

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4221365号
(P4221365)

(45) 発行日 平成21年2月12日(2009.2.12)

(24) 登録日 平成20年11月21日(2008.11.21)

(51) Int.Cl.	F I
C 2 5 D 21/12 (2006.01)	C 2 5 D 21/12 C
C 2 5 D 7/12 (2006.01)	C 2 5 D 21/12 A
C 2 5 D 7/00 (2006.01)	C 2 5 D 7/12
	C 2 5 D 7/00 G

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2004-520462 (P2004-520462)	(73) 特許権者	597075328
(86) (22) 出願日	平成15年7月2日(2003.7.2)		アトーテヒ ドイッチュラント ゲゼルシ
(65) 公表番号	特表2005-536633 (P2005-536633A)		ャフト ミット ベシュレンクテル ハフ
(43) 公表日	平成17年12月2日(2005.12.2)		ツング
(86) 国際出願番号	PCT/EP2003/007051		ドイツ連邦共和国 デー・1 0 5 5 3 ベ
(87) 国際公開番号	W02004/007811		ルリン エラスムスシュトラーセ 2 0
(87) 国際公開日	平成16年1月22日(2004.1.22)	(74) 代理人	100091867
審査請求日	平成18年5月16日(2006.5.16)		弁理士 藤田 アキラ
(31) 優先権主張番号	102 32 612.6	(72) 発明者	ティース アンドレアス
(32) 優先日	平成14年7月12日(2002.7.12)		ドイツ連邦共和国 デー・1 4 1 6 7 ベ
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		ルリン ゼーホフシュトラーセ 1 4 4
		(72) 発明者	ドレツチュコフ トーマス
			ドイツ連邦共和国 デー・1 2 2 0 7 ベ
			ルリン フェルトシュトラーセ 2 0

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気分解を監視するための装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも1つの陽極と少なくとも1つの陰極とを有する、電解プロセスを監視するための装置であって、少なくとも1つの第1基準電極が、前記少なくとも1つの陽極の表面に配置され、少なくとも1つの第2基準電極が、前記少なくとも1つの陰極の表面に配置され、少なくとも1つの電圧計が、前記少なくとも1つの陽極と前記少なくとも1つの第1基準電極の間、前記少なくとも1つの第1基準電極と前記少なくとも1つの第2基準電極の間、および前記少なくとも1つの第2基準電極と前記少なくとも1つの陰極の間で、電圧を測定するためにそれぞれ設けられていて、そして前記陰極がウエハまたはチップキャリア基板である、装置。

【請求項 2】

前記少なくとも1つの基準電極が、毛細管を通して、前記少なくとも1つの陽極の表面かまたは前記少なくとも1つの陰極の表面と通じている、請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

電解質流体を、前記毛細管を通して、前記少なくとも1つ基準電極に送出可能とするための手段が設けられている、請求項2に記載の装置。

【請求項 4】

前記少なくとも1つの陽極と前記少なくとも1つの陰極が平行にされ、かつ水平に向けられているかまたは水平から傾けられている、請求項1～3のいずれか一項に記載の装置。

。

【請求項 5】

前記陽極が金属板である、請求項 1～4 のいずれか一項に記載の装置。

【請求項 6】

少なくとも 1 つの陽極と少なくとも 1 つの陰極とを有する電解槽における電解プロセスを監視するための方法であって、少なくとも 1 つの第 1 基準電極が、前記少なくとも 1 つの陽極の表面に配置され、少なくとも 1 つの第 2 基準電極が、前記少なくとも 1 つの陰極の表面に配置され、少なくとも 1 つの電圧計が、前記少なくとも 1 つの陽極と前記少なくとも 1 つの第 1 基準電極の間、前記少なくとも 1 つの第 1 基準電極と前記少なくとも 1 つの第 2 基準電極の間、および前記少なくとも 1 つの第 2 基準電極と前記少なくとも 1 つの陰極の間で、電圧を測定するために、それぞれ設けられており、そして前記陰極がウエハかまたはチップキャリア基板であり、

10

前記方法が、以下の方法ステップ、すなわち、

a) 前記少なくとも 1 つの陽極と前記少なくとも 1 つの陰極の間に、電流フローを供給するステップと、

b) それぞれの電圧を、

b 1) 前記少なくとも 1 つの陽極と前記少なくとも 1 つの第 1 基準電極との間で、

b 2) 前記少なくとも 1 つの第 1 基準電極と前記少なくとも 1 つの第 2 基準電極の間で、

b 3) 前記少なくとも 1 つの第 2 基準電極と前記少なくとも 1 つの陰極の間で同時に測定するステップと、
を含む方法。

20

【請求項 7】

前記少なくとも 1 つの基準電極が、毛細管を介して、前記少なくとも 1 つの陽極の表面か、または前記少なくとも 1 つの陰極の表面と接触させられる、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

