

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7101096号

(P7101096)

(45)発行日 令和4年7月14日(2022.7.14)

(24)登録日 令和4年7月6日(2022.7.6)

(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

H 0 5 H 1/46 (2006.01)

H 0 1 L 21/302 1 0 1 B

H 0 5 H 1/46 M

請求項の数 8 (全19頁)

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|-------------------|
| (21)出願番号 | 特願2018-193752(P2018-193752) | (73)特許権者 | 000219967 |
| (22)出願日 | 平成30年10月12日(2018.10.12) | | 東京エレクトロン株式会社 |
| (65)公開番号 | 特開2020-61534(P2020-61534A) | | 東京都港区赤坂五丁目3番1号 |
| (43)公開日 | 令和2年4月16日(2020.4.16) | (74)代理人 | 100088155 |
| 審査請求日 | 令和3年5月25日(2021.5.25) | | 弁理士 長谷川 芳樹 |
| | | (74)代理人 | 100113435 |
| | | | 弁理士 黒木 義樹 |
| | | (74)代理人 | 100122507 |
| | | | 弁理士 柏岡 潤二 |
| | | (72)発明者 | 道管 隆 |
| | | | 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 |
| | | (72)発明者 | 久保田 紳治 |
| | | | 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 |
| | | | 最終頁に続く |

(54)【発明の名称】 プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の周波数を有する第1の高周波電力と前記第1の周波数よりも高い第2の周波数を有する第2の高周波電力とを用いてプラズマ処理チャンバにおいて基板支持台上に配置された基板を処理するプラズマ処理方法であり、前記基板支持台は下部電極を含み、該プラズマ処理方法は、

(a) 第1の期間において第1のプラズマ処理を実行する工程であり、前記第1のプラズマ処理は、前記第1の高周波電力を供給することなく前記第2の高周波電力をパルス状に供給することを含む、該工程と、

(b) 前記第1の期間とは異なる第2の期間において第2のプラズマ処理を実行する工程であり、前記第2の期間は複数の周期を含み、該複数の周期の各々は第1の電圧出力期間及び該第1の電圧出力期間とは異なる第2の電圧出力期間を含み、前記第2のプラズマ処理は、前記複数の周期の各々において前記第1の高周波電力を前記下部電極に供給すること、前記第1の電圧出力期間において前記第2の高周波電力を供給すること、及び、前記第2の電圧出力期間において前記第2の高周波電力を停止すること、を含む、該工程と、

(c) 前記(a)と前記(b)とを繰り返す工程と、
を含む、

前記第2の高周波電力は、前記第2の期間においてパルス状に供給され、前記第2の高周波電力は、前記第1の期間内と前記第2の期間内で同じ周期でパルス状に供給される、プラズマ処理方法。

【請求項 2】

前記第 1 の高周波電力は、前記第 1 の電圧出力期間において負の電位を有する、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 3】

前記第 1 の高周波電力は、前記第 1 の電圧出力期間において正の電位を有する、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 4】

(d) 前記 (a) 及び (b) の後に、前記第 1 の高周波電力及び前記第 2 の高周波電力を停止し、前記チャンバを排気する工程を更に含み、

前記 (c) は、前記 (a)、前記 (b)、及び前記 (d) を繰り返すことを含む、
請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

10

【請求項 5】

前記第 1 のプラズマ処理と前記第 2 のプラズマ処理は同一の処理ガスを用いて行われる、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 6】

第 1 の周波数を有する第 1 の高周波電力と前記第 1 の周波数よりも高い第 2 の周波数を有する第 2 の高周波電力とを用いてプラズマ処理チャンバにおいて基板支持台上に配置された基板を処理するプラズマ処理方法であり、前記基板支持台は下部電極を含み、該プラズマ処理方法は、

(a) 第 1 の期間において第 1 のプラズマ処理を実行する工程であり、前記第 1 のプラズマ処理は、前記第 1 の高周波電力を供給することなく前記第 2 の高周波電力を連続的に又はパルス状に供給することを含む、該工程と、

20

(b) 前記第 1 の期間とは異なる第 2 の期間において第 2 のプラズマ処理を実行する工程であり、前記第 2 の期間は複数の周期を含み、該複数の周期の各々は第 1 の電圧出力期間及び該第 1 の電圧出力期間とは異なる第 2 の電圧出力期間を含み、前記第 2 のプラズマ処理は、前記複数の周期の各々において前記第 1 の高周波電力を前記下部電極に供給すること、前記第 1 の電圧出力期間において前記第 2 の高周波電力を供給すること、及び、前記第 2 の電圧出力期間において前記第 2 の高周波電力を停止すること、を含む、該工程と、

(c) 前記 (a) と前記 (b) とを繰り返す工程と、
を含み、

30

前記第 1 のプラズマ処理と前記第 2 のプラズマ処理は同一の処理ガスを用いて行われる、プラズマ処理方法。

【請求項 7】

プラズマ処理チャンバと、

下部電極を含み、前記チャンバ内に設けられた基板支持台と、

第 1 の周波数を有する第 1 の高周波電力を前記下部電極に供給するように構成された第 1 の高周波電源部と、

前記プラズマ処理チャンバにおいてプラズマを生成するために前記第 1 の周波数よりも高い第 2 の周波数を有する第 2 の高周波電力を供給するように構成された第 2 の高周波電源部と、

40

制御部と、

を備え、

前記制御部は、

(a) 第 1 の期間において第 1 のプラズマ処理を実行し、

(b) 前記第 1 の期間とは異なる第 2 の期間において第 2 のプラズマ処理を実行し、

(c) 前記 (a) と前記 (b) とを繰り返す

ように、前記第 1 の高周波電源部及び前記第 2 の高周波電源部を制御するように構成され、前記第 1 のプラズマ処理は、前記第 1 の高周波電力を供給することなく前記第 2 の高周波電力をパルス状に供給することを含み、

前記第 2 の期間は、複数の周期を含み、該複数の周期の各々は、第 1 の電圧出力期間及び

50

前記第 1 の電圧出力期間とは異なる第 2 の電圧出力期間を含み、
 前記第 2 のプラズマ処理は、前記複数の周期の各々において前記第 1 の高周波電力を前記下部電極に供給すること、前記第 1 の電圧出力期間において前記第 2 の高周波電力を供給すること、及び、前記第 2 の電圧出力期間において前記第 2 の高周波電力を停止すること、を含み、

前記第 2 の高周波電力は、前記第 2 の期間においてパルス状に供給され、前記第 2 の高周波電力は、前記第 1 の期間内と前記第 2 の期間内で同じ周期でパルス状に供給される、プラズマ処理装置。

【請求項 8】

プラズマ処理チャンバと、
 下部電極を含み、前記チャンバ内に設けられた基板支持台と、
 第 1 の周波数を有する第 1 の高周波電力を前記下部電極に供給するように構成された第 1 の高周波電源部と、
 前記プラズマ処理チャンバにおいてプラズマを生成するために前記第 1 の周波数よりも高い第 2 の周波数を有する第 2 の高周波電力を供給するように構成された第 2 の高周波電源部と、

制御部と、

を備え、

前記制御部は、

(a) 第 1 の期間において第 1 のプラズマ処理を実行し、
 (b) 前記第 1 の期間とは異なる第 2 の期間において第 2 のプラズマ処理を実行し、
 (c) 前記 (a) と前記 (b) とを繰り返す

