

(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2004-515918

(P2004-515918A)

(43) 公表日 平成16年5月27日(2004.5.27)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/3205	H01L 21/88	4K022
B65G 49/07	B65G 49/07	4K024
C23C 18/16	C23C 18/16	4M104
C25D 5/00	C25D 5/00	5F031
C25D 5/50	C25D 5/50	5F033

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 325 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-548766 (P2002-548766)
 (86) (22) 出願日 平成13年12月4日 (2001.12.4)
 (85) 翻訳文提出日 平成14年8月2日 (2002.8.2)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2001/010590
 (87) 国際公開番号 W02002/047139
 (87) 国際公開日 平成14年6月13日 (2002.6.13)
 (31) 優先権主張番号 特願2000-403889 (P2000-403889)
 (32) 優先日 平成12年12月4日 (2000.12.4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CN, JP, KR, US

(特許庁注：以下のものは登録商標)
 テフロン

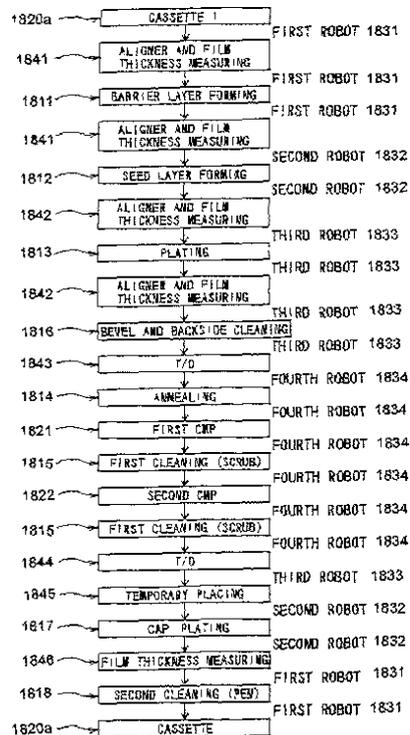
(71) 出願人 000000239
 株式会社荏原製作所
 東京都大田区羽田旭町11番1号
 (74) 代理人 100091498
 弁理士 渡邊 勇
 (74) 代理人 100092406
 弁理士 堀田 信太郎
 (74) 代理人 100093942
 弁理士 小杉 良二
 (74) 代理人 100109896
 弁理士 森 友宏
 (72) 発明者 近藤 文雄
 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社 荏原製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置及びその方法

(57) 【要約】

基板処理装置は、基板表面に銅膜を形成する複数の工程からなる。この工程は、仮想アノードによって、基板の中心部と周縁部におけるめっき膜の膜厚の差が最少となるように電磁界を調整した電解めっきによって、トレンチの内部に第1金属を埋込むとともに、基板の全表面に該第1金属からなるめっき膜を形成する工程と、基板の中心部を研磨面に押し付ける圧力と基板の周縁部を研磨面に押し付ける圧力を調整しつつ、基板を研磨面に押し付けてめっき膜を研磨除去する工程を含む。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板表面の微細なトレンチの内部に金属を埋込むにあたり、
基板上にバリア層を、該バリア層上にシード層をそれぞれ形成し、
基板を保持する第 1 基板ホルダと、めっき液を有するめっき浴と、アノードと
、電磁界を調整する仮想アノードを有する電解めっき装置を用意し、
基板を保持して該基板を基板の中心部と周縁部で異なる圧力となるように研磨面に押圧す
る第 2 基板ホルダを有する研磨装置を用意し、
バリア層とシード層を形成した基板を前記電解めっき装置に搬送し、
前記第 1 基板ホルダで基板を保持して該基板を前記めっき液中に配置し、
電磁界を発生させ、
前記仮想アノードによって、基板の中心部と周縁部におけるめっき膜の膜厚の差が最少と
なるように、前記電磁界を調整した電解めっきによって、トレンチの内部に第 1 金属を埋
込むとともに、基板の全表面に該第 1 金属からなるめっき膜を形成し、
基板を前記めっき浴から取出し、
前記電解めっき装置内で基板を洗浄し乾燥させ、
基板を前記研磨装置に搬送し、
基板を前記第 2 基板ホルダで保持し、
基板の中心部を研磨面に押し付ける圧力と基板の周縁部を研磨面に押し付ける圧力を調整
しつつ、基板を研磨面に押し付けてめっき膜を研磨除去し、
前記研磨装置内で基板を洗浄し乾燥させ、
基板を前記研磨装置から移送することを特徴とする基板処理方法。

10

20

【請求項 2】

電解めっきを施した基板をアニールする工程を更に有することを特徴とする請求項 1 記載
の基板処理方法。

【請求項 3】

前記電解めっき装置内に配置されたアニールユニットで前記アニールを行うことを特徴と
する請求項 2 記載の基板処理方法。

【請求項 4】

前記研磨後に、研磨された基板のめっき膜上に保護めっき膜を形成するために第 2 金属を
蓋めっきする工程を更に有することを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

30

【請求項 5】

前記蓋めっきを無電解めっき装置で行うことを特徴とする請求項 4 記載の基板処理方法。

【請求項 6】

前記無電解めっき装置は、前記研磨装置内に配置されていることを特徴とする請求項 5 記
載の基板処理方法。

【請求項 7】

前記蓋めっき後に、蓋めっきされた基板をアニールする工程を更に有することを特徴とす
る請求項 4 記載の基板処理方法。

【請求項 8】

前記研磨前に、基板上に成膜されためっき膜の膜厚を測定する工程を更に有することを特
徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

40

【請求項 9】

前記膜厚の測定結果を基に、前記研磨装置における基板を研磨面に押し付ける圧力の調整
を行うことを特徴とする請求項 8 記載の基板処理方法。

【請求項 10】

基板上の前記めっき膜の膜厚は、 $2\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の基板
処理方法。

【請求項 11】

基板上の前記めっき膜の膜厚は、 $1\ \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 10 記載の基

50

板処理方法。

【請求項 1 2】

基板上にバリア層を、該バリア層上にシード層をそれぞれ形成した基板を基板搬送箱の内部に入れ、

前記基板搬送箱の内部を該基板搬送箱の外部に比べて、粒子汚染物質、化学汚染物質、酸素または湿度の少なくとも一つを減少させた雰囲気として、該基板搬送箱内に収容した基板を前記電解めっき装置に搬送することを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

【請求項 1 3】

基板を前記研磨装置から移送するに先だって、基板を基板搬送箱の内部に入れ、

前記基板搬送箱の内部を該基板搬送箱の外部に比べて、粒子汚染物質、化学汚染物質、酸素または湿度の少なくとも一つを減少させた雰囲気として、該基板搬送箱内に収容した基板を前記研磨装置から移送することを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

10

【請求項 1 4】

トレンチの内部を除き基板表面にバリア層が残らないように、前記研磨装置における基板の押し付け圧力を調整することを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

【請求項 1 5】

トレンチ内に前記第 1 金属を埋込む前に、電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットにより付加金属を堆積させて、シード層を補強することを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

【請求項 1 6】

前記電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットは、前記電解めっき装置内に配置されていることを特徴とする請求項 1 5 記載の基板処理方法。

20

【請求項 1 7】

前記第 1 金属は銅であることを特徴とする請求項 1 記載の基板処理方法。

【請求項 1 8】

基板表面のトレンチの内部に金属を埋込むにあたり、

電解めっき装置を用意し、

基板を保持して該基板を基板の中心部と周縁部で異なる圧力となるように研磨面に押圧する基板ホルダを有する研磨装置を用意し、

基板上にバリア層を形成し、

30

該バリア層を有する基板を前記電解めっき装置に搬送し、

前記電解めっき装置内で基板を第 1 めっき液中に保持し、

前記第 1 めっき液を使用して前記シード層の全表面に第 1 膜を電解めっきで成膜し、

前記電解めっき装置内で基板を第 2 めっき液中に保持し、

前記第 2 めっき液を使用して前記第 1 層で覆われたトレンチの内部に金属を埋込むとともに、基板の表面に該金属からなる第 2 めっき膜を形成し、

前記電解めっき装置内で基板を洗浄し乾燥させ、

基板を前記研磨装置に搬送し、

基板を前記基板ホルダで保持し、

基板の中心部を研磨面に押し付ける圧力と基板の周縁部を研磨面に押し付ける圧力を調整しつつ、基板を研磨面に押し付けて第 2 めっき膜を研磨除去し、

40

前記研磨装置内で基板を洗浄し乾燥させ、

基板を前記研磨装置から移送することを特徴とする基板処理方法。

【請求項 1 9】

電解めっきを施した基板をアニールする工程を更に有することを特徴とする請求項 1 8 記載の基板処理方法。

【請求項 2 0】

前記電解めっき装置内に配置されたアニールユニットで前記アニールを行うことを特徴とする請求項 1 9 記載の基板処理方法。

【請求項 2 1】

50

前記研磨後に、研磨された基板のめっき膜上に保護めっき膜を形成するために第2金属を蓋めっきする工程を更に有することを特徴とする請求項18記載の基板処理方法。

【請求項22】

前記蓋めっきを無電解めっき装置で行うことを特徴とする請求項21記載の基板処理方法。

【請求項23】

前記無電解めっき装置は、前記研磨装置内に配置されていることを特徴とする請求項22記載の基板処理方法。

【請求項24】

前記蓋めっき後に、蓋めっきされた基板をアニールする工程を更に有することを特徴とする請求項21記載の基板処理方法。 10

【請求項25】

前記研磨前に、基板上に成膜されためっき膜の膜厚を測定する工程を更に有することを特徴とする請求項18記載の基板処理方法。

【請求項26】

前記膜厚の測定結果を基に、前記研磨装置における基板を研磨面に押し付ける圧力の調整を行うことを特徴とする請求項25記載の基板処理方法。

【請求項27】

基板上の前記めっき膜の膜厚は、2 μm以下であることを特徴とする請求項18記載の基板処理方法。 20

【請求項28】

基板上の前記めっき膜の膜厚は、1 μm以下であることを特徴とする請求項27記載の基板処理方法。

【請求項29】

基板上にバリア層を形成した基板を基板搬送箱の内部に入れ、前記基板搬送箱の内部を該基板搬送箱の外部に比べて、粒子汚染物質、化学汚染物質、酸素または湿度の少なくとも一つを減少させた雰囲気として、該基板搬送箱内に収容した基板を前記電解めっき装置に搬送することを特徴とする請求項18記載の基板処理方法。

【請求項30】

基板を前記研磨装置から移送するに先だって、基板を基板搬送箱の内部に入れ、前記基板搬送箱の内部を該基板搬送箱の外部に比べて、粒子汚染物質、化学汚染物質、酸素または湿度の少なくとも一つを減少させた雰囲気として、該基板搬送箱内に収容した基板を前記研磨装置から移送することを特徴とする請求項1記載の基板処理方法。 30

【請求項31】

トレンチの内部を除き基板表面にバリア層が残らないように、前記研磨装置における基板の押し付け圧力を調整することを特徴とする請求項18記載の基板処理方法。

【請求項32】

トレンチ内に前記金属を埋込む前に、電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットにより付加金属を成膜して、シード層を補強することを特徴とする請求項18記載の基板処理方法。 40

【請求項33】

前記電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットは、前記電解めっき装置内に配置されていることを特徴とする請求項32記載の基板処理方法。

【請求項34】

前記金属は銅であることを特徴とする請求項18記載の基板処理方法。

【請求項35】

基板表面のトレンチの内部に金属を埋込むにあたり、基板上にバリア層を、該バリア層上にシード層をそれぞれ形成し、基板を保持する第1基板ホルダと、めっき液を有するめっき浴と、アノードを有する電解めっき装置を用意し、

基板を保持して該基板を基板の中心部と周縁部で異なる圧力となるように研磨面に押圧する第2基板ホルダを有する研磨装置を用意し、
 バリア層とシード層を形成した基板を前記電解めっき装置に搬送し、
 電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットにより付加金属を堆積させてシード層を補強し、

前記第1基板ホルダで基板を保持して該基板をめっき液中に保持し、
 電磁界を発生させ、

電解めっきによって、トレンチの内部に第1金属を埋込むとともに、基板の全表面に該第1金属からなるめっき膜を形成し、

基板を前記めっき浴から取出し、

前記電解めっき装置内で基板を洗浄し乾燥させ、

基板を前記研磨装置に搬送し、

基板を前記第2基板ホルダで保持し、

基板を研磨面に押し付けてめっき膜を研磨除去し、

研磨された基板のめっき膜上に保護めっき膜を形成するために第2金属を蓋めっきし、

基板を洗浄し乾燥させることを特徴とする基板処理方法。

【請求項36】

電解めっきを施した基板をアニールする工程を更に有することを特徴とする請求項35記載の基板処理方法。

【請求項37】

前記蓋めっき後に、蓋めっきされた基板をアニールする工程を更に有することを特徴とする請求項35記載の基板処理方法。

【請求項38】

前記第1金属は銅であることを特徴とする請求項35記載の基板処理方法。

【請求項39】

基板表面のトレンチの内部に金属を埋込むにあたり、

めっき装置を用意し、

基板を保持して該基板を基板の中心部と周縁部で異なる圧力となるように研磨面に押圧する基板ホルダを有する研磨装置を用意し、

基板上にバリア層と形成し、

該バリア層を有する基板を前記めっき装置に搬送し、

前記めっき装置内で基板を第1めっき液中に保持し、

前記第1めっき液を使用して前記シード層の全表面に第1膜を無電解めっきで成膜し、

前記めっき装置内で基板を第2めっき液中に保持し、

基板とアノードとの間に電磁界を発生させ、

前記第2めっき液を使用して前記第1層で覆われたトレンチの内部に金属を埋込むとともに、基板の表面に該金属からなる第2めっき膜を形成し、

前記めっき装置内で基板を洗浄し乾燥させ、

基板を前記研磨装置に搬送し、

基板を前記第2基板ホルダで保持し、

基板の中心部を研磨面に押し付ける圧力と基板の周縁部を研磨面に押し付ける圧力を調整しつつ、基板を研磨面に押し付けて第2めっき膜を研磨除去し、

前記研磨装置内で基板を洗浄し乾燥させ、

基板を前記研磨装置から移送することを特徴とする基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

技術分野

本発明は、基板処理方法に関し、特に半導体基板の表面に形成した微細凹みの内部に銅を埋め込んで銅配線パターンを形成するのに使用される基板処理方法に関する。

【0002】

10

20

30

40

50

背景技術

近年、半導体チップの高速化、高集積化に伴い、半導体基板上に配線回路を形成するための金属材料として、アルミニウムまたはアルミニウム合金に代えて、電気抵抗率が低くエレクトロマイグレーション耐性が高い銅(Cu)を用いる動きが顕著になっている。この種の銅配線は、基板の表面に設けた微細凹みの内部に銅を埋込むことによって一般に形成される。この銅配線を形成する方法としては、CVD、スパッタリング及びめっきといった手法がある。

【0003】

図62A乃至図62Cは、銅めっきによって銅配線を形成する例を工程順に示す。まず、図62A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SiO₂からなる絶縁膜2を堆積する。リソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール3と配線用のトレンチ4を形成する。そのコンタクトホール3とトレンチ4の上にTa₂N₅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銅シード層7を形成する。

10

【0004】

そして、図62Bに示すように、半導体基板Wの表面に銅めっきを施すことで、半導体基材1のコンタクトホール3及びトレンチ4の内部に銅を充填させるとともに、絶縁膜2上に銅層6を堆積させる。その後、化学的機械的研磨(CMP)により、絶縁膜2上の銅層6とバリア層5を除去して、コンタクトホール3および配線用のトレンチ4内に充填させた銅層6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62Cに示すように銅層6からなる配線が形成される。

20

【0005】

図63は、この一連の配線形成処理をクリーンルーム内で行う基板処理装置の全体構成を示す。クリーンルーム内には、絶縁膜形成装置10、リソグラフィ・エッチング装置12、バリア層形成装置14、銅シード層形成装置16、銅めっき装置18及びCMP装置20が配置されている。そして、絶縁膜形成装置10で絶縁膜2を形成した基板Wを基板カセット22に収納して、次工程であるリソグラフィ・エッチング装置12に搬送する。このリソグラフィ・エッチング装置12でコンタクトホール3と配線用のトレンチ4を形成した基板Wを基板カセット22に収納して次工程であるバリア層形成装置14に搬送する。このように、各装置で処理を施した基板Wを基板カセット22に収納して次工程に搬送することで、一連の配線形成処理を順次行うようにしていた。

30

【0006】

図64は、この種の銅めっきに使用される銅めっき装置の従来の一般的な構成を概略的に示すものである。このめっき装置は、上方に開口し内部にめっき液600を保持する円筒状のめっき槽602と、半導体ウエハ等の基板Wを着脱自在に下向きに保持して該基板Wを前記めっき槽602の上端開口部を塞ぐ位置に配置する回転自在な基板保持部604とを有している。めっき槽602の内部にはめっき液600中に浸漬されて陽極電極となる平板状の陽極板(アノード)606が水平に配置され、前記基板Wのシード層が陰極電極となるようになっている。この陽極板606は、銅の板あるいは、銅の球の集合体よりなる。

40

【0007】

めっき槽602の底部中央には、内部にポンプ608を設置しためっき液供給管610が接続されている。めっき槽602の外側には、めっき液受け612が配置されている。更に、このめっき液受け612内に流入しためっき液は、めっき液戻り管614からポンプ608に戻されるようになっている。

【0008】

これにより、めっき槽602の上部に基板Wを基板保持部604で下向きに保持して配置した状態で回転させる。そして、陽極板606(陽極電極)と基板Wのシード層(陰極電極)の間に所定の電圧を印加しつつ、ポンプ608を駆動してめっき液600をめっき槽602内に導入することで、陽極板606と基板Wのシード層の間にめっき電流を流して

50

、基板Wの下面に銅めっき膜を形成する。この時、めっき槽602をオーバーフローしためっき液600は、めっき液受け612で回収されて循環する。

【0009】

銅は、半導体製造工程においてシリコン酸化膜中に容易に拡散し、その絶縁性を劣化させる等の問題があり、基板の搬送、保管・処理の工程において、クロスコンタミネーションの原因ともなる。また、クリーンルーム内を汚染するおそれもある。

【0010】

つまり、従来例にあっては、銅シード層を形成した基板は、基板カセットに入れられて銅めっき装置に搬送され、この銅めっき装置で銅層を形成した基板は、基板カセットに入れられてCMP装置に搬送されていた。このため、非常に活性で、他のプロセスに有害である、基板に付着した銅粒子や銅イオンがクリーンルーム内に拡散するおそれがあった。

10

【0011】

電解銅めっき装置を使用して基板の表面に銅めっき膜を堆積させると、基板表面に形成した銅シード層の電気抵抗の関係で、基板のシード層中央部とアノードとの間の電圧と、基板のシード層周辺部とアノードとの間の電圧に差が生じてしまう。このため、基板の周辺部における銅めっき膜の膜厚が基板の中央における銅めっき膜の膜厚より厚くなる現象が生じる。

【0012】

基板の周辺部における膜厚が中心部より厚い銅めっき膜を研磨装置で研磨すると、基板の周辺部に銅めっき膜が研磨されずに残ったり、中央部の銅めっき膜が削れすぎてしまう、いわゆるディッシングという現象が生じたりしてしまう。

20

【0013】

アノードと基板との距離を十分に長くして、めっき液自体の電気抵抗を高くすることことで、銅シード層の電気抵抗の影響を小さくすることができる。この方法では、銅めっき膜の膜厚をより均一化することができるものの、装置の大型化に繋がってしまう。

【0014】

発明の開示

本発明は上記に鑑みて為されたもので、基板の表面に銅めっき膜をより均一に堆積させ、余分な銅めっき膜を、削り残しやディッシングを生じさせることなく研磨除去でき、更には基板の表面に形成した銅シード層や銅層等の銅膜によって、クリーンルーム内が有害な銅で汚染されてしまうことを防止することができるようにした基板処理方法を提供することを目的とする。

30

【0015】

本発明の1態様によれば、基板表面の微細なトレンチの内部に金属を埋込むにあたり、基板上にバリア層を、該バリア層上にシード層をそれぞれ形成し、基板を保持する第1基板ホルダと、めっき液を有するめっき浴と、アノードと、電磁界を調整する仮想アノードを有する電解めっき装置を用意し、基板を保持して該基板を基板の中心部と周縁部で異なる圧力となるように研磨面に押圧する第2基板ホルダを有する研磨装置を用意し、バリア層とシード層を形成した基板を前記電解めっき装置に搬送し、前記第1基板ホルダで基板を保持して該基板を前記めっき液中に配置し、電磁界を発生させ、前記仮想アノードによって、基板の中心部と周縁部におけるめっき膜の膜厚の差が最少となるように、前記電磁界を調整した電解めっきによって、トレンチの内部に第1金属を埋込むとともに、基板の全表面に該第1金属からなるめっき膜を形成し、基板を前記めっき浴から取出し、前記電解めっき装置内で基板を洗浄し乾燥させ、基板を前記研磨装置に搬送し、基板を前記第2基板ホルダで保持し、基板の中心部を研磨面に押し付ける圧力と基板の周縁部を研磨面に押し付ける圧力を調整しつつ、基板を研磨面に押し付けてめっき膜を研磨除去し、前記研磨装置内で基板を洗浄し乾燥させ、基板を前記研磨装置から移送することを特徴とする基板処理方法が提供できる。

40

【0016】

本発明の他の態様によれば、基板表面のトレンチの内部に金属を埋込むにあたり、電解め

50

つき装置を用意し、基板を保持して該基板を基板の中心部と周縁部で異なる圧力となるように研磨面に押圧する基板ホルダを有する研磨装置を用意し、基板上にバリア層と形成し、該バリア層を有する基板を前記電解めっき装置に搬送し、前記電解めっき装置内で基板を第1めっき液中に保持し、前記第1めっき液を使用して前記シード層の全表面に第1膜を電解めっきで成膜し、前記電解めっき装置内で基板を第2めっき液中に保持し、前記第2めっき液を使用して前記第1層で覆われたトレンチの内部に金属を埋込むとともに、基板の表面に該金属からなる第2めっき膜を形成し、前記電解めっき装置内で基板を洗浄し乾燥させ、基板を前記研磨装置に搬送し、基板を前記基板ホルダで保持し、基板の中心部を研磨面に押し付ける圧力と基板の周縁部を研磨面に押し付ける圧力を調整しつつ、基板を研磨面に押し付けて第2めっき膜を研磨除去し、前記研磨装置内で基板を洗浄し乾燥させ、基板を前記研磨装置から移送することを特徴とする基板処理方法が提供できる。

10

【0017】

本発明の更に他の態様によれば、基板表面のトレンチの内部に金属を埋込むにあたり、基板上にバリア層を、該バリア層上にシード層をそれぞれ形成し、基板を保持する第1基板ホルダと、めっき液を有するめっき浴と、アノードを有する電解めっき装置を用意し、基板を保持して該基板を基板の中心部と周縁部で異なる圧力となるように研磨面に押圧する第2基板ホルダを有する研磨装置を用意し、バリア層とシード層を形成した基板を前記電解めっき装置に搬送し、電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットにより付加金属を堆積させてシード層を補強し、前記第1基板ホルダで基板を保持して該基板をめっき液中に保持し、電磁界を発生させ、電解めっきによって、トレンチの内部に第1金属を埋込むとともに、基板の全表面に該第1金属からなるめっき膜を形成し、基板を前記めっき浴から取出し、前記電解めっき装置内で基板を洗浄し乾燥させ、基板を前記研磨装置に搬送し、基板を前記第2基板ホルダで保持し、基板を研磨面に押し付けてめっき膜を研磨除去し、研磨された基板のめっき膜上に保護めっき膜を形成するために第2金属を蓋めっきし、基板を洗浄し乾燥させることを特徴とする基板処理方法が提供できる。

20

【0018】

本発明の更に他の態様によれば、基板表面のトレンチの内部に金属を埋込むにあたり、めっき装置を用意し、基板を保持して該基板を基板の中心部と周縁部で異なる圧力となるように研磨面に押圧する基板ホルダを有する研磨装置を用意し、基板上にバリア層と形成し、該バリア層を有する基板を前記めっき装置に搬送し、前記めっき装置内で基板を第1め

30

【0019】

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明するが、本発明を限定するものではない。

図1は、本発明の実施の形態の基板処理装置の全体構成を示す。クリーンルーム内に位置して、絶縁膜形成装置10、リソグラフィ・エッチング装置12、バリア層形成装置14、銅シード層形成装置16、銅めっき装置18及びCMP装置20が配置されている。そして、基板Wの表面に、図62Aに示すように、絶縁膜形成装置10で絶縁膜2を、リソグラフィ・エッチング装置12でコンタクトホール3と配線用のトレンチ4を、バリア層形成装置14でバリア層5を、銅シード層形成装置16で銅シード層7を順次形成する。そして、銅めっき装置18で、図62Bに示すように、基板Wの表面に銅めっきを施して

40

50

銅層 6 を形成する。しかる後、CMP 装置 20 で基板 W の表面に化学機械的研磨を施して、図 62C に示す銅層 6 からなる配線を形成する。

【0020】

基板 W の表面に銅シード層 7 を形成する銅シード層形成装置 16、基板 W の表面に銅めっきを施して銅層 6 を形成する銅めっき装置 18 及び銅層 6 が露出して基板 W を処理する CMP 装置 20 は、クリーンルーム内において、隔壁で仕切られ、クリーンルームから隔離されている。表面に銅シード層 7 または銅層 6 が露出している基板 W は、基板カセット 22 に収納される。基板カセット 22 は基板搬送箱 24 の内部に入れられ、基板 W は密閉された状態で基板カセット 22 ごと基板搬送箱 24 で次工程に搬送される。つまり、銅シード層形成装置 16 から銅めっき装置 18 への基板 W の搬送、銅めっき装置 18 から CMP 装置 20 への基板 W の搬送、並びに CMP 装置 20 からの基板 W の搬送は、これらの基板 W を基板カセット 22 内に収納し、この基板カセット 22 を基板搬送箱 24 の中に入れて密閉した状態で行われる。すなわち、これらの搬送は、基板 W がクリーンルームから隔離された状態で行われる。

10

【0021】

図 2 は、銅めっき装置 18 の全体構成を示す。このめっき装置 18 は、隔壁で仕切られた矩形の設備 26 内に配置されて、半導体基板の銅めっきを連続的に行うように構成されている。この設備 26 は、仕切壁 28 によってめっき空間 30 と清浄空間 32 に仕切られ、これらの各めっき空間 30 と清浄空間 32 は、それぞれ独自に給排気できるようになっている。仕切壁 28 には、開閉自在なシャッタ（図示せず）が設けられている。清浄空間 32 の圧力は、大気圧より低く、且つめっき空間 30 の圧力よりも高い。これにより、清浄空間 32 内の空気が設備 26 の外部のクリーンルーム内に流出することがなく、且つめっき空間 30 内の空気が清浄空間 32 内に流入することがない。

20

【0022】

清浄空間 32 内には、基板カセット 22 を内部に収納した基板搬送箱 24 を収容するロード・アンロード部 35 と、めっき処理後の基板を純水で洗浄（リンス）し乾燥する 2 基の洗浄・乾燥装置 27 が配置されている。更に、基板の搬送を行う固定タイプで回転自在な第 1 搬送装置（4 軸口ポット）29 が備えられている。この洗浄・乾燥装置 27 は、例えば、基板の表裏両面に超純水を供給する洗浄液供給ノズルを有し、基板を高速でスピンさせて脱水、乾燥させる形式のものが用いられる。

30

【0023】

めっき空間 30 内には、基板のめっきの前処理を行い、前処理後の基板を反転機 31 で反転させる 2 基の前処理ユニット 33 と、基板の表面に該表面を下向きにして銅めっき処理を施す 4 基のめっき処理ユニット 34 と、基板を載置保持する 2 基の第 1 基板ステージ 36a、36b が配置されている。更に、基板の搬送を行う自走タイプで回転自在な第 2 搬送装置（4 軸口ポット）38 が備えられている。

【0024】

清浄空間 32 内に位置して、めっき後の基板を酸溶液、酸化剤溶液などの薬液で洗浄する 2 基の基板洗浄装置 40 と、この基板洗浄装置 40 と洗浄・乾燥装置 27 との間に位置する第 2 基板ステージ 42a、42b が配置されている。2 基の基板洗浄装置 40 に挟まれた位置に、基板の搬送を行う固定タイプで回転自在な第 3 搬送装置（4 軸口ポット）44 が備えられている。

40

一方の第 1 基板ステージ 36b 及び一方の第 2 基板ステージ 42b は、基板を水洗い可能に構成されているとともに、基板を反転させる反転機 31 がそれぞれ備えられている。

【0025】

第 1 搬送装置 29 は、ロード・アンロード部 35 に載置収容された基板カセット 22、洗浄・乾燥装置 27 及び第 2 基板ステージ 42a、42b 間で基板を搬送する。第 2 搬送装置 38 は、第 1 基板ステージ 36a、36b、前処理ユニット 33 及びめっき処理ユニット 34 間で基板を搬送する。第 3 搬送装置 44 は、第 1 基板ステージ 36a、36b、基板洗浄装置 40 及び第 2 基板ステージ 42a、42b 間で基板を搬送する。

50

【0026】

設備26の内部には、第1基板ステージ36aの下方に位置して、調整運転用基板を収納する容器46が内蔵されている。第2搬送装置38は、調整運転用基板を容器46から取出し、調整運転終了後に再び容器46に戻すようになっている。このように、調整運転用基板を収容する容器46を設備26の内部に内蔵することで、調整運転の際に調整運転用基板を外部から導入することに伴う汚染やスループットの低下を防止することができる。

【0027】

なお、容器46の配置位置は、いずれかの搬送装置で調整運転用基板の取出し及び収納が可能な位置であれば、設備26内の何処でも良い。容器46を第1基板ステージ36aの近傍に配置することで、調整運転用基板を使用した調整運転を前処理からめっき処理と始め、洗浄し乾燥させた後に容器46内に収容することができる。

10

【0028】

基板に対するめっきの濡れ性を良くする前処理を施す前処理ユニットを省略することもできる。また、めっきを施す前に基板に形成した銅シード層を補強するためのプレプレーティングを行うためのプレプレーティングユニットをめっきユニットの1つに代えて、または、前処理ユニットの1つに代えて設置することもできる。この場合には、前処理ユニットの代わりに、プレプレーティングとめっきの間に、及び/または、めっき後に水洗が行われるための水洗ユニットが設置される。

【0029】

ここで、搬送装置29として、落とし込みタイプの2本のハンドを有し、上側をドライハンド、下側をウェットハンドとしたものを使用している。搬送装置38、44として、落とし込みタイプの2本のハンドを有し、双方をウェットハンドとしたものを使用している。しかし、これらの搬送装置に限定されないことは勿論である。

20

【0030】

次に、このめっき装置18における基板の流れの概要を説明する。基板は、その表面(素子形成面、処理面)を上に向けて基板カセット22内に収納され、基板カセット22は、基板搬送箱24に収容されている。この状態で、基板は、ロード・アンロード部35に搬送され収容される。第1搬送装置29は、基板を基板カセット22から取出し、これを第2基板ステージ42a上に移動させて該第2基板ステージ42a上に載置する。第3搬送装置44は、第2基板ステージ42a上にあった基板を第1基板ステージ36aに移す。次に、第2搬送装置38は、第1基板ステージ36aから基板を受け取って前処理ユニット33に渡す。前処理ユニット33での前処理終了後、反転機31は、基板を該基板の表面が下に向くように反転させる。反転後の基板は、再び第2搬送装置38に渡される。第2搬送装置38は、基板をめっき処理ユニット34のヘッド部に渡す。

30

【0031】

めっき処理ユニット34で基板のめっき処理及び液切りを行った後、基板を第2搬送装置38に渡し、第2搬送装置38は基板を第1基板ステージ36bへ渡す。基板は、第1基板ステージ36bの反転機31によって、表面が上に向くように反転させられる。反転させられた状態で、基板は、第3搬送装置44によって基板洗浄装置40に移される。基板洗浄装置40において薬液洗浄、純水リンス、スピン液切りされた基板は、第3搬送装置44により第1基板ステージ42bへ運ばれる。次に、第1搬送装置29が第1基板ステージ42bから基板を受取り、洗浄・乾燥装置27に基板を移送し、洗浄・乾燥装置27で純水によるリンスとスピン乾燥を行う。乾燥された基板は、第1搬送装置29によりロード・アンロード部35に搬送された基板搬送箱24の内部の基板カセット22内に搬送されて戻される。

40

【0032】

ここで、前処理ユニットでの前処理を省略することもできる。プレプレーティングユニットを設置した場合は、基板カセットから取出された基板は、プレプレーティングユニットでプレプレーティングを施され、水洗工程を経て、または、水洗工程を経ずに、めっき処理ユニットでめっき処理が施される。めっき後に水洗工程を経て、または水洗工程を経ず

50

に、第1の洗浄装置に搬送される。

【0033】

図3は、ロード・アンロード部35を示す図である。このロード・アンロード部35には、内部に基板カセット22を収納した基板搬送箱24を載置するステージ50が備えられている。基板搬送箱24がステージ50の昇降台52上に載置されると、昇降台52と基板搬送箱24の底板24aは互いにロックされる。この底板24aは、基板搬送箱24の底部に該底部開口部を密閉するように取付けられている。しかし、昇降台52と底板24aがロックされると同時にステージ50と基板搬送箱24とが密着し、底板24aは基板搬送箱24から解放されて自由な状態となる。

【0034】

昇降台52は昇降機構54に連結され、基板カセット22を載せた底板24aは、基板搬送箱24から解放されて自由な状態となると昇降台52と一体となって昇降する。昇降台52と底板24aがロックされたことを確認すると、昇降台52は下降して、基板カセット22を載せた底板24aは下方に移動し、これによって、基板カセット22から基板Wの取出しが可能となる。

【0035】

図4は、めっき処理ユニット34を示すもので、これは、略円筒状で内部にめっき液60を収容するめっき処理槽62と、このめっき処理槽62の上方に配置されて基板Wを保持するヘッド部64とから主に構成されている。なお、図4は、ヘッド部64で基板Wを保持してめっき液60の液面を上昇させためっき位置にある時の状態を示している。

【0036】

めっき処理槽62には、上方に開放し、アノード66を底部に配置しためっき室68と、このめっき室68内にめっき液60を保有するめっき槽70が備えられている。めっき槽70の内周壁には、めっき室68の中心に向かって水平に突出するめっき液噴出ノズル72が円周方向に沿って等間隔で配置されている。これらのめっき液噴出ノズル72は、めっき槽70の内部を上下に延びるめっき液供給路に連通している。

【0037】

めっき室68内のアノード66の上方位置に、例えば3mm程度の多数の穴を設けたパンチプレート74が配置され、これによって、アノード66の表面に形成されたブラックフィルムがめっき液60によって巻き上げられ、流れ出すことを防止するようになっている。

【0038】

めっき槽70には、めっき室68内のめっき液60を該めっき室68の底部周縁から引抜く第1めっき液排出口76と、めっき槽70の上端部に設けた堰部材78をオーバーフローしためっき液60を排出する第2めっき液排出口80と、この堰部材78をオーバーフローする前のめっき液を排出する第3めっき液排出口82が設けられている。第2めっき液排出口80と第3めっき液排出口82を流れるめっき液は、めっき槽70の下端部で一緒になって排出される。

【0039】

これによって、めっき処理時にあって、供給めっき量が多い時には、めっき液を第3めっき液排出口82から外部に排出し、同時に、堰部材78をオーバーフローさせて第2めっき液排出口80からも外部に排出する。めっき処理時にあって、供給めっき量が少ない時には、めっき液を第3めっき液排出口82から外部に排出し、同時に、堰部材78に設けた開口(図示せず)を通過させて第2めっき液排出口80からも外部に排出する。これによって、めっき量の大小に容易に対処できるようになっている。

【0040】

また、めっき室68の内部の周辺近傍に位置して、鉛直整流リング84と水平整流リング86が該水平整流リング86の外周端をめっき槽70に固着して配置されている。これらの鉛直整流リング84と水平整流リング86は、めっき室68内のめっき液60の上下に分かれた上方の流れでめっき液面の中央部を上方に押し上げ、下方の流れをスムーズにする

10

20

30

40

50

とともに、電流密度の分布をより均一にする。

【0041】

ヘッド部64には、回転自在な下方に開口した有底円筒状で周壁に開口88を有するハウジング90と、下端に押圧リング92を取付けた上下動自在な押圧ロッド94が備えられている。

ハウジング90は、モータ96の出力軸98に連結されて、モータ96の駆動によって回転するように構成されている。押圧ロッド94は、モータ96を囲繞する支持体100に固着したガイド付きシリンダ102の作動によって上下動するスライダ104の下端にベアリング106を介して回転自在に支承したリング状の支持枠108の円周方向に沿った所定位置に垂設されている。これによって、押圧ロッド94は、シリンダ102の作動によって上下動し、しかも基板Wを保持した時にハウジング90と一体に回転するようになっている。

10

【0042】

支持体100は、モータ110の駆動に伴って回転するボールねじ112と螺合して上下動するスライドベース114に取付けられている。更に、支持体100は、上部ハウジング116で囲繞されて、モータ110の駆動に伴って、上部ハウジング116と共に上下動するようになっている。また、めっき槽70の上面には、めっき処理時にハウジング90の周囲を囲繞する下部ハウジング118が取付けられている。

【0043】

図84乃至図93に、他の例のめっきユニット2012を示す。このめっきユニット2012には、図84に示すように、めっき処理及びその付帯処理を行う基板処理部2020が備えられている。この基板処理部2020に隣接して、めっき液を溜めるめっき液トレイ2022が配置されている。回転軸2024を中心に揺動する揺動アーム2026の先端に保持されて基板処理部2020とめっき液トレイ2022との間を揺動する電極部2028を有する電極アーム部2030が備えられている。更に、基板処理部2020の側方に位置して、プレコート・回収アーム2032と、純水やイオン水等の薬液、更には気体等を基板に向けて噴射する固定ノズル2034が配置されている。この実施の形態においては、3個の固定ノズル2034が備えられ、その内の1個を純水の供給用に用いている。

20

【0044】

前記基板処理部2020には、図85及び図86に示すように、被めっき面を上向きにして基板Wを保持する基板保持部2036と、この基板保持部2036の上方に該基板保持部2036の周縁部を囲繞するように配置されたカソード部2038が備えられている。更に、基板保持部2036の周囲を囲繞して処理中に用いる各種薬液の飛散を防止する有底略円筒状のカップ2040が、エアシリンダ2042を介して上下動自在に配置されている。

30

【0045】

ここで、基板保持部2036は、エアシリンダ2044によって、下方の基板受渡し位置Aと、上方のめっき位置Bと、これらの中間の前処理・洗浄位置Cとの間を昇降するように構成されている。更に、基板保持部2036は、回転モータ2046及びベルト2048を介して、任意の加速度及び速度で前記カソード部2038と一体に回転するように構成されている。この基板受渡し位置Aに対向して、めっきユニット2012のフレーム側面には、基板搬出入口(図示せず)が設けられている。基板保持部2036がめっき位置Bまで上昇した時に、基板保持部2036で保持された基板Wの周縁部に下記のカソード部2038のシール材2090とカソード部2038が当接するようになっている。一方、前記カップ2040は、その上端が基板搬出入口の下方に位置し、図86に仮想線で示すように、上昇した時に基板搬出入口を塞いでカソード部2038の上方に達するようになっている。

40

【0046】

めっき液トレイ2022は、めっきを実施していない時に、電極アーム部2030の下記

50

のめっき液含浸材 2 1 1 0 及びアノード 2 0 9 8 をめっき液で湿潤させるためのものである。

【 0 0 4 7 】

基板保持部 2 0 3 6 は、図 8 7 に示すように、円板状のステージ 2 0 6 8 を備え、このステージ 2 0 6 8 の周縁部の円周方向に沿った 6 力所に、上面に基板 W を水平に載置して保持する支持腕 2 0 7 0 が立設されている。この支持腕 2 0 7 0 の上端には、回動して基板 W をこの上方から下方に押付けて把持するチャック爪 2 0 7 6 が回動自在に支承されている。

【 0 0 4 8 】

チャック爪 2 0 7 6 の下端は、コイルばね 2 0 7 8 を介して下方に付勢した押圧棒 2 0 8 0 の上端に連結されている。この押圧棒 2 0 8 0 が下動した時、チャック爪 2 0 7 6 は内方に回動して閉じる。ステージ 2 0 6 8 の下方には、押圧棒 2 0 8 0 に下面に当接してこれを上方に押し上げる支持板 2 0 8 2 が配置されている。

【 0 0 4 9 】

基板保持部 2 0 3 6 が図 8 5 に示す基板受渡し位置 A に位置する時、押圧棒 2 0 8 0 は支持板 2 0 8 2 に当接し上方に押し上げられて、チャック爪 2 0 7 6 が外方に回動して開く。ステージ 2 0 6 8 を上昇させると、押圧棒 2 0 8 0 がコイルばね 2 0 7 8 の弾性力で下降し、チャック爪 2 0 7 6 が内方に回転して閉じる。

【 0 0 5 0 】

カソード部 2 0 3 8 は、図 8 8 に示すように、支持板 2 0 8 2 (図 8 7 参照) の周縁部に立設した支柱 2 0 8 4 の上端に固着した環状の枠体 2 0 8 6 と、この枠体 2 0 8 6 の下面に内方に突出させて取付けたカソード電極 2 0 8 8 と、このカソード電極 2 0 8 8 の上方を覆うように枠体 2 0 8 6 の上面に取付けた環状のシール材 2 0 9 0 とを有している。このシール材 2 0 9 0 は、その内周縁部が内方に向け下方に傾斜し、かつ徐々に薄肉となつて、内周端部が下方に垂下するように構成されている。

【 0 0 5 1 】

図 8 6 に示すように、基板保持部 2 0 3 6 がめっき位置 B まで上昇した時に、この基板保持部 2 0 3 6 で保持した基板 W の周縁部にカソード電極 2 0 8 8 が押付けられて通電する。同時に、シール材 2 0 9 0 の内周端部が基板 W の周縁部上面に圧接して、ここを水密的にシールする。この結果、基板の上面 (被めっき面) に供給されためっき液が基板 W の端部から染み出すのが防止されるとともに、めっき液がカソード電極 2 0 8 8 を汚染することが防止される。

【 0 0 5 2 】

電極アーム部 2 0 3 0 の電極部 2 0 2 8 は、図 8 9 乃至図 9 3 に示すように、揺動アーム 2 0 2 6 の自由端にボールベアリング 2 0 9 2 を介して連結したハウジング 2 0 9 4 と、このハウジング 2 0 9 4 の周囲を圍繞する中空の支持枠 2 0 9 6 と、ハウジング 2 0 9 4 と支持枠 2 0 9 6 で周縁部を狭持して固定したアノード 2 0 9 8 とを有している。このアノード 2 0 9 8 は、ハウジング 2 0 9 4 の開口部を覆って、ハウジング 2 0 9 4 の内部に吸引室 2 1 0 0 が形成されている。この吸引室 2 1 0 0 の内部には、めっき液供給設備 (図示せず) から延びるめっき液供給管 2 1 0 2 に接続され直径方向に延びるめっき液導入管 2 1 0 4 がアノード 2 0 9 8 の上面に当接して配置されている。ハウジング 2 0 9 4 には、吸引室 2 1 0 0 に連通するめっき液排出管 2 1 0 6 が接続されている。

【 0 0 5 3 】

めっき液導入管 2 1 0 4 は、該めっき液導入管 2 1 0 4 をマニホールド構造とすると被めっき面に均一なめっき液を供給するのに有効である。即ち、めっき液導入管 2 1 0 4 は、その長手方向に連続して延びるめっき液導入路 2 1 0 4 a と該導入路 2 1 0 4 a に沿った所定のピッチで、下方に連通する複数のめっき液導入口 2 1 0 4 b が設けられている。アノード 2 0 9 8 の該めっき液導入口 2 1 0 4 b に対応する位置に、めっき液供給口 2 0 9 8 a が設けられている。アノード 2 0 9 8 には、その全面に亘って上下に連通する多数の通孔 2 0 9 8 b が設けられている。これにより、めっき液供給管 2 1 0 2 からめっき液導

入管 2104 に導入されためっき液は、めっき液導入口 2104b 及びめっき液供給口 2098a からアノード 2098 の下方に達する。アノード 2098 をめっき液中に浸した状態で、めっき液排出管 2106 を吸引することで、アノード 2098 の下方のめっき液は、通孔 2098b から吸引室 2100 を通過して該めっき液排出管 2106 から排出される。

【0054】

この実施の形態にあつては、アノード 2098 の下面に該アノード 2098 の全面を覆う保水性材料からなるめっき液含浸材 2110 を取付けている。このめっき液含浸材 2110 にめっき液を含ませて、アノード 2098 の表面を湿潤させることで、ブラックフィルムの基板の被めっき面への乾燥による脱落及び酸化を防止し、同時に基板の被めっき面とアノード 2098 との間にめっき液を注入する際に、空気を外部に抜きやすくしている。

10

【0055】

このめっき液含浸材 2110 は、保水性と透過性を有し、耐薬品性に優れたものである。特に、めっき液含浸材 2110 は、高濃度の硫酸を含む酸性めっき液に対して耐久性を有している。めっき液含浸材 2110 は、硫酸溶液中での不純物の溶出がめっき性能（成膜速度、比抵抗、パターン埋込み性）に悪影響を及ぼさないよう、例えばポリプロピレン製の繊維からなる織布で構成されている。なお、めっき液含浸材 2110 の材料としては、ポリプロピレンの他にポリエチレン、ポリエステル、ポリ塩化ビニル、テフロン、ポリビニルアルコール、ポリウレタン及びこれらの誘導体が挙げられ、また織布の代わりに不織布またはスポンジ状の構造体であっても良い。また、アルミナや SiC からなるポーラスセラミックス、焼結ポリプロピレンなども有効である。

20

【0056】

下端に頭部を有する多数の固定ピン 2112 を、この頭部をめっき液含浸材 2110 の内部に上方に脱出不能に収納し軸部をアノード 2098 の内部を貫通させて配置し、この固定ピン 2112 を U 字状の板ばね 2114 を介して上方に付勢させることで、アノード 2098 の下面にめっき液含浸材 2110 を板ばね 2114 の弾性力を介して密着させて取付けている。このように構成することにより、めっきの進行に伴って、アノード 2098 の肉厚が徐々に薄くなっても、アノード 2098 の下面にめっき液含浸材 2110 を確実に密着させることができる。従って、アノード 2098 の下面とめっき液含浸材 2110 との間に空気が混入してめっき不良の原因となることが防止される。

30

めっき液含浸材 2110 がポーラスセラミックスのように十分な剛性を有する場合は、めっき含浸材を固定するピンなどは必要なく、めっき液含浸材上にアノードを載置するのみでも良い。

【0057】

電極部 2028 は、基板保持部 2036 がめっき位置 B（図 86 参照）にある時に、基板保持部 2036 で保持された基板 W とめっき液含浸材 2110 との隙間が、例えば 0.5 ~ 3 mm 程度となるまで下降する。この状態で、めっき液供給管 2102 からめっき液を供給して、めっき液含浸材 2110 にめっき液を含ませながら、基板 W の上面（被めっき面）とアノード 2098 との間にめっき液を満たして、これによって、基板 W の被めっき面にめっきが施される。

40

【0058】

図 5 は、基板洗浄装置 40 の概略図である。図 5 に示すように、表面の周縁部を除く領域に回路を形成した半導体ウエハ等の基板 W は、その周縁部の円周方向に沿った複数箇所ですピンチャック 120 で把持されて基板保持部 122 に水平に保持される。これにより、基板 W は、高速で水平回転するようになっている。なお、保持機構により基板を垂直に保持するようにしても良いが、ここでは水平に保持した場合について説明する。この基板保持部 122 で保持された基板 W の表面側のほぼ中央部の上方に位置してセンタノズル 124 が、周縁部の上方に位置してエッジノズル 126 がそれぞれ下向きで配置されている。更に、基板 W の裏面側のほぼ中央部の下方に位置して、2 個のバックノズル 128, 130 がそれぞれ上向きで配置されている。基板の周縁部とは、基板の周縁で回路が形成され

50

ていない領域、または基板の周縁で、回路が形成されていても最終的にチップとして使用されない領域をいう。センタノズル124は、基板表面側の中央部から周縁部の間に所望の位置に設置できるが、ノズルからの供給液は基板中央部に供給される。基板中央部とは、好ましくは基板直径の20%以内をいい、更に好ましくは基板直径の10%以内をいう。同様に、バックノズル128, 130の設置位置も基板裏面側の中央部から周縁部の間の所望の位置に設置できるが、ノズルからの供給液は基板中央部に供給されることが好ましい。

【0059】

図6に示すように、1個のバックノズル128を備えるようにしても良く、またエッジノズル126を上下方向及び基板Wの直径方向に沿った水平方向に移動自在として、基板Wからの高さHや水平方向の移動幅Lを調節可能としても良い。更には、基板保持部122の周囲を防水カバー132で囲繞しても良い。更に、この防水カバー132等の装置内側面に固定ノズルを設置し(図示せず)、この固定ノズルから、目的に応じて純水、脱イオン水や他の薬液(酸溶液、アルカリ溶液、界面活性剤または防食剤等)を基板に供給するようにしても良い。

10

【0060】

次に、この洗浄装置による洗浄方法について説明する。

先ず、基板Wをスピンチャック120を介して基板保持部122で水平に保持した状態で、基板Wを基板保持部122と一体に水平回転させる。この状態で、センタノズル124から基板Wの表面側の中央部に酸溶液を供給する。これにより、基板Wの表面の回路形成部に銅の自然酸化膜が形成されていても、この自然酸化膜は、基板Wの回転に伴って該基板Wの表面全面に亘って広がる酸溶液で直ちに除去される。これにより、自然酸化膜が成長することはない。この酸溶液としては、例えば半導体装置製造プロセスにおける洗浄工程で一般に使用されている塩酸、ふっ酸、硫酸、クエン酸、蔞酸のいずれか或いはその組合せを挙げることができるが、非酸化性の酸であればいずれでもよい。なお、ふっ酸であれば後述する基板Wの裏面側の洗浄にも使えるので、薬品を共通化する上で好ましい。また、ふっ酸の場合であれば、酸化膜除去の効果を考慮し、濃度は0.1重量%以上が好ましい。また、銅表面のあれを生じさせないため5重量%以下であることが好ましい。

20

【0061】

一方、エッジノズル126から基板Wの周縁部に酸化剤溶液を連続的または間欠的に供給する。これにより、基板Wの周縁部の上面及び端面に成膜された銅膜等は、酸化剤溶液で急速に酸化され、同時に前記センタノズル124から供給されて基板Wの表面全面に広がる酸溶液によってエッチングされる。この結果、銅膜等は、溶解除去される。なお、酸溶液によるエッチングは、酸化剤溶液の供給点以外でも起きるので、酸溶液の濃度及び供給量を高くする必要はない。この酸化剤溶液としては、例えば半導体装置製造プロセスにおける洗浄工程で一般に使用されているオゾン、過酸化水素、硝酸、次亜塩素酸塩のいずれか或いはその組合せを挙げることができる。オゾン水を使う場合であれば、その量は20ppm以上で200ppm以下が好ましい。過酸化水素を使用する場合であれば、その濃度は10重量%以上で80重量%以下が好ましい。次亜塩素酸塩を使用する場合であれば、その濃度は1重量%以上で50重量%以下が好ましい。

30

40

【0062】

同時に、バックノズル128, 130から基板Wの裏面側中央部に酸化剤溶液とふっ酸のような酸溶液とを同時または交互に供給する。これにより、基板Wの裏面側に付着している銅等を基板のシリコンごと酸化剤溶液で酸化し酸溶液でエッチングして除去することができる。

なお、2個のバックノズル128, 130から酸化剤溶液と酸溶液を別個に、同時または交互に供給することで、酸化剤溶液の供給を先に停止すれば疎水面が得られ、酸溶液を先に停止すれば親水面が得られる。どちらの場合にも、その後のプロセスの要求に応じた裏面に調整することができる。

【0063】

50

この酸化剤溶液としては、前述と同様、例えばオゾン、過酸化水素、硝酸、次亜塩素酸塩のいずれか或いはその組合せを挙げることができる。また、酸溶液としては、前述の塩酸、ふっ酸、硫酸、クエン酸、蔞酸などの非酸化性が挙げられる。更に、基板Wの裏面側には表面側のような回路がないため、硝酸などの酸化性の酸を用いて銅を除去することもできる。また、硝酸などの酸化性の酸溶液を用いる場合には、この酸溶液自体が酸化剤溶液の役割をするため、酸化剤溶液を使用することなく、酸化性の酸溶液単独で使用することも可能である。なお、上記基板Wの周縁部に供給する酸化剤溶液と同じものにする方が、薬品の種類を少なくする上で好ましい。

【0064】

図7は、CMP装置20の全体構成図を示す。図7に示すように、このCMP装置20は、多数の基板を収納した基板カセット22を内部に収納した基板搬送箱24を載置するロード・アンロード部140を備えている。このロード・アンロード部140は、図3に示すステージ50を4つ備えている。このロード・アンロードステージ50上の各基板カセット22に到達可能となるように、走行機構142の上に2つのハンドを有した搬送ロボット144が配置されている。 10

【0065】

搬送ロボット144は、上下に間隔を置いて配置された2つのハンドを有し、下側のハンドは基板カセット22より基板を受け取るときのみに使用され、上側のハンドは基板カセット22に基板を戻すときのみに使用される。これは、洗浄した後のクリーンな基板を上側にして、それ以上基板を汚さないための配置である。下側のハンドは基板を真空吸着する吸着型ハンドであり、上側のハンドは基板の周縁部を保持する落とし込み型ハンドである。吸着型ハンドは、基板カセット22内の基板のずれに関係なく基板を正確に保持して搬送し、落とし込み型ハンドは、真空吸着のようにごみを集めてこないため基板の裏面のクリーン度を保って搬送できる。搬送ロボット144の走行機構142を対称軸に、基板カセット22とは反対側に2台の洗浄機146, 148が配置されている。各洗浄機146, 148は、搬送ロボット144のハンドが到達可能な位置に配置されている。また2台の洗浄機146, 148の間で、搬送ロボット144が到達可能な位置に、4つの基板載置台150, 152, 154, 156を備えた基板ステーション158が配置されている。洗浄機146, 148は、基板を高速回転させて乾燥させるスピンドライ機能を有しており、これにより基板の2段洗浄及び3段洗浄にモジュール交換することなく対応することができる。 20 30

【0066】

洗浄機146, 148と基板載置台150, 152, 154, 156を備えた基板ステーション158が配置されている領域Bと、基板カセット22と搬送ロボット144が配置されている領域Aのクリーン度を分けるために隔壁160が配置されている。隔壁160には、互いの領域の間で基板を搬送するため開口部が設けられ、この開口部にシャッタ162が備えられている。洗浄機146と3つの載置台150, 154, 156に到達可能な位置に2つのハンドを有した搬送ロボット164が配置されており、洗浄機148と3つの載置台152, 154, 156に到達可能な位置に2つのハンドを有した搬送ロボット166が配置されている。 40

【0067】

載置台150は、搬送ロボット144と搬送ロボット164との間で基板を互いに受渡すために使用され、基板の有無検知用センサ168を具備している。載置台152は、搬送ロボット144と搬送ロボット166との間で基板を受渡すために使用され、基板の有無検知用センサ170を具備している。載置台154は、搬送ロボット166から搬送ロボット164へ基板を搬送するために使用され、基板の有無検知用センサ172と、基板の乾燥を防止するか、または基板のリンスを行うためにリンス液を供給するリンスノズル174を具備している。載置台156は、搬送ロボット164から搬送ロボット166へ基板を搬送するために使用され、基板の有無検知用センサ176と、基板の乾燥を防止するか、または基板のリンスを行うためにリンス液を供給するリンスノズル178を具備して 50

いる。載置台 154 及び 156 は共通の防水カバーの中に配置されていて、搬送用のカバー開口部にはシャッタ 180 を設けている。載置台 154 は載置台 156 の上にあり、洗浄後の基板を載置台 154 に、洗浄前の基板を載置台 156 に置くことにより、リンス水の落下による汚染を防止している。なお、図 7 においては、センサ 168, 170, 172, 176、リンスノズル 174, 178、およびシャッタ 180 は模式的に示したものであって、位置および形状は正確に図示されていない。

【0068】

搬送ロボット 164 及び搬送ロボット 166 は、上下方向に空間を置いて配置した 2 つのハンドをそれぞれ有している。搬送ロボット 164 および搬送ロボット 166 の上側のハンドは、一度洗浄された基板を洗浄機もしくは基板ステーション 158 の載置台へ搬送するのに使用され、下側のハンドは 1 度も洗浄されていない基板、及び研磨される前の基板を搬送するのに使用される。下側のハンドで反転機への基板の出し入れを行うことにより、反転機上部の壁からのリンス水の滴により上側のハンドを汚染することがない。

10

【0069】

洗浄機 146 と隣接し、かつ搬送ロボット 164 のハンドが到達可能な位置に洗浄機 182 が配置されている。また、洗浄機 148 と隣接し、かつ搬送ロボット 166 のハンドが到達可能な位置に他の洗浄機 184 が配置されている。

洗浄機 146, 148, 182, 184 と基板ステーション 158 の載置台 150, 152, 154, 156 と搬送ロボット 164, 166 は、全て領域 B の中に配置されている。領域 A 内の気圧は、領域 A 内の気圧よりも低い気圧に調整されている。洗浄機 182, 184 は、両面洗浄可能な洗浄機である。

20

【0070】

この CMP 装置 20 は、各機器を囲むように、クリーンルームと隔離する隔壁としてのハウジング 190 を有している。このハウジング 190 は、隔壁 160, 192, 194, 196, 198 により複数の部屋（領域 A、領域 B を含む）に区画されている。

【0071】

隔壁 196 によって領域 B と区分されたポリッシング室が形成され、ポリッシング室は更に隔壁 198 によって 2 つの領域 C と D に区分されている。2 つの領域 C, D には、それぞれ 2 つの研磨テーブルと、1 枚の基板を保持しかつ基板を研磨テーブルに対して押し付けながら研磨するための 1 つのトップリングが配置されている。即ち、領域 C には研磨テーブル 200, 202、領域 D には研磨テーブル 204, 206 がそれぞれ配置されている。更に、領域 C にはトップリング 208、領域 D にはトップリング 210 がそれぞれ配置されている。

30

領域 C 内には、領域 C 内の研磨テーブル 200 に研磨砥液を供給するための砥液ノズル 212 と、研磨テーブル 200 のドレッシングを行うためのドレッサ 214 とが配置されている。領域 D 内には、領域 D 内の研磨テーブル 204 に研磨砥液を供給するための砥液ノズル 216 と、研磨テーブル 204 のドレッシングを行うためのドレッサ 218 とが配置されている。さらに、領域 C 内には、領域 C 内の研磨テーブル 202 のドレッシングを行うためのドレッサ 220 が、領域 D 内には、領域 D 内の研磨テーブル 206 のドレッシングを行うためのドレッサ 222 が配置されている。なお、研磨テーブル 202, 206 の代わりに、基板上の膜厚を測定する湿式タイプの基板膜厚測定機を設置してもよい。このように、湿式タイプの基板膜厚測定機を設置することで、研磨直後の基板の膜厚を測定することができ、基板の削り増しや、測定値を利用して次の基板への研磨プロセスの制御を行うこともできる。

40

【0072】

図 8 はトップリング 208 と研磨テーブル 200, 202 との関係を示す。トップリング 210 と研磨テーブル 204, 206 の関係は、トップリング 208 と研磨テーブル 200, 202 との関係と同様になっている。図 8 に示すように、トップリング 208 は回転可能なトップリング駆動軸 230 によってトップリングヘッド 232 から吊下されている。トップリングヘッド 232 は、位置決め可能な揺動軸 235 によって支持されており、

50

トップリング 210 は研磨テーブル 200, 202 にアクセス可能になっている。また、ドレッサ 214 は、回転可能なドレッサ駆動軸 234 によってドレッサヘッド 236 から吊下されている。ドレッサヘッド 236 は、位置決め可能な揺動軸 238 によって支持されており、ドレッサ 214 は待機位置と研磨テーブル 204 上のドレッサ位置との間を移動可能になっている。ドレッサ 220 も同様に、回転可能なドレッサ駆動軸 240 によってドレッサヘッド 242 から吊下されている。ドレッサヘッド 242 は位置決め可能な揺動軸 244 によって支持されており、ドレッサ 220 は待機位置と研磨テーブル 202 上のドレッサ位置との間を移動可能になっている。

【0073】

図 7 に示すように、隔壁 196 によって領域 B とは区切られた領域 C の中であって、搬送ロボット 164 のハンドが到達可能な位置に基板を反転させる反転機 250 が、搬送ロボット 166 のハンドが到達可能な位置に基板を反転させる反転機 252 がそれぞれ配置されている。また、領域 B と領域 C, D を区切る隔壁 196 には、2 つの基板搬送用の開口部が設けられ、1 つの開口部は反転機 250 への基板の出し入れに使用され、もう 1 つの開口部は反転機 252 への基板の出し入れに使用される。隔壁 196 の各開口部には、シャッタ 254, 256 がそれぞれ設けられている。

【0074】

反転機 250, 252 は、基板をチャックするチャック機構と、基板を反転させる反転機構と、基板を前記チャック機構によりチャックしているかどうかを確認する基板有無検知センサとをそれぞれ備えている。また、反転機 250 には搬送ロボット 164 によって基板が搬送され、反転機 252 には搬送ロボット 166 によって基板が搬送される。

【0075】

反転機 250, 252 とトップリング 208, 210 の下方に、洗浄室(領域 B)とポリッシング室(領域 C, D)の間で基板を搬送するロータリトランスポート 258 が配置されている。ロータリトランスポート 258 には、基板を載せるステージが 4ヶ所等配に設けてあり、同時に複数の基板が搭載可能になっている。反転機 250 または 252 に搬送された基板は、ロータリトランスポート 258 のステージの中心と、反転機 250 または 252 でチャックされた基板の中心の位相が合った時に、ロータリトランスポート 258 の下方に設置されたリフト 260 または 262 が昇降することで、ロータリトランスポート 258 上に搬送される。ロータリトランスポート 258 のステージ上に載せられた基板は、ロータリトランスポート 258 の位置を 90° 変えることで、トップリング 208 または 210 の下方へ搬送される。このとき、トップリング 208 または 210 は予めロータリトランスポート 258 の上方位置に揺動している。トップリング 208 または 210 の中心がロータリトランスポート 258 に搭載された基板の中心と位相が合ったとき、ロータリトランスポート 258 の下方に配置されたプッシャー 264 または 266 が昇降することで、基板はロータリトランスポート 258 からトップリング 208 または 210 へ移送される。

【0076】

トップリング 208 または 210 に移送された基板は、トップリング 208 または 210 の真空吸着機構により吸着保持され、研磨テーブル 200 または 204 まで搬送される。そして、基板は研磨テーブル 200, 204 上に取付けられた研磨布または砥石(または固定砥粒板)等からなる研磨面で研磨される。トップリング 208 及び 210 がそれぞれに到達可能な位置に、前述した第 2 の研磨テーブル 202 と 206 が配置されている。これにより、第 1 の研磨テーブル 200 または 204 で基板の初期研磨が終了した後、第 2 の研磨テーブル 202 または 206 で第 2 研磨ができるようになっている。しかしながら、基板に付けられた膜種によっては、第 2 の研磨テーブル 202 または 206 で基板の初期研磨を行った後、第 1 の研磨テーブル 200 または 204 で第 2 の研磨を行なうようにしてもよい。この場合、第 2 の研磨テーブル 202 または 206 の研磨面は第 1 の研磨テーブル 200 または 204 の研磨面よりも小径であることから、研磨パッドに比べて値段の高い砥石(または固定砥粒板)を第 2 の研磨テーブル 202 または 206 に張り付けて

10

20

30

40

50

基板の第1の研磨を行なう。一方、砥石（または固定砥粒板）に比べて寿命は短いが安価な研磨布を第1の研磨テーブル200または204に貼り付けて基板の仕上げ研磨を行なう。これにより、ポリッシング装置のランニングコストを低減することができる。このように、第1の研磨テーブルを研磨パッド、第2の研磨テーブルを砥石（または固定砥粒板）とすることにより、安価な研磨テーブルを供給できる。これは、砥石（または固定砥粒板）の価格は研磨布より高く、径にほぼ比例して高くなるからである。更に、砥石（または固定砥粒板）より研磨布の方が寿命が短いので、研磨布を仕上げ研磨のように軽荷重で行うことで、研磨布の寿命を延ばすことができる。また、研磨布の径が大きいと基板との接触頻度が分散でき、寿命が延びる。よって、メンテナンス周期が延び、半導体装置の生産性が向上する。

10

【0077】

第1の研磨テーブル200で基板を研磨した後に、第2の研磨テーブル202にトップリング208が移動する前に、トップリング208が研磨テーブル200から離間した位置で、研磨テーブル200に隣接して設置された洗浄液ノズル270によりトップリング208に保持された基板に向けて洗浄液が噴射される。これにより、第2の研磨テーブル202へ移動する前に基板が一旦リンスされるので、複数の研磨テーブル相互間の汚染が防止される。

【0078】

また、第1の研磨面にロデルニッタ社製の研磨パッドIC1000/SUBA400を張り付け、第2の研磨面に同じくロデルニッタ社製の研磨パッドPOLITEXを張り付けるような2段研磨の方法もあり、基板は第1の研磨面により第1研磨され、その後、第2の研磨面により研磨される。この2段研磨は、小径の第2の研磨テーブルを使用しなくても、大径の研磨テーブル2つを使って順次研磨することもできる。上記ではそれぞれ異なる研磨布を使用して2段研磨をする方法を述べたが、同一の研磨布、もしくは砥石を使用しても良い。第1の研磨面および第2の研磨面で研磨が終了した後、ドレッサ214, 218, 220, 222によって第1の研磨面及び第2の研磨面それぞれのドレッシングを行う。ドレッシングとは、研磨テーブルの研磨面が基板の研磨によって劣化したことに対して、その回復を図るための処置である。この処置は、コンディショニング、修正などとも呼ばれる。

20

【0079】

研磨が終了した基板は、前述と逆のルートで反転機250または252まで戻される。反転機250または252まで戻された基板は、リンスノズルから供給される純水もしくは薬液によってリンスされる。また、基板を離脱したトップリング208または210の基板保持面は、洗浄ノズルから供給される純水もしくは薬液によって洗浄され、場合によっては、基板保持面の乾燥を防止するためにリンスされる。そして、隔壁には洗浄ノズルまたはプッシャー洗浄ノズルが取付けてある。また、基板の歩留まり、洗浄効果の向上のため、基板をトップリング208または210に保持させた状態で薬液リンスすることもできる。また、ロータリトランスポート258に保持された状態で基板を薬液リンスすることもできる。また後述するノズルでリフタ260または262を洗浄することもできる。

30

【0080】

図8の右側部分には、ロータリトランスポート258と、反転機250または252と、リフタ260または262と、プッシャー264または266との関係が示されている。図8に示すように、ロータリトランスポート258の上方に反転機250または252が配置され、ロータリトランスポート258の下方にリフタ260または262およびプッシャー264または266がそれぞれ配置されている。

40

【0081】

次に、基板を搬送する搬送ルートを説明する。

本装置の通常処理ルートは、全てのユニットを自由に組合せ、設定できるようにソフトウェアが組まれている。例えば、以下の方法がある。

1) 2つの領域CおよびDのうち片側で1つの基板カセット22内の基板を処理し、もう

50

片側の領域で別の基板カセット 2 2 内の基板の処理に使用する方法 (2 カセットパラレル運転)

2) 1 つの基板カセット 2 2 内の基板を任意に領域 C および領域 D に振り分けて処理を行う方法 (1 カセットパラレル運転)

3) 1 つの基板カセット 2 2 からでた基板を領域 C および領域 D のうちの 1 つで処理した後、もう一方の領域 C 及び領域 D で処理をする方法 (シリーズ運転)

【 0 0 8 2 】

また、洗浄室側では、ポリッシング室より処理を終えて出てきた基板を、以下の 6 通りの方法の内の一つの方法で処理する。

A) 洗浄機 1 8 2 洗浄機 1 4 6 と洗浄機 1 8 4 洗浄機 1 4 8 の 2 列の 2 段洗浄で払い出す方法 10

B) 洗浄機 1 8 4 洗浄機 1 4 8 洗浄機 1 4 6 の 1 列の 3 段洗浄で払い出す方法、または洗浄機 1 8 2 洗浄機 1 8 4 または 1 4 8 洗浄機 1 4 6 の 1 列の 3 段洗浄で払い出す方法

C) 洗浄機 1 8 2 と洗浄機 1 8 4 のどちらか洗浄の行われていない方で洗浄する 2 列の 1 段洗浄と洗浄機 1 4 8 洗浄機 1 4 6 の 1 列の 2 段洗浄を組合せた 3 段洗浄で払い出す方法

D) 洗浄機 1 8 4 洗浄機 1 4 8 洗浄機 1 8 2 洗浄機 1 4 6 の 1 列の 4 段洗浄で払い出す方法

E) 洗浄機 1 8 2 洗浄機 1 8 4 洗浄機 1 4 8 洗浄機 1 4 6 の 1 列の 4 段洗浄で払い出す方法 20

F) 1 段目のポリッシングを終えた基板を洗浄機 1 8 2 で洗浄した後に再び 2 段目のポリッシングを行い、その後洗浄機 1 8 4 洗浄機 1 4 8 洗浄機 1 4 6 の 1 列の 3 段洗浄で払い出す方法

【 0 0 8 3 】

上記 1) ~ 3) および A) ~ F) を適宜組み合わせれば、組合せ方により以下の特徴がある。

(1 - A) :

この組み合わせでは、2 つの基板カセット間でプロセスが異なる場合と複数のロットを高スループットで払い出す場合にそれぞれ有効である。2 つの基板カセット間でプロセスが異なる場合には、例えば、2 台のドライイン/ドライアウトの装置が 1 台にまとまったような装置となる。また、この組み合わせが最もスループットが高いので、2 つの基板カセットが同一のプロセスで、生産能力がより求められる場合に使用される。 30

【 0 0 8 4 】

(2 - A) :

この組み合わせでは、1 つの基板カセット内の基板を短時間に処理する場合に有効である。また、1 つの基板カセット内の基板を任意に 2 種類のプロセスに分けて処理することも可能である。

(3 - A) :

2 段洗浄工程のうち少なくとも 1 ヶ所の洗浄時間が 2 段研磨のどちらの研磨時間よりも長い場合には、2 段洗浄工程が 1 列だけであると、長い方の洗浄時間によって研磨の処理能力が低下してしまう。この場合に 2 段洗浄工程が 2 列あると、研磨終了後の基板が長い方の洗浄時間の影響されることなく払い出される。このようなケースでは、この組み合わせがきわめて有効である。 40

【 0 0 8 5 】

(1 - B) :

研磨終了後の洗浄工程で、3 種類以上の洗浄工程が必要な場合にこの組み合わせが取られる。また、この組み合わせでは、洗浄工程が 1 列で処理されるために洗浄の処理能力が落ちるので、研磨時間が洗浄時間に比べて長くなる時に極めて有効となる。

(2 - B) :

(1 - B) の組み合わせのように複数のロットを 1 度に処理せずに、1 つのロットだけを処理する場合に使用され、(1 - B) の組み合わせと同じ効果が得られる。

(3 - B) :

(1 - B) の組み合わせと同じように、洗浄段数を 3 段要する時にこの組み合わせで処理を行う。

【 0 0 8 6 】

(1 - C) :

この組み合わせは、(1 - B) の組み合わせと同じ効果が得られる。1 段目の洗浄工程での洗浄時間が他の基板処理ユニットに比べ長い場合に、1 段目の洗浄工程を 2 台の洗浄機を使用することで、基板が搬送ルート上の 1 段目の洗浄機で渋滞するのを緩和させ、処理能力を上げることができる。

10

(2 - C) :

(1 - C) の組み合わせと同様で (2 - B) の組み合わせと同じ理由からこの組み合わせが使われる。

【 0 0 8 7 】

(3 - C) :

(1 - C) の組み合わせと同様で (3 - B) の組み合わせと同じ理由からこの組み合わせが使われる。

(1 , 2 , 3 - D , E) :

それぞれのポリッシング室の使い方に加え、洗浄工程が 4 段必要な場合に使用される。

20

(3 - F) :

2 段研磨を行う上で、2 段目の研磨で基板に 1 段目の研磨液が付着したまま研磨を行うのを防ぐために、2 段目の研磨に入る前に洗浄工程を入れて搬送させるのにこの組み合わせを使用する。

【 0 0 8 8 】

上述したように、本発明に係る研磨装置は、研磨テーブル 2 0 0 , 2 0 4 をそれぞれ有した 2 つの研磨部を備えているため、研磨部の少なくとも 1 つを使用した研磨装置を運転中に他の研磨部のメンテナンスが可能である。

【 0 0 8 9 】

洗浄部は、基板を洗浄する複数の洗浄機 1 4 6 , 1 4 8 , 1 8 2 , 1 8 4 を備えている。前記洗浄機の少なくとも 1 つを使用した研磨装置の運転中に他の洗浄機のメンテナンスが可能である。

30

【 0 0 9 0 】

図 9 は、CMP 装置におけるトップリングと研磨テーブルとの関係を示す断面図である。図 9 に示すように、トップリング 3 0 0 の下方に、上面に研磨パッド 3 0 2 を貼付した研磨テーブル 3 0 4 が設置されている。研磨テーブル 3 0 4 の上方に研磨液供給ノズル 3 0 6 が設置されており、この研磨液供給ノズル 3 0 6 によって研磨テーブル 3 0 4 上の研磨パッド 3 0 2 上に研磨液 Q が供給される。

【 0 0 9 1 】

なお、市場で入手できる研磨パッドとしては種々のものがある。例えば、ロデール社製の S U B A 8 0 0 、 I C - 1 0 0 0 、 I C - 1 0 0 0 / S U B A 4 0 0 (二層クロス) 、フジインコーポレイテッド社製の S u r f i n x x x - 5 、 S u r f i n 0 0 0 等がある。S U B A 8 0 0 、 S u r f i n x x x - 5 、 S u r f i n 0 0 0 は繊維をウレタン樹脂で固めた不織布であり、I C - 1 0 0 0 は硬質の発泡ポリウレタン (単層) である。発泡ポリウレタンは、ポーラス (多孔質状) になっており、その表面に多数の微細なへこみまたは孔を有している。

40

【 0 0 9 2 】

トップリング 3 0 0 は、自在継手部 3 0 8 を介してトップリング駆動軸 3 1 0 に接続されている。トップリング駆動軸 3 1 0 は、トップリングヘッド 3 1 2 に固定されたトップリング用エアシリンダ 3 1 4 に連結されている。このトップリング用エアシリンダ 3 1 4 に

50

よって、トップリング駆動軸 310 は上下動し、トップリング 300 の全体を昇降させる。トップリング用エアシリンダ 314 は、トップリング本体 316 の下端に固定されたりテーナリング 318 を研磨テーブル 304 に押圧するようにも作用する。トップリング用エアシリンダ 314 は、レギュレータ R1 を介して圧縮空気源（流体源）320 に接続されており、レギュレータ R1 によってトップリング用エアシリンダ 314 に供給される加圧空気の空気圧等を調整することで、リテーナリング 318 が研磨パッド 302 を押圧する押圧力を調整することができる。

【0093】

トップリング駆動軸 310 は、キー（図示せず）を介して回転筒 322 に連結されている。この回転筒 322 は、その外周部にタイミングプーリ 324 を備えている。トップリングヘッド 312 の上面には、駆動軸を有するトップリング用モータ 326 が固定されている。タイミングプーリ 324 は、タイミングベルト 328 を介してトップリング用モータ 326 の駆動軸に設けられたタイミングプーリ 330 に接続されている。これによって、トップリング用モータ 326 を回転駆動することによって、タイミングプーリ 330、タイミングベルト 328、及びタイミングプーリ 324 を介して回転筒 322 及びトップリング駆動軸 310 が一体に回転し、トップリング 300 が回転する。トップリングヘッド 312 は、フレーム（図示せず）に固定支持されたトップリングヘッドシャフト 332 によって支持されている。

10

【0094】

図 10 は、トップリング 300 の拡大縦断面図、図 11 は図 10 に示すトップリング 300 の底面図である。図 10 に示すように、トップリング 300 は、内部に収容空間を有する円筒容器状のトップリング本体 316 と、トップリング本体 316 の下端に固定されたりテーナリング 318 とを備えている。トップリング本体 316 は、金属やセラミックス等の強度及び剛性が高い材料から形成されている。リテーナリング 318 は、剛性の高い樹脂材またはセラミックス等から形成されている。

20

【0095】

トップリング本体 316 は、円筒容器状のハウジング部 316a と、ハウジング部 316a の円筒部の内側に嵌合される環状の加圧シート支持部 316b と、ハウジング部 316a の上面の外周縁部に嵌合された環状のシール部 316c とを備えている。ハウジング部 316a の下端にはリテーナリング 318 が固定され、このリテーナリング 318 の下部は内方に突出している。リテーナリング 318 をトップリング本体 316 と一体的に形成してもよい。

30

【0096】

トップリング本体 316 のハウジング部 316a の中央部上方には、トップリング駆動軸 310 が配設されている。トップリング本体 316 は、自在継手 308 を介してトップリング駆動軸 310 に連結されている。この自在継手 308 は、トップリング本体 316 及びトップリング駆動軸 310 とを互いに傾動可能とする球面軸受け機構と、トップリング駆動軸 310 の回転をトップリング本体 316 に伝達する回転伝達機構とを備えている。回転伝達機構と球面軸受け機構は、トップリング駆動軸 310 からトップリング本体 316 に対して互いの傾動を許容しつつ押圧力及び回転力を伝達する。