電解質流体が、前記毛細管を通して、前記少なくとも 1 つの基準電極に送出される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記少なくとも 1 つの陽極と前記少なくとも 1 つの陰極が平行にされ、かつ水平に向けられているかまたは水平から傾けられている、請求項 6～8 のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 10】

前記陽極が金属板であり、前記金属が、電解により前記ウエハに析出される、請求項 6～9 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電気分解、特に、電解により金属を基板上に析出する電気分解を監視するための装置および方法に関する。

【背景技術】

40

【0002】

ウエハ上の集積回路、特にシリコンから作製されたウエハ上の集積回路は、一般に、フォトリソグラフィプロセスと共に、エッチングおよび析出プロセスを用いて製造される。現在まで、金属導電パターンは、通例、ウエハに電気導体結線を設けるためのスパッタプロセスを用いて生成されてきた。ここ数年は、ウエハに集積回路を製造するために、ガルバーニプロセスが、ますます用いられるようになってきた。いわゆる「バックエンド」部における、すなわち、ウエハに生成された半導体構造に配線するための銅の電解析出は別にして、いわゆるパッケージングプロセスにおいて、すなわち、チップキャリアに金属を析出するときおよび再配線において、銅、ニッケル、金およびスズの金属析出は、ますます重要になっている。これら全てに必要なこととして、電解金属析出プロセスが、めっき

50

ベースとも呼ばれる薄い開始金属層、いわゆるシード層で開始されることが共通にある。この目的のために、開始層は、適切な機械的接点を用いて、電氣的に接触するようにされ、かつ析出される金属を溶液中に含む電気めっき浴の中に置かれる。金属が、ウエハの開始層に析出するように、たとえば、電気ネットワークによってエネルギーを与えられる整流器の外部電流源および対向電極を用いて、電流が、開始層および対向電極を通して流れるようにする。析出される金属の量、およびその結果としての被膜厚は、ファラデーの法則によって制御される。

【0003】

ウエハにおける被膜厚の分布に、適切なシールドまたはセグメント陽極（対向電極）を用いて、積極的に影響を与えてもよい。可溶陽極を用い、それによって、電解質流体における金属イオン濃度を一定に保つか、または代替として、不溶性（不活性）陽極を用いるが、この場合には、追加的な対応をして、金属イオン含有量を一定に保たなければならない。

10

【0004】

めっき浴に金属イオンを補給する方法が、特許文献1に記載されている。電流が印加されたときに、陰極と陽極との間で伝えられる電気量を制御するために、めっき浴に追加的に配置され、かつ陽極と同じ金属で作製された基準電極を用いて、陰極（対向電極）の電位を測定する測定装置が、特許文献1で提案されている。導通される電気量を制御して、対向電極の測定電位が、基準電極に対して負にならないようにする。これによって、金属イオンが対向電極に析出するのが防がれる。好適で例示的な一実施形態において、対向電極および可溶電極（陽極）は、DC電源に接続されている。基準電極に対する対向電極の電位を測定するために、電圧計が用いられる。電流フローとともに変化する、対向電極および可溶電極における電位が、図に示されている。

20

【0005】

電解銅析出の場合において、銅析出浴には、通常の浴組成物に加えて、たとえば鉄（II）化合物が含まれること、およびこれらの化合物によって銅片が溶解されて銅イオンを形成し、そのプロセスにおいて鉄（II）化合物を生じることが特許文献2に言及されている。形成された鉄（II）化合物は、不溶性陽極において、鉄（III）化合物に再酸化される。

【0006】

周知の全ての電気めっき浴には、析出される金属イオンに加えて、金属析出に影響を与えるための補助剤が含まれる。一般に、これらの助剤は、一面においては析出層の構造に影響を与えるための有機化合物であり、他面においては浴を安定させ、かつ欲の導電性を増加させる目的で追加される塩、酸、または塩基である。その結果として、析出に必要とされる電圧が低減され、かくして、発生されるジュール熱は最小限となる。これによって、プロセスの安全性が向上される。ある特定のプロセスは、これらの助剤を加えることによってのみ可能となる。

30

【0007】

一般に、導電パターンは、現在、ダマシンプロセスにより生成される。特許文献2に挙げられているように、この目的のために、最初に、誘電体層が、半導体基板に付加される。所望の導電パターンを受け入れるために必要なビアおよびトレンチが、通常、ドライエッチングプロセスを用いて、誘電体層にエッチングされる。拡散バリア（たいていの場合、窒化タンタル、タンタル）および導電層（たいていの場合、スパッタされた銅）が付加された後、凹部、すなわちビアおよびトレンチが、「トレンチ埋め込みプロセス」を用いて、電解により埋め込まれる。銅は全表面に析出されるので、続いて、余分なものは、望ましくない位置から、つまりビアおよびトレンチの外側の領域から除去しなければならない。これは、いわゆるCMPプロセス（Chemical Mechanical Polishing（化学的機械的研磨））を用いて達成される。多層回路は、このプロセスを繰り返すことによって、すなわち、たとえば二酸化シリコンから作製された誘電体の付加、エッチングによる凹部の形成および銅の析出を繰り返すことによって、作製することができる。

