

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-10642

(P2010-10642A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/768 (2006.01)	HO 1 L 21/90 A	4 K O 4 4
HO 1 L 21/3205 (2006.01)	HO 1 L 21/88 R	5 F O O 4
HO 1 L 23/52 (2006.01)	HO 1 L 21/302 I O 5 A	5 F O 3 3
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	C 2 3 C 28/00 A	
C 2 3 C 28/00 (2006.01)		

審査請求 有 請求項の数 12 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2008-268013 (P2008-268013)
 (22) 出願日 平成20年10月16日 (2008.10.16)
 (31) 優先権主張番号 12/163172
 (32) 優先日 平成20年6月27日 (2008.6.27)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531
 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション
 INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
 アメリカ合衆国10504 ニューヨーク州 アーモンク ニュー オーチャードロード
 (74) 代理人 100108501 弁理士 上野 剛史
 (74) 代理人 100112690 弁理士 太佐 種一
 (74) 代理人 100091568 弁理士 市位 嘉宏

最終頁に続く

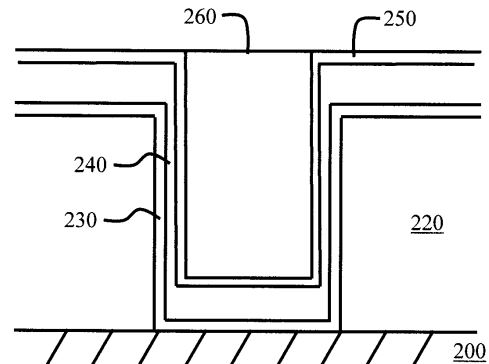
(54) 【発明の名称】 銅めっきされた高アスペクト比のビア、及びその製造する方法

(57) 【要約】

【課題】 最新のスケーリング技術の要件に適應することができ、適切に機能する実行可能なビアを一貫して生成できる、改善されたビア製造プロセスを提供すること。

【解決手段】 改善された高アスペクト比ビア及びそれを形成するための技術が提供される。1つの態様において、銅めっきされた高アスペクト比ビアを製造する方法が提供される。この方法は、以下のステップを含む。誘電体層内に高アスペクト比ビアをエッチングする。高アスペクト比ビア内及び誘電体層の1つ又は複数の表面の上に、拡散バリア領域を堆積させる。拡散バリア層の上に銅層を堆積させる。銅層の上にルテニウム層を堆積させる。高アスペクト比ビアを、ルテニウム層の上にめっきされた銅で充填する。この方法によって形成される銅めっきされた高アスペクト比ビアも提供される。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

銅めっきされた高アスペクト比のビアを製造する方法であって、
誘電体層内に高アスペクト比ビアをエッチングするステップと、
前記高アスペクト比ビア内及び前記誘電体層の 1 つ又は複数の表面の上に拡散バリア層を堆積させるステップと、
前記拡散バリア層の上に銅層を堆積させるステップと、
前記銅層の上にルテニウム層を堆積させるステップと、
前記高アスペクト比ビアを、前記ルテニウム層の上にめっきされた銅で充填するステップと

10

を含む方法。

【請求項 2】

前記銅は、前記ルテニウム層の上に均一にめっきされる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記銅層は、前記高アスペクト比ビアの張出し及び閉鎖を回避するために、めっき中に通電層として働くのに必要な厚さにまでしか堆積されない、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

化学気相堆積、原子層堆積、蒸着、スパッタリング、溶液ベースの技術、又はスピノン・コーティングを用いて、前記基板の上に前記誘電体層を堆積させるステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記高アスペクト比ビアは、反応性イオンエッチングを用いて前記誘電体内にエッチングされる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記高アスペクト比ビアは、5 : 1 以上の深さ対幅のアスペクト比を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記拡散バリア層は、化学気相堆積、原子層堆積、又はスパッタリングを用いて堆積される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記銅層は、化学気相堆積、原子層堆積、又はスパッタリングを用いて堆積される、請求項 1 に記載の方法。

30

【請求項 9】

前記ルテニウム層は、ルテニウムカルボニル前駆体から化学気相堆積を用いて堆積される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

