

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号  
特開2023-171277  
(P2023-171277A)

(43)公開日 令和5年12月1日(2023.12.1)

(51)国際特許分類 F I テーマコード(参考)  
H 0 1 L 21/3065(2006.01) H 0 1 L 21/302 1 0 5 A 5 F 0 0 4

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全27頁)

(21)出願番号	特願2023-74798(P2023-74798)	(71)出願人	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	令和5年4月28日(2023.4.28)	(74)代理人	100126480 弁理士 佐藤 睦
(31)優先権主張番号	特願2022-82706(P2022-82706)	(74)代理人	100140431 弁理士 大石 幸雄
(32)優先日	令和4年5月20日(2022.5.20)	(74)代理人	100135677 弁理士 澤井 光一
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)	(74)代理人	100131598 弁理士 高村 和宗
		(72)発明者	米澤 隆宏 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	瀧野 裕輔

最終頁に続く

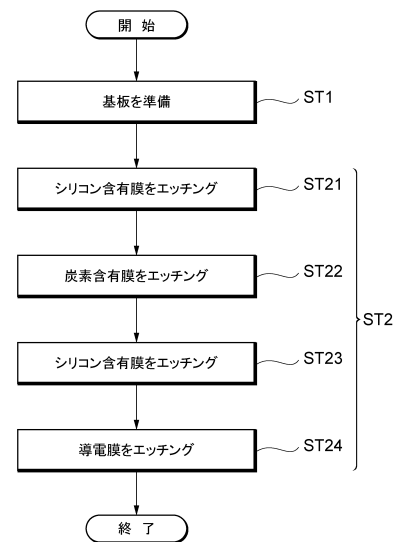
(54)【発明の名称】 プラズマ処理方法及びプラズマ処理装置

(57)【要約】

【課題】金属含有膜を含む基板を適切にエッチングする技術を提供する。

【解決手段】本開示に係るプラズマ処理方法は、プラズマ処理装置において実行されるプラズマ処理方法であって、前記プラズマ処理方法は、(a)チャンバ内の基板支持部上に、第1のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、前記エッチング対象膜上の第1の金属含有膜とを有する基板を準備する工程であって、前記第1の金属含有膜は開口パターンを含む、前記工程と、(b)前記エッチング対象膜をエッチングする工程と、を含む。前記(b)は、炭素、水素及びフッ素を含む、1以上のガスを含む処理ガスを前記チャンバ内に供給して、前記チャンバ内で前記処理ガスからプラズマを生成し、前記第1のシリコン含有膜をエッチングして前記第1のシリコン含有膜に前記開口パターンを形成する工程を含み、前記処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する水素原子の数の比率は、0.3以上である。

【選択図】 図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

プラズマ処理装置において実行されるプラズマ処理方法であって、  
前記プラズマ処理方法は、

(a) チャンバ内の基板支持部上に、第1のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、前記エッチング対象膜上の第1の金属含有膜とを有する基板を準備する工程であって、前記第1の金属含有膜は開口パターンを含む、前記工程と、

(b) 前記エッチング対象膜をエッチングする工程と、  
を含み、

前記(b)は、炭素、水素及びフッ素を含む、1以上のガスを含む処理ガスを前記チャンバ内に供給して、前記チャンバ内で前記処理ガスからプラズマを生成し、前記第1のシリコン含有膜をエッチングして前記第1のシリコン含有膜に前記開口パターンを形成する工程と、  
を含み、

前記処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する水素原子の数の比率は、0.3以上である、プラズマ処理方法。

**【請求項 2】**

前記第1の金属含有膜は、Sn含有膜である、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

**【請求項 3】**

前記第1のシリコン含有膜は、シリコンと酸素とを含む膜、シリコンと窒素とを含む膜及びこれらの積層膜からなる群から選択された少なくとも1つである、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

**【請求項 4】**

前記エッチング対象膜は、前記第1のシリコン含有膜上に中間膜を含み、

前記(b)は、前記第1の金属含有膜をマスクとして、前記中間膜をエッチングする工程を含み、

前記開口パターンを形成する工程は、前記第1の金属含有膜及び前記中間膜の少なくとも一方をマスクとして、前記第1のシリコン含有膜をエッチングすることを含む、請求項1から3のいずれか1項に記載のプラズマ処理方法。

**【請求項 5】**

前記中間膜は、炭素含有膜、前記第1のシリコン含有膜と異なる第2のシリコン含有膜及び前記第1の金属含有膜と異なる第2の金属含有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4に記載のプラズマ処理方法。

**【請求項 6】**

前記中間膜は、前記炭素含有膜と、前記炭素含有膜上の第2のシリコン含有膜を含み、

前記第2のシリコン含有膜は、シリコンと酸素とを含む膜、シリコンと窒素とを含む膜及びこれらの積層膜からなる群から選択された少なくとも1つである、請求項5に記載のプラズマ処理方法。

**【請求項 7】**

前記処理ガスは、水素含有ガス、炭素含有ガス及びフッ素含有ガスを含む、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

**【請求項 8】**

前記炭素含有ガスは、水素及びフッ素の少なくとも一方を更に含むガスである、請求項7に記載のプラズマ処理方法。

**【請求項 9】**

前記フッ素含有ガスは、炭素を含まないガスである、請求項7に記載のプラズマ処理方法。

**【請求項 10】**

前記処理ガスに含まれる炭素原子の数に対する水素原子の数の比率は、0.3以上である、請求項1に記載のプラズマ処理方法。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 1】

前記開口パターンを形成する工程における前記チャンバ内の圧力は、前記中間膜をエッチングする工程における前記チャンバ内の圧力よりも低い、請求項 4 に記載のプラズマ処理方法。

## 【請求項 1 2】

前記開口パターンを形成する工程は、前記チャンバ内の圧力を 1 0 0 m T o r r 以下に制御することを含む、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

## 【請求項 1 3】

前記中間膜をエッチングする工程において、前記第 1 の金属含有膜に含まれる金属を含有する堆積物が生成され、

前記開口パターンを形成する工程は、前記基板に付着した前記堆積物を除去することを含む、請求項 4 に記載のプラズマ処理方法。

## 【請求項 1 4】

前記中間膜をエッチングする工程において、前記第 1 の金属含有膜に含まれる金属を含有する堆積物が生成され、

前記開口パターンを形成する工程は、前記チャンバの内壁に付着した前記堆積物を除去することを含む、請求項 4 に記載のプラズマ処理方法。

## 【請求項 1 5】

前記プラズマ処理装置は、

前記基板支持部に対向して、前記チャンバの上面に配置された第 1 のガス注入部と、

前記チャンバの側面に配置された第 2 のガス注入部と

を有し、

前記処理ガスは、炭素を含む 1 以上のガス及び炭素を含まない 1 以上のガスを含み、

前記炭素を含む 1 以上のガスの少なくとも 1 種は、前記第 1 のガス注入部から供給され、

前記炭素を含まない 1 以上のガスの少なくとも 1 種は、前記第 2 のガス注入部から供給される、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

## 【請求項 1 6】

前記プラズマ処理装置は、

前記チャンバ内において前記チャンバの上面に配置された第 1 のガス注入部と、

前記チャンバ内において前記チャンバの側面に配置された第 2 のガス注入部と

を有し、

前記処理ガスは、少なくとも 1 種の炭素含有ガスを含み、

前記少なくとも 1 種の炭素含有ガスは、前記第 1 のガス注入部及び前記第 2 のガス注入部から前記チャンバ内に供給され、

前記第 2 のガス注入部から前記チャンバ内に供給される前記少なくとも 1 種の炭素含有ガスの流量に対する、前記第 1 のガス注入部から前記チャンバ内に供給される前記少なくとも 1 種の炭素含有ガスの流量の比は 1 未満である、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

## 【請求項 1 7】

前記プラズマ処理装置は、前記基板支持部の上方にプラズマ生成部を有し、

前記開口パターンを形成する工程は、

ソース R F 信号を前記プラズマ生成部に供給して前記処理ガスからプラズマを生成する工程と、

バイアス信号を前記基板支持部に供給する工程と

を含み、

前記ソース R F 信号の電力の実効値は、前記バイアス信号の電力の実効値よりも大きい、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

## 【請求項 1 8】

前記プラズマ生成部は、前記基板支持部に対向して配置される電極を含む、請求項 1 7

10

20

30

40

50

に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 19】

前記プラズマ生成部は、前記基板支持部の上方に配置されたアンテナを含む、請求項 17 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 20】

前記ソース RF 信号の電力の実効値は、500W 以上である、請求項 17 から 19 のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 21】

前記バイアス信号は、RF 信号であり、

前記バイアス信号の電力の実効値は、200W 以下である、請求項 17 ~ 19 のいずれか一項に記載のプラズマ処理方法。 10

【請求項 22】

前記開口パターンを形成する工程において、前記第 1 のシリコン含有膜は、前記第 1 の金属含有膜をマスクとしてエッチングされる、請求項 1 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 23】

前記中間膜をエッチングする工程から前記開口を形成する工程に亘って、前記チャンバ内でプラズマが連続して生成される、請求項 4 に記載のプラズマ処理方法。

【請求項 24】

チャンバ、少なくとも 1 つのガス供給部、プラズマ生成部及び前記チャンバ内の基板支持部を含む少なくとも一つのプラズマ処理装置と、 20

制御部と、

を備え、

前記制御部は、

(a) 前記基板支持部上に、第 1 のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、前記エッチング対象膜上の第 1 の金属含有膜とを有する基板を準備する工程であって、前記第 1 の金属含有膜は開口パターンを含む、前記工程と、

(b) 前記エッチング対象膜をエッチングする工程と、

を含み、

前記 (b) は、炭素、水素及びフッ素を含む、1 以上のガスを含む処理ガスを前記チャンバ内に供給して、前記チャンバ内で前記処理ガスからプラズマを生成し、前記第 1 のシリコン含有膜をエッチングして前記第 1 のシリコン含有膜に前記開口パターンを形成する工程を含み、 30

前記処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する水素原子の数の比率を 0.3 以上に制御する、

処理を実行するように構成される、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。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 は、非有機レジストを  $\text{CH}_3\text{F}$  又は  $\text{BCl}_3$  を含む処理ガスを用いてトリミングすることで、当該レジストに形成されたパターンの寸法を均一化する技術を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】米国特許第 9899219 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

本開示は、金属含有膜を含む基板を適切にエッチングする技術を提供する。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 5 】

本開示の一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置において実行されるプラズマ処理方法が提供される。前記プラズマ処理方法は、(a)チャンバ内の基板支持部上に、第1のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、前記エッチング対象膜上の第1の金属含有膜を有する基板を準備する工程であって、前記第1の金属含有膜は開口パターンを含む、前記工程と、(b)前記エッチング対象膜をエッチングする工程と、を含む。前記(b)は、炭素、水素及びフッ素を含む、1以上のガスを含む処理ガスを前記チャンバ内に供給して、前記チャンバ内で前記処理ガスからプラズマを生成し、前記第1のシリコン含有膜をエッチングして前記第1のシリコン含有膜に前記開口パターンを形成する工程を含み、前記処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する水素原子の数の比率は、0.3以上である。

