

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6297884号
(P6297884)

(45) 発行日 平成30年3月20日 (2018. 3. 20)

(24) 登録日 平成30年3月2日 (2018. 3. 2)

(51) Int. Cl.	F I
C 2 3 C 16/14 (2006. 01)	C 2 3 C 16/14
H O 1 L 21/3205 (2006. 01)	H O 1 L 21/88 M
H O 1 L 21/768 (2006. 01)	H O 1 L 21/90 C
H O 1 L 23/532 (2006. 01)	H O 1 L 21/285 C
H O 1 L 21/285 (2006. 01)	

請求項の数 8 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-69008 (P2014-69008)	(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
(22) 出願日	平成26年3月28日 (2014. 3. 28)	(74) 代理人	100099944 弁理士 高山 宏志
(65) 公開番号	特開2015-190020 (P2015-190020A)	(72) 発明者	堀田 隼史 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
(43) 公開日	平成27年11月2日 (2015. 11. 2)	(72) 発明者	饗場 康 東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
審査請求日	平成29年1月16日 (2017. 1. 16)	審査官	塩谷 領大

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 タングステン膜の成膜方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理容器内に凹部を有する被処理基板を配置し、減圧雰囲気下でタングステン原料としてのW C 1₆ガスおよび還元ガスを、同時にまたは交互に供給し、前記被処理基板を加熱しつつW C 1₆ガスおよび還元ガスを反応させて、前記被処理基板にタングステン膜を成膜して前記凹部内にタングステンの埋め込み部を形成する第1工程と、

前記処理容器内にW C 1₆ガスを供給し、前記埋め込み部の上部をエッチングして開口を形成する第2工程と、

前記処理容器内にW C 1₆ガスおよび還元ガスを、同時にまたは交互に供給し、前記被処理基板を加熱しつつW C 1₆ガスおよび還元ガスを反応させて、前記開口が形成された埋め込み部を有する前記被処理基板に対してタングステン膜を成膜する第3工程とを有し、

前記第2工程は、前記処理容器内にW C 1₆ガスとともに還元ガスを供給することを特徴とするタングステン膜の成膜方法。

【請求項2】

前記還元ガスは、H₂ガスであることを特徴とする請求項1に記載のタングステン膜の成膜方法。

【請求項3】

前記第1工程から前記第3工程は、400以上の温度で行うことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のタングステン膜の成膜方法。

【請求項 4】

前記第 1 工程および前記第 3 工程は、前記処理容器内の圧力を 10 Torr 以上にして行うことを特徴とする請求項 3 に記載のタングステン膜の成膜方法。

【請求項 5】

処理容器内に凹部を有する被処理基板を配置し、減圧雰囲気下でタングステン原料としての WCl_6 ガスおよび還元ガスを、同時にまたは交互に供給し、被処理基板を加熱しつつ WCl_6 ガスおよび還元ガスを反応させて、成膜とともにエッチングが生じるようにタングステン膜を成膜して、前記凹部内に、上部に開口を有する空隙が生じるようにタングステンの埋め込み部を形成する第 1 工程と、

前記処理容器内に WCl_6 ガスおよび還元ガスを、同時にまたは交互に供給し、被処理基板を加熱しつつ WCl_6 ガスおよび還元ガスを反応させて、前記埋め込み部を有する基板に対して前記空隙にタングステン膜が埋め込まれるようにタングステン膜を成膜する第 2 工程とを有し、

前記第 1 工程は、 WCl_6 ガス流量を前記第 2 工程よりも高くする、または還元ガス流量を前記第 2 工程よりも低くする、またはその両方により、前記第 2 工程よりもエッチング作用が強い条件で行うことを特徴とするタングステン膜の成膜方法。

【請求項 6】

前記還元ガスは、 H_2 ガスであることを特徴とする請求項 5 に記載のタングステン膜の成膜方法。

【請求項 7】

前記いずれの工程も、400 以上の温度で行うことを特徴とする請求項 5 または請求項 6 に記載のタングステン膜の成膜方法。

【請求項 8】

コンピュータ上で動作し、成膜装置を制御するためのプログラムが記憶された記憶媒体であって、前記プログラムは、実行時に、請求項 1 から請求項 7 のいずれかのタングステン膜の成膜方法が行われるように、コンピュータに前記成膜装置を制御させることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板に形成されたホールにタングステン膜を埋め込むタングステン膜の成膜方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの製造工程においては、被処理体である半導体ウエハ（以下、単にウエハと記す）に形成される配線間の凹部（ビアホール）や基板コンタクト用の凹部（コンタクトホール）を埋め込むためにタングステン膜が用いられている。

【0003】

タングステン膜の成膜方法としては、過去には物理的蒸着（PVD）法が用いられていたが、W は高融点金属であること、および PVD では近年のデバイスの微細化による高カバレッジに対応することが困難であること等の理由で、PVD 法に代わって、高カバレッジに対応することが可能で、かつデバイスの微細化に十分対応可能な化学的蒸着（CVD）法が主流となっている。CVD 法によるタングステン膜の成膜方法としては、従来、原料ガスとして六フッ化タングステン（ WF_6 ）および還元ガスとして H_2 ガスを用い、ウエハ上で $WF_6 + 3H_2 \rightarrow W + 6HF$ と反応させる方法が知られており、これにより微細なホールでもほぼ 100% のステップカバレッジで成膜することができる。

