

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7229033号
(P7229033)

(45)発行日 令和5年2月27日(2023.2.27)

(24)登録日 令和5年2月16日(2023.2.16)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 21/3065(2006.01) H 0 1 L 21/302 1 0 5 A

請求項の数 19 (全14頁)

(21)出願番号	特願2019-17380(P2019-17380)	(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31年2月1日(2019.2.1)	(74)代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(65)公開番号	特開2020-126899(P2020-126899 A)	(74)代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(43)公開日	令和2年8月20日(2020.8.20)	(72)発明者	水野 秀樹 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内
審査請求日	令和4年1月12日(2022.1.12)	(72)発明者	鈴木 敬紀 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内
		審査官	高柳 匡克

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板処理方法及び基板処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第1領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第2領域と、を有する第1基板を提供する工程と、

硫黄含有ガスの流量を変えて、各流量で前記第1基板を処理ガスを用いてエッチングし、前記硫黄含有ガスの流量と、前記第1領域に形成された凹部の形状と前記第2領域に形成された凹部の形状との形状差と、の関係を求める工程と、

前記関係から、前記硫黄含有ガスの流量を決定する工程と、

決定した前記硫黄含有ガスの流量で、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第1領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第2領域と、を有する第2基板をエッチングする工程と、を有する基板処理方法。

10

【請求項2】

前記関係を求める工程の前記形状差は、前記第1領域に形成された凹部の最大CDと前記第2領域に形成された凹部の最大CDとの差である、請求項1に記載の基板処理方法。

【請求項3】

前記流量を決定する工程は、前記第1領域に形成された凹部の最大CDと前記第2領域に形成された凹部の最大CDとの差が所定の閾値以下となるように、前記硫黄含有ガスの流量を決定するステップを含む、

請求項2に記載の基板処理方法。

20

【請求項 4】

前記流量を決定する工程は、

前記第 1 領域及び前記第 2 領域における最大 C D の差が、前記第 1 領域の最大 C D に対し 5 % 以下となるように、前記硫黄含有ガスの流量を決定するステップを含む、
請求項 2 に記載の基板処理方法。

【請求項 5】

シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第 1 領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第 2 領域と、を有する第 1 基板を提供する工程と、

硫黄含有ガスの流量を変えて、各流量で前記第 1 基板を処理ガスを用いてエッチングし、前記硫黄含有ガスの流量と、前記第 1 領域に形成された凹部のエッチングレートと前記第 2 領域に形成された凹部のエッチングレートとの差と、の関係を求める工程と、

前記関係から、前記硫黄含有ガスの流量を決定する工程と、

決定した前記硫黄含有ガスの流量で、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第 1 領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第 2 領域と、を有する第 2 基板をエッチングする工程と、を有する基板処理方法。

【請求項 6】

前記流量を決定する工程は、

前記第 1 領域及び前記第 2 領域におけるエッチングレートの差が所定の閾値以下となるように、前記硫黄含有ガスの流量を決定するステップを含む、
請求項 5 に記載の基板処理方法。

【請求項 7】

前記関係を求める工程の前記形状差は、前記第 1 領域に形成された凹部の深さと前記第 2 領域に形成された凹部の深さとの差である、

請求項 1 に記載の基板処理方法。

【請求項 8】

前記流量を決定する工程は、前記第 1 領域に形成された凹部の深さと前記第 2 領域に形成された凹部の深さとの差が所定の閾値以下となるように、前記硫黄含有ガスの流量を決定するステップを含む、

請求項 7 に記載の基板処理方法。

【請求項 9】

前記第 1 基板は、前記第 1 領域及び前記第 2 領域の上にマスクを有し、

前記関係を求める工程は、

前記硫黄含有ガスの流量と、前記第 1 領域に形成された凹部における前記マスクの最小幅と前記第 2 領域に形成された凹部における前記マスクの最小幅との差と、の関係を求める、

請求項 1 乃至請求項 4、請求項 7 及び請求項 8 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

【請求項 10】

前記硫黄含有ガスを含まない処理ガスを用いて、前記形状差が所定の範囲内となるように前記第 1 基板をエッチングし、前記硫黄含有ガス以外の処理ガスの条件を決定する工程を含む、

請求項 1 乃至請求項 4、請求項 7 及び請求項 9 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

