

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3941284号
(P3941284)

(45) 発行日 平成19年7月4日(2007.7.4)

(24) 登録日 平成19年4月13日(2007.4.13)

(51) Int. Cl.

F I

C O 9 K 3/14 (2006.01)

C O 9 K 3/14 5 5 O Z

H O 1 L 21/304 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 2 2 C

請求項の数 10 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願平11-104882	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成11年4月13日(1999.4.13)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2000-290638(P2000-290638A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成12年10月17日(2000.10.17)	(74) 代理人	100100310
審査請求日	平成15年9月5日(2003.9.5)		弁理士 井上 学
		(72) 発明者	近藤 誠一
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究
			所内
		(72) 発明者	佐久間 憲之
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社日立製作所中央研究
			所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研磨方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

絶縁膜上に形成された銅もしくは銅を主成分とする合金もしくは銅化合物、タングステンやタングステン合金もしくはタングステン化合物、または窒化チタンもしくはタンタル、もしくは窒化タンタルを含む金属膜の少なくとも一部を研磨により除去する半導体装置の製造方法において、前記金属膜を酸化させる酸化性物質と、前記金属膜が酸化した金属酸化物を水溶性化する物質と、水溶性のポリアクリル酸もしくはポリアクリル酸塩と、水を含み研磨砥粒をふくまない粘性率が10cP以上の研磨液を用い、前記金属膜表面を機械的に摩擦することにより前記金属膜の一部を除去することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】

前記ポリアクリル酸もしくはポリアクリル酸塩の分子量が、10000以上であることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】

絶縁膜上に形成された銅もしくは銅を主成分とする合金もしくは銅化合物、タングステンやタングステン合金もしくはタングステン化合物、または窒化チタンもしくはタンタル、もしくは窒化タンタルを含む金属膜の少なくとも一部を研磨により除去する半導体装置の製造方法において、前記金属膜を酸化させる酸化性物質と、前記金属膜が酸化した金属酸化物を水溶性化する物質と、分子量が10000以上の水溶性のポリアクリル酸もしくはポリアクリル酸塩と、水を含み研磨砥粒をふくまない研磨液を用い、前記金属膜表面を

機械的に摩擦することにより前記金属膜の一部を除去することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 4】

前記研磨液の粘性率が、 10 cP 以上であることを特徴とする請求項 3 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 5】

前記水溶性のポリアクリル酸塩が、ポリアクリル酸アンモニウム塩であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 6】

前記研磨液が、前記金属膜の酸化や金属酸化物の水溶化を抑制する防食性物質を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載の半導体装置の製造方法。 10

【請求項 7】

前記酸化性物質は、過酸化水素であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 8】

前記金属酸化物を水溶性化する物質は、有機酸もしくはその塩を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 9】

前記有機酸は、ヒドロキシカルボン酸であることを特徴とする請求項 8 記載の半導体装置の製造方法。 20

【請求項 10】

前記ヒドロキシカルボン酸は、リンゴ酸もしくはクエン酸であることを特徴とする請求項 9 記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は金属膜の研磨に関し、特に半導体装置の埋め込み配線形成工程における研磨方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、半導体集積回路（以下 L S I と記す）の高集積化、高性能化に伴って新たな微細加工技術が開発されている。化学機械研磨（以下 C M P と記す）法もその一つであり、L S I 製造工程、特に多層配線形成工程における層間絶縁膜の平坦化、金属プラグ形成、埋め込み配線形成において頻繁に利用される技術である。この技術は、例えば米国特許 N o . 4 9 4 4 8 3 6 に開示されている。 30

【0003】

また、最近では L S I の高速性能化を達成するために、配線材料を従来のアルミニウム合金から低抵抗の銅合金を利用しようとするのが試みられている。しかし、銅合金はアルミニウム合金配線の形成で頻繁に用いられたドライエッチング法による微細加工が困難である。そこで、溝加工の施された絶縁膜上に銅合金薄膜を堆積し、溝内に埋め込まれた部分以外の銅合金薄膜を C M P により除去して埋め込み配線を形成する、いわゆるダマシン法が主に採用されている。この技術は、例えば特開平 2 - 2 7 8 8 2 2 号公報に開示されている。絶縁膜と銅合金薄膜との間には接着性向上と銅拡散バリアの目的から、数 10 nm 程度の厚さの T i N 膜、T a 膜及び T a N 膜等を挿入することが一般的となっている。 40