【0004】

しかしながら、最近のホールの高アスペクト比化にともなって、ポーイングによりホールの中央部が膨らむ場合があり、この場合には、ステップカバレッジが 100% であって

10

20

30

40

50

も、埋め込まれたタングステン膜の中央部に不可避免的にボイドやシームが生じてしまう。このようなボイドやシームが生じた場合には、成膜後のCMPによりボイドやシームが露出して、半導体性能に悪影響を及ぼす。

【0005】

このような不都合を解消可能な技術としては、タングステン膜を埋め込んだ後、 NF_3 ガスをプラズマ化して膜の上部をエッチングし、その後に膜中のシームを埋める成膜を行うものが知られている（特許文献1）。

【0006】

また、成膜ガスとして WF_6 と H_2 ガスを用いてタングステン(W)を埋め込んだ後、 WF_6 の流量を変化させてエッチングガスとして用い、埋め込まれたタングステンの一部をエッチングして貫通口を形成し、その後再びタングステン膜を成膜して空隙を埋める技術も知られている（特許文献2）。

【0007】

さらに、ホール中へのタングステン(W)の成膜と、 ClF_3 ガスによるエッチングとを交互に行ってオーバーハングを生じさせずにタングステン(W)をホールに埋め込む技術も知られている（特許文献3）。

【0008】

さらにまた、 WF_6 ガスと H_2 ガスを用いたCVD法によりタングステン膜を成膜してホール内にタングステンの埋め込み部を形成した後、同一処理容器内でエッチングガスとして ClF_3 ガスまたは F_2 ガスを供給して埋め込み部の上部をエッチングして開口を形成し、その後、同一処理容器内で再度CVD法によりタングステン膜を成膜してボイドやシームにタングステンを埋め込む技術も知られている（特許文献4）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2010-153852号公報

【特許文献2】特開2010-225697号公報

【特許文献3】特開2002-9017号公報

【特許文献4】特開2013-32575号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

しかしながら、上記特許文献1の技術は、エッチングにプラズマを使用しており、成膜チャンパーとエッチングチャンパーとを別個に設ける必要があり、処理が煩雑となってスループットが低下してしまう。

【0011】

また、上記特許文献2の技術は、成膜ガスとして用いる WF_6 をエッチングガスとしても用い、流量を変化させて成膜とエッチングとを切り替えるが、 WF_6 ガスのエッチング性は必ずしも十分ではなく、確実にエッチングを行うことが困難である。また、半導体デバイスの微細化にともなってバリアメタルが薄膜化すると、 WF_6 に含まれているフッ素が下地膜へダメージを与えるため、微細化に対応することが困難である。

【0012】

さらに、上記特許文献3の技術は、成膜途中でオーバーハングが生じた段階でエッチングして膜を平坦化する操作を繰り返すことにより、オーバーハング部分が繋がってボイドが形成されることを防ぐものであり、制御が難しく工程が煩雑となる。また、エッチングの条件等も十分に開示されていない。

【0013】

上記特許文献4の技術は、上記特許文献1～3の課題を解決することができる技術ではあるが、タングステン成膜の際の適正温度とエッチングの際の適正温度が異なり、同一処理容器内で処理すると、スループットが低下してしまう。

【0014】

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであって、工程が煩雑になることなく、また、微細化によっても下地に悪影響を及ぼすことなく、かつ高スループットで、埋め込み部分のポイドやシームを解消したタングステン膜を成膜することができるタングステン膜の成膜方法を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明者らは、上記課題を解決すべく検討を重ねた結果、タングステン原料として従来のWF₆ガスの代わりにWCl₆ガスを用いることによりタングステン膜が成膜可能であり、しかもWCl₆ガスにはエッチング作用があることから、微細な凹部へのタングステンの埋め込みと、エッチングによる埋め込み部に対する開口の形成と、ポイドやシームの埋め込みを、同一処理容器内でいずれもWCl₆ガスを用いて行うことができることを見出し、本発明を完成するに至った。

10

【0016】

すなわち、本発明の第1の観点、処理容器内に凹部を有する被処理基板を配置し、減圧雰囲気下でタングステン原料としてのWCl₆ガスおよび還元ガスを、同時にまたは交互に供給し、前記被処理基板を加熱しつつWCl₆ガスおよび還元ガスを反応させて、前記被処理基板にタングステン膜を成膜して前記凹部内にタングステンの埋め込み部を形成する第1工程と、前記処理容器内にWCl₆ガスを供給し、前記埋め込み部の上部をエッチングして開口を形成する第2工程と、前記処理容器内にWCl₆ガスおよび還元ガスを、同時にまたは交互に供給し、前記被処理基板を加熱しつつWCl₆ガスおよび還元ガスを反応させて、前記開口が形成された埋め込み部を有する前記被処理基板に対してタングステン膜を成膜する第3工程とを有し、前記第2工程は、前記処理容器内にWCl₆ガスとともに還元ガスを供給することを特徴とするタングステン膜の成膜方法を提供する。

20

【0017】

上記本発明の第1の観点において、前記還元ガスとして、H₂ガスを好適に用いることができる。

【0018】

前記第1工程から前記第3工程は、400以上の温度で行うことが好ましい。また、前記第1工程および前記第3工程は、前記処理容器内の圧力を10 Torr以上にして行うことが好ましい。

