

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7634930号
(P7634930)

(45)発行日 令和7年2月25日(2025.2.25)

(24)登録日 令和7年2月14日(2025.2.14)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/3205(2006.01)

H 0 1 L 21/768(2006.01)

H 0 1 L 23/532(2006.01)

H 0 1 L 21/88

R

請求項の数 6 外国語出願 (全11頁)

| | | | |
|-------------------|-----------------------------|----------|------------------------|
| (21)出願番号 | 特願2018-154364(P2018-154364) | (73)特許権者 | 390040660 |
| (22)出願日 | 平成30年8月21日(2018.8.21) | | アプライド マテリアルズ インコーポレ |
| (65)公開番号 | 特開2019-62190(P2019-62190A) | | イテッド |
| (43)公開日 | 平成31年4月18日(2019.4.18) | | APPLIED MATERIALS , |
| 審査請求日 | 令和3年8月19日(2021.8.19) | | INCORPORATED |
| 審判番号 | 不服2023-16102(P2023-16102/J | | アメリカ合衆国 カリフォルニア 950 |
| | 1) | | 54 , サンタ クララ , パウアーズ ア |
| 審判請求日 | 令和5年9月25日(2023.9.25) | | ヴェニュー 3050 |
| (31)優先権主張番号 | 62/548,604 | | 3050 Bowers Avenue |
| (32)優先日 | 平成29年8月22日(2017.8.22) | | Santa Clara CA 95054 |
| (33)優先権主張国・地域又は機関 | 米国(US) | (74)代理人 | U . S . A . |
| | | | 110002077 |
| | | | 園田・小林弁理士法人 |
| | | (72)発明者 | ウー , チューアン |
| | | | アメリカ合衆国 カリフォルニア 951 |
| | | | 最終頁に続く |

(54)【発明の名称】 銅配線のためのシード層

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

配線構造を形成する方法であって、前記方法が、
材料層に形成された開口部を有するパターンニングされた表面を備える基板を、第1の処理チャンバ内に配置することと、
前記第1の処理チャンバ内で、前記材料層の上に窒化タンタル層を堆積させることと、
第2の処理チャンバ内に前記基板を配置することと、
前記第2の処理チャンバから前記基板を取り除くことなく、前記窒化タンタル層の上にシード層を形成することと、
を含み、前記窒化タンタル層の上にシード層を形成することが、
第1の銅層を形成するために、銅含有有機金属を含む第1の反応性前駆体、及び水素を含む第2の反応性前駆体に、前記基板を交互に順次曝露することと、
前記第1の銅層の上にルテニウム層を形成するために、ルテニウム含有有機金属を含む第3の反応性前駆体、及び水素を含む第4の反応性前駆体に、前記基板を交互に順次曝露することと、
前記ルテニウム層の上に第2の銅層を形成するために、前記第1の反応性前駆体及び前記第2の反応性前駆体に、前記基板を交互に順次曝露することと、
を含み、
前記第1の処理チャンバと前記第2の処理チャンバとが、移送チャンバによって接続され、前記第1の銅層が0.5nmから5nmの間の第1の厚さを有し、前記ルテニウム層

が 1 オングストロームから 10 オングストロームの間の第 2 の厚さを有し、前記第 2 の銅層が 1 nm から 20 nm の間の第 3 の厚さを有し、且つ前記窒化タンタル層が 1 nm から 5 nm の間の第 4 の厚さを有する、方法。

【請求項 2】

配線構造を形成する方法であって、前記方法が、

第 1 の処理チャンバからパターニングされた基板を取り除くことなく、前記パターニングされた基板の上にシード層を形成することと、

前記シード層の上に第 2 の銅層を堆積させることと、
を含み、

前記パターニングされた基板の上に前記シード層を形成することが、

10

(a) パターニングされた基板を前記第 1 の処理チャンバ内に配置することと、

(b) 開口部が形成された材料層と前記材料層の上に配置された窒化タンタル層とを含む前記パターニングされた基板の上に第 1 の銅層を堆積させることであって、前記窒化タンタル層が 1 nm から 5 nm の間の第 1 の厚さを有し、前記第 1 の銅層が 0 . 5 nm から 20 nm の間の第 2 の厚さに堆積される、前記パターニングされた基板の上に第 1 の銅層を堆積させることと、

