

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4162298号  
(P4162298)

(45) 発行日 平成20年10月8日 (2008. 10. 8)

(24) 登録日 平成20年8月1日 (2008. 8. 1)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/288 (2006. 01)

H O 1 L 21/288

E

H O 1 L 21/768 (2006. 01)

H O 1 L 21/90

A

C 2 3 C 18/16 (2006. 01)

C 2 3 C 18/16

B

C 2 5 D 7/12 (2006. 01)

C 2 5 D 7/12

F

C 2 5 D 17/00 (2006. 01)

C 2 5 D 17/00

F

請求項の数 5 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平10-239490

(22) 出願日 平成10年8月11日 (1998. 8. 11)

(65) 公開番号 特開2000-58486 (P2000-58486A)

(43) 公開日 平成12年2月25日 (2000. 2. 25)

審査請求日 平成16年8月24日 (2004. 8. 24)

(73) 特許権者 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号

(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 100102967

弁理士 大畑 進

(72) 発明者 本郷 明久

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 小樽 直明

東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会  
社 荏原製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板めっき装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板の配線用窪みにめっき金属を充填するための基板めっき装置において、  
基板上に初期膜を無電解めっきで形成する無電解めっき槽と、  
前記初期膜を給電層として電解めっきを行い前記窪みをめっき金属で充填する電解め  
き槽と、

前記無電解めっき槽と前記電解めっき槽の間で基板を移送するハンドを備えた搬送ロボ  
ットを有し、

前記無電解めっき槽と前記電解めっき槽は、共に基板を内部に保持する処理容器本体の  
上下に上部ヘッダと下部ヘッダを備え、前記下部ヘッダにめっき液を供給することで前記  
処理容器本体の内部に保持した基板の被めっき面にめっき液の前記上部ヘッダに向かう平  
行流れを形成する密閉・平行流型の処理槽から構成されていることを特徴とする基板め  
き装置。

【請求項 2】

前記電解めっき後の基板の仕上げの洗浄と乾燥を行う水洗・乾燥装置を更に有すること  
を特徴とする請求項 1 記載の基板めっき装置。

【請求項 3】

基板を受け渡す際の仮置きに用いられる仮置きステージを更に有することを特徴とする  
請求項 1 または 2 記載の基板めっき装置。

【請求項 4】

基板の表面を活性化させる活性化処理槽と、該活性化された基板の表面に触媒を付与する触媒付与槽を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の基板めっき装置。

【請求項 5】

前記電解めっきに使用する電解めっき液の  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の濃度が  $100 \sim 150 \text{ g/l}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  の濃度が  $100 \sim 150 \text{ g/l}$  であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の基板めっき装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板めっき装置に係り、特に半導体基板に形成された配線用窪み等に銅やその合金等の配線形成用金属を充填するための基板めっき装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、半導体基板上に配線回路を形成するためには、基板面上にスパッタリング等を用いて Al 又は Al 合金の成膜を行った後、さらにレジスト等のパターンマスクを用いたケミカルドライエッチングにより膜の不要部分を除去していた。しかしながら、集積度が高くなるにつれて配線が細くなり、電流密度が増加して熱応力や温度上昇を生じるため、ストレスマイグレーションやエレクトロマイグレーションによって Al 又は Al 合金が希薄化して、ついには断線のおそれが生じる。

【0003】

そこで、より低抵抗で信頼性の高い銅が配線材料として注目されているが、従来の Al 配線のように成膜してからパターンニングし、エッチングにより配線を形成することは困難である。そこで、配線用の溝を予め形成し、化学気相成長 (CVD)、スパッタやめっきなどの手法で溝の中を埋め込み、その後表面の余分な銅を化学機械研磨 (CMP) 等で除去して溝配線を形成するダマシン配線が試みられている。