40

【0097】

球面軸受け機構は、トップリング駆動軸 310 の下面の中央に形成された球面状凹部 310a と、ハウジング部 316a の上面の中央に形成された球面状凹部 316d と、両凹部 310a、316d の間に介装されたセラミックスのような高硬度材料からなるベアリングボール 334 とから構成されている。回転伝達機構は、トップリング駆動軸 310 に固定された駆動ピン（図示せず）とハウジング部 316a に固定された被駆動ピン（図示せず）とから構成されている。駆動ピンは、駆動ピンと被駆動ピンが互いに上下方向に相対的に移動しながら、被駆動ピンと動力伝達可能に係合している。トップリング駆動軸 310 の回転は、駆動ピン及び被駆動ピンを介してトップリング本体 316 に伝達される。トップリング本体 316 が傾いても被駆動ピンと駆動ピンは相対的に上下方向に移動可能であ

50

るため、これらは互いの接触点をずらして係合し、回転伝達機構がトップリング駆動軸 310 の回転トルクをトップリング本体 316 に確実に伝達する。

【0098】

トップリング本体 316 及びトップリング本体 316 に一体に固定されたリテーナリング 318 の内部に画成された空間内には、トップリング 300 によって保持される基板 W の上面に当接する弾性膜 336 と、環状のホルダーリング 340 と、弾性膜 336 を支持する概略円盤状のチャッキングプレート 342 (支持部材) とが収容されている。弾性膜 336 は、その外周部がホルダーリング 340 とホルダーリング 340 の下端に固定されたチャッキングプレート 342 との間に挟み込まれており、チャッキングプレート 342 の下面を覆っており、これにより、弾性膜 336 とチャッキングプレート 342 との間には空間が形成されている。

10

【0099】

チャッキングプレート 342 は、金属材料から形成されていてもよい。しかし、研磨すべき基板がトップリングに保持された状態で、渦電流を用いた膜厚測定方法でその表面に形成された薄膜の膜厚を測定する場合などにおいては、磁性を持たない材料、例えば、フッ素系樹脂やセラミックスなどの絶縁性の材料から形成されていることが好ましい。

【0100】

ホルダーリング 340 とトップリング本体 316 との間には、弾性膜からなる加圧シート 344 が張設されている。この加圧シート 344 は、外周縁をトップリング本体 316 のハウジング部 316 a と加圧シート支持部 316 b との間に挟み込み、内周縁をホルダーリング 340 の上端部 340 a とストッパ部 340 b との間に挟み込んで固定されている。トップリング本体 316、チャッキングプレート 342、ホルダーリング 340、及び加圧シート 344 によってトップリング本体 316 の内部に圧力室 346 が形成されている。図 10 に示すように、圧力室 346 にはチューブやコネクタからなる流体路 348 が連通しており、圧力室 346 は流体路 348 に接続されたレギュレータ R2 を介して圧縮空気源 320 に接続されている。加圧シート 344 は、例えばエチレンプロピレンゴム (EPDM)、ポリウレタンゴム、シリコンゴムなどの強度及び耐久性に優れたゴム材によって形成されている。

20

【0101】

加圧シート 344 がゴムなどの弾性体で構成され、加圧シート 344 をリテーナリング 318 とトップリング本体 316 との間に挟み込んで固定した場合には、弾性体としての加圧シート 344 の弾性変形によってリテーナリング 318 の下面において好ましい平面が得られなくなってしまう。リテーナリング 318 の下面を好ましい平面に維持するため、この例では、加圧シート 344 をトップリング本体 316 のハウジング部 316 a と別部材として設けられた加圧シート支持部 316 b との間に挟み込んで固定している。リテーナリング 318 をトップリング本体 316 に対して上下動可能としたり、リテーナリング 318 をトップリング本体 316 とは独立に研磨面を押圧可能な構造としたりしてもよい。このような場合には、必ずしも上述した加圧シート 344 の固定方法が用いられるとは限らない。

30

【0102】

トップリング本体 316 のシール部 316 c が嵌合されるハウジング部 316 a の上面の外周縁付近には、環状の溝からなる洗浄液路 350 が形成されている。この洗浄液路 350 は、シール部 316 c に形成された貫通孔 352 を介して流体路 354 に連通されており、この流体路 354 を介して洗浄液 (純水) が洗浄液路 350 に供給される。洗浄液路 350 からハウジング部 316 a、加圧シート支持部 316 b を貫通する連通孔 356 が複数箇所設けられている。この連通孔 356 は、弾性膜 336 の外周面とリテーナリング 318 との間のわずかな間隙 G へ連通している。流体路 354 はロータリジョイント (図示せず) を介して洗浄液源 (図示せず) に接続されている。

40

【0103】

弾性膜 336 とチャッキングプレート 342 との間に形成される空間の内部には、弾性膜

50

336に当接する中心当接部材としてのセンターバッグ360及び外側当接部材としてのリングチューブ362が配置されている。これらの当接部材は弾性膜336に橋台状に接触する。この例においては、図10及び図11に示すように、円形の当接面を有するセンターバッグ360は、チャッキングプレート342の下面の中心部に配置され、環状の当接面を有するリングチューブ362は、このセンターバッグ360の周囲を取り囲むようにセンターバッグ360の外側に配置されている。即ち、センターバッグ360とリングチューブ362は、所定の間隔をおいて配置されている。弾性膜336、センターバッグ360及びリングチューブ362は、例えばエチレンプロピレンゴム（EPDM）、ポリウレタンゴム、シリコンゴム等の強度及び耐久性に優れたゴム材によってそれぞれ形成されている。

10

【0104】

チャッキングプレート342と弾性膜336との間に形成される空間は、センターバッグ360及びリングチューブ362によって複数の空間（第2の圧力室）に区画されている。すなわち、センターバッグ360とリングチューブ362の間には圧力室364が、リングチューブ362の外側には圧力室366がそれぞれ形成されている。

【0105】

センターバッグ360は、弾性膜336の上面に当接する弾性膜368と、弾性膜368を着脱可能に保持するセンターバッグホルダ（支持部材）370とから構成されている。センターバッグホルダ370にはねじ穴370aが形成されており、このねじ穴370aにねじ372を螺合することにより、センターバッグホルダ370がチャッキングプレート342の下面の中心部に着脱可能に取付けられている。センターバッグ360の内部には、弾性膜368とセンターバッグホルダ370とによって中心部圧力室374（第1の圧力室）が形成されている。

20

【0106】

同様に、リングチューブ362は、弾性膜336の上面に当接する弾性膜376と、弾性膜376を着脱可能に保持するリングチューブホルダ（支持部材）378とから構成されている。リングチューブホルダ378にはねじ穴378aが形成されており、このねじ穴378aにねじ380を螺合することにより、リングチューブホルダ378がチャッキングプレート342の下面に着脱可能に取付けられている。リングチューブ362の内部には、弾性膜376とリングチューブホルダ378とによって中間部圧力室382（第1の圧力室）が形成されている。

30

【0107】

圧力室364、366、中心部圧力室374及び中間部圧力室382には、チューブ、コネクタ等からなる流体路384、386、388、390がそれぞれ連通されている。圧力室364、366、374、382は、それぞれの流体路384、386、388、390に接続されたレギュレータR3、R4、R5、R6を介して圧縮空気源320に接続されている。各流体路384、386、388、390は、トップリング駆動軸310の上端部に設けられたロータリジョイント（図示せず）を介して各レギュレータR2、R3、R4、R5、R6にそれぞれ接続されている。

【0108】

前記圧力室346、364、366、374、382には、流体路348、384、386、388、390を介して加圧空気等の加圧流体または大気圧や真空が供給される。図9に示すように、各圧力室346、364、366、374、382の流体路348、384、386、388、390に接続されたレギュレータR2～R6によってそれぞれの圧力室346、364、366、374、382に供給される加圧流体の圧力を調整することができ、これにより各圧力室346、364、366、374、382の内部の圧力を各々独立に制御する、または大気圧や真空にすることができるようになっている。このように、レギュレータR2～R6によって各圧力室346、364、366、374、382の内部の圧力を独立に可変とすることにより、弾性膜336を介して基板Wを研磨パッド302に押圧する押圧力を基板Wの部分ごとに調整することができる。場合によって

40

50

は、これらの圧力室 3 4 6 , 3 6 4 , 3 6 6 , 3 7 4 , 3 8 2 を真空源 3 9 2 に接続してもよい。

【 0 1 0 9 】

この場合において、各圧力室 3 4 6 , 3 6 4 , 3 6 6 , 3 7 4 , 3 8 2 に供給される加圧流体や大気圧の温度をそれぞれ独立に制御してもよく、これにより、基板の被研磨面の裏側から基板の温度を直接制御することができる。特に、各圧力室の温度を独立に制御すれば、CMPにおける化学的研磨の化学反応速度を制御することが可能となる。

【 0 1 1 0 】

弾性膜 3 3 6 には、図 1 1 に示すように、複数の開口部 4 0 0 が設けられている。チャッキングプレート 3 4 2 は、下方に突出する内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 を有している。センターバッグ 3 6 0 とリングチューブ 3 6 2 との間に位置する開口部 4 0 0 から露出するようにチャッキングプレート 3 4 2 から下方に突出する内周部吸着部 4 0 2 が設けられており、また、リングチューブ 3 6 2 の外側に位置する開口部 4 0 0 から露出するように外周部吸着部 4 0 4 が設けられている。この例においては、弾性膜 3 3 6 には、8 個の吸着部 4 0 2 及び 4 0 4 が露出するように 8 個の開口部 4 0 0 が設けられている。

10

【 0 1 1 1 】

各内周部吸着部 4 0 2 には、流体路 4 0 6 に連通する連通孔 4 0 2 a が形成されており、各外周部吸着部 4 0 4 には、流体路 4 0 8 に連通する連通孔 4 0 4 a が形成されている。内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 は、それぞれ流体路 4 0 6 , 4 0 8 及びバルブ V 1、V 2 を介して真空ポンプ等の真空源 3 9 2 に接続されている。内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 が真空源 3 9 2 により吸引されると、連通孔 4 0 2 a , 4 0 4 a の開口端に負圧が形成され、この負圧によって、内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 に基板 W が吸着される。内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 の下端面には、薄いゴムシート等からなる弾性シート 4 0 2 b , 4 0 4 b が貼着されており、内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 は、基板 W を柔軟に吸着保持するようになっている。

20

【 0 1 1 2 】

図 1 0 に示すように、基板 W の研磨中には、内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 の下端は弾性膜 3 3 6 の下端面より上方に位置して、弾性膜 3 3 6 の下端面より突出することはない。基板 W が内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 に吸着される際には、内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 の下端面は弾性膜 3 3 6 の下端面と略同一面になる。

30

【 0 1 1 3 】

弾性膜 3 3 6 の外周面とリテーナリング 3 1 8 の外周面との間には、僅かな間隙 G があるので、ホルダーリング 3 4 0、チャッキングプレート 3 4 2 及びチャッキングプレート 3 4 2 に取付けられた弾性膜 3 3 6 は、トップリング本体 3 1 6 及びリテーナリング 3 1 8 に対して上下方向に移動可能で、フローティングする構造となっている。ホルダーリング 3 4 0 のストッパ部 3 4 0 b には、その外周縁部から外方に突出する複数の突起 3 4 0 c が設けられている。この突起 3 4 0 c がリテーナリング 3 1 8 の内方に突出している部分の上面に係合することにより、ホルダーリング 3 4 0 の下方への移動が所定の位置までに制限される。

40

【 0 1 1 4 】

次に、このように構成されたトップリング 3 0 0 の作用について詳細に説明する。基板 W がポリッシング装置へ搬送される時には、トップリング 3 0 0 の全体を基板 W の移送位置に位置させ、内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 の連通孔 4 0 2 a , 4 0 4 a を、流体路 4 0 6 , 4 0 8 を介して真空源 3 9 2 により吸引する。基板 W は、この連通孔 4 0 2 a , 4 0 4 a の吸引作用により、内周部吸着部 4 0 2 及び外周部吸着部 4 0 4 の下端面に真空吸着される。基板 W を吸着した状態でトップリング 3 0 0 を移動させ、トップリング 3 0 0 の全体を研磨面（研磨パッド 3 0 2）を有する研磨テーブル 3 0 4 の上方に位置させる。基板 W の外周縁は、リテーナリング 3 1 8 によって保持され、基板 W が

50

トップリング 300 から飛び出さないようになっている。

【0115】

基板 W の下面の研磨時には、トップリング 300 の下面に基板 W を保持させると共に、トップリング駆動軸 310 に連結されたトップリング用エアシリンダ 314 を作動させてトップリング 300 の下端に固定されたリテーナリング 318 を所定の押圧力で研磨テーブル 304 の研磨面に押圧する。この状態で、圧力室 364 , 366 、中心部圧力室 374 及び中間部圧力室 382 にそれぞれ所定の圧力の加圧流体を供給し、基板 W を研磨テーブル 304 の研磨面に押圧する。そして、研磨液供給ノズル 306 から研磨パッド 302 に研磨液 Q を供給する。これにより、基板 W の研磨される下面（被研磨面）と研磨パッド 302 との間に研磨液 Q が存在した状態で、基板を研磨する。

10

【0116】

ここで、基板 W の圧力室 364 , 366 の下方に位置する部分は、それぞれ圧力室 364 , 366 に供給される加圧流体の圧力で研磨パッド 302 に押圧される。また、基板 W の中心部圧力室 374 の下方に位置する部分は、センターバッグ 360 の弾性膜 368 及び弾性膜 336 を介して、中心部圧力室 374 に供給される加圧流体の圧力で研磨パッド 302 に押圧される。基板 W の中間部圧力室 382 の下方に位置する部分は、リングチューブ 362 の弾性膜 376 及び弾性膜 336 を介して、中間部圧力室 382 に供給される加圧流体の圧力で研磨パッド 302 に押圧される。

【0117】

従って、基板 W に加わる研磨圧力は、各圧力室 364 , 366 , 374 , 382 に供給される加圧流体の圧力をそれぞれ制御することにより、基板 W の部分ごとに調整することができる。即ち、レギュレータ R3 ~ R6 は、各圧力室 364 , 366 , 374 , 382 に供給される加圧流体の圧力をそれぞれ独立に調整し、基板 W を研磨テーブル 304 上の研磨パッド 302 に押圧する押圧力を基板 W の部分ごとに調整している。このように、基板 W の部分ごとに研磨圧力が所望の値に調整された状態で、回転している研磨テーブル 304 の上面の研磨パッド 302 に基板 W が押圧される。同様に、レギュレータ R1 によって、トップリング用エアシリンダ 314 に供給される加圧流体の圧力を調整し、リテーナリング 318 が研磨パッド 302 を押圧する押圧力を変更することができる。このように、基板 W の研磨中に、リテーナリング 318 が研磨パッド 302 を押圧する押圧力と基板 W を研磨パッド 302 に押圧する押圧力を適宜調整することにより、基板 W の中心部（C1）、中心部から中間部（C2）、中間部（C3）、そして周縁部（C4）における研磨圧力の分布を所望の分布とすることができる（図 11 参照）。

20

30

【0118】

なお、基板 W の圧力室 364 , 366 の下方に位置する部分には、弾性膜 336 を介して流体から押圧力が加えられる部分と、開口部 400 の下方に位置する箇所のように、加圧流体の圧力そのものが基板 W に加わる部分とがある。しかし、これらの部分に加えられる押圧力は同一圧力である。また、基板 W の研磨時には、弾性膜 336 は、開口部 400 の周囲において基板 W の裏面に密着するため、圧力室 364 , 366 に供給された加圧流体が外部に漏れることはほとんどない。

【0119】

このように、基板 W を同心の 4 つの円及び円環部分 C1 ~ C4 に区切り、それぞれの部分を独立した押圧力で押圧することができる。円及び円環部分 C1 ~ C4 の研磨レートは、基板 W の研磨面に対する押圧力に依存するが、上述したように各部分の押圧力を独立に制御することができるので、基板 W の 4 つの部分（C1 ~ C4）の研磨レートを独立に制御することが可能となる。従って、基板 W の表面の研磨すべき薄膜の膜厚に半径方向の分布があっても、基板 W の全面に亘って研磨の不足や過研磨をなくすことができる。即ち、基板 W の表面の研磨すべき薄膜が、基板 W の半径方向の位置によって膜厚が異なっている場合であっても、基板 W の表面の膜厚の厚い部分の上方に位置する圧力室の圧力を他の圧力室の圧力よりも高くすることにより、あるいは、基板 W の表面の膜厚の薄い部分の上方に位置する圧力室の圧力を他の圧力室の圧力よりも低くする。これにより、膜厚の厚い部分

40

50

の研磨面への押圧力を膜厚の薄い部分の研磨面への押圧力より大きくすることが可能となり、その部分の研磨レートを選択的に高めることができる。これにより、成膜時の膜厚分布に依存せずに基板Wの全面に亘って過不足のない研磨が可能となる。

【0120】

基板Wの周縁部に起こる縁だれは、リテーナリング318の押圧力を制御することにより防止することができる。また、基板Wの周縁部において研磨すべき薄膜の膜厚に大きな変化がある場合には、リテーナリング318の押圧力を意図的に大きく、あるいは、小さくすることで、基板Wの周縁部の研磨レートを制御することができる。なお、前記各圧力室364, 66, 374, 382に加圧流体を供給すると、チャッキングプレート342は上向きの力を受ける。この例では、圧力室346に流体路348を介して圧力流体を供給し、各圧力室364, 366, 374, 382からの力によりチャッキングプレート342が上方に持ち上げられるのを防止している。

10

【0121】

上述のようにして、トップリング用エアシリンダ314によるリテーナリング318の研磨パッド302への押圧力と、各圧力室364, 366, 374, 382に供給する加圧流体による基板Wの部分ごとの研磨パッド302への押圧力とを適宜調整して基板Wの研磨が行われる。そして、基板Wの研磨が終了した際は、基板Wを内周部吸着部402及び外周部吸着部404の下端面に上述のように真空吸着する。この時、各圧力室364, 366, 374, 382への加圧流体の供給を止め、大気圧に開放する。これにより、内周部吸着部402及び外周部吸着部404の下端面を基板Wに当接させる。また、圧力室346内の圧力を大気圧に開放するか、もしくは大気圧より低くする。圧力室346の圧力を高いままにしておく、基板Wの内周部吸着部402及び外周部吸着部404に当接している部分のみが、研磨面に強く押圧されることになる。そのため、圧力室346の圧力を速やかに下げる必要がある。従って、図10に示すように、圧力室346からトップリング本体316を貫くようにリリーフポート410を設けて、圧力室346の圧力が速やかに下がるようにしてもよい。この場合、圧力室346に圧力をかける際には流体路348から常に圧力流体を供給し続ける必要がある。リリーフポート410は、逆止弁(図示せず)を備えており、圧力室346内を大気圧より低くする際に外気が圧力室346に入らないようにしている。

20

【0122】

基板Wを内周部吸着部402及び外周部吸着部404の下端面に吸着させた後、トップリング300の全体を基板Wの移送位置に位置させる。そして、内周部吸着部402及び外周部吸着部404の連通孔402a, 404aを介して基板Wに流体(例えば、圧縮空気もしくは窒素と純水を混合したもの)を噴射して、トップリング300から基板Wをリリースする。

30

【0123】

弾性膜336の外周面とリテーナリング318との間の間隙Gには、基板Wの研磨に用いられる研磨液Qが侵入してくる。この研磨液Qが間隙Gに固着すると、ホルダーリング340、チャッキングプレート342及び弾性膜336のトップリング本体316及びリテーナリング318に対する円滑な上下動が妨げられる。これを防止するため、流体路354を介して洗浄液路350に洗浄液(純水)を供給する。これにより、複数の連通孔356を介して間隙Gの上方に純水が供給され、純水が間隙Gを洗い流して研磨液Qの固着が防止される。この純水の供給は、研磨後の基板Wがリリースされ、次に研磨される基板がトップリング300に吸着されるまでの間に行うことが好ましい。また、次の研磨までに供給された純水が全てトップリング300の外部に排出されるように、リテーナリング318に、図10に示すような複数の貫通孔318aを設けるのが好ましい。更に、リテーナリング318、ホルダーリング340及び加圧シート344により形成される空間412内に圧力がこもっていると、チャッキングプレート342がトップリング本体316へ上昇するのを妨げることとなる。このため、スムーズにチャッキングプレート342を上昇させるためにも、リテーナリング318に貫通孔318aを設け、空間412を大気と

40

50

同圧にすることが好ましい。

【0124】

以上説明したように、この例によれば、圧力室364、366、センターバッグ360の内部圧力室374及びリングチューブ362の内部圧力室382の圧力を独立に制御することにより、基板Wに対する押圧力を制御することができる。更に、この例によれば、センターバッグ360及びリングチューブ362の位置や大きさなどを変更することによって、基板Wを押圧する押圧力の制御を行う範囲を簡単に変更することができる。以下、基板Wを押圧する押圧力の制御を行う範囲を変更する場合について説明する。

【0125】

図12A乃至図12E及び図13は、CMP装置における基板保持部の当接部材（センターバッグ360及びリングチューブ362）の例を示す部分縦断面図である。 10

図12A及び図12Bに示すように、センターバッグ360を大きさの異なるセンターバッグ360に取り替えれば、基板の押圧力を制御する範囲C1の大きさを変えることができる。この場合において、センターバッグ360の内部圧力室374と流体路388とを連通する連通孔370bの大きさ及び形状、及びセンターバッグホルダ370をチャッキングプレート342に取付けるためのねじ穴370aの大きさ及び位置を予め決めておけば、大きさの違うセンターバッグホルダ370を用意するだけで基板の押圧力の制御を行う範囲を変更することができる。この場合、チャッキングプレート342を加工する必要がない。

【0126】

また、図12C及び図12Dに示すように、リングチューブ362を大きさ及び/または形状の異なるリングチューブ362に取り替えれば、基板の中間部の押圧力を制御する範囲C3の幅及び/または位置を変更することができる。更に、図12Eに示すように、チャッキングプレート342に、半径方向の位置を変えて予め複数の連通孔414及びねじ穴（図示せず）を設けておき、そのうちの1つの連通孔414にリングチューブ362の連通孔378bを合わせて取付け、それ以外の連通孔（及びねじ穴）を流体シール用のねじ416などで塞ぐようにしてもよい。これにより、リングチューブ362を半径方向に対して柔軟に取付けることができ、押圧力の制御を行う範囲も柔軟に変更することが可能となる。 20

【0127】

図13に示すように、センターバッグ360の弾性膜368に、その下面の外周縁から外側に張り出したつば368aを設けてもよく、リングチューブ362の弾性膜376に、その下面の外周縁から外側に張り出したつば376aを設けてもよい。つば368a、376aは、センターバッグ360及びリングチューブ362と同一の材料で形成されている。上述したように、基板を研磨する際、センターバッグ360とリングチューブ362に挟まれた圧力室364及びリングチューブ362を取り囲む圧力室366には加圧流体が供給される。これにより、つば368a、376aは、それぞれ圧力室364、366に供給される加圧流体によって弾性膜336に密着する。このため、センターバッグ360の内部圧力室374に供給される加圧流体の圧力よりも、センターバッグ360の周囲の圧力室364に供給される加圧流体の圧力の方がかなり高い場合であっても、センターバッグ360の下方に周囲の圧力の高い加圧流体が回り込むことがない。同様に、リングチューブ362の内部圧力室382に供給される加圧流体の圧力よりも、リングチューブ362の周囲の圧力室364、366に供給される加圧流体の圧力の方がかなり高い場合でも、リングチューブ362の下方に周囲の圧力の高い加圧流体が回り込むことがない。従って、上記つば368a、376aを設けることによって、各圧力室の圧力制御の幅を更に大きくすることができ、基板の押圧をより安定的に行うことが可能となる。 30 40

【0128】

また、センターバッグ360の弾性膜368及びリングチューブ362の弾性膜376の変形が最適になるように、弾性膜368、376に部分的に異なる膜厚を持たせたり、部分的に非弾性体を含ませたりしてもよい。図14Aにリングチューブ362の弾性膜37 50

6の側面376bの膜厚を弾性膜336に当接する面よりも厚くした例を示す。また、図14Bにリングチューブ362の弾性膜376の側面の一部を非弾性体376dとした例を示す。これらの例では、各圧力室の圧力による弾性膜の側面の変形が適切に制限される。

【0129】

上述したように、基板の表面に形成される薄膜の膜厚分布は、成膜の方法や成膜装置の種類により変化する。この例によれば、センターバッグ360及びセンターバッグホルダ370、またはリングチューブ362及びリングチューブホルダ378を交換するだけで、基板保持装置は、基板に押圧力を加える圧力室の位置や大きさを変更することができる。従って、研磨すべき薄膜の膜厚分布に合わせて押圧力を制御すべき位置や範囲を容易かつ低コストで変更することが可能となる。換言すれば、基板ホルダは、研磨すべき基板の表面の薄膜の膜厚分布に変化があった場合にも、容易かつ低コストで対応することができる。なお、センターバッグ360またはリングチューブ362の形状及び位置を変更すると、結果的にセンターバッグ360とリングチューブ362に挟まれる圧力室364及びリングチューブ362を取り囲む圧力室366の大きさを変えることにもなる。

10

【0130】

図15は、CMP装置におけるトップリング300の変形例を示す縦断面図である。このトップリング300は、弾性膜の代わりにシールリング420を備えている。このシールリング420は、弾性膜からなり、チャッキングプレート342の外縁近傍の下面のみを覆っている。この例では、チャッキングプレート342には基板Wを吸着する内周部吸着部(図10中の符号402)及び外周部吸着部(図10中の符号404)が設けられておらず、構造が簡素になっている。しかしながら、上述したように、チャッキングプレート342に基板を吸着する吸着部を設けても良い。シールリング420は、例えばエチレンプロピレンゴム(EPDM)、ポリウレタンゴム、シリコンゴム等の強度および耐久性に優れたゴム材によって形成されている。

20

【0131】

シールリング420は、下端面が基板Wの上面に接するように設けられている。シールリング420は、その外周縁をチャッキングプレート342とホルダーリング340との間に挟み込まれ固定されている。基板Wの外周縁には、ノッチやオリエンテーションフラットと呼ばれる、基板の向きを認識または特定するための切り欠きが設けられている。従って、このようなノッチやオリエンテーションフラットよりもチャッキングプレート342の内周側にまでシールリング420が延出していることが好ましい。

30

【0132】

前述と同様に、チャッキングプレート342の下面の中心部にはセンターバッグ360が設けられており、このセンターバッグ360の周囲を取り囲むようにセンターバッグ360の外側にリングチューブ362が設けられている。

【0133】

この例では、研磨される基板Wがシールリング420、センターバッグ360の弾性膜368及びリングチューブ362の弾性膜376に当接した状態でトップリング300に保持される。従って、基板Wとチャッキングプレート342とシールリング420によって空間が形成される。この空間は、センターバッグ360及びリングチューブ362によって複数の空間(第2の圧力室)に分けられる。即ち、センターバッグ360とリングチューブ362の間の圧力室364が形成され、リングチューブ362の外側に圧力室366が形成されている。

40

【0134】

前記圧力室364、366、センターバッグ360内に形成される中心部圧力室(第1の圧力室)374、及びリングチューブ362内に形成される中間部圧力室(第1の圧力室)382には、チューブ、コネクタ等からなる流体路384、386、388、390がそれぞれ連通している。各圧力室364、366、374、382は、それぞれの流体路384、386、388、390に接続されたレギュレータを介して圧縮空気源に接続さ

50

れている。これらの圧力室 346, 364, 366, 374, 382 の流体路 348, 384, 386, 388, 390 に接続されたレギュレータによって、それぞれの圧力室 346, 364, 366, 374, 382 に供給される加圧流体の圧力を調整し、これにより、各圧力室 346, 364, 366, 374, 382 の内部の圧力を各々独立に制御する、または大気圧や真空にすることができるようになっている。このように、各圧力室 346, 364, 366, 374, 382 の内部の圧力をレギュレータによって独立に可変とすることにより、基板 W を押圧する押圧力を基板 W の部分ごとに調整することができる。なお、場合によっては、これらの圧力室 346, 364, 366, 374, 382 を真空源 392 に接続してもよい。

【0135】

10

次に、トップリング 300 の作用について説明する。

基板 W を研磨装置に搬送する際には、トップリング 300 を基板 W を搬送する位置に移動させ、センターバッグ 360 及びリングチューブ 362 の内部に所定の圧力の加圧流体を供給して、センターバッグ 360 及びリングチューブ 362 の下端面を基板 W に密着させる。その後、圧力室 364, 366 を、流体路 384, 386 を介して真空源に接続することにより、圧力室 364, 366 の内部を大気圧より低くし、圧力室 364, 366 の吸引作用により基板 W を真空吸着する。

【0136】

基板 W の下面を研磨する際には、トップリング 300 の下面に基板 W を保持させると共に、トップリング駆動軸 310 に接続されたトップリング用エアシリンダ 314 によりトップリング 300 の下端に固定されたリテーナリング 318 を所定の押圧力で研磨テーブル 304 の研磨面に押圧する。この状態で、圧力室 364, 366、中心部圧力室 374 及び中間部圧力室 382 にそれぞれ所定の圧力の加圧流体を供給し、基板 W を研磨テーブル 304 の研磨面に押圧する。そして、研磨液供給ノズル 306 から研磨パッド 302 の上面に研磨液 Q を供給する。これにより、研磨液 Q を基板 W の研磨される面（下面）と研磨パッド 302 との間に存在させた状態で研磨パッド 302 により基板 W の研磨を行う。

20

【0137】

ここで、基板 W の圧力室 364, 366 の下方に位置する部分は、それぞれ圧力室 364, 366 に供給される加圧流体の圧力で研磨パッド 302 に押圧される。また、基板 W の中心部圧力室 374 の下方に位置する部分は、センターバッグ 360 の弾性膜 368 を介して中心部圧力室 374 に供給される加圧流体の圧力で研磨パッド 302 に押圧される。基板 W の中間部圧力室 382 の下方に位置する部分は、リングチューブ 362 の弾性膜 376 を介して中間部圧力室 382 に供給される加圧流体の圧力で研磨パッド 302 に押圧される。

30

【0138】

従って、基板 W に加わる研磨圧力は、各圧力室 364, 366, 374, 382 に供給される加圧流体の圧力をそれぞれ制御することにより、基板 W の部分ごとに調整することができる。このように、基板 W を同心の円及び円環部分に区切り、それぞれの部分を独立した押圧力で押圧することができる。研磨レートは、基板 W の研磨面に対する押圧力に依存するが、各部分の押圧力を制御することができるので、基板 W の各部分の研磨レートを独立に制御することが可能となる。従って、基板 W の表面の研磨すべき薄膜の膜厚に半径方向の分布があっても、基板全面に亘って研磨の不足や過研磨をなくすることができる。即ち、基板 W の表面の研磨すべき薄膜の膜厚が、基板 W の半径方向の位置によって異なっている場合であっても、基板の表面の膜厚の厚い部分の上方に位置する圧力室の圧力を他の圧力室の圧力よりも高くすることにより、あるいは、基板 W の表面の膜厚の薄い部分の上方に位置する圧力室の圧力を他の圧力室の圧力よりも低くすることにより、膜厚の厚い部分の研磨面への押圧力を膜厚の薄い部分の研磨面への押圧力より大きくすることが可能となり、その部分の研磨レートを選択的に高めることができる。従って、成膜時の膜厚分布に依存せずに、基板 W の全面に亘って過不足のない研磨が可能となる。

40

【0139】

50

基板Wの研磨時には、シールリング420は、基板の上面の一部に密着する。このため、圧力室366内の加圧流体が外部に漏れることはほとんどない。

【0140】

研磨の終了後は、上述と同様の吸着方法で基板Wを真空吸着し、圧力室346内の圧力を大気圧に開放するか、もしくは大気圧より低くする。基板Wを吸着させた後、トップリング300の全体を基板の移送位置に位置させる。そして、流体路384, 386を介して、基板Wに流体（例えば、圧縮空気もしくは窒素と純水を混合したもの）を噴射して基板Wをトップリング300からリリースする。センターバッグ360の弾性膜368及びリングチューブ362の弾性膜376の下面に貫通孔を設けた場合には、これらの貫通孔からの流体によって基板Wに下方向の圧力が加わるため、基板Wのリリースがよりスムーズになる。基板Wをトップリング300からリリースした後、トップリング300の下面の大部分が露出することとなる。このため、基板Wの研磨及びリリース終了後のトップリング300の下面の洗浄を比較的容易にできる。

10

【0141】

上記例では、流体路348, 384, 386, 388, 390をそれぞれ別個に設けている。しかし、例えば、これらの流体路を統合したり、各圧力室同士を連通させたりするなど、基板Wに加えるべき押圧力の大きさや加える位置により自由に改変することが可能である。

【0142】

圧力室364に連通する流体路384及び圧力室366に連通する流体路386をなくし、圧力室364及び圧力室366を圧力室346に連通させ、圧力室346, 364, 366を1つの圧力室とすることもできる。この場合、圧力室346, 364, 366の圧力が流体路348から供給される加圧流体によって同一の圧力に制御される。圧力室364と圧力室366の圧力に差を設ける必要がなく、中心部圧力室374及び中間部圧力室382の圧力が圧力室346, 364, 366の圧力と比べてそれほど大きくない場合には、このようにすることで、流体路384, 386をなくすことができ流体路の数が減るため、流体路の取り回しが簡素になる。

20

【0143】

図10及び図11に示すように、チャッキングプレート342に内周部吸着部402及び外周部吸着部404を設けた場合には、吸着部402, 404に連通する流体路406, 408に真空のみでなく加圧流体も供給できるようにしてもよい。この場合、吸着部402, 404での基板の吸着と圧力室364, 366への加圧流体の供給をそれぞれ1つの流体路で行うことが可能となる。従って、流体路384, 386は必要なくなるので、流体路が2つ必要なくなり流体路の数が減るため、流体路の取り回しが簡素になる。

30

【0144】

チャッキングプレート342の外周縁部には、弾性膜336またはシールリング420の下部周縁の形状を保持するために、下方に突出する突起422が設けられている（図10及び図15参照）。しかし、弾性膜336またはシールリング420がその材質等により形状の保持を必要としない場合には、このような突起を設けずにチャッキングプレート342を構成することも可能である。図16は、図10及び図11に示す例におけるチャッキングプレート342の突起422を削除した場合のトップリング300を示す縦断面図である。このようにすることで、基板Wを中心部から外周縁部までより一様に加圧することができる。また突起422をなくすことにより、基板は、研磨面に存在する大きなうねりに対してより容易に従うことが可能となる。

40

【0145】

上述した例においては、研磨パッドにより研磨面が形成されることとしたが、これに限られるものではない。例えば、固定砥粒により研磨面を形成してもよい。固定砥粒は、砥粒をバインダ中に固定し板状に形成されたものである。固定砥粒を用いた研磨においては、固定砥粒から自生した砥粒により研磨が進行する。固定砥粒は、砥粒とバインダと気孔により構成されている。例えば砥粒には平均粒径0.5 μm 以下の酸化セリウム (CeO_2)

50

)、バインダにはエポキシ樹脂を用いる。このような固定砥粒は、硬質の研磨面を構成する。固定砥粒には、上述した板状のもの他に、薄い固定砥粒層の下に弾性を有する研磨パッドを貼付して二層構造とした固定砥粒パッドも含まれる。その他の硬質の研磨面としては、上述したIC-1000がある。

【0146】

図17及び図18は、表面に銅膜が露出している基板Wを収納した基板カセット22を入れて密閉し、密閉した状態で基板カセット22ごと搬送する基板搬送箱24の一例を示す。この基板搬送箱24は、一般的なSMIFまたはHOPで構成されている。基板搬送箱24の内部に粒子除去フィルタとファンモータを設置して、基板搬送箱24の内部の気体を循環させ清浄化させることで、基板間のクロスコンタミネーションを防ぐことができる。また、基板搬送箱24の内部に化学吸着フィルタと粒子フィルタの両方を設置することで、粒子及びイオンを除去することができる。なお、粒子フィルタのみを設置したり、化学フィルタとしてイオン除去フィルタのみを使用したりしても良いことは勿論である。また、基板搬送箱24の内部にファンモータ等を設置した場合には、基板搬送箱24の内部に電池を備えることなく、基板搬送箱24をベース部材等に設置した時に該ベース部材等に設けたコンセントと通電してファンモータが回転するようにしても良い。

10

【0147】

更に、基板搬送箱24の内部に、除湿剤等の除湿手段を設けて基板搬送箱24の内部の湿度を制御することで、酸化膜発生を防ぐことができる。この場合、基板搬送箱24の内部の湿度を10%以下に抑えるのが好ましく、5%以下に抑えるのが更に好ましい。湿度が少ない場合に、静電気発生により半導体素子が破壊されるおそれがある場合は、各基板の銅表面にアースをとり、その静電気を逃がして基板を搬送及び/または保管するのが望ましい。

20

【0148】

基板搬送箱24の内部は、通常空気で満たされるが、酸素量を制限した不活性ガス等を使用することで、銅の酸化を防止することができる。その酸素量としては、10000ppm以下であることが好ましく、1000ppm以下であることが更に好ましい。

【0149】

図19乃至図22は、基板搬送箱24の他の例を示す。この基板搬送箱24は、例えば、複数の300mm基板Wを箱本体501の内側に固定した溝型ポケット504に収納した状態で收容し、搬送・保管等を行うものである。この基板搬送箱24は、角筒状の箱本体501と、基板搬出入ドア自動開閉装置に連結されて箱本体501の側面の開口部を機械により開閉可能な基板搬出入ドア502と、開口部と反対側に位置し、フィルタ類及びファンモータの着脱を行うための開口部を覆う蓋体503と、基板Wを保持するための溝型ポケット504と、ULPAフィルタ505、ケミカルフィルタ506、ファンモータ507とから構成されている。

30

【0150】

基板搬出入ドア502は、機械による開閉が可能である。箱本体501の底部には、基板搬出入ドア自動開閉装置への精度の高い位置決めを行うためのキネマティックカップリングピン508(図23参照)と係合するVグロブ509が設けられている。基板搬出入ドア502には、基板搬出入ドア自動開閉装置側から自動開閉できるように、位置決めピン受け部510と、ドア開閉用のラッチキーが挿入される受容部511が設けられている。また、OHT(Overhead Hoist Transport)やAGV(Automatic Guided Vehicle)といった搬送装置で搬送できるように、ロボティック・ハンドリング・フランジ512が装備されている。Vグロブ509、位置決めピン受け部510とドア開閉用のラッチキーが挿入される受容部511、ロボティック・ハンドリング・フランジ512、その他自動化インターフェイスに関する事項は、SEMISTANDARD E1.9、E47.1、E57、E62に準拠した設計になっている。

40

【0151】

50

箱本体 5 0 1 の内部は、仕切板 5 3 0 によって、中央の中央室 5 1 3 a と該中央室 5 1 3 a の両側に位置する一对の側室 5 1 3 b に区画されている。仕切板 5 3 0 は、基板搬出入ドア 5 0 2 及び蓋体 5 0 3 の間に隙間を有する左右一对の溝型ポケット 5 0 4 と一体化されている。仕切板 5 3 0 の基板搬出入ドア 5 0 2 側には、基板 W に係合するようにドア側に広がるテーパ部を有する溝型ポケット 5 0 4 が一体に設けられている。

【 0 1 5 2 】

中央室 5 1 3 a の蓋体 5 0 3 側には、主に粒子を除去することを目的とする粒子除去フィルタを構成する U L P A フィルタ 5 0 5 と不純物ガスを除去するガス状不純物捕捉フィルタを構成するケミカルフィルタ 5 0 6 が、蓋体 5 0 3 側から基板搬出入ドア 5 0 2 側に空気を流通可能なように配置されている。捕捉フィルタ 5 0 6 の上流側には、ファンモータ 5 0 7 が基板搬出入ドア 5 0 2 側に空気を送り出すように配置されている。

10

【 0 1 5 3 】

基板搬出入ドア 5 0 2 の両端部は、内向きに滑らかに湾曲した形状に形成されているとともに、その中央部には、三角形の整流板 5 1 4 が設けられている。また、基板搬出入ドア 5 0 2 には、基板位置ズレ防止用の固定具 5 1 5 が装備されている。同様に、蓋体 5 0 3 の内面も内向きに湾曲した形状に形成されているとともに、その中央部には、三角形の整流板 5 1 6 が設けられている。また、複数枚の基板 W に対して均一に清浄空気を供給することを目的とした整流板 5 1 7 が、内側の清浄空気吹出し開口部に隣接して 2 箇所取付けられている。

【 0 1 5 4 】

例えば、25枚の基板 W を収納した場合、1枚目と25枚目の基板 W と基板搬送箱 2 4 の箱内壁面との隙間は、他の基板 W どうしの間隔よりも広く設定されている。このように広く設定すると、基板 W への均一な流量供給を阻害するが、清浄空気吹出し開口部に整流板 5 1 7 を設けることにより、空気入口部において1枚目と25枚目の基板 W とキャリア本体の間の隙間との流量の均一化を図り、効率的に清浄化を行うことができる。

20

【 0 1 5 5 】

蓋体 5 0 3 の底部には、二次電池を内蔵した電源ユニット 5 1 8 が配設されており、これにはファンモータ 5 0 7 の端子 5 1 9 と接続する接点が設けられている。電源ユニット 5 1 8 の内部には、ファンモータ 5 0 7 の運転制御基板が内蔵されている。ファンモータ 5 0 7 は、この制御基板に予め入力された制御プログラムに沿って運転・停止のタイミングや回転数が制御される。電源ユニット 5 1 8 の底部には充電用端子 5 2 0 が設けてある。基板搬送装置 2 4 を基板搬出入ドア自動開閉装置上や充電ステーションに着座させた時、装置側の端子と接続されて、二次電池が自動的に充電される。

30

【 0 1 5 6 】

ガス状不純物捕捉フィルタ 5 0 6 は、この実施の形態においては、有機物除去用の粒状活性炭を無機イオン除去用のイオン交換不織布で包んで構成されている。メディアとしては、破碎活性炭、活性炭素繊維、高純度シリコン、ゼオライト、セラミックや添着活性炭等を用いてもよい。活性炭素繊維は、レーヨン、カイノール、ポリアクリロニトリルや石油、石油ピッチを原料とし、繊維状に賦形された炭素を水蒸気、炭酸ガス等で 8 0 0 以上の高温下においてガス化反応、いわゆる賦活反応させることにより得ることができる。活性炭素繊維には、強度維持と発塵防止の目的で吸着に寄与しないバインダ等を入れたものもある。しかし、素材的にはバインダ等の含有量が少ないほうが望ましい。

40

【 0 1 5 7 】

活性炭は、賦活の過程で未組織炭素等が除去されることにより、基本結晶間に多数の細孔を有している。この細孔と大きな比表面積により、活性炭は、大きな物理吸着性を持つ。この性質を利用して、粒状の活性炭を充填した活性炭フィルタが市販されている。また、エアフィルタ用膜材として、発塵が少なく、加工性が良く、粒状活性炭よりも細孔が微少で、比表面積の大きな活性炭素繊維を使用したフィルタや、オープンポーラス構造のウレタン発泡体に直径約 0 . 5 m m の粒状活性炭を担持したフィルタも市販されている。

【 0 1 5 8 】

50

半導体基板と同一材料である高純度シリコンを吸着剤として使用することもできる。高純度シリコンの表面状態は親水性と疎水性の2種類あり、それぞれ吸着特性が異なる。一般的に希フッ酸で洗浄した疎水性表面の方が環境に敏感であり、炭化水素に対して極低濃度でも高い吸着特性を示す。しかし、疎水表面シリコンは、酸化膜が成長すると親水表面に変わる。このため、疎水表面シリコンには、時間と共に吸着特性が変わる欠点がある。親水表面は極性を持った有機物、例えばBHT(2,6-di-t-butyl-p-cresol)やDBP(dibutyl phthalate)をよく吸着する。いずれも、高純度シリコン単独ではなく、活性炭と組み合わせる使用するのが効果的である。

【0159】

イオン交換不織布や繊維は、例えば、放射線グラフト重合反応によりイオン交換基を導入することによって得ることができる。すなわち、有機高分子で構成される基材、例えばポリエチレン、ポリプロピレン等のポリマーや綿、羊毛等の天然高分子繊維や織布に、まず電子線やガンマ線等の放射線を照射して多くの活性点を発生させる。この活性点は、非常に反応性が高くラジカルといわれる。このラジカルに単量体を化学結合させることによって、基材の性質とは別の単量体の持つ性質を付与することができる。

【0160】

この技術は、基材に単量体を接ぎ足すようになるため、グラフト(接ぎ木)重合と呼ばれる。放射線グラフト重合によって、ポリエチレン不織布基材にイオン交換基であるスルホン基、カルボキシル基、アミノ基等を持つ単量体、例えばスチレンスルホン酸ナトリウム、アクリル酸、アリアルアミンなどを結合させると、通常イオン交換樹脂と呼ばれるイオン交換ビーズよりも格段にイオン交換速度の速い不織布のイオン交換体を得ることができる。

【0161】

同様に、イオン交換基を導入可能な単量体であるスチレン、クロルメチルスチレン、グリシジルメタクリレート、アクリロニトリル、アクロレイン等を基材に放射線グラフト重合させた後、イオン交換基を導入する。この場合も、基材の形状のままイオン交換体とすることができる。

【0162】

ULPAフィルタやHEPAフィルタの濾材には、ガラス繊維を使用していた。しかし、ガラス繊維は、半導体素子の製造プロセスで使用するフッ化水素(HF)蒸気と反応してBF₃を生成することが判明し、問題になってきた。近年、ボロンや金属等の不純物がなく、酸、アルカリ、有機溶剤等に侵されないPTFE(ポリテトラフルオロエチレン)を濾材に使用したULPAフィルタやHEPAフィルタが製品化されている。必要に応じてガラス繊維とPTFEを使い分ければよい。

【0163】

この基板搬送箱24を、内部に複数の基板Wを収納した状態で、例えば図1に示す銅めっき装置18の内部に搬入した時の動作を、図23を参照して説明する。

【0164】

銅めっき装置18には、基板搬出入ドア自動開閉装置が備えられている。基板搬送箱24は、銅めっき装置18の内部に搬送されて所定の位置に載置される。基板搬送箱24が、ゲートバルブ等を介してクリーンルームと遮断されると、基板搬出入ドア自動開閉装置は、基板搬出入ドア502を開放する。その後、めっき装置18内の基板・ハンドリングロボット521により基板Wを取出して処理し、処理の終了した基板Wは、基板搬送箱24に戻される。全ての基板Wの処理が終了すると、基板搬出入ドア自動開閉装置により基板搬出入ドア502が閉じられて密閉される。この時点からファンモータ507の運転を開始し、基板搬送箱24内の空気を清浄化する。基板搬出入ドア502が閉じられると、基板搬送箱24は、次プロセス装置または保管庫にOHTやAGV等によって搬送される。

【0165】

ファンモータ507は、予め設定されたプログラムに従って運転され、これにより、ファンモータ507からガス状不純物捕捉フィルタ(ケミカルフィルタ)506、ULPAフ

フィルタ505、中央室513aまで空気の流れが生じる。中央室513aに流れた空気は、基板搬出入ドア502に設けた整流板514によって滑らかに2つに分岐し、それぞれ側室513bを通過してファンモータ507に戻る空気の循環経路が形成される。

【0166】

空気は、ガス状不純物捕捉フィルタ506とULPAフィルタ505を通過して清浄化され、溝型ポケット504と一体化した仕切板530内側の開口部に設置された入口整流板517によって基板Wの隙間に導かれる。入口整流板517を設けることにより、基板Wと溝型ポケット504と一体化した仕切板530の隙間に空気が過剰に流れることが防止される。基板Wの間を通過した空気は、整流板514及び基板搬出入ドア502の内面に沿って流れて反転し、側室513bを通過してファンモータ507に戻る。

10

【0167】

この過程で、各部に付着した粒子等の固形物質あるいはこれから生成するガス状物質は循環気流に運ばれる。循環気流は、基板Wの上流側の2種類のフィルタ505、506で清浄化されてから基板Wに流れる。従って、外部からの汚染のみならず、基板搬送箱24の内部にある物体からのいわゆる自己汚染も防止される。

【0168】

ファンモータ507の運転パターンとしては、基板搬送箱24の使用状況に応じて適宜の様態が考えられる。一般に、初期には連続的にあるいは流速を大きくして運転し、積極的に基板搬送箱24内部に持ち込まれた汚染を除去する。ある程度の時間が経過した後は、流速を小さくしたり、運転を間欠的に行ったりして、基板搬送箱24に収容された基板Wや基板搬送箱24内の構成部品から生成する汚染を防止する運転を行う。これにより、ファンモータ507の消費電力が節約でき、結果として二次電池の充電頻度を少なくすることができる。

20

【0169】

基板搬送箱24の幅Wを389.5mm、奥行きDを450mm、高さHを335mmにそれぞれ設定し、300ミリ基板25枚を収納した場合に、基板Wを含む全重量は約10kgである。この例では、ファンモータ507を動作させることにより、基板搬送箱24内において、風量 $0.12\text{ m}^3/\text{min}$ の循環空気を基板Wの隙間中心部の通過風速が 0.03 m/s になるように流すことができる。循環風量はファンモータ507を変更することにより増減可能である。

30

【0170】

図24及び図25は、基板搬送箱24の更に他の例を示すもので、前記図19乃至図22に示す例と異なる点は、基板Wのサイズが200mmであること、機械化インターフェイス用のドア523が箱底部に位置すること、及び基板Wが基板カセット22に収納した状態で基板搬送箱24に収容されることである。基板搬送箱24内の空気清浄方法は、図19乃至図22に示す例と同様である。なお、この例では、ファンモータ507の駆動用二次電池及びファンモータ制御回路をボックスドア523に内蔵している。

【0171】

基板搬送箱24の幅Wを283mm、奥行きDを342mm、高さHを254mmにそれぞれ設定し、200ミリ基板25枚を収納した場合に、基板W及び基板カセット22を含む全重量は約6kgである。この例では、ファンモータ507を動作させることにより、基板搬送箱24内において、風量 $0.05\text{ m}^3/\text{min}$ の循環空気を基板Wの隙間中心部の通過風速が 0.03 m/s になるように流すことができる。

40

【0172】

図26は、本発明の他の基板処理装置の全体構成を示す。膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置620を使用して、図62Bに示す銅層(銅めっき膜)6を形成する。基板表面の銅層(銅めっき膜)6の膜厚は、通常、 $2\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $1\mu\text{m}$ 以下である。この銅層6の面内膜厚分布を膜厚分布計測装置622で測定し、研磨量調整機能を有する研磨装置(CMP装置)624を使用して、基板の表面に化学機械的研磨を施すことで、図62Cに示す銅層6からなる銅配線を形成する。この時、膜厚分布計測装置622の測定

50

結果を基に、銅めっき装置 620 に、電界コントロール信号、めっき時間コントロール信号等の制御信号を入力して該銅めっき装置 620 を制御し、CMP 装置 624 に、押圧コントロール信号等の制御信号を入力して該 CMP 装置 624 をそれぞれ制御する。

【0173】

制御の詳細は以下の通りである。銅めっき装置 620 においては、基板上に形成された銅層（銅めっき膜）6 の面内膜厚分布を、例えば渦電流式等の原理を利用した膜厚分布計測装置 622 で測定し、基板中央部と周辺部における銅層（めっき膜）6 の膜厚の違いを得る。この得られた結果に基づき、計測を行った対象の基板の後に続いて処理される基板の表面に、より均一な厚さの銅めっき膜が堆積されるように、即ち基板中央部と周辺部における銅めっき膜の膜厚の違いができるだけ少なくするように銅めっき装置 620 をフィードバック制御する。次の処理工程である CMP 装置 624 にあっては、前記面内膜厚分布の測定結果を基に、基板の中央部と周辺部における研磨量を、例えば基板の中央部と周辺部の押圧力を調整すること等により調整して、最終的に研磨後に平坦な銅膜（銅めっき膜）6 を得るようにする。

10

【0174】

上述したように、銅めっき装置 620 として、膜厚分布調整機能を有するものを使用し、これをフィードバック制御することで、基板の表面に銅めっき膜をより均一に堆積させる。しかも、CMP 装置 624 として、研磨量調整機能を有するものを使用し、実際に計測した膜厚分布に基づいて銅めっき膜の研磨量を調整することで、最終的に平坦な銅めっき膜を得ることができる。

20

【0175】

図 27 に示すように、CMP 装置 624 で研磨した後の銅めっき膜の中央部と周辺部における面内膜厚分布を膜厚分布計測装置 626 で計測し、この計測結果を基に、CMP 装置 624 をフィードバック制御（基板の押圧力の微調整）するようにしても良い。

【0176】

図 28 乃至図 40 は、膜厚分布調整機構を有する銅めっき装置 620 のそれぞれ異なる例を示す。なお、図 64 に示す従来例と同一または相当部材には、同一符号を付してその説明を一部省略する。

【0177】

図 28 は、めっき槽 602 内のめっき液 600 に浸漬された陽極板（アノード）606 と基板保持部 604 で保持されてめっき槽 602 の上部に配置される基板 W との間に、平板状の高抵抗構造体（仮想アノード）630 を配置した銅めっき装置 620 を示す。この高抵抗構造体 630 は、めっき液 600 よりも電気抵抗が高い、例えば膜やセラミックス板などからなり、めっき槽 602 の横断面の全域に亘って陽極板 606 と平行に配置されている。

30

【0178】

これにより、陽極板 606 と基板 W の表面（下面）に形成した銅シード層 7（図 62A 参照）との間の電気抵抗を、高抵抗構造体 630 を介して、銅めっき液 600 のみからなる場合よりも高くして、基板 W の表面に形成した銅シード層 7 の電気抵抗の影響による電流密度の面内差を小さくすることができる。従って、陽極板 606 と基板 W との距離を十分に長くすることなく、銅シード層の電気抵抗の影響を小さくして、銅めっき膜の膜厚をより均一化することができる。

40

【0179】

図 29 は、図 28 における高抵抗構造体 630 の代わりに、陽極板 606 と基板 W との間に平行に配置された平板状の絶縁体（仮想アノード）632 を使用した銅めっき装置 620 を示す。絶縁体 632 は、中央に中央孔 632a を有し、めっき槽 602 の横断面より一回り小さい大きさになっている。この絶縁体 632 により、絶縁体 632 の中央孔 632a の内部と絶縁体 632 の外周端面とめっき槽 602 の内周面との間の隙間のみからめっき電流が流れるようにして、特に基板 W の中央部に堆積する銅めっき膜の膜厚が厚くなるようにしている。

50

【0180】

図30は、図29における絶縁体632の大きさを大きくして、その外周端面をめっき槽602の内周面に当接させた銅めっき装置620を示す。これによって、絶縁体632の中央孔632aの内部のみからめっき電流が流れるようにして、基板Wの中央部に堆積する銅めっき膜の膜厚がより厚くなるようにしている。

【0181】

図31は、陽極板606と基板Wとの間の該基板Wの中央部に位置する位置に配置された導電体(仮想アノード)634を使用した銅めっき装置620を示す。導電体634はめっき液600よりも電気抵抗が低く、この導電体634内をより多くのめっき電流が流れて、基板Wの中央部により膜厚の厚い銅めっき膜が堆積するようにしている。

10

【0182】

図32は、図29の変形例で、絶縁体632の任意の位置に、任意の大きさ(内径)の貫通孔632bを複数個設けた銅めっき装置620を示す。これにより、貫通孔632bの内部のみをめっき電流が流れて、基板の任意の位置における銅めっき膜の膜厚がより厚くなる。

【0183】

図33は、図32の変形例で、絶縁体の任意の位置に、任意の大きさの貫通孔632bを複数個設け、更に任意の貫通孔632bの内部に導電体636を埋め込みんだ銅めっき装置620を示す。これにより、この導電体636の内部を導電体のない貫通孔632b内より大きなめっき電流が流れて、基板Wの任意の位置により膜厚の厚いめっき膜が堆積する。

20

【0184】

図34は、図28の変形例で、めっき液600よりも電気抵抗が高い、例えば膜やセラミックス板などからなる高抵抗構造体630を使用した銅めっき装置620を示す。高抵抗構造体630は、中央部から周辺部に向け徐々に肉厚となっており、この高抵抗構造体630における電気抵抗がその中央部よりも周辺部の方が高くなり、銅シード層の電気抵抗の影響がより小さくなるようにしている。この結果、基板Wの表面により均一な膜厚の銅めっき膜が堆積する。

【0185】

図35は、図32の変形例で、絶縁体632の内部に同一の大きさ(内径)の複数の貫通孔632cを任意の位置に設けて、基板Wの面内に同一の大きさの貫通孔632cを任意に分布させた銅めっき装置620を示す。これにより、絶縁体632の加工が容易となる。

30

【0186】

図36は、中央部が周縁部より山形に上方に出っ張った陽極板606を使用した銅めっき装置620を示すものである。これにより、陽極板606の中央部における基板Wとの距離が周辺部における基板Wとの距離よりも短くなる。個の結果、基板の中央部に通常よりも多くのめっき電流が流れて、基板に均一な膜厚の銅めっき膜が堆積する。

【0187】

図37は、図36の変形例で、平板状で球殻状に上方に湾曲した形状の陽極板606を使用して、陽極板606の中央部における基板Wとの距離が陽極板606の周辺部における基板Wとの距離よりも短くなるようにした銅めっき装置620を示す。

40

【0188】

陽極板(アノード)606の表面には、いわゆるブラックフィルムが生成される。このブラックフィルムの剥離片が基板Wの処理面(表面)に接近し付着すると、銅めっき膜に悪影響を与える。そのため、図38に示すように、陽極板606をフィルタ膜638で囲って、このフィルタ膜638でブラックフィルムの剥離片の流出を防止することが好ましい。この例では、フィルタ膜638を図30に示す例に適用しているが、他の例においても同様であることは勿論である。

【0189】

50

図39は、図29に示す中央孔632aを有する絶縁体632を使用した銅めっき装置620を示す。絶縁体632は、上下動機構640の上下動ロッド642に連結され、この上下動機構640の駆動に伴って、陽極板606及び基板Wに対する絶縁体632の相対位置を変更する。これによって、この絶縁体632を介して陽極板606と基板Wとの間の電界を調整することができる。

【0190】

図40は、内部に複数の貫通孔644aを有した円板状の絶縁体(仮想アノード)644と、同じく複数の貫通孔646aを有し絶縁体644の上に回転自在に重ね合わせた円板状の絶縁体(仮想アノード)646を使用した銅めっき装置630を示す。一方の絶縁体646を回転機構648の回転用ロッド650を介して回転させて両絶縁体644, 646の位相を変え、この位相の変化に伴って、互いに連通する絶縁体644, 646の貫通孔644a, 646aの数が異なるようにしたものである。これにより、絶縁体646の回転角度を調整することで、陽極板606と基板Wとの間の電界を調整することができる。

10

【0191】

図41乃至図46は、研磨量調整機構を備えたCMP装置(研磨装置)624を示す。図41及び図42は、研磨布または研磨砥粒を固定した布からなる研磨ベルト652を有したCMP装置624を示す。研磨ベルト652は、その研磨面を外側にした状態で一對のローラ654, 654間に掛け渡されている。研磨ヘッド656で吸着保持した基板Wは、回転しながら走行中の研磨ベルト652に押し付けられる。研磨ベルト652の研磨面には、砥液供給ノズル658から研磨液または純水(pH調整剤を含む)が供給される。

20

【0192】

研磨ヘッド656の下方で上方を走行する研磨ベルト652を挟んだ位置には、押圧装置668が配置されている。この押圧装置668は、ハウジング660内に収容され、アクチュエータ662a, 662bを介して個別に昇降可能な中央円板664と該中央円板664の周囲を囲繞する環状板666とを有している。押圧装置668によって、例えば環状板666の上面の方が中央円板664の上面より上方の突出するようにすることで、基板Wの周縁部の研磨量を中央部より多くすることができる。

【0193】

この場合、研磨ヘッド656として、基板全面に対して1つの圧力を与えるようにしたものを使用しても良く、また図9乃至図16に示すトップリング300を使用しても良い。

30

【0194】

なお、図43A及び図43Bに示すように、中央円板664と環状板666の上面にテフロン670(登録商標)を貼着することで、研磨ベルト652と中央円板664及び研磨ベルト652と環状板666との間に生じる摩擦を低減することができる。

【0195】

銅を研磨する場合、銅は軟らかいため、研磨面に研磨布を用いて砥液を供給して研磨するよりも、研磨砥粒がベルトに固定されている固定砥粒を用いる方が、ディッシングを少なくできるので好ましい。

【0196】

図44乃至46は、CMP装置624の他の例を示す。このCMP装置624にあっては、モータ672の回転によって回転する回転軸674の上端に基板Wより大径の回転テーブル676を連結し、この回転テーブル676の上面に基板Wを素子形成面(表面)を上向きにして固定して、基板Wを回転させる。そして、固定砥粒または砥布を固定した基板Wの半径より小さな直径を有する研磨具678を回転させつつ基板Wに押し付け、同時に砥液供給ノズル680から砥液または純水を基板Wの表面に供給して、基板Wを研磨する。研磨後のめっき膜の膜厚は、研磨具678の側方において、膜厚センサ682で計測される。

40

【0197】

ここで、研磨具678は、基板の直径方向に移動することで、基板全面の研磨が行われる

50

。基板の周辺部における銅めっき膜の膜厚が中心部より厚い場合には、その部分での半径方向の移動速度を遅くすればよい。また、光学センサ等の膜厚センサ 6 8 2 をつけて、基板の研磨されているリング部分のめっき膜厚を計測しながら、研磨具 6 7 8 の半径方向移動速度を制御する。これにより、膜厚が基板中央部と周辺部で異なる銅めっき膜をより平坦化することが可能となる。この場合、図 4 6 に示すように、膜厚センサ 6 8 2 の位置は、基板の回転方向に対して研磨具 6 7 8 の下流側の方が好ましく、また砥液の供給位置は、基板の回転方向に対して研磨具 6 7 8 の上流側が望ましい。

【 0 1 9 8 】

基板 W の中央部と周辺部における銅めっき膜の膜厚調整機構をもつ銅めっき装置 6 2 0 と、膜厚分布計測装置 6 2 2 と、基板 W の中央部と周辺部の研磨量を調整できる C M P 装置（研磨装置） 6 2 4 の一部または全部を一体型の装置にしてもよい。

10

【 0 1 9 9 】

以下の実施例では一体型の装置の例を示す。図 4 7 に示す一体化装置に、シード層形成室を追加してもよい。シード層の形成は、通常の C V D 装置、スパッタリング装置、さらには無電解めっきを用いて行うことができる。更には、バリア層形成装置も一体型に形成してもよい。

【 0 2 0 0 】

図 4 7 は半導体基板処理装置の平面構成を示す図である。この半導体基板処理装置は、ロード・アンロード部 7 0 1、銅めっき装置 6 2 0、第 1 口ポット 7 0 3、第 3 洗浄機 7 0 4、反転機 7 0 5、反転機 7 0 6、第 2 洗浄機 7 0 7、第 2 口ポット 7 0 8、第 1 洗浄機 7 0 9、第 1 C M P 装置 6 2 4 a 及び第 2 C M P 装置 6 2 4 b を配置した構成である。第 1 口ポット 7 0 3 の近傍にはめっき前後のめっき膜の膜厚を測定する膜厚分布計測装置 6 2 2 と、研磨後で乾燥状態の半導体基板 W のめっき膜の膜厚を測定する膜厚分布計測装置 6 2 6 が配置されている。

20

【 0 2 0 1 】

なお、この膜厚分布計測装置 6 2 2、6 2 6、特に研磨後の膜厚分布を計測する膜厚分布計測装置 6 2 6 は、第 1 口ポット 7 0 3 のハンドに設けてもよい。また、膜厚分布計測装置 6 2 2 は、図示は省略するが、銅めっき装置 6 2 0 の半導体基板搬出入口に設け、搬入される半導体基板 W の膜厚と搬出される半導体基板 W の膜厚を測定するようにしてもよい。

30

【 0 2 0 2 】

第 1 C M P 装置 6 2 4 a は、研磨テーブル 7 1 0 a、トップリング 7 1 0 b、トップリングヘッド 7 1 0 c、膜厚分布計測装置 6 2 6 a、プッシャー 7 1 0 e を具備している。第 2 C M P 装置 6 2 4 b は、研磨テーブル 7 1 1 a、トップリング 7 1 1 b、トップリングヘッド 7 1 1 c、膜厚分布計測装置 6 2 6 b、プッシャー 7 1 1 e を具備している。

【 0 2 0 3 】

コンタクトホール 3 と配線用のトレンチ 4 が形成され、その上にシード層 7 が形成された半導体基板 W を収容した基板カセット 2 2 を内部に入れた箱をロード・アンロード部 7 0 1 のステージに載置する。箱開閉機構により箱を開いた後、第 1 口ポット 7 0 3 により半導体基板 W を基板カセット 2 2 から取出し、銅めっき装置 6 2 0 に搬入し銅層 6 を形成する。この銅層 6 の形成前に、膜厚分布計測装置 6 2 6 でシード層 7 の膜厚を測定する。銅層 6 の成膜は、銅めっき装置 6 2 0 により行われる。銅層 6 の形成後、銅めっき装置 6 2 0 でリンス若しくは洗浄を行う。なお、時間に余裕があれば、基板を乾燥してもよい。

40

【 0 2 0 4 】

第 1 口ポット 7 0 3 により銅めっき装置 6 2 0 から半導体基板 W を取出したとき、膜厚分布計測装置 6 2 6 で銅層（銅めっき膜） 6 の膜厚分布を測定する。測定方法は、前記シード層 7 の測定と同じであるが、その測定結果は、記録装置（図示せず）に半導体基板の記録データとして記録され、なお且つ銅めっき装置 6 2 0 の異常の判定にも使用される。膜厚測定後、第 1 口ポット 7 0 3 が反転機 7 0 5 に半導体基板 W を渡し、該反転機 7 0 5 で半導体基板 W を反転させる（銅層 6 が形成された面が下になる）。

50

【0205】

第2ロボット708で反転機705上の半導体基板Wを取上げ、CMP装置624aのプッシャー710e上に半導体基板Wを載せる。トップリング710bは、プッシャー710e上の該半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル710aの研磨面に半導体基板Wの銅層6を形成した面を当接押圧し、研磨を行う。

【0206】

上記銅層6を研磨するための砥粒には、シリカ、アルミナ、セリア等が用いられ、酸化材としては、過酸化水素等の主に酸性の材料で銅を酸化させる材料が用いられる。研磨テーブル710a内には、温度を所定の値に保つため、所定の温度に調温された液体を通すため調温流体配管が接続されている。前記砥粒および酸化剤等を含むスラリーの温度も所定の値に保つため、スラリーを噴出するスラリーノズルには温度調整器が設けられている。また図示は省略するが、ドレッシング時の水等も調温されている。このように、研磨テーブル710aの温度、スラリーの温度、ドレッシング時の水等の温度を所定の値に保つことにより、化学反応速度を一定に保っている。特に研磨テーブル710aは、熱伝導性のよいアルミナやSiC等のセラミックが用いられる。

10

【0207】

研磨の終点の検知するため、研磨テーブル710aに設けた渦電流式の膜厚測定機若しくは光学式の膜厚測定機を使用して銅層6の膜厚測定、若しくはバリア層5の表面検知を行う。銅層6の膜厚が0またはバリア層5の表面を検知したら研磨の終点とする。

【0208】

銅層6の研磨終了後、トップリング710bで半導体基板Wをプッシャー710e上に戻す。第2ロボット708は該半導体基板Wを取上げ、第1洗浄機709に入れる。この時、プッシャー710e上にある半導体基板Wの表面及び裏面に薬液を噴射し、パーティクルを除去するか、または付き難くする。

20

第1洗浄機709では、半導体基板Wの表面及び裏面を、例えば、PVAスポンジロールでスクラブ洗浄する。第1洗浄機709において、ノズルから噴出する洗浄水としては、純水が主であるが、界面活性剤やキレート剤若しくは両者を混合した後にpH調整を行い酸化銅のゼータ電位に合わせたものを使用してもよい。また、ノズルには超音波振動素子を設け、噴出する洗浄水に超音波振動を加えてもよい。スクラブ洗浄時に、半導体基板Wを回転用コロにより把持して水平面内で回転させる。

30

【0209】

洗浄終了後、第2ロボット708により半導体基板Wを第2CMP装置624bに搬送し、プッシャー711e上に半導体基板Wを載せる。トップリング711bによりプッシャー711e上の半導体基板Wを吸着し、該半導体基板Wのバリア層5を形成した面を研磨テーブル711aの研磨面に当接押圧して研磨を行う。研磨テーブル711a及びトップリング711b等の構成は、研磨テーブル710a及びトップリング710bの構成と同一である。

【0210】

研磨テーブル711aの上面の研磨面は、IC1000のような発泡ポリウレタン、または砥粒を固定若しくは含浸させたもので構成され、該研磨面と半導体基板Wの相対運動で研磨される。この時、砥粒若しくはスラリーには、シリカ、アルミナ、セリア等が用いられる。薬液は、研磨したい膜種により調整される。

40

【0211】

研磨終了後、トップリング711bにより半導体基板Wをプッシャー711eまで移動させる。プッシャー711e上の半導体基板Wは第2ロボット708で取上げる。この時、プッシャー711e上で半導体基板Wの表面及び裏面に薬液を噴射して、パーティクルを除去するか、または付き難くする。

【0212】

第2ロボット708は、半導体基板Wを第2洗浄機707に搬入し、洗浄を行う。第2洗浄機707の構成も前記第1洗浄機709と同じ構成である。洗浄液には、パーティクル

50

除去のために主に純水が用いられ、界面活性剤、キレート剤、またpH調整剤が用いられる。半導体基板Wの表面は、PVAスポンジロールによりスクラブ洗浄される。半導体基板Wの裏面には、ノズルからDHF等の強い薬液を噴出し、拡散している銅をエッチングしたり、または拡散の問題がなければ、半導体基板Wの表面と同じ薬液を用いてPVAスポンジロールによる半導体基板Wの裏面のスクラブ洗浄を行う。

【0213】

上記洗浄の終了後、半導体基板Wを第2ロボット708で取上げ、反転機706に移し、該反転機706で反転させる。該反転させた半導体基板Wを第1ロボット703で取上げ、第3洗浄機704に入れる。第3洗浄機704では半導体基板Wの表面に超音波振動により励起されたメガソニック水を噴射し、半導体基板Wを洗浄する。この時、純水、界面活性剤、キレート剤、またpH調整剤を入れ、公知のペンシル型スポンジで半導体基板Wの表面を洗浄してもよい。その後、スピン乾燥により、半導体基板Wを乾燥する。

10

【0214】

図48は、基板処理装置の他の例の平面配置構成を示す図である。この基板処理装置は、バリア層成膜ユニット811、シード層成膜ユニット812、めっき膜成膜ユニット(めっき装置)813、アニールユニット814、第1洗浄ユニット815、ベベル・裏面洗浄ユニット816、蓋めっきユニット817、第2洗浄ユニット818、第1アライナ兼膜厚測定器841、第2アライナ兼膜厚測定器842、第1基板反転機843、第2基板反転機844、基板仮置き台845、第3膜厚測定器846、ロード・アンロード部820、第1CMP装置821、第2CMP装置822、第1ロボット831、第2ロボット832、第3ロボット833、第4ロボット834を配置した構成である。

20

【0215】

この例では、バリア層成膜ユニット811として無電解銅めっき装置、シード層成膜ユニット812として無電解銅めっき装置、めっき膜成膜ユニット813として電解めっき装置を用いることができる。

【0216】

図49A乃至図49Eは、異なる膜厚分布特性を有する2台の銅めっき装置で膜厚分布をより均一に調整するようにした例を示す。1段目のめっき装置620aとして、図49Bに示すように、膜厚が周辺部で厚くなる膜厚分布特性を有する銅めっき膜P₁を堆積させるようにしたものを使用している。2段目のめっき装置620bとして、図49Cに示すように、膜厚が中央部で厚くなる膜厚分布特性を有する銅めっき膜P₂を堆積させるようにしたものを使用している。

30

【0217】

これらの2つの銅めっき装置620a, 620bをシリーズで基板に銅めっきを行い、図49Dに示すように、銅めっき膜P₁を堆積させた後、図49Eに示すように、この上に銅めっき膜P₂を堆積させる。これらのめっき処理時間を調整することによって、より膜厚分布がより均一な銅めっき膜を得ることができる。この方法は、めっき処理中においても、基板の中央部と周辺部の厚さ分布を変更できる。この方法は、めっき時間の変更のみで機械的な調整機構も必要ないため、いわゆるインサイチュ(in situ)で銅膜厚さ分布の調整が可能となる。

40

【0218】

ここで、2段めっき後の銅めっき膜の膜厚が、中央部の方が厚くなっている場合には、1段目のめっき時間を増やすか、またはめっき電流を増やすように調整するか、または2段目のめっき時間を減少させるか、またはめっき電流を少なくする。このように調整することによって、2段めっき後の銅めっき膜の膜厚の基板の中央部と周辺部でのばらつきを小さくすることができる。

【0219】

1段目のめっき装置として、膜厚が中央部で厚くなる膜厚分布特性を有するめっき膜を堆積させるようにしたものを、2段目のめっき装置として、膜厚が周辺部で厚くなる膜厚分布特性を有するものを使用しても良いことは勿論である。

50

【0220】

図50に示すように、第1段のめっき装置620aで第1段のめっきを行い、この時の銅めっき膜の膜厚分布を膜厚分布計測装置622aで測定し、この測定結果を基に、第2段のめっき装置620bのめっき時間を調整するようにしても良い。この場合、2段めっき後の銅めっき膜の膜厚の基板中央部と周辺部のばらつきをより小さくすることができる。

【0221】

このように、基板の中央部と周辺部の銅めっき膜の膜厚が調整できるめっき装置と、基板の中央部と周辺部の膜厚分布計測装置とを組み合わせることで、めっき後の基板の中央部と周辺部の銅めっき膜の膜厚のばらつきを小さくするように調整することができる。これは単純な調整のみならず、一般的なフィードバック制御やフィードフォワード制御等の手法を用いて制御装置により自動化することもできる。更に、基板の中央部と周辺部の銅めっき膜の膜厚のばらつきを小さくするように調整することのみならず、CMP装置の基板の周辺部と中央部の研磨特性に合わせた、基板の中央部と周辺部の銅めっき膜の膜厚の分布を持つ銅めっき膜をめっきすることもできる。例えば、基板の中央部が周辺部よりも多く研磨されてしまう研磨装置と組み合わせる場合、基板の中央部の銅めっき膜の膜厚が基板の周辺部より厚い銅めっき膜をめっきすればよい。

10

【0222】

銅めっき膜を研磨するため、ここで用いられる基板の中央部と周辺部で押圧力が独立して調整できるCMP装置としては、通常回転テーブルに張られた研磨布に回転するヘッドに取付けた基板を押し付け、研磨布に供給された砥液により研磨される通常のCMP装置でも可能であるが、いわゆるディッシングを防ぐため、砥粒が固定されたいわゆる固定砥粒型のものが望ましい。ヘッドとしては流体圧によって基板を押圧するものが望ましい。また、固定砥粒型の研磨装置を用いる場合、銅めっき膜の表面に研磨に起因する傷(scratch)が生じる可能性がある。それを除去するため、1段目の固定砥粒で研磨したあと、2段目で研磨布と砥液による通常の研磨を行ってその傷を除去する方が望ましい。

20

【0223】

これら基板の中央部と周辺部の銅めっき膜の膜厚分布調整機構をもつめっき装置と、膜厚分布計測装置と、基板の中央部と周辺部の研磨量を調整できるCMP装置は、それぞれ別個にクリーンルーム内に設置されていてもよい。その場合、銅めっき膜表面の酸化を防ぐため、先の実施例で述べたSMIF、HOOP等の基板搬送箱、更には、基板搬送箱の内部の気体を循環させ、基板搬送箱の内部におかれた粒子フィルタのみまたは粒子フィルタにケミカルフィルタ、更には除湿剤を組み合わせたフィルタによって、基板の雰囲気気体をクリーンルームから隔離して、粒子量、酸素量または水蒸気量を制御した搬送装置を使用するのが望ましい。また、各装置内部の雰囲気もクリーンルームから隔壁等で隔離し、内部の酸素量または水蒸気量を制御したものが望ましい。

30

【0224】

更に、図51に示すように、銅めっきする前に基板の表面に形成された銅シード層7の電気抵抗を測定し、その結果に基づいて、銅めっき装置の銅めっき膜の中央部と周辺部の膜厚分布調整機構を調整してもよい。この銅シード層の電気抵抗の測定は、めっき装置と別の装置で行ってもよい。しかし、実際のめっき状態でのカソードと銅シード層との抵抗も加えて測定するのが望ましいので、めっき装置のカソード接点を用いて銅シード層の電気抵抗を測定するのが望ましい。

40

【0225】

図52乃至図63に、銅シード層抵抗測定端子とカソードを兼用した電気端子部材の例を示す。図52及び図53に示すように、半導体基板Wは、銅シード層形成面を下にして、絶縁体でできた基板載置台900の上に置かれる。この基板載置台900の基板Wを受ける面には複数の電気端子902が円周方向に沿って所定のピッチで配置されている。カソードと兼用する場合、少なくともその電気端子902がめっき液と接液することを防止する必要がある。このため、この例では、電気端子902を挟んだ両側(外側と内側)にシール材904, 906が配置され、更にこのシール材609をシール押え908で押圧す

50

ることでシール機構が構成されている。電気端子 902 の内側のシール材 906 のみを設けるようにしても良い。

【0226】

電気端子 902 は、この例では、矩形状に形成されているが、図 54A に示すように、銅シード層と線接触するナイフエッジ形状に形成しても良い。また、図示していないが、電気端子 902 は銅シード層と点接触するように尖塔状に形成しても良い。このように点接触させることで、電気端子と銅シード層との電気抵抗を少なくすることができる。

【0227】

また、図 54B に示すように、各電気端子 902 の下方にスプリング 910 を配置することで、各電気端子 902 がスプリング 910 の弾性力で上方に付勢され、独立して一定の力で銅シード層に押付けられる構造が望ましい。また、図 54C に示すように、電気端子 902 を金属板を屈曲させて構成し、それ自身で銅シード層に対して押圧できる構造としてもよい。電気端子 902 の少なくとも表面は、電気端子と銅シード層との接触抵抗を少なくするため、金または白金でできているのが望ましい。