(c) 前記第 1 の銅層の上に、1 オングストロームから 10 オングストロームの間の第 3 の厚さにルテニウム層を堆積することと、

(d) (b) と (c) とを反復することと、

(e) (d) の次に、第 2 の銅層を堆積させることと、

20

を含み、

前記第 2 の銅層が 1 nm から 20 nm の間の第 4 の厚さに堆積され、前記窒化タンタル層が第 2 の処理チャンバ内で堆積され、前記第 1 の処理チャンバと前記第 2 の処理チャンバとが、移送チャンバによって接続される、方法。

【請求項 3】

前記材料層は誘電体層を含む、請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 及び第 2 の銅層を堆積させることは、銅含有有機金属を含む第 1 の反応性前駆体、及び水素を含む第 2 の反応性前駆体に、前記パターニングされた基板を順次曝露することを含む、請求項 2 に記載の方法。

30

【請求項 5】

配線構造を形成する方法であって、前記方法が、

材料層に形成された開口部と、前記材料層の上に堆積された窒化タンタル層とを有するパターニングされた表面を備える基板を、第 1 の処理チャンバ内に配置することと、

前記窒化タンタル層の上にシード層を形成することと
を含み、前記窒化タンタル層の上にシード層を形成することが、

第 1 の銅層とルテニウム層の複数の交互層を順次形成することと、

前記第 1 の銅層とルテニウム層の複数の交互層のうちのルテニウム層の上に第 2 の銅層を形成することと、

を含み、前記第 1 の銅層、前記ルテニウム層、及び前記第 2 の銅層が、前記基板を前記第 1 の処理チャンバから取り除くことなく、前記第 1 の処理チャンバ内で順次堆積され、

40

前記第 1 の銅層及び前記第 2 の銅層を形成することが、銅含有有機金属を含む第 1 の反応性前駆体、及び水素を含む第 2 の反応性前駆体に、前記基板を交互に順次曝露することを含み、

前記ルテニウム層を形成することが、ルテニウム含有有機金属を含む第 3 の反応性前駆体、及び水素を含む第 4 の反応性前駆体に、前記基板を交互に順次曝露することを含み、

前記窒化タンタル層が、1 nm から 5 nm の間の第 1 の厚さを有し、

前記第 1 の銅層とルテニウム層の複数の交互層のうちの一又は複数の第 1 の銅層が、0 . 5 nm から 5 nm の間の第 2 の厚さに堆積され、

前記第 1 の銅層とルテニウム層の複数の交互層のうちの一又は複数のルテニウム層が、

50

1 オングストロームから 10 オングストロームの間の第 3 の厚さに堆積され、
前記第 2 の銅層が、1 nm から 20 nm の間の第 4 の厚さに堆積される、方法。

【請求項 6】

前記材料層の上に堆積された前記窒化タンタル層を、前記シード層を形成する前に、第 2 の処理チャンバ内で堆積させることを更に含み、前記第 1 の処理チャンバ及び前記第 2 の処理チャンバが、移送チャンバによって接続される、請求項 5 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【0001】 本書に記載の実施形態は概して半導体デバイス製造に分野に関し、より具体的には銅配線のためのシード層形成の方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

【0002】 次世代デバイスに向けて回路密度が高まり、トランジスタの寸法が縮小し続けるにつれて、電力消費、抵抗容量 (RC) 遅延、及び信頼性を含む主要デバイスの性能基準に関しては、ワイヤ配線の抵抗と導電率がデバイス性能を支配し始めている。銅は一般的に低い抵抗値と高い導電率を示すため、銅は高度な U S L I 及び V S L I 技術でワイヤ配線として利用される材料の 1 つになっている。多くの場合、銅配線は、銅シード層の上にバルク銅を電気めっきする前に、或いはバルク銅をリフローする前に、基板の材料表面に形成される開口部に銅シード層を堆積することによって形成される。

20

【0003】

【0003】 典型的には、銅シード層はその後の電気めっきプロセスに必要な電流を運ぶか、基板の材料表面に形成された開口部への銅リフローを促進する湿潤層として役割を果たす。開口部の壁又は基底部上の銅シード層の被覆にある間隙は、配線構造のバルク銅材料に望ましくないボイドを招く。バルク銅材料内のボイド又は被覆の間隙は、銅構造体のエレクトロマイグレーションの失敗を引き起こし、結果として得られるデバイスを役に立たないものにするか、機能の低いものにする可能性がある。銅シード層被覆の間隙の原因には、銅の凝集又は不連続な堆積のうちの一方又は両方が含まれる。銅の凝集は、周囲の領域から銅を引き離すことによって、堆積した銅が幾つかの領域で融合して厚い被覆になるときに発生する。開口部の壁上での不連続な堆積は一般的に、開口部のある形状寸法に対して、銅シードの物理的気相堆積 (PVD) プロセスに内在するシャドウ効果に起因する。

