平坦化して、基板を乾燥させた後に行うことを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法。 20

【請求項 6】

前記ダメージ層を薬液に溶解させて除去することを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】

表面を下方に向けて保持した基板の該表面に向けて、前記薬液を噴射することを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記ダメージ層を、還元剤を含む溶液で還元して修復することを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。 30

【請求項 9】

表面を下方に向けて保持した基板の該表面に向けて、前記還元剤を含む溶液を噴射することを特徴とする請求項 8 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 10】

還元剤を含む溶液の存在の下で、基板の表面を研磨することを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 11】

少なくとも還元剤と砥粒を含むスラリーを用いて、基板の表面を研磨することを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法。 40

【請求項 12】

表面を下方に向けて保持した基板の該表面を研磨面に押し付けながら、基板と研磨面とを相対移動させて基板の表面を研磨することを特徴とする請求項 10 または 11 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 13】

基板の表面に形成された配線をカソード分極させ、前記ダメージ層を電気化学的に還元させて修復することを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 14】

基板の表面にメッシュ状のカソードを接触させて配線をカソード分極させることを特徴とする請求項 13 記載の半導体装置の製造方法。 50

【請求項 15】

前記配線材料は、銅、銅合金、銀または銀合金であることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 16】

前記配線材料の成膜を、めっきにより行うことを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 17】

基板の表面に余剰に成膜された配線材料を除去し平坦化する処理を、化学機械的研磨、電気化学的研磨または複合電解研磨、またはこれらの任意の組合せで行うことを特徴とする請求項 1 乃至 16 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

10

【請求項 18】

前記ダメージ層の修復処理を遮光下で行うことを特徴とする請求項 1 乃至 17 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 19】

修復処理後の基板表面の露出配線表面に、保護膜を選択的に形成することを特徴とする請求項 1 乃至 18 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 20】

前記保護膜を無電解めっきにより形成し、無電解めっき後の基板を乾燥状態とすることを特徴とする請求項 19 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 21】

層間絶縁膜に配線用の微細凹部を形成した基板の表面に配線材料を成膜して該配線材料を前記微細凹部に埋込むめっきユニットと、
基板の表面に余剰に成膜された前記配線材料を除去し平坦化して前記配線材料からなる配線を形成する研磨ユニットと、
前記配線の露出表面に形成されたダメージ層を修復するダメージ層修復ユニットを有することを特徴とする半導体装置の製造装置。

20

【請求項 22】

前記ダメージ層修復ユニットは、
表面を下向きにして基板を保持する基板ホルダと、
該基板ホルダで保持した基板の表面に向けて液体を噴射する液体噴射ノズルを有することを特徴とする請求項 21 に記載の半導体装置の製造装置。

30

【請求項 23】

前記液体は、前記ダメージ層を溶解する薬液または還元剤を含む溶液であることを特徴とする請求項 22 に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項 24】

前記ダメージ層修復ユニットは、
表面を下向きにして基板を保持する上下動自在なトップリングと、
上面を研磨面とした研磨テーブルと、
前記研磨テーブルの研磨面に液体を供給する液体供給ノズルと、
前記トップリングと前記研磨テーブルとを相対移動させる相対移動機とを有することを特徴とする請求項 21 に記載の半導体装置の製造装置。

40

【請求項 25】

前記液体は、還元剤を含む溶液または還元剤と砥粒を含むスラリーであることを特徴とする請求項 24 に記載の半導体装置の製造装置。

【請求項 26】

前記ダメージ層修復ユニットは、
基板表面に接触して前記配線をカソード分極させるメッシュ状のカソードと、
前記基板表面に対向して配置されるアノードと、
前記基板表面と前記アノードとの間に満たされる液体とを有することを特徴とする特徴とする請求項 21 に記載の半導体装置の製造装置。

50

【請求項 27】

前記配線の露出表面に保護膜を選択的に形成する無電解めっきユニットを更に有することを特徴とする請求項 21 乃至 26 のいずれかに記載の半導体装置の製造装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、半導体製造方法及びその装置に係り、特に半導体ウエハ等の基板表面の層間絶縁膜に予め形成した配線溝やコンタクトホール等の配線用の微細凹部内に、銅や銀等の配線材料（導電体金属）を埋込んだ後、余分な金属を除去し平坦化することにより基板の表面に埋込み配線を形成する半導体装置の製造方法及びその装置に関する。

10

【0002】**【従来の技術】**

半導体装置の配線形成プロセスとして、配線溝やコンタクトホール内に配線材料（導電体金属）を埋込むようにしたプロセス（いわゆる、ダマシンプロセス）が使用されつつある。これは、層間絶縁膜に予め形成した配線溝やコンタクトホールに、アルミニウム、近年では銅や銀等の金属を埋込んだ後、余分な金属を、例えば化学機械的研磨（CMP）によって除去し平坦化するプロセス技術である。

【0003】

この種の配線にあつては、平坦化後、その配線の表面が外部に露出しており、この上に埋込み配線を形成する際、例えば次工程の層間絶縁膜形成プロセスにおける SiO_2 形成時の表面酸化やビアホールを形成するための SiO_2 エッチング等に際して、ビアホール底に露出した配線のエッチャントやレジスト剥離等による表面汚染が懸念されている。

20

【0004】

このため、銅や銀等の配線材料との接合が強く、しかも比抵抗（ ）が低い、例えば無電解めっきによって得られる Co（コバルト）または Co 合金層や、Ni（ニッケル）または Ni 合金層で配線の表面を選択的に覆って配線を保護することが提案されている。

【0005】

図 1（a）～図 1（d）は、半導体装置における銅配線形成例を工程順に示すもので、先ず図 1（a）に示すように、半導体素子を形成した半導体基材 1 上の導電層 1a の上に、例えば SiO_2 からなる酸化膜や Low-K 材膜等の絶縁膜（層間絶縁膜）2 を堆積し、この絶縁膜 2 の内部に、例えばリソグラフィ・エッチング技術により、配線用の微細凹部としてのコンタクトホール 3 と配線溝 4 を形成し、その上に TaN 等からなるバリア層 5、更にその上に電解めっきの給電層としてのシード層 6 をスパッタリング等により形成する。