【0004】

この中でも、めっきは、他のプロセスに比べてプロセスコストが安い、純度の高い銅材料が得られる、基板へのダメージの少ない低温プロセスが可能となるなどの特徴があり、注目されている。めっき方法としては、主に化学的プロセスで行なう無電解めっきと、電気化学的なプロセスである電解めっきとがあり、一般的に電解めっきの方が効率的である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、銅は酸化又は腐食しやすく、さらには  $\text{SiO}_2$  中へ拡散しやすいという性質があるので、これらを防ぐために、基材の配線箇所を、通常、TiN、TaN、WNなどの金属窒化物で構成されるバリア層で覆ってから配線を形成する。このバリア層のシート抵抗値はめっき液の抵抗値に比べ桁違いに大きいため、基板全面にわたってバリア層に均一な電解めっきをすることは難しかった。

【0006】

そこで、従来は、バリア層上にスパッタ又は CVD で銅のシード層を形成しておき、その上に電解銅めっきを行い、微細窪みへの埋め込みをしている。しかしながら、スパッタは微細窪みの壁への均一な成膜が困難であり、CVD は膜に不純物が含まれてしまうという問題がある。さらに、デザインルールが  $0.18 \mu\text{m}$  程度からさらには  $0.10 \mu\text{m}$  と微細化すると、窪み内に厚さ  $0.02 \sim 0.05 \mu\text{m}$  のシード層を形成する寸法的余裕もなくなってくる。

【0007】

一方、無電解めっきでは微細窪みの側壁や底面からめっき層が等方位成長するので、側壁から成長した金属が窪みの入口を覆ってしまうことにより内部にボイドが形成されやすいという不具合があった。また、無電解めっきのめっきレートは電解めっきに比べて約  $1/10$  と遅く、効率が悪い。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 8 】

この発明は、簡単な工程で、半導体基板に形成された微細窪みにボイドや汚染の少ないめっき金属を効率良く充填して、配線を行なうことができる基板めっき装置を提供することを目的とする。

## 【 0 0 1 2 】

## 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の発明は、半導体基板の配線用窪みにめっき金属を充填するための基板めっき装置において、基板上に初期膜を無電解めっきで形成する無電解めっき槽と、前記初期膜を給電層として電解めっきを行い前記窪みをめっき金属で充填する電解めっき槽と、前記無電解めっき槽と前記電解めっき槽の間で基板を移送するハンドを備えた搬送ロボットを有し、前記無電解めっき槽と前記電解めっき槽は、共に基板を内部に保持する処理容器本体の上下に上部ヘッダと下部ヘッダを備え、前記下部ヘッダにめっき液を供給することで前記処理容器本体の内部に保持した基板の被めっき面にめっき液の前記上部ヘッダに向かう平行流れを形成する密閉・平行流型の処理槽から構成されていることを特徴とする基板めっき装置である。

10

## 【 0 0 1 3 】

これにより、無電解めっきを行なって初期膜（シード層）の形成を行い、さらに、この初期膜を給電層として電解めっきを行って基板の窪みを充填するので、一連のめっきプロセスの中で、スパッタやCVDを用いることなく、電気抵抗値の高いバリア層を有するような窪みの内部に、効率良くかつボイドの無い配線用金属の充填を行なうことができる。無電解めっき槽と電解めっき槽は、装置の隔壁で仕切られた同一スペース内の近接した場所に配置するのが好ましい。

20

## 【 0 0 1 4 】

また、無電解めっき槽と、電解めっき槽に加え、基板の移送手段が配置されているので、基板の移送の際の表面状態の変化を抑制しつつ次の工程に進むことができる。すなわち、無電解めっき槽と電解めっき槽及び必要な洗浄槽は互いに近傍に配置しておき、めっきや洗浄処理後の基板の表面を大気に曝さずに移送できるようにするのが好ましい。あるいは、移送手段自体にそのような機能を設けてもよい。

## 【 0 0 1 5 】

同一処理槽に、基板上に初期膜を無電解めっきで形成するための無電解めっき液を供給する無電解めっき液供給流路と、前記初期膜を給電層として電解めっきを行い前記窪みを充填する電解めっき液を供給する電解めっき液供給流路とを択一的に切り換え可能に設けるようにしてもよい。

