

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5409801号  
(P5409801)

(45) 発行日 平成26年2月5日 (2014. 2. 5)

(24) 登録日 平成25年11月15日 (2013. 11. 15)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/288 (2006. 01)	HO 1 L 21/288 E
HO 1 L 21/3205 (2006. 01)	HO 1 L 21/88 B
HO 1 L 21/768 (2006. 01)	HO 1 L 21/90 A
C 2 5 D 7/12 (2006. 01)	C 2 5 D 7/12

請求項の数 15 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2011-537626 (P2011-537626)	(73) 特許権者	390040660
(86) (22) 出願日	平成21年11月19日 (2009. 11. 19)		アブライド マテリアルズ インコーポレ イテッド
(65) 公表番号	特表2012-510162 (P2012-510162A)		APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED
(43) 公表日	平成24年4月26日 (2012. 4. 26)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 4 サンタ クララ パウアーズ ア ベニュー 3 0 5 0
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/065193		
(87) 国際公開番号	W02010/059857	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開日	平成22年5月27日 (2010. 5. 27)		弁理士 園田 吉隆
審査請求日	平成24年11月16日 (2012. 11. 16)	(74) 代理人	100101199
(31) 優先権主張番号	61/117, 540		弁理士 小林 義教
(32) 優先日	平成20年11月24日 (2008. 11. 24)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	12/620, 818		
(32) 優先日	平成21年11月18日 (2009. 11. 18)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
早期審査対象出願			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機表面パッシベーションでめっきの進行に差を付けて遅らせることによるボトムアップめっき

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を処理する方法であって、  
トレンチ構造又はビア構造が形成された基板を覆うようにシード層を形成するステップと、  
前記シード層の一部を有機パッシベーション膜で被覆するステップであって、前記シード層の一部を被覆することが、有機界面活性剤を含有する溶液に前記基板を浸漬することによって前記トレンチ構造又はビア構造の上部を覆うシード層を被覆することを含み、且つ前記溶液が、疎水性担体と、前記疎水性担体に懸濁された前記有機界面活性剤とを含む、前記被覆ステップと、  
前記トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬して、前記有機パッシベーション膜が前記めっき液に溶解する前に前記有機パッシベーション膜で被覆されない前記トレンチ構造又はビア構造の下部を覆う前記シード層の上に導電材料を堆積させるステップと、を含み、  
前記トレンチ構造又はビア構造の前記上部を覆う前記有機パッシベーション膜の前記めっき液での最終的な完全な溶解が、前記トレンチ構造又はビア構造の上部を覆う前記導電材料の堆積を可能にする、方法。

【請求項 2】

前記有機界面活性剤が 1 - 2 - 3 - ベンゾトリアゾール ( B T A ) を含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記溶液がイソプロピルアルコール（IPA）を含む、請求項 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

基板を処理する方法であって、

トレンチ構造又はビア構造が形成された基板を覆うようにシード層を堆積させるステップと、

前記基板にスピン塗布して、前記トレンチ構造又はビア構造の上部を覆う前記シード層を少なくとも覆うようにパッシベーション膜を形成するステップと、

前記トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬して、前記パッシベーション膜で被覆されない前記シード層の上に導電材料を堆積させ、前記パッシベーション膜を前記めっき液に溶解させるステップと、を含み、

前記トレンチ構造又はビア構造の前記上部を覆う前記有機パッシベーション膜の前記めっき液での溶解が、前記トレンチ構造又はビア構造の上部を覆う前記導電材料の堆積を可能にする、方法。

## 【請求項 5】

前記基板にスピン塗布するステップが、スピン塗布する間の回転速度、スピン塗布で用いられる溶液の特性、又は、それらの組み合わせを調節することにより、前記パッシベーション膜が前記トレンチ構造又はビア構造の側壁に沿って達する深さを制御することを含む、請求項 4 に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記回転速度を上げると、前記深さが減少し、前記回転速度を下げると、前記深さが増加する、請求項 5 に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記溶液の前記特性は、前記溶液の担体の粘度である、請求項 6 に記載の方法。

## 【請求項 8】

基板を処理する方法であって、

前記基板に形成されたトレンチ構造又はビア構造の表面を覆うようにシード層を堆積させるステップと、

パッシベーション膜を前記基板の上に塗布形成して、前記トレンチ構造又はビア構造の上部開口部近傍の前記シード層を被覆するステップと、

前記トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬して、導電材料を前記トレンチ構造又はビア構造内に堆積させるステップと、を含み、

ボトムアップ充填効果を可能にするため前記パッシベーション膜が前記めっき液で溶解する前に、前記導電材料が前記パッシベーション膜により覆われない前記トレンチ構造又はビア構造の下部で前記シード層を覆って堆積し、そして、めっき中に前記パッシベーション膜が前記めっき液に溶解した後に、前記導電材料が前記トレンチ構造又はビア構造を充填するため前記トレンチ構造又はビア構造の上部を覆って堆積する、方法。

## 【請求項 9】

前記パッシベーション膜が平面分子を有する界面活性剤を含む、請求項 8 に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記パッシベーション膜を塗布形成するステップが、前記基板に界面活性剤溶液をスピン塗布することを含む、請求項 9 に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記界面活性剤溶液が、1 - 2 - 3 ベンゾトリアゾール（BTA）及びイソプロピルアルコール（IPA）を含む有機界面活性剤を含む、請求項 10 に記載の方法。