40

50

【0008】

【特許文献1】米国特許第5, 234, 572A号明細書

【特許文献2】独国特許発明第199 15 146 C1号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

導電パターン、特に銅で作製された導電パターンが形成された後、金属欠陥（ボイド）が析出構造に容易に形成され、これらの欠陥が、ことによると回路全体の機能的故障につながることを、調整を目的として研磨した部分において見い出すことができる。

【0010】

したがって、本発明が直面している問題は、周知の装置および方法の欠点を回避すること、特に、このような欠陥が形成されるのを確実に防ぐことを可能とする手段を見つけることである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

この問題を克服するために、本発明は、請求項1に記載の装置および請求項7に記載の方法を提供する。本発明の好適な実施形態は、従属項に示されている。

【0012】

本発明による装置は、半導体基板（ウエハ）の集積回路およびチップキャリアにおける回路構造の製造中に、電気分解、特に、電解金属析出プロセスを監視する役割を果たす。

【0013】

本発明をより詳細に説明するために、以下において、用語「ウエハ」は、任意のワークピースを示すために用いる。同様に、用語「析出電解液」または「析出電解質流体」は、電気分解を実行するために使用される電解質流体を指し示すために用いる。代替として、この流体はまた、電気分解が、電解エッチングプロセスである場合には、エッチング流体であることもできる。可能な電気分解として、電解析出方法および電解金属エッチング方法の両方がある。原則的には、本発明はまた、本明細書で言及するプロセスとは別の電気分解用に用いることもできる。次の説明において、用語「電解析出プロセス」は、他の全ての電気分解も同様に指し示すために用いられる。

【0014】

問題を克服することにおいて、本発明により、装置および方法が提供される。この装置には、電解質流体と接触している少なくとも1つの陽極および少なくとも1つの陰極が含まれ、両者の間で、電流フローが発生される。少なくとも1つの基準電極が、少なくとも1つの陽極の表面（の近く）にか、または少なくとも1つの陰極の表面（の近く）に配置されている。少なくとも1つの陽極と少なくとも1つの基準電極との間および少なくとも1つの基準電極と少なくとも1つの陰極との間におけるそれぞれの電圧を判定するための電圧計が、本発明に従って、さらに設けられている。この配列により、様々な電極における電解部分プロセスを同時に記録することが可能となり、まさにこの設備により、また、経時変形するプロセスの測定が可能となる。それによって、電極が、測定中に、電解質流体に浸漬されているだけかどうか、または電圧が陰極と陽極との間に印加されるのは、2つの電極が電解質流体に接触しているときのみかどうかは、問題ではなくなる。

【0015】

本発明による装置の好適な適用において、陰極はウエハまたはチップキャリア基板であり、陽極は金属板である。この場合において、金属は、電気分解中に、ウエハまたはチップキャリア基板に析出されるのが好ましい。

【0016】

本発明によるデバイスには、特に、少なくとも1つの陽極の表面（の近く）に配置された少なくとも1つの第1の基準電極、および少なくとも1つの陰極の表面（の近く）に配置された少なくとも1つの第2の基準電極が含まれる。少なくとも1つの陽極と少なくとも1つの第1の基準電極との間、少なくとも1つの第1の基準電極と少なくとも1つの第

10

20

30

40

50

2の基準電極との間、および少なくとも1つの第2の基準電極と少なくとも1つの陰極との間の電圧を測定するための電圧計が、さらに設けられている。この監視装置は、陽極と第1の基準電極との間、第1の基準電極と第2の基準電極との間、および第2の基準電極と陰極との間の電圧を測定する役割を果たす。

【0017】

総合的なテストにより、析出された金属層における欠陥（たとえばボイド）は、使用される金属析出浴が、ある一定の条件の下で、開始層から金属を除去し得るという事実のせいであることが示された。

【0018】

開始金属層を設けられたウエハが、金属析出溶液に浸漬されたときに、外部電圧は、最初、開始層に少しも印加されない。したがって、開始層と電解質溶液が接触するとすぐに、これらの間の位相境界において、平衡電位が実現される。開始層への析出用金属、特に銅のために適用される通常の条件下において、金属溶解に対する開始層の電位は正であり、開始層は、析出溶液へゆっくりと溶解する。