30

## 【 0 0 1 6 】

これにより、無電解めっきを行なって初期膜（シード層）の形成を行い、さらに、この初期膜を給電層として電解めっきを行って基板の窪みを充填するので、一連のめっきプロセスの中で、スパッタやCVDを用いることなく、電気抵抗値の高いバリア層を有するような窪みの内部に、効率良くかつボイドの無い配線用金属の充填を行なうことができる。同一処理槽で、基板上に初期膜を形成する無電解めっき工程と、窪みを充填する電解めっき工程を順次行えるので、基板の搬送の手間や装置が不要であり、また、それによる基板の表面状態の変質等を防止することができる。さらに、基板を洗浄する洗浄液を供給する洗浄液供給流路を設けて、同一処理槽内で洗浄工程を行なうようにしてもよい。

40

## 【 0 0 1 7 】

前記無電解めっき槽と前記電解めっき槽を、共に密閉・平行流型の処理槽で構成することにより、小さい空間であってもめっき液を高速で基板面に沿って流すことができるので、十分なめっき液の流動性を確保して効率よくめっき処理を行なうことができる。

## 【 0 0 1 8 】

請求項2に記載の発明は、前記電解めっき後の基板の仕上げの洗浄と乾燥を行う水洗・乾燥装置を更に有することを特徴とする請求項1記載の基板めっき装置である。

請求項3に記載の発明は、基板を受け渡す際の仮置きに用いられる仮置きステージを更

50

に有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の基板めっき装置である。

請求項 4 に記載の発明は、基板の表面を活性化させる活性化処理槽と、該活性化された基板の表面に触媒を付与する触媒付与槽を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の基板めっき装置である。

【 0 0 1 9 】

請求項 5 に記載の発明は、前記電解めっきに使用する電解めっき液の  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  の濃度が  $100 \sim 150 \text{ g/l}$ 、 $\text{H}_2\text{SO}_4$  の濃度が  $100 \sim 150 \text{ g/l}$  であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の基板めっき装置である。レベリング性の良い電解めっき液を使用することで、ポイドのない充填が可能となる。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照してこの発明の 1 つの実施の形態を説明する。このめっき装置は、図 1 に示すように、矩形の設置床 10 上に配置され、一端側の清浄ゾーン 13 には、ロード・アンロードユニット 14a, 14b、めっき処理後の後処理を行う 2 基の水洗・乾燥装置 60 が配置され、これらの間に基板の搬送を行う搬送装置（第 1 の搬送口ボット）61 が設けられている。他端側の汚染ゾーン 12 内には、中央にレール上を走行可能な第 2 の搬送口ボット 62 が配置され、この第 2 の搬送口ボットの一方の側に、めっきの際の活性化剤となる  $\text{SnCl}_2$  液槽 16、水洗槽 17、無電解めっきの際の触媒となる  $\text{PdCl}_2$  液槽 18、水洗槽 19 が順次配置され、他方の側に、無電解めっき槽 20、水洗槽 21、電解めっき槽 22、水洗槽 23 が順次配置されている。なお、水洗槽 17, 19, 21, 23 は必要に応じて設ければ良い。

【 0 0 2 1 】

これらの処理槽 16 ~ 23 は、基本的にいずれも同じ形状、同じ構造を有しており、図 2 に示すように、内側に処理室 52 を形成する凹部 50a を有する矩形板状の処理容器本体 50 と、この処理容器本体 50 の前面開口部を開閉自在に覆う蓋体 51 とを有する。処理容器本体 50 の周縁部には、蓋体 51 を密着させて閉じた時に外部との水密性を確保するためのパッキン 53 が装着されている。一方、蓋体 51 は、裏面側に基板 W を着脱自在に保持する保持部が設けられ、また保持部における基板 W の有無を検出するセンサ（図示せず）が設けられている。

【 0 0 2 2 】

電解めっきを行なう処理槽（電解めっき槽）22 においては、処理容器本体 50 の凹部 50a の底部に、平板状の陽極電極（アノード）54 が処理室 52 と平行に取付けられ、この凹部 50a の開口端には、内部に基板 W のめっき面の電場を調整するための開口 55a を設けた誘電体からなる遮蔽板 55 が配置されている。他の処理槽には、陽極電極 54 や遮蔽板 55 は配置されていない。