30

【0006】

そして、図 1（b）に示すように、基板 W の表面に銅めっきを施すことで、基板 W のコンタクトホール 3 及び配線溝 4 内に銅を充填させるとともに、絶縁膜 2 上に銅層 7 を堆積させる。その後、化学機械的研磨（CMP）などにより、絶縁膜 2 上のバリア層 5、シード層 6 及び銅層 7 を除去して、コンタクトホール 3 及び配線溝 4 内に充填させた銅層 7 の表面と絶縁膜 2 の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図 1（c）に示すように、絶縁膜 2 の内部にシード層 6 と銅層 7 からなる配線（銅配線）8 を形成する。

40

次に、図 1（d）に示すように、基板 W の表面に無電解めっきを施し、配線 8 の表面に、Co 合金や Ni 合金等からなる保護膜 9 を選択的に形成し、これによって、配線 8 の表面を保護膜 9 で覆って保護する。

【0007】**【発明が解決しようとする課題】**

従来、この種の配線、例えば配線材料として銅を使用した銅配線にあつては、平坦化に際して、過酸化水素や過硫酸アンモニウム等の酸化剤あるいはアノード分極により銅等の配線材料の表面を酸化し、しかる後、該酸化された配線材料（酸化剤層）を砥粒などにより研磨するようにしている。この際、平坦化後の銅配線の露出表面には、酸化剤などにより

50

化学的ダメージを受けたり、あるいは研磨剤等により物理的ダメージを受けたダメージ層が残存する。もちろん平坦化工程でこれらのダメージを極力抑える試みがなされているが、酸化層を形成しかつそれを物理的に除去することで平坦性を得るようにしている以上、少なくとも化学的ないし物理的いずれかの要因によって配線の表面にダメージ層が残存することを回避することはできない。特に配線の微細化が進むと、このような露出配線の表面に残存するダメージ層が半導体装置の信頼性に悪影響を与えるようになってくる。

【0008】

ここで、平坦化処理により配線の露出表面に形成された化学的ないし物理的要因によるダメージ層を修復する方法については、ドライプロセスまたはウェットプロセスによって実施することが考えられる。平坦化工程後の工程がCVD等のドライプロセスであれば、これらの後工程との整合性もあるので、例えばプラズマ処理などのドライプロセスによってダメージ層を修復する方が好ましい。一方、平坦化工程後の工程が、めっきやスパインコート等の常圧下で行われるものである場合には、ウェットエッチングなどのウェットプロセスによってダメージ層を修復する方が後工程との整合性をとりやすい。

10

【0009】

本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、ダマシンプロセスによって配線を形成する際の平坦化によって必然的に配線の露出表面に生じるダメージ層の影響をなくして、高い歩留りで半導体装置等を製造できるようにした半導体装置の製造方法及びその装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、表面に設けた層間絶縁膜に配線用の微細凹部を形成した基板を用意し、基板の表面に配線材料を成膜して該配線材料を前記微細凹部内に埋込み、基板の表面に余剰に成膜された前記配線材料を除去し平坦化して前記配線材料からなる配線を形成し、前記配線の露出表面に形成されたダメージ層を修復することを特徴とする半導体装置の製造方法である。

20

このように、平坦化に伴って配線の表面に形成されたダメージ層を修復することで、信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【0011】

請求項2に記載の発明は、前記ダメージ層の修復を、ドライプロセスで行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法である。

30

平坦化して配線を形成した後の工程がCVD等のドライプロセスであれば、これら後工程との整合性もあるので、ドライプロセスによってダメージ層を修復する方が好ましい。ドライプロセスによる修復としては、例えばプラズマ処理などがあり、特に水素やアンモニアなどの還元雰囲気下でプラズマ処理することで、化学的要因によるダメージを含めて修復することができ、しかも配線にダメージを与えないようにすることができる。なお、ドライプロセスによるダメージ層の修復の後、ウェットプロセスからなる次工程で基板を処理しても良いことは勿論である。

【0012】

請求項3に記載の発明は、前記ダメージ層の修復を、ウェットプロセスで行うことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法である。

40

平坦化して配線を形成した後の工程がめっきやスパインコート等の常圧下で行われるものである場合には、ウェットプロセスでダメージ層を修復する方が工程的に整合性をとる上で好ましい。ウェットプロセスによる修復法としては、薬液を使ったエッチングや還元などの化学的作用を中心とするもの、研磨のような機械的作用を主体とするもの、あるいは両者を併用するものがある。ウェットプロセスによってダメージ層を修復する場合は、このような様々な作用を任意に組み合わせることもできるので、修復すべき対象に応じた処理方法を選択できる可能性がありより好ましい。なお、ウェットプロセスによるダメージ層の修復の後、ドライプロセスからなる次工程で基板を処理しても良いことは勿論である。

【0013】

50

請求項 4 に記載の発明は、前記ダメージ層のウェットプロセスによる修復を、基板の表面に余剰に成膜された配線材料を除去し平坦化する処理に引き続いて行うことを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法である。

配線の表面に形成されたダメージ層の修復をウェットプロセスで行う場合には、基板表面の平坦化が、一般に湿式（ウェット式）で行われるので、平坦化後に連続的に行う方が効率的である。このウェットプロセスによりダメージ層の修復は、平坦化（研磨）後の洗浄に使用する洗浄ユニットで基板に薬液処理をしたり、平坦化を行う研磨ユニットにおいて、研磨後に修復用のスラリー乃至薬液を供給するなど、研磨装置の各種ユニットを用いて目的の処理を行うことも可能である。

【0014】

請求項 5 に記載の発明は、前記ダメージ層のウェットプロセスによる修復を、基板の表面に余剰に成膜された配線材料を除去し平坦化して、基板を乾燥させた後に行うことを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法である。

平坦化処理とダメージ層の修復処理の処理時間に大きな差がある場合には、一旦平坦化処理を完了してからダメージ層の修復処理を行う方がスループットを上げる上で好ましく、この場合には、平坦化後の基板を洗浄し乾燥しておく方が好ましい。

【0015】

請求項 6 に記載の発明は、前記ダメージ層を薬液に溶解させて除去することを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

