

貴社整理番号：210201SG01

弊所整理番号：T1233ANP0009-SG/KAT

【書類名】明細書

【発明の名称】基板処理装置及び基板処理方法

【技術分野】

【0001】

本開示の例示的实施形態は、基板処理装置及び基板処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、特許文献1にはプラズマを処理するチャンバの内側をコーティングする技術が開示されている

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2016-208034号公報

【概要】

【0004】

本開示の一つの例示的实施形態において、チャンバと、前記チャンバ内に設けられた基板支持器と、前記チャンバ内に配けられ、 HF ガス及び $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガス（ x 及び z は1以上の整数であり、 y は0以上の整数である。）を含む反応ガスの供給源に接続されるガス供給部と、前記ガス供給部から前記チャンバ内に供給される前記反応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、を備え、前記チャンバ内で前記プラズマに暴露される部分の少なくとも一部が導電性のシリコン含有材料で構成されている、基板処理装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図1】基板処理装置1を概略的に示す図である。

【図2】チャンバ本体12の断面構造の一例を説明するための図である。

【図3】基板Wの断面構造の一例を示す図である。

【図4】本処理方法を示すフローチャートである。

【図5】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】ステップST3における基板Wの断面構造の一例を示す図である。

【詳細な説明】

【0006】

以下、本開示の各実施形態について説明する。

【0007】

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、チャンバと、チャンバ内に設けられた基板支持器と、チャンバ内に設けられ、 HF ガス及び $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガス（ x 及び z は1以上の整数であり、 y は0以上の整数である。）を含む反応ガスの供給源に接続されるガス供給部と、ガス供給部からチャンバ内に供給される反応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、を備え、チャンバ内でプラズマに暴露される部分の少なくとも一部が導電性のシリコン含有材料で構成されている。

【0008】

一つの例示的实施形態において、チャンバ内に供給される $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガスの流量は、反応ガスの総流量に対して5体積%以上である。

【0009】

一つの例示的实施形態において、チャンバの内壁は、導電性のシリコン含有材料からな

るライナーが取り付けられて構成されている。

【0010】

一つの例示的实施形態において、基板支持器に対向して配置される上部電極をさらに備え、上部電極は、ガス供給部を有する。

【0011】

一つの例示的实施形態において、上部電極は、反応ガスをチャンバ内に供給する複数のガス吐出孔を有する天板を備え、天板が導電性のシリコン材料で構成されている。

【0012】

一つの例示的实施形態において、チャンバに負の直流電圧又は低周波RF電力を供給するための電源を備える。

【0013】

一つの例示的实施形態において、上部電極に負の直流電圧又は低周波RF電力を供給するための電源を備える。

【0014】

一つの例示的实施形態において、チャンバを構成する側壁は、ガス供給部を有する。

【0015】

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含有膜を有する基板を準備する工程と、HFガス及び $C_xH_yF_z$ ガス（ x 及び z は1以上の整数であり、 y は0以上の整数である。）を含む反応ガスをチャンバ内に供給する工程と、シリコン含有膜をエッチングするために、チャンバ内に供給された反応ガスからプラズマを生成する工程と、を含み、チャンバ内でプラズマに暴露される部分の少なくとも一部が導電性のシリコン含有材料で構成されている。

【0016】

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5体積%以上である。

【0017】

一つの例示的实施形態において、チャンバの内壁は、導電性のシリコン含有材料からなるライナーが取り付けられて構成されている。

【0018】

一つの例示的实施形態において、プラズマを生成する工程において、チャンバに負の直流電圧又は低周波RF電力を供給する。

【0019】

一つの例示的实施形態において、チャンバを構成する側壁は、反応ガスをチャンバ内に供給するガス供給部を備える。

【0020】

一つの例示的实施形態において、基板支持器に対向して配置される上部電極をさらに備え、上部電極は、反応ガスをチャンバ内に供給するガス供給部を備える。

【0021】

一つの例示的实施形態において、上部電極は、反応ガスをチャンバ内に供給する複数のガス吐出孔を有する天板を備え、天板が導電性のシリコン材料で構成されている。

【0022】

一つの例示的实施形態において、プラズマを生成する工程において、上部電極に負の直流電圧又は低周波RF電力を供給する。

【0023】

一つの例示的实施形態において、 $C_xH_yF_z$ ガスは、 $C_4H_2F_6$ 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 種である。

