

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6678490号
(P6678490)

(45) 発行日 令和2年4月8日(2020.4.8)

(24) 登録日 令和2年3月19日(2020.3.19)

| | |
|-------------------------|----------------------|
| (51) Int.Cl. | F I |
| HO 1 L 21/60 (2006.01) | HO 1 L 21/92 6 O 4 B |
| HO 1 L 21/288 (2006.01) | HO 1 L 21/92 6 O 4 D |
| C 2 5 D 21/14 (2006.01) | HO 1 L 21/92 6 O 2 G |
| C 2 5 D 7/00 (2006.01) | HO 1 L 21/288 E |
| C 2 5 D 21/10 (2006.01) | C 2 5 D 21/14 B |

請求項の数 6 (全 13 頁) 最終頁に続く

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-------------------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2016-63760 (P2016-63760) | (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11番1号 |
| (22) 出願日 | 平成28年3月28日(2016.3.28) | (74) 代理人 | 100091498 弁理士 渡邊 勇 |
| (65) 公開番号 | 特開2017-183332 (P2017-183332A) | (74) 代理人 | 100118500 弁理士 廣澤 哲也 |
| (43) 公開日 | 平成29年10月5日(2017.10.5) | (72) 発明者 | 和久田 陽平 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会 社 荏原製作所内 |
| 審査請求日 | 平成30年10月18日(2018.10.18) | (72) 発明者 | 増田 泰之 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】 めっき方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を銅でめっきしてパンプを形成する方法であって、

パンプ高さに対するドーム高さの割合と、塩化物イオンの濃度との関係を示す相関データを用意し、前記相関データは、パンプを形成するためのめっき装置の記憶装置に記憶されており、

パンプ高さに対するドーム高さの所望の割合と、前記相関データとに基づいて選択された濃度の塩化物イオンを含むめっき液を作成し、前記選択された濃度は、 $100\text{ mg/dm}^3 \sim 300\text{ mg/dm}^3$ の範囲内であり、

基板を前記めっき液中に浸漬させ、前記基板は、シード層と、該シード層上に形成されたレジストを有し、前記レジストは開口部を有し、前記開口部の側壁は前記レジストにより構成され、前記開口部の底部は前記シード層の露出面から構成されており、

前記めっき液中のアノードと前記基板との間に電流を流して前記基板をめっきすることで、前記開口部内の前記シード層の露出面上にパンプを形成することを特徴とする方法。

【請求項2】

パンプの高さが少なくとも $100\text{ }\mu\text{m}$ に達するまで、前記基板のめっきを行うことを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記基板のめっき開始時に、電流密度を上昇させることを特徴とする請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】

前記電流密度は、 1 A/dm^2 から 20 A/dm^2 の範囲内であることを特徴とする請求項3に記載の方法。

【請求項5】

前記基板のめっき中の前記めっき液の温度を30 から80 の範囲内に維持することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載の方法。

【請求項6】

前記基板のめっき中に、パドルを前記めっき液中で往復運動させることによって前記めっき液を攪拌し、前記パドルの往復動速度は、100回/分から500回/分の範囲内であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板上にバンプを形成するためのめっき方法に関し、特にバンプ形状を制御することができる銅めっき方法に関する。

【背景技術】

【0002】

バンプは、LSI等の集積回路を有するウェーハの表面に形成される。バンプは、集積回路の配線の一部を構成し、外部のパッケージ基板（回路基板）の回路への接続のための端子となる。バンプは、一般に、半導体チップ（ダイ）の周辺に沿って配置され、金線（ワイヤーボンディング方式）やリード（TAB方式）によって外部回路に接続される。

20

【0003】

近年、半導体デバイスの集積化・高密度化が進むにつれて、外部回路との接続のためのバンプの数が多くなり、半導体チップの表面全域にバンプを形成する必要性が生じてきている。また、配線距離を短縮させる必要性から、表面に多数のバンプを形成した半導体チップを裏返して、バンプを回路基板に直接接続する方法（フリップチップ方式）が採用されるようになってきている。

【0004】

バンプの材料としては、金、銀、銅、ニッケル、はんだ、インジウム、またはそれらのいずれかを少なくとも含む合金種が用いられる。これらのバンプ材料のうち、はんだは導電性を持つとともに比較的低い融点をもち、電気配線材料や半導体材料にダメージを与えない温度で溶融して素子の接合を行うことができる。このため、はんだは、半導体チップの各電極とパッケージ基板の各電極との接続に広く用いられている。