ように、前記第 1 の高周波電源部及び前記第 2 の高周波電源部を制御するように構成され、

前記第 1 のプラズマ処理は、前記第 1 の高周波電力を供給することなく前記第 2 の高周波電力を連続的又はパルス状に供給することを含み、

前記第 2 の期間は、複数の周期を含み、該複数の周期の各々は、第 1 の電圧出力期間及び前記第 1 の電圧出力期間とは異なる第 2 の電圧出力期間を含み、

前記第 2 のプラズマ処理は、前記複数の周期の各々において前記第 1 の高周波電力を前記下部電極に供給すること、前記第 1 の電圧出力期間において前記第 2 の高周波電力を供給すること、及び、前記第 2 の電圧出力期間において前記第 2 の高周波電力を停止すること、を含み、

前記第 1 のプラズマ処理と前記第 2 のプラズマ処理は同一の処理ガスを用いて行われる、プラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の例示的实施形態は、プラズマ処理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】

電子デバイスの製造では、プラズマ処理装置を用いてプラズマ処理が行われる。プラズマ処理装置は、チャンバ及び基板支持台を備える。基板支持台は、下部電極を含み、チャンバ内に設けられている。プラズマ処理においては、チャンバ内のガスを励起させるために高周波電力が供給されて、当該ガスからプラズマが生成される。

【0003】

プラズマ処理の実行中には、別の高周波電力が下部電極に供給され得る。別の高周波電力は、プラズマ生成用の高周波電力の周波数よりも低い周波数を有する。即ち、別の高周波電力はバイアス高周波電力である。一般的に、バイアス高周波電力は、基板支持台上に設けられた基板に衝突するイオンのエネルギーを調整するために用いられる。基板に衝突するイオンのエネルギーは、高い電力レベルを有するバイアス高周波電力が下部電極に供給されている場合には、高くなる。一方、基板に衝突するイオンのエネルギーは、低い電力

10

20

30

40

50

レベルを有するバイアス高周波電力が下部電極に供給されている場合には、低くなる。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 には、シリコン窒化膜のエッチングのためのプラズマ処理について記載されている。特許文献 1 に記載された技術では、シリコン窒化膜のエッチング中にバイアス高周波電力の電力レベルが高いレベルに設定される。また、特許文献 1 に記載された技術では、シリコン窒化膜のエッチングによってシリコン窒化膜とシリコン酸化膜が共に露出されている状態が形成されている場合に、バイアス高周波電力の電力レベルが、高いレベルと低いレベルに交互に切り替えられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【 0 0 0 5 】

【文献】特開平 6 - 2 6 7 8 9 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

プラズマ処理として、基板上に堆積物を形成するプラズマ処理を行い、しかる後に基板の膜をエッチングするプラズマ処理を行うことが考えられる。かかるプラズマ処理では、エッチングに用いられるイオンのエネルギーを設定することが要求される。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

20

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理方法が提供される。プラズマ処理方法は、第 1 の期間においてチャンバ内で第 1 のプラズマ処理を実行する工程と、第 2 の期間においてチャンバ内で第 2 のプラズマ処理を実行する工程と、を含む。第 2 の期間は、第 1 の期間の後の期間又は第 1 の期間に続く期間である。第 1 のプラズマ処理を実行する工程と第 2 のプラズマ処理を実行する工程は、チャンバ内に設けられた基板支持台上に基板が載置された状態で実行される。このプラズマ処理方法では、第 1 のプラズマ処理を実行する工程と第 2 のプラズマ処理を実行する工程とを含むシーケンスが複数回実行される。第 2 の期間内では、第 1 の高周波電力が、基板支持台の下部電極に供給される。第 1 の高周波電力は、第 1 の周波数を有する。第 1 の期間内では、下部電極に対する第 1 の高周波電力の供給が停止される。第 2 の期間内の第 1 の高周波電力の各周期内において、プラズマ生成用の第 2 の高周波電力が、パルス状の高周波電力として供給される。第 2 の高周波電力は、第 1 の周波数よりも高い第 2 の周波数を有する。第 2 の高周波電力は、第 1 の期間内において連続的に供給されるか、或いは、パルス状の高周波電力として供給される。

30

【発明の効果】

【 0 0 0 8 】

一つの例示的实施形態によれば、エッチングに用いられるイオンのエネルギーを設定することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 9 】

【図 1】一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理方法を示す流れ図である。

40

【図 2】一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

【図 3】図 3 の (a) は図 1 に示す方法 M T が適用され得る一例の基板の部分断面図、図 3 の (b) は方法 M T の工程 S T 1 の実行後の状態の一例の基板の部分断面図、図 3 の (c) は方法 M T のシーケンス S Q の実行後の状態の一例の基板の部分断面図、図 3 の (d) は方法 M T の工程 S T 4 の実行後の状態の一例の基板の部分断面図である。

【図 4】図 1 に示すプラズマ処理方法に関連する一例のタイミングチャートである。

【図 5】図 1 に示すプラズマ処理方法に関連する別の例のタイミングチャートである。

【図 6】図 1 に示すプラズマ処理方法に関連する更に別の例のタイミングチャートである。

【図 7】図 1 に示すプラズマ処理方法に関連する更に別の例のタイミングチャートである。

【図 8】図 8 の (a) は図 1 に示す方法 M T が適用され得る別の例の基板の部分断面図、

50

図 8 の (b) は方法 M T の工程 S T 1 の実行後の状態の別の例の基板の部分断面図、図 8 の (c) は方法 M T のシーケンス S Q の実行後の状態の別の例の基板の部分断面図、図 8 の (d) は方法 M T の工程 S T 4 の実行後の状態の別の例の基板の部分断面図である。

【図 9】図 1 に示すプラズマ処理方法に関連する更に別の例のタイミングチャートである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

以下、種々の例示的实施形態について説明する。

【 0 0 1 1 】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理方法が提供される。プラズマ処理方法は、第 1 の期間においてチャンバ内で第 1 のプラズマ処理を実行する工程と、第 2 の期間においてチャンバ内で第 2 のプラズマ処理を実行する工程と、を含む。第 2 の期間は、第 1 の期間の後の期間又は第 1 の期間に続く期間である。第 1 のプラズマ処理を実行する工程と第 2 のプラズマ処理を実行する工程は、チャンバ内に設けられた基板支持台上に基板が載置された状態で実行される。このプラズマ処理方法では、第 1 のプラズマ処理を実行する工程と第 2 のプラズマ処理を実行する工程とを含むシーケンスが複数回実行される。第 2 の期間内では、第 1 の高周波電力が、基板支持台の下部電極に供給される。第 1 の高周波電力は、第 1 の周波数を有する。第 1 の期間内では、下部電極に対する第 1 の高周波電力の供給が停止される。第 2 の期間内の第 1 の高周波電力の各周期内において、プラズマ生成用の第 2 の高周波電力が、パルス状の高周波電力として供給される。第 2 の高周波電力は、第 1 の周波数よりも高い第 2 の周波数を有する。第 2 の高周波電力は、第 1 の期間内において連続的に供給されるか、或いは、パルス状の高周波電力として供給される。

【 0 0 1 2 】

上記例示的实施形態では、第 1 の期間において、第 1 の高周波電力、即ちバイアス高周波電力が下部電極に供給されないため、チャンバ内で生成される化学種が基板支持台上に載置された基板上に堆積する。第 2 の期間においては、第 1 の高周波電力が下部電極に供給されるため、チャンバ内で生成されるイオンにより基板の膜がエッチングされる。また、第 2 の期間内の第 1 の高周波電力の各周期内においてプラズマ生成用の第 2 の高周波電力がパルス状の高周波電力として供給される期間を設定することにより、エッチングに用いられるイオンのエネルギーが設定され得る。

