

明 細 書

発明の名称：エッチング方法及びプラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本開示の例示的实施形態は、エッチング方法及びプラズマ処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] 特許文献1は、プラズマエッチング方法を開示する。この方法は、成膜工程とエッチング工程とを含む。成膜工程では、処理容器内に炭素とフッ素とを含む成膜ガスを供給し、成膜ガスをプラズマ化して得たプラズマにより、処理容器内に炭素とフッ素とを含む膜を成膜する。エッチング工程では、処理容器内の載置台に基板を載置し、処理容器内にエッチングガスを供給して、エッチングガスをプラズマ化して得たプラズマにより基板をエッチングする。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-188257号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、シャワーヘッドのガス導入口の内壁を保護する技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 一つの例示的实施形態において、エッチング方法が提供される。エッチング方法は、（a）シリコンを含むシャワーヘッドのガス導入口を通してチャンバ内に成膜ガスを供給して、前記ガス導入口の内壁に保護膜を形成する工程と、（b）前記保護膜が形成された前記ガス導入口を通して前記チャンバ内にエッチングガスを供給して、前記エッチングガスから生成されるプラズマにより、前記チャンバ内の基板をエッチングする工程と、を含む。

発明の効果

[0006] 一つの例示的实施形態によれば、シャワーヘッドのガス導入口の内壁を保護できる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]図1は、プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。

[図2]図2は、容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[図3]図3は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法のフローチャートである。

[図4]図4は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法の一工程におけるシャワーヘッドの拡大断面図である。

[図5]図5は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法の一工程におけるシャワーヘッドの拡大断面図である。

[図6]図6は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法の一工程におけるシャワーヘッドの拡大断面図である。

[図7]図7は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法の一工程におけるシャワーヘッドの拡大断面図である。

[図8]図8は、変形例に係るプラズマ処理チャンバの断面図である。

[図9]図9は、別の変形例に係るプラズマ処理チャンバの断面図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照して種々の例示的实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又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

[0009] 図1は、プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。一実施形態において、プラズマ処理システムは、プラズマ処理装置1及び制御部2を含む。プラズマ処理システムは、基板処理システムの一例であり、プラズマ処理装置1は、基板処理装置の一例である。プラズマ処理装置1は、プラズマ処理チャンバ10、基板支持部11及びプラズマ生成部12を含む。

プラズマ処理チャンバ10は、プラズマ処理空間を有する。また、プラズマ処理チャンバ10は、少なくとも1つの処理ガスをプラズマ処理空間に供給するための少なくとも1つのガス供給口と、プラズマ処理空間からガスを排出するための少なくとも1つのガス排出口とを有する。ガス供給口は、後述するガス供給部20に接続され、ガス排出口は、後述する排気システム40に接続される。基板支持部11は、プラズマ処理空間内に配置され、基板を支持するための基板支持面を有する。

[0010] プラズマ生成部12は、プラズマ処理空間内に供給された少なくとも1つの処理ガスからプラズマを生成するように構成される。プラズマ処理空間において形成されるプラズマは、容量結合プラズマ(CCP; Capacitively Coupled Plasma)、誘導結合プラズマ(ICP; Inductively Coupled Plasma)、ECRプラズマ(Electron-Cyclotron-resonance plasma)、ヘリコン波励起プラズマ(HWP: Helicon Wave Plasma)、又は、表面波プラズマ(SWP: Surface Wave Plasma)等であってもよい。また、AC(Alternating Current)プラズマ生成部及びDC(Direct Current)プラズマ生成部を含む、種々のタイプのプラズマ生成部が用いられてもよい。一実施形態において、ACプラズマ生成部で用いられるAC信号(AC電力)は、100kHz~10GHzの範囲内の周波数を有する。従って、AC信号は、RF(Radio Frequency)信号及びマイクロ波信号を含む。一実施形態において、RF信号は、100kHz~150MHzの範囲内の周波数を有する。

[0011] 制御部2は、本開示において述べられる種々の工程をプラズマ処理装置1に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部2は、ここで述べられる種々の工程を実行するようにプラズマ処理装置1の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部2の一部又は全てがプラズマ処理装置1に含まれてもよい。制御部2は、処理部2a1、記憶部

2 a 2 及び通信インターフェース 2 a 3 を含んでもよい。制御部 2 は、例えばコンピュータ 2 a により実現される。処理部 2 a 1 は、記憶部 2 a 2 からプログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行することにより種々の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部 2 a 2 に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部 2 a 2 に格納され、処理部 2 a 1 によって記憶部 2 a 2 から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ 2 a に読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェース 2 a 3 に接続されている通信回線であってもよい。処理部 2 a 1 は、CPU (Central Processing Unit) であってもよい。記憶部 2 a 2 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive)、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェース 2 a 3 は、LAN (Local Area Network) 等の通信回線を介してプラズマ処理装置 1 との間で通信してもよい。

[0012] 以下に、プラズマ処理装置 1 の一例としての容量結合型のプラズマ処理装置の構成例について説明する。図 2 は、容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[0013] 容量結合型のプラズマ処理装置 1 は、プラズマ処理チャンバ 1 0、ガス供給部 2 0、電源 3 0 及び排気システム 4 0 を含む。また、プラズマ処理装置 1 は、基板支持部 1 1 及びガス導入部を含む。ガス導入部は、少なくとも 1 つの処理ガスをプラズマ処理チャンバ 1 0 内に導入するように構成される。ガス導入部は、シャワーヘッド 1 3 を含む。基板支持部 1 1 は、プラズマ処理チャンバ 1 0 内に配置される。シャワーヘッド 1 3 は、基板支持部 1 1 の上方に配置される。一実施形態において、シャワーヘッド 1 3 は、プラズマ処理チャンバ 1 0 の天部 (ceiling) の少なくとも一部を構成する。プラズマ処理チャンバ 1 0 は、シャワーヘッド 1 3、プラズマ処理チャンバ

