

明 細 書

発明の名称： 基板処理方法及び基板処理装置

技術分野

[0001] 本開示の例示的实施形態は、基板処理方法及び基板処理装置に関する。

背景技術

[0002] 例えば、特許文献1にはシリコン酸化膜をエッチングする技術が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-122774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、マスクエッチングに対する誘電体膜のエッチングの選択比を向上させる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一つの例示的实施形態において、チャンバ内の基板支持器上に誘電体膜を有する基板を準備する工程と、HFガスと、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス、 $C_3H_2F_4$ ガス及び $C_3H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種の $C_xH_yF_z$ ガスを含む反応ガスからプラズマを生成し、前記誘電体膜をエッチングする工程と、を含み、前記エッチングする工程において、前記基板支持器の温度は $0^{\circ}C$ 以下に設定され、前記HFガスの流量は前記 $C_xH_yF_z$ ガスの流量よりも多い、基板処理方法が提供される。

発明の効果

[0006] 本開示の一つの例示的实施形態によれば、マスクエッチングに対する誘電体膜のエッチングの選択比を向上させる技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0007] [図1]基板処理装置 1 を概略的に示す図である。
- [図2]高周波電力 H F 及び電気バイアスの一例を示すタイミングチャートである。
- [図3]基板処理システム P S を概略的に示す図である。
- [図4]基板 W の断面構造の一例を示す図である。
- [図5]本処理方法を示すフローチャートである。
- [図6]エッチング後のマスク膜 M K の形状の一例を示す図である。
- [図7]エッチングの温度依存性の一例を示す図である。
- [図8]ステップ S T 2 2 における基板 W の断面構造の一例を示す図である。
- [図9]実験 1 の測定結果を示す図である。
- [図10]実験 2 の測定結果を示す図である。
- [図11]実験 2 の測定結果を示す図である。
- [図12]実験 3 の測定結果を示す図である。
- [図13]実験 3 の測定結果を示す図である。
- [図14]実験 4 の測定結果を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0008] 以下、本開示の各実施形態について説明する。
- [0009] 一つの例示的实施形態において、基板処理方法が提供される。基板処理方法は、チャンバ内の基板支持器上に誘電体膜を有する基板を準備する工程と、H F ガスと、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス、 $C_3H_2F_4$ ガス及び $C_3H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも 1 種の $C_xH_yF_z$ ガスを含む反応ガスからプラズマを生成し、誘電体膜をエッチングする工程と、を含み、エッチングする工程において、基板支持器の温度は 0°C 以下に設定され、H F ガスの流量は前記 $C_xH_yF_z$ ガスの流量よりも多い。
- [0010] 一つの例示的实施形態において、 $C_xH_yF_z$ ガスの流量は反応ガスの総流量に対して 20 体積%以下である。
- [0011] 一つの例示的实施形態において、H F ガスの流量は、反応ガスの総流量に対して 70 体積%以上である。

- [0012] 一つの例示的实施形態において、反応ガスは、ハロゲン含有ガスをさらに含む。
- [0013] 一つの例示的实施形態において、ハロゲン含有ガスは、塩素含有ガス、臭素含有ガス及びヨウ素含有ガスからなる群から選択される少なくとも1種である。
- [0014] 一つの例示的实施形態において、ハロゲン含有ガスは、 Cl_2 、 SiCl_2 、 SiCl_4 、 CCl_4 、 SiH_2Cl_2 、 Si_2Cl_6 、 CHCl_3 、 SO_2Cl_2 、 BCl_3 、 PCl_3 、 PCl_5 、 POCl_3 、 Br_2 、 HBr 、 CBr_2F_2 、 $\text{C}_2\text{F}_5\text{Br}$ 、 PBr_3 、 PBr_5 、 POBr_3 、 BBr_3 、 HI 、 CF_3I 、 $\text{C}_2\text{F}_5\text{I}$ 、 $\text{C}_3\text{F}_7\text{I}$ 、 IF_5 、 IF_7 、 I_2 及び PI_3 からなる群から選択される少なくとも1種のガスである。
- [0015] 一つの例示的实施形態において、反応ガスは、リン含有ガスを含む。
- [0016] 一つの例示的实施形態において、反応ガスは、酸素含有ガスを含む。
- [0017] 一つの例示的实施形態において、反応ガスは、ホウ素含有ガス及び硫黄含有ガスからなる群から選択される少なくとも1種をさらに含む。
- [0018] 一つの例示的实施形態において、プラズマは、反応ガスと不活性ガスを含む処理ガスから生成される。
- [0019] 一つの例示的实施形態において、誘電体膜は、シリコン含有膜である。
- [0020] 一つの例示的实施形態において、シリコン含有膜は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜及びポリシリコン膜からなる群から選択される少なくとも1種を含む。
- [0021] 一つの例示的实施形態において、基板は、誘電体膜上に少なくとも一つの開口を規定する有機膜又は金属含有膜からなるマスクを有する。
- [0022] 一つの例示的实施形態において、エッチングする工程は、基板支持器に電気バイアスを与えることを含み、基板支持器に電気バイアスが与えられる期間は、第1の期間と、前記第1の期間と交互の第2の期間とを含み、第1の期間における電気バイアスは0又は第1のレベルであり、第2の期間における電気バイアスは第1のレベルよりも大きい第2のレベルである。

- [0023] 一つの例示的实施形態において、エッチングする工程は、基板支持器又は基板支持器に対向する上部電極に、プラズマを生成するための高周波電力を供給することを含み、高周波電力が供給される期間は、第3の期間と、第3の期間と交互の第4の期間と含み、第3の期間における高周波電力のレベルは0又は第3のレベルであり、第4の期間における高周波電力のレベルは第3のレベルよりも大きい第4のレベルであり、第2の期間と第4の期間とは少なくとも一部が重複している。
- [0024] 一つの例示的实施形態において、電気バイアスは、パルス電圧である。
- [0025] 一つの例示的实施形態において、エッチングする工程は、基板支持器に対向する上部電極に、直流電圧又は低周波電力を供給することを含む。
- [0026] 一つの例示的实施形態において、エッチングする工程は、チャンバ内を第1の圧力とし、基板支持器に第1の電気バイアスを供給して、誘電体膜をエッチングする第1工程と、チャンバ内を第2の圧力とし、基板支持器に第2の電気バイアスを供給して、誘電体膜をエッチングする第2工程と、を含み、第1の圧力は第2の圧力と異なる、及び／又は第1の電気バイアスは第2の電気バイアスと異なる。
- [0027] 一つの例示的实施形態において、第1の圧力は、第2の圧力よりも大きい。
- [0028] 一つの例示的实施形態において、第1の電気バイアスの大きさの絶対値は、第2の電気バイアスの大きさの絶対値よりも大きい。
- [0029] 一つの例示的实施形態において、第1工程と第2工程とを交互に繰り返す。
- [0030] 一つの例示的实施形態において、基板処理方法が提供される。基板処理方法は、チャンバ内の基板支持器上に、シリコン酸化膜を含むシリコン含有膜を有する基板を準備する工程と、フッ素含有ガス及び $C_xH_yF_z$ （前記フッ素含有ガスとは異なるガスであり、 x は2以上の整数であり、 y 及び z は1以上の整数である。）を含む反応ガスからプラズマを生成し、シリコン含有膜をエッチングする工程と、を含み、エッチングする工程において、基板支持器

の温度は0℃以下に設定され、 $C_xH_yF_z$ ガスの流量は反応ガスの総流量に対して20体積%以下である。

[0031] 一つの例示的实施形態において、フッ素含有ガスは、前記チャンバ内でHF種を生成可能なガスである。

[0032] 一つの例示的实施形態において、 $C_xH_yF_z$ ガスは、1以上の CF_3 基を有する。

[0033] 一つの例示的实施形態において、 $C_xH_yF_z$ ガスは、 $C_3H_2F_4$ ガス、 $C_3H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス及び $C_5H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種を含む。

[0034] 一つの例示的实施形態において、反応ガスの中で、フッ素含有ガスの流量が最も多い。

[0035] 一つの例示的实施形態において、基板処理方法が提供される。基板処理方法は、チャンバ内の基板支持器上に、シリコン酸化膜を含むシリコン含有膜を有する基板を準備する工程と、チャンバ内でプラズマを生成する工程と、プラズマに含まれるHF種と $C_xH_yF_z$ （ x は2以上の整数であり、 y 及び z は1以上の整数である。）種を用いてシリコン含有膜をエッチングする工程と、を含み、プラズマは、HF種の量が最も多い。

[0036] 一つの例示的实施形態において、基板処理装置が提供される。基板処理装置は、チャンバ、チャンバ内に設けられ温度調整可能に構成された基板支持器、チャンバ内でプラズマを生成させるための電力を供給するプラズマ生成部、及び、制御部を備え、制御部は、基板支持器上に支持された基板の誘電体膜をエッチングするために、プラズマ生成部から供給する電力により、HFガスと、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス、 $C_3H_2F_4$ ガス及び $C_3H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種の $C_xH_yF_z$ ガスとを含む反応ガスをチャンバ内に導入してプラズマを生成する制御を実行し、制御において、基板支持器の温度は0℃以下に設定され、HFガスの流量は、 $C_xH_yF_z$ ガスの流量よりも多い。