## 【請求項 12】

前記パッシベーション膜を塗布形成するステップが、疎水性担体を含む界面活性剤溶液に前記基板を浸漬することを含む、請求項 8 に記載の方法。

## 【請求項 13】

基板を処理する方法であって、

前記基板に形成されたトレンチ構造又はビア構造の表面を覆うようにシード層を形成するステップと、

前記シード層の一部を有機パッシベーション膜で被覆するステップと、  
を含み、前記シード層の一部を被覆するステップが、

1 - 2 - 3 ベンゾトリアゾール ( B T A ) を含む有機界面活性剤を含有する溶液を前記基板にスピン塗布することにより、前記トレンチ構造又はビア構造の上部を覆う前記シード層を被覆することと、

前記トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬して、導電材料を堆積させることと、  
を含み、

ボトムアップ充填効果を可能にするため前記有機パッシベーション膜が前記めっき液で溶解する前に、前記導電材料が前記有機パッシベーション膜により覆われない前記トレンチ構造又はビア構造の下部で前記シード層を覆って堆積し、そして、前記有機パッシベーション膜が前記めっき液に溶解した後に、前記導電材料が前記トレンチ構造又はビア構造を充填するため前記トレンチ構造又はビア構造の上部を覆って堆積する、方法。

【請求項 1 4】

前記溶液が、イソプロピルアルコール ( I P A ) を含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記シード層の一部を被覆するステップが、更に、スピン塗布する間の回転速度を調節することにより、前記トレンチ構造又はビア構造内へ前記有機パッシベーション膜の目標深さを被覆することを含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明の実施形態は、概して、半導体基板を処理するための装置及び方法に関するものである。特に、本発明の実施形態は、ボトムアップめっきを行なう方法及び装置に関するものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

半導体素子の寸法が縮小し続けていることにより、製造中に半導体基板に形成されるトレンチ構造又はビア構造が益々狭くなっており、アスペクト比が高くなっている。開口部が狭くなり、かつアスペクト比が高くなると、普通、後続の材料充填プロセスが困難となり、且つ非常に難しい解決課題が生じる。その結果、狭い開口部が充填プロセス中に閉塞されてしまうため、ボイドが充填材料に形成され易くなる。

【 0 0 0 3 】

問題は、ライナー層、バリア層、又はシード層が充填プロセスに、例えばシード層が必要とされるめっきプロセスに必要とされる場合に大きくなる。シード層は、普通、トレンチ構造又はビア構造に、物理化学気相堆積 ( P V D ) プロセスを使用して堆積させる。トレンチ表面又はビア表面を完全に被覆するために、シード層の厚みを、普通、トレンチ又はビアの入口の近傍、及びトレンチ又はビアの底部の近傍において大きくする。シード層の厚い部分は、電気抵抗が小さいので、大きなめっき電流を流すことができ、その結果、めっきが迅速に進む。その結果、めっき速度は、トレンチ又はビアの開口部の近傍で大きく、開口部の近傍でめっきされた材料が、充填される前のトレンチ又はビアを閉塞して、トレンチ内又はビア内にボイドを形成してしまう。これらのボイドは、トレンチ内又はビア内に形成される配線の導電率を低下させ、かつ配線の物理的強度を低下させるので望ましくない。

【 0 0 0 4 】

図 1 は、トレンチ及びビアにめっきを施す際の問題を模式的に示している。トレンチ構造又はビア構造 1 4 は、基板 1 0 の誘電体材料 1 1 内に形成される。次に、バリア層 1 6 を、トレンチ構造又はビア構造 1 4 を覆うように堆積させる。次に、シード層 1 2 をバリ

10

20

30

40

50

ア層 16 の上に堆積させる。シード層 16 の厚さがトレンチ構造又はビア構造 14 の入口 17 の近傍で増していることにより、めっきが入口 17 の近傍でより速く進む。次に、金属層 13 を堆積させて、当該金属層をトレンチ構造又はビア構造 14 に充填する。図 1 に示すように、金属層 13 の堆積中に、高アスペクト比を持つトレンチ構造又はビア構造 14 内にボイド 15 が形成される。

【0005】

従来の形成プロセスでは、普通、スパッタリングプロセスを使用して、めっき前に、入口 17 近傍のシード層 12 の厚さを薄くする。スパッタリングでは普通、正イオンを使用して、シード層内の原子を物理的に叩き出す。正に帯電したアルゴンイオンのような正イオンは、普通、プラズマチャンバ内で生成され、次に目標物に向けて加速される。正イオンは加速中に運動量を獲得し、基板の上面を叩く。イオンは、シード層から原子を物理的に叩き出す。しかしながら、イオンは基板全体を叩く。更に、剥離したパーティクルがスパッタリング中に発生すると、クリーニングプロセスを追加する必要があり、後続の処理の潜在的な汚染源にもなりうる。

10

【0006】

したがって、トレンチ構造又はビア構造内への導電材料めっきを改善する方法及び装置が必要になる。

【発明の概要】

【0007】

本発明の実施形態は、概して、半導体基板を処理するための装置及び方法に関するものである。具体的には、本発明の実施形態は、トレンチ構造又はビア構造へのボトムアップ充填を容易にする方法及び装置に関するものである。

20

【0008】

一実施形態は基板を処理する方法を提供し、本方法は、トレンチ構造又はビア構造が形成された基板を覆うようにシード層を形成することと、シード層の一部を有機パッシベーション膜で被覆することと、トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬して、有機パッシベーション膜で被覆されないシード層の上に導電材料を堆積させることとを含む。