10の側壁10a及び基板支持部11により規定されたプラズマ処理空間10sを有する。プラズマ処理チャンバ10は接地される。シャワーヘッド13及び基板支持部11は、プラズマ処理チャンバ10の筐体とは電氣的に絶縁される。

[0014] 基板支持部11は、本体部111及びリングアセンブリ112を含む。本体部111は、基板Wを支持するための中央領域111aと、リングアセンブリ112を支持するための環状領域111bとを有する。ウェハは基板Wの一例である。本体部111の環状領域111bは、平面視で本体部111の中央領域111aを囲んでいる。基板Wは、本体部111の中央領域111a上に配置され、リングアセンブリ112は、本体部111の中央領域111a上の基板Wを囲むように本体部111の環状領域111b上に配置される。従って、中央領域111aは、基板Wを支持するための基板支持面とも呼ばれ、環状領域111bは、リングアセンブリ112を支持するためのリング支持面とも呼ばれる。

[0015] 一実施形態において、本体部111は、基台1110及び静電チャック1111を含む。基台1110は、導電性部材を含む。基台1110の導電性部材は下部電極として機能し得る。静電チャック1111は、基台1110の上に配置される。静電チャック1111は、セラミック部材1111aとセラミック部材1111a内に配置される静電電極1111bとを含む。セラミック部材1111aは、中央領域111aを有する。一実施形態において、セラミック部材1111aは、環状領域111bも有する。なお、環状静電チャックや環状絶縁部材のような、静電チャック1111を囲む他の部材が環状領域111bを有してもよい。この場合、リングアセンブリ112は、環状静電チャック又は環状絶縁部材の上に配置されてもよく、静電チャック1111と環状絶縁部材の両方の上に配置されてもよい。また、後述するRF電源31及び／又はDC電源32に結合される少なくとも1つのRF／DC電極がセラミック部材1111a内に配置されてもよい。この場合、少なくとも1つのRF／DC電極が下部電極として機能する。後述するバイ

アスRF信号及び／又はDC信号が少なくとも1つのRF／DC電極に供給される場合、RF／DC電極はバイアス電極とも呼ばれる。なお、基台1110の導電性部材と少なくとも1つのRF／DC電極とが複数の下部電極として機能してもよい。また、静電電極1111bが下部電極として機能してもよい。従って、基板支持部11は、少なくとも1つの下部電極を含む。

[0016] リングアセンブリ112は、1又は複数の環状部材を含む。一実施形態において、1又は複数の環状部材は、1又は複数のエッジリングと少なくとも1つのカバーリングとを含む。エッジリングは、導電性材料又は絶縁材料で形成され、カバーリングは、絶縁材料で形成される。

[0017] また、基板支持部11は、静電チャック1111、リングアセンブリ112及び基板のうち少なくとも1つをターゲット温度に調節するように構成される温調モジュールを含んでもよい。温調モジュールは、ヒータ、伝熱媒体、流路1110a、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路1110aには、ブラインやガスのような伝熱流体が流れる。一実施形態において、流路1110aが基台1110内に形成され、1又は複数のヒータが静電チャック1111のセラミック部材1111a内に配置される。また、基板支持部11は、基板Wの裏面と中央領域111aとの間の間隙に伝熱ガスを供給するように構成された伝熱ガス供給部を含んでもよい。

[0018] シャワーヘッド13は、ガス供給部20からの少なくとも1つの処理ガスをプラズマ処理空間10s内に導入するように構成される。シャワーヘッド13は、少なくとも1つのガス供給口13a、少なくとも1つのガス拡散室13b、及び複数のガス導入口13cを有する。ガス供給口13aに供給された処理ガスは、ガス拡散室13bを通過して複数のガス導入口13cからプラズマ処理空間10s内に導入される。また、シャワーヘッド13は、少なくとも1つの上部電極を含む。なお、ガス導入部は、シャワーヘッド13に加えて、側壁10aに形成された1又は複数の開口部に取り付けられる1又は複数のサイドガス注入部(SGI: Side Gas Injector)を含んでもよい。

- [0019] ガス供給部20は、少なくとも1つのガスソース21及び少なくとも1つの流量制御器22を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部20は、少なくとも1つの処理ガスを、それぞれに対応のガスソース21からそれぞれに対応の流量制御器22を介してシャワーヘッド13に供給するように構成される。各流量制御器22は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器を含んでもよい。さらに、ガス供給部20は、少なくとも1つの処理ガスの流量を変調又はパルス化する少なくとも1つの流量変調デバイスを含んでもよい。
- [0020] 電源30は、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ処理チャンバ10に結合されるRF電源31を含む。RF電源31は、少なくとも1つのRF信号(RF電力)を少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に供給するように構成される。これにより、プラズマ処理空間10sに供給された少なくとも1つの処理ガスからプラズマが形成される。従って、RF電源31は、プラズマ生成部12の少なくとも一部として機能し得る。また、バイアスRF信号を少なくとも1つの下部電極に供給することにより、基板Wにバイアス電位が発生し、形成されたプラズマ中のイオン成分を基板Wに引き込むことができる。
- [0021] 一実施形態において、RF電源31は、第1のRF生成部31a及び第2のRF生成部31bを含む。第1のRF生成部31aは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に結合され、プラズマ生成用のソースRF信号(ソースRF電力)を生成するように構成される。一実施形態において、ソースRF信号は、10MHz～150MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第1のRF生成部31aは、異なる周波数を有する複数のソースRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のソースRF信号は、少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に供給される。
- [0022] 第2のRF生成部31bは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を