10

## 【発明の効果】

## 【 0 0 0 6 】

本開示の例示的实施形態によれば、金属含有膜を含む基板を適切にエッチングする技術を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 0 0 7 】

20

【図1】プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。

【図2】プラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

【図3】本処理方法の一例を示すフローチャートである。

【図4A】基板Wの断面構造の一例を示す図である。

【図4B】基板Wの断面構造の一例を示す図である。

【図4C】基板Wの断面構造の一例を示す図である。

【図4D】基板Wの断面構造の一例を示す図である。

【図4E】基板Wの断面構造の一例を示す図である。

【図5】工程ST23のエッチング後における基板Wの断面を模式的に示した図である。

【図6】シリコン含有膜SF-1の欠陥密度を示すグラフである。

30

【図7】シリコン含有膜SF-1のLWR及びLERを示すグラフである。

## 【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 0 8 】

以下、本開示の各実施形態について説明する。

## 【 0 0 0 9 】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置において実行されるプラズマ処理方法が提供される。プラズマ処理方法は、(a)チャンバ内の基板支持部上に、第1のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、エッチング対象膜上の第1の金属含有膜とを有する基板を準備する工程であって、第1の金属含有膜は開口パターンを含む、工程と、(b)エッチング対象膜をエッチングする工程を含む。(b)は、炭素、水素及びフッ素を含む、1以上のガスを含む処理ガスをチャンバ内に供給して、チャンバ内で処理ガスからプラズマを生成し、第1のシリコン含有膜をエッチングして第1のシリコン含有膜に開口パターンを形成する工程を含み、処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する水素原子の数の比率は、0.3以上である。

40

## 【 0 0 1 0 】

一つの例示的实施形態において、第1の金属含有膜は、Sn含有膜である。

## 【 0 0 1 1 】

一つの例示的实施形態において、第1のシリコン含有膜は、シリコンと酸素とを含む膜、シリコンと窒素とを含む膜及びこれらの積層膜からなる群から選択された少なくとも1つである。

50

## 【 0 0 1 2 】

一つの例示的实施形態において、エッチング対象膜は、第1のシリコン含有膜上に中間膜を含み、(b)は、第1の金属含有膜をマスクとして、中間膜をエッチングする工程を含み、開口パターンを形成する工程は、第1の金属含有膜及び中間膜の少なくとも一方をマスクとして、第1のシリコン含有膜をエッチングする。

## 【 0 0 1 3 】

一つの例示的实施形態において、中間膜は、炭素含有膜、第1のシリコン含有膜と異なる第2のシリコン含有膜及び第1の金属含有膜と異なる第2の金属含有膜からなる群から選択される少なくとも1種を含む。

## 【 0 0 1 4 】

一つの例示的实施形態において、中間膜は、炭素含有膜と、炭素含有膜上の第2のシリコン含有膜を含み、第2のシリコン含有膜は、シリコンと酸素とを含む膜、シリコンと窒素とを含む膜及びこれらの積層膜からなる群から選択された少なくとも1つである。

## 【 0 0 1 5 】

一つの例示的实施形態において、処理ガスは、水素含有ガス、炭素含有ガス及びフッ素含有ガスを含む。

## 【 0 0 1 6 】

一つの例示的实施形態において、炭素含有ガスは、水素及びフッ素の少なくとも一方を更に含むガスである。

## 【 0 0 1 7 】

一つの例示的实施形態において、フッ素含有ガスは、炭素を含まないガスである。

## 【 0 0 1 8 】

一つの例示的实施形態において、処理ガスに含まれる炭素原子の数に対する水素原子の数の比率は、0.3以上である。

## 【 0 0 1 9 】

一つの例示的实施形態において、開口パターンを形成する工程におけるチャンバ内の圧力は、中間膜をエッチングする工程におけるチャンバ内の圧力よりも低い。

## 【 0 0 2 0 】

一つの例示的实施形態において、開口パターンを形成する工程は、チャンバ内の圧力を100mTorr以下に制御する。

## 【 0 0 2 1 】

一つの例示的实施形態において、中間膜をエッチングする工程において、第1の金属含有膜に含まれる金属を含有する堆積物が生成され、開口パターンを形成する工程は、基板に付着した堆積物を除去することを含む。

## 【 0 0 2 2 】

一つの例示的实施形態において、中間膜をエッチングする工程において、第1の金属含有膜に含まれる金属を含有する堆積物が生成され、開口パターンを形成する工程は、チャンバの内壁に付着した堆積物を除去することを含む。

## 【 0 0 2 3 】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、基板支持部に対向して、チャンバの上面に配置された第1のガス注入部と、チャンバの側面に配置された第2のガス注入部とを有し、処理ガスは、炭素を含む1以上のガス及び炭素を含まない1以上のガスを含み、炭素を含む1以上のガスの少なくとも1種は、第1のガス注入部から供給され、炭素を含まない1以上のガスの少なくとも1種は、第2のガス注入部から供給される。

## 【 0 0 2 4 】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、チャンバ内においてチャンバの上面に配置された第1のガス注入部と、チャンバ内においてチャンバの側面に配置された第2のガス注入部とを有し、処理ガスは、少なくとも1種の炭素含有ガスを含み、少なくとも1種の炭素含有ガスは、第1のガス注入部及び第2のガス注入部からチャンバ内に供給され、第2のガス注入部からチャンバ内に供給される少なくとも1種の炭素含有ガスの

10

20

30

40

50

流量に対する、第1のガス注入部からチャンバ内に供給される少なくとも1種の炭素含有ガスの流量の比は1未満である。

【0025】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、基板支持部の上方にプラズマ生成部を有し、開口パターンを形成する工程は、ソースRF信号をプラズマ生成部に供給して処理ガスからプラズマを生成する工程と、バイアス信号を基板支持部に供給する工程とを含み、ソースRF信号の電力の実効値は記バイアス信号の電力の実効値よりも大きい。

【0026】

一つの例示的实施形態において、プラズマ生成部は、基板支持部に対向して配置される電極を含む。

【0027】

一つの例示的实施形態において、プラズマ生成部は、基板支持部の上方に配置されたアンテナを含む。

【0028】

一つの例示的实施形態において、ソースRF信号の電力の実効値は、500W以上である。

【0029】

一つの例示的实施形態において、バイアス信号は、RF信号であり、バイアス信号の電力の実効値は、200W以下である。

【0030】

一つの例示的实施形態において、開口を形成する工程において、第1のシリコン含有膜は、第1の金属含有膜をマスクとしてエッチングされる。

【0031】

一つの例示的实施形態において、中間膜をエッチング工程から開口を形成する工程に亘って、チャンバ内でプラズマが連続して生成される。

【0032】

一つの例示的实施形態において、チャンバ、少なくとも1つのガス供給部、プラズマ生成部及びチャンバ内の基板支持部を含む少なくとも1つのプラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置において、制御部は、(a)基板支持部上に、第1のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、エッチング対象膜上の第1の金属含有膜を有する基板を準備する工程であって、第1の金属含有膜は開口パターンを含む、工程と、(b)エッチング対象膜をエッチングする工程とを含み、(b)は、炭素、水素及びフッ素を含む1以上のガスを含む、処理ガスをチャンバ内に供給して、チャンバ内で処理ガスからプラズマを生成し、第1のシリコン含有膜をエッチングして第1のシリコン含有膜に開口パターンを形成する工程を含み、処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する水素原子の数の比率を0.3以上に制御する処理を実行するように構成される。

【0033】

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。

【0034】

<プラズマ処理システムの一例>

図1は、プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。一実施形態において、プラズマ処理システムは、プラズマ処理装置1及び制御部2を含む。プラズマ処理システムは、基板処理システムの一例であり、プラズマ処理装置1は、基板処理装置の一例である。プラズマ処理装置1は、プラズマ処理チャンバ10、基板支持部11及びプラズマ生成部12を含む。プラズマ処理チャンバ10は、プラズマ処理空間を有する。また、プラズマ処理チャンバ10は、少なくとも1つの処理ガスをプラズマ処理空間に供給する

10

20

30

40

50

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

#### 【0035】

プラズマ生成部12は、プラズマ処理空間内に供給された少なくとも1つの処理ガスからプラズマを生成するように構成される。プラズマ処理空間において形成されるプラズマは、容量結合プラズマ(CCP; Capacitively Coupled Plasma)、誘導結合プラズマ(ICP; Inductively Coupled Plasma)、ECRプラズマ(Electron-Cyclotron-resonance plasma)、ヘリコン波励起プラズマ(HWP: Helicon Wave Plasma)、又は、表面波プラズマ(SWP: Surface Wave Plasma)等であってもよい。また、AC(Alternating Current)プラズマ生成部及びDC(Direct Current)プラズマ生成部を含む、種々のタイプのプラズマ生成部が用いられてもよい。一実施形態において、ACプラズマ生成部で用いられるAC信号(AC電力)は、100kHz~10GHzの範囲内の周波数を有する。従って、AC信号は、RF(Radio Frequency)信号及びマイクロ波信号を含む。一実施形態において、RF信号は、100kHz~150MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、プラズマ処理装置1は、基板支持部11の上方にプラズマ生成部12を有してよい。

10

20

#### 【0036】

<プラズマ処理装置の一例>

図2は、プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。プラズマ処理システムは、誘導結合型のプラズマ処理装置1及び制御部2を含む。誘導結合型のプラズマ処理装置1は、プラズマ処理チャンバ10、ガス供給部20、電源30及び排気システム40を含む。プラズマ処理チャンバ10は、誘電体窓を含む。また、プラズマ処理装置1は、基板支持部11、ガス導入部及びアンテナ14を含む。基板支持部11は、プラズマ処理チャンバ10内に配置される。アンテナ14は、プラズマ処理チャンバ10上又はその上方(すなわち誘電体窓101上又はその上方)に配置される。プラズマ処理チャンバ10は、誘電体窓101、プラズマ処理チャンバ10の側壁102及び基板支持部11により規定されたプラズマ処理空間10sを有する。プラズマ処理チャンバ10は、少なくとも1つの処理ガスをプラズマ処理空間10sに供給するための少なくとも1つのガス供給口と、プラズマ処理空間からガスを排出するための少なくとも1つのガス排出口とを有する。プラズマ処理チャンバ10は接地される。

30

#### 【0037】

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

40

#### 【0038】

一実施形態において、本体部111は、基台1110及び静電チャック1111を含む。基台1110は、導電性部材を含む。基台1110の導電性部材はバイアス電極として機能し得る。静電チャック1111は、基台1110の上に配置される。静電チャック1111は、セラミック部材1111aとセラミック部材1111a内に配置される静電電極1111bとを含む。セラミック部材1111aは、中央領域111aを有する。一実施形態において、セラミック部材1111aは、環状領域111bも有する。なお、環状

