

(19)日本国特許庁(JP)

## (12)特許公報(B1)

(11)特許番号

特許第7123287号

(P7123287)

(45)発行日 令和4年8月22日(2022.8.22)

(24)登録日 令和4年8月12日(2022.8.12)

(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 1 B

請求項の数 21 (全36頁)

(21)出願番号	特願2022-524208(P2022-524208)	(73)特許権者	000219967
(86)(22)出願日	令和3年8月24日(2021.8.24)		東京エレクトロン株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/031030		東京都港区赤坂五丁目3番1号
審査請求日	令和4年4月25日(2022.4.25)	(74)代理人	100088155
(31)優先権主張番号	63/162739		弁理士 長谷川 芳樹
(32)優先日	令和3年3月18日(2021.3.18)	(74)代理人	100113435
(33)優先権主張国・地域又は機関			弁理士 黒木 義樹
	米国(US)	(74)代理人	100122507
(31)優先権主張番号	特願2020-157290(P2020-157290)		弁理士 柏岡 潤二
(32)優先日	令和2年9月18日(2020.9.18)	(72)発明者	佐藤 琢磨
(33)優先権主張国・地域又は機関			宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番
	日本国(JP)		東京エレクトロン宮城株式会社内
(31)優先権主張番号	特願2020-185206(P2020-185206)	(72)発明者	吉村 正太
(32)優先日	令和2年11月5日(2020.11.5)		宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番
(33)優先権主張国・地域又は機関			東京エレクトロン宮城株式会社内
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 エッチング方法、プラズマ処理装置、基板処理システム、及びプログラム

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

(a) 基板を提供する工程であり、該基板は第1の領域及び第2の領域を有し、前記第2の領域はシリコン及び酸素を含み、前記第1の領域は前記第2の領域とは異なる材料から形成されている、該工程と、

(b) 一酸化炭素ガス又は硫化カルボニルガスを含む第1の処理ガスから生成される第1のプラズマにより前記第1の領域上に優先的に堆積物を形成する工程と、

(c) 前記第2の領域をエッチングする工程と、を含む、エッチング方法。

## 【請求項2】

前記第2の領域は、窒化シリコンから形成されており、

前記(c)は、

(c1) フルオロカーボンガスを含む第2の処理ガスからプラズマを生成することにより、フルオロカーボンを含む別の堆積物を前記基板上に形成する工程と、

(c2) 前記別の堆積物がある上に形成された前記基板に希ガスから生成されるプラズマからのイオンを供給することにより、前記第2の領域をエッチングする工程と、

を含む、請求項1に記載のエッチング方法。

## 【請求項3】

前記(b)と前記(c)が交互に繰り返される、請求項2に記載のエッチング方法。

## 【請求項4】

10

20

前記第 2 の領域は、前記第 1 の領域によって囲まれており、前記 (c) において、自己整合的にエッチングされる、請求項 2 又は 3 に記載のエッチング方法。

【請求項 5】

前記第 1 の領域は、前記第 2 の領域上に形成されたフォトレジストマスクである、請求項 1 に記載のエッチング方法。

【請求項 6】

前記 (b) 及び前記 (c) は、同一チャンバにおいて実行される、請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 7】

前記 (b) は、第 1 のチャンバにおいて実行され、

10

前記 (c) は、第 2 のチャンバにおいて実行される、

請求項 1 ~ 5 の何れか一項に記載のエッチング方法。

【請求項 8】

前記 (b) と前記 (c) との間に、真空環境下で前記第 1 のチャンバから前記第 2 のチャンバに前記基板を搬送する工程を更に含む、  
請求項 7 に記載のエッチング方法。

【請求項 9】

チャンバと、

前記チャンバ内に設けられた基板支持器と、

前記チャンバ内においてプラズマを生成するよう構成されたプラズマ生成部と、

20

制御部と、

を備え、

前記制御部は、

(a) 一酸化炭素ガス又は硫化カルボニルガスを含む第 1 の処理ガスから生成される第 1 のプラズマにより基板の第 1 の領域上に優先的に堆積物を形成する工程と、

(b) 前記基板の第 2 の領域をエッチングする工程と、

をもたらすように構成されている、

プラズマ処理装置。

【請求項 10】

前記制御部は、

30

(c) 前記 (a) と前記 (b) を交互に繰り返す工程を更にもたらすように構成される、請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 11】

前記 (b) は、複数のサイクルにより実行され、

前記複数のサイクルの各々は、

(b1) フルオロカーボンガスを含む第 2 の処理ガスからプラズマを生成することにより、フルオロカーボンを含む別の堆積物を前記基板上に形成する工程と、

(b2) 前記別の堆積物がある上に形成された前記基板に希ガスから生成されるプラズマからのイオンを供給することにより、前記第 2 の領域をエッチングする工程と、を含む、請求項 9 又は 10 に記載のプラズマ処理装置。

40

【請求項 12】

前記第 1 の処理ガスは、一酸化炭素ガス及び水素ガスを含む、請求項 9 ~ 11 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 13】

前記第 1 の処理ガスは、一酸化炭素ガス及び窒素ガスを含む、請求項 9 ~ 11 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 14】

前記 (a) は、前記第 1 の領域及び前記第 2 の領域が画成する凹部のアスペクト比が 4 以下であるときに少なくとも実行される、請求項 9 ~ 13 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

50

## 【請求項 15】

前記第1の処理ガスは、炭素を含みフッ素を含まない第1の成分と炭素とフッ素又は水素とを含む第2の成分とを含み、

前記第1の成分の流量は、前記第2の成分の流量よりも多い、  
請求項9～14の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 16】

前記プラズマ処理装置は、前記基板支持器の上方に設けられた上部電極を更に備え、  
前記上部電極は、前記チャンバの内部空間に接する天板を含み、  
前記天板は、シリコン含有材料から形成されており、  
前記制御部は、前記(a)が行われているときに、前記上部電極に負の直流電圧を印加する工程を更にもたらすように構成されている、  
請求項9～15の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

10

## 【請求項 17】

前記制御部は、前記(a)の後、前記(b)の前に、シリコンを含む堆積物を前記基板上に形成する工程を更にもたらすように構成されている、請求項16に記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 18】

前記プラズマ処理装置は、前記基板支持器の上方に設けられた上部電極を更に備え、  
前記上部電極は、前記チャンバの内部空間に接する天板を含み、  
前記天板は、シリコン含有材料から形成されており、  
前記制御部は、前記(a)の後、前記(b)の前に、シリコンを含む堆積物を前記基板上に形成する工程を更にもたらすように構成されている、  
請求項9～15の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

20

## 【請求項 19】

シリコンを含む堆積物を前記基板上に形成する前記工程は、チャンバ内でプラズマが生成されているときに、前記上部電極に負の直流電圧を印加することを含む、請求項17又は18に記載のプラズマ処理装置。

## 【請求項 20】

基板を処理する基板処理システムであって、該基板は第1の領域及び第2の領域を有し、前記第2の領域はシリコン及び酸素を含み、前記第1の領域は酸素を含まず前記第2の領域の材料とは異なる材料から形成されており、該基板処理システムは、  
一酸化炭素ガス又は硫化カルボニルガスを含む第1の処理ガスから生成される第1のプラズマにより前記第1の領域上に優先的に堆積物を形成するように構成された堆積装置と、  
前記第2の領域をエッチングするように構成されたエッチング装置と、  
前記堆積装置と前記エッチング装置との間で、真空環境下で前記基板を搬送するように構成された搬送モジュールと、  
を備える基板処理システム。

30

## 【請求項 21】

請求項1～8の何れか一項に記載のエッチング方法をプラズマ処理装置に実行させるプログラム。

40

## 【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、エッチング方法、プラズマ処理装置、基板処理システム、及びプログラムに関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

電子デバイスの製造においては基板に対するエッチングが行われている。エッチングには、選択性が要求される。即ち、基板の第1の領域を保護しつつ、第2の領域を選択的にエッチングすることが求められる。下記の特許文献1及び2は、酸化シリコンから形成さ

50

れた第2の領域を窒化シリコンから形成された第1の領域に対して選択的にエッチングする技術を開示している。これらの文献に開示された技術は、フルオロカーボンを基板の第1の領域及び第2の領域上に堆積させている。第1の領域上に堆積したフルオロカーボンは第1の領域の保護に用いられ、第2の領域上に堆積したフルオロカーボンは第2の領域のエッチングに用いられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2015-173240号公報

特開2016-111177号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本開示は、基板の第1の領域を第2の領域に対して選択的に保護しつつ、第2の領域を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】

【0005】

一つの例示的实施形態において、エッチング方法が提供される。エッチング方法は、基板を提供する工程(a)を含む。基板は、第1の領域及び第2の領域を有する。第2の領域は酸化シリコンを含み、第1の領域は第2の領域とは異なる材料から形成されている。エッチング方法は、一酸化炭素ガスを含む第1の処理ガスから生成される第1のプラズマにより第1の領域上に優先的に堆積物を形成する工程(b)を更に含む。エッチング方法は、第2の領域をエッチングする工程(c)を更に含む。

