

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5194393号
(P5194393)

(45) 発行日 平成25年5月8日(2013.5.8)

(24) 登録日 平成25年2月15日(2013.2.15)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 21/3205 (2006.01)	H O 1 L 21/88 R
H O 1 L 21/768 (2006.01)	H O 1 L 21/90 J
H O 1 L 23/532 (2006.01)	
H O 1 L 23/522 (2006.01)	

請求項の数 3 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2006-174429 (P2006-174429)
 (22) 出願日 平成18年6月23日(2006.6.23)
 (65) 公開番号 特開2008-4841 (P2008-4841A)
 (43) 公開日 平成20年1月10日(2008.1.10)
 審査請求日 平成21年6月18日(2009.6.18)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成18年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「マイクロ波励起高密度プラズマ技術を用いた省エネ型半導体製造装置の技術開発」継続研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(73) 特許権者 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (74) 代理人 100091513
 弁理士 井上 俊夫
 (72) 発明者 堀込 正弘
 東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
 審査官 崎間 伸洋

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上にフッ素添加カーボン膜からなる絶縁膜を成膜する工程と、
 前記絶縁膜に凹部を形成する工程と、
 チタン板をスパッタすることにより前記凹部内に第1の膜を成膜する工程と、
 前記第1の膜の表面にタンタルからなる第2の膜を成膜する工程と、
 その後前記凹部内に銅配線を形成する工程と、
 しかる後、前記基板の熱処理を行うことにより、前記第1の膜に含まれるチタンと前記絶縁膜に含まれる炭素とを反応させて、フッ化チタンの生成を抑えながら前記第1の膜と前記絶縁膜との間に炭化チタン膜を形成する工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】

前記炭化チタン膜を形成する工程は、前記基板を400℃に加熱する工程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。

【請求項3】

前記第2の膜を成膜する工程は、タンタル板をスパッタすることにより行われることを特徴とする請求項1または2に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

本発明は、フッ素添加カーボン膜を絶縁膜例えば層間絶縁膜として用い、この絶縁膜に銅配線を形成するにあたり、絶縁膜と銅配線との間にフッ素及び銅の拡散を防止するバリア膜を形成した半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の高集積化を図るために多層配線構造が採用されているが、微細化及び高集積化の進展に伴い、配線を通る電気信号の遅延（配線遅延）がデバイスの動作の高速化に対して問題となっている。この配線遅延は、配線の抵抗と配線間の容量の積に比例することから、配線遅延を短縮するために、電極配線材料の低抵抗化と、各層間を絶縁する層間絶縁膜の低誘電率化を図ることが要求されている。このため、配線材料としては、低抵抗の銅（Cu）が好適な材料として使用されている。

10

【0003】

しかし、銅は拡散しやすい元素であり、銅の拡散によって層間絶縁膜中の絶縁性が低下することなどから、銅配線と層間絶縁膜との間には、銅の拡散防止のためのバリア膜を介在させることが必要である。

特許文献1には、銅の拡散を防止するためのバリア膜として、タンタル（Ta）や窒化タンタル（Ta₂N₅）などが記載されている。

【0004】

一方、層間絶縁膜としては、比誘電率を低くする要請から、シリコン、炭素、酸素及び水素を含む膜（SiCOH膜）が注目されているが、本発明者らは、SiCOH膜よりもさらに比誘電率が低い、炭素（C）及びフッ素（F）の化合物であるフッ素添加カーボン膜（フロロカーボン膜）の採用を検討している。しかし、このフッ素添加カーボン膜は、加熱によってフッ素が脱離しやすい性質を持っている。

20

【0005】

ところで、この半導体装置は、デバイスの完成後、内部の結晶の欠陥を安定化させるために、例えば400程度の熱処理が行われる。銅配線から絶縁膜への銅の拡散を抑えるためのバリア膜として、タンタル膜を用いている場合には、熱処理によってフッ素添加カーボン膜からフッ素がタンタル膜中に拡散して、フッ化タンタル（TaF₅）が生成する。このフッ化タンタルは、蒸気圧が高く、上記の熱処理中に蒸発してしまい、タンタル膜の密度が低下して銅に対するバリア性能が低下すると共に、シート抵抗が増加し、またフッ素添加カーボン膜とタンタル膜との密着性も悪くなる。このことから、薄膜でありながら銅及びフッ素の拡散を防止するバリア膜が望まれている。特許文献2には、フッ素添加カーボン膜について記載されているが、上記の課題及び解決方法については触れられていない。