【請求項 11】

前記第 1 基板は、テスト用の基板であり、

前記第 2 基板は、半導体デバイス製造用の基板ある、

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】

前記硫黄含有ガスは、C O S、S O₂、S F₆の少なくとも 1 つを含む、

請求項 1 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

【請求項 13】

前記処理ガスは、C H₂ F₂、C₄ F₆、C₄ F₈の少なくとも 1 つを含む、

請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

【請求項 1 4】

前記処理ガスは、ハイドロフルオロカーボンガス、フルオロカーボンガス、酸素含有ガス、及び、希ガスを含む、

請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれか 1 項に記載の基板処理方法。

【請求項 1 5】

前記ハイドロフルオロカーボンガスは、 CH_2F_2 、 CHF_3 の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 6】

前記フルオロカーボンガスは、 C_4F_6 、 C_4F_8 、 C_3F_8 の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 4 に記載の基板処理方法。

10

【請求項 1 7】

前記酸素含有ガスは O_2 、 O_3 の少なくとも 1 つを含む、請求項 1 4 に記載の基板処理方法。

【請求項 1 8】

シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第 1 領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第 2 領域と、を有する第 1 基板を提供する工程と、

硫黄含有ガスの流量を変えて、各流量で前記第 1 基板をエッチングする工程と、
前記硫黄含有ガスの流量と、前記第 1 領域に形成された凹部の形状と前記第 2 領域に形成された凹部の形状との形状差と、の関係から決定された前記硫黄含有ガスの流量で、第 2 基板をエッチングする工程と、を有する基板処理方法。

20

【請求項 1 9】

チャンバと、

前記チャンバ内に配置され、基板を支持する支持台と、

前記チャンバ内にガスを供給するガス供給部と、

制御部と、を備え、

前記制御部は、

シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第 1 領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第 2 領域と、を有する第 1 基板を提供する工程と、

硫黄含有ガスの流量を変えて、各流量で前記第 1 基板を処理ガスを用いてエッチングし、前記硫黄含有ガスの流量と、前記第 1 領域に形成された凹部の形状と前記第 2 領域に形成された凹部の形状との形状差と、の関係を求める工程と、

30

前記関係から、前記硫黄含有ガスの流量を決定する工程と、

決定した前記硫黄含有ガスの流量で、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第 1 領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第 2 領域と、を有する第 2 基板をエッチングする工程と、を実行する、

基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、基板処理方法及び基板処理装置に関する。

40

【背景技術】

【0002】

チャンバ内に処理ガスが導入され、チャンバ内の電極に高周波電力を印加することにより、基板にエッチング処理等の所望の処理を施す基板処理装置が知られている。

【0003】

特許文献 1 には、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜が交互に設けられることによって構成された積層膜を有する第 1 領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第 2 領域とをエッチングする方法が開示されている。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0004】

【文献】特開2016-051750号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

一の側面では、本開示は、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第1領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第2領域とをエッチングする際の形状の差異を低減する基板処理方法及び基板処理装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、一の態様によれば、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第1領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第2領域と、を有する第1基板を提供する工程と、硫黄含有ガスの流量を変えて、各流量で前記第1基板を処理ガスを用いてエッチングし、前記硫黄含有ガスの流量と、前記第1領域に形成された凹部の形状と前記第2領域に形成された凹部の形状との形状差と、の関係を求める工程と、前記関係から、前記硫黄含有ガスの流量を決定する工程と、決定した前記硫黄含有ガスの流量で、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第1領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第2領域と、を有する第2基板をエッチングする工程と、を有する基板処理方法が提供される。

【発明の効果】

【0007】

一の側面によれば、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜の積層膜を有する第1領域と、シリコン酸化膜の単層膜を有する第2領域とをエッチングする際の形状の差異を低減する基板処理方法及び基板処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施形態に係る基板処理装置の一例を示す断面模式図。

【図2】本実施形態に係る基板処理装置において処理される第1基板と第2基板の構成の一例を示す断面模式図。

【図3】本実施形態に係る基板処理装置による基板処理を説明するフローチャート。

【図4】エッチング処理によって形成された凹部の各寸法を説明する模式図。

【図5】エッチング処理によって形成された凹部の各寸法と硫黄含有ガスの流量との関係を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照して本開示を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

【0010】

本実施形態に係る基板処理装置1について、図1を用いて説明する。図1は、本実施形態に係る基板処理装置1の一例を示す断面模式図である。

【0011】

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。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。当該膜は、酸化アルミニウム、酸化イットリウムなどのセラミックであってよい。