20

【発明の効果】

【0006】

一つの例示的实施形態によれば、基板の第1の領域を第2の領域に対して選択的に保護しつつ、第2の領域をエッチングすることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】一つの例示的实施形態に係るエッチング方法の流れ図である。

30

【図2】図1に示すエッチング方法が適用され得る一例の基板の部分拡大断面図である。

【図3】図1に示すエッチング方法が適用され得る別の例の基板の部分拡大断面図である。

【図4】図4の(a)~図4の(f)の各々は、図1に示すエッチング方法の対応の工程が適用された状態の一例の基板の部分拡大断面図である。

【図5】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6】別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7】一つの例示的实施形態に係る基板処理システムを示す図である。

【図8】図8の(a)及び図8の(b)は第1の実験の結果を示す図であり、図8の(c)及び図8の(d)は、第1の比較実験の結果を示す図である。

【図9】図9の(a)及び図9の(b)は第2の実験の結果を示す図であり、図9の(c)及び図9の(d)は、第2の比較実験の結果を示す図である。

40

【図10】第3の実験で得たイオンエネルギーと開口の幅の関係を示すグラフである。

【図11】第4~第6の実験において測定した寸法を説明する図である。

【図12】図12の(a)~(f)はそれぞれ、第7~第12の実験での堆積物DPの形成後のサンプル基板の透過電子顕微鏡(TEM)画像である。

【図13】図1に示すエッチング方法において採用され得る例示的实施形態に係る工程STcの流れ図である。

【図14】図14の(a)~図14の(e)の各々は、図1に示すエッチング方法の対応の工程が適用された状態の一例の基板の部分拡大断面図である。

【図15】別の例示的实施形態に係るエッチング方法の流れ図である。

50

【図 1 6】別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 1 7】図 1 7 の ( a ) ~ 図 1 7 の ( d ) の各々は、図 1 5 に示すエッチング方法の対応の工程が適用された状態の一例の基板の部分拡大断面図である。

【図 1 8】種々の例示的实施形態に係るエッチング方法が適用され得る更に別の例の基板の部分拡大断面図である。

【図 1 9】図 1 9 の ( a ) 及び図 1 9 の ( b ) の各々は、例示的实施形態に係るエッチング方法の対応の工程が適用された状態の一例の基板の部分拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

以下、種々の例示的实施形態について説明する。

10

【 0 0 0 9 】

一つの例示的实施形態において、エッチング方法が提供される。エッチング方法は、基板を提供する工程 ( a ) を含む。基板は、第 1 の領域及び第 2 の領域を有する。第 2 の領域は酸化シリコンを含み、第 1 の領域は第 2 の領域とは異なる材料から形成されている。エッチング方法は、一酸化炭素ガスを含む第 1 の処理ガスから生成される第 1 のプラズマにより第 1 の領域上に優先的に堆積物を形成する工程 ( b ) を更に含む。エッチング方法は、第 2 の領域をエッチングする工程 ( c ) を更に含む。

【 0 0 1 0 】

上記実施形態において第 1 の処理ガスから形成される炭素化学種は、第 1 の領域上に優先的に堆積する。酸素を含む第 2 の領域上では、第 1 の処理ガスから形成される炭素化学種の堆積は抑制される。したがって、上記実施形態では、堆積物が第 1 の領域上に優先的に形成された状態で、第 2 の領域のエッチングが行われる。故に、上記実施形態によれば、基板の第 1 の領域を第 2 の領域に対して選択的に保護しつつ、第 2 の領域をエッチングすることが可能となる。

20

【 0 0 1 1 】

一つの例示的实施形態において、第 2 の領域は、窒化シリコンから形成されていてもよい。工程 ( c ) は、フルオロカーボンガスを含む第 2 の処理ガスからプラズマを生成することにより、フルオロカーボンを含む別の堆積物を基板上に形成する工程 ( c 1 ) を含んでいてもよい。工程 ( c ) は、別の堆積物がその上に形成された基板に希ガスから生成されるプラズマからのイオンを供給することにより、第 2 の領域をエッチングする工程 ( c 2 ) を更に含んでいてもよい。

30

【 0 0 1 2 】

一つの例示的实施形態において、工程 ( b ) と工程 ( c ) が交互に繰り返されてもよい。

【 0 0 1 3 】

一つの例示的实施形態において、第 2 の領域は、第 1 の領域によって囲まれていてもよい。第 2 の領域は、工程 ( c ) において、自己整合的にエッチングされてもよい。

【 0 0 1 4 】

一つの例示的实施形態において、第 1 の領域は、第 2 の領域上に形成されたフォトリソマスクであってもよい。

【 0 0 1 5 】

一つの例示的实施形態において、工程 ( b ) 及び工程 ( c ) は、同一チャンバにおいて実行されてもよい。

40

【 0 0 1 6 】

一つの例示的实施形態において、工程 ( b ) は、第 1 のチャンバにおいて実行されてもよく、工程 ( c ) は、第 2 のチャンバにおいて実行されてもよい。

【 0 0 1 7 】

一つの例示的实施形態において、エッチング方法は、工程 ( b ) と工程 ( c ) との間に、真空環境下で第 1 のチャンバから第 2 のチャンバに基板を搬送する工程を更に含んでいてもよい。

【 0 0 1 8 】

50

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、基板支持器、プラズマ生成部、及び制御部を備える。基板支持器は、チャンバ内に設けられている。プラズマ生成部は、チャンバ内においてプラズマを生成するように構成されている。制御部は、炭素を含みフッ素を含まない第1の処理ガスから生成される第1のプラズマにより基板の第1の領域上に優先的に堆積物を形成する工程(a)をもたらしように構成されている。制御部は、基板の第2の領域をエッチングする工程(b)を更にもたらしように構成されている。

【0019】

一つの例示的实施形態において、制御部は、工程(a)と工程(b)を交互に繰り返す工程(c)を更にもたらしように構成されていてもよい。

10

【0020】

一つの例示的实施形態において、工程(b)は、複数のサイクルにより実行されてもよい。複数のサイクルの各々は、フルオロカーボンガスを含む第2の処理ガスからプラズマを生成することにより、フルオロカーボンを含む別の堆積物を基板上に形成する工程(b1)を含む。複数のサイクルの各々は、別の堆積物がその上に形成された基板に希ガスから生成されるプラズマからのイオンを供給することにより、第2の領域をエッチングする工程(b2)を更に含む。

【0021】

一つの例示的实施形態において、第1の処理ガスは、一酸化炭素ガス又は硫化カルボニルガスを含んでいてもよい。

20

【0022】

一つの例示的实施形態において、第1の処理ガスは、一酸化炭素ガス及び水素ガスを含んでいてもよい。

【0023】

一つの例示的实施形態において、工程(a)は、第1の領域及び第2の領域が画成する凹部のアスペクト比が4以下であるときに少なくとも実行されてもよい。

【0024】

一つの例示的实施形態において、第1の処理ガスは、第1の成分と第2の成分とを含んでいてもよい。第1の成分は、炭素を含みフッ素を含まない。第2の成分は、炭素とフッ素又は水素とを含む。第1の成分の流量は、第2の成分の流量よりも多くてもよい。

30

【0025】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、基板支持器の上方に設けられた上部電極を更に備えていてもよい。上部電極は、チャンバの内部空間に接する天板を含んでいてもよい。天板は、シリコン含有材料から形成されていてもよい。

【0026】

一つの例示的实施形態において、制御部は、工程(a)が行われているときに、上部電極に負の直流電圧を印加する工程を更にもたらしように構成されていてもよい。

【0027】

一つの例示的实施形態において、制御部は、工程(a)の後、工程(b)の前に、シリコンを含む堆積物を基板上に形成する工程を更にもたらしように構成されていてもよい。一つの例示的实施形態において、シリコンを含む堆積物を基板上に形成する工程は、チャンバ内でプラズマが生成されているときに、前記上部電極に負の直流電圧を印加することを含んでいてもよい。

40

【0028】

更に別の例示的实施形態において、基板を処理する基板処理システムが提供される。基板は第1の領域及び第2の領域を有する。第2の領域はシリコン及び酸素を含む。第1の領域は酸素を含まず第2の領域の材料とは異なる材料から形成されている。基板処理システムは、堆積装置、エッチング装置、及び搬送モジュールを備える。堆積装置は、炭素を含みフッ素を含まない第1の処理ガスから生成される第1のプラズマにより第1の領域上に優先的に堆積物を形成するように構成されている。エッチング装置は、第2の領域をエ

50

エッチングするように構成されている。搬送モジュールは、堆積装置とエッチング装置との間で、真空環境下で基板を搬送するように構成されている。

【0029】

更に別の例示的实施形態において、エッチング方法が提供される。エッチング方法は、プラズマ処理装置のチャンバ内に設けられた基板支持器上に基板を準備する工程(a)を含む。基板は第1の領域及び第2の領域を有する。第2の領域はシリコン及び酸素を含む。第1の領域は、酸素を含まず、第2の領域の材料とは異なる材料から形成されている。エッチング方法は、炭素を含みフッ素を含まない処理ガスから生成されるプラズマからの化学種を基板に供給することにより、第1の領域上に選択的に堆積物を形成する工程(b)を更に含む。エッチング方法は、第2の領域をエッチングする工程(c)を更に含む。

