

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2010年7月1日(01.07.2010)

(10) 国際公開番号
WO 2010/073433 A1

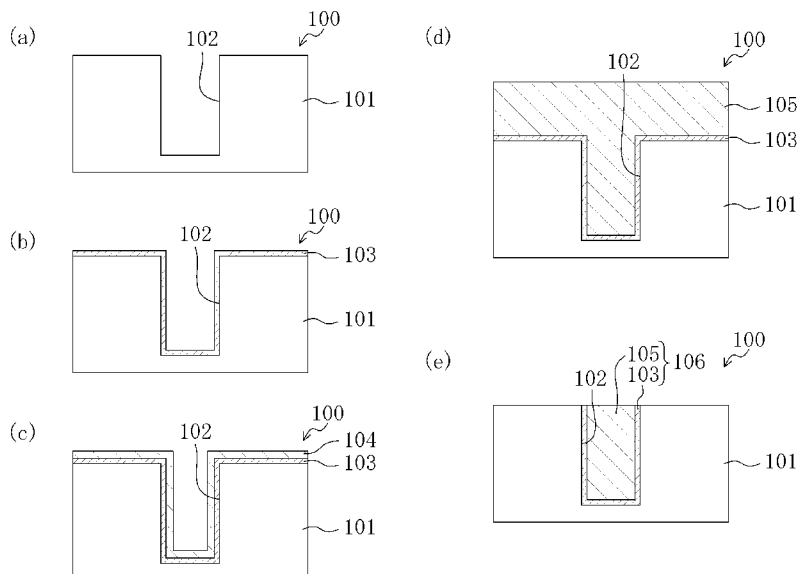
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3205 (2006.01) H01L 21/285 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01) H01L 23/52 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/004457
- (22) 国際出願日: 2009年9月9日(09.09.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-328193 2008年12月24日(24.12.2008) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 虎澤直樹 (TORAZAWA, Naoki).
- (74) 代理人: 前田弘, 外 (MAEDA, Hiroshi et al.); 〒5410053 大阪府大阪市中央区本町2丁目5番7号 大阪丸紅ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 半導体装置及びその製造方法

[図1]



(57) Abstract: A semiconductor device is provided with a trench (102) formed in an interlayer insulation film (101) on a semiconductor substrate. The semiconductor device is further provided with a first barrier metal film (103) which is formed so as to cover the bottom and sidewalls of the trench (102) and which is produced from an electric conductor containing a platinum group element, high-melting-point metal, and nitrogen, and a metal film (105) which is formed on the first barrier metal film (103) in the trench (102).

(57) 要約: 半導体装置は、半導体基板上の層間絶縁膜 (101) に形成されたトレンチ (102) を備える。更に、トレンチ (102) の底部及び側壁を覆うように形成され、白金族元素、高融点金属及び窒素を含有する導電体からなる第1のバリアメタル膜 (103) と、トレンチ (102) において、第1のバリアメタル膜 (103) 上に形成された金属膜 (105) とを備える。

WO 2010/073433 A1

WO 2010/073433 A1



CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, 添付公開書類:
TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：半導体装置及びその製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、ダマシン法により形成されたCu配線を有する半導体装置及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 0.13 μ mルールของCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) デバイス以降、配線抵抗の低減、配線遅延の抑制等を目的として、システムLSI (Large Scale Integration) にCu配線が適用されている。しかし、継続的な微細化の進行に伴い、配線、ビアプラグ等の埋め込みの難度は高くなる傾向にある。

[0003] そこで、現在、埋め込み特性及び信頼性向上を目的に、バリア材料として、従来用いられてきたTaに比べてCu原子に対する濡れ性が良好なRuを用いることが提唱されている。

[0004] バリア金属材料としてRuを使用することについては、特許文献1に記載されている。該文献では、半導体装置中の拡散防止層15としてRu合金 (RuTa) を用いることが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2007-258390号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、Ru合金 (RuTa) では十分にCuの拡散を抑制することができず、結果として、Cu濡れ性とバリア性とを両立できない。よって、この解決が課題となっている。

[0007] この点に鑑み、Cuの濡れ性とバリア性とを両立したバリア膜を備える半導体装置と、その製造方法とについて以下に説明する。

課題を解決するための手段

- [0008] 本開示に係る半導体装置は、半導体基板上の層間絶縁膜に形成されたトレンチと、トレンチの底部及び側壁を覆うように形成され、白金族元素、高融点金属及び窒素を含有する導電体からなる第1のバリアメタル膜と、トレンチにおいて、第1のバリアメタル膜上に形成された金属膜とを備える。
- [0009] 本開示の半導体装置において、第1のバリアメタル膜は、Cuとの濡れ性及びCu拡散に対するバリア性を両立するバリアメタル膜となっている。この結果、半導体装置において、微細パターンへのCuの埋め込みを良好にし、且つ、Cuの層間絶縁膜中への拡散を抑制することができる。
- [0010] 尚、第1のバリアメタル膜は、単層構造であっても良い。
- [0011] また、第1のバリアメタル膜の厚さ方向について、金属膜の側に向かって窒素量が減少していることが好ましい。
- [0012] 白金族元素、高融点金属及び窒素を含有する導電体は、窒素量が少ない方がCuとの濡れ性に優れる。このため、銅又は銅合金からなる金属膜の側において窒素量が少ないようになっていると、埋め込み特性及び信頼性向上のために有利である。ここで、窒素量が減少している結果、金属膜と接する部分においては窒素が含まれないようになっていることが特に好ましい。
- [0013] また、第1のバリアメタル膜と、金属膜との間に形成され、白金族元素及び高融点金属を含有する導電体からなる第2のバリアメタル膜を備えることが好ましい。
- [0014] このようにすると、銅又は銅合金からなる金属膜の埋め込み特性及び信頼性向上のために有利である。これは、第2のバリアメタル膜が窒素を含まないこと（又は、第1のバリアメタル膜に比べて窒素量が少ないこと）により、Cuとの濡れ性に優れるためである。
- [0015] また、第1のバリアメタル膜に含有される高融点金属の濃度は、白金族元素に対する高融点金属の固溶限以上であることが好ましい。
- [0016] このようにすると、第1のバリアメタル膜のCuに対するバリア性が向上する。