【0024】

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、ハロゲン含有ガス、酸素含有ガス及び窒素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。

【0025】

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。

【0026】

＜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。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 10s 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。

【0027】

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

【0028】

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 10s 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 10s の中で基板 W を支持するように構成されている。

【0029】

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。

【0030】

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 20s を介して直流電源 20p に接続されている。静電チャック 20 の電極に直流電源 20p 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。

【0031】

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

貴社整理番号：210201SG01

弊所整理番号：T1233ANP0009-SG/KAT

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。

【0032】

下部電極18の内部には、流路18fが設けられている。流路18f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22aを介して熱交換媒体（例えば冷媒）が供給される。流路18fに供給された熱交換媒体は、配管22b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。

【0033】

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。

【0034】

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。

【0035】

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、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。

【0036】

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。

【0037】

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。ガス供給管38、流量制御器群41及びバルブ群42は、ガスの供給源を構成している。当該ガスの供給源は、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、処理ガスのソースを含む。ガスソース群40は、少なくとも、HFガスのソース及び $C_xH_yF_z$ ガス（x及びzは1以上の整数であり、yは0以上の整数である。）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。

【0038】

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。

【0039】

支持部13とチャンバ本体12の側壁との間には、バッフルプレート48が設けられている。バッフルプレート48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48には、複数の貫通孔が形成されている。バッフルプレート48の下方、且つ、チャンバ本体12の底部には、排気口12eが設けられている。排気口12eには、排気管52を介して排気装置50が接続されている。排気装置50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。

【0040】

基板処理装置1は、高周波電源62及びバイアス電源64を備えている。高周波電源62は、高周波電力HFを発生する電源である。高周波電力HF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27MHz～100MHzの範囲内の周波数である。高周波電源62は、整合器66及び電極プレート16を介して下部電極18に接続されている。整合器66は、高周波電源62の負荷側（下部電極18側）のインピーダンスを高周波電源62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62は、整合器66を介して、上部電極30に接続されていてもよい。高周波電源62は、一例のプラズマ生成部を構成している。

【0041】

バイアス電源64は、電気バイアスを発生する電源である。バイアス電源64は、下部電極18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400kHz～13.56MHzの範囲内の周波数である。電気バイアスは、高周波電力HF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14に与えられる。一例では、電気バイアスは、下部電極18に与えられる。電気バイアスが下部電極18に与えられると、基板支持器14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20内に設けられたバイアス電極に与えられてもよい。

【0042】

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、処理ガスがガスの供給源（ガスソース群40、ガス供給管38等）から上部電極30のガス供給部を介して内部空間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の中の処理ガスからプラズマを生成する。

【0043】

基板処理装置1は、電源70を備えてもよい。電源70は、上部電極30の天板34及びチャンバ本体12に接続されている。電源70は、プラズマ処理中に負極性の直流電圧又は低周波電力を上部電極30及びチャンバ本体12の少なくともいずれか一方に供給するように構成されている。プラズマ中の正イオンは、負電位となった上部電極30及び／又はチャンバ本体12に引き込まれて衝突する。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。一例では、直流電源70は、上部電極30の天板34及びチャンバ本体12のいずれか一方のみに接続され、当該一方のみに負極性の直流電圧を供給するように構成されてよい。

【0044】

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。

【0045】

＜チャンバ10内のプラズマ暴露部分の構成＞

一例では、チャンバ10のうち、内部空間10sで生成されるプラズマに暴露される部分は、導電性のシリコン含有材料で構成されている。

【0046】

図2は、チャンバ本体12の断面構造の一例を説明するための図である。図2に示すように、チャンバ本体12は、外側から内側（内部空間10sに面する側）に向かって、第1の層122と第2の層124とを備える。

