

(43) 国際公開日
2008年1月24日 (24.01.2008)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2008/010371 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3205 (2006.01) H01L 21/285 (2006.01)
H01L 21/28 (2006.01) H01L 23/52 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2007/062140
- (22) 国際出願日: 2007年6月15日 (15.06.2007)
- (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2006-197671 2006年7月20日 (20.07.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目3番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小島 康彦 (KO-JIMA, Yasuhiko) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂

坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 池田 太郎 (IKEDA, Taro) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンA T株式会社内 Yamanashi (JP). 波多野 達夫 (HATANO, Tatsuo) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロンA T株式会社内 Yamanashi (JP).

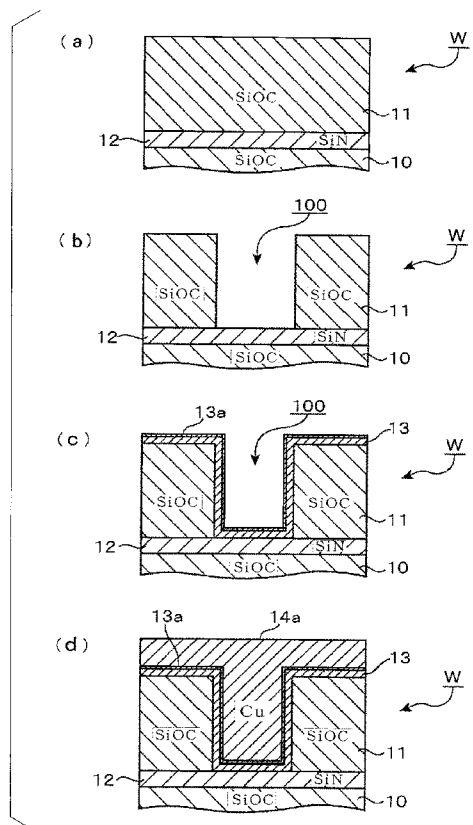
(74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, 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, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR DEVICE MANUFACTURING METHOD, SEMICONDUCTOR DEVICE MANUFACTURING APPARATUS, COMPUTER PROGRAM AND STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: 半導体装置の製造方法、半導体装置の製造装置、コンピュータプログラム及び記憶媒体



(57) Abstract: A semiconductor device, which suppresses formation of an organic impurity layer and has excellent adhesiveness to a copper film and a metal to be a base, is manufactured. A substrate (wafer (W)) coated with a barrier metal layer (13) (base film) composed of a metal having a high oxidative tendency, such as titanium, is placed in a processing chamber. At the time of starting to supply water vapor or after that, a material gas composed of an organic compound of copper (for instance, Cu(hfac)TMVS) is supplied, and a copper film is formed on the surface of the barrier metal layer (13) whereupon the oxide layer (13a) is formed by the water vapor. Then, heat treatment is performed to the wafer (W), and the oxide layer (13a) is converted into an alloy layer (13b) of a metal and copper which constitute the barrier metal layer (13).

(57) 要約: 有機不純物層の形成を抑え、且つ銅膜と下地となる金属との密着性のよい半導体装置を製造する。チタン等の酸化傾向の高い金属からなるバリアメタル層13(下地膜)が被覆された基板(ウエハW)が処理容器内に載置される。水蒸気の供給開始と同時にまたはその後、銅の有機化合物(例えばCu(hfac)TMVS)からなる原料ガスが供給されて、水蒸気により酸化物層13aが形成されたバリアメタル層13の表面に銅膜が成膜される。次いで、このウエハWに熱処理を施して、酸化物層13aを、バリアメタル層13を構成する金属と銅との合金層13bに変換する。



SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (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, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK,

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

半導体装置の製造方法、半導体装置の製造装置、コンピュータプログラム及び記憶媒体

技術分野

[0001] 本発明は、例えば配線をなす銅膜とその下地膜との密着性のよい半導体装置を製造する技術に関する。

背景技術

[0002] 半導体装置の性能向上の要請から近年ではアルミニウム線に代わり銅線を用いる配線技術が実施されている。このような半導体装置を製造する工程においては、半導体ウエハ(以下ウエハという)の表面に銅膜を成膜する技術が重要となる。ウエハ上に銅膜を形成する技術のひとつとして、銅の有機化合物を原料とした化学蒸着法(以下、CVDという)が知られている。

[0003] CVDによりウエハ上に銅膜を成膜する場合には、例えば原料ガスであるトリメチルビニルシリル・ヘキサフルオロアセチルアセトナート銅(以下、Cu(hfac)TMVSと記す)等の銅の有機化合物を真空状態の処理容器に供給し、加熱したウエハ上でこの物質を熱分解させてその表面に銅膜を形成させる手法がある。ところが銅原子はウエハ内に拡散してしまう性質を持っているため銅膜がウエハ上に直接成膜されることは少なく、基板上に予め形成されたバリアメタルと呼ばれる拡散防止膜(下地膜)の上に成膜される場合が多い。この下地膜にはチタンやタンタル、それらの窒化物等が利用されるが、下地膜となっている金属の酸化傾向が高いと、この下地膜と銅膜との間に有機不純物層が形成されてしまうことが知られている。

[0004] 有機不純物層が間に介在されると、下地膜と銅膜とは密着性が悪くなり、このため上層側の銅配線と下層側の銅配線との抵抗値が大きくなって電気特性が悪化したり、またウエハを加工する際に銅膜が剥がれたりして、その結果歩留まりが低下する。また、有機不純物層は下地膜と比較して濡れ性が悪いいため、銅の凝集が起りやすく、アスペクト比の高いトレンチへの銅の埋め込み性が悪くなって銅配線の形成不良が生じるという問題もある。

- [0005] このように、有機不純物層が形成されてしまうという問題に対して、特許文献1には水蒸気を利用する技術が紹介されている。特許文献1に記載された技術によれば、ウェハを収めた処理容器内に水蒸気を供給してからCVDを行うことにより有機不純物層の生成を抑えている。
- [0006] しかしながら、Cu(hfac)TMVSを原料とするCVDにおける水蒸気が存在すると、有機不純物層の形成を抑える一方で、酸化傾向の高い(即ち酸化しやすい)金属からなる下地膜の表面を酸化して、銅膜との間に酸化物層を形成してしまう。この酸化物層は銅膜との密着性が悪いため、有機不純物層の形成を抑えても銅膜と下地との密着性を向上させることができないという問題があった。
- [0007] 更に発明者らは、水蒸気の存在下でCu(hfac)TMVSを原料としたCVDを行うと、銅膜の成膜温度(ウェハの温度)を低下させることができることを見出した。成膜温度を低下させると、銅膜の表面のモフォロジーを改善(表面の凸凹度合いを小さく)でき、銅配線中のボイドの形成を抑制できることが分かっている。このため、酸化物層の形成による密着性の低下等の副次的な問題を引き起こさずに、水蒸気の存在下で上記のCVDを行うことは重要な課題となっていた。

特許文献1:特開2002-60942号公報:第5頁0037段落~0038段落、第6頁0057段落

発明の開示

- [0008] 本発明は、このような事情に基づいてなされたものであり、その目的は、有機不純物層の形成を抑え、且つ銅膜と下地となる金属との密着性のよい半導体装置の製造方法、半導体装置の製造装置及び前記半導体装置の製造方法のコンピュータプログラムおよびコンピュータプログラムを格納した記憶媒体を提供することにある。
- [0009] 本発明は、気密な処理容器内に、酸化傾向の高い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、前記処理容器内に水蒸気を供給する工程と、水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、水蒸気によって酸化物層が形成された前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、この銅膜が成膜された基板に熱処理を施して、前記酸化物層を、前記下地膜を構成する金属と銅との合金層に変換する工程と、を

含むことを特徴とする半導体装置の製造方法である。

[0010] 本発明は、前記酸化傾向の高い金属は、チタンまたはタンタルであることを特徴とする半導体装置の製造方法である。

[0011] 本発明は、気密な処理容器内に、酸化傾向の低い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、前記処理容器に水蒸気を供給する工程と、水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法である。

[0012] 本発明は、前記酸化傾向の低い金属は、ルテニウム、イリジウム、銀、パラジウム、オスミウム、コバルトのいずれか一つであることを特徴とする半導体装置の製造方法である。

[0013] 本発明は、前記基板と前記下地膜との間には、酸化傾向の高い金属からなる第2の下地膜が被覆されていることを特徴とする半導体装置の製造方法である。

[0014] 本発明は、前記第2の下地膜は、チタンまたはタンタルからなることを特徴とする半導体装置の製造方法である。

[0015] 本発明は、気密な処理容器内に基板を載置する工程と、この処理容器内にルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆する工程と、続いて基板を前記処理容器内に位置させたまま、あるいは真空雰囲気を破らずに別の処理容器に搬入して、その処理容器内に銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法である。

[0016] 本発明は、基板搬送手段が設けられた搬送室と、この搬送室に気密に接続された第1の処理容器及び第2の処理容器とを有する半導体製造装置において、前記第1の処理容器に接続され、第1の処理容器に、水蒸気を供給する水蒸気供給手段と、前記第1の処理容器に接続され、第1の処理容器に、銅の有機化合物からなる原料ガスを供給する原料ガス供給手段と、前記第2の処理容器に設けられ、第2の処理容器内で基板に熱処理を施すための加熱手段と、水蒸気供給手段と、原料ガス供給

手段と、加熱手段とを制御する制御部とを備え、この制御部は、酸化傾向の高い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を前記第1の処理容器内に載置するステップと、次に第1の処理容器内に水蒸気を供給するステップと、水蒸気を供給するステップの開始と同時にまたはその後、前記第1の処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、水蒸気によって酸化物層が形成された前記下地膜の表面に銅膜を成膜するステップと、次いで銅膜が成膜された基板を基板搬送手段によって第1の処理容器から第2の処理容器へ搬送して前記第2の処理容器内に載置するステップと、前記酸化物層を、前記下地膜を構成する金属と銅との合金層に変換するために、第2の処理容器に設けられた加熱手段によって基板に熱処理を施すステップと、を実行するように各手段を制御することを特徴とする半導体装置の製造装置である。