【0009】

別の実施形態は基板を処理する方法を提供し、本方法は、基板に形成されたトレンチ構造又はビア構造の表面を覆うようにシード層を堆積させることと、パッシベーション膜を基板の上に塗布形成して、トレンチ構造又はビア構造の上部開口部近傍のシード層を被覆することと、トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬することにより、導電材料をトレンチ構造又はビア構造内にめっきすることであって、めっき中にパッシベーション膜がめっき液に溶解することとを含む。

30

【0010】

更に別の実施形態は基板を処理する方法を提供し、本方法は、トレンチ構造又はビア構造が形成された基板の上にシード層を堆積させることと、基板をスピン塗布して、シード層の少なくとも一部を覆うようにパッシベーション膜を形成することと、トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬して、パッシベーション膜で被覆されないシード層の上に導電材料を堆積させ、パッシベーション膜をめっき液に溶解させることとを含む。

40

【0011】

本発明の上述の特徴を詳細に理解することができるように、上に簡単に要約した本発明の更に詳細な説明を、添付図面に幾つかが示されている実施形態を参照することにより行う。しかしながら、添付図面は、本発明の代表的な実施形態を示しているに過ぎず、したがって本発明の範囲を限定するものとして解釈されるべきではなく、本発明は他の同様に効果的な実施形態を包含することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図 1】図 1 は、トレンチ構造又はビア構造にめっきを施す際の問題を模式的に示している。

50

【図 2】図 2 A ~ D は、本発明の一実施形態によるトレンチ構造又はビア構造の充填方法を模式的に示している。

【図 3】図 3 は、本発明の一実施形態によるトレンチ構造又はビア構造の充填プロセスの模式フローチャートである。

【図 4】図 4 A ~ C は、本発明の一実施形態によるパッシベーション膜の塗布形成方法を模式的に示している。

【図 5】図 5 は、本発明の別の実施形態によるパッシベーション膜の塗布形成方法を模式的に示している。

【図 6】図 6 A ~ D は、本発明の一実施形態によるトレンチ構造又はビア構造の充填方法を模式的に示している。

10

【図 7】図 7 は、本発明の一実施形態によるトレンチ構造又はビア構造の充填プロセスの模式フローチャートである。

【図 8】図 8 は、本発明の一実施形態によるビア充填結果の光電子顕微鏡像である。

【図 9】図 9 は、本発明の一実施形態によるトレンチ充填結果の透過型電子顕微鏡 (TEM) 像である。

【0013】

理解を容易にするために、同じ参照番号を出来る限り使用して、複数の図に共通する同じ構成要素を示している。一実施形態において開示される構成要素は、特に断らなくとも他の実施形態において有利に利用できる。

【発明を実施するための形態】

20

【0014】

本発明の実施形態は、概して、半導体基板を処理するための装置及び方法に関するものである。具体的には、本発明の実施形態は、トレンチ構造又はビア構造へのボトムアップ充填を容易にする方法及び装置に関するものである。本発明の一実施形態では、トレンチ構造又はビア構造に充填材料を充填する前に、トレンチ構造又はビア構造の一部をパッシベーション膜で被覆する手法を提供する。一実施形態では、パッシベーション膜は、トレンチ構造又はビア構造の上部開口部の近傍に形成されて、後続の堆積プロセスにおいて上部開口部の近傍への充填材料の堆積を遅らせるように構成される。

【0015】

一実施形態では、めっきプロセスを使用して、充填材料をトレンチ構造又はビア構造内に堆積させ、パッシベーション膜をめっき液に溶解させる。めっきプロセスの開始時では、パッシベーション膜がめっき液に溶解する前に、充填材料がトレンチ構造又はビア構造の底部にのみ堆積することにより、ボトムアップ充填が行なわれる。したがって、本発明の方法によって、破壊イオンを使用してトレンチ構造又はビア構造、及び基板に物理的な衝撃を与えることなく、ボトムアップ充填が可能になる。

30

【0016】

一実施形態では、パッシベーション膜は界面活性剤を含む。一実施形態では、界面活性剤は平面分子を含む。一実施形態では、パッシベーション膜で被覆することは、界面活性剤溶液を、トレンチ構造又はビア構造が形成されている基板にスピン塗布することを含む。別の実施形態では、パッシベーション膜で被覆することは、トレンチ構造又はビア構造を界面活性剤溶液に浸漬することを含む。

40

【0017】

図 2 A ~ 2 D は、本発明の一実施形態によるトレンチ構造又はビア構造に充填する手順を模式的に示している。図 3 は、図 2 A ~ 2 D に示すようにトレンチ構造又はビア構造に充填するプロセス 200 の模式フローチャートである。

【0018】

プロセス 200 のブロック 210 では、トレンチ構造又はビア構造を基板に形成する。トレンチ構造又はビア構造は、普通、半導体素子の異なる部分を形成するために使用される。例えば、トレンチ構造又はビア構造は、内部に導電材料を保持し、配線を半導体素子に形成するために広く使用されている。図 2 A は、誘電体材料 101 内に形成されたトレ

50

ンチ構造又はビア構造 106 を有する基板 100 の模式側部断面図である。一実施形態では、トレンチ構造又はビア構造 106 は、その内部に導電配線を形成するように構成される。

【0019】

プロセス 200 のブロック 220 では、トレンチ構造又はビア構造を覆うようにバリア層を堆積させる。バリア層は、配線内の銅が、隣接する領域に拡散するのを阻止するために広く使用されている。図 2A に示すように、バリア層 102 をトレンチ構造内又はビア構造 106 内に形成して、トレンチ構造内又はビア構造内 106 に次に堆積される導電材料が誘電体材料 101 に拡散するのを阻止する。