30

【0004】

【0004】 金属ライナーなど、銅シード層上に堆積した導電性ライナーは、開口部の壁又は基底部上のシード層の被覆にある間隙を充填し、これにより、その後の電気めっきプロセス中のバルク銅材料のボイドを低減する。しかしながら、銅シード層とバルク銅層との間に堆積した導電性ライナーは、望ましくないことに、銅シード層とバルク銅層との間に界面ライナー / 銅層を生成する。この界面層は望ましくないことにトータルの銅ライン幅を減らし、その後形成される銅配線の線路抵抗を高めるため望ましくない。

【0005】

【0005】 したがって、当技術分野に必要とされるのは、銅シード層の改良と改良された銅シード層を形成する方法である。

40

【発明の概要】

【0006】

【0006】 本開示は概して、ルテニウムをドーブした銅シード層を形成する方法を記載している。

【0007】

【0007】 一実施形態では、配線構造を形成する方法が提示される。方法は、材料層中に形成された開口部を有するパターンニングされた基板を第 1 の処理チャンバ内に配置すること、及び、その開口部の壁上にシード層を形成することを含む。開口部の壁上にシ-

50

ド層を形成することは、第１の銅層を形成すること、第１の銅層の上にルテニウム層を形成すること、及び、ルテニウム層の上に第２の銅層を形成することを含む。

【０００８】

【０００８】 別の実施形態では、デバイスを形成する方法は、開口部が形成された材料層と当該材料層の上に配置されたバリア層とを含むパターンニングされた基板の上に第１の銅層を堆積することと、第１の銅層の上にルテニウム層を堆積することと、ルテニウム層の上に第２の銅層を堆積することとを含む。幾つかの実施形態では、方法は更に、電着プロセス、リフロー間隙充填プロセス、或いはこれらの組み合わせを用いて、開口部の中に銅層を堆積することを含む。

【０００９】

【０００９】 別の実施形態では、銅配線を形成する方法は、基板の材料層中に形成された開口部を有するパターンニングされた基板を処理チャンパ内に配置すること、及びその開口部の壁上にシード層を形成することを含む。開口部の壁上にシード層を形成することは、パターンニングされた基板の上に第１の銅層を堆積すること、第１の銅層の上にルテニウム層を堆積すること、及びルテニウム層の上に第２の銅層を堆積することを含む。第１の銅層を堆積することは、銅含有有機金属を含む第１の反応性前駆体、及び水素を含む第２の反応性前駆体に、パターンニングされた基板を順次曝露することを含む。ルテニウム層を堆積することは、ルテニウム含有有機金属を含む第３の反応性前駆体、及び水素を含む第４の反応性前駆体に、第１の銅層を順次曝露することを含む。第２の銅層を堆積することは、第１の反応性前駆体及び第２の反応性前駆体にルテニウム層を順次曝露することを含む。

【００１０】

【００１０】 幾つかの実施形態では、本書に記載の方法は更に、電着プロセス、リフロー間隙充填プロセス、或いはこれらの組み合わせを用いて、開口部の中に銅層を堆積することを含む。

【００１１】

【００１１】 別の実施形態では、デバイスは、基板の材料層に形成された複数の開口部を有するパターンニングされた表面を特徴とする基板と、開口部の壁上に配置されたシード層を含む。ここでは、シード層は、第１の銅層、第１の銅層の上に配置されたルテニウム層、及びルテニウム層の上に配置された第２の銅層を含む。

【００１２】

【００１２】 本開示の上述の特徴を詳細に理解しうるように、上記で簡単に要約された本開示のより具体的な説明が、実施形態を参照することによって得られ、一部の実施形態は、付随する図面に例示されている。しかしながら、本開示は他の等しく有効な実施形態も許容しうることから、付随する図面はこの開示の典型的な実施形態のみを例示しており、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではないことに、留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【００１３】