[0017] 本発明は、前記酸化傾向の高い金属は、チタンまたはタンタルであることを特徴とする半導体装置の製造装置である。

[0018] 本発明は、基板が載置される処理容器と、この処理容器に接続され、処理容器にルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給する第1の原料ガス供給手段と、前記処理容器に接続され、この処理容器に銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給する第2の原料ガス供給手段と、第1の原料ガス供給手段と、第2の原料ガス供給手段とを制御する制御部とを備え、この制御部は、前記処理容器内に基板を載置するステップと、この処理容器内に第1の原料ガス供給手段によってルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給して、前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆するステップと、処理容器内に第2の原料ガス供給手段によって銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜するステップと、を実行するように各手段を制御することを特徴とする半導体装置の製造装置である。

[0019] 本発明は、前記処理容器に接続され、処理容器内に水蒸気を供給する水蒸気供給手段を更に備え、前記制御部は、第1の原料ガス供給手段によって第1の原料ガスを供給し、前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆するステップの次に、前記処理容器内に水蒸気供給手段によって水蒸気を供給するステップと、水蒸気

を供給するステップの開始と同時にまたはその後、第2の原料ガス供給手段によって銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜するステップと、を実行するように各手段を制御することを特徴とする半導体装置の製造装置である。

[0020] 本発明は、コンピュータに半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムにおいて、半導体装置の製造方法は、気密な処理容器内に、酸化傾向の高い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、前記処理容器内に水蒸気を供給する工程と、水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、水蒸気によって酸化物層が形成された前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、この銅膜が成膜された基板に熱処理を施して、前記酸化物層を、前記下地膜を構成する金属と銅との合金層に変換する工程と、を含むことを特徴とするコンピュータプログラムである。

[0021] 本発明は、コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムにおいて、半導体装置の製造方法は、気密な処理容器内に、酸化傾向の低い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、前記処理容器に水蒸気を供給する工程と、水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とするコンピュータプログラムである。

[0022] 本発明は、コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムにおいて、半導体装置の製造方法は、気密な処理容器内に基板を載置する工程と、この処理容器内にルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆する工程と、続いて基板を前記処理容器内に位置させたまま、あるいは真空雰囲気を破らずに別の処理容器に搬入して、その処理容器内に銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とするコンピュータプログラムである。

[0023] 本発明は、コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュ

タプログラムを格納した記憶媒体において、半導体装置の製造方法は、気密な処理容器内に、酸化傾向の高い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、前記処理容器内に水蒸気を供給する工程と、水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、水蒸気によって酸化物層が形成された前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、この銅膜が成膜された基板に熱処理を施して、前記酸化物層を、前記下地膜を構成する金属と銅との合金層に変換する工程と、を含むことを特徴とする記憶媒体である。

[0024] 本発明は、コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムを格納した記憶媒体において、半導体装置の製造方法は、気密な処理容器内に、酸化傾向の低い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、前記処理容器に水蒸気を供給する工程と、水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とする記憶媒体である。

[0025] 本発明は、コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムを格納した記憶媒体において、半導体装置の製造方法は、気密な処理容器内に基板を載置する工程と、この処理容器内にルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆する工程と、続いて基板を前記処理容器内に位置させたまま、あるいは真空雰囲気を破らずに別の処理容器に搬入して、その処理容器内に銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とする記憶媒体である。

[0026] 本発明によれば、チタンやタンタル等酸化傾向の高い下地膜上にCu(hfac)TMVS等の銅の有機化合物を原料として銅膜を成膜する際に、有機不純物層の形成を抑制したり、成膜温度を低下させたりすることを目的として水蒸気を供給し、水蒸気の存在下で成膜が行われる。この結果、下地膜の表面には銅膜との密着性が悪い酸化物層が形成されるが、この基板に対して更に熱処理を施すことによって酸化物層をこ

の金属と銅との合金層に変換する。変換された合金層は銅膜や下地膜のいずれに対しても密着性が高く、合金層を介して銅膜と下地膜との密着性を向上させることが可能となる。

[0027] また、他の発明によれば酸化傾向の低い金属からなる下地膜の上に銅膜を成膜するため、水蒸気の存在下で成膜を行っても下地膜の表面における酸化物層の形成が抑制され、下地膜との密着性の高い銅膜を成膜することができる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]図1は、実施の形態に係る半導体製造装置の平面図である。

[図2]図2は、実施の形態に係るCVD装置の一例を示す断面図である。

[図3]図3(a) (b) (c) (d)は、実施の形態により製造される半導体装置表面部の断面図である。

[図4]図4は、実施の形態により製造される半導体装置表面部の断面図である。

[図5]図5は、第2の実施の形態に係るCVD装置の一例を示す断面図である。

[図6]図6は、バリアメタル層の被覆と銅膜の形成とを同一のCVD装置により行う際のプロセスシーケンスの一例を示す説明図である。

[図7]図7(a) (b) (c) (d)は、第2の実施の形態により製造される半導体装置の表面部の断面図である。

[図8]図8(a) (b)は、本発明の効果を確認するために行った実施例と比較例とを示す特性図である。

[図9]図9(a) (b)は、本発明の効果を確認するために行った実施例と比較例とを示す特性図である。

[図10]図10は、本発明の効果を確認するために行った実施例を示す特性図である。

発明を実施するための最良の形態

[0029] 本発明の実施の形態に係る半導体装置の製造方法では、先ず酸化傾向の高い金属(例えばチタンやタンタル等)からなるバリアメタル層(下地膜)が表面に被覆されたウエハにCVDにより銅膜を成膜する。このとき、有機不純物層の形成を抑え、成膜時の温度を低下させることを目的として水蒸気を供給しながら成膜を行う。このときバリアメタル層の表面が酸化されて、銅膜との密着性の悪い酸化物層が形成されてしまう

。そこで、銅膜の成膜されたウエハに熱処理を施し、この酸化物層をバリアメタルと銅との合金層に変換することによって銅膜の密着性を向上させている。本実施の形態においては、クラスツールまたはマルチチャンバと呼ばれる半導体製造装置により、銅膜の成膜や熱処理を行う場合について説明する。

[0030] 図1は、本発明の実施の形態に係るクラスツール(半導体製造装置7)を示す平面図である。半導体製造装置7は、ウエハWが収納されたキャリア(搬送容器)CがゲートドアGTを介して大気側から搬入される2つのキャリア室71、72と、第1、第2の搬送室73、76と、これらの搬送室73、76の間に介設された予備真空室74、75と、ウエハW上に銅膜を成膜するためのCVD装置2と、銅膜の成膜されたウエハWに熱処理を施すための熱処理装置3と、を備えている。第1、第2の搬送室73、76および予備真空室74、75は大気側から区画された気密構造となっており、真空雰囲気あるいは不活性雰囲気とすることができる。また、第1の搬送室73には、キャリア室71、72と予備真空室74、75との間でウエハWを搬送するための第1の搬送手段77が設けられ、第2の搬送室76には、予備真空室74、75、CVD装置2、及び熱処理装置3の間でウエハWを搬送するための第2の搬送手段78が設けられている。

[0031] 先ず、銅膜を成膜する装置について図2を参照しながら説明する。図2は銅膜の成膜を行うCVD装置2の一例を示した断面図である。CVD装置2は、例えばアルミニウムからなる処理容器(真空チャンバ)20を有している。この処理容器20は、上側の大径円筒部20aと、その下側に接続された小径円筒部20bとを含み、キノコ形状に形成され、その内壁を加熱するための図示しない加熱機構が設けられている。処理容器20内には、ウエハWを水平に載置するためのステージ21が設けられており、このステージ21は小径円筒部20bの底部に支持部材22を介して支持されている。

[0032] ステージ21内にはウエハWの温調手段をなすヒータ21aが設けられている。更にステージ21には、ウエハWを昇降させて第2の搬送手段78と受け渡しを行うための例えば3本の昇降ピン23(便宜上2本のみ図示)がステージ21の表面に対して突没自在に設けられている。この昇降ピン23は、支持部材24を介して処理容器20外の昇降機構25に接続されている。処理容器20の底部には排気管26の一端側が接続され、この排気管26の他端側には真空ポンプ27が接続されている。また処理容器20

の大径円筒部20aの側壁には、ゲートバルブ28により開閉される搬送口29が形成されている。

[0033] 更に処理容器20の天井部には開口部31が形成され、この開口部31を塞ぐように、かつステージ21に対向するようにガスシャワーヘッド32が設けられている。ガスシャワーヘッド32は、2つのガス室35a、35bと2種類のガス供給孔37a、37bとを有し、一方のガス室35aに供給されたガスは一方のガス供給孔37aから処理容器20内に供給され、また他方のガス室35bに供給されたガスは他方のガス供給孔37bから処理容器20内に供給される。

[0034] そして、下部ガス室35aには、原料ガス供給路41が接続され、この原料ガス供給路41の上流側には原料貯留部42が接続されている。原料貯留部42には銅膜の原料(前駆体)となる銅の有機化合物(錯体)であるCu(hfac)TMVSが液体の状態で貯留されている。原料貯留部42は、加圧部43に接続されており、この加圧部43から供給されたアルゴンガス等によって原料貯留部42内を加圧することにより、Cu(hfac)TMVSをガスシャワーヘッド32へ向けて押し出すことができるようになっている。また、原料ガス供給路41には、液体マスフローコントローラやバルブを含む流量調整部44及び、Cu(hfac)TMVSを気化するためのベーパーライザ45が上流からこの順に介設されている。ベーパーライザ45はキャリアガス供給源46から供給されたキャリアガス(水素ガス)と接触混合させてCu(hfac)TMVSを気化させ、下部ガス室35aに供給する役割を果たす。なお図2中47は、キャリアガスの流量を調整する流量調整部である。

[0035] 次に、水蒸気側のガス供給系について説明すると、上部ガス室35bには水蒸気供給路51が接続され、この水蒸気供給路51には流量調整部53を介して水蒸気供給源52が接続されている。

[0036] また、Cu(hfac)TMVS及び水蒸気のガス供給系に接続されているガス供給制御系(点線部分)、排気管26に設けられた図示しない圧力調整部、ヒータ21a及び昇降機構25等は、半導体製造装置7全体の動作を制御する制御部70により制御されるようになっている。制御部70は、例えば図示しないプログラム格納部を有しているコンピュータからなり、プログラム格納部にはウェハWを処理容器20に搬入出する動作や処理等についてのステップ(命令)群を備えたコンピュータプログラムが格納されて