【0019】

ウエハで用いられる金属開始層は、コストおよびプロセスに関連する理由で、一般に非常に薄い。たとえば、ダマシンプロセス用に作製された典型的な構造部（たとえば、幅が0.1~0.2 μm で、深さが約1 μm のトレンチ、ビア）において、開始層の厚さは、通常、約5~25 nmである。これとは異なり、ウエハ表面上の開始層の厚さは、約100 nmである。使用される電解質溶液におけるエッチレートが、かなり高いので、このようなタイプの層は、電解質溶液に浸漬中に、少なくとも構造部内において、急速に除去される可能性がある。約180 g/lの硫酸、および40 g/lの、硫酸銅形態の銅を含む典型的な銅電解液において、エッチレートは、通常の電解条件下で、約10 nm/分である。これらの条件下で、金属析出の前に残る被膜厚は、ある一定の環境下では、信頼できる金属被膜を保証するには、十分でない可能性がある。エッチレートは、とりわけ、使用される電解質溶液のタイプ、析出プロセス用に選択された条件および開始層のタイプに依存する。

【0020】

この問題は、浸漬と析出プロセス開始との間の時間を短縮することによって克服することはできない。なぜなら、金属析出を開始する前に、たとえば、被膜すべきウエハを流体で完全にウェットするために、浸漬の後、ある一定の最低処理時間を守らなければならないからである。したがって、開始層に電解により金属を析出するプロセスのために利用できる時間窓は、ほんの狭いものである。特別な問題は、複数の影響する可能性のある変数のために、プロセス用時間窓の大きさを決定することができず、金属被膜の結果が、偶然にのみゆだねられていることである。

【0021】

薄い開始金属層は、析出プロセスの変動および腐食に特に敏感である。この層の厚さにおけるほんのわずかな減少でさえも、たとえばナノ構造におけるプロセスの無難な開始を危険にさらすに十分である可能性がある。

【0022】

したがって、浸漬およびウェットティング手順を正確に制御することは、非常に重要である。技術的には、このような制御は、容易に可能となるわけではない。なぜなら、浸漬前における、電解質流体とウエハとの間の電氣的接触不足と、浸漬の後に得られる、電解液に依存する平衡電位の欠如のためである。電解液の組成次第で、開始層は、多かれ少なかれ、予測できない程に腐食する可能性がある。

【0023】

金属の除去に特に影響するパラメータは、合計されて陽極と陰極との間に印加される総電圧（クランプ電圧）を生じる部分電圧であることが分かった。

【0024】

電解金属析出中に、電流が、陽極と陰極との間に流れる。言及した部分電圧の合計から

10

20

30

40

50

構成される電圧は、この電流フローを発生するために必要とされる。総電圧は、特に、陽極および陰極電荷移動過電圧、分極過電圧、結晶化過電圧、また濃度過電圧、ならびに電解液抵抗による電圧降下および給電線における電圧降下の合計の結果である。

【0025】

一般に、測定可能なクランプ電圧が、個別電圧間でどのように配分されるかは知られていない。特に、配分における変動は、記録できない。なぜなら、たとえば、整流器における電流源のクランプ電圧のみが知られているからである。析出中に、言及した抵抗の1つもしくは列挙した過電圧の1つが変化する場合、またはそれらが、処理される様々なウエハ間で変動する場合には、よくても、クランプ電圧の、結果として測定可能な変化を説明することはできないであろう。最悪の場合には、この変化は気づかれもせず、金属は、もしかしたら、それについて知られもしないで、除去されるであろう。

10

【0026】

半導体技術において、プロセスの無事および方法の再現性は、最も重要なので、部分電圧を記録する手段を見い出さなければならない。プロセスの制御および修正を可能とするために、プロセス中の変動を説明し、識別しなければならない。

【0027】

電解液の電気抵抗による電圧降下における変動を、少なくとも検出するために、陽極または陰極の表面に直接に配置される基準電極を用いる。この目的のために、基準電極が表面のごく近くに持ってこられることになるので、電位は、それぞれ1つの表面において、直接に測定することができる。基準電極は、たとえば、それぞれ1つの表面のごく近くに持ってくるので、それらの間隔は、1 mmより小さく、たとえば、0.2 mmである。特に、基準電極はまた、表面のまさに前面ではないが、たとえば、表面の横で、表面にごく近く、陽極または陰極表面の水平面に配置してもよい。それにより、基準電極は、表面と接触させる必要がない。別の可能性は、導電電解液を含む小さな容器を、それぞれの表面かまたはそれに隣接して置くことであり、容器内の基準電極により、表面における電位の検出が可能となる。

20

【0028】

本発明の好適な一実施形態においては、2つの基準電極が設けられている。すなわち、2つの基準電極のうち第1のものは、陽極の表面に配列され、第2の基準電極は、陰極の表面に配列されている。2つの基準電極は、電極のそれぞれ1つにすぐ隣接して配置されているので、電解液の電気抵抗による電圧降下の影響は、2つの基準電極間の電圧の形態で、別個に検出することができる。基準電極のそれぞれ1つと、その表面に電極が配置されている陽極または陰極との間で測定される他の電圧降下には、陽極または陰極表面に隣接して発生する電圧降下および特に、電荷移動過電圧、分極過電圧および濃度過電圧が含まれる。