50

静電チャックや環状絶縁部材のような、静電チャック 1 1 1 1 を囲む他の部材が環状領域 1 1 1 b を有してもよい。この場合、リングアセンブリ 1 1 2 は、環状静電チャック又は環状絶縁部材の上に配置されてもよく、静電チャック 1 1 1 1 と環状絶縁部材の両方の上に配置されてもよい。また、後述する RF ( Radio Frequency ) 電源 3 1 及び / 又は DC ( Direct Current ) 電源 3 2 に結合される少なくとも 1 つの RF / DC 電極がセラミック部材 1 1 1 1 a 内に配置されてもよい。この場合、少なくとも 1 つの RF / DC 電極がバイアス電極として機能する。なお、基台 1 1 1 0 の導電性部材と少なくとも 1 つの RF / DC 電極とが複数のバイアス電極として機能してもよい。また、静電電極 1 1 1 1 b がバイアス電極として機能してもよい。従って、基板支持部 1 1 は、少なくとも 1 つのバイアス電極を含む。

10

## 【 0 0 3 9 】

リングアセンブリ 1 1 2 は、1 又は複数の環状部材を含む。一実施形態において、1 又は複数の環状部材は、1 又は複数のエッジリングと少なくとも 1 つのカバーリングとを含む。エッジリングは、導電性材料又は絶縁材料で形成され、カバーリングは、絶縁材料で形成される。

## 【 0 0 4 0 】

また、基板支持部 1 1 は、静電チャック 1 1 1 1、リングアセンブリ 1 1 2 及び基板のうち少なくとも 1 つをターゲット温度に調節するように構成される温調モジュールを含んでもよい。温調モジュールは、ヒータ、伝熱媒体、流路 1 1 1 0 a、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路 1 1 1 0 a には、ブラインやガスのような伝熱流体が流れる。一実施形態において、流路 1 1 1 0 a が基台 1 1 1 0 内に形成され、1 又は複数のヒータが静電チャック 1 1 1 1 のセラミック部材 1 1 1 1 a 内に配置される。また、基板支持部 1 1 は、基板 W の裏面と中央領域 1 1 1 a との間隙に伝熱ガスを供給するように構成された伝熱ガス供給部を含んでもよい。

20

## 【 0 0 4 1 】

ガス導入部は、ガス供給部 2 0 からの少なくとも 1 つの処理ガスをプラズマ処理空間 1 0 s 内に導入するように構成される。一実施形態において、ガス導入部は、中央ガス注入部 ( CGI : Center Gas Injector ) 1 3 を含む。中央ガス注入部 1 3 1 は、基板支持部 1 1 の上方に配置され、誘電体窓 1 0 1 に形成された中央開口部に取り付けられる。中央ガス注入部 1 3 1 は、少なくとも 1 つのガス供給口 1 3 1 a、少なくとも 1 つのガス流路 1 3 1 b、及び少なくとも 1 つのガス導入口 1 3 1 c を有する。ガス供給口 1 3 1 a に供給された処理ガスは、ガス流路 1 3 1 b を通過してガス導入口 1 3 1 c からプラズマ処理空間 1 0 s 内に導入される。なお、ガス導入部は、中央ガス注入部 1 3 1 に加えて又はその代わりに、側壁 1 0 2 に形成された 1 又は複数の開口部に取り付けられる 1 又は複数のサイドガス注入部 ( SGI : Side Gas Injector ) を含んでもよい。

30

## 【 0 0 4 2 】

ガス導入部は、サイドガス注入部の一例として、周辺ガス注入部 5 2 を含んでもよい。周辺ガス注入部 5 2 は、複数の周辺注入口 5 2 i を含んでいる。複数の周辺注入口 5 2 i は、主として基板 W の縁部に向けてガスを供給する。複数の周辺注入口 5 2 i は、基板 W の縁部、又は、基板 W を支持する中央領域 1 1 1 a の縁部に向けて開口している。複数の周辺注入口 5 2 i は、ガス導入口 1 3 1 c よりも下方、且つ、基板支持部 1 1 の上方において、基板支持部 1 1 の周方向に沿って配列されている。即ち、複数の周辺注入口 5 2 i は、誘電体窓 1 0 1 の直下よりも電子温度の低い領域 ( プラズマ拡散領域 ) において、ガス流路 1 3 1 b の軸線を中心として環状に配列されている。なお、中央ガス注入部は第 1 のガス注入部の一例である。また、サイドガス注入部は第 2 のガス注入部の一例である。

40

## 【 0 0 4 3 】

ガス供給部 2 0 は、少なくとも 1 つのガスソース 2 1 及び少なくとも 1 つの流量制御器 2 2 を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部 2 0 は、少なくとも 1 つの処理ガスを、それぞれに対応のガスソース 2 1 からそれぞれに対応の流量制御器 2 2 を介してガ

50

ス導入部に供給するように構成される。各流量制御器 22 は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器を含んでもよい。さらに、ガス供給部 20 は、少なくとも 1 つの処理ガスの流量を変調又はパルス化する 1 又はそれ以上の流量変調デバイスを含んでもよい。

【0044】

電源 30 は、少なくとも 1 つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ処理チャンバ 10 に結合される RF 電源 31 を含む。RF 電源 31 は、少なくとも 1 つの RF 信号 (RF 電力) を少なくとも 1 つのバイアス電極及びアンテナ 14 に供給するように構成される。これにより、プラズマ処理空間 10 s に供給された少なくとも 1 つの処理ガスからプラズマが形成される。従って、RF 電源 31 は、プラズマ処理チャンバ 10 において 1 又はそれ以上の処理ガスからプラズマを生成するように構成されるプラズマ生成部の少なくとも一部として機能し得る。また、バイアス RF 信号を少なくとも 1 つのバイアス電極に供給することにより、基板 W にバイアス電位が発生し、形成されたプラズマ中のイオンを基板 W に引き込むことができる。

10

【0045】

一実施形態において、RF 電源 31 は、第 1 の RF 生成部 31 a 及び第 2 の RF 生成部 31 b を含む。第 1 の RF 生成部 31 a は、アンテナ 14 に結合され、少なくとも 1 つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ生成用のソース RF 信号 (ソース RF 電力) を生成するように構成される。一実施形態において、ソース RF 信号は、10 MHz ~ 150 MHz の範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第 1 の RF 生成部 31 a は、異なる周波数を有する複数のソース RF 信号を生成するように構成されてもよい。生成された 1 又は複数のソース RF 信号は、アンテナ 14 に供給される。

20

【0046】

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

30

【0047】

また、電源 30 は、プラズマ処理チャンバ 10 に結合される DC 電源 32 を含んでもよい。DC 電源 32 は、バイアス DC 生成部 32 a を含む。一実施形態において、バイアス DC 生成部 32 a は、少なくとも 1 つのバイアス電極に接続され、バイアス DC 信号を生成するように構成される。生成されたバイアス DC 信号は、少なくとも 1 つのバイアス電極に印加される。

【0048】

種々の実施形態において、バイアス DC 信号は、パルス化されてもよい。この場合、電圧パルスのシーケンスが少なくとも 1 つのバイアス電極に印加される。電圧パルスは、矩形、台形、三角形又はこれらの組み合わせのパルス波形を有してもよい。一実施形態において、DC 信号から電圧パルスのシーケンスを生成するための波形生成部がバイアス DC 生成部 32 a と少なくとも 1 つのバイアス電極との間に接続される。従って、バイアス DC 生成部 32 a 及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。電圧パルスは、正の極性を有してもよく、負の極性を有してもよい。また、電圧パルスのシーケンスは、1 周期内に 1 又は複数の正極性電圧パルスと 1 又は複数の負極性電圧パルスとを含んでもよい。なお、バイアス DC 生成部 32 a は、RF 電源 31 に加えて設けられてもよく、第 2 の RF 生成部 31 b に代えて設けられてもよい。

40

50

## 【 0 0 4 9 】

アンテナ 1 4 は、1 又は複数のコイルを含む。一実施形態において、アンテナ 1 4 は、同軸上に配置された外側コイル及び内側コイルを含んでもよい。この場合、R F 電源 3 1 は、外側コイル及び内側コイルの双方に接続されてもよく、外側コイル及び内側コイルのうちいずれか一方に接続されてもよい。前者の場合、同一の R F 生成部が外側コイル及び内側コイルの双方に接続されてもよく、別個の R F 生成部が外側コイル及び内側コイルに別々に接続されてもよい。

## 【 0 0 5 0 】

排気システム 4 0 は、例えばプラズマ処理チャンバ 1 0 の底部に設けられたガス排出口 1 0 e に接続され得る。排気システム 4 0 は、圧力調整弁及び真空ポンプを含んでもよい。圧力調整弁によって、プラズマ処理空間 1 0 s 内の圧力が調整される。真空ポンプは、ターボ分子ポンプ、ドライポンプ又はこれらの組み合わせを含んでもよい。

## 【 0 0 5 1 】

図 3 は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理方法（以下「本処理方法」という。）の一例を示すフローチャートである。また、図 4 A から図 4 E は、基板 W の断面構造の一例を示す図である。本処理方法は、例えば、図 2 に示すプラズマ処理装置 1 を用いて、基板 W に対して実行される。以下、各図を参照しつつ、図 4 A に示す基板 W に対して、図 3 に示す本処理方法を実行する例を説明する。なお、以下の例では、図 1 及び図 2 に示す制御部 2 が、図 2 に示すプラズマ処理装置 1 の各部を制御して、本処理方法が実行される。

## 【 0 0 5 2 】

（工程 S T 1：基板の準備）

工程 S T 1 において、基板 W をプラズマ処理チャンバ 1 0 のプラズマ処理空間 1 0 s 内に準備する。工程 S T 1 において、基板 W は、少なくとも、基板支持部 1 1 に配置され、静電チャック 1 1 1 1 により保持される。基板 W が有する各構成を形成する工程の少なくとも一部は、工程 S T 1 の一部として、プラズマ処理空間 1 0 s 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プラズマ処理装置 1 の外部の装置又はチャンバで形成された後、基板 W がプラズマ処理空間 1 0 s 内に搬入され、基板支持部 1 1 に配置されてもよい。

## 【 0 0 5 3 】

工程 S T 1 は、基板支持部 1 1 の温度を設定する工程を含んでよい。基板支持部 1 1 の温度を設定するために、制御部 2 は温調モジュールを制御し得る。一例として、制御部 2 は、基板支持部 1 1 の温度を 6 0 以下に設定してもよい。