【0020】

プロセス 200 のブロック 230 では、トレンチ構造又はビア構造を覆うようにシード層を堆積させる。図 2A に示すように、基板 100 の上面全体に亘ってシード層 103 をバリア層 102 の上に堆積させる。シード層 103 は、電気めっきのような次のめっきプロセスを施すための導電表面を形成するように構成される。シード層 103 は、物理気相堆積法 (PVD) を使用して堆積させることができる。シード層 103 は、普通、PVD プロセスの性質から、トレンチ構造又はビア構造 106 の側壁の上におけるよりも上部開口部の上において厚い。上述のように、シード層 103 が不均一な厚さであることによって、処理を施さない場合には、次のめっきにおいてボイドが形成される可能性がある。

【0021】

プロセス 200 のブロック 240 では、シード層の一部をパッシベーション膜で被覆する。一実施形態では、トレンチ構造又はビア構造の上部を覆うシード層を、パッシベーション膜で被覆する。パッシベーション膜は、下のシード層の上に金属が堆積することを阻止するように構成される。一実施形態では、パッシベーション膜は、界面活性剤 (英語表記は surfactant 又は surface acting agent) を含む。

【0022】

一実施形態では、パッシベーション膜は、シード層上で種々の厚さを有することができる。例えば、パッシベーション膜は、トレンチ構造又はビア構造の上部を覆うシード層部分の上において、トレンチ構造又はビア構造の下部を覆うシード層部分の上におけるよりもずっと厚い。パッシベーション膜は、水に溶解することができる。トレンチ構造又はビア構造を水系めっき液に浸漬する場合、薄いパッシベーション膜の下部が最初に溶解して、当該下部の下のシード層が露出し、充填材料を堆積させることができるので、ボトムアップ充填が可能になる。

【0023】

一実施形態では、界面活性剤は、平面分子を有する有機化合物であり、かつ水に溶解することができる。一実施形態では、界面活性剤は、1-2-3 ベンゾトリアゾール (BTA) 又は類似の化合物を含む。

【0024】

一実施形態では、パッシベーション膜 104 は、シード層 103 に含まれる材料の腐食防止剤を含むことができる。一実施形態では、腐食防止剤はイミダゾール (IMA) を含む。

【0025】

図 2A は、トレンチ構造又はビア構造 106 の最上部を覆うように形成されたパッシベーション膜 104 を示している。トレンチ構造又はビア構造 106 の下部を覆うシード層部分 103 は、パッシベーション膜 104 で被覆されていない。

【0026】

一実施形態では、パッシベーション膜 104 で被覆することは、界面活性剤溶液をスピン塗布することを含む。別の実施形態では、パッシベーション膜 104 で被覆することは、トレンチ構造又はビア構造を界面活性剤溶液に浸漬することを含む。パッシベーション膜 104 を塗布形成する方法については、図 4 及び 5 に関連付けながら詳細に説明する。

【0027】

プロセス 200 のブロック 250 では、トレンチ構造又はビア構造に導電材料を充填する。一実施形態では、トレンチ構造又はビア構造に充填することは、トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬することにより行なわれる。

【0028】

図 2 B は、基板 100 をめっき液 105 に浸漬し、めっき液 105 でトレンチ構造又はビア構造 106 の表面を濡らす様子を示している。図 2 B は、基板 100 が、素子形成面を上に向けた状態でめっき液 105 に「十分に浸っている」様子を示しているが、当業者であれば、基板 100 はあらゆる適切な位置に配置することができ、例えば素子形成面を下に向けてめっき浴に浸漬してもよい。

【0029】

図 2 B に示すように、導電材料 107 は、シード層 103 のうち、パッシベーション膜 104 で被覆されていない部分から成長する。この場合、シード層 103 の下部はめっき液 105 にじかに接触し、導電材料 107 はトレンチ構造又はビア構造をボトムアップ充填する。

【0030】

図 2 C は、しばらくの間めっきを継続した後の基板 100 の側部断面図を模式的に示している。導電材料 107 でトレンチ構造又はビア構造 106 の底部が充填されているのに対し、トレンチ構造又はビア構造 106 の最上部がパッシベーション膜 104 で被覆されたままである。しかしながら、パッシベーション膜 104 はめっき液 105 に溶解しつつある。パッシベーション膜 104 は、最終的に、めっき液 104 に完全に溶解し、図 2 D に示すように、導電材料 107 をトレンチ構造又はビア構造 106 の最上部を覆うように堆積させることが可能になる。

【0031】

図 4 A ~ 4 C は、本発明の一実施形態によるパッシベーション膜の塗布形成方法を模式的に示している。具体的には、パッシベーション膜は、スピン塗布により塗布形成される界面活性剤層とすることができる。スピン塗布プロセスにおける遠心力により、塗布形成されるパッシベーション膜は、トレンチ構造又はビア構造の最上部から底部に向かって徐々に厚さが低減するプロファイルを有することができる。回転速度を速くすると、被覆層がトレンチ構造又はビア構造の底部にほとんど又は全く形成されない。同じ原理により、溶液の物理特性も、保護界面活性剤を構造内の所望の深さに供給する際に同等の役割を果たす。