30

【0029】

このように、電解槽の異なる領域における様々な電圧降下を検出することができ、その結果として、前述の要因（電解質溶液のタイプ、開始層の特性およびその他など）の影響を別個に検出することができ、それに応じて解析することができる。言及した、影響を与える変数による変動を、このように識別し、このような変化の場合に、適切な対応ができるようにしてもよい。

40

【0030】

本発明における利点の1つは、実質的な構造的拡張が少しも必要ではないので、本発明の手段で、既存の電気めっきプラントを容易に改良できることである。

【0031】

任意の基準電極を用いて、言及した変動を測定することができる。安定した基準電極が特に含む金属は、この金属のほとんど溶けない塩および電解液と平衡している。このようなタイプの基準電極は、たとえば、第2種または第3種電極であるが、それは、これらの電極が、ある不変の基準電位を提供するからである。第2種基準電極は、電位決定イオンの濃度が、イオンが電位決定イオンと同じであるほとんど溶けない化合物の存在によって

50

決定される基準電極である。第3種基準電極は、これとは異なり、電位決定イオンの活性が、2つの固相の存在によって決定される基準電極である。第2種基準電極は、特に、カロメル電極、銀／塩化銀電極、硫酸水銀電極および酸化第二水銀電極である。第3種基準電極は、亜鉛およびシュウ酸カルシウムから作られた析出物が存在する状態で、カルシウムイオン溶液と平衡している亜鉛ロッドであってもよい。

【0032】

1つの基準電極が、陽極に隣接して取り付けられ、別の基準電極が、ウエハに隣接して取り付けられる。プロセスは、電気分解中に、陽極と第1の基準電極との間、第1の基準電極と第2の基準電極との間および第2の基準電極と陰極との間の電圧を測定することによって制御される。

10

【0033】

第1の基準電極と第2の基準電極との間で測定される電圧は、電解液抵抗の変動の結果であり、これらの変動は、電解液の不安定な組成または処理タンク内における不規則な流体フローを示している。

【0034】

第1の基準電極と陽極との間で測定される電圧の変動は、不安定な陽極プロセスをさらに示している。これは、可溶陽極を用いている状態では、陽極の消費、陽極フィルムにおける変化または変化する陽極形状のせいである可能性がある。不活性（不溶）陽極に関しては、測定電圧におけるこのような変化はまた、この陽極の障害（活性陽極層が、たとえば、剥離する可能性がある）、またはたとえば、DE10015146C1号明細書に説明されている方法を実行する場合には、Fe(II)およびFe(III)化合物など酸化還元種の、陽極への供給不足を示している可能性がある。

20

【0035】

第2の基準電極と陰極との間で測定される電圧の変動は、開始層の厚さが変わったことなど、不安定な陰極プロセスを示している。これは、たとえば、この層が、金属析出溶液によって腐食されているか、またはこの層が、十分な厚さが全くなかったからである。

【0036】

プロセスを制御するために、特に、開始層の腐食を防ぐために、開始層と、最も近くの基準電極、たとえば第2の基準電極との間の電圧差を、浸漬の前に、電力整流器によって印加することができる。開始層の電位を適切に選択することによって、浸漬中およびもしかしたらウェットティング段階においても同様に、開始層の腐食を防ぐことが可能となる。有用な測定結果を得るために、基準電極のそれぞれ1つは、関連する電極のできる限り近くに持ってこなければならない。しかしながら、析出された金属が、できる限り均一に配分されるように、ワークピース（たとえば陰極）および対向電極（たとえば陽極）を、それによって、シールドされていない状態から防がなければならない。

30

【0037】

安定した基準電極が特に含む金属は、この金属のほとんど溶けない塩および電解液と平衡しているので、電気分解の電解液が、基準電極の電解質によって汚染される恐れがある。このような汚染は、絶対に防ぐ必要がある。この問題も同様に克服するために、基準電極は、少なくとも1つの毛細管を通して、陽極のまたは陰極の表面と接触する。基準電極間、ならびに基準電極のそれぞれ1つと陽極および陰極との間における電圧の測定は、それぞれ、高抵抗測定であるという点で、非常にわずかな電流のみが、測定装置を通して流れる。結果として、毛細管は、非常に細くすることができ、基準電極の電解質を介した、電気分解における電解液の汚染は、最小限にされる。

40

【0038】

この問題に関連する別の改良が達成されるのは、電気分解の電解質流体が、毛細管を通して、基準電極のそれぞれ1つに供給されるという点においてである。このようにして、基準電極の電解質は、拡散によって析出電解液に入るのを妨げられる。

【0039】

電解により金属、特に銅を、半導体基板に析出するために、たとえば、白金から作製さ

50

れた通例の電気めっき装置を用いることができるが、この場合、陽極および半導体基板は、平行にされ、かつ水平に向けられるかまたは水平から傾けられる。陽極および半導体基板は、また、垂直に向けることができる。2つの電極は、目的に適合するように構成されたタンク、たとえば円筒状タンクに位置し、このタンクが、電解質流体および電極を収容する。通常、陽極は、円筒状タンクの底部に配置され、半導体基板は、タンクの上部に配置される。定義された流体フローを発生するために、電解質流体は、ある一定の仕方で、タンクの中を通して流れることができる。基準電極は、言及した毛細管を介して、円筒状タンクと通じている別個の容器に収容してもよい。毛細管は、電極のそれぞれ1つとすぐ隣接して位置するような仕方で、タンクの壁に配置される。