【図１】一実施形態により、ルテニウムをドーブした銅シード層を形成する方法を説明するフロー図である。

【図２Ａ】一実施形態により、図１に記載した方法の要素を示す。

【図２Ｂ】一実施形態により、図１に記載した方法の要素を示す。

【図２Ｃ】一実施形態により、図１に記載した方法の要素を示す。

【図２Ｄ】一実施形態により、図１に記載した方法の要素を示す。

【図２Ｅ】一実施形態により、図１に記載した方法の要素を示す。

【００１４】

【００１５】 理解を容易にするために、可能な場合には、図に共通する同一の要素を指し示すのに同一の参照番号を使用した。一実施形態の要素及び特徴は、更なる記述がなくとも、他の実施形態に有益に組み込まれうると想定されている。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 5 】

【 0 0 1 6 】 本開示の実施形態は概して、銅配線構造を形成する方法、特に、複数の銅層と銅層の間に配置された少なくとも1つのルテニウム層とを含む、ルテニウムをドーブした銅シード層を形成する方法を記載している。本書に記載された方法は、物理的気相堆積（PVD）処理チャンバ、化学気相堆積（CVD）処理チャンバ、原子層堆積（ALD）処理チャンバ、或いはこれらの組み合わせで実行されうる。一実施形態では、PVD、CVD、及びALD処理チャンバはそれぞれ、ENDURA（登録商標）PVD処理チャンバ、PRODUCER（登録商標）CVD処理チャンバ、及びOLYMPIA（登録商標）ALD処理チャンバで、いずれもカリフォルニア州Santa ClaraのApplied Materials, Inc. から入手可能である。

10

【 0 0 1 6 】

【 0 0 1 7 】 本書に記載の方法にしたがって形成されたルテニウムをドーブしたシード層は、配線開口部の壁上に連続的なシード層被覆を可能にし、ライナーの厚み低減を促進する。本書では、ルテニウムをドーブしたシード層は、第1の銅層と第2の銅層との間に堆積された少なくとも1つのルテニウム層を含む。典型的には、第1及び第2の銅層は、PVDプロセス、CVDプロセス、又はALDプロセスを用いて堆積され、ルテニウム層はCVDプロセス又はALDプロセスを用いて堆積される。銅とルテニウムは一般的に相互の混和性がないため、ルテニウム層は第1の層又は第2の層の銅を、両者の間に形成される粒界で効果的にピン止めし、望ましくは銅のエレクトロマイグレーションを防止する機能で、銅を所定の場所に固定する。銅とルテニウム層との間に形成された粒界に銅をピン止めすることにより、銅層中の銅が移動して、好ましくない銅の凝集を形成するのを防止する。更に、本書に記載の方法を用いて銅のエレクトロマイグレーションを防止することにより、回路密度を高め、回路密度に関連するデバイスの故障を防止することによって信頼性を向上させることができる。

20

【 0 0 1 7 】

【 0 0 1 8 】 本書に記載の実施形態を用いた銅の凝集抑制の利点には更に、形成された開口部を有する誘電体層上に配置されるライナー層の厚さを低減できることが含まれる。ライナー層の厚みを減らすことによって、次に形成される配線のバルク銅の容積を増やすことができる。このようにバルク銅の容積が増すことは、開口部の線路抵抗を低下させるため望ましい。銅層のピン止めは、配線特徴の開口部の壁の被覆に間隙を除去するため望ましい。銅のマイグレーションによって引き起こされる被覆の間隙を除去することは、その後の電着プロセス又はリフロー／間隙充填プロセス中に、銅配線のバルク銅材料に形成されるボイドを除去又は低減するため望ましい。有利なことに、ルテニウムはコバルトやマンガンなどの他のドーパントよりもゆっくりと銅の中へ拡散するため、シード層にルテニウムを使用することによって、バルク銅層の線路抵抗は悪影響を及ぼさない。更に、記載した実施形態にしたがって形成されたルテニウムをドーブしたシード層は、その後の銅リフロー／間隙充填プロセスを促進する、比較的薄い連続表面をもたらす。

30

【 0 0 1 8 】

【 0 0 1 9 】 図1は、一実施形態によるルテニウムをドーブしたシード層を形成する方法を記載したフロー図である。図2A～図2Eは、図1に記載した方法の要素を示している。

40

【 0 0 1 9 】

【 0 0 2 0 】 方法100は作業110で、処理チャンバ内にパターニングされた基板を配置することを含む。パターニングされた基板200は図2Aに示されており、基板201、基板201上に形成された材料層209、材料層209に形成された一又は複数の開口部205、及びその上に配置されたバリア層206を含み、材料層209の開口部205をライニングする。本書では、材料層209は一又は複数の誘電体層、例えば、第1の誘電体層202及び第2の誘電体層204を含む。典型的には、一又は複数の誘電体層202、204は、酸化ケイ素、SiN、SiOC、SIC、ポリアミドなどの低誘電率ポリマー、及びこれらの組み合わせからなる群から選択された材料で形成される。

