

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6763750号
(P6763750)

(45) 発行日 令和2年9月30日(2020.9.30)

(24) 登録日 令和2年9月14日(2020.9.14)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/302 I O 5 A
 HO 5 H 1/46 (2006.01) HO 5 H 1/46 L

請求項の数 8 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2016-217163 (P2016-217163)	(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28年11月7日(2016.11.7)	(74) 代理人	100088155 弁理士 長谷川 芳樹
(65) 公開番号	特開2018-78138 (P2018-78138A)	(74) 代理人	100113435 弁理士 黒木 義樹
(43) 公開日	平成30年5月17日(2018.5.17)	(74) 代理人	100122507 弁理士 柏岡 潤二
審査請求日	令和1年8月13日(2019.8.13)	(72) 発明者	田端 雅弘 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
		(72) 発明者	久松 亨 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 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 被処理体を処理する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

被処理体を処理する方法であって、該被処理体は被エッチング層と該被エッチング層上に設けられたマスクと該マスクに設けられた溝とを備え、該溝は該マスクの表面から該被エッチング層に至り該被エッチング層を露出し、該方法は、

前記被処理体が収容されているプラズマ処理装置の処理容器内において窒素ガスを含む第1の処理ガスのプラズマを生成し、窒素原子のイオンを含む混合層を、前記溝を介して前記被エッチング層の表面の原子層に形成する第1の工程と、

前記第1の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第2の工程と、

前記第2の工程の実行後に、前記処理容器内においてフッ素を含む第2の処理ガスのプラズマを生成し、該第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって前記混合層を除去する第3の工程と、

前記第3の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第4の工程と、

を含むシーケンスを繰り返し実行し、前記被エッチング層を原子層毎に除去することによって、該被エッチング層をエッチングし、

前記被エッチング層は、シリコンの酸化物を含み、

前記第3の工程において生成される前記第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む前記混合層を除去する前記ラジカルを含む、

方法。

【請求項2】

被処理体を処理する方法であって、該被処理体は被エッチング層と該被エッチング層上に設けられたマスクと該マスクに設けられた溝とを備え、該溝は該マスクの表面から該被エッチング層に至り該被エッチング層を露出し、該方法は、

前記被処理体が収容されているプラズマ処理装置の処理容器内において第1の処理ガスのプラズマを生成し、該第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層を、前記溝を介して前記被エッチング層の表面の原子層に形成する第1の工程と、

前記第1の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第2の工程と、

前記第2の工程の実行後に、前記処理容器内において第2の処理ガスのプラズマを生成し、該第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって前記混合層を除去する第3の工程と、

前記第3の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第4の工程と、

を含むシーケンスを繰り返し実行し、前記被エッチング層を原子層毎に除去することによって、該被エッチング層をエッチングし、

前記被エッチング層は、シリコンの酸化物を含み、

前記第1の処理ガスは、窒素を含み、

前記第2の処理ガスは、フッ素を含み、

前記第3の工程において生成される前記第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む前記混合層を除去する前記ラジカルを含み、

前記第1の工程では、前記第1の処理ガスのプラズマにバイアス電圧を印加して、前記被エッチング層の表面の原子層に前記イオンを含む前記混合層を形成する、

方法。

【請求項3】

被処理体を処理する方法であって、該被処理体は被エッチング層と該被エッチング層上に設けられたマスクと該マスクに設けられた溝とを備え、該溝は該マスクの表面から該被エッチング層に至り該被エッチング層を露出し、該方法は、

前記被処理体が収容されているプラズマ処理装置の処理容器内において第1の処理ガスのプラズマを生成し、該第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層を、前記溝を介して前記被エッチング層の表面の原子層に形成する第1の工程と、

前記第1の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第2の工程と、

前記第2の工程の実行後に、前記処理容器内において第2の処理ガスのプラズマを生成し、該第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって前記混合層を除去する第3の工程と、

前記第3の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第4の工程と、

を含むシーケンスを繰り返し実行し、前記被エッチング層を原子層毎に除去することによって、該被エッチング層をエッチングし、

前記被エッチング層は、シリコンの酸化物を含み、

前記第1の処理ガスは、窒素を含み、

前記第2の処理ガスは、フッ素を含み、

前記第3の工程において生成される前記第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む前記混合層を除去する前記ラジカルを含み、

前記第2の処理ガスは、 NF_3 ガスおよび O_2 ガスを含む混合ガスである、

方法。

【請求項4】

被処理体を処理する方法であって、該被処理体は被エッチング層と該被エッチング層上に設けられたマスクと該マスクに設けられた溝とを備え、該溝は該マスクの表面から該被エッチング層に至り該被エッチング層を露出し、該方法は、

前記被処理体が収容されているプラズマ処理装置の処理容器内において第1の処理ガスのプラズマを生成し、該第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層を、前記溝を介して前記被エッチング層の表面の原子層に形成する第1の工程と、

前記第1の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第2の工程と、

10

20

30

40

50

前記第 2 の工程の実行後に、前記処理容器内において第 2 の処理ガスのプラズマを生成し、該第 2 の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって前記混合層を除去する第 3 の工程と、

前記第 3 の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第 4 の工程と、
を含むシーケンスを繰り返し実行し、前記被エッチング層を原子層毎に除去することによって、該被エッチング層をエッチングし、

前記被エッチング層は、シリコンの酸化物を含み、

前記第 1 の処理ガスは、窒素を含み、

前記第 2 の処理ガスは、フッ素を含み、

前記第 3 の工程において生成される前記第 2 の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む前記混合層を除去する前記ラジカルを含み、

前記第 2 の処理ガスは、 NF_3 ガス、 O_2 ガス、 H_2 ガスおよび Ar ガスを含む混合ガスである、

方法。

【請求項 5】

被処理体を処理する方法であって、該被処理体は被エッチング層と該被エッチング層上に設けられたマスクと該マスクに設けられた溝とを備え、該溝は該マスクの表面から該被エッチング層に至り該被エッチング層を露出し、該方法は、

前記被処理体が収容されているプラズマ処理装置の処理容器内において第 1 の処理ガスのプラズマを生成し、該第 1 の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層を、前記溝を介して前記被エッチング層の表面の原子層に形成する第 1 の工程と、

前記第 1 の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第 2 の工程と、

前記第 2 の工程の実行後に、前記処理容器内において第 2 の処理ガスのプラズマを生成し、該第 2 の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって前記混合層を除去する第 3 の工程と、

前記第 3 の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第 4 の工程と、

を含むシーケンスを繰り返し実行し、前記被エッチング層を原子層毎に除去することによって、該被エッチング層をエッチングし、

前記被エッチング層は、シリコンの酸化物を含み、

前記第 1 の処理ガスは、窒素を含み、

前記第 2 の処理ガスは、フッ素を含み、

前記第 3 の工程において生成される前記第 2 の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む前記混合層を除去する前記ラジカルを含み、

前記第 2 の処理ガスは、 CH_3F ガス、 O_2 ガスおよび Ar ガスを含む混合ガスである、

方法。

【請求項 6】

前記第 2 の処理ガスは、 NF_3 ガスおよび O_2 ガスを含む混合ガスである、

請求項 1 または請求項 2 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 2 の処理ガスは、 NF_3 ガス、 O_2 ガス、 H_2 ガスおよび Ar ガスを含む混合ガスである、