【 0 0 2 3 】

各処理容器本体 50 の上下には、上部ヘッダ 56 と下部ヘッダ 57 が取付けられ、これらの上部ヘッダ 56 及び下部ヘッダ 57 は処理室 52 と多数の通孔 56a, 57a を介してそれぞれ連通している。これによって、例えば、下部ヘッダ 57 から上部ヘッダ 56 に処理液を供給することにより、図 3 に示すように、基板の被めっき面に沿った平行流れを形成することができる。図 4 に示すように、処理槽 16 ~ 23 の下側には貯液槽 31 と循環ポンプ 32 を有する処理液循環装置 33 が設けられ、その供給配管 34 及び戻り配管 35 が下部ヘッダ 57 及び上部ヘッダ 56 に接続されている。

【 0 0 2 4 】

めっき処理槽 20, 22 では、上述したように、処理槽が密閉・平行流型であるので、小さい空間であってもめっき液を高速で基板面に沿って流すことができ、十分なめっき液の流動性を確保して効率よくめっき処理を行なうことができる。また、処理槽 16 ~ 23 を縦に配置することにより、めっき等の処理の際の基板 W の微細窪み内の気泡を抜け易くして、めっき反応及び処理速度の均一性を高めるとともに、処理槽 16 ~ 23 の占有面積を小さくして処理槽の効率的な配置を可能にしている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 5 】

搬送ロボット 6 2 は、この例では、先端に開閉自在なハンド 6 4 を備えた複数のアーム 6 3 を有する 6 軸ロボットが使用されている（図 5 参照）。ハンド 6 4 の内面には、複数のコマ 6 5 が回転自在に支持されている。清浄ゾーン 1 3 内には、複数の支持台を有する仮置きステージ 6 7 が設けられ、これは清浄ゾーン 1 3 と汚染ゾーン 1 2 の間で基板 W を受け渡す際の仮置きのために用いられる。

## 【 0 0 2 6 】

次に、上記のように構成しためっき装置によるめっき処理の工程を、図 6 及び図 7 を参照して説明する。まず、ロード・アンロードユニット 1 4 a , 1 4 b に保持された基板 W を第 1 の搬送ロボット 6 1 により取り出し、仮置きステージ 6 7 に置く。第 2 の搬送ロボット 6 2 は、これを汚染ゾーン 1 2 に取り込み、必要である場合には、活性化処理槽 1 6 の処理容器 5 0 に収容し、 $\text{SnCl}_2$  等の活性化剤を含む処理液によって活性化処理を行なう。次に、基板 W を隣接する水洗槽 1 7 に運んで水洗し、さらに触媒付与槽 1 8 で触媒付与処理を行なう。

## 【 0 0 2 7 】

この過程では、活性化処理槽 1 6 において活性化剤からのイオン  $\text{Sn}^{2+}$  が基板 W の表面に吸着され、このイオンは触媒付与槽 1 8 において酸化されて  $\text{Sn}^{4+}$  になり、逆に  $\text{Pd}^{2+}$  は還元されて金属 Pd となって基板 W の表面に析出して、次の無電解めっき工程の触媒となる。この過程は、Pd / Sn コロイドの 1 液キャタリストを用いて行なうこともできる。なお、以上のような触媒付与工程は、この実施の形態のように本装置の一部である活性化処理槽 1 6 と触媒付与槽 1 8 で行なうこともできるが、別の装置で行ってから基板 W を移送してもよい。また、該半導体基板に存在する窪み内表面の材質、状態によっては、前述の活性化処理及び / 又は触媒付与処理を省略できる場合がある。