30

【0019】

本発明の第2の観点、処理容器内に凹部を有する被処理基板を配置し、減圧雰囲気下でタングステン原料としてのWCl₆ガスおよび還元ガスを、同時にまたは交互に供給し、被処理基板を加熱しつつWCl₆ガスおよび還元ガスを反応させて、成膜とともにエッチングが生じるようにタングステン膜を成膜して、前記凹部内に、上部に開口を有する空隙が生じるようにタングステンの埋め込み部を形成する第1工程と、前記処理容器内にWCl₆ガスおよび還元ガスを、同時にまたは交互に供給し、被処理基板を加熱しつつWCl₆ガスおよび還元ガスを反応させて、前記埋め込み部を有する基板に対して前記空隙にタングステン膜が埋め込まれるようにタングステン膜を成膜する第2工程とを有し、前記第1工程は、WCl₆ガス流量を前記第2工程よりも高くする、または還元ガス流量を前記第2工程よりも低くする、またはその両方により、前記第2工程よりもエッチング作用が強い条件で行うことを特徴とするタングステン膜の成膜方法を提供する。

40

【0020】

上記本発明の第2の観点において、前記還元ガスは、H₂ガスであることが好ましい。また、前記いずれの工程も、400以上の温度で行うことが好ましい。

【0021】

本発明の第3の観点、コンピュータ上で動作し、成膜装置を制御するためのプログラムが記憶された記憶媒体であって、前記プログラムは、実行時に、上記いずれかのタングステン膜の成膜方法が行われるように、コンピュータに前記成膜装置を制御させることを

50

特徴とする記憶媒体を提供する。

【発明の効果】

【0022】

本発明によれば、タングステン膜成膜による凹部に対する埋め込み部を形成する工程、凹部に開口を形成するためのエッチング工程、開口を形成した埋め込み部に再びタングステン膜を形成する工程を同一チャンバーでかつWCl₆ガスを用いて行うので、これらを簡易にかつ略同一温度で行うことができる。このため、工程が煩雑になることなく、かつ高スループットで、埋め込み部のポイドやシームを解消したタングステン膜の成膜を行うことができる。また、タングステン原料として、フッ素を含有しないWCl₆を用いるので、微細化によってバリア膜が薄膜化しても下地にほとんどダメージが生じない。

10

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本発明の実施形態に係るタングステン膜の成膜方法を実施するための成膜装置の一例を示す断面図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る成膜方法のフローチャートである。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る成膜方法を説明するための工程断面図である。

【図4】CVD法による成膜の際の処理レシピを示す図である。

【図5】ALD法による成膜の際の処理レシピを示す図である。

【図6】本発明の第2の実施形態に係る成膜方法のフローチャートである。

【図7】本発明の第2の実施形態に係る成膜方法を説明するための工程断面図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について具体的に説明する。

【0025】

<成膜装置>

図1は本発明の実施形態に係るタングステン膜の成膜方法を実施するための成膜装置の一例を示す断面図である。

【0026】

図1に示すように、成膜装置100は、気密に構成された略円筒状のチャンバー1を有しており、その中には被処理基板であるウエハWを水平に支持するためのサセプタ2が、後述する排気室の底部からその中央下部に達する円筒状の支持部材3により支持された状態で配置されている。このサセプタ2は例えばAlN等のセラミックスからなっている。また、サセプタ2にはヒーター5が埋め込まれており、このヒーター5にはヒーター電源6が接続されている。一方、サセプタ2の上面近傍には熱電対7が設けられており、熱電対7の信号はヒーターコントローラ8に伝送されるようになっている。そして、ヒーターコントローラ8は熱電対7の信号に応じてヒーター電源6に指令を送信し、ヒーター5の加熱を制御してウエハWを所定の温度に制御するようになっている。なお、サセプタ2には3本のウエハ昇降ピン(図示せず)がサセプタ2の表面に対して突没可能に設けられており、ウエハWを搬送する際に、サセプタ2の表面から突出した状態にされる。また、サセプタ2は昇降機構(図示せず)により昇降可能となっている。

30

40

【0027】

チャンバー1の天壁1aには、円形の孔1bが形成されており、そこからチャンバー1内へ突出するようにシャワーヘッド10が嵌め込まれている。シャワーヘッド10は、後述するガス供給機構30から供給された成膜原料ガスであるWCl₆ガスをチャンバー1内に吐出するためのものであり、その上部には、WCl₆ガスおよびパージガスとしてN₂ガスを導入する第1の導入路11と、還元ガスとしてのH₂ガスおよびパージガスとしてN₂ガスを導入する第2の導入路12とを有している。

【0028】

シャワーヘッド10の内部には上下2段に空間13、14が設けられている。上側の空間13には第1の導入路11が繋がっており、この空間13から第1のガス吐出路15が

50

シャワーヘッド10の底面まで延びている。下側の空間14には第2の導入路12が繋がっており、この空間14から第2のガス吐出路16がシャワーヘッド10の底面まで延びている。すなわち、シャワーヘッド10は、成膜原料ガスとしてのWC1₆ガスと還元ガスであるH₂ガスとがそれぞれ独立して吐出路15および16から吐出するようになっている。

【0029】

チャンパー1の底壁には、下方に向けて突出する排気室21が設けられている。排気室21の側面には排気管22が接続されており、この排気管22には真空ポンプや圧力制御バルブ等を有する排気装置23が接続されている。そしてこの排気装置23を作動させることによりチャンパー1内を所定の減圧状態とすることが可能となっている。