- [0017] また、白金族元素は、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）及び白金（Pt）の少なくとも一つであることが好ましい。また、高融点金属は、タンタル（Ta）、チタン（Ti）、タングステン（W）及びバナジウム（V）の少なくとも一つであることが好ましい。
- [0018] 白金族元素、高融点金属の例として、このような元素を挙げることができる。
- [0019] また、第1のバリアメタル膜は、高融点金属の窒化物を含有することが好ましい。これにより、熱処理等による窒素の脱離を避けることができ、銅に対するバリア性をより確実に発揮することができる。
- [0020] 続いて、本開示に係る半導体装置の製造方法は、半導体基板上の層間絶縁膜にトレンチを形成する工程（a）と、トレンチの側壁及び底部を覆うように、白金族元素、高融点金属及び窒素を含有する導電体からなる第1のバリアメタル膜を形成する工程（b）と、第1のバリアメタル膜を覆うように、銅又は銅合金を堆積する工程（c）と、工程（c）の後に、トレンチ内に銅膜を埋め込む工程（d）と、工程（d）の後に、トレンチ外にはみ出た部分の第1のバリアメタル膜及び銅膜を除去して配線を形成する工程（e）とを備える。
- [0021] 本開示の半導体装置の製造方法によると、白金族元素、高融点金属及び窒素を含有する導電体からなる第1のバリアメタル膜が銅との濡れ性及び銅バリア性に共に優れるため、これらを両立した半導体装置を製造することができる。
- [0022] 尚、工程（b）の後で且つ工程（c）の前に、第1のバリアメタル膜を覆うように、白金族元素及び高融点金属を含有する導電体からなる第2のバリアメタル膜を形成する工程（f）を更に備え、工程（c）において、第2のバリアメタル膜を覆うように銅又は銅合金を堆積し、工程（e）において、トレンチ外にはみ出た部分の第2のバリアメタル膜についても除去することが好ましい。

- [0023] 白金族元素及び高融点金属を含有し、窒素を含まない（又は、第1のバリアメタル膜よりも窒素量が少ない）第2のバリアメタル膜は、第1のバリアメタル膜よりもCuとの濡れ性に優れる。このため、第2のバリアメタル膜を備えることにより銅又は銅合金を堆積する際に、埋め込み特性及び信頼性の点で有利である。
- [0024] また、工程（b）において、単層構造の第1のバリアメタル膜を形成してもよい。
- [0025] また、工程（b）において、トレンチの内側に向かって窒素量が減少している第1のバリアメタル膜を形成することが好ましい。
- [0026] 窒素量を少なくした方がCuとの濡れ性に優れるため、第1のバリアメタル膜における後の工程にて銅又は銅合金の堆積を行なう側の窒素量を減少させることにより、信頼性を向上することができる。
- [0027] 第1のバリアメタル膜に含有される高融点金属の濃度は、白金族元素に対する高融点金属の固溶限以上であることが好ましい。
- [0028] このようにすると、第1のバリアメタル膜のCuに対するバリア性が向上する。
- [0029] また、白金族元素は、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）及び白金（Pt）の少なくとも一つであることが好ましい。また、高融点金属は、タンタル（Ta）、チタン（Ti）、タングステン（W）及びバナジウム（V）の少なくとも一つであることが好ましい。
- [0030] 白金族元素、高融点金属の例として、このような元素を挙げることができる。

発明の効果

- [0031] 本開示の半導体装置及びその製造方法によると、Cuの濡れ性とCu拡散に対するバリア性とを両立することができるバリア膜を実現し、その結果、微細パターンへのCuの埋め込みが良好になり且つCuの層間絶縁膜中への拡散が抑制される。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]図1(a)～(e)は、本開示の第1の実施形態における例示的半導体装置及びその製造工程を示す断面図である。

[図2]図2は、RuTa膜及びRuTa_N膜について、結晶性を評価した結果を示す図である。

[図3]図3は、RuTa膜及びRuTa_N膜について、TDSによって脱ガスを評価した結果を示す図である。

[図4]図4(a)～(f)は、本開示の第2の実施形態における例示的半導体装置及びその製造工程を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0033] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照しながら説明する。尚、複数の図面において、同一の構成要素には同一の符号を付すことにより個別の説明を省略する場合がある。また、以下の実施形態の記載はいずれも例示であり、その内容のみに限定するものではない。

[0034] (第1の実施形態)

第1の実施形態における例示的半導体装置100と、その製造方法について、以下に説明する。図1(a)～(e)は、半導体装置100の製造工程を説明する断面図である。

[0035] 初めに、図1(a)に示す工程を行なう。まず、トランジスタ等の素子が形成された半導体基板(図示省略)上に、CVD(Chemical Vapor Deposition)法により、例えばSiOC膜からなる層間絶縁膜101を形成する。