## 【 0 0 2 8 】

第 2 の搬送ロボット 6 2 は、基板 W をさらに無電解めっき槽 2 0 に運び、ここで所定の還元剤と所定のめっき液を用いて無電解めっき処理を行なう。これにより、図 7 ( a ) , ( b ) に示すように、バリア層 4 0 の内面に無電解めっき層 4 1 が形成される。この場合、固液界面で還元剤の分解によって生じた電子が、基板表面の触媒を経由して  $\text{Cu}^{2+}$  に与えられ、金属 Cu として触媒上に析出して銅膜層 4 1 を形成する。なお、この触媒としては、Pd 以外にも、遷移金属である、Fe , Co , Ni , Cu , Ag 等を用いることができる。

## 【 0 0 2 9 】

次に、搬送ロボットによりこれを電解めっき槽 2 2 に移動して、無電解めっきで形成した銅膜層 4 1 に電極を接続し、所定のめっき液で電解めっきを行ない、図 7 ( c ) , ( d ) に示すように、窪み 4 2 を電解めっき金属 4 3 で充填する。

## 【 0 0 3 0 】

電解めっきが終わった後に、第 2 の搬送ロボットにより基板を取り出し、水洗槽に運んで水洗し、第 2 の仮置きステージ 8 5 に載せる。第 1 の搬送ロボット 6 1 はこれを保持して水洗・乾燥装置 6 0 に運び、仕上げの洗浄と乾燥を行い、ロード・アンロードユニット 1 4 a , 1 4 b へ戻す。基板は後に CMP ( 化学機械的研摩装置 ) に搬送されて、化学機械的研摩工程により表面の余剰なめっき金属が除去される。

## 【 0 0 3 1 】

図 8 は、他のめっき装置を示すもので、先の実施の形態と同じ縦型の処理槽 2 4 に、それぞれ異なる処理液（無電解銅めっき液、洗浄用水、電解銅めっき液）を循環供給する処理液循環装置 3 3 a , 3 3 b , 3 3 c が切換弁 3 6 a ~ 3 6 c , 3 7 a ~ 3 7 c により切換可能に設けられている。処理槽 2 4 は、電解めっきが可能なように処理容器本体 5 0 に陽極電極（アノード）5 4 と遮蔽板 5 5 を備えたタイプである。

## 【 0 0 3 2 】

この例では、例えば、無電解めっきが終了すると、液を貯液槽 3 1 a に戻し、一旦、水洗循環槽ポンプ 3 2 b を起動し、水洗水を処理槽 2 4 に導いた後に電解めっき液の貯液槽

10

20

30

40

50

31cより電解めっき液を処理槽24に導入する。電解めっきが終わったときも同様に洗浄に移行する。これにより、めっき液が互いに混合するような不都合を排除することができる。この例では、同一の処理槽24内で基板Wを移動させることなく、処理液を入れ換えるだけで、無電解銅めっき、洗浄、電解銅めっき、洗浄等の処理を連続的に行うことができるので、先の実施の形態に比べて槽の数が少なく済み、槽間移動用の搬送ロボットも省略でき、設置床も小さくて済む。また、搬送時間を省けるのでスループットも向上する。

#### 【0033】

図9は、同一処理液で無電解めっきと電解めっきの連続処理を行う処理槽25を示す。処理槽25は、図8と同様に電解めっきが可能なタイプである。この装置では、無電解めっきを行った後に、そのまま、 $0.2\text{ A/dm}^2$ 以下の微少電流を通电して電解めっきを行う。この場合、めっき液は無電解めっき液を使用するが、半導体基板を汚染しないように、無電解めっきのpH調整剤として通常用いられるNaOHやKOHに替えて、TMAHを使用する。これは、メチル基を含む有機アルカリ薬剤である。また、従来多用されてきたホルマリンなどの分解しやすい還元剤は避ける必要がある。

#### 【0034】

従来、プリント基板のスルーホールめっきには、Cu濃度の低い、ハイスロー浴( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  10~80g/l)を使用して電着均一性を良くしている。しかし、半導体基板のトレンチや、ビアホール内のめっきでは、ボイドを発生させないように、電着均一性と同時にレベリング性も要求される。さらに、ハイスロー浴では、めっき液の流れの影響を受けやすいので、濃度を高めた中~高濃度のめっき液を用いて流れの影響を受けにくくすることが望まれる。

