

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4908045号
(P4908045)

(45) 発行日 平成24年4月4日(2012.4.4)

(24) 登録日 平成24年1月20日(2012.1.20)

(51) Int.Cl.
H 0 1 L 21/3065 (2006.01)

F I
H 0 1 L 21/302 I O 1 G

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2006-113562 (P2006-113562)	(73) 特許権者	501387839
(22) 出願日	平成18年4月17日 (2006.4.17)		株式会社日立ハイテクノロジーズ
(65) 公開番号	特開2007-287924 (P2007-287924A)		東京都港区西新橋一丁目24番14号
(43) 公開日	平成19年11月1日 (2007.11.1)	(74) 代理人	110000062
審査請求日	平成21年4月1日 (2009.4.1)		特許業務法人第一国際特許事務所
		(72) 発明者	秋山 博
			山口県下松市大字東豊井794番地 株式
			会社 日立ハイテクノロジーズ 笠戸事業
			所内
		(72) 発明者	小藤 直行
			東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
			株式会社 日立製作所 中央研究所内
		審査官	日比野 隆治
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理方法およびプラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理装置を用いて真空処理室内にプラズマを発生させて複数の処理ステップにより試料の処理を行なうプラズマ処理方法であって、

前記複数の処理ステップは、それぞれ異なる処理圧力条件を有しており、各処理ステップの間に前記真空処理室内に試料をエッチングせずかつプラズマ放電を継続可能な移行用ガスを導入してプラズマ放電を継続する移行ステップを設け、この移行ステップでは、真空処理室内の処理圧力を前の処理ステップにおける処理圧力に保ったまま前記真空処理室内を前記移行用ガスに置換した後、後の処理ステップの処理圧力に滑らかに変化させ、その後前記真空処理室内を前記後の処理ステップに用いられるエッチングガスに置換することを特徴とするプラズマ処理方法。

10

【請求項2】

請求項1記載のプラズマ処理方法において、

前記移行ステップでは、プラズマ放電を継続安定させるための磁気コイル条件および高周波電力条件を、前後の処理ステップの加工処理条件とは異なる条件に設定することを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項3】

請求項1記載のプラズマ処理方法において、

前記移行ステップで、真空処理室内の処理圧力を前の処理ステップや後の処理ステップの処理圧力と均等に保つにあたって、前記試料をエッチングせずかつプラズマ放電を継続

20

可能なガスの流量を調整する

ことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 4】

請求項 1 記載のプラズマ処理方法において、

前記プラズマ処理装置にガス成分を分析する手段を備え、

前記移行ステップで、ガス成分を分析し、プラズマ中のガス組成が次の処理ステップにおける処理ガスの組成となったときをトリガとして、次の処理ステップに切り換える

ことを特徴とするプラズマ処理方法。

【請求項 5】

内部に試料台を配置する真空処理室と、試料をエッチング処理する第 1 のガスを供給する第 1 のガス供給系と、試料のエッチングの進行を生じさせない第 2 のガスを供給する第 2 のガス供給系と、前記真空処理室内に磁場を形成する磁気コイルと、前記真空処理室内にプラズマを生成させる高周波電力供給系と、試料台に R F バイアスを供給する R F バイアス電源と、前記真空処理室内を真空にする排気系と、前記第 1 のガス供給系および / または前記第 2 のガス供給系から前記真空処理室内にガスを供給するガス流路と、前記第 1 のガス供給系または前記第 2 のガス供給系から前記真空処理室内をバイパスして前記廃棄系にガスを供給するバイパスガス流路とを備えたプラズマ処理装置であって、

前記第 1 のガス供給系は、第 1 のガスを供給するガス供給源と、第 1 のガス流量を制御する流量制御手段と、第 1 のガスの前記ガス流路への流れを開閉する第 1 のガスバルブと、第 1 のガスの前記ガスバイパス流路への流れを開閉する第 1 のガスバイパスバルブとを備え、前記第 2 のガス供給系は、第 2 のガスを供給するガス供給源と、第 2 のガス流量を制御する流量制御手段と、第 2 のガスの前記ガス流路への流れを開閉する第 2 のガスバルブと、第 2 のガスの前記ガスバイパス流路への流れを開閉する第 2 のガスバイパスバルブとを備え、