10

【0030】

上記実施形態において処理ガスから形成される炭素化学種は、第1の領域上に選択的に堆積する。酸素を含む第2の領域上では、処理ガスから形成される炭素化学種の堆積は抑制される。したがって、上記実施形態では、堆積物が第1の領域上に選択的に存在する状態で、第2の領域のエッチングが行われる。故に、上記実施形態によれば、基板の第1の領域を第2の領域に対して選択的に保護しつつ、第2の領域をエッチングすることが可能となる。

【0031】

一つの例示的实施形態において、処理ガスは水素を含んでいなくてもよい。

【0032】

一つの例示的实施形態において、処理ガスは、酸素を更に含んでいてもよい。処理ガスは、一酸化炭素ガス又は硫化カルボニルガスを含んでいてもよい。

20

【0033】

一つの例示的实施形態では、工程(b)において基板に供給されるイオンのエネルギーは、0 eV以上、70 eV以下であってもよい。

【0034】

一つの例示的实施形態において、第1の領域は窒化シリコンから形成されていてもよい。

【0035】

一つの例示的实施形態において、第2の領域は、酸化シリコンから形成されており、第1の領域によって囲まれていてもよい。第2の領域は、工程(c)において、自己整合的にエッチングされてもよい。

30

【0036】

一つの例示的实施形態において、第1の領域は、第2の領域上に設けられており、マスクを構成していてもよい。第2の領域は、シリコン含有膜を含んでいてもよい。

【0037】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、容量結合型のプラズマ処理装置であってもよい。工程(b)においてプラズマを生成するために、プラズマ処理装置の上部電極に高周波電力が供給されてもよい。

【0038】

一つの例示的实施形態において、高周波電力の周波数は、60 MHz以上であってもよい。

40

【0039】

一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、誘導結合型のプラズマ処理装置であってもよい。

【0040】

一つの例示的实施形態において、工程(b)及び工程(c)は、チャンバから基板を取り出すことなく、プラズマ処理装置において実行されてもよい。

【0041】

一つの例示的实施形態では、工程(b)において用いられるプラズマ処理装置は、工程(c)において用いられるエッチング装置とは別の装置であってもよい。工程(b)にお

50

いて用いられるプラズマ処理装置から工程(c)において用いられるエッチング装置に、真空環境のみを介して基板が搬送されてもよい。

【0042】

一つの例示的实施形態において、工程(b)は、第1の領域及び第2の領域が画成する凹部のアスペクト比が4以下であるときに少なくとも実行され得る。

【0043】

一つの例示的实施形態において、工程(b)及び工程(c)が交互に繰り返されてもよい。

【0044】

更に別の例示的实施形態においても、エッチング方法が提供される。エッチング方法は、プラズマ処理装置のチャンバ内に設けられた基板支持器上に基板を準備する工程(a)を含む。基板は第1の領域及び第2の領域を有する。第2の領域はシリコン及び酸素を含む。第1の領域は、酸素を含まず、第2の領域の材料とは異なる材料から形成されている。エッチング方法は、炭素を含みフッ素を含まない第1のガス及び炭素とフッ素又は水素とを含む第2のガスを含む処理ガスから生成されるプラズマからの化学種を基板に供給することにより、第1の領域上に選択的に堆積物を形成する工程(b)を更に含む。エッチング方法は、第2の領域をエッチングする工程(c)を更に含む。工程(b)において、第1のガスの流量は、第2のガスの流量よりも多い。

10

【0045】

更に別の例示的实施形態において、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、基板支持器、ガス供給部、プラズマ生成部、及び制御部を備える。基板支持器は、チャンバ内に設けられている。ガス供給部は、チャンバ内にガスを供給するように構成されている。プラズマ生成部は、チャンバ内においてガスからプラズマを生成するように構成されている。制御部は、ガス供給部及びプラズマ生成部を制御するように構成されている。基板支持器は、第1の領域及び第2の領域を有する基板を支持する。第2の領域はシリコン及び酸素を含み、第1の領域は酸素を含まず第2の領域の材料とは異なる材料から形成されている。制御部は、第1の領域上に選択的に堆積物を形成するために、チャンバ内で炭素を含みフッ素を含まない処理ガスからプラズマを生成するよう、ガス供給部及びプラズマ生成部する。制御部は、第2の領域をエッチングするために、チャンバ内でエッチングガスからプラズマを生成するよう、ガス供給部及びプラズマ生成部する。

20

30

【0046】

更に別の例示的实施形態において、基板処理システムが提供される。基板処理システムは、プラズマ処理装置、エッチング装置、及び搬送モジュールを備える。プラズマ処理装置は、炭素を含みフッ素を含まない処理ガスから生成されるプラズマからの化学種を基板に供給して、基板の第1の領域上に選択的に堆積物を形成するよう構成されている。基板は第1の領域及び第2の領域を有し、第2の領域はシリコン及び酸素を含み、第1の領域は酸素を含まず第2の領域の材料とは異なる材料から形成されている。エッチング装置は、第2の領域をエッチングするよう構成されている。搬送モジュールは、プラズマ処理装置とエッチング装置との間で、真空環境のみを介して基板を搬送するよう構成されている。

40

【0047】

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。

【0048】

図1は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法の流れ図である。図1に示すエッチング方法(以下、「方法MT」という)は、工程STaで開始する。工程STaでは、基板Wが提供される。工程STaにおいて、基板Wは、プラズマ処理装置の基板支持器上に準備される。基板支持器は、プラズマ処理装置のチャンバ内に設けられている。

【0049】

基板Wは、第1の領域R1及び第2の領域R2を有する。第1の領域R1は、第2の領

50



域 R 2 とは異なる材料から形成されている。第 1 の領域 R 1 の材料は、酸素を含んでいなくてもよい。第 1 の領域 R 1 の材料は、窒化シリコンを含んでいてもよい。第 2 の領域 R 2 の材料は、シリコン及び酸素を含む。第 2 の領域 R 2 の材料は、酸化シリコンを含んでいてもよい。第 2 の領域 R 2 の材料は、シリコン、炭素、酸素、及び水素を含む低誘電率材料を含んでいてもよい。

#### 【 0 0 5 0 】

図 2 は、図 1 に示すエッチング方法が適用され得る一例の基板の部分拡大断面図である。図 2 に示す基板 W は、第 1 の領域 R 1 及び第 2 の領域 R 2 を有する。基板 W は、下地領域 U R を更に有していてもよい。図 2 に示す基板 W の第 1 の領域 R 1 は、領域 R 1 1 及び領域 R 1 2 を含んでいる。領域 R 1 1 は、窒化シリコンから形成されており、凹部を形成している。領域 R 1 1 は、下地領域 U R 上に設けられている。領域 R 1 2 は、領域 R 1 1 の両側で延在している。領域 R 1 2 は、窒化シリコン又は炭化シリコンから形成される。図 2 に示す基板 W の第 2 の領域 R 2 は、酸化シリコンから形成されており、領域 R 1 1 が提供する凹部の中に設けられている。即ち、第 2 の領域 R 2 は、第 1 の領域 R 1 によって囲まれている。図 2 に示す基板 W に方法 M T が適用される場合には、第 2 の領域 R 2 が自己整合的にエッチングされる。

#### 【 0 0 5 1 】

図 3 は、図 1 に示すエッチング方法が適用され得る別の例の基板の部分拡大断面図である。図 3 に示す基板 W B は、方法 M T が適用される基板 W として用いられ得る。基板 W B は、第 1 の領域 R 1 及び第 2 の領域 R 2 を有する。第 1 の領域 R 1 は、基板 W B においてマスクを構成する。第 1 の領域 R 1 は、第 2 の領域 R 2 上に設けられている。基板 W B は、下地領域 U R を更に有していてもよい。第 2 の領域 R 2 は、下地領域 U R 上に設けられる。なお、基板 W B において、第 1 の領域 R 1 は、図 2 に示す基板 W の第 1 の領域 R 1 の材料と同じ材料から形成され得る。また、基板 W B において、第 2 の領域 R 2 は、図 2 に示す基板 W の第 2 の領域 R 2 の材料と同じ材料から形成され得る。

#### 【 0 0 5 2 】

以下、それが図 2 に示す基板 W に適用される場合を例にとって方法 M T の工程 S T a の後の工程について説明する。以下の説明では、図 1 と共に図 4 の ( a ) ~ 図 4 の ( f ) を参照する。図 4 の ( a ) ~ 図 4 の ( f ) の各々は、図 1 に示すエッチング方法の対応の工程が適用された状態の一例の基板の部分拡大断面図である。

#### 【 0 0 5 3 】

方法 M T では、工程 S T a の後に、工程 S T b 及び工程 S T c が順に行われる。なお、工程 S T a の後に、工程 S T c が行われ、しかる後に、工程 S T b 及び工程 S T c が順に行われてもよい。工程 S T c の後には、工程 S T d が行われてもよい。また、工程 S T b 、工程 S T c 、及び工程 S T d を各々が含む複数のサイクルが順に実行されてもよい。即ち、工程 S T b と工程 S T c は交互に繰り返されてもよい。複数のサイクルのうち幾つかは、工程 S T d を含んでいなくてもよい。