[0037] 以下、図面を参照して、本開示の各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同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づいて上下左右等の位置関係を説明する。図面の寸法比率は実際の比率を示すものではなく、また、実際の比率は図示の比率に限られるものではない。

[0038] <基板処理装置 1 の構成>

図 1 は、一つの例示的实施形態に係る基板処理装置 1 を概略的に示す図である。一つの例示的实施形態に係る基板処理方法（以下「本処理方法」という）は、基板処理装置 1 を用いて実行されてよい。

[0039] 図 1 に示す基板処理装置 1 は、チャンバ 10 を備える。チャンバ 10 は、その中に内部空間 10 s を提供する。チャンバ 10 はチャンバ本体 12 を含む。チャンバ本体 12 は、略円筒形状を有する。チャンバ本体 12 は、例えばアルミニウムから形成される。チャンバ本体 12 の内壁面上には、耐腐食性を有する膜が設けられている。耐腐食性を有する膜は、酸化アルミニウム、酸化イットリウムなどのセラミックから形成され得る。

[0040] チャンバ本体 12 の側壁には、通路 12 p が形成されている。基板 W は、通路 12 p を通して内部空間 10 s とチャンバ 10 の外部との間で搬送される。通路 12 p は、ゲートバルブ 12 g により開閉される。ゲートバルブ 12 g は、チャンバ本体 12 の側壁に沿って設けられる。

[0041] チャンバ本体 12 の底部上には、支持部 13 が設けられている。支持部 13 は、絶縁材料から形成される。支持部 13 は、略円筒形状を有する。支持部 13 は、内部空間 10 s の中で、チャンバ本体 12 の底部から上方に延在している。支持部 13 は、基板支持器 14 を支持している。基板支持器 14 は、内部空間 10 s の中で基板 W を支持するように構成されている。

[0042] 基板支持器 14 は、下部電極 18 及び静電チャック 20 を有する。基板支持器 14 は、電極プレート 16 を更に有し得る。電極プレート 16 は、アルミニウムなどの導体から形成されており、略円盤形状を有する。下部電極 18 は、電極プレート 16 上に設けられている。下部電極 18 は、アルミニウムなどの導体から形成されており、略円盤形状を有する。下部電極 18 は、

電極プレート 16 に電氣的に接続されている。

- [0043] 静電チャック 20 は、下部電極 18 上に設けられている。基板 W は、静電チャック 20 の上面の上に載置される。静電チャック 20 は、本体及び電極を有する。静電チャック 20 の本体は、略円盤形状を有し、誘電体から形成される。静電チャック 20 の電極は、膜状の電極であり、静電チャック 20 の本体内に設けられている。静電チャック 20 の電極は、スイッチ 20 s を介して直流電源 20 p に接続されている。静電チャック 20 の電極に直流電源 20 p からの電圧が印加されると、静電チャック 20 と基板 W との間に静電引力が発生する。基板 W は、その静電引力によって静電チャック 20 に引き付けられて、静電チャック 20 によって保持される。
- [0044] 基板支持器 14 上には、エッジリング 25 が配置される。エッジリング 25 は、リング状の部材である。エッジリング 25 は、シリコン、炭化シリコン、又は石英などから形成され得る。基板 W は、静電チャック 20 上、且つ、エッジリング 25 によって囲まれた領域内に配置される。
- [0045] 下部電極 18 の内部には、流路 18 f が設けられている。流路 18 f には、チャンバ 10 の外部に設けられているチラーユニットから配管 22 a を介して熱交換媒体（例えば冷媒）が供給される。流路 18 f に供給された熱交換媒体は、配管 22 b を介してチラーユニットに戻される。基板処理装置 1 では、静電チャック 20 上に載置された基板 W の温度が、熱交換媒体と下部電極 18 との熱交換により、調整される。
- [0046] 基板処理装置 1 には、ガス供給ライン 24 が設けられている。ガス供給ライン 24 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 20 の上面と基板 W の裏面との間の間隙に供給する。
- [0047] 基板処理装置 1 は、上部電極 30 を更に備える。上部電極 30 は、基板支持器 14 の上方に設けられている。上部電極 30 は、部材 32 を介して、チャンバ本体 12 の上部に支持されている。部材 32 は、絶縁性を有する 9 材料から形成される。上部電極 30 と部材 32 は、チャンバ本体 12 の上部開口を閉じている。

- [0048] 上部電極 30 は、天板 34 及び支持体 36 を含み得る。天板 34 の下面は、内部空間 10s の側の下面であり、内部空間 10s を画成する。天板 34 は、発生するジュール熱の少ない低抵抗の導電体又は半導体から形成され得る。天板 34 は、天板 34 をその板厚方向に貫通する複数のガス吐出孔 34a を有する。
- [0049] 支持体 36 は、天板 34 を着脱自在に支持する。支持体 36 は、アルミニウムなどの導電性材料から形成される。支持体 36 の内部には、ガス拡散室 36a が設けられている。支持体 36 は、ガス拡散室 36a から下方に延びる複数のガス孔 36b を有する。複数のガス孔 36b は、複数のガス吐出孔 34a にそれぞれ連通している。支持体 36 には、ガス導入口 36c が形成されている。ガス導入口 36c は、ガス拡散室 36a に接続している。ガス導入口 36c には、ガス供給管 38 が接続されている。
- [0050] ガス供給管 38 には、流量制御器群 41 及びバルブ群 42 を介して、ガスソース群 40 が接続されている。流量制御器群 41 及びバルブ群 42 は、ガス供給部を構成している。ガス供給部は、ガスソース群 40 を更に含んでもよい。ガスソース群 40 は、複数のガスソースを含む。複数のガスソースは、本処理方法で用いられる処理ガスのソースを含む。流量制御器群 41 は、複数の流量制御器を含む。流量制御器群 41 の複数の流量制御器の各々は、マスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器である。バルブ群 42 は、複数の開閉バルブを含む。ガスソース群 40 の複数のガスソースの各々は、流量制御器群 41 の対応の流量制御器及びバルブ群 42 の対応の開閉バルブを介して、ガス供給管 38 に接続されている。
- [0051] 基板処理装置 1 では、チャンバ本体 12 の内壁面及び支持部 13 の外周に沿って、シールド 46 が着脱自在に設けられている。シールド 46 は、チャンバ本体 12 に反応副生物が付着することを防止する。シールド 46 は、例えば、アルミニウムから形成された母材の表面に耐腐食性を有する膜を形成することにより構成される。耐腐食性を有する膜は、酸化イットリウムなどのセラミックから形成され得る。

- [0052] 支持部 1 3 とチャンバ本体 1 2 の側壁との間には、バッフルプレート 4 8 が設けられている。バッフルプレート 4 8 は、例えば、アルミニウムから形成された部材の表面に耐腐食性を有する膜（酸化イットリウムなどの膜）を形成することにより構成される。バッフルプレート 4 8 には、複数の貫通孔が形成されている。バッフルプレート 4 8 の下方、且つ、チャンバ本体 1 2 の底部には、排気口 1 2 e が設けられている。排気口 1 2 e には、排気管 5 2 を介して排気装置 5 0 が接続されている。排気装置 5 0 は、圧力調整弁及びターボ分子ポンプなどの真空ポンプを含む。
- [0053] 基板処理装置 1 は、高周波電源 6 2 及びバイアス電源 6 4 を備えている。高周波電源 6 2 は、高周波電力 H F を発生する電源である。高周波電力 H F は、プラズマの生成に適した第 1 の周波数を有する。第 1 の周波数は、例えば 2 7 M H z ～ 1 0 0 M H z の範囲内の周波数である。高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 及び電極プレート 1 6 を介して下部電極 1 8 に接続されている。整合器 6 6 は、高周波電源 6 2 の負荷側（下部電極 1 8 側）のインピーダンスを高周波電源 6 2 の出力インピーダンスに整合させるための回路を有する。なお、高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して、上部電極 3 0 に接続されていてもよい。高周波電源 6 2 は、一例のプラズマ生成部を構成している。
- [0054] バイアス電源 6 4 は、電気バイアスを発生する電源である。バイアス電源 6 4 は、下部電極 1 8 に電氣的に接続されている。電気バイアスは、第 2 の周波数を有する。第 2 の周波数は、第 1 の周波数よりも低い。第 2 の周波数は、例えば 4 0 0 k H z ～ 1 3 . 5 6 M H z の範囲内の周波数である。電気バイアスは、高周波電力 H F と共に用いられる場合には、基板 W にイオンを引き込むために基板支持器 1 4 に与えられる。一例では、電気バイアスは、下部電極 1 8 に与えられる。電気バイアスが下部電極 1 8 に与えられると、基板支持器 1 4 上に載置された基板 W の電位は、第 2 の周波数で規定される周期内で変動する。なお、電気バイアスは、静電チャック 2 0 内に設けられたバイアス電極に与えられてもよい。
- [0055] 一実施形態において、電気バイアスは、第 2 の周波数を有する高周波電力