前記真空処理室内に配置した前記試料を処理する場合に先の処理ステップと後の処理ステップの間で前記真空処理室内への前記第 2 のガスの供給を制御するプラズマ制御手段を設け、前記プラズマ制御手段は、前記真空処理室内に配置した前記試料を処理するにあたって、先の処理ステップの処理圧力を維持しつつプラズマ放電を継続したまま当該先の処理ステップの処理ガスから移行用ガスに切り換えて前記真空処理室に供給した後、前記真空処理室内を次の処理ステップの処理圧力に変化させた後、予め前記バイパスガス流路に供給しておいた前記第 2 のガスに切り換えて前記真空処理室へ供給する手段であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】

請求項 5 記載のプラズマ処理装置において、

前記プラズマ制御手段は、前記真空処理室内へ供給される前記第 2 のガス流量を制御して処理圧力を制御する手段である

ことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】

請求項 5 記載のプラズマ処理装置において、

前記プラズマ制御手段は、排気系を制御して前記真空処理室内の処理圧力を制御する手段である

ことを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体素子の製造にかかるプラズマ処理方法およびプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、真空処理室内にプラズマを発生させて試料の処理を行なうプラズマ処理装置では

10

20

30

40

50

、加工処理条件が、複数のステップを必要とする場合がある。例えば、プラズマエッチング処理装置では、ゲート酸化膜上のポリシリコンをエッチングしてゲート電極を形成する場合に、第1ステップにおいて、ポリシリコンの均一性が良好で、エッチング速度が大きい処理条件を設定して、エッチングを実施し、ポリシリコンがエッチングされて、ゲート酸化膜が露出する時点からは、ポリシリコンのエッチング速度に対して、十分小さいゲート酸化膜エッチング速度を満たす処理条件の第2ステップに切り替え、エッチングを行う必要がある。

【0003】

この場合、第1ステップから第2ステップへの処理条件の移行にあたって、プラズマ放電を連続して処理すると、第1ステップのエッチングガスと第2ステップのエッチングガスが混在する時間が発生して、異なるエッチングガスが混在する時間中に意図しないエッチングが進行し、ゲート電極の加工に影響をおよぼすという問題がある。また、第1ステップと第2ステップで処理圧力が大きく異なると、プラズマ放電を連続して処理すると、プラズマを安定して継続できない場合があった。つまり、ガス混在時間中のエッチングの加工精度への影響を除き、プラズマ放電の安定性を確保するために、エッチング条件およびプラズマ放電を一旦中断し、エッチング室内のガスを切り替えた後、次のステップのエッチングを行っていた。

【0004】

このような例として、プラズマ装置の同一チャンバ内で異なる種類の処理が連続して行われる場合に、前工程で用いた処理ガスの残留成分の影響が次工程に及ばないようにするために、前工程を終了した後、処理ガスを一旦排気するか、または不活性ガスと置換することが行われている。例えば、ウェハ上で3層レジストプロセスの下層レジスト層を O_2 プラズマを用いてエッチングした後、バイアス印加用のRF電源をウェハステージから切り離し、一旦 O_2 ガスを排気してからHeガスを挿入し、ウェハを保持していた単極式静電チャックの残留電荷を、Heプラズマを通じて除去することが提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0005】

また、金属膜上の絶縁膜と反射防止膜とを同一の反応室内でエッチングする際におけるエッチング対象物へのパーティクルの散布を抑制し、パターン欠陥の発生を抑制するために、プラズマエッチング装置の反応室内に、金属膜と、反射防止膜とパターン形成された感光性樹脂膜とが順に積層されてなる部分を有する積層体を配置し、反応室内に第1のエッチングガス（フロロカーボン）を供給し、プラズマエッチングガスを供給してプラズマエッチング装置からの放電によりプラズマを生成して反射防止膜をエッチングし、放電を継続した状態で、反応室内にガス流量が第1のエッチングガス流量の $-10\% \sim +10\%$ 、ガスの圧力が第1のエッチングガスのガス圧力の $-50\% \sim +50\%$ である第2のエッチングガス（フロロカーボン）を供給し、プラズマを生成して絶縁膜をエッチングすることが提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【0006】

さらに、半導体装置の電気特性を劣化させないようにした配線層のドライエッチング方法において、配線層上にマスクを形成した半導体基板の配線層の表面に生じている変質層を Cl_2/O_2 を用いてドライエッチングして除去し、その後真空引きせず連続放電を行ったまま配線層を Cl_2/O_2 を用いてドライエッチングし、さらに連続放電を継続したまま配線層のオーバーエッチングを Cl_2/O_2 を用いてエッチングすることが提案されている（例えば、特許文献3参照）。