いる。そして、当該コンピュータプログラムが制御部70に読み出されることにより、制御部70はCVD装置2全体の動作を制御する。なお、このコンピュータプログラムは、例えばハードディスク、コンパクトディスク、マグネットオプティカルディスク、メモリーカード等の記憶手段70aに収納された状態でプログラム格納部に格納される。

[0037] 次いで、CVD装置2における成膜により、バリアメタル層の表面に形成された酸化物層を、バリアメタルと銅との合金層に変換する熱処理装置3について説明する。前記熱処理装置3は、例えば図2に示したCVD装置2とほぼ同様の構成を有するものが使用される。そこで以下の説明では、図2に示したCVD装置2を引用しながら熱処理装置3の説明をする。当該熱処理装置3の処理容器20は、CVD装置2と同様の構成を有している。一方で、ガスシャワーヘッド32は、Cu(hfac)TMVSや水蒸気の供給系の代わりに水素ガスの供給系55と接続されており(図2参照)、この水素ガスの供給系55から供給された水素ガス雰囲気中でウエハWに熱処理が施されるようになっている。また、ステージ21に設けられたウエハWの温調手段をなすヒータ21aは、ウエハWを例えば400℃まで加熱することができるよう設定温度が調整されている。また、熱処理装置3のガス供給制御系やヒータ21a等はCVD装置2と同様に半導体製造装置7の制御部70により制御されるようになっており、プログラム格納部に格納されているプログラムに基づいてウエハWの搬入出や水素ガスの給断、ヒータの昇温等が実行されるようになっている。

[0038] 続いて、上述構成を有する半導体製造装置7を利用した半導体装置の製造方法について説明する。図3はウエハW表面部に形成される半導体装置の製造工程途中の断面図を示しており、図3(a)は層間絶縁膜にトレンチを開ける前の状態を示している。なお、説明を簡略化するために、銅の埋め込みはシングルダマシンで行っているものとし、図3はビアホールから外れた部位の断面を示しているものとする。10、11は層間絶縁膜としてのSiOC膜(炭素含有シリコン酸化膜)、12はSiN膜(窒化シリコン膜)である。

[0039] ここでSiOC膜10、11及びSiN膜12は、例えばプラズマ成膜処理より成膜することができる。このようなウエハWに対し、先ず、所定の形状にパターニングされたフォトリソリスト等をマスクとして、例えば CF_4 ガスや C_2F_8 ガス等をエッチングガスとして用いるこ

とにより、SiOC膜11が所定のパターン状にエッチングされる。このときSiOC膜11の下地膜となっているSiN膜12はエッチングストップとして作用する。これにより、例えば図3(b)に示すように、SiOC膜11に配線用の銅を埋め込むための例えば線幅が100nm前後のトレンチ100が形成される。

[0040] 続いて、例えば図3(c)に示すように、このトレンチ100を含めたSiOC膜11の表面上を例えばスパッタリングによってチタンやタンタル等の酸化傾向の高い下地膜(バリアメタル層13)で被覆する。ここで、酸化傾向とはその金属が酸素と結合するエンタルピーを示しており、本実施の形態ではこのエンタルピーが銅の成膜温度において水蒸気と反応し、酸化物層を形成する程度の大きさの金属を「酸化傾向の高い金属」とする。

[0041] なお、200℃においてチタンと酸素とが結合するエンタルピーは722[kJ/mol]、タンタルと酸素とでは659[kJ/mol]となっている。以下、本実施の形態においてはチタンをバリアメタル層13として用いた場合について説明する。

[0042] このようにバリアメタル層13が表面に被覆されたウエハWを、図1に示した半導体製造装置7のキャリア室71、72に載置し、第1の搬送手段77によって予備真空室74、75を介して第2の搬送手段78に受け渡す。第2の搬送手段78は、受け渡されたウエハWを、初めにCVD装置2に搬入し、CVD装置2においてトレンチ100に銅が埋め込まれる。具体的には、処理容器20内に搬入したウエハWを第2の搬送手段78から昇降ピン23に受け渡して、ステージ21上に載置する。そして、ウエハWを例えば100℃～150℃程度まで加熱し、この処理容器20を真空雰囲気としてから例えば5sccm程度の水蒸気を供給する。ここでバリアメタル層13となっているチタンは、酸化傾向が強く酸化されやすいため、図3(c)に示すようにバリアメタル層13の表面には薄い酸化物層13aが形成される。

[0043] 続いて処理容器内に例えば質量換算で0.5g/minのCu(hfac)TMVSガスを例えば200sccmのキャリアガス(水素ガス)と共に供給することによりトレンチ100内に銅を埋め込む。ここでCu(hfac)TMVSを分解して銅膜を形成する反応において、水蒸気は有機不純物層の形成を抑えると共に、銅膜が形成される成膜温度(ウエハの温度)を低下させる役割も果たす。一方で、水蒸気が必要以上に存在する雰囲気

で銅膜を成長させると、銅が針状に異常成長してしまうという不具合が生じることがある。そこで、Cu(hfac)TMVSの供給を開始する前に水蒸気の供給を停止したり、Cu(hfac)TMVSと水蒸気とを例えば0.5秒間と短時間同時に供給してから水蒸気の供給を停止したりすることにより銅膜の異常成長を抑えたとよい。また、これらの工程によりバリアメタル層13との界面に有機不純物の少ない銅膜を形成した後は、CVDのプロセス温度(ウエハの温度)を低下させるのに十分であり、かつ銅膜の異常成長による悪影響が顕著に現れない程度の少ない程度の例えば0.1sccm程度の少量の水蒸気を導入しながら銅膜を成長させてもよい。

[0044] これらの工程により、図3(d)に示すように銅膜14aが成膜され、トレンチ100内に銅が埋め込まれる。しかしながらバリアメタル層13の表面には酸化物層13aが形成されているため、成膜された銅膜14aはバリアメタル層13との密着性がよいとはいえない。そこで、銅膜14aの成膜されたウエハWに熱処理を施して、上述の酸化物層13aを銅とチタンとからなる合金層13bに変換する(図4参照)。

[0045] 具体的には、CVD装置2のゲートバルブ28を開いて、処理の施されたウエハWを第2の搬送手段78に受け渡し、ウエハWを熱処理装置3に搬入する。熱処理装置3では、予め処理容器20内を所定の温度に昇温しておき、CVD装置2の場合と同様の動作によりウエハWをステージ21に載置する。

[0046] 熱処理装置3内においてウエハWは、水素ガス雰囲気中で例えば400℃まで加熱されることにより、上述の酸化物層13aが銅とチタンとからなる合金層13bに変換される。この合金層13bは、酸化物層13aと比較して銅膜14aに対する密着性がよく、この結果、銅膜14aとバリアメタル層13との密着性が向上する。なお、ウエハWに熱処理を施す際の温度は上述の温度に限定されず、酸化物層13aが銅とチタンとの合金層13bに変換される程度の温度であればよい。

[0047] その後、処理の終了したウエハWを第2の搬送手段78により取り出して、予備真空室74、75を介して第1の搬送手段77に受け渡し、キャリア室71、72に載置して半導体製造装置7の動作を終了する。

[0048] これらの工程を経て得られたウエハWに対し、CMP(Chemical Mechanical Polishing)研磨を行うことにより、図4に示すように、トレンチ100以外の銅及びバリアメタル層

13が除去されてトレンチ100内に銅配線14が形成される。

[0049] 本実施の形態によれば次のような効果がある。即ち、チタンからなる酸化傾向の高いバリアメタル層13上にCu(hfac)TMVSを原料として銅膜14aを成膜する際に水蒸気を供給することにより、有機不純物層の形成を抑制したり、成膜温度を低下させたりすることができる。一方、バリアメタル層13の表面には、銅膜14aとの密着性が悪いチタンの酸化物層13aが形成されるが、この基板に対して更に熱処理を施すことによって酸化物層13aをチタンと銅との合金層13bに変換する。この処理によって得られた合金層13bは銅膜14aに対する密着性が高く、合金層13bを介して銅膜14aとバリアメタル層13との密着性を向上させることが可能となり、CMP等により加工を行う際に銅膜14aが剥がれてしまう等のトラブルを低減することが可能となる。

[0050] 次に、本発明の第2の実施の形態について説明する。第2の実施の形態においては、水蒸気を供給してCu(hfac)TMVSから銅膜を成膜する点は第1の実施の形態と共通しているが、バリアメタル層として酸化傾向の低い(酸化されにくい)ルテニウムを使用している点に特徴を有している。また、同一のCVD装置を利用してバリアメタル層の被覆と、銅膜の成膜とを行う点にも特徴がある。

[0051] 先ず、ウェハWに対してバリアメタル層の被覆と、銅膜の成膜とを行う装置について図5を参照しながら説明する。図5は、バリアメタル層の被覆と銅膜の成膜とを同一の処理容器内で行うCVD装置2aの一例を示した断面図である。図5に示したCVD装置2aのうち、第1の実施の形態にて用いられるCVD装置2と同様の構成のものについては、図2に示したものと同一符号を付して詳細な説明は省略する。

[0052] 図5に示したCVD装置2aでは、処理容器20等の各部品、およびCu(hfac)TMVSガスや水蒸気の供給系については図4に示したCVD装置2と構成及び機能が共通なので説明を省略する。これらの構成に加えて当該CVD装置2aは、バリアメタル層15を形成するためのドデカカルボニルトリルテニウム(以下、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ と記す)の供給系を有している。

[0053] この供給系について詳細に説明する。ルテニウム原料となる固体の $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ は原料貯留部62に貯留されている。Ar供給源63からのArガスを、流量調整部64(マスフローコントローラ)により流量を制御して、ヒータ65で加熱された原料貯留部62に

導入する。固体の $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ は加熱により飽和蒸気圧まで気化され、Arガスにより掃引されて混合ガスとして原料ガス供給路61を通じて下部ガス室35aに供給される。 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ の流量は、その蒸気圧から、原料貯留部62の温度および圧力、Arガスの流量により一意に決定される。なお、点線部分で示したガス供給系や流量調整部53、64等は、制御部70により制御されるようになっている。