## 【 0 0 5 4 】

基板 W は、第 1 のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、エッチング対象膜上の第 1 の金属含有膜とを有する。エッチング対象膜は、第 1 のシリコン含有膜のみで構成されていてもよく、第 1 のシリコン含有膜上に中間膜を有してもよい。中間膜は、工程 S T 2 において、第 1 の金属含有膜のエッチングレートよりも高いエッチングレートを有する材料から形成され得る。また、中間膜は、工程 S T 2 において、第 1 のシリコン含有膜のエッチングレートよりも低いエッチングレートを有する材料から形成され得る。中間膜は、例えば、炭素含有膜、第 1 のシリコン含有膜と異なる第 2 のシリコン含有膜及び第 1 の金属含有膜と異なる第 2 の金属含有膜からなる群から選択される少なくとも 1 種であってよく、これらの 2 種以上を含む積層膜であってよい。

## 【 0 0 5 5 】

一例として、プラズマ処理チャンバ 1 0 内に準備される基板 W は、図 4 A に示す断面構造を有する。下地膜 U F、金属化合物膜 M F、シリコン含有膜 S F - 1、炭素含有膜 C F、シリコン含有膜 S F - 2 及びマスク膜 M K を含む。シリコン含有膜 S F - 1 は、第 1 のシリコン含有膜の一例である。炭素含有膜 C F 及びシリコン含有膜 S F - 2 は、中間膜の一例である。シリコン含有膜 S F - 2 は、第 2 のシリコン含有膜の一例である。マスク膜 M K は、第 1 の金属含有膜の一例である。なお、シリコン含有膜 S F - 1 及び S F - 2 を

総称して「シリコン含有膜 S F」ともいう。なお、第 1 のシリコン含有膜は、エッチングによって、第 1 の金属含有膜（一例ではマスク膜 M K）が有する開口パターンが形成される膜であり得る。第 2 のシリコン含有膜（一例ではシリコン含有膜 S F - 2）は、第 1 の金属含有膜をマスクとしてエッチングされる膜であってよい。また、第 1 のシリコン含有膜（一例ではシリコン含有膜 S F - 1）は、第 1 の金属含有膜（一例ではマスク膜 M K）をマスクとしてエッチングされた膜（一例では炭素含有膜 C F）をマスクとしてエッチングされる膜であってよい。

【 0 0 5 6 】

下地膜 U F は、シリコンウェハ上に形成された有機膜、誘電体膜、金属膜、半導体膜等であってよい。また、下地膜 U F は、シリコンウェハであってよい。また、下地膜 U F は、複数の膜が積層されて構成されてよい。

10

【 0 0 5 7 】

シリコン含有膜 S F - 1 及び S F - 2 は、シリコン ( S i ) を含有する膜であり得る。シリコン含有膜 S F は、シリコン酸化膜等のシリコンと酸素とを含む膜、又はシリコン窒化膜等のシリコンと窒素とを含む膜を含み得る。一例として、シリコン含有膜 S F - 1 は S i O<sub>2</sub> 膜であり、シリコン含有膜 S F - 2 は S i O N 膜である。シリコン含有膜 S F は、シリコンを含有する膜であれば、他の膜種を有する膜であってよい。また、シリコン含有膜 S F は、シリコン膜（例えば多結晶シリコン膜）を含んでいてもよい。また、シリコン含有膜 S F は、シリコン窒化膜、多結晶シリコン膜、炭素含有シリコン膜、及び低誘電率膜のうち少なくとも一つを含んでいてよい。炭素含有シリコン膜は、S i C 膜及び / 又は S i O C 膜を含み得る。低誘電率膜は、シリコンを含有し、層間絶縁膜として用いられ得る。また、シリコン含有膜 S F は、スピノングラス ( S O G ) 膜、シリコン含有反射防止 ( S i A R C ) 膜であってよい。また、シリコン含有膜 S F は、リン、ホウ素、窒素等の不純物がドーパされた膜であってよい。

20

【 0 0 5 8 】

また、シリコン含有膜 S F は、互いに異なる膜種を有する二つ以上のシリコン含有膜を含んでいてもよい。二つ以上のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜及びシリコン窒化膜を含んでいてもよい。シリコン含有膜 S F は、例えば、交互に積層された一つ以上のシリコン酸化膜及び一つ以上のシリコン窒化膜を含む多層膜であってよい。シリコン含有膜 S F は、交互に積層された複数のシリコン酸化膜及び複数のシリコン窒化膜を含む多層膜であってよい。或いは、二つ以上のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜及びシリコン膜を含んでいてもよい。シリコン含有膜 S F は、例えば、交互に積層された一つ以上のシリコン酸化膜及び一つ以上のシリコン膜を含む多層膜であってよい。シリコン含有膜 S F は、交互に積層された複数のシリコン酸化膜及び複数の多結晶シリコン膜を含む多層膜であってよい。或いは、二つ以上のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、及びシリコン膜を含んでいてもよい。

30

【 0 0 5 9 】

また、シリコン含有膜 S F - 1 は、シリコン含有膜 S F - 2 よりも、エッチング耐性の高い膜であってよい。当該エッチング耐性は、例えば、フルオロカーボンガス及び / 又はハイドロフルオロカーボンガスを処理ガスとするエッチングにおける耐性であってよい。一例として、シリコン含有膜 S F - 1 は S i O<sub>2</sub> 膜であり、シリコン含有膜 S F - 2 は S O G 膜であってよい。なお、シリコン含有膜 S F - 2 は、シリコン含有膜 S F - 1 よりも薄くてよい。また、シリコン含有膜 S F - 2 は、マスク膜 M K 及び / 又は炭素含有膜 C F よりも薄くてよい。

40

【 0 0 6 0 】

炭素含有膜 C F は、炭素を含む膜であり得る。炭素含有膜 C F は、有機材料を含む膜であってよく、また、無機材料を含む膜であってよい。一例として、炭素含有膜 C F は、スピノンカーボン ( S O C 膜 ) 又はアモルファスカーボン ( A C L ) 膜である。

【 0 0 6 1 】

マスク膜 M K は、第 1 の金属含有膜であり得る。第 1 の金属含有膜は、スズ含有膜であ

50

ってよい。マスク膜MKは、工程ST2においてシリコン含有膜SF-2のエッチングレートよりも低いエッチングレートを有する材料から形成される。マスク膜MKは、EUV用のフォトレジスト膜であってよい。一例として、EUV用のフォトレジスト膜は、スズ含有膜であり得る。一例として、スズ含有膜は、酸化スズ及び/又は水酸化スズを含み得る。また、一例として、EUV用のフォトレジスト膜は、チタン(Ti)、クロム(Cr)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ゲルマニウム(Ge)、ヒ素(As)、銀(Ag)、インジウム(In)、アンチモン(Sb)、テルル(Te)、ヨウ素(I)及びハフニウム(Hf)からなる群から選択された少なくとも1つの材料を含有する膜であり得る。

#### 【0062】

なお、中間膜が第2の金属含有膜を含む場合、第2の金属含有膜は、一例として、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、銅(Cu)、亜鉛(Zn)、ガリウム(Ga)、ジルコニウム(Zr)、モリブデン(Mo)、ルテニウム(Ru)、インジウム(In)、スズ(Sn)、ハフニウム(Hf)、タンタル(Ta)、タングステン(W)及びからなる群から選択された少なくとも1つの金属を含有する金属含有膜であり得る。第2の金属含有膜は、ゲルマニウム(Ge)、ヒ素(As)、アンチモン(Sb)、テルル(Te)及びヨウ素(I)からなる群から選択される少なくとも1種の材料を含んでもよい。

#### 【0063】

マスク膜MKは、シリコン含有膜SF上に少なくとも1つの開口OPを規定する開口パターンを有する。マスク膜MKは、マスク膜MKの外周以外において、少なくとも1つの側壁を有する。そして、開口OPは、当該側壁によって規定される閉じた空間である。マスク膜MKによって規定される少なくとも1つの開口OPは、基板Wの平面視において、任意の形状を有してよい。当該形状は、円形状、楕円形状、矩形形状、線形状等を含み得る。マスク膜MKが有する開口パターンは、基板Wの平面視において、ホール形状を有する複数の開口OPが規則的に配置されたアレイパターンを含み得る。当該ホール形状は、円形状、楕円形状、矩形形状等を含み得る。また、マスク膜MKが有する開口パターンは、基板Wの平面視において、線形状を有する複数の開口OPが一定の間隔で並ぶラインアンドスペース(L/S)パターンを含み得る。開口OPのピッチ(マスク膜MKの中心間距離)は100nm以下であってよい。あるいは、開口OPの幅は、30nm以下であってよい。当該幅は、開口OPがホール形状を有する場合、当該ホールの直径であってよい。また、当該幅は、開口パターンがラインアンドスペースパターンを有する場合、当該ライン又は当該スペースの幅であってよい。また、シリコン含有膜SF-1又はSF-2の厚さは、40nm以下又は20nm以下であってよい。

#### 【0064】

マスク膜MKによって規定される開口OPにおいて、シリコン含有膜SF-2は、その表面(上面)が露出している。後述する工程ST2において、マスク膜MKによって規定された開口OPの形状に基づいて、シリコン含有膜SF-2、炭素含有膜CF、シリコン含有膜SF-1及び金属化合物膜MFがエッチングされる。そして、各膜にホールやトレンチ等の凹部RCが形成される。各膜に形成される1つ以上の凹部RCの各々は、基板Wの平面視において、1つ以上の開口OPの各々に基づいた形状を有する。

#### 【0065】

なお、マスク膜MKが有する開口パターンは、欠陥を含み得る。一例として、当該開口パターンの欠陥は、マスク膜MKに開口パターンを形成した時に発生したエッチング残渣を含み得る。エッチング残渣は、開口OPを規定するマスク膜MKの側壁や、開口OPの底部(すなわち、シリコン含有膜SF-2の表面)に存在し得る。

#### 【0066】

(工程ST2:エッチングの実行)

工程ST2において、基板Wにおいてマスク膜MKの下方に配置された各膜をエッチングする。工程ST2は、シリコン含有膜SF-2をエッチングする工程(工程ST21)、炭素含有膜CFをエッチングする工程(工程ST22)、シリコン含有膜SF-1をエ

10

20

30

40

50

エッチングする工程（工程 S T 2 3）及び金属化合物膜 M F をエッチングする工程（工程 S T 2 4）を有する。

【 0 0 6 7 】

工程 S T 2 の各工程は、プラズマ処理チャンバ 1 0 内に処理ガスを供給する工程、ソース R F 信号を供給する工程及びバイアス R F 信号を供給する工程を含み得る。当該各工程において、処理ガスからプラズマの活性種（イオン、ラジカル）が生成され、当該活性種によって各膜がエッチングされる。なお、処理ガス、ソース R F 信号及びバイアス信号の供給が開始する順番は任意である。また、工程 S T 2 における連続する 2 つ以上の工程に亘って、プラズマ処理チャンバ 1 0 内でプラズマが連続して生成されてよい。すなわち、連続する 2 つ以上の工程間において、プラズマが途切れることなく生成されてよい。これにより、プラズマ処理チャンバ 1 0 内に発生するパーティクルを低減することができる。また、工程 S T 2 の各工程は、2 以上のプラズマ処理チャンバで実行してもよい。例えば、工程 S T 2 1 を第 1 のチャンバで実行し、工程 S T 2 2 を第 2 のチャンバで実行し、工程 S T 2 3 を第 3 のチャンバで実行し、工程 S T 2 4 を第 4 のチャンバで実行してもよい。シリコン含有膜 S F をエッチングする工程 S T 2 1 と工程 S T 2 3 とは、同一のチャンバで実行してもよい。すなわち、第 1 のチャンバと第 3 のチャンバとは、同一のチャンバであってもよい。