請求項 1 または請求項 2 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 2 の処理ガスは、 CH_3F ガス、 O_2 ガスおよび Ar ガスを含む混合ガスである、

請求項 1 または請求項 2 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本発明の実施形態は、被処理体を処理する方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

プラズマ処理装置を用いた被処理体のプラズマ処理の一種として、プラズマエッチングがある。プラズマエッチングに用いられるレジストマスクは、フォトリソグラフィ技術によって形成され、被エッチング層に形成されるパターンの限界寸法は、フォトリソグラフィ技術によって形成されるレジストマスクの解像度に依存する。しかし、レジストマスクの解像度には解像限界がある。電子デバイスの高集積化に対する要求が益々高まっており、レジストマスクの解像限界よりも小さい寸法のパターンを形成することが要求されるようになってきている。このため、特許文献1に記載されているように、レジストマスク上にシリコン酸化膜を形成することによって、当該レジストマスクの寸法を調整し、当該レジストマスクによって提供される開口の幅を縮小する技術が提案されている。このため、特許文献1に記載されているように、レジストマスク上にシリコン酸化膜を形成することによって、当該レジストマスクの寸法を調整し、当該レジストマスクによって提供される開口の幅を縮小する技術が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2004-80033号公報

【発明の概要】

20

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

一方、近年の電子デバイスの高集積化に伴う微細化によって、被処理体上のパターン形成のうち積層構造に含まれる有機膜等に対するエッチングを進めて行く場合において、高精度の最小線幅(CD: Critical Dimension)の制御が要求される。従来では、10[nm]以下の細穴スリットをSiO₂膜に垂直に設ける場合には、堆積性のC_xF_y系ガスを用いることによって、マスクとの選択比を得ている。しかしながら、C_xF_y系ガスに起因して生じる堆積物が細穴スリットの開口の閉塞を引き起こし得る。従って、C_xF_y系ガスを用いてSiO₂膜に10[nm]以下の細穴スリットを形成する場合には、エッチング量(エッチングによって形成されるスリットの深さ)と選択比とのトレードオフが生じ得る。従って、シリコンの酸化物を含む被処理体に対するエッチングにおいて、マスクとの選択比を良好に維持しつつ細穴スリットを形成する技術が望まれている。

30

【課題を解決するための手段】

【0005】

一態様においては、被処理体を処理する方法が提供される。被処理体は被エッチング層と該被エッチング層上に設けられたマスクと該マスクに設けられた溝(細穴スリット)とを備え、該溝は該マスクの表面から該被エッチング層に至り該被エッチング層を露出する。該方法は、被処理体が収容されているプラズマ処理装置の処理容器内において第1の処理ガスのプラズマを生成し、該第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層を、溝を介して被エッチング層の表面の原子層に形成する第1の工程と、第1の工程の実行後に、処理容器内の空間をパージする第2の工程と、第2の工程の実行後に、処理容器内において第2の処理ガスのプラズマを生成し、該第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって混合層を除去する第3の工程と、第3の工程の実行後に、処理容器内の空間をパージする第4の工程と、を含むシーケンスを繰り返し実行し、被エッチング層を原子層毎に除去することによって、該被エッチング層をエッチングする。被エッチング層は、シリコンの酸化物を含み、第1の処理ガスは、窒素を含み、第2の処理ガスは、フッ素を含む。そして、第3の工程において生成される第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む混合層を除去するラジカルを含む。

40

【0006】

上記方法において、繰返し実行されるシーケンスの第1の工程では、まず、マスクの溝を

50

介して露出されたシリコンの酸化物を含む被エッチング層の表面に対して、窒素を含む第1の処理ガスのプラズマによって、窒素イオンを含有する混合層を形成する。この混合層は、シリコンの窒化物を含有することとなる。そして、当該シーケンスの第3の工程では、第1の工程で形成されたシリコンの窒化物の混合層がフッ素を含む第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルを用いて除去される。このように、窒素を含む第1のガスが用いられる第1の工程においてシリコンの窒化物を含む混合層がマスクの溝の開口の形状に詳細に沿って形成され、フッ素を含む第2のガスが用いられる第3の工程において当該混合層が被エッチング層から除去される。従って、マスクの溝の開口および側面に対する堆積物の形成を回避しつつ、マスクの溝の開口の形状が詳細に維持された状態で被エッチング層に対するエッチングが可能となる。マスクの溝の幅やマスクの溝のパターンの疎密に依らず均一に、被エッチング層に対するエッチングが可能となる。更に、このような第1の工程および第3の工程を含むシーケンスが繰り返し実行されることによって、マスクの溝の開口の形状が詳細に維持された状態で、マスクの溝の幅やマスクの溝のパターンの疎密に依らず均一に、所望とする深さに至るまで被エッチング層に対するエッチングが可能となる。

10

【0007】

一実施形態において、第1の工程では、第1の処理ガスのプラズマにバイアス電圧を印加して、被エッチング層の表面の原子層にイオンを含む混合層を形成し得る。このように、第1の処理ガスのプラズマにバイアス電圧が印可されるので、当該プラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）がマスクの溝を介して露出された被エッチング層の表面に対し

20

【0008】

一実施形態において、第2の処理ガスは、 NF_3 ガスおよび O_2 ガスを含む混合ガス、 NF_3 ガス、 O_2 ガス、 H_2 ガスおよび Ar ガスを含む混合ガス、または、 CH_3F ガス、 O_2 ガスおよび Ar ガスを含む混合ガスであり得る。このように、フッ素を含有する第2の処理ガスが実現され得る。

【発明の効果】**【0009】**

以上説明したように、シリコンの酸化物を含む被処理体に対するエッチングにおいて、マスクとの選択比を良好に維持しつつ細穴スリットを形成する技術が提供される。

30

【図面の簡単な説明】**【0010】**

【図1】図1は、一実施形態に係る方法を示す流れ図である。

【図2】図2は、プラズマ処理装置の一例を示す図である。

【図3】図3は、(a)部、(b)部、(c)部、および、(d)部を備え、図1に示す各工程の実行前および実行後の被処理体の状態を示す断面図である。

【図4】図4は、図1に示す方法の実行中における、被エッチング層に対するエッチング量と被エッチング層に形成される混合層の厚みとの変化を示す図である。

【図5】図5は、(a)部、(b)部、および、(c)部を備え、図1に示す方法におけるエッチングの原理を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】**【0011】**

以下、図面を参照して種々の実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一または相当の部分に対しては同一の符号を附すこととする。以下、図1を参照して、プラズマ処理装置10を用いて実施することができるエッチング方法（方法MT）について説明する。図1は、一実施形態の方法（方法MT）を示す流れ図である。図1に示す一実施形態の方法MTは、被処理体（以下、「ウエハ」ということがある）を処理する方法である。方法MTは、ウエハをエッチングする方法の一例である。一実施形態の方法MTでは、一連の工程を単一のプラズマ処理装置（例えば、図2に示すプラズマ処理装置10）