電気めっきにより、前記銅がめっきされる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

前記めっきされた銅、前記ルテニウム層、前記銅層及び前記拡散バリア層を前記誘電体層の上面まで平削りするステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

40

【請求項 12】

誘電体層内に形成された銅めっきされた高アスペクト比のビアであって、
高アスペクト比ビアと、
前記高アスペクト比ビア及び前記誘電体層の 1 つ又は複数の表面の内側を覆う拡散バリア層と、
前記拡散バリア層の上の銅層と、
前記銅層の上のルテニウム層と、
前記高アスペクト比ビアを充填し、前記銅めっきされた高アスペクト比ビアを形成する、前記ルテニウム層の上にめっきされた銅と

を含む、銅めっきされた高アスペクト比ビア。

50

【請求項 13】

前記誘電体層は、二酸化シリコン、シリコン・炭素・酸素・水素材料及び有機ポリマーの1つ又は複数を含む、請求項12に記載の銅めっきされた高アスペクト比ビア。

【請求項 14】

前記誘電体層は、10ナノメートルから1000ナノメートルまでの厚さを有する、請求項12に記載の銅めっきされた高アスペクト比ビア。

【請求項 15】

前記拡散バリア層は窒化タンタルを含む、請求項12に記載の銅めっきされた高アスペクト比ビア。

【請求項 16】

前記拡散バリア層は、0.5ナノメートルから10ナノメートルまでの厚さを有する、請求項12に記載の銅めっきされた高アスペクト比ビア。

【請求項 17】

前記銅層は、1ナノメートルから5ナノメートルまでの厚さを有する、請求項12に記載の銅めっきされた高アスペクト比ビア。

【請求項 18】

前記ルテニウム層は、5ナノメートル以下の厚さを有する、請求項12に記載の銅めっきされた高アスペクト比ビア。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体相互接続構造体に関し、より具体的には、改善された高アスペクト比のビア及びそれを形成するための技術に関する。

【背景技術】

【0002】

多層の配線アレイ構造部(feature)の寸法が縮小し続けるに従って、ビアの製造はますます困難になってきている。すなわち、従来のビア製造のプロセスは、現在のところ望ましいスケールされた構造部の寸法に追いつくことができない。例えば、図1-図3は、より小さい構造部の寸法(例えば、45ナノメートル(nm)のノード又はそれより小さい技術)に関係するときの、従来のビア製造プロセスと関連した一般的な問題を示す。図1に示されるように、基板100の上に誘電体層120が堆積され、誘電体層120内にビア101がエッチングされる。図2に示されるように、ビア101/誘電体120の表面は、拡散バリア層130で内側が覆われる(ライニングされる)。拡散バリア層は、窒化タンタル(TaN)又は他の任意の好適な拡散バリア材料とすることができる。ビア101を銅(Cu)で充填するために、電気めっきが用いられる。しかしながら、電気めっきを行うためには、まず、後でCuをめっきすることができるシード層を堆積させることが必要である。すなわち、図3に示されるように、拡散バリア層130の上にCuをスパッタ堆積させることによって、シード層140が形成される。

【0003】

この手法に関連する問題は、ビアの幅が約80nm未満にまで縮小し、アスペクト(深さ/幅)比が約5:1より大きくなると、構造体の電気めっきが破損し始めることである。図3に示されるように、シード層140におけるCuの厚さは、実質的に不均一である。この不均一性は、めっきすることができない箇所がないことを確実にするために、ビア底部/側壁上に、連続的にするのに十分な厚さをもつCuの層が必要であるという事実に加えて、スパッタ堆積プロセスの方向性をもつ性質によって生じた結果である。その結果、ビアの水平面上に、過剰な量のCuが堆積される。この過剰なCuは、最後にはビア開口部に張り出すことになる。結果として、電気めっきを試みたとき、この張出し部がビア開口部をふさぎ、ビア開口部が閉鎖し、ビアの内部に充填されていないボイドが残り、そのことが破局的な故障となる。