介して少なくとも1つの下部電極に結合され、バイアスRF信号（バイアスRF電力）を生成するように構成される。バイアスRF信号の周波数は、ソースRF信号の周波数と同じであっても異なってもよい。一実施形態において、バイアスRF信号は、ソースRF信号の周波数よりも低い周波数を有する。一実施形態において、バイアスRF信号は、100kHz～60MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第2のRF生成部31bは、異なる周波数を有する複数のバイアスRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のバイアスRF信号は、少なくとも1つの下部電極に供給される。また、種々の実施形態において、ソースRF信号及びバイアスRF信号のうち少なくとも1つがパルス化されてもよい。

[0023] また、電源30は、プラズマ処理チャンバ10に結合されるDC電源32を含んでもよい。DC電源32は、第1のDC生成部32a及び第2のDC生成部32bを含む。一実施形態において、第1のDC生成部32aは、少なくとも1つの下部電極に接続され、第1のDC信号を生成するように構成される。生成された第1のDC信号は、少なくとも1つの下部電極に印加される。一実施形態において、第2のDC生成部32bは、少なくとも1つの上部電極に接続され、第2のDC信号を生成するように構成される。生成された第2のDC信号は、少なくとも1つの上部電極に印加される。

[0024] 種々の実施形態において、第1及び第2のDC信号がパルス化されてもよい。この場合、電圧パルスのシーケンスが少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に印加される。電圧パルスは、矩形、台形、三角形又はこれらの組み合わせのパルス波形を有してもよい。一実施形態において、DC信号から電圧パルスのシーケンスを生成するための波形生成部が第1のDC生成部32aと少なくとも1つの下部電極との間に接続される。従って、第1のDC生成部32a及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。第2のDC生成部32b及び波形生成部が電圧パルス生成部を構成する場合、電圧パルス生成部は、少なくとも1つの上部電極に接続される。電圧パルスは、正の極性を有してもよく、負の極性を有してもよい。また

、電圧パルスのシーケンスは、1周期内に1又は複数の正極性電圧パルスと1又は複数の負極性電圧パルスとを含んでもよい。なお、第1及び第2のDC生成部32a、32bは、RF電源31に加えて設けられてもよく、第1のDC生成部32aが第2のRF生成部31bに代えて設けられてもよい。

[0025] 排気システム40は、例えばプラズマ処理チャンバ10の底部に設けられたガス排出口10eに接続され得る。排気システム40は、圧力調整弁及び真空ポンプを含んでもよい。圧力調整弁によって、プラズマ処理空間10s内の圧力が調整される。真空ポンプは、ターボ分子ポンプ、ドライポンプ又はこれらの組み合わせを含んでもよい。

[0026] 図3は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法のフローチャートである。図3に示されるエッチング方法MT1（以下、「方法MT1」という）は、上記実施形態のプラズマ処理装置1により実行され得る。

[0027] 以下、方法MT1について、方法MT1が上記実施形態のプラズマ処理装置1を用いて基板Wに適用される場合を例にとって、図2～図7を参照しながら説明する。図4～図7は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法の一工程におけるシャワーヘッドの拡大断面図である。プラズマ処理装置1が用いられる場合には、制御部2によるプラズマ処理装置1の各部の制御により、プラズマ処理装置1において方法MT1が実行され得る。方法MT1では、図2に示されるように、プラズマ処理チャンバ10内に配置された基板支持部11上の基板Wを処理する。

[0028] 図3に示されるように、方法MT1は、工程ST1～工程ST5を含んでもよい。工程ST1～工程ST5は順に実行され得る。方法MT1は、工程ST1、工程ST3及び工程ST4のうち少なくとも1つを含まなくてもよい。工程ST3は、工程ST2の前に行われてもよい。工程ST4は、工程ST3の前に行われてもよいし、工程ST2の前に行われてもよいし、工程ST1の前に行われてもよい。

[0029] (工程ST1)

図4に示されるように、プラズマ処理装置1のシャワーヘッド13の表面

に形成されたシリコン酸化膜OXを除去する。シャワーヘッド13はシリコンを含む。シャワーヘッド13は結晶シリコンを含んでもよい。シリコン酸化膜OXは、自然酸化膜であってもよい。シリコン酸化膜OXは、フッ化水素ガス等のエッチングガスにより除去されてもよい。

[0030] エッチングガスは、ガス供給部20（図2参照）からシャワーヘッド13のガス導入口13cを通してプラズマ処理チャンバ10内に供給されてもよい。工程ST1の終了時にエッチングガスの供給が停止されてもよい。工程ST1では、プラズマ処理チャンバ10内においてプラズマが生成されなくてもよい。工程ST1において、基板支持部11（図2参照）上に基板Wが載置されなくてもよいし、基板Wとは異なるダミー基板が載置されてもよい。

[0031] 工程ST1は以下のように行われてもよい。ガス供給部20により、エッチングガスをプラズマ処理チャンバ10内に供給する。制御部2は、プラズマが生成されないように、ガス供給部20及びプラズマ生成部12を制御する。

[0032] （工程ST2）

図5に示されるように、シャワーヘッド13のガス導入口13cを通してプラズマ処理チャンバ10内に成膜ガスCGを供給して、ガス導入口13cの内壁13cwに保護膜PFを形成する。