50

を用いて実行することが可能である。

【0012】

図2は、一実施形態のプラズマ処理装置10を示す概要図である。図2に示すプラズマ処理装置10は、ICP(Inductively Coupled Plasma)型のプラズマ源を備える。プラズマ処理装置10は、金属製(例えばアルミニウム製)の筒状(例えば円筒状)に形成された処理容器192を備える。処理容器192は、プラズマ処理が行われる処理空間Spを画成する。なお、処理容器192の形状は円筒状に限られるものではない。例えば角筒状(例えば箱状)であってもよい。また、プラズマ処理装置10のプラズマ源は、ICP型に限るものではなく、例えば、ECR(Electron Cyclotron Resonance)型、CCP(Capacitively Coupled Plasma)型や、マイクロ波を用いたもの等であることができる

10

【0013】

処理容器192の底部には、ウエハWを載置するための載置台PDが設けられている。載置台PDは、静電チャックESC、下部電極LEを備える。下部電極LEは、第1プレート18a、第2プレート18bを備える。処理容器192は、処理空間Spを画成する。

【0014】

支持部14は、処理容器192の内側において、処理容器192の底部上に設けられる。支持部14は、例えば、略円筒状の形状を備える。支持部14は、例えば、絶縁材料から構成される。支持部14を構成する絶縁材料は、石英のように酸素を含み得る。支持部14は、処理容器192内において、処理容器192の底部から鉛直方向に延在する。

20

【0015】

載置台PDは、処理容器192内に設けられる。載置台PDは、支持部14によって支持される。載置台PDは、載置台PDの上面において、ウエハWを保持する。ウエハWは、被処理体である。載置台PDは、下部電極LEおよび静電チャックESCを備える。

【0016】

下部電極LEは、第1プレート18aおよび第2プレート18bを含む。第1プレート18aおよび第2プレート18bは、例えばアルミニウム等の金属から構成される。第1プレート18aおよび第2プレート18bは、例えば、略円盤状の形状を備える。第2プレート18bは、第1プレート18a上に設けられる。第2プレート18bは、第1プレート18aに電氣的に接続される。

30

【0017】

静電チャックESCは、第2プレート18b上に設けられる。静電チャックESCは、一对の絶縁層の間、または、一对の絶縁シートの間において、導電膜の電極が配置された構造を備える。直流電源22は、スイッチ23を介して、静電チャックESCの電極に電氣的に接続される。静電チャックESCは、直流電源22からの直流電圧によって生じる静電力によって、ウエハWを吸着する。これによって、静電チャックESCは、ウエハWを保持することができる。

【0018】

フォーカスリングFRは、ウエハWのエッジおよび静電チャックESCを囲むように、第2プレート18bの周縁部上に配置される。フォーカスリングFRは、エッチングの均一性を向上させるために設けられる。フォーカスリングFRは、エッチング対象の膜の材料によって適宜選択される材料から構成されており、例えば、石英から構成され得る。

40

【0019】

冷媒流路24は、第2プレート18bの内部に設けられる。冷媒流路24は、温調機構を構成する。冷媒流路24には、処理容器192の外部に設けられるチラーユニットから配管26aを介して冷媒が供給される。冷媒流路24に供給される冷媒は、配管26bを介してチラーユニットに戻される。このように、冷媒流路24には、冷媒が循環するように、供給される。この冷媒の温度を制御することによって、静電チャックESCによって支持されるウエハWの温度が制御される。ガス供給ライン28は、伝熱ガス供給機構からの伝熱ガス、例えばHeガスを、静電チャックESCの上面とウエハWの裏面との間に供給

50

する。

【 0 0 2 0 】

ヒータHTは、加熱素子である。ヒータHTは、例えば、第2プレート18b内に埋め込まれる。ヒータ電源HPは、ヒータHTに接続される。ヒータ電源HPからヒータHTに電力が供給されることによって、載置台PDの温度が調整され、そして、載置台PD上に載置されるウエハWの温度が調整される。なお、ヒータHTは、静電チャックESCに内蔵され得る。

【 0 0 2 1 】

板状誘電体194は、載置台PDの上方において、載置台PDと対向配置される。下部電極LEと板状誘電体194とは、互いに略平行に設けられる。板状誘電体194と下部電極LEとの間には、処理空間Spが提供される。処理空間Spは、プラズマ処理をウエハWに行うための空間領域である。

10

【 0 0 2 2 】

プラズマ処理装置10では、処理容器192の内壁に沿ってデポシールド46が着脱自在に設けられている。デポシールド46は、支持部14の外周にも設けられている。デポシールド46は、処理容器192にエッチング副生物(デポ)が付着することを防止するものであり、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆することにより構成され得る。デポシールドは、 Y_2O_3 の他に、例えば、石英のように酸素を含む材料から構成され得る。

【 0 0 2 3 】

排気プレート48は、処理容器192の底部側であって、且つ、支持部14と処理容器192の側壁との間に設けられている。排気プレート48は、例えば、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆することによって構成され得る。排気口12eは、排気プレート48の下方において、処理容器192に設けられている。排気装置50は、排気管52を介して排気口12eに接続される。排気装置50は、ターボ分子ポンプ等の真空ポンプを備えており、処理容器192内の空間を所望の真空度まで減圧することができる。高周波電源64は、ウエハWにイオンを引き込むための第2の高周波電力、すなわち高周波バイアス電力を発生する電源であり、 $400 [kHz] \sim 40.68 [MHz]$ の範囲内の周波数、一例においては $13 [MHz]$ の高周波バイアス電力を発生する。高周波電源64は、整合器68を介して下部電極LEに接続される。整合器68は、高周波電源64の出力インピーダンスと負荷側(下部電極LE側)の入力インピーダンスとを整合させるための回路である。

20

30

【 0 0 2 4 】

処理容器192の天井部には、例えば石英ガラスやセラミック等で構成された板状誘電体194が載置台PDに対向するように設けられている。具体的には、板状誘電体194は、例えば円板状に形成され、処理容器192の天井部に形成された開口を塞ぐように気密に取り付けられている。処理空間Spは、プラズマ源によってプラズマが生成される空間である。処理空間Spは、ウエハWが載置される空間である。

【 0 0 2 5 】

処理容器192には、後述の第1の処理ガスおよび第2の処理ガスを供給するガス供給部120が設けられている。ガス供給部120は、上述した処理空間Spへ、第1の処理ガスおよび第2の処理ガスを供給する。処理容器192の側壁部にはガス導入口121が形成されており、ガス導入口121にはガス供給配管123を介してガス供給源122が接続されている。ガス供給配管123の途中には第1の処理ガスおよび第2の処理ガスの流量を制御する流量制御器(例えば、マスフローコントローラ124、および、開閉バルブ126)が介在している。このようなガス供給部120によれば、ガス供給源122から出力される第1の処理ガスおよび第2の処理ガスは、マスフローコントローラ124によって予め設定された流量に制御されて、ガス導入口121から処理容器192の処理空間Spへ供給される。