【0047】

第1の層122は、チャンバ本体12の外壁を構成する。第1の層122は、例えばアルミニウムで形成される。第2の層124は、チャンバ本体12の内壁を構成する。第2の層124は、内部空間10sに生成されるプラズマに暴露される部分である。第2の層124は、導電性を有するシリコン含有材料から形成される。当該シリコン含有材料は、例えば、シリコン（単結晶シリコン、多結晶シリコン）や炭化シリコンでよい。第2の層124の厚みは、例えば5mm～50mmでよい。第2の層を構成するシリコン含有材料の表面は、カーボンによるコーティングがされてよい。

【0048】

第2の層124は、第1の層122に着脱自在に取り付けられてよい。例えば、第2の層124は、第1の層122の内周面を覆う形状のライナー（内張り）として構成し、当該ライナーを第1の層122に着脱自在に取り付けてよい。一例では、第2の層124は、第1の層122と一体化して形成してよい。例えば、第1の層122の内周面にシリコン含有材料をコーティングして第2の層124を一体化して形成してよい。

【0049】

チャンバ本体12は、3つ以上の層を有してよく、例えば、第1の層122と第2の層124との間に第1の層122や第2の層122とは異なる材料からなる1つまたは複数の層をさらに有してよい。また、チャンバ本体12は、単層でもよく、チャンバ本体12全体が導電性を有するシリコン含有材料から構成されてよい。チャンバ本体12の内側（内部空間10sに面する側）の表面は、カーボンによるコーティングがされてよい。

【0050】

上部電極30の天板34の下面は、内部空間10sに面しており、チャンバ本体12の第2の層と同じく、プラズマに暴露される部分である。天板34は、導電性のシリコン含有材料で構成されている。天板34は、例えば、シリコン（単結晶シリコン）や炭化シリコンで形成されてよい。天板34を構成する材料と、チャンバ本体12の第2の層とは、同一の材料でもよいし、異なる材料でもよい。天板34の下面は、例えばカーボンによるコーティングがされてよい。

【0051】

一例において、チャンバ本体 1 2 及び上部電極 3 0 のプラズマ暴露部分の一部のみを導電性のシリコン含有材料で構成してよい。例えば、上部電極 3 0 の天板 3 4 を導電性のシリコン含有材料で構成し、チャンバ本体 1 2 は、表面に酸化イットリウム等の耐腐食性を有する膜を形成したアルミニウムで構成してよい。また例えば、チャンバ本体 1 2 の内壁の一部又は全部を導電性のシリコン含有材料からなる第 2 の層 1 2 4 で構成し、上部電極 3 0 の天板 3 4 は、例えば、石英等の絶縁材料で構成してもよい。

【 0 0 5 2 】

また、チャンバ本体 1 2 内のその他の部材のうち、内部空間 1 0 s で生成されるプラズマに暴露され得る部材、例えば、シールド 4 6 やバッフルプレート 4 8 を、導電性のシリコン材料で構成してよい。

【 0 0 5 3 】

< 基板 W の一例 >

図 3 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、シリコン含有膜 S F を有する。基板 W は、下地膜 U F 及びマスク膜 M K を有してよい。図 3 に示すように、基板 W は、下地膜 U F 、シリコン含有膜 S F 及びマスク膜 M K がこの順で積層されて形成されてよい。

【 0 0 5 4 】

下地膜 U F 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 U F は、複数の膜が積層されて構成されてよい。

【 0 0 5 5 】

シリコン含有膜 S F は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、シリコン酸窒化膜（S i O N 膜）、S i - A R C 膜でよい。シリコン含有膜 S F は、多結晶シリコン膜を含んでよい。シリコン含有膜 S F は、複数の膜が積層されて構成されてよい。シリコン酸化膜は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜及び多結晶シリコン膜からなる群から選択される少なくとも 2 種を含む積層膜であってよい。例えば、シリコン含有膜 S F 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。また例えば、シリコン含有膜 S F 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て構成されてよい。