【0012】

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、チャン

10

20

30

40

50

バ本体 1 2 の側壁に沿って設けられるゲートバルブ 1 2 g により開閉される。

【 0 0 1 3 】

チャンバ本体 1 2 の底部上には、支持部 1 3 が設けられている。支持部 1 3 は、絶縁材料から形成される。支持部 1 3 は、略円筒形状を有する。支持部 1 3 は、内部空間 1 0 s の中で、チャンバ本体 1 2 の底部から上方に延在している。支持部 1 3 は、上部に支持台 1 4 を有する。支持台 1 4 は、内部空間 1 0 s の中において、基板 W を支持するように構成されている。

【 0 0 1 4 】

支持台 1 4 は、下部電極 1 8 及び静電チャック 2 0 を有する。支持台 1 4 は、電極プレート 1 6 を更に有し得る。電極プレート 1 6 は、アルミニウムなどの導体から形成され、略円盤形状を有する。下部電極 1 8 は、電極プレート 1 6 上に設けられている。下部電極 1 8 は、アルミニウムなどの導体から形成されて、略円盤形状を有する。下部電極 1 8 は、電極プレート 1 6 に電氣的に接続されている。

10

【 0 0 1 5 】

静電チャック 2 0 は、下部電極 1 8 上に設けられている。静電チャック 2 0 の上面に基板 W が載置される。静電チャック 2 0 は、本体及び電極を有する。静電チャック 2 0 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 2 0 の電極は、膜状の電極であり、静電チャック 2 0 の本体内に設けられている。静電チャック 2 0 の電極は、スイッチ 2 0 s を介して直流電源 2 0 p に接続されている。静電チャック 2 0 の電極に直流電源 2 0 p からの電圧が印加されると、静電チャック 2 0 と基板 W との間に静電引力が発生する。その静電引力により、基板 W が静電チャック 2 0 に保持される。

20

【 0 0 1 6 】

下部電極 1 8 の周縁部上には、基板 W のエッジを囲むように、エッジリング 2 5 が配置される。エッジリング 2 5 は、基板 W に対するプラズマ処理の面内均一性を向上させる。エッジリング 2 5 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。

【 0 0 1 7 】

下部電極 1 8 の内部には、流路 1 8 f が設けられている。流路 1 8 f には、チャンバ 1 0 の外部に設けられているチラーユニット（図示しない）から配管 2 2 a を介して熱交換媒体（例えば冷媒）が供給される。流路 1 8 f に供給された熱交換媒体は、配管 2 2 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 2 0 上に載置された基板 W の温度が、熱交換媒体と下部電極 1 8 との熱交換により、調整される。

30

【 0 0 1 8 】

基板処理装置 1 には、ガス供給ライン 2 4 が設けられている。ガス供給ライン 2 4 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 2 0 の上面と基板 W の裏面との間に供給する。

【 0 0 1 9 】

基板処理装置 1 は、上部電極 3 0 を更に備える。上部電極 3 0 は、支持台 1 4 の上方に設けられている。上部電極 3 0 は、部材 3 2 を介して、チャンバ本体 1 2 の上部に支持されている。部材 3 2 は、絶縁性を有する材料から形成される。上部電極 3 0 と部材 3 2 は、チャンバ本体 1 2 の上部開口を閉じている。

40

【 0 0 2 0 】

上部電極 3 0 は、天板 3 4 及び支持体 3 6 を含み得る。天板 3 4 の下面は、内部空間 1 0 s の側の下面であり、内部空間 1 0 s を画成する。天板 3 4 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 3 4 は、天板 3 4 をその板厚方向に貫通する複数のガス吐出孔 3 4 a を有する。

【 0 0 2 1 】

支持体 3 6 は、天板 3 4 を着脱自在に支持する。支持体 3 6 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 3 6 の内部には、ガス拡散室 3 6 a が設けられている。支持体 3 6 は、ガス拡散室 3 6 a から下方に延びる複数のガス孔 3 6 b を有する。複数のガス孔 3 6 b は、複数のガス吐出孔 3 4 a にそれぞれ連通している。支持体 3 6 には、ガ

50

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。

【0022】

ガス供給管 38 には、バルブ群 42、流量制御器群 44、及びガスソース群 40 が接続されている。ガスソース群 40、バルブ群 42、及び流量制御器群 44、は、ガス供給部を構成している。ガスソース群 40 は、複数のガスソースを含む。バルブ群 42 は、複数の開閉バルブを含む。流量制御器群 44 は、複数の流量制御器を含む。流量制御器群 44 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。ガスソース群 40 の複数のガスソースの各々は、バルブ群 42 の対応の開閉バルブ、及び流量制御器群 44 の対応の流量制御器を介して、ガス供給管 38 に接続されている。

10

【0023】

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。

【0024】

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母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。