50

【 0 0 2 0 】

【 0 0 2 1 】 幾つかの実施形態では、材料層 2 0 9 は更に、第 1 の誘電体層 2 0 2 と第 2 の誘電体層 2 0 4 との間に配置されるエッチング停止層 2 0 3 を含む。材料層 2 0 9 の上に配置されたバリア層 2 0 6 は、その後堆積される銅層から銅原子が周囲の誘電体層 2 0 2、2 0 4 に拡散するのを防止する。典型的には、バリア層 2 0 6 は、金属、金属窒化物、金属合金、又はこれらの組み合わせのうちの一又は複数を含む。幾つかの実施形態では、バリア層 2 0 6 は、タンタル、窒化タンタル、タングステン、チタン、チタンタングステン、窒化チタン、窒化タングステン、チタン銅、及びこれらの組み合わせからなる群から選択される。幾つかの実施形態では、バリア層は窒化タンタルを含む。バリア層 2 0 6 は、化学気相堆積 (CVD)、物理的気相堆積 (PVD)、原子層堆積 (ALD)、又はこれらの組み合わせなど、任意の適切な方法を用いて堆積される。

10

【 0 0 2 1 】

【 0 0 2 2 】 方法 1 0 0 は作業 1 2 0 で、バリア層 2 0 6 の上にシード層 2 0 7 を形成することを含む。図 2 B は、パターンニングされた基板 2 0 0 のバリア層 2 0 6 に配置したシード層 2 0 7 を示す。図 2 E は、図 2 B の部分拡大図である。

【 0 0 2 2 】

【 0 0 2 3 】 方法 1 0 0 は作業 1 3 0 で、パターンニングされた基板 2 0 0 のバリア層 2 0 6 の上に第 1 の銅層 2 0 7 a を堆積することを含む。本書では、第 1 の銅層 2 0 7 a は、パターンニングされた基板 2 0 0 を、銅含有有機金属を含む第 1 の反応性前駆体に、次いで銅膜を形成するため水素含有ガスを含む第 2 の反応性前駆体に順次曝露することを含む、原子層堆積 (ALD) プロセスを用いて堆積される。銅含有有機金属ガスの例には、ビス (ジメチルアミノ - 2 - n - ブトキシ) 銅 (Cu (DEAB) 2)、ビス (エチルメチルアミノ - 2 - n - ブトキシ) 銅、ビス (ジメチルアミノ - 2 - プロポキシ) 銅 (Cu (DMAP) 2)、ビス (ジメチルアミノ - 2 - n - ブトキシ) 銅 (Cu (DMAB) 2)、ビス (ジメチルアミノ - 2 - エトキシ) 銅、ビス (エチルメチルアミノ - 2 - プロポキシ) 銅 (Cu (EMAP) 2)、ビス (ジエチルアミノ - 2 - エトキシ) 銅、ビス (エチルメチルアミノ - 2 - メチル - 2 - n - ブトキシ) 銅、ビス (ジメチルアミノ - 2 - メチル - 2 - プロポキシ) 銅、ビス (ジメチルアミノ - 2 - プロポキシ) 銅 (Cu (DEAP) 2)、ビス (2 - メトキシエトキシ) 銅、ビス (2, 2, 6, 6 - テトラメチル - 3, 5 - ヘプタンジオナート) 銅、ビス (2, 2, 6, 6 - テトラメチル - 3, 5 - ヘプタンケトイミナート) 銅、ビス (2 - メトキシ - 2 - プロポキシ) 銅、及び 2, 2, 6, 6 - テトラメチル - 3, 5 - ヘプタンジオナート銅 (TMVS)、並びに、これらの組み合わせが含まれる。水素含有前駆体の例には、H₂、NH₃、及びこれらの組み合わせが含まれる。幾つかの実施形態では、処理空間は、第 1 の前駆体と第 2 の前駆体に交互に曝露される間に、アルゴンなどの不活性ガスを用いてパージされる。