40

【 0 0 2 6 】

50

なお、図2では説明を簡単にするため、ガス供給部120を一系統のガスラインを用いて表現しているが、ガス供給部120は、複数のガス種(少なくとも、第1の処理ガスおよび第2の処理ガス)を処理ガスとして供給する構成を備える。また、図2に示すガス供給部120は、一例として、処理容器192の側壁部からガスを供給する構成を備えているが、ガス供給部120は、図2に示す構成に限られない。例えば、ガス供給部120は、処理容器192の天井部からガスを供給する構成を備えることもできる。ガス供給部120がこのような構成を備える場合には、例えば、板状誘電体194の例えば中央部にガス導入口が形成され、このガス導入口からガスが供給され得る。

【0027】

処理容器192の底部には、処理容器192内の雰囲気を排出する排気装置50が排気管52を介して接続されている。排気装置50は、例えば真空ポンプによって構成され、処理容器192内の圧力を予め設定された圧力にし得る。

10

【0028】

処理容器192の側壁部にはウエハ搬出入口134が設けられており、ウエハ搬出入口134にはゲートバルブ136が設けられている。例えばウエハWが搬入される際には、ゲートバルブ136が開かれ、図示しない搬送アーム等の搬送機構によってウエハWが処理容器192内の載置台PD上に載置された後に、ゲートバルブ136が閉じられて、ウエハWの処理が開始される。

【0029】

処理容器192の天井部には、板状誘電体194の上側面(外側面)に、平面状の高周波アンテナ140と、高周波アンテナ140を覆うシールド部材160とが設けられる。一実施形態における高周波アンテナ140は、板状誘電体194の中央部に配置されている内側アンテナ素子142Aと、内側アンテナ素子142Aの外周を囲むように配置されている外側アンテナ素子142Bとを備える。内側アンテナ素子142A、外側アンテナ素子142Bのそれぞれは、例えば、銅、アルミニウム、ステンレス等の導体であり、渦巻きコイル状の形状を備える。

20

【0030】

内側アンテナ素子142A、外側アンテナ素子142Bは、共に、複数の挟持体144に挟持されて一体となっている。挟持体144は、例えば、棒状の形状を備えている。挟持体144は、内側アンテナ素子142Aの中央付近から外側アンテナ素子142Bの外側に張り出すように放射線状に配置されている。

30

【0031】

シールド部材160は、内側シールド壁162Aと外側シールド壁162Bとを備える。内側シールド壁162Aは、内側アンテナ素子142Aを囲むように、内側アンテナ素子142Aと外側アンテナ素子142Bとの間に設けられている。外側シールド壁162Bは、外側アンテナ素子142Bを囲むように設けられており、筒状の形状を備える。従って、板状誘電体194の上側面は、内側シールド壁162Aの内側の中央部(中央ゾーン)と、内側シールド壁162Aと外側シールド壁162Bとの間の周縁部(周縁ゾーン)とに分けられる。

【0032】

40

内側アンテナ素子142A上には、内側シールド壁162Aの開口を塞ぐように円板状の内側シールド板164Aが設けられている。外側アンテナ素子142B上には、内側シールド壁162Aと外側シールド壁162Bとの間の開口を塞ぐようにドーナツ板状の外側シールド板164Bが設けられている。

【0033】

シールド部材160の形状は、円筒状に限られるものではない。シールド部材160の形状は、例えば、角筒状等の他の形状であることができ、または、処理容器192の形状に合わせられたものであることができる。ここでは、処理容器192が例えば略円筒状の形状を備えるので、当該円筒形状に合わせてシールド部材160も略円筒状の形状を備える。処理容器192が略角筒状の形状を備えている場合には、シールド部材160も略角筒

50

状の形状を備える。

【0034】

内側アンテナ素子142A、外側アンテナ素子142Bのそれぞれには、高周波電源150A、高周波電源150Bのそれぞれが別々に接続されている。これにより、内側アンテナ素子142A、外側アンテナ素子142Bのそれぞれには、同じ周波数または異なる周波数の高周波を印加できる。例えば、高周波電源150Aから例えば27[MHz]等の周波数の高周波が予め設定されたパワー[W]で内側アンテナ素子142Aに供給されると、処理容器192内に形成された誘導磁界によって、処理容器192内に導入された処理ガスが励起され、ウエハW上の中央部にドーナツ型のプラズマが生成され得る。また、高周波電源150Bから例えば27[MHz]等の周波数の高周波が予め設定されたパワー[W]で外側アンテナ素子142Bに供給されると、処理容器192内に形成された誘導磁界によって、処理容器192内に導入された処理ガスが励起され、ウエハW上の周縁部に別のドーナツ型のプラズマが生成され得る。高周波電源150A、高周波電源150Bのそれぞれから出力される高周波は、上述した周波数に限られるものではなく、様々な周波数の高周波が、高周波電源150A、高周波電源150Bのそれぞれから供給され得る。なお、高周波電源150A、高周波電源150Bのそれぞれから出力される高周波に応じて、内側アンテナ素子142A、外側アンテナ素子142Bの電気的長さを調整する必要がある。内側シールド板164A、外側シールド板164Bのそれぞれでは、アクチュエータ168A、アクチュエータ168Bによって別々に高さが調整できる。

10

【0035】

制御部Cntは、プロセッサ、記憶部、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり、プラズマ処理装置10の各部を制御する。具体的に、制御部Cntは、マスフローコントローラ124、開閉バルブ126、排気装置50、高周波電源150A、高周波電源150B、高周波電源64、整合器68、ヒータ電源HP、および、チラーユニットに接続されている。

20

【0036】

制御部Cntは、入力されたレシピに基づくプログラムに従って動作し、制御信号を送出する。制御部Cntからの制御信号によって、少なくとも、ガス供給源122から供給されるガスの選択および流量と、排気装置50の排気と、高周波電源150A、高周波電源150B、および、高周波電源64からの電力供給と、ヒータ電源HPの電力供給と、チラーユニットからの冷媒流量および冷媒温度とを制御することが可能である。なお、本明細書において開示される被処理体を処理する方法(図1に示す方法MT)の各工程は、制御部Cntによる制御によってプラズマ処理装置10の各部を動作させることによって、実行され得る。

30

【0037】

図1に戻って、方法MTについての説明を続ける。以下の説明では、図1と共に、図2、図3、図4、図5を参照して説明する。図3は、(a)部、(b)部、(c)部、および、(d)部を備え、図1に示す各工程の実行前および実行後の被処理体の状態を示す断面図である。図4は、図1に示す方法の実行中における、被エッチング層に対するエッチング量と被エッチング層に形成される混合層の厚みとの変化を示す図である。図5は、図1に示す方法におけるエッチングの原理を示す図である。

40

【0038】

工程ST1では、図3の(a)部に示すウエハWが準備され、ウエハWがプラズマ処理装置10の処理容器192内に收容され、静電チャックESC上に載置される。工程ST1において図2に示すウエハWとして図3の(a)部に示す上記のウエハWを準備した後に、シーケンスSQおよび工程ST3の各工程を実行する。図3の(a)部に示すウエハWは、図示しない支持基体と、この支持基体上に設けられた被エッチング層ELと、被エッチング層EL上(被エッチング層ELの表面SF)に設けられたマスクMKと、マスクMKに設けられた溝TRとを備える。溝TRは、マスクMKの表面から被エッチング層ELの表面SFに至り、被エッチング層ELを露出している。すなわち、被エッチング層EL