L Fであってもよい。高周波電力L Fは、高周波電力H Fと共に用いられる場合には、基板Wにイオンを引き込むための高周波バイアス電力として用いられる。高周波電力L Fを発生するように構成されたバイアス電源6 4は、整合器6 8及び電極プレート1 6を介して下部電極1 8に接続される。整合器6 8は、バイアス電源6 4の負荷側（下部電極1 8側）のインピーダンスをバイアス電源6 4の出力インピーダンスに整合させるための回路を有する。

[0056] なお、高周波電力H Fを用いずに、高周波電力L Fを用いて、即ち、単一の高周波電力のみを用いてプラズマを生成してもよい。この場合には、高周波電力L Fの周波数は、1 3. 5 6 M H zよりも大きな周波数、例えば4 0 M H zであってもよい。また、この場合には、基板処理装置1は、高周波電源6 2及び整合器6 6を備えなくてもよい。この場合には、バイアス電源6 4は一例のプラズマ生成部を構成する。

[0057] 別の実施形態において、電気バイアスは、パルス状の電圧（パルス電圧）であってもよい。この場合、バイアス電源は、直流電源であってもよい。バイアス電源は、電源自体がパルス電圧を供給するように構成されていてよく、バイアス電源の下流側に電圧をパルス化するデバイスを備えるように構成されてもよい。一例では、パルス電圧は、基板Wに負の電位が生じるように下部電極1 8に与えられる。パルス電圧は、矩形波であってもよく、三角波であってもよく、インパルスであってもよく、又はその他の波形を有していてもよい。

[0058] パルス電圧の周期は、第2の周波数で規定される。パルス電圧の周期は、二つの期間を含む。二つの期間のうち一方の期間におけるパルス電圧は、負極性の電圧である。二つの期間のうち一方の期間における電圧のレベル（即ち、絶対値）は、二つの期間のうち他方の期間における電圧のレベル（即ち、絶対値）よりも高い。他方の期間における電圧は、負極性、正極性の何れであってもよい。他方の期間における負極性の電圧のレベルは、ゼロよりも大きくてもよく、ゼロであってもよい。この実施形態において、バイアス電

源 6 4 は、ローパスフィルタ及び電極プレート 1 6 を介して下部電極 1 8 に接続される。なお、バイアス電源 6 4 は、下部電極 1 8 に代えて、静電チャック 2 0 内に設けられたバイアス電極に接続されてもよい。

[0059] 一実施形態において、バイアス電源 6 4 は、電気バイアスの連続波を下部電極 1 8 に与えてもよい。即ち、バイアス電源 6 4 は、電気バイアスを連続的に下部電極 1 8 に与えてもよい。

[0060] 別の実施形態において、バイアス電源 6 4 は、電気バイアスのパルス波を下部電極 1 8 に与えてもよい。電気バイアスのパルス波は、周期的に下部電極 1 8 に与えられ得る。電気バイアスのパルス波の周期は、第 3 の周波数で規定される。第 3 の周波数は、第 2 の周波数よりも低い。第 3 の周波数は、例えば 1 H z 以上、2 0 0 k H z 以下である。他の例では、第 3 の周波数は、5 H z 以上、1 0 0 k H z 以下であってもよい。

[0061] 電気バイアスのパルス波の周期は、二つの期間、即ち H 期間及び L 期間を含む。H 期間における電気バイアスのレベル（即ち、電気バイアスのパルスのレベル）は、L 期間における電気バイアスのレベルよりも高い。即ち、電気バイアスのレベルが増減されることにより、電気バイアスのパルス波が下部電極 1 8 に与えられてもよい。L 期間における電気バイアスのレベルは、ゼロよりも大きいてもよい。或いは、L 期間における電気バイアスのレベルは、ゼロであってもよい。即ち、電気バイアスのパルス波は、電気バイアスの下部電極 1 8 への供給と供給停止とを交互に切り替えることにより、下部電極 1 8 に与えられてもよい。ここで、電気バイアスが高周波電力 L F である場合には、電気バイアスのレベルは、高周波電力 L F の電力レベルである。電気バイアスが高周波電力 L F である場合には、電気バイアスのパルスにおける高周波電力 L F のレベルは、2 k W 以上であってもよい。電気バイアスが負極性の直流電圧のパルス波である場合には、電気バイアスのレベルは、負極性の直流電圧の絶対値の実効値である。電気バイアスのパルス波のデューティ比、即ち、電気バイアスのパルス波の周期において H 期間が占める割合は、例えば 1 % 以上、8 0 % 以下である。別の例では、電気バイアスの

パルス波のデューティ比は5%以上50%以下であってよい。或いは、電気バイアスのパルス波のデューティ比は、50%以上、99%以下であってもよい。なお、電気バイアスが供給される期間のうち、L期間が上述した第1の期間に、H期間が上述した第2の期間に相当する。また、L期間における電気バイアスのレベルが上述した0又は第1のレベルに、H期間における電気バイアスのレベルが上述した第2のレベルに相当する。

[0062] 一実施形態において、高周波電源62は、高周波電力HFの連続波を供給してもよい。即ち、高周波電源62は、高周波電力HFを連続的に供給してもよい。

[0063] 別の実施形態において、高周波電源62は、高周波電力HFのパルス波を供給してもよい。高周波電力HFのパルス波は、周期的に供給され得る。高周波電力HFのパルス波の周期は、第4の周波数で規定される。第4の周波数は、第2の周波数よりも低い。一実施形態において、第4の周波数は、第3の周波数と同じである。高周波電力HFのパルス波の周期は、二つの期間、即ちH期間及びL期間を含む。H期間における高周波電力HFの電力レベルは、二つの期間のうちL期間における高周波電力HFの電力レベルよりも高い。L期間における高周波電力HFの電力レベルは、ゼロよりも大きくてもよく、ゼロであってもよい。なお、高周波電力HFが供給される期間のうち、L期間が上述した第3の期間に、H期間が上述した第4の期間に相当する。また、L期間における高周波電力HFのレベルが上述した0又は第3のレベルに、H期間における電気バイアスのレベルが上述した第4のレベルに相当する。

[0064] なお、高周波電力HFのパルス波の周期は、電気バイアスのパルス波の周期と同期していてもよい。高周波電力HFのパルス波の周期におけるH期間は、電気バイアスのパルス波の周期におけるH期間と同期していてもよい。或いは、高周波電力HFのパルス波の周期におけるH期間は、電気バイアスのパルス波の周期におけるH期間と同期していなくてもよい。高周波電力HFのパルス波の周期におけるH期間の時間長は、電気バイアスのパルス波の

周期におけるH期間の時間長と同一であってもよく、異なってもよい。
高周波電力HFのパルス波の周期におけるH期間の一部又は全部が、電気バイアスのパルス波の周期におけるH期間と重複してもよい。

[0065] 図2は、高周波電力HF及び電気バイアスの一例を示すタイミングチャートである。図2は、高周波電力HF及び電気バイアスとしていずれもパルス波を用いる例である。図2において、横軸は時間を示す。図2において、縦軸は、高周波電力HF及び電気バイアスの電力レベルを示す。高周波電力HFの「L1」は、高周波電力HFが供給されていないか、又は、「H1」で示す電力レベルよりも低いことを示す。電気バイアスの「L2」は、電気バイアスが供給されていないか、又は、「H2」で示す電力レベルよりも低いことを示す。電気バイアスが負極性の直流電圧のパルス波である場合には、電気バイアスのレベルは、負極性の直流電圧の絶対値の実効値である。なお、図2の高周波電力HF及び電気バイアスの電力レベルの大きさは、両者の相対的な関係を示すものではなく、任意に設定されてよい。図2は、高周波電力HFのパルス波の周期が、電気バイアスのパルス波の周期と同期し、かつ、高周波電力HFのパルス波のH期間及びL期間の時間長と、電気バイアスのパルス波のH期間及びL期間の時間長が同一の例である。

[0066] 図1に戻って説明を続ける。基板処理装置1は、電源70を更に備えている。電源70は、上部電極30に接続されている。一例において、電源70は、プラズマ処理中、上部電極30に直流電圧又は低周波電力を供給するように構成されてよい。例えば、電源70は、上部電極30に負極性の直流電圧を供給してもよく、低周波電力を周期的に供給してもよい。直流電圧又は低周波電力はパルス波として供給してもよく、連続波として供給してもよい。この実施形態では、プラズマ処理空間10s内に存在する正イオンが上部電極30に引き込まれて衝突する。これにより、上部電極30から二次電子が放出される。放出された二次電子は、マスク膜MKを改質し、マスク膜MKのエッチング耐性を向上させる。また、二次電子は、プラズマ密度の向上に寄与する。また、二次電子の照射により、基板Wの帯電状態が中和される。

ため、エッチングにより形成された凹部内へのイオンの直進性が高められる。さらに、上部電極30がシリコン含有材料により構成されている場合には、正イオンの衝突により、二次電子とともにシリコンが放出される。放出されたシリコンは、プラズマ中の酸素と結合して酸化シリコン化合物としてマスク上に堆積して保護膜として機能する。以上より、上部電極30への直流電圧又は低周波電力の供給により、選択比の改善ばかりでなく、エッチングにより形成される凹部における形状異常の抑制、エッチングレートの改善等の効果が得られる。

[0067] 基板処理装置1においてプラズマ処理が行われる場合には、ガスがガス供給部から内部空間10sに供給される。また、高周波電力HF及び／又は電気バイアスが供給されることにより、上部電極30と下部電極18との間で高周波電界が生成される。生成された高周波電界が内部空間10sの中のガスからプラズマを生成する。