平坦化処理で配線の露出表面に生じるダメージ層には、酸化剤などにより化学的なダメージを受けた層と研磨剤等により物理的なダメージを受けた層が混在しているが、いずれにしてもバルク金属と比べると結合が弱い状態にある。従って、例えば金属（配線）とその酸化物（ダメージ層）の溶解速度を比較して、後者の方が高い薬液を基板表面に適用することにより、配線に対してそれ以上のダメージを与えることなく酸化物層等を主体とするダメージ層のみを除去することができる。配線材料が、例えば銅またはその合金からなる場合には、塩酸、硫酸、フッ酸などの非酸化性の酸を用いることで、所期の目的を果たすことができる。なお、薬液中の溶存酸素によって配線が酸化され、ダメージを受けていない部分についても溶解される可能性があるため、必要に応じて供給する薬液中の溶存酸素量を低く抑えるとともに、雰囲気制御などの方策により、大気中の酸素の影響を排除するようにしてもよい。薬液中の溶存酸素量を制御する方法としては、薬液を窒素バブリングするなどの方法があり、また雰囲気制御する方法としては、処理過程において窒素ガスなどの不活性ガスを導入するなどの方法がある。

【0016】

請求項 7 に記載の発明は、表面を下方に向けて保持した基板の該表面に向けて、前記薬液を噴射することを特徴とする請求項 6 記載の半導体装置の製造方法である。

基板表面に薬液を供給する方法としては、基板を薬液中に浸漬する方法、表面を上方に向けて保持した基板の該表面（上面）に薬液を供給する方法、表面を下方に向けて保持した基板の該表面（下面）に向けて薬液をスプレー等で噴射して供給する方法等が考えられる。前述のように、溶解に用いる薬液によっては、雰囲気中の酸素の影響で、配線のダメージを受けていない部分についても溶解してしまう可能性がある。このような場合は、所定の処理が終わったら直ちに基板表面から薬液を排除する必要がある。この場合、基板を薬液中に浸漬する方法や表面を上方に向けて保持した基板の表面（上面）に薬液を供給する方法に比べて、表面を下方に向けて保持した基板の表面（下面）に向けて薬液をスプレー等で噴射して供給する方が、その後のリンスもし易く、また薬液を容易に排除することができる。また、スプレーを噴射する環境及び/またはリンスする環境を不活性ガスで満たし、処理中の雰囲気酸素の影響を排除するようにしてもよい。

【0017】

また、ダメージ層を修復した後の工程が、無電解めっきによる表面保護膜の形成で、表面を下方に向けて基板を保持してめっきを行う場合には、表面を下方に向けて基板を保持してダメージ層を修復することで、その後の無電解めっきによる表面保護膜の形成を、基板

10

20

30

40

50

の向きを変えることなく連続して行うことができる。

【0018】

請求項8に記載の発明は、前記ダメージ層を、還元剤を含む溶液で還元して修復することを特徴とする請求項3乃至5のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

ダメージ層が酸化剤などによる化学的なダメージを主体とする場合には、溶解によってダメージ層を除去するよりも、ダメージ層を還元剤により還元させて金属状態に戻すことが適切である。還元剤としては、少なくとも配線材料に対して電子を供与できるものである必要があり、例えば銅の場合であれば、ホルムアルデヒド、ジメチルアミンボラン、ヒドラジン等を用いることができる。

【0019】

請求項9に記載の発明は、表面を下方に向けて保持した基板の該表面に向けて、前記還元剤を含む溶液を噴射することを特徴とする請求項8記載の半導体装置の製造方法である。

【0020】

請求項10に記載の発明は、還元剤を含む溶液の存在の下で、基板の表面を研磨することを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法である。

化学的なダメージを受けたダメージ層を還元剤による還元処理で修復するに際して、基板表面の研磨を併用することにより、基板全面にわたって均一な処理が可能となる。

【0021】

請求項11に記載の発明は、少なくとも還元剤と砥粒を含むスラリーを用いて、基板の表面を研磨することを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法である。

ダメージ層に、化学的なダメージに加えて、多少の物理的なダメージが存在する場合には、還元剤に砥粒を含むスラリーを用いて研磨することで、両方のダメージを受けたダメージ層の修復が可能となる。

【0022】

請求項12に記載の発明は、表面を下方に向けて保持した基板の該表面を研磨面に押し付けながら、基板と研磨面とを相対移動させて基板の表面を研磨することを特徴とする請求項10または11記載の半導体装置の製造方法である。

上記のように、修復後の工程が無電解めっきによる表面保護膜の形成で、表面を下方に向けて基板を保持してめっきする場合には、表面を下方に向けて基板を保持してダメージ層の修復することで、その後の無電解めっきによる表面保護膜の形成を、基板の向きを変えることなく連続して行うことができる。

【0023】

請求項13に記載の発明は、基板の表面に形成された配線をカソード分極させ、前記ダメージ層を電気化学的に還元させて修復することを特徴とする請求項3記載の半導体装置の製造方法である。

還元剤溶液を使用してダメージ層を金属状態に還元する場合には、その後のリンス処理が必須であるが、そのリンス処理中に配線がダメージを受ける可能性がある。基板表面上の配線を、超純水などの中でカソード分極させることによる電気化学的還元によりダメージ層（酸化膜層）を修復すれば、リンスが不要であるので、そのような懸念がなくなる。配線材料が銅である場合、生成直後の酸化物であれば、標準水素電極電位に対して0.4V程度の電位でカソード分極すれば、ダメージ層（酸化膜層）は銅に還元される。

【0024】

請求項14に記載の発明は、基板の表面にメッシュ状のカソードを接触させて配線をカソード分極させることを特徴とする請求項13記載の半導体装置の製造方法である。

基板の表面に形成した埋込み配線をカソード分極させる方法としては、メッシュ状のカソードを基板表面に接触させる方法が最も容易である。カソードとしてメッシュ状のものを使用することにより、仮に水素ガスが発生するようなことがあっても、水素ガスを容易に排除することができ、還元反応を円滑に行うことができる。また電極材料としては、カソード電流が水素発生に使われないようにするため、銅、鉛、亜鉛等の水素過電圧の高いものを用いることが好ましい。

10

20

30

40

50

【0025】

請求項15に記載の発明は、前記配線材料は、銅、銅合金、銀または銀合金であることを特徴とする請求項1乃至14のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

配線材料としては様々なものがあり得るが、このような配線に形成されるダメージ層に対して考慮しなければならない半導体装置は、一般に高集積化が進んだものに限定される。このような高集積化された半導体装置に用いられる配線材料としては、銅、銅合金、銀または銀合金が挙げられる。