10

【0228】

基板載置台 900 は、電気端子 902 が基板 W からはずれないように、センタリング機構を持つものが望ましい。このセンタリング構造としては、図 55A に示すように、基板載置台 900 の基板 W が当たる内周面をテーパ面 900a としたのものや、図 55B に示すように、金属板を基板のセンタリング機構を持つように折り曲げて電気端子 902 を構成し、この電気端子 902 自体に基板のセンタリング機構を持たせたもの等が挙げられる。

20

【0229】

なお、この例では、銅シード層の抵抗を測定する装置として、銅シード層を下向きにして測定する例を示している。しかし、銅シード層を上にして測定してもよいことは勿論である。

【0230】

次に銅シード層の電気抵抗の測定方法について説明する。

銅シード層の抵抗を測定するには、基板 W の中心に対して反対側に位置する 2 つの電気端子 902, 902 間に直流電圧を加え、その 2 つの電気端子 902, 902 間に流れる電流を計測すればよい。図 56 に示すように、この計測を基板 W の中心を挟む各電気端子 902, 902 間で行うことにより、複数のデータ（この例では、電気端子が 8 個あるので 4 個のデータ）を得ることができる。電気抵抗の測定には誤差があるので、基板全体の抵抗値としては、それらの得られたデータを算術平均、または 2 乗平均、測定データから最大値と最小値を除いて平均化を行う等、種々の方法をとることができる。

30

【0231】

このようにして得られたシード層電気抵抗の測定値と、シード層電気抵抗の標準値を比較する。測定値が標準値より大きい場合は、基板周辺部の銅めっき膜が基板中央部より厚くなるおそれがある。そこで、銅めっき膜が平坦になるように銅めっき装置の基板中央/周辺膜厚調整機構を調整する。

【0232】

更に、図 57 に示すように、互いに隣合う 2 つの電気端子 902, 902 を 1 つの電極として用い、基板の中心に対して反対側に位置する互いに隣合う 2 つの電気端子間の抵抗を計測してもよい。その場合、図 58A 及び図 58B に示すように、その電気端子 902 の組合せを隣合う電気端子 902 で順次変えて行って測定してもよい。

40

【0233】

さらに、図 59A 乃至図 59C に示すように、基板 W のエッジ周辺に配置された任意の電気端子 902, 902 間の電気抵抗を計測し（例えば、この例では電気端子数が 8 なので、最大 720）、連立方程式を解くことにより、銅シード層の電気抵抗の平面分布が近似的に得るようにしても良い。これを用いると、下記の図 61 に示す基板の中心と基板エッジ周辺との電気抵抗 $R_{10} \sim R_{80}$ が近似的に得られる。

【0234】

50

図 6 0 及び図 6 1 は、銅シード層の電気抵抗の分布を計測するための他の例を示す。この例は、中心電気端子 9 1 2 を有する電極端子アーム 9 1 4 を備え、この中心電気端子 9 1 2 が基板 W の中心部で銅シード層に接触するようにしている。この例では、電極端子アーム 9 1 4 として、可動式のものを使用し、電気抵抗を測定するときのみ基板 W の中心に移動して、めっきを行うときには退避する構造を採用している。

【 0 2 3 5 】

この例にあつては、基板中心の中心電気端子 9 1 2 と基板のエッジ周辺に配置された各電気端子 9 0 2 との間に順次直流電圧をかけ、その時流れる電流値を計測することにより、図 6 1 に示すように、基板の中心に配置された中心電気端子 9 1 2 と基板のエッジ周辺に配置された各電気端子 9 0 2 間の銅シード層の電気抵抗 R_{10} , R_{20} ... R_{80} を計測することができる。

10

【 0 2 3 6 】

このようにして得られた銅シード層の電気抵抗分布（例えば R_{10} から R_{80} ）を基にして、銅めっきを行う際にカソードの各電気端子にかける電圧を、各々独立に調整制御することにより、基板の半径方向の銅めっき膜の膜厚の分布の調整だけでなく、基板の周方向の銅めっき膜の膜厚の分布の調整も可能となる。これらの調整は、一般のフィードフォワードシーケンス制御を用いた制御装置を用いて、自動的に行えるようにしてもよい。

【 0 2 3 7 】

図 6 5 は、基板めっき装置の一例の平面図である。図 6 5 に示すように、この基板めっき装置は、半導体基板を収容した基板カセットを収容する搬入・搬出エリア 1 5 2 0 と、半導体基板の処理を行うプロセスエリア 1 5 3 0 と、めっき後の半導体基板の洗浄及び乾燥を行う洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 を具備する。洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 は、搬入・搬出エリア 1 5 2 0 とプロセスエリア 1 5 3 0 の間に配置されている。搬入・搬出エリア 1 5 2 0 と洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 には隔壁 1 5 2 1 を設け、洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 とプロセスエリア 1 5 3 0 の間には隔壁 1 5 2 3 を設けている。

20

隔壁 1 5 2 1 には、搬入・搬出エリア 1 5 2 0 と洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 との間で半導体基板を受け渡すための通路（図示せず）を設け、該通路を開閉するためのシャッタ 1 5 2 2 を設けている。また、隔壁 1 5 2 3 にも洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 とプロセスエリア 1 5 3 0 との間で半導体基板を受け渡すための通路（図示せず）を設け、該通路を開閉するためのシャッタ 1 5 2 4 を設けている。洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 とプロセスエリア 1 5 3 0 は独自に給排気できるようになっている。

30

【 0 2 3 8 】

図 6 5 に示す基板めっき装置は、半導体製造装置を収容したクリーンルーム内に設置される。搬入・搬出エリア 1 5 2 0、洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 及びプロセスエリア 1 5 3 0 内の各圧力は、以下のように設定される。

（搬入・搬出エリア 1 5 2 0 の圧力） > （洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 の圧力） > （プロセスエリア 1 5 3 0 の圧力）

搬入・搬出エリア 1 5 2 0 の圧力は、クリーンルーム内圧力より低い。これにより、プロセスエリア 1 5 3 0 から洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 に空気が流出しないようにし、洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 から搬入・搬出エリア 1 5 2 0 に空気が流出しない。更に搬入・搬出エリア 1 5 2 0 からクリーンルーム内に空気が流出しない。

40

【 0 2 3 9 】

搬入・搬出エリア 1 5 2 0 には、半導体基板を収容した基板カセットを収納するロードユニット 1 5 2 0 a とアンロードユニット 1 5 2 0 b が配置されている。洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 には、めっき処理後の半導体基板を水で洗浄する 2 基の水洗部 1 5 4 1、めっき後の半導体基板を搬送させる 2 基の乾燥部 1 5 4 2 が配置されている。この各水洗部 1 5 4 1 としては、例えば前端にスポンジがついたペンシル型のものや外周面にスポンジを有するローラ形式のものが用いられる。各乾燥部 1 5 4 2 としては、例えば半導体基板を高速でスピンさせて脱水、乾燥させる形式のものが用いられる。洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 には、半導体基板の搬送を行う搬送部（搬送ロボット） 1 5 4 3 が備えられている。

50

プロセスエリア 1530 内には、めっきに先立って、半導体基板の前処理を行う複数の前処理槽 1531 と、半導体基板に銅めっき処理を行う複数のめっき槽 1532 が配置されているとともに、半導体基板の搬送を行う搬送部（搬送ロボット）1533 が備えられている。

【0240】

図 66 は、基板めっき装置内の気流の流れを示す。図 66 に示すように、洗浄・乾燥エリア 540 においては、配管 1546 より新鮮な外部空気が取込まれ、高性能フィルタ 1544 を通してファンにより押込まれ、天井 1540 a よりダウフローのクリーンエアとして水洗部 1541、乾燥部 1542 の周囲に供給される。供給されたクリーンエアの大部分は、床 1540 b より循環配管 1545 により天井 1540 a 側に戻され、再び高性能フィルタ 1544 を通してファンにより押込まれて、洗浄・乾燥エリア 1540 内に循環する。一部の気流は、水洗部 1541 及び乾燥部 1542 内からダクト 1552 を通って洗浄・乾燥エリア 540 から排気される。

10

【0241】

前処理槽 1531 及びめっき槽 1532 を収容したプロセスエリア 1530 は、ウエットゾーンといいながらも、半導体基板表面にパーティクルが付着することは許されない。半導体基板にパーティクルが付着するのを防止するため、前処理槽 1531 及びめっき槽 1532 の周囲には、ダウフローの新鮮な空気が流れる。新鮮な空気は、ダクト 1539 を通して外部から導入され、ファンにより高性能フィルタ 1533 を通して天井 1530 a からプロセスエリア 1530 内に押し込まれる。

20

【0242】

プロセスエリア 1530 内に導入されダウフローを形成するクリーンエアの全流量を外部からの給排気に依存すると、プロセスエリア 1530 内への膨大な給排気量が必要となる。このため、この例では、プロセスエリア 1530 内の圧力を洗浄・乾燥エリア 1540 内の圧力より低く維持するのに必要な程度の排気のみをダクト 1553 を通したプロセスエリア 1530 からの外部排気とし、プロセスエリア 1530 内に導入されるダウフローの大部分の気流を、配管 534、535 を通した循環気流でまかなうようにしている。瞬間循環ダクト 1534 は、洗浄・乾燥エリア 1540 から延び、天井 1530 a の上方に配置されたフィルタ 1533 に接続されている。循環ダクト 1535 は、洗浄・乾燥エリア 1540 内に配置され、洗浄・乾燥エリア 1540 内で配管 1534 に接続されて

30

【0243】

循環気流とした場合に、プロセスエリア 530 を通過したクリーンエアは、溶液浴からの薬液ミストや気体を含む。この薬液ミストや気体は、配管 1535 に接続した配管 1534 内に設置したスクラバ 1536 やミストセパレータ 1537 によって循環気流から除去される。これにより天井 1530 a 側の循環ダクト 1534 に戻ったエアは、薬液ミストや気体を含まないものとなり、再びファンにより押込まれて高性能フィルタ 1533 を通ってプロセスエリア 1530 内にクリーンエアとして循環する。

一部の空気は、プロセスエリア 1530 の床 1530 b に接続されたダクト 1533 を通って、プロセスエリア 153 から排出される。薬液ミストやガスを含む空気も、ダクト 1553 を通って、プロセスエリア 1530 から排出される。天井 1530 a のダクト 1539 からは、これらの排気量に見合った新鮮な空気がプロセスエリア 1530 内に負圧に保った程度に供給される。

40

【0244】

上記のように搬入・搬出エリア 1520 の圧力は、洗浄・乾燥エリア 1540 内の圧力より高く、洗浄・乾燥エリア 1540 内の圧力は、プロセスエリア 1530 内の圧力より高く設定されている。シャッタ 1522、1524（図 1 参照）を開放すると、これらのエリア間の空気の流れは、図 67 に示すように、搬入・搬出エリア 1520、洗浄・乾燥エリア 1540 及びプロセスエリア 1530 の順に流れる。洗浄・乾燥エリア 1540 及びプロセスエリア 1530 から排出された空気は、ダクト 1552、1553 に沿って流れ

50

、クリーンルームから延出する集合排気ダクト 5 5 4 (図 6 8 参照) に集められる。

【 0 2 4 5 】

図 6 8 は、図 6 5 に示す基板めっき装置がクリーンルーム内に配置された一例を示す外觀図である。搬入・搬出エリア 1 5 2 0 のカセット受渡し口 1 5 5 5 と操作パネル 1 5 5 6 のある側面が仕切壁 1 5 5 7 で仕切られたクリーンルームのクリーン度の高いワーキングゾーン 1 5 5 8 に露出しており、その他の側面は、クリーン度の低いユーティリティゾーン 1 5 5 9 に収納されている。

上記のように、洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 を搬入・搬出エリア 1 5 2 0 とプロセスエリア 1 5 3 0 の間に配置し、搬入・搬出エリア 1 5 2 0 と洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 の間に隔壁 1 5 2 1 を、洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 とプロセスエリア 1 5 3 0 の間に隔壁 1 5 2 3 をそれぞれ設けている。ワーキングゾーン 1 5 5 8 から乾燥した状態でカセット受渡し口 1 5 5 5 を通して半導体基板配線用の基板処理装置内に搬入される半導体基板は、基板めっき装置内でめっき処理され、洗浄・乾燥した状態でカセット受渡し口 1 5 5 5 を通してワーキングゾーン 1 5 5 8 に搬出される。従って、半導体基板面にはパーティクルやミストが付着することなく、且つクリーンルーム内のユーティリティゾーン 1 5 5 9 よりクリーン度の高いワーキングゾーン 1 5 5 8 をパーティクルや薬液や洗浄液ミストで汚染することはない。

【 0 2 4 6 】

図 6 5 及び図 6 6 に示す例では、基板めっき装置が搬入・搬出エリア 1 5 2 0、洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0、プロセスエリア 1 5 3 0 を具備する例を示している。しかし、プロセスエリア 1 5 3 0 内に又はプロセスエリア 1 5 3 0 に隣接して C M P 装置を配置するエリアを設け、該プロセスエリア 1 5 3 0 又は C M P 装置を配置するエリアと搬入・搬出エリア 1 5 2 0 の間に洗浄・乾燥エリア 1 5 4 0 を配置するように構成しても良い。要は基板めっき装置に半導体基板が乾燥状態で搬入され、めっき処理の終了した半導体基板が洗浄され、乾燥した状態で基板めっき装置から排出される構成であればよい。

【 0 2 4 7 】

図 6 9 は、他の基板めっき装置の平面図である。図 6 9 に示す基板めっき装置は、半導体基板を搬入する搬入部 1 6 0 1、半導体基板に銅めっきを行う銅めっき槽 1 6 0 2、半導体基板を水で洗浄する一対の水洗槽 1 6 0 3、1 6 0 4、半導体基板に科学機械研磨 (C M P) を行う C M P 部 1 6 0 5、半導体基板を水で洗浄する一対の水洗槽 1 6 0 6、1 6 0 7、半導体基板を乾燥させる乾燥槽 1 6 0 8 及び配線層形成が終了した半導体基板を搬出する搬出部 1 6 0 9 を具備している。基板めっき装置は、これら各槽に半導体基板を移送する図示しない基板移送手段が備えられ、これらを含め 1 つの装置として構成されている。

上記配置構成の基板処理装置において、基板移送手段により、搬入部 1 6 0 1 に載置された基板カセット 1 6 0 1 - 1 から、配線層が形成されていない半導体基板を取り出し、銅めっき槽 1 6 0 2 に移送する。該銅めっき槽 1 6 0 2 において、配線溝や配線孔 (コンタクトホール) からなる配線部を含む半導体基板 W の表面上に銅めっき層を形成する。

【 0 2 4 8 】

銅めっき層 1 6 0 2 で銅めっき層の形成が終了した半導体基板 W を、基板移送手段で水洗槽 1 6 0 3、1 6 0 4 の一方に移送し、この水洗槽 1 6 0 3、1 6 0 4 の一方で水洗を行う。該水洗後の半導体基板 W を基板移送手段で C M P 部 1 6 0 5 に移送し、該 C M P 部 1 6 0 5 で、銅めっき層から配線溝や配線孔に形成した銅めっき層を残して半導体基板 W の表面上の銅めっき層を除去する。半導体基板 W の表面には、銅めっき層を形成する前に、配線溝や配線孔の内周面を含めて、T i N 等からなるバリア層が形成されている。

銅めっき層を残した半導体基板 W を、基板移送手段で水洗槽 1 6 0 6、1 6 0 7 の一方に送り、この水洗槽 1 6 0 6、1 6 0 7 で水洗浄し、更に水洗浄の終了した半導体基板 W を乾燥槽 1 6 0 8 で乾燥させ、乾燥の終了した半導体基板 W を配線層の形成の終了した半導体基板として、搬出部 1 6 0 9 の基板カセット 1 6 0 9 - 1 に格納する。

【 0 2 4 9 】

10

20

30

40

50

図70は、他の基板めっき装置の平面図である。図70に示す基板めっき装置の図69に示す基板めっき装置と異なる点は、銅めっき槽1602、水洗槽1603、前処理槽1611、半導体基板上の銅めっき膜の表面に保護膜を形成する蓋めっき槽1612、水洗槽1613、1614、CMP部1615を追加し、これらを含め1つの装置として構成した点である。

図70に示す基板めっき装置の操作は、以下の通りである。搬入部1601に載置された基板カセット1601-1に収容された半導体基板Wは、一枚ずつ連続的に銅めっき槽1602、1602のいずれかに供給される。この銅めっき槽1602、1602のいずれかで、配線溝や配線孔(コンタクトホール)からなる配線部を含む半導体基板Wの表面上に銅めっき層を形成する。2つのめっき槽1602、1602は、半導体基板Wに長い時間亘って銅めっきを行うときに使用される。つまり、半導体基板Wには、一方の銅めっき槽1602による電解銅めっきによって、初期の銅めっき膜が形成され、しかる後、他の銅めっき槽1602により無電解めっきによって、二次めっき膜が形成される。基板めっき装置は、2以上の銅めっき槽を備えるようにしてもよい。

銅めっき層を形成した半導体基板Wは、水洗槽1603、1604の一方で水洗される。その後、CMP部1605で配線溝や配線孔に形成した銅めっき層を残して、半導体基板Wの表面上の不要な銅めっき層の不要な部分を除去する。

【0250】

続いて、銅めっき層を残した半導体基板Wを水洗槽1610に移送し、ここで水洗浄する。続いて、基板を前処理槽1611に搬送して、保護めっき膜を形成するための前処理を行う。該前処理の終了した半導体基板Wを蓋めっき槽1612に移送し、蓋めっき槽1612で半導体基板Wの配線部に形成した銅めっき層の上に保護膜を形成する。この保護膜としては、例えばニッケル(Ni)-ボロン(B)無電解めっき槽を用いる。

【0251】

半導体基板Wを水洗槽1613、1614の一方で水洗浄した後、銅めっき層上に形成した保護膜の上部をCMP部1615で研磨し、平坦化する。

保護膜を研磨した後、半導体基板Wを水洗槽1606、1607の一方で水洗浄し、乾燥槽1608で乾燥させ、半導体基板Wを搬出部1609の基板カセット1609-1に格納する。

【0252】

図71は、他の基板めっき装置の平面図である。図71に示すように、この基板めっき装置は、ロボットアーム1616-1を有したロボット1616を中央に配置し、ロボット1616の周囲のロボットアーム1616-1が到達する範囲に、銅めっき槽1602、一对の水洗槽1603、1604、CMP部1605、前処理槽1611、蓋めっき槽1612、乾燥槽1608及びロード・アンロード部1617を配置している。ロード・アンロード部1617に隣接して半導体基板の搬入部1601及び搬出部1609が配置されている。ロボット1616、各槽1602、1603、1604、CMP部1605、各槽1608、1611、1612、ロード・アンロード部1617、搬入部1601、搬出部1609は1つの装置として構成されている。

【0253】

図71に示す基板めっき装置において、半導体基板の搬入部1601から配線めっきの済んでいない半導体基板がロード・アンロード部1617に移送され、該半導体基板をロボットアーム1616-1が受け取り、銅めっき槽1602に移送し、該めっき槽1602で配線溝や配線孔からなる配線部を含む半導体基板の表面上に銅めっき層を形成する。該銅めっき層の形成された半導体基板をロボットアーム1616-1によりCMP部1605に移送し、該CMP部1605で銅めっき層から配線溝や配線孔からなる配線部に形成した銅めっき層を残して半導体基板Wの表面上の余分な銅めっき層を除去する。

【0254】

表面の余分な銅めっき層が除去された半導体基板は、ロボットアーム1616-1により水洗槽1604に移送され、水洗処理された後、前処理槽1611に移送され、該前処理

10

20

30

40

50

槽 1611 で保護めっき膜を形成するための前処理が行われる。該前処理の終了した半導体基板は、ロボットアーム 1616 - 1 により、保護膜めっき槽 1612 に移送され、該保護膜めっき槽 1612 で、半導体基板 W の配線部に形成した銅めっき層の上に保護膜を形成する。保護膜が形成された半導体基板は、ロボットアーム 1616 - 1 により水洗槽 1604 に移送され、ここで水洗処理された後、乾燥槽 1608 に移送され、乾燥した後、ロード・アンロード部 1617 に移送される。該配線めっきの終了した半導体基板は搬出部 1609 に移送される。

【0255】

図 72 は、他の半導体基板処理装置の平面構成を示す図である。この半導体基板処理装置は、ロード・アンロード部 1701、銅めっきユニット 1702、第 1 ロボット 1703、第 3 洗浄機 1704、反転機 1705、反転機 1706、第 2 洗浄機 1707、第 2 ロボット 1708、第 1 洗浄機 1709、第 1 ポリッシング装置 1710 及び第 2 ポリッシング装置 1711 を配置した構成である。第 1 ロボット 1703 の近傍には、めっき前後の膜厚を測定するめっき前後膜厚測定機 1712 と、研磨後で乾燥状態の半導体基板 W の膜厚を測定する乾燥状態膜厚測定機 1713 が配置されている。

10

【0256】

第 1 ポリッシング装置（研磨ユニット）1710 は、研磨テーブル 1710 - 1、トップリング 1710 - 2、トップリングヘッド 1710 - 3、膜厚測定機 1710 - 4、プッシャー 1710 - 5 を具備している。第 2 ポリッシング装置（研磨ユニット）1711 は、研磨テーブル 1711 - 1、トップリング 1711 - 2、トップリングヘッド 1711 - 3、膜厚測定機 1711 - 4、プッシャー 1711 - 5 を具備している。

20

【0257】

コンタクトホールと配線用のトレンチが形成され、その上にシード層が形成された半導体基板 W を収容したカセット 1701 - 1 をロード・アンロード部 1701 のロードポートに載置する。第 1 ロボット 1703 は、半導体基板 W をカセット 1701 - 1 から取出し、銅めっきユニット 1702 に搬入し、銅めっき膜を形成する。その時、めっき前後膜厚測定機 1712 でシード層の膜厚を測定する。銅めっき膜の成膜は、まず半導体基板 W の表面の親水処理を行い、その後銅めっきを行って形成する。銅めっき膜の形成後、銅めっきユニット 1702 でリンス若しくは洗浄を行う。

【0258】

第 1 ロボット 1703 で銅めっきユニット 1702 から半導体基板 W を取出したとき、めっき前後膜厚測定機 1712 で銅めっき膜の膜厚を測定する。その測定結果は、記録装置（図示せず）に半導体基板の記録データとして記録され、なお且つ、銅めっきユニット 1702 の異常の判定にも使用される。膜厚測定後、第 1 ロボット 1703 が反転機 1705 に半導体基板 W を渡し、該反転機 1705 で反転させる（銅めっき膜が形成された面が下になる）。第 1 ポリッシング装置 1710、第 2 ポリッシング装置 1711 による研磨には、シリーズモードとパラレルモードがある。以下、シリーズモードの研磨について説明する。

30

【0259】

シリーズモード研磨にあつては、1 次研磨をポリッシング装置 1710 で行い、2 次研磨をポリッシング装置 1711 で行う。第 2 ロボット 1708 で反転機 1705 上の半導体基板 W を取上げ、ポリッシング装置 1710 のプッシャー 1710 - 5 上に半導体基板 W を載せる。トップリング 1710 - 2 は、プッシャー 1710 - 5 上の該半導体基板 W を吸着し、研磨テーブル 1710 - 1 の研磨面に半導体基板 W の銅めっき膜形成面を当接押圧し、1 次研磨を行う。該 1 次研磨では、基本的に銅めっき膜が研磨される。研磨テーブル 1710 - 1 の研磨面は、IC1000 のような発泡ポリウレタン、または砥粒を固定若しくは含浸させたもので構成されている。該研磨面と半導体基板 W の相対運動で銅めっき膜が研磨される。

40

【0260】

銅めっき膜の研磨終了後、トップリング 1710 - 2 で半導体基板 W をプッシャー 171

50

0 - 5 上に戻す。第 2 ロボット 1 7 0 8 は、該半導体基板 W を取上げ、第 1 洗浄機 1 7 0 9 に入れる。この時、プッシャー 1 7 1 0 - 5 上にある半導体基板 W の表面及び裏面に薬液を噴射することで、パーティクルを除去したり、付き難くしたりすることができる。

【 0 2 6 1 】

第 1 洗浄機 1 7 0 9 において洗浄終了後、第 2 ロボット 1 7 0 8 で半導体基板 W を取上げ、第 2 ポリッシング装置 1 7 1 1 のプッシャー 1 7 1 1 - 5 上に半導体基板 W を載せる。トップリング 1 7 1 1 - 2 でプッシャー 1 7 1 1 - 5 上の半導体基板 W を吸着し、該半導体基板 W のバリア層を形成した面を研磨テーブル 1 7 1 1 - 1 の研磨面に当接押圧して 2 次研磨を行う。この 2 次研磨ではバリア層が研磨される。但し、上記 1 次研磨で残った銅膜や酸化膜も研磨されるケースもある。

10

【 0 2 6 2 】

研磨テーブル 1 7 1 1 - 1 の研磨面は、I C 1 0 0 0 のような発泡ポリウレタン、または砥粒を固定若しくは含浸させたもので構成され、該研磨面と半導体基板 W の相対運動で研磨される。このとき、砥粒若しくはスラリーには、シリカ、アルミナ、セリア等が用いられる。薬液は、研磨したい膜種により調整される。

【 0 2 6 3 】

2 次研磨の終点の検知は、光学式の膜厚測定機を用いてバリア層の膜厚を測定し、膜厚が 0 になったことまたは SiO_2 からなる絶縁膜の表面検知で行う。また、研磨テーブル 1 7 1 1 - 1 の近傍に設けた膜厚測定機 1 7 1 1 - 4 として画像処理機能付きの膜厚測定機を用い、酸化膜の測定を行い、半導体基板 W の加工記録として残したり、2 次研磨の終了した半導体基板 W を次の工程に移送できるか否かの判定を行ったりしてもよい。また、2 次研磨終点に達していない場合は、再研磨を行う。なんらかの異常で規定値を超えて研磨された場合は、不良品を増やさないように、次の研磨を行わないよう半導体基板処理装置を停止させる。

20

【 0 2 6 4 】

2 次研磨終了後、トップリング 1 7 1 1 - 2 で半導体基板 W をプッシャー 1 1 7 1 1 - 5 まで移動させる。プッシャー 1 7 1 1 - 5 上の半導体基板 W を第 2 ロボット 1 7 0 8 で取上げる。この時、プッシャー 1 7 1 1 - 5 上で薬液を半導体基板 W の表面及び裏面に噴射することで、パーティクルを除去したり、付く難くしたりすることができる。

【 0 2 6 5 】

第 2 ロボット 1 7 0 8 は、半導体基板 W を第 2 洗浄機 1 7 0 7 に搬入し、ここで半導体基板 W の洗浄を行う。第 2 洗浄機 1 7 0 7 の構成も第 1 洗浄機 1 7 0 9 と同じ構成である。半導体基板 W の表面は、主にパーティクル除去のために、純水に界面活性剤、キレート剤、また pH 調整剤を加えた洗浄液を用いて、P V A スポンジロールによりスクラブ洗浄される。半導体基板 W の裏面には、ノズルから D H F 等の強い薬液を噴出し、拡散している銅をエッチングしたり、または拡散の問題がなければ、表面と同じ薬液を用いて P V A スポンジロールによるスクラブ洗浄をする。

30

【 0 2 6 6 】

上記洗浄の終了後、半導体基板 W を第 2 ロボット 1 7 0 8 で取上げ、反転機 1 7 0 6 に移し、該反転機 1 7 0 6 で反転させる。該反転させた半導体基板 W を第 1 ロボット 1 7 0 3 で取上げ第 3 洗浄機 1 7 0 4 に入れる。第 3 洗浄機 1 7 0 4 では、半導体基板 W の表面に超音波振動により励起されたメガソニック水を噴射して洗浄する。そのとき純水に界面活性剤、キレート剤、また pH 調整剤を加えた洗浄液を用いて公知のペンシル型スポンジで半導体基板 W の表面を洗浄してもよい。その後、スピン乾燥により、半導体基板 W を乾燥させる。

40

【 0 2 6 7 】

上記のように研磨テーブル 1 7 1 1 - 1 の近傍に設けた膜厚測定機 1 7 1 1 - 4 で膜厚を測定した場合は、半導体基板 W は、更に処理を施すことなく、そのままロード・アンロード部 1 7 1 1 のアンロードポートに載置されたカセットに収容される。

【 0 2 6 8 】

50

図73は、他の半導体基板処理装置の平面構成を示す図である。この半導体基板処理装置が図72に示す半導体基板処理装置と異なる点は、図72に示す銅めっきユニット1702の代わりに蓋めっきユニット1750を設けた点である。

銅膜を形成した半導体基板Wを収容したカセット1701-1は、ロード・アンロード部1701に載置される。半導体基板Wは、カセット1701-1から取出され、第1ポリッシング装置1710または第2ポリッシング装置1711に搬送されて、ここで銅めっき膜の表面が研磨される。この研磨終了後、半導体基板Wは、第1洗浄機1709で洗浄される。

【0269】

第1洗浄機1709で洗浄された半導体基板Wは、蓋めっきユニット1750に搬送され、ここで銅めっき膜の表面に保護膜が形成され、これによって、銅めっき膜が大気中で酸化することが防止される。蓋めっきを施した半導体基板Wは、第2ロボット1708によって蓋めっきユニット1750から第2洗浄機1707に搬送され、ここで純水または脱イオン水で洗浄される。洗浄後の半導体基板Wは、ロード・アンロード部1701に載置されたカセット1701-1に戻される。

【0270】

図74は、更に他の半導体基板処理装置の平面構成を示す図である。この半導体基板処理装置の図73に示す半導体基板処理装置と異なる点は、図73に示す第1洗浄機1709の代わりにアニールユニット1751を設けた点である。

前述のようにして、ポリッシング装置1710または1711で研磨され、第1洗浄機1709で洗浄された半導体基板Wは、蓋めっきユニット1750に搬送され、ここで銅めっき膜の表面に蓋めっきが施される。この蓋めっきが施された半導体基板Wは、第2ロボット1732によって、蓋めっきユニット1750から第1洗浄機1707に搬送され、ここで洗浄される。

【0271】

第1洗浄機1709で洗浄された半導体基板Wは、アニールユニット1751に搬送され、ここでアニールされる。これによって、銅めっき膜が合金化されて銅めっき膜のエレクトロマイグレーション耐性が向上する。アニールが施された半導体基板Wは、アニールユニット1751から第2洗浄機1707に搬送され、ここで純水または脱イオン水で洗浄される。洗浄後の半導体基板Wは、ロード・アンロード部1701に載置されたカセット1701-1に戻される。

【0272】

図75は、他の基板処理装置の平面配置構成を示す図である。図75において、図72と同一符号を付した部分は、同一または相当部分を示す。この基板研磨装置は、第1ポリッシング装置1710と第2ポリッシング装置1711に接近してプッシャーインデクサー1725を配置し、第3洗浄機1704と銅めっきユニット1702の近傍にそれぞれ基板載置台1721、1722を配置し、第1洗浄機1709と第3洗浄機1704の近傍にロボット1723を配置し、第2洗浄機1707と銅めっきユニット1702の近傍にロボット1724を配置し、更にロード・アンロード部1701と第1ロボット1703の近傍に乾燥状態膜厚測定機1713を配置している。

【0273】

上記構成の基板処理装置において、第1ロボット1703は、ロード・アンロード部1701のロードポートに載置されているカセット1701-1から半導体基板Wを取出し、乾燥状態膜厚測定機1713でバリア層及びシード層の膜厚を測定した後、該半導体基板Wを基板載置台1721に載せる。乾燥状態膜厚測定機1713が、第1ロボット1703のハンドに設けられている場合は、そこで膜厚を測定し、基板を基板載置台1721に載せる。第2ロボット1723で基板載置台1721上の半導体基板Wを銅めっきユニット1702に移送し、銅めっき膜を成膜する。銅めっき膜の成膜後、めっき前後膜厚測定機1712で銅めっき膜の膜厚を測定する。その後、第2ロボット1723は、半導体基板Wをプッシャーインデクサー1725に移送し搭載する。

【0274】

〔シリーズモード〕

シリーズモードでは、トップリングヘッド1710-2がプッシャーインデクサー1725上の半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル1710-1に移送し、研磨テーブル1710-1上の研磨面に該半導体基板Wを押圧して研磨を行う。研磨の終点検知は、上記と同様な方法で行い、研磨終了後の半導体基板Wは、トップリングヘッド1710-2でプッシャーインデクサー1725に移送され搭載される。第2ロボット1723で半導体基板Wを取出し、第1洗浄機1709に搬入し洗浄し、続いてプッシャーインデクサー1725に移送し搭載する。

【0275】

トップリングヘッド1711-2がプッシャーインデクサー1725上の半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル1711-1に移送し、その研磨面に該半導体基板Wを押圧して研磨を行う。研磨の終点検知は上記と同様な方法で行い、研磨終了後の半導体基板Wは、トップリングヘッド1711-2でプッシャーインデクサー1725に移送され搭載される。第3ロボット1724は、半導体基板Wを取上げ、膜厚測定機1726で膜厚を測定した後、第2洗浄機1707に搬入し洗浄する。続いて第3洗浄機1704に搬入し、ここで洗浄した後にスピンドライで乾燥を行い、その後、第3ロボット1724で半導体基板Wを取上げ、基板載置台1722上に載せる。

【0276】

〔パラレルモード〕

パラレルモードでは、トップリングヘッド1710-2または1711-2がプッシャーインデクサー1725上の半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル1710-1または1711-1に移送し、研磨テーブル1710-1または1711-1上の研磨面に該半導体基板Wを押圧して研磨を行う。膜厚を測定した後、第3ロボット1724で半導体基板Wを取上げ、基板載置台1722上に載せる。

第1ロボット1703は、基板載置台1722上の半導体基板Wを乾燥状態膜厚測定機1713に移送し、膜厚を測定した後、ロード・アンロード部1701のカセット1701-1に戻す。

【0277】

図76は、他の基板処理装置の平面配置構成を示す図である。この基板処理装置は、シード層が形成されていない半導体基板Wに、シード層及び銅めっき膜を形成し、研磨して回路配線を形成する基板処理装置である。

この基板研磨装置では、第1ポリッシング装置1710と第2ポリッシング装置1711に接近してプッシャーインデクサー1725を配置し、第2洗浄機1707とシード層成膜ユニット1727の近傍にそれぞれ基板載置台1721, 1722を配置し、シード層成膜ユニット1727と銅めっきユニット1702に接近してロボット1723を配置し、第1洗浄機1709と第2洗浄機1707の近傍にロボット1724を配置し、更にロード・アンロード部1701と第1ロボット1703の近傍に乾燥膜厚測定機1713を配置している。

【0278】

第1ロボット1703は、ロード・アンロード部1701のロードポートに載置されているカセット1701-1から、バリア層が形成されている半導体基板Wを取出して基板載置台1721に載せる。次に、第2ロボット1723は、半導体基板Wをシード層成膜ユニット1727に搬送し、ここでシード層を成膜する。このシード層の成膜は無電解めっきで行う。第2ロボット1723は、シード層の形成された半導体基板をめっき前後膜厚測定機1712でシード層の膜厚を測定する。膜厚測定後、銅めっきユニット1702に搬入し、ここで銅めっき膜を形成する。

【0279】

銅めっき膜を形成後、その膜厚を測定し、半導体基板をプッシャーインデクサー1725に移送する。トップリング1710-2または1711-2は、プッシャーインデクサー

10

20

30

40

50

1725上の半導体基板Wを吸着し、研磨テーブル1710-1または1711-1に移送し研磨する。研磨後、トップリング1710-2または1711-2は、半導体基板Wを膜厚測定機1710-4または1711-4に移送して膜厚を測定し、プッシャーインデクサー1725に移送して載せる。

【0280】

次に、第3ロボット1724は、プッシャーインデクサー1725から半導体基板Wを取上げ、第1洗浄機1709に搬入する。第3ロボット1724は、第1洗浄機1709から洗浄された半導体基板Wを取上げ、第2洗浄機1707に搬入し、洗浄し乾燥した半導体基板を基板載置台1722上に載置する。次に、第1ロボット1703は、半導体基板Wを取上げ乾燥状態膜厚測定機1713で膜厚を測定し、ロード・アンロード部1701のアンロードポートに載置されているカセット1701-1に収納する。

【0281】

図76に示す基板処理装置においても、回路パターンのコンタクトホールまたはトレンチが形成された半導体基板W上にバリア層、シード層及び銅めっき膜を形成し、研磨して回路配線を形成する。

バリア層形成前の半導体基板Wを収容したカセット1701-1を、ロード・アンロード部1701のロードポートに載置する。そして、第1ロボット1703でロード・アンロード部1701のロードポートに載置されているカセット1701-1から、半導体基板Wを取出して基板載置台1721に載せる。次に、第2ロボット1723は、半導体基板Wをシード層成膜ユニット1727に搬送し、ここでバリア層とシード層を成膜する。このバリア層とシード層の成膜は、無電解めっきで行う。第2ロボット1723は、バリア層とシード層を形成した半導体基板Wをめっき前後膜厚測定機1712に搬送し、ここで半導体基板Wに形成されたバリア層とシード層の膜厚を測定する。膜厚測定後、半導体基板Wを銅めっきユニット1702に搬入し、銅めっき膜を形成する。

【0282】

図77は、他の基板処理装置の平面配置構成を示す図である。この基板処理装置は、バリア層成膜ユニット1811、シード層成膜ユニット1812、めっきユニット1813、アニールユニット1814、第1洗浄ユニット1815、ベベル・裏面洗浄ユニット1816、蓋めっきユニット1817、第2洗浄ユニット1818、第1アライナ兼膜厚測定器1841、第2アライナ兼膜厚測定器1842、第1基板反転機1843、第2基板反転機1844、基板仮置き台1845、第3膜厚測定器1846、ロード・アンロード部1820、第1ポリッシング装置1821、第2ポリッシング装置1822、第1ロボット1831、第2ロボット1832、第3ロボット1833、第4ロボット1834を配置した構成である。膜厚測定器1841, 1842, 1846は、ユニットになっており、他のユニット(めっき、洗浄、アニール等のユニット)の間口寸法と同一サイズにしているため、入れ替え自在である。

この例では、バリア層成膜ユニット1811は無電解Ruめっき装置、シード層成膜ユニット1812は無電解銅めっき装置、めっきユニット1813は電解めっき装置を用いることができる。

【0283】

図78は、この基板処理装置内での各工程の流れを示すフローチャートである。このフローチャートに従って、この装置内での各工程について説明する。まず、第1ロボット1831によりロード・アンロードユニット1820に載置されたカセット1820aから取出された半導体基板は、第1アライナ兼膜厚測定ユニット1841内に被めっき面を上にして配置される。ここで、膜厚計測を行うポジションの基準点を定めるために、膜厚計測用のノッチアライメントを行った後、銅膜形成前の半導体基板の膜厚データを得る。

【0284】

次に、半導体基板は、第1ロボット1831により、バリア層成膜ユニット1811へ搬送される。このバリア層成膜ユニット1811は、無電解Ruめっきにより半導体基板上にバリア層を形成する装置で、半導体装置の層間絶縁膜(例えば、SiO₂)への銅拡散

防止膜としてRuを成膜する。洗浄、乾燥工程を経て払い出された半導体基板は、第1ロボット1831により第1アライナ兼膜厚測定ユニット1841に搬送され、半導体基板の膜厚、即ちバリア層の膜厚を測定される。

【0285】

膜厚測定された半導体基板は、第2ロボット1832でシード層成膜ユニット1812へ搬入され、前記バリア層上に無電解銅めっきによりシード層が成膜される。洗浄、乾燥工程を経て払い出された半導体基板は、第2ロボット1832により含浸めっきユニットであるめっきユニット1813に搬送される前に、ノッチ位置を定めるために第2アライナ兼膜厚測定器1842に搬送され、銅めっき用のノッチのアライメントを行う。この第2アライナ兼膜厚測定器1842で、必要に応じて銅膜形成前の半導体基板の膜厚を再計測してもよい。

10

【0286】

ノッチアライメントが完了した半導体基板は、第3ロボット1833によりめっきユニット1813へ搬送され、銅めっきが施される。洗浄、乾燥工程を経て払い出された半導体基板は、第3ロボット1833により半導体基板端部の不要な銅膜(シード層)を除去するためにベベル・裏面洗浄ユニット1816へ搬送される。ベベル・裏面洗浄ユニット1816では、予め設定された時間でベベルのエッチングを行うとともに、半導体基板裏面に付着した銅をフッ酸等の薬液により洗浄する。この時、ベベル・裏面洗浄ユニット1816へ搬送する前に、第2アライナ兼膜厚測定器1842にて半導体基板の膜厚測定を実施して、めっきにより形成された銅膜厚の値を得ておき、その結果により、ベベルのエッチング時間を任意に変えてエッチングを行っても良い。なお、ベベルエッチングによりエッチングされる領域は、基板の周縁部であって回路が形成されない領域、または回路が形成されていても最終的にチップとして利用されない領域である。この領域にはベベル部分が含まれる。

20

【0287】

ベベル・裏面洗浄ユニット1816で洗浄、乾燥工程を経て払い出された半導体基板は、第3ロボット1833で基板反転機1843に搬送され、該基板反転機1843にて反転され、被めっき面を下方に向けた後、第4ロボット1834により配線部を安定化させるためにアニールユニット1814へ投入される。アニール処理前及び/または処理後、半導体基板を第2アライナ兼膜厚測定ユニット1842に搬入し、半導体基板に形成された銅膜の膜厚を計測する。この後、半導体基板は、第4ロボット1834により第1ポリッシング装置1821に搬入され、半導体基板の銅層、シード層の研磨を行う。

30

【0288】

この時、砥粒等は所望のものが用いられるが、ディッシングを防ぎ、表面の平面度を出すために、固定砥粒を用いることもできる。第1ポリッシング終了後、半導体基板は、第4ロボット1834により第1洗浄ユニット1815に搬送され、洗浄される。この洗浄は、半導体基板直径とほぼ同じ長さを有するロールを半導体基板の表面と裏面に配置し、半導体基板及びロールを回転させつつ、純水または脱イオン水を流しながら洗浄するスクラブ洗浄である。

【0289】

第1の洗浄終了後、半導体基板は、第4ロボット1834により第2ポリッシング装置1822に搬入され、半導体基板上のバリア層が研磨される。この際、砥粒等は所望のものが用いられるが、ディッシングを防ぎ、表面の平面度を出すために、固定砥粒を用いることもできる。第2ポリッシング終了後、半導体基板は、第4ロボット1834により、再度第1洗浄ユニット1815に搬送され、スクラブ洗浄される。洗浄終了後、半導体基板は、第4ロボット1834により第2基板反転機844に搬送され反転されて、被めっき面を上方に向けられ、更に第3ロボット1833により基板仮置き台845に置かれる。

40

【0290】

半導体基板は、第2ロボット1832により基板仮置き台845から蓋めっきユニット1817に搬送され、銅の大気による酸化防止を目的に銅表面に蓋めっきを行う。蓋めっき

50

が施された半導体基板は、第2ロボット1832により蓋めっきユニット1817から第3膜厚測定器1846に搬入され、銅膜厚が測定される。その後、半導体基板は、第1ロボット1831により第2洗浄ユニット1818に搬入され、純水または脱イオン水により洗浄される。洗浄が終了した半導体基板は、第1ロボット1831によりロード・アンロード部820に載置されたカセット1820a内に戻される。

【0291】

このようにして、図95A至図95Cに示すように、銅からなる配線を形成し、その後、無電解蓋めっきによって、この配線の表面を保護層で選択的に覆って保護する。すなわち、半導体基板Wには、図95Aに示すように、半導体素子が形成された基板1の導電層1aの上にSiO₂からなる絶縁膜2が堆積され、リソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール3と配線用のトレンチ4が形成され、その上にTa₂N₅等からなるバリア層5、更にその上にシード層7が形成される。

10

【0292】

そして、図95Bに示すように、半導体基板W表面に銅めっきを施すことで、半導体基板Wのコンタクトホール3及びトレンチ4内に銅を充填させると共に、絶縁膜2上に銅膜6を堆積させる。その後化学的機械的研磨(CMP)により絶縁膜2上の銅膜6を除去して、図95Cに示すように、コンタクトホール3および配線用のトレンチ4に充填した銅膜6の表面と絶縁膜102の表面とを略同一平面にする。配線保護膜8は、露出した金属表面の上に形成される。

【0293】

この場合、シード層7は、薄肉部のない完全なものとなるように補強される。図94は、この補強処理の工程の流れを示すフロー図である。

20

まず、表面にシード層7(図95A参照)を形成した基板Wを、シード層7に追加の金属を成膜する電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットからなるプリ・プレーティングユニットに搬入する(ステップ1)。

次に、この電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットで第1段めっき処理(プリプレーティング)を行って、シード層7の薄肉部を補強しこれを完全なものとする(ステップ2)。

第1段めっき処理終了後、必要に応じて、基板Wを水洗部に搬送して水洗し(ステップ3)、しかる後、水洗後の基板Wを、トレンチに金属を埋込む電解めっき装置に搬送する。

30

【0294】

次に、この電解めっき装置で、基板Wの表面に第2段めっき処理を施して、銅を効果的に埋込む(ステップ4)。この時、第1段めっき処理を施すことで、シード層7が補強されて薄肉部のない完全なものとなっているため、第2段めっき処理の際に、シード層7に均一に電流が流れて、ポイドのない銅の埋込みが可能となる。

第2段めっき処理終了後、必要に応じて、基板Wを水洗部に搬送して水洗する(ステップ5)。しかる後、水洗後の基板Wをベベルエッチ・薬液洗浄部に搬送し、このベベルエッチ・薬液洗浄部で、銅めっき処理後の基板Wを薬液で洗浄するとともに、基板Wのベベル部に薄く形成された銅薄膜等をエッチング除去する(ステップ6)。次に、この基板を、洗浄・乾燥処理部に搬送し、ここで基板Wの洗浄・乾燥処理を行う(ステップ7)。しかる後、この基板を搬送装置でロード・アンロード部のカセットに戻す(ステップ8)。

40

【0295】

図95Aに示す半導体基板Wに電解銅めっきを施すプロセスを説明する。

まず、半導体基板Wを、例えばプリント基板用ハイスロー硫酸銅めっき液等の第1めっき液に浸漬させて、第1のめっき処理を行う。この処理によって、半導体基板Wの表面に形成したトレンチの側面及び底面を含む全表面に均一な初期めっき膜を形成する。ここに、プリント基板用ハイスロー硫酸銅めっき液は、硫酸銅の濃度が低く、硫酸濃度が高い均一電着性及び被覆性に優れた組成の銅めっき液であり、例えば、硫酸銅5~100g/l、硫酸100~250g/lの組成のものである。

このめっき液は、硫酸銅濃度が低く、硫酸濃度が高いため、めっき液の伝導率が上がり、

50

分極が大きくなって、均一電着性が向上する。この結果、めっき金属を半導体基板Wの表面に均一に付着させて、微細なトレンチの底部や側面にめっきの未着部分が生じてしまうことを防止することができる。

【0296】

そして、半導体基板Wを水洗いした後、第2のめっき液、例えば、装飾用硫酸銅めっき液に浸漬させて第2段めっき処理を行う。この処理によって、トレンチの内部に銅を埋込むとともに、基板の表面に平坦なめっき膜を形成する。ここに、この硫酸銅めっき液は、硫酸銅の濃度が高く、硫酸濃度が低いレベリング性に優れた組成の銅めっき液であり、例えば、硫酸銅100～300g/l、硫酸10～100g/lの組成のものである。

ここに、レベリング性とは、表面平坦度に対する性質を意味する。

10

【0297】

電解めっきユニットまたは無電解めっきユニットからなるプリプレーティングユニットは、電解めっき装置の内部に配置される。

ライナ兼膜厚測定器1841及びライナ兼膜厚測定器1842は、基板ノッチ部分の位置決め及び膜厚の測定を行う。

シード層成膜ユニット1812を省略することもできる。この場合、めっき膜は、めっき装置1813でバリア層の表面に直接形成される。

シード層成膜ユニットは、電解めっきユニットまたは無電解めっき装置から構成される。この場合、例えば銅膜からなるシード層は、電解めっきまたは無電解めっきによってバリア層の表面に形成され、その後、めっきユニット1813で4バリア層の上にめっき膜が形成される。

20

【0298】

ベベル・裏面洗浄ユニット1816は、エッジ(ベベル)銅エッチングと裏面洗浄が同時に行え、また基板表面の回路形成部の銅の自然酸化膜の成長を抑えることが可能である。

図79に、ベベル・裏面洗浄ユニット1816の概略図を示す。図79に示すように、ベベル・裏面洗浄ユニット1816は、有底円筒状の防水カバー1920の内部に位置して基板Wをフェイスアップでその周縁部の円周方向に沿った複数箇所スピチャック1921により水平に保持して高速回転させる基板保持部1922と、この基板保持部1922で保持された基板Wの表面側のほぼ中央部上方に配置されたセンタノズル1924と、基板Wの周縁部の上方に配置されたエッジノズル1926とを備えている。センタノズル1924及びエッジノズル1926は、それぞれ下向きで配置されている。また基板Wの裏面側のほぼ中央部の下方に位置して、バックノズル1928が上向きで配置されている。エッジノズル1926は、基板Wの直径方向及び高さ方向を移動自在に構成されている。

30

【0299】

このエッジノズル1926の移動幅Lは、基板の外周端面から中心部方向に任意の位置決めが可能になっていて、基板Wの大きさや使用目的等に合わせて、設定値の入力を行う。通常、2mmから5mmの範囲でエッジカット幅Cが設定される。この場合、裏面から表面への液の回り込み量が問題にならない回転数以上であれば、その設定されたカット幅C内の銅膜が除去される。

40

【0300】

次に、この洗浄装置による洗浄方法について説明する。まず、スピチャック1921を介して半導体基板Wを基板保持部1922で水平に保持した状態で、半導体基板Wを基板保持部1922と一体に水平回転させる。この状態で、センタノズル1924から基板Wの表面側の中央部に酸溶液を供給する。この酸溶液としては非酸化性の酸であればよく、例えばフッ酸、塩酸、硫酸、クエン酸、蔞酸等を用いる。一方、エッジノズル1926から基板Wの周縁部に酸化剤溶液を連続的または間欠的に供給する。この酸化剤溶液としては、オゾン水、過酸化水素水、硝酸水、次亜塩素酸ナトリウム水等のいずれかを用いるか、またはそれらの組み合わせを用いる。

【0301】

50

これにより、半導体基板Wの周縁部のエッジカット幅Cの領域では、上面及び端面に成膜された銅膜等は酸化剤溶液で急速に酸化され、同時にセンタノズル1924から供給されて基板の表面全面に広がる酸溶液によってエッチングされ溶解除去される。このように、基板周縁部で酸溶液と酸化剤溶液を混合させることで、予めそれらの混合水をノズルから供給するのに比べて急峻なエッチングプロファイルを得ることができる。この時、それらの濃度により銅のエッチングレートが決定される。基板の表面の回路形成部に銅の自然酸化膜が形成されていた場合、この自然酸化物は、基板の回転に伴って基板の表面全面に亘って広がる酸溶液で直ちに除去されて成長することはない。センタノズル1924からの酸溶液の供給を停止した後、エッジノズル1926からの酸化剤溶液の供給を停止する。これにより、表面に露出しているシリコンを酸化して、銅の付着を抑制することができる。 10

【0302】

一方、バックノズル1928から基板の裏面中央部に酸化剤溶液とシリコン酸化膜エッチング剤とを同時または交互に供給する。これにより、半導体基板Wの裏面側に金属状に付着している銅等を基板のシリコンごと酸化剤溶液で酸化し、シリコン酸化膜エッチング剤でエッチングして除去することができる。この酸化剤溶液としては、表面に供給する酸化剤溶液と同じものにする方が薬品の種類を少なくする上で好ましい。シリコン酸化膜エッチング剤としては、フッ酸を用いることができ、基板の表面側の酸溶液もフッ酸を用いると薬品の種類を少なくすることができる。これにより、酸化剤供給を先に停止すれば疎水面が得られ、エッチング剤溶液を先に停止すれば飽水面（親水面）が得られて、その後のプロセスの要求に応じた裏面に調整することもできる。 20

【0303】

このように、酸溶液すなわちエッチング液を基板に供給して、基板Wの表面に残留する金属イオンを除去した後、更に純水を供給して、純水置換を行ってエッチング液を除去し、その後、スピン乾燥を行う。このようにして、半導体基板表面の周縁部のエッジカット幅C内の銅膜の除去と裏面の銅汚染除去を同時に行って、この処理を、例えば80秒以内に完了させることができる。エッジのエッジカット幅を任意（2mm～5mm）に設定することが可能であるが、エッチングに要する時間はカット幅に依存しない。

【0304】

めっき後のCMP工程前に、アニール処理を行うことが、この後のCMP処理や配線の電気特性に対して良い効果を示す。アニール無しでCMP処理後に幅の広い配線（数μm単位）の表面を観察すると、マイクロポイドのような欠陥が多数見られ、配線全体の電気抵抗を増加させたが、アニールを行うことでこの電気抵抗の増加は改善された。アニール無しの場合に、細い配線にはポイドが見られなかった。これにより、これらの現象には、粒成長の度合いが関わっていることが考えられる。つまり、細い配線では粒成長が起こりにくい、幅の広い配線では粒成長に伴い、アニール処理に伴うグレン成長の過程で、めっき膜中のSEM（走査型電子顕微鏡）でも見えないほどの超微細ポアが集結しつつ上へ移動することで、配線上部にマイクロポイド用の凹みが生じたという推測ができる。アニールユニット1814のアニール条件としては、水素（2%以下）を添加したガスの雰囲気、温度を300～400程度に設定し、アニール時間は1～5分間である。このような条件の下で、上記の効果が得られた。 30 40

【0305】

図82及び図83は、アニールユニット1814を示す。このアニールユニット1814は、半導体基板Wを出し入れするゲート1000を有するチャンバ1002を備えており、このチャンバ1002の内部に位置して、半導体基板Wを、例えば400に加熱するホットプレート1004と、例えば冷却水を流して半導体基板Wを冷却するクールプレート1006が上下に配置されている。アニールユニット1814には、クールプレート1006の内部を貫通して上下方向に延び、上端に半導体基板Wを載置保持する複数の昇降ピン1008が昇降自在に配置されている。更に、アニール時に半導体基板Wとホットプレート1008との間に酸化防止用のガスを導入するガス導入管1010と、該ガス導入 50

管 1 0 1 0 から導入され、半導体基板 W とホットプレート 1 0 0 4 との間を流れたガスを排気するガス排気管 1 0 1 2 がホットプレート 1 0 0 4 を挟んで互いに対峙する位置に配置されている。

【 0 3 0 6 】

ガス導入管 1 0 1 0 は、内部にフィルタ 1 0 1 4 a を有する N₂ ガス導入路 1 0 1 6 内を流れる N₂ ガスと、内部にフィルタ 1 0 1 4 b を有する H₂ ガス導入路 1 0 1 8 内を流れる H₂ ガスとを混合器 1 0 2 0 で混合し、この混合器 1 0 2 0 で混合したガスが流れる混合ガス導入路 1 0 2 2 に接続されている。

【 0 3 0 7 】

これにより、ゲート 1 0 0 0 を通じてチャンバ 1 0 0 2 の内部に搬入した半導体基板 W を昇降ピン 1 0 0 8 で保持し、昇降ピン 1 0 0 8 を該昇降ピン 1 0 0 8 で保持した半導体基板 W とホットプレート 1 0 0 4 との距離が、例えば 0 . 1 ~ 1 . 0 m m 程度となるまで上昇させる。この状態で、ホットプレート 1 0 0 4 を介して半導体基板 W を、例えば 4 0 0 となるように加熱し、同時にガス導入管 1 0 1 0 から酸化防止用のガスを導入して半導体基板 W とホットプレート 1 0 0 4 との間を流してガス排気管 1 0 1 2 から排気する。これによって、酸化を防止しつつ半導体基板 W をアニールし、このアニールを、例えば数十秒 ~ 6 0 秒程度継続してアニールを終了する。基板の加熱温度は 1 0 0 ~ 6 0 0 が選択される。

【 0 3 0 8 】

アニール終了後、昇降ピン 1 0 0 8 を該昇降ピン 1 0 0 8 で保持した半導体基板 W とクールプレート 1 0 0 6 との距離が、例えば 0 ~ 0 . 5 m m 程度となるまで下降させる。この状態で、クールプレート 1 0 0 6 内に冷却水を導入することで、半導体基板 W の温度が 1 0 0 以下となるまで、例えば 1 0 ~ 6 0 秒程度、半導体基板を冷却し、この冷却終了後の半導体基板を次工程に搬送する。

なお、この例では、酸化防止用のガスとして、N₂ ガスと数 % の H₂ ガスを混合した混合ガスを流すようにしているが、N₂ ガスのみを流すようにしてもよい。

アニールユニットを電解めっき装置の内部に配置してもよい。

【 0 3 0 9 】

図 8 0 は、無電解めっき装置の概略構成図である。図 8 0 に示すように、この無電解めっき装置は、被めっき部材である半導体基板 W を上面に保持する保持手段 1 9 1 1 と、保持手段 1 9 1 1 に保持された半導体基板 W の被めっき面（上面）の周縁部に当接して該周縁部をシールする堰部材 1 9 3 1 と、堰部材 1 9 3 1 でその周縁部をシールされた半導体基板 W の被めっき面にめっき液を供給するシャワーヘッド 1 9 4 1 を備えている。無電解めっき装置は、さらに保持手段 1 9 1 1 の上部外周近傍に設置されて半導体基板 W の被めっき面に洗浄液を供給する洗浄液供給手段 1 9 5 1 と、排出された洗浄液等（めっき廃液）を回収する回収容器 1 9 6 1 と、半導体基板 W 上に保持しためっき液を吸引して回収するめっき液回収ノズル 1 9 6 5 と、前記保持手段 1 9 1 1 を回転駆動するモータ M とを備えている。以下、各部材について説明する。

【 0 3 1 0 】

保持手段 1 9 1 1 は、その上面に半導体基板 W を載置して保持する基板載置部 1 9 1 3 を有している。この基板載置部 1 9 1 3 は、半導体基板 W を載置して固定するように構成されており、具体的には半導体基板 W をその裏面側に真空吸着する図示しない真空吸着機構を有している。一方、基板載置部 1 9 1 3 の裏面側には、面状であって半導体基板 W の被めっき面を下面側から暖めて保温する裏面ヒータ 1 9 1 5 が設置されている。この裏面ヒータ 1 9 1 5 は、例えばラバーヒータによって構成されている。この保持手段 1 9 1 1 は、モータ M によって回転駆動されると共に、図示しない昇降手段によって上下動できるように構成されている。

【 0 3 1 1 】

堰部材 1 9 3 1 は、筒状であって、その下部に半導体基板 W の外周縁をシールするシール部 1 9 3 3 を有し、図示の位置から上下動しないように設置されている。

シャワーヘッド1941は、先端に多数のノズルを設けることで、供給されためっき液をシャワー状に分散して半導体基板Wの被めっき面に略均一に供給する構造のものである。また洗浄液供給手段1951は、ノズル1953から洗浄液を噴出する構造である。めっき液回収ノズル1965は、上下動且つ旋回できるように構成されていて、その先端が半導体基板Wの上面周縁部の堰部材1931の内側に下降して半導体基板W上のめっき液を吸引するように構成されている。

【0312】

次に、この無電解めっき装置の動作を説明する。まず図示の状態よりも保持手段1911を下降して堰部材1931との間に所定寸法の隙間を設け、基板載置部1913に半導体基板Wを載置・固定する。半導体基板Wとしては、例えば8インチ基板を用いる。

10

次に、保持手段1911を上昇して、図示のようにその上面を堰部材1931の下面に当接させ、同時に半導体基板Wの外周を堰部材1931のシール部1933によってシールする。この時、半導体基板Wの表面は、開放された状態となっている。

【0313】

次に、裏面ヒータ1915によって半導体基板W自体を直接加熱して、例えば半導体基板Wの温度を70℃にする(めっき終了まで維持する)。次に、シャワーヘッド1941から、例えば50℃に加熱されためっき液を噴出して半導体基板Wの表面の略全体にめっき液を降り注ぐ。半導体基板Wの表面は、堰部材1931によって囲まれているので、注入しためっき液は全て半導体基板Wの表面に保持される。供給するめっき液の量は、半導体基板Wの表面に1mm厚(約30ml)となる程度の少量で良い。なお被めっき面上に保持するめっき液の深さは10mm以下であれば良く、この例のように1mmでも良い。この例のように供給するめっき液が少量で済めば、これを加熱する加熱装置も小型のもので良くなる。この例においては、半導体基板Wの温度を70℃に、めっき液の温度を50℃に加熱しているため、半導体基板Wの被めっき面は、例えば60℃になり、この例におけるめっき反応に最適な温度にできる。

20

【0314】

そして、モータMによって半導体基板Wを瞬時回転させて被めっき面の均一な液濡れを行い、その後半導体基板Wを静止した状態で被めっき面のめっきを行う。具体的には、半導体基板Wを1secだけ100rpm以下で回転して半導体基板Wの被めっき面上をめっき液で均一に濡らし、その後静止させて1min間無電解めっきを行わせる。なお瞬時回転時間は、長くても10sec以下とする。

30

【0315】

めっき処理が完了した後、めっき液回収ノズル1965の先端を半導体基板Wの表面周縁部の堰部材1931の内側近傍に下降し、めっき液を吸い込む。この時、半導体基板Wを、例えば100rpm以下の回転速度で回転させれば、半導体基板W上に残っためっき液を遠心力で半導体基板Wの周縁部の堰部材1931の部分に集めることができ、効率良く、且つ高い回収率でめっき液の回収ができる。そして、保持手段1911を下降させて半導体基板Wを堰部材1931から離し、半導体基板Wの回転を開始して洗浄液供給手段1951のノズル1953から洗浄液(超純水)を半導体基板Wの被めっき面に噴射して被めっき面を冷却すると同時に希釈化・洗浄することで無電解めっき反応を停止させる。この時、ノズル1953から噴射される洗浄液を堰部材1931にも当てることで堰部材1931の洗浄を同時に行っても良い。この時のめっき廃液は、回収容器1961に回収され、廃棄される。

40

【0316】

そしてモータMによって半導体基板Wを高速回転してスピン乾燥した後、保持手段1911から取出す。

【0317】

図81は、他の無電解めっき装置の概略構成図である。図81に示す無電解めっき装置が図80の無電解めっき装置と相違する点は、保持手段1911内に裏面ヒータ1915を設ける代わりに、保持手段1911の上方にランプヒータ1917を設置し、このランプ

50

ヒータ 917 とシャワーヘッド 1941-2 とを一体化した点である。例えば、複数の半径の異なるリング状のランプヒータ 1917 を同心円状に設置し、ランプヒータ 1917 の間の隙間からシャワーヘッド 1941-2 の多数のノズル 1943-2 をリング状に開口させている。ランプヒータ 1917 としては、渦巻状の一本のランプヒータで構成しても良いし、更にそれ以外の各種構造・配置のランプヒータで構成しても良い。

【0318】

このように構成しても、めっき液は、各ノズル 1943-2 から半導体基板 W の被めっき面上にシャワー状に略均等に供給でき、またランプヒータ 1917 によって半導体基板 W の加熱・保温も直接均一に行える。ランプヒータ 1917 の場合、半導体基板 W とめっき液の他に、その周囲の空気をも加熱するので半導体基板 W の保温効果もある。

10

【0319】

ランプヒータ 1917 によって半導体基板 W を直接加熱するには、比較的大きい消費電力のランプヒータ 1917 が必要になるので、その代わりに比較的小さい消費電力のランプヒータ 1917 と図 79 に示す裏面ヒータ 1915 とを併用して、半導体基板 W は主として裏面ヒータ 1915 によって加熱し、めっき液と周囲の空気の保温は主としてランプヒータ 917 によって行うようにしても良い。また前述の例と同様に、半導体基板 W を直接、または間接的に冷却する手段をも設けて、温度制御を行っても良い。

前述の蓋めっきは、好ましくは無電解めっき処理によって行われるが、電解めっき処理で行うようにしても良い。

【0320】

20

産業上の利用の可能性

この発明は、基板処理装置に適し、更に詳しくは、半導体基板の表面に形成された微細な溝の内部に銅を埋込んで、埋込み配線回路を形成するのに使用される。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態の基板処理装置の全体の構成を示す図である。

【図 2】

めっき装置の全体配置図である。

【図 3】

めっき装置のロード・アンロード部を示す図である。

30

【図 4】

めっき装置のめっきユニットの概略断面図である。

【図 5】

めっき装置の基板洗浄装置の概略図である。

【図 6】

めっき装置の基板洗浄装置の他の例を示す概略断面図である。

【図 7】

CMP 装置の全体配置図である。

【図 8】

CMP 装置のトップリングと研磨テーブルとの関係を示す図である。

40

【図 9】

CMP 装置のトップリングと研磨テーブルとの関係を示す断面図である。

【図 10】

図 9 に示すトップリングの断面図である。

【図 11】

図 9 に示すトップリングの底面図である。

【図 12】

CMP 装置における当接部材（センターバック及びリングチューブ）の他の例を示す図である。

【図 13】

50

CMP装置における当接部材(センターバック及びリングチューブ)の更に他の例を示す図である。

【図14】

CMP装置における当接部材(センターバック及びリングチューブ)の更に他の例を示す図である。

【図15】

CMP装置のトップリングの他の例を示す断面図である。

【図16】

CMP装置のトップリングの更に他の例を示す断面図である。

【図17】

基板搬送箱を示す平面図である。

【図18】

基板搬送箱を示す正面図である。

【図19】

基板搬送箱の他の例を示す平断面図である。

【図20】

図19のA-A線断面図である。

【図21】

他の基板搬送箱の正面図である。

【図22】

他の基板搬送箱の裏面図である。

【図23】

他の基板搬送箱の使用状態の説明に付する図である。

【図24】

基板搬送箱の更に他の例を示す平断面図である。

【図25】

図24のB-B線断面図である。

【図26】

基板処理装置の全体構成の他の例を示す図である。

【図27】

基板処理装置の全体構成の更に他の例を示す図である。

【図28】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の一例を示す概略断面図である。

【図29】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の他の例を示す概略断面図である。

【図30】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図31】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図32】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図33】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図34】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図35】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図36】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図37】

10

20

30

40

50

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図 3 8】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図 3 9】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図 4 0】

膜厚分布調整機能を有する銅めっき装置の更に他の例を示す概略断面図である。

【図 4 1】

研磨量調整機能を有する C M P 装置の一例を示す斜視図である。

【図 4 2】

図 4 2 の縦断正面図である。

【図 4 3】

図 4 3 A は、図 4 0 の変形例を示す平面図、図 4 3 B はその縦断正面図である。

【図 4 4】

研磨量調整機能を有する C M P 装置の他の例を示す斜視図である。

【図 4 5】

図 4 4 の縦断正面図である。

【図 4 6】

研磨量調整機能を有する C M P 装置の他の例の平面図である。

【図 4 7】

基板処理装置の他の例を示す平面配置図である。

【図 4 8】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図 4 9】

2 段めっきの説明に付する図である。

【図 5 0】

図 4 9 の変形例の説明に付する図である。

【図 5 1】

銅シード層の電気抵抗を測定して銅めっき層装置を C M P 装置とを制御する例を示すブロック図である。

【図 5 2】

銅シード層抵抗測定端子とカソードとを兼用した電気端子部材の一例を示す断面図である。

【図 5 3】

図 5 2 の一部を示す斜視図である。

【図 5 4】

電気端子のそれぞれ異なる例を示す断面図である。

【図 5 5】

電子端子部材のそれぞれ異なるセンタリンク機構の説明に付する断面図である。

【図 5 6】

図 5 2 に示す電気端子部材を使用して銅シード層の電気抵抗を測定する際の説明に付する図である。

【図 5 7】

銅シード層の電気抵抗を測定する際の、他の測定方法の説明に付する図である。

【図 5 8】

銅シード層の電気抵抗を測定する際の、更に他の測定方法の説明に付する図である。

【図 5 9】

銅シード層の電気抵抗を測定する際の、更に他の測定方法の説明に付する図である。

【図 6 0】

銅シード層抵抗測定端子とカソードとを兼用した電気端子部材の他の例を示す断面図であ

10

20

30

40

50

る。

【図 6 1】

図 6 0 に示す電気端子部材を使用して銅シード層の電気抵抗の測定する際の説明に付する図である。

【図 6 2】

銅めっきによって銅配線を形成する例を工程順に示す図である。

【図 6 3】

従来の基板処理装置の全体構成を示す図である。

【図 6 4】

従来のめっき装置を示す概略断面図である。

10

【図 6 5】

基板処理装置を示す平面配置図である。

【図 6 6】

図 6 5 に示す基板処理装置内の気流の流れを示す図である。

【図 6 7】

図 6 6 に示す基板処理装置の各エリア間の空気の流れを示す図である。

【図 6 8】

図 6 5 に示す基板処理装置をクリーンルーム内に配置した一例を示す外観図である。

【図 6 9】

基板処理装置の他の例を示す平面配置図である。

20

【図 7 0】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図 7 1】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図 7 2】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図 7 3】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図 7 4】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

30

【図 7 5】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図 7 6】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図 7 7】

基板処理装置の更に他の例を示す平面配置図である。

【図 7 8】

図 7 7 に示す基板処理装置における各工程の流れを示すフローチャートである。

【図 7 9】

ベベル・裏面洗浄ユニットを示す概要図である。

40

【図 8 0】

無電解めっき装置の一例を示す概要図である。

【図 8 1】

無電解めっき装置の他の例を示す概要図である。

【図 8 2】

アニールユニットの一例を示す縦断正面図である。

【図 8 3】

図 8 2 の平断面図である。

【図 8 4】

めっきユニットを示す平面図である。

50

【図 8 5】

図 8 4 の A - A 線断面図である。

【図 8 6】

基板保持部及びカソード部の拡大断面図である。

【図 8 7】

基板保持部の縦断正面図である。

【図 8 8】

カソード部の断面図である。

【図 8 9】

電極アームの平面図である。

【図 9 0】

図 8 9 の縦断正面図である。

【図 9 1】

図 8 9 の E - E 線断面図である。

【図 9 2】

図 9 1 の一部を拡大して示す拡大図である。

【図 9 3】

電極アームの電極部のハウジングを除いた状態の平面図である。

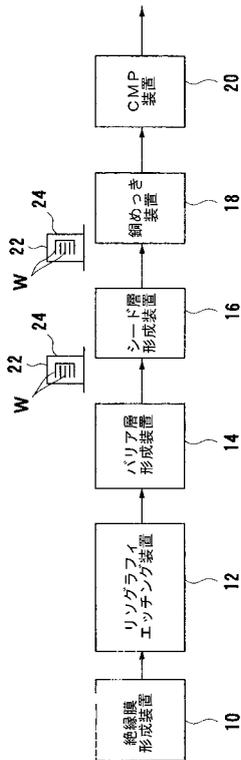
【図 9 4】

シード層を補強する処理工程の流れを示すフロー図である。

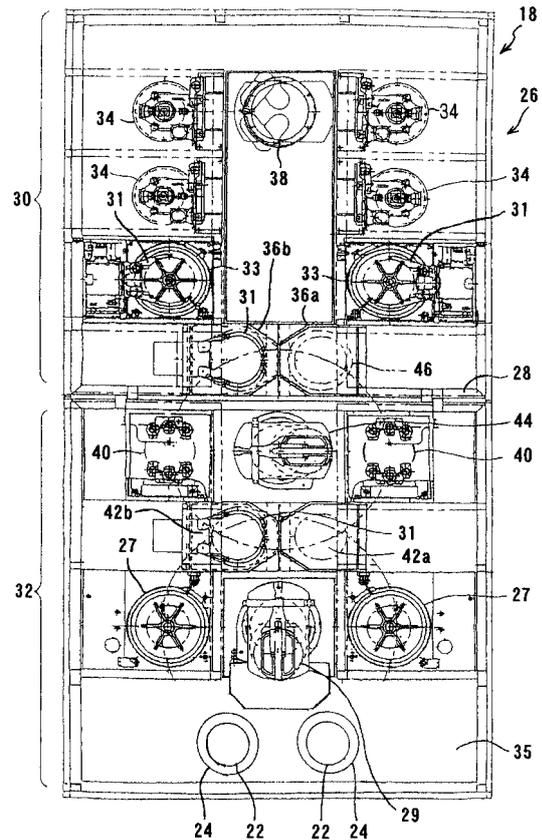
【図 9 5】

基板の表面にめっきを施して銅からなる配線を形成し、しかる後、配線上に保護膜で選択的に形成する、一連の処理工程を示す図である。

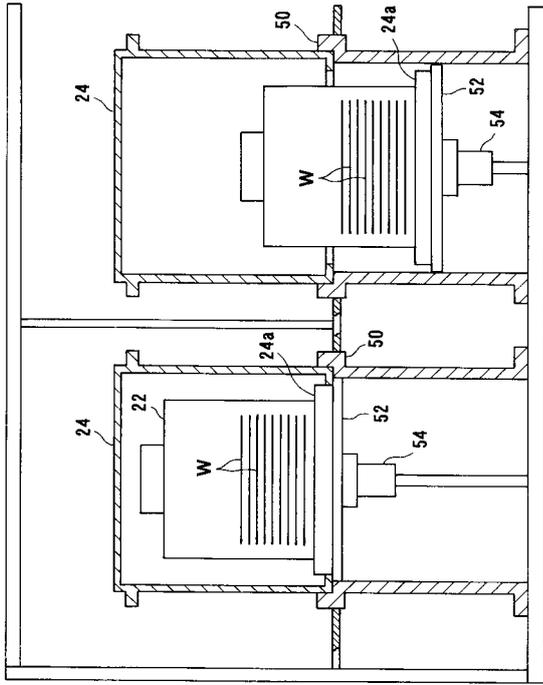
【図 1】



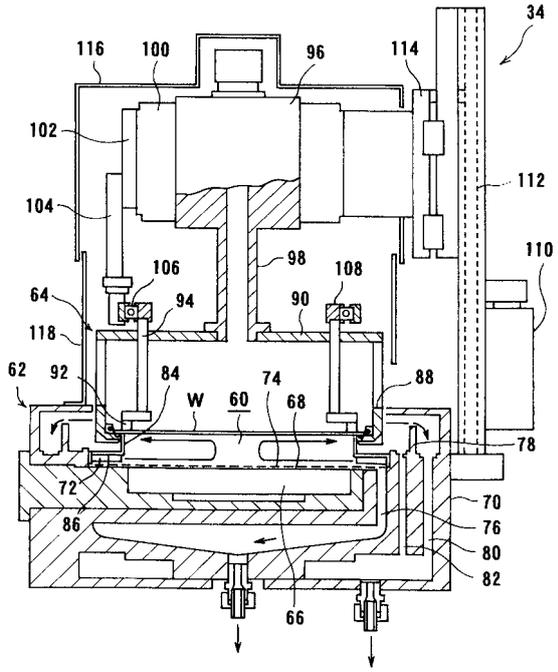
【図 2】



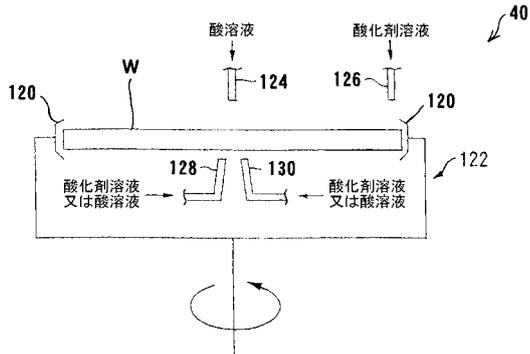
【 図 3 】



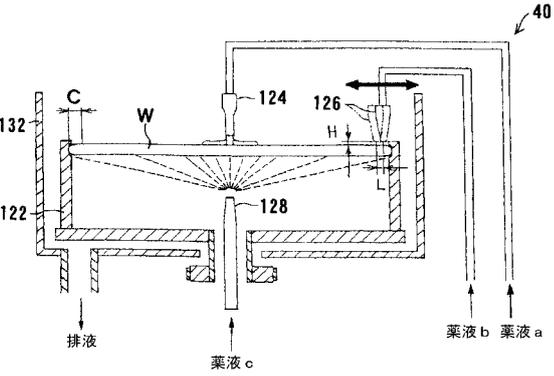
【 図 4 】



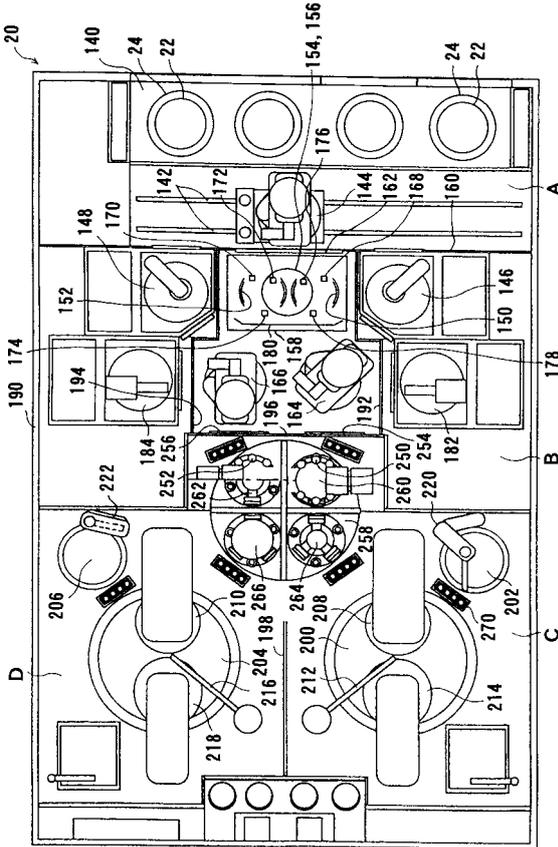
【 図 5 】



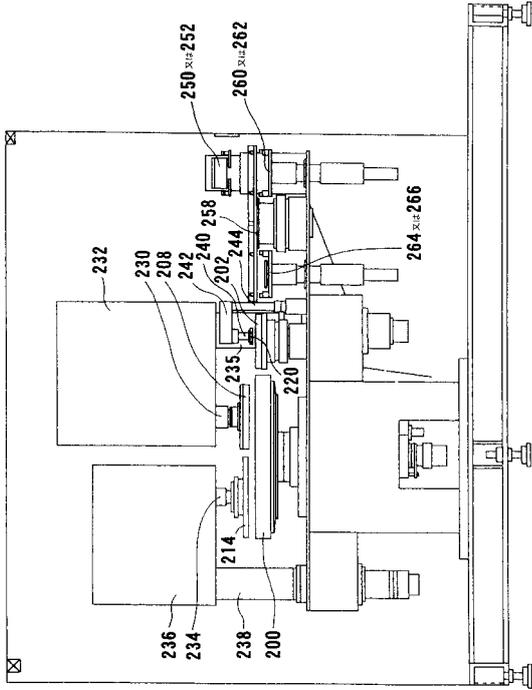
【 図 6 】



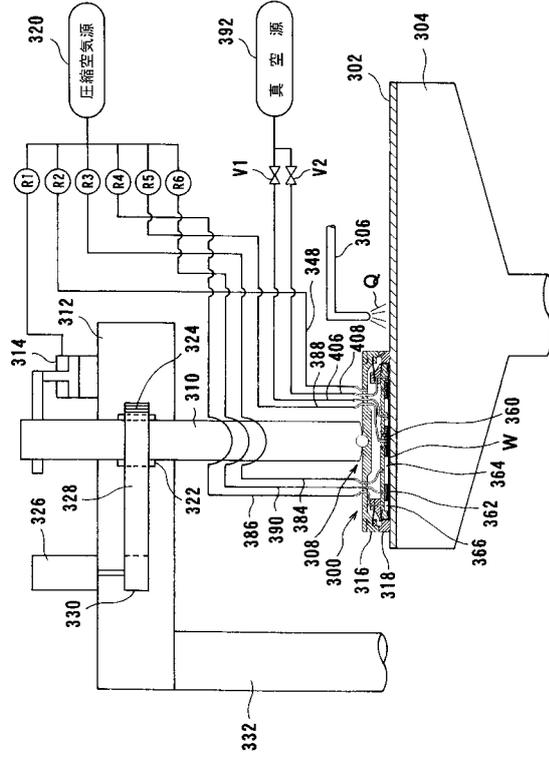
【 図 7 】



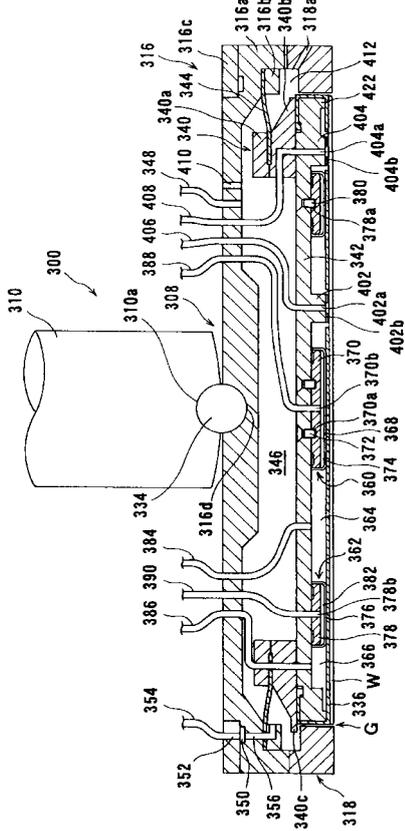
【 図 8 】



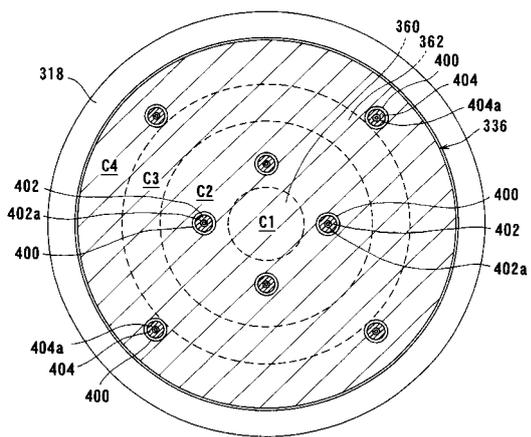
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