10

【 0 0 6 8 】

工程 S T 2 の各工程において、処理ガスがプラズマ処理チャンバ 1 0 内に供給される。処理ガスの種類は、各工程においてエッチングの対象となる膜の材料、当該膜の厚さ、当該膜の上方及び / 又は下方にある膜の材料、マスクとなる膜が有するパターン等に基づいて、適宜選択されてよい。

20

【 0 0 6 9 】

工程 S T 2 の各工程において、プラズマ処理チャンバ 1 0 内の圧力は、適宜設定されてよい。一例として、工程 S T 2 3 におけるプラズマ処理チャンバ 1 0 内の圧力は、中間膜をエッチングする工程である工程 S T 2 1 及び工程 S T 2 2 におけるプラズマ処理チャンバ 1 0 内の圧力よりも低く設定されてよい。一例として、プラズマ処理チャンバ 1 0 内の圧力は、1 0 0 m T o r r 以下、5 0 m T o r r 以下、3 0 m T o r r 以下又は 1 0 m T o r r 以下に設定され得る。

【 0 0 7 0 】

30

（工程 S T 2 1 : シリコン含有膜 S F - 2 のエッチング）

次に、図 4 B に示すように、工程 S T 2 1 において、シリコン含有膜 S F - 2 をエッチングする。一例として、シリコン含有膜 S F - 2 は、フルオロカーボンガス及び / 又はハイドロフルオロカーボンガスを含む処理ガスから生成されたプラズマを用いてエッチングしてよい。工程 S T 2 1 において、当該処理ガスから生成されたプラズマを用いて基板 W をエッチングすると、マスク膜 M K をマスクとして、シリコン含有膜 S F - 2 がエッチングされ、シリコン含有膜 S F - 2 に凹部 R C が形成される。また、凹部 R C の底部において、炭素含有膜 C F が露出する。なお、シリコン含有膜 S F - 2 のエッチングにおいて、マスク膜 M K の一部がエッチングされてよい。また、マスク膜 M K の開口パターンが、エッチング残渣を含む欠陥を含む場合、シリコン含有膜 S F - 2 は、当該エッチング残渣をマスクとしてエッチングされ得る。すなわち、凹部 R C によってシリコン含有膜 S F - 2 に形成されるパターンも、当該エッチング残渣に基づく欠陥を含み得る。

40

【 0 0 7 1 】

（工程 S T 2 2 : 炭素含有膜 C F のエッチング）

次に、図 4 C に示すように、工程 S T 2 2 において、炭素含有膜 C F をエッチングする。一例として、炭素含有膜 C F は、水素、ハロゲン及び酸素を含む処理ガスから生成されたプラズマを用いてエッチングしてよい。また、一例として、処理ガスは、水素、臭素、塩素及び / 又はヨウ素を含有する分子からなる 1 以上のガスを含んでよい。一例として、当該ガスは、 $H_2$ 、 $Br_2$ 、 $Cl_2$ 、 $HBr$ 、 $HCl$ 、 $HI$  等である。処理ガスは、酸素を含有する分子からなる 1 以上のガスを含んでよい。一例として、当該ガスは、 $O_2$ 、 $CO$

50

2、COS等である。また、処理ガスは、He、Ar、N<sub>2</sub>等の不活性ガスを含んでよい。

【0072】

一例として、マスク膜MKがスズ含有膜である場合、工程ST22において、当該処理ガスから生成されたプラズマを用いて基板Wをエッチングすると、図4Cに示すように、マスク膜MKが除去される。そして、シリコン含有膜SF-2をマスクとして、炭素含有膜CFがエッチングされ、炭素含有膜CFに凹部RCが形成される。また、凹部RCの底部において、シリコン含有膜SF-1が露出する。なお、炭素含有膜CFのエッチングにおいて、シリコン含有膜SF-2の一部がエッチングされてよい。また、マスク膜MKの開口パターンが、エッチング残渣を含む欠陥を含む場合、炭素含有膜CFは、当該エッチング残渣に基づく欠陥を含むシリコン含有膜SF-2をマスクとしてエッチングされ得る。すなわち、凹部RCによって炭素含有膜CFに形成されるパターンも、当該エッチング残渣に基づく欠陥を含み得る。

10

【0073】

(工程ST22：シリコン含有膜SF-1のエッチング)

次に、図4Dに示すように、工程ST23において、シリコン含有膜SF-1をエッチングする。一例として、シリコン含有膜SF-1は、炭素、水素及びフッ素を含む1以上のガスを含む処理ガスから生成されたプラズマを用いてエッチングしてよい。処理ガスは、1以上のガスを含む。ここで、当該1つ以上のガスの各々が水素、炭素及びフッ素を含んでよい。また、当該1つ以上のガスが複数のガスである場合、当該複数のガスのうち、1つのガスが、水素、炭素及びフッ素の1以上を含み、当該複数のガスのうち、残りの1つ以上のガスの一部又は全部が、水素、炭素及びフッ素の残りを含んでよい。

20

【0074】

工程ST23において用いられる処理ガスは、プラズマ処理中に、プラズマ処理チャンバ10内でフッ化水素(HF)種を生成可能なガスを含み得る。フッ化水素種は、工程ST23において、シリコン含有膜SF-1をエッチングするエッチャントとして機能する。

【0075】

炭素、水素及びフッ素を含むガスは、ハイドロフルオロカーボンからなる群から選択される少なくとも1種のガスであってよい。ハイドロフルオロカーボンは、例えば、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>、CHF<sub>3</sub>、又はCH<sub>3</sub>Fの少なくとも一つである。ハイドロフルオロカーボンは、二つ以上の炭素原子を含んでいてもよく、二つ以上六つ以下の炭素原子を含んでいてもよい。ハイドロフルオロカーボンは、例えば、C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>F<sub>2</sub>等の二つの炭素原子を含んでいてもよい。ハイドロフルオロカーボンは、例えば、C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>4</sub>F<sub>2</sub>等の三つの炭素原子を含んでいてもよい。ハイドロフルオロカーボンは、例えば、C<sub>4</sub>H<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>4</sub>H<sub>3</sub>F<sub>5</sub>、C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>F<sub>4</sub>等の四つの炭素原子を含んでいてもよい。ハイドロフルオロカーボンは、例えば、C<sub>5</sub>H<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、C<sub>5</sub>H<sub>3</sub>F<sub>5</sub>、C<sub>5</sub>H<sub>4</sub>F<sub>4</sub>等の五つの炭素原子を含んでいてもよい。一実施形態として、ハイドロフルオロカーボンガスは、C<sub>3</sub>H<sub>2</sub>F<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>F<sub>3</sub>、C<sub>4</sub>H<sub>2</sub>F<sub>6</sub>及びC<sub>4</sub>H<sub>3</sub>F<sub>5</sub>からなる群から選択される少なくとも1種を含む。なお、処理ガスは、プラズマ処理中にプラズマ処理チャンバ10内でフッ化水素(HF)種を生成可能なガスとして、フッ化水素(HF)を含んでよい。なお、処理ガスにおいて、フッ素原子の数に対する水素原子の数の比は、0.3以上、0.4以上又は0.5以上であってよい。また、処理ガスにおいて、炭素原子の数に対する水素原子の数の比は、1.0以上、1.5以上又は2.0以上であってよい。

30

40

【0076】

また、処理ガスは、水素及びフッ素を含むガスとして、プラズマ処理中に、プラズマ処理チャンバ10内でフッ化水素種を生成可能な混合ガスを含んでよい。フッ化水素種を生成可能な混合ガスは、水素源及びフッ素源を含んでよい。水素源は、例えば、H<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、H<sub>2</sub>O、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>又はハイドロカーボン(CH<sub>4</sub>、C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>等)であってよい。フッ素源は、BF<sub>3</sub>、NF<sub>3</sub>、PF<sub>3</sub>、PF<sub>5</sub>、SF<sub>6</sub>、WF<sub>6</sub>、XeF<sub>2</sub>又はフルオロカーボンであってよい。一例として、フッ化水素種を生成可能な混合ガスは、三フッ化窒素(NF<sub>3</sub>)

50

と水素 ( $H_2$ ) との混合ガスである。

【0077】

また、処理ガスは、炭素を含むガスとして、ハイドロカーボン ( $C_xH_y$ )、フルオロカーボン ( $C_vF_w$ ) からなる群から選択される少なくとも一種の炭素含有ガスを含んでいてもよい。ここで、 $x$ 、 $y$ 、 $v$  及び  $w$  の各々は自然数である。ハイドロカーボンは、例えば、 $CH_4$ 、 $C_2H_6$ 、 $C_3H_6$ 、 $C_3H_8$  又は  $C_4H_{10}$  等を含んでもよい。フルオロカーボンは、例えば、 $CF_4$ 、 $C_2F_2$ 、 $C_2F_4$ 、 $C_3F_8$ 、 $C_4F_6$ 、 $C_4F_8$  又は  $C_5F_8$  等を含んでもよい。これらの炭素含有ガスから生成される化学種は、マスク膜 MK を保護し得る。

【0078】

また、処理ガスは、少なくとも一つのリン含有分子を更に含み得る。リン含有分子は、十酸化四リン ( $P_4O_{10}$ )、八酸化四リン ( $P_4O_8$ )、六酸化四リン ( $P_4O_6$ ) 等の酸化物であってもよい。十酸化四リンは、五酸化二リン ( $P_2O_5$ ) と呼ばれることがある。リン含有分子は、三フッ化リン ( $PF_3$ )、五フッ化リン ( $PF_5$ )、三塩化リン ( $PCl_3$ )、五塩化リン ( $PCl_5$ )、三臭化リン ( $PBr_3$ )、五臭化リン ( $PBr_5$ )、ヨウ化リン ( $PI_3$ ) のようなハロゲン化物 (ハロゲン化リン) であってもよい。即ち、リンを含む分子は、ハロゲン元素としてフッ素を含むフッ化物 (フッ化リン) であってもよい。或いは、リンを含む分子は、ハロゲン元素としてフッ素以外のハロゲン元素を含んでもよい。リン含有分子は、フッ化ホスホリル ( $POF_3$ )、塩化ホスホリル ( $POCl_3$ )、臭化ホスホリル ( $POBr_3$ ) のようなハロゲン化ホスホリルであってもよい。リン含有分子は、ホスフィン ( $PH_3$ )、リン化カルシウム ( $Ca_3P_2$  等)、リン酸 ( $H_3PO_4$ )、リン酸ナトリウム ( $Na_3PO_4$ )、ヘキサフルオロリン酸 ( $HPF_6$ ) 等であってもよい。リン含有分子は、フルオロホスフィン類 ( $H_xPF_y$ ) であってもよい。ここで、 $x$  と  $y$  の和は、3 又は 5 である。フルオロホスフィン類としては、 $HPF_2$ 、 $H_2PF_3$  が例示される。処理ガスは、少なくとも一つのリン含有分子として、上記のリン含有分子のうち一つ以上のリン含有分子を含み得る。例えば、処理ガスは、少なくとも一つのリン含有分子として、 $PF_3$ 、 $PCl_3$ 、 $PF_5$ 、 $PCl_5$ 、 $POCl_3$ 、 $PH_3$ 、 $PBr_3$ 、又は  $PBr_5$  の少なくとも一つを含み得る。なお、処理ガスに含まれる各リン含有分子が液体又は固体である場合、各リン含有分子は、加熱等によって気化されてプラズマ処理チャンバ 10 内に供給され得る。