【0026】

請求項16に記載の発明は、前記配線材料の成膜を、めっきにより行うことを特徴とする請求項1乃至15のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

配線材料の埋込み方法としては、CVD法などのドライプロセスによることもあるが、生産性の点からはめっき法が最も適している。

【0027】

請求項17に記載の発明は、基板の表面に余剰に成膜された配線材料を除去し平坦化する処理を、化学機械的研磨、電気化学的研磨または複合電解研磨、またはこれらの任意の組合せで行うことを特徴とする請求項1乃至16のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

平坦化方法の代表的なものとしては化学機械的研磨(CMP)があるが、その他の電気化学的研磨あるいは複合電解研磨を用いても良いし、プロセスの効率化のためそれらを組み合わせることも良い。

【0028】

請求項18に記載の発明は、前記ダメージ層の修復処理を遮光下で行うことを特徴とする請求項1乃至17のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

平坦化によって基板表面に配線表面が露出するようになると、湿式工程中に、クリーンルーム内の照明光により光腐食を生じることがある。このため、ダメージ層の修復工程を遮光下で行うことで、この工程中に配線に光腐食を生じることが防止することができる。

【0029】

請求項19に記載の発明は、修復処理後の基板表面の露出配線表面に、保護膜を選択的に形成することを特徴とする請求項1乃至18のいずれかに記載の半導体装置の製造方法である。

ダメージ層の修復処理を行った配線の露出表面は不安定であり、酸化などを受けやすい。従って、配線のダメージ層を修復した後、時間を置かずに配線の表面に保護膜を選択的に形成して配線の安定化を図ることで、配線の酸化等を防止することができる。

【0030】

請求項20に記載の発明は、前記保護膜を無電解めっきにより形成し、無電解めっき後の基板を乾燥状態とすることを特徴とする請求項19に記載の半導体装置の製造方法である。

保護膜形成の方法としては、CVD法などのドライプロセスもあり得るが、時間を置かずに形成する等の点から考えると、無電解めっきによる成膜が好適である。保護膜の種類としては、ニッケルやコバルト、或いはそれらの合金膜が、化学的安定性などの点で適している。

【0031】

請求項21に記載の発明は、層間絶縁膜に配線用の微細凹部を形成した基板の表面に配線材料を成膜して該配線材料を前記微細凹部に埋込むめっきユニットと、基板の表面に余剰に成膜された前記配線材料を除去し平坦化して前記配線材料からなる配線を形成する研磨ユニットと、前記配線の露出表面に形成されたダメージ層を修復するダメージ層修復ユニットを有することを特徴とする半導体装置の製造装置である。

【0032】

請求項22に記載の発明は、前記ダメージ層修復ユニットは、表面を下向きにして基板を保持する基板ホルダと、該基板ホルダで保持した基板の表面に向けて液体を噴射する液体

10

20

30

40

50

噴射ノズルを有することを特徴とする請求項 2 1 記載の半導体装置の製造装置である。

請求項 2 3 に記載の発明は、前記液体は、前記ダメージ層を溶解する薬液または還元剤を含む溶液であることを特徴とする請求項 2 2 記載の半導体装置の製造装置である。

【 0 0 3 3 】

請求項 2 4 に記載の発明は、前記ダメージ層修復ユニットは、表面を下向きにして基板を保持する上下動自在なトップリングと、上面を研磨面とした研磨テーブルと、前記研磨テーブルの研磨面に液体を供給する液体供給ノズルと、前記トップリングと前記研磨テーブルを相対移動させる相対移動機とを有することを特徴とする請求項 2 1 記載の半導体装置の製造装置である。

請求項 2 5 に記載の発明は、前記液体は、還元剤を含む溶液または還元剤と砥粒を含むスラリーであることを特徴とする請求項 2 4 記載の半導体装置の製造装置である。 10

【 0 0 3 4 】

請求項 2 6 に記載の発明は、前記ダメージ層修復ユニットは、基板表面に接触して前記配線をカソード分極させるメッシュ状のカソードと、前記基板表面に対向して配置されるアノードと、前記基板表面と前記アノードとの間に満たされる電解液とを有することを特徴とする特徴とする請求項 2 1 記載の半導体装置の製造装置である。

請求項 2 7 に記載の発明は、前記配線の露出表面に保護膜を選択的に形成する無電解めっきユニットを更に有することを特徴とする請求項 2 1 乃至 2 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造装置である。

【 0 0 3 5 】

20

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。この実施の形態は、半導体ウエハ等の基板の表面に設けた配線用の微細凹部に、配線材料としての銅を埋込んで銅層からなる配線を形成するようにした半導体装置の製造装置に適用した例を示しているが、銅以外の配線材料にも使用できることは勿論である。

【 0 0 3 6 】

図 2 は、本発明の実施の形態における半導体装置の製造装置の平面図を示す。図 2 に示すように、この基板処理装置は、例えばスミフボックス等の内部に多数の半導体ウエハ等の基板を収納した搬送ボックス 1 0 を着脱自在な矩形状のハウジング 1 2 を備えている。このハウジング 1 2 の内部には、ロード・アンロードステーション 1 4 と、このロード・アンロードステーション 1 4 との間で基板を授受する走行自在な搬送ロボット 1 6 が備えられている。そして、搬送ロボット 1 6 を挟んで該搬送ロボット 1 6 の一方の側には、めっきユニット 1 8、洗浄・乾燥ユニット 2 0、ベベルエッチング・裏面洗浄ユニット 2 2 及び膜厚測定器 2 4 が直列に配置され、他方の側には、熱処理（アニール）ユニット 2 6、前処理ユニット 2 8、無電解めっきユニット 3 0、ダメージ層修復ユニット 3 2 及び研磨ユニット 3 4 が直列に配置されている。 30

【 0 0 3 7 】

ここで、ハウジング 1 2 には遮光処理が施され、これによって、このハウジング 1 2 内の以下の各工程を遮光状態で、つまり、配線に照明光等の光が当たることなく行えるようになっている。このように、配線に光が当たることが防止することで、例えば銅からなる配線に光が当たって光電位差が生じ、この光電位差によって配線が腐食してしまうことを防止することができる。 40