【0007】

上記特許文献2の技術では、反射防止膜と絶縁膜を連続してエッチングしており、これらのふたつの膜は同じエッチングガスを用いてエッチングすることが可能である。また上記特許文献3の技術では、変質層および配線層を同じガスでエッチングしている。

【0008】

上述のように、半導体装置の製造に当たっては、異なる層をエッチングするにあたって

10

20

30

40

50

、異なるプロセスガスを用いる場合があるが、このような場合は、上記の技術は実行できない。例えば、エッチング速度と選択比の向上を目的として、現在の処理でよく使われているフッ素ガスをプロセスガスとして使用した場合、オーバーエッチングの段階では、下地の膜のエッチングを防ぐためフッ素を抜いた別のプロセスガスに切り替える必要があり、従来の技術では、一旦プラズマを止め、ガスを入れ替えざるを得ない状況にある。

【 0 0 0 9 】

半導体集積回路の高密度化および高集積度化に伴って、エッチング中にウェハに付着する異物の大きさ、数の許容値が厳しくなっている。エッチング処理前のウェハに異物が付着すると、この異物がマスクとなってエッチングを阻害し、極端な場合は、エッチング残りとなり、電気回路に短絡が生じたり、ゲート電極が仕様どおりに形成できず、加工不良を生じる。

10

【 0 0 1 0 】

エッチング中のプラズマには、プロセスガス、ガスとウェハ材料との反応生成物などがイオン化され、プラズマ中のイオンシースにトラップされている。プラズマ放電を中断すると、これらの物質が排気装置によって処理室外に排気されるとともに、イオンシースが消滅してイオンシースにトラップされている物質が、ウェハ上に落下する。すなわち、エッチングの途中でプラズマ放電を中断すると、ウェハに異物が付着し、前記加工不良を生じるという問題がある。

【特許文献 1】特開平 6 - 1 7 7 0 9 1 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 2 - 2 7 0 5 8 2 号公報

20

【特許文献 3】特開 2 0 0 2 - 3 4 3 7 9 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 1 】

本発明は、真空処理室内にプラズマ放電を生成させて試料の処理を行なうプラズマ処理装置を用いた、加工処理条件が複数の圧力の異なる処理ステップを有するプラズマ処理方法の実施にあたって、異なるステップへの移行時に、ウェハへの異物の付着を防止し、加工不良を生じないプラズマ処理方法およびプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するために、本発明のプラズマ処理方法は、プラズマ処理装置を用いて真空処理室内にプラズマを発生させて複数の処理ステップにより試料の処理を行なうプラズマ処理方法であって、前記複数の処理ステップは、それぞれ異なる処理圧力条件を有しており、各処理ステップの間に前記真空処理室内に試料をエッチングせずかつプラズマ放電を継続可能な移行用ガスを導入してプラズマ放電を継続する移行ステップを設け、「この移行ステップでは、真空処理室内の処理圧力を前の処理ステップにおける処理圧力に保ったまま前記真空処理室内を前記移行用ガスに置換した後、後の処理ステップの処理圧力に滑らかに変化させ、その後前記真空処理室内を前記後の処理ステップに用いられるエッチングガスに置換する。本発明のプラズマ処理装置においては、内部に試料台を配置する真空処理室と、試料をエッチング処理する第 1 のガスを供給する第 1 のガス供給系と、試料のエッチングの進行を生じさせない第 2 のガスを供給する第 2 のガス供給系と、前記真空処理室内に磁場を形成する磁気コイルと、前記真空処理室内にプラズマを生成させる高周波電力供給系と、試料台に R F バイアスを供給する R F バイアス電源と、前記真空処理室内を真空にする排気系と、前記第 1 のガス供給系および / または前記第 2 のガス供給系から前記真空処理室内にガスを供給するガス流路と、前記第 1 のガス供給系または前記第 2 のガス供給系から前記真空処理室内をバイパスして前記廃棄系にガスを供給するバイパスガス流路とを備えたプラズマ処理装置であって、前記第 1 のガス供給系は、第 1 のガスを供給するガス供給源と、第 1 のガス流量を制御する流量制御手段と、第 1 のガスの前記ガス流路への流れを開閉する第 1 のガスバルブと、第 1 のガスの前記ガスバイパス流路へ