【0079】

また、処理ガスは、ハロゲン含有分子を含んでもよい。ハロゲン含有分子は、炭素を含有してもよく、炭素を含有しなくてもよい。ハロゲン含有分子は、フッ素含有分子であってもよく、フッ素以外のハロゲン元素を含有するハロゲン含有分子であってもよく、フッ素とフッ素以外のハロゲン元素とを含有するハロゲン含有分子であってもよい。フッ素含有分子は、例えば、三フッ化窒素 ( $NF_3$ )、六フッ化硫黄 ( $SF_6$ )、三フッ化ホウ素 ( $BF_3$ ) などのガスを含んでいてもよい。フッ素以外のハロゲン元素を含有するハロゲン含有分子は、例えば、塩素含有ガス、臭素含有ガス及びヨウ素からなる群から選択される少なくとも1種であってもよい。塩素含有ガスは、例えば、塩素 ( $Cl_2$ )、塩化水素 ( $HCl$ )、二塩化ケイ素 ( $SiCl_2$ )、四塩化ケイ素 ( $SiCl_4$ )、四塩化炭素 ( $CCl_4$ )、ジシクロロシラン ( $SiH_2Cl_2$ )、六塩化二ケイ素 ( $Si_2Cl_6$ )、クロロホルム ( $CHCl_3$ )、ジクロロメタン ( $CH_2Cl_2$ )、塩化スルフリル ( $SO_2Cl_2$ )、三塩化ホウ素 ( $BCl_3$ ) などのガスである。臭素含有ガスは、例えば、臭素 ( $Br_2$ )、臭化水素 ( $HBr$ )、ジブロモジフルオロメタン ( $CBr_2F_2$ )、プロモペンタフルオロエタン ( $C_2F_5Br$ )、三臭化リン ( $PBr_3$ )、五臭化リン ( $PBr_5$ )、リン酸オキシプロミド ( $POBr_3$ )、三臭化ホウ素 ( $BBr_3$ ) などのガスである。ヨウ素含有ガスは、例えば、ヨウ化水素 ( $HI$ )、トリフルオロヨードメタン ( $CF_3I$ )、ペンタフルオロヨードエタン ( $C_2F_5I$ )、ヘプタフルオロプロピルヨージド ( $C_3F_7I$ )、五フッ化ヨウ素 ( $IF_5$ )、セフッ化ヨウ素 ( $IF_7$ )、ヨウ素 ( $I_2$ )、三ヨウ化リン ( $PI_3$ ) などのガスである。これらのハロゲン含有分子はから生成される化学種は、プ

10

20

30

40

50

ラズマエッチングで形成される凹部の形状を制御するために用いられ得る。

【0080】

処理ガスは、酸素含有分子を含んでよい。酸素含有分子は、例えば $O_2$ 、 $CO_2$ 又は $CO$ を含んでいてもよい。また、処理ガスは、 $Ar$ 、 $Kr$ 、 $Xe$ 等の貴ガスを含んでよい。

【0081】

また、図2のプラズマ処理装置1において、処理ガスは、中央ガス注入部131及びサイドガス注入部の一方又は双方から、プラズマ処理チャンバ10内に供給されてよい。一例として、中央ガス注入部131から供給される炭素含有ガスの流量よりも、サイドガス注入部から供給される炭素含有ガスの流量が多くてよい。即ち、処理ガスに含まれる炭素含有ガスの流量に対する、中央ガス注入部131から供給される炭素含有ガスの流量の割合が50%以下、サイドガス注入部から供給される炭素含有ガスの流量の割合が50%以上であってよい。また、処理ガスに含まれる炭素含有ガスの流量に対する、中央ガス注入部131から供給される炭素含有ガスの流量の割合が20%以下、サイドガス注入部から供給される炭素含有ガスの流量の割合が80%以上であってよい。また、処理ガスに含まれる炭素含有ガスの流量に対する、中央ガス注入部131から供給される炭素含有ガスの流量の割合が10%以下、サイドガス注入部から供給される炭素含有ガスの流量の割合が90%以上であってよい。また、処理ガスに含まれる炭素含有ガスの流量に対する、中央ガス注入部131から供給される炭素含有ガスの流量の割合が5%以下、サイドガス注入部から供給される炭素含有ガスの流量の割合が95%以上であってよい。また、処理ガスに含まれる炭素含有ガスの流量における、サイドガス注入部から供給される炭素含有ガスの流量の割合が100%であってよい。

【0082】

また、一例として、プラズマ処理チャンバ10内に供給される処理ガスのうち、中央ガス注入部131から供給される炭素含有ガスに含まれる炭素原子の数よりも、サイドガス注入部から供給される炭素含有ガスに含まれる炭素原子の数が多くてよい。

【0083】

処理ガスに含まれる炭素含有ガスの少なくとも一部を、サイドガス注入部からプラズマ処理チャンバ10内に供給することにより、基板Wの面内において、エッチング膜のエッチングレートの均一性及び/又はエッチング膜に形成される凹部の寸法の均一性を向上することができる。

【0084】

次に、工程ST23において供給されるソースRF信号及びバイアス信号について説明する。工程ST23において供給されるソースRF信号は、一例として、図2のプラズマ処理装置1における上部電極又は図2におけるプラズマ処理装置1のアンテナ14に供給され得る。上部電極は電極の一例である。ソースRF信号は、RFの連続波であってよく、また、パルス波であってよい。ソースRF信号の電力は、バイアス信号の電力よりも大きい。一例として、ソースRF信号の電力は、300W以上であってよい。また、ソースRF信号の電力は、500W以上、1,000W以上、又は、2,000W以上であってよい。

【0085】

工程ST23において供給されるバイアス信号は、一例として、図2の基板支持部11に供給される。バイアス信号は、基板支持部11においてバイアス電極として機能し得る部材に供給されてよい。バイアス信号は、RF信号であり得る。バイアス信号の電力は、ソースRF信号の電力よりも小さい。一例として、バイアス信号の電力は、200W以下であってよい。また、バイアス信号の電力は、100W以下、又は、50W以下であってよい。なお、一例として、バイアス信号の電力は、ソースRF信号の電力よりも大きいてもよい。

【0086】

工程ST23において、処理ガスから生成されたプラズマを用いて基板Wをエッチングすると、シリコン含有膜SF-2及び/又は炭素含有膜CFをマスクとして、シリコン含

10

20

30

40

50

有膜 S F - 1 がエッチングされ、シリコン含有膜 S F - 1 に凹部 R C が形成される。また、凹部 R C の底部において、金属化合物膜 M F が露出する。なお、シリコン含有膜 S F - 2 は、シリコン含有膜 S F - 1 と同様のエッチング条件でエッチングされ得る。当該エッチング条件は、処理ガスの種類、ソース R F 信号の電力、バイアス信号の電力、プラズマ処理チャンバ 10 内の圧力を含み得る。

【 0 0 8 7 】

なお、工程 S T 2 3 において、工程 S T 2 1 及び / 又は工程 S T 2 2 において生成された、金属を含有する堆積物を除去してよい。当該金属は、マスク膜 M K に含まれる金属であってよい。また、一例として、当該金属は、スズ ( S n ) であってよい。当該堆積物は、工程 S T 2 1 及び / 又は工程 S T 2 2 のエッチングにおいて生じた、当該金属を含む化合物等の残渣であってよい。また、当該堆積物は、基板 W に付着した堆積物であってよく、また、プラズマ処理チャンバ 10 の内壁に付着した堆積物であってよい。工程 S T 2 3 において、当該堆積物を除去することにより、シリコン含有膜 S F - 1 の欠陥を低減することができる。当該欠陥は、工程 S T 2 3 において発生し得る欠陥であり得る。

10

【 0 0 8 8 】

次に、図 4 E に示すように、工程 S T 2 4 において、金属化合物膜 M F をエッチングする。一例として、金属化合物膜 M F は、フッ素又は塩素を含む処理ガスから生成されたプラズマを用いてエッチングしてよい。工程 S T 2 4 において、処理ガスから生成されたプラズマを用いて基板 W をエッチングすると、第 1 のシリコン含有膜 S F - 1 をマスクとして、金属化合物膜 M F がエッチングされ、金属化合物膜 M F に凹部 R C が形成される。また、凹部 R C の底部において、下地膜 U F が露出する。なお、金属化合物膜 M F のエッチング中において、シリコン含有膜 S F - 1 の一部がエッチングされてよい。

20

【 0 0 8 9 】

< 本処理方法の実施例 >

以下の積層構造を有する基板 W を準備した。

マスク膜 M K : スズ含有膜 10 nm  
 シリコン含有膜 S F - 2 : S O G 8 nm  
 炭素含有膜 C F : S O C 44 nm  
 シリコン含有膜 S F - 1 : S i O<sub>2</sub> 15 nm  
 金属化合物膜 M F : T i N 14 nm

30

そして、プラズマ処理チャンバ 10 内において、シリコン含有膜 S F - 2 及び炭素含有膜 C F をエッチングした後、参考例及び実施例の条件で、シリコン含有膜 S F - 1 をエッチングした。なお、シリコン含有膜 S F - 2 及び炭素含有膜 C F は、参考例及び実施例の双方において、同じ条件でエッチングした。

参考例

装置 : C C P プラズマ処理装置  
 ソース R F 信号 : 0 W  
 バイアス R F 信号 : 300 W  
 処理ガス : C F<sub>4</sub>、C H F<sub>3</sub>、A r  
 H / F : 0 . 16  
 H / C : 0 . 55

40

実施例

装置 : I C P プラズマ処理装置 ( 図 2 )  
 ソース R F 信号 : 1 , 500 W  
 バイアス R F 信号 : 50 W  
 処理ガス : C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>、H<sub>2</sub>、N F<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>、A r  
 H / F : 0 . 41  
 H / C : 2 . 04

なお、「H / F」は、処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する、水素原子の数の比率である。また、「H / C」は、処理ガスに含まれる炭素原子の数に対する、水素原子の