【 図 1 2 】

図 1 2 A

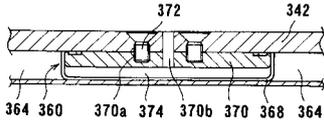


図 1 2 B

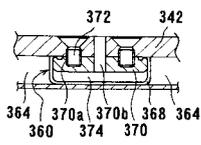


図 1 2 C

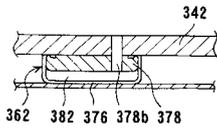


図 1 2 D

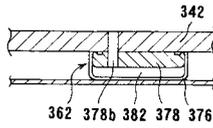
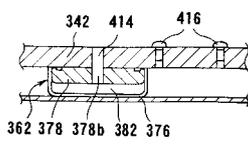
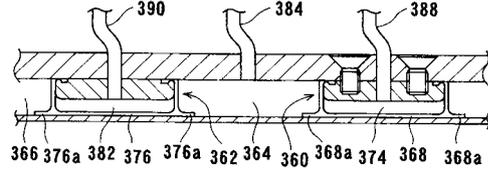


図 1 2 E



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】

図 1 4 A

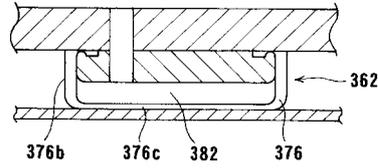
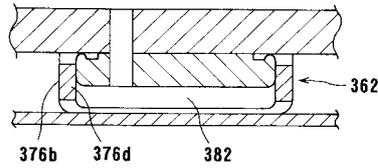
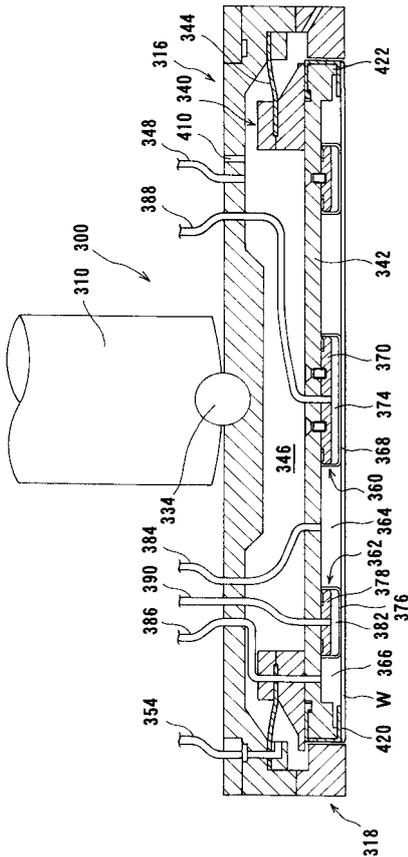


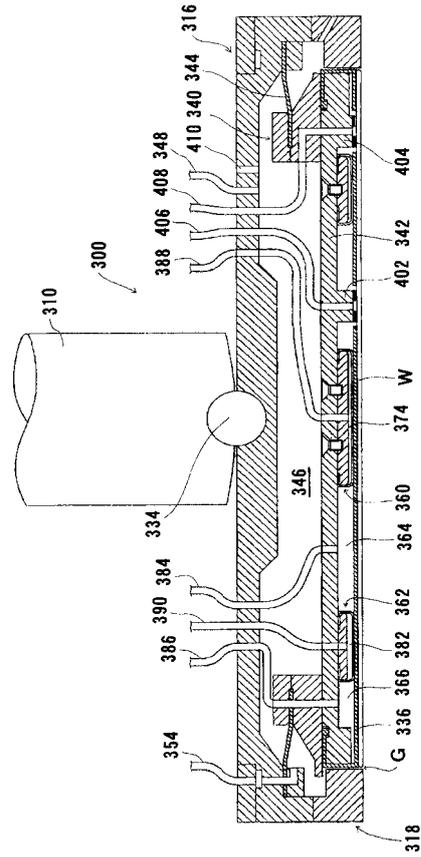
図 1 4 B



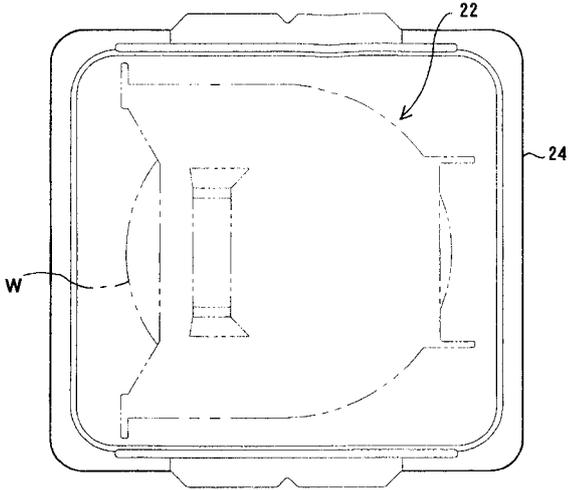
【 図 1 5 】



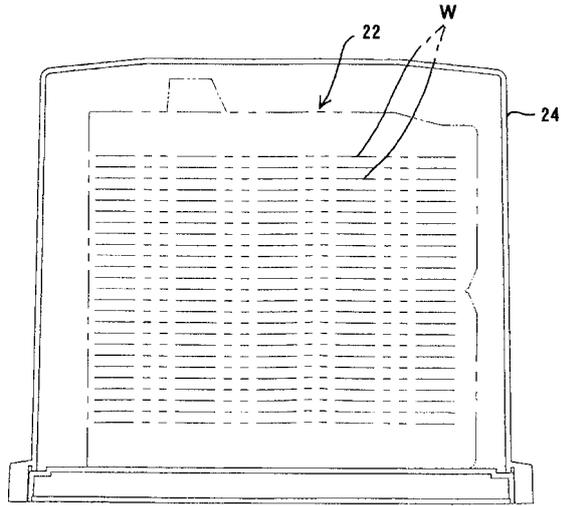
【 図 1 6 】



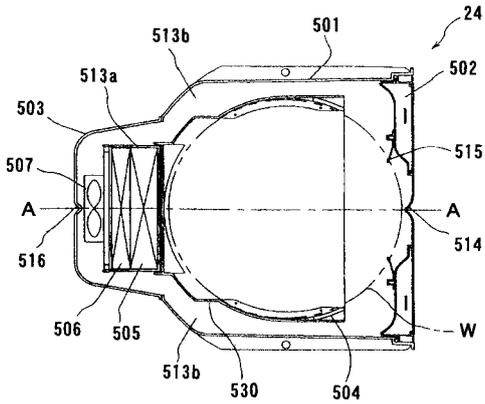
【 図 17 】



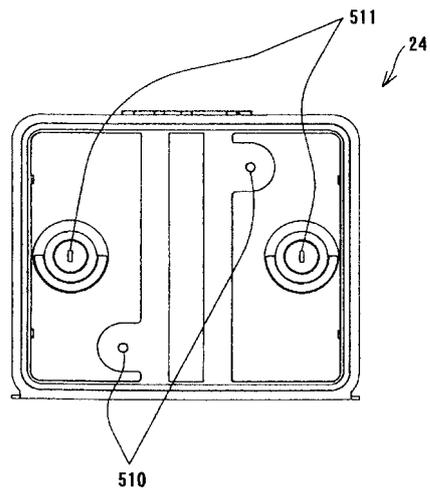
【 図 18 】



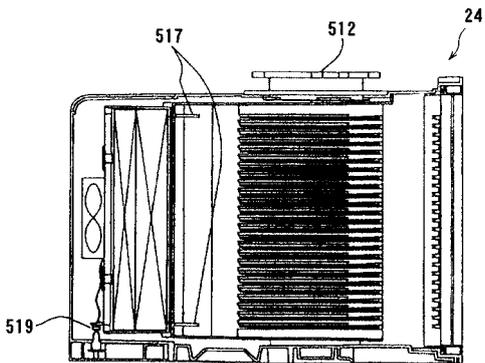
【 図 19 】



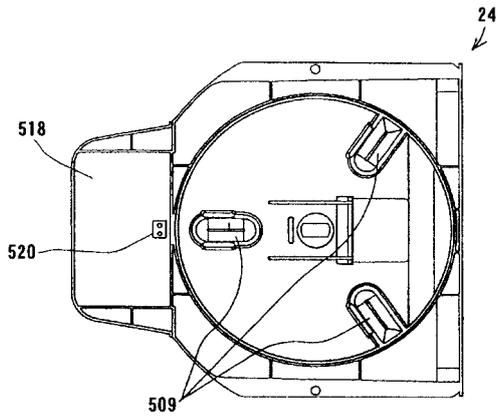
【 図 21 】



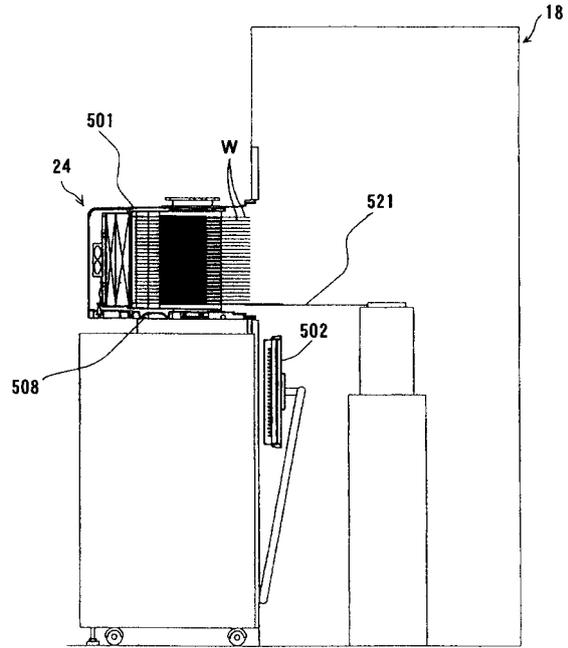
【 図 20 】



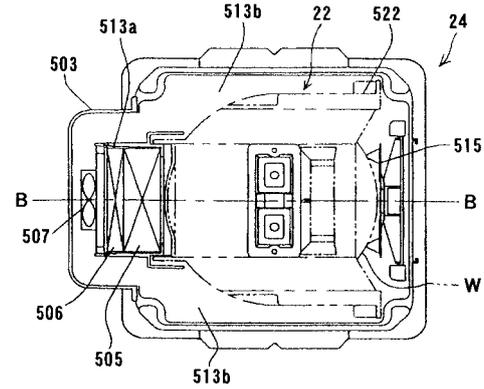
【図 2 2】



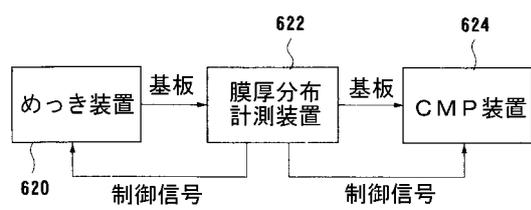
【図 2 3】



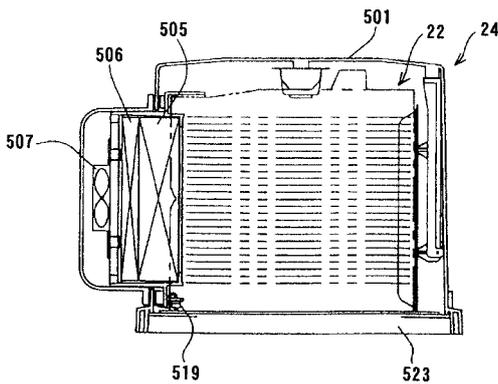
【図 2 4】



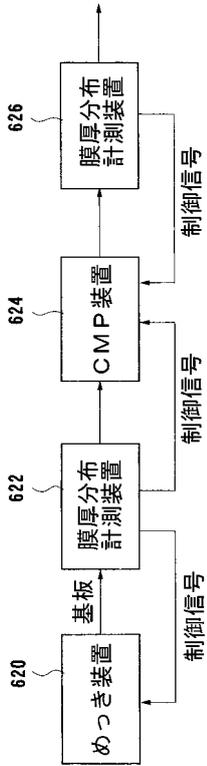
【図 2 6】



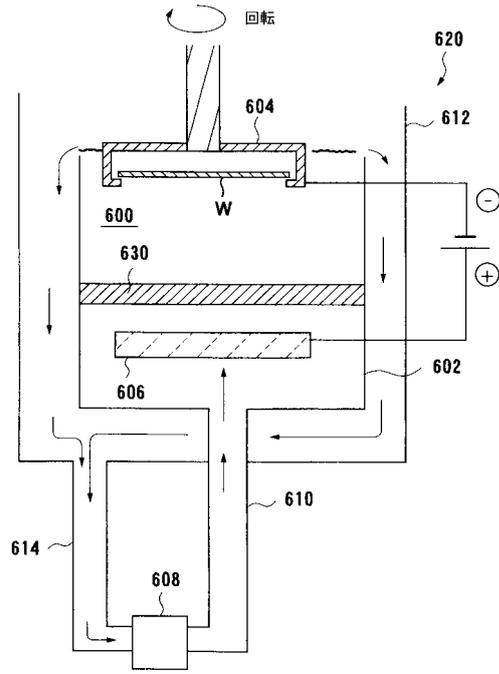
【図 2 5】



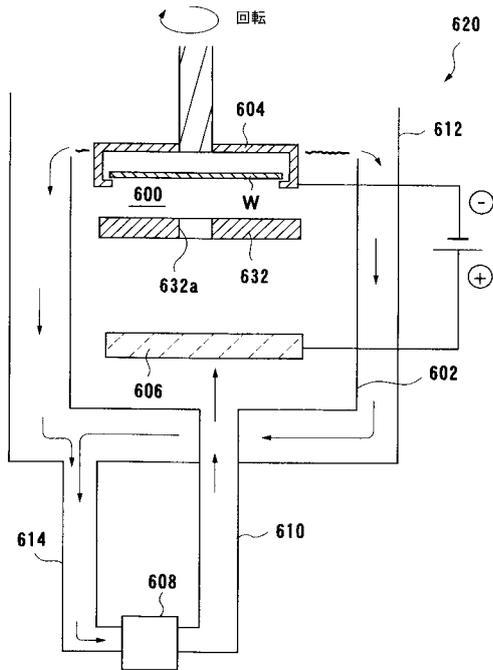
【 図 2 7 】



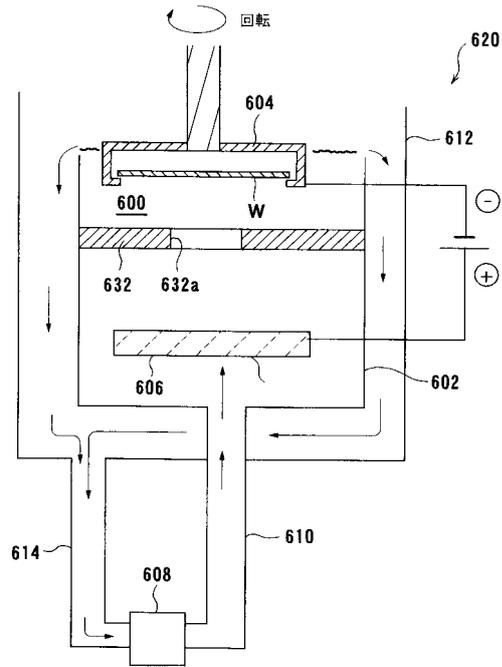
【 図 2 8 】



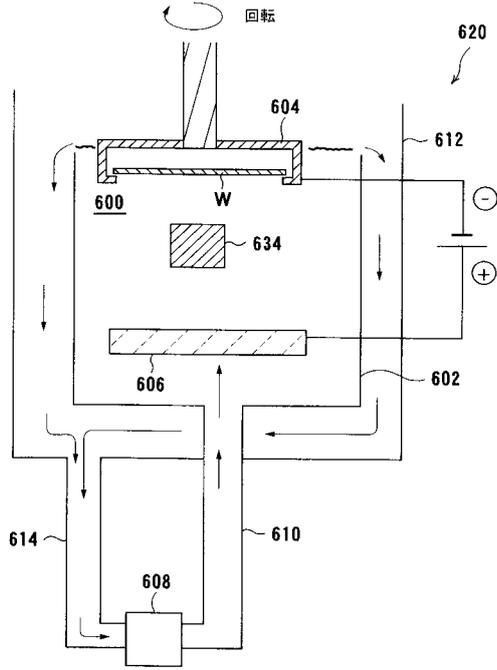
【 図 2 9 】



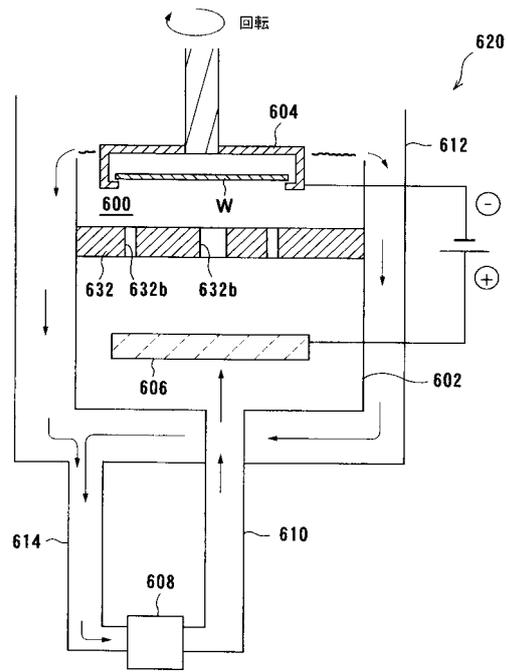
【 図 3 0 】



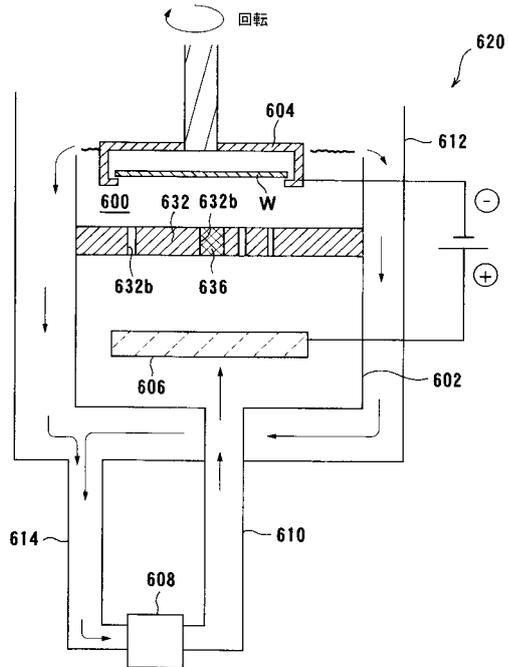
【図 3 1】



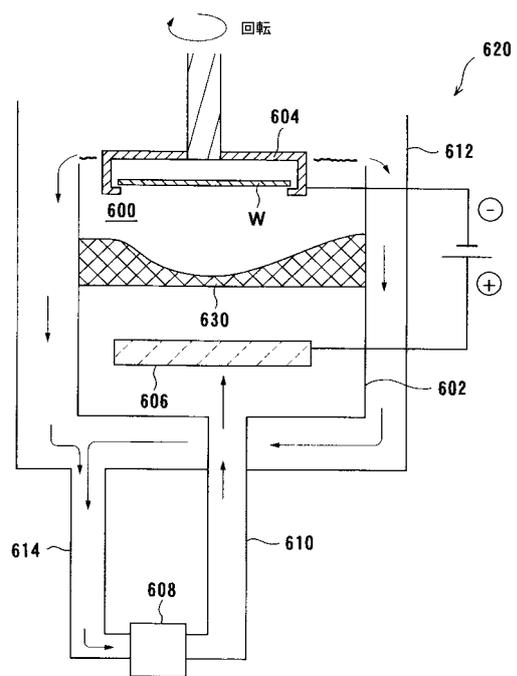
【図 3 2】



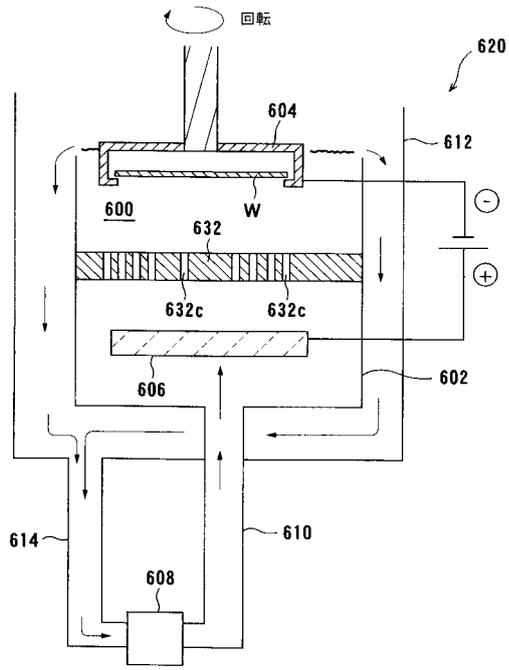
【図 3 3】



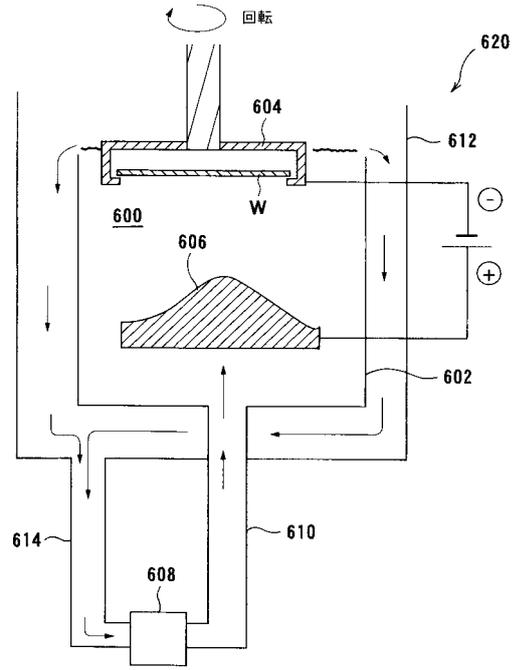
【図 3 4】



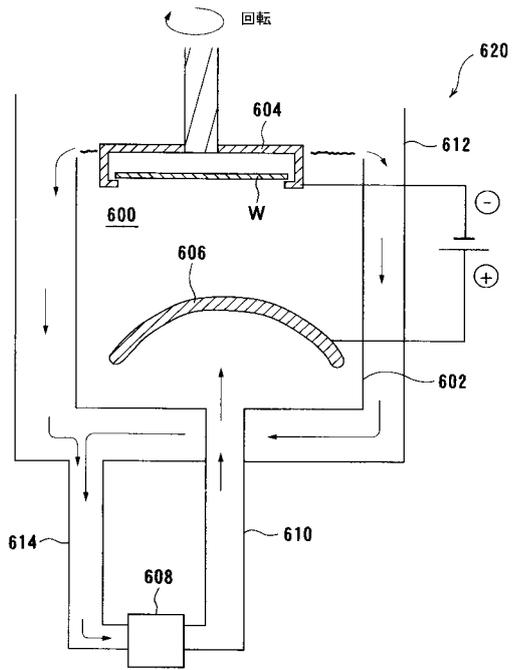
【図 3 5】



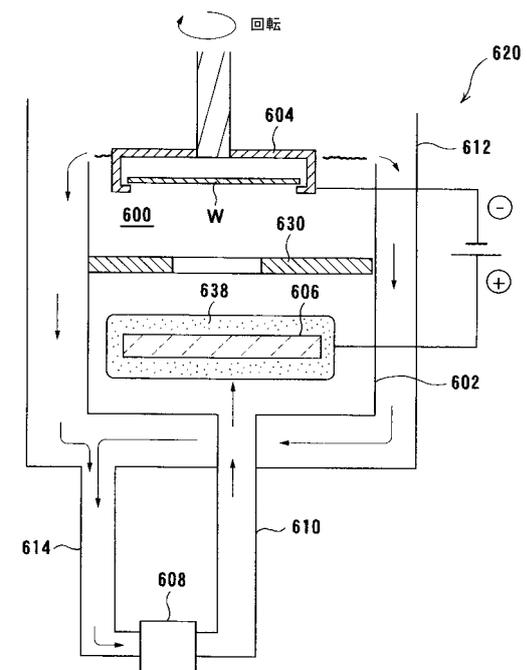
【図 3 6】



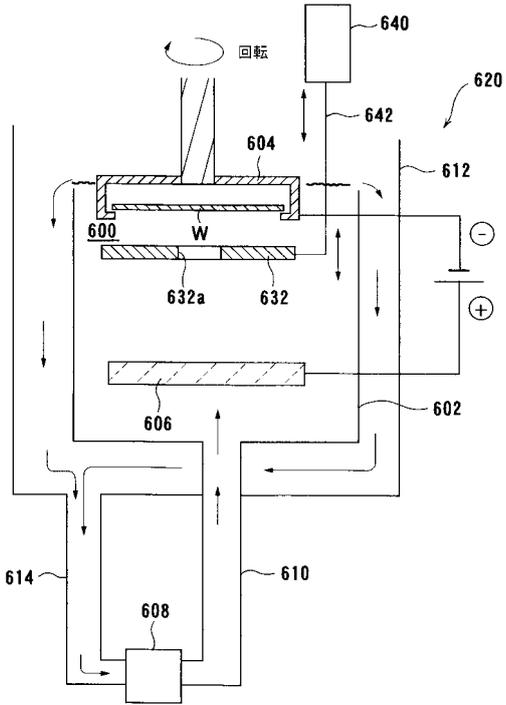
【図 3 7】



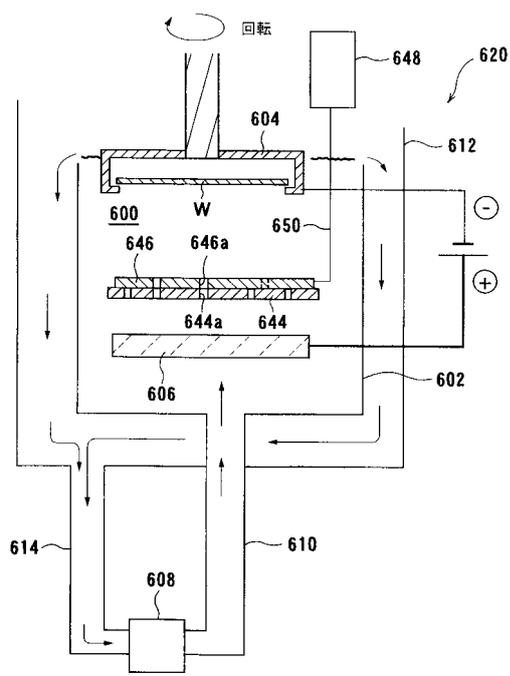
【図 3 8】



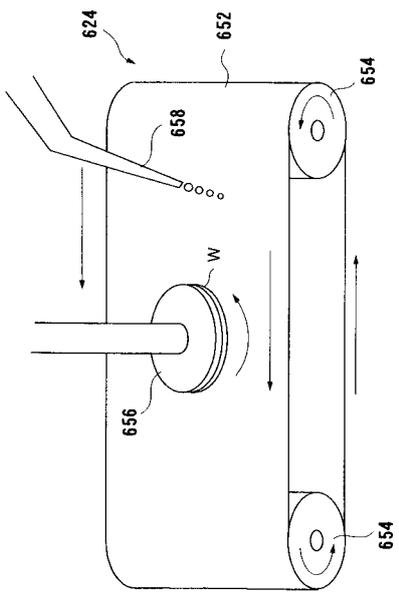
【 図 3 9 】



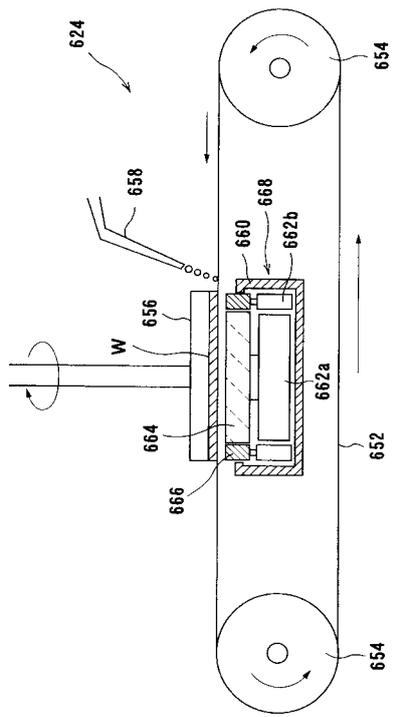
【 図 4 0 】



【 図 4 1 】



【 図 4 2 】



【 図 4 3 】

図 4 3 A

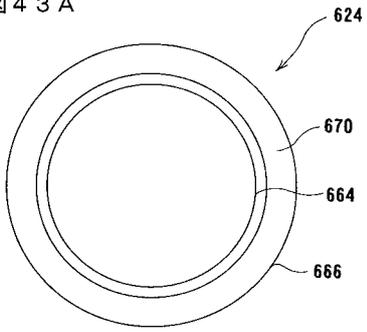
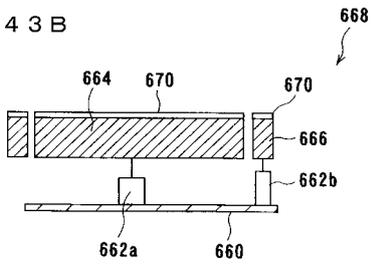
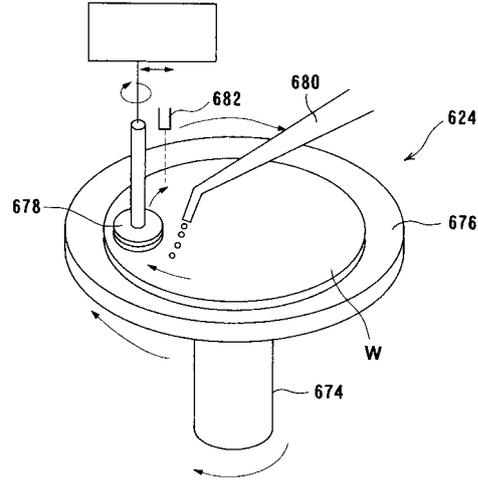


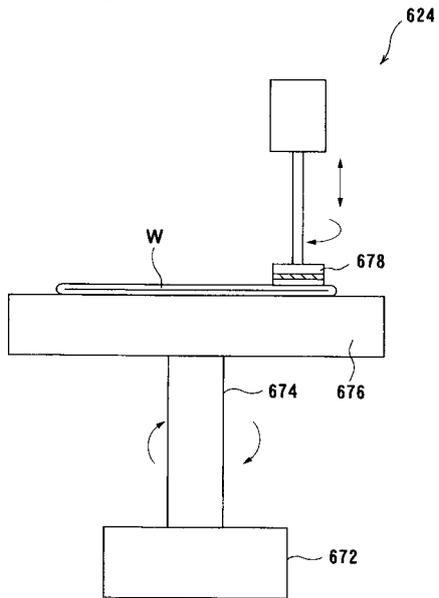
図 4 3 B



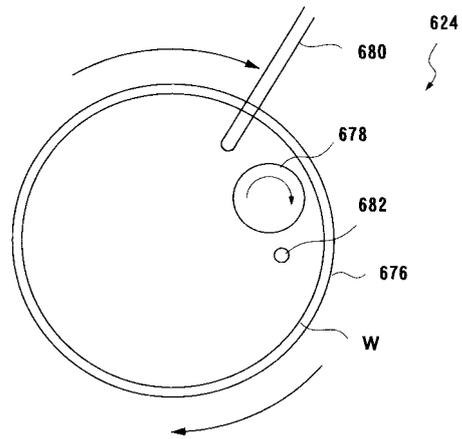
【 図 4 4 】



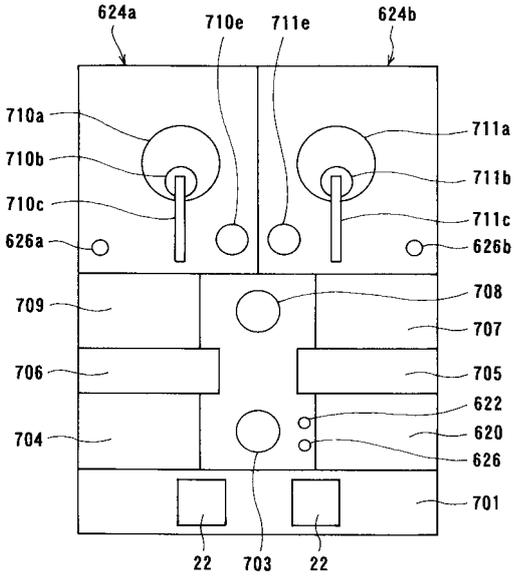
【 図 4 5 】



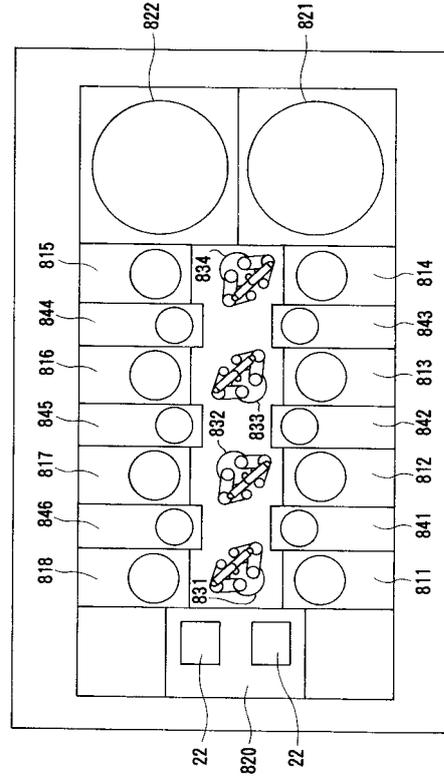
【 図 4 6 】



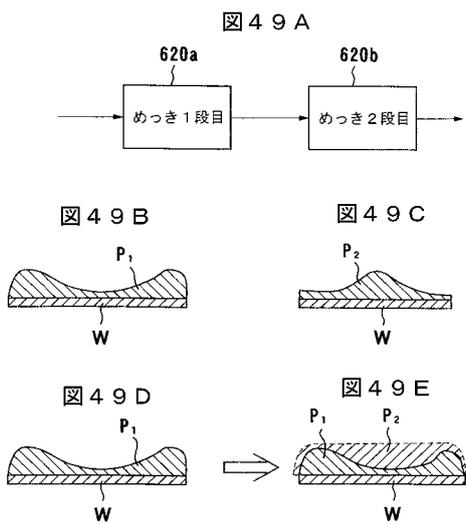
【 図 4 7 】



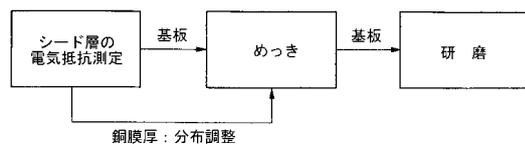
【 図 4 8 】



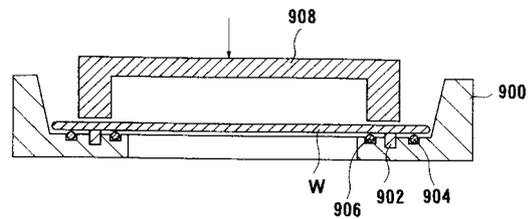
【 図 4 9 】



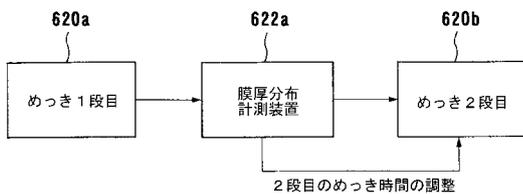
【 図 5 1 】



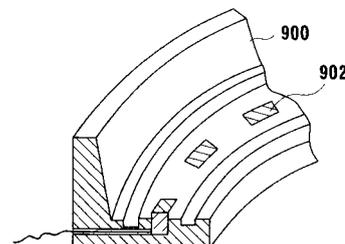
【 図 5 2 】



【 図 5 0 】



【 図 5 3 】



【 図 5 4 】

図 5 4 A

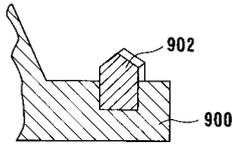


図 5 4 B

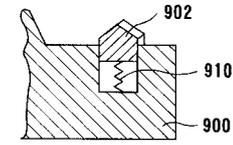
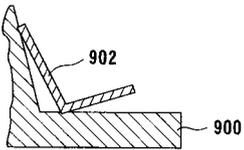


図 5 4 C



【 図 5 5 】

図 5 5 A

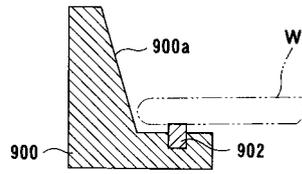
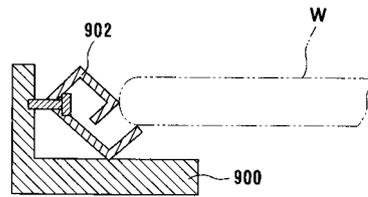
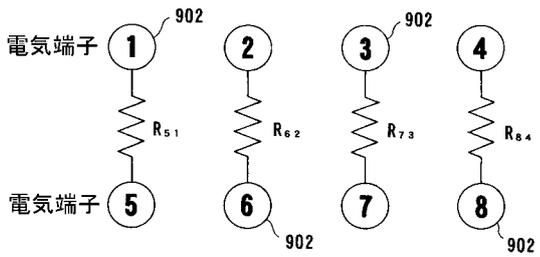


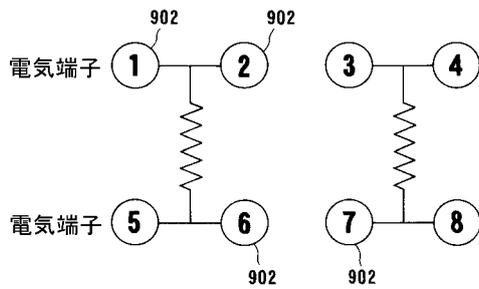
図 5 5 B



【 図 5 6 】



【 図 5 7 】



【 図 5 8 】

図 5 8 A

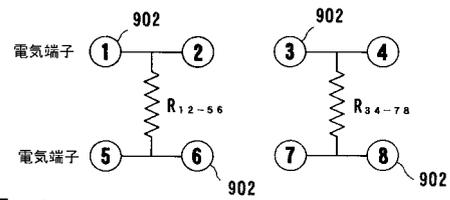
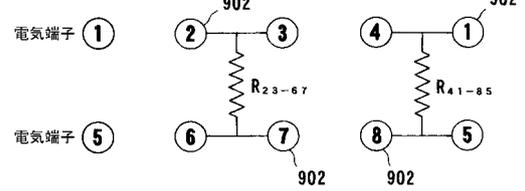


図 5 8 B



【図59】

図59A

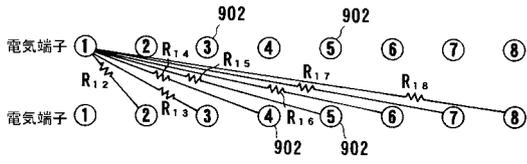


図59B

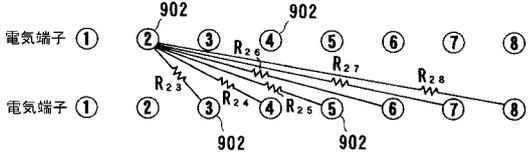
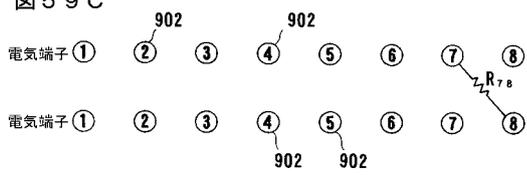
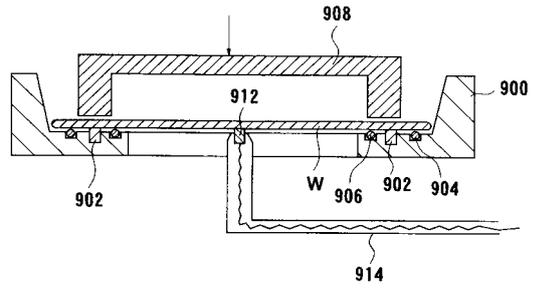


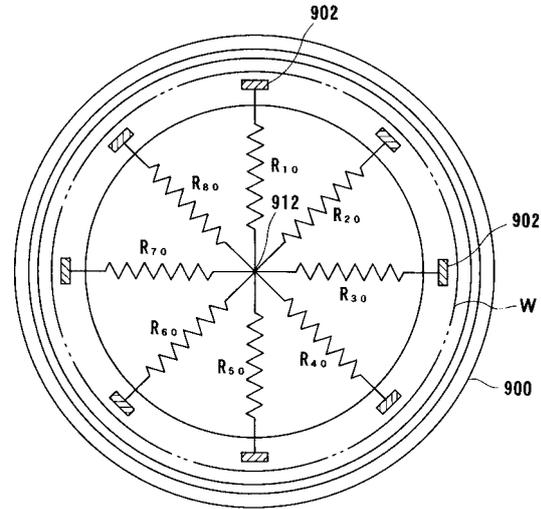
図59C



【図60】



【図61】



【図62】

図62A

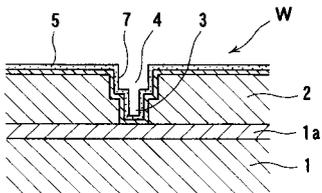


図62B

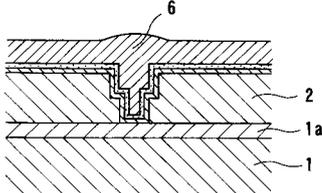
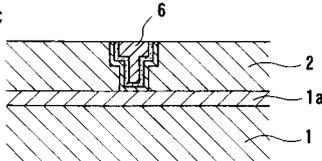
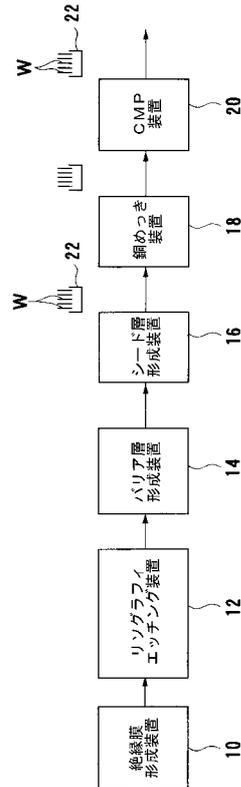


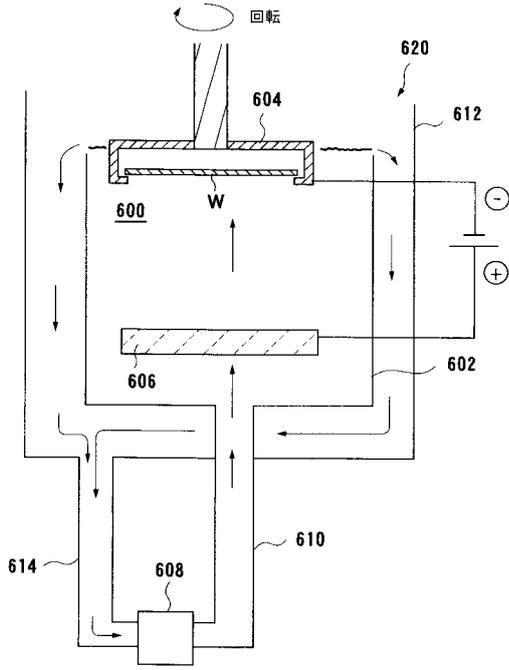
図62C



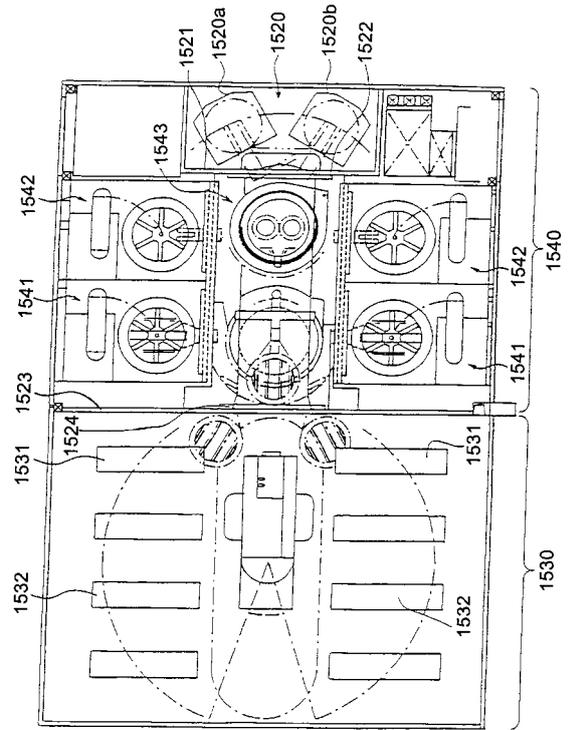
【図63】



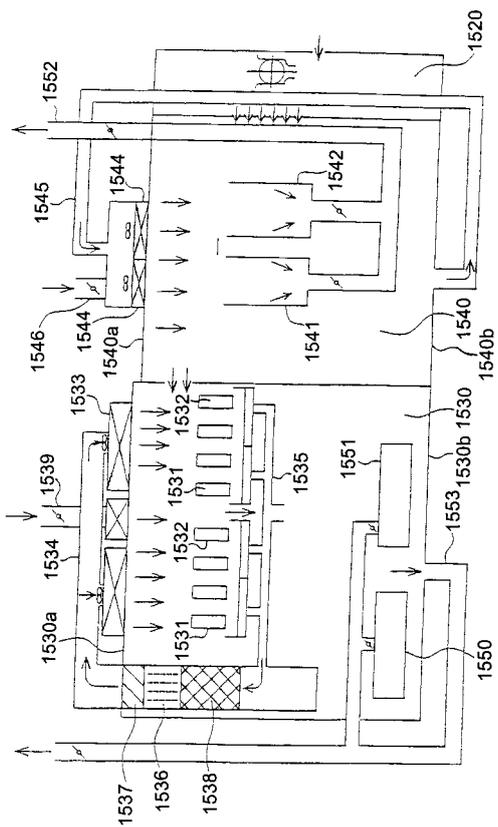
【図 6 4】



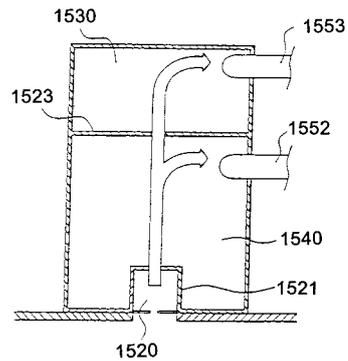
【図 6 5】



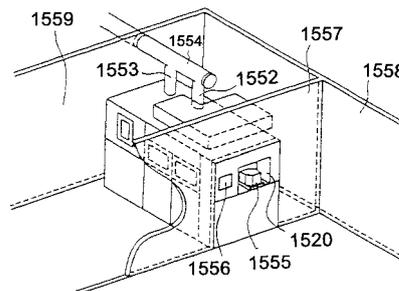
【図 6 6】



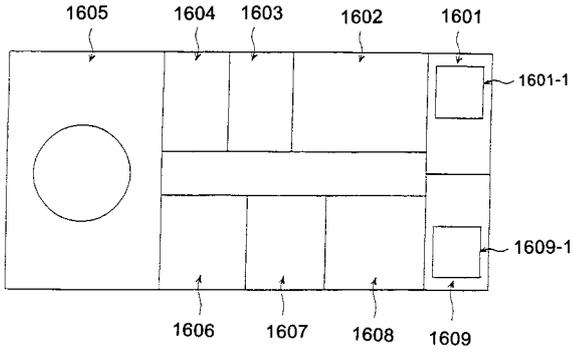
【図 6 7】



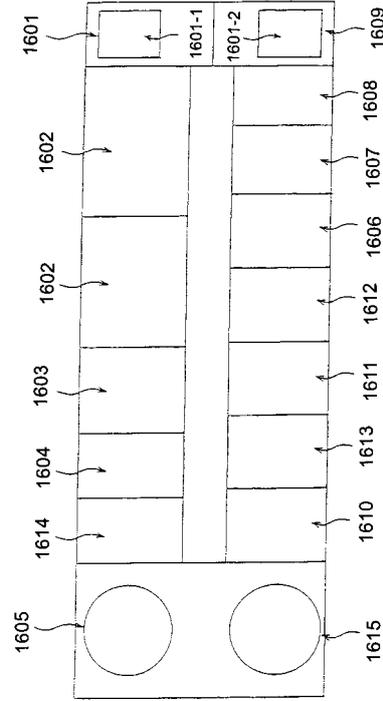
【図 6 8】



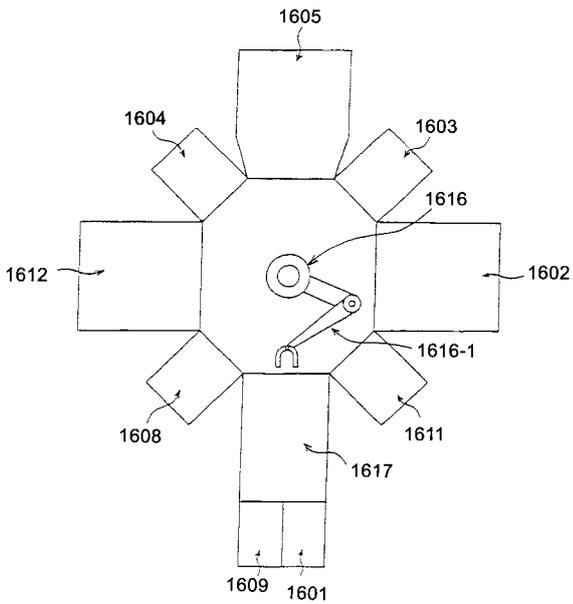
【 図 6 9 】



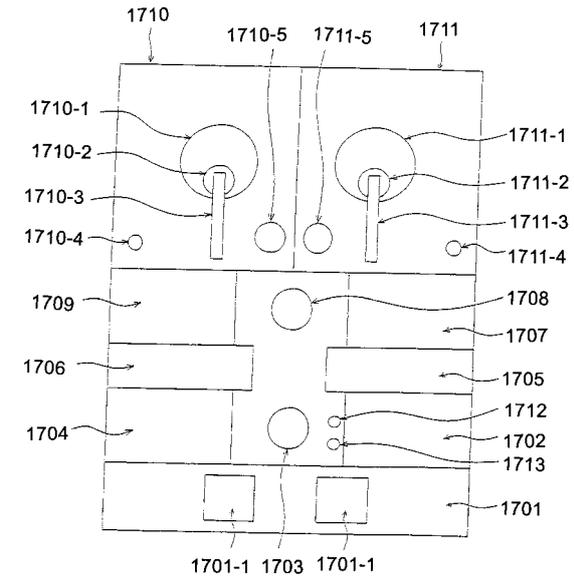
【 図 7 0 】



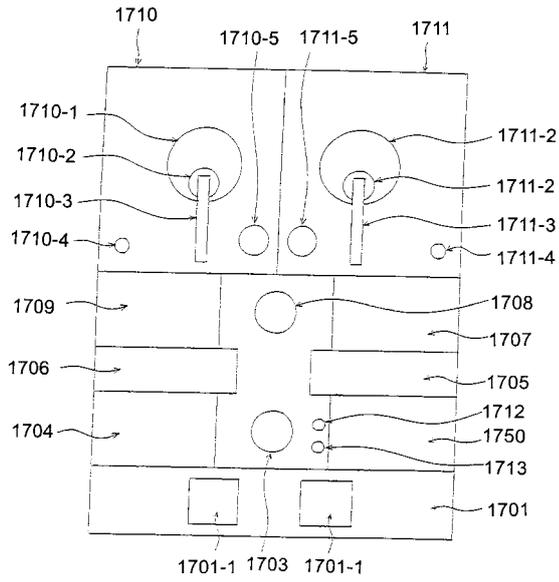
【 図 7 1 】



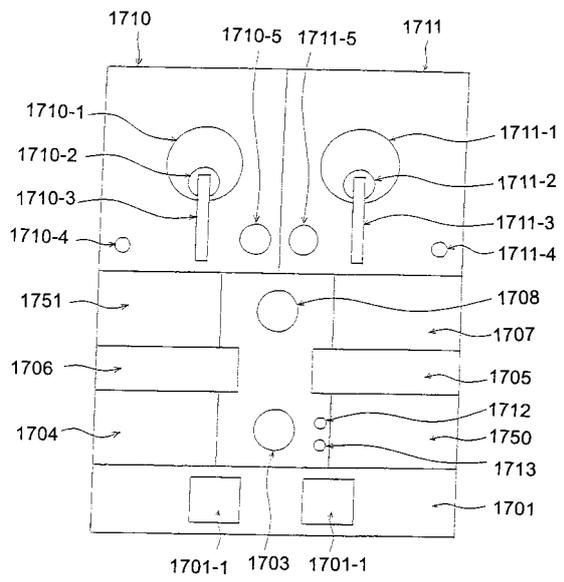
【 図 7 2 】



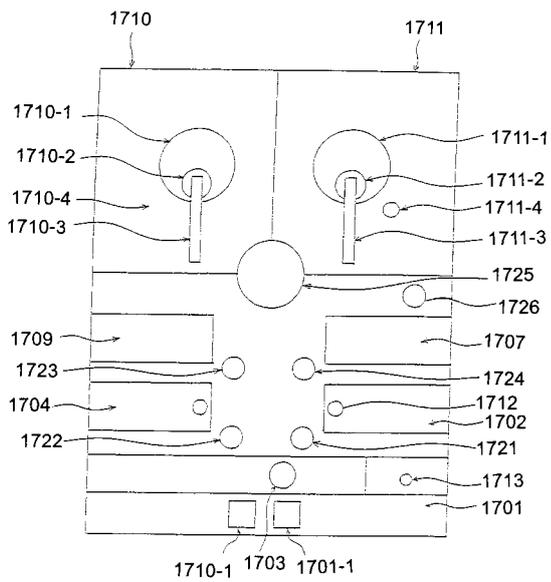
【 図 7 3 】



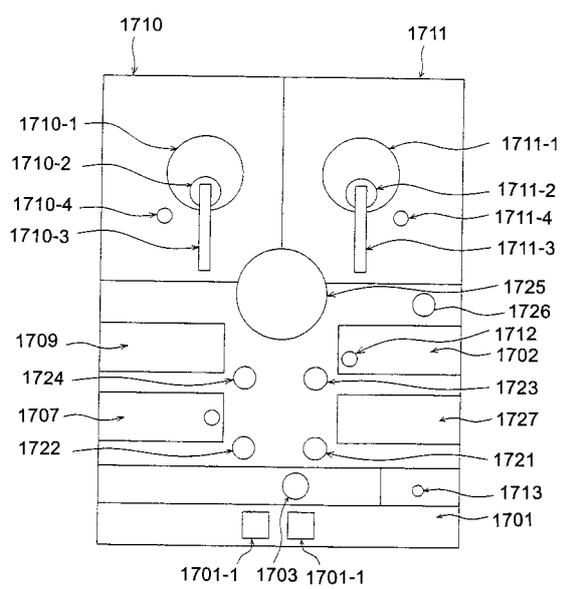
【 図 7 4 】



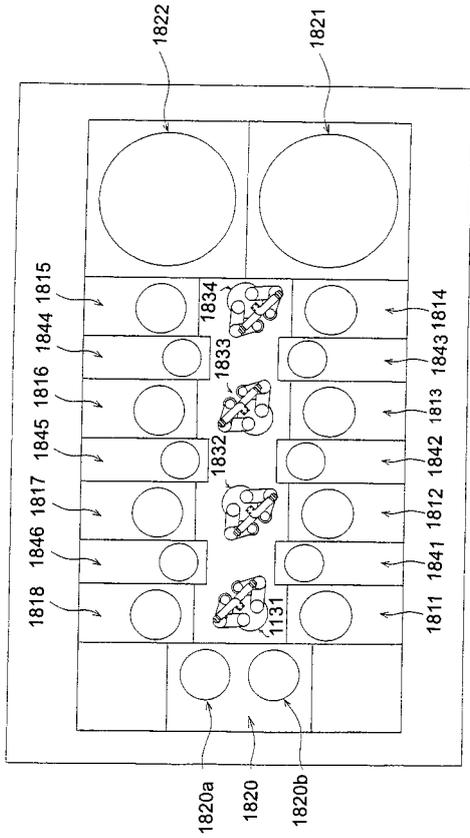
【 図 7 5 】



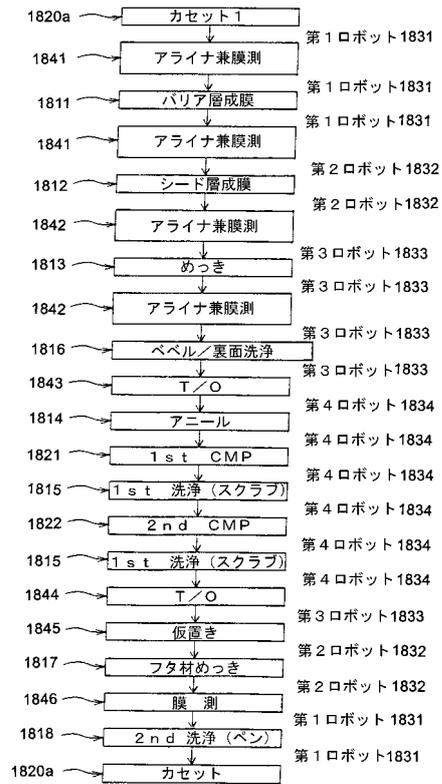
【 図 7 6 】



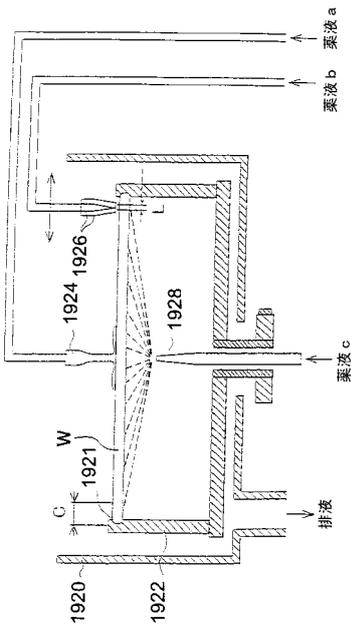
【 図 7 7 】



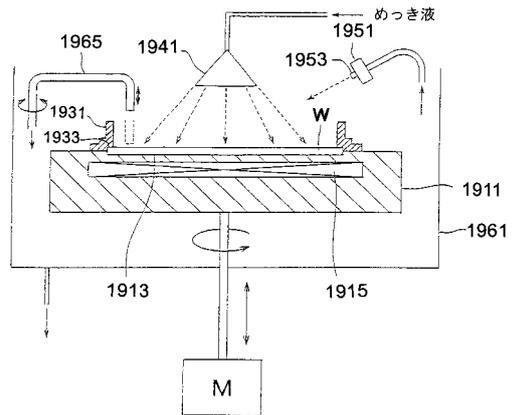
【 図 7 8 】



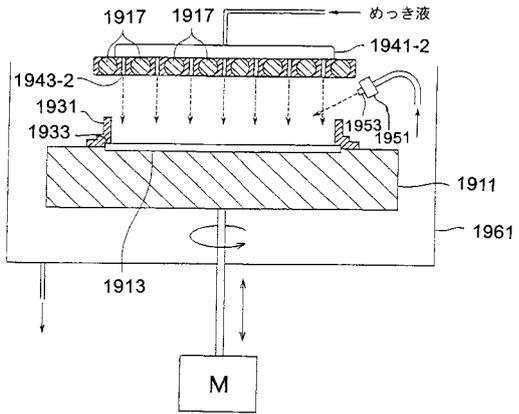
【 図 7 9 】



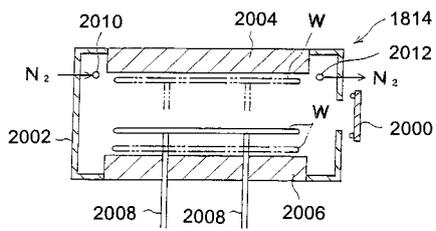
【 図 8 0 】



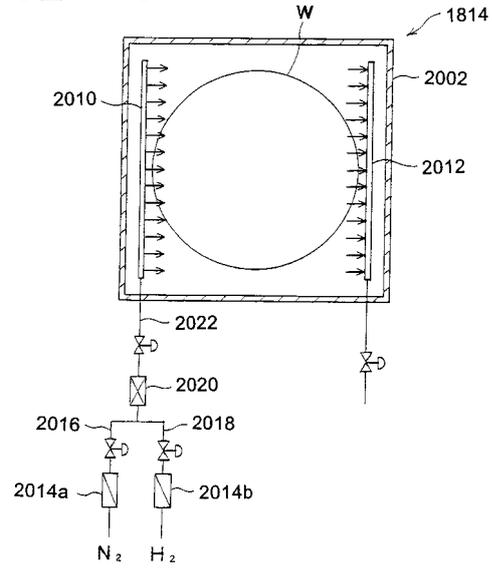
【 図 8 1 】



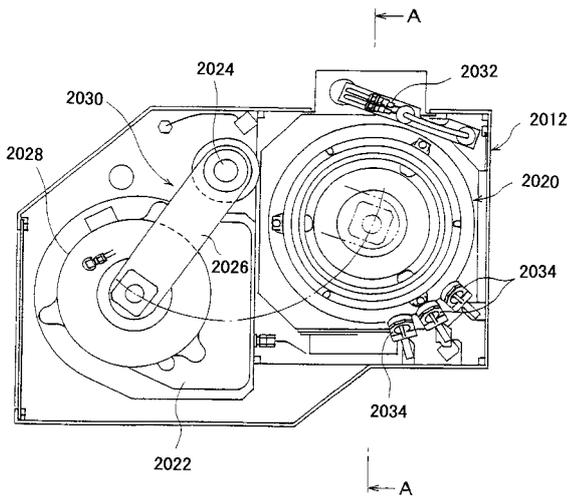
【 図 8 2 】



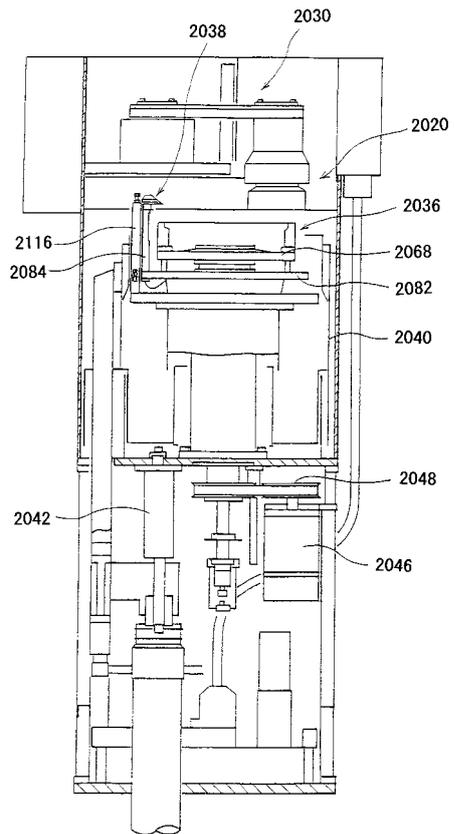
【 図 8 3 】



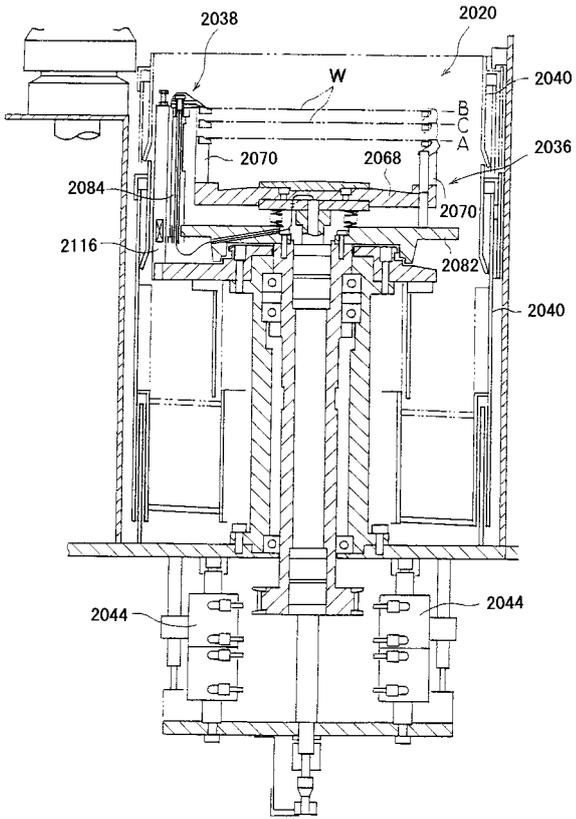
【 図 8 4 】



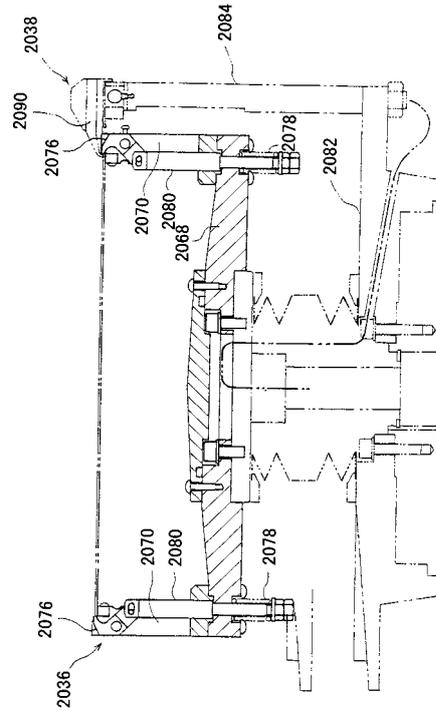
【 図 8 5 】



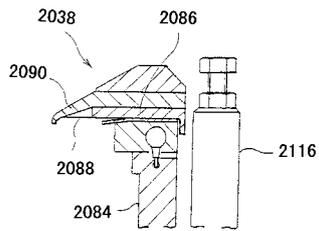
【 図 8 6 】



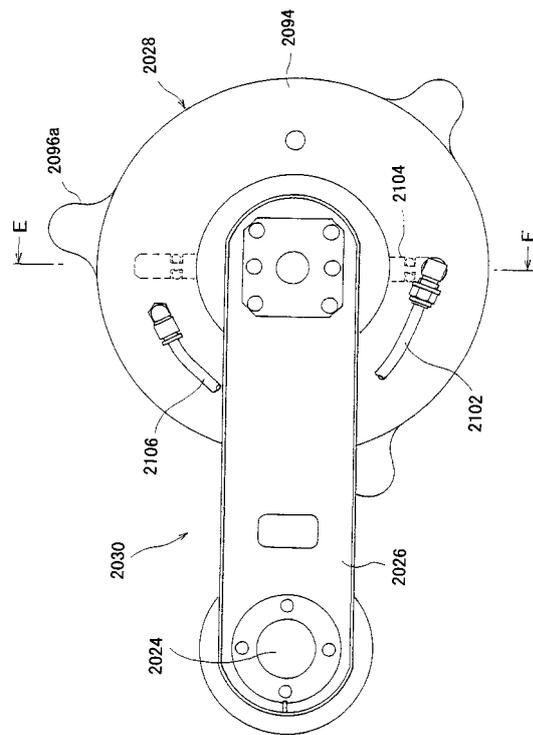
【 図 8 7 】



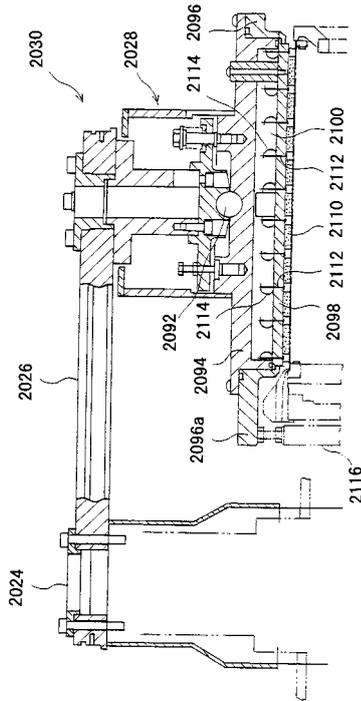
【 図 8 8 】



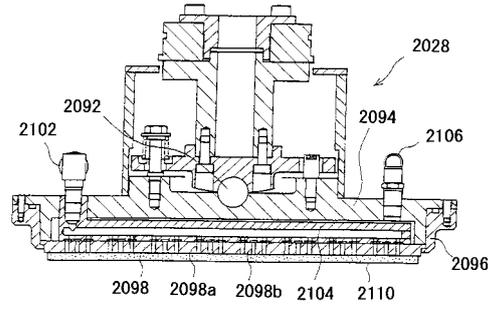
【 図 8 9 】



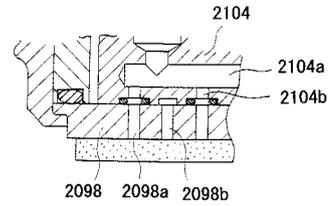
【図90】



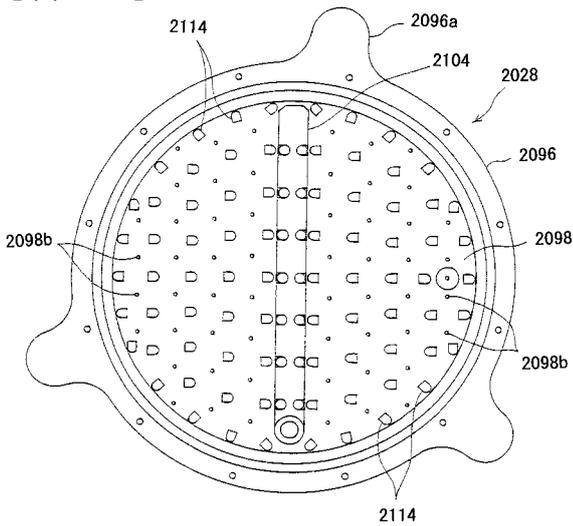
【図91】



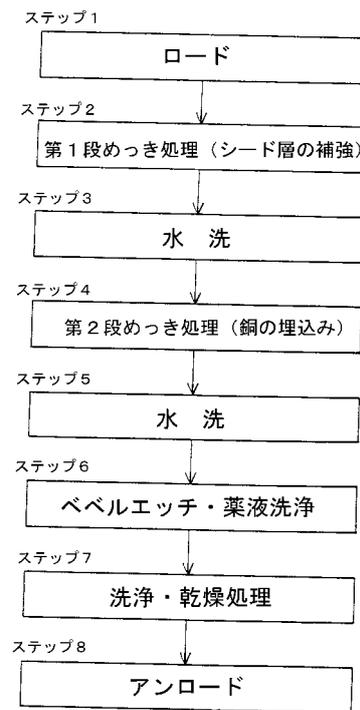
【図92】



【図93】



【図94】



【 図 9 5 】

図 9 5 A

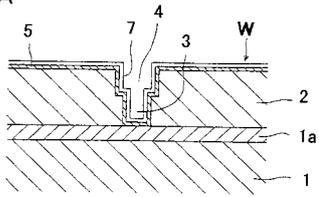


図 9 5 B

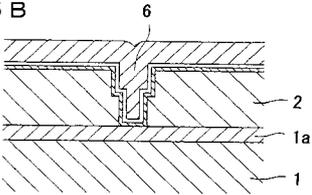
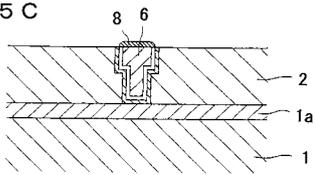


図 9 5 C



【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
13 June 2002 (13.06.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/47139 A2

(51) International Patent Classification: H01L 21/288, 21/768

(21) International Application Number: PCT/JP01/10590

(22) International Filing Date: 4 December 2001 (04.12.2001)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(32) Priority Data: 2000-403889 4 December 2000 (04.12.2000) JP

(71) Applicant (for all designated States except US): EBARA CORPORATION [JP/JP]; 11-1, Haneda Asahi-cho, Ohta-ku, Tokyo 144-8510 (JP).

(72) Inventors; and
(75) Inventors/Applicants (for US only): KONDO, Fumio [JP/JP]; c/o Ebara Corporation, 11-1, Haneda Asahi-cho,

Ohta-ku, Tokyo 144-8510 (JP). MISHIMA, Koji [JP/JP]; c/o Ebara Corporation, 11-1, Haneda Asahi-cho, Ohta-ku, Tokyo 144-8510 (JP). TANAKA, Akira [JP/JP]; c/o Ebara Corporation, 11-1, Haneda Asahi-cho, Ohta-ku, Tokyo 144-8510 (JP). SUZUKI, Yoko [JP/JP]; c/o Ebara Corporation, 11-1, Haneda Asahi-cho, Ohta-ku, Tokyo 144-8510 (JP). TOGAWA, Tetsuji [JP/JP]; c/o Ebara Corporation, 11-1, Haneda Asahi-cho, Ohta-ku, Tokyo 144-8510 (JP). INOUE, Hiroaki [JP/JP]; c/o Ebara Corporation, 11-1, Haneda Asahi-cho, Ohta-ku, Tokyo 144-8510 (JP).

(74) Agents: WATANABE, Isamu et al.; GOWA Nishi-Shinjuku 4F, 5-8, Nishi-Shinjuku 7-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 160-0023 (JP).

(81) Designated States (national): CN, JP, KR, US.