[0036] 次に、フォトリソグラフィ法により、層間絶縁膜101上に、トレンチパターンを有するフォトレジスト(図示省略)を堆積する。その後、該フォトレジストをマスクとするドライエッチング処理を行ない、所定の部分の層間絶縁膜101を除去してトレンチ102を形成する。ここで、エッチングガスとしては、弗化炭素(CF)系のガスを用いる。該ドライエッチング処理が終了した後、アッシングを行ない、トレンチパターンを有するフォトレジストを除去する。尚、トレンチ102の寸法について、例えば、幅45nm

、深さ90nmとする。

[0037] 次に、図1(b)に示す工程を行なう。本工程では、スパッタ法を用い、トレンチ102の側壁及び底部を覆うように、第1のバリアメタル膜103を形成する。そのための方法としては、例えば、RuTa合金ターゲットを用い且つ窒素(N₂)ガスを導入するリアクティブスパッタ法を用いるのが望ましい。

[0038] この際のスパッタによる成膜の条件は、例えば、ターゲットパワー：1000W、基板Biasパワー：500W、DC-Coilパワー：0W、RF-Coilパワー：2000W、Ar流量：15sccm、N₂流量：35sccmとする。但し、sccmとは、標準状態(0℃、1013hPa)におけるmL/分を意味する。

[0039] このようにして形成される本実施形態の第1のバリアメタル膜103は、単層のRuTa_N膜である。

[0040] ここで、合金ターゲットのTa濃度について説明する。まず、Ta濃度が10ウェイトパーセント(wt.%)であるRuTaターゲットを用いてRuTa膜及びRuTa_N膜を形成し、それぞれの膜特性評価を行なった結果を説明する。

[0041] 図2に、形成したRuTa膜及びRuTa_N膜についての結晶性評価結果を示す。具体的には、X線回折の測定結果である。図2から、RuTa膜に比べてRuTa_N膜の方がピークが低くブロードになっている、つまり、アモルファス構造又は微結晶構造になっていることが分かる。これは、RuTa膜に比べてRuTa_N膜の方が結晶粒界の数が少なくなっており、結晶粒界をパスとするCu拡散を抑制する効果が高いことを意味する。

[0042] しかしながら、RuTa_N膜の熱的安定性を評価するため、TDS(Thermal Desorption Spectroscopy)により窒素(N₂)の脱ガス評価を行ったところ、図3に示すように、200～600℃の熱処理によってNが脱離していることが分かった。従って、RuTa_N膜は、一般的な配線構造を形成するためのプロセスに伴う熱処理(例えば、400℃程度にて行なわれる)によ

って窒素（ N_2 ）が脱離して結晶粒が粗大化し、Cu拡散に対するバリア性が低い膜となる。尚、RuTa₂N膜については、同様の温度範囲において大きな変化を示さない。

[0043] これは、Ta濃度が10wt.%のRuTa₂N膜の場合、Ru中にTaが固溶している状態であるため、窒素がRu及びTaのいずれとも結合せずに、非平衡状態にて存在するためと考えられる。

[0044] そこで、スパッタ法のターゲットに用いるRuTa合金中のTa濃度を、Ru中におけるTaの固溶限（20wt.%）以上とすることが望ましい。このようにすると、形成されたRuTa₂N膜中においてTaが析出するため、NとTaとが熱的に安定なTa₂Nを形成する。この結果、RuTa₂N膜に対して熱処理を行なってもNは脱離せず、Cuに対するバリア性を確保できる。よって、Cu濡れ性及びCuバリア性を両立することができる。また、Ta濃度は50wt.%以下とするのが良い。

[0045] 尚、スパッタにより形成されたRuTa₂N膜におけるTa濃度は、ターゲットとして用いるRuTa合金におけるTa濃度と概ね一致すると考えて良い。多少のずれを生じる場合はあるが、誤差の範囲である。よって、ターゲットにおいてTa濃度が固溶限を越えていれば、実用上、形成されるRuTa₂N膜においてもTa濃度は固溶限を越えていると考えることができる。

[0046] 次に、第1のバリアメタル膜103の厚さについては、層間絶縁膜101上において2nm以上で且つ10nm以下となるようにする。このようにすると、トレンチ102の側壁及び底部を覆うように第1のバリアメタル膜103を形成することができ、銅拡散に対して十分なバリア性を確保することができる。但し、上記の範囲の膜厚を有する第1のバリアメタル膜103とすることが好ましいが、これに限定されることはない。Cu拡散に対して十分なバリア性を確保することができ、且つ、トレンチ102の側壁及び底部を覆うことができるのであれば、上記範囲外の膜厚としても構わない。