#### 【 0 0 5 4 】

工程 S T b では、第 1 の領域 R 1 上に選択的又は優先的に堆積物 D P が形成される。このため、工程 S T b では、プラズマ処理装置のチャンバ内で処理ガス、即ち第 1 の処理ガスからプラズマが生成される。第 1 の処理ガスは、炭素を含みフッ素を含まない。第 1 の処理ガスは、炭素を含みフッ素を含まないガスとして、例えば一酸化炭素ガス ( C O ガス ) 、硫化カルボニルガス ( C O S ガス ) 、又は炭化水素ガスを含む。炭化水素ガスは、例えば、 $C_2H_2$  ガス、 $C_2H_4$  ガス、 $CH_4$  ガス、又は  $C_2H_6$  ガスである。第 1 の処理ガスは、水素を含んでいなくてもよい。第 1 の処理ガスは、添加ガスとして、水素ガス (  $H_2$  ガス ) を更に含んでいてもよい。第 1 の処理ガスは、アルゴンガス、ヘリウムガスのような希ガスを更に含んでいてもよい。第 1 の処理ガスは、希ガスに加えて、或いは希ガスの代わりに、窒素ガス (  $N_2$  ガス ) のような不活性ガスを更に含んでいてもよい。第 1 の処理ガスにおいて、炭素を含みフッ素を含まないガスの流量は、 $30\text{ sccm}$  以上、 $200\text{ sccm}$  以下であってもよい。第 1 の処理ガスにおいて、炭素を含みフッ素を含まな

10

20

30

40

50

いガスの流量は、 $90\text{ sccm}$ 以上、 $130\text{ sccm}$ 以下であってもよい。第1の処理ガスにおいて、希ガスの流量は、 $0\text{ sccm}$ 以上、 $1000\text{ sccm}$ 以下であってもよい。第1の処理ガスにおいて、希ガスの流量は、 $350\text{ sccm}$ 以下であってもよい。第1の処理ガスにおける各ガスの流量は、チャンバ10内の内部空間10sの容積等により決定され得る。工程STbでは、プラズマからの化学種（炭素化学種）が基板に供給される。供給された化学種は、図4の(a)に示すように第1の領域R1上に選択的又は優先的に堆積物DPを形成する。堆積物DPは、炭素を含む。

#### 【0055】

工程STbにおいて、第1の処理ガスは、第1のガス及び第2のガスを含んでいてもよい。第1のガスは、炭素を含みフッ素を含まないガスであり、例えば、COガス又はCOSガスである。即ち、第1の処理ガスは、炭素を含みフッ素を含まない第1の成分を含んでいてもよい。第1の成分は、例えば、一酸化炭素(CO)又は硫化カルボニルである。第2のガスは、炭素とフッ素又は水素とを含むガスであり、例えば、ハイドロフルオロカーボンガス、フルオロカーボンガス、又は炭化水素ガスである。即ち、第1の処理ガスは、炭素とフッ素又は水素とを含む第2の成分を更に含んでいてもよい。第2の成分は、例えば、ハイドロフルオロカーボン、フルオロカーボン、又は炭化水素である。ハイドロフルオロカーボンガスは、例えばCHF<sub>3</sub>ガス、CH<sub>3</sub>Fガス、CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>ガス等である。フルオロカーボンガスは、例えばC<sub>4</sub>F<sub>6</sub>ガス等である。炭素と水素を含む第2のガスは、例えば、CH<sub>4</sub>ガスである。第1のガス又は第1の成分の流量は、第2のガス又は第2の成分の流量よりも多い。第1のガス又は第1の成分の流量に対する第2のガス又は第2の成分の流量の比は、0.2以下であってもよい。この第1の処理ガスを用いる工程STbでは、第1の領域R1上に選択的又は優先的に堆積物DPが形成されることに加えて、凹部を画成する側壁上に薄い保護膜が形成される。したがって、側壁がプラズマから保護される。

#### 【0056】

工程STbにおいて用いられる第1の処理ガスは、COガスと水素ガス(H<sub>2</sub>ガス)を含む混合ガスであってもよい。かかる第1の処理ガスによれば、堆積物DPが、工程STcにおけるエッチングに対して高い耐性を有する保護膜を、選択的又は優先的に第1の領域R1上に形成する。第1の処理ガスにおけるCOガスとH<sub>2</sub>ガスの総流量に対するH<sub>2</sub>ガスの流量の割合は、 $1/19$ 以上、 $2/17$ 以下であってもよい。かかる割合を有する第1の処理ガスが用いられる場合には、第1の領域R1上に形成された堆積物DPの側面の垂直性が高くなる。

#### 【0057】

工程STbにおいて、基板Wに供給されるイオンのエネルギーは、0eV以上、70eV以下であってもよい。この場合には、堆積物DPによる凹部の開口の縮小が抑制される。

#### 【0058】

一実施形態においては、工程STbで用いられるプラズマ処理装置は、容量結合型のプラズマ処理装置であってもよい。容量結合型のプラズマ処理装置が用いられる場合には、プラズマを生成するための高周波電力が、上部電極に供給されてもよい。この場合には、プラズマを基板Wから遠い領域で形成することができる。高周波電力の周波数は、60MHz以上であってもよい。別の実施形態においては、工程STbで用いられるプラズマ処理装置は、誘導結合型のプラズマ処理装置であってもよい。

#### 【0059】

工程STbは、第1の領域R1上に選択的又は優先的に堆積物DPを形成することができるので、工程STbは、基板Wにおいて第1の領域R1及び第2の領域R2が画成する凹部のアスペクト比が4以下であるときに少なくとも実行され得る。

#### 【0060】

続く工程STcでは、第2の領域R2が、図4の(b)に示すように、エッチングされる。一実施形態において、第2の領域R2は、エッチングガスから生成されるプラズマからの化学種を用いてエッチングされる。この場合には、エッチング装置のチャンバ内でエ

10

20

30

40

50

エッチングガスからプラズマが生成される。エッチングガスは、第2の領域R2の材料に応じて選択される。エッチングガスは、例えばフルオロカーボンガスを含む。エッチングガスは、アルゴンガスのような希ガス及び酸素ガスのような酸素含有ガスを更に含んでもよい。

#### 【0061】

工程STcにおいて用いられるエッチング装置は、工程STbで用いられるプラズマ処理装置であってもよい。即ち、工程STb及び工程STcは、同一のチャンバにおいて行われてもよい。この場合には、工程STbと工程STcは、プラズマ処理装置のチャンバから基板Wを取り出すことなく、行われる。或いは、工程STbで用いられるプラズマ処理装置は、工程STcにおいて用いられるエッチング装置とは別の装置であってもよい。即ち、工程STbは、第1のチャンバにおいて行われ、工程STcは、第2のチャンバにおいて行われてもよい。この場合には、工程STbと工程STcとの間で、工程STbで用いられるプラズマ処理装置から工程STcにおいて用いられるエッチング装置に、真空環境のみを介して基板Wが搬送される。即ち、工程STbと工程STcとの間で、基板Wは、第1のチャンバから第2のチャンバに真空環境下で搬送される。

10

#### 【0062】

続く工程STdでは、アッシングが行われる。工程STdでは、図4の(c)に示すように、堆積物DPが除去される。一実施形態において、堆積物DPは、アッシングガスから生成されるプラズマからの化学種を用いてエッチングされる。この場合には、アッシング装置のチャンバ内でアッシングガスからプラズマが生成される。アッシングガスは、酸素ガスのような酸素含有ガスを含む。アッシングガスは、N<sub>2</sub>ガス及びH<sub>2</sub>ガスを含む混合ガスであってもよい。なお、方法MTは、工程STdを含んでいなくてもよい。

20

#### 【0063】

工程STdにおいて用いられるアッシング装置は、工程STcで用いられるエッチング装置であってもよい。即ち、工程STc及び工程STdは、同一のチャンバにおいて行われてもよい。この場合には、工程STcと工程STdは、エッチング装置のチャンバから基板Wを取り出すことなく、行われる。或いは、工程STcで用いられるエッチング装置は、工程STdにおいて用いられるアッシング装置とは別の装置であってもよい。即ち、工程STdにおいて利用されるチャンバは、工程STcにおいて利用されるチャンバとは別のチャンバであってもよい。この場合には、工程STcと工程STdとの間で、工程STcで用いられるエッチング装置から工程STdにおいて用いられるアッシング装置に、真空環境のみを介して基板Wが搬送される。即ち、工程STcと工程STdとの間で、基板Wは、工程STc用のチャンバから工程STd用のチャンバに真空環境下で搬送される。なお、工程STdにおいて用いられるアッシング装置は、工程STbで用いられるプラズマ処理装置であってもよい。