【0004】

10

20

30

40

50

上述の張出し部が閉鎖する問題を防ぐために、拡散バリア層の上にCuシード層をスパッタ堆積させる代わりに、化学気相堆積(CVD)によって、すなわち、過剰なCOの存在下でルテニウムカルボニル($Ru_3(CO)_{12}$)前駆体から、拡散バリア層の上にルテニウム(Ru)シード層を堆積させる、代替的な手法が考え出された。この方法で生成されるRuシード層は、共形に(conformally)堆積させることが可能であり、よって、厚い張出し層が生成されず、そのため、後のCu電気めっきステップにおいてボイドが形成される問題が大きく減少する。

【0005】

しかしながら、Ruシード層の使用は、Cuと比べてRuの抵抗率が相対的に高いことと、Ruの化学的不活性とから生じる重大な欠点を有する。例えば、ビア金属を誘電体表面まで平削りするために、典型的には、電気めっきに続いて化学機械研磨(CMP)が用いられる。実際問題として、5nmは、標準的なCu研磨スラリーを用いて研磨により除去できる、Ruの量のほぼ上限値である。しかしながら、Ruのバルク抵抗率は、Cuのものより4倍以上高い。ウェハの両端にかかる電圧の降下が、Cu堆積において容認できない不均一性をもたらすので、5nmのRuしか堆積されない場合、結果として得られる構造体の抵抗率が、電気めっきを極めて困難にする。より厚いRu層を堆積させることによって基板の導電率を増大させ、この問題を軽減させることができるが、後のCMPプロセスは不可能である。問題の選択を後に残し、めっきを容易にするようにRuが十分に厚い場合、標準的なCu研磨スラリーを用いて引き続きCMPを行うことができない。CMPが可能になるところまでRu層を薄層化した場合、標準的な技術を用いて均一にめっきするには、基板の抵抗が大きすぎる。さらに、より厚いRu層を研磨するための方法が開発されたとしても、それは望ましい解決法ではない。CMPの後、電気めっきプロセスを容易にするために添加される付加的なRuがビア内に残り、それにより、ビア内で利用可能なCuの量が減少し、ビアの抵抗率が著しく増大し、性能が低下することになる。

10

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従って、最新のスケーリング技術の要件に適応することができ、適切に機能する実行可能なビアを一貫して生成できる、改善されたビア製造プロセスが必要とされる。

【課題を解決するための手段】

30

【0007】

本発明は、改善された高アスペクト比のビア及びそれを形成するための技術を提供する。本発明の1つの態様において、銅めっきされた高アスペクト比ビアを製造する方法が提供される。この方法は以下のステップを含む。誘電体層内に、高アスペクト比ビアをエッチングする。高アスペクト比ビア内及び誘電体層の1つ又は複数の表面の上に拡散バリア層を堆積させる。拡散バリア層の上に銅層を堆積させる。銅層の上にルテニウム層を堆積させる。高アスペクト比ビアを、ルテニウム層の上にめっきされた銅で充填する。

【0008】

本発明の別の態様において、誘電体層内に形成された銅めっきされた高アスペクト比ビアが提供される。銅めっきされた高アスペクト比ビアは、高アスペクト比ビアと、高アスペクト比ビア及び誘電体層の1つ又は複数の表面の内側を覆う拡散バリア層と、拡散バリア層の上の銅層と、銅層の上のルテニウム層と、高アスペクト比ビアを充填し、銅めっきされた高アスペクト比ビアを形成する、ルテニウム層の上にめっきされた銅とを含む。

40

【0009】

本発明のより完全な理解、並びに、本発明のさらなる特徴及び利点が、以下の詳細な説明及び図面を参照することによって得られるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

図4 - 図7は、例示的なビア製造プロセスを示す断面図である。図4に示されるように、基板200の上に誘電体層220が堆積される。誘電体層220は、これらに限られる