[0047] 続いて、図1（c）に示すように、スパッタ法を用いて、第1のバリアメタル膜103上にCuシード膜104を堆積する。

- [0048] 続いて、図 1 (d) に示すように、電界めっき法により、トレンチ 102 内に Cu 膜 105 (金属膜) を形成する。ここで、Cu シード膜 104 については Cu 膜 105 と一体化したものとして、図 1 (d) には示していない。
- [0049] 続いて、図 1 (e) に示すように、CMP (Chemical Mechanical Polishing) 法により、トレンチ 102 からはみ出た余剰部分の Cu 膜 105 と第 1 のバリアメタル膜 103 とを除去する。これにより、トレンチ 102 以外の部分において層間絶縁膜 101 の上面を露出させると共に、トレンチ 102 内に Cu 膜 105 を残す。これにより、トレンチ 102 内には、第 1 のバリアメタル膜 103 上に Cu 膜 105 が積層された上層配線 106 が形成される。
- [0050] 以上に説明した図 1 (a) ~ (e) の工程を必要に応じて繰り返すことにより、多層配線構造を有する半導体装置を製造することができる。このような半導体装置は、微細なパターンに対する Cu の埋め込みが良好であり、且つ、層間絶縁膜等に対する Cu の拡散が抑制された半導体装置となっている。
- [0051] このようにして製造される半導体装置 100 においては、第 1 のバリアメタル膜 103 により Cu 拡散に対するバリア性が向上している。第 1 のバリアメタル膜 103 を形成する際に窒素ガスを導入しており、この窒素ガスは、第 1 のバリアメタル膜 103 をアモルファス構造とするために有用である。つまり、窒素ガスの導入により第 1 のバリアメタル膜 103 は原子配列が不規則なアモルファス構造となるため、Cu の支配的な拡散経路である結晶粒界が少なくなり、Cu 拡散に対するバリア性が向上する。
- [0052] また、スパッタのターゲットである RuTa 中の Ta 濃度を、Ru 中における Ta の固溶限 (20wt. %) 以上とすることにより、RuTa_N 膜は熱的安定性に優れた膜となる。このため、配線形成プロセスにおける熱処理の際にも膜中の N が脱離せず、アモルファス構造から変化しない。よって、Cu 拡散に対するバリア性を維持することができる。

[0053] 尚、先の説明においては、第1のバリアメタル膜103を1ステップで成膜した。しかし、複数のステップをかけて成膜しても良い。この場合に、ステップ毎に徐々に窒素を低流量化し、最後は0とするのが望ましい。これにより、トレンチ102の内側（Cu膜105の側）に向かって窒素量が減少し、第1のバリアメタル膜103とCuシード膜104との界面において、第1のバリアメタル膜103は窒素を含まないRuTaとなる。この結果、RuTaの方がRuTa_NよりもCu濡れ性が良好であるため、Cuの埋め込み特性が更に向上する。

[0054] このように、単層の第1のバリアメタル膜103においても、窒素量を変化させることにより、Cu拡散に対するバリア性を維持しながらCu濡れ性を更に向上することができる。

[0055] （第2の実施形態）

第2の実施形態における例示的半導体装置100aと、その製造方法について、以下に説明する。図4（a）～（e）は、半導体装置100の製造工程を説明する断面図である。

[0056] 図4（a）及び（b）の工程については、第1の実施形態において図1（a）及び（b）を参照して説明した工程と同様である。これにより、層間絶縁膜101に設けられたトレンチ102の側壁及び底部を覆う第1のバリアメタル膜103が形成された構造を得る。

[0057] 続いて、図4（c）に示すように、第1のバリアメタル膜103上に、第2のバリアメタル膜107を堆積させる。このためには、RuTa合金ターゲットを用いたスパッタ法により、RuTa膜を形成するのが望ましい。

[0058] この際のスパッタによる成膜の条件は、例えば、ターゲットパワー：10000W、基板Biasパワー：500W、DC-Coilパワー：0W、RF-Coilパワー：2000W、Ar流量：15sccmとする。この例の条件は、第1のバリアメタル膜103の成膜条件と比較すると、N₂を用いない点が異なっている。

[0059] この後、図4（d）～（f）の工程を順次行ない、図4（f）に示すよう

な、層間絶縁膜 101 に設けたトレンチ 102 内に、第 1 のバリアメタル膜 103、第 2 のバリアメタル膜 107 及び Cu 膜 105 がこの順に積層された構造の上層配線 106a を形成する。この工程は、第 1 実施形態において図 1 (c) ~ (e) を参照して説明したのと同様であるため、詳しい説明は省略する。

[0060] このようにして製造される半導体装置 100a においては、第 1 の実施形態の場合と同様、第 1 のバリアメタル膜 103 により Cu 拡散に対するバリア性が向上している。窒素の導入により第 1 のバリアメタル膜 103 がアモルファス構造を有すること、それによってバリア性が向上していること、Ta 濃度を固溶限以上とすることにより熱安定性に優れた膜となること等についても、第 1 の実施形態の場合と同様である。

[0061] また、窒素バリア性に優れた RuTa_N 膜である第 1 のバリアメタル膜 103 上に、Cu 濡れ性に優れた RuTa 膜である第 2 のバリアメタル膜 107 を形成することにより、Cu の埋め込み特性が更に向上している。

[0062] 尚、第 2 のバリアメタル膜 107 は、スパッタ法によって形成した。しかし、これには限定されない。例えば、ALD (Atomic Layer Deposition) 法を用いても良い。この場合、プリカーサとしては例えばビス (エチルシクロペンタジエニル) ルテニウム ($\text{Ru}(\text{EtCp})_2$)、キャリアガスとしては例えばアルゴン (Ar) を用いることができる。このような方法によっても、Cu 濡れ性が高く Cu の埋め込み特性を向上できる第 2 のバリアメタル膜 107 を形成することができる。

[0063] また、第 1 及び第 2 の実施形態において、Cu シード膜 104 として純 Cu からなる膜を用いたが、これには限らない。例えば、Cu-AI 等の Cu 合金シード膜を用いても良い。Cu 合金シード膜を用いると、純 Cu を用いた場合に比べて、Ru を含有するバリア膜に対する濡れ性が向上する。このため、Cu の埋め込み特性を向上させることができる。尚、Cu 合金シード膜を用いた場合、トレンチ内を埋め込んで配線の本体となる Cu 膜 105 に対しても、Cu 合金を成す他の成分 (Al 等) が拡散することになる。しか