30

【0005】

電気めっきは、バンプを形成する方法として広く採用されている。集積回路を有するウェーハの表面にバンプを形成するプロセスは、半導体デバイス製造の最終段階で最も重要なプロセスの一つである。つまり、数多くの製造工程を経てウェーハに集積回路が形成されるため、それまでの全ての工程を合格してきたウェーハに対して行われるバンプ形成プロセスには極めて高い信頼性が要求される。半導体チップの小型化に伴って、外部回路との接続に使用されるバンプの数が増え、バンプ自体も小さくなりつつある。このため、半導体チップとパッケージ基板等の回路基板との接合のための位置合せ精度を高める必要が生じる。さらに、バンプが溶融して凝固する接合過程において欠陥が生じないようにすることが強く要求される。

40

【0006】

銅バンプは、ウェーハの集積回路に電氣的に接続されたシード層の上に形成される。シード層上には、開口部を有するレジストが形成されており、銅めっきにより銅が開口部内のシード層の露出面上で析出して銅バンプを形成する。シード層は、例えばTiからなるバリア層と、例えば銅からなる給電層を含んでおり、それぞれ、バリア層ではバンプ金属である銅の拡散を防ぎ、給電層では電解めっきを行うために基板へと給電するようにされている。すなわち、シード層は、電気めっきのための給電膜としての役割の他に、バンプ

50

金属である銅の拡散を防止するための金属膜としての役割を果たす。レジストの開口部が銅で充填された後、レジストが除去され、さらに銅パンプに対してリフロー処理が行われる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特表2009-532586号公報

【特許文献2】特開2010-255078号公報

【特許文献3】特開2011-054890号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

図13は、めっき処理後であってリフロー処理前のパンプの断面図である。パンプ高さHは、パンプ1の最低部から最頂部までの距離に相当する。レジストの開口部にめっきによってパンプ1を形成したとき、パンプ1の頂部にはドーム2が形成される。このドーム2は、内側に湾曲した側面を有する頂部である。図13では、ドーム高さは、 d_h で表されている。パンプ高さHは、 $10\mu\text{m}$ 以上であることが好ましいとされている。これは、回路基板に接合されたパンプの均一な高さを確保するためである。

【0009】

近時、TSVを作成する半導体デバイス製造工程において、銅めっきで形成されたビアの頭部を含んだウェーハの全面を、リフロー処理を行う前に、CMP装置で研磨して平坦化し、その後化学的エッチングを行ってビアの頭部を出してからパンプを作るといった、ビアミドルの頭出し技術が、2.5次元実装技術の開発が行われている中で、検討されている（傳田精一「半導体の高次元化技術 貫通電極による3D/2.5D/2.1D実装」、16頁～18頁、東京電機大学出版局）。

20

【0010】

近年、こうした実装技術が検討されるにつれて、ビア頭部、すなわちめっきで形成される銅パンプのドーム高さ d_h をできるだけ小さくすることが望ましいことが分かってきた。つまり、パンプのドーム高さ d_h が小さければ、めっき後に行われる研磨工程の時間を短くすることができる。しかしながら、ドーム高さ d_h はパンプ高さHに大きく依存するため、パンプ高さHとは独立にドーム高さ d_h を制御することは難しい。さらに、要求されるドーム高さ d_h は、その後の処理条件によっても変わり得る。このような状況の中で、パンプ高さHに依存せずにドーム高さ d_h を制御する技術が望まれている。

30

【0011】

そこで、本発明は、所望のドーム高さを実現することができるめっき方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0012】

上述した目的を達成するために、本発明の一態様は、基板を銅でめっきしてパンプを形成する方法であって、パンプ高さに対するドーム高さの割合と、塩化物イオンの濃度との関係を示す相関データを用意し、前記相関データは、パンプを形成するためのめっき装置の記憶装置に記憶されており、パンプ高さに対するドーム高さの所望の割合と、前記相関データとに基づいて選択された濃度の塩化物イオンを含むめっき液を作成し、前記選択された濃度は、 $100\text{mg}/\text{dm}^3 \sim 300\text{mg}/\text{dm}^3$ の範囲内であり、基板を前記めっき液中に浸漬させ、前記基板は、シード層と、該シード層上に形成されたレジストを有し、前記レジストは開口部を有し、前記開口部の側壁は前記レジストにより構成され、前記開口部の底部は前記シード層の露出面から構成されており、前記めっき液中のアノードと前記基板との間に電流を流して前記基板をめっきすることで、前記開口部内の前記シード層の露出面上にパンプを形成することを特徴とする方法である。