【0032】

界面活性剤はめっき液又は電解液に溶解するので、界面活性剤が溶解する前に界面活性剤でトレンチ構造又はビア構造の上面を覆う場合、トレンチ構造又はビア構造の底面が電解液に最初に接触する。したがって、ボトムアップめっきを行なうことができる。

【0033】

図 4 A に示すように、図 2 A のパッシベーション膜 104 のようなパッシベーション膜は、スピン塗布装置 300 を使用して塗布形成することができる。スピン塗布装置 300 は、普通、基板 302 を上面 301 a に支持し、且つ基板 302 を、スピンドル 301 b を中心に回転させるように構成された基板支持アセンブリ 301 を備える。スピン塗布装置 300 は、更に、溶液 303 を、基板支持アセンブリ 301 の上に配置される基板 302 に注ぐように構成された液体ディスペンサー 304 を備える。

【0034】

溶液 303 は、普通、基板支持アセンブリ 301 が基板 302 を高速回転させている間に基板 302 に供給される。溶液 303 は、基板 302 全体に広がり、次に遠心力により基板 302 から飛散し、図 4 B に示すように、薄層 305 が基板 302 の上に残る。

【0035】

図 4 C は、基板 302 を覆う薄層 305 の拡大図である。図 4 C に示すように、基板 302 は、当該基板に形成されるトレンチ構造又はビア構造 306 を有する。スピン塗布中に、回転速度、溶液 303 の特性、又はそれらの組み合わせを調整することにより、スピ

10

20

30

40

50

ン塗布により得られる薄層 305 を、トレンチ構造又はビア構造 306 の上部内に収まるように制御することができる。

【0036】

一実施形態では、トレンチ構造又はビア構造 306 内の薄層 305 の深さ 307 は、基板 302 の回転速度を調整することにより制御することができる。一実施形態では、深さ 307 は、基板 302 の回転速度を大きくすることにより浅くすることができ、深さ 307 は、基板 302 の回転速度を小さくすることにより大きくすることができる。

【0037】

溶液 303 は、普通、界面活性剤又は腐食防止剤のような担体及び溶質を含む。一実施形態では、担体は、イソプロピルアルコール (IPA) を含むことができる。

10

【0038】

別の実施形態では、トレンチ構造又はビア構造 306 内の薄層 305 の深さ 307 は、溶液 303 の担体の特性を調整することにより制御することができる。一実施形態では、深さ 307 は、親水性の高い担体、又は揮発性担体を選択することにより大きくすることができる。一実施形態では、深さ 307 は、担体の粘度を調整することにより調整することができる。

【0039】

別の実施形態では、トレンチ構造又はビア構造 306 内の薄層 305 の深さ 307 は、溶液 303 の溶質の特性を調整することにより制御することができる。溶質の特性によって、普通、溶液の特性が変化する。

20

【0040】

一実施形態では、担体はスピン塗布後に蒸発して、溶質が薄層 305 内の基板 302 上に残留する。一実施形態では、薄層 305 は、界面活性剤又は腐食防止剤のような溶質から成る幾つかの分子層を含むことができる。別の実施形態では、基板 302 をスピン塗布後にバーク処理して、担体を薄層 305 から蒸発させることができる。

【0041】

図 5 は、基板を溶液に浸漬することによるパッシベーション膜の塗布形成を模式的に示している。トレンチ構造又はビア構造 403 が形成された基板 401 を、素子形成面を下に向けて溶液 402 に浸漬することにより、図 2 A のパッシベーション膜 104 のようなパッシベーション膜を形成することができる。溶液 402 が通常疎水性担体を有することにより、トレンチ構造又はビア構造の上部 (トレンチ構造又はビア構造の入口近傍の部分) を覆う薄膜が得られる。

30

【0042】

図 6 A ~ 6 D は、本発明の一実施形態による種々の寸法のトレンチ構造又はビア構造に充填する方法を模式的に示している。図 7 は、図 6 A ~ 6 D に示す方法によるトレンチ構造又はビア構造の充填プロセス 600 の模式フローチャートである。

【0043】

プロセス 600 のブロック 610 では、異なる寸法のトレンチ構造又はビア構造を有する基板を覆うようにシード層を堆積させる。図 6 A に示すように、大きいトレンチ構造又はビア構造 506 と、小さいトレンチ構造又はビア構造 505 とを、基板 500 の誘電体材料 501 内に形成する。バリア層 507 をトレンチ構造又はビア構造 505、506 の表面に堆積させる。シード層 502 をバリア層 507 の上に堆積させる。シード層 502 は、物理気相堆積法 (PVD) を使用して堆積させることができる。シード層 502 は、普通、PVD プロセスの性質により、トレンチ構造又はビア構造 505、506 の側壁の上におけるよりも上部開口部の上において厚い。

40

【0044】

プロセス 600 のブロック 620 では、シード層の一部をパッシベーション膜で被覆する。パッシベーション膜は、トレンチ構造又はビア構造の上部を覆うシード層部分を被覆することができる。パッシベーション膜は、当該パッシベーション膜の下シード層の上に金属が堆積するのを阻止するように構成される。一実施形態では、パッシベーション膜

50



は界面活性剤を含む。パッシベーション膜は、図4及び5を参照して上述したように、スピン塗布により、又は基板を溶液に浸漬することにより形成することができる。図6Aに示すように、パッシベーション膜503は、トレンチ構造又はビア構造505、506の上部を覆うように形成される。