【 0 0 3 8 】

次に、このように構成された基板処理装置によって、図 1 (a) ~ (d) に示す、シード層 6 を形成した基板に銅配線を形成する一連の処理を、図 3 を更に参照して説明する。

【 0 0 3 9 】

先ず、表面にシード層 6 を形成した基板 W を搬送ボックス 1 0 から一枚ずつ取出し、ロード・アンロードステーション 1 4 に搬入する。そして、このロード・アンロードステーション 1 4 に搬入した基板 W を搬送ロボット 1 6 で膜厚測定器 2 4 に搬送し、この膜厚測定器 2 4 でイニシャル膜厚（シード層 6 の膜厚）を測定し、しかる後、必要に応じて、基板 50

を反転させてめっきユニット 18 に搬送する。このめっきユニット 18 で、図 1 (b) に示すように、基板 W の表面に銅層 7 を堆積させて、銅の埋込みを行う。

【 0 0 4 0 】

そして、この銅層 7 を形成した基板を、搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥ユニット 20 に搬送して、基板 W の純水による洗浄を行ってスピン乾燥させるか、またはめっきユニット 18 にスピン乾燥機能が備えられている場合には、このめっきユニット 18 で基板 W のスピン乾燥 (液切り) を行って、この乾燥後の基板をベベルエッチング・裏面洗浄ユニット 22 に搬送する。

【 0 0 4 1 】

このベベルエッチング・裏面洗浄ユニット 22 では、基板 W のベベル (エッジ) 部に付着した不要な銅をエッチング除去すると同時に、基板の裏面を純水等で洗浄し、しかる後、前述と同様に、搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥ユニット 20 に搬送して、基板 W の純水による洗浄を行ってスピン乾燥させるか、またはベベルエッチング・裏面洗浄ユニット 22 にスピン乾燥機能が備えられている場合には、このベベルエッチング・裏面洗浄ユニット 22 で基板 W のスピン乾燥を行って、この乾燥後の基板を、搬送ロボット 16 で熱処理ユニット 26 に搬送する。

【 0 0 4 2 】

この熱処理ユニット 26 で基板 W の熱処理 (アニール) を行う。そして、この熱処理後の基板 W を搬送ロボット 16 で膜厚測定器 24 に搬送し、ここで銅の膜厚を測定し、この測定結果と前述のイニシャル膜厚の測定結果との差から、銅層 7 (図 1 (b) 参照) の膜厚を求め、この測定後の膜厚によって、例えば次に基板に対するめっき時間を調整し、また膜厚が不足する場合には、再度めっきによる銅の追加の成膜を行う。そして、この膜厚測定後の基板 W を、搬送ロボット 16 により研磨ユニット 34 に搬送する。

【 0 0 4 3 】

この研磨ユニット 34 で、図 1 (c) に示すように、基板 W の表面に堆積した不要な銅層 7 及びシード層 6 を研磨除去して、基板 W の表面を平坦化する。これにより、図 1 (c) に示すように、絶縁膜 (層間絶縁膜) 2 の内部にシード層 6 と銅層 7 からなる配線 (銅配線) 8 を形成する。この時、例えば、膜厚や基板の仕上がり具合をモニタで検査し、このモニタで終点 (エンドポイント) を検知した時に、研磨を終了する。そして、この研磨後の基板 W を搬送ロボット 16 で洗浄・乾燥ユニット 20 に搬送し、この洗浄・乾燥ユニット 20 で基板表面を薬液で洗浄し、更に純水で洗浄 (リンス) した後、このリンス後の基板 W を搬送ロボット 16 でダメージ層修復ユニット 32 に搬送する。

【 0 0 4 4 】

なお、この例では、研磨ユニット 34 として、化学機械的研磨 (C M P) を行うようにしたもの一般に使用されるが、その他の電気化学的研磨あるいは複合電解研磨を用いても良いし、プロセスの効率化のためそれらを組み合わせて行っても良い。

このダメージ層修復ユニット 32 では、配線 8 の露出表面に形成された (残存する) ダメージ層を、例えば薬液で溶解して除去するか、または還元して金属状態 (銅) に戻すことで、修復する。

【 0 0 4 5 】

研磨ユニット 34 では、過酸化水素や過硫酸アンモニウム等の酸化剤あるいはアノード分極により銅等の配線材料の表面を酸化し、しかる後、該酸化された配線材料 (酸化剤層) を砥粒などにより研磨するようにしており、この研磨の際、平坦化後の銅配線 8 の露出表面には、酸化剤などにより化学的ダメージを受け、あるいは研磨剤等により物理的ダメージを受けたダメージ層が残存し、この残存するダメージ層が半導体装置の信頼性に悪影響を与える。このため、ダメージ層を修復し、ダメージ層による半導体装置の信頼性への悪影響を除去することで、信頼性の高い半導体装置を製造することができる。

【 0 0 4 6 】

このダメージ層の修復は、平坦化して配線を形成した後の工程が C V D 等のドライプロセスである場合には、これら後工程との整合性もあるので、ドライプロセスによって行う方

10

20

30

40

50

が好ましい。ドライプロセスによる修復としては、例えばプラズマ処理などがあり、特に水素やアンモニアなどの還元雰囲気下でプラズマ処理することで、化学的要因によるダメージを含めて修復することができ、しかも配線にダメージを与えないようにすることができる。なお、ドライプロセスによるダメージ層の修復の後、ウェットプロセスからなる次工程で基板を処理しても良いことは勿論である。

【0047】

また、平坦化して配線を形成した後の工程が、この実施の形態のように、めっきやスピンコート等の常圧下で行われるものである場合には、ウェットプロセスでダメージ層を修復する方が工程的に整合性があるが好ましい。ウェットプロセスによる修復法としては、薬液を使ったエッチングや還元などの化学的作用を中心とするもの、研磨のような機械的作用を主体とするもの、あるいは両者を併用するものがある。ウェットプロセスによってダメージ層を修復する場合は、このような様々な作用を任意に組み合わせることもできるので、修復すべき対象に応じた処理方法を選択できる可能性がありより好ましい。なお、ウェットプロセスによるダメージ層の修復の後、ドライプロセスからなる次工程で基板を処理しても良いことは勿論である。

10

【0048】

なお、平坦化処理とダメージ層の修復処理の処理時間に大きな差がある場合には、一旦平坦化処理を完了してからダメージ層の修復処理を行う方がスループットを上げる上で好ましく、この場合には、平坦化後の基板を洗浄し乾燥しておく方が好ましい。