[0033] 成膜ガスCGは、ガス供給部20からシャワーヘッド13のガス導入口13cを通してプラズマ処理チャンバ10内に供給されてもよい。工程ST2の終了時に成膜ガスCGの供給が停止されてもよい。工程ST2において、基板支持部11上に基板Wが載置されなくてもよいし、基板Wとは異なるダミー基板が載置されてもよい。

[0034] 成膜ガスCGは、金属を含んでもよい。成膜ガスCGは、金属フッ化物ガスを含んでもよい。金属フッ化物ガスは、六フッ化タングステン（WF₆）ガス及び六フッ化モリブデン（MoF₆）ガスからなる群から選択される少なくとも1つを含んでもよい。成膜ガスCGは、水素（H₂）ガス等の還元性ガス

を更に含んでもよい。成膜ガスC Gは、アルゴン（A r）ガス等の貴ガスを更に含んでもよい。成膜ガスC Gは、酸素（O₂）ガス等の酸素含有ガスを更に含んでもよい。酸素含有ガスにより、保護膜P Fとして酸化膜を形成できる。酸化膜の例は金属酸化膜を含む。成膜ガスC Gは、金属フッ化物ガスとは異なるハロゲン含有ガスを含まなくてもよい。

[0035] 成膜ガスC Gの流量は、工程S T 5におけるエッチングガスE Gの流量より大きくてもよい。これにより、保護膜P Fの厚さを大きくできる。成膜ガスC Gに含まれる金属フッ化ガスの流量が、エッチングガスE Gに含まれる金属フッ化ガスの流量より大きくてもよい。

[0036] 保護膜P Fは、金属を含んでもよい。金属は、タングステン及びモリブデンからなる群から選択される少なくとも1つを含んでもよい。成膜ガスC Gがタングステンを含む場合、保護膜P Fはタングステンを含む。成膜ガスC Gがモリブデンを含む場合、保護膜P Fはモリブデンを含む。

[0037] 保護膜P Fは、シャワーヘッド1 3の下面1 3 Lに形成されてもよい。シャワーヘッド1 3は、プラズマ処理チャンバ1 0の天部の少なくとも一部を構成し得る。よって、下面1 3 Lは、プラズマ処理チャンバ1 0のプラズマ処理空間1 0 sに面する。そのため、下面1 3 Lは、プラズマ処理チャンバ1 0内において生成されるプラズマに晒され得る。保護膜P Fは、シャワーヘッド1 3の表面のうち、ガス導入口1 3 cの内壁1 3 c w及び下面1 3 Lを除く領域（例えば図2に示されるガス拡散室1 3 bの内壁）に形成されてもよい。保護膜P Fは、シャワーヘッド1 3とは異なるシリコン含有部材の表面に形成されてもよい。シリコン含有部材は、プラズマ処理チャンバ1 0の少なくとも一部を構成し得る。シリコン含有部材の温度をシャワーヘッド1 3の温度よりも低くすることによって、シリコン含有部材の表面に保護膜P Fを形成せず、シャワーヘッド1 3の表面に選択的に保護膜P Fを形成できる。

[0038] 保護膜P Fは、1 0 0 n m以上1 0 μ m以下の厚さを有してもよい。保護膜P Fは、ガス導入口1 3 cの内壁1 3 c wにおいて第1の厚さT H 1を有

してもよい。保護膜PFは、シャワーヘッド13の下面13Lにおいて第2の厚さTH2を有してもよい。第2の厚さTH2は、第1の厚さTH1よりも小さい。

[0039] 工程ST2では、プラズマ処理チャンバ10内においてプラズマが生成されなくてもよいし、成膜ガスCGからプラズマが生成されてもよい。

[0040] 工程ST2におけるシャワーヘッド13の温度は、工程ST5におけるシャワーヘッド13の温度より高くてもよい。工程ST2におけるシャワーヘッド13の温度は、200℃以上であってもよいし、300℃以上であってもよい。工程ST2におけるシャワーヘッド13の温度は、800℃以下であってもよい。シャワーヘッド13の温度は、プラズマ処理装置1に含まれる温調モジュールによって調節されてもよい。あるいは、プラズマ処理チャンバ10内において、貴ガスを含む処理ガスから生成されるプラズマによってシャワーヘッド13が加熱されてもよい。

[0041] 工程ST2は以下のように行われてもよい。ガス供給部20により、成膜ガスCGをプラズマ処理チャンバ10内に供給する。制御部2は、プラズマが生成されず、ガス導入口13cの内壁13cwに保護膜PFが形成されるように、ガス供給部20及びプラズマ生成部12を制御する。

[0042] (工程ST3)

図6に示されるように、プラズマ処理チャンバ10の内壁にプリコートPCを形成する。プラズマ処理チャンバ10の内壁は、シャワーヘッド13の下面13Lと、プラズマ処理チャンバ10の側壁10a(図2参照)とを含む。よって、プリコートPCは、シャワーヘッド13の下面13L及びプラズマ処理チャンバ10の側壁10a上に形成される。工程ST2の後に工程ST3が行われる場合、プリコートPCは保護膜PF上に形成され得る。プリコートPCは、シャワーヘッド13の下面13Lにおいて、保護膜PF上に形成される。プリコートPCは、ガス導入口13cの内壁13cwにおいて保護膜PF上に形成されてもよい。工程ST3の後に工程ST2が行われる場合、保護膜PFはプリコートPC上に形成され得る。