[0054] 次に当該CVD装置2aの作用について説明する。図6は、当該CVD装置2aに関する概略のプロセスシーケンスの一例である。また、図7はこのCVD装置2aによりウエハW表面部に形成される半導体装置の製造工程途中の断面図を示している。なお、図7に示した半導体装置のうち、第1の実施の形態と同様の構成には図3、図4に示したものと同一符号を付してある。また、先行する工程においてSiOC膜10上にSiN膜12やSiOC膜11を積層し(図7(a))、次いでSiOC膜11にエッチング処理を施しトレンチ100を形成する(図7(b))までの工程は図3(a)、図3(b)で説明したものと同様なので説明を省略する。

[0055] トレンチの形成されたウエハWが外部の搬送装置によってCVD装置2a内のステージ21上に載置されると、このウエハWが例えば150℃まで加熱される。そして、図6に示すように時刻T1からT2の期間中、処理容器20内に0.1g/minの $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ ガスが例えば100sccmのキャリアガス(水素ガス)と共に供給されて、トレンチ100を含めたSiOC膜11の表面にバリアメタル層15が被覆される(図7(c))。

[0056] 次いで、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ ガスの供給が停止され、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ ガスの供給系と水蒸気の供給系とが切り替えられる。そして、図6に示すように時刻T3からT4の期間中、Cu(hfac)TMVSガスと水蒸気とを同時に供給する。このとき水蒸気は、CVDのプロセス温度を低下させることを目的として銅膜の異常成長による悪影響が顕著に現れない程度の少ない量で供給される。この工程によりバリアメタル層15の上に銅膜14aが成膜され、トレンチ100に銅が埋め込まれる(図3(d)に示した銅膜14aと略同様の状態である)。

[0057] 続いて、このウエハWの表面に対してCMP研磨を行うことによりトレンチ100以外の銅及びバリアメタル層15が除去されてトレンチ100内に銅配線14が形成される(図7(d))。

- [0058] ここで、バリアメタル層15を構成するルテニウムは、金属と酸素とが結合するエンタルピーが、銅の成膜温度において水蒸気と反応しない程度の大きさ(200℃において407[kJ/mol])の「酸化傾向の低い金属」である。このため、水蒸気を供給しても銅膜14aとの密着性の悪い酸化物層が形成されにくい。また、酸化傾向が低いことにより、有機不純物層もその表面に形成されにくくなっている。
- [0059] 第2の実施の形態によれば次のような効果がある。ルテニウムからなる酸化傾向の低いバリアメタル層15の上に銅膜14aを成膜するため、Cu(hfac)TMVSを原料としても有機不純物層が形成されにくくなり、かつ水蒸気を供給してもルテニウムの酸化膜層が形成されにくい。この結果、銅膜とバリアメタル層15との密着性が悪化しにくくなり、加工の際に銅膜が剥がれてしまうトラブル等を低減することができる。
- [0060] また、CVDによってバリアメタル層15を形成しているため、トレンチ100が微細化してもボイド等の形成のないバリアメタル層15を得ることができる。さらに、バリアメタル層15の形成と銅膜の形成とを同じCVD装置2aを利用して行っているため装置コストの低減及び処理時間の短縮という点で有効である他、ルテニウムのバリアメタル層15を形成した後、真空を破らずに銅膜14aを形成しているため、大気によるルテニウム表面の酸化を防止できるというよい点がある。
- [0061] なお、第2の実施の形態では、同じCVD装置2aを利用してバリアメタル層15の被覆と、銅膜の成膜とを行う場合について説明したが、これらの処理は別々のCVD装置を使って行ってもよい。また、バリアメタル層15の被覆は、CVDによるものに限定されるものではなく、例えばスパッタリングによって行ってもよい。
- [0062] また、第2の実施の形態ではルテニウムをバリアメタル層15とした場合について説明したが、バリアメタル層15として利用可能な酸化傾向の低い金属はこれに限定されない。例えば、ルテニウムと同程度またはそれよりも酸化傾向の低い金属として例えばイリジウム、銀、パラジウム、オスミウム、コバルトを挙げることができる。また、バリアメタル層を2層構造として、SiOC膜11と接する下層側を銅の拡散防止効果が高いが酸化物層の形成されやすい(酸化傾向の高い)チタン等からなる第2の下地膜とし、銅膜の形成される上層側を有機不純物層や酸化物層の形成されにくい(酸化傾向の低い)ルテニウム等からなる下地膜として構成してもよい。

[0063] また、バリアメタル層として酸化傾向の低い金属を採用すると、Cu(hfac)TMVSを原料として銅膜を成膜する際に有機不純物層が形成されにくくなるという効果が得られる。このような効果は水蒸気を供給するか否かにかかわらず得られる。そこで、水蒸気の供給系を有さないCVD装置を利用して酸化傾向の低い金属からなるバリアメタル層15の被覆と銅膜の成膜とを行ってもよい。この場合にも装置コストの低減やウエハWの搬送時間の削減という効果を得ることができる。

実施例

[0064] (実施例1)

第1の実施の形態にて説明した半導体製造装置の製造方法に基づいて、酸化傾向の高いチタンをバリアメタル層として被覆したウエハW上に銅膜を成膜した。バリアメタル層と銅膜との界面をSEMで撮影した結果を図8(a)に示す。なお、成膜条件は以下の通りである。

(銅膜の成膜条件)

バリアメタル層:チタン

銅原料:Cu(hfac)TMVS

成膜温度(ウエハの温度):150℃

水蒸気導入:有り

(比較例1)

水蒸気を導入しなかった点以外は、(実施例1)と同様の条件で銅膜14aを成膜した。SEMの撮影結果を図8(b)に示す。

(実施例1及び比較例1の考察)

図8(a)に示すように、水蒸気を導入して水分子の存在下で銅膜を成膜した場合(実施例1)では、有機不純物層の厚さが1.5nmとなっており、有機不純物層は殆ど形成されなかった。これに対して、水蒸気を導入しなかった場合(比較例1)では、図8(b)に示すように、有機不純物層の厚さが6nmと水蒸気を導入した場合の4倍にもなっている。このような厚い有機物層が形成されることにより、バリアメタル層と銅膜との密着性が悪化する。

[0065] (実施例2)

(実施例1)にて得られたウエハWに熱処理を施した。銅膜とその下地との界面をSEMで撮影した結果を図9(a)に示す。熱処理の条件は以下の通りある。

(熱処理の条件)

処理雰囲気:水素雰囲気

熱処理温度:450℃

加熱時間:30分

(実施例1)にて得られたウエハWに熱処理を施す前のウエハWについて、銅膜とその下地との界面をSEMで撮影した結果を図9(b)に示す。

(実施例2の考察)

図9(a)に示すように、熱処理を施した場合(実施例2)では、バリアメタル層(Ti)と、銅膜との界面に5nm程の膜が形成されていることが分かる。この膜を更に拡大して観察すると、 Cu_3Ti の結晶構造が確認され、銅とチタンとからなる合金層が形成されていることが分かる。これに対して、熱処理を施す前でもバリアメタル層と、銅膜との間に1.5~2.5nm程度の膜の形成が確認された。この膜を更に拡大して観察すると、(実施例2)のような結晶構造は見られず、アモルファス状態となっていた。これは、水分子の存在下で銅膜を成膜したことによって形成されたチタンの酸化物層であると考えられる。

[0066] (実施例3)

第2の実施の形態にて説明した半導体装置の製造方法に基づいて、90nm、80nmの2種類のトレンチ100にバリアメタル層として酸化傾向の低いルテニウムを被覆し、その後銅膜を作成してトレンチ100内に銅を埋め込んだ。夫々の結果を図10に示す。

なお、上記のバリアメタル層は、下層側にイオン化PVDにより窒化チタンを被覆した2層構造とした。また、成膜条件は以下の通りである。

(バリアメタル層の成膜条件)

下層側:窒化チタン(イオン化PVDにより被覆)

上層側:ルテニウム($\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$)を原料とするCVDにより被覆、成膜温度150℃)

(銅膜の成膜条件)

銅原料: Cu(hfac)TMVS

成膜温度(ウエハの温度): 150℃

水蒸気導入: 有り

(実施例3の考察)

図10に示すように、銅とルテニウムとの間には酸化物層の形成は確認されなかった。また、80nm、90nmいずれのトレンチ100についてもボイドが形成されたりすることなく均一に銅を埋め込むことができた。

請求の範囲

- [1] 気密な処理容器内に、酸化傾向の高い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、
前記処理容器内に水蒸気を供給する工程と、
水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、水蒸気によって酸化物層が形成された前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、
この銅膜が成膜された基板に熱処理を施して、前記酸化物層を、前記下地膜を構成する金属と銅との合金層に変換する工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [2] 前記酸化傾向の高い金属は、チタンまたはタンタルであることを特徴とする請求項1に記載の半導体装置の製造方法。
- [3] 気密な処理容器内に、酸化傾向の低い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、
前記処理容器に水蒸気を供給する工程と、
水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [4] 前記酸化傾向の低い金属は、ルテニウム、イリジウム、銀、パラジウム、オスミウム、コバルトのいずれか一つであることを特徴とする請求項3に記載の半導体装置の製造方法。
- [5] 前記基板と前記下地膜との間には、酸化傾向の高い金属からなる第2の下地膜が被覆されていることを特徴とする請求項3または4に記載の半導体装置の製造方法。
- [6] 前記第2の下地膜は、チタンまたはタンタルからなることを特徴とする請求項5に記載の半導体装置の製造方法。
- [7] 気密な処理容器内に基板を載置する工程と、
この処理容器内にルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆する工程と、

続いて基板を前記処理容器内に位置させたまま、あるいは真空雰囲気を破らずに別の処理容器に搬入して、その処理容器内に銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