【0049】

次に、ダメージ層を修復した基板を、前述のように、搬送ロボット16で洗浄・乾燥ユニット20に搬送し、必要に応じて、基板Wの純水による洗浄を行ってスピン乾燥させるか、またはダメージ層修復ユニット32にスピン乾燥機能が備えられている場合には、このダメージ層修復ユニット32で基板Wのスピン乾燥（液切り）を行って、この乾燥後の基板を搬送ロボット16で前処理ユニット28に搬送し、この前処理ユニット28で、例えば基板表面へのPd触媒の付着や、基板の露出表面に付着した酸化膜の除去等の少なくとも一方のめっき前処理を行う。そして、このめっき前処理後の基板を、前述のように、搬送ロボット16で洗浄・乾燥ユニット20に搬送して、基板Wの純水による洗浄を行ってスピン乾燥させるか、または前処理ユニット28にスピン乾燥機能が備えられている場合には、この前処理ユニット28で基板Wのスピン乾燥（液切り）を行って、この乾燥後の

20

30

【0050】

この無電解めっきユニット30で、図1(d)に示すように、露出した配線8の表面に、例えば無電解Co-W-Pめっきを施して、配線8の外部への露出表面に、Co-W-P合金膜からなる保護膜（めっき膜）9を選択的に形成して配線8を保護する。この保護膜9の膜厚は、0.1~500nm、好ましくは、1~200nm、更に好ましくは、10~100nm程度である。この時、例えば、保護膜9の膜厚をモニタして、この膜厚が所定の値に達した時、つまり終点（エンドポイント）を検知した時に、無電解めっきを終了する。

【0051】

そして、無電解めっきが終了した基板を、搬送ロボット16で洗浄・乾燥ユニット20に搬送し、この洗浄・乾燥ユニット20で基板表面を薬液で洗浄し、更に純水で洗浄（リンス）した後、高速回転させてスピン乾燥させる。そして、このスピン乾燥後の基板Wを搬送ロボット16でロード・アンロードステーション14を経由して搬送ボックス10内に戻す。

40

【0052】

図4は、ダメージ層修復ユニット32の一例を示す。このダメージ層修復ユニット32は、回転及び上下動自在で、表面を下向きにして基板Wを着脱自在に保持する基板ホルダ40と、略円筒状の処理槽42を備えている。そして、処理槽42の底部には、液体を上方に向けて噴射する複数の液体噴射ノズル44がノズル板46に取り付けられて配置され、こ

50

のノズル板 46 は、ノズル上下軸 48 の上端に連結されている。更に、このノズル上下軸 48 は、ノズル位置調整用ねじ 50 と該ねじ 50 と螺合するナット 52 との螺合位置を変えることで上下動し、これによって、液体噴射ノズル 44 と該液体噴射ノズル 44 の上方に配置される基板 W との距離を最適に調整できるようになっている。

【0053】

このダメージ層修復ユニット 32 にあっては、表面を下向きにして基板 W を保持した基板ホルダ 40 を処理槽 42 内の所定の位置に配置し、基板ホルダ 40 を回転させながら、基板 W に向けて液体噴射ノズル 44 から液体を噴射して配線 8 の表面のダメージ層を修復する。

【0054】

ここで、液体噴射ノズル 44 から基板 W に向けて噴射する液体として、ダメージ層を溶解させて除去する薬液が使用される。つまり、平坦化处理で配線 8 の露出表面に生じるダメージ層には、酸化剤などにより化学的なダメージを受けた層と研磨剤等により物理的なダメージを受けた層が混在しているが、いずれにしてもバルク金属と比べると結合が弱い状態にある。従って、例えば金属（配線）とその酸化物（ダメージ層）の溶解速度を比較して、後者の方が高い薬液を基板表面に適用することにより、配線に対してそれ以上のダメージを与えることなく酸化物層等を主体とするダメージ層のみを除去することができる。配線材料が、例えば銅またはその合金からなる場合には、薬液として、塩酸、硫酸、フッ酸などの非酸化性の酸を用いることで、所期の目的を果たすことができる。

【0055】

なお、薬液中の溶存酸素によって配線が酸化され、ダメージを受けていない部分についても溶解される可能性があるため、必要に応じて供給する薬液中の溶存酸素量を低く抑えるとともに、雰囲気制御などの方策により、大気中の酸素の影響を排除するようにしてもよい。薬液中の溶存酸素量を制御する方法としては、薬液を窒素バブリングするなどの方法があり、また雰囲気制御する方法としては、処理過程において窒素ガスなどの不活性ガスを導入するなどの方法がある。

【0056】

基板表面に薬液を供給する方法としては、基板を薬液中に浸漬する方法、表面を上方に向けて保持した基板の該表面（上面）に薬液を供給する方法、表面を下方に向けて保持した基板の該表面（下面）に向けて薬液をスプレー等で噴射して供給する方法等が考えられる。前述のように、溶解に用いる薬液によっては、雰囲気中の酸素の影響で、配線のダメージを受けていない部分についても溶解してしまう可能性がある。このような場合は、所定の処理が終わったら直ちに基板表面から薬液を排除する必要がある。この場合、基板を薬液中に浸漬する方法や表面を上方に向けて保持した基板の表面（上面）に薬液を供給する方法に比べて、表面を下方に向けて保持した基板の表面（下面）に向けて薬液をスプレー等で噴射して供給する方が、その後のリンスもし易く、また薬液を容易に排除することができる。また、スプレーを噴射する環境及び/またはリンスする環境を不活性ガスで満たし、処理中の雰囲気酸素の影響を排除するようにしてもよい。

【0057】

また、ダメージ層を修復した後の工程が、無電解めっきによる表面保護膜の形成で、表面を下方に向けて基板を保持してめっきを行う場合には、表面を下方に向けて基板を保持してダメージ層を修復することで、その後の無電解めっきによる表面保護膜の形成を、基板の向きを変えることなく連続して行うことができる。