30

【0006】

【特許文献1】特開2005-109138

【特許文献2】特開2005-302811

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明はこのような事情の下になされたものであり、その目的は、フッ素添加カーボン膜を絶縁膜例えば層間絶縁膜として用い、この絶縁膜に銅配線を形成するにあたり、絶縁膜と銅配線との間におけるフッ素及び銅の拡散を抑えて半導体装置の特性の低下を抑えることのできる技術を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の半導体装置の製造方法は、
基板上にフッ素添加カーボン膜からなる絶縁膜を成膜する工程と、
前記絶縁膜に凹部を形成する工程と、
前記凹部内にチタンからなる第1の膜を成膜する工程と、

50

前記第 1 の膜の表面にタンタルからなる第 2 の膜を成膜する工程と、
その後前記凹部内に銅配線を成膜する工程と、

しかる後、前記基板の熱処理を行うことにより、前記第 1 の膜に含まれるチタンと前記絶縁膜に含まれる炭素とを反応させて、フッ化チタンの生成を抑えながら前記第 1 の膜と前記絶縁膜との間に炭化チタン膜を形成する工程と、を含むことを特徴とする。前記炭化チタン膜を形成する工程は、前記基板を 400 に加熱する工程であっても良い。また、前記第 2 の膜を成膜する工程は、タンタル板をスパッタすることにより行われる工程であっても良い。

【発明の効果】

10

【0010】

本発明によれば、フッ素添加カーボン膜を絶縁膜例えば層間絶縁膜として用いるにあたり、絶縁膜と銅配線との間に、絶縁膜側にはフッ素の拡散を抑えるためのチタンからなる第 1 の膜を成膜して、銅配線側には銅の拡散を抑えるためのタンタルからなる第 2 の膜を成膜して、第 1 の膜と第 2 の膜とからなるバリア膜を形成するようにしているため、絶縁膜と銅配線との間におけるフッ素及び銅の拡散を抑えることができ、またバリア膜の膜減りも抑えることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の半導体装置の製造方法の実施の形態として、多層配線構造を製造するための基板において、絶縁膜内に金属例えば銅からなる n (n は 1 以上の整数) 番目の配線層の上に ($n+1$) 番目の配線層を形成する場合を例にとって説明する。図 1 (a) は、絶縁膜であるフッ素添加カーボン膜 (以下「CF 膜」という) 60 内に n 番目の配線層である Cu 配線 61 が形成された基板例えば半導体ウェハ (以下ウェハ) W の表面構造の概略を示している。この例では、 n 番目の回路層の表面に、当該 n 番目の Cu 配線 61 から次段の ($n+1$) 番目の層間絶縁膜 (CF 膜 70) に銅が拡散しないようにするために、絶縁膜例えば SiN 膜からなるバリア膜 64 が形成されている。

20

【0012】

この実施の形態では、後述の通り、炭素とフッ素とを含む化合物の成膜ガス例えば C_5F_8 ガスをプラズマ化し、ウェハ W が載置されている雰囲気をプラズマ雰囲気にするこ

30

とにより、 C_5F_8 ガスから生成した活性種がウェハ W の表面に堆積して、図 1 (b) に示すように CF 膜 70 からなる層間絶縁膜が例えば 200 nm の膜厚で成膜される。

【0013】

次に、図 1 (c) に示すように、この CF 膜 70 に従来の手法例えばフォトリソマスクやハードマスクなどを用いたドライエッチングによって、ダマシン構造のトレンチの溝とビアホールとからなる凹部 71 を形成するが、ここではその説明を省略する。

【0014】

その後、図 2 (a) に示すように、ウェハ W の表面にバリア膜 78 の一部をなす第 1 の膜である Ti 膜 74 を例えばスパッタリングにより成膜する。スパッタリングにおいては、Ti ターゲットに対して例えば Ar 等のイオンを打ち付けることで、Ti ターゲットからチタンの微粒子が生成して、ウェハ W の表面 (CF 膜 70 の露出面及び Cu 配線 61 の表面) に堆積して、Ti 膜 74 が成膜される。この Ti 膜 74 は、後述するように、CF 膜 70 のフッ素が Ti 膜 74 の上層側へ拡散することを抑えるバリア機能を有する膜であり、例えば膜厚が 3 ~ 10 nm 程度で十分なバリア機能が得られる。

40

【0015】

次に、図 2 (b) に示すように、Ti 膜 74 の表面に、第 2 の膜である Ta 膜 75 を成膜する。この Ta 膜 75 は、上述の Ti 膜 74 と同様にスパッタ装置を用いて成膜される。その膜厚は、5 ~ 10 nm 程度であることが好ましい。この Ta 膜 75 は、後述するように、Ta 膜 75 に接する Cu 配線 76 の銅が Ti 膜 74 側へ拡散することを抑えるバリア機能を有する膜であり、こうして Ti 膜 74 及び Ta 膜 75 によりバリア膜 78 が形成