50

ものではないが、二酸化シリコン (SiO_2)、シリコン - 炭素 - 酸素 - 水素材料 (例えば、 SiCOH) 及び有機ポリマーの1つ又は複数を含む任意の好適な誘電体材料を含むことができ、化学気相堆積 (CVD)、原子層堆積 (ALD)、蒸着、スパッタリング、又はスピンオン・コーティングといった溶液ベースの技術のような任意の好適な堆積プロセスを用いて、約10ナノメートル (nm) から約1000 nmの厚さまで堆積させることができる。基板200は、通常、単一又は多層の配線アレイ内に何らかの配線又はコンタクト層を示す。次に、反応性イオンエッチング (RIE) などの任意の好適なエッチング・プロセスを用いて、誘電体層220内に高アスペクト比のビア201がエッチングされる。1つの例示的な実施形態によると、高アスペクト比のビア201は、RIEを用いて誘電体層220内にエッチングされ、約5:1以上の深さd/幅wのアスペクト比を有する。

10

【0011】

図5に示されるように、拡散バリア層230が、高アスペクト比ビア201/誘電体層220の上面の内側を覆う。拡散バリア層230は、これらに限られるものではないが、窒化タンタル (TaN)、或いは他の金属窒化物、酸化物、硫化物、ホウ化物、又はリン化物を含む任意の好適な拡散バリア材料を含むことができ、CVD、ALD又はスパッタリングのような任意の好適な堆積プロセスを用いて、高アスペクト比のビア201内/誘電体層220の上面の上に、約0.5 nmから約10 nmの厚さまで堆積させることができる。

【0012】

図6に示されるように、拡散バリア層230の上に、銅 (Cu) シード層240が堆積される。Cuシード層240は、CVD、ALD又はスパッタリングのような任意の好適な堆積プロセスを用いて、約1 nmから約5 nmの厚さまで堆積させることができる。Cuシード層240は、電気めっき中、主として通電層 (current carrying layer) として堆積されるため、(例えば、上述の図1 - 図3に表されるプロセスと比べると) ビアの側壁上に連続的に被覆するのに必要とされる厚さを有する必要はない (すなわち、Cuシード層240は、電気めっき中、通電層として働くのに必要な厚さを有することだけを必要とする、すぐ上に提供された例示的な厚さを参照されたい)。従って、張出し部 (上述の) は存在せず (閉鎖及び充填されていないポイドを防ぐ)、そのことは、より小さくより高いアスペクト比の構造体に対するめっきの拡張性を容易にする。

20

30

【0013】

次に、Cuシード層240の上に、ルテニウム (Ru) シード層250が堆積される。Ruシード層250は、CVD又はALDなどの任意の好適な堆積プロセスを用いて堆積させることができる。例示的な実施形態によると、Ruシード層250は、CVDを用いて堆積される、すなわち、過剰なCOの存在下でルテニウムカルボニル ($\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$) 前駆体から堆積される。有利なことに、この高度に共形のプロセスによって形成されたRuシード層250は、ビアの側壁上の連続的な被覆を確実にする厚さまでしか堆積されず、よって、標準的な化学機械研磨 (CMP) によって設定される制限値の範囲内にある (下記の図7の説明を参照されたい)。例示的な実施形態によると、Ruシード層250は、約5 nm以下の厚さまで堆積される。Cuシード層240の上のRuシード層250は、ここではRu・オン・Cu二重層とも呼ばれる。

40

【0014】

図7に示されるように、例えば、Cu260をRuシード層250の上に電気めっきすることによって、高アスペクト比ビア201がCu260で充填され、Cuめっきされた高アスペクト比のビアを形成する。必要に応じて、次に、CMPを用いて、めっきされたCu260/Ruシード層250/Cuシード層240/拡散バリア層230を、誘電体層220 (図示せず) の上面まで平削りすることができる。

【0015】

本Ru・オン・Cu二重層のシード層構成の1つの利点 (Cuの電気めっきに関する、上記参照) は、Ruの上にめっきされたCuが、例えば、Cuシード層上にめっきされた

50

Cuと比べて、優れた形態(morphology)を示すことである。すなわち、ラインにおいて、より大きい粒子が観察され、ビアにおいて、より大きい配向された柱状粒子が見出される。より大きい粒子は導電率を改善し、よって、ビアの性能を改善する。