50

の表面SFの一部は、溝TRを介して、露出されている。被エッチング層ELの材料は、シリコンの酸化物を含んでおり、例えば、 SiO_2 を含み得る。マスクMKの材料は、例えばTiN等を含み得る。

【0039】

工程ST1に引き続くシーケンスSQおよび工程ST3の一連の工程は、被エッチング層ELをエッチングする工程である。まず、工程ST1に引き続きシーケンスSQを一回（単位サイクル）以上実行する。シーケンスSQは、ALE（Atomic Layer Etching）法と同様の方法によって、被エッチング層ELのうちマスクMKで覆われていない領域を、マスクMKの疎密によらず高選択比で精密にエッチングする一連の工程であり、シーケンスSQにおいて順次実行される工程ST2a（第1の工程）、工程ST2b（第2の工程）、工程ST2c（第3の工程）、工程ST2d（第4の工程）を含む。

10

【0040】

工程ST2aは、ウエハWが収容されているプラズマ処理装置10の処理容器192内において第1の処理ガスのプラズマを生成し、該第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層MXを、溝TRを介して被エッチング層ELの表面SFの原子層に形成する。例えば、工程ST2aでは、第1の処理ガスのプラズマに高周波電源64を介してバイアス電圧を印加して、被エッチング層ELの表面SFの原子層に対し、第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層MXを形成し得る。工程ST2aにおいて、図3の（b）部に示すように、ウエハWが静電チャックESC上に載置されている状態で、処理容器192内に第1の処理ガスを供給し、当該第1の処理ガスのプラズマを生成する。第1の処理ガスは、窒素を含み、具体的には N_2 ガスを含み得る。図3の（b）部に示す黒塗りの円（黒丸）は、第1のガスのプラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）を示している。具体的には、ガス供給源122の複数のガスソースのうち選択したガスソースから N_2 ガスを含む第1の処理ガスを処理容器192内に供給する。そして、高周波電源150Aおよび高周波電源150Bから高周波電力を供給し、高周波電源64から高周波バイアス電圧を供給し、排気装置50を動作させることによって処理容器192内の処理空間Spの気圧を予め設定された値に設定する。このようにして、第1の処理ガスのプラズマが処理容器192内において生成され、第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）が、高周波バイアス電力による鉛直方向への引き込みによって、溝TRを介して被エッチング層ELの表面SFに接触し、溝TRを介して露出されている被エッチング層ELの表面SFが異方的に改質される。このように工程ST2aにおいて被エッチング層ELの表面SFのうち異方的に改質された箇所が、混合層MXとなる。第1のガスが N_2 ガスであり被エッチング層ELがシリコンの酸化物（例えば SiO_2 ）を含むので、混合層MXの組成は、 SiN/SiO_2 （ SiON ）であり得る。

20

30

【0041】

図5は、（a）部、（b）部、および、（c）部を備え、図1に示す方法（シーケンスSQ）におけるエッチングの原理を示す図である。図5において、白抜きの円（白丸）は、被エッチング層ELを構成する原子（例えば SiO_2 を構成する原子）を示しており、黒塗りの円（黒丸）は、第1のガスのプラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）を示しており、円で囲まれた「x」は、後述の第2のガスのプラズマに含まれるラジカルを示している。図5の（a）部および図3の（b）部に示すように、工程ST2aによって、第1のガスのプラズマに含まれる窒素原子のイオン（黒塗りの円（黒丸））が、溝TRを介して被エッチング層ELの表面SFの原子層に異方的に供給される。このように、工程ST2aによって、被エッチング層ELを構成する原子と第1のガスの窒素原子とを含む混合層MXが、溝TRによって露出されている被エッチング層ELの表面SFの原子層に形成される（図5の（a）部と共に図3の（c）部も参照）。

40

【0042】

以上のように、第1のガスが N_2 ガスを含むので、工程ST2aにおいて、被エッチング層ELの表面SFの原子層（シリコンの酸化物の原子層）に窒素原子が供給され、シリコンの窒化物を含有する混合層MX（ SiN/SiO_2 ）が表面SFの原子層に形成され得

50

る。

【0043】

工程ST2aに引き続く工程ST2bでは、処理容器192内の処理空間Spをパージする。具体的には、工程ST2aにおいて供給された第1の処理ガスが排気される。工程ST2bでは、パージガスとして希ガス（例えばArガス等）といった不活性ガスを処理容器192に供給してもよい。すなわち、工程ST2bのパージは、不活性ガスを処理容器192内に流すガスパージ、または真空引きによるパージの何れであってもよい。

【0044】

工程ST2bに引き続く工程ST2cでは、処理容器192内において第2の処理ガスのプラズマを生成し、該プラズマに含まれるラジカルを用いたケミカルエッチングによって、混合層MXを除去する。工程ST2cにおいて、図3の(c)部に示すように、工程ST2aにおいて混合層MXが形成された後のウエハWが静電チャックESC上に載置されている状態で、処理容器192内に第2の処理ガスを供給し、第2の処理ガスのプラズマを生成する。工程ST2cにおいて生成される第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む混合層MXを除去するラジカルを含む。図3の(c)部に示す円で囲まれた「x」は、第2のガスのプラズマに含まれるラジカルを示している。第2の処理ガスは、フッ素を含み、例えば、NF₃ガスおよびO₂ガスを含む混合ガスであり得る。なお、第2の処理ガスは、NF₃ガス、O₂ガス、H₂ガス、および、Arガスを含む混合ガスや、CH₃Fガス、O₂ガス、および、Arガスを含む混合ガスでもあり得る。具体的には、ガス供給源122の複数のガスソースのうち選択したガスソースから上記の第2の処理ガスが処理容器192内に供給され、高周波電源150Aおよび高周波電源150Bから高周波電力が供給され、排気装置50を動作させることによって処理容器192内の処理空間Spの気圧が予め設定された値に設定される。このようにして、第2の処理ガスのプラズマが処理容器192内において生成される。工程ST2cにおいて生成された第2の処理ガスのプラズマ中のラジカルは、溝TRを介して被エッチング層ELの表面SFの混合層MXに接触する。図5の(b)部に示すように、工程ST2cによって、被エッチング層ELの表面SFに形成された混合層MXに第2の処理ガスの原子のラジカルが供給されて混合層MXがケミカルエッチングによって被エッチング層ELから除去され得る。

【0045】

以上のように、図3の(d)部に示すように、工程ST2cにおいて、被エッチング層ELの表面SFに形成された混合層MXは、第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって、被エッチング層ELの表面SFから除去され得る。

【0046】

工程ST2cに引き続く工程ST2dでは、処理容器192内の処理空間Spをパージする。具体的には、工程ST2cにおいて供給された第2の処理ガスが排気される。工程ST2dでは、パージガスとして希ガス（例えばArガス等）といった不活性ガスを処理容器192に供給してもよい。すなわち、工程ST2dのパージは、不活性ガスを処理容器192内に流すガスパージ、または真空引きによるパージの何れであってもよい。