しながら、その量は僅かである。

[0064] また、第1及び第2の実施形態において、第1のバリアメタル膜103に使用する金属として、白金族元素にはルテニウム（Ru）を、高融点金属にはタンタル（Ta）を用いたが、これらには限らない。第1のバリアメタル膜103の白金族元素には、例えばロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）又は白金（Pt）を用いても良い。また、高融点金属には、例えばチタン（Ti）、タングステン（W）又はバナジウム（V）を用いても良い。更には、それぞれ例示した元素を複数含んでいても良い。

[0065] また、以上に説明した構成は、デュアルダマシン構造に適用することも可能である。

産業上の利用可能性

[0066] 本開示の半導体装置及びその製造方法は、高い信頼性を実現するため、微細化且つ集積化されたLSI（Large Scale Integration）等、特に、ダマシン法により形成された配線を有する半導体装置において有用である。

符号の説明

[0067]	100	半導体装置
	100a	半導体装置
	101	層間絶縁膜
	102	トレンチ
	103	第1のバリアメタル膜
	104	Cuシード膜
	105	Cu膜
	106	上層配線
	106a	上層配線
	107	第2のバリアメタル膜

請求の範囲

- [請求項1] 半導体基板上の層間絶縁膜に形成されたトレンチと、
 前記トレンチの底部及び側壁を覆うように形成され、白金族元素、
 高融点金属及び窒素を含有する導電体からなる第1のバリアメタル膜
 と、
 前記トレンチにおいて、前記第1のバリアメタル膜上に形成された
 金属膜とを備えることを特徴とする半導体装置。
- [請求項2] 請求項1において、
 前記第1のバリアメタル膜は、単層構造であることを特徴とする半
 導体装置。
- [請求項3] 請求項1において、
 前記第1のバリアメタル膜の厚さ方向について、前記金属膜の側に
 向かって窒素量が減少していることを特徴とする半導体装置。
- [請求項4] 請求項1において、
 前記第1のバリアメタル膜と、前記金属膜との間に形成され、白金
 族元素及び高融点金属を含有する導電体からなる第2のバリアメタル
 膜を備えることを特徴とする半導体装置。
- [請求項5] 請求項1において、
 前記第1のバリアメタル膜に含有される前記高融点金属の濃度は、
 前記白金族元素に対する前記高融点金属の固溶限以上であることを特
 徴とする半導体装置。
- [請求項6] 請求項1において、
 前記白金族元素は、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラ
 ジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）及び白金
 （Pt）の少なくとも一つであることを特徴とする半導体装置。
- [請求項7] 請求項1において、
 前記高融点金属は、タンタル（Ta）、チタン（Ti）、タングス
 テン（W）及びバナジウム（V）の少なくとも一つであることを特徴

とする半導体装置。

[請求項8]

請求項1において、

前記第1のバリアメタル膜は、前記高融点金属の窒化物を含有することを特徴とする半導体装置。

[請求項9]

半導体基板上の層間絶縁膜にトレンチを形成する工程(a)と、

前記トレンチの側壁及び底部を覆うように、白金族元素、高融点金属及び窒素を含有する導電体からなる第1のバリアメタル膜を形成する工程(b)と、

前記第1のバリアメタル膜を覆うように、銅又は銅合金を堆積する工程(c)と、

前記工程(c)の後に、前記トレンチ内に銅膜を埋め込む工程(d)と、

前記工程(d)の後に、前記トレンチ外にはみ出た部分の前記第1のバリアメタル膜及び銅膜を除去して配線を形成する工程(e)とを備えることを特徴とする半導体装置の製造方法。

[請求項10]

請求項9において、

前記工程(b)の後で且つ前記工程(c)の前に、前記第1のバリアメタル膜を覆うように、白金族元素及び高融点金属を含有する導電体からなる第2のバリアメタル膜を形成する工程(f)を更に備え、

前記工程(c)において、前記第2のバリアメタル膜を覆うように銅又は銅合金を堆積し、

前記工程(e)において、前記トレンチ外にはみ出た部分の前記第2のバリアメタル膜についても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11]

請求項9において、

前記工程(b)において、単層構造の前記第1のバリアメタル膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

[請求項12]

請求項9において、

前記工程（b）において、前記トレンチの内側に向かって窒素量が減少している前記第1のバリアメタル膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

[請求項13]

請求項9において、

前記第1のバリアメタル膜に含有される前記高融点金属の濃度は、前記白金族元素に対する前記高融点金属の固溶限以上であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

[請求項14]