【0004】

また、金属プラグ形成には埋め込み性の高い化学気相成長法（C V D 法）によってタングステンを用いることもある。この場合も同様に C M P でプラグを形成することが多い（他にエッチバック法がある）。

【0005】

配線に用いられる銅合金等の金属膜の C M P に用いられる研磨液は、固体砥粒と酸化性物 50

質（酸化剤と呼ぶこともある）を主成分とするものが一般的である。酸化性物質の酸化作用で金属表面を酸化しながら、固体砥粒によってその酸化物を機械的に除去するのが基本的なCMPのメカニズムである。これに関しては、株式会社サイエンスフォーラム発行、柏木正弘編集「CMPのサイエンス」1997年8月20日発行の第299頁に開示されている。

【0006】

固体砥粒としては、数10～数100nmの粒子径を持つアルミナ砥粒やシリカ砥粒が知られているが、一般に市販されている金属研磨用の固体砥粒の多くは前者である。

【0007】

酸化性物質としては、過酸化水素（ H_2O_2 ）、硝酸第二鉄（ $Fe(NO_3)_3$ ）、過ヨウ素酸カリウム（ KIO_3 ）が一般に用いられており、これらは例えば、上記の「CMPのサイエンス」の第299頁から第300頁に開示されている。これらの中でも過酸化水素が金属イオンを含まないことから、最近では頻繁に用いられるようになってきた。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の金属膜研磨用の固体砥粒を主成分として含む研磨液を用いてCMPにより配線及びプラグを形成する場合、以下の（１）～（７）に挙げる問題があった。

【0009】

（１）絶縁膜に形成された溝の内部に埋め込まれる金属配線の表面中央部分が周辺部分よりも過剰に研磨されて凹む現象（以後ディッシングと記す）や配線部周囲の絶縁膜表面が研磨される現象（以後エロージョンと記す）が発生する。ディッシングやエロージョンは金属部分の面積が広い電極パッド（0.1mm角程度の面積）や密集配線パターンで顕著な問題となる。これらは、ジャーナルオブ・エレクトロケミカル・ソサエティ第141巻第10号、1994年10月、第2842頁～第2848頁（J. Electrochem. Soc. Vol. 141, No. 10, October 1994, p. 2842～p. 2848）に記載されている。

【0010】

（２）研磨用の固体砥粒によりスクラッチ（研磨傷）が発生する。配線用金属膜の表面だけでなくCMPによって露出した絶縁膜の表面にもスクラッチが発生する。

【0011】

（３）CMPを行うと研磨砥粒と金属膜表面の間に高い摩擦力が生じるため、金属膜と下地絶縁層との間や、下地絶縁層内の塗布ガラス（SOG; Spin On Glass）と化学気相蒸着（以下CVDという）酸化膜の間ではがれが発生する場合がある。

【0012】

（４）CMP直後のウエハ表面には研磨砥粒が多数残留するために、次工程を行う前に洗浄を行い、規定値以下（例えば0.2マイクロメートル以上の異物数がウエハ当たり100個以下）まで異物数を取り除かなければならない。このためには化学的な洗浄だけでなく機械的な洗浄を併用する洗浄機を必要とした。

【0013】

一般的には、薬液を併用したブラシ洗浄とメガソニック洗浄が行われている。ブラシ材料は金属膜表面を傷つけない特殊な材料でなくてはならず、薬液としては例えば水酸化アンモニウムやフッ酸水溶液等が用いられる。以上のようなCMP後洗浄プロセスの例としては、例えば「月刊セミコンダクターワールド（Semiconductor World）」1995年5月号の172頁に開示されている。