30

#### 【0064】

方法MTにおいて複数のサイクルが順に実行される場合には、次いで、工程STJが行われる。工程STJでは、停止条件が満たされるか否かが判定される。工程STJにおいて、停止条件は、サイクル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STJにおいて停止条件が満たされていないと判定される場合には、再びサイクルが実行される。即ち、再び工程STbが実行されて、図4の(d)に示すように堆積物DPが第1の領域R1上に形成される。次いで、工程STcが実行されて、図4の(e)に示すように、第2の領域R2がエッチングされる。方法MTでは、図4の(e)に示すように、工程STcにより凹部の底において第1の領域R1が除去されてもよい。次いで、工程STdが実行されて、図4の(f)に示すように、堆積物DPが除去される。一方、工程STJにおいて、停止条件が満たされていると判定される場合には、方法MTは終了する。

40

#### 【0065】

方法MTの工程STbにおいて第1の処理ガスから形成される炭素化学種は、第1の領域R1上に選択的又は優先的に堆積する。酸素を含む第2の領域R2上では、第1の処理ガスから形成される炭素化学種の堆積は抑制される。したがって、方法MTでは、堆積物

50

D Pが第1の領域R 1上に優先的に形成された状態で、第2の領域R 2のエッチングが行われる。故に、方法M Tによれば、第1の領域R 1を第2の領域R 2に対して選択的に保護しつつ、第2の領域R 2をエッチングすることが可能となる。また、方法M Tでは、第1の領域R 1上に選択的又は優先的に堆積物D Pが形成されるので、第1の領域R 1及び第2の領域R 2によって画成される凹部の開口の閉塞が抑制される。

【0066】

また、工程S T bにおいてC Oガスから生成される炭素化学種は、イオン性を有する化学種である。一方、C H<sub>4</sub>ガス又はC H<sub>3</sub>Fガスからは、C H<sub>2</sub>又はC H Fのようなラジカルが生成され易い。このようなラジカルは、高い反応性を有しており基板Wの表面上に等方性をもって容易に堆積する。これに対して、イオン性を有する化学種は、異方性をもって基板W上に堆積する。即ち、イオン性を有する化学種は、凹部を画成する壁面よりも第1の領域R 1の上面に多く付着する。なお、一酸化炭素は、基板Wの表面から離脱し易い。したがって、一酸化炭素を基板Wの表面に吸着させるためには、イオンを当該表面に衝突させて基板Wの表面から酸素を除去する必要がある。また、一酸化炭素は、単純構造を有するので架橋し難い。したがって、一酸化炭素を基板Wの表面上に堆積させるためには、基板Wの表面上にダングリングボンドを形成する必要がある。工程S T bにおいてC Oガスから生成される炭素化学種は、イオン性を有する化学種であるので、第1の領域R 1の上面から酸素を除去し、当該上面にダングリングボンドを形成し、当該第1の領域R 1上に選択的に堆積することができる。

【0067】

以下、図5を参照する。図5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。図5に示すプラズマ処理装置1は、方法M Tにおいて用いられ得る。プラズマ処理装置1は、方法M Tの全ての工程で用いられてもよく、工程S T bにおいてのみ用いられてもよい。

【0068】

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。

【0069】

一実施形態において、チャンバ10は、チャンバ本体12を含んでいてもよい。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、アルミニウムといった導体から形成されている。チャンバ本体12は、接地されている。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。

【0070】

チャンバ本体12の側壁は、通路12pを提供している。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。

【0071】

プラズマ処理装置1は、基板支持器14を更に備える。基板支持器14は、チャンバ10内、即ち内部空間10sの中で、基板Wを支持するように構成されている。基板支持器14は、チャンバ10内に設けられている。基板支持器14は、支持部13によって支持されていてよい。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。

【0072】

一実施形態において、基板支持器14は、下部電極18及び静電チャック20を有していてよい。基板支持器14は、電極プレート16を更に有していてよい。電極プレート16は、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

10

20

30

40

50

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。

【0073】

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、誘電体から形成された本体を有する。静電チャック 20 の本体は、略円盤形状を有する。静電チャック 20 は、電極 20 e を更に有する。電極 20 e は、静電チャック 20 の本体の中に設けられている。電極 20 e は、膜状の電極である。電極 20 e 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。直流電源 20 p からの電圧が静電チャック 20 の電極に印加されると、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。

10

【0074】

基板支持器 14 は、その上に配置されるエッジリング E R を支持していてもよい。エッジリング E R 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。チャンバ 10 内において基板 W の処理が行われるときには、基板 W は、静電チャック 20 上、且つ、エッジリング E R によって囲まれた領域内に、配置される。

【0075】

下部電極 18 は、その内部において流路 18 f を提供している。流路 18 f は、チラーユニット 22 から配管 22 a を介して供給される熱交換媒体（例えば冷媒）を受ける。チラーユニット 22 は、チャンバ 10 の外部に設けられている。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。

20

【0076】

基板 W の温度は、基板支持器 14 の中に設けられた一つ以上のヒータによって調整されてもよい。図 5 に示す例では、複数のヒータ H T が、静電チャック 20 の中に設けられている。複数のヒータ H T の各々は、抵抗加熱素子であり得る。複数のヒータ H T は、ヒータコントローラ H C に接続されている。ヒータコントローラ H C は、複数のヒータ H T のそれぞれに調整された量の電力を供給するように構成されている。

30

【0077】

プラズマ処理装置 1 は、ガス供給ライン 24 を更に備えていてもよい。ガス供給ライン 24 は、伝熱ガス（例えば H e ガス）を、静電チャック 20 の上面と基板 W の裏面との間の隙間に供給する。伝熱ガスは、伝熱ガス供給機構からガス供給ライン 24 に供給される。

【0078】

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、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。

【0079】

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。即ち、天板 34 は、内部空間 10 s に接している。天板 34 は、シリコン含有材料から形成され得る。天板 34 は、例えばシリコン又は炭化シリコンから形成されている。天板 34 は、複数のガス孔 34 a を提供している。複数のガス孔 34 a は、天板 34 をその板厚方向に貫通している。

【0080】

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 は、その内部においてガス拡散室 36 a を提供している。支持体 36 は、複数のガス孔 36 b を更に提供している。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、複数のガス孔 34 a

50

にそれぞれ連通している。支持体 3 6 は、ガス導入口 3 6 c を更に提供している。ガス導入口 3 6 c は、ガス拡散室 3 6 a に接続している。ガス導入口 3 6 c には、ガス供給管 3 8 が接続されている。

【 0 0 8 1 】

ガス供給管 3 8 には、ガスソース群 4 0 が、バルブ群 4 1、流量制御器群 4 2、及びバルブ群 4 3 を介して接続されている。ガスソース群 4 0、バルブ群 4 1、流量制御器群 4 2、及びバルブ群 4 3 は、ガス供給部 G S を構成している。

【 0 0 8 2 】

ガスソース群 4 0 は、複数のガスソースを含んでいる。プラズマ処理装置 1 が、工程 S T b において用いられる場合には、複数のガスソースは、工程 S T b において用いられる第 1 の処理ガスのための一つ以上のガスソースを含む。プラズマ処理装置 1 が、工程 S T c において用いられる場合には、複数のガスソースは、工程 S T c において用いられるエッチングガスのための一つ以上のガスソースを含む。プラズマ処理装置 1 が、工程 S T d において用いられる場合には、複数のガスソースは、工程 S T d において用いられるアッシングガスのための一つ以上のガスソースを含む。

【 0 0 8 3 】

バルブ群 4 1 及びバルブ群 4 3 の各々は、複数の開閉バルブを含んでいる。流量制御器群 4 2 は、複数の流量制御器を含んでいる。流量制御器群 4 2 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 4 0 の複数のガスソースの各々は、バルブ群 4 1 の対応の開閉バルブ、流量制御器群 4 2 の対応の流量制御器、及びバルブ群 4 3 の対応の開閉バルブを介して、ガス供給管 3 8 に接続されている。

【 0 0 8 4 】

プラズマ処理装置 1 は、シールド 4 6 を更に備えていてもよい。シールド 4 6 は、チャンバ本体 1 2 の内壁面に沿って着脱自在に設けられている。シールド 4 6 は、支持部 1 3 の外周にも設けられている。シールド 4 6 は、チャンバ本体 1 2 にプラズマ処理の副生物が付着することを防止する。シールド 4 6 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。

【 0 0 8 5 】

プラズマ処理装置 1 は、バッフル部材 4 8 を更に備えていてもよい。バッフル部材 4 8 は、支持部 1 3 とチャンバ本体 1 2 の側壁との間に設けられている。バッフル部材 4 8 は、例えば、アルミニウムから形成された板状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。バッフル部材 4 8 は、複数の貫通孔を提供している。バッフル部材 4 8 の下方、且つ、チャンバ本体 1 2 の底部には、排気口 1 2 e が設けられている。排気口 1 2 e には、排気装置 5 0 が、排気管 5 2 を介して接続されている。排気装置 5 0 は、圧力調整弁及びターボ分子ポンプといった真空ポンプを有している。