[0068] 基板処理装置1は、制御部80を更に備え得る。制御部80は、プロセッサ、メモリなどの記憶部、入力装置、表示装置、信号の入出力インターフェイス等を備えるコンピュータであり得る。制御部80は、基板処理装置1の各部を制御する。制御部80では、入力装置を用いて、オペレータが基板処理装置1を管理するためにコマンドの入力操作等を行うことができる。また、制御部80では、表示装置により、基板処理装置1の稼働状況を可視化して表示することができる。さらに、記憶部には、制御プログラム及びレシピデータが格納されている。制御プログラムは、基板処理装置1で各種処理を実行するために、プロセッサによって実行される。プロセッサは、制御プログラムを実行し、レシピデータに従って基板処理装置1の各部を制御する。一つの例示的实施形態において、制御部80の一部又は全てが基板処理装置1の外部の装置の構成の一部として設けられてよい。

[0069] <基板処理システムPSの構成>

図3は、1つの例示的实施形態に係る基板処理システムPSを概略的に示す図である。本処理方法は、基板処理システムPSを用いて実行されてもよ

い。

[0070] 基板処理システムPSは、基板処理室PM1～PM6（以下、総称して「基板処理モジュールPM」ともいう。）と、搬送モジュールTMと、ロードロックモジュールLLM1及びLLM2（以下、総称して「ロードロックモジュールLLM」ともいう。）と、ローダーモジュールLM、ロードポートLP1からLP3（以下、総称して「ロードポートLP」ともいう。）とを有する。制御部CTは、基板処理システムPSの各構成を制御して、基板Wに所定の処理を実行する。

[0071] 基板処理モジュールPMは、その内部において、基板Wに対して、エッチング処理、トリミング処理、成膜処理、アニール処理、ドーピング処理、リソグラフィ処理、クリーニング処理、アッシング処理等の処理を実行する。基板処理モジュールPMの一部は、測定モジュールであってよく、基板W上に形成された膜の膜厚や、基板W上に形成されたパターンの寸法等を測定してもよい。図1に示す基板処理装置1は、基板処理モジュールPMの一例である。

[0072] 搬送モジュールTMは、基板Wを搬送する搬送装置を有し、基板処理モジュールPM間又は基板処理モジュールPMとロードロックモジュールLLMとの間で、基板Wを搬送する。基板処理モジュールPM及びロードロックモジュールLLMは、搬送モジュールTMに隣接して配置されている。搬送モジュールTMと基板処理モジュールPM及びロードロックモジュールLLMは、開閉可能なゲートバルブによって空間的に隔離又は連結される。

[0073] ロードロックモジュールLLM1及びLLM2は、搬送モジュールTMとローダーモジュールLMとの間に設けられている。ロードロックモジュールLLMは、その内部の圧力を、大気圧又は真空に切り替えることができる。ロードロックモジュールLLMは、大気圧であるローダーモジュールLMから真空である搬送モジュールTMへ基板Wを搬送し、また、真空である搬送モジュールTMから大気圧であるローダーモジュールLMへ搬送する。

[0074] ローターモジュールLMは、基板Wを搬送する搬送装置を有し、ロードロ

ックモジュールLLMとロードボードLPとの間で基板Wを搬送する。ロードポートLP内の内部には、例えば25枚の基板Wが収納可能なFOUP (Front Opening Unified Pod) または空のFOUPが載置できる。ローダーモジュールLMは、ロードポートLP内のFOUPから基板Wを取り出して、ロードロックモジュールLLMに搬送する。また、ローダーモジュールLMは、ロードロックモジュールLLMから基板Wを取り出して、ロードボードLP内のFOUPに搬送する。

[0075] 制御部CTは、基板処理システムPSの各構成を制御して、基板Wに所定の処理を実行する。制御部CTは、プロセスの手順、プロセスの条件、搬送条件等が設定されたレシピを格納しており、当該レシピに従って、基板Wに所定の処理を実行するように、基板処理システムPSの各構成を制御する。制御部CTは、図1に示す基板処理装置1の制御部80の一部又は全部の機能を兼ねてもよい。

[0076] <基板Wの一例>

図4は、基板Wの断面構造の一例を示す図である。基板Wは、本処理方法が適用され得る基板の一例である。基板Wは、誘電体膜DFを有する。基板Wは、下地膜UF及びマスク膜MKを有してよい。図4に示すように、基板Wは、下地膜UF、誘電体膜DF及びマスク膜MKがこの順で積層されて形成されてよい。

[0077] 下地膜UFは、例えば、シリコンウェハやシリコンウェハ上に形成された有機膜、誘電体膜、金属膜、半導体膜等でよい。下地膜UFは、複数の膜が積層されて構成されてよい。

[0078] 誘電体膜DFは、シリコン含有膜でよい。シリコン含有膜は、例えば、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン酸窒化膜 (SiON膜)、Si-ARC膜である。誘電体膜DFは、多結晶シリコン膜を含んでよい。誘電体膜DFは、複数の膜が積層されて構成されてよい。例えば、誘電体膜DFは、シリコン酸化膜と多結晶シリコン膜とが交互に積層されて構成されてよい。一例では、誘電体膜DFは、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜とが交互に

積層された積層膜である。

[0079] 下地膜UF及び／又は誘電体膜DFは、CVD法、スピコート法等により形成されてよい。下地膜UF及び／又は誘電体膜DFは、平坦な膜であってよく、また、凹凸を有する膜であってもよい。

[0080] マスク膜MKは、誘電体膜DF上に形成されている。マスク膜MKは、誘電体膜DF上において少なくとも1つの開口OPを規定する。開口OPは、誘電体膜DF上の空間であって、マスク膜MKの側壁S1に囲まれている。すなわち、図4において、誘電体膜DFは、マスク膜MKによって覆われた領域と、開口OPの底部において露出した領域とを有する。

[0081] 開口OPは、基板Wの平面視（基板Wを図4の上から下に向かう方向に見た場合）において、任意の形状を有してよい。当該形状は、例えば、穴形状や線形状、穴形状と線形状との組み合わせであってよい。マスク膜MKは、複数の側壁S1を有し、複数の側壁S1が複数の開口OPを規定してもよい。複数の開口OPは、それぞれ線形状を有し、一定の間隔で並んでライン＆スペースのパターンを構成してもよい。また、複数の開口OPは、それぞれ穴形状を有し、アレイパターンを構成してもよい。

[0082] マスク膜MKは、例えば、有機膜や金属含有膜である。有機膜は、例えば、スピオンカーボン膜（SOC）、アモルファスカーボン膜、フォトレジスト膜でよい。金属含有膜は、例えば、タングステン、炭化タングステン、窒化チタンを含んでよい。マスク膜MKは、CVD法、スピコート法等により形成されてよい。開口OPは、マスク膜MKをエッチングすることで形成されてよい。マスク膜MKは、リソグラフィによって形成されてもよい。

[0083] 基板Wは、一例では、誘電体膜DFとして、下地膜UF上にシリコン酸化膜とシリコン窒化膜が積層された積層膜を有してよい。また、基板Wは、一例では、当該シリコン窒化膜上に、マスク膜MKとして、多結晶シリコン膜、ホウ化シリコン又は炭化タングステンを有してよい。また、マスク膜MKは、多結晶シリコン膜、ホウ化シリコン又は炭化タングステンを含む多層レジストであってよい。当該多層レジストは、一例では、多結晶シリコン膜上

に、ハードマスクを含むマスクを有する。ハードマスクは、一例では、シリコン酸化膜（TEOS膜）を有する。当該積層膜に含まれるシリコン窒化膜は、ハードマスクをマスクとしてエッチングされてよく、また、当該積層膜に含まれるシリコン酸化膜は、多結晶シリコン膜をマスクとしてエッチングされてよい。

[0084] <本処理方法の一例>

図5は、本処理方法を示すフローチャートである。本処理方法は、基板を準備する工程（ステップST1）と、エッチング工程（ステップST2）とを含む。以下では、図1に示す制御部80が基板処理装置1の各部を制御して、図4に示す基板Wに対して本処理方法を実行する場合を例に説明する。

[0085] （ステップST1：基板の準備）

ステップST1において、基板Wをチャンバ10の内部空間10s内に準備する。内部空間10s内において、基板Wは、基板支持器14の上面に配置され、静電チャック20により保持される。基板Wの各構成を形成するプロセスの少なくとも一部は、内部空間10s内で行われてよい。また、基板Wの各構成の全部又は一部が基板処理装置1の外部の装置又はチャンバで形成された後、基板Wが内部空間10s内に搬入され、基板支持器14の上面に配置されてもよい。

[0086] （ステップST2：エッチング工程）

ステップST2において、基板Wの誘電体膜DFのエッチングを実行する。ステップST2は、処理ガスを供給する工程（ステップST21）と、プラズマを生成する工程（ステップST22）とを含む。処理ガスから生成されたプラズマの活性種（イオン、ラジカル）により、誘電体膜DFがエッチングされる。