【 0 0 5 6 】

下地膜 U F 及び／又はシリコン含有膜 S F は、C V D 法、スピコート法等により形成されてよい。下地膜 U F 及び／又はシリコン含有膜 S F 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。

【 0 0 5 7 】

マスク膜 M K は、シリコン含有膜 S F 上に形成されている。マスク膜 M K は、シリコン含有膜 S F 上において少なくとも 1 つの開口 O P を規定する。開口 O P は、シリコン含有膜 S F 上の空間であって、マスク膜 M K の側壁 S 1 に囲まれている。すなわち、図 3 において、シリコン含有膜 S F は、マスク膜 M K によって覆われた領域と、開口 O P の底部において露出した領域とを有する。

【 0 0 5 8 】

開口 O P は、基板 W の平面視（基板 W を図 3 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 M K は、複数の側壁 S 1 を有し、複数の側壁 S 1 が複数の開口 O P を規定してもよい。複数の開口 O P 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 O P 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。

【 0 0 5 9 】

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、スピノンカーボン膜（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、スピノ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。

【0060】

＜本処理方法の一例＞

図4は、基板処理装置1における基板処理方法の一例（以下「本処理方法」という。）を示すフローチャートである。本処理方法は、基板Wの誘電膜DFをエッチングするために、基板Wが配置されたチャンバ内に処理ガスを供給してプラズマを生成する例である。本処理方法は、基板を準備する工程（ステップST1）と、処理ガスの供給をする工程（ステップST2）と、プラズマを生成する工程（ステップST3）とを含む。なお、ステップST2とステップST3とは、並行して実行されてよい。

【0061】

以下の例では、図3に示す基板Wに対して図4に示す本処理方法を実行する場合を例に説明する。以下の例では、図1に示す制御部80が、基板処理装置1の各部を制御して本処理方法が実行される。

【0062】

（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。

【0063】

（ステップST2：処理ガスの供給）

ステップST2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、基板Wに形成されたシリコン含有膜SFをエッチングするために用いられるガスである。

【0064】

処理ガスは、反応ガスとして、フッ化水素（HF）ガス及び $C_xH_yF_z$ ガス（ x 及び z は1以上の整数であり、 y は0以上の整数である。以下「CF・CHF系ガス」という。）を含む。

【0065】

HFガスは、処理ガス中の反応ガスの総流量に占める流量割合が最も大きくてよい。HFガスの流量は、例えば、反応ガスの総流量に対して50体積%以上、60体積%以上、70体積%以上、80体積%以上、90体積%以上又は95体積%以上でよい。また、HFガスの流量は、例えば、反応ガスの総流量に対して100体積%未満、99.5体積%以下、98体積%以下又は96体積%以下としてよい。一例では、フッ化水素ガスの流量は、反応ガスの総流量に対して、70体積%以上96体積%以下に調整される。なお、本実施形態では、反応ガスに、貴ガス等の不活性ガスは含まれないものとする。

【0066】

なお、HFガスの一部又は全部に代えて、プラズマ処理中に、チャンバ内でフッ化水素（HF）種を生成可能なフッ素含有ガスを用いてもよい。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、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。

【0067】

$CF \cdot CHF$ 系ガスは、例えば、 CF_4 ガス、 C_3F_8 ガス、 C_4F_6 ガス、 C_4F_8 ガス、 CH_2F_2 ガス、 CHF_3 ガス、 CH_3F ガス、 C_2HF_5 ガス、 $C_2H_2F_4$ ガス、 $C_2H_3F_3$ ガス、 $C_2H_4F_2$ ガス、 C_3HF_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種でよい。一例において、 $CF \cdot CHF$ 系ガスは、 $C_4H_2F_6$ 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種である。

【0068】

$CF \cdot CHF$ 系ガスの流量は、処理ガス中の反応ガスの総流量に対して、例えば、1体積%以上でよく、5体積%以上でもよい。 $CF \cdot CHF$ 系ガスの流量は、 HF ガスの流量に比べて少なくてもよく、例えば、反応ガスの総流量に対して20体積%以下、15体積%以下、10体積%以下でよい。