50

される。

【0016】

その後、図2(c)に示すように、Cu配線76が埋め込まれる。このCu配線76は、例えば銅を含む有機材料を気化し、このガスを用いてCVD法により形成しても良いし、あるいは無電解メッキ法により銅のシード層を形成し、これを電極として用いて電解メッキを行うことにより形成しても良い。次いで、CF膜70の上面に成膜されたTi膜74、Ta膜75及びCu配線76が例えばCMP(Chemical Mechanical Polishing)と呼ばれる研磨により除去されて、(n+1)層のCu配線76が形成される(図3(a))。そして、前述の図1(a)と同様に、ウェハWの表面に絶縁膜例えばSiN膜からなるバリア膜64が成膜される(図3(b))。

10

【0017】

そして、上記の図1(b)~図3(b)の工程を繰り返すことによって、所定の階層分の回路を形成して、半導体装置が完成した後、半導体装置内の結晶の欠陥を終端させて物性を安定させるため、例えば400の熱処理が行われる。

【0018】

上述の実施の形態では、(n+1)層目について述べると、CF膜70とCu配線76との間に、第1の膜であるTi膜74と、第2の膜であるTa膜75とを、CF膜70側からこの順序で積層してバリア膜78を形成しているため、後述の実験例からも分かるように、例えば半導体装置を形成した後に行われるアニール処理などの熱処理によってフッ素がCF膜70からTa膜75やCu配線76へ拡散することが抑えられ、更に銅がCu配線76からTi膜74やCF膜70へ拡散することが抑えられる。このため、熱処理によるフッ素とタンタル及び銅との反応が抑えられ、後述の実験例に示すように、フッ素とタンタル及び銅との反応によるシート抵抗の増加を抑制することができるので、半導体装置の電気的特性の劣化を抑えることができる。また、Ti膜74及びTa膜75は400程度では化学反応を起こさず、更に合金を形成しない(互いに混じり合わない)ため、熱処理を受けた後においても上述のバリア性能を保つことができる。

20

【0019】

また、Ti膜74及びTa膜75は、各々およそ10nm以下と薄く、バリア膜78全体の膜厚を20nm以下に抑えることができるので、半導体装置の薄層化を阻むおそれもない。

30

次に、CF膜70を成膜するために好適な成膜装置の一例について図4を参照して簡単に説明する。同図中の成膜装置10は、真空チャンバである処理容器11、温調手段を備えた載置台12及び載置台12に接続された例えば13.56MHzのバイアス用の高周波電源13を備えている。

【0020】

処理容器11の上部には載置台12と対向するように、例えば略円形状の例えばアルミナからなる第1のガス供給部14が設けられている。この第1のガス供給部14における載置台12と対向する面には、多数の第1のガス供給孔15が形成されている。第1のガス供給孔15は、ガス流路16及び第1のガス供給路17を介してプラズマ発生用のガス例えばアルゴン(Ar)ガスなどの希ガス供給源に接続されている。

40

【0021】

また、前記載置台12と前記第1のガス供給部14との間には、例えば略円形状の導電体からなる第2のガス供給部18が設けられており、この第2のガス供給部18における載置台12と対向する面には、多数の第2のガス供給孔19が形成されている。この第2のガス供給部18の内部には、第2のガス供給孔19に連通するガス流路20が形成されており、ガス流路20は、第2のガス供給路21を介して原料ガスであるC₅F₈ガスなどの原料ガス供給源に接続されている。また、第2のガス供給部18には、第2のガス供給部18を上下に貫通するように、多数の開口部22が形成されている。この開口部22は、第2のガス供給部18の上方で生成したプラズマを第2のガス供給部18の下方側の空間に通過させるためのものであり、例えば隣接する第2のガス供給孔19同士の間

50

成されている。処理容器 11 の下端は、載置台 12 を囲むようにリング状に開口しており、排気管 26 を介して真空排気手段 27 に接続されている。

【0022】

前記第 1 のガス供給部 14 の上方には、例えばアルミナなどの誘電体により構成されたカバープレート 28 を介してアンテナ部 30 が設けられている。このアンテナ部 30 は、円形のアンテナ本体 31 と、このアンテナ本体 31 の下端に埋設された平面アンテナ部材（スリット板）32 とを備えている。平面アンテナ部材 32 には、円扁波を発生させるための多数の図示しないスリットが形成されている。これらアンテナ本体 31 と平面アンテナ部材 32 とは導体により構成されて、扁平な中空の円形導波管を構成している。

【0023】

また、アンテナ本体 31 と平面アンテナ部材 32 との間には、例えばアルミナや酸化ケイ素、窒化ケイ素等の低損失誘電体材料により構成された遅相板 33 が設けられている。この遅相板 33 は、マイクロ波の波長を短くして前記円形導波管内の管内波長を短くするためのものである。