【0016】

同様に二重層のシード層を含む従来のビア製造技術は、Cu-オン-Ru構成を用いていた。しかしながら、このCu-オン-Ru構成は、本Ru-オン-Cu二重層構成に比べて幾つかの注目すべき不利な点を有する。すなわち、上述のように、Cu-オン-Ru構成は、Ruの上のCuめっきと関連した形態上の利点を提供するものではない。さらに、本Ru-オン-Cu二重層構成を用いる場合、二重層のCu成分は、Cu-オン-Ru構成におけるより薄く作製することができ、依然としてめっきを実行できるままである。

10

【0017】

ほんの一例として、それぞれ3nmのCu上に1nmのRu、1nmのRu上に3nmのCuを有する、Ru-オン-Cu及びCu-オン-Ruシード層の両方が、同一のビア構造体上に生成された。同一のめっき条件を用いたとき、Ru-オン-Cuのサンプルはうまくめっきされ(すなわち、均一なめっき)、Cu-オン-Ruのサンプルはうまくめっきされないことが分かった。Cu-オン-Ruのサンプルのめっきは、基板の導電率が不十分であることに関連した全体の不均一性のタイプを示した。

【0018】

これらのサンプルにおける相違は、2つのシード層が大気に曝されたときに受ける酸化の程度が異なることに起因する。貴金属であるRuは、Cuと比べてあまり酸化の影響を受けやしくない。Ru-オン-Cu構造体においては、Cuは、その上にあるRu層によって酸化から保護されるが、Cu-オン-Ru構造体においては、Cuは、大気に直接曝される。Cuの酸化は、Cu-オン-Ruシード層の導電率を低減させ、めっきをより困難にする。めっき浴中でCu酸化物の著しい溶解が生じることがあり、基板の導電率に対して同様の有害な結果を有する。

20

【0019】

Ru-オン-Cu二重層構成の別の利点は、拡散バリア層230がTaNを含むとき(上記参照)、Cu/TaN界面が結果として生じることである(すなわち、Ru-オン-Cu二重層シード層と拡散バリア層との間に)。Cu/TaN界面は、広範にわたって試験され、従来のシステムにおいて日常的に使用されてきた。

30

【0020】

本発明の例証となる実施形態がここに説明されるが、本発明は、それらの正確な実施形態に制限されるものではないこと、及び、当業者であれば本発明の範囲から逸脱することなく種々の他の変更及び修正をなし得ることを理解すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】従来のビア製造プロセスを示す断面図である。

【図2】従来のビア製造プロセスを示す断面図である。

【図3】従来のビア製造プロセスを示す断面図である。

【図4】本発明の実施形態による、例示的なビア製造プロセスを示す断面図である。

40

【図5】本発明の実施形態による、例示的なビア製造プロセスを示す断面図である。

【図6】本発明の実施形態による、例示的なビア製造プロセスを示す断面図である。

【図7】本発明の実施形態による、例示的なビア製造プロセスを示す断面図である。

【符号の説明】

【0022】

100、200：基板

101：ビア

120、220：誘電体層

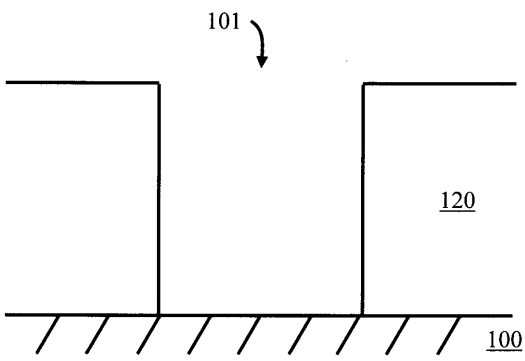
130、230：拡散バリア層

140：シード層

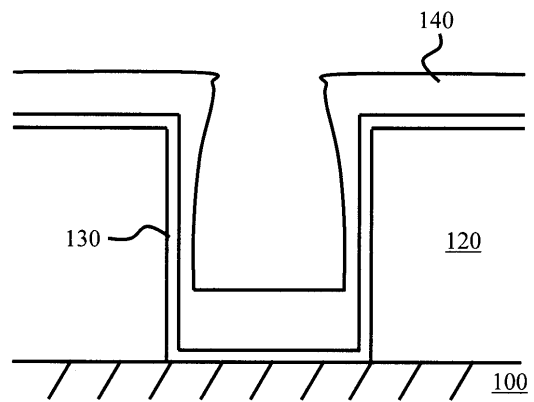
50

- 201 : 高アスペクト比ビア
- 240 : 銅シード層
- 250 : ルテニウムシード層
- 260 : 銅 (Cu)