- [8] 基板搬送手段が設けられた搬送室と、この搬送室に気密に接続された第1の処理容器及び第2の処理容器とを有する半導体製造装置において、

前記第1の処理容器に接続され、第1の処理容器に、水蒸気を供給する水蒸気供給手段と、

前記第1の処理容器に接続され、第1の処理容器に、銅の有機化合物からなる原料ガスを供給する原料ガス供給手段と、

前記第2の処理容器に設けられ、第2の処理容器内で基板に熱処理を施すための加熱手段と、

水蒸気供給手段と、原料ガス供給手段と、加熱手段とを制御する制御部とを備え、この制御部は、

酸化傾向の高い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を前記第1の処理容器内に載置するステップと、次に第1の処理容器内に水蒸気を供給するステップと、水蒸気を供給するステップの開始と同時にまたはその後、前記第1の処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、水蒸気によって酸化物層が形成された前記下地膜の表面に銅膜を成膜するステップと、次いで銅膜が成膜された基板を基板搬送手段によって第1の処理容器から第2の処理容器へ搬送して前記第2の処理容器内に載置するステップと、前記酸化物層を、前記下地膜を構成する金属と銅との合金層に変換するために、第2の処理容器に設けられた加熱手段によって基板に熱処理を施すステップと、を実行するように各手段を制御することを特徴とする半導体装置の製造装置。

- [9] 前記酸化傾向の高い金属は、チタンまたはタンタルであることを特徴とする請求項8に記載の半導体装置の製造装置。

- [10] 基板が載置される処理容器と、

この処理容器に接続され、処理容器にルテニウムの化合物からなる第1の原料ガス

を供給する第1の原料ガス供給手段と、

前記処理容器に接続され、この処理容器に銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給する第2の原料ガス供給手段と、

第1の原料ガス供給手段と、第2の原料ガス供給手段とを制御する制御部とを備え、

この制御部は、

前記処理容器内に基板を載置するステップと、この処理容器内に第1の原料ガス供給手段によってルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給して、前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆するステップと、処理容器内に第2の原料ガス供給手段によって銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜するステップと、を実行するように各手段を制御することを特徴とする半導体装置の製造装置。

[11] 前記処理容器に接続され、処理容器内に水蒸気を供給する水蒸気供給手段を更に備え、

前記制御部は、第1の原料ガス供給手段によって第1の原料ガスを供給し、前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆するステップの次に、前記処理容器内に水蒸気供給手段によって水蒸気を供給するステップと、水蒸気を供給するステップの開始と同時にまたはその後、第2の原料ガス供給手段によって銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜するステップと、を実行するように各手段を制御することを特徴とする請求項10に記載の半導体装置の製造装置。

[12] コンピュータに半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムにおいて、

半導体装置の製造方法は、

気密な処理容器内に、酸化傾向の高い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、

前記処理容器内に水蒸気を供給する工程と、

水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有

機化合物からなる原料ガスを供給して、水蒸気によって酸化物層が形成された前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、

この銅膜が成膜された基板に熱処理を施して、前記酸化物層を、前記下地膜を構成する金属と銅との合金層に変換する工程と、を含むことを特徴とするコンピュータプログラム。

- [13] コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムにおいて、

半導体装置の製造方法は、

気密な処理容器内に、酸化傾向の低い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、

前記処理容器に水蒸気を供給する工程と、

水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とするコンピュータプログラム。

- [14] コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムにおいて、

半導体装置の製造方法は、

気密な処理容器内に基板を載置する工程と、

この処理容器内にルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆する工程と、

続いて基板を前記処理容器内に位置させたまま、あるいは真空雰囲気を破らずに別の処理容器に搬入して、その処理容器内に銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とするコンピュータプログラム。

- [15] コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムを格納した記憶媒体において、

半導体装置の製造方法は、

気密な処理容器内に、酸化傾向の高い金属からなる下地膜が表面に被覆された

基板を載置する工程と、

前記処理容器内に水蒸気を供給する工程と、

水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、水蒸気によって酸化物層が形成された前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、

この銅膜が成膜された基板に熱処理を施して、前記酸化物層を、前記下地膜を構成する金属と銅との合金層に変換する工程と、を含むことを特徴とする記憶媒体。

[16] コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムを格納した記憶媒体において、

半導体装置の製造方法は、

気密な処理容器内に、酸化傾向の低い金属からなる下地膜が表面に被覆された基板を載置する工程と、

前記処理容器に水蒸気を供給する工程と、

水蒸気を供給する工程の開始と同時にまたはその後、前記処理容器内に銅の有機化合物からなる原料ガスを供給して、前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とする記憶媒体。

[17] コンピュータに、半導体装置の製造方法を実行させるためのコンピュータプログラムを格納した記憶媒体において、

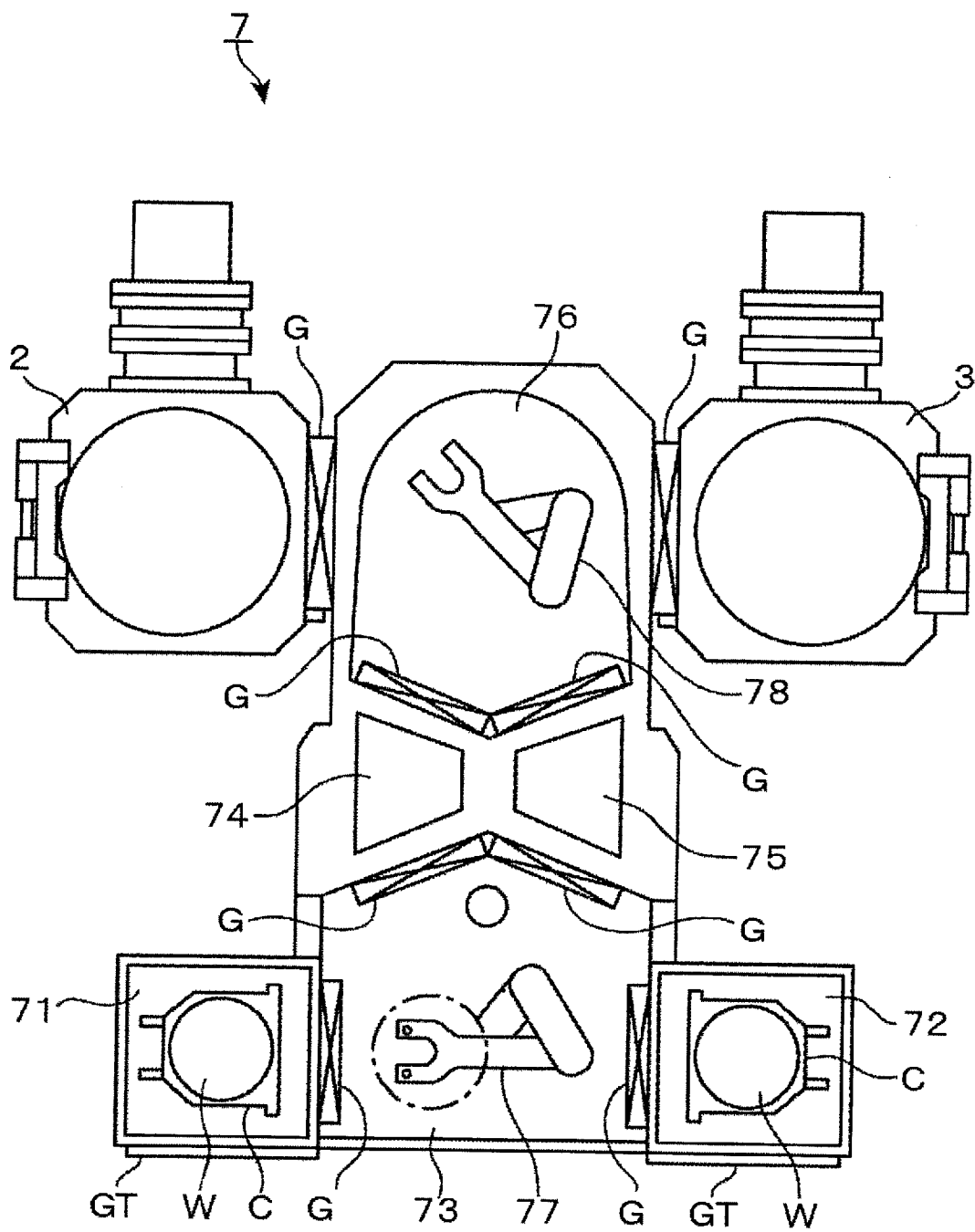
半導体装置の製造方法は、

気密な処理容器内に基板を載置する工程と、

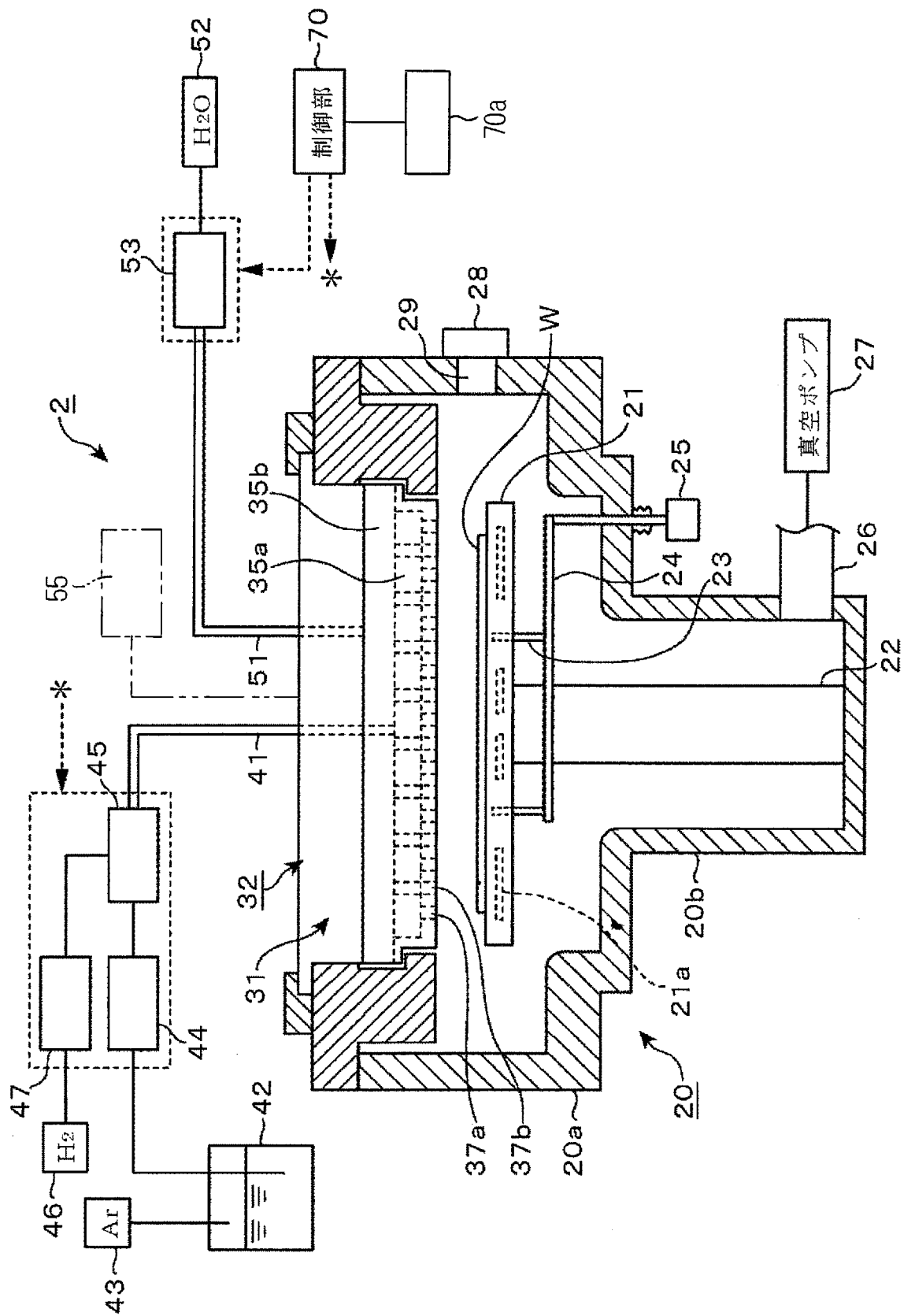
この処理容器内にルテニウムの化合物からなる第1の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記基板の表面にルテニウムからなる下地膜を被覆する工程と、