[0087] ステップST21において、ガス供給部から内部空間10s内に処理ガスを供給する。処理ガスは、フッ素含有ガス及び $C_xH_yF_z$ （前述のフッ素含有ガスと異なるガスであり、 x は2以上の整数であり、 y 及び z は1以上の整数である。）ガスを含む（以下、このガスを「 $C_xH_yF_z$ ガス」ともいう）反応ガ

スを含む。本実施形態では、別段の記載がない限り、反応ガスにはAr等の貴ガスは含まれない。

[0088] フッ素含有ガスは、プラズマ処理中に、チャンバ10内でフッ化水素(HF)種を生成可能なガスであってよい。HF種は、フッ化水素のガス、ラジカル及びイオンの少なくともいずれかを含む。一例では、フッ素含有ガスは、HFガス又はハイドロフルオロカーボンガスであってよい。また、フッ素含有ガスは、水素源及びフッ素源を含む混合ガスであってもよい。水素源は、例えば、 H_2 、 NH_3 、 H_2O 、 H_2O_2 又はハイドロカーボン(CH_4 、 C_3H_6 等)であってよい。フッ素源は、 NF_3 、 SF_6 、 WF_6 、 XeF_2 、フルオロカーボン又はハイドロフルオロカーボンであってよい。以下、これらのフッ素含有ガスを「HF系ガス」ともいう。HF系ガスを含む処理ガスから生成されるプラズマは、HF種(エッチャント)を多く含む。HF系ガスの流量は、 $C_xH_yF_z$ ガスの流量より多くてよい。HF系ガスは、主エッチャントガスでもよい。HF系ガスは、反応ガスの総流量に占める流量割合が最も大きくてよく、例えば、反応ガスの総流量に対して70体積%以上でよい。また、HF系ガスは、反応ガスの総流量に対して96体積%以下でよい。

[0089] $C_xH_yF_z$ ガスは、例えば、 $C_xH_yF_z$ (x が2以上の整数であり、 y 及び z は1以上の整数である)ガスを用いることができる。 $C_xH_yF_z$ (x が2以上の整数であり、 y 及び z は1以上の整数である)ガスとしては、具体的には、 $C_2H_5F_5$ ガス、 $C_2H_2F_4$ ガス、 $C_2H_3F_3$ ガス、 $C_2H_4F_2$ ガス、 $C_3H_5F_7$ ガス、 $C_3H_2F_2$ ガス、 $C_3H_2F_4$ ガス、 $C_3H_2F_6$ ガス、 $C_3H_3F_5$ ガス、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_5F_5$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス、 $C_5H_2F_6$ ガス、 $C_5H_2F_{10}$ ガス及び $C_5H_3F_7$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種を使用してよい。一例では、 $C_xH_yF_z$ ガスとして、 $C_3H_2F_4$ ガス、 $C_3H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_6$ ガス及び $C_4H_2F_8$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種を用いる。他の例では、 $C_xH_yF_z$ ガスとして、 $C_3H_2F_4$ ガス、 $C_3H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス及び $C_5H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種を用いる。 $C_xH_yF_z$ ガスとして、例えば、 $C_4H_2F_6$ ガスを用いる場合、 $C_4H_2F_6$ は直鎖状であってもよく

、環状であってもよい。

- [0090] $C_xH_yF_z$ ガスを含む処理ガスから生成したプラズマには、 $C_xH_yF_z$ ガスから解離する $C_xH_yF_z$ 種が含まれる。この $C_xH_yF_z$ 種には、2 以上の炭素原子を含む $C_xH_yF_z$ ラジカル（例えば、 C_2H_2F ラジカル、 $C_2H_2F_2$ ラジカル、 C_3HF_3 ラジカル。以下「 $C_xH_yF_z$ 系ラジカル」という。）が多く含まれる。 $C_xH_yF_z$ ラジカルは、マスク膜 MK の表面に、当該表面を保護する保護膜を形成する。当該保護膜は、誘電体膜 DF のエッチングにおける、マスク膜 MK のエッチングを抑制し得る。したがって、 $C_xH_yF_z$ 系ラジカルは、誘電体膜 DF のエッチングにおいて、マスク膜 MK に対する誘電体膜 DF の選択比（誘電体膜 DF のエッチングレートをマスク MK のエッチングレートで除した値である）を向上し得る。
- [0091] また、 $C_xH_yF_z$ ガスを含む処理ガスから生成するプラズマには、 $C_xH_yF_z$ ガスから解離した及び／又は $C_xH_yF_z$ 系ラジカルからさらに解離した HF 種が多く含まれる。HF 種は、フッ化水素のガス、ラジカル及びイオンの少なくともいずれかを含む。HF 種は、誘電体膜 DF のエッチャントとして機能する。プラズマ中に HF 種を多く含むことで、誘電体膜 DF のエッチングレートが向上し得る。
- [0092] $C_xH_yF_z$ ガスは、1 以上の CF_3 基を有してよい。 $C_xH_yF_z$ ガスが CF_3 基を有する場合、例えば CF_3 基に CH 基が単結合している場合は、その分子構造により、HF として解離しやすく、プラズマ中に HF 種を増加させ得る。
- [0093] なお、処理ガスは、上述した $C_xH_yF_z$ ガスの一部又は全部に代えて、 C_xF_z （ x が 2 以上の整数であり、 z は 1 以上の整数である）ガスを含んでよい。具体的には、 C_2F_2 、 C_2F_4 、 C_3F_8 、 C_4F_6 、 C_4F_8 及び C_5F_8 からなる群から選択される少なくとも 1 種を使用してもよい。これにより、プラズマ中の水素の量を抑制でき、例えば、過剰の水素によるモホロジーの悪化やチャンバ 10 内の水分の増加等を抑制し得る。ここで、モホロジーとは、マスク膜 MK の表面状態、開口 OP の真円度等のマスクの形状に関する特性を意味する。

- [0094] $C_xH_yF_z$ ガスの流量は、反応ガスの総流量に対して20体積%以下である。
 $C_xH_yF_z$ ガスの流量は、反応ガスの総流量に対して、例えば、15体積%以下、10体積%以下、5体積%以下でもよい。
- [0095] 反応ガスは、ハロゲン含有ガスを含んでよい。ハロゲン含有ガスは、エッチングにおけるマスク膜MKや誘電体膜DFの形状を調整し得る。ハロゲン含有ガスは、塩素含有ガス、臭素含有ガス及び／又はヨウ素含有ガスであってよい。塩素含有ガスとしては、 Cl_2 、 $SiCl_2$ 、 $SiCl_4$ 、 CCl_4 、 SiH_2Cl_2 、 Si_2Cl_6 、 $CHCl_3$ 、 SO_2Cl_2 、 BCl_3 、 PCl_3 、 PCl_5 、 $POCl_3$ 等のガスを使用してよい。臭素含有ガスとしては、 Br_2 、 HBr 、 CBr_2F_2 、 C_2F_5Br 、 PBr_3 、 PBr_5 、 $POBr_3$ 、 BBr_3 等のガスを使用してよい。ヨウ素含有ガスとしては、 HI 、 CF_3I 、 C_2F_5I 、 C_3F_7I 、 IF_5 、 IF_7 、 I_2 、 PI_3 等のガスを使用してよい。一例では、ハロゲン含有ガスとして、 Cl_2 ガス、 Br_2 ガス、 HBr ガス、 CF_3I ガス、 IF_7 ガス及び C_2F_5Br からなる群から選択される少なくとも1種が使用される。他の例では、ハロゲン含有ガスとして、 Cl_2 ガス及び HBr ガスが使用される。
- [0096] 反応ガスは、窒素含有ガスを含んでもよい。窒素含有ガスは、エッチングにおけるマスク膜MKの開口OPの閉塞を抑制し得る。窒素含有ガスは、例えば、 NF_3 ガス、 N_2 ガス及び NH_3 ガスからなる群から選択される少なくとも1種のガスでよい。
- [0097] 反応ガスは、酸素含有ガスを含んでよい。窒素含有ガスと同様に、酸素含有ガスは、エッチングにおけるマスク膜MKの閉塞を抑制し得る。酸素含有ガスとしては、例えば、 O_2 、 CO 、 CO_2 、 H_2O 及び H_2O_2 からなる群から選択される少なくとも1種のガスを使用してよい。一例では、反応ガスは、 H_2O 以外の酸素含有ガス、すなわち、 O_2 、 CO 、 CO_2 及び H_2O_2 からなる群から選択される少なくとも1種のガスを含む。酸素含有ガスは、マスク膜MKへのダメージが少なく、モロロジーの悪化を抑制し得る。
- [0098] 図6は、エッチング後のマスク膜MKの形状の一例を示す図である。図6は、基板Wと同一の構造を有するサンプル基板を基板処理装置1においてエ