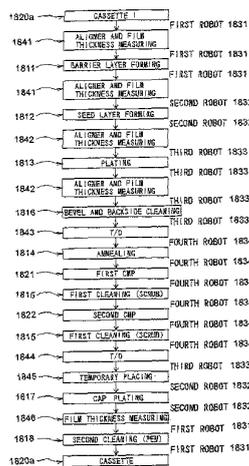
(84) Designated States (regional): European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

[Continued on next page]

(54) Title: SUBSTRATE PROCESSING METHOD



WO 02/47139 A2



(57) Abstract: A substrate processing method comprising steps for forming a copper film on a surface of a substrate. These steps includes the step of filling a first metal in the trenches so as to form a plated film of the first metal on an entire surface of the substrate by electroplating, wherein the electromagnetic field is adjusted by the virtual anode so that differences of thickness of the plated film between the central portion and the peripheral portion of the substrate being minimized, and polishing and removing the plated film by pressing the substrate to the polishing surface, wherein the pressures pressing the substrate to the polishing surface at a central portion and a peripheral portion are adjusted.

WO 02/47139 A2



Published:

— without international search report and to be republished upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

DESCRIPTION
SUBSTRATE PROCESSING METHOD

Technical Field

5 This invention relates to a substrate processing method, and more particularly, to those used to fill fine recesses formed on the surface of a semiconductor substrate with copper, thereby forming a copper interconnection pattern.

10 **Background Art**

 In recent years, with the increased throughput and the higher integration of semiconductor chips, moves to use copper (Cu) with low electric resistivity and high electromigration resistance as a metallic material for forming an interconnection circuit on a semiconductor substrate, instead of aluminum or aluminum alloy, have become noticeable. A copper interconnection of this type is generally formed by filling fine recesses formed on the surface of the substrate with copper. Methods for forming the copper interconnection include CVD, sputtering, and plating.

20 FIGS. 62A to 62C show an example to form a copper interconnection by copper plating in the sequence of steps. As shown in FIG. 62A, an insulating film 2 of SiO₂ is deposited on a conductive layer 1a on a semiconductor substrate 1 having formed a semiconductor device. A contact hole 3 and a trench 4 for an interconnection are formed in the insulating film 2 by lithography and etching technology. A barrier layer 5 of TaN or the like is formed on the contact hole 3 and the trench 4, and a copper seed layer 7 is further formed thereon as a power supply layer for electroplating.

30 As shown in FIG. 62B, copper plating is applied to the surface of a semiconductor substrate W to fill copper into the contact hole 3 and the trench 4 of the semiconductor substrate

WO 02/47139

PCT/JP01/10590

2

1 and also deposit a copper film 6 on the insulating film 2. Then, the copper film 6 and the barrier layer 5 on the insulating film 2 is removed by chemical mechanical polishing (CMP), thus making the surface of the copper film 6 filled into the contact hole 3 and the trench 4 for an interconnection lie flush with the surface of the insulating film 2. In this manner, an interconnection composed of the plated copper film 6 is formed as shown in FIG. 62C.

FIG. 63 shows the entire constitution of a substrate processing apparatus for performing the above series of interconnection formation steps in a clean room. In the clean room, an insulating film forming device 10, a lithography and etching device 12, a barrier layer forming device 14, a copper seed layer forming device 26, a copper plating device 18, and a CMP device 20 are housed. The substrate W having the insulating film 2 formed by the insulating film forming device 10 is accommodated into a substrate cassette 22, and transported to the lithography and etching device 12 for a subsequent step. The substrate W having the contact hole 3 and the trench 4 for an interconnection formed in the lithography and etching device 12 is transported, while being housed in the substrate cassette 22, to the barrier layer forming device 14 for a subsequent step. The substrate W thus processed in the respective devices is transported, while being accommodated in the substrate cassette 22, to subsequent steps, whereby the series of interconnection formation steps are sequentially performed.

FIG. 64 schematically shows a conventional general configuration of a copper plating device for use in the above type of copper plating. This plating device includes a cylindrical plating tank 602 opening upward and holding a plating liquid 600 inside, and a rotatable substrate holder 604 adapted to detachably hold a substrate W, such as a substrate, so as to face downward, and disposing the substrate W at a position at

which it closes the upper end opening portion of the plating tank 602. Inside the plating tank 602, a flat plate-shaped anode plate (anode) 606 immersed in the plating liquid 600 to serve as an anodic electrode is horizontally placed, and the seed layer of the substrate W is to serve as cathodic electrode. The anode plate 606 comprises a copper plate or a gathering of copper balls.

A plating liquid supply pipe 610 having a pump 608 mounted inside is connected to the center of the bottom of the plating tank 602. Outside of the plating tank 602, a plating liquid receptacle 612 is placed. Further, the plating liquid which has flowed into the plating liquid receptacle 612 is returned to the pump 608 through a plating liquid return pipe 614.

Because of this structure, the substrate W is held facedown at the top of the plating tank 602 by the substrate holder 604, and rotated in this condition. With a predetermined voltage being applied between the anode plate 606 (anodic electrode) and the seed layer of the substrate W (cathodic electrode), the pump 608 is driven to introduce the plating liquid 600 into the plating tank 602, whereby a plating electric current is flowed between the anode plate 606 and the seed layer of the substrate W to form a plated copper film on the lower surface of the substrate W. At this time, the plating liquid 600 which has overflowed the plating tank 602 is recovered by the plating liquid receptacle 612, and circulated.

Copper easily diffuses into a silicon dioxide film during a semiconductor manufacturing process to deteriorate the insulating properties of the silicon dioxide film, and causes cross contamination during the steps of transportation, storage and processing of the substrate. Copper may also contaminate the interior of the clean room.

In detail, the substrate having the copper seed layer formed thereon used to be transported, while being placed in the

substrate cassette, to the copper plating device, and the substrate having the copper film formed in the copper plating device used to be transported, while being put in the substrate cassette, to the CMP device. Thus, copper particles and copper ions adhering to the substrate, which are very active and harmful to other processes, were likely to diffuse into the clean room.

When a plated copper film is deposited on the surface of the substrate by use of a copper electroplating device, a voltage between the center of the seed layer of the substrate and the anode differs from a voltage between the periphery of the seed layer of the substrate and the anode, because of the electrical resistance of the copper seed layer formed on the surface of the substrate. Thus, the film thickness of the plated copper film on the periphery of the substrate is greater than the film thickness of the plated copper film at the center of the substrate.

When the plated copper film thicker on the periphery than at the center of the substrate is polished by a polishing device, the plated copper film remains unpolished on the periphery of the substrate, or the plated copper film at the center is scraped excessively, which is a phenomenon called dishing.

The distance between the anode and the substrate may be fully lengthened to increase the electric resistance of the plating liquid itself, thereby diminishing the influence of the electric resistance of the copper seed layer. This measure can make the film thickness of the plated copper film more uniform, but leads to upsizing of the apparatus.

30 Disclosure of Invention

The present invention has been accomplished in light of the foregoing circumstances. Its object is to provide a substrate processing method which can deposit the plated copper

film on the surface of the substrate more uniformly; which can polish away a surplus plated copper film without leaving unscraped portions or causing dishing; and which can prevent the contamination of the interior of the clean room with hazardous copper coming from the copper film, such as the copper seed layer or copper film, formed on the surface of the substrate.

According to an aspect of the present invention, there is provided a method of filling a metal in fine trenches in a surface of a substrate, comprising: forming a barrier layer on the substrate, and a seed layer on the barrier layer; providing an electroplating apparatus having a first substrate holder for holding the substrate, a plating bath containing a plating liquid, an anode, and a virtual anode to adjust electromagnetic field; providing a polishing apparatus having a second substrate holder for holding the substrate to press the substrate against a polishing surface at different pressures at a central portion and a peripheral portion of the substrate; transferring the substrate with the barrier layer and the seed layer to the electroplating apparatus; holding the substrate in the first substrate holder and placing the substrate in the plating liquid; generating electromagnetic field; filling a first metal in the trenches and forming a plated film of the first metal on an entire surface of the substrate by electroplating, wherein the electromagnetic field is adjusted by the virtual anode so that differences of thickness of the plated film between the central portion and the peripheral portion of the substrate being minimized; removing the substrate from the plating bath; washing and drying the substrate in the electroplating apparatus; transferring the substrate to the polishing apparatus; holding the substrate in the second substrate holder; polishing and removing the plated film by pressing the substrate to the polishing surface, wherein the pressures pressing the substrate to the polishing surface at a central portion and a peripheral

portion are adjusted; washing and drying the substrate in the polishing apparatus; and transferring the substrate from the polishing apparatus.

According to another aspect of the present invention

5 there is provided a method of filling a metal in trenches in a surface of a substrate, comprising; providing an electroplating apparatus; providing a polishing apparatus having a substrate holder for holding the substrate to press the substrate against a polishing surface at different pressures at a central portion

10 and a peripheral portion of the substrate; forming a barrier layer on the substrate; transferring the substrate with the barrier layer to the electroplating apparatus; holding the substrate in a first plating liquid in the electroplating apparatus; electroplating a first layer on the entire surface

15 of the barrier layer using the first plating liquid; holding the substrate in a second plating liquid in the electroplating apparatus; filling a metal in the trenches covered by the first layer and forming a second plating layer of the metal on the surface of the substrate using the second plating liquid; washing

20 and drying the substrate in the electroplating apparatus; transferring the substrate to the polishing apparatus; holding the substrate in the substrate holder; polishing the second plating layer by pressing the substrate to the polishing surface, wherein the pressures pressing the substrate to the polishing

25 surface at a central portion and a peripheral portion are adjusted; washing and drying the substrate in the polishing apparatus; and transferring the substrate from the polishing apparatus.

According to still another aspect of the present

30 invention there is provided a method of filling a metal in trenches in a surface of a substrate, comprising: forming a barrier layer on the substrate, and a seed layer on the barrier layer; providing an electroplating apparatus having a first

WO 02/47139

PCT/JP01/10590

7

substrate holder for holding the substrate, a plating bath containing a plating liquid, and an anode; providing a polishing apparatus having a second substrate holder for holding the substrate to press the substrate against a polishing surface; 5 transferring the substrate with the barrier layer and the seed layer to the electroplating apparatus; reinforcing the seed layer by depositing an additional metal in electroplating unit or electroless-plating unit; holding the substrate in the first substrate holder and placing the substrate in the plating liquid; 10 generating electromagnetic field; filling a first metal in the trenches and forming a plated film of the first metal on an entire surface of the substrate by electroplating; removing the substrate from the plating bath; washing and drying the substrate in the electroplating apparatus; transferring the substrate to 15 the polishing apparatus; holding the substrate in the second substrate holder; polishing and removing the plated film by pressing the substrate to the polishing surface; cap-plating a second metal to form a protective plated layer on the plated film of the polished substrate after polishing; and washing and drying 20 the substrate.

According to still another aspect of the present invention there is provided a method of filling a metal in trenches in a surface of a substrate, comprising; providing a plating apparatus; providing a polishing apparatus having a 25 substrate holder for holding the substrate to press the substrate against a polishing surface at different pressures at a central portion and a peripheral portion of the substrate; forming a barrier layer on the substrate; transferring the substrate with the barrier layer to the plating apparatus; holding the substrate 30 in a first plating liquid in the plating apparatus; electroless-plating a first layer on the entire surface of the barrier layer using the first plating liquid in the electroplating apparatus; holding the substrate in a second

plating liquid in the plating apparatus; generating electromagnetic field between the substrate and an anode; filling a metal in the trenches covered by the first layer and forming a second plating layer of the metal on the surface of the substrate using the second plating liquid; washing and drying 5 the substrate in the plating apparatus; transferring the substrate to the polishing apparatus; holding the substrate in the substrate holder; polishing the second plating layer by pressing the substrate to the polishing surface, wherein the 10 pressures pressing the substrate to the polishing surface at a central portion and a peripheral portion are adjusted; washing and drying the substrate in the polishing apparatus; and transferring the substrate from the polishing apparatus.

The above and other objects, features, and advantages 15 of the present invention will be apparent from the following description when taken in conjunction with the accompanying drawings which illustrates preferred embodiments of the present invention by way of example.

20 Brief Description of Drawings

FIG. 1 is a view showing the entire constitution of a substrate processing apparatus according to an embodiment of the present invention;

FIG. 2 is an entire layout drawing of a plating device;

25 FIG. 3 is a view showing a loading/unloading portion of the plating device;

FIG. 4 is a schematic sectional view of a plating unit of the plating device;

30 FIG. 5 is a schematic view of a substrate cleaning device of the plating device;

FIG. 6 is a schematic sectional view showing another example of the substrate cleaning device of the plating device;

FIG. 7 is an entire layout drawing of a CMP device;

WO 02/47139

PCT/JP01/10590

9

FIG. 8 is a view showing the relationship between a top ring and a polishing table of the CMP device;

FIG. 9 is a cross-sectional view showing a relationship between a top ring and a polishing table of the CMP device;

5 FIG. 10 is a vertical cross-sectional view showing the top ring shown in FIG. 9;

FIG. 11 is a bottom view of the top ring shown in FIG. 9;

FIGS. 12A through 12E are vertical cross-sectional views showing other examples of contact members (central bag and ring tube) in a top ring of the CMP device;

10 FIG. 13 is a vertical cross-sectional view showing another example of contact members (central bag and ring tube) in a top ring of the CMP device;

15 FIGS. 14A and 14B are vertical cross-sectional views showing other examples of contact members (central bag and ring tube) in a top ring of the CMP device;

FIG. 15 is a vertical cross-sectional view showing another top ring of the CMP device;

20 FIG. 16 is a vertical cross-sectional view showing still another example of contact members (central bag and ring tube) in a top ring of the CMP device;

FIG. 17 is a plan view showing a substrate transport box;

25 FIG. 18 is a front view showing the substrate transport box;

FIG. 19 is a sectional plan view showing a different example of the substrate transport box;

FIG. 20 is a sectional view taken on line A-A of FIG. 19;

30 FIG. 21 is a front view of the different substrate transport box;

FIG. 22 is a bottom view of the different substrate

transport box;

FIG. 23 is a view attached to a description of the state of use of the different substrate transport box;

FIG. 24 is a sectional plan view showing a further different example of the substrate transport box;

FIG. 25 is a sectional view taken on line B-B of FIG. 24;

FIG. 26 is a view showing another example of the entire constitution of the substrate processing apparatus;

FIG. 27 is a view showing still another example of the entire constitution of the substrate processing apparatus;

FIG. 28 is a schematic sectional view showing an example of a copper plating device having a film thickness distribution adjusting function;

FIG. 29 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 30 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 31 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 32 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 33 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 34 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 35 is a schematic sectional view showing another

example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 36 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

5 FIG. 37 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 38 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

10 FIG. 39 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

FIG. 40 is a schematic sectional view showing another example of the copper plating device having the film thickness distribution adjusting function;

15 FIG. 41 is a perspective view showing an example of a CMP device having a polishing amount adjusting function;

20 FIG. 42 is a longitudinally sectional front view of FIG. 41;

FIGS. 43A and 43B are views showing a modification of FIG. 42, FIG. 43A being a plan view, and FIG. 43B being a longitudinally sectional front view;

25 FIG. 44 is a perspective view showing another example of the CMP device having the polishing amount adjusting function;

FIG. 45 is a longitudinally sectional front view of FIG. 44;

FIG. 46 is a plan view of FIG. 45;

30 FIG. 47 is a layout plan view showing another example of the substrate processing apparatus;

FIG. 48 is a layout plan view showing still another example of the substrate processing apparatus;

FIGS. 49A through 49E are views attached to a description of two-stage plating;

FIG. 50 is a view attached to a description of a modification of FIGS. 49A through 49E;

5 FIG. 51 is a block diagram showing an example of measuring the electric resistance of a copper seed layer to control the copper plating device and the CMP device;

10 FIG. 52 is a sectional view showing an example of an electric terminal member serving concurrently as a copper seed layer resistance measuring terminal and a cathode;

FIG. 53 is a perspective view showing a part of FIG. 52;

FIGS. 54A through 54C are sectional views showing different examples of the electric terminal;

15 FIGS. 55A and 55B are sectional views attached to a description of a centering mechanism with different electric terminal members;

20 FIG. 56 is a view attached to a description of measurement of the electric resistance of the copper seed layer with the use of the electric terminal member shown in FIG. 52;

FIG. 57 is a view attached to a description of another method for measuring the electric resistance of the copper seed layer;

25 FIGS. 58A and 58B are views attached to a description of still another method for measuring the electric resistance of the copper seed layer;

FIGS. 59A through 59C are views attached to a description of a further method for measuring the electric resistance of the copper seed layer;

30 FIG. 60 is a sectional view showing another example of the electric terminal member serving concurrently as a copper seed layer resistance measuring terminal and a cathode;

FIG. 61 is a view attached to a description of

measurement of the electric resistance of the copper seed layer with the use of the electric terminal member shown in FIG. 60;

FIGS. 62A through 62C are views showing an example of forming a copper interconnection by copper plating in the sequence of steps;

FIG. 63 is a view showing the entire constitution of a conventional substrate processing apparatus;

FIG. 64 is a schematic sectional view showing a conventional plating device;

FIG. 65 is a plan view of an example of a substrate plating apparatus;

FIG. 66 is a schematic view showing airflow in the substrate plating apparatus shown in FIG. 65;

FIG. 67 is a cross-sectional view showing airflows among areas in the substrate plating apparatus shown in FIG. 65;

FIG. 68 is a perspective view of the substrate plating apparatus shown in FIG. 65, which is placed in a clean room;

FIG. 69 is a plan view of another example of a substrate plating apparatus;

FIG. 70 is a plan view of still another example of a substrate plating apparatus;

FIG. 71 is a plan view of still another example of a substrate plating apparatus;

FIG. 72 is a view showing a plan constitution example of the semiconductor substrate processing apparatus;

FIG. 73 is a view showing another plan constitution example of the semiconductor substrate processing apparatus;

FIG. 74 is a view showing still another plan constitution example of the semiconductor substrate processing apparatus;

FIG. 75 is a view showing still another plan constitution example of the semiconductor substrate processing apparatus;

FIG. 76 is a view showing still another plan constitution example of the semiconductor substrate processing apparatus;

FIG. 77 is a view showing still another plan constitution example of the semiconductor substrate processing apparatus;

FIG. 78 is a view showing a flow of the respective steps in the semiconductor substrate processing apparatus illustrated in FIG. 77;

FIG. 79 is a view showing a schematic constitution example of a bevel and backside cleaning unit;

FIG. 80 is a view showing a schematic constitution of an example of an electroless-plating apparatus;

FIG. 81 is a view showing a schematic constitution of another example of an electroless-plating apparatus;

FIG. 82 is a vertical sectional view of an example of an annealing unit;

FIG. 83 is a transverse sectional view of the annealing unit;

FIG. 84 is a plan view showing another plating unit;

FIG. 85 is a sectional view taken on line A-A of FIG. 84;

FIG. 86 is an enlarged sectional view of a substrate holder and a cathode portion;

FIG. 87 is a front view of a substrate holder;

FIG. 88 is a sectional view of a cathode portion;

FIG. 89 is a plan view of an electrode arm;

FIG. 90 is a longitudinal sectional front view of FIG. 89;

FIG. 91 is a sectional view taken on line E-E of FIG. 89;

FIG. 92 is an enlarged view showing a part of FIG. 91 in an enlarged manner;

FIG. 93 is a plan view of a state in which a housing of an electro portion of the electrode arm has been removed;

FIG. 94 is a flow diagram showing the flow of reinforcing process steps of a seed layer; and

FIGS. 95A through 95C illustrate, in a sequence of process steps, for forming interconnects made of copper by plating a surface of a substrate, thereafter forming a protective layer on the interconnects selectively.

5

Best Mode for Carrying Out the Invention

Preferred embodiments of the present invention will now be described in detail with reference to the accompanying drawings, which in no way limit the invention.

10

FIG. 1 shows the entire constitution of a substrate processing apparatus according to an embodiment of the present invention. In a clean room, an insulating film forming device 10, a lithography and etching device 12, a barrier layer forming device 14, a copper seed layer forming device 16, a copper plating device 18, and a CMP device 20 are housed. On the surface of a substrate W, an insulating film 2 is formed by the insulating film forming device 10, a contact hole 3 and a trench 4 for an interconnection are formed by the lithography and etching device 12, a barrier layer 5 is formed by the barrier layer forming device 14, and a copper seed layer 7 is formed by the copper seed layer forming device 16, in this sequence, as shown in FIG. 62A. Copper plating is applied to the surface of the substrate W by the copper plating device 18 to form a copper film 6, as shown in FIG. 62B. Then, chemical mechanical polishing is carried out on the surface of the substrate W by the CMP device 20 to form an interconnection composed of the copper film 6 shown in FIG. 62C.

15

The copper seed layer forming device 16 for forming the copper seed layer 7 on the surface of the substrate W, the copper plating device 18 for forming the copper film 6 by applying copper plating to the surface of the substrate W, and the CMP device 20 for treating the substrate W exposed the copper film 6 are separated by partition walls in the clean room, and are also isolated from the clean room. The substrates W with the copper

20

25

30

seed layer 7 or the copper film 6 exposed on the surface thereof are housed in a substrate cassette 22. The substrate cassette 22 is placed in a substrate transport box 24, and the substrates W are transported, in a hermetically sealed condition, to a next step by the substrate transport box 24 together with the substrate cassette 22. That is, transport of the substrates W from the copper seed layer forming device 16 to the copper plating device 18, transport of the substrates W from the copper plating device 18 to the CMP device 20, and transport of the substrates W from the CMP device 20 are performed, with the substrates W being housed in the substrate cassette 22, and with the substrate cassette 22 being sealed up in the substrate transport box 24. Namely, these transport activities are performed, with the substrates W being isolated from the clean room.

FIG. 2 shows the entire configuration of the copper plating device 18. This plating device 18 is housed in a rectangular facility 26 separated by partition walls, and is adapted to perform copper plating of a semiconductor substrate continuously. This facility 26 is partitioned by a partition wall 28 into a plating space 30 and a clean space 32, and the plating space 30 and the clean space 32 are each capable of air intake and exhaust independently. The partition wall 28 is provided with an openable/closable shutter (not shown). The pressure of the clean space 32 is lower than the atmospheric pressure, and higher than the pressure of the plating space 30. Thus, air inside the clean space 32 does not flow out into the clean room outside the facility 26, and air inside the plating space 30 does not flow into the clean space 32.

A loading/unloading portion 35 for placing the substrate transport box 24 housing the substrate cassettes 22, and two cleaning/drying devices 27 for cleaning (rinsing) a plated substrate with pure water and drying the cleaned substrate are disposed inside the clean space 32. A fixed and rotatable

first transport device (four-axis robot) 29 for transporting the substrate is further provided. The cleaning/drying device 27 used is, for example, of the type which has cleaning liquid supply nozzles for supplying ultrapure water to both of the face side and the back side of the substrate, and spins the substrate at a high speed to dewater and dry it.

Inside the plating space 30, there are disposed two pretreatment units 33 for pretreating the substrate before plating, and turning the substrate upside down by an inverting machine 31; four plating units 34 for applying copper plating to the surface of the substrate facedown; and two first substrate stages 36a and 36b for placing and holding the substrate. A self-propelled, rotatable second transport device (four-axis robot) 38 for transporting the substrate is also provided.

In the clean space 32, there are disposed two substrate cleaning devices 40 for cleaning the plated substrate with a chemical solution, such as an acid solution or an oxidizing agent solution; and two second substrate stages 42a and 42b located between the substrate cleaning devices 40 and the cleaning/drying devices 27. A fixed, rotatable third transport device (four-axis robot) 44 for transporting the substrate is provided at a position interposed between the two substrate cleaning devices 40.

One of the first substrate stages 36b, and one of the second substrate stages 42b, are adapted to allow the substrate to be washed with water, and are each provided with an inverting machine 31 for turning the substrate upside down.

The first transport device 29 is adapted to transport the substrate among the substrate cassette 22 placed and housed in the loading/unloading portion 35, the cleaning/drying devices 27, and the second substrate stages 42a, 42b. The second transport device 38 is adapted to transport the substrate among the first substrate stages 36a, 36b, the pretreatment units 33,

and the plating units 34. The third transport device 44 is adapted to transport the substrate among the first substrate stages 36a, 36b, the substrate cleaning devices 40, and the second substrate stages 42a, 42b.

5 Inside the facility 26, a container 46 for accommodating an adjusting-operation substrate is incorporated below the first substrate stage 36a. The second transport device 38 is adapted to withdraw the adjusting-operation substrate from the container 46, and return this substrate to the container 46 after an
10 adjusting operation ends. In this manner, the container 46 for accommodating the adjusting-operation substrate is disposed inside the facility 26, thus making it possible to prevent
15 contamination or a decrease in throughput associated with the introduction of the adjusting-operation substrate from the outside for an adjusting operation.

The position of disposition of the container 46 may be any position in the facility 26 as long as it is a position allowing the adjusting-operation substrate to be withdrawn and accommodated by any of the transport devices. By disposing the
20 container 46 near the first substrate stage 36a, an adjusting operation using the adjusting-operation substrate can be started for pretreatment, followed by plating, and the substrate after cleaning/drying can be returned into the container 46.

The pretreatment units for applying pretreatment for
25 increasing wettability of the substrate with a plating can be omitted. Alternatively, a preplating unit for performing preplating for the purpose of reinforcing the copper seed layer formed on the substrate before execution of plating can be installed in place of one of the plating units or one of the
30 pretreatment units. In this case, a water-washing unit for performing water washing between preplating and plating and/or after plating is installed instead of the pretreatment unit.

The transport device 29 used is one having two drop-in

hands, one of which located upper side is a dry hand, the other located lower side being a wet hand. The transport devices 38, 44 used are each one having two drop-in hands, both of which are wet hands. Needless to say, however, such transport devices are not restrictive.

Next, the flow of the substrate in the plating device 18 will be outlined. The substrate is housed in the substrate cassette 22 with its surface (semiconductor device formation side, or processing side) directed upward, and the substrate cassette 22 is housed in the substrate transport box 24. In this state, the substrates are transported to and placed in the loading/unloading portion 35. The first transport device 29 withdraws the substrate from the substrate cassette 22, moves it toward the second substrate stage 42a, and places it on the second substrate stage 42a. The third transport device 44 transfers the substrate present on the second substrate stage 42a to the first substrate stage 36a. Then, the second transport device 38 receives the substrate from the first substrate stage 36a, and passes it on to the pretreatment unit 33. After completion of pretreatment by the pretreatment unit 33, the inverting machine 31 turns the substrate upside down so that the surface of the substrate faces downward. The inverted substrate is handed to the second transport device 38 again. The second transport device 38 passes the substrate on to a plating head of the plating unit 34.

After the substrate is plated and dehydrated of the plating liquid in the plating unit 34, the substrate is passed on to the second transport device 38, which carries the substrate to the first substrate stage 36b. The substrate is inverted by the inverting machine 31 of the first substrate stage 36b so that its face side faces upward. In the inverted state, the substrate is moved to the substrate cleaning device 40 by the third transport device 44. The substrate, which has been cleaned with

the chemical solution, rinsed with pure water, and spin-extracted in the substrate cleaning device 40, is carried to the first substrate stage 42b by the third transport device 44. Then, the first transport device 29 receives the substrate from the first substrate stage 42b, and transfers the substrate to the cleaning/drying device 27, which rinses the substrate with pure water and spin-dries it. The spin-dried substrate is transported by the first transport device 29, and returned to the substrate cassette 22 within the substrate transport box 24 transported to the loading/unloading portion 35.

Here, pretreatment by the pretreatment unit can be omitted. When the preplating unit is installed, the substrate withdrawn from the substrate cassette is subjected to preplating by the preplating unit, and after a water-washing step or without a water-washing step, the substrate is plated by the plating unit. After plating, the substrate is put to, or not put to, a water-washing step, and transported to the first cleaning device.

FIG. 3 is a view showing the loading/unloading portion 35. The loading/unloading portion 35 is provided with stages 50 placing the substrate transport boxes 24 housing substrate cassettes 22. When the substrate transport box 24 is placed on an elevating stand 52 of the stage 50, the elevating stand 52 and a bottom plate 24a of the substrate transport box 24 are locked together. The bottom plate 24a is mounted on the bottom of the substrate transport box 24 so as to close an opening of the bottom of substrate transport box 24. However, simultaneously with the locking of the elevating stand 52 and the bottom plate 24a, the stage 50 and the substrate transport box 24 intimately contact each other, and the bottom plate 24a is liberated from the substrate transport box 24 for a free state.

The elevating stand 52 is coupled to an elevating mechanism 54, and the bottom plate 24a placing the substrate

cassette 22, once released from the substrate transport box 24 to become free, is moved up and down integrally with the elevating stand 52. When the elevating stand 52 and the bottom plate 24a are confirmed to have been locked, the elevating stand 52 descends, and the bottom plate 24a placing the substrate cassette 22 moves downward, thereby making it possible to withdraw the substrate W from the substrate cassette 22.

FIG. 4 shows the plating unit 34, which mainly comprises a substantially cylindrical plating tank 62 holding a plating liquid 60, and a plating head 64 disposed above the plating tank 62 and adapted to hold the substrate W. FIG. 4 shows a state of the plating unit 34 being at a plating position at which the substrate W is held by the plating head 64 and the liquid level of the plating liquid 60 is raised.

The plating tank 62 has a plating chamber 68 open upward and having an anode 66 disposed at the bottom, and a plating vessel 70 containing the plating liquid 70 in the plating chamber 68. On the inner circumferential wall of the plating vessel 70, plating liquid ejection nozzles 72 horizontally protruding toward the center of the plating chamber 68 are arranged at equal intervals along the circumferential direction. These plating liquid ejection nozzles 72 communicate with a plating liquid supply passage extending vertically within the plating vessel 70.

A punch plate 74 provided with many holes, for example, of about 3 mm is disposed at a position above the anode 66 in the plating chamber 68 so as to thereby prevent a black film, which is formed on the surface of the anode 66, from being brought up by the plating liquid 60 and flowed out.

The plating vessel 70 is also provided with a first plating liquid discharge port 76 for pulling out the plating liquid 60 in the plating chamber 68 from the peripheral edge of the bottom of the plating chamber 68, a second plating liquid

discharge port 80 for discharging the plating liquid 60 which has overflowed a dam member 78 provided in an upper end portion of the plating vessel 70, and a third plating liquid discharge port 82 for discharging the plating liquid before overflowing the dam member 78. The plating liquids flowing through the second plating liquid discharge port 80 and the third plating liquid discharge port 82 are mixed at a lower end portion of the plating vessel 70 and discharged.

Because of this structure, when the amount of a plating supplied is large during plating, the plating liquid is discharged to the outside through the third plating liquid discharge port 82, and simultaneously caused to overflow the dam member 78 and discharged to the outside through the second plating liquid discharge port 80. When the amount of a plating supplied is small during plating, the plating liquid is discharged to the outside through the third plating liquid discharge port 82, and simultaneously caused to pass through an opening (not shown) provided in the dam member 78, and discharged to the outside through the second plating liquid discharge port 80. These contrivances permit easy adaptation to the magnitude of the amount of a plating.

Near the periphery of the interior of the plating chamber 68, a vertical stream regulating ring 84 and a horizontal stream regulating ring 86 are disposed by having the outer peripheral end of the horizontal stream regulating ring 86 secured to the plating vessel 70. These stream regulating rings 84 and 86 serve to push up the center of the plating liquid surface by an upper flow of the plating liquid 60 divided into upper and lower flows in the plating chamber 68, to smooth the lower flow, and make the distribution of an electric current density more uniform.

The plating head 64 has a rotatable, bottomed, cylindrical housing 90 open downward and having an opening 88 in a circumferential wall thereof, and vertically movable press

rods 94 having a press ring 92 attached to the lower ends thereof.

The housing 90 is connected to an output shaft 98 of a motor 96, and is adapted to rotate by driving of the motor 96. The press rods 94 are suspended at predetermined positions along the circumferential direction of a ring-shaped support frame 108 rotatably supported via a bearing 106 at the lower end of a slider 104 movable upward and downward by the actuation of a guide-equipped cylinder 102 secured to a support 100 surrounding the motor 96. Thus, the press rods 94 move up and down according to the actuation of the cylinder 102, and when the substrate W is held, are adapted to rotate integrally with the housing 90.

The support 100 is mounted on a slide base 114 screwed to, and moving upward and downward integrally with, a ball screw 112 rotating in accordance with the driving of a motor 110. Further, the support 100 is surrounded with an upper housing 116, and moved up and down together with the upper housing 116 in accordance with the driving of the motor 110. A lower housing 118 surrounding the periphery of the housing 90 during plating is attached to the upper surface of the plating vessel 70.

FIGS. 84 to 93 shows another example of a plating unit 2012. The plating unit 2012, as shown in FIG. 84, is provided with a substrate treatment section 2020 for performing plating treatment and treatment incidental thereto. A plating liquid tray 2022 for containing the plating liquid is disposed adjacent to the substrate treatment section 2020. There is also provided an electrode arm portion 2030 having an electrode portion 2028 which is held at the free end of an arm 2026 swingable about a rotating shaft 2024 and which is swung between the substrate treatment section 2020, and a plating liquid tray 2022. Furthermore, a pre-coating/recovering arm 2032, and fixed nozzles 2034 for ejecting pure water or a chemical liquid such as ion water, and further a gas or the like toward a substrate are disposed laterally of the substrate treatment section 2020.

In this embodiment, three of the fixed nozzles 2034 are disposed, and one of them is used for supplying pure water.

The substrate treatment section 2020, as shown in FIGS. 85 and 86, has a substrate holder 2036 for holding a substrate W with its surface, to be plated, facing upward, and a cathode portion 2038 located above the substrate holder 2036 so as to surround a peripheral portion of the substrate holder 2036. Further, a substantially cylindrical bottomed cup 2040 surrounding the periphery of the substrate holder 2036 for preventing scatter of various chemical liquids used during treatment is provided so as to be vertically movable by an air cylinder 2042.

The substrate holder 2036 is adapted to be raised and lowered by air cylinders 2044 between a lower substrate transfer position A, an upper plating position B, and a pretreatment/cleaning position C intermediate between these positions. The substrate holder 2036 is also adapted to rotate at an arbitrary acceleration and an arbitrary velocity integrally with the cathode portion 2038 by a rotating motor 2046 and a belt 2048. A substrate carry-in and carry-out opening (not shown) is provided in confrontation with the substrate transfer position A in a side surface of the plating unit 2012. When the substrate holder 2036 is raised to the plating position B, a seal member 2090 and cathode electrodes 2088 (to be described below) of the cathode portion 2038 are brought into contact with the peripheral edge portion of the substrate W held by the substrate holder 2036. On the other hand, the cup 2040 has an upper end located below the substrate carry-in and carry-out opening, and when the cup 2040 ascends, the upper end of the cup 2040 reaches a position above the cathode portion 2038 closing the substrate carry-in and carry-out opening, as shown by imaginary lines in FIG. 86.

The plating liquid tray 2022 serves to wet a plating

liquid impregnated material 2110 and an anode 2098 (to be described later on) of the electrode arm portion 2030 with a plating liquid, when plating has not been performed.

5 As shown in FIG. 87, the substrate holder 2036 has a disk-shaped substrate stage 2068 and six vertical support arms 2070 disposed at spaced intervals on the outer circumferential edge of the substrate stage 2068 for holding a substrate W in a horizontal plane on respective upper surfaces of the support arms 2070. Chucking fingers 2076 are rotatably mounted on upper 10 ends of the support arms 2070 for pressing the substrate W downwardly and gripping the outer circumferential edge of the substrate W.

The chucking fingers 2076 have respective lower ends coupled to upper ends of pressing pins 2080 that are normally 15 urged to move downwardly by coil springs 2078. When the pressing pins 2080 are moved downwardly, the chucking fingers 2076 are rotated radially inwardly into a closed position. A support plate 2082 is disposed below the substrate stage 2068 for engaging lower ends of the opening pins 2080 and pushing them 20 upwardly.

When the substrate holder 2036 is located in the substrate transfer position A shown in FIG. 85, the pressing pins 2080 are engaged and pushed upwardly by the support plate 2082, so that the chucking fingers 2076 rotate outwardly and open. 25 When the substrate stage 2068 is elevated, the opening pins 2080 are lowered under the resiliency of the coil springs 2078, so that the chucking fingers 2076 rotate inwardly and close.

As shown in FIG. 88, the cathode portion 2038 comprises an annular frame 2086 fixed to upper ends of vertical support 30 columns 2084 mounted on the peripheral edge of the support plate 2082 (see FIG. 87), a plurality of cathode electrodes 2088 attached to a lower surface of the annular frame 2086 and projecting inwardly, and an annular sealing member 2090 mounted

on an upper surface of the annular frame 2086 in covering relation to upper surfaces of the cathode electrodes 2088. The sealing member 2090 is adapted to have an inner circumferential edge portion inclined inwardly downwardly and progressively thin-walled, and to have an inner circumferential end suspending downwardly.

When the substrate holder 2036 has ascended to the plating position B, as shown FIG. 86, the cathode electrodes 2088 are pressed against the peripheral edge portion of the substrate W held by the substrate holder 2036 for thereby allowing electric current to pass through the substrate W. At the same time, an inner circumferential end portion of the seal member 2090 is brought into contact with an upper surface of the peripheral edge of the substrate W under pressure to seal its contact portion in a watertight manner. As a result, the plating liquid supplied onto the upper surface (surface to be plated) of the substrate W is prevented from seeping from the end portion of the substrate W, and the plating liquid is prevented from contaminating the cathode electrodes 2088.

As shown in FIGS. 89 through 93, the electrode head 2028 of the electrode arm portion 2030 comprises a housing 2094 coupled to a free end of the swing arm 2026 through a ball bearing 2092, a cylindrical support frame 2096 surrounding the housing 2094, and an anode 2098 fixed by having a peripheral edge portion gripped between the housing 2094 and the support frame 2096. The anode 2098 covers an opening of the housing 2094, which has a suction chamber 2100 defined therein. In the suction chamber 2100, there is disposed a diametrically extending plating liquid introduction pipe 2104 connected to a plating liquid supply pipe 2102 which extends from the plating liquid supply unit (not shown), and held in abutment against an upper surface of the anode 2098. A plating liquid discharge pipe 2106 communicating with the suction chamber 2100 is connected to the housing 2094.

The plating liquid introduction pipe 2104 is effective to supply the plating liquid uniformly to the surface, to be plated, if the plating liquid introduction pipe 2104 is of a manifold structure. Specifically, the plating liquid introduction pipe 2104 has a plating liquid introduction passage 104a extending continuously in its longitudinal direction, and a plurality of plating liquid introduction ports 2104b spaced at a given pitch along the plating liquid introduction passage 2104a and extending downwardly therefrom in communication therewith. The anode 2098 has a plurality of plating liquid supply ports 2098a defined therein at positions corresponding to the plating liquid introduction ports 2104b. The anode 2098 also has a number of vertically extending through holes 2098b defined therein over its entire region. The plating liquid that is introduced from the plating liquid supply pipe 2102 into the plating liquid introduction pipe 2104 flows through the plating liquid introduction ports 2104b and the plating liquid supply ports 2098a to a position below the anode 2098. With the anode 2098 being immersed in the plating liquid, the plating liquid discharge pipe 2106 is evacuated to discharge the plating liquid below the anode 2098 via the through holes 2098b and the suction chamber 2100 from the plating liquid discharge pipe 2106.

In this embodiment, a plating liquid impregnated material 2110 comprising a water-retaining material and covering the entire surface of the anode 2098 is attached to the lower surface of the anode 2098. The plating liquid impregnated material 2110 is impregnated with the plating liquid to wet the surface of the anode 2098, thereby preventing a black film from falling onto the plated surface of the substrate by drying, and oxidizing, and simultaneously facilitating escape of air to the outside when the plating liquid is poured between the surface, to be plated, of the substrate and the anode 2098.

The plating liquid impregnated material 2110 has both

functions of retaining liquid and passing liquid therethrough, and has excellent chemical resistance. Specially, the plating liquid impregnated material 2110 has endurance against an acid plating liquid including sulfuric acid having high concentration.

5 The plating liquid impregnated material 2110 comprises, for example, a woven fabric of polypropylene to prevent elution of the impurity in the sulfuric acid solution from having a bad influence to the plating efficiency (plating speed, resistivity and filling characteristics). The plating liquid impregnated

10 material 2110 may comprises at least one material of polyethylene, polyester, polyvinyl chloride, Teflon, polyvinyl alcohol, polyurethane, and derivatives of these materials, other than polypropylene. Nonwoven fabric or sponge-like structure may use in place of woven fabric. Porous ceramics and sintered

15 polypropylene made of Alumina and SiC and the like are available.

Many fixing pins 2112 each having a head portion at the lower end are arranged such that the head portion is provided in the plating liquid impregnated material 2110 so as not to be releasable upward and a shaft portion pierces the interior of

20 the anode 2098, and the fixing pins 2112 are urged upward by U-shaped plate springs 2114, whereby the plating liquid impregnated material 2110 is brought in close contact with the lower surface of the anode 2098 by the resilient force of the plate springs 2114 and is attached to the anode 2098. With this

25 arrangement, even when the thickness of the anode 2098 gradually decreases with the progress of plating, the plating liquid impregnated material 2110 can be reliably brought in close contact with the lower surface of the anode 2098. Thus, it can be prevented that air enters between the lower surface of the

30 anode 2098 and the plating liquid impregnated material 2110 to cause poor plating.

When the impregnated material 2110 has a sufficient strength such as a porous ceramics, the anode may be placed on

the impregnated material without using pins for fixing the impregnated material.

When the substrate holder 2036 is in the plating position B (see FIG. 86), the electrode head 2028 is lowered until the gap between the substrate W held by the substrate holder 2036 and the plating liquid impregnated material 2110 becomes about 0.5 to 3 mm, for example. Then, the plating liquid is supplied from the plating liquid supply pipe 2102 to fill the gap between the upper surface, to be plated, of the substrate W and the anode 2098 while impregnating the plating liquid impregnated material 2110 with the plating liquid, thus plating the upper surface of the substrate W.

FIG. 5 is a schematic view of the substrate cleaning device 40. As shown in FIG. 5, the substrate W, such as a substrate, having a circuit formed in areas excluding a peripheral edge portion of its surface is gripped by spin chucks 120 at a plurality of locations along the circumferential direction of the peripheral edge portion, and horizontally held by a substrate holder 122. Thus, the substrate W is adapted to rotate horizontally at a high speed. The substrate may be held vertically by a holding mechanism, but its horizontal holding will be described herein. A center nozzle 124 is disposed downwardly above a nearly central part of the surface of the substrate W held by the substrate holder 122, and an edge nozzle 126 is disposed downwardly above the peripheral edge portion of the surface of the substrate. Furthermore, two back nozzles 128 and 130 are disposed upwardly beneath a nearly central part of the back side of the substrate W. The peripheral edge portion of the substrate refers to an area at the peripheral edge of the substrate where no circuit has been formed, or an area at the peripheral edge of the substrate where a circuit has been formed and which is finally not used as a chip. The center nozzle 124 can be installed at a desired position between the center and

the peripheral edge portion of the surface of the substrate, but a feed solution from the nozzle is supplied to the center of the substrate. The center of the substrate refers to, preferably, within 20% of the diameter of the substrate, more preferably within 10% of the diameter of the substrate. Similarly, the back nozzles 128, 130 can be installed at desired positions between the center and the peripheral edge portion of the back side of the substrate, but the feed solution from the nozzles is preferably supplied to the center of the substrate.

10 As shown in FIG. 6, there may be one back nozzle 128 provided, and the edge nozzle 126 may be movable vertically or movable horizontally along the diametrical direction of the substrate W so that a height H from the substrate W or a range of movement width L, in the horizontal direction is adjustable.

15 Moreover, the periphery of the substrate holder 122 may be surrounded with a waterproof cover 132. Besides, a fixed nozzle (not shown) may be installed on an intra-device side surface of the waterproof cover 132 or the like, and pure water, deionized water or other chemical solution (an acid solution, an alkali

20 solution, a surface active agent, or a corrosion inhibitor) may be supplied to the substrate according to the purpose.

Next, a cleaning method by this cleaning device will be described.

First, the substrate W is horizontally rotated

25 integrally with the substrate holder 122, with the substrate W being horizontally held by the substrate holder 122 via the spin chucks 120. In this condition, an acid solution is supplied from the center nozzle 124 to the center of the surface of the substrate W. Even though a natural oxide film of copper has been formed

30 at a circuit formation portion on the surface of the substrate W, this natural oxide film is immediately removed by the acid solution spreading over the entire surface of the substrate W as the substrate W rotates. Thus, the natural oxide film does

not grow. For the acid solution, there may be used, for example, any one of, or a combination of, hydrochloric acid, hydrofluoric acid, sulfuric acid, citric acid, and oxalic acid which are generally used in a cleaning step of a semiconductor device manufacturing process. However, the acid solution may be a solution of any non-oxidizing acid. Hydrofluoric acid can be used for cleaning of the back side of the substrate W (to be described later on), and thus is preferred for sharing of the same chemical for different purposes. Also, hydrofluoric acid is preferably in a concentration of 0.1% by weight or more, in consideration of its effect of removing the oxide film. To avoid roughening of the copper surface, its concentration is preferably 5% by weight or less.

On the other hand, an oxidizing agent solution is supplied continuously or intermittently from the edge nozzle 126 to the peripheral edge portion of the substrate W. By this treatment, the copper film, etc. formed on the upper surface and end surface of the peripheral edge portion of the substrate W are rapidly oxidized with the oxidizing agent solution, and etched with the acid solution, which has been simultaneously supplied from the center nozzle 124 and has spread over the entire surface of the substrate W. As a result, the copper film, etc. are dissolved and removed. Etching with the acid solution occurs also at sites other than the location of supply of the oxidizing agent solution, so that the concentration and the amount of supply of the acid solution need not be increased. For the oxidizing agent solution, there may be used, for example, any one of, or a combination of, ozone, hydrogen peroxide, nitric acid, and hypochlorite which are generally used in a cleaning step of a semiconductor device manufacturing process. If an ozone water is used, its amount is preferably 20 ppm or more, but 200 ppm or less. In the case of hydrogen peroxide, its preferred concentration is 10% by weight or more, but 80% by

weight or less. If hypochlorite is used, its preferred concentration is 1% by weight or more, but 50% by weight or less.

At the same time, an oxidizing agent solution and an acid solution, such as hydrofluoric acid, are supplied
5 simultaneously or alternately from the back nozzles 128 and 130 to the center of the back side of the substrate W. By this treatment, copper, etc. adhering to the back side of the substrate W can be oxidized with the oxidizing agent solution, along with the silicon of the substrate, and etched away with
10 the acid solution.

In supplying the oxidizing agent solution and the acid solution from the two back nozzles 128 and 130 separately, simultaneously or alternately, if the supply of the oxidizing agent solution is stopped first, a hydrophobic surface is
15 obtained; if the supply of the acid solution is stopped first, a hydrophilic surface is obtained. In either case, the back side of the substrate can be adjusted to one suitable for fulfilling the requirements of the subsequent process.

For the oxidizing agent solution, there can be cited,
20 for example, any one of, or a combination of, ozone, hydrogen peroxide, nitric acid, and hypochlorite, as stated earlier. For the acid solution, there may be used the aforementioned non-oxidizing acid, such as hydrochloric acid, hydrofluoric acid, sulfuric acid, citric acid, or oxalic acid. In addition, copper
25 can be removed with the use of an oxidizing acid, such as nitric acid, because there is no circuit on the back side of the substrate W unlike its face side. If an acid solution of an oxidizing acid such as nitric acid is used, this acid solution itself plays the role of an oxidizing agent solution, so that the oxidizing acid
30 solution can be used alone, without using an oxidizing agent solution. Preferably, the oxidizing agent solution should be the same as the oxidizing agent solution supplied to the peripheral edge portion of the surface of the substrate W in order

to decrease the types of the chemicals used.

FIG. 7 shows a whole structure of CMP device 20. As shown in FIG. 7, the CMP device 20 comprises a loading/unloading portion 140 for placing substrate transport boxes 24 which house the substrate cassette 24. The loading/unloading portion 140 includes four stages 50 shown in FIG. 3. A transfer robot 144 having two hands is provided on rails 142 so that the transfer robot 144 can move along the rails 142 and access the respective substrate cassettes 22 on the respective loading/unloading stages 50.

The transfer robot 144 has two hands which are located in a vertically spaced relationship, and the lower hand is used only for taking out a substrate from the substrate cassette 22 and the upper hand is used only for returning the substrate to the substrate cassette 22. This arrangement allows that a clean substrate which has been cleaned is placed at an upper side and is not contaminated. The lower hand is a vacuum attraction-type hand for holding a substrate under vacuum, and the upper hand is a recess support-type hand for supporting a peripheral edge of a substrate by a recess formed on the hand. The vacuum attraction-type hand can hold a substrate and transport the substrate even if the substrate is not located at a normal position in the substrate cassette 22 due to a slight displacement, and the recess support-type hand can transport a substrate while keeping the substrate clean because dust is not collected unlike the vacuum attraction-type hand. Two cleaning apparatuses 146 and 148 are disposed at the opposite side of the substrate cassettes 22 with respect to the rails 142 of the transfer robot 144. The cleaning apparatuses 146 and 148 are disposed at positions that can be accessed by the hands of the transfer robot 144. Between the two cleaning apparatuses 146 and 148 and at a position that can be accessed by the transfer robot 144, there is provided a wafer station 158 having four wafer

supports 150, 152, 154 and 156. The cleaning apparatuses 146 and 148 have a spin-dry mechanism for drying a substrate by spinning the substrate at a high speed, and hence the two-stage cleaning or three-stage cleaning of the substrate can be conducted without replacing any cleaning module.

An area B in which the cleaning apparatuses 146 and 148 and the wafer station 158 having the wafer supports 150, 152, 154 and 156 are disposed and an area A in which the substrate cassettes 22 and the transfer robot 144 are disposed are partitioned by a partition wall 160 so that the cleanliness of the area B and the area A can be separated. The partition wall 160 has an opening for allowing substrates to pass therethrough, and a shutter 162 is provided at the opening of the partition wall 160. A transfer robot 164 having two hands is disposed at a position where the transfer robot 164 can access the cleaning apparatus 146 and the three wafer supports 150, 154 and 156, and a transfer robot 166 having two hands is disposed at a position where the transfer robot 166 can access the cleaning apparatus 148 and the three wafer supports 152, 154 and 156.

The wafer support 150 is used to transfer a substrate between the transfer robot 144 and the transfer robot 164 and has a sensor 168 for detecting whether there is a substrate or not. The wafer support 152 is used to transfer a substrate between the transfer robot 144 and the transfer robot 166 and has a sensor 170 for detecting whether there is a substrate or not. The wafer support 154 is used to transfer a substrate from the transfer robot 166 to the transfer robot 164, and has a sensor 172 for detecting whether there is a substrate or not and rinsing nozzles 178 for supplying a rinsing liquid to prevent a substrate from drying or to conduct rinsing of a substrate. The wafer support 156 is used to transfer a substrate from the transfer robot 164 to the transfer robot 166, and has a sensor 176 for detecting whether there is a substrate or not and rinsing nozzles

178 for supplying a rinsing liquid to prevent a substrate from drying or to conduct rinsing of a substrate. The wafer supports 154 and 156 are disposed in a common water-scatter-prevention cover which has an opening defined therein for transferring substrates therethrough, the opening being combined with a shutter 188. The wafer support 154 is disposed above the wafer support 156, and the wafer support 154 serves to support a substrate which has been cleaned and the wafer support 156 serves to support a substrate to be cleaned, so that the cleaned substrate is prevented from being contaminated by rinsing water which would otherwise fall thereon. The sensors 168, 170, 172 and 174, the rinsing nozzles 174 and 178, and the shutter 180 are schematically shown in FIG. 7, and their positions and shapes are not illustrated exactly.

The transfer robot 164 and the transfer robot 166 have the respective two hands which are located in a vertically spaced relationship. The respective upper hands of the transfer robot 164 and the transfer robot 166 are used for transporting a substrate which has been cleaned to the cleaning apparatuses or the wafer supports of the wafer station 158, and the respective lower hands of the transfer robot 164 and the transfer robot 166 are used for transporting a substrate which has not cleaned or a substrate to be polished. Since the lower hand is used to transfer a substrate to or from a reversing device, the upper hand is not contaminated by drops of a rinsing water which fall from an upper wall of the reversing device.

A cleaning apparatus 182 is disposed at a position adjacent to the cleaning apparatus 146 and accessible by the hands of the transfer robot 164, and another cleaning apparatus 184 is disposed at a position adjacent to the cleaning apparatus 148 and accessible by the hands of the transfer robot 166.

All the cleaning apparatuses 146, 148, 182 and 184, the wafer supports 150, 152, 154 and 156 of the wafer station

158, and the transfer robots 164 and 166 are placed in the area B. The pressure in the area B is adjusted so as to be lower than the pressure in the area A. Each of the cleaning apparatuses 182 and 184 is capable of cleaning both surfaces of a substrate.

5 The CMP device 20 has a housing 190 composed of partition walls for enclosing various components therein. The housing 190 constitutes an enclosing structure. The interior of the housing 190 is partitioned into a plurality of compartments or chambers (including the areas A and B) by
10 partitions 160, 192, 194, 196 and 198.

A polishing chamber separated from the area B by the partition wall 198 is formed, and is further divided into two areas C and D by the partition wall 198. In each of the two areas C and D, there are provided two turntables, and a top ring for
15 holding a substrate and pressing the substrate against the turntables during polishing. That is, the turntables 200 and 202 are provided in the area C, and the turntables 204 and 206 are provided in the area D. Further, the top ring 208 is provided in the area C and the top ring 210 is provided in the area D.

20 An abrasive liquid nozzle 212 for supplying an abrasive liquid to the turntable 200 in the area C and a dresser 214 for dressing the turntable 200 are disposed in the area C. An abrasive liquid nozzle 216 for supplying an abrasive liquid to the turntable 204 in the area D and a dresser 218 for dressing
25 the turntable 204 are disposed in the area D. A dresser 220 for dressing the turntable 202 in the area C is disposed in the area C, and a dresser 222 for dressing the turntable 206 in the area D is disposed in the area D. The turntables 202 and 206 may be replaced with wet-type thickness measuring devices for measuring
30 the thickness of a layer on a substrate. If such wet-type thickness measuring devices are provided, then they can measure the thickness of a layer on a substrate immediately after it is polished, and hence it is possible to further polish the polished

substrate or control a polishing process for polishing a next substrate based on the measured value.

FIG. 8 shows the relationship between the top ring 208 and the turntables 200 and 202. The relationship between the top ring 210 and the turntables 204 and 206 is the same as that of the top ring 208 and the turntables 200 and 202. As shown in FIG. 8, the top ring 208 is supported from a top ring head 232 by a top ring drive shaft 230 which is rotatable. The top ring head 232 is supported by a support shaft 235 which can be angularly positioned, and the top ring 210 can access the turntables 200 and 202. The dresser 214 is supported from a dresser head 236 by a dresser drive shaft 234 which is rotatable. The dresser head 236 is supported by an angularly positionable support shaft 238 for moving the dresser 214 between a standby position and a dressing position over the turntable 204. The dresser 220 is similarly supported from a dresser head 242 by a dresser drive shaft 240 which is rotatable. The dresser head 242 is supported by an angularly positionable support shaft 244 for moving the dresser 220 between a standby position and a dressing position over the turntable 202.

As shown in FIG. 7, in the area C separated from the area B by the partition wall 196 and at a position that can be accessed by the hands of the transfer robot 164, there is provided a reversing device 250 for reversing a substrate, and at a position that can be accessed by the hands of the transfer robot 166, there is provided a reversing device 252 for reversing a substrate. The partition wall 196 between the area B and the areas C, D has two openings each for allowing substrates to pass therethrough, one of which is used for transferring the substrate to or from the reversing device 250 and the other of which is used for transferring the substrate to or from the reversing device 252. Shutters 254 and 256 are provided at the respective openings of the partition wall 196.

The reversing devices 250 and 252 have a chuck mechanism for chucking a substrate, a reversing mechanism for reversing a substrate, and a substrate detecting sensor for detecting whether the chuck mechanism chucks a substrate or not, respectively. The transfer robot 164 transfers a substrate to the reversing device 250, and the transfer robot 164 transfers a substrate to the reversing device 252.

A rotary transporter 258 is disposed below the reversing devices 250 and 252, and the top rings 208 and 210, for transferring substrates between the cleaning chamber (area B) and the polishing chamber (areas C and D). The rotary transporter 258 has four stages for placing a substrate at equal angular intervals, and can hold a plurality of substrates thereon at the same time. The substrate which has been transported to the reversing device 250 or 252 is transferred to the rotary transporter 258 by actuating a lifter 260 or 262 disposed below the rotary transporter 258 when the center of the stage of the rotary transporter 258 is aligned with the center of the substrate held by the reversing device 250 or 252. The substrate placed on the stage of the rotary transporter 258 is transported to a position below the top ring 208 or 210 by rotating the rotary transporter 258 by an angle of 90°. At this time, the top ring 208 or 210 is positioned above the rotary transporter 258 beforehand by a swing motion thereof. The substrate is transferred from the rotary transporter 258 to the top ring 208 or 210 by actuating a pusher 264 or 266 disposed below the rotary transporter 258 when the center of the top ring 208 or 210 is aligned with the center of the substrate placed on the stage of the rotary transporter 258.

The substrate transferred to the top ring 208 or 210 is held under vacuum by a vacuum attraction mechanism of the top ring 208 or 210, and transported to the turntable 200 or 204. Thereafter, the substrate is polished by a polishing surface

comprising a polishing cloth or a grinding stone (or a fixed abrasive plate) attached on the turntable 200 or 204. The second turntables 202 and 206 are disposed at positions that can be accessed by the top rings 208 and 210, respectively. With this arrangement, a primary polishing of the substrate can be conducted by the first turntable 200 or 204, and then a secondary polishing of the substrate can be conducted by the second turntable 202 or 206. Alternatively, the primary polishing of the substrate can be conducted by the second turntable 202 or 206, and then the secondary polishing of the substrate can be conducted by the first turntable 200 or 204. In this case, since the second turntable 202 or 206 has a smaller-diameter polishing surface than the first turntable 200 or 204, a grinding stone (or a fixed abrasive plate) which is more expensive than a polishing cloth is attached to the second turntable 202 or 206 to thereby conduct a primary polishing of the substrate. On the other hand, the polishing cloth having a shorter life but being cheaper than the grinding stone (or the fixed abrasive plate) is attached to the first turntable 200 or 204 to thereby conduct a finish polishing of the substrate. This arrangement or utilization may reduce the running cost of the polishing apparatus. If the polishing cloth is attached to the first turntable and the grinding stone (or fixed abrasive plate) is attached to the second turntable, then the turntable system may be provided at a lower cost. This is because the grinding stone (or the fixed abrasive plate) is more expensive than the polishing cloth, and the price of the grinding stone (or the fixed abrasive plate) is substantially proportional to the diameter of the grinding stone. Further, since the polishing cloth has a shorter life than the grinding stone (or the fixed abrasive plate), if the polishing cloth is used under a relatively light load such as a finish polishing, then the life of the polishing cloth is prolonged. Further, if the diameter of the polishing

cloth is large, the chance or frequency of the contact with the substrate is distributed to thus provide a longer life, a longer maintenance period, and an improved productivity of the semiconductor devices.

5 After a substrate is polished by the first turntable 200 and before the top ring 208 moves to the second turntable 202, a cleaning liquid is supplied from cleaning liquid nozzles 270 disposed adjacent to the turntable 200 to the substrate held by the top ring 208 at a position where the top ring 208 is spaced
10 from the turntable 200. Because the substrate is rinsed before moving to the second turntable 202, the transfer of contamination between the turntables is prevented to thus avoid cross contamination of the turntables.

 Further, two-stage polishing can be performed in such
15 a manner that a polishing cloth sold under the tradename of IC1000/SUBA400 manufactured by Rodel Nitta corporation is used for the first polishing surface and a polishing cloth sold under the tradename of POLITEX manufactured by Rodel Nitta corporation is used for the second polishing surface, and the substrate is
20 first polished by the first polishing surface, and then polished by the second polishing surface. This two-stage polishing may be carried out by the use of the two large-sized turntables even if the small-sized second turntable is not used. In the above, although the two-stage polishing has been described as being
25 conducted by two different polishing cloths, it may be conducted by the same polishing cloth or the same grinding stone. After the substrate is polished by the first polishing surface and the second polishing surface, the first and second polishing surfaces are dressed by the dressers 214, 218, 220 and 222,
30 respectively. The dressing process is a process for recovering the polishing surface of the turntable which has been degraded by polishing of the substrates. This process is also called conditioning or rectification.

The substrate which has been polished is returned to the reversing device 250 or 252 in the reverse route to the above. The substrate returned to the reversing device 250 or 252 is rinsed by pure water or chemicals supplied from rinsing nozzles. 5 Further, the substrate holding surface of the top ring 208 or 210 from which the substrate has been removed is also cleaned by pure water or chemicals supplied from cleaning nozzles, and in some cases, the substrate holding surface of the top ring 208 or 210 is rinsed for preventing the substrate holding surface 10 from being dried. A cleaning nozzle or nozzles for cleaning the pusher are provided on the partition wall. In order to improve yield of the semiconductor device or cleaning effect of the substrate, the substrate may be rinsed by chemicals in such a state that the substrate is held by the top ring 208 or 210. 15 Further, the substrate may be rinsed by chemicals in such a state that the substrate is held by the rotary transporter 258. Further, the lifter 260 or 262 may be cleaned by nozzles (described later).

On the right side of FIG. 8, the relationship of the 20 rotary transporter 258, the reversing device 250 or 252, the lifter 260 or 262, and the pusher 264 or 266 is shown. As shown in FIG. 8, the reversing unit 250 or 252 is disposed above the rotary transporter 258, and the lifters 260 or 262 and the pushers 264 or 266 are disposed below the rotary transporter 258.

25 Next, transport routes for transporting substrates will be described.

All software is constructed such that all units or devices are freely combined and set in normal processing routes of the substrates in the polishing apparatus. Examples of the 30 processing routes are the following:

1) Method (2 cassette parallel processing) in which substrates in one substrate cassette 22 are processed in one of the two areas C and D, and substrates in another substrate

cassette 22 are processed in the other of the two areas C and D;

2) Method (1 cassette parallel processing) in which substrates in one substrate cassette 22 are distributed into the area C and the area D arbitrarily; and

3) Method (serial processing) in which substrates in one substrate cassette 22 are processed in one of the areas C and D, and then processed in the other of the areas C and D.

In the cleaning chamber, polished substrates discharged from the polishing chambers are processed according to any one of the following six processes:

A) Process in which substrates are cleaned in two-stages by two arrays of cleaning apparatuses and discharged, i.e., from the cleaning apparatus 182 to the cleaning apparatus 146 and from the cleaning apparatus 184 to the cleaning apparatus 148;

B) Process in which substrates are cleaned in three-stages by one array of cleaning apparatuses and discharged, i.e., from the cleaning apparatus 184 to the cleaning apparatus 148 and then to the cleaning apparatus 146 or in three-stages by one array of cleaning apparatuses and discharged, i.e., from the cleaning apparatus 182 to the cleaning apparatus 184 or 148 and then to the cleaning apparatus 146;

C) Process in which substrates are cleaned in three-stages and discharged, i.e., in one-stage by two cleaning apparatuses, i.e., either one of the cleaning apparatuses 182, 184 where no cleaning is being conducted, and in two-stages by one array of cleaning apparatuses, i.e., from the cleaning apparatus 148 to the cleaning apparatus 146;

D) Process in which substrates are cleaned in four-stages by one array of cleaning apparatuses and discharged, i.e., from the cleaning apparatus 184 to the cleaning apparatus 148 and then to the cleaning apparatus 182 and then to the cleaning

apparatus 146;

E) Process in which substrates are cleaned in four-stages by one array of cleaning apparatuses and discharged, i.e., from the cleaning apparatus 182 to the cleaning apparatus 5 184 and then to the cleaning apparatus 148 and then to the cleaning apparatus 146; and

F) Process in which substrates are cleaned in three-stages by one array of cleaning apparatuses and discharged, i.e., from the cleaning apparatus 184 to the cleaning apparatus 10 148 and then to the cleaning apparatus 146, after the substrates which have been polished in a first stage are cleaned by the cleaning apparatus 182 and then polished again in a second stage.

Combinations of the methods 1) - 3) and the processes

A) - F) provide their respective features as follows:
15 (1 - A):

This combination is effective in a case where different processes are carried out for two substrate cassettes and a case where a plurality of lots of substrates are discharged at a high throughput. If different processes are carried out 20 for the two substrate cassettes, then an apparatus configuration or arrangement provided by a combination of two dry-in and dry-out type polishing apparatuses, for example, is employed. Since this combination offers the greatest throughput, it is used to achieve a higher production capability with the same process 25 being carried out on substrates from the two substrate cassettes.

(2 - A):

This combination is effective to process substrates in one substrate cassette in a short period of time. This combination also allows substrates in one substrate cassette to 30 be processed in two arbitrary different types of processes.

(3 - A):

In the case where the time required to clean a substrate in at least one of the two cleaning stages is longer

than the time required to polish a substrate in either one of the two polishing stages, if the two cleaning stages are carried out by one array of cleaning apparatuses, then the polishing capability is lowered because of the long cleaning time. In this case, if the two cleaning stages are carried out by two arrays of cleaning apparatuses, then polished substrates can be delivered without being affected by the cleaning time. This combination is highly effective in this case.

(1 - B):

10 This combination is used in a case where three or more types of cleaning process are required after the polishing process. Since the cleaning process is carried out by one array of cleaning apparatuses, the processing capability of the cleaning process according to this combination is reduced, and
15 the combination is highly effective in a case where the polishing time is longer than the cleaning time.

(2 - B):

This combination is used in a case where only one lot is processed, but not a plurality of lots are processed at once as with the combination (1 - B), and offers the same advantages as with the combination (1 - B).

(3 - B):

This combination is used in a case where three cleaning stages are needed as with the combination (1 - B).

25 (1 - C):

This combination offers the same advantages as with the combination (1 - B). If the cleaning time in the first cleaning stage is longer than the processing time in another wafer processing unit, then the first cleaning stage is carried
30 out by two cleaning apparatuses for preventing substrates from being jammed at the first cleaning apparatus, thereby increasing the processing capability.

(2 - C):

As with the combination (1 - C), this combination is used for the same reason as the combination (2 - B).

(3 - C):

As with the combination (1 - C), this combination is used for the same reason as the combination (3 - B).

(1, 2, 3 - D, E):

This combination is used in a case where four cleaning stages are required in addition to the use of the respective polishing chambers.

10 (3 - F):

In the two-stage polishing process, this combination is used to transport substrates through a cleaning process before the second polishing stage for preventing the substrates to which the abrasive liquid used in the first polishing stage is attached from being polished in the second polishing stage.

As described above, since the polishing apparatus according to the present invention has the two polishing sections having the respective turntables 200 and 204, one of the polishing sections can be inspected and serviced for maintenance while the polishing apparatus is in operation using the other polishing section.

A cleaning section has the cleaning apparatuses 146, 148, 182 and 184 for cleaning substrates. While the polishing apparatus is in operation using at least one of the cleaning apparatuses, the other cleaning apparatuses can be inspected and serviced for maintenance.

FIG. 9 is a cross-sectional view showing a relationship between a top ring and a polishing table of the CMP device. As shown in FIG. 9, a polishing table 304 is disposed underneath a top ring 300, and has a polishing pad 302 attached to an upper surface thereof. A polishing liquid supply nozzle 306 is disposed above the polishing table 304 and supplies a polishing liquid Q onto the polishing pad 302 on the polishing table 304.

Various kinds of polishing pads are sold on the market. For example, some of these are SUBA800, IC-1000, and IC-1000/SUBA400 (two-layer cloth) manufactured by Rodel Inc., and Surfin xxx-5 and Surfin 000 manufactured by Fujimi Inc. SUBA800, 5 Surfin xxx-5, and Surfin 000 are non-woven fabrics bonded by urethane resin, and IC-1000 is rigid foam polyurethane (single-layer). Foam polyurethane is porous and has a large number of fine recesses or holes formed in its surface.

The top ring 300 is connected to a top ring drive shaft 10 310 by a universal joint 308. The top ring drive shaft 310 is coupled to a top ring air cylinder 314 fixed to a top ring head 312. The top ring air cylinder 314 operates to vertically move the top ring drive shaft 310 to thus lift and lower the top ring 300 as a whole. The top ring air cylinder 314 also operates to 15 press a retainer ring 318 fixed to the lower end of a top ring body 316 against the polishing table 304. The top ring air cylinder 314 is connected to a compressed air source (fluid source) 320 via a regulator R1, which regulates the pressure of air supplied to the top ring air cylinder 314 for thereby 20 adjusting a pressing force with which the retainer ring 318 presses the polishing pad 302.

The top ring drive shaft 310 is connected to a rotary sleeve 322 by a key (not shown). The rotary sleeve 322 has a timing pulley 324 fixedly disposed therearound. A top ring motor 25 326 having a drive shaft is fixed to the upper surface of the top ring head 312. The timing pulley 328 is operatively coupled to a timing pulley 324 mounted on the drive shaft of the top ring motor 326 by a timing belt 328. When the top ring motor 326 is energized, the timing pulley 330, the timing belt 328, and the 30 timing pulley 324 are rotated to rotate the rotary sleeve 322 and the top ring drive shaft 310 in unison, thus rotating the top ring 300. The top ring head 312 is supported on a top ring head shaft 332 fixedly supported on a frame (not shown).

FIG. 10 is a vertical cross-sectional view showing the top ring 300, and FIG. 11 is a bottom view of the top ring 300 shown in FIG. 10. As shown in FIG. 10, the top ring 300 comprises the top ring body 316 in the form of a cylindrical housing with a storage space defined therein, and the retainer ring 318 fixed to the lower end of the top ring body 316. The top ring body 316 is made of a material having high strength and rigidity, such as metal or ceramics. The retainer ring 318 is made of highly rigid synthetic resin, ceramics, or the like.

The top ring body 316 comprises a cylindrical housing 316a, an annular pressurizing sheet support 316b fitted in the cylindrical housing 316a, and an annular seal 316c fitted over an outer circumferential edge of an upper surface of the cylindrical housing 316a. The retainer ring 316 is fixed to the lower end of the cylindrical housing 316a and has a lower portion projecting radially inwardly. The retainer ring 318 may be integrally formed with the top ring body 316.

The top ring drive shaft 310 is disposed above the center of the cylindrical housing 316a of the top ring body 316. The top ring body 316 is coupled to the top ring drive shaft 310 by the universal joint 310. The universal joint 310 has a spherical bearing mechanism by which the top ring body 316 and the top ring drive shaft 310 are tiltable with respect to each other, and a rotation transmitting mechanism for transmitting the rotation of the top ring drive shaft 310 to the top ring body 316. The rotation transmitting mechanism and the spherical bearing mechanism transmit pressing and rotating forces from the top ring drive shaft 310 to the top ring body 316 while allowing the top ring body 316 and the top ring drive shaft 310 to be tilted with respect to each other.

The spherical bearing mechanism comprises a spherical recess 310a defined centrally in the lower surface of the top ring drive shaft 310, a spherical recess 316d defined centrally

in the upper surface of the housing 316a, and a bearing ball 334 made of a highly hard material such as ceramics and interposed between the spherical recesses 310a and 316d. The rotation transmitting mechanism comprises a drive pin (not shown) fixed to the top ring drive shaft 310, and a driven pin (not shown) fixed to the housing 316a. The drive pin is held in driving engagement with the driven pin while the drive pin and the driven pin are being vertically movable relatively to each other. The rotation of the top ring drive shaft 310 is transmitted to the top ring body 316 through the drive and driven pins. Even when the top ring body 316 is tilted with respect to the top ring drive shaft 310, the drive and driven pins remain in engagement with each other at a moving point of contact, so that the torque of the top ring drive shaft 310 can reliably be transmitted to the top ring body 316.

The top ring body 316 and the retainer ring 318 secured to the top ring body 316 jointly have a space defined therein, which accommodates therein an elastic pad 336 having a lower end surface brought into contact with the upper surface of the substrate W held by the top ring 300, an annular holder ring 340, and a disk-shaped chucking plate (support member) 342 for supporting the elastic pad 336. The elastic pad 336 has a radially outer edge clamped between the holder ring 340 and the chucking plate 342 secured to the lower end of the holder ring 340 and extends radially inwardly so as to cover the lower surface of the chucking plate 342, thus forming a space between the elastic pad 336 and the chucking plate 342.

The chucking plate 342 may be made of metal. However, when the thickness of a thin film formed on a surface of a substrate is measured by a method using eddy current in such a state that the substrate to be polished is held by the top ring, the chucking plate 342 should preferably be made of a non-magnetic material, e.g., an insulating material such as

fluoro-resin or ceramics.

A pressurizing sheet 344, which comprises an elastic membrane, extends between the holder ring 340 and the top ring body 316. The pressurizing sheet 344 has a radially outer edge 5 clamped between the housing 316a and the pressurizing sheet support 316b of the top ring body 316, and a radially inner edge clamped between an upper portion 340a and a stopper 340b of the holder ring 340. The top ring body 316, the chucking plate 342, the holder ring 340, and the pressurizing sheet 344 jointly 10 define a pressure chamber 346 in the top ring body 316. As shown in FIG. 10, a fluid passage 348 comprising tubes and connectors communicates with the pressure chamber 346, which is connected to the compressed air source 320 via a regulator R2 connected to the fluid passage 348. The pressurizing sheet 344 is made 15 of a highly strong and durable rubber material such as ethylene propylene rubber (ethylene-propylene terpolymer (EPDM)), polyurethane rubber, silicone rubber, or the like.

In the case of a pressurizing sheet 344 made of an elastic material such as rubber, if the pressurizing sheet 344 is clamped 20 between the retainer ring 318 and the top ring body 316, then the pressurizing sheet 344 is elastically deformed as an elastic material, and a desired horizontal surface cannot be maintained on the lower surface of the retainer ring 318. In order to maintain the desired horizontal surface on the lower surface of 25 the retainer ring 318, the pressurizing sheet 344 is clamped between the housing 316a of the top ring body 316 and the pressurizing sheet support 316b provided as a separate member in the present embodiment. The retainer ring 318 may vertically be movable with respect to the top ring body 316, or the retainer 30 ring 318 may have a structure capable of pressing the polishing surface independently of the top ring body 316. In such cases, the pressurizing sheet 344 is not necessarily fixed in the aforementioned manner.

A cleaning liquid passage 350 in the form of an annular groove is defined in the upper surface of the housing 316a near its outer circumferential edge over which the seal 316c is fitted. The cleaning liquid passage 350 communicates with a fluid passage 5 354 via a through hole 352 formed in the seal 316c, and is supplied with a cleaning liquid (pure water) via the fluid passage 354. A plurality of communication holes 356 are defined in the housing 316a and the pressurizing sheet support 316b in communication with the cleaning liquid passage 350. The communication holes 10 356 communicate with a small gap G defined between the outer circumferential surface of the elastic pad 336 and the inner circumferential surface of the retainer ring 318. The fluid passage 354 is connected to a cleaning liquid source (not shown) through a rotary joint (not shown).

15 The space defined between the elastic pad 336 and the chucking plate 342 accommodates therein a central bag 360 as a central contact member brought into contact with the elastic pad 336, and a ring tube 362 as an outer contact member brought into contact with the elastic pad 336. These contact members may be 20 brought into abutment against the elastic pad 336. In the present embodiment, as shown in FIGS. 10 and 11, the central bag 360 having a circular contact surface is disposed centrally on the lower surface of the chucking plate 342, and the ring tube 362 having an annular contact surface is disposed radially 25 outwardly of the central bag 360 in surrounding relation thereto. Specifically, the central bag 360 and the ring tube 362 are spaced at predetermined intervals. Each of the elastic pad 336 and the central bag 360 and the ring tube 362 is made of a highly strong and durable rubber material such as ethylene propylene rubber 30 (ethylene-propylene terpolymer (EPDM)), polyurethane rubber, silicone rubber, or the like.

The space defined between the chucking plate 342 and the elastic pad 336 is divided into a plurality of spaces (second

pressure chambers) by the central bag 360 and the ring tube 362. Specifically, a pressure chamber 364 is defined between the central bag 360 and the ring tube 362, and a pressure chamber 366 is defined radially outwardly of the ring tube 362.

5 The central bag 360 comprises an elastic membrane 368 brought into contact with the upper surface of the elastic pad 336, and a central bag holder (holding member) 370 for detachably holding the elastic membrane 368 in position. The central bag holder 370 has threaded holes 370a defined therein, and is
10 detachably fastened to the center of the lower surface of the chucking plate 342 by screws 372 threaded into the threaded holes 370a. The central bag 360 has a central pressure chamber 374 (first pressure chamber) defined therein by the elastic membrane 368 and the central bag holder 370.

15 Similarly, the ring tube 362 comprises an elastic membrane 376 brought into contact with the upper surface of the elastic pad 336, and a ring tube holder (holding member) 378 for detachably holding the elastic membrane 376 in position. The ring tube holder 378 has threaded holes 378a defined therein,
20 and is detachably fastened to the lower surface of the chucking plate 342 by screws 380 threaded into the threaded holes 378a. The ring tube 362 has an intermediate pressure chamber 382 (first pressure chamber) defined therein by the elastic membrane 376 and the ring tube holder 378.

25 Fluid passages 384, 386, 388 and 390 comprising tubes and connectors communicate with the pressure chambers 364, 366, the central pressure chamber 374, and the intermediate pressure chamber 382, respectively. The pressure chambers 364, 366, 374 and 382 are connected to the compressed air source 320 via
30 respective regulators R3, R4, R5 and R6 connected respectively to the fluid passages 384, 386, 388 and 390. The fluid passages 348, 384, 386, 388 and 390 are connected to the respective regulators R2, R3, R4, R5 and R6 through a rotary joint (not shown)

mounted on the upper end of the top ring drive shaft 310.

The pressure chamber 346, 364, 366, 374 and 382 are supplied with a pressurized fluid such as pressurized air or atmospheric air or evacuated, via the fluid passages 348, 384, 386, 388 and 390. As shown in FIG. 9, the regulators R2 to R6 connected to the fluid passages 348, 384, 386, 388 and 390 of the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382 can respectively regulate the pressures of the pressurized fluids supplied to the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382, for thereby independently controlling the pressures in the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382 or independently introducing atmospheric air or vacuum into the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382. Thus, the pressures in the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382 are independently varied with the regulators R2 to R6, so that the pressing forces, which are pressures per unit area for pressing the substrate W against the polishing pad 302, can be adjusted in local areas of the substrate W via the elastic pad 336. In some applications, the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382 may be connected to a vacuum source 392.