【0069】

本処理方法に用いる処理ガスは、シリコン含有膜SFの材料、マスク膜MKの材料、下地膜UFの材料、マスク膜MKが有するパターン、エッチングの深さ、アスペクト比等に基づいて適宜選択されてよい。例えば、処理ガスは、反応ガスとして、リン含有ガス、ハロゲン含有ガス、窒素含有ガス及び酸素含有ガスからなる群から選択される少なくとも1種をさらに含んでよい。

【0070】

リン含有ガスは、シリコン含有膜SFのエッチングにおいて、シリコン含有膜SFの側壁を保護する。リン含有ガスは、 PF_3 ガス、 PF_5 ガス、 POF_3 ガス、 HPF_6 ガス、 PCl_3 ガス、 PCl_5 ガス、 $POCl_3$ ガス、 PBr_3 ガス、 PBr_5 ガス、 $POBr_3$ ガス、 PI_3 ガス、 P_4O_{10} ガス、 P_4O_8 ガス、 P_4O_6 ガス、 PH_3 ガス、 Ca_3P_2 ガス、 H_3PO_4 ガス及び Na_3PO_4 ガスからなる群から選択される少なくとも1種でよい。これらガスの中で、 PF_3 ガス、 PF_5 ガス、 PCl_3 ガス等のハロゲン化リン含有ガスを使用してもよく、また例えば、 PF_3 ガス、 PF_5 ガス等のフッ化リン含有ガスを使用してもよい。

【0071】

ハロゲン含有ガスは、シリコン含有膜SFのエッチングにおいて、マスク膜MKやシリコン含有膜SFの形状を調整し得る。ハロゲン含有ガスは、フッ素以外のハロゲン元素を含むガスでよい。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。塩素含有ガスは、例えば、 Cl_2 ガス、 $SiCl_2$ ガス、 $SiCl_4$ ガス、 CCl_4 ガス、 BCl_3 ガス、 PCl_3 ガス、 PCl_5 ガス、 $POCl_3$ ガス等でよい。臭素含有ガスは、 HBr ガス、 CBr_2F_2 ガス、 C_2F_5Br ガス、 PBr_3 ガス、 PBr_5 ガス、 $POBr_3$ ガス等でよい。ヨウ素含有ガスとしては、 HI ガス、 CF_3I ガス、 C_2F_5I ガス、 C_3F_7I ガス、 IF_5 ガス、 IF_7 ガス、 I_2 ガス、 PI_3 ガス等でよい。一例では、ハロゲン含有ガスとして、 Cl_2 ガス及び／又は HBr ガスが使用される。

【0072】

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。

【0073】

酸素含有ガスは、窒素含有ガスと同様に、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。酸素含有ガスは、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種のガスでよい。一例では、酸素含有ガスは、 H_2O 以外のガスであり、例えば、 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種のガスである。酸素含有ガスは、マスク膜MKへのダメージが少なく、モホロジーの悪化を抑制し得る。

【0074】

図5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5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5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5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。

【0075】

処理ガスは、例えば、上述した反応ガスに加えて不活性ガス（Ar等の貴ガス）を含んでよい。

【0076】

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。

【0077】

（ステップST3：プラズマの生成）

図6は、ステップST3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ST3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と、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る。これにより、内部空間10s内に供給された処理ガスからプラズマが生成される。

【0078】

H F ガス及びC F ・C H F 系ガスから生成されるプラズマは、H F 種を含む。ステップS T 3において、プラズマ中のH F 種は基板Wに引き寄せられ、シリコン含有膜S F 中のシリコンと反応し、フッ化シリコン化合物として揮発する。すなわち、H F 種は、シリコン含有膜S F のエッチャントとして機能する。このとき、C F ・C H F 系ガスに含まれる炭素は、マスク膜M K の表面に炭素を堆積させ、当該表面を保護し得る。このようにして、図6に示すように、マスク膜M K の開口O P の形状に基づいて、マスク膜M K に形成された開口O P から連続して、シリコン含有膜S F の側壁S 2 で規定された凹部R C （例えばホールやトレンチ状の凹部）が形成される。凹部R C のアスペクト比は、2 0 以上でよく、3 0 以上、4 0 以上、5 0 以上、又は1 0 0 以上でもよい。