40

【0013】

本発明の好ましい態様は、パンプの高さが少なくとも $100\mu\text{m}$ に達するまで、前記基

50

板のめっきを行うことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記基板のめっき開始時に、電流密度を上昇させることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記電流密度は、 $1 \text{ A} / \text{d m}^2$ から $20 \text{ A} / \text{d m}^2$ の範囲内であることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記基板のめっき中の前記めっき液の温度を 30 から 80 の範囲内に維持することを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記基板のめっき中に、パドルを前記めっき液中で往復運動させることによって前記めっき液を攪拌し、前記パドルの往復動速度は、 100 回/分から 500 回/分の範囲内であることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、関連データに基づいて決定された濃度の塩化物イオンを含むめっき液を用いることによって、パンプの高さが大きい場合（例えば、パンプの高さが $100 \mu\text{m}$ 以上の場合）であっても、所望のドーム高さを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】めっき装置の一実施形態を示す縦断正面図である。

【図2】パドルの正面図である。

【図3】図2のA-A線断面図である。

20

【図4】めっき液に含まれる塩化物イオンの濃度と、パンプ高さに対するドーム高さの割合との関係を示すグラフである。

【図5】図4に示す濃度の塩化物イオンを含むめっき液を使用して基板をめっきした結果として得られたパンプの形状を示す図である。

【図6】めっき液中の塩化物イオンの濃度が高い場合の塩化物イオンの作用を説明する模式図である。

【図7】めっき液中の塩化物イオンの濃度が過度に高い場合の塩化物イオンの作用を説明する模式図である。

【図8】めっき液中の塩化物イオンの濃度が低い場合の塩化物イオンの作用を説明する模式図である。

30

【図9】電流密度を段階的に上昇させる実施形態を示す図である。

【図10】電流密度を直線的に上昇させる実施形態を示す図である。

【図11】めっき方法の一実施形態を説明するフローチャートである。

【図12】図11に記載した実施形態に従って実施した実験のめっき条件と、比較例として実施した実験のめっき条件を示す図である。

【図13】めっき処理後であってリフロー処理前のパンプの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0016】

図1は、めっき装置の一実施形態を示す縦断正面図である。本実施形態のめっき装置は、集積回路を有するウェーハなどの基板の表面に銅を析出させることができる銅めっき装置である。図1に示すように、めっき装置は、めっき液を内部に保持するめっき槽10を有する。めっき槽10の上部には、めっき槽10の縁から溢れ出ためっき液を受け止めるオーバーフロー槽12が設けられている。本実施形態に使用されるめっき液には、銅イオン、硫酸イオンが含まれており、さらに促進剤および抑制剤などの添加剤が含まれている。

40

【0017】

オーバーフロー槽12の底部には、ポンプ14が設けられためっき液供給ライン16の一端が接続され、めっき液供給ライン16の他端は、めっき槽10の底部に接続されている。オーバーフロー槽12内に溜まっためっき液は、ポンプ14の駆動に伴ってめっき液供給ライン16を通過してめっき槽10内に戻される。めっき液供給路16には、ポンプ1

50

4の下流側に位置して、めっき液の温度を調節する温調ユニット20と、めっき液内の異物を除去するフィルタ22が介装されている。

【0018】

めっき装置は、ウェーハなどの基板(被めっき体)Wを着脱自在に保持して、基板Wを鉛直状態でめっき槽10内のめっき液に浸漬させる基板ホルダ24を備えている。さらに、めっき装置は、めっき槽10内に配置されたアノード26と、このアノード26を保持するアノードホルダ28を備えている。基板Wを保持した基板ホルダ24がめっき槽10に設置されると、基板Wとアノード26とはめっき槽10内で互いに対向する。この実施形態では、アノード26の材料には、含リン銅が使用されている。アノード26は電源30の正極に電氣的に接続されており、基板Wは基板ホルダ24を介して電源30の負極に

10

【0019】

基板ホルダ24に保持された基板Wとアノード26との間には、基板Wの表面と平行に往復運動してめっき液を攪拌するパドル32が配置されている。めっき液をパドル32で攪拌することで、十分な銅イオンを基板Wの表面に均一に供給することができる。基板Wのめっき中におけるパドル32の往復動速度(1分あたりの往復動回数)は、100回/分から500回/分である。パドル32と基板Wとの距離は、好ましくは5mm~11mmである。更に、パドル32とアノード26との間には、基板Wの全面に亘る電位分布をより均一にするための誘電体からなる調整板(レギュレーションプレート)34が配置