【0047】

シーケンスSQに引き続く工程ST3では、シーケンスSQの実行を終了するか否かを判定する。具体的には、工程ST3では、シーケンスSQの実行回数が予め設定された回数に達したか否かを判定する。シーケンスSQの実行回数の決定は、被エッチング層ELに対するエッチング量（エッチングによって被エッチング層ELに形成される溝の深さ）を決定することである。シーケンスSQは、被エッチング層ELに対するエッチング量が予め設定された値に至るまで被エッチング層ELがエッチングされるように、繰り返し実行され得る。シーケンスSQの実行回数の増加に伴って、被エッチング層ELに対するエッチング量も増加（ほぼ線形的に増加）する。従って、1回（単位サイクル）のシーケンスSQの実行によってエッチングされる被エッチング層ELの厚み（1回の工程ST2aで形成される混合層MXの厚み）とシーケンスSQの実行回数との積が予め設定された値となるように、シーケンスSQの実行回数が決定され得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

図 4 を参照して、シーケンス S Q の実行中において生じる被エッチング層 E L に対するエッチング量の変化と被エッチング層 E L に形成される混合層 M X の厚みの変化とについて説明する。図 4 のグラフ G 1 は、シーケンス S Q の実行中において生じる被エッチング層 E L に対するエッチング量（任意単位）の変化を示しており、図 4 のグラフ G 2 は、シーケンス S Q の実行中において生じる被エッチング層 E L に形成される混合層 M X の厚み（任意単位）の変化を示している。図 4 の横軸は、シーケンス S Q の実行中の時間を表しているが、工程 S T 2 b の実行時間および工程 S T 2 d の実行時間は図示簡略化のために省略されている。図 4 に示すように、1 回（単位サイクル）のシーケンス S Q の実行において、工程 S T 2 a の実行は、グラフ G 2 に示すように、混合層 M X の厚みが予め設定された値 T H になるまで行われる。工程 S T 2 a において形成される混合層 M X の厚みの値 T H は、高周波電源 6 4 によって印加されるバイアス電力の値と、第 1 のガスのプラズマに含まれているイオンの被エッチング層 E L に対する単位時間当たりのドーズ（dose）量と、工程 S T 2 a の実行時間とによって決定され得る。

10

【 0 0 4 9 】

また、図 4 に示すように、1 回（単位サイクル）のシーケンス S Q の実行において、工程 S T 2 c の実行は、グラフ G 1 およびグラフ G 2 に示すように、工程 S T 2 a で形成された混合層 M X が全て除去されるまで行われる。工程 S T 2 b の実行中においてタイミング T M に至るまでに、混合層 M X がケミカルエッチングによって全て除去される。タイミング T M は、工程 S T 2 c において行われるケミカルエッチングのエッチングレートによって決定され得る。タイミング T M は、工程 S T 2 b の実行中に生じる。タイミング T M から工程 S T 2 b の終了までの間において、混合層 M X の除去後におけるシリコンの酸化物の被エッチング層 E L は、第 2 の処理ガスのプラズマによってはエッチングされない（セルフ・リミテッド）。すなわち、第 2 の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルを用いた場合、被エッチング層 E L を構成するシリコンの酸化物（例えば SiO_2 ）に対するエッチングのエッチングレートは、混合層 M X に含まれるシリコンの窒化物（例えば SiN ）に対するエッチングのエッチングレートに比較して極めて小さい。

20

【 0 0 5 0 】

工程 S T 3 においてシーケンス S Q の実行回数が予め設定された回数に達していないと判定される場合には（工程 S T 3 : N O）、シーケンス S Q の実行が再び繰り返される。一方、工程 S T 3 においてシーケンス S Q の実行回数が予め設定された回数に達していると判定される場合には（工程 S T 3 : Y E S）、シーケンス S Q の実行が終了される。シーケンス S Q および工程 S T 3 の一連の工程は、マスク M K を用いてシーケンス S Q を繰り返し実行して被エッチング層 E L を原子層毎に除去することによって、マスク M K のパターンの粗密や溝 T R の幅の程度（値）によらずに、被エッチング層 E L を精密にエッチングする工程である。すなわち、シーケンス S Q が予め設定された回数だけ繰り返されることによって、被エッチング層 E L が、マスク M K のパターンの粗密や溝 T R の幅の程度（値）によらずに、マスク M K が提供する溝 T R の幅と同一および均一な幅で詳細にエッチングされ、また、マスク M K に対する選択比も向上される。以上のように、シーケンス S Q および工程 S T 3 の一連の工程は、A L E 法と同様の方法によって、被エッチング層 E L を原子層毎に除去することができる。

30

40

【 0 0 5 1 】

以下、工程 S T 2 a、工程 S T 2 c のそれぞれの主なプロセス条件の実施例を示す。

< 工程 S T 2 a >

- ・ 処理容器 1 9 2 内の圧力 [m T o r r] : 3 0 [m T o r r]
- ・ 高周波電源 1 5 0 A および高周波電源 1 5 0 B の高周波電力の値 [W] : 0 [W] (2 7 [M H z])
- ・ 高周波電源 6 4 の高周波電力の値 [W] : 0 ~ 2 0 0 [W] (1 3 [M H z])
- ・ 第 1 の処理ガス : N_2 ガス
- ・ 第 1 の処理ガスの流量 [s c c m] : 5 0 0 [s c c m]

50

・処理時間 [s] : 10 ~ 60 [s]

高周波電源 64 の高周波電力の値は、20 ~ 100 [W] が好適であり得る。高周波電源 64 の高周波電力の値がこの範囲にある場合、被エッチング層 E L においてシリコンの酸化物に対するシリコンの窒化物のエッチング量を比較的に多く維持しつつ、被エッチング層 E L に対する第 1 の処理ガスのプラズマによるスパッタ量を十分に低減し得ることが発明者によって見出された。

【 0052 】

< 工程 S T 2 c >

・処理容器 192 内の圧力 [m T o r r] : 50 ~ 400 [m T o r r]

・高周波電源 150 A および高周波電源 150 B の高周波電力の値 [W] : 0 ~ 800 [W] (27 [M H z]) 10

・高周波電源 64 の高周波電力の値 [W] : 0 [W] (13 [M H z])

・第 2 の処理ガス : N F ₃ ガスおよび O ₂ ガスを含む混合ガス

・第 2 の処理ガスの流量 [s c c m] : 120 [s c c m] (N F ₃ ガス)、40 [s c c m] (O ₂ ガス)

・処理時間 [s] : 10 ~ 50 [s]

なお、処理容器 192 内の圧力が高いほど、シリコンの酸化物に対するシリコンの窒化物のエッチング量 (選択比) が多く (高く) なり、さらに、エッチングによって混合層 M X が全て除去された後には、工程 S T 2 c を継続しても被エッチング層 E L に対するエッチング量が少なくなる、という現象が発明者によって見出された。 20

【 0053 】

また、工程 S T 2 c において、第 2 の処理ガスは、N F ₃ ガス、O ₂ ガス、H ₂ ガスおよび A r ガスの混合ガスであり得る。この第 2 の処理ガスを用いた場合、工程 S T 2 c では、以下のプロセス条件が利用され得る。