【 0 0 1 3 】

一つの例示的实施形態において、第 2 の高周波電力は、第 2 の期間内の第 1 の高周波電力の各周期内で第 1 の高周波電源部から出力される第 1 の高周波電力が負の電位を有する期間内で、パルス状の高周波電力として供給されてもよい。この実施形態では、膜のエッチング時のイオンのエネルギーが比較的高いエネルギーに設定され得る。

【 0 0 1 4 】

一つの例示的实施形態において、第 2 の高周波電力は、第 2 の期間内の第 1 の高周波電力の各周期内で第 1 の高周波電源部から出力される第 1 の高周波電力が正の電位を有する期間内で、パルス状の高周波電力として供給される。この実施形態では、膜のエッチング時のイオンのエネルギーが比較的低いエネルギーに設定され得る。

【 0 0 1 5 】

一つの例示的实施形態において、第 2 の高周波電力は、第 2 の期間内でパルス状の高周波電力が供給される周期と同じ周期で、第 1 の期間内において、パルス状の高周波電力として供給されてもよい。

【 0 0 1 6 】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理方法は、第 1 の高周波電力及び第 2 の高周波電力の供給を停止した状態で、チャンバを排気する工程を更に含む。チャンバを排気する工程は、シーケンス内で第 2 のプラズマ処理を実行する工程が実行された後に、実行され得る。

【 0 0 1 7 】

一つの例示的实施形態において、第 1 のプラズマ処理に用いられる処理ガスと第 2 のプラ

10

20

30

40

50

ズマ処理に用いられる処理ガスは同一であってもよい。一つの例示的实施形態において、第１のプラズマ処理に用いられる処理ガスと第２のプラズマ処理に用いられる処理ガスは互いに異なっているとしてもよい。

【００１８】

別の例示的实施形態においては、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、チャンバ、基板支持台、第１の高周波電源部、第２の高周波電源部、及び制御部を備える。基板支持台は、下部電極を含み、チャンバ内に設けられている。第１の高周波電源部は、第１の周波数を有する第１の高周波電力を下部電極に供給するように構成されている。第２の高周波電源部は、プラズマを生成するために第１の周波数よりも高い第２の周波数を有する第２の高周波電力を供給するように構成されている。制御部は、第１の高周波電源部及び第２の高周波電源部を制御するように構成されている。制御部は、制御シーケンスを繰り返して実行する。制御シーケンスは、第１の制御及び第２の制御を含む。第１の制御は、第１の期間においてチャンバ内で第１のプラズマ処理を実行するために実行される。第２の制御は、第２の期間においてチャンバ内で第２のプラズマ処理を実行するために実行される。第２の期間は、第１の期間の後の期間又は第１の期間に続く期間である。第１の制御は、第１の期間において、下部電極に対する第１の高周波電力の供給を停止するよう、第１の高周波電源部を制御することを含む。第１の制御は、第１の期間内において、第２の高周波電力を、連続的に供給するか、或いは、パルス状の高周波電力として供給するよう、第２の高周波電源部を制御することを更に含む。第２の制御は、第２の期間において、第１の高周波電力を下部電極に供給するよう、第１の高周波電源部を制御することを含む。第２の制御は、第２の期間内の第１の高周波電力の各周期内において、第２の高周波電力を、パルス状の高周波電力として供給するよう、第２の高周波電源部を制御することを更に含む。

【００１９】

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。

【００２０】

図１は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理方法を示す流れ図である。図１に示すプラズマ処理方法（以下、「方法ＭＴ」という）は、プラズマ処理装置を用いて実行される。図２は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。本開示における種々の実施形態に係るプラズマ処理方法の実行には、図２に示すプラズマ処理装置が用いられ得る。

【００２１】

図２に示すプラズマ処理装置１は、容量結合型のプラズマ処理装置である。プラズマ処理装置１は、チャンバ１０を備えている。チャンバ１０は、その中に内部空間１０ｓを提供している。

【００２２】

チャンバ１０は、チャンバ本体１２を含んでいる。チャンバ本体１２は、略円筒形状を有している。内部空間１０ｓは、チャンバ本体１２の内側に提供されている。チャンバ本体１２は、例えばアルミニウムから形成されている。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、酸化イットリウムといったセラミックから形成された膜であり得る。

【００２３】

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、内部空間１０ｓとチャンバ１０の外部との間で搬送されるときに、通路１２ｐを通過する。通路１２ｐは、ゲートバルブ１２ｇにより開閉可能となっている。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ている。

【００２４】

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ている。支持部１３は、略円筒形状を有している。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、基板支持台、即ち支持台14を支持している。支持台14は、内部空間10 sの中に設けられている。支持台14は、チャンバ10内、即ち内部空間10 sの中で、基板Wを支持するように構成されている。

【0025】

支持台14は、下部電極18及び静電チャック20を有している。支持台14は、電極プレート16を更に有し得る。電極プレート16は、例えばアルミニウムといった導体から形成されており、略円盤形状を有している。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、例えばアルミニウムといった導体から形成されており、略円盤形状を有している。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。

10

【0026】

静電チャック20は、下部電極18上に設けられている。静電チャック20の上面の上には、基板Wが載置される。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ている。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との間で静電引力が発生する。発生した静電引力により、基板Wは、静電チャック20に引き付けられ、静電チャック20によって保持される。

【0027】

20

下部電極18の周縁部上には、基板Wのエッジを囲むように、フォーカスリングFRが配置される。フォーカスリングFR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ために設けられている。フォーカスリングFRは、限定されるものではないが、シリコン、炭化シリコン、又は石英から形成され得る。

【0028】

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22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22に戻される。プラズマ処理装置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。

30

【0029】

プラズマ処理装置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の裏面との間に供給する。

【0030】

プラズマ処理装置1は、上部電極30を更に備えている。上部電極30は、支持台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ている。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。

【0031】

40

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10 sの側の下面であり、内部空間10 sを画成している。天板34は、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には、複数のガス吐出孔34 aが形成されている。複数のガス吐出孔34 aは、天板34をその板厚方向に貫通している。

【0032】

支持体36は、天板34を着脱自在に支持する。支持体36は、アルミニウムといった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36 aが設けられている。支持体36には、複数のガス孔36 bが形成されている。複数のガス孔36 bは、ガス拡散室36 aから下方に延びている。複数のガス孔36 bは、複数のガス吐出孔34 aにそれぞれ連通している。支持体36には、ガス導入口36 cが形成されている。ガス導入口

50

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。

【0033】

プラズマ処理装置1は、ガス供給部GSを更に備えている。ガス供給部GSは、ガスソース群40、バルブ群41、流量制御器群42、及びバルブ群43を含む。ガスソース群40は、バルブ群41、流量制御器群42、及びバルブ群43を介して、ガス供給管38に接続されている。ガスソース群40は、複数のガスソースを含んでいる。複数のガスソースは、種々の実施形態の各々で利用される複数のガスのソースを含む。バルブ群41及びバルブ群43の各々は、複数の開閉バルブを含んでいる。流量制御器群42は、複数の流量制御器を含んでいる。流量制御器群42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41の対応の開閉バルブ、流量制御器群42の対応の流量制御器、及びバルブ群43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。