【0079】

ステップS T 3において、基板支持器1 4 の温度を低温に制御してよい。H F 系ラジカルの吸着係数は、低温においてより増加する。そのため、基板支持器1 4 の温度を低温に制御して基板Wの温度の上昇を抑制することで、凹部R C の底部B T でのH F 種（エッチャント）の吸着が促進される。これにより、シリコン含有膜S F のエッチングレートが向上し得る。基板支持器1 4 の温度は、例えば、0℃以下、-1 0℃以下、-2 0℃以下、-3 0℃以下又は-4 0℃以下、-7 0℃以下でもよい。基板支持器1 4 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。

【0080】

本実施形態では、基板処理装置1 のチャンバ1 0 を構成する部材のうち、内部空間1 0 s で生成されるプラズマに暴露される部分（以下「プラズマ暴露部分」という。）は、導電性のシリコン含有材料で構成されている。チャンバ1 0 を構成する部材としては、例えば、チャンバ本体1 2、上部電極3 0 がある。プラズマ暴露部分に含まれるシリコンは、ステップS T 3において、プラズマ中のH F 種と反応し、フッ化シリコン化合物としてプラズマ暴露部分の表面から揮発し得る。すなわちプラズマ暴露部分の表面がエッチングされ得る。しかし、ステップS T 3においては、C F ・C H F 系ガスに含まれる炭素が導電性のシリコン含有材料で構成されるプラズマ暴露部分に堆積し当該暴露部分を保護する。これにより、プラズマ暴露部分の表面が過度にエッチングされて削られる（損傷する）ことが抑制できる。なお、本発明者らの実験によれば、プラズマ暴露部分を導電性のシリコン含有材料ではなく石英で構成した場合は、H F ガスからなる処理ガスにC F ・C H F 系ガスを添加しても（反応ガスの総流量に対して1 体積%）プラズマ暴露部分（石英）の損傷の程度に改善はみられなかった。これは、C F ・C H F 系ガスに含まれる炭素が、石英中の酸素と反応してC O を生成するために消費され、プラズマ暴露部分に対する保護効果を十分に発揮できなかったためであると考えられる。

【0081】

また、本実施形態では、プラズマ暴露部分がエッチングされても、生じるのは、上述のとおり揮発性の高いフッ化シリコン化合物である。そのためプラズマ処理後に当該フッ化シリコン化合物を内部空間1 0 s から容易に除去することができ、内部空間1 0 s におけるパーティクルの増加を抑制することができる。

【0082】

ステップS T 3において、電源7 0 から負極性の直流電圧を上部電極3 0 及びチャンバ本体1 2 に供給してよい。これにより、プラズマ中の正イオンは、負電位となった上部電極3 0 及び／又はチャンバ本体1 2 に引き込まれて衝突する。これにより、プラズマ暴露部分からシリコンや2 次電子が放出される。プラズマ暴露部分の表面がより削られるので、例えば、C F ・C H F 系ガスの流量が多い場合等に炭素がプラズマ暴露部分に過剰に堆積することを抑制できる。一例において、上部電極3 0 のみに負極性の直流電圧を供給し

、チャンバ本体 1 2 の電位は 0 に保ってもよい。またチャンバ本体 1 2 のみに負極性の直流電圧を供給してもよい。一例において、電源 7 0 は直流電圧にかえて低周波電力を上部電極 3 0 及び／又はチャンバ本体 1 2 に供給してもよい。なお、プラズマ中に酸素が含まれる場合は、放出されたシリコンは酸素と結合して酸化シリコン化合物としてマスク MK 上に堆積し、保護膜として機能し得る。

【0083】

放出された二次電子は、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得る。さらに、二次電子の照射により、基板 W の帯電状態が中和され、エッチングにより形成された凹部 RC 内へのイオンの直進性が高められ得る。以上により、マスク膜 MK に対するシリコン含有膜 SF のエッチングの選択比の改善、エッチングにより形成される凹部 RC の形状異常の抑制、エッチングレートの改善等の効果が得られ得る。