【0040】

本発明の別の利点として、本発明による装置、および方法によって、ある一定の電圧（電位）を同時に測定する可能性とともに、様々な電極において行われるように説明した様々な部分プロセスを制御することが可能となる。この設備によって、電流移動における問題の発見が可能となる。

【0041】

本発明を、以下の図に関連して、より詳細に説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

図1に、半導体基板上の誘電体層3における構造部4に隣接およびその内部の開始層2における被膜厚の分布を示す。この場合には、構造部4は、幅が $0.2\mu\text{m}$ 、深さが約 $1\mu\text{m}$ である。基板の表面において、開始層2の厚さは、約 100nm である。しかし、開始層2は、構造部4の底部では、ずっと薄い。そこでは、その厚さは、わずか $5\sim 25\text{nm}$ である。この下部領域においてだが、金属析出電解液における開始層2の浸漬および続くウェットングの間に、構造部4の底部では、金属が何もなくなくなるかまたは金属の非常に薄い層だけが残されることになるほどまで、開始層2が除去されてしまう恐れがある。結果として、続く電解金属めっきプロセスの間、この場所では金属が全く析出されない可能性がある。

【0043】

図2は、電解液を含むスペースにおける、陽極5と陰極1との間の電位差の概略的図解である。電流源6によって送出される電流は、陽極5と陰極1との間を流れる。電流源6は、たとえば、電力整流器であってもよい。電流源6によって送出される電圧Uは、電圧計7を用いて測定する。電圧Uはまた、クランプ電圧とも呼ばれる。

【0044】

陽極5に隣接して、第1の基準電極8が配置されている。同様に、第2の基準電極9が、陰極1に隣接して配置されている。

【0045】

電解液を含むスペースにおける、陽極5と陰極1との間の電位差には、数10のラベルが付けてある。簡略化のために、電位差10は、単に3つの部分11、12および13に分けられているが、部分11および13は、拡散および結晶化過電圧によって発生され、部分12は、電解液の電気抵抗によって発生される電圧降下から生じる。

【0046】

言及した電圧降下は、第1の電圧計14を用いて陽極5と第1の基準電極8との間の電圧を測定することによって、第2の電圧計15を用いて第1の基準電極8と第2の基準電極9との間の電圧を測定することによって、および第3の電圧計16を用いて第2の基準電極9と陰極1との間の電圧を測定することによって、簡単な仕方で判定することができる。電圧計14、15および16によって測定された部分電圧11、12、13の合計が、クランプ電圧Uを生じる。

【0047】

電圧降下11は電圧計14によって、電圧降下12は電圧計15によって、電圧降下13は電圧計16によって、測定される。

【0048】

図3は、電解により金属を半導体基板1に析出するための装置の概略的図解である。この装置には、タンク20、ならびにタンク20の底部の陽極5およびタンク20の上部に、陰極として用いられる半導体基板1が備えられている。タンク20は、レベル21まで電解質流体22で満たされている。流体22は、たとえば、底部からタンク20に入り、陽極5を通して流れることができる。この目的のために、陽極5は、穿孔されているのが好ましい。

【0049】

タンク20の壁に、第1の毛細管23が、陽極5に隣接して埋め込まれ、第2の毛細管24が、半導体基板1に隣接して埋め込まれている。電解質流体は、毛細管23、24を通り、タンクの側面に取り付けられた基準電極容器25および26へ、少量のフローで流入することができる。これによって、容器25、26に入っている可能性があり、析出流体22とは別の配合を有する電解質流体が、タンク20に入るのが防がれる。容器25、26には、電気線を通して電圧計（図示せず）に接続されている第1の基準電極8および第2の基準電極9が収容されている。

10

【0050】

図4は、析出槽の概略的図解である。陽極5は、隔壁（本明細書では図示せず）で囲まれた、たとえばショットまたはペレットの形状の析出される金属を保持する不活性陽極バスケットによって、形成されている。陽極5は、タンク20の外側に位置している。陽極5は、タンク20内に結合されている管29を通し、シールド28を介して結合されている。シールド28は、事実上の陽極として働く。第1の基準電極8は、陽極5に隣接して配置されている。第2の基準電極9も、同様に、陰極1に隣接して配置されている。陰極1と第2の基準電極9との間の電圧、第2の基準電極9と第1の基準電極8との間の電圧および第1の基準電極8と陽極5との間の電圧は、それぞれ、電圧計16、15、14を用いて測定される。タンク20は、電解質流体22で完全に満たされている。