【0024】

このように構成されたアンテナ部 30 は、同軸導波管 35 を介して例えば 2.45 GHz あるいは 8.4 GHz の周波数のマイクロ波を発生するマイクロ波発生手段 34 に接続されている。また、同軸導波管 35 の外側の導波管 35A と中心導体 35B とは、それぞれアンテナ本体 31 と、遅相板 33 に形成された開口部を介して平面アンテナ部材 32 とに接続されている。

【0025】

次に、上記の成膜装置 10 を用いた CF 膜 70 の成膜方法について説明する。まず、ウェハ W を処理容器 11 内に搬入して載置台 12 上に載置する。そして、真空排気手段 27 を用いて処理容器 11 内を排気して、処理容器 11 内に例えば Ar ガスと C₅F₈ ガスとをそれぞれ所定の流量供給する。そして、処理容器 11 内を所定のプロセス圧力に設定し、載置台 12 に設けられた温調手段によりウェハ W を加熱する。

【0026】

一方、マイクロ波発生手段 34 から周波数が 2.45 GHz の高周波（マイクロ波）をカバープレート 28 と第 1 のガス供給部 14 とを介して、平面アンテナ部材 32 に形成された図示しないスリットから下方側の処理空間に向けて放射する。

【0027】

このマイクロ波により、第 1 のガス供給部 14 と第 2 のガス供給部 18 との間の空間に高密度で均一な Ar ガスのプラズマが励起される。一方、第 2 のガス供給部 18 から載置台 12 に向けて放出された C₅F₈ ガスは、開口部 22 を介して上方側から流れ込んできた Ar ガスのプラズマに接触して活性種を生成する。この活性種は、ウェハ W の表面に堆積して、バリア膜 64 上に CF 膜 70 を形成する。

フッ化添加カーボン膜の原料となるガスとしては C₅F₈ ガスに限らず、CF₄ ガス、C₂F₆ ガス、C₃F₈ ガス、C₃F₉ ガスまたは C₄F₈ ガスなどを用いてもよい。

【0028】

尚、Ti 膜 74 を成膜するためには、既述の通り、公知のスパッタ装置を用いることができる。この装置は、放電によってチタンをスパッタするための金属源としての Ti 板を備えており、Ti 板からチタンの微粒子を発生させて、Ti 膜 74 を形成する。

【0029】

チタンの微粒子は、非常に活性が高いため、CF 膜 70 の表面に堆積した場合に CF 膜 70 中の元素（炭素及びフッ素）と反応して炭化チタン及びフッ化チタンを生成する。フッ化チタン（TiF₄）は、既述のフッ化タンタルと同様に蒸気圧が高いため、この生成が進行すると Ti 膜 74 の密度の低下やシート抵抗の上昇をもたらす一方、炭化チタンは蒸気圧が低く安定である。これらの反応は、熱処理例えば既述の半導体装置の完成後のアニール処理などによって進行するが、後述の実験例において示すように、炭化チタンが選択的に生成してフッ化チタンの生成を抑えるため、Ti 膜 74 の密度の低下やシート抵抗

10

20

30

40

50

の上昇を抑制することができる。このことによって、T i 膜 7 4 はフッ素に対して高いバリア性を有していると言える。

T i 膜 7 4 は、必ずしもスパッタリングによって形成された膜に限られるものではなく、他の成膜方法例えば上述の成膜装置 1 0 などを用いて成膜されたものであっても良い。

続いて、T a 膜 7 5 の成膜が行われる。T a 膜 7 5 を成膜するためには、上述の T i 膜 7 4 と同様に公知のスパッタ装置を用いることができる。

【 0 0 3 0 】

本発明の半導体装置の製造方法は、ダマシン法に限られず、C u 配線 7 6 を初めに形成して、その後 C u 配線 7 6 を囲むように C F 膜 7 0 を形成する手法にも適用できる。

【実施例】

【 0 0 3 1 】

上述の銅とフッ素とに対するバリア膜としての働きについて、どのような元素が最適であるかを確かめるため、以下の実験を行った。実験に用いた N o . 1 ~ 6 のウェハ（以下、ウェハ 1 ~ 6 という）の構成を図 5 に示す。これらのウェハ 1 ~ 6 は、実験用のペアシリコンウェハである S i 基板 8 1 上に上述の成膜装置 1 0 を用いて膜厚 1 5 0 n m の C F 膜 8 2 を成膜して、その C F 膜 8 2 上に各ウェハ毎に各元素を以下の表 1 に示す膜厚となるように形成したものである。

【 0 0 3 2 】

【表 1】

ウェハ N o .	1	2	3	4	5	6
元素種	T a	T a	N i	T a	T i	T a
		T a N		N i		T i
膜厚 (n m)	8	8	6	8	1 3	8
		8		6		3