In this case, the pressurized fluid or the atmospheric air supplied to the pressure chambers 364, 366, 374 and 382 may independently be controlled in temperature, for thereby directly controlling the temperature of the substrate from the backside of the surface to be polished. Particularly, when each of the pressure chambers is independently controlled in temperature, the rate of chemical reaction can be controlled in the chemical polishing process of CMP.

As shown in FIG. 11, a plurality of openings 400 are formed in the elastic pad 336. The chucking plate 342 has radially inner suction portions 402 and radially outer suction portions 404 extended downwardly therefrom. The openings 400 positioned between the central bag 360 and the ring tube 362 allow

the inner suction portions 402 to be exposed externally, and the openings 400 positioned outside of the ring tube 362 allow the outer suction portions 404 to be exposed externally. In the present embodiment, the elastic pad 336 has eight openings 400 for allowing the eight suction portions 402, 404 to be exposed.

Each of the inner suction portions 402 has a hole 402a communicating with a fluid passage 406, and each of the outer suction portions 404 has a hole 404a communicating with a fluid passage 408. Thus, the inner suction portion 402 and the outer suction portion 404 are connected to the vacuum source 392 such as a vacuum pump via the respective fluid passages 406, 408 and valves V1, V2. When the suction portions 402, 404 are evacuated by the vacuum source 392 to develop a negative pressure at the lower opening ends of the communicating holes 402a, 404a thereof, a substrate W is attracted to the lower ends of the suction portions 402, 404 by the negative pressure. The suction portions 402, 404 have elastic sheets 402b, 404b, such as thin rubber sheets, attached to their lower ends, for thereby elastically contacting and holding the substrate W on the lower surfaces thereof.

As shown in FIG. 10, when the substrate W is polished, the lower ends of the suction portions 402, 404 are positioned above the lower surface of the elastic pad 336, without projecting downwardly from the lower surface of the elastic pad 336. When the substrate W is attracted to the suction portions 402, 404, the lower ends of the suction portions 402, 404 are positioned at the same level as the lower surface of the elastic pad 336.

Since there is the small gap G between the outer circumferential surface of the elastic pad 336 and the inner circumferential surface of the retainer ring 318, the holder ring 340, the chucking plate 342, and the elastic pad 336 attached to the chucking plate 342 can vertically be moved with respect

to the top ring body 316 and the retainer ring 318, and hence are of a floating structure with respect to the top ring body 316 and the retainer ring 318. A plurality of teeth 340c project radially outwardly from the outer circumferential edge of the stopper 340b of the holder ring 340. When the teeth 340c engage the upper surface of the radially inwardly projecting portion of the retainer ring 318 upon downward movement of the holder ring 340, the holder ring 340 is limited against any further downward movement.

10 Operation of the top ring 300 thus constructed will be described below.

 When the substrate W is to be delivered to the polishing apparatus, the top ring 300 is moved to a position to which the substrate W is transferred, and the communicating holes 402a, 404a of the suction portions 402, 404 are evacuated via the fluid passages 406, 408 by the vacuum source 392. The substrate W is attracted to the lower ends of the suction portions 402, 404 by suction effect of the communicating holes 402a, 404a. With the substrate W attracted to the top ring 300, the top ring 300 is moved to a position above the polishing table 304 having the polishing surface (polishing pad 302) thereon. The retainer ring 318 holds the outer circumferential edge of the substrate W so that the substrate W is not removed from the top ring 300.

 For polishing the lower surface of the substrate W, the substrate W is thus held on the lower surface of the top ring 300, and the top ring air cylinder 314 connected to the top ring drive shaft 310 is actuated to press the retainer ring 318 fixed to the lower end of the top ring 300 against the polishing surface on the polishing table 304 under a predetermined pressure. Then, the pressurized fluids are respectively supplied to the pressure chambers 364, 366, the central pressure chamber 374, and the intermediate pressure chamber 382 under respective pressures, thereby pressing the substrate W against the polishing surface

on the polishing table 304. The polishing liquid supply nozzle 306 then supplies the polishing liquid Q onto the polishing pad 302. Thus, the substrate W is polished by the polishing pad 302 with the polishing liquid Q being present between the lower surface, to be polished, of the substrate W and the polishing pad 302.

The local areas of the substrate W that are positioned beneath the pressure chambers 364, 366 are pressed against the polishing pad 302 under the pressures of the pressurized fluids supplied to the pressure chambers 364, 366. The local area of the substrate W that is positioned beneath the central pressure chamber 374 is pressed via the elastic membrane 368 of the central bag 360 and the elastic pad 336 against the polishing pad 302 under the pressure of the pressurized fluid supplied to the central pressure chamber 374. The local area of the substrate W that is positioned beneath the intermediate pressure chamber 382 is pressed via the elastic membrane 376 of the ring tube 362 and the elastic pad 336 against the polishing pad 302 under the pressure of the pressurized fluid supplied to the intermediate pressure chamber 382.

Therefore, the polishing pressures acting on the respective local areas of the substrate W can be adjusted independently by controlling the pressures of the pressurized fluids supplied to each of the pressure chambers 364, 366, 374 and 382. Specifically, each of the regulators R3 to R6 independently regulates the pressure of the pressurized fluid supplied to the pressure chambers 364, 366, 374 and 382 for thereby adjusting the pressing forces applied to press the local areas of the substrate W against the polishing pad 302 on the polishing table 304. With the polishing pressures on the respective local areas of the substrate W being adjusted independently, the substrate W is pressed against the polishing pad 302 on the polishing table 304 that is being rotated.

Similarly, the pressure of the pressurized fluid supplied to the top ring air cylinder 314 can be regulated by the regulator R1 to adjust the force with which the retainer ring 318 presses the polishing pad 302. While the substrate W is being polished, the force with which the retainer ring 318 presses the polishing pad 302 and the pressing force with which the substrate W is pressed against the polishing pad 302 can appropriately be adjusted for thereby applying polishing pressures in a desired pressure distribution to a central area C1, an inner area C2, an intermediate area C3, and a peripheral area C4 of the substrate W (see FIG. 11).

The local areas of the substrate W that are positioned beneath the pressure chambers 364, 366 are divided into areas to which a pressing force from a fluid is applied via the elastic pad 336, and areas to which the pressure of a pressurized fluid is directly applied, such as areas positioned beneath the openings 400. However, the pressing forces applied to these two areas are equal to each other. When the substrate W is polished, the elastic pad 336 is brought into close contact with the upper surface of the substrate W near the openings 400, so that the pressurized fluids supplied to the pressure chambers 364, 366 are prevented from flowing out to the exterior.

In this manner, the substrate W is divided into the concentric circular and annular areas C1 to C4, which can be pressed under independent pressing forces. The polishing rates of the circular and annular areas C1 to C4, which depend on the pressing forces applied to those areas, can independently be controlled because the pressing forces applied to those areas can independently be controlled. Consequently, even if the thickness of a thin film to be polished on the surface of the substrate W suffers radial variations, the thin film on the surface of the substrate W can be polished uniformly without being insufficiently or excessively polished. More

specifically, even if the thickness of the thin film to be polished on the surface of the substrate *W* differs depending on the radial position on the substrate *W*, the pressure in a pressure chamber positioned over a thicker area of the thin film is made higher than the pressure in a pressure chamber positioned over a thinner area of the thin film, or the pressure in a pressure chamber positioned over a thinner area of the thin film is made lower than the pressure in a pressure chamber positioned over a thicker area of the thin film. In this manner, the pressing force applied to the thicker area of the thin film is made higher than the pressing force applied to the thinner area of the thin film, thereby selectively increasing the polishing rate of the thicker area of the thin film. Consequently, the entire surface of the substrate *W* can be polished exactly to a desired level irrespective of the film thickness distribution obtained at the time the thin film is formed.

Any unwanted edge rounding on the circumferential edge of the substrate *W* can be prevented by controlling the pressing force applied to the retainer ring 318. If the thin film to be polished on the circumferential edge of the substrate *W* has large thickness variations, then the pressing force applied to the retainer ring 318 is intentionally increased or reduced to thus control the polishing rate of the circumferential edge of the substrate *W*. When the pressurized fluids are supplied to the pressure chambers 364, 366, 374 and 382, the chucking plate 342 is subjected to upward forces. In the present embodiment, the pressurized fluid is supplied to the pressure chamber 346 via the fluid passage 348 to prevent the chucking plate 342 from being lifted under the forces from the pressure chambers 364, 366, 374 and 382.

As described above, the pressing force applied by the top ring air cylinder 314 to press the retainer ring 318 against the polishing pad 302 and the pressing forces applied by the

pressurized fluids supplied to the pressure chambers 364, 366, 374 and 382 to press the local areas of the substrate W against the polishing pad 302 are appropriately adjusted to polish the substrate W. When the polishing of the substrate W is finished, the substrate W is attracted to the lower ends of the suction portions 402, 404 under vacuum in the same manner as described above. At this time, the supply of the pressurized fluids into the pressure chambers 364, 366, 374 and 382 is stopped, and the pressure chambers 364, 366, 374 and 382 are vented to the atmosphere. Accordingly, the lower ends of the suction portions 402, 404 are brought into contact with the substrate W. The pressure chamber 346 is vented to the atmosphere or evacuated to develop a negative pressure therein. If the pressure chamber 346 is maintained at a high pressure, then the substrate W is strongly pressed against the polishing surface only in areas brought into contact with the suction portions 402, 404. Therefore, it is necessary to decrease the pressure in the pressure chamber 346 immediately. Accordingly, a relief port 410 penetrating through the top ring body 316 may be provided for decreasing the pressure in the pressure chamber 346 immediately, as shown in FIG. 10. In this case, when the pressure chamber 346 is pressurized, it is necessary to continuously supply the pressurized fluid into the pressure chamber 346 via the fluid passage 348. The relief port 410 comprises a check valve (not shown) for preventing an outside air from flowing into the pressure chamber 346 at the time when a negative pressure is developed in the pressure chamber 346.

After the substrate W is attracted to the lower ends of the suction portions 402, 404, the entire top ring 300 is moved to a position to which the substrate W is to be transferred. Then, a fluid such as compressed air or a mixture of nitrogen and pure water is ejected to the substrate W via the communicating holes 402a, 404a of the suction portions 402, 404 to release the

substrate W from the top ring 300.

The polishing liquid Q used to polish the substrate W tends to flow through the gap G between the outer circumferential surface of the elastic pad 336 and the retainer ring 318. If the polishing liquid Q is firmly deposited in the gap G, then the holder ring 340, the chucking plate 342, and the elastic pad 336 are prevented from smoothly moving vertically with respect to the top ring body 316 and the retainer ring 318. To avoid such a drawback, a cleaning liquid (pure water) is supplied through the fluid passage 354 to the cleaning liquid passage 350. Accordingly, the pure water is supplied via the communication holes 356 to a region above the gap G, thus cleaning members defining the gap G to remove deposits of the polishing liquid Q. The pure water should preferably be supplied after the polished substrate W is released and until a next substrate to be polished is attracted to the top ring 300. It is also preferable to discharge all the supplied pure water out of the top ring 300 before the next substrate is polished, and hence to provide the retainer ring 318 with a plurality of through holes 318a shown in FIG. 10 for discharging the pure water. Furthermore, if a pressure buildup is developed in a space 412 defined between the retainer ring 318, the holder ring 340, and the pressurizing sheet 344, then it acts to prevent the chucking plate 342 from being elevated in the top ring body 316. Therefore, in order to allow the chucking plate 342 to be elevated smoothly in the top ring body 316, the through holes 318a should preferably be provided for equalizing the pressure in the space 412 with the atmospheric pressure.

As described above, according to the embodiment, the pressures in the pressure chambers 364, 366, the pressure chamber 374 in the central bag 360, and the pressure chamber 382 in the ring tube 362 are independently controlled to control the pressing forces acting on the substrate W. Further, according

to the embodiment, regions in which a pressing force applied to the substrate W is controlled can easily be changed by changing positions or sizes of the central bag 360 and the ring tube 362. Examples of changing the regions in which the pressing force applied to the substrate W is controlled will be described below.

FIGS. 12A through 12E and FIG. 13 are vertical cross-sectional views showing other examples of the contact members (central bag 360 and ring tube 362) in the substrate holder of a CMP device.

As shown in FIGS. 12A and 12B, the area C1 in which the pressing force applied to the substrate is controlled can be changed by another central bag 360 having a different size. In this case, when the size and shape of a hole 370b for allowing the pressure chamber 374 defined in the central bag 360 to communicate with the fluid passage 388, and the size and position of the threaded holes 370a for mounting the central bag holder 370 on the chucking plate 342 are predetermined, the range in which the pressing force applied to the substrate is controlled can be changed simply by preparing a central bag holder 370 having a different size. In this case, it is not necessary to modify the chucking plate 342.

As shown in FIGS. 12C and 12D, the width and/or position of the area C3 in which the pressing force applied to the substrate is controlled can be changed by another ring tube 362 having a different size and/or shape. Further, as shown in FIG. 12E, a plurality of holes 414 and threaded holes (not shown) may be provided in predetermined radial positions of the chucking plate 342. In this case, the communicating hole 378b is positioned at a position corresponding to one of the communicating holes 414, and the other communicating holes (and threaded holes) are filled with screws 416 for sealing fluids. Thus, the ring tube 362 can flexibly be mounted in the radial direction, so that the region in which the pressing force is controlled can flexibly

be changed.

As shown in FIG. 13, a protrusion 368a protruding radially outwardly from the circumferential edge of the elastic membrane 368 may be provided on the lower surface of the central bag 360, and protrusions 376a protruding radially from the circumferential edges of the elastic membrane 376 may be provided on the lower surface of the ring tube 362. The protrusions 368a, 376a are made of the same material as the central bag 360 and the ring tube 362. As described above, when the substrate is polished, pressurized fluids are supplied to the pressure chamber 364 positioned between the central bag 360 and the ring tube 362, and the pressure chamber 366 surrounding the ring tube 362. Therefore, the protrusions 368a, 376a are brought into close contact with the elastic pad 336 by the pressurized fluids supplied to the pressure chambers 364, 366. Thus, even if the pressure of the pressurized fluid supplied to the pressure chamber 364 adjacent to the central bag 360 is considerably higher than the pressure of the pressurized fluid supplied to the pressure chamber 374 defined in the central bag 360, the high-pressure fluid adjacent to the central bag 360 is prevented from flowing into the lower portion of the central bag 360. Similarly, even if the pressure of the pressurized fluid supplied to the pressure chamber 364 or 366 adjacent to the ring tube 362 is considerably higher than the pressure of the pressurized fluid supplied to the pressure chamber 382 defined in the ring tube 362, the high-pressure fluid adjacent to the ring tube 362 is prevented from flowing into the lower portion of the ring tube 362. Therefore, the protrusions 368a, 376a can widen the range of pressure control in each of the pressure chambers, for thereby pressing the substrate more stably.

The elastic membrane 368, 376 may have a partially different thickness or may partially include an inelastic member, so that deformations of the elastic membrane 368 of the central

bag 360 and of the elastic membrane 376 of the ring tube 362 are ideal. FIG. 14A shows an example in which the elastic membrane 376 of the ring tube 362 has side surfaces 376b thicker than the surface brought into contact with the elastic pad 336. FIG. 14B
5 shows an example in which the elastic membrane 376 of the ring tube 362 partially includes inelastic members 376d in the side surfaces thereof. In these examples, deformation of the side surfaces of the elastic membrane due to the pressure in the pressure chambers can appropriately be limited.

10 As described above, the distribution of the thin film formed on the surface of the substrate varies depending on a deposition method or a deposition apparatus. According to the embodiment, a substrate holding apparatus can change the position and size of the pressure chambers for applying the
15 pressing force to the substrate simply by change of the central bag 360 and the central bag holder 370, or the ring tube 362 and the ring tube holder 378. Therefore, the position and region in which the pressing force is controlled can easily be changed in accordance with the distribution of the thin film to be
20 polished at low cost. In other words, the substrate holder can cope with various thickness distributions of the thin film formed on the substrate to be polished. The change of the shape and position of the central bag 360 or the ring tube 362 leads to the change of the size of the pressure chamber 364 positioned
25 between the central bag 360 and the ring tube 362, and the pressure chamber 366 surrounding the ring tube 362.

FIG. 15 is a vertical cross-sectional view showing an another top ring 300 of a CMP device. The top ring 300 has a seal ring 420 instead of an elastic pad. The seal ring 420
30 comprises an elastic membrane covering only a lower surface of a chucking plate 342 near its outer circumferential edge. In this embodiment, neither an inner suction portion (indicated by the reference numeral 402 in FIG. 10) nor an outer suction portion

(indicated by the reference numeral 402 in FIG. 10) is provided on the chucking plate 342, for a simple configuration. However, suction portions for attracting a substrate may be provided on the chucking plate 342, as described above. The seal ring 420 is made of a highly strong and durable rubber material such as ethylene propylene rubber (ethylene-propylene terpolymer (EPDM)), polyurethane rubber, silicone rubber, or the like.

The seal ring 420 is provided in such a state that the lower surface of the seal ring 420 is brought into contact with the upper surface of the substrate W. The seal ring 420 has a radially outer edge clamped between the chucking plate 342 and a holder ring 340. The substrate W has a recess defined in an outer edge thereof, which is referred to as a notch or orientation flat, for recognizing or identifying the orientation of the substrate. Therefore, the seal ring 420 should preferably extend radially inwardly from the innermost position of the recess such a notch or orientation flat.

A central bag 360 is disposed centrally on the lower surface of the chucking plate 342, and a ring tube 362 is disposed radially outwardly of the central bag 360 in surrounding relation thereto, as with described above.

In this embodiment, a substrate W to be polished is held by the top ring 300 in such a state that the substrate W is brought into contact with the seal ring 420, an elastic membrane 368 of the central bag 360, and an elastic membrane 376 of the ring tube 362. Therefore, the substrate W, the chucking plate 342, and the seal ring 420 jointly define a space therebetween. This space is divided into a plurality of spaces (second pressure chambers) by the central bag 360 and the ring tube 362. Specifically, a pressure chamber 364 is defined between the central bag 360 and the ring tube 362, and a pressure chamber 366 is defined radially outwardly of the ring tube 362.

Fluid passages 384, 386, 388 and 390 comprising tubes

and connectors communicate with the pressure chambers 364, 366, a central pressure chamber (first pressure chamber) 374 defined in the central bag 360, and an intermediate pressure chamber (first pressure chamber) 382 defined in the ring tube 362, respectively. The pressure chambers 364, 366, 374 and 382 are connected to the compressed air source via respective regulators connected respectively to the fluid passages 384, 386, 388 and 390. The regulators connected to the fluid passages 348, 384, 386, 388 and 390 of the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382 can respectively regulate the pressures of the pressurized fluids supplied to the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382, for thereby independently controlling the pressures in the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382 or independently introducing atmospheric air or vacuum into the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382. Thus, the pressures in the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382 are independently varied with the regulators, so that the pressing forces can be adjusted in local areas of the substrate W. In some applications, the pressure chambers 346, 364, 366, 374 and 382 may be connected to a vacuum source 392.

Operation of the top ring 300 thus constructed will be described below.

When the substrate W is to be delivered to the polishing apparatus, the top ring 300 is moved to a position to which the substrate W is delivered, and the central bag 360 and the ring tube 362 are supplied with a pressurized fluid under a predetermined pressure for bringing the lower surfaces of the central bag 360 and the ring tube 362 into close contact with the upper surface of the substrate W. Thereafter, the pressure chambers 364, 366 are connected to a vacuum source via the fluid passages 384, 386 to develop a negative pressure in the pressure chambers 364, 366 for thereby attracting the substrate W under vacuum.

For polishing the lower surface of the substrate W, the substrate W is thus held on the lower surface of the top ring 300, and the top ring air cylinder 314 connected to the top ring drive shaft 310 is actuated to press the retainer ring 318 fixed to the lower end of the top ring 300 against the polishing surface on the polishing table 304 under a predetermined pressure. Then, the pressurized fluids are respectively supplied to the pressure chambers 364, 366, the central pressure chamber 374, and the intermediate pressure chamber 382 under respective pressures, thereby pressing the substrate W against the polishing surface on the polishing table 304. The polishing liquid supply nozzle 306 then supplies the polishing liquid Q onto the polishing pad 302. Thus, the substrate W is polished by the polishing pad 302 with the polishing liquid Q being present between the lower surface, to be polished, of the substrate W and the polishing pad 302.

The local areas of the substrate W that are positioned beneath the pressure chambers 364, 366 are pressed against the polishing pad 302 under the pressures of the pressurized fluids supplied to the pressure chambers 364, 366. The local area of the substrate W that is positioned beneath the central pressure chamber 374 is pressed via the elastic membrane 368 of the central bag 360 against the polishing pad 302 under the pressure of the pressurized fluid supplied to the central pressure chamber 374. The local area of the substrate W that is positioned beneath the intermediate pressure chamber 382 is pressed via the elastic membrane 376 of the ring tube 362 against the polishing pad 302 under the pressure of the pressurized fluid supplied to the intermediate pressure chamber 382.

Therefore, the polishing pressures acting on the respective local areas of the substrate W can be adjusted independently by controlling the pressures of the pressurized fluids supplied to each of the pressure chambers 364, 366, 374

and 382. Thus, the substrate W is divided into the concentric circular and annular areas, which can be pressed under independent pressing forces. The polishing rates of the circular and annular areas, which depend on the pressing forces applied to those areas, can independently be controlled because the pressing forces applied to those areas can independently be controlled. Consequently, even if the thickness of a thin film to be polished on the surface of the substrate W suffers radial variations, the thin film on the surface of the substrate W can be polished uniformly without being insufficiently or excessively polished. More specifically, even if the thickness of the thin film to be polished on the surface of the substrate W differs depending on the radial position on the substrate W, the pressure in a pressure chamber positioned over a thicker area of the thin film is made higher than the pressure in a pressure chamber positioned over a thinner area of the thin film, or the pressure in a pressure chamber positioned over a thinner area of the thin film is made lower than the pressure in a pressure chamber positioned over a thicker area of the thin film. In this manner, the pressing force applied to the thicker area of the thin film is made higher than the pressing force applied to the thinner area of the thin film, thereby selectively increasing the polishing rate of the thicker area of the thin film. Consequently, the entire surface of the substrate W can be polished exactly to a desired level irrespective of the film thickness distribution obtained at the time the thin film is formed.

When the substrate W is polished, the seal ring 420 is brought into close contact with a part of the upper surface of the substrate for thereby sealing this space. Hence, the pressurized fluid is prevented from flowing out to the exterior of the pressure chamber 366.

When the polishing of the substrate W is finished, the

substrate W is attracted under vacuum in the same manner as described above, and then the pressure chamber 346 is vented to the atmosphere or evacuated to develop a negative pressure therein. After the substrate W is attracted, the entire top ring 5 300 is moved to a position from which the substrate W is to be delivered. Then, a fluid such as compressed air or a mixture of nitrogen and pure water is ejected to the substrate W via the fluid passages 384, 386 to release the substrate W from the top ring 300. If the elastic membrane 368 of the central bag 360 10 and the elastic membrane 376 of the ring tube 362 have through holes defined in their lower surfaces, then since downward forces are applied to the substrate W by the fluid flowing through these through holes, the substrate W can be smoothly released from the top ring 300. After the substrate W is released from the top 15 ring 300, most of the lower surface of the top ring 300 is exposed. Therefore, the lower surface of the top ring 300 can be cleaned relatively easily after the substrate W is polished and released.

In the embodiments described above, the fluid passages 348, 384, 386, 388 and 390 are provided as separate passages. 20 However, the arrangement of the fluid passages and the pressure chambers may be modified in accordance with the magnitude of the pressing force to be applied to the substrate W and the position to which the pressing force is applied. For example, these passages may be joined to each other, or the pressure chambers 25 may be connected to each other.

The pressure chambers 364, 366 may be connected to the pressure chamber 346 to form one pressure chamber, without the fluid passage 384 communicating with the pressure chamber 364 and the fluid passage 386 communicating with the pressure chamber 30 366. In this case, the pressures in the pressure chambers 346, 364, 366 are controlled at an equal pressure by a pressurized fluid supplied via the fluid passage 348. If it is not necessary to provide a pressure difference between the pressure chamber

364 and the pressure chamber 366, and the pressures in the central pressure chamber 374 and the intermediate pressure chamber 382 are not larger than the pressures in the pressure chambers 346, 364, 366, then the above arrangement can be adopted to dispense with the fluid passages 384, 386, for thereby decreasing the number of the fluid passages and simplifying the fluid passages.

When the inner suction portions 402 and the outer suction portions 404 are provided on the chucking plate 342, as shown in FIGS. 10 and 11, not only a vacuum is created in the fluid passages 406, 408 communicating with the suction portions 402, 404, but also pressurized fluids may be supplied to the fluid passages 406, 408. In this case, suction of the substrate in the suction portions 402, 404 and supply of the pressurized fluids to the pressure chambers 364, 366 can be performed with one respective passage. Hence, it is not necessary to provide two fluid passages, i.e., the fluid passages 384, 386, for thereby decreasing the number of the fluid passages and simplifying the fluid passages.

The chucking plate 342 has a protuberance 422 projecting downwardly from the outer circumferential edge thereof for maintaining the shape of the lower peripheral portion of the elastic membrane 336 or the seal ring 420 (see FIGS. 10 and 15). However, if it is not necessary to maintain the shape of the elastic membrane 336 or the seal ring 420 because of its material or the like, then the chucking plate 342 does not need to have such a protuberance. FIG. 16 is a vertical cross-sectional view showing a top ring 300 in which the chucking plate 342 has no protuberance 422 in the embodiment shown in FIGS. 10 and 11. In this case, the substrate W can uniformly be pressed from the central portion thereof to the outer peripheral portion thereof. Further, the substrate can easily follow the large waviness or undulation on the polishing surface by omitting the protuberance 422.

In the embodiments described above, the polishing surface is constituted by the polishing pad. However, the polishing surface is not limited to this. For example, the polishing surface may be constituted by a fixed abrasive. The fixed abrasive is formed into a flat plate comprising abrasive particles fixed by a binder. With the fixed abrasive, the polishing process is performed by the abrasive particles self-generated from the fixed abrasive. The fixed abrasive comprises abrasive particles, a binder, and pores. For example, cerium dioxide (CeO_2) having an average particle diameter of 0.5 μm is used as an abrasive particle, and epoxy resin is used as a binder. Such a fixed abrasive forms a harder polishing surface. The fixed abrasive includes a fixed abrasive pad having a two-layer structure formed by a thin layer of a fixed abrasive and an elastic polishing pad attached to the layer of the fixed abrasive. IC-1000 described above may be used for another hard polishing surface.

FIGS. 17 and 18 show an example of the substrate transport box 24 in which the substrate cassette 22 accommodating the substrates W with the exposed copper film on the surface thereof is housed and sealed up, and the substrates W in the enclosed state are transported together with the substrate cassette 22. The substrate transport box 24 comprises general SMIF or HOOP. A particle removal filter and a fan motor may be installed within the substrate transport box 24 to circulate and purify the gas inside the substrate transport box 24, whereby cross contamination between the substrates can be prevented. Also, particles and ions can be removed by installing both of a chemisorption filter and a particle filter inside the substrate transport box 24. Of course, only a particle filter, and a deionization filter as a chemical filter may be used. When a fan motor, etc. are installed in the substrate transport box 24, it is permissible to flow an electric current from a socket-

outlet provided in a base member or the like when the substrate transport box 24 is mounted on the base member or the like, thereby rotating the fan motor, instead of providing batteries inside the substrate transport box 24.

5 Furthermore, the occurrence of an oxide film can be prevented by providing dehumidification means, such as a dehumidifying agent, in the substrate transport box 24 to control the humidity inside the substrate transport box 24. In this case, the humidity inside the substrate transport box 24 is decreased, 10 preferably, to 10% or less, and more preferably, to 5% or less. If there is a possibility for destruction of the semiconductor device by generation of static electricity at a low humidity, it is desirable that the copper surface of each substrate be grounded to allow the static electricity to escape while the 15 substrate is transported and/or stored.

The interior of the substrate transport box 24 is normally filled with air, but the use of an inert gas or the like with a restricted amount of oxygen can prevent oxidation of copper. The amount of oxygen is preferably 10,000 ppm or less, 20 more preferably 1,000 ppm or less.

FIGS. 19 to 22 show other example of the substrate transport box 24. This substrate transport box 24, for example, serves to transport and store a plurality of 300 mm substrates W accommodated in groove-shaped pockets 504 fixed to the inside 25 of a box body 501. The substrate transport box 24 comprises a rectangular tubular box body 501, a substrate carry-in/carry-out door 502 for mechanically opening/closing an opening portion formed in a side surface of the box body 501 by connected to a substrate carry-in/carry-out door automatic opening/closing 30 device, a closure 503 located on a side opposite to the opening portion and adapted to cover an opening for mounting and dismounting filters and a fan motor, groove-shaped pockets 504 for holding substrates W, a ULPA filter 505, a chemical filter

506, and a fan motor 507.

The substrate carry-in/carry-out door 502 can be opened and closed mechanically. V grooves 509 for engagement with kinematic coupling pins 508 (see FIG. 23) for performing high accuracy positioning at the substrate carry-in/carry-out door automatic opening/closing device are provided at the bottom of the box body 501. Positioning pin receiving portions 510, and accepting portions 511 into which latch keys for opening/closing the door are inserted are provided in the substrate carry-in/carry-out door 502 so that automatic opening/closing can be done from the substrate carry-in/carry-out door automatic opening/closing device side. Also, a robotic handling flange 512 is provided so that transport can be performed using a transport device such as OHT (overhead hoist transport) or AGV (automatic guided vehicle). The V grooves 509, positioning pin receiving portions 510, accepting portions 511 into which latch keys for opening/closing the door are inserted, robotic handling flange 512, and other matters concerned with automated interface are designed in compliance with SEMI Standards E1.9, E47.1, E57 and E62.

The interior of the box body 501 is partitioned into a central chamber 513a at the center, and a pair of side chambers 513b located on both sides of the central chamber 513a, by a partition plate 530. The partition plate 530 integrated with the right and left groove-shaped pockets 504 as pairs is positioned to have gaps between the substrate carry-in/carry-out door 502 and the closure 503. The groove-shaped pockets 504 having taper portions fanning out toward the door so as to engage the substrates W are integrally provided in a portion of the partition plate 530 facing the substrate carry-in/carry-out door 502.

In a portion of the central chamber 513a facing the closure 503, the ULPA filter 505 constituting a particle removing

filter mainly intended to remove particles, and the chemical filter 506 constituting a gaseous impurities trapping filter for removing impurity gases are disposed such that air can flow from the closure 503 toward the substrate carry-in/carry-out door 502.

5 Upstream from the trapping filter 506, the fan motor 507 is disposed so as to send air toward the substrate carry-in/carry-out door 502.

Opposite end portions of the substrate carry-in/carry-out door 502 are in an inwardly smoothly curved form, and a triangular stream regulating plate 514 is provided at the center of the substrate carry-in/carry-out door 502. The substrate carry-in/carry-out door 502 is also equipped with fixing jigs 515 for preventing displacement of the substrate. Similarly, an inner surface of the closure 503 is in an inwardly curved form, and a triangular stream regulating plate 516 is provided at the center of the closure 503. Furthermore, stream regulating plates 517 intended to supply clean air uniformly to the plurality of substrates W are mounted at two locations adjacent to the inward clean air supply opening.

10
15

When 25 of the substrates W are accommodated, for example, the gap between each of the first and twenty-fifth substrates W and the inner wall surface of the substrate transport box 24 is set to be wider than the spacing between the other adjacent substrates W. With this arrangement, the supply of a uniform flow rate to the substrates W is inhibited, but the provision of the stream regulating plates 517 at the inward clean air supply opening uniformizes the flow rate between each of the first and twenty-fifth substrates W and the carrier body relative to the flow rate between the adjacent substrates, thereby performing purification efficiently.

20
25
30

A power supply unit 518 incorporating a secondary battery is disposed at the bottom of the closure 503, and has a contact for connection to a terminal 519 of the fan motor 507.

An operation control substrate for the fan motor 507 is incorporated in the power supply unit 518. The fan motor 507 is controlled in terms of the timings of operation and stoppage and the number of rotations in compliance with control programs which have been programmed in the control substrate. A charging terminal 520 is provided at the bottom of the power supply unit 518. When the substrate transport box 24 is seated on the substrate carry-in/carry-out door automatic opening/closing device or on a charging station, the charging terminal 520 is connected to the terminal present in this device, whereby the secondary battery can be charged automatically.

The gaseous impurities trapping filter 506, in the present embodiment, is constituted by wrapping particulate activated carbon for organic substrate removal in an ion exchange unwoven fabric for inorganic ions removal. The medium may be pulverized activated carbon, activated carbon fibers, high purity silicon, zeolite, ceramic or impregnation activated carbon. The activated carbon fibers can be obtained by shaping into a fibrous form, and subjecting the fibrous carbonaceous material to a so-called activation reaction, i.e., a gasification reaction with steam or carbon dioxide at a high temperature of 800°C or higher. The activated carbon fibers may contain a binder or the like, which does not contribute to adsorption, for the purpose of maintaining strength and preventing dust generation. However, a lower content of the binder or the like is desirable as a material.

Activated carbon has many pores among the basic crystals, because unstructured carbon, etc. have been removed during the process of activation. These pores and a large specific surface area impart high physical adsorptivity to activated carbon. An activated carbon filter filled with particulate activated carbon taking advantage of the above property is commercially available.

Also on the market, as film materials for an air filter are a filter comprising activated carbon fibers with little dust formation, high workability, finer pores than particulate activated carbon, and a large specific surface area, and a filter
5 having particulate activated carbon of about 0.5 mm in diameter carried on a urethane foam of an open porous structure.

High purity silicon, the same material as that of the semiconductor substrate, can be used as an adsorbent. The surface state of high purity silicon comes in two types,
10 hydrophilic and hydrophobic, and the hydrophilic and hydrophobic ones are different in adsorption properties. Generally, the hydrophobic surface washed with dilute hydrofluoric acid is susceptible to environment, and shows high adsorbing properties toward hydrocarbon even at a very low concentration. However,
15 the hydrophobic-surface silicon changes into a hydrophilic surface as an oxide film grows. Thus, the hydrophobic-surface silicon has the drawback of the adsorption properties changing over time. The hydrophilic surface highly adsorbs an organic substance having polarity, for example, BHT (2,6-di-t-butyl-
20 p-cresol) or DBP (dibutyl phthalate). Either high purity silicon is effectively used not alone, but in combination with activated carbon.

The ion exchange unwoven fabric or fibers can be obtained, for example, by introducing ion exchange groups by a radiation
25 graft polymerization reaction. That is, a base material composed of an organic polymer, for example, a polymer such as polyethylene or polypropylene, or a naturally occurring high molecular fiber or woven fabric, such as cotton or wool, is irradiated with radiation, such as electron rays or gamma rays,
30 to generate many active points. These active points have very high activity, and are called radicals. A monomer is chemically bonded to these radicals, whereby the properties of the monomer which are different from the properties of the basematerial can

be imparted.

This technique grafts the monomer to the base material, and thus is called graft polymerization. When a monomer having a sulfone group, carboxyl group, amino group or the like, which is an ion exchange group, for example, sodium styrenesulfonate, acrylic acid, or arylamine, is bonded to the polyethylene unweven fabric base material by radiation graft polymerization, there can be obtained an unweven fabric type ion exchanger with a much higher ion exchange rate than ion exchange beads usually called an ion exchange resin.

Similarly, a monomer capable of accepting an ion exchange group, such as styrene, chloromethylstyrene, glycidyl methacrylate, acrylonitrile, or acrolein, may be radiation graft polymerized with the base material, and then an ion exchange group may be introduced. In this case as well, an ion exchanger can be prepared in the form of the base material.

For a filter medium of a ULPA filter or HEPA filter, glass fibers have been used. However, it has been found that glass fibers react with a hydrogen fluoride (HF) vapor used in the manufacturing process for a semiconductor device to produce BF_3 , thus posing a problem. In recent years, a ULPA filter and an HEPA filter using as a filter medium PTFE (polytetrafluoroethylene), which is free from impurities such as boron or metal and is unaffected by acids, alkalis, and organic solvents, have been marketed. Glass fibers or PTFE may be selected as the need arises.

Actions to be done when the substrate transport box 24 accommodating a plurality of substrates W is carried in the copper plating device 18 shown in FIG. 1, for example, will be described with reference to FIG. 23.

The copper plating device 18 has a substrate carry-in/carry-out door automatic opening/closing device. When the substrate transport box 24 is transported into the copper plating

device 18, it is placed at a predetermined position. When the substrate transport box 24 is cut off from the clean room via a gate valve or the like, the substrate carry-in/carry-out door automatic opening/closing device opens the substrate carry-in/carry-out door 502. Then, the substrate W is withdrawn by a substrate handling robot 521 within the plating device 18, and processed. The substrate W after process is returned to the substrate transport box 24. After process of all the substrates W is completed, the substrate carry-in/carry-out door 502 is closed by the substrate carry-in/carry-out door automatic opening/closing device to seal up the substrate transport box 24. From this moment onward, an operation of the fan motor 507 is started to purify air inside the substrate transport box 24. When the substrate carry-in/carry-out door 502 is closed, the substrate transport box 24 is transported to a subsequent process or device, or a storage warehouse by OHT or AGV.

The fan motor 507 is operated in accordance with a preset program, whereby a flow of air from the fan motor 507 to the gaseous impurities trapping filter (chemical filter) 506, ULPA filter 505, and central chamber 513a occurs. Air flowing into the central chamber 513a is smoothly bifurcated by the stream regulating plate 514 provided at the substrate carry-in/carry-out door 502, and the respective air streams pass through the side chambers 513b and return to the fan motor 507. In this manner, a circulation path of air is formed.

Air is purified while being passed through the gaseous impurities trapping filter 506 and ULPA filter 505, and is then guided into the gaps among the substrates W by the inlet stream regulating plates 517 positioned at the inside of the opening of the partition plate 530 integrated with the groove-shaped pockets 504. By providing the inlet stream regulating plates 517, air is prevented from excessively flowing into the gaps between the substrates W and the partition plate 530 integrated

with the groove-shaped pockets 504. Air which has passed between the substrates W flows along the inner surfaces of the stream regulating plate 514 and the substrate carry-in/carry-out door 502, changes in direction to reverse, passes through the side chambers 513b, and returns to the fan motor 507.

During this process, solid substances adhering to various parts, such as particles, or gaseous substances resulting therefrom are carried by the circulating air flow. The circulating air flow is purified by the two filters 505 and 506 located upstream from the substrates W, and comes to the substrates W. Thus, not only contamination from the outside, but also so-called self-contamination with objects present inside the substrate transport box 24 is prevented.

The operation pattern of the fan motor 507 may be considered in suitable modes adapted to the status of use of the substrate transport box 24. Generally, the operation is performed continuously or at a high flow velocity in the initial stage to positively eliminate contamination which has been brought into the substrate transport box 24. After a certain period of time elapses, the flow velocity is decreased, or the operation is carried out intermittently to prevent contamination occurring from the substrates W housed in the substrate transfer box 24 and the components installed inside the substrate transport box 24. By this classified operation, the electric power consumption of the fan motor 507 can be decreased, with the result that the charging frequency for the secondary battery can be diminished.

When the substrate transport box 24 is set at a width W of 389.5 mm, a depth D of 450 mm, and a height H of 335 mm, and 25 of the substrates measuring 300 mm are housed in the substrate transport box 24, the total weight including the substrates W is about 10 kg. In the present embodiment, by actuating the fan motor 507, circulating air in an air volume

of 0.12 m³/min can be flowed in the substrate transport box 24 so that the velocity of air passing through the center of the gap between the substrates W will be 0.03 m/s. The circulating air volume can be increased or decreased by changing the fan motor
5 507.

FIGS. 24 and 25 show still another example of the substrate transport box 24. The differences of this example from the example shown in FIGS. 19 to 22 are that the size of the substrate W is 200 mm, that a door 523 for mechanical interface
10 is located at the bottom of the box, and that the substrates W are housed in a substrate cassette 22 and, in this condition, accommodated in the substrate transport box 24. The method of purifying air in the substrate transport box 24 is the same as in the example shown in FIGS. 19 to 22. In this example, a
15 secondary battery for driving the fan motor 507 and a fan motor control circuit are incorporated in the box door 523.

When the substrate transport box 24 is set at a width W of 283 mm, a depth D of 342 mm, and a height H of 254 mm, and 25 of the substrates measuring 200 mm are housed in the substrate
20 transport box 24, the total weight including the substrates W and the substrate cassette 22 is about 6 kg. In the present example, by actuating the fan motor 507, circulating air in an air volume of 0.05 m³/min can be flowed in the substrate transport box 24 so that the velocity of air passing through the center
25 of the gap between the substrates W will be 0.03 m/s.

FIG. 26 shows the entire constitution of another substrate processing apparatus of the present invention. The copper film (plated copper film) 6 shown in FIG. 62B is formed by use of a copper plating device 620 having a film thickness
30 distribution adjusting function. The thickness of the copper film (plated copper film) 6 on the surface of the substrate is generally equal to or less than 2 micron meter, preferably equal to or less than 1 micron meter. The film thickness distribution

of the copper film 6 over the entire surface is measured with a film thickness distribution measuring device 622. Chemical mechanical polishing is applied to the surface of the substrate by a polishing device (CMP device) 624 having a polishing amount adjusting function to form a copper interconnection composed of the copper film 6 as shown in FIG. 62C. For this procedure, based on the results of measurement by the film thickness distribution measuring device 622, control signals, such as an electric field control signal and a plating time control signal, are inputted into the copper plating device 620 to control the copper plating device 620, and control signals, such as a press control signal, are inputted into the CMP device 624 to control the CMP device 624.

Details of the control are as follows: For the copper plating device 620, the film thickness distribution of the copper film (plated copper film) 6 over the entire surface formed on the substrate is measured with the film thickness distribution measuring device 622 making use of, for example, the principle of eddy current thickness testing to find the difference between the film thickness of the copper film (plated copper film) 6 at the center of the substrate and the film thickness on the periphery of the substrate. Based on the results obtained, the copper plating device 620 is feedback controlled so that a plated copper film with a more uniform thickness will be deposited on the surface of the substrate to be processed after the target substrate measured, namely, that the difference between the film thickness of the plated copper film at the center of the substrate and the film thickness on the periphery of the substrate will be minimized. For the CMP device 624 as a subsequent processing step, the amounts of polishing at the center and on the periphery of the substrate are adjusted based on the results of measurements of the film thickness distribution over the entire surface, for example, by adjusting the pressure imposed on the

center and the periphery of the substrate, whereby a flat copper film (plated copper film) 6 is finally obtained after polishing.

As described above, the copper plating device 620 having the film thickness distribution adjusting function is used, and feedback controlled to deposit a plated copper film more uniformly on the surface of the substrate. Furthermore, the CMP device 624 having the polishing amount adjusting function is used, and the amount of polishing of the plated copper film is adjusted based on the actual measurements of the film thickness distribution, whereby a flat plated copper film can be obtained finally.

As shown in FIG. 27, the film thickness distributions over the entire surface at the center and the periphery of the plated copper film after polishing with the CMP device 624 may be measured with a film thickness distribution measuring device 626, and based on the results of these measurements, the CMP device 624 may be feedback controlled (for fine adjustment of the pressure against the substrate).

FIGS. 28 to 40 show different examples of the copper plating device 620 having the film thickness distribution adjusting mechanism. Members identical with or corresponding to the members of the conventional example shown in FIG. 64 will be assigned the same numerals, and their explanation will be omitted partially.

FIG. 28 shows a copper plating device 620 which includes a flat plate-shaped, high resistance structure (virtual anode) 630 disposed between an anode plate (anode) 606 immersed in a plating liquid 600 in a plating tank 602, and a substrate W held by a substrate holder 604 and disposed in an upper part of the plating tank 602. The high resistance structure 630 has higher electrical resistivity than that of the plating liquid 600, and comprises, for example, a film or a ceramic plate. The high resistance structure 630 is placed parallel to the anode plate

606 over the entire region of a cross section of the plating tank 602.

According to this arrangement, the electric resistance between the anode plate 606 and the copper seed layer 7 (see FIG. 5 62A) formed on the surface (lower surface) of the substrate W can be made higher via the high resistance structure 630 than the electric resistance produced when the gap between them consists of the copper plating liquid 600 alone. This can diminish the difference in electric current density over the 10 entire surface due to the influence of the electric resistance of the copper seed layer 7 formed on the surface of the substrate W. Consequently, the influence of the electric resistance of the copper seed layer can be decreased, without fully lengthening the distance between the anode plate 606 and the substrate W, 15 so that the film thickness of the plated copper film can be rendered more uniform.

FIG. 29 shows a copper plating device 620 which includes a flat plate-shaped insulator (virtual anode) 632 placed between an anode plate 606 and a substrate W parallel to them instead 20 of the high resistance structure 630 in FIG. 28. The insulator 632 has a central hole 632a at the center, and is a size smaller than the cross section of a plating tank 602. Because of this insulator 632, a plating electric current flows only through the interior of the central hole 632a of the insulator 632 and through 25 the gaps between the outer peripheral end surface of the insulator 632 and the inner circumferential surface of the plating tank 602, thereby thickening a plated copper film deposited, particularly, at the center of the substrate W.

FIG. 30 shows a copper plating device 620 which includes 30 the insulator 632 of FIG. 29 having a larger size, and having an outer peripheral end surface brought into contact with the inner circumferential surface of the plating tank 602. Because of this configuration, a plating electric current flows only

through the interior of the central hole 632a of the insulator 632, thereby further thickening a plated copper film deposited at the center of the substrate W.

FIG. 31 shows a copper plating device 620 which includes a conductor (virtual anode) 634 placed between an anode plate 606 and a substrate W at a position corresponding to the center of the substrate W. The conductor 634 has lower electric resistivity than that of a plating liquid 600. More plating electric current flows through the conductor 634, thereby making a thicker plated copper film deposited at the center of the substrate W.

FIG. 32 is a modification of FIG. 29, showing a copper plating device 620 which includes an insulator 632 having a plurality of through-holes 632b of an arbitrary size (internal diameter) at arbitrary positions thereof. Because of this configuration, a plating electric current flows only through the interior of the through-holes 632b, thereby making larger the film thickness of a plated copper film at the arbitrary positions of the substrate W.

FIG. 33 is a modification of FIG. 32, showing a copper plating device 620 which includes insulator having a plurality of through-holes 632b of an arbitrary size at arbitrary positions thereof, and a conductor 636 buried in the arbitrary through-hole 632b. According to this configuration, a greater plating electric current flows through the interior of the conductor 636 than through the interior of the conductor-free through-holes 632b, thereby depositing a copper film of a larger thickness at the arbitrary position of the substrate W.

FIG. 34 shows a modification of FIG. 28, showing a copper plating device 620 which includes a high resistance structure 630 having higher electric resistivity than that of the plating liquid 600 and comprising, for example, a film or a ceramic plate. The high resistance structure 630 has a thickness gradually

increasing, beginning at the center, toward the periphery. The electric resistance of the high resistance structure 630 is higher on the periphery than at the center, thus making the influence of the electric resistance of the copper seed layer smaller. As a result, a plated copper film with a more uniform thickness is deposited on the surface of the substrate W.

FIG. 35 shows a modification of FIG. 32, showing a copper plating device 620 which includes an insulator 632 having a plurality of through-holes 632c of the same size (internal diameter) at arbitrary positions thereof to distribute the through-holes 632c of the same size arbitrarily over the plane of the substrate W. By so doing, the insulator 632 can be made easily.

FIG. 36 shows a copper plating device 620 which includes an anode plate 606 bulges upward like a mountain at the center compared with the peripheral edge. Thus, the distance of the center of the anode plate 606 from the substrate W is shorter than the distance of the periphery of the anode plate 606 from the substrate W. As a result, a greater plating electric current than in a normal situation flows through the center of the substrate, thereby depositing a plated copper film of a uniform thickness on the substrate.

FIG. 37 shows a modification of FIG. 36, showing a copper plating device 630 which includes a flat plate-shaped anode plate 606 curved upward in the form of a spherical crust, whereby the distance of the center of the anode plate 606 from the substrate W is shorter than the distance of the periphery of the anode plate 606 from the substrate W.

A so-called black film is formed on the surface of the anode plate (anode) 606. If a peeled piece of the black film approaches and adheres to the treated surface (surface) of the substrate W, it adversely affects the plated copper film. Thus, it is preferred to surround the anode plate 606 with a filter

film 638, as shown in FIG. 38, and prevent the outflow of the peeled piece of the black film by use of the filter film 638. In this example, provision of the filter film 636 is applied to the example shown in FIG. 30, but needless to say, can be similarly applied to other examples.

FIG. 39 shows a copper plating device 630 which includes the same insulator 632 having the central hole 632a shown in FIG. 29. This insulator 632 is connected to an upwardly and downwardly moving rod 642 of an upwardly and downwardly moving mechanism 640, and the relative position of the insulator 632 relative to the positive electrode 606 and the substrate W is changed in accordance with driving of the upwardly and downwardly moving mechanism 640. According to this contrivance, the electric field between the anode plate 606 and the substrate W can be adjusted via the insulator 632.

FIG. 40 shows a copper plating device 630 which includes a disk-shaped insulator (virtual anode) 644 having a plurality of through-holes 644a, and a similarly disk-shaped insulator (virtual anode) 646 having a plurality of through-holes 646a and stacked rotatably on the insulator 644. One of the insulators 646, is rotated via a rotating rod 650 of a rotating mechanism 648 to change the phases of both insulators 644 and 646. The number of the through-holes 644a and 646a of the insulators 644 and 646 communicating with each other is changed in accordance with the change in the phases. According to this design, the electric field between the anode plate 606 and the substrate W can be adjusted by adjusting the angle of rotation of the insulator 646.

FIGS. 41 to 46 show the CMP device (polishing device) 624 having a polishing amount adjusting mechanism.

FIGS. 41 and 42 show a CMP device 624 which includes a polishing belt 652 composed of belt-shaped polishing cloth or a cloth having abrasive grains fixed thereto. The polishing belt

652 is looped between a pair of rollers 654 and 654, with its polishing surface directed outward. A substrate W attracted and held by a polishing head 656 is pressed against the polishing belt 652 which is traveling, with the substrate W being rotated.

5 The polishing surface of the polishing belt 652 is supplied with an abrasive liquid or pure water (containing a pH adjustor) from an abrasive liquid supply nozzle 658.

A press device 668 is disposed below the polishing head 656 and at a position at which the press device 668 and the polishing head 656 sandwich the polishing belt 652 running upper side. The press device 668 comprises a central disk 664 and an annular plate 666 surrounding the central disk 664. The central disk 664 and the annular plate 666 are housed in a housing 660 and can be raised and lowered individually via actuators 662a, 662b. Because of this press device 668, the upper surface of the annular plate 666, for example, can be caused to protrude above the upper surface of the central disk 664, thereby making it possible to make the amount of polishing of the peripheral edge portion of the substrate W larger than that of the central portion of the substrate W.

10
15
20

In this case, the polishing head 656 may be one exerting a single pressure on the entire surface of the substrate, or may be a top ring 300 as shown in FIGS. 9 to 16.

As shown in FIGS. 43A and 43B, Teflon 670 (trademark) may be bonded to the upper surfaces of the central disk 664 and the annular plate 666, whereby friction occurring between the polishing belt 652 and the central disk 664, and the polishing belt 652 and the annular plate 666 can be diminished.

25

In polishing copper, the use of abrasive grains fixed to the belt is preferred to the use of the polishing cloth as the polishing surface supplied with an abrasive liquid, because dishing can be minimized for copper which is a soft metal.

30

FIGS. 44 to 46 show another example of the CMP device

624. In the CMP device 624, a rotary table 676 of a larger diameter than that of a substrate W is coupled to the upper end of a rotating shaft 674 which rotates in accordance with the rotation of a motor 672. The substrate W is held to the upper surface of the rotary table 676, with its device-formed face (surface) directed upward, and is rotated in this state. A polishing tool 678 having abrasive grains or an abrasive cloth fixed thereto and having a diameter smaller than the radius of the substrate W is pressed, while being rotated, against the substrate W, and simultaneously an abrasive liquid or pure water is supplied from an abrasive liquid supply nozzle 680 to the surface of the substrate W to polish the substrate W. The film thickness of the plated copper film after polished is measured by a film thickness sensor 682 at the position located beside the polishing tool 678.

The polishing tool 678 is moved in the diametrical direction of the substrate to perform polishing of the entire surface of the substrate. If the plated copper film is thicker on the periphery of the substrate than at the center of the substrate, the radially moving speed of the polishing tool 678 on the periphery of the substrate should be slowed. Moreover, the film thickness sensor 682, such as an optical sensor, is mounted in order to control the radially moving speed of the polishing tool 678 while measuring the plated copper film thickness at the annular zone of the substrate being polished. By so doing, the plated copper film of a film thickness different between the center and periphery of the substrate can be flattened. In this case, as shown in FIG. 46, the position of the film thickness sensor 682 is preferably downstream from the polishing tool 678 in the rotating direction of the substrate, and position of the supply of the abrasive liquid is desirably upstream from the polishing tool 678 in the rotating direction of the substrate.

Some or all of the copper plating device 620 having the film thickness adjusting mechanism for the plated copper film at the center and the periphery of the substrate W, the film thickness distribution measuring device 622, and the CMP device (polishing device) 624 capable of adjusting the amount of polishing at the center and the periphery of the substrate W may be integrated into a single apparatus.

The following embodiments show examples of the integrated apparatus. A seed layer forming chamber may be added to an integrated apparatus as shown in FIG. 47. Formation of the seed layer can be performed using an ordinary CVD device or sputtering device, or by electroless-plating. A barrier layer forming device may be included in the integral type.

FIG. 47 is a view showing a plan configuration of a semiconductor substrate processing apparatus. The present semiconductor substrate processing apparatus comprises a loading/unloading portion 701, a copper plating device 620, a first robot 703, a third cleaner 704, an inverting machine 705, an inverting machine 706, a second cleaner 707, a second robot 708, a first cleaner 709, a first CMP device 624a, and a second CMP device 624b. A film thickness distribution measuring device 622 for measuring the film thicknesses of the plated film before and after plating, and a film thickness distribution measuring device 626 for measuring the film thickness of the dry plated copper film on the semiconductor substrate W after polishing are disposed near the first robot 703.

The film thickness distribution measuring devices 622, 626, especially, the film thickness distribution measuring device 626 for measuring the film thickness distribution after polishing, may be provided on the hand of the first robot 703. The film thickness distribution measuring device 622, although not illustrated, may be provided at the semiconductor substrate carry-in/carry-out port of the copper plating device 620 to

measure the film thickness of the semiconductor substrate W carried in, and the film thickness of the semiconductor substrate W carried out.

5 The first CMP device 624a comprises a polishing table 710a, a top ring 710b, a top ring head 710c, a film thickness distribution measuring device 626a, and a pusher 710e. The second CMP device 624b comprises a polishing table 711a, a top ring 711b, a top ring head 711c, a film thickness distribution measuring device 626b, and a pusher 711e.

10 A box housing a substrate cassette 22 accommodating semiconductor substrates W having a contact hole 3 and a trench 4 for an interconnection, and a seed layer 7 formed thereon is placed on the stage of the loading/unloading portion 701. The box is opened by a box opening/closing mechanism, and then the
15 semiconductor substrate W is withdrawn from the substrate cassette 22 by the first robot 703, and carried into the copper plating device 620 for forming a copper film 6. Before formation of the copper film 6, the film thickness of the seed layer 7 is measured with the film thickness distribution measuring device
20 626. Formation of the copper film 6 is carried out by copper plating device 620. After formation of the copper film 6, the substrate is rinsed or cleaned by the copper plating device 620. If time permits, the substrate may be dried.

When the semiconductor substrate W is withdrawn from
25 the copper plating device 620 by the first robot 703, the film thickness distribution of the copper film (plated copper film) 6 is measured with the film thickness distribution measuring device 626. The measuring method is the same as for the seed layer 7. The results of the measurement are recorded in a
30 recorder (not shown) as recorded data on the semiconductor substrate, and are also used for judgement of an abnormality of the copper plating device 620. After the film thickness is measured, the first robot 703 transfers the semiconductor

substrate W to the inverting machine 705, which turns the semiconductor substrate W upside down (the surface where the copper film 6 has been formed is directed downward).

5 The second robot 708 picks up the semiconductor substrate W on the inverting machine 705, and places the semiconductor substrate W on the pusher 710e of the CMP device 624a. The top ring 710b attracts the semiconductor substrate W on the pusher 710e, and presses the surface, where the copper film 6 has been formed, of the semiconductor substrate W against
10 the polishing surface of the polishing table 710a to carry out polishing.

Silica, alumina or ceria is used as abrasive grains for polishing of the copper film 6, and a material for oxidizing copper mainly with an acidic material, such as hydrogen peroxide,
15 is used as an oxidizing agent. An adjusted temperature fluid piping for passing a liquid adjusted to a predetermined temperature is connected to the interior of the polishing table 710a in order to maintain the temperature of the polishing table 710a at a predetermined value. In order that the temperature
20 of a slurry containing the abrasive grains and oxidizing agent is also maintained at a predetermined value, a temperature adjustor is provided in a slurry nozzle for ejecting the slurry. The temperature of water or the like for dressing is also adjusted, although this is not shown. In this manner, the temperature of
25 the polishing table 710a, the temperature of the slurry, and the temperature of water or the like for dressing are kept at predetermined values, whereby the chemical reaction rate is kept constant. As the polishing table 710a, in particular, alumina or ceramic, such as SiC, with high thermal conductivity is used.

30 To detect the end point of polishing, there is performed film thickness measurement of the copper film 6 by use of an eddy current type film thickness measuring machine or an optical film thickness measuring machine provided on the polishing table

710a; or surface detection of the barrier layer 5. The time when the film thickness of the copper film 6 is found to be zero or when the surface of the barrier layer 5 is detected is taken as the end point of polishing.

5 After polishing of the copper film 6 is completed, the top ring 710b returns the semiconductor substrate W onto the pusher 710e. The second robot 708 takes up the semiconductor substrate W, and puts it into the first cleaner 709. At this time, a chemical liquid may be jetted at the face side and back
10 side of the semiconductor substrate W on the pusher 710e to remove particles or make particles difficult to adhere.

In the first cleaner 709, the face side and back side of the semiconductor substrate W are scrub cleaned with, for example, a PVA sponge roll. In the first cleaner 709, cleaning
15 fluid ejected from the nozzle is mainly pure water, but may be one mixed with a surfactant and/or a chelating agent, and then pH adjusted in harmony with the zeta potential of copper oxide. Also, an ultrasonic vibratory element may be provided on the nozzle to apply ultrasonic vibrations to the cleaning fluid
20 ejected. During scrub cleaning, the semiconductor substrate W is gripped by a rotating roller and rotated in a horizontal plane.

After completion of cleaning, the second robot 708 transfers the semiconductor substrate W to the second CMP device 624b, and places the semiconductor substrate W on the pusher 711e.
25 The top ring 711b attracts the semiconductor substrate W on the pusher 711e, and presses the surface, where the barrier layer 5 has been formed, of the semiconductor substrate W against the polishing surface of the polishing table 711a to carry out polishing. The configurations of the polishing table 711a and
30 top ring 711b are the same as those of the polishing table 710a and top ring 710b.

The polishing surface on the top of the polishing table 711a is composed of a polyurethane foam such as IC1000, or the

one having abrasive grains fixed thereto or impregnated with abrasive grains. Polishing is performed by the relative movement of the polishing surface and the semiconductor substrate W. At this time, silica, alumina or ceria is used for
5 abrasive grains or slurry. A chemical liquid is adjusted according to the type of the film to be polished.

After polishing is completed, the top ring 711b transfers the semiconductor substrate W to the pusher 711e. The second robot 708 takes up the semiconductor substrate W on the
10 pusher 711e. At this time, a chemical liquid may be jetted at the face side and back side of the semiconductor substrate W on the pusher 711e to remove particles or make particles difficult to adhere.

The second robot 708 transfers the semiconductor substrate W to the second cleaner 707 for cleaning. The configuration of the second cleaner 707 is also the same as the configuration of the first cleaner 709. Pure water is mainly
15 used as a cleaning fluid for removal of particles, and a surfactant, a chelating agent, or a pH adjusting agent may be used. The surface of the semiconductor substrate W is scrub cleaned with a PVA sponge roll. A strong chemical liquid, such
20 as DHF, is ejected from the nozzle toward the back side of the semiconductor substrate W to etch diffused copper. Without the problem of diffusion, the back side of the semiconductor substrate W is scrub cleaned with a PVA sponge roll using the
25 same chemical liquid as for the surface of the semiconductor substrate W.

Upon completion of the above cleaning, the second robot 708 takes up the semiconductor substrate W, and transfers it to the inverting machine 706, which turns the semiconductor
30 substrate W upside down. The thus inverted semiconductor substrate W is picked up by the first robot 703 and placed in the third cleaner 704. The third cleaner 704 jets megasonic

water, which has been excited by ultrasonic vibrations, at the surface of the semiconductor substrate W to clean the semiconductor substrate W. At this time, pure water, a surfactant, a chelating agent, or a pH adjusted agent may be added, and the surface of the semiconductor substrate W may be cleaned with a publicly known pencil type sponge. Then, the semiconductor substrate W is dried by spin drying.

FIG. 48 is a view showing the plan layout of another example of the substrate processing apparatus. This substrate processing apparatus comprises a barrier layer forming unit 811, a seed layer forming unit 812, a plating film forming unit (plating device) 813, an annealing unit 814, a first cleaning unit 815, a bevel/back side cleaning unit 816, a cap-plating unit 817, a second cleaning unit 818, a first aligner and film thickness measuring instrument 841, a second aligner and film thickness measuring instrument 842, a first substrate inverting machine 843, a second substrate inverting machine 844, a substrate temporary placing table 845, a third film thickness measuring instrument 846, a loading/unloading portion 820, a first CMP device 821, a second CMP device 822, a first robot 831, a second robot 832, a third robot 833, and a fourth robot 834.

In this example, an electroless copper plating device can be used as the barrier layer forming unit 811, an electroless copper plating device can be used as the seed layer forming unit 812, and an electric plating device can be used as the plating film forming unit 813.

FIGS. 49A to 49E show an example in which the film thickness distribution is adjusted more uniformly by two copper plating devices having different film thickness distribution characteristics. As shown in FIG. 49B, the first-stage plating device 620a is one designed to deposit a plated copper film P_1 having film thickness distribution characteristics with the film thickness increasing on the periphery. As shown in FIG. 49C,

the second-stage plating device 620b is one designed to deposit a plated copper film P_2 having film thickness distribution characteristics with the film thickness increasing at the center.

5 These two copper plating devices 620a and 620b are arranged in series to perform copper plating of the substrate, thereby depositing the plated copper film P_1 as shown in FIG. 49D, and then depositing the plated copper film P_2 thereon as shown in FIG. 49E. By adjusting the periods of time for these
10 plating steps, a plated copper film with a more uniform film thickness distribution can be obtained. This method can change the thickness distribution at the center and periphery of the substrate even during plating. Since the method needs only changes in the plating time and does not require a mechanical
15 adjusting mechanism, it can adjust the plated copper film thickness distribution in situ.

 If the film thickness of the plated copper film after the second-stage plating is larger at the center, an adjustment is made to increase the plating time or the plating electric
20 current for the first-stage plating, or to decrease the plating time or the plating electric current for the second-stage plating. This adjustment makes it possible to decrease variations in the film thickness of the plated copper film at the center and periphery of the substrate after the second-stage plating.

25 It goes without saying that the first-stage plating device may be one designed to deposit a plated copper film having film thickness distribution characteristics with the film thickness increasing at the center, and the second-stage plating device may be one designed to deposit a plated copper film having
30 film thickness distribution characteristics with the film thickness increasing on the periphery.

 As shown in FIG. 50, it is acceptable to perform the first-stage plating by the first-stage plating device 620a,

measure the film thickness distribution of the plated copper film by a film thickness distribution measuring device 622a, and adjust the plating period of the second-stage plating device 620b on the basis of the results of measurement. In this case, it is possible to further decrease variations in the film thickness of the plated copper film at the center and periphery of the substrate after the second-stage plating.

In this manner, the combined use of the plating device capable of adjusting the film thickness of the plated copper film at the center and periphery of the substrate, and the film thickness distribution measuring device for the center and periphery of the substrate enables an adjustment to be made so as to decrease variations in the film thickness of the plated copper film at the center and periphery of the substrate after plating. This can be achieved by a simple adjustment, as well as automation by a control device using common techniques such as feedback control and/or feed forward control. Furthermore, it is possible not only to make an adjustment so as to decrease variations in the film thickness of the plated copper film at the center and periphery of the substrate, but also to plate a plated copper film having a distribution of the film thickness of the plated copper film at the center and periphery of the substrate, the distribution adapted to the polishing properties of a CMP device for the periphery and center of the substrate. For example, when the plating device is combined with a polishing device which polishes more at the center than on the periphery of the substrate, it is recommendable to plate a plated copper film thicker at the center than on the periphery of the substrate.

To polish the plated copper film, the CMP device used here, which can adjust the pressures on the center and the periphery of the substrate independently, may be an ordinary CMP device which presses a substrate held by a rotating head against a polishing cloth attached to an ordinary rotary table, and

polishes the substrate with an abrasive liquid supplied to the polishing cloth. However, a fixed abrasive grain type polishing device having abrasive grains fixed thereto is desired in order to prevent dishing. The desired head is one which presses the substrate by a fluid pressure. When the fixed abrasive grain type polishing device is used, scratches due to polishing may occur on the surface of the plated copper film. To remove them, it is desirable to polish the substrate with the fixed abrasive grains at the first stage, and carry out ordinary polishing with a polishing cloth and an abrasive liquid at the second stage, thereby removing the scratches.

The plating device having the film thickness distribution adjusting mechanism for the plated copper film at the center and periphery of the substrate, the film thickness distribution measuring device, and the CMP device capable of adjusting the polishing amount for the center and periphery of the substrate may be housed separately in the clean room. In this case, in order to prevent oxidation of the surface of the plated copper film, it is desirable to use the substrate transport box such as SMIF or HOOP mentioned in the previous embodiments, and further use a transport device adapted to circulate gases inside the substrate transport box, and isolate the gases in the atmosphere around the substrate from the clean room by a particle filter placed inside the substrate transport box, or this particle filter combined with a chemical filter and further a dehumidifier, thereby controlling the amount of particles, the amount of oxygen, or the amount of steam. Moreover, the atmosphere inside each device is desirably isolated from the clean room by a partition or the like, with the amount of oxygen or steam inside the device being controlled.

Further, as shown in FIG. 51, the electric resistance of the copper seed layer 7 formed on the surface of the substrate may be measured before copper plating, and based on the results,

the film thickness distribution adjusting mechanism of the copper plating device for the center and periphery of the plated copper film may be adjusted. This measurement of the electric resistance of the copper seed layer may be made using a device other than the plating device. However, it is desired to measure the resistance between the cathode and the copper seed layer in the actual plating state, so that the electric resistance of the copper seed layer should be measured using the cathode contacts of the plating device.

FIGS. 52 to 63 show examples of an electric terminal members serving concurrently as copper seed layer resistance measuring terminals and a cathode. As shown in FIGS. 52 and 53, a semiconductor substrate W is placed on a substrate placing stand 900 composed of an isolator, with the copper seed layer formed surface of the substrate being directed downward. On a surface of the substrate placing stand 900 receiving the substrate W, a plurality of electric terminals 902 are arranged with a predetermined pitch along the circumferential direction. When concurrently used as a cathode, the electric terminals 902, at least, need to be prevented from contacting with a plating liquid. For this purpose, sealing members 904, 906 are arranged on both sides (outside and inside) of the electric terminals 902, and the sealing member 609 is pressed by a seal press 908, whereby a sealing mechanism is constituted in this example. Only the inner sealing material 906 for the electric terminal 902 may be provided.

The electric terminal 902 is formed in a rectangular shape in this embodiment, but may be in the form of a knife edge making linear contact with the copper seed layer, as shown in FIG. 54A. Also, the electric terminal 902 may be pinnacle-shaped so as to make point contact with the copper seed layer, although this is not shown. The point contact can decrease electric resistance between the electric terminal and the copper seed

layer.

As shown in FIG. 54B, moreover, it is desired to provide a structure in which a spring 910 is disposed beneath each electric terminal 902, whereby each electric terminal 902 is urged upward by the elastic force of the spring 910 and independently pressed against the copper seed layer with a constant force. In addition, as shown in FIG. 54C, there may be a structure in which the electric terminal 902 is composed of a bent metallic plate and can be pressed, by itself, against the copper seed layer. At least the surface of the electric terminal 902 is desirably made of metal or platinum in order to decrease contact resistance between the electric terminal and the copper seed layer.

The substrate placing stand 900 desirably has a centering mechanism in order that the electric terminal 902 does not disengage from the substrate W. Examples of the centering structure are one in which an inner circumferential surface of the substrate placing stand 900 brought in contact with the substrate W is a tapered surface 900a, as shown in FIG. 55A, and one in which a metal plate is bent so as to have a centering mechanism for the substrate, thereby constituting an electric terminal 902, and a centering mechanism for the substrate is imparted to the electric terminal 902 itself, as shown in FIG. 55B.

In these examples, the device for measuring the resistance of the copper seed layer measures the resistance, with the copper seed layer facing downward. Needless to say, however, the resistance may be measured, with the copper seed layer facing upward.

Next, the method of measuring the electric resistance of the copper seed layer will be described.

To measure the resistance of the copper seed layer, it is recommendable to apply a direct current voltage between the

two electric terminals 902 and 902 located opposite to each other with respect to the center of the substrate W, and measure an electric current flowing between the two electric terminals 902 and 902. By performing this measurement between the electric terminals 902 and 902 sandwiching the center of the substrate W, as shown in FIG. 56, a plurality of data (four data in this example, because eight of the electric terminals are present) can be obtained. Since errors exist in the measurements of electric resistance, the resistance value of the entire substrate can be found by various methods, such as calculating the arithmetic mean of the data, calculating the root mean square, and averaging the measured data with the exception of the maximum value and the minimum value.

The thus obtained measured value of the electric resistance of the seed layer is compared with the standard value of the electric resistance of the seed layer. If the measured value is greater than the standard value, there is a possibility that the plated copper film will be thicker on the periphery of the substrate than at the center of the substrate. Thus, the substrate center/periphery film thickness adjusting mechanism of the copper plating device is adjusted so that the plated copper film will be flat.

Furthermore, as shown in FIG. 57, two adjacent electric terminals 902 and 902 may be used as one electrode to measure resistance between these two adjacent electric terminals and the corresponding two adjacent electric terminals located on the opposite side relative to the center of the substrate. In this case, as shown in FIGS. 58A and 58B, combinations of the electric terminals 902 may be changed sequentially using the adjacent electric terminals 902 to make measurements.

In addition, as shown in FIGS. 59A to 59C, the electric resistances between the arbitrary electric terminals 902 and 902 arranged around the edge of the substrate W may be measured (for

example, the number of the electric terminals in this example is eight, so that there are at most 720 measurements), and the corresponding simultaneous equations may be solved, whereby the planar distribution of the electric resistance of the copper seed layer can be approximatly obtained. The use of this method approximatly gives the electric resistances R_{10} to R_{90} between the center of the substrate and the surroundings of the substrate edge as shown in FIG. 61.

FIGS. 60 and 61 show other example of measuring the distribution of the electric resistance of the copper seed layer. This example includes an electrode terminal arm 914 having a central electric terminal 912, brought into contact with the copper seed layer at the center of the substrate W. In this example, the electrode terminal arm 914 is of a movable type, and moves to the center of the substrate W only when measuring the electric resistance, and retreats when plating is performed.

In this example, a direct current voltage is sequentially applied between the central electric terminal 912 at the center of the substrate and the respective electric terminals 902 arranged around the edge of the substrate. The values of electric current flowing at this time are measured, thereby making it possible to find the electric resistances R_{10} , R_{20} ... R_{90} of the copper seed layer between the central electric terminal 912 disposed at the center of the substrate and the respective electric terminals 902 arranged around the edge of the substrate as shown in FIG. 61.

Based on the thus found electric resistance distribution (e.g., R_{10} to R_{90}) of the copper seed layer, voltages to be applied to the respective electric terminals of the cathode at the time of copper plating are adjusted and controlled independently, thus making it possible to adjust not only the distribution of the film thickness of the plated copper film in the radial direction of the substrate, but also the distribution

of the film thickness of the plated copper film in the circumferential direction of the substrate. These adjustments may be made automatically by use of an ordinary control device adopting feed forward sequence control.

5 FIG. 65 is a plan view of an example of a substrate plating apparatus. The substrate plating apparatus shown in FIG. 65 comprises a loading/unloading area 1520 for housing substrate cassettes which accommodate semiconductor substrates, a processing area 1530 for processing semiconductor substrates,
10 and a cleaning/drying area 1540 for cleaning/drying plated semiconductor substrates. The cleaning/drying area 1540 is positioned between the loading/unloading area 1520, and the processing area 1530. A partition 1521 is disposed between the loading/unloading area 1520, and the cleaning/drying area 1540.
15 And a partition 1523 is disposed between the cleaning/drying area 1540, and the processing area 1530.

The partition 1521 has a passage (not shown) defined therein for transferring semiconductor substrates therethrough between the loading/unloading area 1520, and the cleaning/drying
20 area 1540, and supports a shutter 1522 for opening/closing the passage. The partition 1523 has a passage (not shown) defined therein for transferring semiconductor substrates therethrough between the cleaning/drying area 1540, and the processing area 1530, and supports a shutter 1524 for opening/closing the passage.
25 The cleaning/drying area 1540 and the processing area 1530 can independently be supplied with and discharge air.

The substrate plating apparatus shown in FIG. 65 is placed in a clean room, which accommodates semiconductor fabrication facilities. The pressures in the loading/unloading
30 area 1520, the processing area 1530, and the cleaning/drying area 1540 are selected as follows:

The pressure in the loading/unloading area 1520 > the pressure in the cleaning/drying area 1540 > the pressure in the

processing area 1530.

The pressure in the loading/unloading area 1520 is lower than the pressure in the clean room. Therefore, air does not flow from the processing area 1530 into the cleaning/drying area 1540, and air does not flow from the cleaning/drying area 1540 into the loading/unloading area 1520. Furthermore, air does not flow from the loading/unloading area 1520 into the clean room.

The loading/unloading area 1520 houses a loading unit 1520a and an unloading unit 1520b, each accommodating a substrate cassette for storing semiconductor substrates. The cleaning/drying area 1540 houses two water cleaning units 1541 for cleaning plated semiconductor substrates with water, and two drying units 1542 for drying plated semiconductor substrates. Each of the water cleaning units 1541 may comprise a pencil-shaped cleaner with a sponge layer mounted on a front end thereof or a roller with a sponge layer mounted on an outer circumferential surface thereof. Each of the drying units 1542 may comprise a drier for spinning a semiconductor substrate at a high speed to dehydrate and dry. The cleaning/drying area 1540 also has a transfer unit (transfer robot) 1543 for transferring semiconductor substrates.

The processing area 1530 houses a plurality of pretreatment chambers 1531 for pretreating semiconductor substrates prior to being plated, and a plurality of plating chambers 1532 for plating semiconductor substrates with copper. The processing area 1530 also has a transfer unit (transfer robot) 1543 for transferring semiconductor substrates.

FIG. 66 shows in side elevation air flows in the substrate plating apparatus. As shown in FIG. 66, fresh air is introduced from the exterior through a duct 1546 and forced through high-performance filters 1544 by fans from a ceiling 1540a into the cleaning/drying area 1540 as downward clean air flows around the water cleaning units 1541 and the drying units 1542. Most

of the supplied clean air is returned from a floor 1540b through a circulation duct 1545 to the ceiling 1540a, from which the clean air is forced again through the filters 1544 by the fans into the cleaning/drying area 1540. Part of the clean air is
5 discharged from the wafer cleaning units 1541 and the drying units 1542 through a duct 1552 out of the cleaning/drying area 1540.

In the processing area 1530 which accommodates the pretreatment chambers 1531 and the plating chambers 1532,
10 particles are not allowed to be applied to the surfaces of semiconductor substrates even though the processing area 1530 is a wet zone. To prevent particles from being applied to semiconductor substrates, downward clean air flows around the pretreatment chambers 1531 and the plating chambers 1532. Fresh
15 air is introduced from the exterior through a duct 1539 and forced through high-performance filters 1533 by fans from a ceiling 1530a into the processing area 1530.

If the entire amount of clean air as downward clean air flows introduced into the processing area 1530 were always
20 supplied from the exterior, then a large amount of air would be required to be introduced into and discharged from the processing area 1530 at all times. According to this embodiment, air is discharged from the processing area 1530 through a duct 1553 at a rate sufficient enough to keep the pressure in the processing
25 area 1530 lower than the pressure in the cleaning/drying area 1540, and most of the downward clean air introduced into the processing area 1530 is circulated through circulation ducts 1534, 1535. The circulation duct 1534 extends from the cleaning/drying area 1540 and is connected to the filters 1533 over the ceiling 1530a.
30 The circulation duct 1535 is disposed in the cleaning/drying area 1540 and connected to the pipe 1534 in the cleaning/drying area 1540.

The circulating air that has passed through the

processing area 1530 contains a chemical mist and gases from solution bathes. The chemical mist and gases are removed from the circulating air by a scrubber 1536 and mist separators 1537, 1538 which are disposed in the pipe 1534 that is connected to the pipe 1535. The air which circulates from the cleaning/drying area 1540 through the scrubber 1536 and the mist separators 1537, 1538 back into the circulation duct 1534 over the ceiling 1530a is free of any chemical mist and gases. The clean air is then forced through the filters 1533 by the fans to circulate back into the processing area 1530.