20

30

【 0 0 2 3 】

【 0 0 2 4 】 幾つかの実施形態では、第 1 の銅層 2 0 7 a の堆積中に、処理チャンバは約 1 Torr から約 30 Torr の間の圧力に維持され、パターンニングされた基板は約 50°C から約 400°C の間の温度に維持される。第 1 及び第 2 の反応性前駆体の流量は一般的に、直径 300 mm の基板を処理するように構成された処理チャンバに対しては約 3000 sccm から約 9000 sccm の間で、異なるサイズの基板に対しては適切に増減される。幾つかの実施形態では、処理チャンバはプラズマ強化処理チャンバであり、処理チャンバ内に配置された電極はプラズマ電源に連結されている。前駆体をプラズマにする処理を開始し維持するため、プラズマ電源は 13.56 MHz の周波数で約 100 W から 1000 W の間を、例えば約 400 W を供給する。幾つかの実施形態では、第 1 の銅層 2 0 7 a は 99 % を超える銅純度を有する。他の実施形態では、第 1 の銅層は物理的気相堆積 (PVD) プロセス、又は化学気相堆積 (CVD) プロセスを用いて堆積される。例えば、一実施形態では、第 1 の銅層 2 0 7 a は PVD プロセスを用いて堆積される。このプロセスでは、ターゲットは、約 0.1 % から約 3 % の間の Al を含む Cu - Al ターゲット、又は約 0.1 % から約 3 % の間の Mn を含む Cu - Mn ターゲットなどの純銅ターゲ

40

50

ット又は銅合金ターゲットである。当該実施形態では、ターゲットは約 20 kW から約 40 kW の間の DC 電力に連結されており、基板は約 50 W から約 1500 W の間の AC バイアス電力に連結されている。別の実施形態では、第 1 の銅層 207 a は CVD 又は PVD プロセスを用いて堆積される。

【0024】

[0025] 方法 100 は作業 140 で、第 1 の銅層 207 a の上にルテニウム層 207 b を堆積することを含む。ここでは、ルテニウム層 207 b は、第 1 の銅層 207 a を堆積するために使用される同一処理チャンバ内で堆積される。典型的には、処理チャンバは、第 1 の銅層 207 a の堆積とルテニウム層の堆積との間に、アルゴンなどの不活性ガスをを用いてパージされる。幾つかの実施形態では、ルテニウム層 207 b は、第 1 の銅層 207 a が堆積されたパターンニングされた基板 200 を、ルテニウム含有有機金属を含む第 3 の反応性前駆体に、次に水素ガスなどの水素を含む第 4 の反応性前駆体に、交互に順次曝露することを含む、ALD プロセスを用いて堆積される。ルテニウム含有有機金属の例には、メチル・シクロヘキサジエンルテニウムトリカルボニルシクロヘキサジエン、ルテニウムトリカルボニル、ブタジエンルテニウムトリカルボニル、ジメチルブタジエンルテニウムトリカルボニル、Ru(CO)₃ を伴う変性ジエン、及びこれらの組み合わせが含まれる。

【0025】

[0026] 典型的には、ルテニウム層 207 b の堆積中に、処理チャンバは約 1 Torr から約 50 Torr の間の圧力に維持され、パターンニングされた基板は約 100 °C から約 400 °C の間の温度に維持される。第 3 及び第 4 の反応性前駆体の流量は、直径 300 mm の基板を処理するように構成された ALD 処理チャンバに対しては約 3000 sccm から約 9000 sccm の間で、異なるサイズの基板に対しては適切に増減される。幾つかの実施形態では、処理チャンバ内に配置された電極は、13.56 MHz の周波数で約 100 W から 1000 W の間を、例えば、約 400 W を供給するプラズマ電源に連結されており、これによって、供給された前駆体ガスのプラズマ処理を開始し維持する。幾つかの実施形態では、処理空間は、第 3 の前駆体と第 4 の前駆体に交互に曝露される間に、アルゴンなどの不活性ガスをを用いてパージされる。他の実施形態では、ルテニウム層 207 b は CVD プロセスを用いて堆積される、及び / 又は第 1 の銅層 207 a の形成に使用されたものとは異なる処理チャンバ内に堆積される。他の実施形態では、ルテニウム層 207 b は、PVD プロセスを用いて堆積される。