20

【0025】

基板処理装置 1 は、第 1 の高周波電源 62 及び第 2 の高周波電源 64 を備えている。第 1 の高周波電源 62 は、第 1 の高周波電力を発生する電源である。第 1 の高周波電力は、プラズマの生成に適した周波数を有する。第 1 の高周波電力の周波数は、例えば 27 MHz ~ 100 MHz の範囲内の周波数である。第 1 の高周波電源 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、第 1 の高周波電源 62 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 18 側）のインピーダンスを整合させるための回路を有する。なお、第 1 の高周波電源 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。第 1 の高周波電源 62 は、一例のプラズマ生成部を構成している。

30

【0026】

第 2 の高周波電源 64 は、第 2 の高周波電力を発生する電源である。第 2 の高周波電力は、第 1 の高周波電力の周波数よりも低い周波数を有する。第 1 の高周波電力と共に第 2 の高周波電力が用いられる場合には、第 2 の高周波電力は基板 W にイオンを引き込むためのバイアス用の高周波電力として用いられる。第 2 の高周波電力の周波数は、例えば 400 kHz ~ 13.56 MHz の範囲内の周波数である。第 2 の高周波電源 64 は、整合器 68 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 68 は、第 2 の高周波電源 64 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 18 側）のインピーダンスを整合させるための回路を有する。

40

【0027】

なお、第 1 の高周波電力を用いずに、第 2 の高周波電力を用いて、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、第 2 の高周波電力の周波数は、13.56 MHz よりも大きな周波数、例えば 40 MHz であってもよい。基板処理装置 1 は、第 1 の高周波電源 62 及び整合器 66 を備えなくてもよい。第 2 の高周波電源 64 は一例のプラズマ生成部を構成する。

【0028】

50

基板処理装置 1 においてガスが、ガス供給部から内部空間 10 s に供給されて、プラズマを生成する。また、第 1 の高周波電力及び / 又は第 2 の高周波電力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プラズマを生成する。

【0029】

基板処理装置 1 は、電源 70 を備えている。電源 70 は、上部電極 30 に接続されている。電源 70 は内部空間 10 s 内に存在する正イオンを天板 34 に引き込むための電圧を、上部電極 30 に印加する。

【0030】

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。プロセッサが、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。

【0031】

図 2 は、本実施形態に係る基板処理装置 1 において処理される第 1 基板 W1 と第 2 基板 W2 の構成の一例を示す断面模式図である。ここで、第 1 基板 W1 は、後述するステップ S2 ~ S3 (図 3 参照) において、硫黄含有ガスの流量等を決定するために使用されるテスト用の基板である。また、第 2 基板 W2 は、後述するステップ S4 (図 3 参照) において、製品となる半導体デバイスを製造するために使用される基板である。

【0032】

図 2 に示すように、第 2 基板 W2 は、下地層 100 と、第 1 領域 110 と、第 2 領域 120 と、マスク 150 と、を有する。下地層 100 は、例えば、基板上に設けられた多結晶シリコン製の層である。下地層 100 の上に、第 1 領域 110 及び第 2 領域 120 が設けられている。

【0033】

第 1 領域 110 (ON 積層ともいう。) は、シリコン酸化膜 111 とシリコン窒化膜 112 とが交互に積層された積層膜から構成されている。第 2 領域 120 (Ox 層ともいう。) は、シリコン酸化膜の単層膜から構成されている。第 1 領域 110 の厚さと、第 2 領域 120 の厚さは、略等しくなっている。第 1 領域 110 の積層膜及び第 2 領域 120 の単層膜はいずれも被エッチング膜である。

【0034】

第 1 領域 110 及び第 2 領域 120 の上に、マスク 150 が設けられている。マスク 150 は、第 1 領域 110 及び第 2 領域 120 にホールやスリットを形成するためのパターンを有している。基板処理装置 1 は、マスク 150 の開口部を介して、第 1 領域 110 及び第 2 領域 120 にエッチング処理を施して、ホールやスリット等の凹部を形成する。

【0035】

第 1 基板 W1 は、第 2 基板 W2 と同様の構成を有している。なお、第 1 基板 W1 としては、図 2 に示すように、1 枚の基板上に第 1 領域 110 及び第 2 領域 120 が設けられていてもよい。また、第 1 領域 110 を有する基板と、第 2 領域 120 を有する基板とが、別体として設けられ、これら 2 種類の基板の組を、第 1 基板 W1 として用いてもよい。