Part of the air is discharged from the processing area 1530 through the duct 1553 connected to a floor 1530b of the processing area 1530. Air containing a chemical mist and gases is also discharged from the processing area 1530, through the duct 1553. An amount of fresh air which is commensurate with the amount of air discharged through the duct 1553 is supplied from the duct 1539 into the plating chamber 1530 under the negative pressure developed therein with respect to the pressure in the clean room.

As described above, the pressure in the loading/unloading area 1520 is higher than the pressure in the cleaning/drying area 1540 which is higher than the pressure in the processing area 1530. When the shutters 1522, 1524 (see FIG. 65) are opened, therefore, air flows successively through the loading/unloading area 1520, the cleaning/drying area 1540, and the processing area 1530, as shown in FIG. 67. Air discharged from the cleaning/drying area 1540 and the processing area 1530 flows through the ducts 1552, 1553 into a common duct 1554 (see FIG. 68) which extends out of the clean room.

FIG. 68 shows in perspective the substrate plating apparatus shown in FIG. 65, which is placed in the clean room. The loading/unloading area 1520 includes a side wall which has a cassette transfer port 1555 defined therein and a control panel

1556, and which is exposed to a working zone 1558 that is compartmented in the clean room by a partition wall 1557. The partition wall 1557 also compartments a utility zone 1559 in the clean room in which the substrate plating apparatus is installed.

5 Other sidewalls of the substrate plating apparatus are exposed to the utility zone 1559 whose air cleanness is lower than the air cleanness in the working zone 1558.

As described above, the cleaning/drying area 1540 is disposed between the loading/unloading area 1520, and the
10 processing area 1530. The partition 1521 is disposed between the loading/unloading area 1520, and the cleaning/drying area 1540. The partition 1523 is disposed between the cleaning/drying area 1540, and the processing area 1530. A dry semiconductor substrate is loaded from the working zone 1558
15 through the cassette transfer port 1555 into the substrate plating apparatus, and then plated in the substrate plating apparatus. The plated semiconductor substrate is cleaned and dried, and then unloaded from the substrate plating apparatus through the cassette transfer port 1555 into the working zone
20 1558. Consequently, no particles and mist are applied to the surface of the semiconductor substrate, and the working zone 1558 which has higher air cleanness than the utility zone 1557 is prevented from being contaminated by particles, chemical mists, and cleaning solution mists.

25 In the embodiment shown in FIGS. 65 and 66, the substrate plating apparatus has the loading/unloading area 1520, the cleaning/drying area 1540, and the processing area 1530. However, an area accommodating a chemical mechanical polishing unit may be disposed in or adjacent to the processing area 1530,
30 and the cleaning/drying area 1540 may be disposed in the processing area 1530 or between the area accommodating the chemical mechanical polishing unit and the loading/unloading area 1520. Any of various other suitable area and unit layouts

may be employed insofar as a dry semiconductor substrate can be loaded into the substrate plating apparatus, and a plated semiconductor substrate can be cleaned and dried, and thereafter unloaded from the substrate plating apparatus.

5 In the embodiment described above, the present invention is applied to the substrate plating apparatus for plating a semiconductor substrate. However, the principles of the present invention are also applicable to a substrate plating apparatus for plating a substrate other than a semiconductor
10 substrate. Furthermore, a region on a substrate plated by the substrate plating apparatus is not limited to an interconnection region on the substrate. The substrate plating apparatus may be used to plate substrates with a metal other than copper.

FIG. 69 is a plan view of another example of a substrate
15 plating apparatus. The substrate plating apparatus shown in FIG. 69 comprises a loading unit 1601 for loading a semiconductor substrate, a copper plating chamber 1602 for plating a semiconductor substrate with copper, a pair of water cleaning chambers 1603, 1604 for cleaning a semiconductor substrate with
20 water, a chemical mechanical polishing unit 1605 for chemically and mechanically polishing a semiconductor substrate, a pair of water cleaning chambers 1606, 1607 for cleaning a semiconductor substrate with water, a drying chamber 1608 for drying a semiconductor substrate, and an unloading unit 1609 for
25 unloading a semiconductor substrate with an interconnection film thereon. The substrate plating apparatus also has a wafer transfer mechanism (not shown) for transferring semiconductor substrates to the chambers 1602, 1603, 1604, the chemical mechanical polishing unit 1605, the chambers 1606, 1607, 1608,
30 and the unloading unit 1609. The loading unit 1601, the chambers 1602, 1603, 1604, the chemical mechanical polishing unit 1605, the chambers 1606, 1607, 1608, and the unloading unit 1609 are combined into a single unitary arrangement as apparatus.

The substrate plating apparatus operates as follows:
The wafer transfer mechanism transfers a semiconductor substrate W on which an interconnection film has not yet been formed from a substrate cassette 1601-1 placed in the loading unit 1601 to
5 the copper plating chamber 1602. In the copper plating chamber 1602, a plated copper film is formed on a surface of the semiconductor substrate W having an interconnection region composed of an interconnection trench and an interconnection hole (contact hole).
10 After the plated copper film is formed on the semiconductor substrate W in the copper plating chamber 1602, the semiconductor substrate W is transferred to one of the water cleaning chambers 1603, 1604 by the wafer transfer mechanism and cleaned by water in one of the water cleaning chambers 1603, 1604.
15 The cleaned semiconductor substrate W is transferred to the chemical mechanical polishing unit 1605 by the wafer transfer mechanism. The chemical mechanical polishing unit 1605 removes the unwanted plated copper film from the surface of the semiconductor substrate W, leaving a portion of the plated copper
20 film in the interconnection trench and the interconnection hole. A barrier layer made of TiN or the like is formed on the surface of the semiconductor substrate W, including the inner surfaces of the interconnection trench and the interconnection hole, before the plated copper film is deposited.
25 Then, the semiconductor substrate W with the remaining plated copper film is transferred to one of the water cleaning chambers 1606, 1607 by the wafer transfer mechanism and cleaned by water in one of the water cleaning chambers 1607, 1608. The cleaned semiconductor substrate W is then dried in the drying
30 chamber 1608, after which the dried semiconductor substrate W with the remaining plated copper film serving as an interconnection film is placed into a substrate cassette 1609-1 in the unloading unit 1609.

FIG. 70 shows a plan view of still another example of a substrate plating apparatus. The substrate plating apparatus shown in FIG. 70 differs from the substrate plating apparatus shown in FIG. 69 in that it additionally includes a copper plating chamber 1602, a water cleaning chamber 1610, a pretreatment chamber 1611, a protective layer plating chamber 1612 for forming a protective plated layer on a plated copper film on a semiconductor substrate, water cleaning chamber 1613, 1614, and a chemical mechanical polishing unit 615. The loading unit 1601, the chambers 1602, 1602, 1603, 1604, 1614, the chemical mechanical polishing unit 1605, 1615, the chambers 1606, 1607, 1608, 1610, 1611, 1612, 1613, and the unloading unit 1609 are combined into a single unitary arrangement as an apparatus.

The substrate plating apparatus shown in FIG. 70 operates as follows: A semiconductor substrate W is supplied from the substrate cassette 1601-1 placed in the loading unit 1601 successively to one of the copper plating chambers 1602, 1602. In one of the copper plating chamber 1602, 1602, a plated copper film is formed on a surface of a semiconductor substrate W having an interconnection region composed of an interconnection trench and an interconnection hole (contact hole). The two copper plating chambers 1602, 1602 are employed to allow the semiconductor substrate W to be plated with a copper film for a long period of time. Specifically, the semiconductor substrate W may be plated with a primary copper film according to electroplating in one of the copper plating chamber 1602, and then plated with a secondary copper film according to electroless-plating in the other copper plating chamber 1602. The substrate plating apparatus may have more than two copper plating chambers.

The semiconductor substrate W with the plated copper film formed thereon is cleaned by water in one of the water cleaning chambers 1603, 1604. Then, the chemical mechanical polishing

unit 1605 removes the unwanted portion of the plated copper film from the surface of the semiconductor substrate W, leaving a portion of the plated copper film in the interconnection trench and the interconnection hole.

5 Thereafter, the semiconductor substrate W with the remaining plated copper film is transferred to the water cleaning chamber 1610, in which the semiconductor substrate W is cleaned with water. Then, the semiconductor substrate W is transferred to the pretreatment chamber 1611, and pretreated therein for the
10 deposition of a protective plated layer. The pretreated semiconductor substrate W is transferred to the protective layer-plating chamber 1612. In the protective layer plating chamber 1612, a protective plated layer is formed on the plated copper film in the interconnection region on the semiconductor
15 substrate W. For example, the protective plated layer is formed with an alloy of nickel (Ni) and boron (B) by electroless-plating.

After semiconductor substrate is cleaned in one of the water cleaning chamber 1613, 1614, an upper portion of the
20 protective plated layer deposited on the plated copper film is polished off to planarize the protective plated layer, in the chemical mechanical polishing unit 1615,

After the protective plated layer is polished, the semiconductor substrate W is cleaned by water in one of the water
25 cleaning chambers 1606, 1607, dried in the drying chamber 1608, and then transferred to the substrate cassette 1609-1 in the unloading unit 1609.

FIG. 71 is a plan view of still another example of a substrate plating apparatus. As shown in FIG. 71, the substrate
30 plating apparatus includes a robot 1616 at its center which has a robot arm 1616-1, and also has a copper plating chamber 1602, a pair of water cleaning chambers 1603, 1604, a chemical mechanical polishing unit 1605, a pretreatment chamber 1611, a

protective layer plating chamber 1612, a drying chamber 1608, and a loading/unloading portion 1617 which are disposed around the robot 1616 and positioned within the reach of the robot arm 1616-1. A loading unit 1601 for loading semiconductor substrates and an unloading unit 1609 for unloading semiconductor substrates is disposed adjacent to the loading/unloading portion 1617. The robot 1616, the chambers 1602, 1603, 1604, the chemical mechanical polishing unit 1605, the chambers 1608, 1611, 1612, the loading/unloading portion 1617, the loading unit 1601, and the unloading unit 1609 are combined into a single unitary arrangement as an apparatus.

The substrate plating apparatus shown in FIG. 71 operates as follows:

A semiconductor substrate to be plated is transferred from the loading unit 1601 to the loading/unloading portion 1617, from which the semiconductor substrate is received by the robot arm 1616-1 and transferred thereby to the copper plating chamber 1602. In the copper plating chamber 1602, a plated copper film is formed on a surface of the semiconductor substrate which has an interconnection region composed of an interconnection trench and an interconnection hole. The semiconductor substrate with the plated copper film formed thereon is transferred by the robot arm 1616-1 to the chemical mechanical polishing unit 1605. In the chemical mechanical polishing unit 1605, the plated copper film is removed from the surface of the semiconductor substrate W, leaving a portion of the plated copper film in the interconnection trench and the interconnection hole.

The semiconductor substrate is then transferred by the robot arm 1616-1 to the water-cleaning chamber 1604, in which the semiconductor substrate is cleaned by water. Thereafter, the semiconductor substrate is transferred by the robot arm 1616-1 to the pretreatment chamber 1611, in which the semiconductor substrate is pretreated therein for the deposition

of a protective plated layer. The pretreated semiconductor substrate is transferred by the robot arm 1616-1 to the protective layer plating chamber 1612. In the protective layer plating chamber 1612, a protective plated layer is formed on the plated copper film in the interconnection region on the semiconductor substrate W. The semiconductor substrate with the protective plated layer formed thereon is transferred by the robot arm 1616-1 to the water cleaning chamber 1604, in which the semiconductor substrate is cleaned by water. The cleaned semiconductor substrate is transferred by the robot arm 1616-1 to the drying chamber 1608, in which the semiconductor substrate is dried. The dried semiconductor substrate is transferred by the robot arm 1616-1 to the loading/unloading portion 1617, from which the plated semiconductor substrate is transferred to the unloading unit 1609.

FIG. 72 is a view showing the plan constitution of another example of a semiconductor substrate processing apparatus. The semiconductor substrate processing apparatus is of a constitution in which there are provided a loading/unloading section 1701, a copper plating unit 1702, a first robot 1703, a third cleaning machine 1704, a reversing machine 1705, a reversing machine 1706, a second cleaning machine 1707, a second robot 1708, a first cleaning machine 1709, a first polishing apparatus 1710, and a second polishing apparatus 1711. A before-plating and after-plating film thickness measuring instrument 1712 for measuring the film thicknesses before and after plating, and a dry state film thickness measuring instrument 1713 for measuring the film thickness of a semiconductor substrate W in a dry state after polishing are placed near the first robot 1703.

The first polishing apparatus (polishing unit) 1710 has a polishing table 1710-1, a top ring 1710-2, a top ring head 1710-3, a film thickness measuring instrument 1710-4, and a pusher 1710-5.

The second polishing apparatus (polishing unit) 1711 has a polishing table 1711-1, a top ring 1711-2, a top ring head 1711-3, a film thickness measuring instrument 1711-4, and a pusher 1711-5.

5 A cassette 1701-1 accommodating the semiconductor substrates W, in which a via hole and a trench for interconnect are formed, and a seed layer is formed thereon is placed on a loading port of the loading/unloading section 1701. The first robot 1703 takes out the semiconductor substrate W from the
10 cassette 1701-1, and carries the semiconductor substrate W into the copper plating unit 1702 where a plated Cu film is formed. At this time, the film thickness of the seed layer is measured with the before-plating and after-plating film thickness measuring instrument 1712. The plated Cu film is formed by
15 carrying out hydrophilic treatment of the face of the semiconductor substrate W, and then Cu plating. After formation of the plated Cu film, rinsing or cleaning of the semiconductor substrate W is carried out in the copper plating unit 1702.

When the semiconductor substrate W is taken out from
20 the copper plating unit 1702 by the first robot 1703, the film thickness of the plated Cu film is measured with the before-plating and after-plating film thickness measuring instrument 1712. The results of its measurement are recorded into a recording device (not shown) as record data on the semiconductor
25 substrate, and are used for judgment of an abnormality of the copper plating unit 1702. After measurement of the film thickness, the first robot 1703 transfers the semiconductor substrate W to the reversing machine 1705, and the reversing machine 1705 reverses the semiconductor substrate W (the surface
30 on which the plated Cu film has been formed faces downward). The first polishing apparatus 1710 and the second polishing apparatus 1711 perform polishing in a serial mode and a parallel mode. Next, polishing in the serial mode will be described.

In the serial mode polishing, a primary polishing is performed by the polishing apparatus 1710, and a secondary polishing is performed by the polishing apparatus 1711. The second robot 1708 picks up the semiconductor substrate W on the reversing machine 1705, and places the semiconductor substrate W on the pusher 1710-5 of the polishing apparatus 1710. The top ring 1710-2 attracts the semiconductor substrate W on the pusher 1710-5 by suction, and brings the surface of the plated Cu film of the semiconductor substrate W into contact with a polishing surface of the polishing table 1710-1 under pressure to perform a primary polishing. With the primary polishing, the plated Cu film is basically polished. The polishing surface of the polishing table 1710-1 is composed of foamed polyurethane such as IC1000, or a material having abrasive grains fixed thereto or impregnated therein. Upon relative movements of the polishing surface and the semiconductor substrate W, the plated Cu film is polished.

After completion of polishing of the plated Cu film, the semiconductor substrate W is returned onto the pusher 1710-5 by the top ring 1710-2. The second robot 1708 picks up the semiconductor substrate W, and introduces it into the first cleaning machine 1709. At this time, a chemical liquid may be ejected toward the face and backside of the semiconductor substrate W on the pusher 1710-5 to remove particles therefrom or cause particles to be difficult to adhere thereto.

After completion of cleaning in the first cleaning machine 1709, the second robot 1708 picks up the semiconductor substrate W, and places the semiconductor substrate W on the pusher 1711-5 of the second polishing apparatus 1711. The top ring 1711-2 attracts the semiconductor substrate W on the pusher 1711-5 by suction, and brings the surface of the semiconductor substrate W, which has the barrier layer formed thereon, into contact with a polishing surface of the polishing table 1711-1

under pressure to perform the secondary polishing. The constitution of the polishing table is the same as the top ring 1711-2. With this secondary polishing, the barrier layer is polished. However, there may be a case in which a Cu film and an oxide film left after the primary polishing are also polished.

A polishing surface of the polishing table 1711-1 is composed of foamed polyurethane such as IC1000, or a material having abrasive grains fixed thereto or impregnated therein. Upon relative movements of the polishing surface and the semiconductor substrate W, polishing is carried out. At this time, silica, alumina, ceria, on the like is used as abrasive grains or a slurry. A chemical liquid is adjusted depending on the type of the film to be polished.

Detection of an end point of the secondary polishing is performed by measuring the film thickness of the barrier layer mainly with the use of the optical film thickness measuring instrument, and detecting the film thickness which has become zero, or the surface of an insulating film comprising SiO₂ shows up. Furthermore, a film thickness measuring instrument with an image processing function is used as the film thickness measuring instrument 1711-4 provided near the polishing table 1711-1. By use of this measuring instrument, measurement of the oxide film is made, the results are stored as processing records of the semiconductor substrate W, and used for judging whether the semiconductor substrate W in which secondary polishing has been finished can be transferred to a subsequent step or not. If the end point of the secondary polishing is not reached, repolishing is performed. If over-polishing has been performed beyond a prescribed value due to any abnormality, then the semiconductor substrate processing apparatus is stopped to avoid next polishing so that defective products will not increase.

After completion of the secondary polishing, the semiconductor substrate W is moved to the pusher 1711-5 by the

top ring 1711-2. The second robot 1708 picks up the semiconductor substrate W on the pusher 1711-5. At this time, a chemical liquid may be ejected toward the face and backside of the semiconductor substrate W on the pusher 1711-5 to remove particles therefrom or cause particles to be difficult to adhere thereto.

The second robot 1708 carries the semiconductor substrate W into the second cleaning machine 1707 where cleaning of the semiconductor substrate W is performed. The constitution of the second cleaning machine 1707 is also the same as the constitution of the first cleaning machine 1709. The face of the semiconductor substrate W is scrubbed with the PVA sponge rolls using a cleaning liquid comprising pure water to which a surface active agent, a chelating agent, or a pH regulating agent is added. A strong chemical liquid such as DHF is ejected from a nozzle toward the backside of the semiconductor substrate W to perform etching of the diffused Cu thereon. If there is no problem of diffusion, scrubbing cleaning is performed with the PVA sponge rolls using the same chemical liquid as that used for the face.

After completion of the above cleaning, the second robot 1708 picks up the semiconductor substrate W and transfers it to the reversing machine 1706, and the reversing machine 1706 reverses the semiconductor substrate W. The semiconductor substrate W which has been reversed is picked up by the first robot 1703, and transferred to the third cleaning machine 1704. In the third cleaning machine 1704, megasonic water excited by ultrasonic vibrations is ejected toward the face of the semiconductor substrate W to clean the semiconductor substrate W. At this time, the face of the semiconductor substrate W may be cleaned with a known pencil type sponge using a cleaning liquid comprising pure water to which a surface active agent, a chelating agent, or a pH regulating agent is added. Thereafter,

the semiconductor substrate W is dried by spin-drying.

As described above, if the film thickness has been measured with the film thickness measuring instrument 1711-4 provided near the polishing table 1711-1, then the semiconductor substrate W is not subjected to further process and is accommodated into the cassette placed on the unloading port of the loading/unloading section 1771.

FIG. 73 is a view showing the plan constitution of another example of a semiconductor substrate processing apparatus. The substrate processing apparatus differs from the substrate processing apparatus shown in FIG. 72 in that a cap-plating unit 1750 is provided instead of the copper plating unit 1702 in FIG. 72.

A cassette 1701-1 accommodating the semiconductor substrates W formed plated Cu film is placed on a load port of a loading/unloading section 1701. The semiconductor substrate W taken out from the cassette 1701-1 is transferred to the first polishing apparatus 1710 or second polishing apparatus 1711 in which the surface of the plated Cu film is polished. After completion of polishing of the plated Cu film, the semiconductor substrate W is cleaned in the first cleaning machine 1709.

After completion of cleaning in the first cleaning machine 1709, the semiconductor substrate W is transferred to the cap-plating unit 1750 where cap-plating is applied onto the surface of the plated Cu film with the aim of preventing oxidation of plated Cu film due to the atmosphere. The semiconductor substrate to which cap-plating has been applied is carried by the second robot 1708 from the cap-plating unit 1750 to the second cleaning unit 1707 where it is cleaned with pure water or deionized water. The semiconductor substrate after completion of cleaning is returned into the cassette 1701-1 placed on the loading/unloading section 1701.

FIG. 74 is a view showing the plan constitution of still

another example of a semiconductor substrate processing apparatus. The substrate processing apparatus differs from the substrate processing apparatus shown in FIG. 73 in that an annealing unit 1751 is provided instead of the third cleaning machine 1709 in FIG. 73.

The semiconductor substrate W, which is polished in the polishing unit 1710 or 1711, and cleaned in the first cleaning machine 1709 described above, is transferred to the cap-plating unit 1750 where cap-plating is applied onto the surface of the plated Cu film. The semiconductor substrate to which cap-plating has been applied is carried by the second robot 1732 from the cap-plating unit 1750 to the first cleaning unit 1707 where it is cleaned.

After completion of cleaning in the first cleaning machine 1709, the semiconductor substrate W is transferred to the annealing unit 1751 in which the substrate is annealed, whereby the plated Cu film is alloyed so as to increase the electromigration resistance of the plated Cu film. The semiconductor substrate W to which annealing treatment has been applied is carried from the annealing unit 1751 to the second cleaning unit 1707 where it is cleaned with pure water or deionized water. The semiconductor substrate W after completion of cleaning is returned into the cassette 1701-1 placed on the loading/unloading section 1701.

FIG. 75 is a view showing a plan layout constitution of another example of the substrate processing apparatus. In FIG. 75, portions denoted by the same reference numerals as those in FIG. 72 show the same or corresponding portions. In the substrate processing apparatus, a pusher indexer 1725 is disposed close to a first polishing apparatus 1710 and a second polishing apparatus 1711. Substrate placing tables 1721, 1722 are disposed close to a third cleaning machine 1704 and a copper plating unit 1702, respectively. A robot 1723 is disposed close

to a first cleaning machine 1709 and the third cleaning machine 1704. Further, a robot 1724 is disposed close to a second cleaning machine 1707 and the copper plating unit 1702, and a dry state film thickness measuring instrument 1713 is disposed close to a loading/unloading section 1701 and a first robot 1703.

In the substrate processing apparatus of the above constitution, the first robot 1703 takes out a semiconductor substrate W from a cassette 1701-1 placed on the load port of the loading/unloading section 1701. After the film thicknesses of a barrier layer and a seed layer are measured with the dry state film thickness measuring instrument 1713, the first robot 1703 places the semiconductor substrate W on the substrate placing table 1721. In the case where the dry state film thickness measuring instrument 1713 is provided on the hand of the first robot 1703, the film thicknesses are measured thereon, and the substrate is placed on the substrate placing table 1721. The second robot 1723 transfers the semiconductor substrate W on the substrate placing table 1721 to the copper plating unit 1702 in which a plated Cu film is formed. After formation of the plated Cu film, the film thickness of the plated Cu film is measured with a before-plating and after-plating film thickness measuring instrument 1712. Then, the second robot 1723 transfers the semiconductor substrate W to the pusher indexer 1725 and loads it thereon.

[Serial mode]

In the serial mode, a top ring head 1710-2 holds the semiconductor substrate W on the pusher indexer 1725 by suction, transfers it to a polishing table 1710-1, and presses the semiconductor substrate W against a polishing surface on the polishing table 1710-1 to perform polishing. Detection of the end point of polishing is performed by the same method as described above. The semiconductor substrate W after completion of polishing is transferred to the pusher indexer 1725

by the top ring head 1710-2, and loaded thereon. The second robot 1723 takes out the semiconductor substrate W, and carries it into the first cleaning machine 1709 for cleaning. Then, the semiconductor substrate W is transferred to the pusher indexer 5 1725, and loaded thereon.

A top ring head 1711-2 holds the semiconductor substrate W on the pusher indexer 1725 by suction, transfers it to a polishing table 1711-1, and presses the semiconductor substrate W against a polishing surface on the polishing table 1711-1 to 10 perform polishing. Detection of the end point of polishing is performed by the same method as described above. The semiconductor substrate W after completion of polishing is transferred to the pusher indexer 1725 by the top ring head 1711-2, and loaded thereon. The third robot 1724 picks up the 15 semiconductor substrate W, and its film thickness is measured with a film thickness measuring instrument 1726. Then, the semiconductor substrate W is carried into the second cleaning machine 1707 for cleaning. Thereafter, the semiconductor substrate W is carried into the third cleaning machine 1704, 20 where it is cleaned and then dried by spin-drying. Then, the semiconductor substrate W is picked up by the third robot 1724, and placed on the substrate placing table 1722.

[Parallel mode]

In the parallel mode, the top ring head 1710-2 or 1711-2 25 holds the semiconductor substrate W on the pusher indexer 1725 by suction, transfers it to the polishing table 1710-1 or 1711-1, and presses the semiconductor substrate W against the polishing surface on the polishing table 1710-1 or 1711-1 to perform polishing. After measurement of the film thickness, the third 30 robot 1724 picks up the semiconductor substrate W, and places it on the substrate placing table 1722.

The first robot 1703 transfers the semiconductor substrate W on the substrate placing table 1722 to the dry state

film thickness measuring instrument 1713. After the film thickness is measured, the semiconductor substrate W is returned to the cassette 1701-1 of the loading/unloading section 1701.

5 FIG. 76 is a view showing another plan layout constitution of the substrate processing apparatus. The substrate processing apparatus is such a substrate processing apparatus which forms a seed layer and a plated Cu film on a semiconductor substrate W having no seed layer formed thereon, and polishes these films to form interconnects.

10 In the substrate polishing apparatus, a pusher indexer 1725 is disposed close to a first polishing apparatus 1710 and a second polishing apparatus 1711, substrate placing tables 1721, 1722 are disposed close to a second cleaning machine 1707 and a seed layer forming unit 1727, respectively, and a robot 1723
15 is disposed close to the seed layer forming unit 1727 and a copper plating unit 1702. Further, a robot 1724 is disposed close to a first cleaning machine 1709 and the second cleaning machine 1707, and a dry state film thickness measuring instrument 1713 is disposed close to a loading/unloading section 1701 and a first
20 robot 1702.

The first robot 1703 takes out a semiconductor substrate W having a barrier layer thereon from a cassette 1701-1 placed on the load port of the loading/unloading section 1701, and places it on the substrate placing table 1721. Then, the second
25 robot 1723 transports the semiconductor substrate W to the seed layer forming unit 1727 where a seed layer is formed. The seed layer is formed by electroless-plating. The second robot 1723 enables the semiconductor substrate having the seed layer formed thereon to be measured in thickness of the seed layer by the
30 before-plating and after-plating film thickness measuring instrument 1712. After measurement of the film thickness, the semiconductor substrate is carried into the copper plating unit 1702 where a plated Cu film is formed.

After formation of the plated Cu film, its film thickness is measured, and the semiconductor substrate is transferred to a pusher indexer 1725. A top ring 1710-2 or 1711-2 holds the semiconductor substrate W on the pusher indexer 1725 by suction, and transfers it to a polishing table 1710-1 or 1711-1 to perform polishing. After polishing, the top ring 1710-2 or 1711-2 transfers the semiconductor substrate W to a film thickness measuring instrument 1710-4 or 1711-4 to measure the film thickness. Then, the top ring 1710-2 or 1711-2 transfers the semiconductor substrate W to the pusher indexer 1725, and places it thereon.

Then, the third robot 1724 picks up the semiconductor substrate W from the pusher indexer 1725, and carries it into the first cleaning machine 1709. The third robot 1724 picks up the cleaned semiconductor substrate W from the first cleaning machine 1709, carries it into the second cleaning machine 1707, and places the cleaned and dried semiconductor substrate on the substrate placing table 1722. Then, the first robot 1703 picks up the semiconductor substrate W, and transfers it to the dry state film thickness measuring instrument 1713 in which the film thickness is measured, and the first robot 1703 carries it into the cassette 1701-1 placed on the unload port of the loading/unloading section 1701.

In the substrate processing apparatus shown in FIG. 76, interconnects are formed by forming a barrier layer, a seed layer and a plated Cu film on a semiconductor substrate W having a via hole or a trench of a circuit pattern formed therein, and polishing them.

The cassette 1701-1 accommodating the semiconductor substrates W before formation of the barrier layer is placed on the load port of the loading/unloading section 1701. The first robot 1703 takes out the semiconductor substrate W from the cassette 1701-1 placed on the load port of the loading/unloading

section 1701, and places it on the substrate placing table 1721. Then, the second robot 1723 transports the semiconductor substrate W to the seed layer forming unit 1727 where a barrier layer and a seed layer are formed. The barrier layer and the seed layer are formed by electroless-plating. The second robot 1723 brings the semiconductor substrate W having the barrier layer and the seed layer formed thereon to the before-plating and after-plating film thickness measuring instrument 1712 which measures the film thicknesses of the barrier layer and the seed layer. After measurement of the film thicknesses, the semiconductor substrate W is carried into the copper plating unit 1702 where a plated Cu film is formed.

FIG. 77 is a view showing plan layout constitution of another example of the substrate processing apparatus. In the substrate processing apparatus, there are provided a barrier layer forming unit 1811, a seed layer forming unit 1812, a plating unit 1813, an annealing unit 1814, a first cleaning unit 1815, a bevel and backside cleaning unit 1816, a cap-plating unit 1817, a second cleaning unit 1818, a first aligner and film thickness measuring instrument 1841, a second aligner and film thickness measuring instrument 1842, a first substrate reversing machine 1843, a second substrate reversing machine 1844, a substrate temporary placing table 1845, a third film thickness measuring instrument 1846, a loading/unloading section 1820, a first polishing apparatus 1821, a second polishing apparatus 1822, a first robot 1831, a second robot 1832, a third robot 1833, and a fourth robot 1834. The film thickness measuring instruments 1841, 1842, and 1846 are units, have the same size as the frontage dimension of other units (plating, cleaning, annealing units, and the like), and are thus interchangeable.

In this example, an electroless Ru plating apparatus can be used as the barrier layer forming unit 1811, an electroless Cu plating apparatus as the seed layer forming unit 1812, and

an electroplating apparatus as the plating unit 1813.

FIG. 78 is a flow chart showing the flow of the respective steps in the present substrate processing apparatus. The respective steps in the apparatus will be described according to this flow chart. First, a semiconductor substrate taken out by the first robot 1831 from a cassette 1820a placed on the load and unload unit 1820 is placed in the first aligner and film thickness measuring unit 1841, in such a state that its surface, to be plated, faces upward. In order to set a reference point for a position at which film thickness measurement is made, notch alignment for film thickness measurement is performed, and then film thickness data on the semiconductor substrate before formation of a Cu film are obtained.

Then, the semiconductor substrate is transported to the barrier layer forming unit 1811 by the first robot 1831. The barrier layer forming unit 1811 is such an apparatus for forming a barrier layer on the semiconductor substrate by electroless Ru plating, and the barrier layer forming unit 1811 forms an Ru film as a film for preventing Cu from diffusing into an interlayer insulator film (e.g. SiO_2) of a semiconductor device. The semiconductor substrate discharged after cleaning/drying steps is transported by the first robot 1831 to the first aligner and film thickness measuring unit 1841, where the film thickness of the semiconductor substrate, i.e., the film thickness of the barrier layer is measured.

The semiconductor substrate after film thickness measurement is carried into the seed layer forming unit 1812 by the second robot 1832, and a seed layer is formed on the barrier layer by electroless Cu plating. The semiconductor substrate discharged after cleaning/drying steps is transported by the second robot 1832 to the second aligner and film thickness measuring instrument 1842 for determination of a notch position, before the semiconductor substrate is transported to the plating

unit 1813, which is an impregnation plating unit, and then notch alignment for Cu plating is performed by the film thickness measuring instrument 1842. If necessary, the film thickness of the semiconductor substrate before formation of a Cu film may
5 be measured again in the film thickness measuring instrument 1842.

The semiconductor substrate which has completed notch alignment is transported by the third robot 1833 to the plating unit 1813 where Cu plating is applied to the semiconductor
10 substrate. The semiconductor substrate discharged after cleaning/drying steps is transported by the third robot 1833 to the bevel and backside cleaning unit 1816 where an unnecessary Cu film (seed layer) at a peripheral portion of the semiconductor substrate is removed. In the bevel and backside cleaning unit
15 1816, the bevel is etched in a preset time, and Cu adhering to the backside of the semiconductor substrate is cleaned with a chemical liquid such as hydrofluoric acid. At this time, before transporting the semiconductor substrate to the bevel and backside cleaning unit 1816, film thickness measurement of the
20 semiconductor substrate may be made by the second aligner and film thickness measuring instrument 1842 to obtain the thickness value of the Cu film formed by plating, and based on the obtained results, the bevel etching time may be changed arbitrarily to carry out etching. The region etched by bevel etching is a region
25 which corresponds to a peripheral edge portion of the substrate and has no circuit formed therein, or a region which is not utilized finally as a chip although a circuit is formed. A bevel portion is included in this region.

The semiconductor substrate discharged after
30 cleaning/drying steps in the bevel and backside cleaning unit 1816 is transported by the third robot 1833 to the substrate reversing machine 1843. After the semiconductor substrate is turned over by the substrate reversing machine 1843 to cause the

plated surface to be directed downward, the semiconductor substrate is introduced into the annealing unit 1814 by the fourth robot 1834 for thereby stabilizing an interconnection portion. Before and/or after annealing treatment, the semiconductor substrate is carried into the second aligner and film thickness measuring unit 1842 where the film thickness of a copper film formed on the semiconductor substrate is measured. Then, the semiconductor substrate is carried by the fourth robot 1834 into the first polishing apparatus 1821 in which the Cu film and the seed layer of the semiconductor substrate are polished.

At this time, desired abrasive grains or the like are used, but fixed abrasive may be used in order to prevent dishing and enhance flatness of the face. After completion of primary polishing, the semiconductor substrate is transported by the fourth robot 1834 to the first cleaning unit 1815 where it is cleaned. This cleaning is scrub-cleaning in which rolls having substantially the same length as the diameter of the semiconductor substrate are placed on the face and the backside of the semiconductor substrate, and the semiconductor substrate and the rolls are rotated, while pure water or deionized water is flowed, thereby performing cleaning of the semiconductor substrate.

After completion of the primary cleaning, the semiconductor substrate is transported by the fourth robot 1834 to the second polishing apparatus 1822 where the barrier layer on the semiconductor substrate is polished. At this time, desired abrasive grains or the like are used, but fixed abrasive may be used in order to prevent dishing and enhance flatness of the face. After completion of secondary polishing, the semiconductor substrate is transported by the fourth robot 1834 again to the first cleaning unit 1815 where scrub-cleaning is performed. After completion of cleaning, the semiconductor substrate is transported by the fourth robot 1834 to the second

substrate reversing machine 1844 where the semiconductor substrate is reversed to cause the plated surface to be directed upward, and then the semiconductor substrate is placed on the substrate temporary placing table 1845 by the third robot.

5 The semiconductor substrate is transported by the second robot 1832 from the substrate temporary placing table 1845 to the cap-plating unit 1817 where cap-plating is applied onto the Cu surface with the aim of preventing oxidation of Cu due to the atmosphere. The semiconductor substrate to which
10 cap-plating has been applied is carried by the second robot 1832 from the cover plating unit 1817 to the third film thickness measuring instrument 146 where the thickness of the copper film is measured. Thereafter, the semiconductor substrate is carried by the first robot 1831 into the second cleaning unit
15 1818 where it is cleaned with pure water or deionized water. The semiconductor substrate after completion of cleaning is returned into the cassette 1820a placed on the loading/unloading section 1820.

In this manner, shown in FIG. 95A through 95C,
20 interconnects made of copper is formed, thereafter a protective layer is formed on the interconnects selectively by electroless cap-plating for protecting the interconnects.

Specifically, as shown in FIG. 95A, an insulating film
2 of SiO₂ is deposited on a conductive layer 1a of a substrate
25 1 on which semiconductor devices are formed, a contact hole 3 and a trench 4 for an interconnect are formed by lithography and etching technology, a barrier layer 5 comprising TiN or the like is formed thereon, and a seed layer 7 is further formed thereon.

Then, as shown in FIG. 95B, copper plating is applied
30 onto the surface of the semiconductor substrate W to fill copper into the contact hole 3 and the trench 4 of the semiconductor substrate W and deposit a copper film 6 on the insulating film 2. Thereafter, the copper film 6 on the insulating film 2 is

removed by chemical mechanical polishing (CMP) to make the surface of the copper film 6, filled into the contact hole 3 and the trench 4 for an interconnect, flush with the surface of the insulating film 2, as shown in FIG. 95C. An interconnect protective layer 8 is formed on the exposed metal surface.

In this case, the seed layer 7 may be reinforced so as to become a complete layer without a thin portion. FIG. 94 is a flow diagram showing the flow of reinforcing process steps.

First, the substrate W having a seed layer 7 (see FIG. 95A) is transported to a pre-plating unit comprising an electroplating unit or an electroless-plating unit for depositing an additional metal on the seed layer 7 (step 1).

Next, the first-stage plating (pre-plating) is carried out in the electroplating unit or the electroless-plating unit, thereby reinforcing and completing the thin portion of the seed layer 7 (step 2).

After the completion of the first-stage plating, the substrate W is, according to necessity, transported to the washing section for washing by water (step 3), and is then transported a plating unit for filling the metal in the trenches.

Next, the second-stage plating is performed onto the surface of the substrate W in the plating unit, thereby effecting filling with copper (step 4). Since the seed layer 7 has been reinforced by the first-stage plating to become a complete layer without a thin portion, electric current flows evenly through the seed layer 7 in the second-stage plating, whereby the filling with copper can be completed without the formation of any voids.

After the completion of the second-stage plating, the substrate W is, according to necessity, transported to the washing section for washing by water (step 5). Thereafter, the substrate W is transported to the bevel-etching/chemical cleaning unit where the substrate W is cleaned by using a chemical liquid, and a thin copper film, etc. formed on the bevel portion

of the substrate W is etched away (step 6). The substrate is then transported to the cleaning/drying section for cleaning and drying (step 7). Thereafter, the substrate is returned to the cassette of the loading/unloading section by the first transporting device (step 8).

An electrolytic plating process for plating a semiconductor substrate W shown in Fig. 95A will be described below.

A first plating process is performed by immersing the semiconductor substrate W into a first plating liquid, such as a high throwing power copper sulfate plating liquid used for printed circuit boards. This process forms a uniform initial thin plated film over the entire surface of the trenches formed in the surface of the semiconductor substrate W, wherein the surface includes the bottom and side walls of the trenches. Here, the high throwing power copper sulfate solution has a low concentration of copper sulfate, a high concentration of sulfuric acid, and is superior in throwing power and coating uniformity. An example composition of this solution is 5 100 g/l of copper sulfate and 100 250 g/l of sulfuric acid.

Since the plating liquid has a low concentration of copper sulfate and a high concentration of sulfuric acid, the conductivity of the solution is high and the polarization is great, thereby improving throwing power. As a result, plating metal is uniformly deposited on the surface of the semiconductor substrate W, eliminating unplated areas formed on the side and bottom surfaces of the fine trench.

After washing the semiconductor substrate W, a second plating process is performed by immersing the semiconductor substrate W into a second plating liquid, such as a copper sulfate plating liquid for decorative uses. This process fills copper into the trenches and forms a plated film having a flat surface on the surface of the substrate. Here, the copper sulfate

plating liquid has a high concentration of copper sulfate and a low concentration of sulfuric acid and is superior in leveling ability. An example composition of the solution is 100 300 g/l of copper sulfate and 10 100 g/l of sulfuric acid.

5 Here, leveling ability defines a quality describing the degree of smoothness on the plating surface.

The pre-plating unit comprising an electroplating unit or an electroless-plating may be placed in the electroplating apparatus.

10 The aligner and film thickness measuring instrument 1841 and the aligner and film thickness measuring instrument 1842 perform positioning of the notch portion of the substrate and measurement of the film thickness.

The seed layer forming unit 1812 may be omitted. In this case, a plated film may be formed on a barrier layer directly in a plating unit 1813.

The seed layer forming unit may be comprises an electroplating unit or an electroless-plating unit. In this case, a seed layer made of copper film, for example, is formed on the barrier layer by electroplating or electroless-plating, thereafter a plated film may be formed on a barrier layer in a plating unit 1813.

The bevel and backside cleaning unit 1816 can perform an edge (bevel) Cu etching and a backside cleaning at the same time, and can suppress growth of a natural oxide film of copper at the circuit formation portion on the surface of the substrate. FIG. 79 shows a schematic view of the bevel and backside cleaning unit 1816. As shown in FIG. 79, the bevel and backside cleaning unit 1816 has a substrate holding portion 1922 positioned inside a bottomed cylindrical waterproof cover 1920 and adapted to rotate a substrate W at a high speed, in such a state that the face of the substrate W faces upwardly, while holding the substrate W horizontally by spin chucks 1921 at a plurality of

locations along a circumferential direction of a peripheral edge portion of the substrate; a center nozzle 1924 placed above a nearly central portion of the face of the substrate W held by the substrate holding portion 1922; and an edge nozzle 1926 placed above the peripheral edge portion of the substrate W. The center nozzle 1924 and the edge nozzle 1926 are directed downward. A back nozzle 1928 is positioned below a nearly central portion of the backside of the substrate W, and directed upward. The edge nozzle 1926 is adapted to be movable in a diametrical direction and a height direction of the substrate W.

The width of movement L of the edge nozzle 1926 is set such that the edge nozzle 1926 can be arbitrarily positioned in a direction toward the center from the outer peripheral end surface of the substrate, and a set value for L is inputted according to the size, usage, or the like of the substrate W. Normally, an edge cut width C is set in the range of 2 mm to 5 mm. In the case where a rotational speed of the substrate is a certain value or higher at which the amount of liquid migration from the backside to the face is not problematic, the copper film within the edge cut width C can be removed.

Next, the method of cleaning with this cleaning apparatus will be described. First, the semiconductor substrate W is horizontally rotated integrally with the substrate holding portion 1922, with the substrate being held horizontally by the spin chucks 1921 of the substrate holding portion 1922. In this state, an acid solution is supplied from the center nozzle 1924 to the central portion of the face of the substrate W. The acid solution may be a non-oxidizing acid, and hydrofluoric acid, hydrochloric acid, sulfuric acid, citric acid, oxalic acid, or the like is used. On the other hand, an oxidizing agent solution is supplied continuously or intermittently from the edge nozzle 1926 to the peripheral edge portion of the substrate W. As the oxidizing agent solution, one of an aqueous

solution of ozone, an aqueous solution of hydrogen peroxide, an aqueous solution of nitric acid, and an aqueous solution of sodium hypochlorite is used, or a combination of these is used.

In this manner, the copper film, or the like formed on the upper surface and end surface in the region of the peripheral edge portion C of the semiconductor substrate W is rapidly oxidized with the oxidizing agent solution, and is simultaneously etched with the acid solution supplied from the center nozzle 1924 and spread on the entire face of the substrate, whereby it is dissolved and removed. By mixing the acid solution and the oxidizing agent solution at the peripheral edge portion of the substrate, a steep etching profile can be obtained, in comparison with a mixture of them which is produced in advance being supplied. At this time, the copper etching rate is determined by their concentrations. If a natural oxide film of copper is formed in the circuit-formed portion on the face of the substrate, this natural oxide is immediately removed by the acid solution spreading on the entire face of the substrate according to rotation of the substrate, and does not grow any more. After the supply of the acid solution from the center nozzle 1924 is stopped, the supply of the oxidizing agent solution from the edge nozzle 1926 is stopped. As a result, silicon exposed on the surface is oxidized, and deposition of copper can be suppressed.

On the other hand, an oxidizing agent solution and a silicon oxide film etching agent are supplied simultaneously or alternately from the back nozzle 1928 to the central portion of the backside of the substrate. Therefore, copper or the like adhering in a metal form to the backside of the semiconductor substrate W can be oxidized with the oxidizing agent solution, together with silicon of the substrate, and can be etched and removed with the silicon oxide film etching agent. This oxidizing agent solution is preferably the same as the oxidizing

agent solution supplied to the face, because the types of chemicals are decreased in number. Hydrofluoric acid can be used as the silicon oxide film etching agent, and if hydrofluoric acid is used as the acid solution on the face of the substrate, the types of chemicals can be decreased in number. Thus, if the supply of the oxidizing agent is stopped first, a hydrophobic surface is obtained. If the etching agent solution is stopped first, a water-saturated surface (a hydrophilic surface) is obtained, and thus the backside surface can be adjusted to a condition which will satisfy the requirements of a subsequent process.

In this manner, the acid solution, i.e., etching solution is supplied to the substrate to remove metal ions remaining on the surface of the substrate W. Then, pure water is supplied to replace the etching solution with pure water and remove the etching solution, and then the substrate is dried by spin-drying. In this way, removal of the copper film in the edge cut width C at the peripheral edge portion on the face of the semiconductor substrate, and removal of copper contaminants on the backside are performed simultaneously to thus allow this treatment to be completed, for example, within 80 seconds. The etching cut width of the edge can be set arbitrarily (to 2 mm to 5 mm), but the time required for etching does not depend on the cut width.

Annealing treatment performed before the CMP process and after plating has a favorable effect on the subsequent CMP treatment and on the electrical characteristics of interconnection. Observation of the surface of broad interconnection (unit of several micrometers) after the CMP treatment without annealing showed many defects such as microvoids, which resulted in an increase in the electrical resistance of the entire interconnection. Execution of annealing ameliorated the increase in the electrical resistance.

In the absence of annealing, thin interconnection showed no voids. Thus, the degree of grain growth is presumed to be involved in these phenomena. That is, the following mechanism can be speculated: Grain growth is difficult to occur in thin interconnection. In broad interconnection, on the other hand, grain growth proceeds in accordance with annealing treatment. During the process of grain growth, ultrafine pores in the plated film, which are too small to be seen by the SEM (scanning electron microscope), gather and move upward, thus forming microvoid-like depressions in the upper part of the interconnection. The annealing conditions in the annealing unit 1814 are such that hydrogen (2% or less) is added in a gas atmosphere, the temperature is in the range of 300°C to 400°C, and the time is in the range of 1 to 5 minutes. Under these conditions, the above effects were obtained.

FIGS. 82 and 83 show the annealing unit 1814. The annealing unit 1814 comprises a chamber 1002 having a gate 1000 for taking in and taking out the semiconductor substrate W, a hot plate 1004 disposed at an upper position in the chamber 1002 for heating the semiconductor substrate W to e.g. 400°C, and a cool plate 1006 disposed at a lower position in the chamber 1002 for cooling the semiconductor substrate W by, for example, flowing a cooling water inside the plate. The annealing unit 1002 also has a plurality of vertically movable elevating pins 1008 penetrating the cool plate 1006 and extending upward and downward therethrough for placing and holding the semiconductor substrate W on them. The annealing unit further includes a gas introduction pipe 1010 for introducing an antioxidant gas between the semiconductor substrate W and the hot plate 1004 during annealing, and a gas discharge pipe 1012 for discharging the gas which has been introduced from the gas introduction pipe 1010 and flowed between the semiconductor substrate W and the hot plate 1004. The pipes 1010 and 1012 are disposed on the

opposite sides of the hot plate 1004.

The gas introduction pipe 1010 is connected to a mixed gas introduction line 1022 which in turn is connected to a mixer 1020 where a N_2 gas introduced through a N_2 gas introduction line 1016 containing a filter 1014a, and a H_2 gas introduced through a H_2 gas introduction line 1018 containing a filter 1014b, are mixed to form a mixed gas which flows through the line 1022 into the gas introduction pipe 1010.

In operation, the semiconductor substrate W, which has been carried in the chamber 1002 through the gate 1000, is held on the elevating pins 1008 and the elevating pins 1008 are raised up to a position at which the distance between the semiconductor substrate W held on the lifting pins 1008 and the hot plate 1004 becomes e.g. 0.1-1.0 mm. In this state, the semiconductor substrate W is then heated to e.g. 400°C through the hot plate 1004 and, at the same time, the antioxidant gas is introduced from the gas introduction pipe 1010 and the gas is allowed to flow between the semiconductor substrate W and the hot plate 1004 while the gas is discharged from the gas discharge pipe 1012, thereby annealing the semiconductor substrate W while preventing its oxidation. The annealing treatment may be completed in about several tens of seconds to 60 seconds. The heating temperature of the substrate may be selected in the range of 100-600°C.

After the completion of the annealing, the elevating pins 1008 are lowered down to a position at which the distance between the semiconductor substrate W held on the elevating pins 1008 and the cool plate 1006 becomes e.g. 0-0.5 mm. In this state, by introducing a cooling water into the cool plate 1006, the semiconductor substrate W is cooled by the cool plate to a temperature of 100°C or lower in e.g. 10-60 seconds. The cooled semiconductor substrate is sent to the next step.

A mixed gas of N_2 gas with several % of H_2 gas is used as the above antioxidant gas. However, N_2 gas may be used singly.

The annealing unit may be placed in the electroplating apparatus.

FIG. 80 is a schematic constitution drawing of the electroless-plating apparatus. As shown in FIG. 80, this electroless-plating apparatus comprises holding means 1911 for holding a semiconductor substrate W to be plated on its upper surface, a dam member 1931 for contacting a peripheral edge portion of a surface to be plated (upper surface) of the semiconductor substrate W held by the holding means 1911 to seal the peripheral edge portion, and a shower head 1941 for supplying a plating liquid to the surface, to be plated, of the semiconductor substrate W having the peripheral edge portion sealed with the dam member 1931. The electroless-plating apparatus further comprises cleaning liquid supply means 1951 disposed near an upper outer periphery of the holding means 1911 for supplying a cleaning liquid to the surface, to be plated, of the semiconductor substrate W, a recovery vessel 1961 for recovering a cleaning liquid or the like (plating waste liquid) discharged, a plating liquid recovery nozzle 1965 for sucking in and recovering the plating liquid held on the semiconductor substrate W, and a motor M for rotationally driving the holding means 1911. The respective members will be described below.

The holding means 1911 has a substrate placing portion 1913 on its upper surface for placing and holding the semiconductor substrate W. The substrate placing portion 1913 is adapted to place and fix the semiconductor substrate W. Specifically, the substrate placing portion 1913 has a vacuum attracting mechanism (not shown) for attracting the semiconductor substrate W to a backside thereof by vacuum suction. A backside heater 1915, which is planar and heats the surface, to be plated, of the semiconductor substrate W from underside to keep it warm, is installed on the backside of the substrate placing portion 1913. The backside heater 1915 is composed of,

for example, a rubber heater. This holding means 1911 is adapted to be rotated by the motor M and is movable vertically by raising and lowering means (not shown).

5 The dam member 1931 is tubular, has a seal portion 1933 provided in a lower portion thereof for sealing the outer peripheral edge of the semiconductor substrate W, and is installed so as not to move vertically from the illustrated position.

10 The shower head 1941 is of a structure having many nozzles provided at the front end for scattering the supplied plating liquid in a shower form and supplying it substantially uniformly to the surface, to be plated, of the semiconductor substrate W. The cleaning liquid supply means 1951 has a structure for ejecting a cleaning liquid from a nozzle 1953.

15 The plating liquid recovery nozzle 1965 is adapted to be movable upward and downward and swingable, and the front end of the plating liquid recovery nozzle 1965 is adapted to be lowered inwardly of the dam member 1931 located on the upper surface peripheral edge portion of the semiconductor substrate
20 W and to suck in the plating liquid on the semiconductor substrate W.

Next, the operation of the electroless-plating apparatus will be described. First, the holding means 1911 is lowered from the illustrated state to provide a gap of a
25 predetermined dimension between the holding means 1911 and the dam member 1931, and the semiconductor substrate W is placed on and fixed to the substrate placing portion 1913. An 8 inch wafer, for example, is used as the semiconductor substrate W.

Then, the holding means 1911 is raised to bring its upper
30 surface into contact with the lower surface of the dam member 1931 as illustrated, and the outer periphery of the semiconductor substrate W is sealed with the seal portion 1933 of the dam member 1931. At this time, the surface of the semiconductor substrate

W is in an open state.

Then, the semiconductor substrate W itself is directly heated by the backside heater 1915 to render the temperature of the semiconductor substrate W, for example, 70°C (maintained until termination of plating). Then, the plating liquid heated, for example, to 50°C is ejected from the shower head 1941 to pour the plating liquid over substantially the entire surface of the semiconductor substrate W. Since the surface of the semiconductor substrate W is surrounded by the dam member 1931, the poured plating liquid is all held on the surface of the semiconductor substrate W. The amount of the supplied plating liquid may be a small amount which will become a 1 mm thickness (about 30 ml) on the surface of the semiconductor substrate W. The depth of the plating liquid held on the surface to be plated may be 10 mm or less, and may be even 1 mm as in this embodiment. If a small amount of the supplied plating liquid is sufficient, the heating apparatus for heating the plating liquid may be of a small size. In this example, the temperature of the semiconductor substrate W is raised to 70°C, and the temperature of the plating liquid is raised to 50°C by heating. Thus, the surface, to be plated, of the semiconductor substrate W becomes, for example, 60°C, and hence a temperature optimal for a plating reaction in this example can be achieved.

The semiconductor substrate W is instantaneously rotated by the motor M to perform uniform liquid wetting of the surface to be plated, and then plating of the surface to be plated is performed in such a state that the semiconductor substrate W is in a stationary state. Specifically, the semiconductor substrate W is rotated at 100 rpm or less for only 1 second to uniformly wet the surface, to be plated, of the semiconductor substrate W with the plating liquid. Then, the semiconductor substrate W is kept stationary, and electroless-plating is performed for 1 minute. The instantaneous rotating time is 10

seconds or less at the longest.

After completion of the plating treatment, the front end of the plating liquid recovery nozzle 1965 is lowered to an area near the inside of the dam member 1931 on the peripheral edge portion of the semiconductor substrate W to suck in the plating liquid. At this time, if the semiconductor substrate W is rotated at a rotational speed of, for example, 100 rpm or less, the plating liquid remaining on the semiconductor substrate W can be gathered in the portion of the dam member 1931 on the peripheral edge portion of the semiconductor substrate W under centrifugal force, so that recovery of the plating liquid can be performed with a good efficiency and a high recovery rate. The holding means 1911 is lowered to separate the semiconductor substrate W from the dam member 1931. The semiconductor substrate W is started to be rotated, and the cleaning liquid (ultrapure water) is jetted at the plated surface of the semiconductor substrate W from the nozzle 1953 of the cleaning liquid supply means 1951 to cool the plated surface, and simultaneously perform dilution and cleaning, thereby stopping the electroless-plating reaction. At this time, the cleaning liquid jetted from the nozzle 1953 may be supplied to the dam member 1931 to perform cleaning of the dam member 1931 at the same time. The plating waste liquid at this time is recovered into the recovery vessel 1961 and discarded.

Then, the semiconductor substrate W is rotated at a high speed by the motor M for spin-drying, and then the semiconductor substrate W is removed from the holding means 1911.

FIG. 81 is a schematic constitution drawing of another electroless-plating. The electroless-plating apparatus of FIG. 81 is different from the electroless-plating apparatus of FIG. 80 in that instead of providing the backside heater 1915 in the holding means 1911, lamp heaters 1917 are disposed above the holding means 1911, and the lamp heaters 1917 and a shower head

1941-2 are integrated. For example, a plurality of ring-shaped lamp heaters 1917 having different radii are provided concentrically, and many nozzles 1943-2 of the shower head 1941-2 are open in a ring form from the gaps between the lamp heaters 5 1917. The lamp heaters 1917 may be composed of a single spiral lamp heater, or may be composed of other lamp heaters of various structures and arrangements.

Even with this constitution, the plating liquid can be supplied from each nozzle 1943-2 to the surface, to be plated, 10 of the semiconductor substrate W substantially uniformly in a shower form. Further, heating and heat retention of the semiconductor substrate W can be performed by the lamp heaters 1917 directly uniformly. The lamp heaters 1917 heat not only 15 ambient air, thus exhibiting a heat retention effect on the semiconductor substrate W.

Direct heating of the semiconductor substrate W by the lamp heaters 1917 requires the lamp heaters 1917 with a relatively large electric power consumption. In place of such 20 lamp heaters 1917, lamp heaters 1917 with a relatively small electric power consumption and the backside heater 1915 shown in FIG. 79 may be used in combination to heat the semiconductor substrate W mainly with the backside heater 1915 and to perform heat retention of the plating liquid and ambient air mainly by 25 the lamp heaters 1917. In the same manner as in the aforementioned embodiment, means for directly or indirectly cooling the semiconductor substrate W may be provided to perform temperature control.

The cap-plating described above is preferably performed 30 by electroless-plating process, but may be performed by electroplating process.

Although certain preferred embodiments of the present invention have been shown and described in detail, it should be

understood that various changes and modifications may be made therein without departing from the scope of the appended claims.

Industrial Applicability

- 5 This invention is suitable to a substrate processing method, and more particularly, to those used to fill fine recesses formed on the surface of a semiconductor substrate with copper, thereby forming a copper interconnection pattern.

CLAIMS

1. A method of filling a metal in fine trenches in a surface of a substrate, comprising:
- 5 forming a barrier layer on the substrate, and a seed layer on the barrier layer;
- providing an electroplating apparatus having a first substrate holder for holding the substrate, a plating bath containing a plating liquid, an anode, and a virtual anode to
- 10 adjust electromagnetic field;
- providing a polishing apparatus having a second substrate holder for holding the substrate to press the substrate against a polishing surface at different pressures at a central portion and a peripheral portion of the substrate;
- 15 transferring the substrate with the barrier layer and the seed layer to the electroplating apparatus;
- holding the substrate in the first substrate holder and placing the substrate in the plating liquid;
- generating electromagnetic field;
- 20 filling a first metal in the trenches and forming a plated film of the first metal on an entire surface of the substrate by electroplating, wherein the electromagnetic field is adjusted by the virtual anode so that differences of thickness of the plated film between the central portion and the peripheral
- 25 portion of the substrate being minimized;
- removing the substrate from the plating bath;
- washing and drying the substrate in the electroplating apparatus;
- transferring the substrate to the polishing apparatus;
- 30 holding the substrate in the second substrate holder;
- polishing and removing the plated film by pressing the substrate to the polishing surface, wherein the pressures pressing the substrate to the polishing surface at a central

portion and a peripheral portion are adjusted;
washing and drying the substrate in the polishing
apparatus; and
transferring the substrate from the polishing
5 apparatus.

2. The method of claim 1, further comprising the step
of annealing the electroplated substrate.

10 3. The method of claim 2, wherein the step of annealing
being performed in an annealing unit placed in the electroplating
apparatus.

15 4. The method of claim 1, further comprising the step
of cap-plating a second metal to form a protective plated layer
on the plated film of the polished substrate after polishing.

20 5. The method of claim 4, wherein the step of cap-
plating being performed in an electroless-plating apparatus.

6. The method of claim 5, wherein the electroless-
plating apparatus is placed in the polishing apparatus.

25 7. The method of claim 4, further comprising the step
of annealing the cap-plated substrate after cap-plating.

8. The method of claim 1, further comprising the step
of measuring the thickness of the plated film on the substrate
prior to the polishing.

30 9. The method of claim 8, wherein the pressures to press
the substrate against the polishing surface at the polishing
apparatus being adjusted based on output of the measuring step.

10. The method of claim 1, wherein the thickness of the plated film on the substrate is equal to or less than 2.0 micron meter.

5

11. The method of claim 10, wherein the thickness of the plated film on the substrate is equal to or less than 1.0 micron meter.

10

12. The method of claim 1, further comprising:

loading the substrate into a substrate transport box after forming the barrier layer on the substrate and the seed layer on the barrier layer; and

15

transporting the substrate to the electroplating apparatus;

wherein the substrate being held in the substrate transport box within an atmosphere wherein at least one of particle contaminant, chemical contaminant, oxygen, and humidity being reduced compared to the outside of the substrate transport box.

20

13. The method of claim 1, further comprising;

loading the substrate into a substrate transport box prior to transferring the substrate from the polishing apparatus; and

25

transporting the substrate from the polishing apparatus;

wherein the substrate being held in the substrate transport box within an atmosphere wherein at least one of particle contaminant, chemical contaminant, oxygen, and humidity being reduced compared to the outside of the substrate transport box.

30

14. The method of claim 1, wherein the pressures pressing the substrate are adjusted so that there is no barrier layer remained on the surface of the substrate except in the trenches.

5

15. The method of claim 1, further comprising;
reinforcing the seed layer by depositing an additional metal by an electroplating unit or an electroless-plating unit prior to the step of filling the first metal in the trenches.

10

16. The method of claim 15, wherein the electroplating unit or the electroless-plating unit is placed in the electroplating apparatus.

15

17. The method of claim 1, wherein the first metal comprises copper.

18. A method of filling a metal in trenches in a surface of a substrate, comprising;

20

providing an electroplating apparatus;

providing a polishing apparatus having a substrate holder for holding the substrate to press the substrate against a polishing surface at different pressures at a central portion and a peripheral portion of the substrate;

25

forming a barrier layer on the substrate;

transferring the substrate with the barrier layer to the electroplating apparatus;

holding the substrate in a first plating liquid in the electroplating apparatus;

30

electroplating a first layer on the entire surface of the barrier layer using the first plating liquid;

holding the substrate in a second plating liquid in the electroplating apparatus;

- filling a metal in the trenches covered by the first layer and forming a second plating layer of the metal on the surface of the substrate using the second plating liquid; washing and drying the substrate in the electroplating apparatus;
- 5 transferring the substrate to the polishing apparatus; holding the substrate in the substrate holder; polishing the second plating layer by pressing the substrate to the polishing surface, wherein the pressures
- 10 pressing the substrate to the polishing surface at a central portion and a peripheral portion are adjusted; washing and drying the substrate in the polishing apparatus; and
- 15 transferring the substrate from the polishing apparatus.
19. The method of claim 18, further comprising the step of annealing the electroplated substrate.
- 20 20. The method of claim 19, wherein the step of annealing being performed in an annealing unit placed in the electroplating apparatus.
- 25 21. The method of claim 18, further comprising the step of cap-plating a second metal to form a protective plated layer on the plated film of the polished substrate after polishing.
- 30 22. The method of claim 21, wherein the step of cap-plating being performed in an electroless-plating apparatus.
23. The method of claim 22, wherein the electroless-plating apparatus is placed in the polishing

apparatus.

24. The method of claim 21, further comprising the step of annealing the cap-plated substrate after cap-plating.

5

25. The method of claim 18, further comprising the step of measuring the thickness of the plated film on the substrate prior to the polishing.

10

26. The method of claim 25, wherein the pressures to press the substrate against the polishing surface at the polishing apparatus being adjusted based on output of the measuring step.

15

27. The method of claim 18, wherein the thickness of the plated film on the substrate is equal to or less than 2 micron meter.

20

28. The method of claim 27, wherein the thickness of the plated film on the substrate is equal to or less than 1 micron meter.

25

29. The method of claim 18, further comprising:
loading the substrate into a substrate transport box
after forming the barrier layer on the substrate; and
transporting the substrate to the electroplating apparatus;

30

wherein the substrate being held in the substrate transport box within an atmosphere wherein at least one of particle contaminant, chemical contaminant, oxygen, and humidity being reduced compared to the outside of the substrate transport box.

30. The method of claim 18, further comprising;
loading the substrate into a substrate transport box
prior to transferring the substrate from the polishing
apparatus; and
5 transporting the substrate from the polishing
apparatus;
wherein the substrate being held in the substrate
transport box within an atmosphere wherein at least one of
particle contaminant, chemical contaminant, oxygen, and
10 humidity being reduced compared to the outside of the substrate
transport box.
31. The method of claim 18, wherein the pressures
pressing the substrate are adjusted so that there is no barrier
15 layer remained on the surface of the substrate except in the
trenches.
32. The method of claim 18, further comprising;
reinforcing the seed layer by depositing an additional
20 metal in an electroplating unit or an electroless-plating unit
prior to the step of filling the first metal in the trenches.
33. The method of claim 32, wherein the electroplating
unit or the electroless-plating unit in the electroplating
25 apparatus.
34. The method of claim 18, wherein the metal comprises
copper.
- 30 35. A method of filling a metal in trenches in a surface
of a substrate, comprising:
forming a barrier layer on the substrate, and a seed
layer on the barrier layer;

providing an electroplating apparatus having a first substrate holder for holding the substrate, a plating bath containing a plating liquid, and an anode;

5 providing a polishing apparatus having a second substrate holder for holding the substrate to press the substrate against a polishing surface;

transferring the substrate with the barrier layer and the seed layer to the electroplating apparatus;

10 reinforcing the seed layer by depositing an additional metal in an electroplating unit or an electroless-plating unit;

holding the substrate in the first substrate holder and placing the substrate in the plating liquid;

generating electromagnetic field;

15 filling a first metal in the trenches and forming a plated film of the first metal on an entire surface of the substrate by electroplating;

removing the substrate from the plating bath;

washing and drying the substrate in the electroplating apparatus;

20 transferring the substrate to the polishing apparatus;

holding the substrate in the second substrate holder;

polishing and removing the plated film by pressing the substrate to the polishing surface;

cap-plating a second metal to form a protective plated

25 layer on the plated film of the polished substrate after polishing; and

washing and drying the substrate.

36. The method of claim 35, further comprising the step

30 of annealing the electroplated substrate.

37. The method of claim 35, further comprising the step

of annealing the cap-plated substrate after cap-plating.

38. The method of claim 35, wherein the first metal comprises a copper.

5 39. A method of filling a metal in trenches in a surface
of a substrate, comprising;
 providing a plating apparatus;
 providing a polishing apparatus having a substrate
holder for holding the substrate to press the substrate against
10 a polishing surface at different pressures at a central portion
and a peripheral portion of the substrate;
 forming a barrier layer on the substrate;
 transferring the substrate with the barrier layer to
the plating apparatus;
15 holding the substrate in a first plating liquid in the
plating apparatus;
 electroless-plating a first layer on the entire surface
of the barrier layer using the first plating liquid in the
electroplating apparatus;
20 holding the substrate in a second plating liquid in the
plating apparatus;
 generating electromagnetic field between the substrate
and an anode;
 filling a metal in the trenches covered by the first
25 layer and forming a second plating layer of the metal on the
surface of the substrate using the second plating liquid;
 washing and drying the substrate in the plating
apparatus;
 transferring the substrate to the polishing apparatus;
30 holding the substrate in the substrate holder;
 polishing the second plating layer by pressing the
substrate to the polishing surface, wherein the pressures
pressing the substrate to the polishing surface at a central

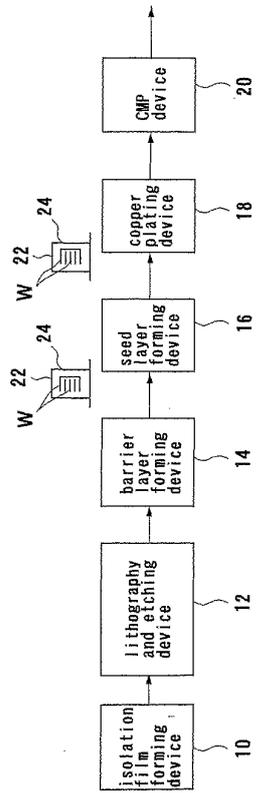
WO 02/47139

PCT/JP01/10590

149

portion and a peripheral portion are adjusted;
washing and drying the substrate in the polishing
apparatus; and
transferring the substrate from the polishing
5 apparatus.