続いて基板を前記処理容器内に位置させたまま、あるいは真空雰囲気を破らずに別の処理容器に搬入して、その処理容器内に銅の有機化合物からなる第2の原料ガスを供給して、真空雰囲気下で前記下地膜の表面に銅膜を成膜する工程と、を含むことを特徴とする記憶媒体。

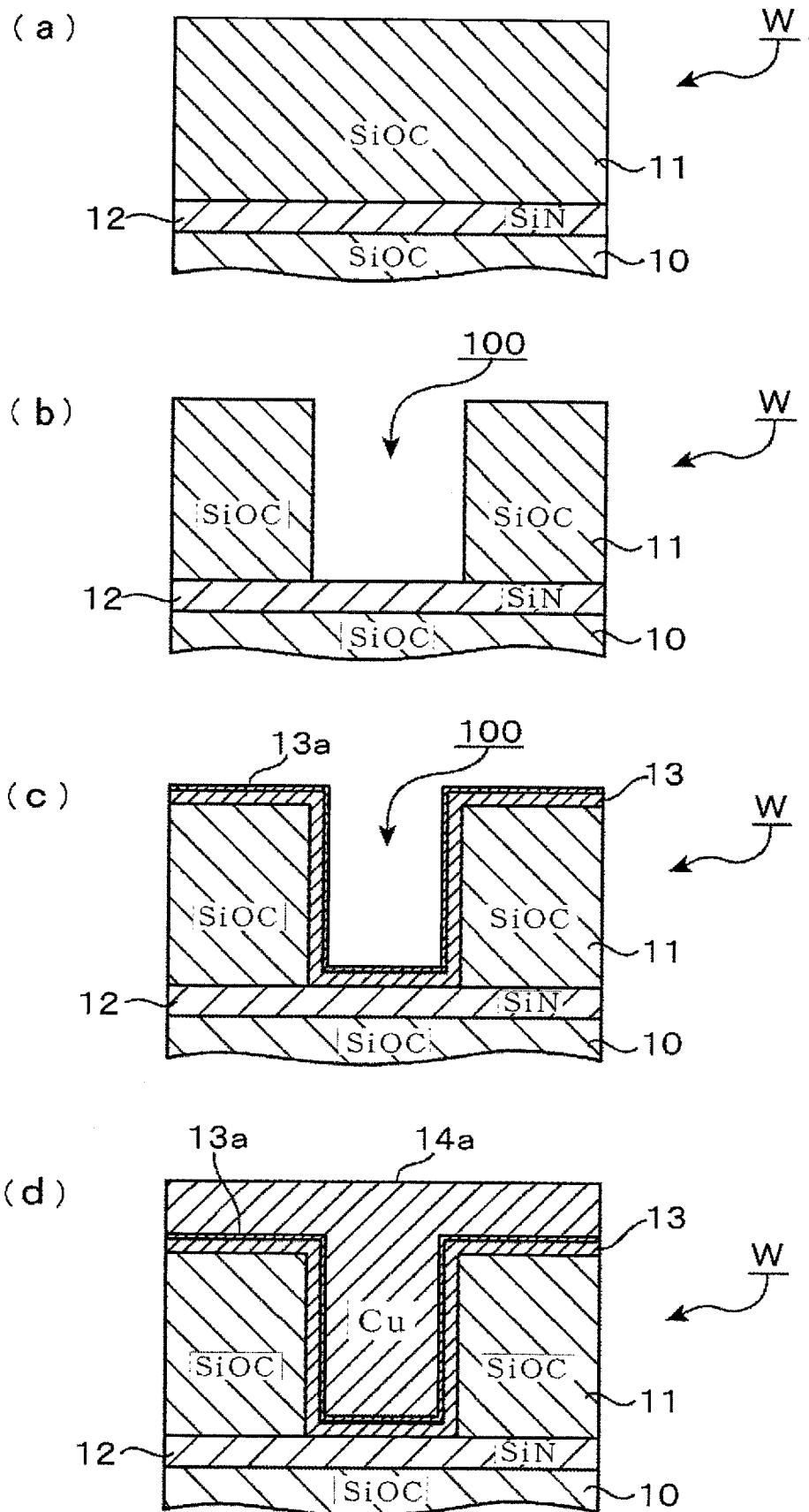
[図1]



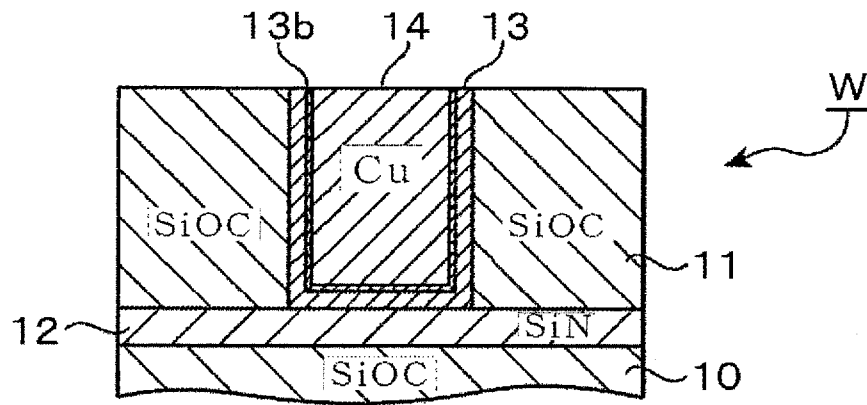
[図2]



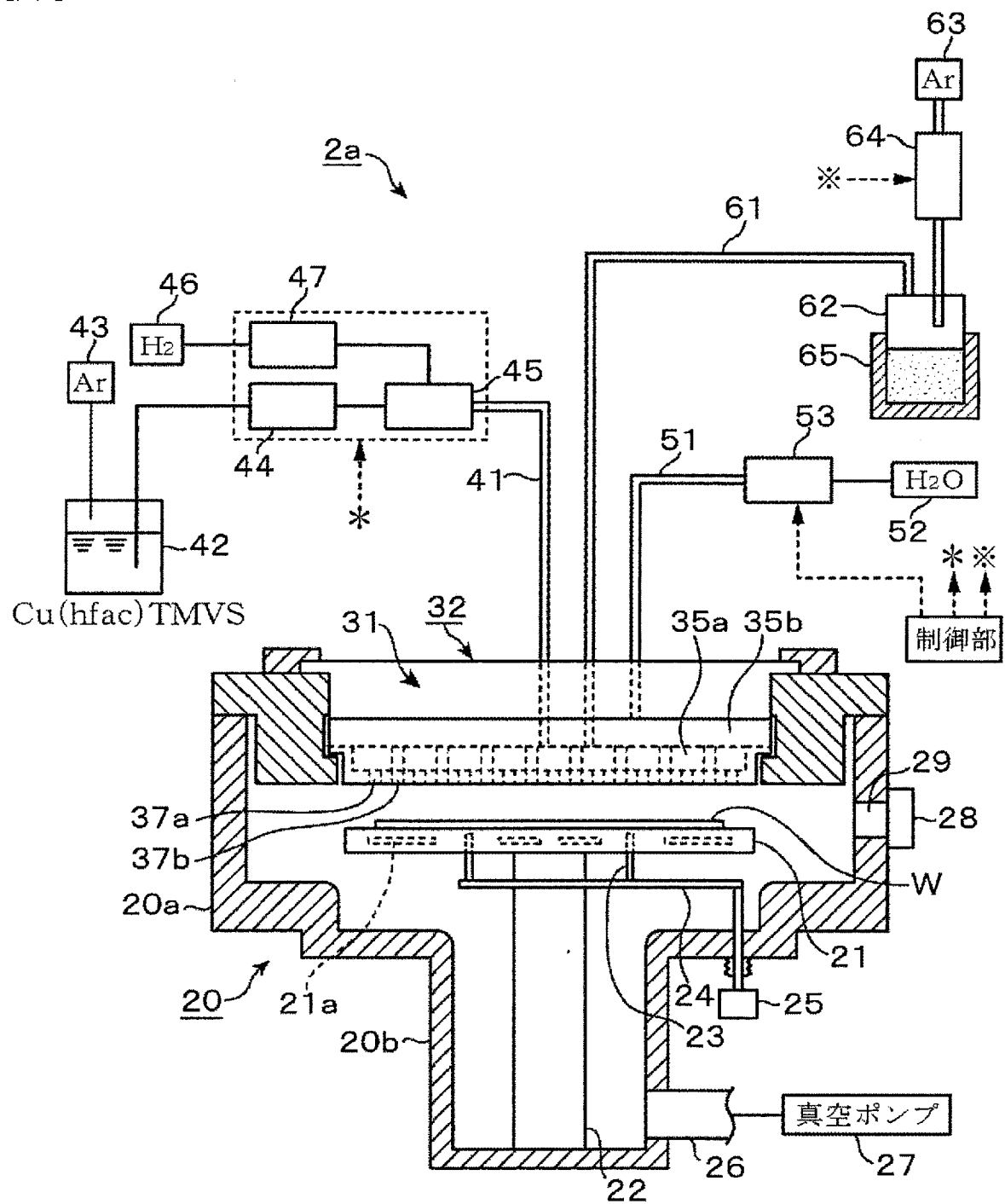
[図3]