【 0 0 8 6 】

プラズマ処理装置 1 は、高周波電源 6 2 及びバイアス電源 6 4 を更に備えている。高周波電源 6 2 は、高周波電力（以下、「高周波電力 H F」という）を発生するように構成されている。高周波電力 H F は、プラズマの生成に適した周波数を有する。高周波電力 H F の周波数は、例えば 2 7 M H z 以上、1 0 0 M H z 以下である。高周波電力 H F の周波数は 6 0 M H z 以上であってもよい。高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して高周波電極に接続されている。一実施形態において高周波電極は、上部電極 3 0 である。整合器 6 6 は、高周波電源 6 2 の負荷側（上部電極 3 0 側）のインピーダンスを、高周波電源 6 2 の出力インピーダンスに整合させるための回路を有している。高周波電源 6 2 は、一実施形態において、プラズマ生成部を構成し得る。なお、高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して、基板支持器 1 4 内の電極（例えば、下部電極 1 8）に接続されていてもよい。即ち、高周波電極は、基板支持器 1 4 内の電極（例えば、下部電極 1 8）であってもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 7 】

バイアス電源 6 4 は、電気バイアス E B を基板支持器 1 4 内のバイアス電極（例えば、下部電極 1 8）に与えるように構成されている。電気バイアス E B は、基板 W にイオンを引き込むのに適したバイアス周波数を有する。電気バイアス E B のバイアス周波数は、例えば 1 0 0 k H z 以上、4 0 . 6 8 M H z 以下である。電気バイアス E B が高周波電力 H F と共に用いられる場合には、電気バイアス E B は高周波電力 H F の周波数よりも低い周波数を有する。

## 【 0 0 8 8 】

一実施形態において、電気バイアス E B は、高周波バイアス電力（以下、「高周波電力 L F」という）であってもよい。高周波電力 L F の波形は、バイアス周波数を有する正弦波形状である。この実施形態において、バイアス電源 6 4 は、整合器 6 8 及び電極プレート 1 6 を介してバイアス電極（例えば、下部電極 1 8）に接続されている。整合器 6 8 は、バイアス電源 6 4 の負荷側（下部電極 1 8 側）のインピーダンスを、バイアス電源 6 4 の出力インピーダンスに整合させるための回路を有している。別の実施形態において、電気バイアス E B は、電圧のパルスであってもよい。電圧のパルスは、負の電圧のパルスであってもよい。負の電圧のパルスは、負の直流電圧のパルスであってもよい。この実施形態において、電圧のパルスは、バイアス周波数の逆数の時間長を有する時間間隔（即ち、周期）で、周期的に下部電極 1 8 に印加される。

## 【 0 0 8 9 】

プラズマ処理装置 1 は、制御部 M C を更に備えている。制御部 M C 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 M C は、プラズマ処理装置 1 の各部を制御する。制御部 M C では、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入力装置を用いて行うことができる。また、制御部 M C 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 M C 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 M C のプロセッサによって実行される。制御部 M C 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、方法 M T の少なくとも一部の工程又は全ての工程が、プラズマ処理装置 1 で実行される。

## 【 0 0 9 0 】

制御部 M C は、工程 S T b をもたらしてもよい。工程 S T b をプラズマ処理装置 1 において実行する場合には、制御部 M C は、第 1 の処理ガスをチャンバ 1 0 内に供給するよう、ガス供給部 G S を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 5 0 を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 0 内で第 1 の処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力 H F を供給するよう、高周波電源 6 2 を制御する。また、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 6 4 を制御してもよい。

## 【 0 0 9 1 】

制御部 M C は、工程 S T c を更にもたらしてもよい。工程 S T c をプラズマ処理装置 1 において実行する場合には、制御部 M C は、エッチングガスをチャンバ 1 0 内に供給するよう、ガス供給部 G S を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 5 0 を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 0 内でエッチングガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力 H F を供給するよう、高周波電源 6 2 を制御する。また、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 6 4 を制御してもよい。

## 【 0 0 9 2 】

制御部 M C は、工程 S T d を更にもたらしてもよい。工程 S T d をプラズマ処理装置 1 において実行する場合には、制御部 M C は、アッシングガスをチャンバ 1 0 内に供給する

10

20

30

40

50

よう、ガス供給部 G S を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 5 0 を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 1 0 内でアッシングガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力 H F を供給するよう、高周波電源 6 2 を制御する。また、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 6 4 を制御してもよい。

【 0 0 9 3 】

制御部 M C は、上述した複数のサイクルを順に実行することを更にもたらしてもよい。制御部 M C は、工程 S T b と工程 S T c を交互に繰り返すことを更にもたらしてもよい。

【 0 0 9 4 】

以下、図 6 を参照する。図 6 は、別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。方法 M T において用いられるプラズマ処理装置は、図 6 に示すプラズマ処理装置 1 B のように、誘導結合型のプラズマ処理装置であってもよい。プラズマ処理装置 1 B は、方法 M T の全ての工程で用いられてもよく、工程 S T b においてのみ用いられてもよい。

【 0 0 9 5 】

プラズマ処理装置 1 B は、チャンバ 1 1 0 を備えている。チャンバ 1 1 0 は、その中に内部空間 1 1 0 s を提供している。一実施形態において、チャンバ 1 1 0 は、チャンバ本体 1 1 2 を含んでいてもよい。チャンバ本体 1 1 2 は、略円筒形状を有している。内部空間 1 1 0 s は、チャンバ本体 1 1 2 の内側に提供されている。チャンバ本体 1 1 2 は、アルミニウムといった導体から形成されている。チャンバ本体 1 1 2 は、接地されている。チャンバ本体 1 1 2 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。

【 0 0 9 6 】

チャンバ本体 1 1 2 の側壁は、通路 1 1 2 p を提供している。基板 W は、内部空間 1 1 0 s とチャンバ 1 1 0 の外部との間で搬送されるときに、通路 1 1 2 p を通過する。通路 1 1 2 p は、ゲートバルブ 1 1 2 g により開閉可能となっている。ゲートバルブ 1 1 2 g は、チャンバ本体 1 1 2 の側壁に沿って設けられている。

【 0 0 9 7 】

プラズマ処理装置 1 B は、基板支持器 1 1 4 を更にも備える。基板支持器 1 1 4 は、チャンバ 1 1 0 内、即ち内部空間 1 1 0 s の中で、基板 W を支持するように構成されている。基板支持器 1 1 4 は、チャンバ 1 1 0 内に設けられている。基板支持器 1 1 4 は、支持部 1 1 3 によって支持されていてもよい。支持部 1 1 3 は、絶縁材料から形成されている。支持部 1 1 3 は、略円筒形状を有している。支持部 1 1 3 は、内部空間 1 1 0 s の中で、チャンバ本体 1 1 2 の底部から上方に延在している。

【 0 0 9 8 】

一実施形態において、基板支持器 1 1 4 は、下部電極 1 1 8 及び静電チャック 1 2 0 を有していてもよい。基板支持器 1 1 4 は、電極プレート 1 1 6 を更にも有していてもよい。電極プレート 1 1 6 は、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 1 1 8 は、電極プレート 1 1 6 上に設けられている。下部電極 1 1 8 は、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 1 1 8 は、電極プレート 1 1 6 に電氣的に接続されている。

【 0 0 9 9 】

プラズマ処理装置 1 B は、バイアス電源 1 6 4 を更にも備える。バイアス電源 1 6 4 は、基板支持器 1 1 4 内のバイアス電極（例えば、下部電極 1 1 8 ）に整合器 1 6 6 を介して接続されている。バイアス電源 1 6 4 及び整合器 1 6 6 はそれぞれ、プラズマ処理装置 1 のバイアス電源 6 4 及び整合器 6 6 と同様に構成されている。

【 0 1 0 0 】

静電チャック 1 2 0 は、下部電極 1 1 8 上に設けられている。静電チャック 1 2 0 は、

10

20

30

40

50



本体及び電極を有し、プラズマ処理装置 1 の静電チャック 20 と同様に構成されている。静電チャック 120 の電極は、スイッチ 120 s を介して直流電源 120 p に接続されている。直流電源 120 p からの電圧が静電チャック 120 の電極に印加されると、静電チャック 120 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 120 に引き付けられ、静電チャック 120 によって保持される。

【0101】

下部電極 118 は、その内部において流路 118 f を提供している。流路 118 f は、プラズマ処理装置 1 の流路 18 f と同様に、チラーユニットから配管 122 a を介して供給される熱交換媒体を受ける。流路 118 f に供給された熱交換媒体は、配管 122 b を介してチラーユニットに戻される。

【0102】

基板支持器 114 は、プラズマ処理装置 1 の基板支持器 14 と同様に、その上に配置されるエッジリング E R を支持していてもよい。また、基板支持器 114 は、プラズマ処理装置 1 の基板支持器 14 と同様に、その中に設けられた一つ以上のヒータ H T を有していてもよい。一つ以上のヒータ H T は、ヒータコントローラ H C に接続されている。ヒータコントローラ H C は、一つ以上のヒータ H T に調整された量の電力を供給するように構成されている。

【0103】

プラズマ処理装置 1 B は、ガス供給ライン 124 を更に備えていてもよい。ガス供給ライン 124 は、プラズマ処理装置 1 のガス供給ライン 24 と同様に、伝熱ガス（例えば H e ガス）を、静電チャック 120 の上面と基板 W の裏面との間の間隙に供給する。