【0036】

ところで、シリコン窒化膜とシリコン酸化膜に同時にエッチング処理を施す場合、シリコン窒化膜よりもシリコン酸化膜の方が、エッチングレートが速く、エッチングにより形成される凹部の幅方向の寸法値 (CD (Critical Dimension) 値) も大きくなる傾向がある。このため、シリコン酸化膜 111 とシリコン窒化膜 112 の積層膜から構成される第 1

10

20

30

40

50

領域 1 1 0 と、シリコン酸化膜の単層膜から構成される第 2 領域 1 2 0 とを同時にエッチング処理を施す場合、第 1 領域 1 1 0 に形成される凹部と第 2 領域 1 2 0 に形成される凹部との間に形状差が生じる。

【 0 0 3 7 】

積層膜の積層数が増えてきている近年においては、この形状差はさらに拡大する。この形状差により、エッチングレートの速いシリコン酸化膜のエッチングが終了した後も、積層膜のエッチングが行われるため、シリコン酸化膜がオーバーエッチングされる等により CD 制御が困難になる。

【 0 0 3 8 】

これに対して、 O_2 ガスを調整することによって CD 制御は可能であるが、積層膜とシリコン酸化膜との形状差をなくすように調整すると、後述する Necking CD が著しく小さくなり、エッチングレートが大幅に低下する。

【 0 0 3 9 】

そこで、以下に説明する本実施形態に係る基板処理方法では、処理ガスに硫黄含有ガスを添加し、硫黄含有ガスの流量を調整することにより、積層膜とシリコン酸化膜のエッチングレートが同程度となるように調整する。これにより、Necking CD やエッチングレートの課題を発生させることなく、各膜のエッチングにより形成される凹部の形状差をほぼなくす、具体的には、第 1 領域 1 1 0 と第 2 領域 1 2 0 における Max CD の差を低減することができる。

【 0 0 4 0 】

次に、本実施形態に係る基板処理装置 1 による基板処理方法について、図 3 を用いて説明する。図 3 は、本実施形態に係る基板処理装置 1 による基板処理を説明するフローチャートである。

【 0 0 4 1 】

ステップ S 1 において、第 1 領域 1 1 0 及び第 2 領域 1 2 0 を有する第 1 基板 W 1 (図 2 参照) を提供する。制御部 8 0 はゲートバルブ 1 2 g を開ける。図示しない搬送装置は、通路 1 2 p を介して第 1 基板 W 1 を支持台 1 4 に載置する。また、制御部 8 0 は、スイッチ 2 0 s を操作する。これにより、第 1 基板 W 1 は、静電チャック 2 0 で保持される。搬送装置が通路 1 2 p から退避すると、制御部 8 0 はゲートバルブ 1 2 g を閉じる。

【 0 0 4 2 】

ステップ S 2 において、処理ガスに含まれる硫黄含有ガスの流量を変えて第 1 基板 W 1 にエッチング処理を施し、硫黄含有ガスの流量と、第 1 領域 1 1 0 に形成される凹部の形状と第 2 領域 1 2 0 に形成される凹部の形状との形状差の関係を求める。

【 0 0 4 3 】

ここでは、ガスソース群 4 0 から内部空間 1 0 s に処理ガス等を供給し、第 1 基板 W 1 にプラズマエッチング処理を施す。内部空間 1 0 s に供給される処理ガスは、ハイドロフルオロカーボンガス (H C F ガス) と、フルオロカーボンガス (C F ガス) と、O 含有ガスと、硫黄含有ガスと、希ガス等を含む。

【 0 0 4 4 】

H C F ガスは、シリコン酸化膜よりもシリコン窒化膜に対して高いエッチングレートを有する。H C F ガスは、例えば、 CH_2F_2 、 CHF_3 を用いることができる。C F ガス及び O 含有ガスは、シリコン窒化膜よりもシリコン酸化膜に対して高いエッチングレートを有する。C F ガスは、例えば、 C_4F_6 、 C_4F_8 、 C_3F_8 を用いることができる。O 含有ガスは、例えば、 O_2 、 O_3 等を用いることができる。

【 0 0 4 5 】

硫黄含有ガスは、含有する硫黄が第 1 領域 1 1 0 及び第 2 領域 1 2 0 に形成された凹部の側面に吸着することにより、CD 値を小さくする。ここで、硫黄は、シリコン窒化膜よりもシリコン酸化膜に吸着されやすい性質を有する。このため、硫黄含有ガスの流量を調整することで、第 1 領域 1 1 0 と第 2 領域 1 2 0 のエッチングレートの差を小さくし、第 1 領域 1 1 0 と第 2 領域 1 2 0 の CD 値の差を小さくすることができる。よって、第 1 領