【0014】

（５）CMPに用いる消耗品のコストが高い。これは研磨剤で用いる砥粒の製造コストが高く、粒子サイズを揃えるためにも極めて注意を要するからである。特にアルミナ砥粒はシリカ砥粒に比べて数倍高価である。CMPプロセスのコストに関しては、例えばリアライズ社最新技術講座1996年5月「CMP装置と関連材料の最新動向とその問題点」に記載されている。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 5 】

(6) C M P 関連装置及び設備の問題として、上記の C M P 装置や後洗浄装置以外にも研磨剤供給装置、研磨剤を含む廃液の処理装置が必要となり、C M P 設備全体にかかるコストが非常に高いものになっていた。研磨剤供給装置では砥粒の沈殿を防止するための攪拌装置も必要とし、配管内にも沈殿しないように常に研磨剤を循環するような機構も必要とした。その廃液処理コストも高く、再利用技術も必要とされている。

【 0 0 1 6 】

(7) C M P 装置は発塵の原因となる研磨砥粒を多量に使用しているにもかかわらず、クリーンルーム内に設置しなければならないという問題がある。C M P 装置に排気ダクト等の発塵を抑制する機構を設け、クリーンルーム内に特別の部屋を設置するなどしてクリーン度を維持する必要がある、そのためのコストもかかる。

10

【 0 0 1 7 】

上記の問題点は全て研磨砥粒を含む研磨剤によって C M P を行うことが原因となっている。しかし、従来の C M P の方法では、研磨砥粒は酸化剤によって形成された酸化層を速やかに除去すべく機械的除去効果を生じさせるために必要であり、研磨砥粒を加えないと実用的な研磨速度に達しなかった。

【 0 0 1 8 】

一方、砥粒を含まない研磨液によって金属膜を研磨し、埋め込み配線構造を形成する方法がこれまでの我々の研究によって見い出された。すなわち、酸化性物質と、酸化物を水溶性化する物質と水と、必要であれば防食性物質を含む研磨液を用いて、金属膜表面を機械的に摩擦することにより埋め込み金属配線を形成することができる。例えば、過酸化水素水とクエン酸とベンゾトリアゾール(以下、B T A と略す。)を含む砥粒フリー研磨液で銅配線を形成する方法が 1 例である。

20

【 0 0 1 9 】

この砥粒を含まない研磨液を用いると上記(1) ~ (7) の問題は解決されるが、砥粒を含む研磨液と比較して研磨速度が遅いという問題があった。特に、高い研磨荷重($300 \text{ g} / \text{cm}^2$ 以上)をかけても研磨速度が飽和して十分に上がらないという問題があった。例えば、市販のアルミナ研磨液の研磨速度が $200 \sim 400 \text{ nm} / \text{分}$ まで達する(但し、スクラッチ等の問題点はより深刻になる)のに対して、上記の砥粒フリー研磨液の研磨速度は $100 \sim 150 \text{ nm} / \text{分}$ 程度であった。

30

【 0 0 2 0 】

本発明に係る点を鑑みてなされたものであり、埋め込み金属配線を形成する研磨工程において、研磨速度の高速化を実現することのできる研磨方法や半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

【 0 0 2 1 】

【課題を解決するための手段】

上記目的は金属膜の研磨方法において、酸化性物質と、酸化物を水溶性化する物質と増粘剤と水を含む研磨液を用いて金属膜表面を機械的に摩擦することにより達成される。

【 0 0 2 2 】

研磨液には必要に応じて腐食を抑制する物質(防食性物質)を研磨液に添加しても良い。

40

【 0 0 2 3 】

増粘剤の分子量としては 1 万以上であるものが望ましい。さらに、10 万以上であればより高い研磨速度が得られる。また、架橋型重合体のように数百万に達するものであれば、なお望ましい。

【 0 0 2 4 】

増粘剤自体の粘性率(粘度)としては、1 重量%水溶液の状態では 100 cP 以上であるものが望ましい。さらに、 1000 cP 以上であればより高い研磨速度が得られる。また、研磨液の粘性率としては、室温で 10 cP 以上であるものが望ましい。さらに、 100 cP 以上であればより高い研磨速度が得られる。ちなみに純水の室温における粘性率は 1 cP である。