10

【0034】

プラズマ処理装置1では、チャンバ本体12の内壁面に沿って、シールド46が着脱自在に設けられている。シールド46は、支持部13の外周にも設けられている。シールド46は、チャンバ本体12にエッチング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部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、酸化イットリウムといったセラミックから形成された膜であり得る。

20

【0035】

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、酸化イットリウムといったセラミックから形成された膜であり得る。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といった真空ポンプを有している。

【0036】

プラズマ処理装置1は、発光分析器54を更に備え得る。発光分析器54は、チャンバ10の外側に設けられている。発光分析器54は、チャンバ10に形成された光学的に透明な窓部材を介して、プラズマからの光を受ける。発光分析器54は、プラズマの一以上の波長の発光強度を取得する。後述する制御部80は、発光分析器54によって取得された発光強度に基づいて工程を終了させることができる。

30

【0037】

プラズマ処理装置1は、第1の高周波電源部61を更に備えている。第1の高周波電源部61は、第1の高周波電力LFを出力するように構成されている。第1の高周波電力LFは、主としてイオンを基板Wに引き込むことに適した周波数を有する。第1の高周波電力LFの基本周波数である第1の周波数は、例えば50kHz~13.56MHzの範囲内の周波数である。

40

【0038】

第1の高周波電源部61は、整合器63を介して下部電極18に電氣的に接続されている。整合器63は、整合回路を有している。整合器63の整合回路は、第1の高周波電源部61の負荷側(下部電極側)のインピーダンスを、第1の高周波電源部61の出力インピーダンスに整合させるよう構成されている。一実施形態において、プラズマ処理装置1は、方向性結合器65を更に備え得る。方向性結合器65は、第1の高周波電源部61と整合器63との間に設けられている。

【0039】

プラズマ処理装置1は、第2の高周波電源部62を更に備えている。第2の高周波電源部

50

62は、チャンバ10内でガスからプラズマを生成するために、第2の高周波電力HFを出力するように構成されている。第2の高周波電力HFの基本周波数である第2の周波数は、第1の周波数よりも高い。第2の周波数は、例えば27MHz～300MHzの範囲内の周波数である。

【0040】

第2の高周波電源部62は、整合器64を介して下部電極18に電氣的に接続されている。整合器64は、整合回路を有している。整合器64の整合回路は、第2の高周波電源部62の負荷側（下部電極側）のインピーダンスを、第2の高周波電源部62の出力インピーダンスに整合させるよう構成されている。プラズマ処理装置1は、方向性結合器66を更に備えていてもよい。方向性結合器66は、第2の高周波電源部62と整合器64との間に設けられている。別の実施形態では、第2の高周波電源部62は、整合器64を介して上部電極30に電氣的に接続されていてもよい。

10

【0041】

プラズマ処理装置1は、制御部80を更に備え得る。制御部80は、プロセッサ、メモリといった記憶部、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、プラズマ処理装置1の各部を制御する。制御部80では、入力装置を用いて、オペレータがプラズマ処理装置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、プラズマ処理装置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、制御部80の記憶部には、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、プラズマ処理装置1で各種処理を実行するために、制御部80のプロセッサによって実行される。制御部80のプロセッサが、制御プログラムを実行し、レシピデータに従ってプラズマ処理装置1の各部を制御することにより、種々の実施形態の各々のプラズマ処理方法が、プラズマ処理装置1で実行される。

20

【0042】

第1の高周波電源部61は、制御部80から指定された期間において、第1の高周波電力LFの出力を停止するよう構成されている。また、第1の高周波電源部61は、制御部80から指定された別の期間において、第1の高周波電力LF（連続的な高周波電力）を連続的に出力するよう構成されている。

【0043】

一実施形態において、第1の高周波電源部61は、信号発生器61g及び増幅器61aを有している。信号発生器61gは、第1の高周波信号を生成するよう構成されている。第1の高周波信号は、第1の周波数を有する。信号発生器61gは、制御部80から指定された期間において、第1の高周波信号の出力を停止するよう構成されている。信号発生器61gは、制御部80から指定された別の期間において、第1の高周波信号を連続的に出力するように構成されている。信号発生器61gは、同期信号発生器60sからの同期信号SSを受けるように構成されている。同期信号SSは、同期パルスを含む。同期パルスは、第1の周波数で規定される周期で出力される。信号発生器61gは、同期信号SSに含まれる同期パルスに同期するように第1の高周波信号を生成する。増幅器61aの入力は、信号発生器61gの出力に接続されている。増幅器61aは、第1の高周波信号を増幅して、第1の高周波電力LFを生成する。

30

40

【0044】

第2の高周波電源部62は、制御部80からの制御信号及び同期信号発生器60sからの同期信号SSに応じて、第1の高周波電力LFの各周期内で第2の高周波電力HFを連続的に出力するよう構成されている。また、第2の高周波電源部62は、制御部80からの制御信号及び同期信号発生器60sからの同期信号SSに応じて、第1の高周波電力LFの各周期内で第2の高周波電力HFをパルス状の高周波電力として出力するよう構成されている。第1の高周波電力LFの各周期は、同期信号発生器60sからの同期信号SSから特定される。パルス状の高周波電力は、ある期間内の特定の期間内でその電力レベルが増加された高周波電力である。例えば、パルス状の高周波電力の電力レベルは、ある期間

50

内の特定の期間においてゼロよりも大きく、当該特定の期間の前後の期間ではゼロである。第1の高周波電力LFの各周期内で第2の高周波電力HFがパルス状の高周波電力として出力される期間は、制御部80からの制御信号によって指定される。

【0045】

一実施形態において、第2の高周波電源部62は、信号発生器62g及び増幅器62aを有している。信号発生器62gは、第2の高周波信号を生成するよう構成されている。第2の高周波信号は、第2の周波数を有する。信号発生器62gは、同期信号発生器60sからの同期信号SSを受けるように構成されている。信号発生器62gは、制御部80からの制御信号に応じて、第2の高周波電力HFを連続波として出力する場合には、第2の高周波信号を連続波として出力する。信号発生器62gは、制御部80からの制御信号に応じて、第2の高周波電力HFをパルス状の高周波電力として出力する場合には、第2の高周波信号をパルス状の高周波信号として出力する。信号発生器62gは、同期パルスによって特定される時点を基準にして制御部80から指定されたタイミングで第2の高周波信号を出力する。増幅器62aの入力は、信号発生器62gの出力に接続されている。増幅器62aは、信号発生器62gからの高周波信号を増幅して、第2の高周波電力HFを生成する。

10

【0046】

上述の同期信号発生器60s、信号発生器61g、及び信号発生器62gは、一つのシグナルジェネレータ60によって提供されていてもよい。シグナルジェネレータ60は、制御部60cを更に含み得る。制御部60cは、制御部80からの制御信号に応じて、同期信号発生器60s、信号発生器61g、及び信号発生器62gを制御するよう構成されている。

20

【0047】

以下、プラズマ処理装置1が用いられる場合を例として、種々の実施形態に係るプラズマ処理方法について詳細に説明する。以下の説明では、図1と共に、図3の(a)、図3の(b)、図3の(c)、図3の(d)、図4、図5、図6、及び図7を参照する。図3の(a)は図1に示す方法MTが適用され得る一例の基板の部分断面図である。図3の(b)は方法MTの工程ST1の実行後の状態の一例の基板の部分断面図、図3の(c)は方法MTのシーケンスSQの実行後の状態の一例の基板の部分断面図、図3の(d)は方法MTの工程ST4の実行後の状態の一例の基板の部分断面図である。図4、図5、図6、及び図7の各々は、図1に示すプラズマ処理方法に関連する一例のタイミングチャートである。図4、図5、図6、及び図7の各々に示すタイミングチャートにおいて、横軸は時間を表している。図4、図5、図6、及び図7の各々に示すタイミングチャートにおいて、縦軸は、同期信号SS、第1の高周波電力LF、及び第2の高周波電力HFを示している。