10

【0030】

チャンパー1の側壁には、ウエハWの搬入出を行うための搬入出口24と、この搬入出口24を開閉するゲートバルブ25とが設けられている。また、チャンパー1の壁部には、ヒーター26が設けられており、成膜処理の際にチャンパー1の内壁の温度を制御可能となっている。

【0031】

ガス供給機構30は、成膜原料であるWC1₆を収容する成膜原料タンク31を有している。WC1₆は常温では個体であり、成膜原料タンク31内にはWC1₆が固体として収容されている。成膜原料タンク31の周囲にはヒーター31aが設けられており、タンク31内の成膜原料を適宜の温度に加熱して、WC1₆を昇華させるようになっている。

20

【0032】

成膜原料タンク31には、上方からキャリアガスであるN₂ガスを供給するためのキャリアガス配管32が挿入されている。キャリアガス配管32にはN₂ガス供給源33が接続されている。また、キャリアガス配管32には、流量制御器としてのマスフローコントローラ34およびその前後のバルブ35が介装されている。また、成膜原料タンク31内には原料ガスラインとなる原料ガス送出配管36が上方から挿入されており、この原料ガス送出配管36の他端はシャワーヘッド10の第1の導入路11に接続されている。原料ガス送出配管36にはバルブ37が介装されている。原料ガス送出配管36には成膜原料ガスであるWC1₆ガスの凝縮防止のためのヒーター38が設けられている。そして、成膜原料タンク31内で昇華したWC1₆ガスがキャリアガスであるN₂ガスにより搬送されて、原料ガス送出配管36および第1の導入路11を介してシャワーヘッド10内に供給される。また、原料ガス送出配管36には、バイパス配管74を介してN₂ガス供給源71が接続されている。バイパス配管74には流量制御器としてのマスフローコントローラ72およびその前後のバルブ73が介装されている。N₂ガス供給源71からのN₂ガスは原料ガスライン側のパージガスとして用いられる。

30

【0033】

なお、キャリアガス配管32と原料ガス送出配管36との間は、バイパス配管48により接続されており、このバイパス配管48にはバルブ49が介装されている。キャリアガス配管32および原料ガス送出配管36におけるバイパス配管48接続部分の下流側にはそれぞれバルブ35a, 37aが介装されている。そして、バルブ35a, 37aを閉じてバルブ49を開くことにより、N₂ガス供給源33からのN₂ガスを、キャリアガス配管32、バイパス配管48を経て、原料ガス送出配管36をパージすることが可能となっている。なお、キャリアガスおよびパージガスとしては、N₂ガスに限らず、Arガス等の他の不活性ガスであってもよい。

40

【0034】

シャワーヘッド10の第2の導入路12には、H₂ガスラインとなる配管40が接続されており、配管40には、還元ガスであるH₂ガスを供給するH₂ガス供給源42と、バイパス配管64を介してN₂ガス供給源61が接続されている。また、配管40には流量制御器としてのマスフローコントローラ44およびその前後のバルブ45が介装され、バイパス配管64には流量制御器としてのマスフローコントローラ62およびその前後のバ

50

ルブ63が介装されている。N₂ガス供給源61からのN₂ガスはH₂ガスライン側のパージガスとして用いられる。還元ガスとしては、H₂ガスに限らず、SiH₄ガス、B₂H₆ガスを用いることができる。H₂ガス、SiH₄ガス、B₂H₆ガスのうち2つ以上を供給できるようにしてもよい。また、これら以外の他の還元ガスを用いてもよい。

【0035】

この成膜装置100は、各構成部、具体的にはバルブ、電源、ヒーター、ポンプ等を制御する制御部50を有している。この制御部50は、マイクロプロセッサ(コンピュータ)を備えたプロセスコントローラ51と、ユーザーインターフェース52と、記憶部53とを有している。プロセスコントローラ51には成膜装置100の各構成部が電氣的に接続されて制御される構成となっている。ユーザーインターフェース52は、プロセスコントローラ51に接続されており、オペレータが成膜装置100の各構成部を管理するためにコマンドの入力操作などを行うキーボードや、成膜装置の各構成部の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等からなっている。記憶部53もプロセスコントローラ51に接続されており、この記憶部53には、成膜装置100で実行される各種処理をプロセスコントローラ51の制御にて実現するための制御プログラムや、処理条件に応じて成膜装置100の各構成部に所定の処理を実行させるための制御プログラムすなわち処理レシピや、各種データベース等が格納されている。処理レシピは記憶部53の中の記憶媒体(図示せず)に記憶されている。記憶媒体は、ハードディスク等の固定的に設けられているものであってもよいし、CDROM、DVD、フラッシュメモリ等の可搬性のものであってもよい。また、他の装置から、例えば専用回線を介してレシピを適宜伝送させるようにしてもよい。

【0036】

そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース52からの指示等にて所定の処理レシピを記憶部53から呼び出してプロセスコントローラ51に実行させることで、プロセスコントローラ51の制御下で、成膜装置100での所望の処理が行われる。

【0037】

<成膜方法の第1の実施形態>

次に、以上のように構成された成膜装置100を用いて行われる成膜方法の第1の実施形態について説明する。図2は本発明の第1の実施形態に係る成膜方法のフローチャート、図3はその際の工程断面図である。