50

【0025】

増粘剤の分子構造としては、カルボキシル基やリン酸基を含むものが金属の研磨速度を上する目的から望ましい。例えば、ポリアクリル酸、ポリメタクリル酸、及びこれらのアンモニウム塩、トリエタノールアミン塩、モノエタノールアミン塩、トリエチルアミン塩、ジイソプロパノールアミン塩等が挙げられ、上記の分子量もしくは粘性率を満たすものが有効である。特に、架橋型ポリアクリル酸もしくはその塩を用いることにより研磨速度はより一層高くなる。これらのポリマーは複数の種類を組み合わせ用いても良い。また、共重合ポリマーにしても良い。

【0026】

上記の酸化物を水溶性化する物質としては有機酸もしくはその塩があり、金属イオン（例えば Cu^{2+} イオン）として水溶性化する作用を利用する。有機酸の中でもヒドロキシカルボン酸は研磨速度を高める効果が高い。例えば、クエン酸、リンゴ酸、マロン酸、コハク酸、酒石酸、フタル酸、マレイン酸、フマル酸、乳酸、ピメリン酸、アジピン酸、グルタル酸、シュウ酸、サリチル酸、グルコール酸、安息香酸などのヒドロキシ酸やギ酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸、吉草酸などのカルボン酸に代表される有機酸及びそれらの塩が挙げられる。その他にEDTA等のキレート剤も用いることができる。塩は溶解度を高める効果があり、金属成分を含まないもの、例えばアンモニウム塩、もしくは半導体素子に悪影響を及ぼさない元素（例えばアルミニウム等）を含むものが望ましい。また、これらの薬剤は複数の種類を組み合わせ用いても良い。

【0027】

上記の酸のうち、クエン酸、リンゴ酸、マロン酸、コハク酸、酒石酸、ギ酸が高研磨速度、低エッチング速度の観点から、本発明の研磨液に使用する酸として望ましい。

【0028】

上記の酸のうち、クエン酸とリンゴ酸は食品添加物としても一般に使用されており、毒性が低く、廃液としての害も低く、臭いもなく、水への溶解度も高いために本発明の研磨液に使用する酸として特に望ましい。

【0029】

酸化性物質としては過酸化水素が金属を含まないことから最も適している。また、硝酸第二鉄、硝酸、過ヨウ素酸カリウムも十分な酸化力があり、特にタングステンの研磨に適している。これらの酸化性物質は複数の種類を組み合わせ用いても良い。

【0030】

金属膜の過剰な酸化やエッチングを抑制する物質としては防食性物質が有効である。増粘剤自体にも防食機能を有するものもあるが、さらに強い防食性物質を研磨液中に混合することでディッシングを抑制することができる。特に銅合金の防食性物質としてはベンゾトリアゾール（以下BTAと記す）が最も効果が大きい。他に実用上使えるものとしては、トリルトリアゾール（以下TTAと記す）、BTAカルボン酸（以下BTA-COOHと記す）等のBTAの誘導体、シスチン、ハロ酢酸、グルコース、ドデシルメルカプタン、キナルジン酸等も防食効果がある。

【0031】

研磨砥粒に関しては、アルミナ砥粒やシリカ砥粒が本発明の研磨液に含まれていると研磨速度を増加する効果が期待できる。但し、上に記載した問題点（1）～（7）が発生するため、このような問題点が障害にならない場合には適用できる。

【0032】

なお、研磨する金属膜としては、Cu、W、Ti、TiN、Ta、Ta₂N₅、Al等に適用できる。特にCuは研磨速度が高く、本発明の対象金属として最も適している。W、Ti及びTiNは研磨速度はCuほど高くないが、研磨膜厚が薄い場合（例えばCu配線のバリア膜としては数10nm程度の膜厚）には適している。