・処理容器 192 内の圧力 [m T o r r] : 350 [m T o r r]

・高周波電源 150 A および高周波電源 150 B の高周波電力の値 [W] : 200 [W] (27 [M H z])

・高周波電源 64 の高周波電力の値 [W] : 0 [W] (13 [M H z])

・第 2 の処理ガス : N F ₃ ガスおよび O ₂ ガスを含む混合ガス

・第 2 の処理ガスの流量 [s c c m] : 45 [s c c m] (N F ₃ ガス)、300 [s c c m] (O ₂ ガス)、40 [s c c m] (H ₂ ガス)、100 [s c c m] (A r ガス) 30

・処理時間 [s] : 10 [s]

【 0054 】

< シーケンス S Q >

・繰り返し回数 : 20 ~ 50 回

なお、シーケンス S Q の繰り返し回数が多いほど、被エッチング層 E L に対するエッチング量も多くなる。

【 0055 】

上記した一実施形態に係るプラズマ処理装置 10 では、I C P 型のプラズマ源を例示して説明したが、プラズマ処理装置 10 のプラズマ源としては I C P 型に限らず、C C P 型も 40
用い得る。以下、プラズマ処理装置 10 のプラズマ源が C C P 型の場合における工程 S T 2 a、工程 S T 2 c のそれぞれの主なプロセス条件の実施例を示す。

< 工程 S T 2 a >

・処理容器 192 内の圧力 [m T o r r] : 10 [m T o r r]

・処理容器 192 の天井部に設けられる高周波電源の高周波電力の値 [W] : 500 [W] (60 [M H z])

・高周波電源 64 の高周波電力の値 [W] : 100 [W] (13 [M H z])

・第 1 の処理ガス : N ₂ ガス

・第 1 の処理ガスの流量 [s c c m] : 500 [s c c m]

・処理時間 [s] : 60 [s] 50

< 工程 S T 2 c >

- ・ 処理容器 1 9 2 内の圧力 [m T o r r] : 5 0 [m T o r r]
- ・ 処理容器 1 9 2 の天井部に設けられる高周波電源の高周波電力の値 [W] : 1 0 0 0 [W] (6 0 [M H z])
- ・ 高周波電源 6 4 の高周波電力の値 [W] : 0 ~ 1 0 0 [W] (1 3 [M H z])
- ・ 第 2 の処理ガス : C H ₃ F ガス、O ₂ ガスおよび A r ガスを含む混合ガス
- ・ 第 2 の処理ガスの流量 [s c c m] : 2 5 [s c c m] (C H ₃ F ガス)、2 0 [s c c m] (O ₂ ガス)、7 0 0 [s c c m] (A r ガス)
- ・ 処理時間 [s] : 6 0 [s]

【 0 0 5 6 】

エッチングによって混合層 M X が全て除去された後には、工程 S T 2 c を継続しても被エッチング層 E L に対するエッチング量は少ない。なお、シーケンス S Q において、工程 S T 2 c の後に下記のプロセス条件でアッシング処理を更に行う場合がある。

< アッシング処理 >

- ・ 処理容器 1 9 2 内の圧力 [m T o r r] : 1 0 0 [m T o r r]
- ・ 処理容器 1 9 2 の天井部に設けられる高周波電源の高周波電力の値 [W] : 6 0 0 [W] (6 0 [M H z])
- ・ 高周波電源 6 4 の高周波電力の値 [W] : 0 [W] (1 3 [M H z])
- ・ 第 2 の処理ガス : O ₂ ガス
- ・ 第 2 の処理ガスの流量 [s c c m] : 7 5 0 [s c c m]
- ・ 処理時間 [s] : 6 0 [s]

【 0 0 5 7 】

上記の方法 M T において、繰返し実行されるシーケンス S Q の工程 S T 2 a では、まず、マスク M K の溝 T R を介して露出されたシリコンの酸化物を含む被エッチング層 E L の表面 S F に対して、窒素を含む第 1 の処理ガスのプラズマによって、窒素イオンを含有する混合層 M X を形成する。混合層 M X は、シリコンの窒化物を含有することとなる。そして、シーケンス S Q の工程 S T 2 c では、工程 S T 2 a で形成されたシリコンの窒化物の混合層 M X がフッ素を含む第 2 の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルを用いて除去される。このように、窒素を含む第 1 のガスが用いられる工程 S T 2 a においてシリコンの窒化物を含む混合層 M X がマスク M K の溝 T R の開口の形状に詳細に沿って形成され、フッ素を含む第 2 のガスが用いられる工程 S T 2 c において混合層 M X が被エッチング層 E L から除去される。従って、マスク M K の溝 T R の開口および側面に対する堆積物の形成を回避しつつ、マスク M K の溝 T R の開口の形状が詳細に維持された状態で被エッチング層 E L に対するエッチングが可能となる。マスク M K の溝 T R の幅やマスク M K の溝 T R のパターンの疎密に依らず均一に、被エッチング層 E L に対するエッチングが可能となる。更に、このような工程 S T 2 a および工程 S T 2 c を含むシーケンス S Q が繰返し実行されることによって、マスク M K の溝 T R の開口の形状が詳細に維持された状態で、マスク M K の溝 T R の幅やマスク M K の溝 T R のパターンの疎密に依らず均一に、所望とする深さに至るまで被エッチング層 E L に対するエッチングが可能となる。

【 0 0 5 8 】

さらに、第 1 の処理ガスのプラズマにバイアス電圧が印可される場合には、当該プラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）がマスク M K の溝 T R を介して露出された被エッチング層 E L の表面 S F に対して異方的に供給され得る。このため、被エッチング層 E L の表面 S F に形成される混合層 M X は、溝 T R の上から見て溝 T R の開口の形状と高詳細に一致する形状に形成可能となる。

【 0 0 5 9 】

以上、好適な実施の形態において本発明の原理を図示し説明してきたが、本発明は、そのような原理から逸脱することなく配置および詳細において変更され得ることは、当業者によって認識される。本発明は、本実施の形態に開示された特定の構成に限定されるものではない。従って、特許請求の範囲およびその精神の範囲から来る全ての修正および変更