10

20

30

40

50

域 1 1 0 に形成される凹部と第 2 領域 1 2 0 に形成される凹部との間の形状差を小さくすることができる。硫黄含有ガスは、例えば、 COS 、 SO_2 、 SF_6 を用いることができる。

【0046】

図 4 は、エッチング処理によって形成された凹部の各寸法を説明する模式図である。エッチング処理によって形成された凹部は、エッチングにより、第 1 領域 1 1 0 及び第 2 領域 1 2 0 に形成された空間を指す。図 5 は、エッチング処理によって形成された凹部の各寸法と硫黄含有ガスの流量との関係を示すグラフである。以下、図 5 において、 COS を添加した場合及び O_2 の流量を調整した場合における処理条件をそれぞれ示す。

< COS を添加した場合の条件 >

- ・ 処理圧力：2.7 Pa
- ・ COS 流量：10 ~ 35 sccm
- ・ C_4F_6 、 C_4F_8 、 C_3F_8 流量：180 sccm
- ・ CH_2F_2 流量：150 sccm
- ・ O_2 ：177 sccm
- ・ 第 1 の高周波電力：40 MHz, 3300 W
- ・ 第 2 の高周波電力：0.4 MHz, 14000 W
- ・ 処理時間：600 秒

10

< O_2 を調整した場合の条件 >

- ・ 処理圧力：2.7 Pa
- ・ C_4F_6 、 C_4F_8 、 C_3F_8 流量：180 sccm
- ・ CH_2F_2 流量：150 sccm
- ・ O_2 ：130 ~ 180 sccm
- ・ 第 1 の高周波電力：40 MHz, 3300 W
- ・ 第 2 の高周波電力：0.4 MHz, 14000 W
- ・ 処理時間：600 秒

20

【0047】

図 4 に示すように、エッチング処理によって形成された凹部において、マスク 150 における CD 値の最小値を「Necking CD」と称する。また、エッチング処理によって形成された凹部において、第 1 領域 1 1 0、第 2 領域 1 2 0 における CD 値の最大値を「Max CD」と称する。また、エッチング処理によって形成された被エッチング膜の凹部の深さを「Depth」と称する。

30

【0048】

図 5 の上段に、 COS （硫黄含有ガスの一例）を添加した際の、 COS 流量と Depth との関係（左上のグラフ）、 COS 流量と Necking CD との関係（中央上のグラフ）、 COS 流量と Max CD との関係（右上のグラフ）を示す。また、グラフにおいて、黒塗り三角印は第 1 領域 1 1 0（ON 積層）の場合を示し、黒塗り丸印は第 2 領域 1 2 0（Ox 層）の場合を示す。

【0049】

図 5 の上段に示すように、 COS 流量を調整することにより、第 1 領域 1 1 0 と第 2 領域 1 2 0 における Depth の差、Max CD の差を共に小さくすることができる。即ち、 COS 流量を調整することにより、第 1 領域 1 1 0 に形成される凹部と第 2 領域 1 2 0 に形成される凹部との間の形状差を小さくすることができる。

40

【0050】

ここで、図 5 の下段に参考例として、 O_2 の流量を調整した際の、 O_2 流量と Depth との関係（左下のグラフ）、 O_2 流量と Necking CD との関係（中央下のグラフ）、 O_2 流量と Max CD との関係（右下のグラフ）を示す。

【0051】

図 5 の下段に示すように、第 1 領域 1 1 0 と第 2 領域 1 2 0 における Max CD の差を小さくするように O_2 流量を選択すると、Depth の差は小さくすることができない。

50

即ち、 O_2 流量を調整しても、 $MaxCD$ の差と $Depth$ の差を同時に小さくすることができず、第1領域110に形成される凹部と第2領域120に形成される凹部との間の形状差を小さくすることが困難である。

【0052】

また、ターゲットとなる $MaxCD$ （右上及び右下のグラフにおいて、横実線で示す）に対して、 CO_2 流量及び O_2 流量を決定した場合、その流量（右上及び右下のグラフにおいて、矢印で示す）における $Depth$ は、 CO_2 を添加して流量を調整する場合の方が、 O_2 流量を調整する場合よりも大きくなる。即ち、 CO_2 を添加する本実施形態は、 O_2 流量を調整する参考例と比較して、エッチングレートを高くすることができる。

【0053】

また、その流量における $NeckingCD$ は、 CO_2 を添加して流量を調整する場合の方が、 O_2 流量を調整する場合よりも大きくなる。 $NeckingCD$ が小さくなると、マスク150の開口がデポ等により閉塞するおそれがある。即ち、 CO_2 を添加する本実施形態は、 O_2 流量を調整する参考例と比較して、マスク150が閉塞しないようにするためのマージンを確保することができる。