【0033】

上記の物質が含まれた研磨液でCMPを行うと、まず金属膜表面がポリマー（増粘剤）によって被覆保護される。図3（a）に示したような金属膜表面の凸部27は常に研磨布の

10

20

30

40

50

機械的摩擦を受けるため、ポリマーによって形成された保護膜は容易に除去される。研磨液に晒された金属膜表面は酸化性物質によって酸化され、表面に薄い酸化層が形成される。次に酸化物を水溶性化する物質が供給されると前記酸化層が水溶液となって溶出して前記酸化層の厚さが減る。酸化層が薄くなった部分は再度酸化性物質に晒されて酸化層の厚さが増し、この反応を繰り返してCMPが進行する。したがって、金属膜表面の凸部27は表面の反応生成物は除去され易く、かつ局所的に加熱されるために反応が促進され、上記の酸化/水溶性化の繰り返し反応はポリマー保護膜が形成された凹部26よりも速く進行する。すなわち、凸部27の研磨速度は速くなり平坦化される。

【0034】

防食性物質は金属表面に付着して凹部の反応をさらに抑制し、最終的にディッシングの発生を阻止する効果がある。添加濃度の目安として、研磨速度を50nm/min以上に保ち、かつエッチング速度が数nm/min以下であることが望ましい（速度比が50程度）。それ以上の濃度で添加するとCMP速度が低下することがある。但し、無添加で研磨速度が十分に高く、かつエッチング速度が数nm/min以下と小さい場合には、防食性物質を添加しなくても平坦性よく研磨することができる。

【0035】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図面を用いて具体的に説明する。

【0036】

（実施例1）

本実施例では銅のCMPを行うことによって銅配線を形成する方法について説明する。図1は本発明の実施例において使用するCMP装置を示す概略図である。研磨布17が貼り付けられた定盤11の上をバックアップパッド18によってウエハ14を支持したホルダ12が回転してCMPを行う構造になっている。CMP中にウエハがはずれないようにリテーナリング13が設けられている。CMP中における研磨荷重はホルダ12の上に重りを載せて調節した。標準的な研磨荷重は220g/cm²、定盤の回転数は60rpm、ホルダの回転数は40rpmとした。なお、研磨荷重や回転数はこれに限られるものではない。研磨布はロデール社製の硬質布IC1000を用いた。

【0037】

本発明の研磨液は定盤11上に設けられた第1の供給口15から研磨布上に約100cc/minの速度で滴下してCMPを行う。CMPが終了した段階で第1の供給口15を閉じて研磨液の供給を停止し、第2の供給口16から純水を約3000cc/minの速度で供給してリンスを15～30秒間行う。その後ウエハを乾燥しないような状態で保持し、ブラシスクラブ洗浄により研磨液を除去した後、ウエハを乾燥させる。

【0038】

まず、配線パターンが形成されていないウエハを用いて本発明の研磨液の研磨特性を調べた。試料はシリコンウエハ上に厚さ200nmのシリコン酸化膜を形成した後、接着層として厚さ50nmのTiN膜と厚さ800nmのCu膜をスパッタリング法によって真空中で連続成膜したものである。ウエハ直径は5インチである。

【0039】

本実施例で用いた研磨液は過酸化水素水（市販の30% H₂O₂水溶液）とクエン酸と、分子量の異なるポリアクリル酸から構成された水溶液である。組成は過酸化水素水は30体積%、クエン酸は0.15重量%、ポリアクリル酸は0.1重量%である。この研磨液を用いて、Cu膜の研磨速度とエッチング速度を測定した。エッチング速度とは研磨液中に試料を浸した際にCu膜表面がエッチングされる速度であり、CMP中に過剰にエッチングが進行すると配線構造が形成されないため、できるだけ低い方が望ましい。なお、研磨液の温度は室温である。研磨速度及びエッチング速度はCu膜の電気抵抗値変化から換算して求めた。

【0040】

図2にCuの研磨速度のポリアクリル酸の分子量依存性を調べた結果を示す。分子量が1

10

20

30

40

50

万以下のポリアクリル酸を含む研磨液の研磨速度は90 nm / 分であった。これに対して、分子量が14万のものでは200 nm / 分になり、分子量100万を超える架橋ポリマーでは250 nm / 分になった。エッチング速度はいずれの研磨液においても1.0 nm / 分以下に抑制されており、ディッシング発生の問題はない。