FIG. 1



2/89
FIG. 2

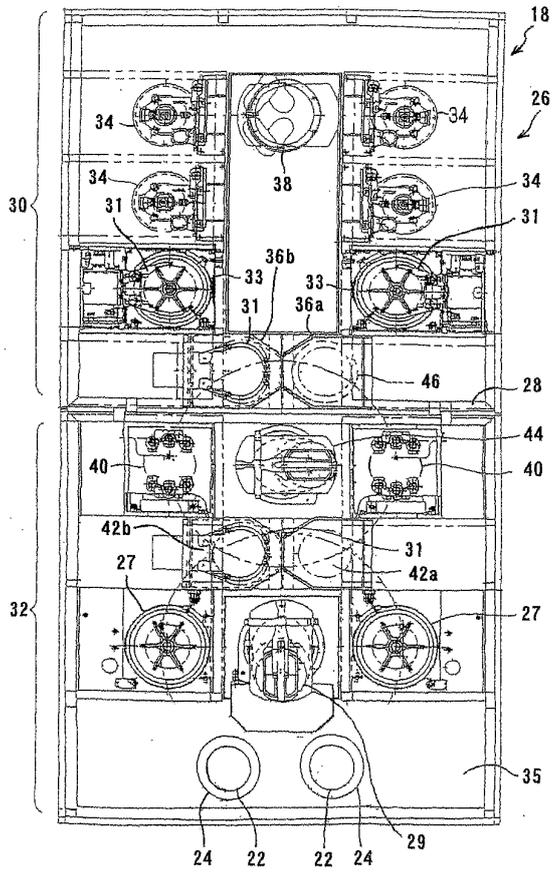
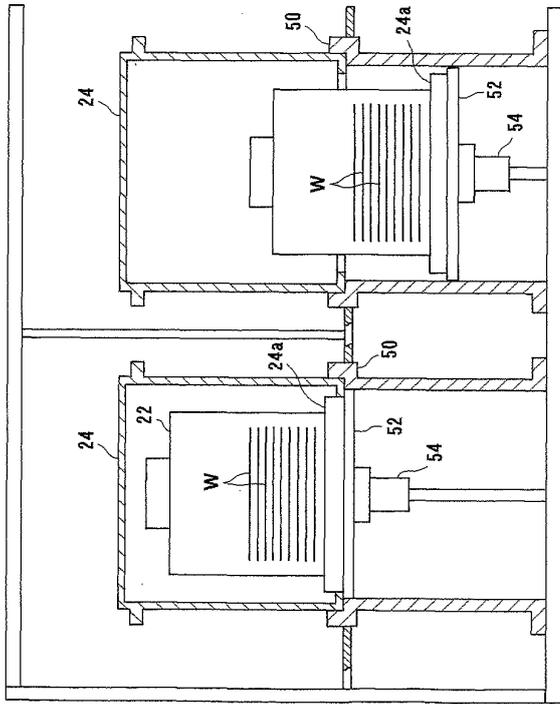
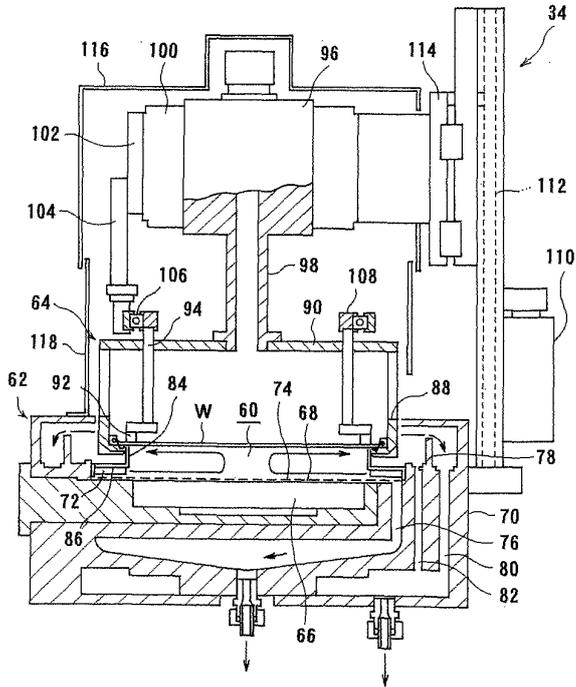


FIG. 3



4/89
FIG. 4



5/89

FIG. 5

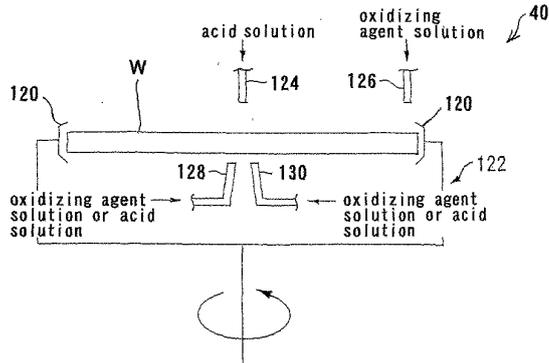


FIG. 6

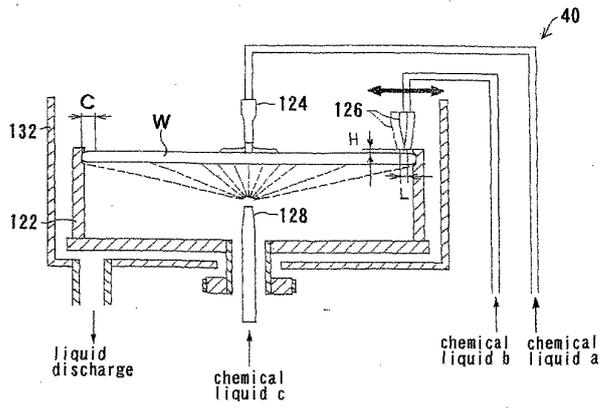


FIG. 8

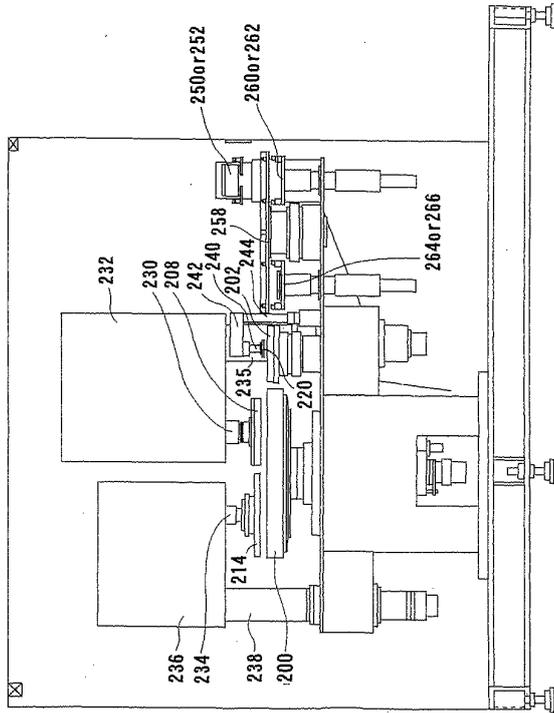


FIG. 9

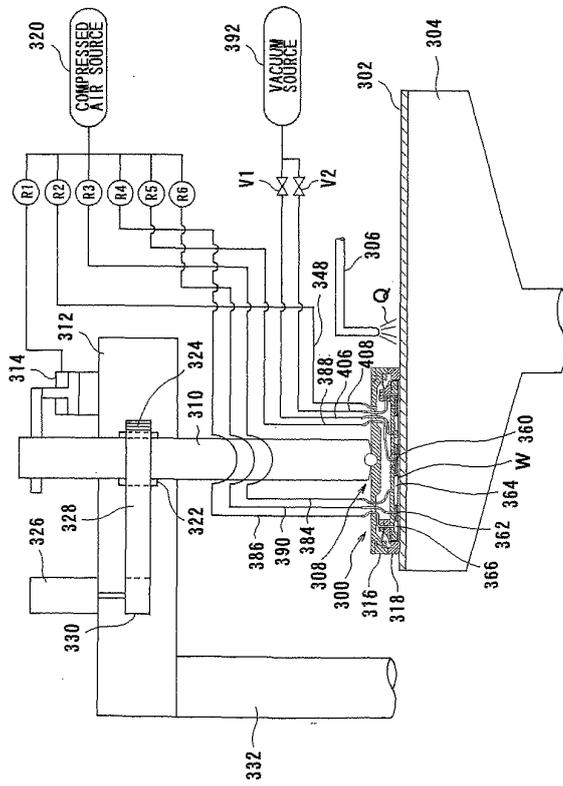


FIG. 10

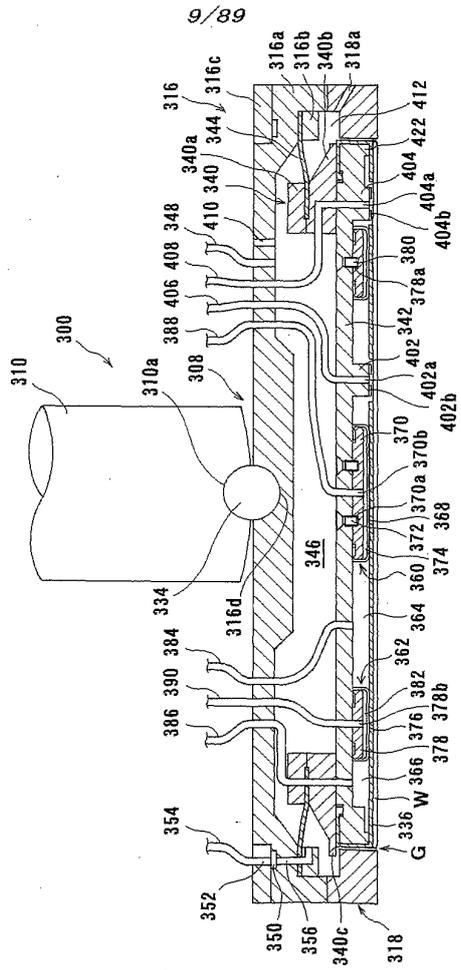


FIG. 11

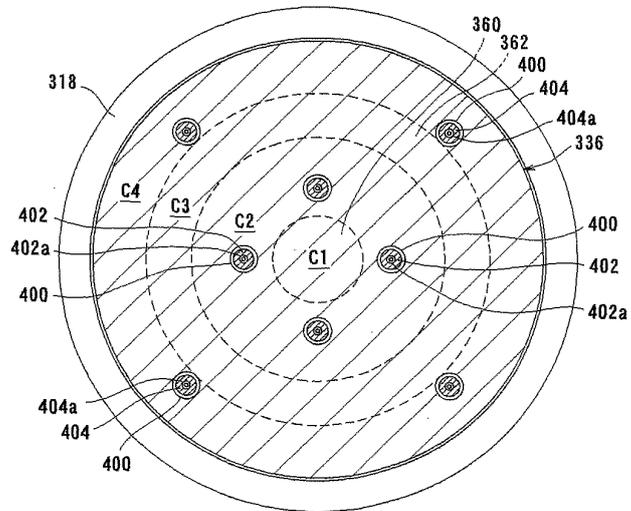


FIG. 12A

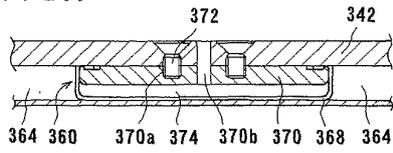


FIG. 12B

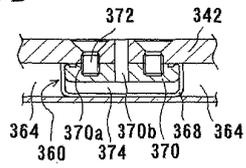


FIG. 12C

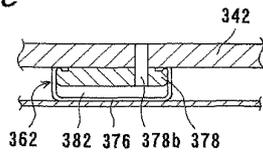


FIG. 12D

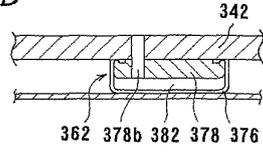


FIG. 12E

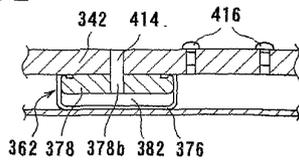
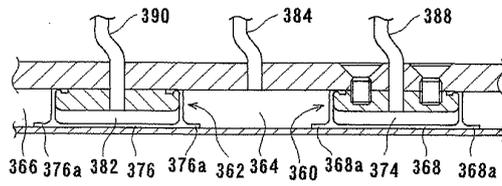


FIG. 13



13/89

FIG. 14A

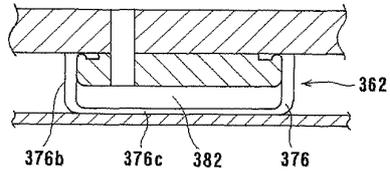
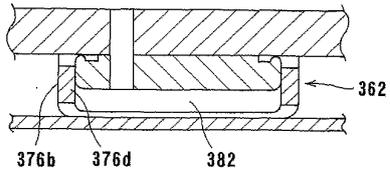
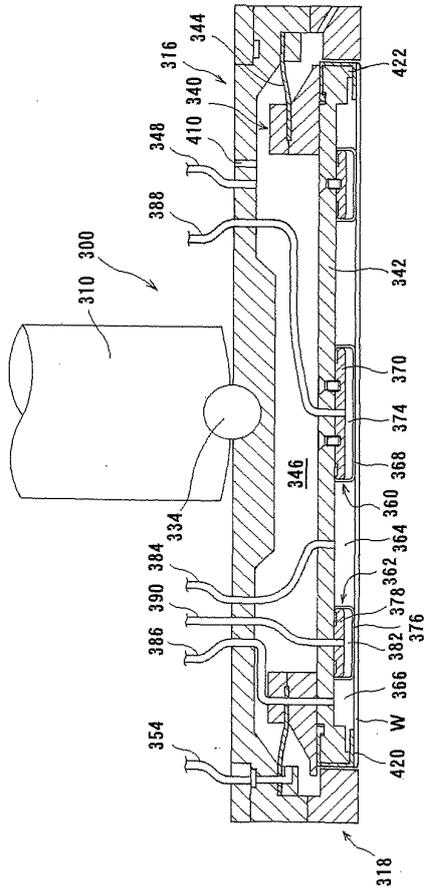


FIG. 14B



14/89

FIG. 15



15/89

FIG. 16

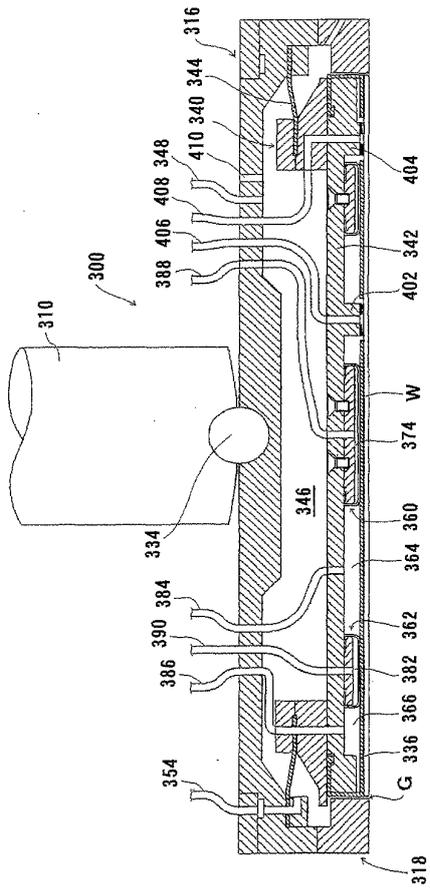


FIG. 17

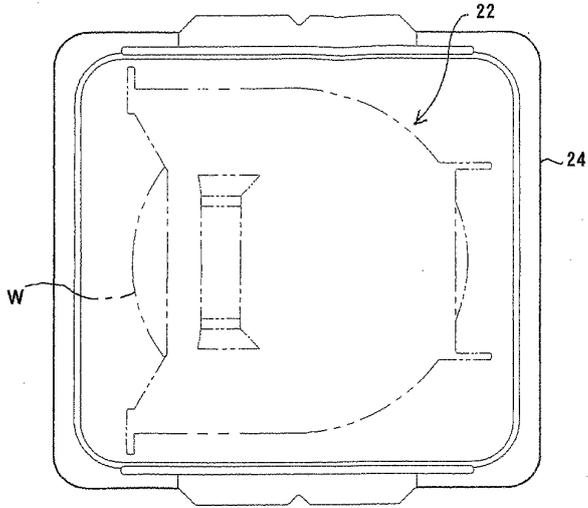
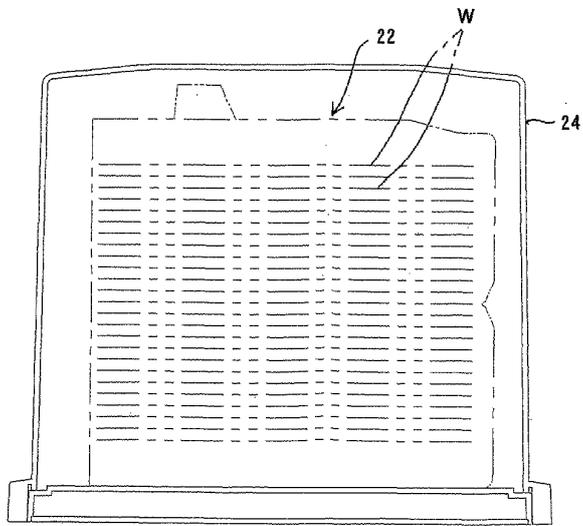


FIG. 18



WO 02/47139

PCT/JP01/10590

18/89

FIG. 19

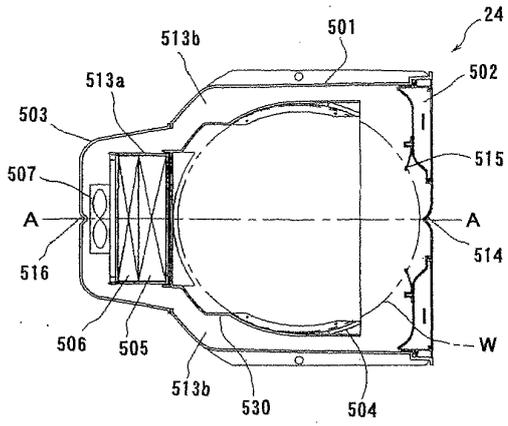
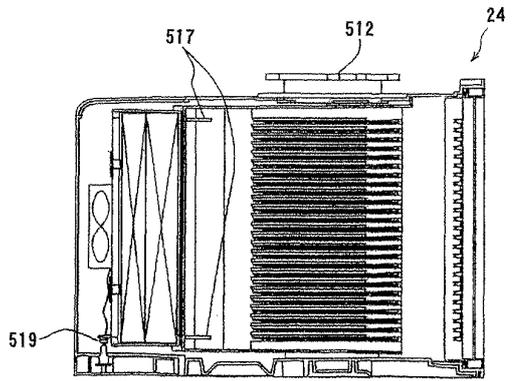
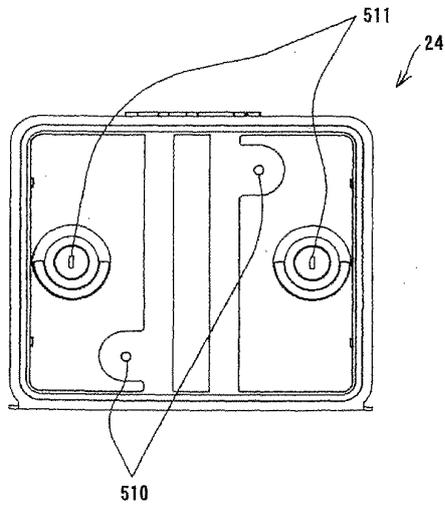


FIG. 20



19/89

FIG. 21

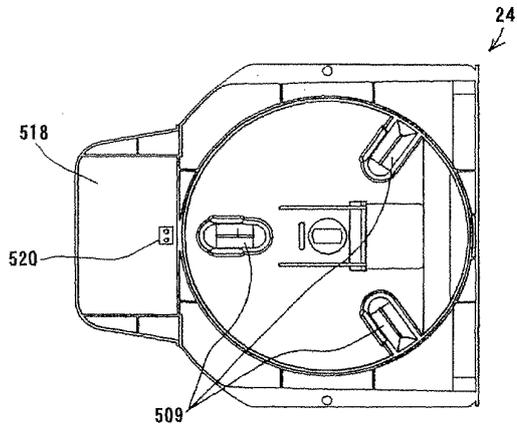


WO 02/47139

PCT/JP01/10590

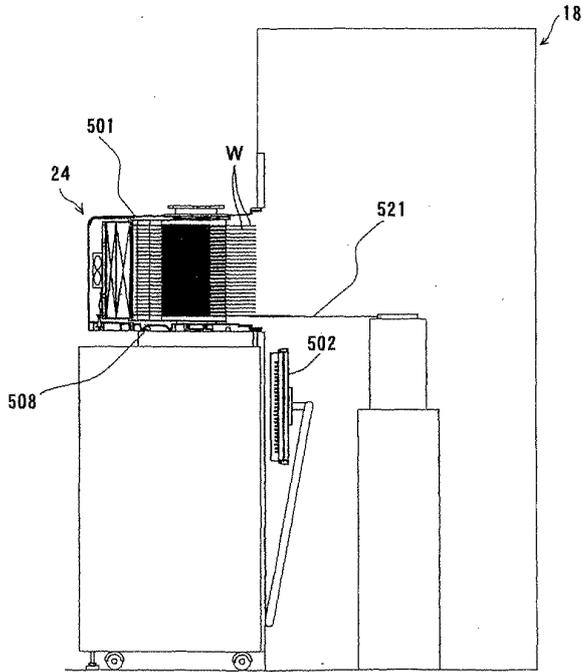
20/89

FIG. 22



21/89

FIG. 23



WO 02/47139

PCT/JP01/10590

22/89

FIG. 24

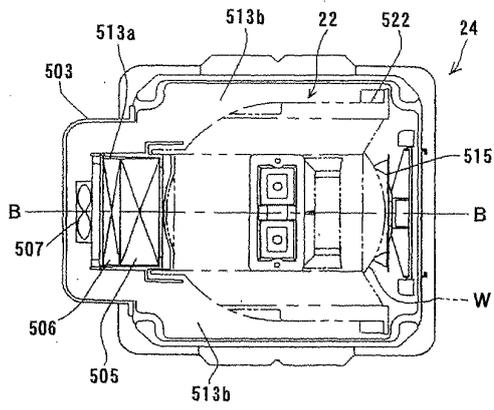


FIG. 25

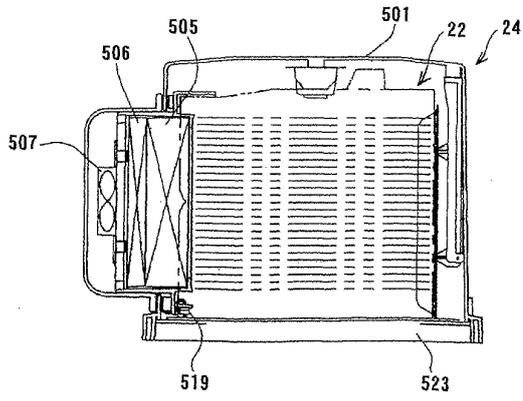


FIG. 26

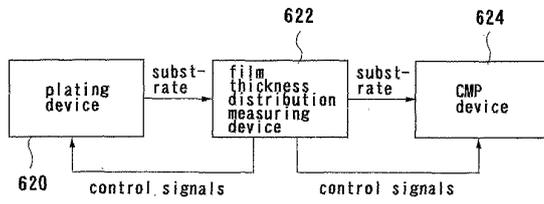


FIG. 27

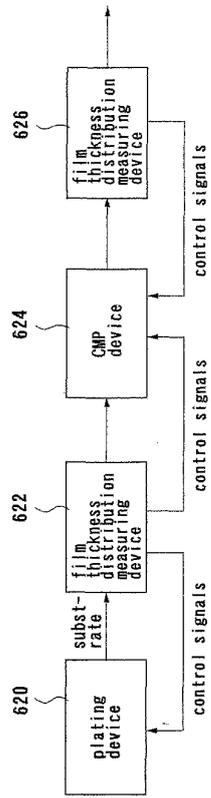
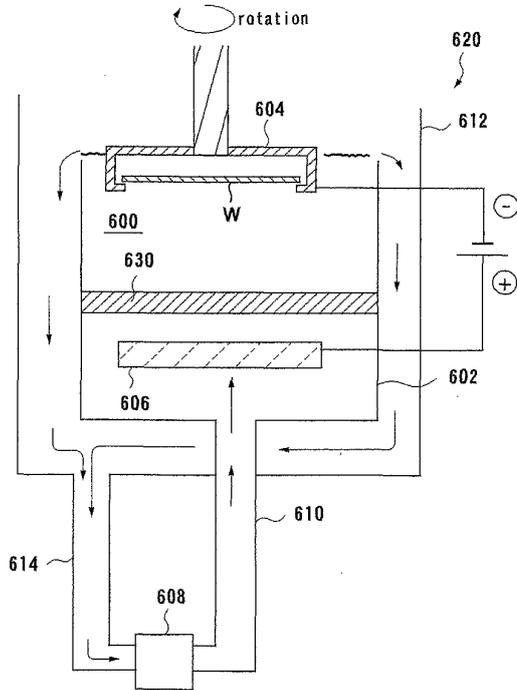
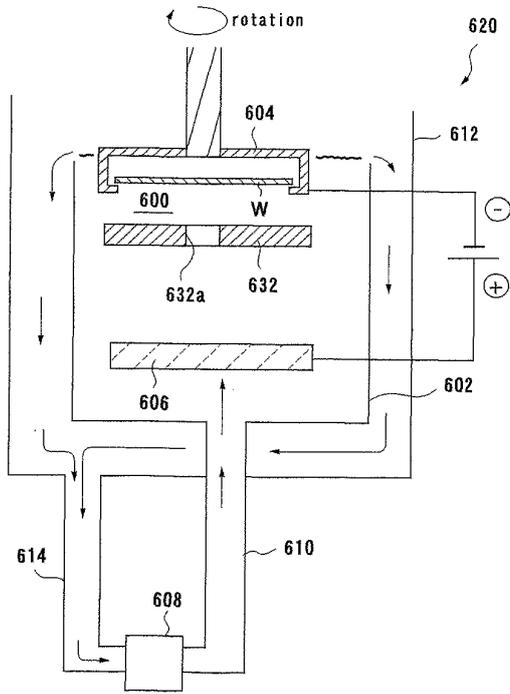


FIG. 28



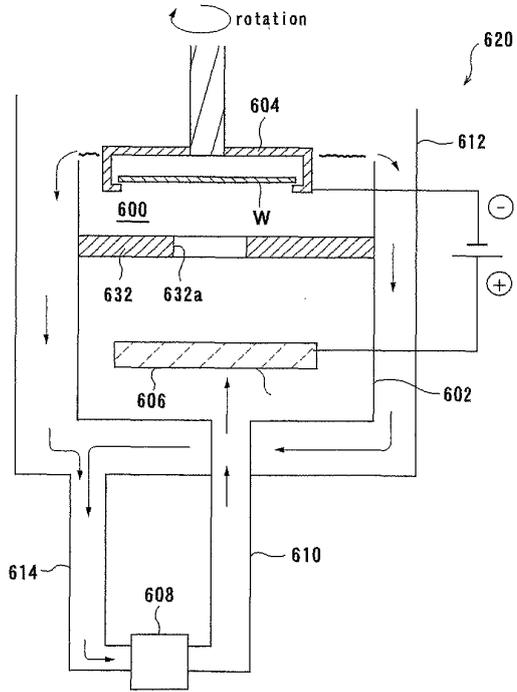
26/89

FIG. 29



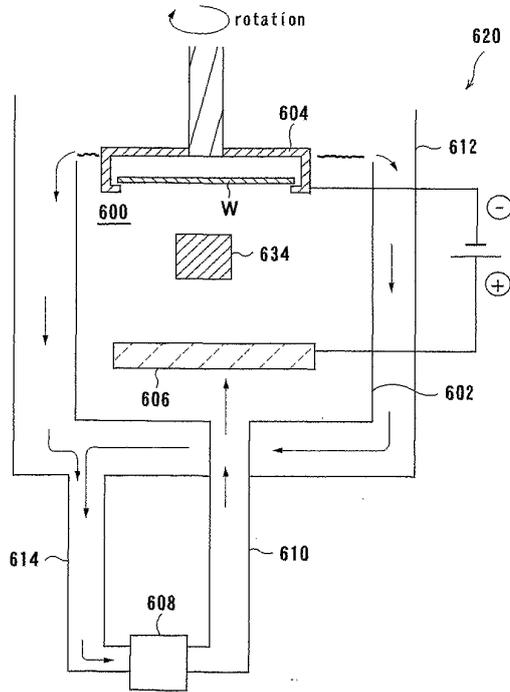
27/89

FIG. 30



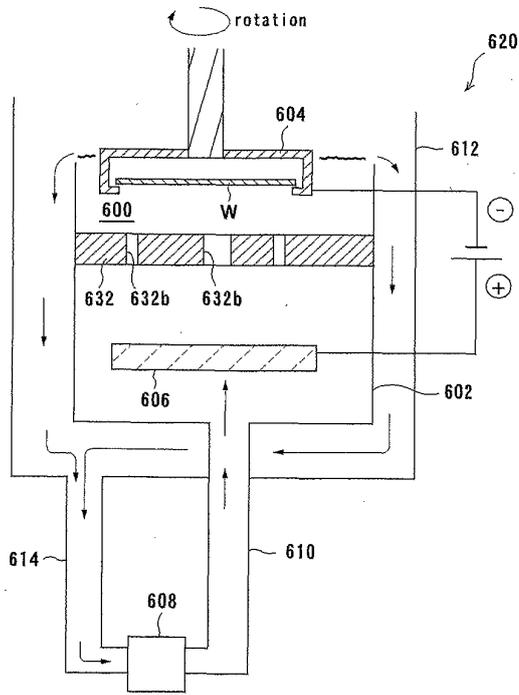
28/89

FIG. 31



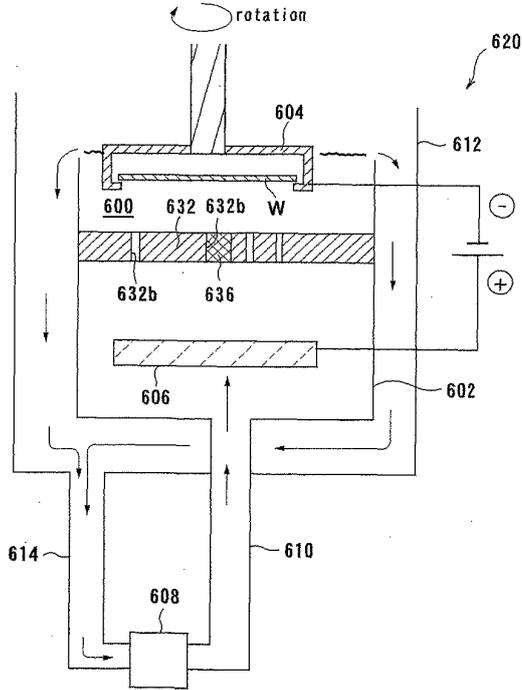
29/89

FIG. 32



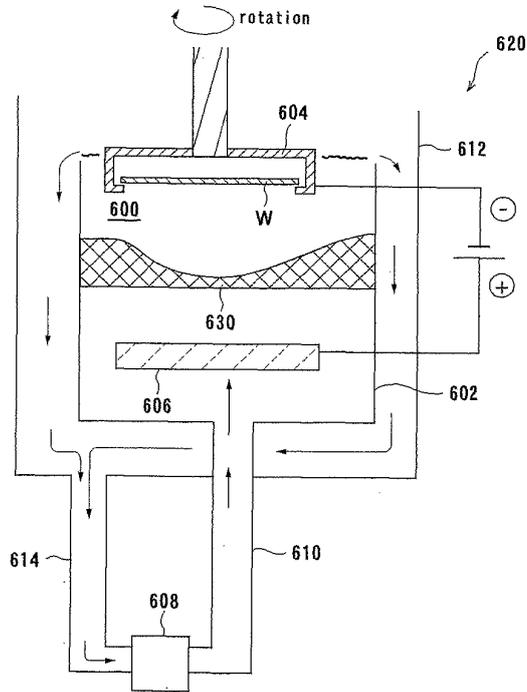
30/89

FIG. 33



31/89

FIG. 34



32/89

FIG. 35

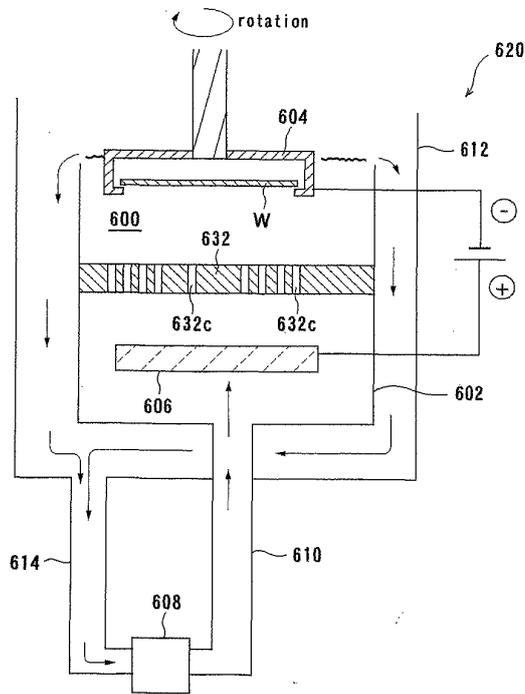
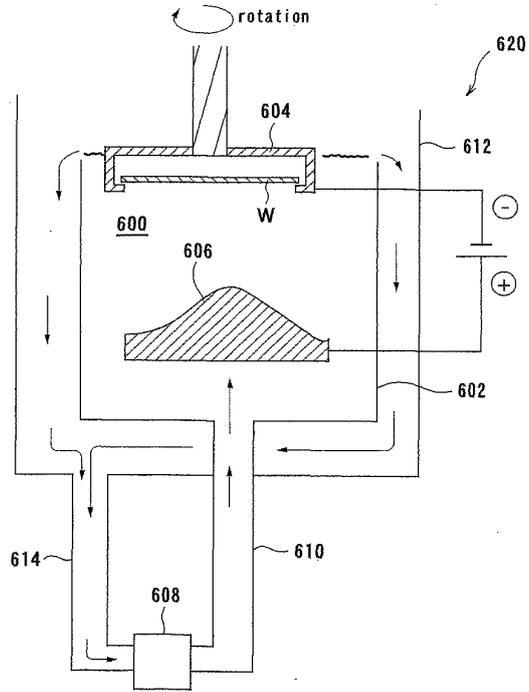
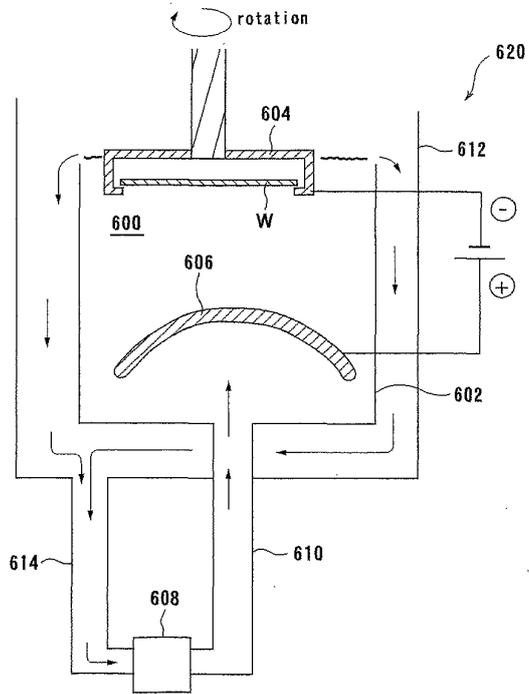


FIG. 36



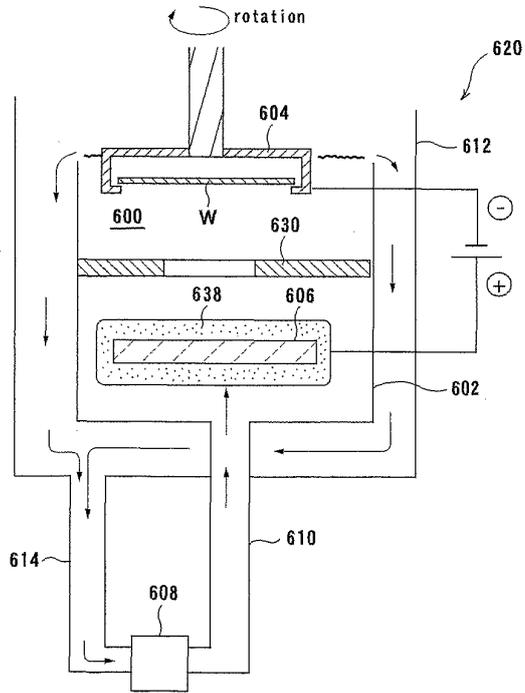
34/89

FIG. 37



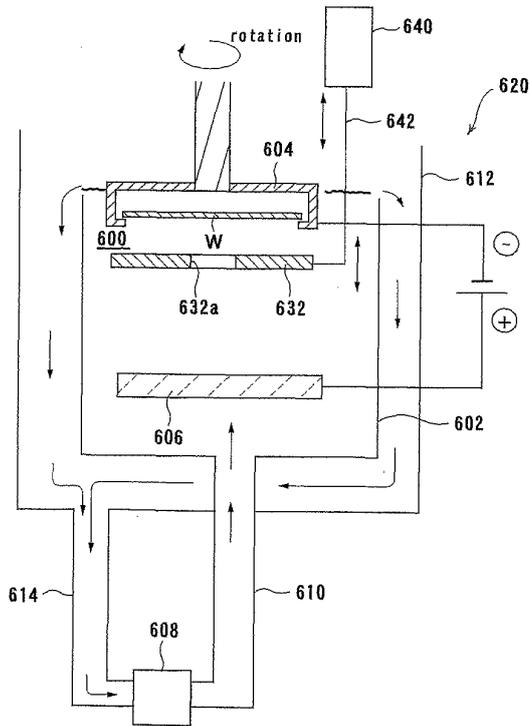
35/89

FIG. 38



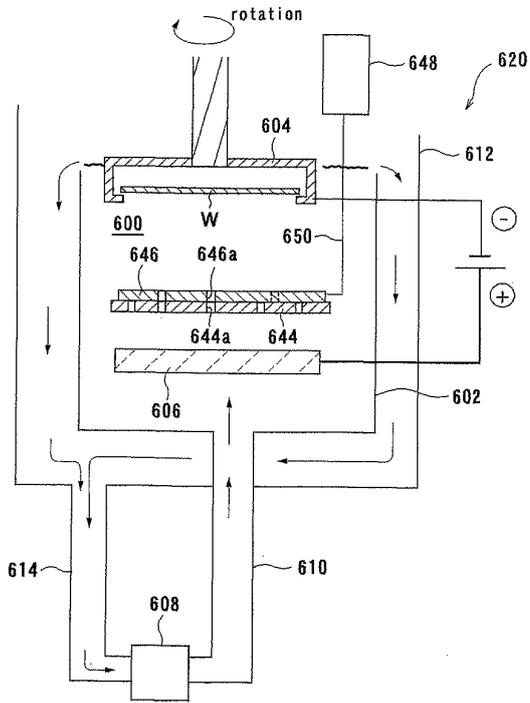
36/89

FIG. 39



37/89

FIG. 40



38/89

FIG. 41

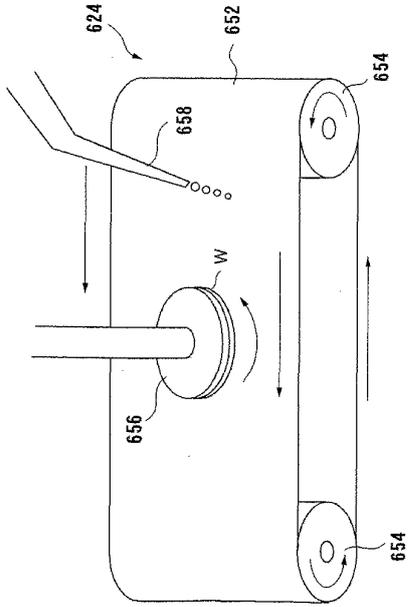
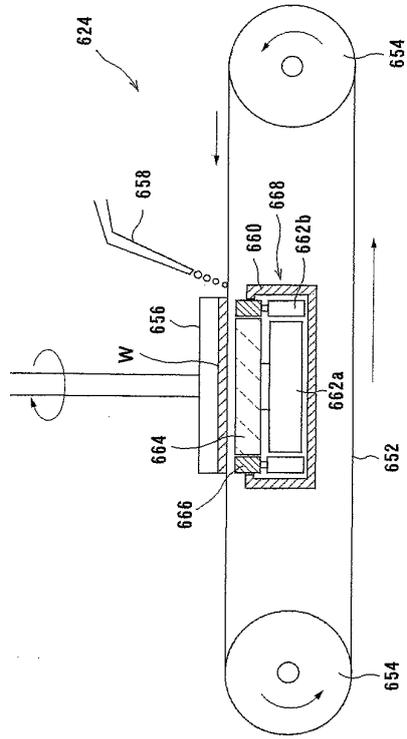


FIG. 42



WO 02/47139

PCT/JP01/10590

40/89

FIG. 43A

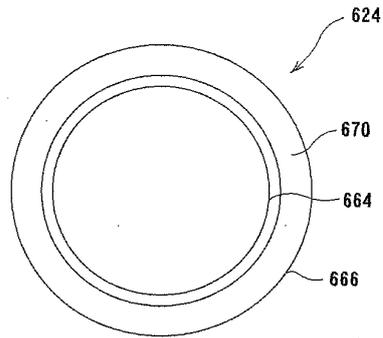
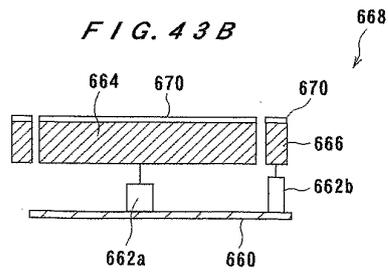
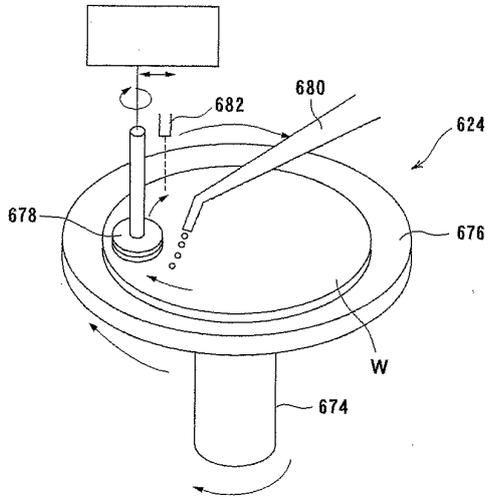


FIG. 43B



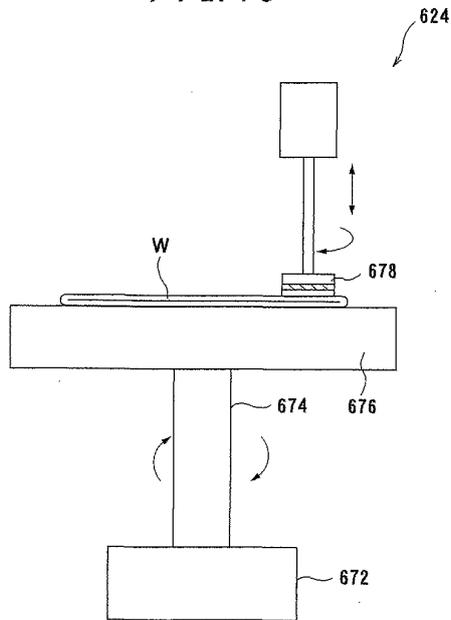
41/89

FIG. 44



42/89

FIG. 45



43/89

FIG. 46

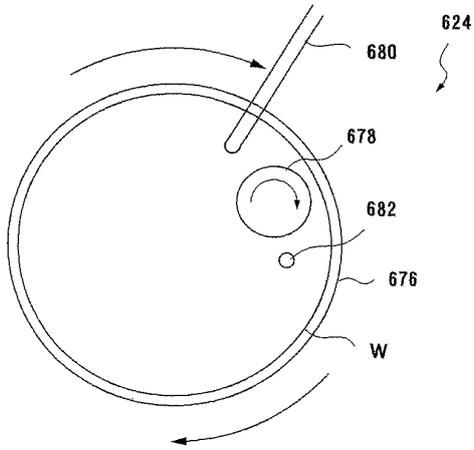
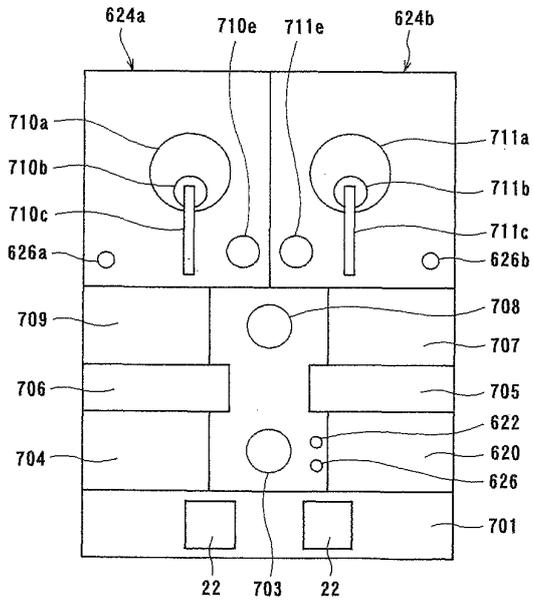


FIG. 47



45/89

FIG. 48

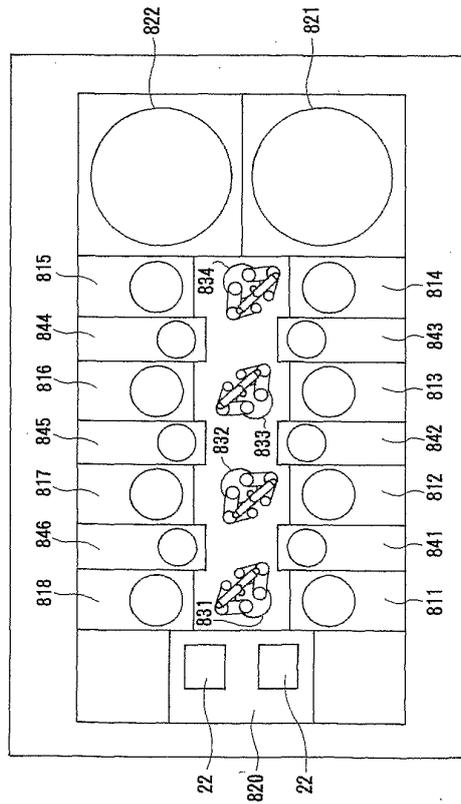


FIG. 49A

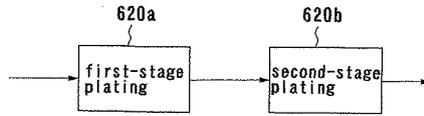


FIG. 49B

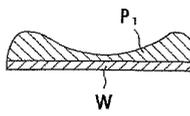


FIG. 49C

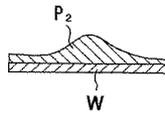


FIG. 49D

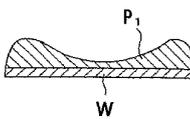


FIG. 49E

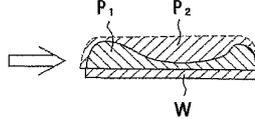
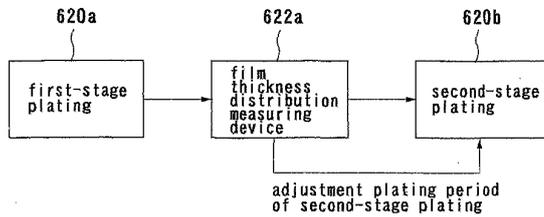
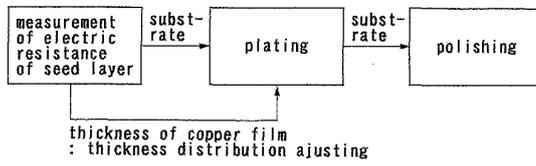


FIG. 50



48/89

FIG. 51



WO 02/47139

PCT/JP01/10590

49/89

FIG. 52

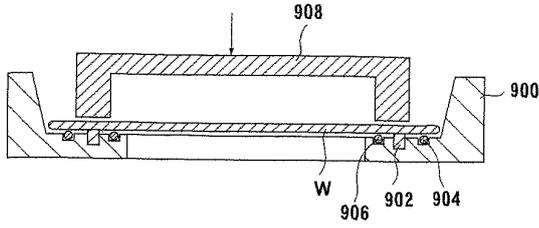
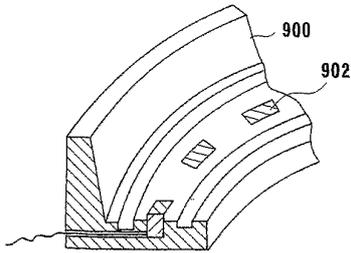


FIG. 53



50/89

FIG. 54A

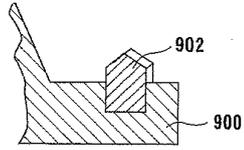


FIG. 54B

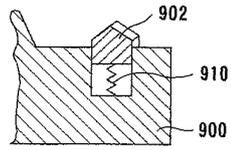
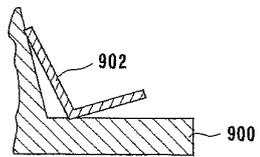


FIG. 54C



51/89

FIG. 55A

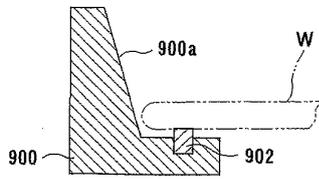


FIG. 55B

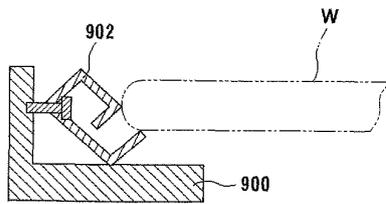


FIG. 56

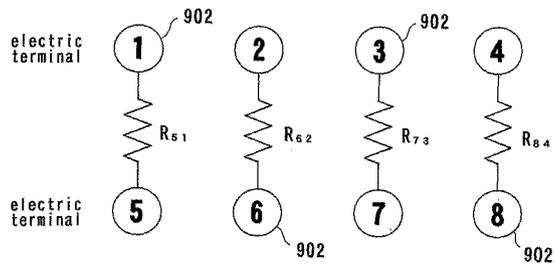


FIG. 57

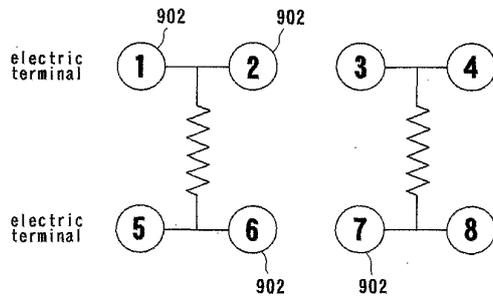


FIG. 58A

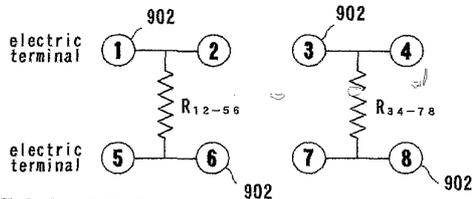


FIG. 58B

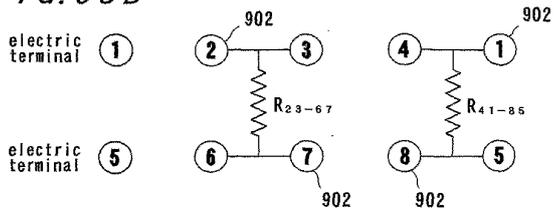


FIG. 59A

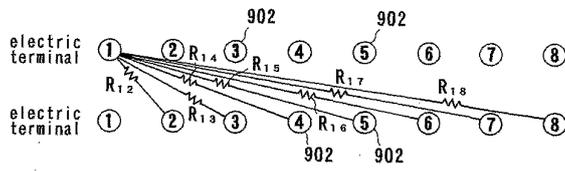


FIG. 59B

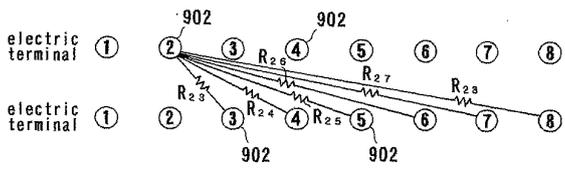
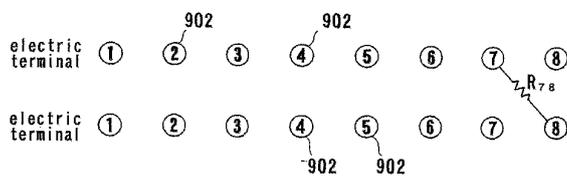
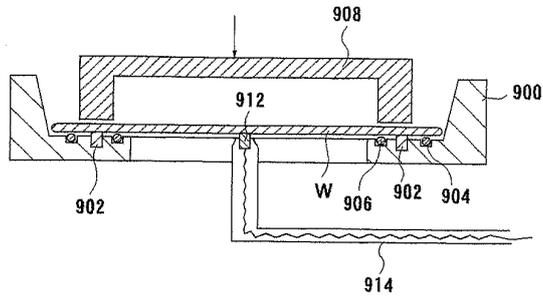


FIG. 59C



56/89

FIG. 60



57/89

FIG. 61

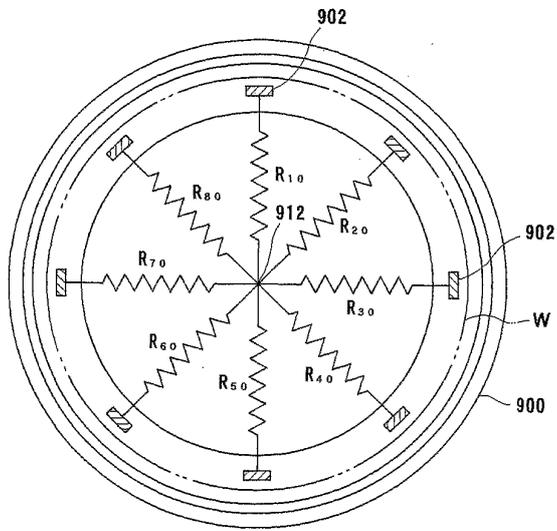


FIG. 62A

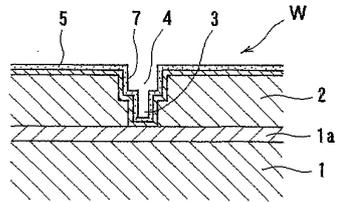


FIG. 62B

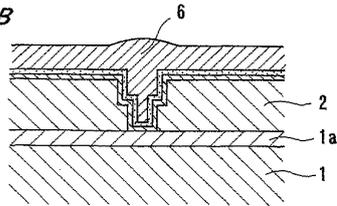
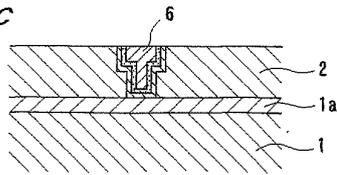
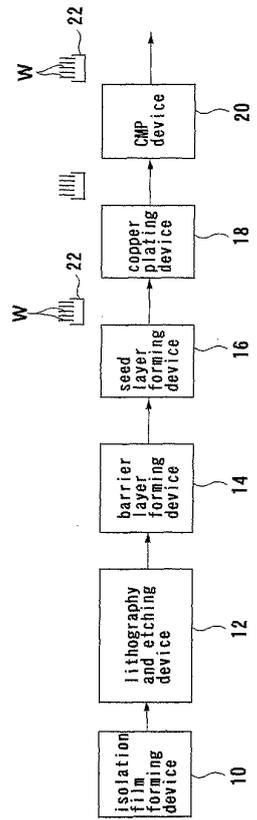


FIG. 62C



59/89

FIG. 63



WO 02/47139

PCT/JP01/10590

60/89

FIG. 64

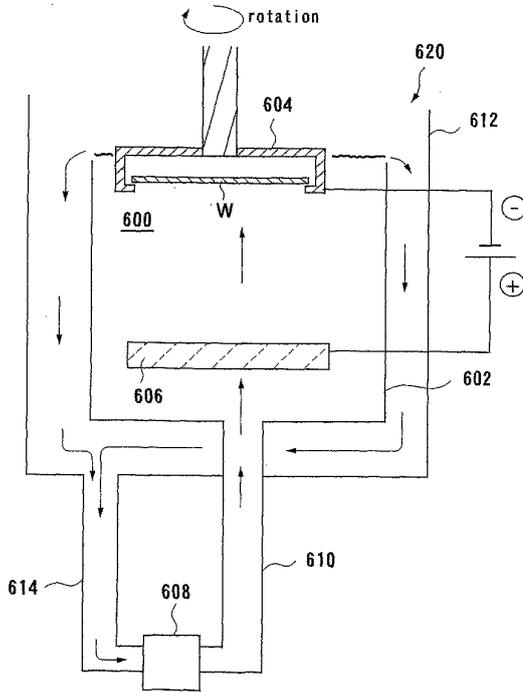
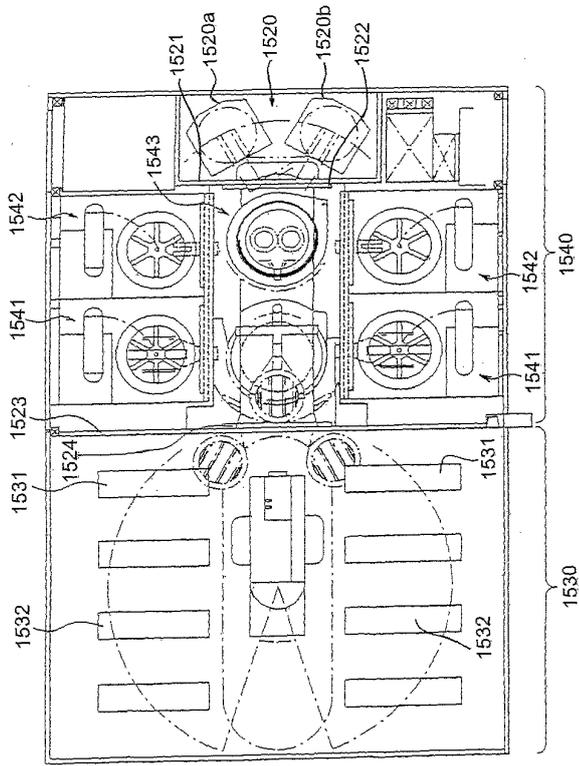
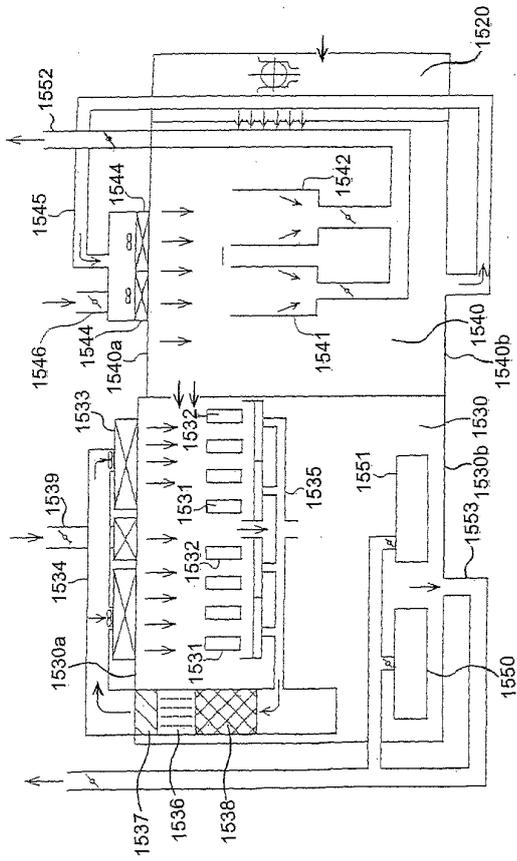


FIG. 65



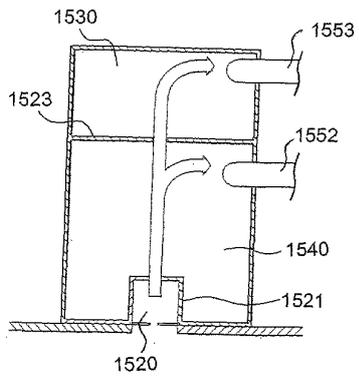
62/89

FIG. 66



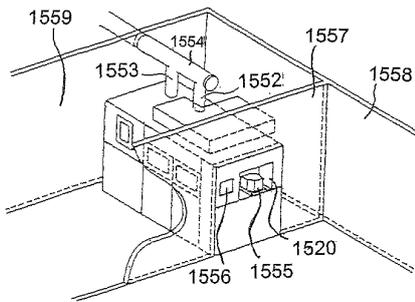
63/89

FIG. 67



64/89

FIG. 68



65/89

FIG. 69

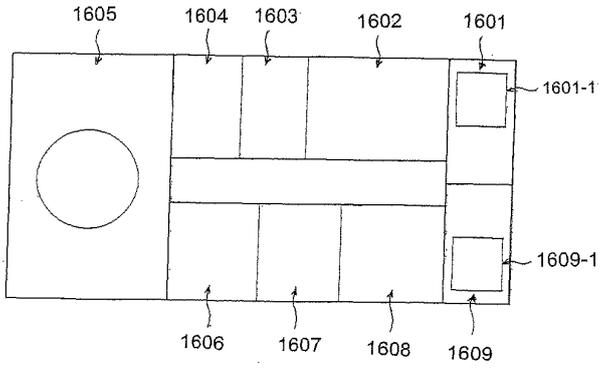
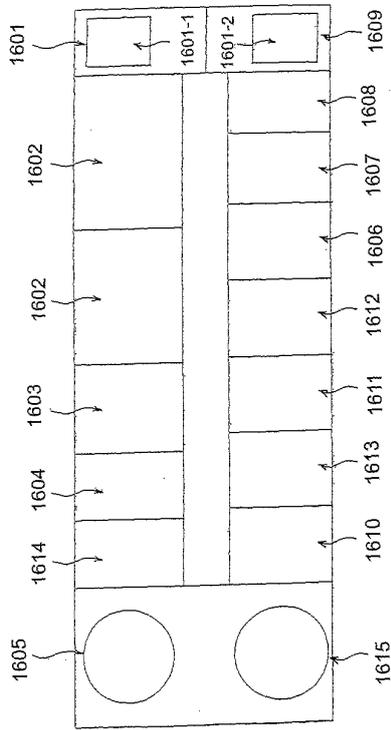


FIG. 70



67/89

FIG. 71

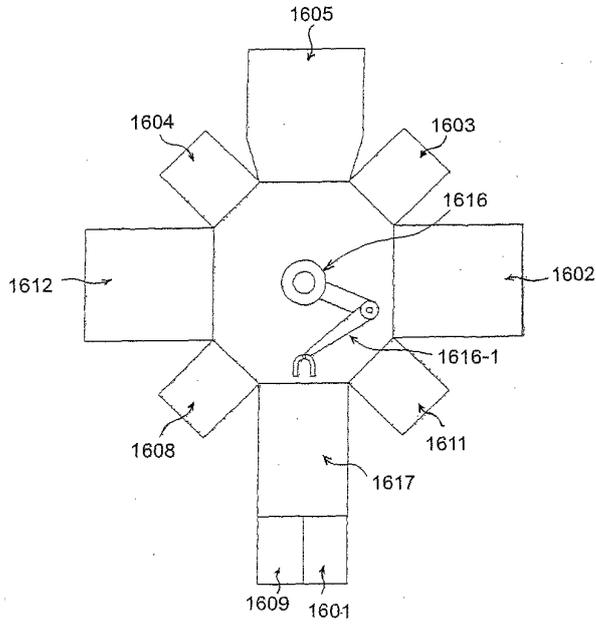


FIG. 72

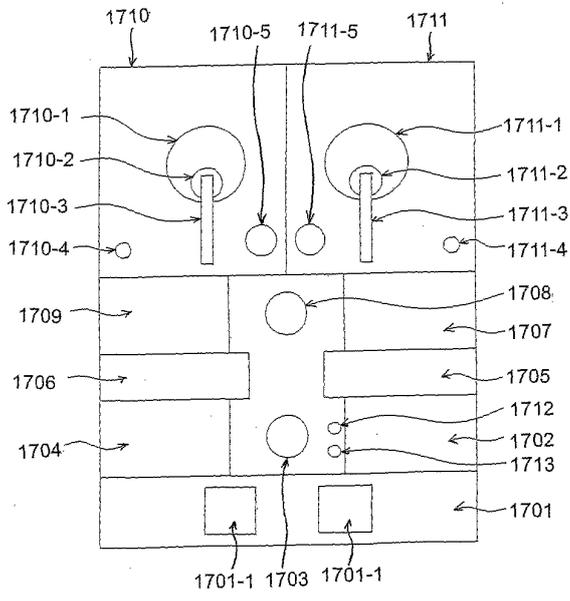
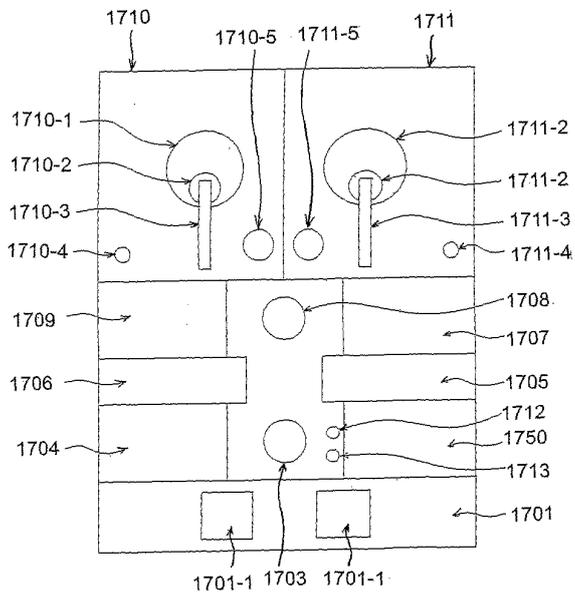
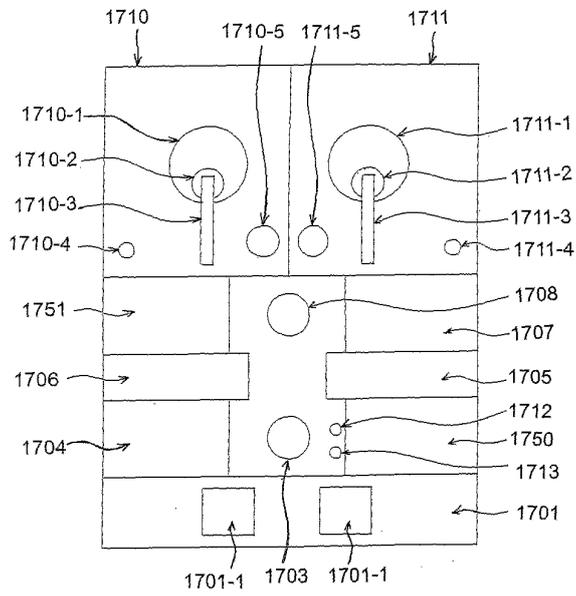


FIG. 73



70/89

FIG. 74



71/89

FIG. 75

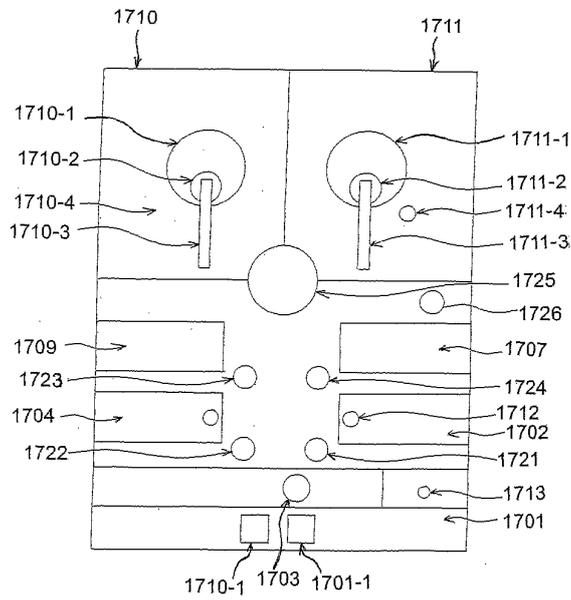
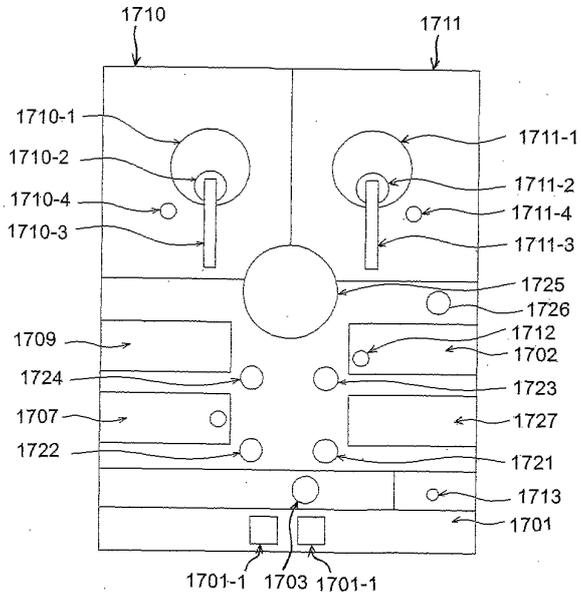
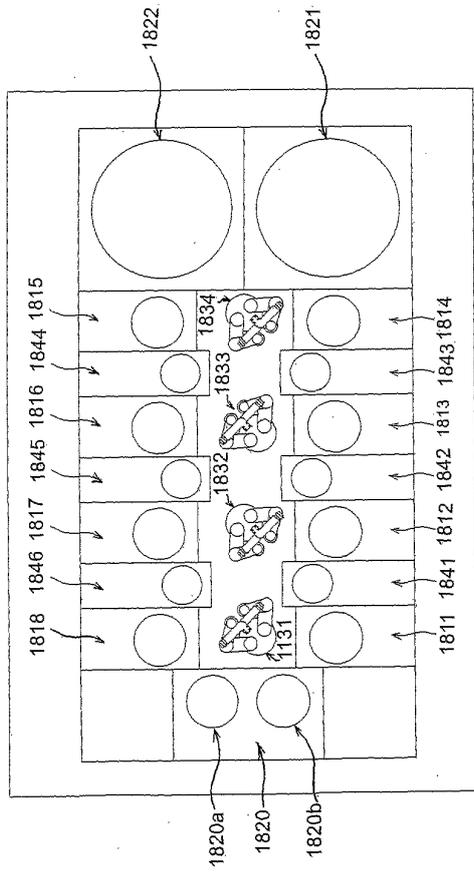


FIG. 76

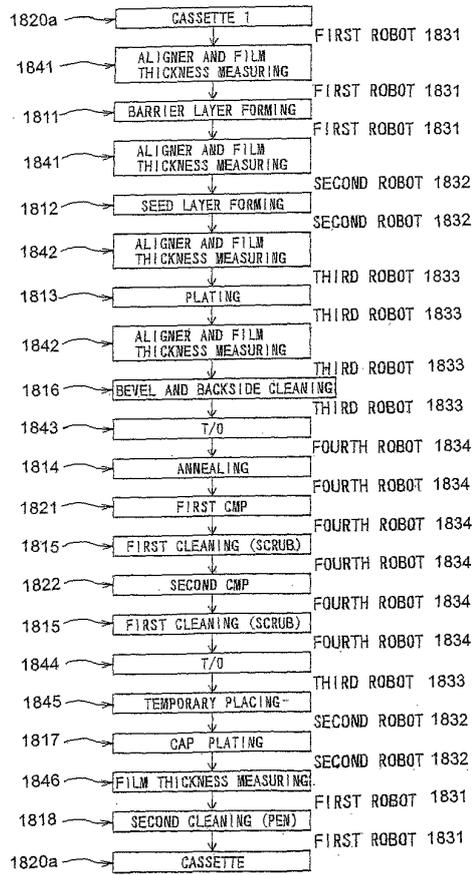


73/89

FIG. 77

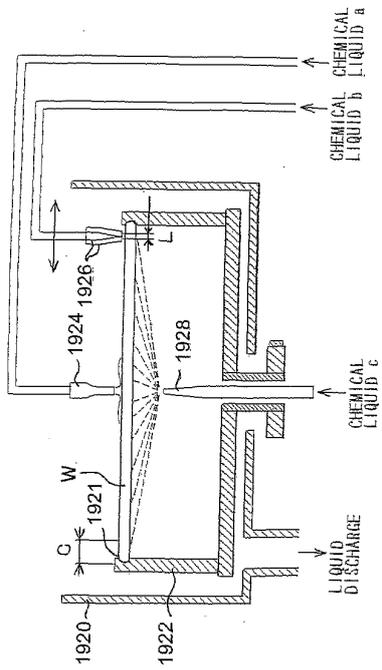


74/89
FIG. 78



75/89

FIG. 79



76/89

FIG. 80

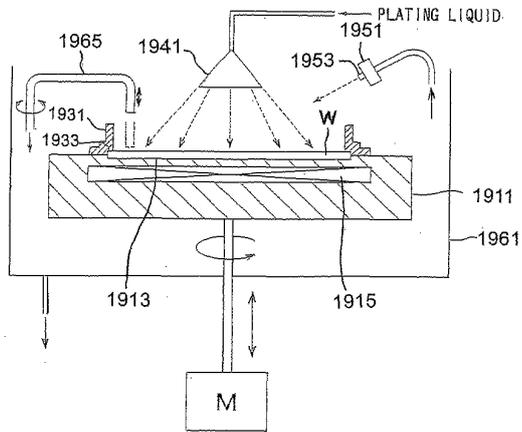
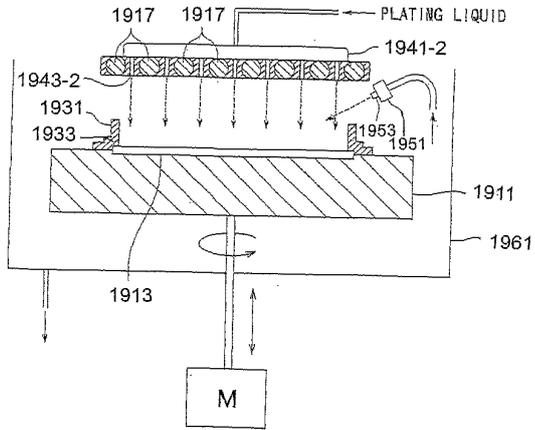


FIG. 81



78/89

FIG. 82

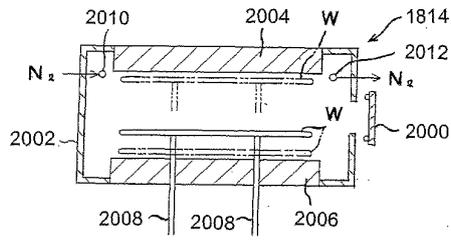
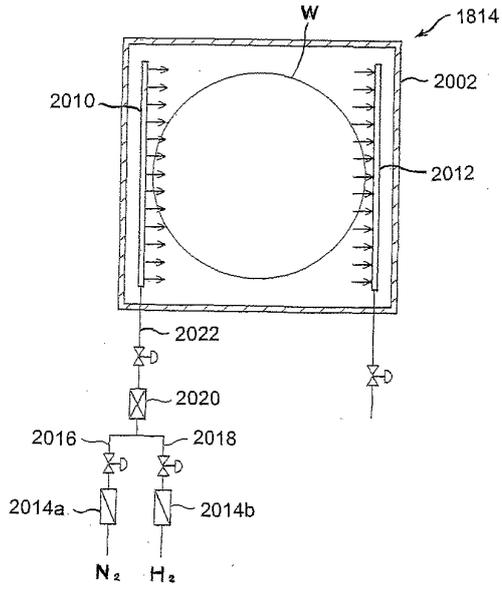
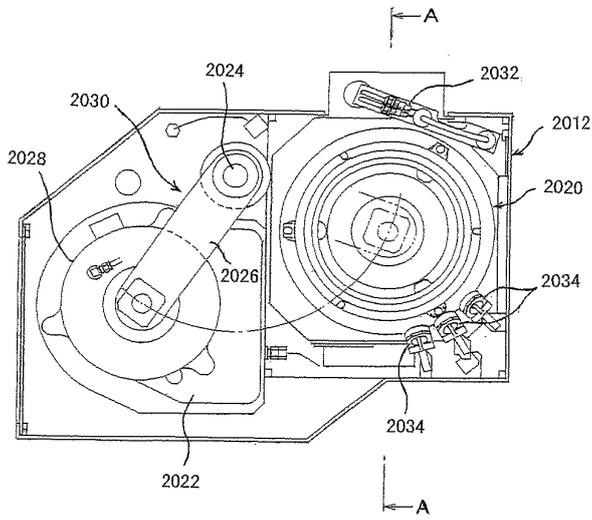


FIG. 83



79/89

FIG. 84



80/89

FIG. 85

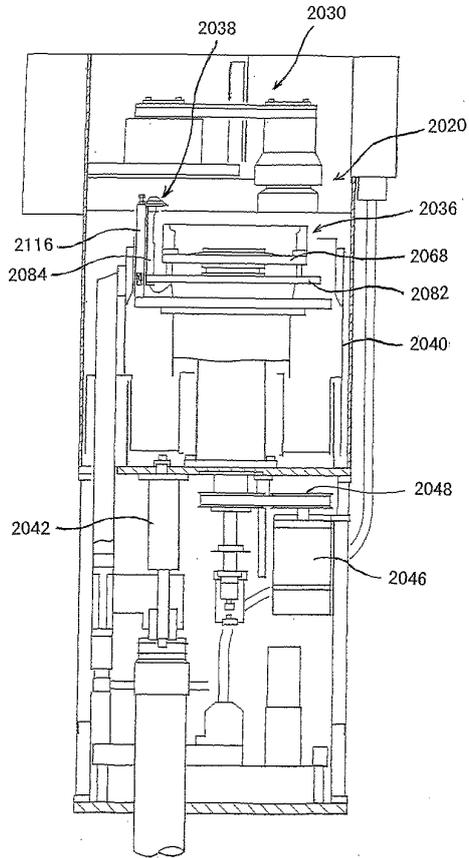
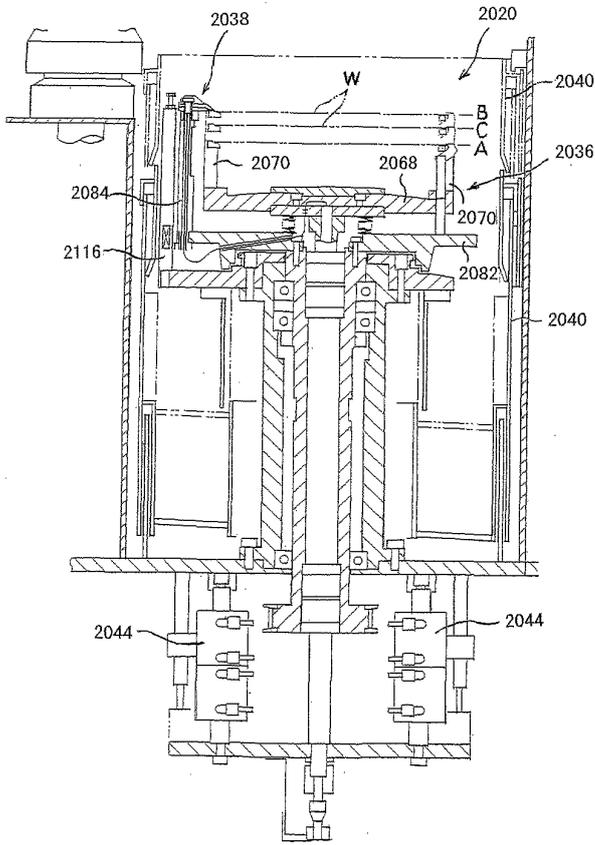
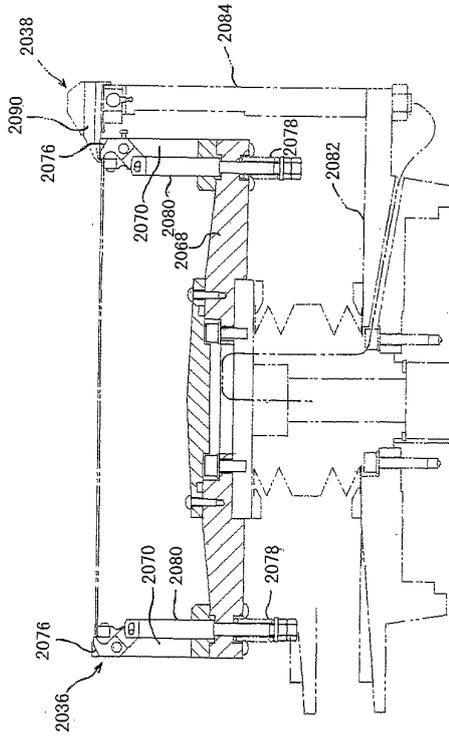


FIG. 86



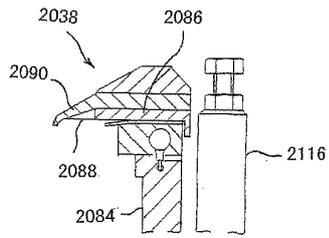
82/89

FIG. 87



83/89

FIG. 88

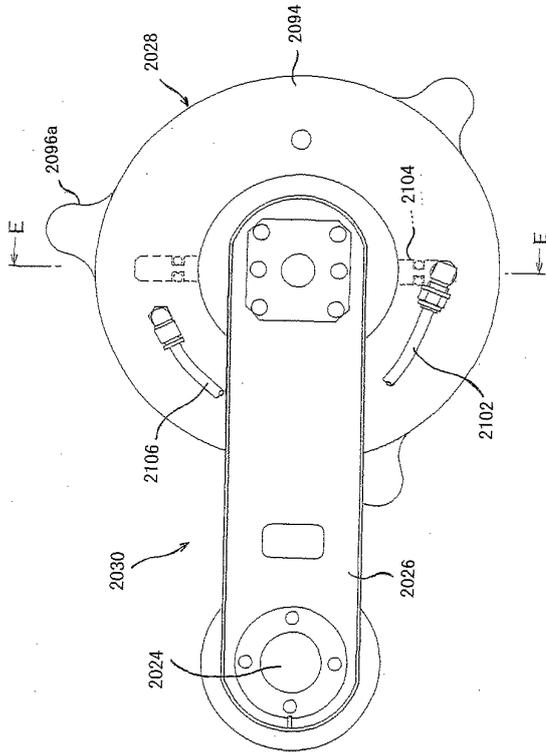


WO 02/47139

PCT/JP01/10590

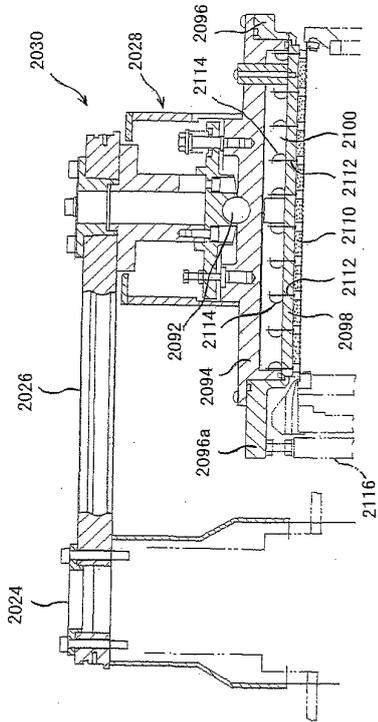
84/89

FIG. 89



85/89

FIG. 90



86/89

FIG. 91

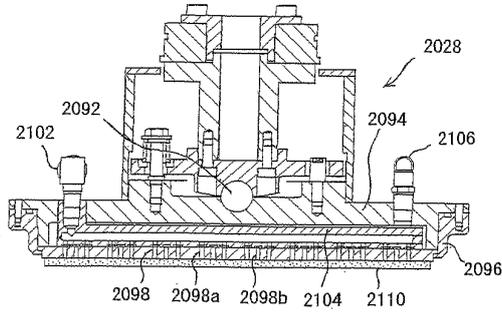
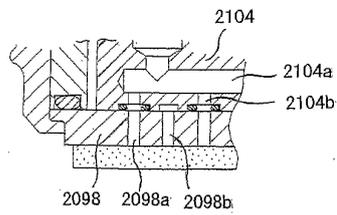
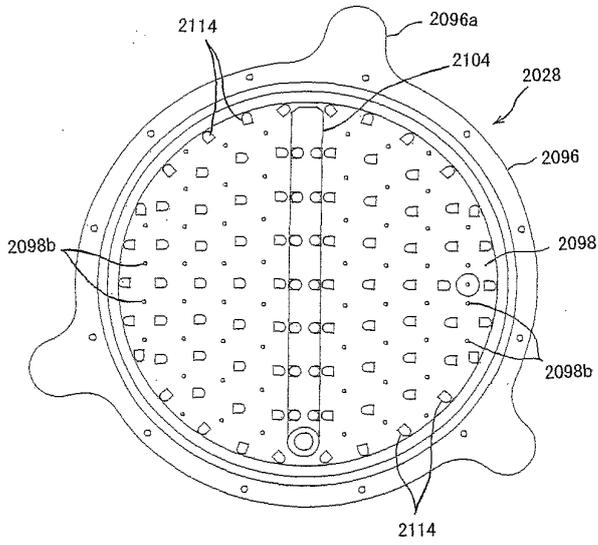


FIG. 92



87/89

FIG. 93



88/89

FIG. 94

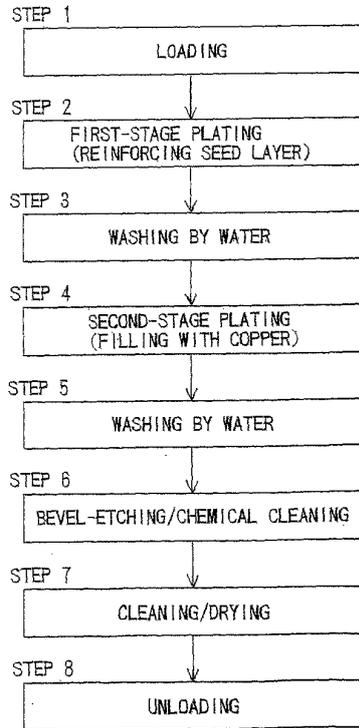


FIG. 95A

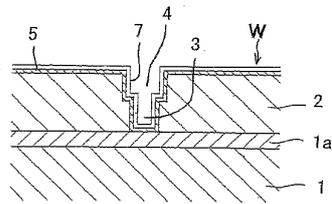


FIG. 95B

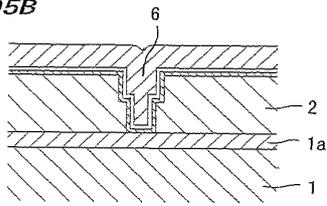
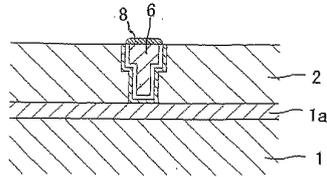


FIG. 95C



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
C 2 5 D 7/12	C 2 5 D 7/12	
H 0 1 L 21/02	H 0 1 L 21/02	Z
H 0 1 L 21/288	H 0 1 L 21/288	E
H 0 1 L 21/304	H 0 1 L 21/304	6 2 2 X
H 0 1 L 21/68	H 0 1 L 21/304	6 4 3 A
	H 0 1 L 21/304	6 4 4 A
	H 0 1 L 21/68	T
	H 0 1 L 21/88	M
	H 0 1 L 21/88	R

(72)発明者 三島 浩二
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

(72)発明者 田中 亮
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

(72)発明者 鈴木 庸子
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

(72)発明者 戸川 哲二
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

(72)発明者 井上 裕章
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) 4K022 AA05 BA04 BA08 BA14 BA18 BA31 BA32 DA01 DB14 DB15
DB24 EA01
4K024 AA09 BB12 CA16 DB01 DB10
4M104 BB04 BB32 DD52 DD53 DD75 DD78 FF16 FF18 FF22
5F031 CA02 DA01 DA09 EA14 FA01 FA03 FA07 FA11 FA12 FA20
GA40 GA47 GA48 GA49 GA50 HA24 HA27 HA30 HA48 HA59
HA73 JA22 LA12 LA15 MA22 MA23 MA25 MA30 NA02 NA07
NA10 NA13
5F033 HH11 HH32 JJ11 JJ32 MM02 MM05 MM12 MM13 NN06 NN07
PP27 PP28 QQ08 QQ09 QQ19 QQ37 QQ48 QQ73 RR04