【0054】

図3に戻り、ステップS3において、ステップS2で求めた関係から、硫黄含有ガスの流量を決定する。例えば、第1領域110と第2領域120における $MaxCD$ の差が所定の閾値以下、例えば第1領域110の最大 CD に対する $MaxCD$ の差が5%以下となるように硫黄含有ガスの流量を決定する。ステップS2で求めた関係情報は、制御部80のメモリに予め記憶され、制御部80のプロセッサが関係情報を参照して、硫黄含有ガスの流量を決定する。

【0055】

また、第1領域110におけるエッチングレート及び第2領域120におけるエッチングレートに基づいて、硫黄含有ガスの流量を決定してもよい。第1領域110と第2領域120におけるエッチングレートの差が所定の閾値以下となるように硫黄含有ガスの流量を決定してもよい。

【0056】

また、第1領域110における $Depth$ 及び第2領域120における $Depth$ に基づいて、硫黄含有ガスの流量を決定してもよい。第1領域110と第2領域120における $Depth$ の差が所定の閾値以下となるように硫黄含有ガスの流量を決定してもよい。

【0057】

また、第1領域110における $NeckingCD$ 及び第2領域120における $NeckingCD$ に基づいて、硫黄含有ガスの流量を決定してもよい。例えば、 $NeckingCD$ が所定の閾値以上となるように、硫黄含有ガスの流量を決定してもよい。

【0058】

なお、第1基板W1は、ステップS2においてエッチング処理を施した後、ステップS4を開始するまでの間に、通路12pを介してチャンバ12から搬出される。

【0059】

ステップS4において、ステップS3で決定した硫黄含有ガスの流量で、第2基板W2にエッチング処理を施す。まず、制御部80はゲートバルブ12gを開ける。図示しない搬送装置は、通路12pを介して第2基板W2を支持台14に載置する。また、制御部80は、スイッチ20sを操作する。これにより、第2基板W2は、静電チャック20で保持される。搬送装置が通路12pから退避すると、制御部80はゲートバルブ12gを閉じる。次に、ガスソース群40から内部空間10sに処理ガス等を供給し、第2基板W2にプラズマエッチング処理を施す。内部空間10sに供給される処理ガスは、ハイドロフルオロカーボンガス（ HC_F ガス）と、フルオロカーボンガス（ CF ガス）と、 O 含有ガスと、硫黄含有ガスと、希ガス等を含む。

【0060】

なお、第2基板W2にエッチング処理を施す際、レシピを切り替えて、 CF ガス、 HC

10

20

30

40

50

Fガス、O含有ガスの種類、流量等を変更してもよいが、この場合にも、硫黄含有ガスの流量は、ステップS3で決定した流量とすることができる。

【0061】

以上、本実施形態に係る基板処理装置1による基板処理によれば、第2基板W2の第1領域110と第2領域120を同時にエッチングした際、形成される凹部の形状差を小さくすることができる。

【0062】

以上、基板処理装置1の実施形態等について説明したが、本開示は上記実施形態等に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載された本開示の要旨の範囲内において、種々の変形、改良が可能である。

【0063】

また、硫黄含有ガス以外の処理ガスの条件は、硫黄含有ガスを含まない処理ガスを用いて第1基板W1にエッチング処理を施し、第1領域110の凹部の形状と第2領域120の凹部の形状との形状差が所定の範囲内となるように条件を決定する工程により、決定してもよい。

【0064】

本開示の基板処理装置1は、Capacitively Coupled Plasma(CCP)、Inductively Coupled Plasma(ICP)、Radial Line Slot Antenna(RLSA)、Electron Cyclotron Resonance Plasma(ECR)、Helicon Wave Plasma(HWP)のどのタイプの基板処理装置にも適用可能である。

【符号の説明】

【0065】

W	基板
W1	第1基板
W2	第2基板
1	基板処理装置
10	チャンバ
14	支持台
40	ガスソース群
80	制御部
100	下地層
110	第1領域
111	シリコン酸化膜
112	シリコン窒化膜
120	第2領域
150	マスク