40

50

の流れを開閉する第１のガスバイパスバルブとを備え、前記第２のガス供給系は、第２のガスを供給するガス供給源と、第２のガス流量を制御する流量制御手段と、第２のガスの前記ガス流路への流れを開閉する第２のガスバルブと、第２のガスの前記ガスバイパス流路への流れを開閉する第２のガスバイパスバルブとを備え、前記真空処理室内に配置した前記試料を処理する場合に先の処理ステップと後の処理ステップの間で前記真空処理室内への前記第２のガスの供給を制御するプラズマ制御手段を設け、前記プラズマ制御手段は、前記真空処理室内に配置した前記試料を処理するにあたって、先の処理ステップの処理圧力を維持しつつプラズマ放電を継続したまま当該先の処理ステップの処理ガスから移行用ガスに切り換えて前記真空処理室に供給した後、前記真空処理室内を次の処理ステップの処理圧力に変化させた後、予め前記バイパスガス流路に供給しておいた前記第２のガスに切り換えて前記真空処理室へ供給する手段であることにより、プラズマ放電連続処理を可能にする。

10

【発明の効果】

【００１３】

本発明のプラズマ処理方法によれば、複数の処理ステップを有するプラズマ処理においても、異なる処理ステップへの移行時に、プラズマ放電を継続して処理ステップを移行することにより、ウェハへの異物の付着を防ぐことができ、前記加工不良を防ぐことが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１４】

20

以下、本発明の実施の形態を説明する。

【００１５】

本発明にかかるプラズマ処理方法を適用するプラズマ処理装置であるＥＣＲエッチング装置の構成を、図１を用いて説明する。

【００１６】

ＥＣＲエッチング処理装置は、エッチングガス（第１のガス）供給源１０１、マスフローコントローラ（ＭＦＣ）１０３、メインガスバルブ（第１のガスバルブ）１０５、メインガス配管（ガス流路）１０９を備えたメインガス供給系（第１のガス供給系）と、アルゴンガス（第２のガス）供給源１０２、マスフローコントローラ１０４、アルゴンガスバルブ（第２のガスバルブ）１０６を備えたアルゴンガス供給系（第２のガス供給系）と、前記メインガス供給系からエッチングガスとアルゴンガスが供給される真空処理室１１１と、高周波電源１１２、導波路１１３、高周波電力整合器１１４、導波路１１５を有し前記真空処理室１１１に高周波電力を供給する高周波電力供給系と、前記真空処理室１１１内に磁場を形成する磁気コイル１１６と、エッチング加工用の試料１１９を設置する試料台１１８と、真空処理室１１１内の圧力を測定する圧力計１２０と、開口断面積を連続して制御可能な可変バルブ１２１、それに続くターボ分子ポンプ１２２、排気配管１２４に接続される補助ポンプ１２３とからなる排気系を有している。さらに、ＥＣＲエッチング処理装置は、マスフローコントローラ１０３の下流からメインガスバイパスバルブ（第１のバイパスガスバルブ）１０７を介してエッチングガスが、マスフローコントローラ１０４の下流からアルゴンガスバイパスバルブ（第２のバイパスガスバルブ）１０８を介してアルゴンガスが、バイパスガス配管（バイパスガス流路）１１０を経由してターボ分子ポンプ１２２と補助ポンプ１２３の間に供給される。

30

40

【００１７】

このＥＣＲエッチング装置において、エッチングガス供給源１０１と、アルゴンガス供給源１０２から供給される処理ガス（プロセスガス）は、マスフローコントローラ１０３、マスフローコントローラ１０４により流量が制御されて、メインガスバルブ１０５、アルゴンガスバルブ１０６とメインガス配管１０９を経由し、真空処理室１１１に導入される。高周波電源１１２より出力される電力は、導波路１１３、高周波電力整合器１１４、導波路１１５を通り真空処理室１１１内に導入される。磁気コイル１１６によりＥＣＲ条件を満たすような磁場を形成させることができる。真空処理室１１１内に供給される高周

50

波電力と磁場との相互作用によって、真空処理室 1 1 1 内に供給されたガスをプラズマ 1 1 7 化する。可変バルブ 1 2 1、ターボ分子ポンプ 1 2 2、補助ポンプ 1 2 3 により、真空処理室内の圧力を調整することができる。試料台 1 1 8 上にエッチング加工用の試料 1 1 9 を設置させ、ガス流量および処理圧力、高周波電力値ならびに磁場を制御し、プラズマ 1 1 7 を発生させ、試料台 1 1 8 に載置された試料（ウェハ）に R F バイアス（図示を省略）を印加することにより試料を加工することができる。