【0038】

まず、最初に、半導体基板または下層の導電層である下地201の上に層間絶縁層202が形成され、層間絶縁層202に凹部としてホール(コンタクトホールまたはビアホール)203が形成されたウエハWをチャンバー1内のサセプタ2に載置し、ウエハWに対しタングステン原料ガスであるWCl₆ガスと還元ガスであるH₂ガスを用いてCVD法または原子層堆積法(ALD法)によりタングステン膜を成膜し、ホール203を埋めるタングステン埋め込み部204を形成する(ステップ1、図3(a)参照)。なお、還元ガスとしては、H₂ガスの他、SiH₄ガス、B₂H₆ガス等を用いることができ、これらを用いた場合にも同様の条件で成膜することができる。膜中の不純物をより低減して低抵抗値を得る観点からは、H₂ガスを用いることが好ましい。また、ホール203内にはメタルバリア膜、例えばTiN膜が形成されていることが好ましい。

【0039】

従来、タングステン原料としてはWF₆ガス用いていたが、本発明者らの検討結果によれば、WCl₆を用いてもタングステン膜を成膜可能なことが判明した。WCl₆ガスはエッチング作用を有するガスであり、WF₆ガスで成膜可能な条件では成膜できないことがあり、従来は成膜に用いることが困難と考えられていた。しかし、適切に条件を設定することにより、エッチングが生じずにタングステン膜を成膜できることが判明した。基本的な成膜条件としては、成膜温度:400以上、圧力:10 Torr(1333 Pa)以上であることが好ましい。これは、ウエハ温度が400より低い温度であると成膜反応が生じ難く、また、圧力が10 Torrより低いと400以上においてエッチング反

10

20

30

40

50

応が生じやすくなるからである。このような点からは、温度に上限は存在しないが、装置の制約や反応性の点から、事実上の上限は800程度である。より好ましくは400~700、さらに好ましくは400~650である。また、圧力に関しても上記点からは上限は存在しないが、同様に装置の制約や反応性の点から、事実上の上限は100 Torr (13333 Pa) である。より好ましくは、10~30 Torr (1333~4000 Pa) である。他の条件については後述する。

【0040】

ステップ1のタングステン膜の成膜が終了した時点では、ホール203のボーイング等が生じることにより、埋め込み部204の内部にボイド(シーム)205が形成された状態で上部が塞がってしまう(図3(a)参照)。このため、本実施形態ではステップ1の成膜後、同一のチャンバー内でWCl₆ガスのエッチング作用を利用してエッチングを行い、埋め込み部204の上部に開口206を形成する(ステップ2、図3(b))。この際の好ましい温度の範囲は、ステップ1と同様である。

10

【0041】

上述したように、WCl₆ガスにはエッチング作用があるため、それを利用してエッチングを行う。この際のエッチングは、次のタングステン膜の成膜でボイド(シーム)205を埋めることができる程度に開口206が形成されればよく、エッチング量は、例えばわずか1~20nmでよい。

【0042】

エッチングの際に、WCl₆ガスと還元ガスであるH₂ガスとを併用してもよい。成膜の際の還元ガスとして他のガスを用いた場合は、そのガスを用いればよい。還元ガスを用いることにより、エッチング作用を制御することができる。このとき、圧力やガス流量を、成膜よりもエッチングのほうが優位になるように制御する。

20

【0043】

このエッチング工程は、WCl₆ガスの供給を1回で行ってもよいが、エッチングをより制御性よく行う観点から、昇圧WCl₆フロー 減圧パーズを複数サイクル繰り返してもよい。

【0044】

このようにして開口206を形成した後、ステップ1, 2と同一チャンバー内でチャンパー1内のパーズを経てタングステン膜の成膜を行う(ステップ3、図3(c))。これにより、埋め込み部204に形成されたボイド(シーム)205内にタングステンを埋め込むことができ、煩雑な工程を経ることなく埋め込み部204のボイドやシームを解消することができる。

30

【0045】

このステップ3の際の成膜条件は、ステップ1と同様の範囲とすることができる。

【0046】

ステップ1~3の工程は、同一チャンバーでいずれもWCl₆ガスを用いて行うので、全ての工程を略同一温度で行うことができ、工程が煩雑になることなく、高スループットで埋め込み部分のボイドやシームを解消したタングステン膜の成膜を行うことができる。

【0047】

以上の方法において、ステップ1の埋め込み部204の形成は、タングステン膜の成膜を1回行うだけでもよいが、1回のタングステン膜の成膜だけでは、埋め込み部204の形状が悪い場合もある。埋め込み部204の形状が悪いと、その後、ステップ2のエッチングおよびステップ3の成膜を行ってもボイド(シーム)205を完全に埋め込めなくなるおそれがある。その場合には、ステップ1の埋め込み部204の形成を、エッチングを挟んで2回以上タングステン膜を成膜することにより行うことが好ましい。例えば、ステップ1の埋め込み部204の形成を、タングステン膜の成膜 エッチング タングステン膜の成膜(成膜2回)、またはタングステン膜の成膜 エッチング タングステン膜の成膜 エッチング タングステン膜の成膜(成膜3回)により行い、その後ステップ2およびステップ3を行うことが好ましい。これにより、タングステン膜の表面が平滑化される

40

50

とともに、埋め込み部 204 が整った形状となり、その後のステップ 2 およびステップ 3 により、ボイドやシームをより確実に解消することができる。この際のエッチングは、ステップ 2 のエッチングと同様の条件で行うことができる。