【 0 0 3 3 】

尚、表 1 に示した各元素種の成膜には、既述のスパッタ装置を用いたが、その成膜条件についてはここでは省略する。ただし、表 1 において 2 種類の膜を形成した場合（ウェハ 2、4 及び 6）は、T a 膜 8 4 が上側となるように積層した。

【 0 0 3 4 】

また、以下の各実験例においてウェハ 1 ~ 6 に対して熱処理を行う場合、以下の条件を用いた。

【 0 0 3 5 】

（熱処理条件）

熱処理温度 : 4 0 0

熱処理時間 : 1 5 分

圧力 : 2 6 6 . 7 P a (2 0 0 0 m T o r r)

雰囲気 : A r = 5 0 0 s c c m

（実験例 1：熱処理によるシート抵抗の変化）

ウェハ 1 ~ 6 に対して最上層の金属（T a、N i、T i 等）上に、既述の方法によって C u 膜 8 7（図示せず）を成膜した後、上記の熱処理を施し、大気中に取り出した後、それぞれのウェハのシート抵抗を測定した。

（実験結果）

熱処理後の各ウェハ 1 ~ 6 のシート抵抗の結果を表 2 に示した。

【 0 0 3 6 】

【表 2】

シート抵抗 (Ω / sq)

ウェハ No.	1	2	3	4	5	6
熱処理 前	47.7	122.9	89.1	47.2	170.4	37.1
熱処理 後	300.1	150.8	80.0	44.3	362.2	48.9

10

【 0 0 3 7 】

この表から、熱処理によって、ウェハ1及びウェハ5のシート抵抗が大きく増加しており、好ましくないことがわかる。ウェハ1については、ウェハ2との比較から、Ta膜84はCF膜82と直接接触するのは良くないことがわかる。この場合、熱処理によってCF膜82からTa膜84へフッ素が拡散して、蒸気圧の高いフッ化タンタルが生成し、このフッ化タンタルが蒸発することでシート抵抗が増加したものと考えられる。またウェハ5については、ウェハ6との比較から、Ti膜83はCu膜87と直接接触するのは良くないことがわかる。この場合、熱処理によってCuがTi膜中に拡散し、更にはCF膜82のフッ素と反応し、シート抵抗の高い化合物が生成したものと考えられる。

20

(実験例2：熱処理によるX線強度の変化)

ウェハ2、3、4及び6に対して実験例1と同様にCu膜87を成膜した後、上記の熱処理を施し、蛍光X線分析(XRF: X-ray Fluorescence Analysis)により、各金属のX線強度を測定して、熱処理前後の各金属膜中の金属原子数の比を求めた。

(実験結果)

熱処理前後の各金属の原子数の比を表3に示す。

【 0 0 3 8 】

【表 3】

30

ウェハNo.	2	3	4	6
Ta	0.93		0.95	1.0
Ni		0.99	1.0	
Ti				1.0

【 0 0 3 9 】

この結果、熱処理によって、ウェハ2及びウェハ4のTaの原子数が減少しており好ましくないことがわかる。ウェハ2のTa/N膜86、ウェハ4のNi膜85は、CF膜82からのフッ素を僅かながら透過させ、Ta膜84においてフッ化タンタルが生成しこれが蒸発したものと考えられる。この際、透過型電子顕微鏡(TEM: Transmission Electron Microscope)にて測定した結果、Si基板81上に堆積した膜の全体的な膜厚は変わっていないため、減膜は発生しておらず、単に膜中の元素が抜けたものと考えられる。

40

(実験例3：元素分析)

次にウェハ3、ウェハ6に対して、各ウェハの上方にCu膜87を成膜し、上述の熱処理を行った後、2次イオン質量分析装置(SIMS: Secondary Ion Mass Spectroscopy)を用いて、深さ方向の各元素(Cu、Ta、Ni、F)の量を測定した。

(実験結果)

50

熱処理前後におけるウェハ 3 の結果を図 6 に示し、ウェハ 6 の元素分析の結果を図 7 に示す。図 6 について考察すると、熱処理前において認められた Cu、Ni のピークは、熱処理後に消滅しており、これら両金属は合金化したものと考えられる。また合金化した金属への、フッ素の拡散も認められ、Ni は Cu、F の両元素に対し十分なバリア性を持っていないことがわかる。一方図 7 から考察すると、ウェハ 6 の各元素の 2 次イオン強度は、深さ方向に置いて熱処理前後でほとんど変わらず、つまり Cu、F の拡散は発生しておらず、バリア膜として最適なものであることが判明した。

(実験例 4 : 結合エネルギー)