- [0043] プリコートPCのための成膜ガスは、ガス供給部20からシャワーヘッド13のガス導入口13cを通してプラズマ処理チャンバ10内に供給されてもよい。工程ST3の終了時に成膜ガスの供給が停止されてもよい。工程ST3において、基板支持部11上に基板Wが載置されなくてもよいし、基板Wとは異なるダミー基板が載置されてもよい。
- [0044] プリコートPCのための成膜ガスは、炭素含有ガスを含んでもよい。成膜ガスは、フッ素を含有しないガスであり得る。炭素含有ガスは、CO、CO₂、COS、及び hidrocarbon からなる群から選択される1つ以上を含んでもよい。hidrocarbon は、CH₄、C₂H₂、C₃H₆等であってもよい。プリコートPCは、CVD（化学気相成長）法、MLD（分子層堆積）法又はALD（原子層堆積）法によって形成されてもよい。工程ST3では、プラズマ処理チャンバ10内において、成膜ガスからプラズマが生成されてもよい。
- [0045] プリコートPCは炭素を含んでもよい。プリコートPCは、工程ST2において形成される保護膜PFの厚さよりも大きい厚さを有してもよい。プリコートPCは高いプラズマ耐性を有する。
- [0046] 工程ST3は以下のように行われてもよい。ガス供給部20により、プリコートPCのための成膜ガスをプラズマ処理チャンバ10内に供給する。制御部2は、プラズマ処理チャンバ10の内壁にプリコートPCが形成されるように、ガス供給部20及びプラズマ生成部12を制御する。
- [0047] （工程ST4）
- 図2に示されるように、基板Wをプラズマ処理チャンバ10内に提供する。基板Wは、プラズマ処理チャンバ10の外からプラズマ処理チャンバ10内に搬送機構によって搬送されてもよい。基板Wは、基板支持部11上に載置され得る。工程ST1～工程ST3において、基板支持部11上にダミー基板が載置される場合、工程ST4の前にダミー基板がプラズマ処理チャンバ10の外に搬送される。
- [0048] （工程ST5）

図7に示されるように、保護膜PFが形成されたガス導入口13cを通してプラズマ処理チャンバ10内にエッチングガスEGを供給して、エッチングガスEGから生成されるプラズマPLにより、プラズマ処理チャンバ10内の基板Wをエッチングする。工程ST5では、基板Wに含まれるエッチング対象膜がエッチングされ得る。エッチング対象膜はシリコン含有膜であってもよい。

[0049] エッチングガスEGは、ガス供給部20からシャワーヘッド13のガス導入口13cを通してプラズマ処理チャンバ10内に供給されてもよい。工程ST5の終了時にエッチングガスEGの供給が停止されてもよい。

[0050] エッチングガスEGは、工程ST2における成膜ガスCGと同じであってもよいし、異なってもよい。エッチングガスEGは、成膜ガスCGと同じガスを含んでもよい。エッチングガスEGは、金属フッ化物ガスを含んでもよい。金属フッ化物ガスは、六フッ化タングステンガス及び六フッ化モリブデンガスからなる群から選択される少なくとも1つを含んでもよい。エッチングガスEGは、金属フッ化物ガスとは異なるフッ素含有ガスを更に含んでもよい。フッ素含有ガスは、フルオロカーボンガス、ハイドロフルオロカーボンガス及びフッ化水素ガスからなる群から選択される少なくとも1つを含んでもよい。

[0051] エッチングガスEGは、フッ素源であるフッ素含有ガス及び水素源である水素含有ガスを含んでいてもよい。エッチングガスEGは、水素源として、 H_2 、 CH_4 、 CH_2F_2 、 CH_3F 、 CHF_3 、 H_2O 、 HF 、 HCl 、 HBr 、 HI 等のうち1つ以上を含んでいてもよい。エッチングガスEGは、フッ素源として、 CF_4 、 C_4F_8 、 C_4F_6 、 C_3F_8 、 C_5F_8 、 SF_6 、 NF_3 、 XeF_2 、 PF_3 、 PF_5 、 CF_3I 、 C_2F_5I 、 C_3F_7I 、 IF_5 、 IF_7 、 WF_6 、 HF 、 SiF_4 等のうち1つ以上を含んでいてもよい。

[0052] エッチングガスEGは、1つ以上のリン含有分子を更に含んでいてもよい。1つ以上のリン含有分子は、十酸化四リン(P_4O_{10})、八酸化四リン(P_4O_8)、六酸化四リン(P_4O_6)のような酸化物を含んでいてもよい。十酸

化四リンは、五酸化二リン (P_2O_5) と呼ばれることがある。1つ以上のリン含有分子は、三フッ化リン (PF_3)、五フッ化リン (PF_5)、三塩化リン (PCl_3)、五塩化リン (PCl_5)、三臭化リン (PBr_3)、五臭化リン (PBr_5)、ヨウ化リン (PI_3) のようなハロゲン化物を含んでもよい。1つ以上のリン含有分子は、フッ化ホスホリル (POF_3)、塩化ホスホリル ($POCl_3$)、臭化ホスホリル ($POBr_3$) のようなハロゲン化ホスホリルを含んでもよい。1つ以上のリン含有分子は、ホスフィン (PH_3)、リン化カルシウム (Ca_3P_2 等)、リン酸 (H_3PO_4)、リン酸ナトリウム (Na_3PO_4)、ヘキサフルオロリン酸 (HPF_6) 等を含んでもよい。1つ以上のリン含有分子は、フルオロホスフィン類 (H_xPF_y) を含んでもよい。ここで、 x と y の和は、3 又は 5 である。フルオロホスフィン類としては、 HPF_2 、 H_2PF_3 が例示される。

[0053] 工程ST5におけるシャワーヘッド13の温度は、200℃未満であってもよいし、150℃以下であってもよい。工程ST5におけるシャワーヘッド13の温度は、−20℃以上であってもよい。