【0026】

[0027] 方法 100 は作業 150 で、ルテニウム層 207 b の上に第 2 の銅層 207 c を堆積することを含む。幾つかの実施形態では、第 2 の銅層 207 c は、作業 130 での第 1 の銅層 207 a の形成、及び作業 140 でのルテニウム層 207 b の形成に使用されたのと同じ処理チャンバに堆積される。幾つかの実施形態では、第 2 の銅層 207 c は、作業 130 で第 1 の銅層 207 a を形成するために使用されるのと同じ処理を用いて堆積される。典型的には、ALD 処理チャンバは、ルテニウム層 207 b と第 2 の銅層 207 c を堆積する間に、アルゴンなどの不活性ガスによってパージされる。他の実施形態では、第 2 の銅層 207 c は、第 1 の銅層 207 a 及び / 又はルテニウム層 207 b の形成に使用されたチャンバとは異なるチャンバ内で、PVD プロセス又は CVD プロセスを用いて堆積される。幾つかの実施形態では、バリア層 206、銅層 207 a、207 c、及び / 又はルテニウム層 207 b の形成に使用される処理チャンバは、次の層が形成される前に、堆積層の表面酸化を防止するため、準大気圧で維持される移送チャンバによって、真空下又は制御された環境下で一体に接続されている。

【0027】

[0028] 本書では、バリア層 206 は、約 0.5 nm から約 20 nm の間、例えば、約 1 nm から約 5 nm の間、例えば、約 2 nm の第 1 の厚み T(1) を有する。第 1 の銅層 207 a は、約 0.5 nm から約 20 nm の間、例えば、約 0.5 nm から約 10 nm の間、例えば、約 0.5 nm から約 5 nm の間、例えば、約 4 nm の第 2 の厚み T(2)

）を有する。ルテニウム層 207b は、約 1 オングストローム (A) から約 20 A の間、例えば、約 1 A から約 15 A の間、例えば、約 1 A から約 10 A の間の第 3 の厚み T (3) を有する。第 2 の銅層 207c は、約 0.5 nm から約 200 nm の間、例えば約 1 nm から約 20 nm の間、或いは約 1 nm から約 5 nm の間、例えば、約 2 nm の第 4 の厚み T (4) を有する。典型的には、シード層 207 内の銅とルテニウムの比率は約 99.9 : 1 から約 4 : 1 の間で、銅層及びルテニウム層 207a、207b、及び 207c のそれぞれの厚み T (2)、T (3)、及び T (4) は、シード層内のルテニウムの濃度を増減するため調整される。

【0028】

[0029] 幾つかの実施形態では、シード層 207 を形成することは、第 2 及び最終の銅層 207c を堆積する前に、複数の第 1 の銅層 207a 及びルテニウム層 207b を順次堆積することを含む。

10

【0029】

[0030] 図 2D 及び図 2E は更に、銅配線の形成を図解している。図 2D は、電気めっきプロセス又は銅リフロー/間隙充填プロセス (例えば、熱補助リフロープロセス) を用いて、シード層の上に堆積されるバルク銅層 208 を示している。バルク銅層 208 は次に、図 2D に示した配線構造などの銅配線構造を形成するため、化学機械平坦化 (CMP) などのバルク膜除去プロセスを用いて、基板の表面から取り除かれる。

【0030】

[0031] 本書に記載の方法の利点には、シード層形成中の銅凝集の抑制、連続的な被覆に必要な最小のシード層厚の低減、より薄いシード層によるリフロー充填の改善、及びシード層の上に形成される銅配線の線路抵抗及び/又はビア抵抗の改善が含まれる。更に、銅凝集の抑制に加えて、本書に記載の実施形態の利点には、銅のエレクトロマイグレーションの抑制が含まれ、これによって、回路密度を高め、回路密度に関連するデバイスの故障を防止することによって信頼性の向上及び/又は使用寿命を延ばすことができる。

20

【0031】

[0032] 以上の記述は、本開示の実施形態を対象としているが、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく、本開示の他の実施形態及びさらなる実施形態が考案されてよく、本開示の範囲は、下記の特許請求の範囲によって決定される。

【符号の説明】

30

【0032】

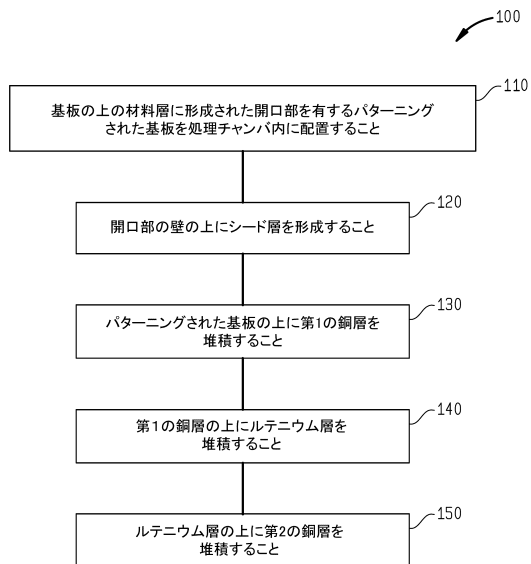
- 100 方法
- 110 作業
- 120 作業
- 130 作業
- 140 作業
- 150 作業
- 200 パターニングされた基板
- 201 基板
- 202 第 1 の誘電体層
- 203 エッチング停止層
- 204 第 2 の誘電体層
- 205 開口部
- 206 バリア層
- 207 シード層
- 207a 第 1 の銅層
- 207b ルテニウム層
- 207c 第 2 の銅層
- 208 バルク銅層
- 209 材料層