【 0 0 1 8 】

E C R エッチング装置は、前記真空処理室内に配置した前記試料を処理する場合に先の処理ステップと後の処理ステップの間で前記真空処理室内への前記第 2 のガスの供給を制御するプラズマ制御手段（図示を省略）を設け、前記プラズマ制御手段は、前記真空処理室内に配置した前記試料を処理するにあたって、先の処理ステップの処理圧力を維持しつつプラズマ放電を継続したまま先の処理ステップの処理ガスから第 2 のガスに切り換えて前記真空処理室へ供給し、その後次の処理ステップの処理圧力になるよう真空処理室へ供給される第 2 のガスを制御する手段である。また、前記プラズマ制御手段は、前記真空処理室内へ供給される前記第 2 のガス流量を制御して処理圧力を制御する手段である。さらに、前記プラズマ制御手段は、排気系を制御して前記真空処理室内の処理圧力を制御する手段である。

【 0 0 1 9 】

断面を示す図である図 2 を用いて、半導体装置が形成される半導体ウェハであるエッチング用試料 1 1 9 の構造の例を説明する。図 2 の左側はエッチング処理前の、右側がエッチング処理後の構造を示す。エッチング用試料 1 1 9 は、シリコン基板 2 0 5 上に、酸化膜 2 0 4、ポリシリコン膜 2 0 3、反射防止膜（B A R C）2 0 2 上に、ホトレジストマスク 2 0 1 を有する。

【実施例 1】

【 0 0 2 0 】

図 3 を用いて、図 2 に示したエッチング用試料 1 1 9 の処理シーケンスの第 1 の実施例を説明する。第 1 の実施例にかかる処理シーケンスは、3 種類のエッチング加工ステップで構成されており、時刻 t_2 から時刻 t_3 までは、プロセスガスとしてエッチングガスとアルゴンガスを使う例えば B A R C をエッチングする第 1 の処理ステップを行い、時刻 t_9 から時刻 t_{11} までは、プロセスガスにエッチングガスのみを用い、アルゴンガスを用いないで例えばポリシリコン層をメインエッチングする第 2 の処理ステップを行い、時刻 t_{17} から時刻 t_{18} までは、プロセスガスとして、エッチングガスとアルゴンガスを使う例えばポリシリコン層をオーバーエッチングする第 3 の処理ステップを行う、処理シーケンスである。

【 0 0 2 1 】

本発明においては、第 1 の処理ステップと第 2 の処理ステップとの間、第 2 の処理ステップと第 3 の処理ステップとの間に、試料にエッチングを及ぼさずかつプラズマ放電を継続できるガスを用いて前の処理ステップから後の処理ステップへ移行させる、移行ステップを設けている。

【 0 0 2 2 】

時刻 t_1 で、メインガスバルブ 1 0 5 とアルゴンガスバルブ 1 0 6 を開としてエッチングガスとアルゴンガスとを真空処理室 1 1 1 内に導入し、可変バルブ 1 2 1 の開度を調整して真空処理室 1 1 1 内の処理圧力を調整する。真空処理室 1 1 1 内が所定の処理圧力値に制御された時刻 t_2 にて、磁気コイル電流値および高周波電力値をプロセス条件に設定して、プラズマ 1 1 7 を生成し、試料台 1 1 8 に所定の R F バイアスを印加して、例えば B A R C のエッチング加工を行なう。

【 0 0 2 3 】

例えば、B A R C のエッチングが終了する時刻 t_3 にて、エッチングガスをメインガスバルブ 1 0 5 を閉とすることにより停止し、アルゴンガスが所定の流量になるようにマスフローコントローラ 1 0 4 を制御するとともに、真空処理室 1 1 1 内の処理圧力が第一の

10

20

30

40

50

処理ステップの処理圧力を維持するように可変バルブ 1 2 1 の開度を所定の開度に変更する。同時に、磁気コイル電流値および高周波電力値も移行ステップにおいてプラズマ放電を維持可能な所定の値に変更し、R F バイアスの印加を停止する。