[0054] 工程ST5は以下のように行われてもよい。ガス供給部20により、エッチングガスEGをプラズマ処理チャンバ10内に供給する。制御部2は、エッチングガスEGからプラズマPLを生成し、基板Wがエッチングされるように、ガス供給部20及びプラズマ生成部12を制御する。

[0055] 上記方法MT1によれば、工程ST2において、保護膜PFによりガス導入口13cの内壁13cwを保護できる。よって、工程ST5においてエッチングガスEGによるガス導入口13cの内壁13cwの腐食を抑制できる。工程ST2において成膜ガスCGが六フッ化タングステンガスを含む場合、六フッ化タングステンが、シャワーヘッド13に含まれるシリコンと反応して、タングステン及び四フッ化シリコン (SiF_4) が生成する。その結果、保護膜PFとしてタングステン膜が形成され得る。

[0056] 方法MT1において、工程ST4が工程ST3と工程ST5との間に行われてもよい。この場合、工程ST2及び工程ST3において基板Wが成膜ガ

スに晒されることを抑制できる。よって、成膜ガスにより基板W上に意図しない膜が形成されることを抑制できる。

[0057] 方法MT1において、工程ST2におけるシャワーヘッド13の温度が、工程ST5におけるシャワーヘッド13の温度より高くてもよい。この場合、工程ST2において保護膜PFの形成が促進される一方、工程ST5において保護膜PFが除去され難い。

[0058] 図8は、変形例に係るプラズマ処理チャンバの断面図である。図2に示されるプラズマ処理装置1のプラズマ処理チャンバ10が、図8のプラズマ処理チャンバ110に置き換えられてもよい。図8のプラズマ処理チャンバ110は、シャワーヘッド13に代えてシャワーヘッド113を備えること以外はプラズマ処理チャンバ10と同じ構成を備える。

[0059] シャワーヘッド113は、シリコンを含む天板114と、温調モジュール115と、絶縁体を含む支持部材116と、シリコンを含む部材117とを備えてもよい。

[0060] 天板114は上部電極であってもよい。シャワーヘッド113（天板114）の下面は、プラズマ処理空間10sに面する。天板114は、複数のガス導入口114cを有する。

[0061] 温調モジュール115は、天板114上に設けられ、天板114の温度を調整するように構成される。温調モジュール115は、天板114を冷却する冷却流体を流すための流路115aと、天板114を加熱するためのヒータHTとを含む。流路115aの入口及び出口は、プラズマ処理チャンバ110外のチラーユニットに接続される。温調モジュール115は、ヒータHTによる加熱時に、ガスにより流路115a内の冷却流体を排出する機構を備えてもよい。温調モジュール115は、ガス拡散室115bと、ガス拡散室115bに連通する複数のガス導入口115cとを有する。ガス拡散室115bは、ガス供給路を介してガス供給部20（図2参照）に接続される。複数のガス導入口115cは、複数のガス導入口114cとそれぞれ連通する。流路115a、ヒータHT、ガス拡散室115b及び複数のガス導入口

１１５ｃは、温調モジュール１１５の本体中に配置され得る。温調モジュール１１５の本体は、アルミニウム等の金属を含む。ヒータＨＴは、流路１１５ａとガス拡散室１１５ｂとの間に配置されてもよい。ガス供給部２０から供給される処理ガスは、ガス拡散室１１５ｂに供給され、複数のガス導入口１１５ｃを通過して複数のガス導入口１１４ｃからプラズマ処理チャンバ１１０内に導入される。

[0062] 支持部材１１６は、温調モジュール１１５を支持する。支持部材１１６は、プラズマ処理チャンバ１１０の側壁１０ａに接続される。支持部材１１６と側壁１０ａとの間にはシリコンを含む部材１１７が配置される。側壁１０ａにより、シリコンを含む部材１１７は接地され得る。

[0063] 図９は、別の変形例に係るプラズマ処理チャンバの断面図である。図２に示されるプラズマ処理装置１のプラズマ処理チャンバ１０が、図９のプラズマ処理チャンバ２１０に置き換えられてもよい。図９のプラズマ処理チャンバ２１０は、チラーユニット７０を更に備えること以外はプラズマ処理チャンバ１１０と同じ構成を備える。

[0064] チラーユニット７０の出力ポートは、流路１１５ａの入口１１５ｅに接続されている。チラーユニット７０の戻りポートは、流路１１５ａの出口１１５ｄに接続されている。チラーユニット７０は、出力ポートから冷却流体を出力し、当該冷却流体を入口１１５ｅから流路１１５ａに供給する。流路１１５ａに供給された冷却流体は、出口１１５ｄ及び戻りポートを介して、チラーユニット７０に戻される。即ち、流路１１５ａとチラーユニット７０の間では、冷却流体が循環される。

[0065] チラーユニット７０は、直膨式のチラーユニットである。チラーユニット７０は、圧縮機７１、凝縮器７２、及び膨張弁７３を有する。圧縮機７１、凝縮器７２、及び膨張弁７３は、流路１１５ａの出口１１５ｄと入口１１５ｅの間で、順に接続されている。天板１１４は、蒸発器を構成している。圧縮機７１の入力は、チラーユニット７０の戻りポートを介して、流路１１５ａの出口１１５ｄに接続されている。圧縮機７１の出力は、凝縮器７２の入

力に接続されている。凝縮器 7 2 の出力は、膨張弁 7 3 の入力に接続されている。膨張弁 7 3 の出力は、チラーユニット 7 0 の出力ポートを介して、流路 1 1 5 a の入口 1 1 5 e に接続されている。