【0041】

埋め込み配線を形成する試料の研磨前の断面構造の例を図3(a)に示す。不純物ドーブ層や絶縁膜が形成されたシリコン基板25上に厚さ500 nmのBPSG膜(ホウ素とリンが添加されたシリコン酸化膜)24と厚さ500 nmのシリコン酸化膜23を成膜し、リソグラフィ工程及びドライエッチ工程によって深さ500 nmの配線用の溝パターンをシリコン酸化膜23内に形成した。その上に接着層として厚さ50 nmのTiN層22を成膜した後に厚さ800 nmの銅薄膜21をスパッタリング法により真空中で連続成膜した。さらに段差被覆性を良くするためにスパッタ装置内で摂氏450度で3分間の真空熱処理を行った。シリコン基板25にはソース、ドレイン等の不純物ドーブ層が形成されているが、ここでは省略して記載していない。

10

【0042】

この試料を、前述の研磨液でCMPを行った結果、図3(b)及び(c)のように、いずれの研磨液でもディッシングやエロージョンが約50 nm以下となる形状に加工することができた。はがれも発生しなかった。分子量が14万のポリアクリル酸を添加した研磨液を用いた場合は1万のものと比較して半分の時間で研磨が終了した。分子量が100万を超えるポリアクリル酸を添加した研磨液を用いた場合は1万のものと比較して40%の時間で研磨が終了した。

20

【0043】

形成された銅配線の電気抵抗率を測定した結果、TiN層の部分も含めて1.9マイクロオームセンチメートルの値を得た。また、蛇行配線(配線幅0.3マイクロメートルから3マイクロメートル、長さ40 mm)や櫛形配線(配線間隔0.3マイクロメートルから3マイクロメートル、長さ40 mm)を用いて導通/絶縁試験を行った結果、ほぼ100%の歩留まりが得られた。LSIの動作も正常であることがわかった。

【0044】

(実施例2)

本実施例で用いた研磨液は過酸化水素水(市販の30% H₂O₂水溶液)とリンゴ酸と、分子量の異なるポリアクリル酸アンモニウム塩から構成された水溶液である。組成は過酸化水素水は30体積%、リンゴ酸は0.15重量%、ポリアクリル酸アンモニウム塩は0.1重量%である。この研磨液を用いて、Cu膜の研磨速度とエッチング速度を測定した。研磨特性の評価は実施例1と同様に行った。

30

【0045】

図4にCuの研磨速度の研磨液の粘性率依存性を調べた結果を示す。粘性率が10以下のポリアクリル酸アンモニウム塩を含む研磨液の研磨速度は90 nm / 分であった。これに対して、粘性率が120のものでは200 nm / 分になり、1000を超える架橋ポリマーでは250 nm / 分になった。エッチング速度はいずれの研磨液においても1.0 nm / 分以下に抑制されており、ディッシング発生の問題はない。

40

【0046】

埋め込み配線を形成する試料を、前述の研磨液でCMPを行った結果、図3(b)及び(c)のように、いずれの研磨液でもディッシングやエロージョンが約50 nm以下となる形状に加工することができた。はがれも発生しなかった。粘性率が10以下のポリアクリル酸アンモニウム塩を添加した研磨液を用いた場合は120のものと比較して半分の時間で研磨が終了した。分子量が1000を超えるポリアクリル酸アンモニウム塩を添加した研磨液を用いた場合は10のものと比較して40%の時間で研磨が終了した。

【0047】

形成された銅配線の電気抵抗率を測定した結果、TiN層の部分も含めて1.9マイクロオームセンチメートルの値を得た。また、蛇行配線(配線幅0.3マイクロメートルから

50

3 マイクロメートル、長さ 40 mm) や楕形配線 (配線間隔 0.3 マイクロメートルから 3 マイクロメートル、長さ 40 mm) を用いて導通 / 絶縁試験を行った結果、ほぼ 100 % の歩留まりが得られた。LSI の動作も正常であることがわかった。

【0048】

(実施例 3)