エッチングした場合のマスク膜MKの形状（平面視）の一例である。図6において、「No.」は、エッチングしたサンプル基板の試料番号を示す。「処理ガス」は、エッチングに使用した処理ガスを示し、「A」は、HFガス、 $C_4H_2F_6$ ガス、 O_2 ガス、 NF_3 ガス、 HBr ガス及び Cl_2 ガスを含む処理ガス（以下「処理ガスA」という。）を示す。処理ガスAは、HFガスを反応ガスの総流量に対して80体積%以上含み、 O_2 ガスを反応ガスの総流量に対して4～5体積%含んでいる。「処理ガス」の「B」は、 NF_3 ガス含まず、その分 O_2 ガスの流量を増加させた点を除き、処理ガスAと同一の処理ガス（以下「処理ガスB」という。）を示す。処理ガスBは、 O_2 ガスを反応ガスの総流量に対して6～7体積%含む。「上部電極印加」の「あり」は、エッチング中に基板処理装置1の上部電極30に負極性の直流電圧を供給したことを示し、「なし」は、上部電極30に負極性の直流電圧を供給しなかったことを示す。図6の「マスク形状」からは、「上部電極印加」の「あり」の場合でも「なし」の場合でも、 NF_3 を含む処理ガスAを用いた場合（試料1及び試料3）は、開口OPの真円度の悪化や、マスク膜MKの表面に段差が生じたことが分かる。一方、 NF_3 ガス含まず、 O_2 ガスの流量を増加させた処理ガスBを用いた場合（試料2及び試料4）は、開口OPの真円度が高く、またマスク膜MKの表面に段差が生じておらず、処理ガスAを用いた場合（試料1及び試料3）に比べて、マスク膜MKのモホロジーが改善したことが分かる。

[0099] 反応ガスは、リン含有ガスを含んでよい。リン含有ガスとしては、例えば、 PF_3 、 PF_5 、 POF_3 、 HPF_6 、 PCl_3 、 PCl_5 、 $POCl_3$ 、 PBr_3 、 PBr_5 、 $POBr_3$ 、 PI_3 、 P_4O_{10} 、 P_4O_8 、 P_4O_6 、 PH_3 、 Ca_3P_2 、 H_3PO_4 及び Na_3PO_4 からなる群から選択される少なくとも1種のガスを使用してよい。これらの中で、 PF_3 、 PF_5 、 PCl_3 等のハロゲン化リン含有ガスを使用してもよく、例えば、 PF_3 、 PF_5 等のフッ化リン含有ガスを使用してもよい。

[0100] このほか、処理ガスは、 BF_3 、 BCl_3 、 BBr_3 、 B_2H_6 等のホウ素含有ガ

スを含んでもよい。また、処理ガスは、 SF_6 及び COS 等の硫黄含有ガスを含んでもよい。

[0101] 処理ガスは、上述した反応ガスに加えて不活性ガス（ Ar 等の貴ガス）を含んでもよい。

[0102] 内部空間10s内に供給された処理ガスの圧力は、チャンバ本体12に接続された排気装置50の圧力調整弁を制御することで調整される。処理ガスの圧力は、例えば、 5mTorr (0.7Pa) 以上 100mTorr (13.3Pa) 以下、 10mTorr (1.3Pa) 以上 60mTorr (8.0Pa) 以下、又は 20mTorr (2.7Pa) 以上 40mTorr (5.3Pa) 以下でよい。

[0103] 次に、ステップST22において、プラズマ生成部（高周波電源62及び／又はバイアス電源64）から高周波電力及び／又は電気バイアスを供給する。これにより、上部電極30と基板支持器14との間で高周波電界が生成され、内部空間10s内の処理ガスからプラズマが生成される。生成されたプラズマ中のイオン、ラジカルといった活性種が基板Wに引寄せられて、基板Wがエッチングされる。

[0104] ステップST22において、基板支持器14の温度は、 0°C 以下に設定される。設定する基板支持器14の温度は、例えば、 0°C 以下でよく、 -10°C 以下、 -20°C 以下、 -30°C 以下又は -40°C 以下、 -60°C 以下、 -70°C 以下でもよい。基板支持器14の温度は、チラーユニットから供給する熱交換媒体により調整され得る。

[0105] 図7は、エッチングの温度依存性の一例を示す図である。図7は、プラズマ処理装置1を用い、フッ化水素ガス及びアルゴンガスの混合ガスである処理ガスからプラズマを生成して、シリコン酸化膜をエッチングした実験結果を示す。この実験では、基板支持器14の温度を変更しながら、シリコン酸化膜をエッチングし、四重極型質量分析計（quadrupole mass analyzer）を用いて、シリコン酸化膜のエッチング時の気相中のフッ化水素（ HF ）の量と SiF_3 の量を測定した。図7の横軸は基板支持器14の温度 T ($^\circ\text{C}$)、縦

軸はフッ化水素（HF）及び SiF_3 の量（ヘリウムを基準に標準化した強度）を示す。

[0106] 図7に示すように、基板支持器14の温度が約 -60°C 以下の温度である場合に、エッチャントであるフッ化水素（HF）の量が減少し、シリコン酸化膜のエッチングにより生成される反応生成物である SiF_3 の量が増加していた。即ち、この実験では、基板支持器14の温度が約 -60°C 以下の温度である場合に、シリコン酸化膜のエッチングにおいて利用されるエッチャントの量が増加していた。

[0107] したがって、この実験より、基板支持器14の温度が低温であるほど、シリコン酸化膜のエッチングが促進されるため、マスク膜MKに対する誘電体膜DFの選択比を改善できることが分かった。なお、エッチャントの量が増加する温度は、反応ガス中のフッ化水素ガスの流量比や添加ガス等の処理条件との関係で変動する。このため、基板支持器14の温度は、特定条件の下で、基板支持器14の温度と、フッ化水素の量及び SiF_3 の量との関係を調べて、その結果に基づいて設定してもよい。

[0108] 図8は、ステップST22における基板Wの断面構造の一例を示す図である。ステップST22の実行中、マスク膜MKがマスクとして機能し、誘電体膜DFのうちマスク膜MKの開口OPに対応する部分が深さ方向（図8中上から下に向かう方向）にエッチングされ、凹部RCが形成される。凹部RCは、マスク膜MKの側壁S1と誘電体膜DFの側壁S2により囲まれた空間である。ステップST22において形成される凹部RCのアスペクト比は、20以上であってよく、30以上、40以上、50以上、又は100以上であってもよい。

[0109] 本処理方法においては、反応ガスは $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガスを含む。 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガスは、プラズマ中に、 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ 系ラジカルが高密度で生成される。 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ 系ラジカルは、マスク膜MKの表面（上面T1及び側壁S1）や誘電体膜DFの側壁S2に吸着して保護膜PFを形成する。なお、保護膜PFは、深さ方向（図8中上から下に向かう方向）に向かって薄くなり得る。保護膜PFは、ステ

ップS T 2 2の実行中にマスク膜MKの表面がエッチングにより除去されること（すなわちマスク膜MKのエッチングレートが増加すること）を抑制する。これにより、マスク膜MKに対する誘電体膜D Fの選択比が向上する。

[0110] 保護膜P Fは、誘電体膜D Fの横方向（図8の左右方向）のエッチングを抑制し得る。 $C_xH_yF_z$ ガスの流量が反応ガスの総流量に対して20体積%以下の場合、炭素がマスク膜MKの側壁S 1及び／又は誘電体膜D Fに過剰に堆積し、マスク膜MKの開口O Pが閉塞することがより抑制され得る。反応ガスが酸素含有ガスを含んでいる場合、炭素がマスク膜MKの側壁S 1及び／又は誘電体膜D Fに過剰に堆積し、マスク膜MKの開口O Pが閉塞することがより抑制され得る。以上の少なくとも一つの要因により、誘電体膜D Fに形成される凹部R Cの形状及び／又は寸法が適切に保たれ得る。

[0111] $C_xH_yF_z$ ガスは、プラズマ中にHF種が多く生成される。そのため、ステップS T 2 2の実行中、誘電体膜D Fに形成される凹部R Cの底部B TにまでHF系種（エッチャント）が十分に供給され得る。また、ステップS T 2 2の実行中、基板支持器14の温度は0℃以下の低温に制御される。基板Wの温度の上昇が抑制されることで、HF種（エッチャント）の凹部R Cの底部B Tでの吸着が促進され得る（HF種は、低温において吸着係数がより増加する）。以上の少なくとも一つの要因により、誘電体膜D Fのエッチングレートが向上し得る。

[0112] なお、ステップS T 2 2において、内部空間10s内にプラズマが生成されているときに、バイアス電源64から基板支持器14に電気バイアスのパルス波を周期的に与えてよい。電気バイアスのパルス波を周期的に与えることで、エッチングと保護膜P Fの形成とを交互に進行させ得る。

[0113] また、ステップS T 2の実行中、内部空間10sに供給する $C_xH_yF_z$ ガスの流量を変化させてよい。例えば、第1の分圧の $C_xH_yF_z$ ガスを含む反応ガスで第1のエッチングを行った後、第2の分圧の $C_xH_yF_z$ ガスを含む反応ガスで第2のエッチングを行ってよい。これにより、例えば、誘電体膜D Fが異なる材料の積層膜である場合に、エッチングする膜の材料に合わせて $C_xH_yF_z$ ガス

の流量を制御することで、当該積層膜を適切にエッチングし得る。

[0114] また、ステップST2の実行中、内部空間10sに供給する $C_xH_yF_z$ ガスの流量は、基板Wの平面視において、基板Wの中心部と周辺部で異なってよい。これにより、マスク膜MKの側壁S1に囲まれた開口OPの寸法が、基板Wの中心部と周辺部で異なる場合であっても、 $C_xH_yF_z$ ガスの流量の分布を制御することで、当該寸法のばらつきを補正し得る。