【0048】

次に、上記ステップ 1、3 のタングステン膜の成膜の具体的手順について以下に説明する。

【0049】

(CVD法による成膜)

まず、CVD法による成膜について説明する。

図 4 は、CVD法による成膜の際の処理レシピを示す図である。最初に、バルブ 37, 37a および 45 を閉じた状態で、バルブ 63 および 73 を開き、N₂ ガス供給源 61, 71 からの N₂ ガス (原料ガスライン側のパージガスおよび H₂ ガスライン側のパージガス) をチャンバー 1 内に供給して圧力を上昇させ、サセプタ 2 上のウエハ W の温度を安定させる。

10

【0050】

チャンバー 1 内が所定圧力に到達した後、N₂ ガス供給源 61, 71 からの N₂ ガスを流したまま、バルブ 37, 37a を開くことにより、キャリアガスである N₂ ガスを成膜原料タンク 31 内に供給して成膜原料タンク 31 内で昇華した WCl₆ ガスをチャンバー 1 内に供給するとともに、バルブ 45 を開いて H₂ ガス供給源 42 から H₂ ガスをチャンバー 1 内に供給する。これにより、タングステン原料ガスである WCl₆ ガスと、還元ガスである H₂ ガスとの反応が生じ、タングステン膜が成膜される。

20

【0051】

タングステン膜の膜厚が所定の値となるまで成膜を続けた後、バルブ 45 を閉じて H₂ ガスの供給を停止し、さらにバルブ 37, 37a を閉じて、WCl₆ ガスを停止するとともに N₂ ガスをパージガスとしてチャンバー 1 内に供給し、チャンバー 1 内のパージを行う。以上で CVD法による成膜が終了する。このときのタングステン膜の膜厚は、成膜時間により制御することができる。

【0052】

(ALD法による成膜)

次に、ALD法による成膜について説明する。

30

図 5 は、ALD法による成膜の際の処理レシピを示す図である。最初に CVD法のとおりと同様、バルブ 37, 37a および 45 を閉じた状態とし、バルブ 63 および 73 を開き、N₂ ガス供給源 61, 71 からの N₂ ガス (原料ガスライン側のパージガスおよび H₂ ガスライン側のパージガス) をチャンバー 1 内に供給して圧力を上昇させ、サセプタ 2 上のウエハ W の温度を安定させる。

【0053】

チャンバー 1 内が所定圧力に到達した後、N₂ ガス供給源 61, 71 からの N₂ ガスを流したまま、バルブ 37, 37a を開くことにより、キャリアガスである N₂ ガスを成膜原料タンク 31 内に供給して成膜原料タンク 31 内で昇華した WCl₆ ガスを短時間チャンバー 1 内に供給してウエハ W 表面に WCl₆ を吸着させ (WCl₆ ガス供給ステップ)、次いで、バルブ 37, 37a を閉じて WCl₆ ガスを停止し、パージガスである N₂ ガスのみがチャンバー 1 内に供給されている状態として、チャンバー 1 内の余剰の WCl₆ ガスをパージする (パージステップ)。

40

【0054】

次いで、N₂ ガス供給源 61, 71 からの N₂ ガスを流したまま、バルブ 45 を開いて H₂ ガス供給源 42 から H₂ ガスを短時間チャンバー 1 内に供給し、ウエハ W 上に吸着した WCl₆ と反応させ (H₂ ガス供給ステップ)、次いでバルブ 45 を閉じて H₂ ガスの供給を停止し、パージガスである N₂ ガスのみがチャンバー 1 内に供給されている状態として、チャンバー 1 内の余剰の H₂ ガスをパージする (パージステップ)。

【0055】

50

以上の $WC1_6$ ガス供給ステップ、パージステップ、 H_2 ガス供給ステップ、パージステップの1サイクルにより、薄いタングステン単位膜が形成される。そして、これらのステップを複数サイクル繰り返すことにより所望の膜厚のタングステン膜を成膜する。このときのタングステン膜の膜厚は、上記サイクルの繰り返し数により制御することができる。

【0056】

ステップ1, 3における温度および圧力以外の好ましい条件は以下の通りである。

・CVD法

キャリア N_2 ガス流量：20～500 sccm (mL/min)
($WC1_6$ ガス供給量として、0.25～15 sccm (mL/min))

H_2 ガス流量：500～5000 sccm (mL/min)

成膜原料タンクの加温温度：130～170

・ALD法

キャリア N_2 ガス流量：20～500 sccm (mL/min)

($WC1_6$ ガス供給量として、0.25～15 sccm (mL/min))

$WC1_6$ ガス供給時間(1回あたり)：0.5～10 sec

H_2 ガス流量：500～5000 sccm (mL/min)

H_2 ガス供給時間(1回あたり)：0.5～10 sec

成膜原料タンクの加温温度：130～170

【0057】

ステップ2のエッチングを行う場合にも、基本的にステップ1, 3のタングステン膜の成膜の際と同様、最初に、バルブ37, 37aおよび45を閉じた状態で、バルブ63および73を開き、 N_2 ガス供給源61, 71からの N_2 ガスをチャンパー1内に供給して圧力を上昇させ、サセプタ2上のウエハWの温度を安定させる。