【 0 0 2 4 】

時刻 t_3 から時刻 t_4 の間は、真空処理室 1 1 1 内の圧力変動を極小に保つように動作させる。

【 0 0 2 5 】

ここで、アルゴンガスの流量および可変バルブの開度の決め方について説明する。可変バルブ 1 2 1 は、気体の流れやすさ、つまりコンダクタンスを調整する機構である。可変バルブ 1 2 1 の入口側、つまり真空処理室 1 1 1 内の圧力を P (Pa)、可変バルブ 1 2 1 の出口側、つまり、ターボ分子ポンプ 1 2 2 の入口側の圧力を P_0 (Pa) とすると、ガス流量 Q (Pa · m³ / Sec) と可変バルブ 1 2 1 のコンダクタンス C (m³ / Sec) として、 $Q = C (P - P_0)$ の関係がなりたつ。ターボ分子ポンプ 1 2 2 の入口側の圧力 P_0 は、ターボ分子ポンプ 1 2 2 に流すガスの種類とその流量で一意に決まる。このため、ガス流量 Q とコンダクタンス C と圧力 P は、2 つを定めると、残りの 1 つは前述の関係から、計算により求めることができる。

【 0 0 2 6 】

時刻 t_3 で設定する可変バルブ 1 2 1 の開度は、時刻 t_9 から開始する次のエッチング加工ステップ (第 2 の処理ステップ) の処理圧力となる開度とする。この開度は、エッチングガスの種類と流量、処理圧力が決められており、前述の計算により求めることができる。

【 0 0 2 7 】

時刻 t_3 で設定するアルゴンガスの流量は、先に計算で求めた可変バルブ 1 2 1 の開度において、時刻 t_3 までの現在のエッチング加工ステップ (第 1 の処理ステップ) の処理圧力に合うように、同じく前述の計算で求めることができる。

【 0 0 2 8 】

時刻 t_4 において、メインガス配管 1 0 9 を通過するエッチングガスの流量は 0 となり、メインガス配管 1 0 9 を通過するアルゴンガスの流量は、時刻 t_3 で設定した可変バルブ 1 2 1 の開度で処理圧力が第 1 の処理ステップの圧力を維持する値に達する。

【 0 0 2 9 】

時刻 t_5 から時刻 t_7 の間、マスフローコントローラ 1 0 4 を制御してアルゴンガスの流量を変化させて、処理圧力を時刻 t_9 から始まる次のエッチング加工ステップ (第 2 の処理ステップ) の値に合わせる。

【 0 0 3 0 】

時刻 t_6 において、メインガスバイパスバルブ 1 0 7 を開とすることによって、エッチングガスをバイパスガス配管 1 1 0 に流しはじめる。

【 0 0 3 1 】

時刻 t_7 に達する前に、バイパスガス配管 1 1 0 を流れるエッチングガスの流量は次のエッチング加工ステップ (第 2 の処理) におけるエッチングガス流量に達する。

【 0 0 3 2 】

時刻 t_7 において、真空処理室 1 1 1 内の処理圧力は、次のエッチング加工ステップ (第 2 の処理ステップ) の圧力に滑らかに達し、マスフローコントローラ 1 0 4 はこのときの流量を維持する。

【 0 0 3 3 】

時刻 t_8 において、バイパスガス配管 1 1 0 へのメインガスバイパスバルブ 1 0 7 を閉とし、メインガス配管 1 0 9 へのメインガスバルブ 1 0 5 を開とすることにより、エッチングガスを設定された流量でメインガス配管 1 0 9 から真空処理室 1 1 1 に導入させるとともに、アルゴンガスバルブ 1 0 6 を閉じてアルゴンガスの真空処理室 1 1 1 内への供給を停止する。

【 0 0 3 4 】

時刻 t_8 から時刻 t_9 の間は、真空処理室 111 内の圧力変動を極小に保つように動作させる。

【0035】

時刻 t_9 において、磁気コイル電流値および高周波電力値ならびに RF バイアスの値を第 2 の処理のエッチング加工条件に設定し、第 2 の処理ステップの実行を開始する。

【0036】

時刻 t_3 から時刻 t_9 までの間の移行ステップにおける磁気コイル電流値および高周波電力値は、アルゴンガスのプラズマ放電が、ガス流量や圧力に変化があっても、安定なプラズマを生成して継続できる条件を選択する。磁気コイル電流値および高周波電力値以外の、プラズマ放電を安定化する目的の電気回路、機械機構を設置して、切り替える方法も可能である。

10

【0037】

時刻 t_{10} にて、アルゴンガスバイパスバルブ 108 を開としてアルゴンガスをバイパスガス配管 110 に流しはじめる。このときのアルゴンガス流量は、第 2 の処理ステップの後の移行ステップにおいて、可変バルブ 121 が第 3 の処理ステップにおける開度に変更された状態で処理圧力を第 2 の処理ステップの処理圧力と同じ圧力を得ることができる流量とする。