請求項9において、

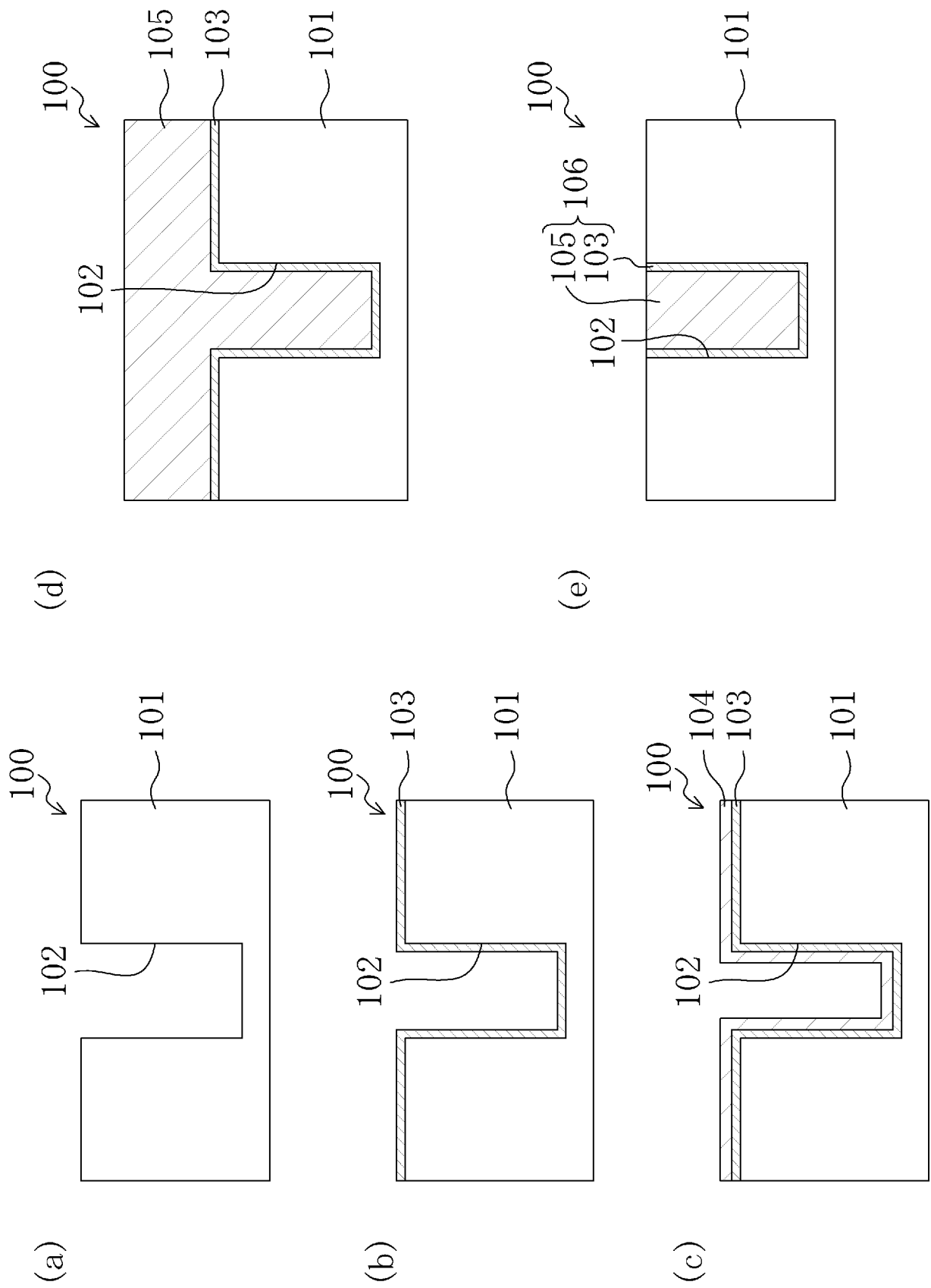
前記白金族元素は、ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）及び白金（Pt）の少なくとも一つであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

[請求項15]