【0058】

液体噴射ノズル 44 から基板 W に向けて噴射する液体として、還元剤を含む液体を使用し、ダメージ層を還元剤で還元して修復するようにしてもよい。つまり、ダメージ層が酸化剤などによる化学的なダメージを主体とする場合には、溶解によってダメージ層を除去するよりも、ダメージ層を還元剤により還元させて金属状態に戻すことが適切である。還元剤としては、少なくとも配線材料に対して電子を供与できるものである必要があり、例えば銅の場合であれば、ホルムアルデヒド、ジメチルアミンボラン、ヒドラジン等を用いる

10

20

30

40

50

ことができる。

【0059】

図5は、ダメージ層修復ユニット32の更に他の例を示す。この例は、化学機械的研磨(CMP)を行うCMPユニットとほぼ同様な構成を備えたもので、上面に研磨パッド(研磨布)60を貼付して研磨面を構成する研磨テーブル62と、この研磨テーブル62の上方に配置され、回転及び上下動自在で、表面を下方に向けて基板Wを着脱自在に保持するトップリング64とを備えている。そして、研磨テーブル62とトップリング64とをそれぞれ自転させ、研磨テーブル62の上方に設置された液体供給ノズル66より、少なくとも還元剤を含む液体を供給しつつ、トップリング64により基板Wを一定の圧力で研磨テーブル62の研磨パッド60に押圧することで、前述と同様に、ダメージ層を還元剤で還元し、同時に基板Wの表面を研磨し、これによって、ダメージ層を修復するようになっている。なお、研磨パッドとして、予め砥粒を入れた固定砥粒方式を採用したものを使用してもよい。

10

【0060】

このようなダメージ層修復ユニット32を用いて修復作業を継続すると研磨パッド60の研磨面の研磨力が低下するが、この研磨力を回復させるために、ドレッサー68を設け、このドレッサー68によって、ダメージ層を修復する基板Wの交換時などに研磨パッド60の目立て(ドレッシング)が行われている。このドレッシング処理においては、ドレッサー68のドレッシング面(ドレッシング部材)を研磨テーブル62の研磨パッド60に押圧しつつ、これらを自転させることで、研磨面に付着した砥液や切削屑を除去すると共に、研磨面の平坦化及び目立てが行なわれ、研磨面が再生される。

20

【0061】

このように、化学的なダメージを受けたダメージ層を還元剤による還元処理で修復するに際して、基板表面の研磨を併用することにより、基板全面にわたって均一な処理が可能となる。

ダメージ層に、化学的なダメージに加えて、多少の物理的なダメージが存在する場合には、液体供給ノズル66より、還元剤に砥粒を含む液体(スラリー)を研磨テーブル62に供給して研磨することで、両方のダメージを受けたダメージ層の修復が可能となる。

【0062】

図6は、配線8の表面に形成された(残存する)ダメージ層を電気化学的に還元させて修復するようにした、ダメージ層修復ユニット32の更に他の例を示す。このダメージ層修復ユニット32は、回転及び上下動自在で、表面を下向きにして基板Wを着脱自在に保持する基板ホルダ70と、この基板ホルダ70の下方に配置され、内部に純水等の液体72を保持する処理槽74とを備えている。そして、基板ホルダ70には、電源76の陰極に接続されるメッシュ状のカソード78が上下動または開閉自在に備えられ、カソード78を基板ホルダ70に対して下降させるか、またはカソード78を開いた状態で、基板ホルダ70で基板Wを保持し、しかる後、カソード78を基板ホルダ70に対して上昇させるか、またはカソード78を閉じることで、基板Wの配線8をカソード78に接触させてカソード分極させるように構成されている。一方、処理槽74の底部には、電源76の陽極に接続される板状のアノード80が装着されている。

30

40

【0063】

この例によれば、基板Wを保持し、この基板Wの配線8にカソード78を接触させた基板ホルダ70を下降させて、処理槽74で保持した純水等の液体に基板Wを浸漬させ、この状態で、カソード78に電源76の陰極を、アノード80に電源76の陽極をそれぞれ接続する。これによって、基板Wの表面に形成された配線8をカソード分極させ、ダメージ層を電気化学的に還元させて修復する。

【0064】

前述のように、還元剤溶液を使用してダメージ層を金属状体に還元する場合には、その後のリンス処理が必須であるが、そのリンス処理中に配線8がダメージを受ける可能性がある。しかし、この例のように、基板Wの表面の配線8を、超純水などの中でカソード分極

50

させることによる電気化学的還元によりダメージ層（酸化膜層）を修復すれば、リンスが不要であるので、そのような懸念がなくなる。配線材料が銅である場合、生成直後の酸化物であれば、標準水素電極電位に対して0.4V程度の電位でカソード分極すれば、ダメージ層（酸化膜層）は銅に還元される。

【0065】

なお、基板の表面に形成した埋込み配線8をカソード分極させる方法としては、この例のように、メッシュ状のカソード78を基板Wの表面に接触させる方法が最も容易である。このように、カソード78として、メッシュ状のものを使用することにより、仮に水素ガスが発生するようなことがあっても、水素ガスを容易に排除することができ、還元反応を円滑に行うことができる。また電極材料としては、カソード電流が水素発生に使われないようにするため、銅、鉛、亜鉛等の水素過電圧の高いものを用いることが好ましい。なお、この例は、配線材料として、銅を使用した例を示しているが、この銅の他に、銅合金、銀及び銀合金等を使用しても良い。

10

【0066】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、ダマシンプロセスによって配線を形成する際の平坦化によって必然的に配線の露出表面に生じるダメージ層を修復し、このダメージ層を修復した配線に対して、次工程の処理を施すことで、配線の表面に残存するダメージ層による悪影響をなくして、高い歩留りで半導体装置等を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