次に、以上の実験において良好な結果を示していたウェハ 6 に対して、ウェハ 6 中の Ti 膜 8 3 がどのようなになっているかを調べるため、以下の実験を行った。実験には X 線光電子分光法 (XPS : X-ray Photoelectron Spectroscopy) を用いて、熱処理前後における Ti 膜 8 3 の上層 (Ta 膜 8 4 付近)、Ti 膜 8 3 の下層 (CF 膜 8 2 付近) のチタン化合物の結合エネルギーを測定した。尚、この実験は、Cu 膜 8 7 を成膜せずに行った。

(実験結果)

この結果を図 8 に示す。熱処理前の Ti 膜 8 3 の下層において、炭化チタンと酸フッ化チタン (TiOF) とに帰属されるピークが確認された。これは、既述の通り、Ti 膜 8 3 が成膜される時にチタンの表面が活性化して、CF 膜 8 2 中の元素 (炭素及びフッ素) と反応を起こしたものと考えられる。一方、熱処理後には、炭化チタンのピーク強度は増加していたが、酸フッ化チタンのピーク強度の変化は見られなかった。このことから、Ti 膜 8 3 の下層では、熱処理によって炭化チタンが選択的に生成したと考えられる。

【0040】

また、Ti 膜 8 3 の上層では、熱処理の前後において酸フッ化チタンのピーク強度が変化していなかったため、CF 膜 8 2 中のフッ素は、Ti 膜 8 3 の成膜時に Ti 膜 8 3 の膜厚方向全体に亘って拡散しているものの、熱処理による拡散は進行しなかったことが分かる。このことから、Ti 膜 8 3 はフッ素に対するバリア膜として有効に働いていることが分かる。また Ti 膜 8 3 の上層の Ti のピーク強度は熱処理によって減少しているが、これは Ti 膜 8 3 下層で選択的に生成した炭化チタンに対し、上層のチタンが下層に供給されたためと考えられる。

【0041】

なお、CF 膜 8 2 と接する Ti 膜 8 3 は、例えばウェハ 1 の Ta 膜 8 4 が蒸気圧の高いフッ化タンタルを形成したのと同様に、蒸気圧の高いフッ化チタンを形成するものと推測することもできる。しかし実際には CF 膜 8 2 と Ti 膜 8 3 の界面付近にフッ化チタンが選択的に形成され、これにより Ti、Ta は高融点金属という共通性の高い金属同士でありながら、Ta 膜はフッ素に対し十分なバリア性を示さず、Ti 膜はフッ素に対し良好なバリア性を示すことが判明した。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図 1】本発明の半導体装置の製造方法の一例を示す断面図である。