【0038】

時刻 t_{11} にて、第 2 の処理ステップを終了し、RF バイアスの印加を停止し、メインガスバルブ 105 を閉としてメインガス配管 109 へのエッチングガスの供給を停止する。同時にアルゴンガスバイパスバルブ 108 を閉じアルゴンガスバルブ 106 を開いてアルゴンガスをバイパスガス配管 110 からメインガス配管 109 へ移行させて真空処理室 111 内に導入させるとともに、可変バルブ 121 を第 3 の処理ステップにおける処理圧力を維持できる所定の開度に変更する。さらに、磁気コイル電流値および高周波電力値も第 2 の処理ステップの後の移行ステップにおいてプラズマ放電を維持可能な所定の値に変更する。これらの値の決め方については、時刻 t_3 の時と同じである。

20

【0039】

時刻 t_{12} において、真空処理室 111 内へのエッチングガスの供給は停止し、真空処理室 111 内へ供給されるアルゴンガスの流量が、第 2 の処理ステップにおける処理圧力で、可変バルブ 121 の開度が第 3 の処理ステップにおける処理圧力を維持する値で、プラズマ放電を維持できる所定の値に達する。

30

【0040】

時刻 t_{11} から時刻 t_{12} の間は、真空処理室 111 内の圧力変動を極小に保つように動作させる。

【0041】

時刻 t_{12} から時刻 t_{13} の間は、時刻 t_{12} で設定されたアルゴンガス流量を維持する。この間真空処理室 111 内は、試料のエッチング処理を進行させないプラズマ放電が継続される。

【0042】

時刻 t_{13} において、マスフローコントローラ 104 を制御して、真空処理室 111 内の処理圧力の上昇を開始する。

40

【0043】

時刻 t_{13} から時刻 t_{15} の間、マスフローコントローラ 104 を制御して、アルゴンガスの流量を滑らかに変化させて、真空処理室 111 内の処理圧力を時刻 t_{17} から始まる次のエッチング加工ステップ（第 3 の処理ステップ）の値に合わせる。

【0044】

時刻 t_{14} において、エッチングガスをバイパスガス配管 110 に流しはじめる。

【0045】

時刻 t_{15} において、真空処理室 111 内の圧力が第 3 の処理ステップの圧力条件に達すると、マスフローコントローラ 104 はその値を維持する。

50

【 0 0 4 6 】

時刻 t_{15} の前後でバイパスガス配管 110 を流れるエッチングガスの流量が、第 3 の処理ステップにおける処理圧力を維持する流量に達すると、この値を時刻 t_{16} まで維持する。

【 0 0 4 7 】

時刻 t_{16} において、マスフローコントローラ 104 を制御してアルゴンガスの流量を第 3 の処理ステップの流量とするとともに、メインガスバイパスバルブ 107 を閉じるとともにメインガスバルブ 105 を開として、バイパスガス配管 110 を流れるエッチングガスおよびアルゴンガスをメインガス配管 109 に流れるようにし、エッチングガスおよびアルゴンガスをメインガス配管 109 から真空処理室 111 内に導入させる。

10

【 0 0 4 8 】

時刻 t_{16} から時刻 t_{17} の間は、真空処理室 111 内の圧力変動を極小に保つように動作させる。

【 0 0 4 9 】

時刻 t_{17} において、真空処理室 111 内のエッチングガスの圧力が第 3 の処理ステップの圧力条件を満たすと、磁気コイル電流値および高周波電力値ならびに RF バイアス値を第 3 の処理ステップの処理条件に変更して第 3 の処理ステップを実行する。

【 0 0 5 0 】

時刻 t_{18} において、第 3 の処理ステップが終了すると、メインガスバルブ 105 およびアルゴンガスバルブ 106 を閉じてエッチングガスおよびアルゴンガスの供給を停止するとともに、磁気コイル電流および高周波電力ならびに RF バイアスの印加を停止して、エッチング加工を終了する。

20

【 実施例 2 】

【 0 0 5 1 】

図 4 の処理シーケンス図を用いて、本発明の第 2 の実施例を説明する。第 2 の実施例は、図 3 に示した第 1 の実施例の場合と同じく、3 種類のエッチング加工ステップで構成されており、時刻 t_2 より時刻 t_3 まで、時刻 t_{17} より時刻 t_{18} までは、プロセスガスとして、エッチングガスとアルゴンガスを使う場合、時刻 t_9 から時刻 t_{11} までは、プロセスガスにエッチングガスのみを用い、アルゴンガスを用いない場合である。この実施例では、第 1 の処理ステップの後の移行ステップおよび第 2 の処理ステップの後の移行ステップにおいて、アルゴンガスの流量を一定としかつ可変バルブ 121 の開度を連続して変更させる点に特徴を有している。以下に、図 3 に示した第 1 の実施例の処理シーケンスとの違いを説明する。