【0045】

プロセス600のブロック630は、トレンチ構造又はビア構造に導電材料を充填する。一実施形態では、トレンチ構造又はビア構造に充填することは、トレンチ構造又はビア構造をめっき液に浸漬することにより行なわれる。プロセス200において説明しためっきプロセスと同様に、パッシベーション膜によって、トレンチ構造又はビア構造の上部へのめっきを遅らせることにより、トレンチ構造又はビア構造のボトムアップ充填が可能になる。

10

【0046】

図6Bは、基板500をめっき液105にしばらく浸漬した後のめっき結果を示している。高アスペクト比を有する小さいトレンチ構造又はビア構造505が導電材料504でほとんど充填されているのに対し、大きいトレンチ構造又はビア構造506は内側容積部の大部分が未だ充填されていない。パッシベーション膜503はまだシード層502の上に残っていてよい。

【0047】

この段階で、パッシベーション膜503をめっき液に溶解させることができる場合、大きいトレンチ構造又はビア構造506が更に充填されるまで基板500をめっき液に浸したままにしておくことができる。めっき速度は、普通、高アスペクト比のトレンチ構造又はビア構造を充填してボイドの形成を低減する場合には、小さい値に設定される。小さいトレンチ構造又はビア構造505が充填された後は、めっき速度を小さくしておく必要はない。したがって、大きいトレンチ構造又はビア構造506への充填において、めっきパラメータを変更してめっき速度を大きくすることが望ましい。

20

【0048】

プロセス600のブロック640では、狭いトレンチ構造又はビア構造に導電材料を充填した後で基板を乾燥させる。

【0049】

プロセス600のブロック650では、基板をアニールして残留するパッシベーション膜を除去する。ブロック640及び650によって、これまで被覆されていたシード層からパッシベーション膜を剥がすことができる。図6Cは、パッシベーション膜を除去した後の基板500を示している。

30

【0050】

プロセス600のブロック660では、基板をめっき液に浸漬して、導電材料を基板の上に堆積させる。一実施形態では、ブロック660におけるめっきプロセスは、ブロック630におけるめっきプロセスよりも速いめっき速度を有する。一実施形態では、同じめっき液をブロック630及び660において使用することができる。別の実施形態では、異なるめっき液をブロック630及び660において使用できる。図6Cに示すように、小さいトレンチ構造又はビア構造505、及び大きいトレンチ構造又はビア構造506の両方に導電材料504が充填される。

40

【0051】

プロセス600は、基板上的トレンチ構造又はビア構造が極めて大きく変化する場合に特に有用である。ブロック630及び660におけるめっき速度を異なるように設定して、高アスペクト比のトレンチにボイドが形成されるのを阻止し、かつ大きな寸法のトレンチへの充填を速めることができる。

【0052】

プロセス600は、パッシベーション膜をめっき液に溶解させることができない場合にも有用である。

【0053】

50

図 8 は、本発明の一実施形態によるビアに充填した結果の光電子顕微鏡像である。図 8 のビアは、シリコン基板に形成されて、約 140 ミクロンの深さ、及び約 14 ミクロンの直径を有する。約 6000 オングストロームの厚さを有する銅シード層は、パッシベーションで被覆する前に堆積させる。パッシベーションで被覆する際に、1 - 2 - 3 ペンゾトリアゾール (BTA) をイソプロピルアルコール (IPA) に溶解させた溶液を、基板にスピン塗布する。次に、塗布済み基板を、銅を基板にめっきするように調製されためっき液に浸漬する。図 8 は、めっき後の顕微鏡像である。銅本体を白色で示している。図 8 に示すように、これらのビアに銅をボトムアップ充填する。

【0054】

図 9 は、本発明の一実施形態による方法を使用してトレンチ構造に充填した結果の透過型電子顕微鏡像である。トレンチ構造は、底部の近傍で 25 nm の最小寸法を有する。トレンチは、本発明の実施形態に従ってパッシベーション被覆層を塗布形成した後に、電気めっきプロセスによる銅で充填される。トレンチはボトムアップ充填される。元の銅シード層がそのままの状態、電気めっきされた銅がトレンチからきのこ状に「盛り上がる」様子を観察することができる。

【0055】

本明細書では、トレンチ構造又はビア構造への充填について説明したが、本発明の実施形態は、トレンチ及びビアの組み合わせのような他の構造、又は他のあらゆる開口部への充填を行なうために適用可能である。

【0056】

上述は、本発明の実施形態に関して行なわれているが、本発明の他の実施形態及び別の実施形態を、本発明の基本的範囲から逸脱せずに想到することができ、本発明の範囲は特許請求の範囲により規定される。