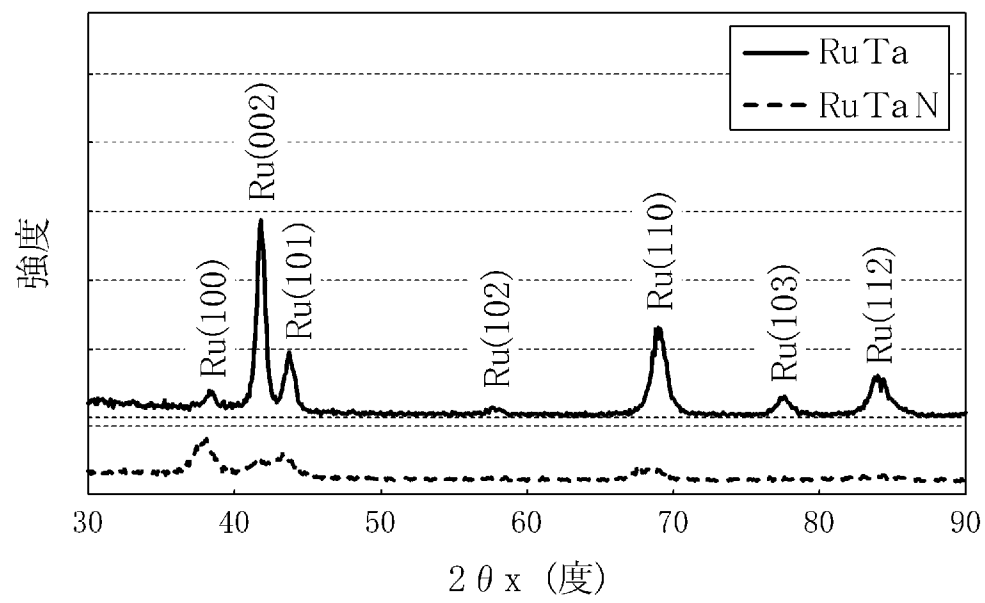
請求項9において、

前記高融点金属は、タンタル（Ta）、チタン（Ti）、タングステン（W）及びバナジウム（V）の少なくとも一つであることを特徴とする半導体装置の製造方法。

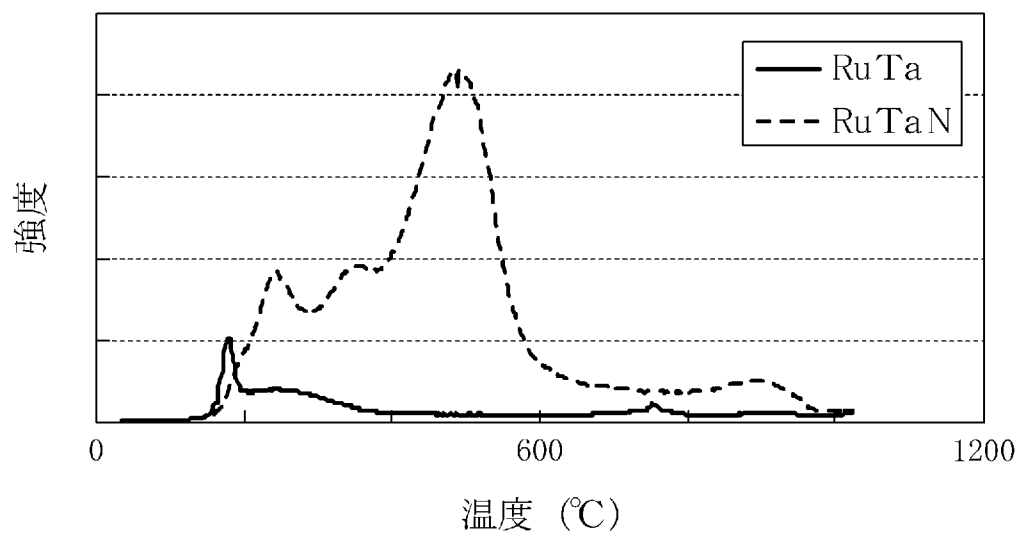
[図1]



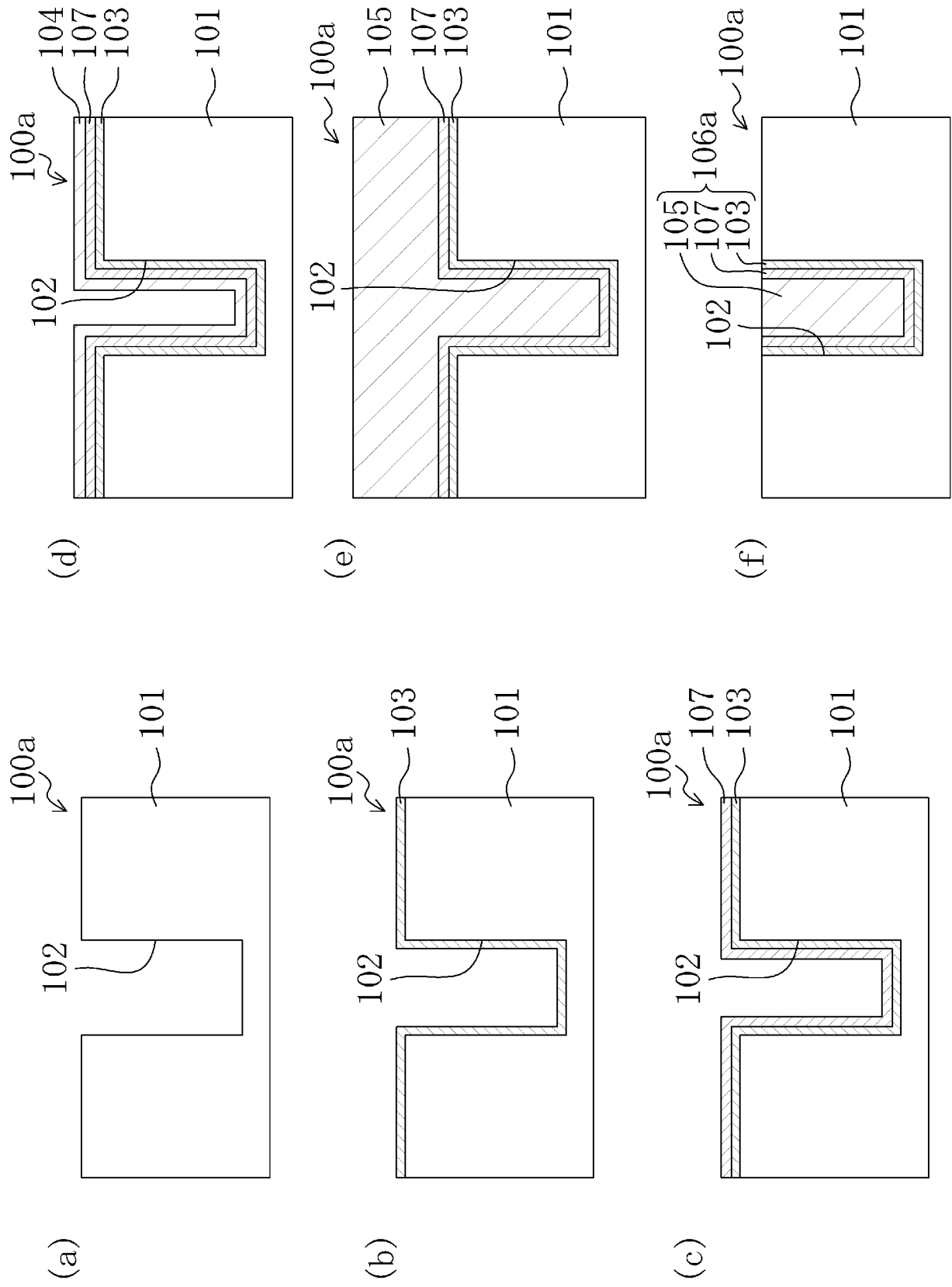
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004457