10

20

30

40

50

権利を請求する。

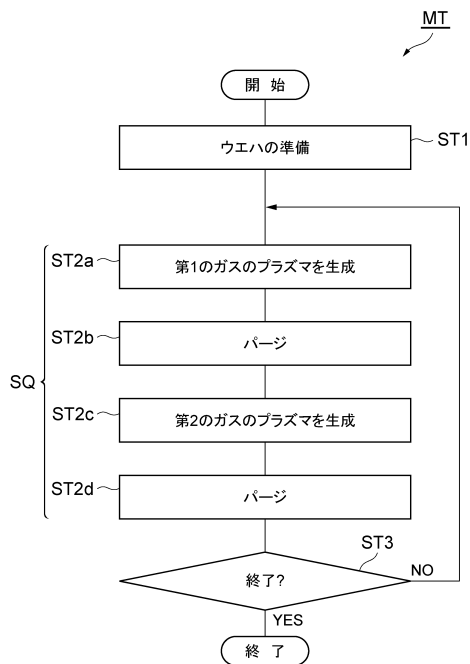
【符号の説明】

【0060】

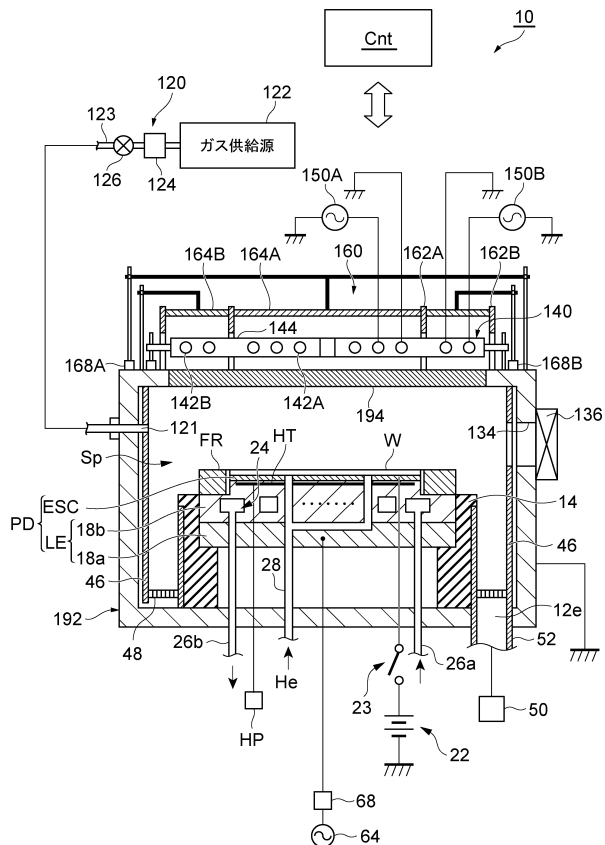
10 ... プラズマ処理装置、120 ... ガス供給部、121 ... ガス導入口、122 ... ガス供給源、123 ... ガス供給配管、124 ... マスフローコントローラ、126 ... 開閉バルブ、12e ... 排気口、134 ... ウエハ搬出入口、136 ... ゲートバルブ、14 ... 支持部、140 ... 高周波アンテナ、142A ... 内側アンテナ素子、142B ... 外側アンテナ素子、144 ... 挟持体、150A ... 高周波電源、150B ... 高周波電源、160 ... シールド部材、162A ... 内側シールド壁、162B ... 外側シールド壁、164A ... 内側シールド板、164B ... 外側シールド板、168A ... アクチュエータ、168B ... アクチュエータ、18a ... 第1プレート、18b ... 第2プレート、192 ... 処理容器、194 ... 板状誘電体、22 ... 直流電源、23 ... スイッチ、24 ... 冷媒流路、26a ... 配管、26b ... 配管、28 ... ガス供給ライン、46 ... デポシールド、48 ... 排気プレート、50 ... 排気装置、52 ... 排気管、64 ... 高周波電源、68 ... 整合器、Cnt ... 制御部、EL ... 被エッチング層、ESC ... 静電チャック、FR ... フォーカスリング、G1 ... グラフ、G2 ... グラフ、HP ... ヒータ電源、HT ... ヒータ、LE ... 下部電極、MK ... マスク、MT ... 方法、MX ... 混合層、PD ... 載置台、SF ... 表面、Sp ... 処理空間、SQ ... シーケンス、TH ... 値、TM ... タイミング、TR ... 溝、W ... ウエハ。

10

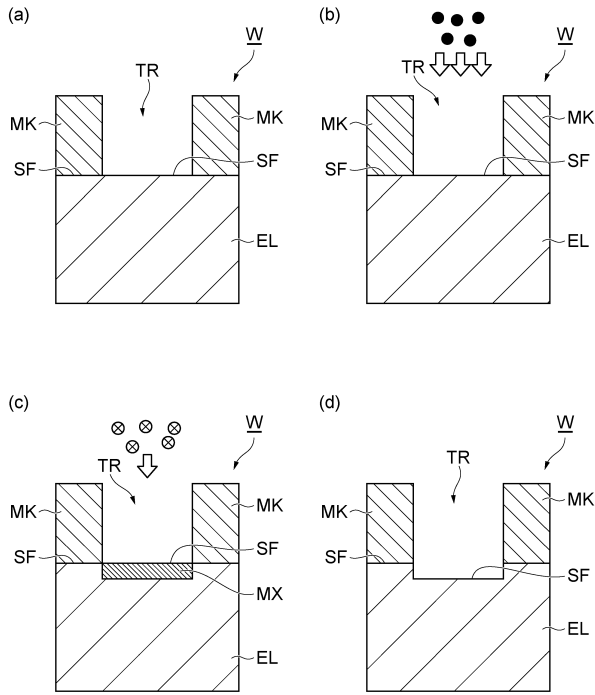
【図1】



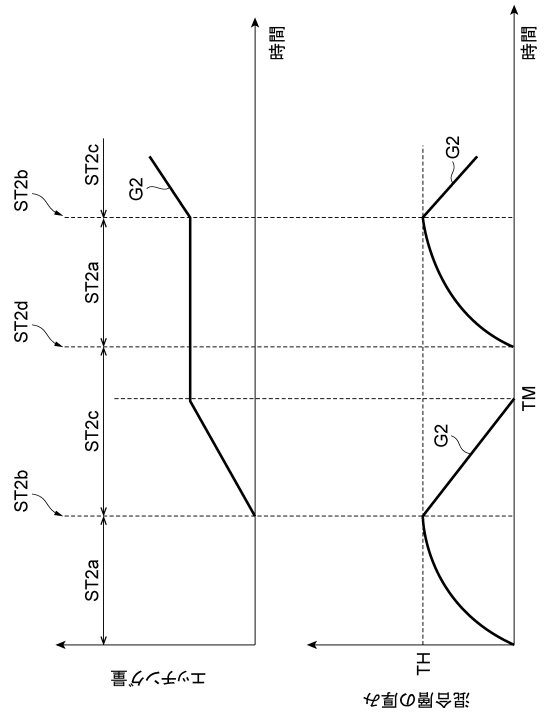
【図2】



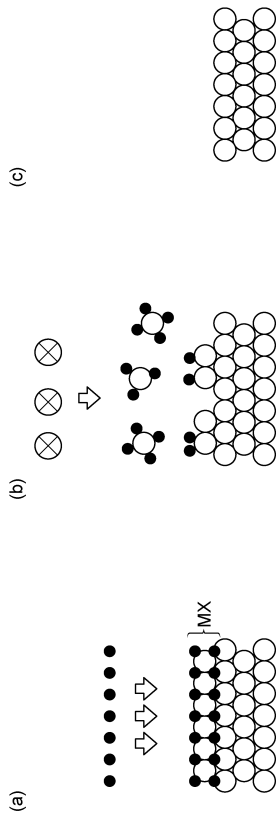
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 木原 嘉英
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内
- (72)発明者 本田 昌伸
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 長谷川 直也

- (56)参考文献 特開2016-127285(JP,A)
特開2001-210627(JP,A)
特開2016-015382(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- H01L 21/302、21/3065、21/461、
H01J 37/30-37/36、
H05H 1/00-1/54