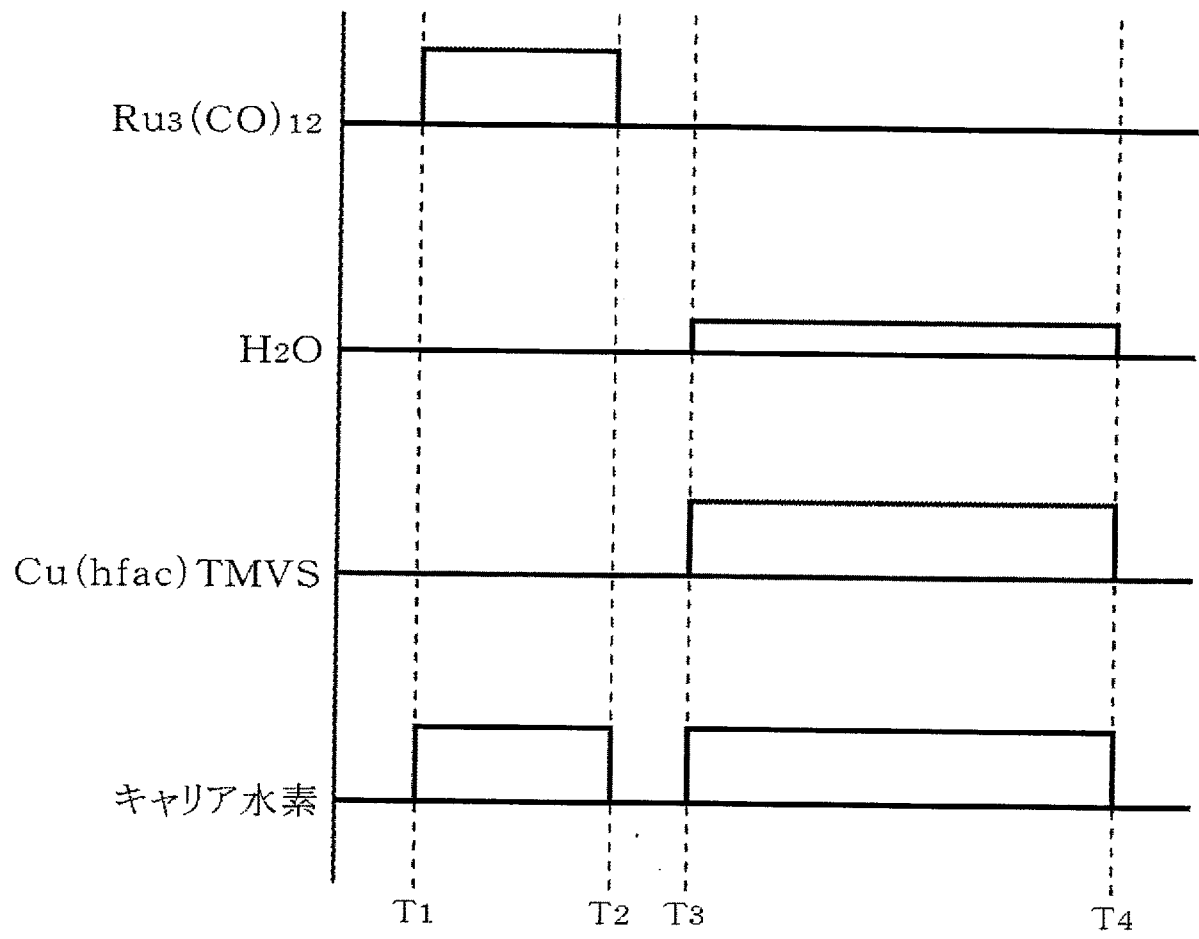
[図4]



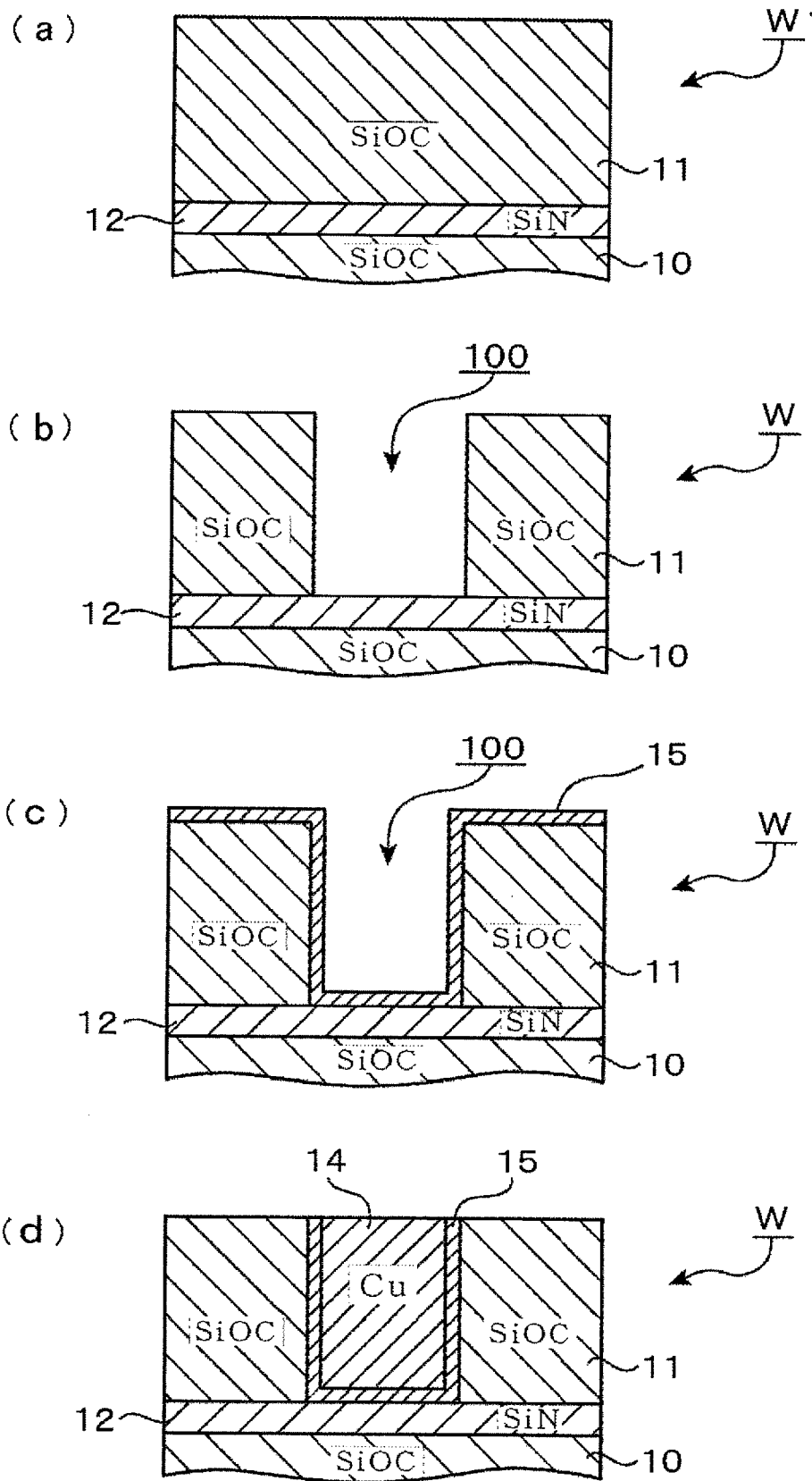
[図5]



[図6]

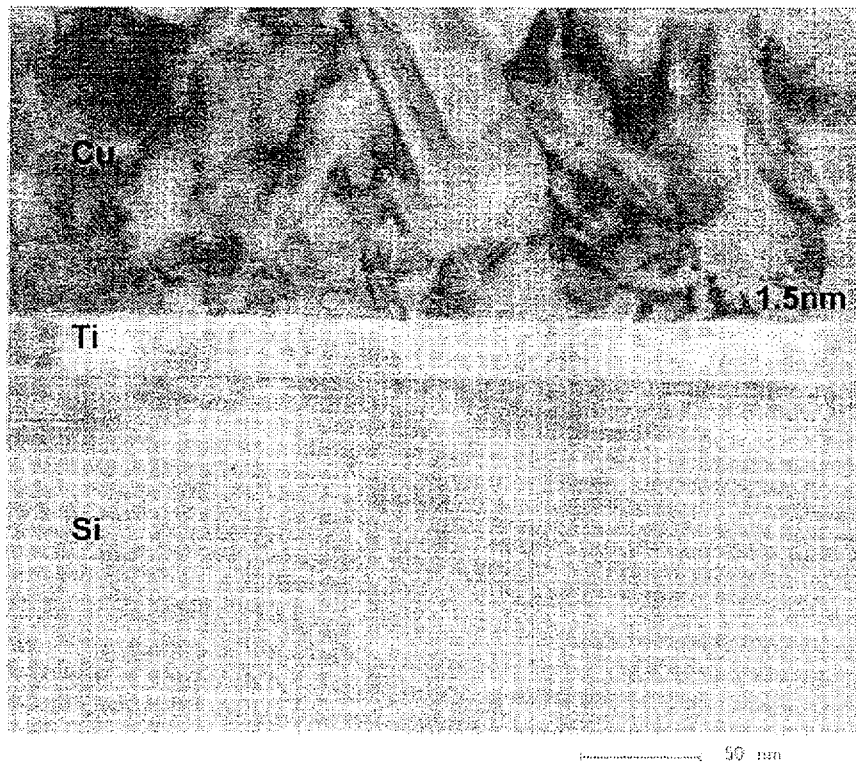


[図7]