[0066] 流路 1 1 5 a の出口 1 1 5 d から出力された冷却流体は、圧縮機 7 1 の入力に戻され、圧縮機 7 1 によって圧縮される。圧縮機 7 1 から出力された高圧の冷却流体は、凝縮器 7 2 によって冷却されて、液化する。凝縮器 7 2 から出力された液状の冷却流体は、膨張弁 7 3 において減圧される。膨張弁 7 3 から流路 1 1 5 a に供給された冷却流体は、天板 1 1 4 から吸熱することにより、気化する。そして、流路 1 1 5 a から出力された冷却流体は、再び圧縮機 7 1 の入力に戻される。膨張弁 7 3 の開度は可変である。膨張弁 7 3 の開度が低いほど、冷却流体の圧力は低くなり、気化する温度が下がる。よって、天板 1 1 4 の温度をより低い温度に冷却することができる。

[0067] チラーユニット 7 0 は、分流弁 7 4 を更に有している。分流弁 7 4 は、圧縮機 7 1 と流路 1 1 5 a の入口 1 1 5 e との間に、凝縮器 7 2 及び膨張弁 7 3 をバイパスするように接続されている。即ち、分流弁 7 4 の入力は、圧縮機 7 1 の出力に接続されている。また、分流弁 7 4 の出力は、流路 1 1 5 a の入口 1 1 5 e に接続されている。分流弁 7 4 の開度は可変である。分流弁 7 4 の開度が高いほど、流路 1 1 5 a に供給される冷却流体の乾き度が高くなる。乾き度が高いほど、冷却流体の抜熱能力は低くなる。したがって、分流弁 7 4 を開くことによって、天板 1 1 4 を加熱することができる。

[0068] 図 8 ～図 9 に示されるプラズマ処理チャンバ 1 1 0, 2 1 0 においても、シャワーヘッド 1 1 3 の天板 1 1 4 を加熱又は冷却することができる。

[0069] 以上、種々の例示的实施形態について説明してきたが、上述した例示的实施形態に限定されることなく、様々な省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる実施形態における要素を組み合わせることで他の実施形態を形成することが可能である。

[0070] ここで、本開示に含まれる種々の例示的实施形態を、以下の [E 1] ～ [E 1 9] に記載する。

[0071] [E 1]

(a) シリコンを含むシャワーヘッドのガス導入口を通してチャンバ内に成膜ガスを供給して、前記ガス導入口の内壁に保護膜を形成する工程と、

(b) 前記保護膜が形成された前記ガス導入口を通して前記チャンバ内にエッチングガスを供給して、前記エッチングガスから生成されるプラズマにより、前記チャンバ内の基板をエッチングする工程と、

を含む、エッチング方法。

[0072] 上記方法 [E 1] によれば、(b) において、保護膜によりガス導入口の内壁を保護できる。

[0073] [E 2]

(c) 前記 (a) と前記 (b) との間において、前記基板を前記チャンバ内に提供する工程を更に含む、[E 1] に記載のエッチング方法。

[0074] この場合、基板が成膜ガスに晒されることを抑制できる。

[0075] [E 3]

前記 (a) における前記シャワーヘッドの温度は、前記 (b) における前記シャワーヘッドの温度よりも高い、[E 1] 又は [E 2] に記載のエッチング方法。

[0076] この場合、(a) において保護膜の形成が促進される一方、(b) において保護膜が除去され難い。

[0077] [E 4]

前記保護膜は金属を含む、[E 1] ~ [E 3] のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0078] [E 5]

前記成膜ガスは金属フッ化物ガスを含む、[E 4] に記載のエッチング方法。

[0079] [E 6]

前記保護膜はタングステンを含み、前記成膜ガスは六フッ化タングステンガスを含む、[E 5] に記載のエッチング方法。

[0080] [E 7]

前記保護膜はモリブデンを含み、前記成膜ガスは六フッ化モリブデンガスを含む、[E 5] 又は [E 6] に記載のエッチング方法。

[0081] [E 8]

前記 (a) では、前記チャンバ内においてプラズマが生成されない、[E 1] ～ [E 7] のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0082] [E 9]

(d) 前記 (a) の前に、前記シャワーヘッドの表面に形成されたシリコン酸化膜を除去する工程を更に含む、[E 1] ～ [E 8] のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0083] [E 10]

前記シリコン酸化膜は、フッ化水素ガスにより除去される、[E 9] に記載のエッチング方法。

[0084] [E 11]

前記エッチングガスは金属フッ化物ガスを含む、[E 1] ～ [E 10] のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0085] [E 12]

前記保護膜は、100 nm 以上 10 μ m 以下の厚さを有する、[E 1] ～ [E 11] のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0086] [E 13]

前記成膜ガスの流量は、前記エッチングガスの流量よりも大きい、[E 1] ～ [E 12] のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0087] この場合、保護膜を厚くすることができる。

[0088] [E 14]

前記シャワーヘッドは、前記チャンバの天部の少なくとも一部を構成し、
前記 (a) において、前記保護膜は、前記シャワーヘッドの下面にも形成される、[E 1] ～ [E 13] のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0089] [E 15]

前記保護膜は、前記ガス導入口の前記内壁において第１の厚さを有し、前記下面において前記第１の厚さよりも小さい第２の厚さを有する、〔Ｅ１４〕に記載のエッチング方法。

[0090] 〔Ｅ１６〕

（ｅ）前記（ｂ）の前に、前記チャンバの内壁にプリコートを形成する工程を更に含む、〔Ｅ１〕～〔Ｅ１５〕のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0091] 〔Ｅ１７〕