20

【図1】半導体装置における配線形成例を工程順に示す図である。

【図2】本発明の実施の形態における半導体装置の製造装置の平面図である。

【図3】図2に示す半導体装置の製造装置における処理フロー図である。

【図4】図2に示す半導体装置の製造装置に備えられているダメージ層修復ユニットの一例を示す断面図である。

【図5】図2に示す半導体装置の製造装置に備えられているダメージ層修復ユニットの他の例を示す概要図である。

【図6】図2に示す半導体装置の製造装置に備えられているダメージ層修復ユニットの更に他の例を示す概要図である。

【符号の説明】

30

2 絶縁膜（層間絶縁膜）

3 コンタクトホール

4 配線溝

6 シード層

7 銅層

8 配線

9 保護膜

10 搬送ボックス

18 めっきユニット

20 洗浄・乾燥ユニット

40

22 ベベルエッチング・裏面洗浄ユニット

24 膜厚測定器

26 熱処理ユニット

28 前処理ユニット

30 無電解めっきユニット

32 ダメージ層修復ユニット

34 研磨ユニット

40 基板ホルダ

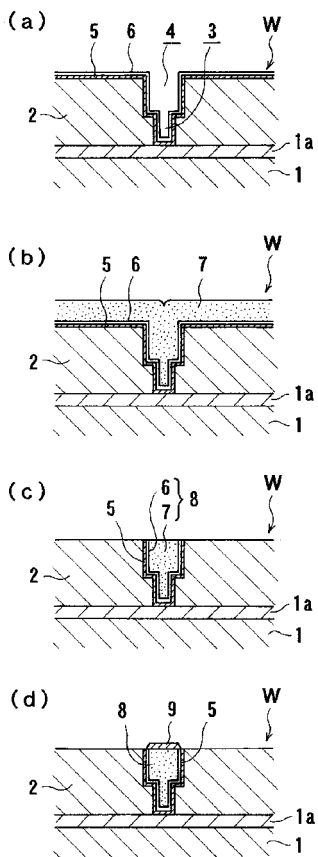
42 処理槽

44 液体噴射ノズル

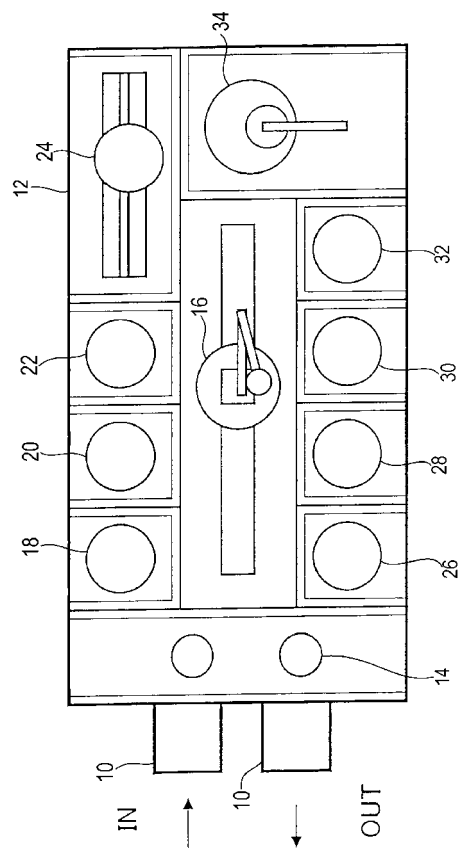
50

- 60 研磨パッド
- 62 研磨テーブル
- 64 トップリング
- 66 液体供給ノズル
- 68 ドレッサー
- 70 基板ホルダ
- 74 処理槽
- 78 カソード
- 80 アノード

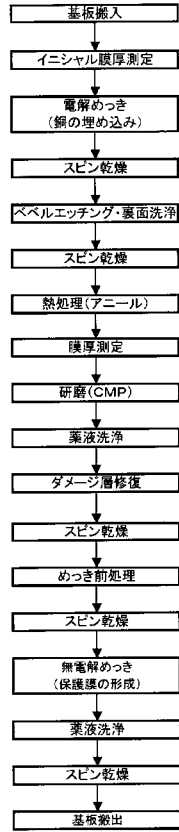
【図1】



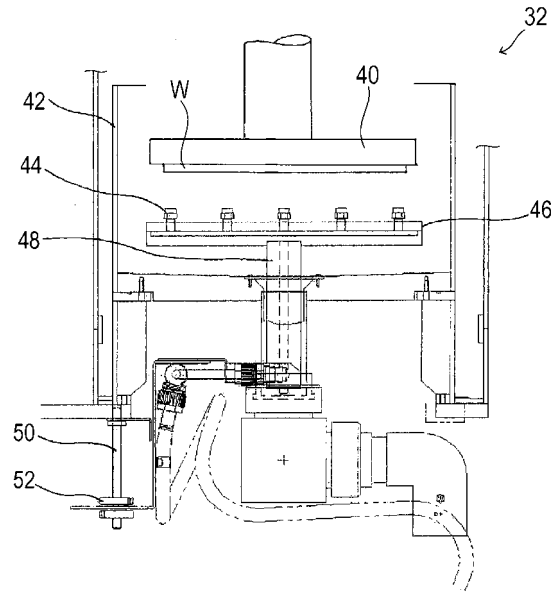
【図2】



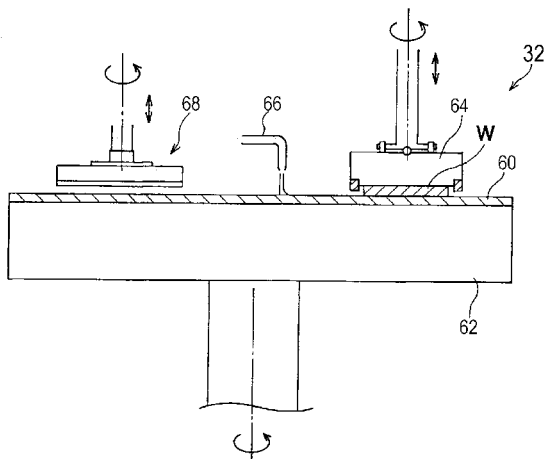
【 図 3 】



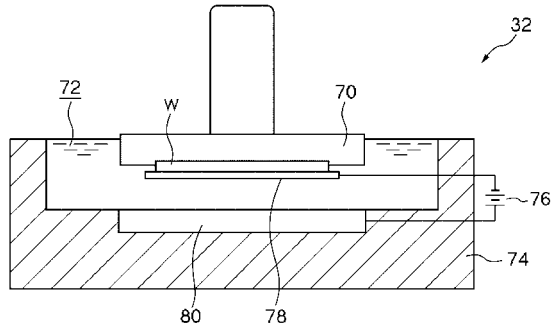
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5F033 HH11 HH15 JJ11 MM02 MM05 MM12 MM13 NN06 PP27 PP28
QQ00 QQ08 QQ09 QQ12 QQ19 QQ46 QQ48 QQ50 QQ94 XX00
XX01
5F043 AA23 BB15 DD02 FF07 GG10