【図 1】

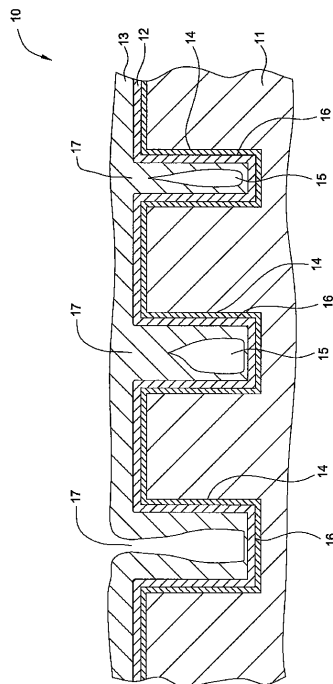


FIG. 1

【図 2 A】

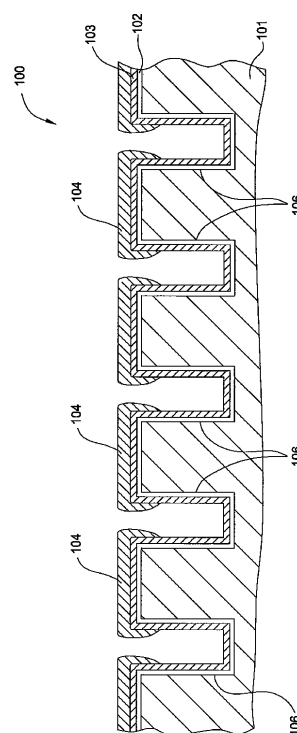


FIG. 2A

【図 2 B】

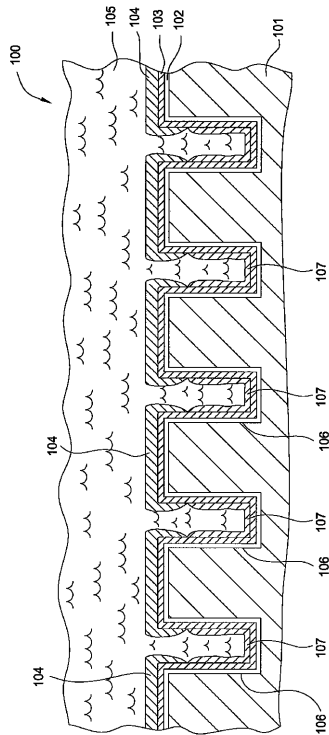


FIG. 2B

【図 2 C】

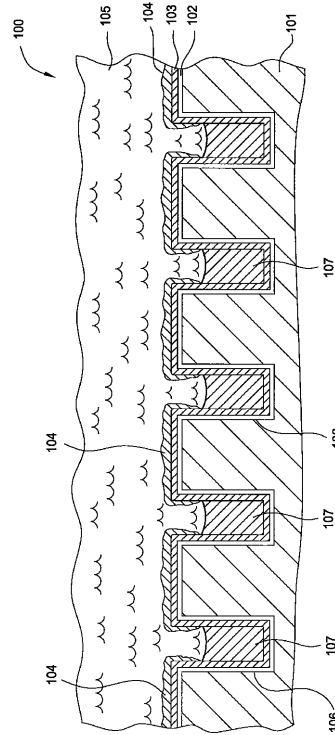


FIG. 2C

【図 2 D】

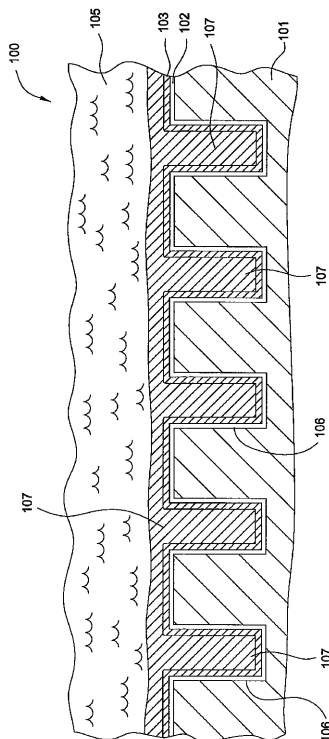
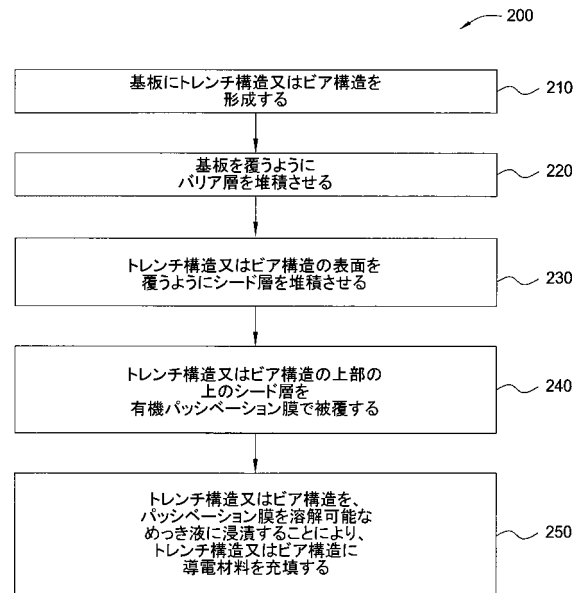
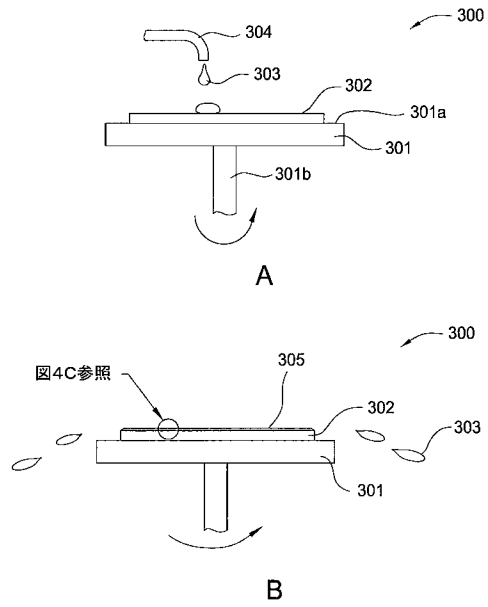