30

【0048】

図3の(a)に示すように、方法MTが適用され得る一例の基板Wは、下地領域URA、膜FA1、膜FA2、及びマスクMKAを有する。下地領域URAは、例えばシリコンから形成されている。膜FA2は、下地領域URA上に設けられている。下地領域URAは、例えば酸化シリコンから形成されている。膜FA1は、膜FA2上に設けられている。膜FA1は、例えばシリコンを含有する反射防止膜である。マスクMKAは、膜FA1上に設けられている。マスクMKAは、例えばフォトリソマスクである。マスクMKAは、膜FA1を部分的に露出させるようにパターンニングされている。即ち、マスクMKAは、開口を提供している。

40

【0049】

方法MTは、工程ST1及び工程ST2を含む。工程ST1及び工程ST2は、基板Wがチャンバ10内で配置された状態で実行される。チャンバ10内では、基板Wは、支持台14上に載置される。工程ST1は、第1の期間P1において実行される。第1の期間P1の時間長は、第1の高周波電力LFの一周期の時間長のm倍であり得る。mは1以上の整数である。工程ST1では、チャンバ10内で第1のプラズマ処理が実行される。工程

50

S T 2 は、第 2 の期間 P 2 において実行される。第 2 の期間 P 2 は、第 1 の期間 P 1 の後の期間又は第 1 の期間 P 1 に続く期間である。工程 S T 2 では、チャンバ 1 0 内で第 2 のプラズマ処理が実行される。第 2 の期間 P 2 の時間長は、第 1 の高周波電力 L F の一周期の時間長の n 倍であり得る。n は 1 以上の整数である。

【 0 0 5 0 】

方法 M T の実行のために、制御部 8 0 は、第 1 の制御及び第 2 の制御を含む制御シーケンスを繰り返して実行する。第 1 の制御は、工程 S T 1 の実行のための制御である。第 2 の制御は、工程 S T 2 の実行のための制御である。

【 0 0 5 1 】

工程 S T 1 では、チャンバ 1 0 内に処理ガスが供給される。工程 S T 1 で用いられる処理ガス（以下、「第 1 の処理ガス」ということがある）は、限定されるものではないが、C 4 F 8 ガスといったフルオロカーボンガスを含み得る。第 1 の処理ガスは、O 2 ガスといった酸素含有ガス及び / 又はアルゴンガスといった希ガスを更に含んでもよい。

10

【 0 0 5 2 】

別の例では、第 1 の処理ガスは、ハイドロフルオロカーボンガス及びフルオロカーボンガスを含んでもよい。ハイドロフルオロカーボンガスは、例えば C H 3 F ガスである。フルオロカーボンガスは、例えば C 4 F 8 ガスである。第 1 の処理ガスは、アルゴンガスといった希ガスを更に含んでもよい。

【 0 0 5 3 】

工程 S T 1 では、ガス供給部 G S が、第 1 の処理ガスを供給するために、制御部 8 0 によって制御される。工程 S T 1 では、排気装置 5 0 が、チャンバ 1 0 内の圧力を指定された圧力に設定するよう、制御部 8 0 によって制御される。チャンバ 1 0 内の圧力は、例えば数 m T o r r ~ 1 0 0 0 m T o r r の範囲内の圧力に設定される。

20

【 0 0 5 4 】

工程 S T 1 が実行される第 1 の期間 P 1 では、下部電極 1 8 への第 1 の高周波電力 L F の供給は停止される。工程 S T 1 が実行される第 1 の期間 P 1 において、第 1 の高周波電源部 6 1 は、下部電極 1 8 への第 1 の高周波電力 L F の供給を停止するよう、制御部 8 0 によって制御される。

【 0 0 5 5 】

図 4 に示す例及び図 5 に示す例では、第 2 の高周波電力 H F は、工程 S T 1 が実行される第 1 の期間 P 1 において、パルス状の高周波電力として、下部電極 1 8 （又は上部電極 3 0 ）に供給される。一実施形態では、第 2 の高周波電力 H F は、第 2 の期間 P 2 内で第 2 の高周波電力 H F がパルス状の高周波電力として供給される周期と同じ周期で、第 1 の期間 P 1 において、パルス状の高周波電力として供給され得る。図 6 に示す例及び図 7 に示す例では、第 2 の高周波電力 H F は、工程 S T 1 が実行される第 1 の期間 P 1 において、連続的に下部電極 1 8 （又は上部電極 3 0 ）に供給される。第 2 の高周波電源部 6 2 は、第 1 の期間 P 1 において第 2 の高周波電力 H F を供給するために、制御部 8 0 によって制御される。

30

【 0 0 5 6 】

工程 S T 2 では、チャンバ 1 0 内に処理ガス（以下、「第 2 の処理ガス」ということがある）が供給される。第 2 の処理ガスは、C 4 F 8 ガスといったフルオロカーボンガスを含み得る。第 2 の処理ガスは、O 2 ガスといった酸素含有ガス及び / 又はアルゴンガスといった希ガスを更に含んでもよい。即ち、第 2 の処理ガスは、第 1 の処理ガスと同じであってもよく、第 1 の処理ガスと異なってもよい。

40

【 0 0 5 7 】

工程 S T 2 では、ガス供給部 G S が、処理ガスを供給するために、制御部 8 0 によって制御される。工程 S T 2 では、排気装置 5 0 が、チャンバ 1 0 内の圧力を指定された圧力に設定するよう、制御部 8 0 によって制御される。チャンバ 1 0 内の圧力は、例えば数 m T o r r ~ 1 0 0 0 m T o r r の範囲内の圧力に設定される。

【 0 0 5 8 】

50

工程 S T 2 が実行される第 2 の期間 P₂ では、第 1 の高周波電力 L F は、連続的に下部電極 1 8 に供給される。工程 S T 2 が実行される第 2 の期間 P₂ において、第 1 の高周波電源部 6 1 は、下部電極 1 8 に第 1 の高周波電力 L F を連続的に供給するよう、制御部 8 0 によって制御される。

【 0 0 5 9 】

図 4 ~ 図 7 の各々に示す例において、第 2 の高周波電力 H F は、第 2 の期間 P₂ 内の第 1 の高周波電力 L F の各周期 P_{L F} 内において、パルス状の高周波電力として、下部電極 1 8 (又は上部電極 3 0) に供給される。第 2 の高周波電源部 6 2 は、第 2 の期間 P₂ において第 2 の高周波電力 H F を供給するために、制御部 8 0 によって制御される。

【 0 0 6 0 】

第 2 の高周波電力 H F がパルス状の高周波電力として供給される期間は、第 2 の期間 P₂ 内の各周期 P_{L F} 内の部分的な期間である。第 2 の高周波電力 H F がパルス状の高周波電力として供給される部分的な期間は、任意に設定され得る。各周期 P_{L F} は、負電圧出力期間 P_N と正電圧出力期間 P_P を含む。負電圧出力期間 P_N は、第 1 の高周波電源部 6 1 から出力される第 1 の高周波電力 L F が負の電位を有する期間である。正電圧出力期間 P_P は、第 1 の高周波電源部 6 1 から出力される第 1 の高周波電力 L F が正の電位を有する期間である。図 4 ~ 図 7 の各々に示す例では、第 2 の高周波電力 H F は、第 2 の期間 P₂ 内の各周期 P_{L F} 内の負電圧出力期間 P_N においてパルス状の高周波電力として供給される。