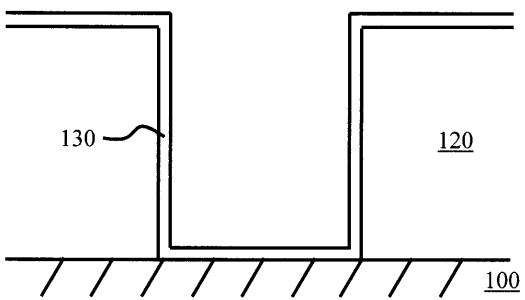
【 図 1 】



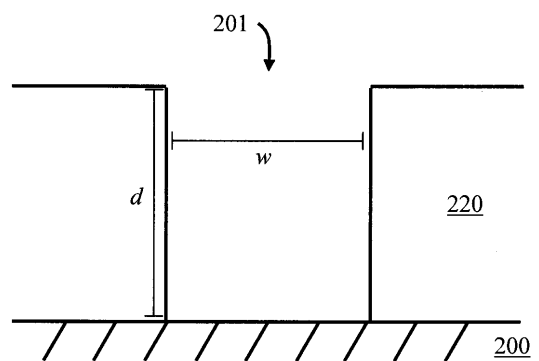
【 図 3 】



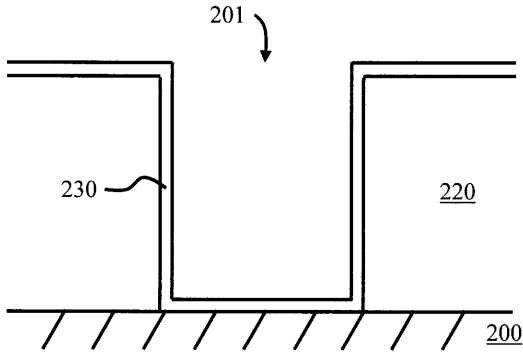
【 図 2 】



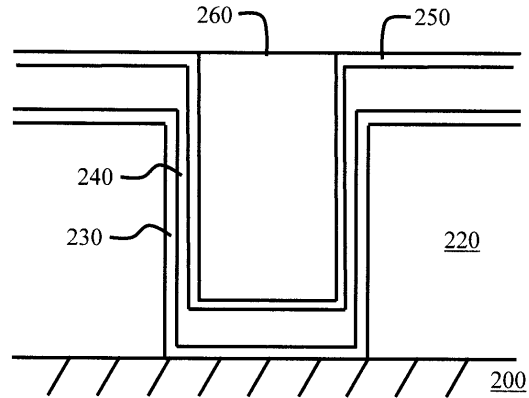
【 図 4 】



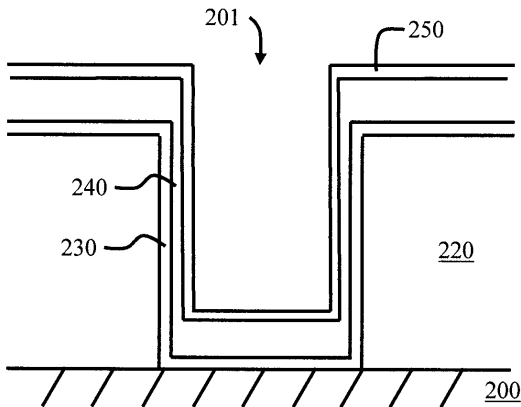
【図 5】



【図 7】



【図 6】



【手続補正書】

【提出日】平成21年10月16日(2009.10.16)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