50

数の比率である。

【 0 0 9 0 】

図 5 は、工程 S T 2 3 において基板 W のエッチングした後における、基板 W の断面の一部を模式的に示した図である。図 5 において、( a ) は、参考例の条件で工程 S T 2 3 を実行した後の基板 W の断面を示す。また、( b ) は、実施例の条件で工程 S T 2 3 を実行した後の基板 W の断面を示す。

【 0 0 9 1 】

図 5 に示すように、実施例は、参考例と比較して良好な結果となった。すなわち、まず、炭素含有膜 C F をマスクとしてシリコン含有膜 S F - 1 をエッチングする際に、実施例では選択比が大幅に向上した。具体的には、シリコン含有膜 S F - 1 のエッチング後に、参考例では炭素含有膜 C F が 3 9 % しか存在しなかったのに対して、実施例では炭素含有膜 C F が 6 6 % も存在した。すなわち、選択比が約 1 . 7 倍に向上した。また、H / F を 0 . 4 6 とした他の実施例では、シリコン含有膜 S F - 1 のエッチング後における炭素含有膜 C F の厚さが、そのエッチング前と比べて略同じ厚さとなった。さらに、H / F を 0 . 5 4 とした他の実施例では、シリコン含有膜 S F - 1 のエッチング後における炭素含有膜 C F の厚さが、そのエッチング前よりも厚くなる結果となった。

10

【 0 0 9 2 】

また、エッチング後のシリコン含有膜 S F - 1 の断面形状が大幅に改善された。具体的には、シリコン含有膜 S F - 1 のエッチング後において、シリコン含有膜 S F - 1 のボトム C D ( Critical Dimension : 寸法 ) に対するトップ C D の比率 ( 以下「 C D 比」ともいう。 ) が、参考例では 7 2 % であったのに対して、実施例では 9 1 % となった。すなわち、エッチング後のシリコン含有膜 S F - 1 の断面形状が、参考例では緩やかなテーパーを有する形状になったのに対して、実施例では垂直に近い形状となった。また、実施例では、シリコン含有膜 S F - 1 をエッチングする時間を制御して、C D 比を制御することができた。一例として、オーバーエッチングの時間を短くすると断面形状をテーパー形状にすることができ、他方で、オーバーエッチングの時間を長くすると断面形状を逆テーパー形状にすることができた。また、オーバーエッチングの時間を制御して、断面形状を略垂直にすることができた。

20

【 0 0 9 3 】

図 6 は、工程 S T 2 3 において基板 W をエッチングした後における、シリコン含有膜 S F - 1 の欠陥密度を示すグラフである。図 6 において、縦軸は基板 W において、シリコン含有膜 S F - 1 に含まれる欠陥の密度を示す。図 6 に示すように、実施例におけるシリコン含有膜 S F - 1 の欠陥密度は、参考例におけるシリコン含有膜 S F - 1 の欠陥密度よりも、約 8 8 % 減少した。

30

【 0 0 9 4 】

図 7 は、工程 S T 2 3 において基板 W をエッチングした後における、シリコン含有膜 S F - 1 のライン幅の粗さ ( Line width roughness : L W R ) 及びラインエッジの粗さ ( Line edge roughness : L E R ) を示すグラフである。図 7 に示すとおり、実施例では、参考例と比較して、L W R 及び L E R の双方とも約 1 0 % 改善された。なお、参考例及び実施例の双方において、マスク膜 M K の開口パターンは、ラインアンドスペース ( L / S ) パターンである。

40

【 0 0 9 5 】

以上のとおり、本処理方法では、シリコン含有膜 S F を含む基板 W のエッチングにおいて、マスク膜 M K としてスズ含有膜等の金属含有膜を用い、また、水素の含有率の高い処理ガスを用いた。これにより、高い選択比でシリコン含有膜 S F をエッチングすることができる。また、断面形状が垂直形状に近いシリコン含有膜を得ることができる。

【 0 0 9 6 】

また、本処理方法では、マスク膜 M K に含まれる金属を含有する堆積物及び / 又はマスク膜 M K に含まれる欠陥を除去しつつ、シリコン含有膜 S F をエッチングすることができる。これにより、シリコン含有膜 S F のエッチングにおいて、当該堆積物及び / 又は当該

50

欠陥の影響を低減できるので、シリコン含有膜 S F に含まれる欠陥を低減することができる。なお、当該堆積物は、基板 W に含まれる他の膜をエッチングする工程において生成された、当該金属を含む化合物等であり得る。また、当該欠陥は、マスク膜 M K に開口パターンを形成する工程で生成した、マスク膜 M K のエッチング残渣であり得る。

【 0 0 9 7 】

また、本処理方法では、当該堆積物及び / 又は当該欠陥を除去しつつ、シリコン含有膜 S F をエッチングできるので、シリコン含有膜 S F が有するパターンの粗さを改善することができる。

【 0 0 9 8 】

以上の各実施形態は、説明の目的で説明されており、本開示の範囲及び趣旨から逸脱することなく種々の変形をなし得る。 10

【 0 0 9 9 】

本開示の実施形態は、以下の態様をさらに含む。

【 0 1 0 0 】

( 付 記 1 )

プラズマ処理装置において実行されるプラズマ処理方法であって、

前記プラズマ処理方法は、

( a ) チャンバ内の基板支持部上に、第 1 のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、前記エッチング対象膜上の第 1 の金属含有膜とを有する基板を準備する工程であって、前記第 1 の金属含有膜は開口パターンを含む、前記工程と、 20

( b ) 前記エッチング対象膜をエッチングする工程と、  
を含み、

前記 ( b ) は、炭素、水素及びフッ素を含む、1 以上のガスを含む処理ガスを前記チャンバ内に供給して、前記チャンバ内で前記処理ガスからプラズマを生成し、前記第 1 のシリコン含有膜をエッチングして前記第 1 のシリコン含有膜に前記開口パターンを形成する工程と

を含み、

前記処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する水素原子の数の比率は、0 . 3 以上である、プラズマ処理方法。

【 0 1 0 1 】

30

( 付 記 2 )

前記第 1 の金属含有膜は、S n 含有膜である、付記 1 に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 0 2 】

( 付 記 3 )

前記第 1 のシリコン含有膜は、シリコンと酸素とを含む膜、シリコンと窒素とを含む膜及びこれらの積層膜からなる群から選択された少なくとも 1 つである、付記 1 又は付記 2 に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 0 3 】

( 付 記 4 )

前記エッチング対象膜は、前記第 1 のシリコン含有膜上に中間膜を含み、 40

前記 ( b ) は、前記第 1 の金属含有膜をマスクとして、前記中間膜をエッチングする工程を含み、

前記開口パターンを形成する工程は、前記第 1 の金属含有膜及び前記中間膜の少なくとも一方をマスクとして、前記第 1 のシリコン含有膜をエッチングする、付記 1 から付記 3 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 0 4 】

( 付 記 5 )

前記中間膜は、炭素含有膜、前記第 1 のシリコン含有膜と異なる第 2 のシリコン含有膜及び前記第 1 の金属含有膜と異なる第 2 の金属含有膜からなる群から選択される少なくとも 1 種を含む、付記 4 に記載のプラズマ処理方法。 50

## 【 0 1 0 5 】

( 付 記 6 )

前記中間膜は、前記炭素含有膜と、前記炭素含有膜上の第 2 のシリコン含有膜を含み、前記第 2 のシリコン含有膜は、シリコンと酸素とを含む膜、シリコンと窒素とを含む膜及びこれらの積層膜からなる群から選択された少なくとも 1 つである、付記 5 に記載のプラズマ処理方法。

## 【 0 1 0 6 】

( 付 記 7 )

前記処理ガスは、水素含有ガス、炭素含有ガス及びフッ素含有ガスを含む、付記 1 から付記 6 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

10

## 【 0 1 0 7 】

( 付 記 8 )

前記炭素含有ガスは、水素及びフッ素の少なくとも一方を更に含むガスである、付記 7 に記載のプラズマ処理方法。

## 【 0 1 0 8 】

( 付 記 9 )

前記フッ素含有ガスは、炭素を含まないガスである、付記 7 又は付記 8 に記載のプラズマ処理方法。

## 【 0 1 0 9 】

( 付 記 1 0 )

前記処理ガスに含まれる炭素原子の数に対する水素原子の数の比率は、0.3 以上である、付記 1 から付記 9 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

20

## 【 0 1 1 0 】

( 付 記 1 1 )

前記開口パターンを形成する工程における前記チャンバ内の圧力は、前記中間膜をエッチングする工程における前記チャンバ内の圧力よりも低い、付記 4 に記載のプラズマ処理方法。

## 【 0 1 1 1 】

( 付 記 1 2 )

前記開口パターンを形成する工程は、前記チャンバ内の圧力を 100 m T o r r 以下に制御する、付記 1 から付記 10 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

30

## 【 0 1 1 2 】

( 付 記 1 3 )

前記中間膜をエッチングする工程において、前記第 1 の金属含有膜に含まれる金属を含有する堆積物が生成され、

前記開口パターンを形成する工程は、前記基板に付着した前記堆積物を除去することを含む、付記 4 又は付記 5 に記載のプラズマ処理方法。

## 【 0 1 1 3 】

( 付 記 1 4 )

前記中間膜をエッチングする工程において、前記第 1 の金属含有膜に含まれる金属を含有する堆積物が生成され、

前記開口パターンを形成する工程は、前記チャンバの内壁に付着した前記堆積物を除去することを含む、付記 4 又は付記 5 に記載のプラズマ処理方法。

40

## 【 0 1 1 4 】

( 付 記 1 5 )

前記プラズマ処理装置は、

前記基板支持部に対向して、前記チャンバの上面に配置された第 1 のガス注入部と、

前記チャンバの側面に配置された第 2 のガス注入部と

を有し、

前記処理ガスは、炭素を含む 1 以上のガス及び炭素を含まない 1 以上のガスを含み、

50

前記炭素を含む 1 以上のガスの少なくとも 1 種は、前記第 1 のガス注入部から供給され、  
前記炭素を含まない 1 以上のガスの少なくとも 1 種は、前記第 2 のガス注入部から供給される、付記 1 から付記 1 4 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 1 5 】

( 付記 1 6 )

前記プラズマ処理装置は、  
前記チャンバ内において前記チャンバの上面に配置された第 1 のガス注入部と、  
前記チャンバ内において前記チャンバの側面に配置された第 2 のガス注入部と  
を有し、

10

前記処理ガスは、少なくとも 1 種の炭素含有ガスを含み、  
前記少なくとも 1 種の炭素含有ガスは、前記第 1 のガス注入部及び前記第 2 のガス注入部から前記チャンバ内に供給され、  
前記第 2 のガス注入部から前記チャンバ内に供給される前記少なくとも 1 種の炭素含有ガスの流量に対する、前記第 1 のガス注入部から前記チャンバ内に供給される前記少なくとも 1 種の炭素含有ガスの流量の比は 1 未満である、付記 1 から付記 1 4 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 1 6 】