20

【0020】

パドル32は、図2及び図3に示すように、板厚tが3mm~5mmの一定の厚みを有する矩形板材で構成され、内部に複数の長穴32aを平行に設けることで、鉛直方向に延びる複数の格子部32bを有するように構成されている。パドル32の材質は、例えばチタンにテフロン(登録商標)コートを施したものである。パドル32の垂直方向の長さL1及び長孔32aの長手方向の寸法L2は、基板Wの垂直方向の寸法よりも十分に大きくなるように設定されている。また、パドル32の横方向の長さMは、パドル32が往復運動したときにパドル32の両側端が基板Wの外側に位置するように、基板Wの横方向の寸法よりも十分に大きくなるように設定されている。ただし、攪拌機構は、本実施形態に記載したパドル攪拌に限定されず、他にも、空気攪拌、噴流攪拌、スキージ攪拌等を用いることができる。

30

【0021】

基板Wのめっき中、温調ユニット20は、めっき液の温度を、30~80の範囲から選択された所定の温度に維持する。ただし、めっき液の温度調整システムは、上述した温調ユニット20に限定されない。例えば、めっき槽10内に温度センサーを設け、めっき槽10とめっき液補給装置との間でめっき液を循環させるめっき液の配管経路中にヒーター(またはチラー)と熱交換器(またはクーラー)を設置してもよい。このような温度調整システムによれば、めっき槽10内のめっき液の温度に応じて、配管経路中のめっき液を加温または冷却することで、温度調整されためっき液をめっき槽10に投入

40

【0022】

めっき液に用いられる促進剤としては、特に限定されないが、SPS(ビス(3-スルホプロピル)ジスルファイド)、またはその2ナトリウム塩、3-メルカプト1-プロパンスルホン酸またはそのナトリウム塩、N,N-ジメチルジチオカルバミン酸(3-スルホプロピル)ジスルフィド等が挙げられる。

【0023】

めっき液に用いられるサプレッサー(抑制剤)としては、特に限定されないが、PEG(ポリエチレングリコール)、ポリプロピレングリコール、エチレングリコールとプロピレングリコールとの共重合体、及びそれらの誘導体ポリビニルアルコール、カルボキシメ

50

チルセルロース等が挙げられる。

【0024】

添加剤にはレベラーが含まれてもよい。使用されるレベラー（平滑剤）としては、特に限定されないが、PEI（ポリエチレンイミン）、ヤーンスグリーンB等の有機染料、ジグリシジルエーテルと窒素含有化合物の反応生成物、ポリアミン、水溶性樹脂等が挙げられる。

【0025】

本実施形態に使用されるめっき液には、上記添加剤に加えて、塩化物イオン（ Cl^- ）が含まれている。塩化物イオンは、めっきにより析出した銅の表面に吸着して、その機能を発揮すると考えられている。より具体的には、塩化物イオンは、めっき液中の抑制剤に働きかけて、抑制剤の機能を促進させるものと考えられる。本発明者は、めっきにより形成されるバンプのドーム高さ（図13参照）は、めっき液に含まれる塩化物イオンの濃度に依存して変わること実験により見出した。

10

【0026】

図4は、めっき液に含まれる塩化物イオンの濃度と、バンプ高さに対するドーム高さの割合との関係を示すグラフである。なお、バンプ高さに対するドーム高さの割合は、バンプ高さに対するドーム高さの比と同義である。図4のグラフは、塩化物イオンの濃度が異なる4つのめっき液中に、それぞれ基板を浸漬させてバンプを形成した実験結果を示している。

【0027】

20

使用しためっき液は、硫酸銅五水和物、硫酸、促進剤、抑制剤、平滑剤、塩化物イオンを含むものであった。用意した4つのめっき液中の塩化物イオンの濃度は、それぞれ、 50 mg/dm^3 （またはppm）、 100 mg/dm^3 （またはppm）、 200 mg/dm^3 （またはppm）、 300 mg/dm^3 （またはppm）であった。塩化物イオンの濃度以外のめっき条件は同じであった。図4から分かるように、塩化物イオンの濃度に従って、バンプ高さに対するドーム高さの割合が減少する。