【 0 0 6 1 】

第 2 の高周波電源部 6 2 は、同期信号 S S から特定される各周期 P_{L F} において、制御部 8 0 から指定されたタイミングで、パルス状の高周波電力を供給するように構成されている。したがって、第 2 の高周波電力 H F は、第 1 の高周波電力 L F の周期に対して相対的に同じ位相でパルス状の高周波電力として供給され得る。

【 0 0 6 2 】

工程 S T 1 では、チャンバ 1 0 内で第 1 の処理ガスからプラズマが形成される。工程 S T 1 では、第 1 の高周波電力 L F が下部電極 1 8 に供給されない。したがって、図 3 の (b) に示すように、チャンバ 1 0 内で第 1 の処理ガスから生成される化学種が、基板 W 上に堆積して、堆積物 D P A を形成する。

【 0 0 6 3 】

工程 S T 2 では、第 1 の高周波電力 L F が下部電極 1 8 に供給されるので、チャンバ 1 0 内で第 2 の処理ガスから生成されるイオンにより基板 W の膜 (膜 F A 1 及び膜 F A 2) がエッチングされる。また、工程 S T 2 では、第 2 の高周波電力 H F は、各周期 P_{L F} 内でパルス状の高周波電力として供給される。第 2 の高周波電力 H F が各周期 P_{L F} 内でパルス状の高周波電力として供給される期間を設定することにより、エッチングに用いられるイオンのエネルギーが設定され得る。

【 0 0 6 4 】

図 4 ~ 図 7 の各々に示す例では、上述したように、第 2 の高周波電力 H F は、第 2 の期間 P₂ 内の各周期 P_{L F} 内の負電圧出力期間 P_N においてパルス状の高周波電力として供給される。したがって、支持台 1 4 上の基板の V_{p p} (電圧の波高値) が高くなり、プラズマから基板 W に向かうイオンのエネルギーが比較的高くなる。したがって、基板 W の膜が高速にエッチングされる。

【 0 0 6 5 】

工程 S T J では、停止条件が満たされるか否かが判定される。即ち、工程 S T J では、工程 S T 1 及び工程 S T 2 を含むシーケンス S Q を停止させるか否かが判定される。停止条件は、例えば、発光分析器 5 4 によって取得される C O の発光強度が所定値以下であると判定される場合に、満たされる。或いは、停止条件は、シーケンス S Q の実行回数が所定回数に達している場合に、満たされる。工程 S T J において停止条件が満たされていないと判定されると、シーケンス S Q が再び実行される。一方、工程 S T J において停止条件が満たされているものと判定されると、シーケンス S Q の実行が終了される。このような

10

20

30

40

50

シーケンス S Q の繰り返しにより、膜 F A 1 及び膜 F A 2 がエッチングされる。その結果、図 3 の (c) に示すように、マスク M K A の開口に連続する開口が膜 F A 1 及び膜 F A 2 に形成され、下地領域 U R A が露出される。

【 0 0 6 6 】

一実施形態において、方法 M T は、工程 S T 3 を更に含んでもよい。工程 S T 3 は、シーケンス S Q において、工程 S T 2 の後に実行される。即ち、図 5 及び図 7 に示すように、工程 S T 3 は、第 2 の期間 P₂ の後の第 3 の期間 P₃ において実行される。工程 S T 3 では、第 1 の高周波電力 L F 及び第 2 の高周波電力 H F の供給を停止した状態で、チャンバ 1 0 の排気が行われる。工程 S T 3 においては、制御部 8 0 は、第 1 の高周波電力 L F 及び第 2 の高周波電力 H F の供給を停止するよう、第 1 の高周波電源部 6 1 及び第 2 の高周波電源部 6 2 を制御し、チャンバ 1 0 の排気を行うよう、排気装置 5 0 を制御する。シーケンス S Q において、工程 S T 2 の後に工程 S T 3 が実行されると、工程 S T 2 で生成される反応生成物の排気が促進される。その結果、基板 W の側壁面に反応生成物が付着することが抑制される。

10

【 0 0 6 7 】

一実施形態において、方法 M T は、工程 S T 4 を更に含んでもよい。工程 S T 4 は、シーケンス S Q の繰り返しの終了後の期間 P_{OE} において実行される。工程 S T 4 では、オーバーエッチングが実行される。

【 0 0 6 8 】

工程 S T 4 では、チャンバ 1 0 内に処理ガスが供給される。工程 S T 4 で用いられる処理ガスは、第 2 の処理ガスと同じ処理ガスであり得る。工程 S T 4 では、ガス供給部 G S が、処理ガスを供給するために、制御部 8 0 によって制御される。工程 S T 4 では、排気装置 5 0 が、チャンバ 1 0 内の圧力を指定された圧力に設定するよう、制御部 8 0 によって制御される。チャンバ 1 0 内の圧力は、例えば数 m T o r r ~ 1 0 0 0 m T o r r の範囲内の圧力に設定される。

20

【 0 0 6 9 】

工程 S T 4 が実行される期間 P_{OE} では、第 1 の高周波電力 L F は、連続的に下部電極 1 8 に供給される。工程 S T 2 が実行される第 2 の期間 P₂ において、第 1 の高周波電源部 6 1 は、下部電極 1 8 に第 1 の高周波電力 L F を連続的に供給するよう、制御部 8 0 によって制御される。

30

【 0 0 7 0 】

第 2 の高周波電力 H F は、期間 P_{OE} 内の第 1 の高周波電力 L F の各周期 P_{LF} において、パルス状の高周波電力として、下部電極 1 8 (又は上部電極 3 0) に供給される。第 2 の高周波電力 H F は、期間 P_{OE} 内の各周期 P_{LF} 内の正電圧出力期間 P_p においてパルス状の高周波電力として供給される。第 2 の高周波電源部 6 2 は、期間 P_{OE} において第 2 の高周波電力 H F を供給するために、制御部 8 0 によって制御される。工程 S T 4 では、支持台 1 4 上の基板の V_{pp} (電圧の波高値) が低くなり、プラズマから基板 W に向かうイオンのエネルギーが比較的低くなる。したがって、工程 S T 4 では、下地領域 U R A のエッチングを抑制しつつ、膜 F A 1 及び膜 F A 2 のオーバーエッチングが実行される。

40

【 0 0 7 1 】

以下、図 1 と共に、図 8 の (a) 、図 8 の (b) 、図 8 の (c) 、及び図 8 の (d) 、及び図 9 を参照する。図 8 の (a) は図 1 に示す方法 M T が適用され得る別の例の基板の部分断面図である。図 8 の (b) は方法 M T の工程 S T 1 の実行後の状態の別の例の基板の部分断面図、図 8 の (c) は方法 M T のシーケンス S Q の実行後の状態の別の例の基板の部分断面図、図 8 の (d) は方法 M T の工程 S T 4 の実行後の状態の別の例の基板の部分断面図である。図 9 は、図 1 に示すプラズマ処理方法に関連する更に別の例のタイミングチャートである。

【 0 0 7 2 】

図 8 の (a) に示すように、方法 M T が適用され得る別の例の基板 W B は、下地領域 U R B 、隆起領域 P R 、及びオフセット領域 O R を有する。下地領域 U R B は、例えばシリコ