銅めっきされたビアを製造する方法であって、誘電体層内に5 : 1 以上の深さ対幅のアスペクト比を有するビアをエッチングするステップと、前記ビア内及び前記誘電体層の1つ又は複数の表面の上に拡散バリア層を堆積させるステップと、前記拡散バリア層の上に1ナノメートルから5ナノメートルまでの厚さを有する銅層を堆積させるステップと、前記銅層の上に5ナノメートル以下の厚さを有するルテニウム層を堆積させるステップであって、ルテニウムカルボニル前駆体から化学気相堆積を用いてルテニウム層を堆積させるステップと、

前記ルテニウム層の上に銅を均一に電気めっきして前記ビアを銅で充填するステップとを含む方法。

【請求項 2】

前記銅層は、前記ビアの張出し及び閉鎖を回避するために、めっき中に通電層として働くのに必要な厚さにまでしか堆積されない、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

化学気相堆積、原子層堆積、蒸着、スパッタリング、溶液ベースの技術、又はスピノン・コーティングを用いて、前記基板の上に前記誘電体層を堆積させるステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記ビアは、反応性イオンエッチングを用いて前記誘電体内にエッチングされる、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記拡散バリア層は、化学気相堆積、原子層堆積、又はスパッタリングを用いて堆積される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記銅層は、化学気相堆積、原子層堆積、又はスパッタリングを用いて堆積される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記電気めっきされた銅、前記ルテニウム層、前記銅層及び前記拡散バリア層を前記誘電体層の上面まで平削りするステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

誘電体層内に形成された銅めっきされたビアであって、
5 : 1 以上の深さ対幅のアスペクト比を有するビアと、
前記ビア及び前記誘電体層の 1 つ又は複数の表面の内側を覆う 0 . 5 ナノメートルから 1 0 ナノメートルまでの厚さを有する拡散バリア層と、
前記拡散バリア層の上の 1 ナノメートルから 5 ナノメートルまでの厚さを有する銅層と

、
前記銅層の上にルテニウムカルボニル前駆体から化学気相堆積を用いて堆積された、 5 ナノメートル以下の厚さを有するルテニウム層と、

前記ビアを充填し、銅めっきされたビアを形成する、前記ルテニウム層の上に均一に電気めっきされた銅と
を含む、銅めっきされたビア。

【請求項 9】

前記誘電体層は、二酸化シリコン、シリコン・炭素・酸素・水素材料及び有機ポリマーの 1 つ又は複数を含む、請求項 8 に記載の銅めっきされたビア。

【請求項 10】

前記誘電体層は、10 ナノメートルから 1000 ナノメートルまでの厚さを有する、請求項 8 に記載の銅めっきされたビア。

【請求項 11】

前記拡散バリア層は窒化タンタルを含む、請求項 8 に記載の銅めっきされたビア。

【請求項 12】

前記拡散バリア層は、0 . 5 ナノメートルから 10 ナノメートルまでの厚さを有する、請求項 8 に記載の銅めっきされたビア。

フロントページの続き

(74)復代理人 100110607

弁理士 間山 進也

(74)代理人 100086243

弁理士 坂口 博

(72)発明者 フェントン・アール・マクフィーリー

アメリカ合衆国 1 0 5 6 2 ニューヨーク州 オッシニング ドナルド・レーン 2 5

(72)発明者 チーチャオ・ヤン

アメリカ合衆国 1 2 0 7 7 ニューヨーク州 グレンモント ウィンダム・ヒル・ロード 2 9

F ターム(参考) 4K044 AA06 AB10 BA06 BA08 BB03 BC14 CA14 CA18

5F004 DB03 DB23 EB01 EB02 EB03

5F033 HH07 HH11 HH21 HH31 HH32 HH35 JJ07 JJ11 JJ21 JJ31

JJ32 JJ35 KK01 MM08 MM13 NN06 NN07 PP03 PP06 PP15

PP27 QQ09 QQ13 QQ37 QQ48 RR01 RR04 RR21 SS08 SS10

SS11 SS22 WW00 WW02 XX01 XX02 XX04 XX10