前記（ｅ）は、前記（ａ）と前記（ｂ）との間に行われる、〔Ｅ１６〕に記載のエッチング方法。

[0092] 〔Ｅ１８〕

前記プリコートは炭素を含む、〔Ｅ１６〕又は〔Ｅ１７〕に記載のエッチング方法。

[0093] 〔Ｅ１９〕

プラズマ処理装置であって、
シリコンを含み、ガス導入口を有するシャワーヘッドと、
チャンバと、
前記チャンバ内で基板を支持するための基板支持部と、
成膜ガス及びエッチングガスを、前記ガス導入口を通して前記チャンバ内に供給するように構成されたガス供給部と、
前記チャンバ内で前記エッチングガスからプラズマを生成するように構成されたプラズマ生成部と、
制御部と、
を備え、

前記制御部は、エッチング方法を実行するように、前記プラズマ処理装置を制御するように構成され、前記エッチング方法は、

（ａ）前記シャワーヘッドの前記ガス導入口を通して前記チャンバ内に前記成膜ガスを供給して、前記ガス導入口の内壁に保護膜を形成する工程と、

(b) 前記保護膜が形成された前記ガス導入口を通して前記チャンバ内に前記エッチングガスを供給して、前記エッチングガスから生成される前記プラズマにより、前記チャンバ内の前記基板をエッチングする工程と、を含む、プラズマ処理装置。

[0094] 以上の説明から、本開示の種々の実施形態は、説明の目的で本明細書で説明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の実施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特許請求の範囲によって示される。

符号の説明

[0095] 1…プラズマ処理装置、2…制御部、10…プラズマ処理チャンバ、11…基板支持部、12…プラズマ生成部、13…シャワーヘッド、13c…ガス導入口、20…ガス供給部、CG…成膜ガス、EG…エッチングガス、PF…保護膜、PL…プラズマ、W…基板。

請求の範囲

- [請求項1] （a）シリコンを含むシャワーヘッドのガス導入口を通してチャンバ内に成膜ガスを供給して、前記ガス導入口の内壁に保護膜を形成する工程と、
- （b）前記保護膜が形成された前記ガス導入口を通して前記チャンバ内にエッチングガスを供給して、前記エッチングガスから生成されるプラズマにより、前記チャンバ内の基板をエッチングする工程と、を含む、エッチング方法。
- [請求項2] （c）前記（a）と前記（b）との間において、前記基板を前記チャンバ内に提供する工程を更に含む、請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項3] 前記（a）における前記シャワーヘッドの温度は、前記（b）における前記シャワーヘッドの温度よりも高い、請求項1又は2に記載のエッチング方法。
- [請求項4] 前記保護膜は金属を含む、請求項1又は2に記載のエッチング方法。
- [請求項5] 前記成膜ガスは金属フッ化物ガスを含む、請求項4に記載のエッチング方法。
- [請求項6] 前記保護膜はタングステンを含み、前記成膜ガスは六フッ化タングステンガスを含む、請求項5に記載のエッチング方法。
- [請求項7] 前記保護膜はモリブデンを含み、前記成膜ガスは六フッ化モリブデンガスを含む、請求項5に記載のエッチング方法。
- [請求項8] 前記（a）では、前記チャンバ内においてプラズマが生成されない、請求項1又は2に記載のエッチング方法。
- [請求項9] （d）前記（a）の前に、前記シャワーヘッドの表面に形成されたシリコン酸化膜を除去する工程を更に含む、請求項1又は2に記載のエッチング方法。
- [請求項10] 前記シリコン酸化膜は、フッ化水素ガスにより除去される、請求項

9に記載のエッチング方法。

[請求項11] 前記エッチングガスは金属フッ化物ガスを含む、請求項1又は2に記載のエッチング方法。

[請求項12] 前記保護膜は、100nm以上10μm以下の厚さを有する、請求項1又は2に記載のエッチング方法。

[請求項13] 前記成膜ガスの流量は、前記エッチングガスの流量よりも大きい、請求項1又は2に記載のエッチング方法。

[請求項14] 前記シャワーヘッドは、前記チャンバの天部の少なくとも一部を構成し、

前記(a)において、前記保護膜は、前記シャワーヘッドの下面にも形成される、請求項1又は2に記載のエッチング方法。

[請求項15] 前記保護膜は、前記ガス導入口の前記内壁において第1の厚さを有し、前記下面において前記第1の厚さよりも小さい第2の厚さを有する、請求項14に記載のエッチング方法。

[請求項16] (e)前記(b)の前に、前記チャンバの内壁にプリコートを形成する工程を更に含む、請求項1又は2に記載のエッチング方法。

[請求項17] 前記(e)は、前記(a)と前記(b)との間に行われる、請求項16に記載のエッチング方法。

[請求項18] 前記プリコートは炭素を含む、請求項16に記載のエッチング方法。

[請求項19] プラズマ処理装置であって、
シリコンを含み、ガス導入口を有するシャワーヘッドと、
チャンバと、
前記チャンバ内で基板を支持するための基板支持部と、
成膜ガス及びエッチングガスを、前記ガス導入口を通して前記チャンバ内に供給するように構成されたガス供給部と、
前記チャンバ内で前記エッチングガスからプラズマを生成するように構成されたプラズマ生成部と、

制御部と、

を備え、

前記制御部は、エッチング方法を実行するように、前記プラズマ処理装置を制御するように構成され、前記エッチング方法は、

(a) 前記シャワーヘッドの前記ガス導入口を通して前記チャンバ内に前記成膜ガスを供給して、前記ガス導入口の内壁に保護膜を形成する工程と、

(b) 前記保護膜が形成された前記ガス導入口を通して前記チャンバ内に前記エッチングガスを供給して、前記エッチングガスから生成される前記プラズマにより、前記チャンバ内の前記基板をエッチングする工程と、

を含む、プラズマ処理装置。