【0028】

図5は、図4に示す濃度の塩化物イオンを含むめっき液を使用して基板をめっきした結果として得られたバンプの形状を示す図である。図5に示す4つのバンプ1の高さ、すなわちバンプ高さHは、実質的に同じであった。より具体的には、バンプ高さHは、 $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上であった。図5から分かるように、バンプ高さHは実質的に同じであるにもかかわらず、塩化物イオンの濃度に従ってドーム高さdhが減少する。これは、塩化物イオンの濃度が増えるに従って、ドーム高さdhが小さくなることを意味している。

30

【0029】

一般に、バンプ高さHが小さい場合には、ドーム高さdhも小さく、ドームの形状はあまり問題とならない。しかしながら、ドーム高さdhはバンプ高さHに大きく依存するため、バンプ高さHが $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上となると、ドーム高さdhも大きくなる。そこで、本実施形態によれば、バンプ高さHが $100\text{ }\mu\text{m}$ 以上であっても、めっき液中の塩化物イオンの濃度を調整することによって、ドーム高さdhを小さくすることができる。

【0030】

40

塩化物イオンは、水溶性塩素化合物をめっき液に投入することによってめっき液に添加することができる。したがって、めっき液中の塩化物イオンの濃度は、めっき液に投入される水溶性塩素化合物の量によって調整することができる。水溶性塩素化合物の具体例には、塩酸、塩化ナトリウム、塩化カリウム、またはこれらの組み合わせが挙げられる。

【0031】

塩化物イオンの濃度によってドーム高さが変わる理由は、次の通りと考えられる。図6に示すように、バンプを構成する銅42は、レジスト40の開口部40a内のシード層41の露出面上に析出する。塩化物イオン44は、析出した銅42の表面に吸着される。抑制剤45は、塩化物イオン44を仲介として銅42の表面に付着する。その結果、銅42の局所的な析出が緩和され、核発生密度が向上する。塩化物イオン44は、銅42のボト

50

ムアップ成長に特に影響すると言われている。

【0032】

めっき液中の塩化物イオン44の濃度が高い場合、図6に示すように、塩化物イオン44は銅42の表面上に均一に付着し、これら塩化物イオン44を介して抑制剤45が付着する。結果として、銅42の局所的な析出が緩和され、銅42の表面の中央部はほとんど盛り上がらない。

【0033】

めっき液中の塩化物イオン44の濃度が過度に高い場合、図7に示すように、銅42の表面上の一部に塩化物イオン44が過度に存在し、電氣的に弱い部分が発生する。電流は、その部分に集中し、局所的に電流密度が上昇する。この状態で、めっきが進行すると、銅42の表面の一部にピットと呼ばれる凹部、またはノジュールと呼ばれる突起部(凸部)が形成される。

10

【0034】

一方、めっき液中の塩化物イオン44の濃度が低い場合、図8に示すように、塩化物イオン44は、銅42の表面に均一に付着せず、銅42の表面の端部に集まりやすい。結果として、銅42の表面の中央部が盛り上がる。

【0035】

以上のような観点から、ドーム高さをコントロールするために適切な塩化物イオンの範囲が存在する。本実施形態では、めっき液中の塩化物イオンの濃度は、 100 mg/dm^3 (またはppm) から 300 mg/dm^3 (またはppm) の範囲から選択される。塩化物イオンの濃度が 100 mg/dm^3 未満であると、抑制剤に作用する塩化物イオンの量が少なすぎて、ドーム高さを制御することが難しい。一方、塩化物イオンの濃度が 300 mg/dm^3 を超えると、図7で説明したように、バンプの一部にピットと呼ばれる凹部またはノジュールと呼ばれる突起部が形成される。このような理由から、本実施形態のバンプめっきに使用されるめっき液の塩化物イオンの濃度は、 100 mg/dm^3 から 300 mg/dm^3 の範囲内である。

20

【0036】

一実施形態では、基板のめっき中、電流密度は、 1 A/dm^2 から 20 A/dm^2 の範囲内に維持される。めっき時間を短縮してスループットを上げるためには、アノード26(図1参照)から基板Wに流れる電流密度は高いことが好ましい。しかしながら、最初から電流密度を高くすると、銅の表面の一部に凹凸部が形成されることがある。そこで、めっき時間を短縮しつつ凹凸部の形成を防止するために、めっき開始時に電流密度を徐々に上昇させることが好ましい。図9は、電流密度を段階的に上昇させる実施形態を示す図であり、図10は、電流密度を直線的に上昇させる実施形態を示す図である。これら図9及び図10のようにめっき開始時に基板に印加される電流密度を徐々に上昇させることによって、ディフェクトを発生させることなく、めっき時間を短縮し、スループットを向上させることができる。なお、めっき開始時とは、めっき処理を開始してから、短いながらも所定の時間が経過するまでを意味する。