【0084】

＜実施例＞

基板処理装置 1 を用いて、開口のないフォトリソ膜を有するブランケット基板 W に対して本処理方法を実行し、プラズマ生成から 1 0 分後の内部空間 1 0 s 内のプラズマの組成を四重極型質量分析計 (quadrupole mass analyzer) を用いて測定した。

【0085】

実施例 1 では、基板処理装置 1 として、天板 3 4 を単結晶のシリコンで構成し、チャンバ本体 1 2 をイットリウムコーティングされたアルミニウムで構成したものを用いた。処理ガスは、HF ガスと $C_4H_2F_6$ ガスとを 1 0 0 : 1 の流量比 (体積比) で含んでいた。プラズマ生成中の基板支持器 1 4 の温度は $-40^{\circ}C$ に設定した。

【0086】

実施例 2 は、処理ガスの HF ガスと $C_4H_2F_6$ ガスとの流量比を 1 0 0 : 5 とした以外は、実施例 1 と同一である。

【0087】

参考例 1 は、処理ガスを HF ガスのみとした以外は、実施例 1 と同一である。

【0088】

実施例 1、実施例 2 及び参考例 1 にかかる四重極型質量分析計の測定結果を表 1 に示す。表 1 に示すように、実施例 1 及び実施例 2 は、参考例 1 に比べて SiF_3 の量が減少するとともに HF の量が増加していた。 SiF_3 は天板 3 4 のシリコンがプラズマ中の HF 種と反応して生成される反応生成物であるから、 SiF_3 の量が減少していることは、天板 3 4 においてシリコンと HF 種との反応が抑制されたことを示している。すなわち、実施例 1 及び実施例 2 は、参考例 1 に比べて、天板 3 4 においてシリコンと HF 種との反応が抑制され、天板 3 4 の表面のエッチング (削れ) が抑制されたと考えられる。また天板 3 4 における HF 種の消費が抑制された結果として、実施例 1 及び実施例 2 は、参考例 1 に比べて基板 W に供給される HF 種の量が増加したと考えられる。この理由は、処理ガスとして $C_4H_2F_6$ ガスを含む実施例 1 及び実施例 2 では、 $CH \cdot CHF$ 系ガスを含まない参考例 1 とは異なり、天板 3 4 で炭素が堆積して天板 3 4 の表面が保護されたためであると考えられる。 $C_4H_2F_6$ ガスの流量を増加させた実施例 2 は、実施例 1 に比べてプラズマ中の SiF_3 の量が減少するとともに HF の量が増加した。これは、実施例 2 では、天板 3 4 における炭素の堆積量が実施例 1 よりも多くなり、天板 3 4 の表面の保護効果が実施例 1 に比べて大きくなったためであると考えられる。

【0089】

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	参考例 1
HF (%)	71	76	63
SiF ₃ (%)	6	2	8

【0090】

一つの例示的实施形態によれば、プラズマによる損傷を抑制する技術を提供することができる。

【0091】

以上の各実施形態は、説明の目的で説明されており、本開示の範囲を限定することを意図するものではない。以上の各実施形態は、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。

【0092】

例えば、本処理方法において、ステップS T 1の前に、チャンバ10内のプラズマ暴露部分にプリコートを形成するようにしてよい。プラズマ処理を開始する前に、プリコートを形成することで、プラズマ暴露部分の表面が過剰に削られる（損傷する）ことを抑制できる。

【0093】

プリコートは、炭素を含む膜であってよい。プリコートは、一例では、上述したC F・C H F系ガスからプラズマを生成することにより形成することができる。プリコートは、例えば、C h e m i c a l V a p o r D e p o s i t i o n（CVD）やA t o m i c L a y e r D e p o s i t i o n（ALD）により形成することができる。

【0094】

プリコートは、基板Wを1枚処理する毎に実行してもよいが、所定枚数又は所定ロット数の基板Wを処理した後に実行してもよい。あるいは、所定時間の基板処理後に実行してもよい。