【0104】

プラズマ処理装置 1 B は、シールド 146 を更に備えていてもよい。シールド 146 は、プラズマ処理装置 1 のシールド 46 と同様に構成されている。シールド 146 は、チャンバ本体 112 の内壁面に沿って着脱自在に設けられている。シールド 146 は、支持部 113 の外周にも設けられている。

【0105】

また、プラズマ処理装置 1 B は、バッフル部材 148 を更に備えていてもよい。バッフル部材 148 は、プラズマ処理装置 1 のバッフル部材 48 と同様に構成されている。バッフル部材 148 は、支持部 113 とチャンバ本体 112 の側壁との間に設けられている。バッフル部材 148 の下方、且つ、チャンバ本体 112 の底部には、排気口 112 e が設けられている。排気口 112 e には、排気装置 150 が、排気管 152 を介して接続されている。排気装置 150 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。

【0106】

チャンバ本体 112 の天部は、開口を提供している。チャンバ本体 112 の天部の開口は、窓部材 130 によって閉じられている。窓部材 130 は、石英といった誘電体から形成されている。窓部材 130 は、例えば板状をなしている。一例として、窓部材 130 の下面と静電チャック 120 上に載置された基板 W の上面との間の距離は、120 mm ~ 180 mm に設定される。

【0107】

チャンバ 110 又はチャンバ本体 112 の側壁は、ガス導入口 112 i を提供している。ガス導入口 112 i には、ガス供給管 138 を介してガス供給部 G S B が接続されている。ガス供給部 G S B は、ガスソース群 140、流量制御器群 142、及びバルブ群 143 を含んでいる。ガスソース群 140 は、プラズマ処理装置 1 のガスソース群 40 と同様に構成されており、複数のガスソースを含んでいる。流量制御器群 142 は、プラズマ処理装置 1 の流量制御器群 42 と同様に構成されている。バルブ群 143 は、プラズマ処理装置 1 のバルブ群 43 と同様に構成されている。ガスソース群 140 の複数のガスソースの各々は、流量制御器群 142 の対応の流量制御器及びバルブ群 143 の対応の開閉バルブを介して、ガス供給管 138 に接続されている。なお、ガス導入口 112 i は、チャン

10

20

30

40

50

バ本体 1 1 2 の側壁ではなく、窓部材 1 3 0 といった他の箇所に形成されていてもよい。

【 0 1 0 8 】

プラズマ処理装置 1 B は、アンテナ 1 5 1 及びシールド部材 1 6 0 を更に備えている。アンテナ 1 5 1 及びシールド部材 1 6 0 は、チャンバ 1 1 0 の天部の上、及び、窓部材 1 3 0 の上に設けられている。アンテナ 1 5 1 及びシールド部材 1 6 0 は、チャンバ 1 1 0 の外側に設けられている。一実施形態において、アンテナ 1 5 1 は、内側アンテナ素子 1 5 3 a 及び外側アンテナ素子 1 5 3 b を有している。内側アンテナ素子 1 5 3 a は、渦巻き状のコイルであり、窓部材 1 3 0 の中央部の上で延在している。外側アンテナ素子 1 5 3 b は、渦巻き状のコイルであり、窓部材 1 3 0 上、且つ、内側アンテナ素子 1 5 3 a の外側で、延在している。内側アンテナ素子 1 5 3 a 及び外側アンテナ素子 1 5 3 b の各々は、銅、アルミニウム、ステンレスといった導体から形成されている。

10

【 0 1 0 9 】

プラズマ処理装置 1 B は、複数の挟持体 1 5 4 を更に備えていてもよい。内側アンテナ素子 1 5 3 a 及び外側アンテナ素子 1 5 3 b は共に、複数の挟持体 1 5 4 によって挟持されており、これら複数の挟持体 1 5 4 によって支持されている。複数の挟持体 1 5 4 の各々は、棒状の形状を有している。複数の挟持体 1 5 4 は、内側アンテナ素子 1 5 3 a の中心付近から外側アンテナ素子 1 5 3 b の外側まで放射状に延在している。

【 0 1 1 0 】

シールド部材 1 6 0 は、アンテナ 1 5 1 を覆っている。シールド部材 1 6 0 は、内側シールド壁 1 6 2 a 及び外側シールド壁 1 6 2 b を含んでいる。内側シールド壁 1 6 2 a は、筒形状を有している。内側シールド壁 1 6 2 a は、内側アンテナ素子 1 5 3 a を囲むように、内側アンテナ素子 1 5 3 a と外側アンテナ素子 1 5 3 b との間に設けられている。外側シールド壁 1 6 2 b は、筒形状を有している。外側シールド壁 1 6 2 b は、外側アンテナ素子 1 5 3 b を囲むように、外側アンテナ素子 1 5 3 b の外側に設けられている。

20

【 0 1 1 1 】

シールド部材 1 6 0 は、内側シールド板 1 6 3 a 及び外側シールド板 1 6 3 b を更に含んでいる。内側シールド板 1 6 3 a は、円盤形状を有しており、内側シールド壁 1 6 2 a の開口を塞ぐように内側アンテナ素子 1 5 3 a の上方に設けられている。外側シールド板 1 6 3 b は、環形状を有しており、内側シールド壁 1 6 2 a と外側シールド壁 1 6 2 b との間の開口を塞ぐように、外側アンテナ素子 1 5 3 b の上方に設けられている。

30

【 0 1 1 2 】

なお、シールド部材 1 6 0 のシールド壁及びシールド板の形状は、上述した形状に限定されるものではない。シールド部材 1 6 0 のシールド壁の形状は、角筒形状といった他の形状であってもよい。

【 0 1 1 3 】

プラズマ処理装置 1 B は、高周波電源 1 7 0 a 及び高周波電源 1 7 0 b を更に備える。高周波電源 1 7 0 a 及び高周波電源 1 7 0 b は、プラズマ生成部を構成する。高周波電源 1 7 0 a、高周波電源 1 7 0 b はそれぞれ、内側アンテナ素子 1 5 3 a、外側アンテナ素子 1 5 3 b に接続されている。高周波電源 1 7 0 a、高周波電源 1 7 0 b はそれぞれ、同じ周波数又は異なる周波数を有する高周波電力を、内側アンテナ素子 1 5 3 a、外側アンテナ素子 1 5 3 b に供給する。高周波電源 1 7 0 a からの高周波電力が内側アンテナ素子 1 5 3 a に供給されると、内部空間 1 1 0 s の中で誘導磁界が発生し、内部空間 1 1 0 s の中のガスが当該誘導磁界によって励起される。これにより、基板 W の中央の領域の上方でプラズマが生成される。高周波電源 1 7 0 b からの高周波電力が外側アンテナ素子 1 5 3 b に供給されると、内部空間 1 1 0 s の中で誘導磁界が発生し、内部空間 1 1 0 s の中のガスが当該誘導磁界によって励起される。これにより、基板 W の周縁領域の上方で、環状のプラズマが生成される。

40

【 0 1 1 4 】

なお、高周波電源 1 7 0 a、高周波電源 1 7 0 b のそれぞれから出力される高周波電力に応じて、内側アンテナ素子 1 5 3 a、外側アンテナ素子 1 5 3 b の電氣的長さが調整さ

50

れてもよい。このために、内側シールド板 1 6 3 a、外側シールド板 1 6 3 b のそれぞれの高さ方向の位置は、アクチュエータ 1 6 8 a、アクチュエータ 1 6 8 b によって個別に調整されてもよい。

【 0 1 1 5 】

プラズマ処理装置 1 B は、制御部 M C を更に備えている。プラズマ処理装置 1 B の制御部 M C は、プラズマ処理装置 1 の制御部 M C と同様に構成されている。制御部 M C がプラズマ処理装置 1 B の各部を制御することにより、方法 M T の少なくとも一部の工程又は全ての工程が、プラズマ処理装置 1 B で実行される。

【 0 1 1 6 】

制御部 M C は、工程 S T b をもたらしてもよい。工程 S T b をプラズマ処理装置 1 B において実行する場合には、制御部 M C は、第 1 の処理ガスをチャンバ 1 1 0 内に供給するよう、ガス供給部 G S B を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 1 5 0 を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 1 0 内で第 1 の処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力を供給するよう、高周波電源 1 7 0 a 及び高周波電源 1 7 0 b を制御する。また、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 1 6 4 を制御してもよい。

10

【 0 1 1 7 】

制御部 M C は、工程 S T c を更にもたらしてもよい。工程 S T c をプラズマ処理装置 1 B において実行する場合には、制御部 M C は、エッチングガスをチャンバ 1 1 0 内に供給するよう、ガス供給部 G S B を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 1 5 0 を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 1 0 内でエッチングガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力を供給するよう、高周波電源 1 7 0 a 及び高周波電源 1 7 0 b を制御する。また、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 1 6 4 を制御してもよい。

20

【 0 1 1 8 】

制御部 M C は、工程 S T d を更にもたらしてもよい。工程 S T d をプラズマ処理装置 1 B において実行する場合には、制御部 M C は、アッシングガスをチャンバ 1 1 0 内に供給するよう、ガス供給部 G S B を制御する。また、チャンバ 1 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 1 5 0 を制御する。また、制御部 M C は、チャンバ 1 1 0 内でアッシングガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力を供給するよう、高周波電源 1 7 0 a 及び高周波電源 1 7 0 b を制御する。また、制御部は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 1 6 4 を制御してもよい。