【0058】

チャンパー1内が所定圧力に到達した後、 N_2 ガス供給源61, 71からの N_2 ガスを流したまま、バルブ37, 37aを開くことにより、キャリアガスである N_2 ガスを成膜原料タンク31内に供給して成膜原料タンク31内で昇華した $WC1_6$ ガスを所定流量でチャンパー1内に供給し、エッチングを行う。この際に、バルブ45を開いて H_2 ガス供給源42から H_2 ガスを所定流量でチャンパー1内に供給してもよい。

【0059】

ステップ2における好ましい条件は以下の通りである。

チャンパー内の圧力：1～30 Torr (133～4000 Pa)

キャリア N_2 ガス流量：50～500 sccm (mL/min)

($WC1_6$ ガス供給量として、1～10 sccm (mL/min))

H_2 ガス流量：0 sccm (mL/min)

成膜原料タンクの加温温度：130～170

【0060】

本実施形態の方法では、凹部であるホールに $WC1_6$ ガスを用いてCVD法またはALD法を用いてタングステン膜を埋め込んで埋め込み部を形成した後、埋め込み部の上部を、成膜に用いた $WC1_6$ ガスのエッチング作用を利用してエッチングし、開口を形成した後、再び $WC1_6$ ガスを用いてCVD法またはALD法によりタングステン膜を形成して、埋め込み部の内部にタングステン膜を成膜する。これにより、これら3つの工程を同一チャンパーでかつ $WC1_6$ ガスを用いて行うので、簡易にかつ略同一温度で行うことができる。このため、工程が煩雑になることなく、かつ高スループットで、超高アスペクト比のホールヘボイドやシームが生じることなく、タングステンの埋め込みを行うことができる。また、タングステン原料として、フッ素を含有しない $WC1_6$ を用いるので、微細化によってバリア膜が薄膜化しても下地にほとんどダメージを生じない。さらに、このように、エッチングの際に用いるガスが成膜の際に用いるガスと同一であるため、排気ラインのガスの切替えが不要である。

【0061】

<成膜方法の第2の実施形態>

次に、以上のように構成された成膜装置100を用いて行われる成膜方法の第2の実施形態について説明する。図6は本発明の一実施形態に係る成膜方法のフローチャート、図7はその際の工程断面図である。

【0062】

第1の実施形態では、ステップ1～3の3ステップでタングステン膜の成膜を行ったが、本実施形態では、2ステップでタングステン膜の成膜を行う。

【0063】

具体的には、最初に、タングステン原料として $WC1_6$ ガスを用い、そのエッチング作用により、ホール203の上部に開口を有する空隙207が生じるように成膜条件を調整し、タングステン膜を成膜してホール203に埋め込み部204aを形成する(ステップ11、図7(a))。

10

【0064】

このようにして埋め込み部204aを形成した後、ステップ11と同一チャンバー内および同一温度で、処理容器2内のパージを経て、空隙207にタングステンが埋め込まれるようにタングステン膜の成膜を行う(ステップ12、図7(b))。

【0065】

ステップ11は、第1の実施形態のステップ1と同様に、 $WC1_6$ ガスと還元ガスである H_2 ガスを用いるが、ステップ1よりもエッチング作用が強い条件で成膜を行う。具体的には、例えば、 $WC1_6$ ガスを供給するためのキャリア N_2 ガス流量を300～500sccm(mL/min)として $WC1_6$ ガス流量を高め設定したり、還元ガスである H_2 ガス流量を500～1500sccm(mL/min)と低めに設定したりすることにより、ホール203の上部にオーバーハングが生じずに空隙207が形成される埋め込みを行うことができる。

20

【0066】

この状態で、ステップ12により良好な埋め込み性を有する条件でタングステン膜を成膜し、空隙207を埋め込む。この際の条件は第1の実施形態のステップ1,3と同様にすることができる。

【0067】

第2の実施形態により、第1の実施形態よりもさらに簡略に、かつより高いスループットで、埋め込み部にボイドやシームを生じさせずにタングステン膜を成膜することができる。

30

【0068】

<他の適用>

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されることなく種々変形可能である。例えば、上記実施形態では、タングステン膜を形成してホールにタングステンを埋め込む場合について示したが、ホールに限らず、トレンチ等の他の凹部に対してタングステン膜を埋め込む場合にも適用することができる。

【0069】

また、上記実施形態では、被処理基板として半導体ウエハを例にとって説明したが、半導体ウエハはシリコンであっても、GaAs、SiC、GaNなどの化合物半導体でもよく、さらに、半導体ウエハに限定されず、液晶表示装置等のFPD(フラットパネルディスプレイ)に用いるガラス基板や、セラミック基板等にも本発明を適用することができる。