【0095】

また例えば、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、当該基板処理装置のチャンバ内でプラズマに暴露される部分の少なくとも一部を導電性のシリコン含有材料で構成してよい。当該基板処理装置はガス供給部をチャンバの側壁に備えてよい。

貴社整理番号：210201SG01

弊所整理番号：T1233ANP0009-SG/KAT

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

チャンバと、

前記チャンバ内に設けられた基板支持器と、

前記チャンバ内に設けられ、 HF ガス及び $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガス（ x 及び z は 1 以上の整数であり、 y は 0 以上の整数である。）を含む反応ガスの供給源に接続されるガス供給部と、

前記ガス供給部から前記チャンバ内に供給される前記反応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、を備え、

前記チャンバ内で前記プラズマに暴露される部分の少なくとも一部が導電性のシリコン含有材料で構成されている、基板処理装置。

【請求項 2】

前記チャンバ内に供給される前記 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガスの流量は、前記反応ガスの総流量に対して 5 体積%以上である、請求項 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 3】

前記チャンバの内壁は、導電性のシリコン含有材料からなるライナーが取り付けられて構成されている、請求項 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 4】

前記基板支持器に対向して配置される上部電極をさらに備え、

前記上部電極は、前記ガス供給部を有する、請求項 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 5】

前記上部電極は、前記反応ガスを前記チャンバ内に供給する複数のガス吐出孔を有する天板を備え、前記天板が導電性のシリコン材料で構成されている、請求項 4 に記載の基板処理装置。

【請求項 6】

前記チャンバに負の直流電圧又は低周波 RF 電力を供給するための電源を備える請求項 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 7】

前記上部電極に負の直流電圧又は低周波 RF 電力を供給するための電源を備える請求項 4 に記載の基板処理装置。

【請求項 8】

前記チャンバを構成する側壁は、前記ガス供給部を有する、請求項 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 9】

チャンバ内の基板支持器上にシリコン含有膜を有する基板を準備する工程と、

HF ガス及び $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガス（ x 及び z は 1 以上の整数であり、 y は 0 以上の整数である。）を含む反応ガスを前記チャンバ内に供給する工程と、

前記シリコン含有膜をエッチングするために、前記チャンバ内に供給された前記反応ガスからプラズマを生成する工程と、を含み、

前記チャンバ内で前記プラズマに暴露される部分の少なくとも一部が導電性のシリコン含有材料で構成されている、基板処理方法。

【請求項 10】

前記 $\text{C}_x\text{H}_y\text{F}_z$ ガスの流量は、前記反応ガスの総流量に対して 5 体積%以上である、請求項 9 に記載の基板処理方法。

【請求項 11】

前記チャンバの内壁は、前記導電性のシリコン含有材料からなるライナーが取り付けら

貴社整理番号：210201SG01

弊所整理番号：T1233ANP0009-SG/KAT

れて構成されている、請求項 9 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 2】

前記プラズマを生成する工程において、前記チャンバに負の直流電圧又は低周波 R F 電力を供給する、請求項 9 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 3】

前記チャンバを構成する側壁は、前記反応ガスを前記チャンバ内に供給するガス供給部を備える、請求項 9 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 4】

前記基板支持器に対向して配置される上部電極をさらに備え、前記上部電極は、前記反応ガスを前記チャンバ内に供給するガス供給部を備える、請求項 9 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 5】

前記上部電極は、前記反応ガスを前記チャンバ内に供給する複数のガス吐出孔を有する天板を備え、前記天板が導電性のシリコン材料で構成されている、請求項 1 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 6】

前記プラズマを生成する工程において、前記上部電極に負の直流電圧又は低周波 R F 電力を供給する、請求項 1 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 7】

前記 $C_xH_yF_z$ ガスは、 $C_4H_2F_6$ 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 種である、請求項 9 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 8】

前記反応ガスは、リン含有ガス、ハロゲン含有ガス、酸素含有ガス及び窒素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 9 に記載の基板処理方法。