#### 【0035】

上記を前提条件として種々検討を行った結果、従来用いられている、電着均一性に優れた $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  低濃度浴 15~80g/l(ハイスロー浴)、又はレベリング性に優れた $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  高濃度浴 150~220g/l(装飾浴)のいずれでもない、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ が100~150g/lの中濃度浴が半導体基板ダマシーンめっきプロセス用の無電解・電解兼用のめっき液として望ましいことが分かった。

#### 【0036】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、この発明によれば、無電解めっきを行なってバリア層上に初期膜(シード層)の形成を行い、さらに、この初期膜を給電層として電解めっきを行って基板の窪みを充填するので、一連のめっきプロセスの中で、スパッタやCVDを用いることなく、電気抵抗値の高いバリア層を有するような窪みの内部に、効率良くかつボイドの無い配線用金属の充填を行なうことができる。従って、簡単な工程で、半導体基板に形成された微細窪みにボイドや汚染の少ないめっき金属を効率良く充填して、配線を形成することができる基板めっき装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態のめっき装置の平面図である。

【図2】図1のめっき装置の処理槽を示す側面図である。

【図3】図2の処理槽のA-A矢視図である。

【図4】図1のめっき装置の処理槽と処理液の循環流路を示す図である。

【図5】図1のめっき装置の側面図である。

【図6】図1のめっき装置の処理工程を示すフロー図である。

【図7】基板の窪みにめっきがされる工程を示す図である。

【図8】他のめっき装置の処理槽と処理液の循環流路を示す図である。

【図9】更に他のめっき装置の処理槽と処理液の循環流路を示す図である。

#### 【符号の説明】

10 設置床

12 汚染ゾーン

10

20

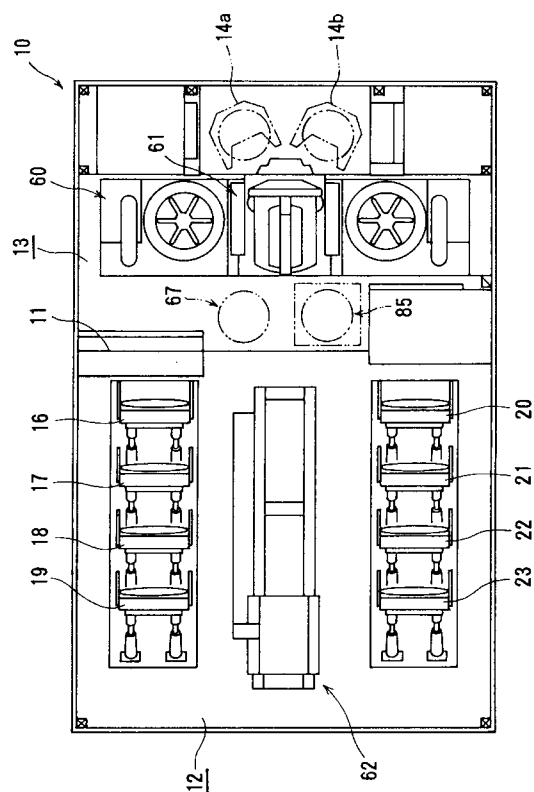
30

40

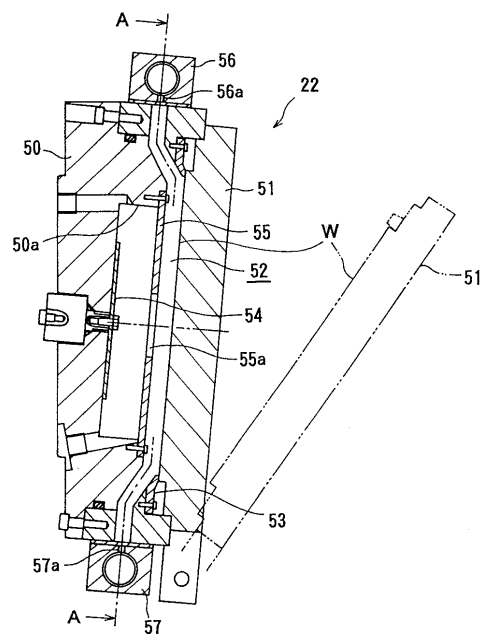
50

- |                       |         |     |
|-----------------------|---------|-----|
| 1 3                   | 清浄ゾーン   |     |
| 1 6 , 1 8             | 前処理槽    |     |
| 1 7 , 1 9 , 2 1 , 2 3 |         | 洗浄槽 |
| 2 0                   | 無電解めっき槽 |     |
| 2 2                   | 電解めっき槽  |     |
| 2 4 , 2 5             | 共用処理槽   |     |
| 5 0                   | 処理容器本体  |     |
| 5 0 a                 | 凹部      |     |
| 5 1                   | 蓋体      |     |
| 5 2                   | 処理室     |     |
| 5 3                   | パッキン    |     |
| 5 4                   | 陽極電極    |     |
| 5 5                   | 遮蔽板     |     |
| 5 5 a                 | 開口      |     |
| 5 6                   | 上部ヘッダ   |     |
| 5 7                   | 下部ヘッダ   |     |
| 5 6 a , 5 7 a         | 通孔      |     |
| 6 0                   | 水洗・乾燥装置 |     |
| 6 1 , 6 2             | 搬送ロボット  |     |