10

20

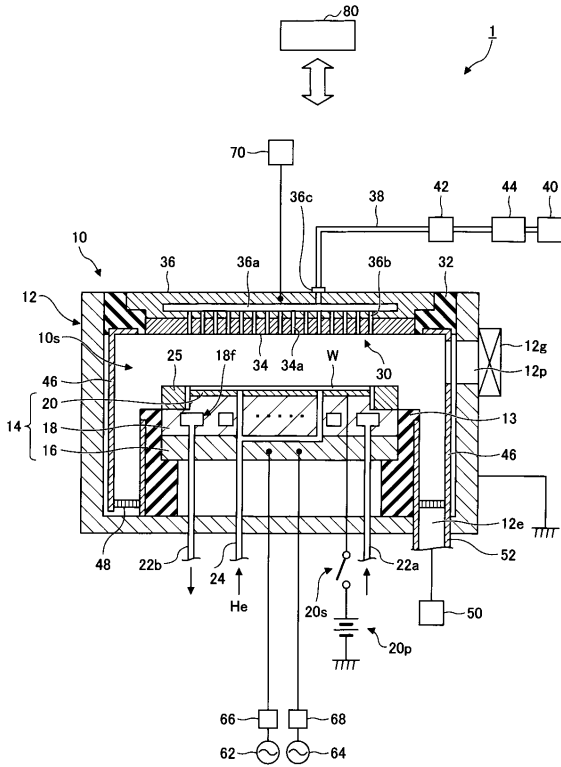
30

40

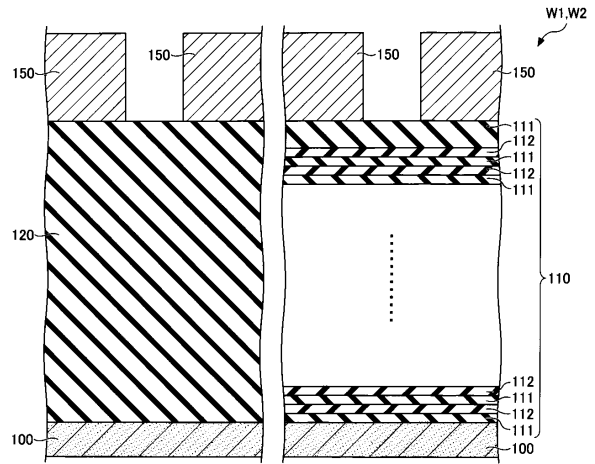
50

【図面】

【図 1】



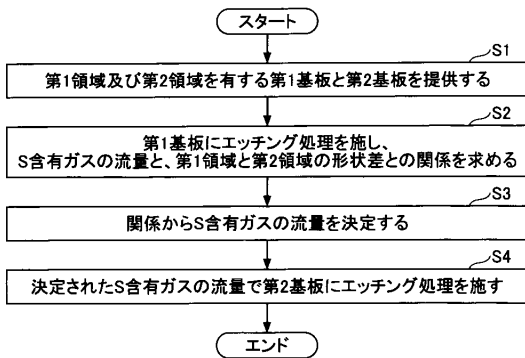
【図 2】



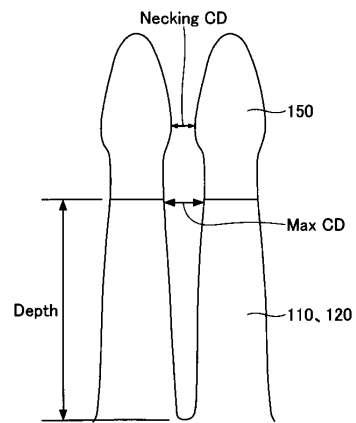
10

20

【図 3】



【図 4】

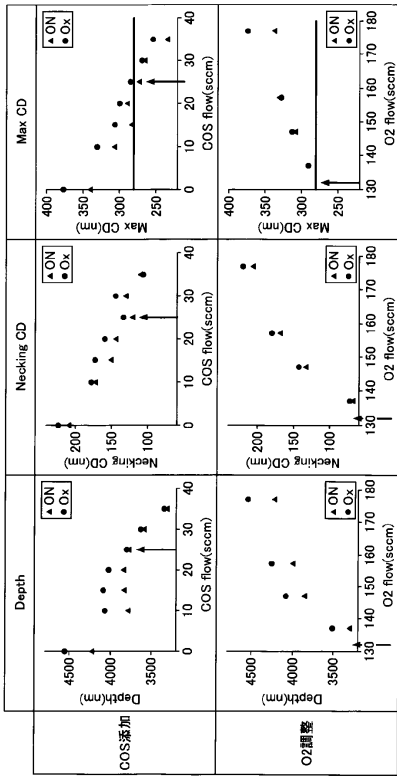


30

40

50

【 5 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 1 - 1 3 4 8 9 6 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 5 1 7 5 0 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 1 8 0 9 1 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 2 2 8 6 9 0 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5