50

ンから形成されている。隆起領域 P R は、下地領域 U R B 上に設けられている。隆起領域 P R は、下地領域 U R B から突き出るように延在している。隆起領域 P R は、略直方体形状を有し得る。隆起領域 P R は、第 1 領域 R 1、第 2 領域 R 2、及び第 3 領域 R 3 を含んでいる。第 1 領域 R 1 は、下地領域 U R B 上で延在している。第 1 領域 R 1 は、例えばゲート酸化膜である。第 2 領域 R 2 は、第 1 領域 R 1 上で延在している。第 2 領域 R 2 は、例えば多結晶シリコンから形成されている。第 3 領域 R 3 は、第 2 領域 R 2 上で延在している。第 3 領域 R 3 は、例えば窒化シリコンから形成されている。オフセット領域 O R は、隆起領域 P R 及び下地領域 U R B を覆うように、隆起領域 P R の表面及び下地領域 U R B の表面に沿って延在している。オフセット領域 O R は、例えば、酸化シリコンから形成されている。なお、オフセット領域 O R は、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜を含む多層膜であってもよい。

10

【 0 0 7 3 】

図 9 に示す例の場合に、方法 M T の工程 S T 1 は、図 4 ~ 図 7 の各々に示す例における工程 S T 1 と同様である。図 9 に示す例の場合に、方法 M T の工程 S T 1 では、図 8 の (b) に示すように、チャンバ 1 0 内で生成されたプラズマからの化学種が、基板 W B 上に堆積し、堆積物 D P B を形成する。

【 0 0 7 4 】

図 4 ~ 図 7 の各々に示す例における工程 S T 2 とは異なり、図 9 に示す例における工程 S T 2 では、第 2 の高周波電力 H F は、第 2 の期間 P 2 内の各周期 P L F 内の正電圧出力期間 P p においてパルス状の高周波電力として供給される。他の点では、図 9 に示す例における工程 S T 2 は、図 4 ~ 図 7 の各々に示す例における工程 S T 2 と同様である。

20

【 0 0 7 5 】

図 9 に示す例の方法 M T では、シーケンス S Q が繰り返されることにより、基板 W B の異方性エッチング、即ち垂直方向へのエッチングが進行する。その結果、図 8 の (c) に示すように、第 3 領域 R 3 上及び下地領域 U R B 上において、オフセット領域 O R が除去される。なお、シーケンス S Q は、上述した工程 S T 3 を更に含んでもよい。

【 0 0 7 6 】

しかる後に、工程 S T 4 が実行される。図 9 に示す例の場合に、方法 M T の工程 S T 4 は、図 4 ~ 図 7 の各々に示す例における工程 S T 4 と同様である。図 9 に示す例における工程 S T 4 の実行により、図 8 の (d) に示すように、基板 W B のオーバーエッチングが行われる。

30

【 0 0 7 7 】

図 9 に示す例におけるシーケンス S Q では、隆起領域 P R の側面に沿った部分においてオフセット領域 O R が堆積物 D P B によって保護されつつ、基板 W B の異方性エッチングが進行する。したがって、隆起領域 P R の側面に沿った部分においてオフセット領域 O R の幅が狭くなることが抑制される。また、図 9 に示す例における工程 S T 2 では、支持台 1 4 上の基板の V p p (電圧の波高値) が低くなり、プラズマから基板 W に向かうイオンのエネルギーが比較的低くなる。したがって、第 3 領域 R 3 及び下地領域 U R B のエッチングが抑制される。

【 0 0 7 8 】

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。

40

【 0 0 7 9 】

例えば、種々の実施形態に係るプラズマ処理方法は、誘導結合型のプラズマ処理装置を用いて実行されてもよい。誘導結合型のプラズマ処理装置では、第 2 の高周波電力は、チャンバ 1 0 の中に誘導磁場を形成するために、アンテナに供給される。

【 0 0 8 0 】

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

50

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】

【 0 0 8 1 】

1 ... プラズマ処理装置、1 0 ... チャンバ、1 4 ... 支持台、1 8 ... 下部電極、L F ... 第 1 の高周波電力、H F ... 第 2 の高周波電力、M T ... 方法、S Q ... シーケンス、P 1 ... 第 1 の期間、P 2 ... 第 2 の期間、P L F ... 周期。