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3205(2006.01)i, C23C14/06(2006.01)i, H01L21/285(2006.01)i,
H01L23/52(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/3205, C23C14/06, H01L21/285, H01L23/52

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2008/0206982 A1 (Kenji Suzuki), 28 August 2008 (28.08.2008), paragraphs [0015] to [0026]; fig. 1A to 1C, 3A to 3B (Family: none)	1-2, 6-9, 11, 14-15

☐

Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 December, 2009 (14.12.09)

Date of mailing of the international search report

22 December, 2009 (22.12.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004457

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
1-2, 6-9, 11, 14-15

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004457

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Document 1 states that a barrier layer of RuWN, RuTaN, RuTiN, or the like is formed as a single layer structure in an opening and Cu is embedded in the opening. Fig. 3A, 3B, and portions related thereto state that the opening is a trench.

Therefore, the inventions in claims 1-2, 6-9, 11, 14-15 are not considered to be novel over the invention stated in document 1 and have no special technical feature. In view of this, there is no special technical feature, among a group of inventions stated in claims 1-15, which links them so as to form a single general inventive concept. Because of this, the group of inventions stated in claims 1-15 clearly do not comply with the requirement of unity of invention.

As a result of the investigation of special technical features of claims dependent on claim 1 and claim 9 as independent claims at the time of issuance of an order for payment of additional fees, four inventions linked by the following respective special technical features are considered to be contained. Note that the inventions in claims 1-2, 6-9, 11, 14-15 which have no special technical feature are classified into invention 1.

(Invention 1) The inventions in claims 1-2, 6-9, 11, 14-15
These inventions have no special technical feature.

(Invention 2) The inventions in claims 3, 12
In the semiconductor device in claim 1 or the method for manufacturing a semiconductor device in claim 9, the amount of nitrogen decreases toward the metal film side in the thickness direction of the first barrier metal film.

(Invention 3) The inventions in claims 4, 10
In the semiconductor device in claim 1 or the method for manufacturing a semiconductor device in claim 9, a second barrier metal film which is formed between the first barrier metal film and the metal film and produced from a conductor containing a platinum group element and high melting point metal is provided.

(Invention 4) The inventions in claims 5, 13
In the semiconductor device in claim 1 or the method for manufacturing a semiconductor device in claim 9, the concentration of the high melting point metal contained in the first barrier metal film is more than or equal to the solid solubility limit of the high melting point metal with respect to the platinum group element.

Thus, four inventions are considered to be described in the claims of this international application.

Document 1: US 2008/0206982 A1 (Kenji Suzuki), 28 August 2008 (28.08.2008), paragraphs [0015] to [0026], fig. 1A-1C, 3A-3B (Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/3205(2006.01)i, C23C14/06(2006.01)i, H01L21/285(2006.01)i, H01L23/52(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/3205, C23C14/06, H01L21/285, H01L23/52

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	US 2008/0206982 A1 (Kenji Suzuki) 2008.08.28, 段落番号【0015】 - 【0026】、Fig. 1A-1C, 3A-3B（ファミリーなし）	1-2, 6-9, 11, 14-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 4 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

2 2 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

4 L

3 2 3 9

▲辻▼ 弘輔

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 9 8

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
特別ページ参照。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

請求項 1 - 2, 6 - 9, 11, 14 - 15

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

文献1には、開口内に、RuWN、RuTaN、RuTiN等のバリア層を単層構造として形成し、開口内にCuを埋め込むことが記載されている。また、Fig. 3A、3B 及びその関連箇所には、開口をトレンチとすることも記載されている。

よって、請求項1-2、6-9、11、14-15に係る発明は、文献1に記載された発明に対して新規性が認められず、特別な技術的特徴を有しない。そうすると、請求項1-15に記載されている一群の発明の間には、単一の一般的発明概念を形成するように連関させるための、特別な技術的特徴は存しないこととなる。そのため、請求項1-15に記載されている一群の発明が発明の単一性の要件を満たしていないことは明らかである。

そして、独立項である請求項1及び請求項9の従属請求項について手数料の追加納付命令時点での特別な技術的特徴を判断すると、以下に示す各特別な技術的特徴で連関する4の発明が含まれるものと認められる。なお、特別な技術的特徴を有しない請求項1-2、6-9、11、14-15に係る発明は、発明1に区分する。

(発明1) 請求項1-2、6-9、11、14-15に係る発明

これらの発明は特別な技術的特徴を有しない。

(発明2) 請求項3、12に係る発明

請求項1の半導体装置、または請求項9の半導体装置の製造方法において、第1のバリアメタル膜の厚さ方向について、前記金属膜の側に向かって窒素量が減少していること。

(発明3) 請求項4、10に係る発明

請求項1の半導体装置、または請求項9の半導体装置の製造方法において、前記第1のバリアメタル膜と、前記金属膜との間に形成され、白金族元素及び高融点金属を含有する導電体とからなる第2のバリアメタル膜を備えること。

(発明4) 請求項5、13に係る発明

請求項1の半導体装置、または請求項9の半導体装置の製造方法において、前記第1のバリアメタル膜に含有される前記高融点金属の濃度は、前記白金族元素に対する前記高融点金属の固溶限以上であること。

したがって、この国際出願の請求の範囲には、4個の発明が記載されていると認められる。

文献1 : US 2008/0206982 A1 (Kenji Suzuki) 2008.08.28, 段落番号【0015】-【0026】、Fig. 1A-1C, 3A-3B (ファミリーなし)