( 付記 1 7 )

前記プラズマ処理装置は、前記基板支持部の上方にプラズマ生成部を有し、  
前記開口パターンを形成する工程は、  
ソース R F 信号を前記プラズマ生成部に供給して前記処理ガスからプラズマを生成する工程と、  
バイアス信号を前記基板支持部に供給する工程と  
を含み、  
前記ソース R F 信号の電力の実効値は、前記バイアス信号の電力の実効値よりも大きい、付記 1 から付記 1 6 に記載のプラズマ処理方法。

20

【 0 1 1 7 】

( 付記 1 8 )

前記プラズマ生成部は、前記基板支持部に対向して配置される電極を含む、付記 1 7 に記載のプラズマ処理方法。

30

【 0 1 1 8 】

( 付記 1 9 )

前記プラズマ生成部は、前記基板支持部の上方に配置されたアンテナを含む、付記 1 7 に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 1 9 】

( 付記 2 0 )

前記ソース R F 信号の電力の実効値は、500 W 以上である、付記 1 7 から付記 1 9 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 2 0 】

( 付記 2 1 )

前記バイアス信号は、R F 信号であり、  
前記バイアス信号の電力の実効値は、200 W 以下である、付記 1 7 から付記 2 0 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

40

【 0 1 2 1 】

( 付記 2 2 )

前記開口を形成する工程において、前記第 1 のシリコン含有膜は、前記第 1 の金属含有膜をマスクとしてエッチングされる、付記 1 から付記 2 1 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 2 2 】

50

( 付記 2 3 )

前記中間膜をエッチングする工程から前記開口を形成する工程に亘って、前記チャンバ内でプラズマが連続して生成される、請付記 4 又は付記 5 に記載のプラズマ処理方法。

【 0 1 2 3 】

( 付記 2 4 )

チャンバ、少なくとも 1 つのガス供給部、プラズマ生成部及び前記チャンバ内の基板支持部を含む少なくとも 1 つのプラズマ処理装置と、

制御部と、

を備え、

前記制御部は、

( a ) 前記基板支持部上に、第 1 のシリコン含有膜を含むエッチング対象膜と、前記エッチング対象膜上の第 1 の金属含有膜とを有する基板を準備する工程であって、前記第 1 の金属含有膜は開口パターンを含む、前記工程と、

( b ) 前記エッチング対象膜をエッチングする工程と、  
を含み、

前記 ( b ) は、炭素、水素及びフッ素を含む、1 以上のガスを含む処理ガスを前記チャンバ内に供給して、前記チャンバ内で前記処理ガスからプラズマを生成し、前記第 1 のシリコン含有膜をエッチングして前記第 1 のシリコン含有膜に前記開口パターンを形成する工程を含み、

前記処理ガスに含まれるフッ素原子の数に対する水素原子の数の比率を 0 . 3 以上に制御する、

処理を実行するように構成される、プラズマ処理装置。

【 符号の説明 】

【 0 1 2 4 】

1 ... プラズマ処理装置、 2 ... 制御部、 1 0 ... プラズマ処理チャンバ、 1 2 ... プラズマ生成部、 1 3 ... 中央ガス注入部、 1 4 ... アンテナ、 2 0 ... ガス供給部、 3 0 ... 電源、 3 1 ... R F 電源、 3 2 ... D C 電源、 5 2 ... 周辺ガス注入部、 1 0 1 ... 誘電体窓、 1 0 2 ... 側壁、 1 1 1 ... 本体部、 1 1 1 a ... 中央領域、 1 1 1 b ... 環状領域、 1 3 1 ... 中央ガス注入部、 C F ... 炭素含有膜、 M F ... 金属化合物膜、 M K ... マスク膜、 O P ... 開口、 R C ... 凹部、 S F ... シリコン含有膜、 U F ... 下地膜

10

20

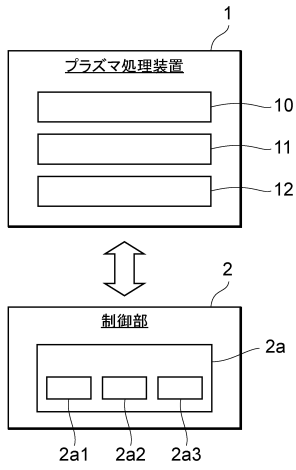
30

40

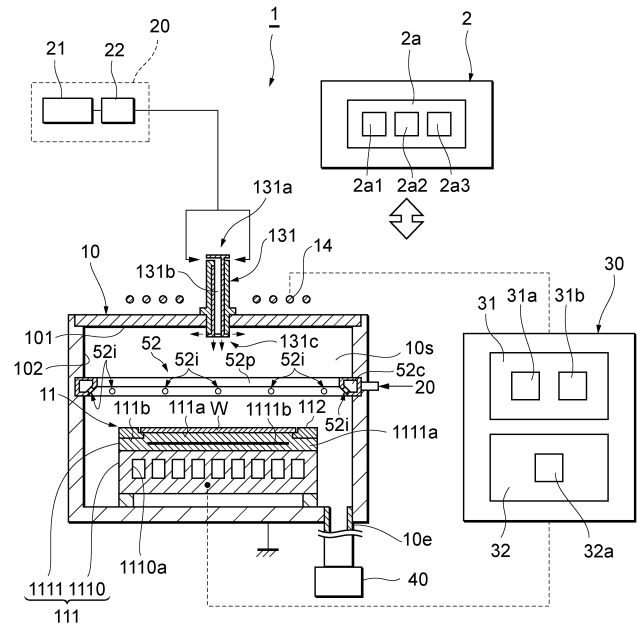
50

【 図 面 】

【 図 1 】



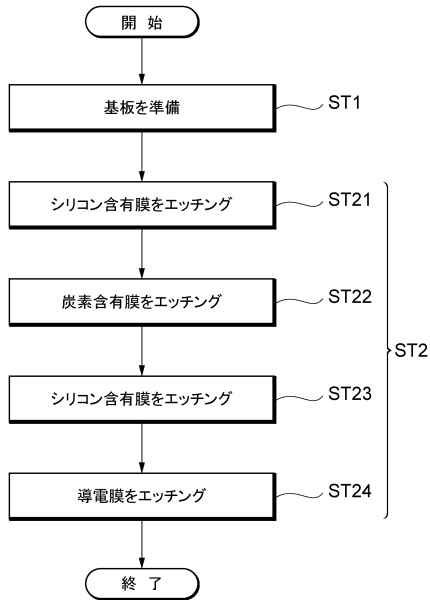
【 図 2 】



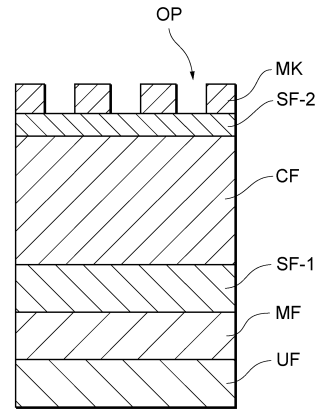
10

20

【 図 3 】



【 図 4 A 】

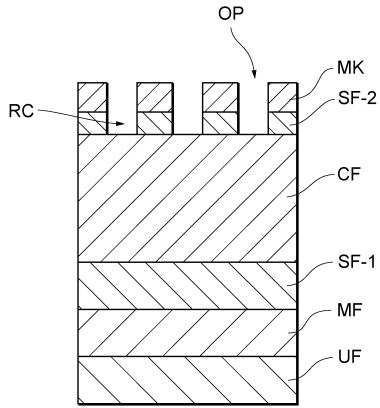


30

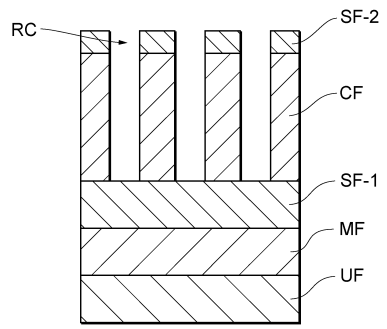
40

50

【 4 B 】

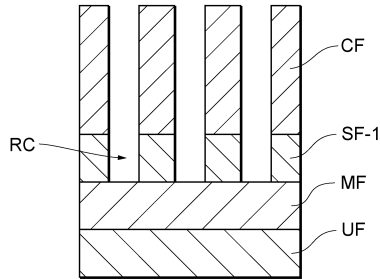


【 4 C 】

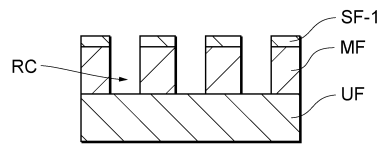


10

【 4 D 】



【 4 E 】



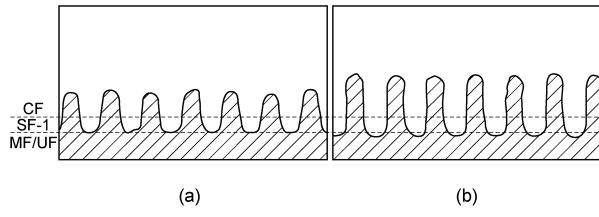
20

30

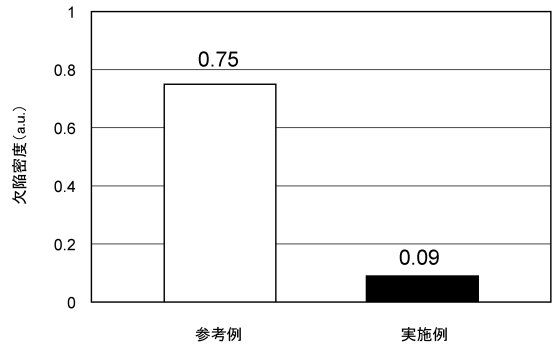
40

50

【 図 5 】

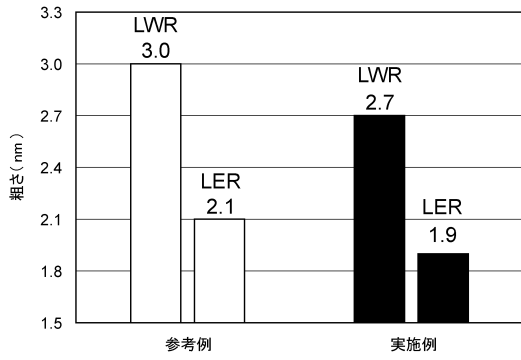


【 図 6 】



10

【 図 7 】



20

30

40

50

---

フロントページの続き

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 小野 健太

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 西塚 哲也

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

F ターム ( 参考 ) 5F004 AA01 BB12 BB13 BB18 BB22 BB23 BB26 BB28 CA02 CA03  
CA04 CA06 DA01 DA04 DA05 DA12 DA13 DA14 DA15 DA16 DA17  
DA18 DA22 DA23 DA24 DA25 DA26 DA29 DB02 DB03 DB07 DB08  
DB09 DB10 EA02 EA05 EA06 EA07