20

【実施例】

【0051】

実際の動作で行われたテストにより、陰極1に析出される金属量が十分でないことが示された。同時に、印加された電圧は20Vであったが、通常の析出槽（わずか2～3Vで10A）と比較して、約100mAの非常の低い電流のみが、陰極1と陽極5との間で測定された。したがって、その理由は、たとえば、次のようだった可能性がある。すなわち、

30

1. 陰極1と電解質流体22との間の不十分な電氣的接触、
2. 管29の破断、
3. 陽極5と電解質流体22との間の不十分な接触または
4. 管29を通した不十分な電解液フロー。

【0052】

ここでは2つの基準電極8、9および電圧計14、15、16を含む、本発明による測定装置の設計において、次の結果を、本発明によって同時に取得することができ、欠陥の発見が可能となった。

40

【0053】

陰極1と第2の基準電極9との間で、経時的に安定した約0.5Vの電圧が、電圧計16を用いて測定された。電圧計15によって測定された2つの基準電極8、9間の電圧は、1Vで経時的に安定していた。それに反して、第1の基準電極8と陽極5との間の電圧は、約18.5Vであり、全電圧に合わせて変化した。

【0054】

これらの結果により、前述の理由1、2および4を捨てることが可能になった。問題は、陽極5と電解質流体22との間の変わり目において確立される電気接触を改善することによって除去することができた。陽極バスケットの回りに配置された隔壁が、もはや電解質流体でウェットされていないことが分かった。

50

【0055】

さらなる実施例において、電解銅浴22を用いて、半導体ウエハ1に銅層を析出した。ウエハ1には、約100nm厚の銅シード層が設けられた。銅シード層は、銅シード層を露出しているビアおよびトレンチを有するフォトレジスト層で被膜された。銅浴22には、硫酸銅、硫酸および少量の塩化ナトリウムが、通常、物理的機械的特性を最適化するために使用される一般的な添加成分と同様に含まれていた。浴22は、図4に示したタンクの設計を有する析出タンク20において動作された。陽極5は、不溶性で、チタンの伸張された金属シートから作製され、貴金属（たとえば白金）で活性化された。浴22において標準銅イオン濃度を維持するために、銅片が、タンク20と流体接続している別個の容器（本明細書では図示せず）に溶解された。銅の溶解を促進するために、浴22はまた、Fe(II)およびFe(III)化合物を含んでいた。この目的に適した浴が、たとえば、DE19915146C1号明細書で説明されている。

10

【0056】

ウエハ1を銅浴22と接触させ、その後のある一定の遊び時間の後で、ウエハ1に金属被膜するために、電流のスイッチを入れた。電流のスイッチが入れられる前に、銅シード層は、銅めっき浴22によって、または特に、この浴22におけるFe(III)イオン化合物によって、エッチングされるおそれがあった。この理由で、最初の銅析出の前に、銅シード層が、少なくとも部分的に溶解する場合には、電気めっきは、問題であった。

【0057】

電気めっきは、ウエハ1と陽極5との間に流れる電解電流によってもたらされた。ウエハ1の無難なウェットिंगが行われたかどうか、および十分な厚さの銅シード層が、ウエハ1の表面にまだ存在しているかどうかを確認するために、ウエハ1と基準電極9との間の電圧を経時的に測定することによって、銅析出の無難な開始を容易に判定することができた。電圧が予想した値の範囲にないと判定された場合には、不十分な電気めっきが予想された。

20

【0058】

さらに、ウエハ1と基準電極9との間の電圧が測定された。全電気めっきプロセスの間中、この測定を実施し、ウエハ1の定義された電位制御が達成された。これによって、また、ウエハ1の浸漬およびウェットिंगの方法ステップを始めとする全銅めっきプロセス中における、プロセスの無事が保証された。適切な電圧がウエハ1に印加された場合には、シード層のエッチングを防げることがわかった。これらの条件の下で、ウエハ1のウェットING期間を最適化、すなわち、延長することができた。

30

【0059】

同時にまた、処理が、陽極5における評価できない条件によって影響されることが分かった。高すぎるめっきレートは、レートを決定しているめっき浴22における材料の転移につながる（Fe(II)からFe(III)への反応）が判明した。これは、水の電気分解、したがって、陽極5における酸素ガス気泡の発生につながる可能性があった。同時に、陽極電位は、シフトすることが測定された。好ましくない条件の下では、このシフトは、陽極5と基準電極8との間の電圧を測定することによって検出された。したがって、通常の範囲外にある電圧を確認することによって、処理パラメータは、不十分な処理を防ぐために、適切に調整することができた。

40

【0060】

それゆえに、不十分な陽極および陰極処理によって引き起こされる処理不足は、言及した電圧、およびクランプ電圧が通常の範囲から逸脱した場合には、検出することができた。これらの電圧を、ウエハ1と陽極5との間のクランプ電圧と同様に、同時に測定することによってのみ、不足の原因を発見することができた。