[0115] また、ステップST2の実行中、チャンバ10（内部空間10s）内の圧力やバイアス電源64から基板支持器14に供給する電気バイアスを変更してよい。例えば、ステップST2は、チャンバ10内を第1の圧力とし、基板支持器14に第1の電気バイアスを供給し、誘電体膜DFをエッチングする第1工程と、チャンバ10内を第2の圧力とし、基板支持器14に第2の電気バイアスを供給し、誘電体膜DFをエッチングする第2工程とを含んでよい。ステップST2は、第1工程と第2工程とを交互に繰り返してもよい。第1の圧力は、第2の圧力と異なってよく、例えば、第2の圧力より大きくてよい。第1の電気バイアスは、第2の電気バイアスと異なってよく、例えば、第1の電気バイアスの絶対値は、第2の電気バイアスの絶対値より大きくてよい。第1の圧力、第2の圧力、第1の電気バイアス及び第2の電気バイアスを適宜調整することで、例えば、第1工程で凹部RCが下地膜UFに到達するまで又は到達する直前まで誘電体膜DFを異方性エッチングし、第2工程で凹部RCの底部を横方向に拡大するように等方性エッチングしてよい。

[0116] 以下、本処理方法を評価するために行った各種実験について説明する。本開示は、以下の実験によって何ら限定されるものではない。

[0117] （実験1）

図9は、実験1の測定結果を示す図である。実験1では、各種反応ガスにおけるHF種の生成量を測定した。実験1では、基板処理装置1の内部空間10sに、反応ガスとして $C_4H_2F_6$ ガス、 C_4F_8 ガス、 C_4F_6 ガス及び CH_2F_2 ガスのいずれか一つとArガスとを供給して10分間プラズマを生成し、プ

ラズマ生成前とプラズマ生成後のHF強度を四重極型質量分析計 (quadrupole mass analyzer) で測定した。基板支持器14の温度は -40°C に設定した。図9の縦軸は、プラズマ生成前のHF強度とプラズマ生成後のHF強度との差を示す。縦軸の値が大きいほどプラズマ中のHF種の生成量が多いことを意味する。

[0118] 図9に示すように、本処理方法の反応ガスの一実施例にかかる $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスは、水素元素を含まない C_4F_8 ガス及び C_4F_6 ガスはもとより、水素元素を含む CH_2F_2 ガスに比べても、プラズマ中のHF種の生成量が多かった。

[0119] (実験2)

図10及び図11は、実験2の測定結果を示す図である。実験2では、各種処理ガスにおけるエッチングレート及び選択比を測定した。実験2では、基板Wと同一の構造を有するサンプル基板を基板支持器14上に準備した。サンプル基板は、シリコン膜上に誘電体膜DFとして酸化シリコン、マスク膜MKとして有機膜を有していた。基板処理装置1の内部空間10sに処理ガスを供給してプラズマを生成し、当該サンプル基板の誘電体膜DFをエッチングした。基板支持器14の温度は -40°C に設定した。図10及び図11に示すように、処理ガス中の反応ガスが C_4F_8 ガス、 CH_2F_2 ガス又は $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスのいずれかを含むそれぞれの場合において、誘電体膜DFのエッチングレート (E/R [nm/min]、図10) と、誘電体膜DFのマスク膜MKに対する選択比 (Selectivity、図11) とを測定した。 C_4F_8 ガスの流量は、反応ガスの総流量の5体積%であった。 CH_2F_2 ガスの流量は、反応ガスの総流量の15体積%であった。 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスの流量は、反応ガスの総流量の5体積%であった。反応ガスは、HFガスを反応ガスの総流量に対して70～90体積%含んでいた。

[0120] 図10及び図11に示すように、本処理方法の反応ガスの一実施例にかかる $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスを含む処理ガスは、 C_4F_8 ガス又は CH_2F_2 ガスを反応ガスとして含む処理ガスに比べて、エッチングレート及び選択比のいずれも高かった。

[0121] (実験3)

図12及び図13は、実験3の測定結果を示す図である。実験3では、凹部RCのアスペクト比を変更した場合の各種処理ガスにおけるエッチングレート及びボーイングCDを測定した。実験3では、実験2と同一の構造を有するサンプル基板を基板支持器14上に準備した。基板処理装置1の内部空間10sに処理ガスを供給してプラズマを生成し、当該サンプル基板の誘電体膜DFをエッチングした。基板支持器14の温度は -40°C に設定した。図12及び図13は、処理ガス中の反応ガスが C_4F_8 ガス又は $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスを含むそれぞれについて、凹部RCのアスペクト比(AR)を変更した場合のマスク膜MKに対する誘電体膜DFの選択比(Selectivity、図12)と、誘電体膜DFの凹部RCの最大幅(ボーイングCD: CD_m [nm]、図13)との関係を示す。なお、選択比は、誘電体膜DFのエッチングレートをマスク膜MKのエッチングレートで除することで求めることができる。 C_4F_8 ガス又は $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスは、反応ガスの総流量の5体積%であった。反応ガスは、HFガスを反応ガスの総流量に対して90体積%以上含んでいた。

[0122] 図12及び図13に示すように、本処理方法の処理ガスの一実施例にかかる $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスを含む反応ガスを用いた場合は、誘電体膜DFに形成される凹部RCのアスペクト比が高くなっても、 C_4F_8 ガスを含む反応ガスを用いた場合に比べて、高い選択比を維持するとともに、ボーイングCDの増加が抑制されていた。

[0123] (実験4)

図14は、実験4の測定結果を示す図である。実験4では、基板処理装置1のチャンバ10を酸素ガスによりクリーニングするときに発生するCOの発光スペクトル強度(CO強度)の経時変化を測定した。図14において、CH1は、 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスを反応ガスの総流量に対して4体積%含む処理ガスを用いて実験2と同一の構造を有するサンプル基板のエッチングを行った後のチャンバである。CH2は、 $\text{C}_4\text{H}_2\text{F}_6$ ガスを反応ガスの総流量に対して16体積%含む処理ガスを用いて実験2と同一の構造を有するサンプル基板のエッ

チングを行った後のチャンバである。CO強度は、クリーニングガス（酸素ガス）がチャンバ10内の炭素含有堆積物と反応することで計測されるものであり、チャンバ内のクリーニング進捗の目安とすることができる。

[0124] 図14に示すように、CH1におけるCO強度は、クリーニング開始直後にピークに達し、その後に急激に減少し、クリーニング開始後20～30秒で0になった。CH2におけるCO強度は、CH1よりも低いピーク値を有し、減少量も緩やかで、クリーニング開始後200秒でも0にならなかった。すなわち、本処理方法の反応ガスの一実施例にかかる $C_4H_2F_6$ ガスを含む処理ガスを用いた場合は、 CH_2F_2 ガスを含む処理ガスを用いた場合に比べて、エッチング後のチャンバのクリーニング時間を短縮することができた。

[0125] また、開示する実施形態は、以下の態様をさらに含む。

[0126] （付記1）

HFガスと、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス、 $C_3H_2F_4$ ガス及び $C_3H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも1つの $C_xH_yF_z$ ガスとを含む反応ガスであって、前記HFガスの流量は前記 $C_xH_yF_z$ ガスの流量よりも多い、エッチングガス組成物。

[0127] （付記2）

前記 $C_xH_yF_z$ ガスの流量は前記反応ガスの総流量に対して20体積%以下である、付記1に記載のエッチングガス組成物。

[0128] （付記3）

前記HFガスの流量は、前記反応ガスの総流量に対して70体積%以上である、付記1又は2に記載のエッチングガス組成物。

[0129] （付記4）

前記反応ガスは、ハロゲン含有ガスをさらに含む、付記1乃至付記3のいずれか1項に記載のエッチングガス組成物。

[0130] （付記5）

前記ハロゲン含有ガスは、塩素含有ガス、臭素含有ガス及びヨウ素含有ガスからなる群から選択される少なくとも1種である、付記4に記載のエッチ

ングガス組成物。

[0131] (付記6)

前記ハロゲン含有ガスは、 Cl_2 、 SiCl_2 、 SiCl_4 、 CCl_4 、 SiH_2Cl_2 、 Si_2Cl_6 、 CHCl_3 、 SO_2Cl_2 、 BCl_3 、 PCl_3 、 PCl_5 、 POCl_3 、 Br_2 、 HBr 、 CB_2F_2 、 $\text{C}_2\text{F}_5\text{Br}$ 、 PBr_3 、 PBr_5 、 POBr_3 、 BB_3 、 HI 、 CF_3I 、 $\text{C}_2\text{F}_5\text{I}$ 、 $\text{C}_3\text{F}_7\text{I}$ 、 IF_5 、 IF_7 、 I_2 及び PI_3 からなる群から選択される少なくとも1種である、付記4に記載のエッチングガス組成物。

[0132] (付記7)

前記反応ガスは、リン含有ガスを含む、付記1乃至付記5のいずれか1項に記載のエッチングガス組成物。

[0133] (付記8)

前記反応ガスは、酸素含有ガスをさらに含む、付記1乃至付記7のいずれか1項に記載のエッチングガス組成物。

[0134] (付記9)