本実施例では W の埋め込みプラグの形成方法について説明する。用いた研磨液は過酸化水素水 (市販の 30 % H_2O_2 水溶液) とリンゴ酸とマロン酸とアジピン酸と、分子量の異なるポリアクリル酸トリエタノールアミン塩から構成された水溶液である。組成に関しては過酸化水素水は 10 体積 %、リンゴ酸は 0.01 重量 %、マロン酸は 0.03 %、アジピン酸は 0.1 %、ポリアクリル酸トリエタノールアミン塩は 0.01 重量 % である。この研磨液を用いて、CVD により形成した W 膜の研磨速度とエッチング速度を測定した。研磨特性の評価は実施例 1 と同様に行った。研磨特性の評価は実施例 1 と同様に行った。但し、研磨荷重は 400 g/cm^2 とした。

【0049】

図 5 に W の研磨速度の研磨液の粘性率依存性を調べた結果を示す。粘性率が 10 以下のポリアクリル酸トリエタノールアミン塩を含む研磨液の研磨速度は 40 nm/分 であった。これに対して、粘性率が 120 のものでは 80 nm/分 となり、1000 を超える架橋ポリマーでは 100 nm/分 になった。エッチング速度はいずれの研磨液においても 1.0 nm/分 以下に抑制されており、ディッシング発生の問題はない。

【0050】

埋め込み W プラグを形成する試料 (図 6 (a)) を、前述の研磨液で CMP を行った結果、図 6 (b) 及び (c) のように、いずれの研磨液でもディッシングやエロージョンが約 50 nm 以下となる形状に加工することができた。はがれも発生しなかった。粘性率が 10 以下のポリアクリル酸トリエタノールアミン塩を添加した研磨液を用いた場合は 120 のものと比較して半分の時間で研磨が終了した。分子量が 1000 を超えるポリアクリル酸トリエタノールアミン塩を添加した研磨液を用いた場合は 10 のものと比較して 40 % の時間で研磨が終了した。

【0051】

形成された W プラグの電気抵抗率を測定した結果、20 マイクロオームセンチメートルの値を得た。また、プラグが連続で 100 個形成されたビアチェーンを用いて導通 / 絶縁試験を行った結果、100 % の歩留まりが得られた。LSI の動作も正常であることがわかった。

【0052】

【発明の効果】

本発明の増粘剤を含む研磨液で CMP を行う方法は、従来の研磨液で CMP を行う方法と比較して、スクラッチやはがれ、ディッシング、エロージョンを抑制し、且つ高い研磨速度で研磨を行う効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明を実施した CMP 装置を示す図である。

【図 2】Cu の研磨速度に対する増粘剤の分子量依存性を示す図である。

【図 3】(a) は CMP 前の試料の配線部の断面構造を示す図、(b) は CMP 後の試料の配線部の断面構造を示す図、(c) は CMP 後の試料の平面図である。なお、点線は (b) の断面位置である。

【図 4】Cu の研磨速度に対する研磨液の粘性率依存性を示す図である。

【図 5】W の研磨速度に対する研磨液の粘性率依存性を示す図である。

【図 6】(a) は CMP 前の試料のプラグ部の断面構造を示す図、(b) は CMP 後の試料のプラグ部の断面構造を示す図、(c) は CMP 後の試料の平面図である。なお、点線は (b) の断面位置である。