10

20

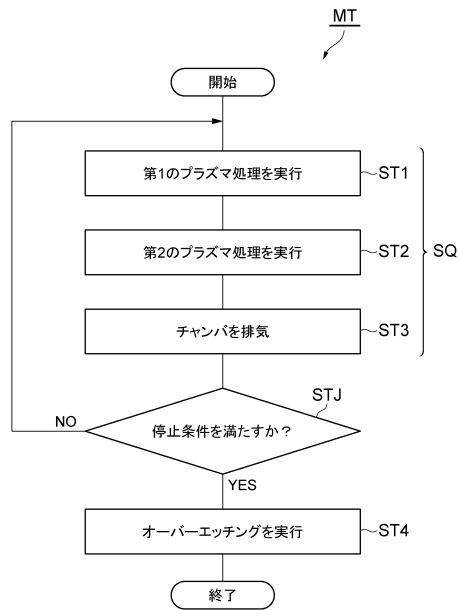
30

40

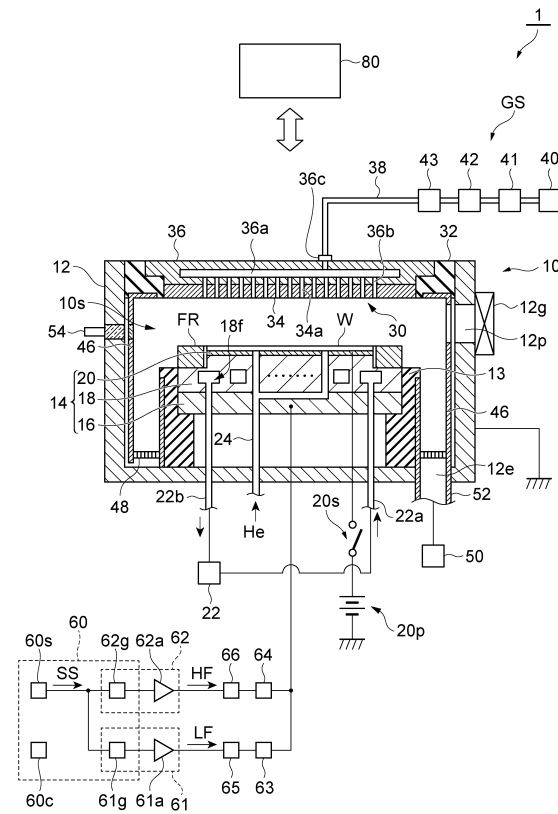
50

【図面】

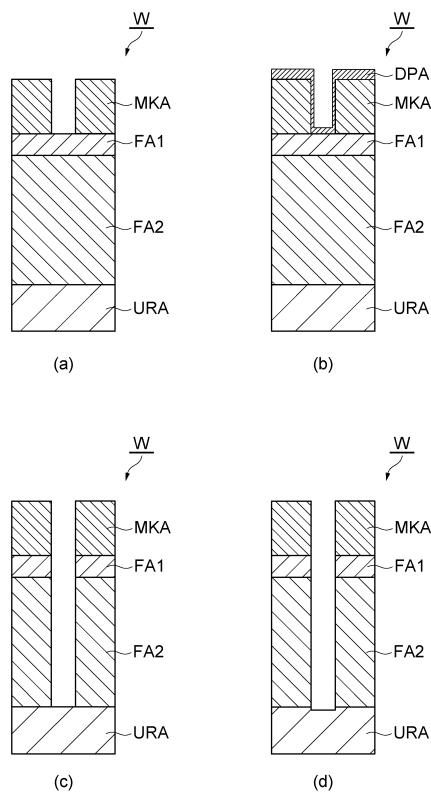
【 図 1 】



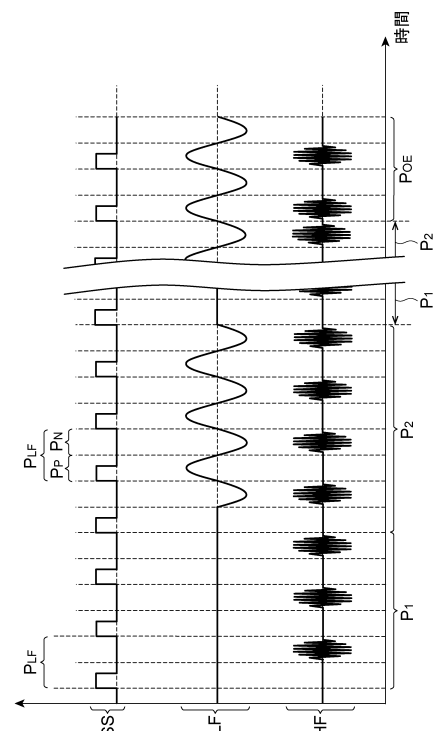
【圖 2】



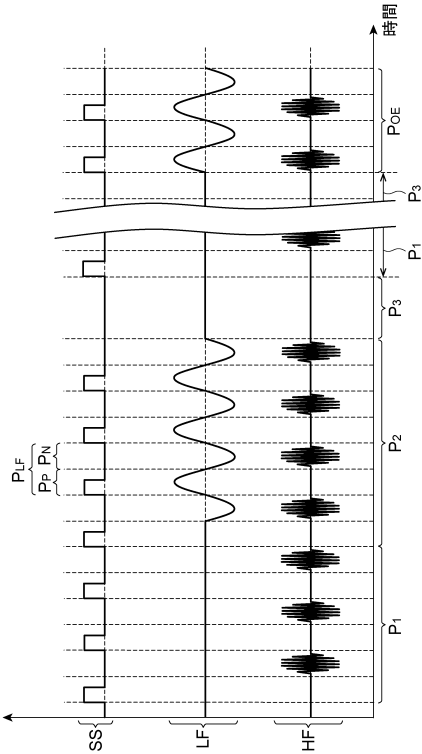
【 図 3 】



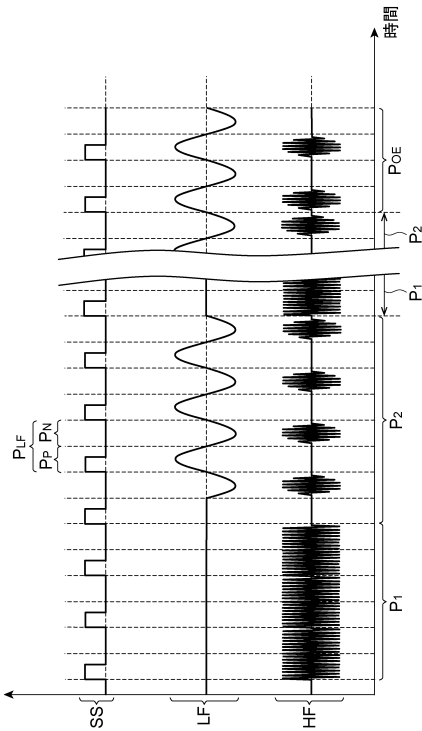
【圖 4】



【図 5】



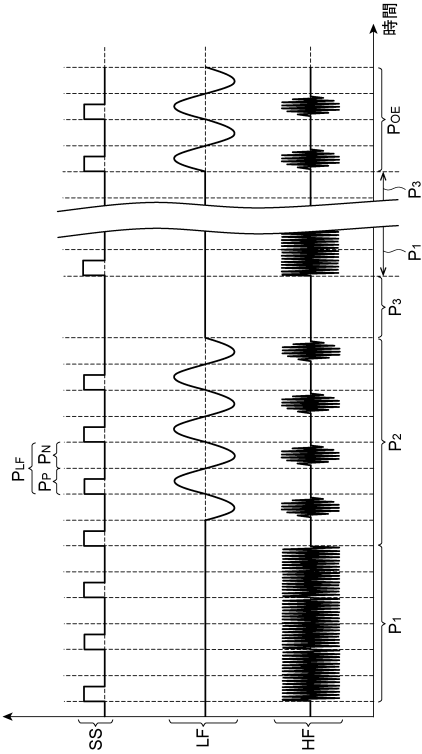
【図 6】



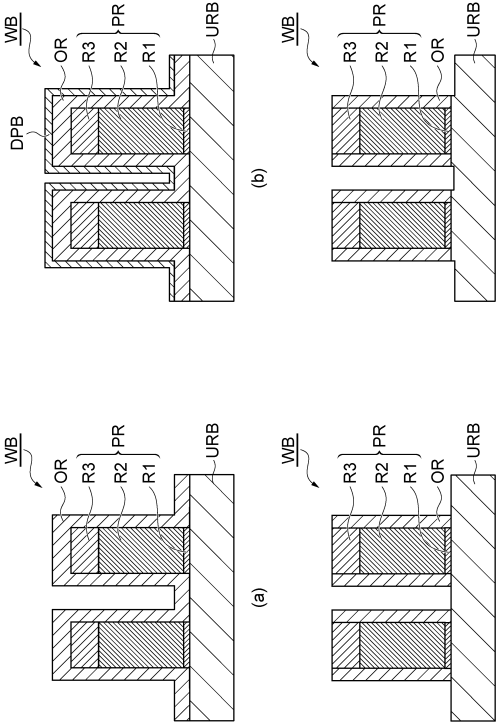
10

20

【図 7】



【図 8】

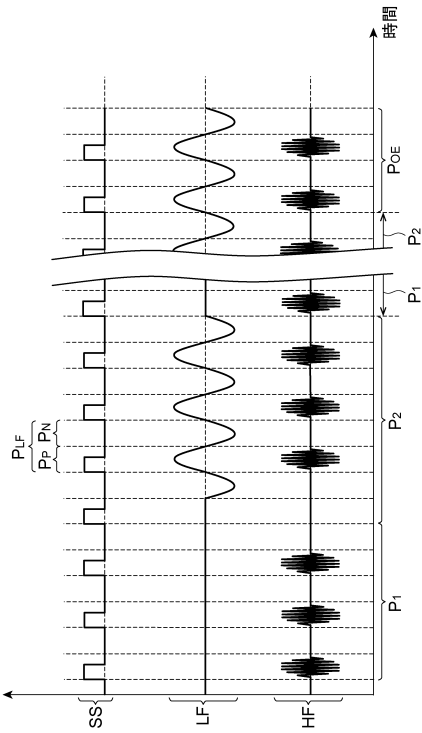


30

40

50

【図 9】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 加藤 芳健

(56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 2 1 6 2 8 4 (J P , A)

特開 2 0 0 0 - 2 6 9 1 9 8 (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

H 0 5 H 1 / 4 6