前記反応ガスは、ホウ素含有ガス及び硫黄含有ガスからなる群から選択される少なくとも1種をさらに含む、付記1乃至付記8のいずれか1項に記載のエッチングガス組成物。

[0135] 本処理方法は、本開示の範囲及び趣旨から逸脱することなく種々の変形をなし得る。例えば、本処理方法は、容量結合型の基板処理装置1以外にも、誘導結合型プラズマやマイクロ波プラズマ等、任意のプラズマ源を用いた基板処理装置を用いて実行してよい。

符号の説明

[0136] 1……基板処理装置、10……チャンバ、10s……内部空間、12……チャンバ本体、14……基板支持器、16……電極プレート、18……下部電極、20……静電チャック、30……上部電極、50……排気装置、62……高周波電源、64……バイアス電源、80……制御部、CT……制御部、DF……誘電体膜、MK……マスク膜、OP……開口、PF……保護膜、R

C……凹部、U F……下地膜、W……基板

請求の範囲

- [請求項1] チャンバ内の基板支持器上に誘電体膜を有する基板を準備する工程と、
- HF ガスと、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス、 $C_3H_2F_4$ ガス及び $C_3H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種の $C_xH_yF_z$ ガスを
含む反応ガスからプラズマを生成し、前記誘電体膜をエッチングする
工程と、を含み、
- 前記エッチングする工程において、前記基板支持器の温度は $0^{\circ}C$ 以下に設定され、前記HF ガスの流量は前記 $C_xH_yF_z$ ガスの流量よりも
多い、基板処理方法。
- [請求項2] 前記 $C_xH_yF_z$ ガスの流量は前記反応ガスの総流量に対して20体積
%以下である、請求項1に記載の基板処理方法。
- [請求項3] 前記HF ガスの流量は、前記反応ガスの総流量に対して70体積%
以上である、請求項1又は請求項2に記載の基板処理方法。
- [請求項4] 前記反応ガスは、ハロゲン含有ガスをさらに含む、請求項1乃至請
求項3のいずれか1項に記載の基板処理方法。
- [請求項5] 前記ハロゲン含有ガスは、塩素含有ガス、臭素含有ガス及びヨウ素
含有ガスからなる群から選択される少なくとも1種である、請求項4
に記載の基板処理方法。
- [請求項6] 前記ハロゲン含有ガスは、 Cl_2 、 $SiCl_2$ 、 $SiCl_4$ 、 CCl_4
、 SiH_2Cl_2 、 Si_2Cl_6 、 $CHCl_3$ 、 SO_2Cl_2 、 BCl_3 、 PCl_3 、 PCl_5 、 $POCl_3$ 、 Br_2 、 HBr 、 CBr_2F_2 、 C_2F_5Br 、
 PBr_3 、 PBr_5 、 $POBr_3$ 、 BBr_3 、 HI 、 CF_3I 、 C_2F_5I 、 C_3F_7I 、 IF_5 、 IF_7 、 I_2 及び PI_3 からなる群から選択される少なく
とも1種のガスである、請求項4に記載の基板処理方法。
- [請求項7] 前記反応ガスは、リン含有ガスを含む、請求項1乃至請求項6のい
ずれか1項に記載の基板処理方法。
- [請求項8] 前記反応ガスは、酸素含有ガスを含む、請求項1乃至請求項7のい

ずれか 1 項に記載の基板処理方法。

[請求項9] 前記反応ガスは、ホウ素含有ガス及び硫黄含有ガスからなる群から選択される少なくとも 1 種をさらに含む、請求項 1 乃至請求項 8 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

[請求項10] 前記プラズマは、前記反応ガスと不活性ガスとを含む処理ガスから生成される、請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

[請求項11] 前記誘電体膜は、シリコン含有膜である、請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

[請求項12] 前記シリコン含有膜は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜及びポリシリコン膜からなる群から選択される少なくとも 1 種を含む、請求項 11 に記載の基板処理方法。

[請求項13] 前記基板は、前記誘電体膜上に少なくとも一つの開口を規定する有機膜又は金属含有膜からなるマスクを有する、請求項 1 乃至請求項 12 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

[請求項14] 前記エッチングする工程は、前記基板支持器に電気バイアスを与えることを含み、

前記基板支持器に前記電気バイアスが与えられる期間は、第 1 の期間と、前記第 1 の期間と交互の第 2 の期間とを含み、

前記第 1 の期間における電気バイアスは 0 又は第 1 のレベルであり、前記第 2 の期間における電気バイアスは前記第 1 のレベルよりも大きい第 2 のレベルである、請求項 1 乃至請求項 13 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

[請求項15] 前記エッチングする工程は、前記基板支持器又は前記基板支持器に対向する上部電極に、プラズマを生成するための高周波電力を供給することを含み、

前記高周波電力が供給される期間は、第 3 の期間と、前記第 3 の期間と交互の第 4 の期間とを含み、

前記第3の期間における前記高周波電力のレベルは0又は第3のレベルであり、前記第4の期間における前記高周波電力のレベルは前記第3のレベルよりも大きい第4のレベルであり、

前記第2の期間と前記第4の期間とは少なくとも一部が重複している、

請求項14に記載の基板処理方法。

[請求項16] 前記電気バイアスは、パルス電圧である、請求項14又は請求項15のいずれかに記載の基板処理方法。

[請求項17] 前記エッチングする工程は、前記基板支持器に対向する上部電極に、直流電圧又は低周波電力を供給することを含む、請求項1乃至請求項16のいずれか1項に記載の基板処理方法。

[請求項18] 前記エッチングする工程は、
前記チャンバ内を第1の圧力とし、前記基板支持器に第1の電気バイアスを供給して、前記誘電体膜をエッチングする第1工程と、
前記チャンバ内を第2の圧力とし、前記基板支持器に第2の電気バイアスを供給して、前記誘電体膜をエッチングする第2工程と、
を含み、

前記第1の圧力は前記第2の圧力と異なる、及び／又は前記第1の電気バイアスは前記第2の電気バイアスと異なる、請求項1乃至請求項17のいずれか1項に記載の基板処理方法。

[請求項19] 前記第1の圧力は、前記第2の圧力よりも大きい、請求項18に記載の基板処理方法。

[請求項20] 前記第1の電気バイアスの大きさの絶対値は、前記第2の電気バイアスの大きさの絶対値よりも大きい、請求項18又は請求項19のいずれかに記載の基板処理方法。

[請求項21] 前記第1工程と前記第2工程とを交互に繰り返す、請求項18乃至請求項20のいずれか1項に記載の基板処理方法。

[請求項22] チャンバ内の基板支持器上に、シリコン酸化膜を含むシリコン含有

膜を有する基板を準備する工程と、

フッ素含有ガス及び $C_xH_yF_z$ （前記フッ素含有ガスと異なるガスであり、 x は2以上の整数であり、 y 及び z は1以上の整数である。）を含む反応ガスからプラズマを生成し、前記シリコン含有膜をエッチングする工程と、を含み、

前記エッチングする工程において、前記基板支持器の温度は 0°C 以下に設定され、前記 $C_xH_yF_z$ ガスの流量は前記反応ガスの総流量に対して20体積%以下である、基板処理方法。

[請求項23] 前記フッ素含有ガスは、前記チャンバ内でHF種を生成可能なガスである、請求項22に記載の基板処理方法。

[請求項24] 前記 $C_xH_yF_z$ ガスは、1以上の CF_3 基を有する、請求項22又は請求項23に記載の基板処理方法。

[請求項25] 前記 $C_xH_yF_z$ ガスは、 $C_3H_2F_4$ ガス、 $C_3H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス及び $C_5H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種を含む、請求項24に記載の基板処理方法。

[請求項26] 前記反応ガスの中で、前記フッ素含有ガスの流量が最も多い、請求項22乃至請求項25のいずれか1項に記載の基板処理方法。

[請求項27] チャンバ内の基板支持器上に、シリコン酸化膜を含むシリコン含有膜を有する基板を準備する工程と、

前記チャンバ内でプラズマを生成する工程と、

前記プラズマに含まれるHF種及び $C_xH_yF_z$ （ x は2以上の整数であり、 y 及び z は1以上の整数である。）種を用いて前記シリコン含有膜をエッチングする工程と、を含み、

前記プラズマは、前記HF種の量が最も多い、基板処理方法。

[請求項28] チャンバ、前記チャンバ内に設けられ温度調整可能に構成された基板支持器、前記チャンバ内でプラズマを生成させるための電力を供給するプラズマ生成部、及び、制御部を備え、

前記制御部は、前記基板支持器上に支持された基板の誘電体膜をエ

ッティングするために、前記プラズマ生成部から供給する電力により、
H F ガスと、 $C_4H_2F_6$ ガス、 $C_4H_2F_8$ ガス、 $C_3H_2F_4$ ガス及び $C_3H_2F_6$ ガスからなる群から選択される少なくとも1種の $C_xH_yF_z$ ガスと
を含む反応ガスを前記チャンバ内に導入してプラズマを生成する制御
を実行し、前記制御において、前記基板支持器の温度は $0^{\circ}C$ 以下に設
定され、前記H F ガスの流量は、前記 $C_xH_yF_z$ ガスの流量よりも多い
、基板処理装置。