40

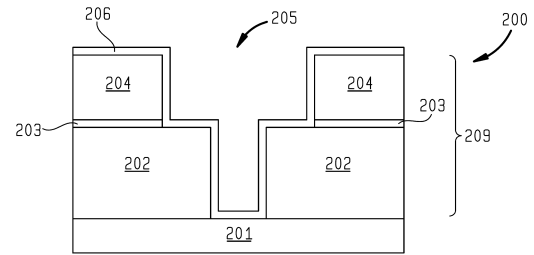
50

【図面】

【図 1】

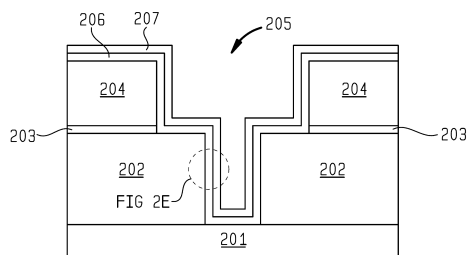


【図 2 A】

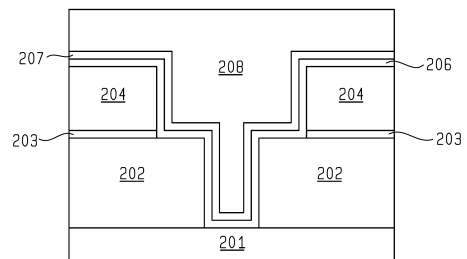


10

【図 2 B】



【図 2 C】

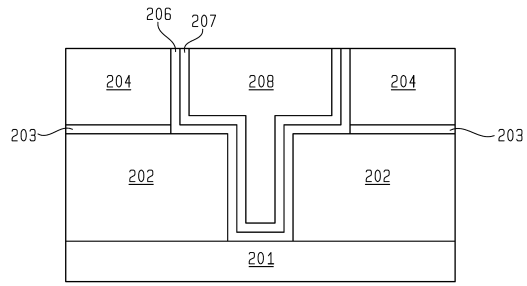


30

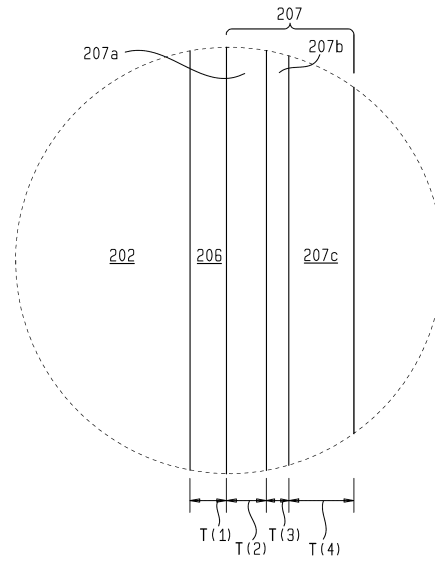
40

50

【 図 2 D 】



【圖 2 E】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 20, サン ノゼ, ランドル クリーク ドライブ 6946
(72)発明者 ツェン, モン チュー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95070, サラトガ, デ サンカ アヴェニュー 12471
(72)発明者 ナイク, メフル ビー.
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95148, サン ノゼ, バリーウッド コート 3088
(72)発明者 シュー, ベンリー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087, サニーベール, キャッストン テラス 1035,
アパートメント エイチ
- 合議体
審判長 小宮 慎司
審判官 恩田 春香
審判官 棚田 一也
- (56)参考文献 米国特許出願公開第2014/0327141(US, A1)
米国特許出願公開第2013/0292806(US, A1)
国際公開第2016/144433(WO, A1)
特表2008-514812(JP, A)
特開2015-218117(JP, A)
特開2010-215982(JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L21/3205
H01L21/768