【符号の説明】

11 ... 研磨定盤、12 ... ウエハホルダ、13 ... リテーナー、14 ... ウエハ、15 ... 研磨液

10

20

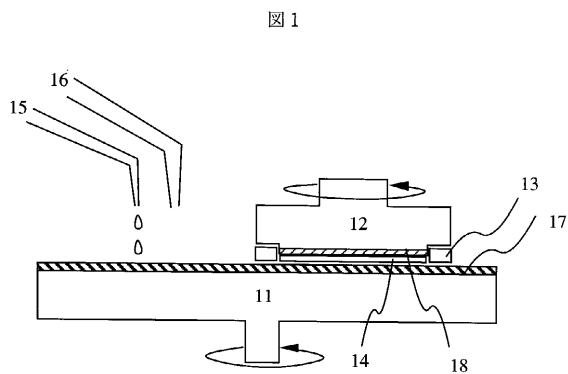
30

40

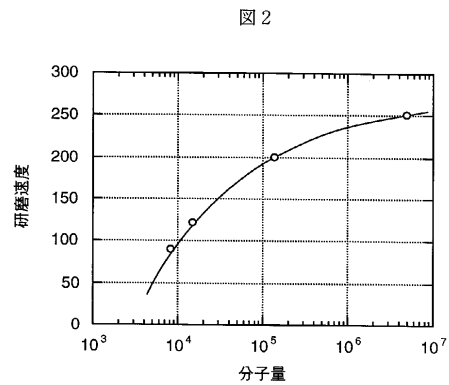
50

供給口、16...純水供給口、17...研磨布、18...バックングパッド、21...Cu膜、22...TiN膜、23...1層目の配線層部分のSiO₂膜、24...BPSG膜、25...不純物ドーブ層や絶縁膜が形成されたSi基板、26...金属膜表面の凹部、27...金属膜表面の凸部、28...W膜。

【図1】

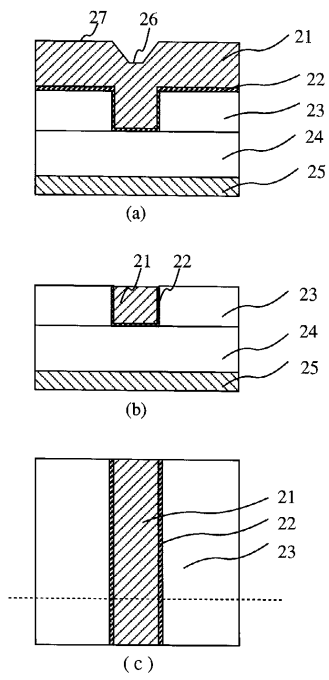


【図2】



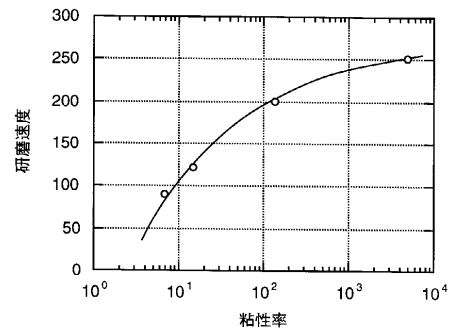
【 図 3 】

図 3



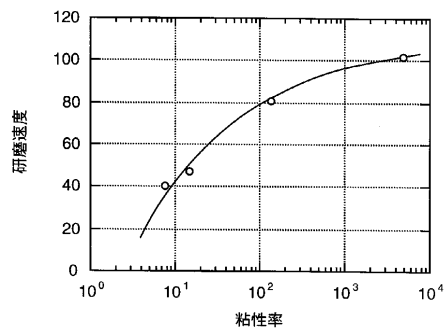
【 図 4 】

図 4



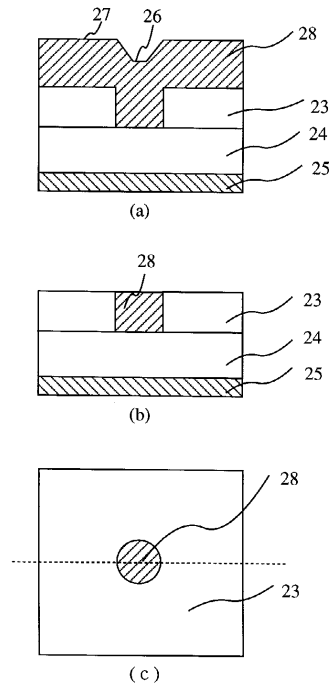
【 図 5 】

図 5



【 図 6 】

図 6



フロントページの続き

(72)発明者 本間 喜夫

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 小川 知宏

(56)参考文献 国際公開第98/049723(WO, A1)

特開平10-004070(JP, A)

特開平11-021546(JP, A)

特開平11-080707(JP, A)

特開平10-231473(JP, A)

特開平10-036818(JP, A)

特開平09-194825(JP, A)

特開2000-252244(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C09K 3/14,

H01L 21/304