30

【0037】

次に、図11に示すフローチャートを参照しながら、めっき方法の一実施形態を説明する。ステップ1では、図4に示すような、めっき液に含まれる塩化物イオンの濃度と、バンプ高さに対するドーム高さの割合との関係を示す相関データが用意される。この相関データは、過去に行われた実験結果から作成することができる。相関データは、塩化物イオンの濃度と上記割合との関係を示すデータテーブルでもよく、または塩化物イオンの濃度と上記割合との関係を示す関数であってもよい。相関データは、めっき装置の図示しない記憶装置に記憶される。

40

【0038】

ステップ2では、図示しない制御装置にて、バンプ高さに対するドーム高さの所望の割合と、上記記憶装置に保存されている相関データとに基づいて、めっき液に含まれるべき塩化物イオンの濃度が選択される。より具体的には、上記所望の割合を達成することがで

50

きる塩化物イオンの濃度が、相関データに基づいて選択される。上述したように、選択される塩化物イオンの濃度は、 100 mg/dm^3 から 300 mg/dm^3 の範囲内である。

【0039】

ステップ3では、選択された濃度の塩化物イオンを含むめっき液が作成される。このめっき液には、塩化物イオンに加えて、銅イオン、硫酸イオンが含まれ、さらに促進剤および抑制剤などの添加物が含まれる。ステップ4では、基板を基板ホルダ24（図1参照）で保持し、めっき液中に浸漬させる。ステップ5では、めっき液に浸漬されたアノード26（図1参照）と基板との間に電流を流しながら、パドル32を往復移動させることによって、基板をめっきする。基板のめっき中は、パドル32（図1参照）は、予め設定された往復動速度（1分あたりの往復動回数）で往復運動する。なお、アスペクト比が高いビアを含む基板の場合であっても、パドルの往復動によって、基板近傍での液の拡散効果が生じることになり、基板のビアの底部付近にもめっき液が十分行き渡るようにされる。基板のめっきは、ポンプの高さが少なくとも $100\text{ }\mu\text{m}$ に達するまで行われる。ステップ6では、予め設定されためっき時間に達した時点で、基板のめっきが終了する。

10

【0040】

図12は、図11に記載した実施形態に従って実施した実験のめっき条件と、比較例として実施した実験のめっき条件を示す図である。比較例として実施した実験では、めっき中のめっき液の温度は 30 、パドル32の往復動速度は 250 回/分、めっき時間は約4時間、平均電流密度は 4 A/dm^2 、塩化物イオンの濃度は 50 mg/dm^3 であった。この実験では、ポンプ高さに影響されてドーム高さが大きくなりすぎて、所望のドーム高さが達成できなかった。

20

【0041】

本実施形態に従った実験では、めっき中のめっき液の温度は 45 、パドル32の往復動速度は 375 回/分、めっき時間は約1時間、平均電流密度は 14.5 A/dm^2 、塩化物イオンの濃度は 100 mg/dm^3 または 300 mg/dm^3 であった。この実験では、塩化物イオンの濃度を調整することにより、所望のドーム高さを得ることができた。

【0042】

上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

30

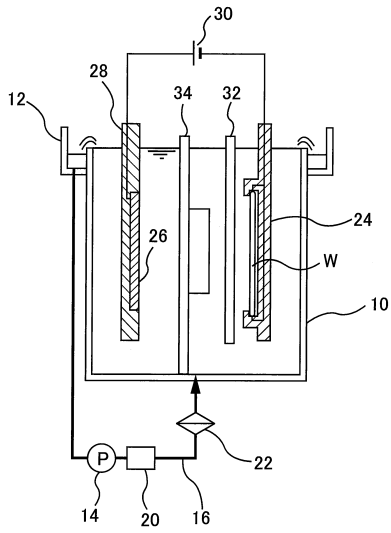
【符号の説明】

【0043】

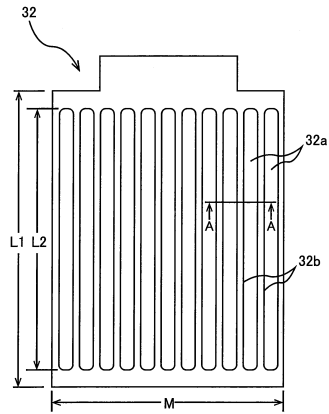
- 10 めっき槽
- 12 オーバーフロー槽
- 14 ポンプ
- 16 めっき液供給ライン
- 20 温調ユニット
- 22 フィルタ
- 24 基板ホルダ
- 26 アノード
- 28 アノードホルダ
- 30 電源
- 32 パドル
- 34 調整板