FIG. 2D

【図 3】



【図 4】



【図 5】

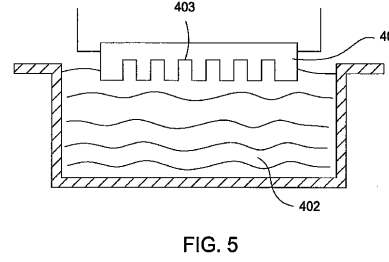


FIG. 5

【図 6 A】

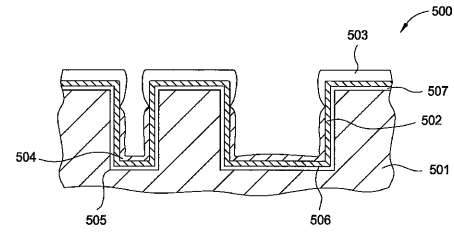
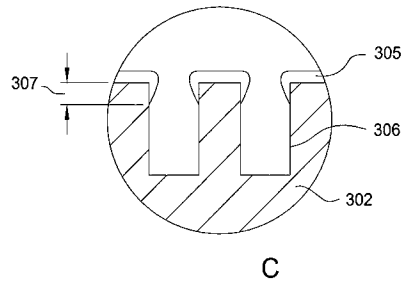


FIG. 6A



【図 6 B】

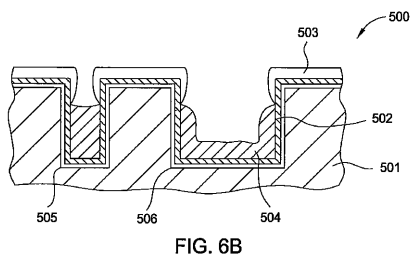


FIG. 6B

【図 6 D】

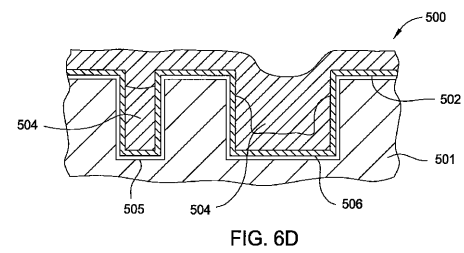


FIG. 6D

【図 6 C】

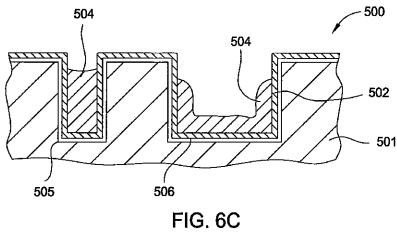
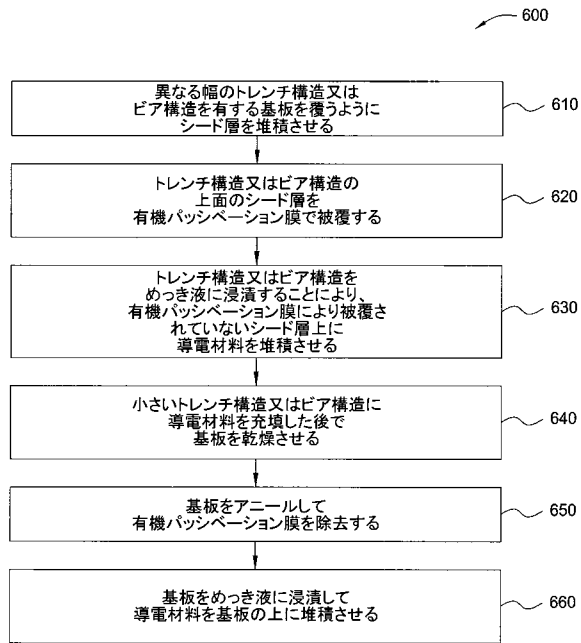


FIG. 6C

【図 7】



【図 8】

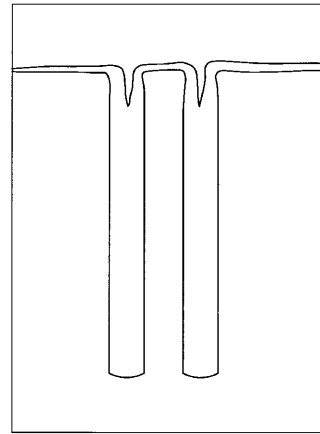


FIG. 8

【図 9】

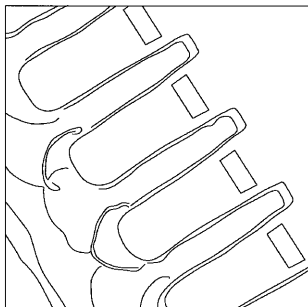


FIG. 9

---

フロントページの続き

(72)発明者 ワン, ジェン - ユエ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 3 9 , フレモント, ベッドフォード ストリート  
1 2 7 1

(72)発明者 チャン, ファー

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 1 2 9 , サン ノゼ, パイパー ドライヴ 4 6 4 5

(72)発明者 タオ, ロン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 5 1 2 9 , サン ノゼ, アーリントン レーン 1 1 3  
1

(72)発明者 チャン, ホン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 3 9 , フレモント, ヤキマ ドライヴ 8 1 8

審査官 安田 雅彦

(56)参考文献 特開 2 0 0 7 - 0 0 9 2 4 7 ( J P , A )

特開 2 0 0 6 - 2 7 4 3 6 9 ( J P , A )

特開 2 0 0 7 - 1 4 9 8 2 4 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H 0 1 L 2 1 / 2 8 8

H 0 1 L 2 1 / 7 6 8

H 0 1 L 2 1 / 3 2 0 5

C 2 5 D 7 / 1 2

C 2 5 D 1 7 / 0 0