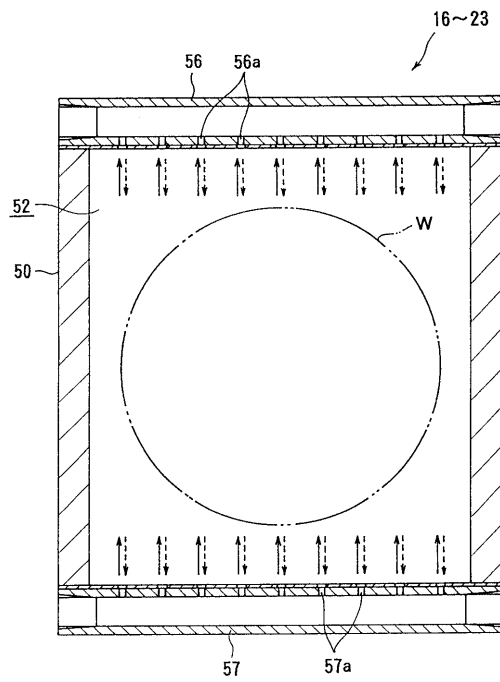
【 図 1 】



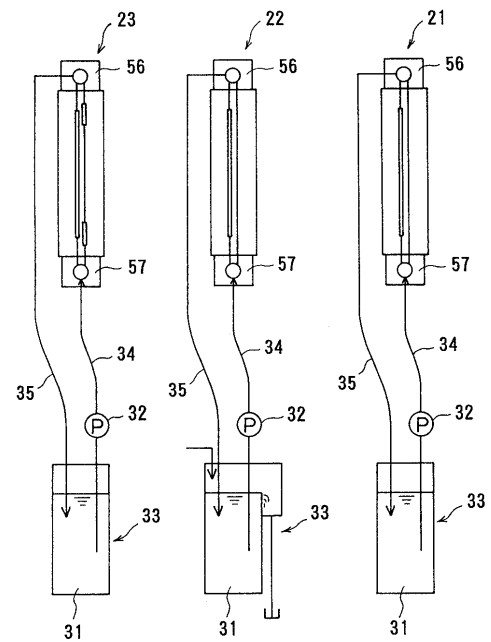
【圖 2】



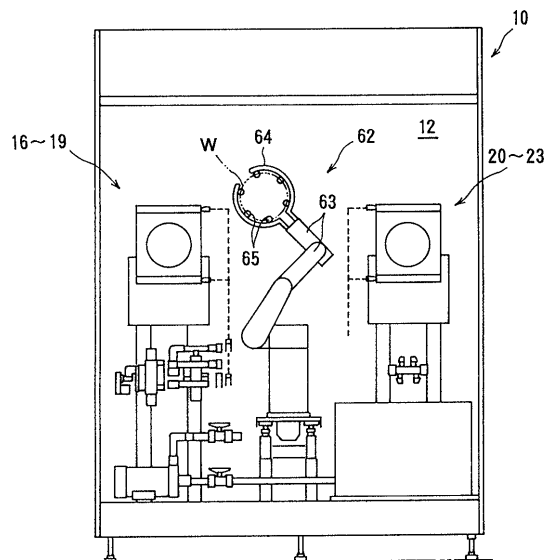
【図 3】



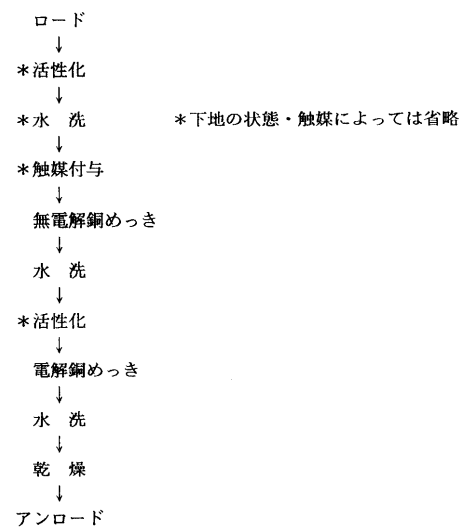
【図 4】



【図 5】

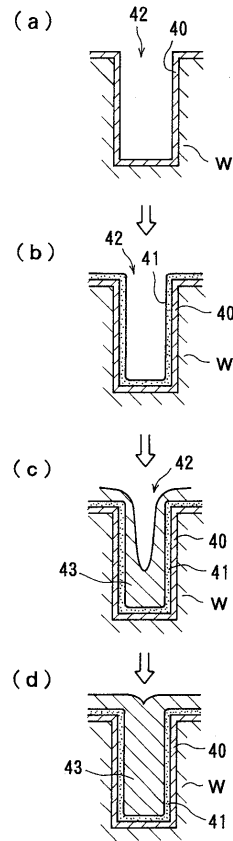


【図 6】

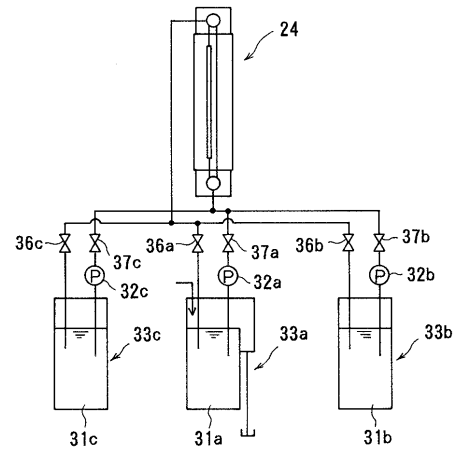




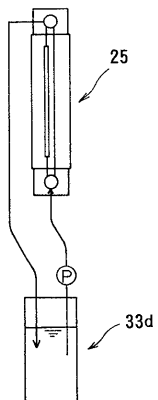
【図 7】



【図 8】



【図 9】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
C 2 5 D 19/00 (2006.01) C 2 5 D 19/00 B  
C 2 5 D 21/08 (2006.01) C 2 5 D 21/08

(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

審査官 安田 雅彦

(56)参考文献 特開平 0 7 - 3 2 1 1 1 1 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 0 1 2 6 1 9 ( J P , A )  
特開平 0 8 - 1 6 2 7 5 8 ( J P , A )  
国際公開第 9 7 / 0 2 2 7 3 3 ( W O , A 1 )  
特開平 0 7 - 0 0 3 4 9 8 ( J P , A )  
実開平 0 2 - 0 1 3 7 6 9 ( J P , U )  
特開 2 0 0 0 - 0 3 1 0 9 5 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 1 8 2 9 6 5 ( J P , A )  
特開平 0 5 - 1 4 0 7 9 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/288  
H01L 21/3205  
H01L 21/768  
H01L 21/68  
C23C 18/16  
C25D 7/12  
C25D 17/02  
C25D 19/00