40

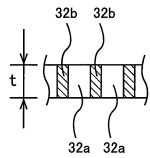
【図1】



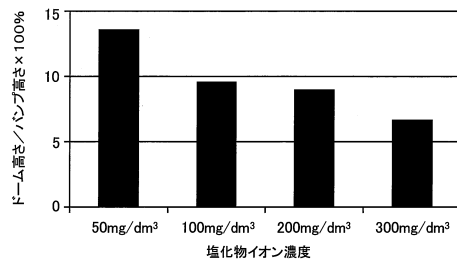
【図2】



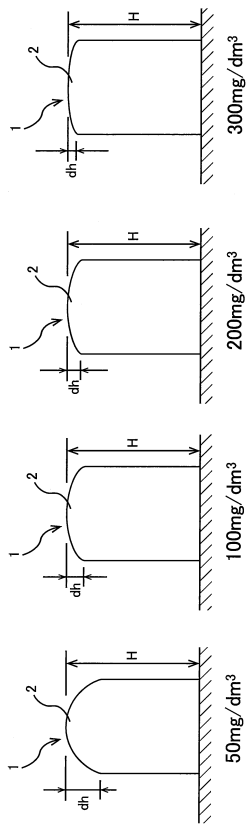
【図3】



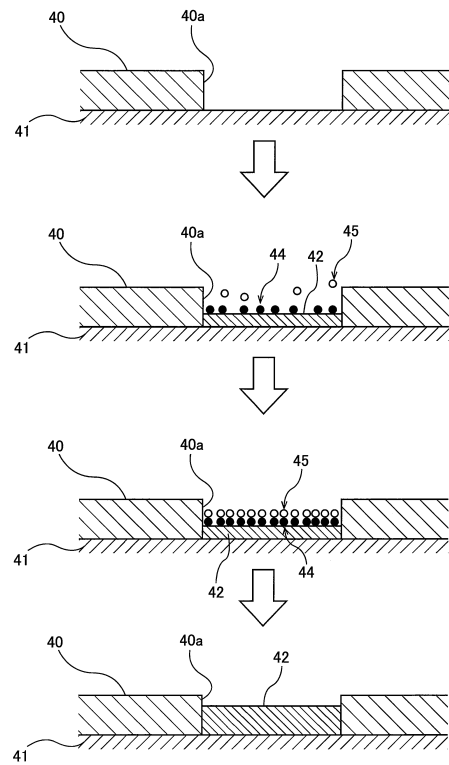
【図4】



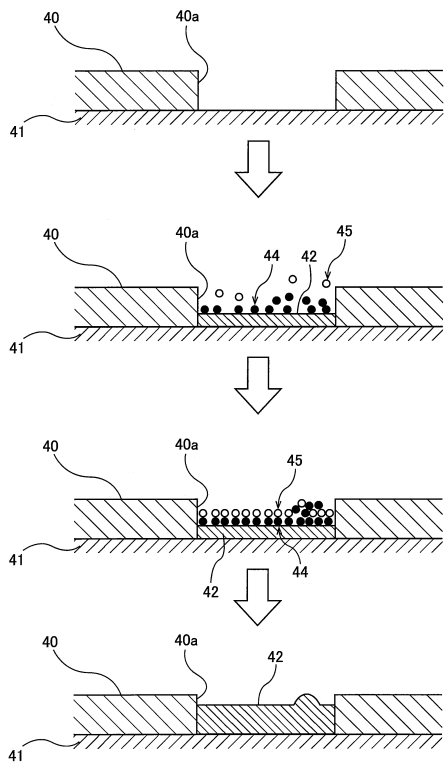
【 図 5 】



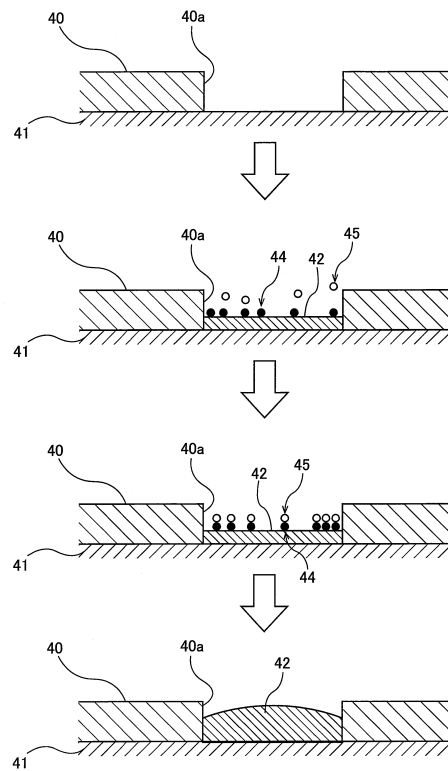
【 図 6 】



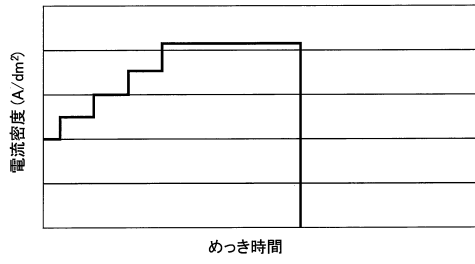
【 図 7 】



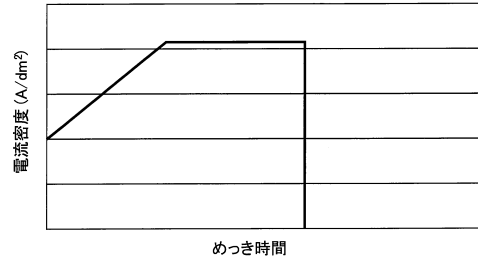
【 図 8 】



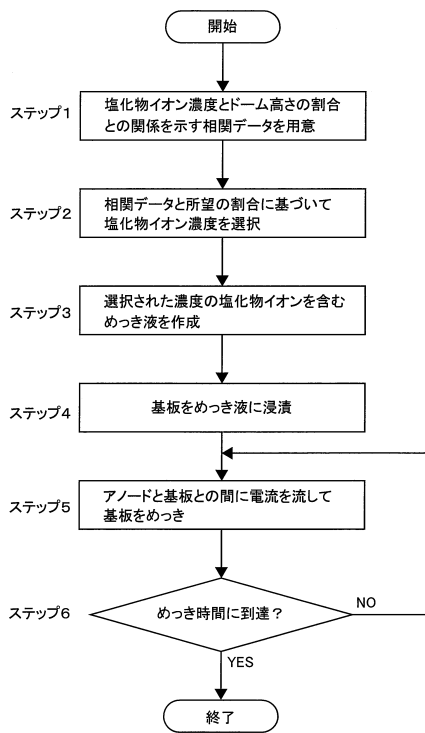
【図9】



【図10】



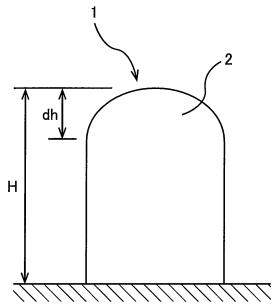
【図11】



【図12】

| | | | | |
|-----------|------------------------|-----|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | 本発明の実施形態 | | | |
| めっき液温度 | 45°C | 比較例 | 30°C | |
| パドルの往復動速度 | 375回/分 | | 250回/分 | |
| めっき時間 | 約1時間 | | 約4時間 | |
| 平均電流密度 | 14.5 A/dm² | | 4 A/dm² | |
| 塩化物イオン濃度 | 100mg/dm³ or 300mg/dm³ | | 50mg/dm³ | |
| | | | | <p>The diagram shows three cross-sectional views of a substrate with a dome. The top view shows a flat surface with a small dome. The middle view shows a larger dome. The bottom view shows a very large, rounded dome. The height of the dome is labeled as dh.</p> |

【 図 13 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
C 2 5 D 7/12 (2006.01) C 2 5 D 7/00 H
C 2 5 D 3/38 (2006.01) C 2 5 D 21/10 3 0 1
C 2 5 D 7/12
C 2 5 D 3/38 1 0 1

(72)発明者 下山 正
東京都大田区羽田旭町11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2009-155726(JP,A)
特開2006-131961(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 2 1 / 6 0
H 0 1 L 2 1 / 2 8 8
H 0 1 L 2 1 / 7 6 8
C 2 5 D 7 / 0 0 - 1 2
C 2 5 D 3 / 3 8 - 4 0
C 2 5 D 2 1 / 1 2 - 1 4