【図 2】上記の半導体装置の製造方法の一例を示す断面図である。

【図 3】上記の半導体装置の製造方法の一例を示す断面図である。

【図 4】本発明の半導体装置の製造方法を実施するための装置の一例を示す縦断面図である。

【図 5】本発明の実験例に用いたウェハ 1 ~ 6 の構成を示す断面図である。

【図 6】実験例 3 の結果を示す特性図である。

【図 7】実験例 3 の結果を示す特性図である。

【図 8】実験例 4 の結果を示す特性図である。

【符号の説明】

【0043】

10 成膜装置

10

20

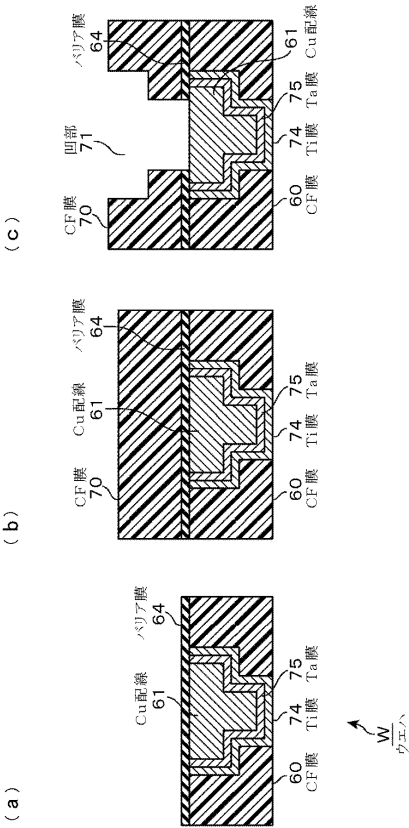
30

40

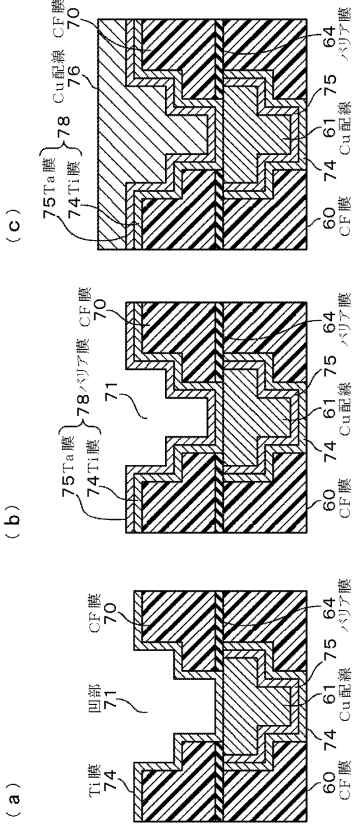
50

- 1 1 処理容器
- 1 2 載置台
- 7 0 C F 膜
- 7 4 T i 膜
- 7 5 T a 膜
- 7 6 C u 配線
- 7 8 バリア膜

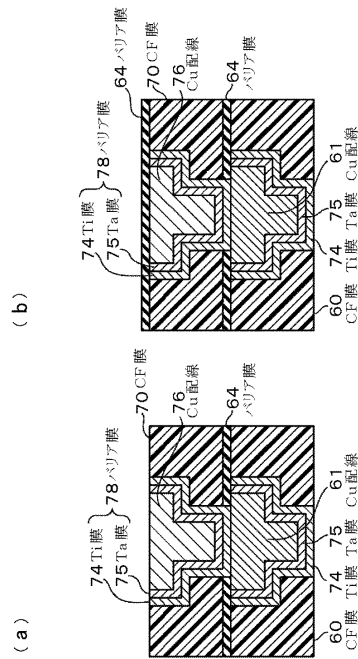
【 図 1 】



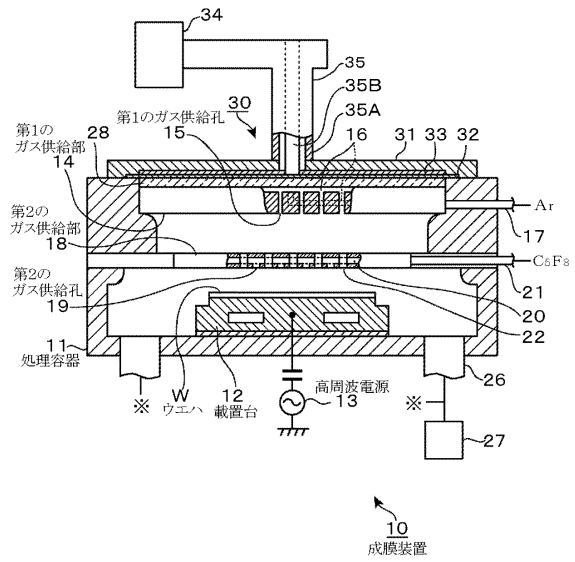
【 図 2 】