30

【 0 0 5 2 】

時刻 t_5 から時刻 t_7 の間、アルゴンガスの流量の代わりに、可変バルブ 121 の開度を変化させて、処理圧力を時刻 t_9 から始まる第 2 の処理ステップにおける処理圧力の値に合わせる。

【 0 0 5 3 】

時刻 t_3 で設定するアルゴンガスの流量は、時刻 t_3 で終了する第 1 の処理ステップの可変バルブ 121 の開度において、同じく第 1 の処理ステップの処理圧力となるような、流量とする。このアルゴンガスの流量は、前述の計算により求めることができる。

40

【 0 0 5 4 】

時刻 t_{12} から時刻 t_{17} における第 2 の処理ステップのあとの移行ステップにおいても、同様の考え方となる。

【 0 0 5 5 】

〔 変形例 〕

図 3 に示す第 1 の実施例と図 4 に示す第 2 の実施例の処理シーケンスを組み合わせることも可能である。例えば、第 1 の処理ステップの後の移行ステップでは、第 1 の実施例の移行処理を行い、第 2 の処理ステップの後の移行ステップでは第 2 の実施例の以降処理を行ってもよい。

50

【 0 0 5 6 】

これらの実施例において、前の処理ステップのエッチングガスが、次の処理ステップのエッチングに敏感に影響をおよぼす場合、前の処理ステップのエッチングガスが真空処理室から十分排気されたことを確認してから、次の処理ステップを開始することが必要となる。この確認は、光学的なモニタリングシステムを用いて真空処理室内のプラズマ発光スペクトルをモニタリングし、その変化量を比較することによりガス置換の判定を行なっても良い。また、ガス成分の直接分析が可能な機構を備えて、ガス置換の判定を行なっても良い。

【 0 0 5 7 】

上記実施例においては、各移行ステップにおいて、真空処理室内に供給されるガスとしてアルゴンガスを用いたが、試料のエッチングを進行させずかつプラズマ放電を継続できるガスであれば、ヘリウム（He）ガスなどの不活性ガスや、窒素（N）ガスを用いることが可能である。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 8 】

【図 1】本発明のプラズマエッチング方法が適用されるプラズマエッチング処理装置の構造を模式的に説明する縦断面図。

【図 2】本発明のプラズマ処理方法が適用されるエッチング用試料の構造の例を説明する断面図。

【図 3】本発明のプラズマ処理方法の動作シーケンスの第 1 の実施例を説明するシーケンス図。

20

【図 4】本発明のプラズマ処理方法の動作シーケンスの第 2 の実施例を説明するシーケンス図。

【符号の説明】

【 0 0 5 9 】

1 0 1 : エッチングガス供給源、1 0 2 : アルゴンガス供給源、1 0 3 : マスフローコントローラ、1 0 4 : マスフローコントローラ、1 0 5 : メインガスバイパスバルブ、1 0 6 : アルゴンガスバルブ、1 0 7 : メインガスバイパスバルブ、1 0 8 : アルゴンガスバイパスバルブ、1 0 9 : メインガス配管、1 1 0 : バイパスガス配管、1 1 1 : 真空処理室、1 1 2 : 高周波電源、1 1 3 : 導波路、1 1 4 : 高周波電力整合器、1 1 5 : 導波路、1 1 6 : 磁気コイル、1 1 7 : プラズマ、1 1 8 : 試料台、1 1 9 : 試料（ウェハ）、1 2 0 : 圧力計、1 2 1 : 可変バルブ、1 2 2 : ターボ分子ポンプ、1 2 3 : 補助ポンプ、1 2 4 : 排気配管、2 0 1 : ホトレジストマスク、2 0 2 : 反射防止膜（BARC）、2 0 3 : ポリシリコン膜、2 0 4 : 酸化膜、2 0 5 : シリコン基板

30

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-288863(JP,A)
特開2003-257936(JP,A)
特開2002-367977(JP,A)
特開平10-261618(JP,A)
特開平05-291188(JP,A)
特開平02-202021(JP,A)
特開2002-270582(JP,A)
特開平02-216823(JP,A)
特開2001-168089(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065