【0061】

本明細書で説明した実施例および実施形態は、単に例証を目的としたものであること、ならびにこれらに照らし合わせた様々な修正ならびに変更が、本出願に説明した特徴の組み合わせと同様に、当業者に連想されるであろうし、またこれらが、説明した本発明の趣

50

旨および範囲の範囲内および添付した特許請求の範囲の範囲内に含まれるべきことが、理解される。本明細書に挙げた出版物、特許および特許出願の全ては、参照により、本明細書に援用されている。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図1】半導体基板の誘電体における構造部（トレンチ、ビア）の概略的断面である。

【図2】基準電極が、それぞれ、陽極および陰極に隣接して設けられた、陽極および陰極配列における電位差の概略的表現である。

【図3】析出槽の概略的断面図である。

【図4】析出中における電流変動の問題解析用析出槽の概略図である。

10

【符号の説明】

【0063】

- 1 半導体基板（陰極）
- 2 開始層（シード層、めっきベース）
- 3 誘電体層
- 4 誘電体層3における構造部
- 5 陽極
- 6 電流源（電圧源）
- 7 クランプ電圧Uのための電圧計
- 8 第1の基準電極
- 9 第2の基準電極
- 10 電位差
- 11 陽極5における電圧降下
- 12 電解液22における電圧降下
- 13 陰極1における電圧降下
- 14、15、16 電圧計
- 20 タンク
- 21 流体レベル
- 22 電解質流体
- 23、24 毛細管
- 25、26 基準電極容器
- 27 電気線
- 28 シールド（事実上の陽極）
- 29 管
- U クランプ電圧

20

30

【図 1】

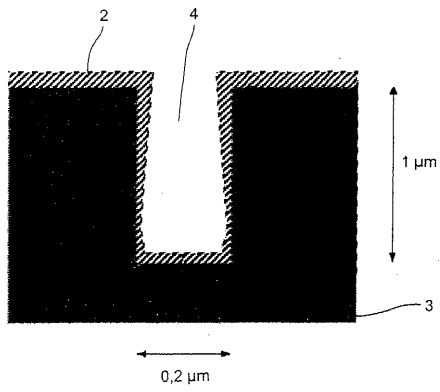


Fig. 1

【図 2】

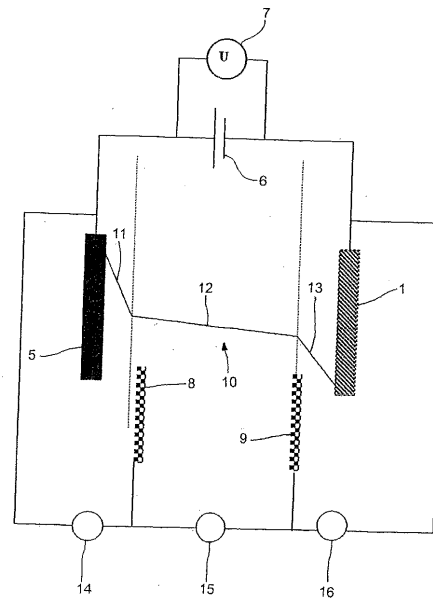


Fig. 2

【図 3】

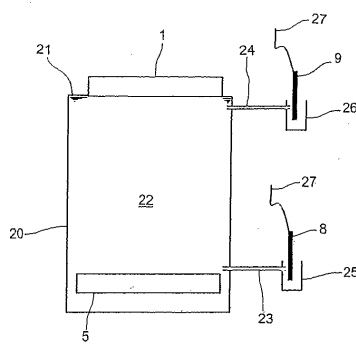
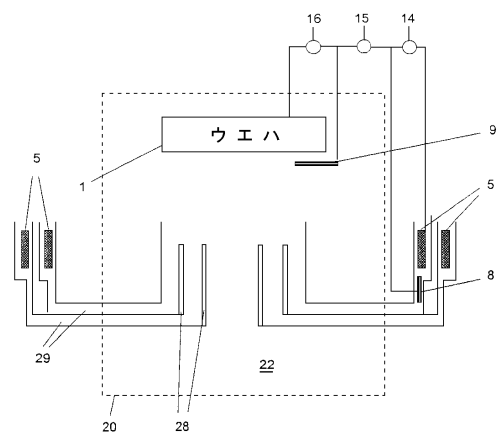


Fig. 3

【図 4】



フロントページの続き

審査官 市枝 信之

- (56)参考文献 特開2002-322592 (JP, A)
特開昭61-182568 (JP, A)
特開平11-310896 (JP, A)
特表2002-506488 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C25D 1/00 ~ 3/66
C25D 5/00 ~ 7/12
C25D 13/00 ~ 21/22
C23C 18/00 ~ 20/08
C25F 1/00 ~ 7/02
H01L 21/288、21/60
H05K 3/10 ~ 3/26、3/38
H01L 23/50 ~ 23/50