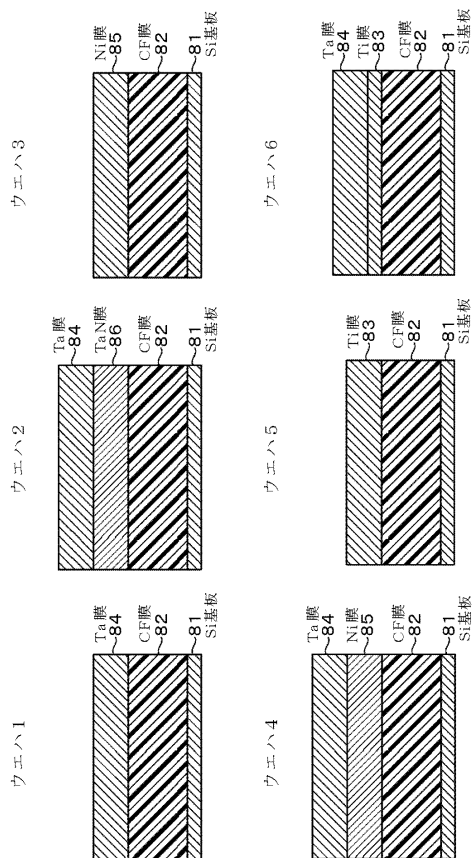
【図 3】



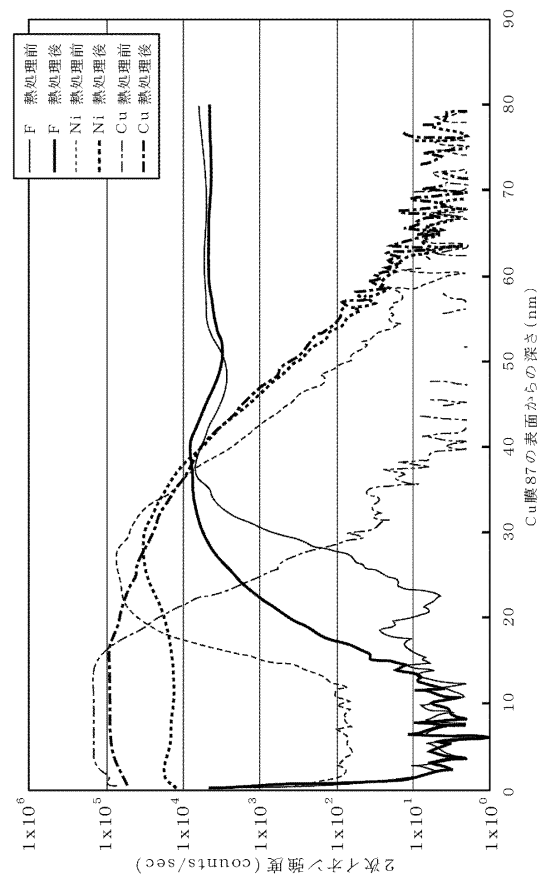
【図 4】



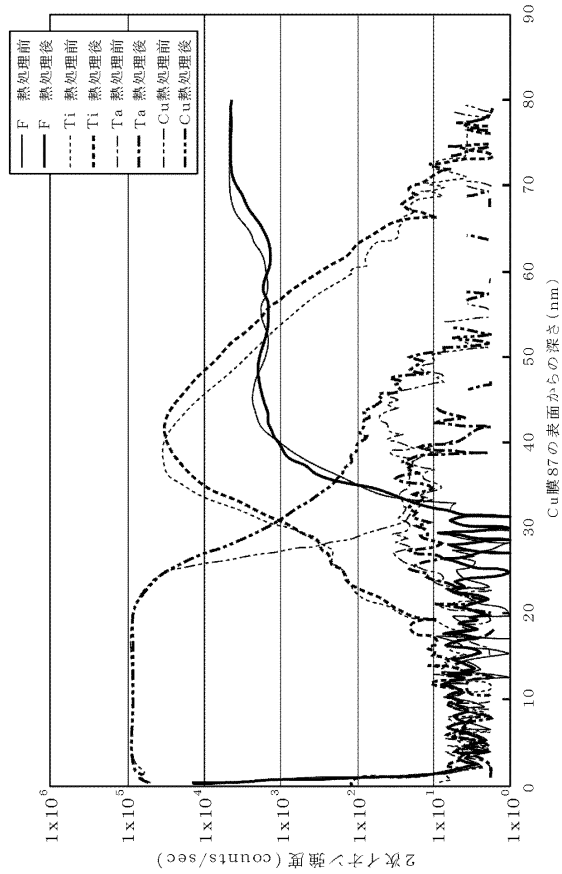
【図 5】



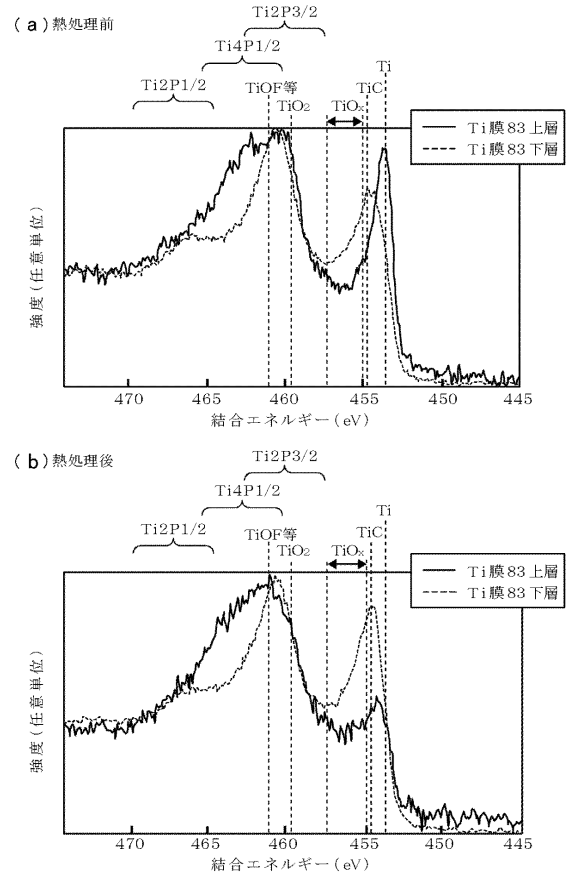
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2005-026386(JP,A)
特開2000-208622(JP,A)
特開2005-064302(JP,A)
特開2005-354041(JP,A)
特開2006-128591(JP,A)
特開平06-053216(JP,A)
特開平03-140496(JP,A)
特開2006-135363(JP,A)
特開2005-223360(JP,A)
米国特許出願公開第2003/0077857(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L21/3205
H01L21/3213
H01L21/768
H01L23/52-H01L23/522
H01L23/532