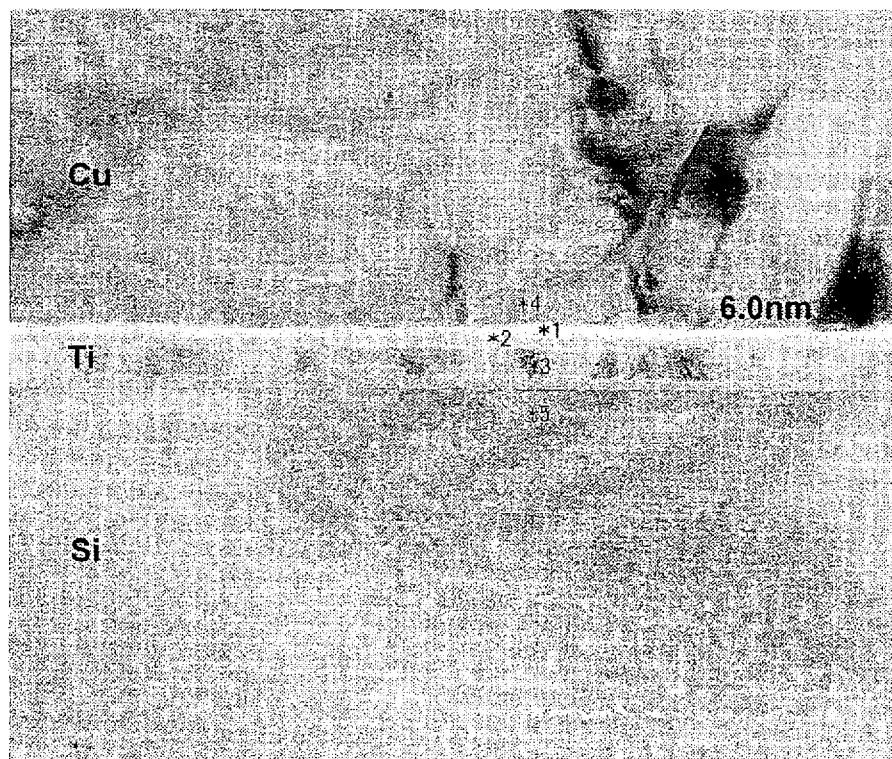


[図8]

(a)

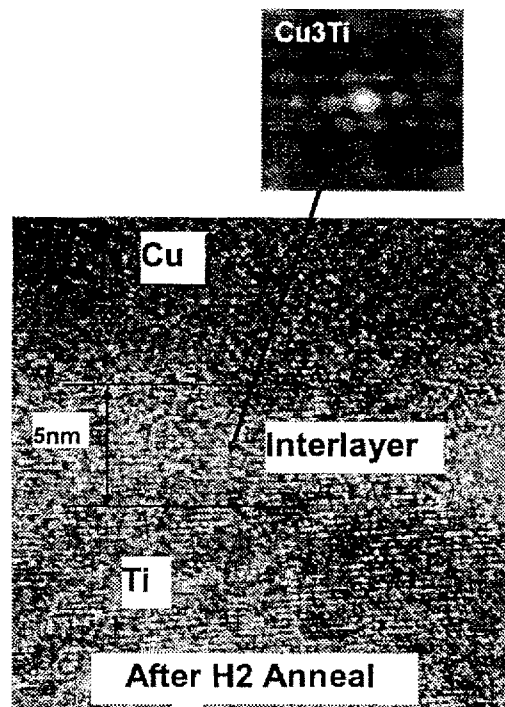


(b)

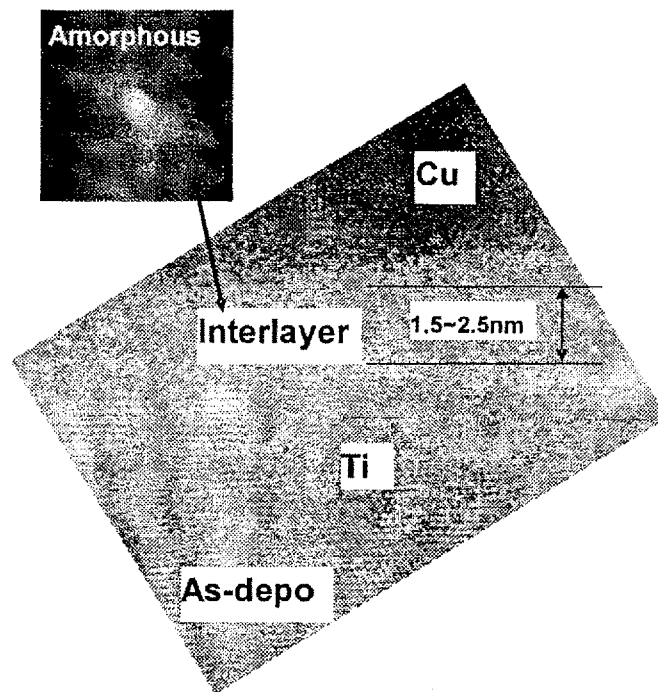


[図9]

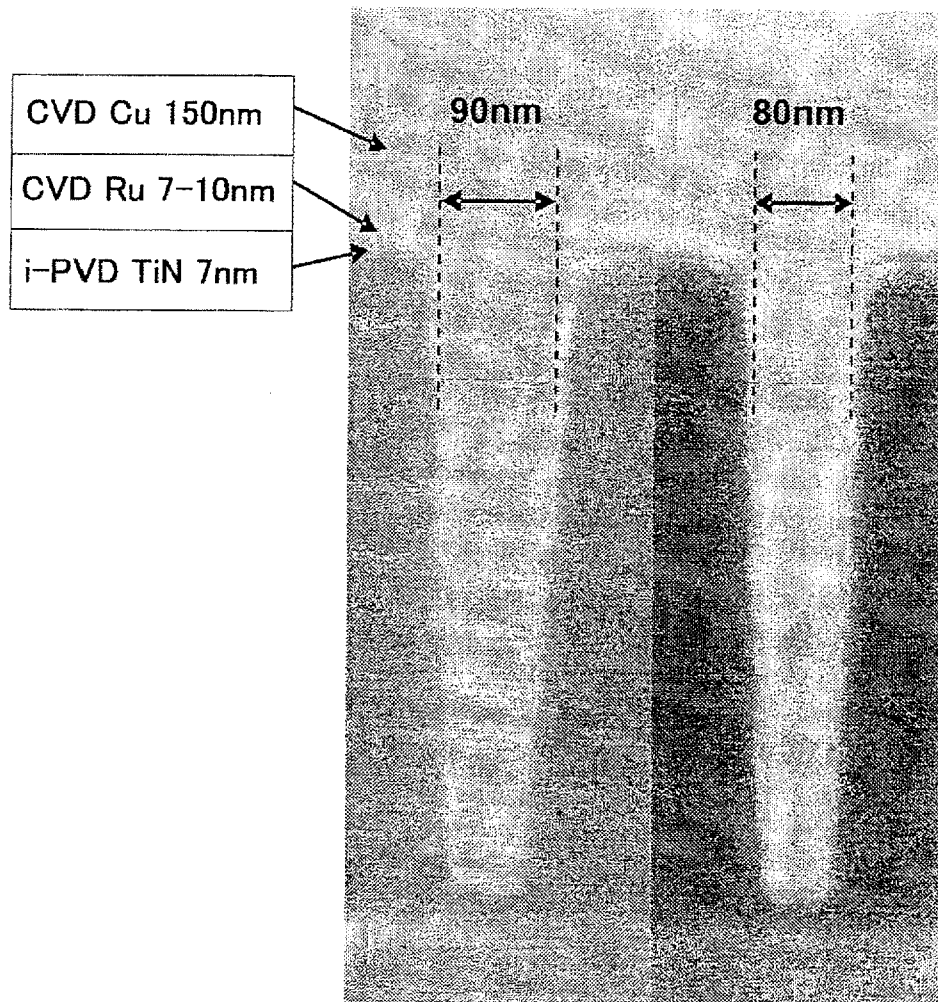
(a)



(b)



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2007/062140

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3205(2006.01)i, H01L21/28(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, H01L21/28, 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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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.
Y	JP 10-229084 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 25 August, 1998 (25.08.98), Par. Nos. [0010] to [0017]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	3-7, 10, 11, 13, 14, 16, 17
Y	JP 2002-60942 A (Anelva Corp.), 28 February, 2002 (28.02.02),	3-7, 10, 11, 13, 14, 16, 17
A	Full text; Figs. 1 to 9 & US 2002/0052109 A1	1, 2, 8, 9, 12, 15
Y	JP 2003-124145 A (Sharp Corp.), 25 April, 2003 (25.04.03),	3-7, 10, 11, 13, 14, 16, 17
A	Full text; Figs. 1 to 4 & US 2003/0072880 A1	1, 2, 8, 9, 12, 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
03 August, 2007 (03.08.07)

Date of mailing of the international search report
21 August, 2007 (21.08.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

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, H01L21/28(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, H01L21/28, 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 7年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6－2 0 0 7年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4－2 0 0 7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 請求の範囲の番号
Y	JP 10-229084 A (日本電信電話株式会社) 1998.08.25, 段落【0010】-段落【0017】, 第 1-3 図 (ファミリーなし)	3-7, 10, 11, 13, 14, 16, 17
Y	JP 2002-60942 A (アネルバ株式会社) 2002.02.28, 全文, 第 1-9 図 & US 2002/0052109 A1	3-7, 10, 11, 13, 14, 16, 17
A		1, 2, 8, 9, 12, 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、一般的技术水準を示すもの 「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 0 3 . 0 8 . 2 0 0 7	国際調査報告の発送日 2 1 . 0 8 . 2 0 0 7		
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） 長谷山 健 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 9 8	4 L	9 1 7 1

C (続き) . 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 請求の範囲の番号
Y	JP 2003-124145 A (シャープ株式会社) 2003.04.25, 全文, 第 1-4 図 & US 2003/0072880 A1	3-7, 10, 11, 13, 14, 16, 17
A		1, 2, 8, 9, 12, 15