40

【符号の説明】

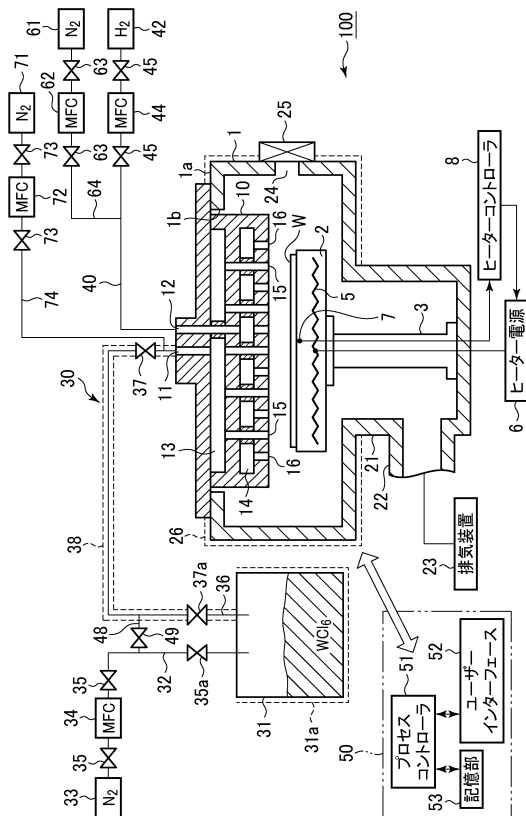
【0070】

- 1 ; チャンバー
- 2 ; サセプタ
- 5 ; ヒーター

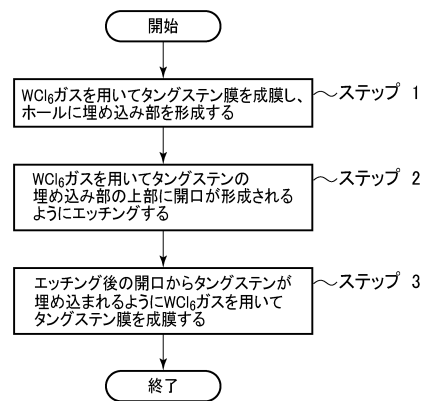
50

- 10 ; シャワーヘッド
- 30 ; ガス供給機構
- 31 ; 成膜原料タンク
- 42 ; H₂ ガス供給源
- 50 ; 制御部
- 51 ; プロセスコントローラ
- 53 ; 記憶部
- 61 , 71 ; N₂ ガス供給源
- 100 ; 成膜装置
- 201 ; 下地
- 202 ; 層間絶縁膜
- 203 ; ホール
- 204 , 204 a ; 埋め込み部
- 205 ; ボイド(シーム)
- 206 ; 開口
- 207 ; 空隙
- W ; 半導体ウエハ(被処理基板)

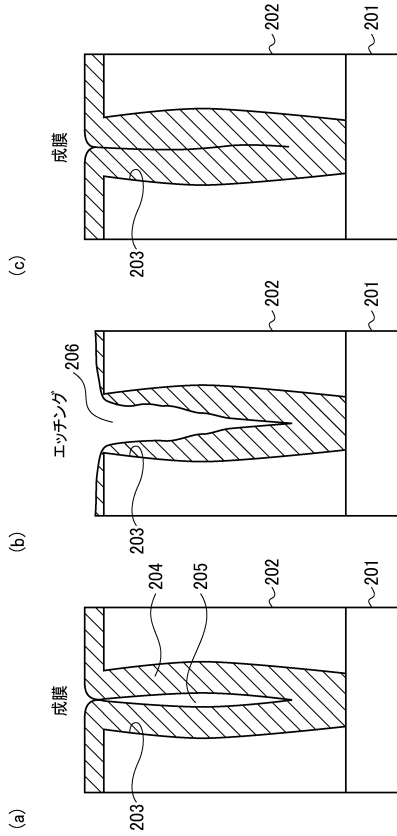
【図1】



【図2】



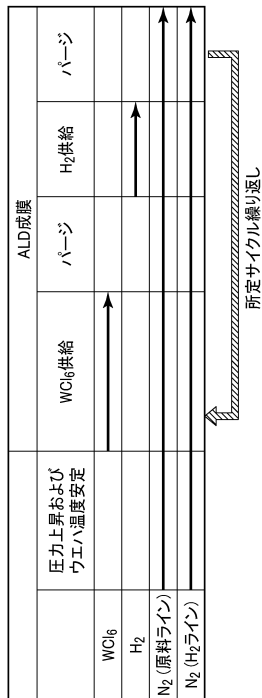
【図3】



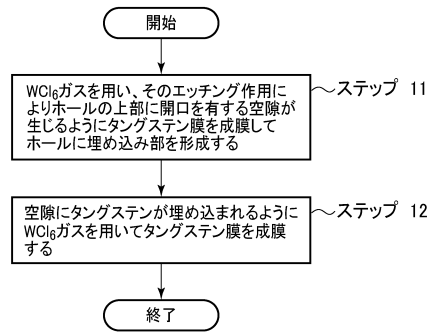
【図4】

	圧力上昇およびウエハ温度安定	CVD成膜	パージ
WCl ₆		→	
H ₂		→	
N ₂ (原料ライン)	→		
N ₂ (H ₂ ライン)	→		

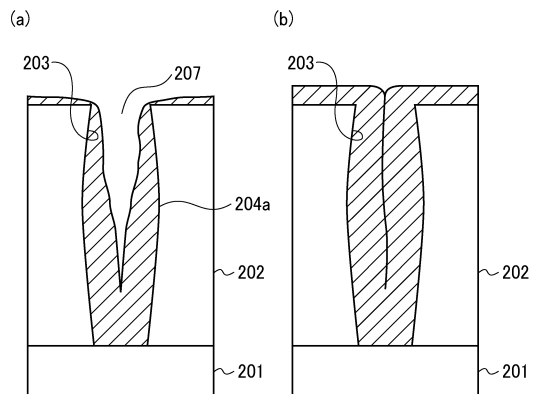
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭61-224313(JP,A)
国際公開第2010/064470(WO,A1)
特開平08-241895(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56
H01L 21/285
H01L 21/3205
H01L 21/768
H01L 23/532