30

【 0 1 1 9 】

プラズマ処理装置 1 B において、制御部 M C は、上述した複数のサイクルを順に実行することを更にもたらしてもよい。制御部 M C は、工程 S T b と工程 S T c を交互に繰り返すことを更にもたらしてもよい。

【 0 1 2 0 】

以下、図 7 を参照する。図 7 は、一つの例示的实施形態に係る基板処理システムを示す図である。図 7 に示す基板処理システム P S は、方法 M T において用いられ得る。基板処理システム P S は、台 2 a ~ 2 d、容器 4 a ~ 4 d、ロードモジュール L M、アライナ A N、ロードロックモジュール L L 1、L L 2、プロセスモジュール P M 1 ~ P M 6、搬送モジュール T M、及び制御部 M C を備えている。なお、基板処理システム P S における台の個数、容器の個数、ロードロックモジュールの個数は一つ以上の任意の個数であり得る。また、基板処理システム P S におけるプロセスモジュールの個数は、一つ以上の任意の個数であり得る。

40

【 0 1 2 1 】

台 2 a ~ 2 d は、ロードモジュール L M の一縁に沿って配列されている。容器 4 a ~ 4

50

dはそれぞれ、台2a~2d上に搭載されている。容器4a~4dの各々は、例えば、F O U P ( F r o n t O p e n i n g U n i f i e d P o d ) と称される容器である。容器4a~4dの各々は、その内部に基板Wを収容するように構成されている。

【0122】

ロードモジュールLMは、チャンバを有する。ロードモジュールLMのチャンバ内の圧力は、大気圧に設定される。ロードモジュールLMは、搬送装置TU1を有する。搬送装置TU1は、例えば搬送ロボットであり、制御部MCによって制御される。搬送装置TU1は、ロードモジュールLMのチャンバを介して基板Wを搬送するように構成されている。搬送装置TU1は、容器4a~4dの各々とアライナANとの間、アライナANとロードロックモジュールLL1, LL2の各々との間、ロードロックモジュールLL1, LL2の各々と容器4a~4dの各々との間で、基板Wを搬送し得る。アライナANは、ロードモジュールLMに接続されている。アライナANは、基板Wの位置の調整(位置の較正)を行うように構成されている。

10

【0123】

ロードロックモジュールLL1及びロードロックモジュールLL2の各々は、ロードモジュールLMと搬送モジュールTMとの間に設けられている。ロードロックモジュールLL1及びロードロックモジュールLL2の各々は、予備減圧室を提供している。

【0124】

搬送モジュールTMは、ロードロックモジュールLL1及びロードロックモジュールLL2の各々にゲートバルブを介して接続されている。搬送モジュールTMは、その内部空間が減圧可能に構成された搬送チャンバTCを有している。搬送モジュールTMは、搬送装置TU2を有している。搬送装置TU2は、例えば搬送ロボットであり、制御部MCによって制御される。搬送装置TU2は、搬送チャンバTCを介して基板Wを搬送するように構成されている。搬送装置TU2は、ロードロックモジュールLL1, LL2の各々とプロセスモジュールPM1~PM6の各々との間、及び、プロセスモジュールPM1~PM6のうち任意の二つのプロセスモジュールの間において、基板Wを搬送し得る。

20

【0125】

プロセスモジュールPM1~PM6の各々は、専用の基板処理を行うように構成された装置である。プロセスモジュールPM1~PM6のうち一つのプロセスモジュールは、工程STbにおいて用いられるプラズマ処理装置であり、例えばプラズマ処理装置1又はプラズマ処理装置1Bである。工程STbにおいて用いられる基板処理システムPSのプロセスモジュールは、工程STdにおいて用いられてもよい。

30

【0126】

プロセスモジュールPM1~PM6のうち別の一つのプロセスモジュールは、工程STcにおいて用いられるエッチング装置である。工程STcにおいて用いられるプロセスモジュールは、プラズマ処理装置1又はプラズマ処理装置1Bと同様に構成されていてもよい。工程STcにおいて用いられる基板処理システムPSのプロセスモジュールは、工程STdにおいて用いられてもよい。

【0127】

プロセスモジュールPM1~PM6のうち更に別の一つのプロセスモジュールは、工程STdにおいて用いられるアッシング装置であってもよい。工程STdにおいて用いられるプロセスモジュールは、プラズマ処理装置1又はプラズマ処理装置1Bと同様に構成されていてもよい。

40

【0128】

制御部MCは、基板処理システムPSの各部を制御するように構成されている。制御部MCは、プロセッサ、記憶装置、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり得る。制御部MCは、記憶装置に記憶されている制御プログラムを実行し、当該記憶装置に記憶されているレシピデータに基づいて基板処理システムPSの各部を制御する。方法MTは、制御部MCによる基板処理システムPSの各部の制御により、基板処理システムPSにおいて実行される。

50

## 【 0 1 2 9 】

方法 M T が基板処理システム P S に用いて行われる場合には、プラズマからの化学種を基板 W に供給して、第 1 の領域 R 1 上に選択的又は優先的に堆積物 D P を形成するよう、制御部 M C は、工程 S T b のためのプロセスモジュール、即ちプラズマ処理装置又は堆積装置を制御する。

## 【 0 1 3 0 】

工程 S T b と工程 S T c が異なるプロセスモジュールにて行われる場合には、制御部 M C は、工程 S T b 用のプロセスモジュールから工程 S T c 用のプロセスモジュールに搬送チャンバ T C を介して基板 W を搬送するよう、搬送モジュール T M を制御する。したがって、基板 W は、工程 S T b 用のプロセスモジュールのチャンバ（第 1 のチャンバ）から工程 S T c 用のプロセスモジュールのチャンバ（第 2 のチャンバ）に、真空環境のみを介して搬送される。即ち、工程 S T b と工程 S T c との間で、基板 W は、第 1 のチャンバから第 2 のチャンバに真空環境下で搬送される。なお、工程 S T b と工程 S T c が同じプロセスモジュールにて行われる場合には、基板 W はそのプロセスモジュールのチャンバ内に継続して配置される。

10

## 【 0 1 3 1 】

次いで、制御部 M C は、第 2 の領域 R 2 をエッチングするよう、工程 S T c において用いられるプロセスモジュール、即ちエッチング装置を制御する。

## 【 0 1 3 2 】

工程 S T c と工程 S T d が異なるプロセスモジュールにて行われる場合には、制御部 M C は、工程 S T c 用のプロセスモジュールのチャンバから工程 S T d 用のプロセスモジュールのチャンバに、搬送チャンバ T C を介して基板 W を搬送するよう、搬送モジュール T M を制御する。したがって、基板 W は、工程 S T c 用のプロセスモジュールのチャンバから工程 S T d 用のプロセスモジュールのチャンバに、真空環境のみを介して搬送される。即ち、工程 S T c と工程 S T d との間で、基板 W は、工程 S T c 用のチャンバから工程 S T d 用のチャンバに真空環境下で搬送される。なお、工程 S T c と工程 S T d が同じプロセスモジュールにて行われる場合には、基板 W はそのプロセスモジュール内に継続して配置される。

20

## 【 0 1 3 3 】

次いで、制御部 M C は、堆積物 D P を除去するよう。工程 S T d において用いられるプロセスモジュール、即ちアッシング装置を制御する。

30

## 【 0 1 3 4 】

以下、方法 M T の評価のために行った種々の実験について説明する。以下に説明する実験は、本開示を限定するものではない。

## 【 0 1 3 5 】

（第 1 の実験及び第 1 の比較実験）

## 【 0 1 3 6 】

第 1 の実験及び第 1 の比較実験では、サンプル基板 S W を準備した。サンプル基板 S W は、第 1 の領域 R 1 及び第 2 の領域 R 2 を有し、第 1 の領域 R 1 及び第 2 の領域 R 2 によって凹部 R C を画成していた（図 8 の（b）及び図 8 の（d）を参照）。第 1 の領域 R 1 は、窒化シリコンから形成されており、第 2 の領域 R 2 は、酸化シリコンから形成されていた。第 1 の実験のサンプル基板 S W において、凹部 R C は、12 nm の幅及び 13 nm の深さを有していた。第 1 の比較実験のサンプル基板 S W において、凹部 R C は、12 nm の幅及び 25 nm の深さを有していた。第 1 の実験では、プラズマ処理装置 1 において C O ガスと A r ガスの混合ガスを第 1 の処理ガスとして用い、サンプル基板 S W 上に堆積物 D P を形成した。第 1 の比較実験では、プラズマ処理装置 1 において C H<sub>3</sub> F ガスと A r ガスの混合ガスをを用いてサンプル基板 S W 上に堆積物 D P を形成した。以下、第 1 の実験と第 1 の比較実験における堆積物 D P の形成条件を示す。

40

< 第 1 の実験と第 1 の比較実験における堆積物 D P の形成条件 >

高周波電力 H F : 8 0 0 W

50

第 1 の実験における高周波電力  $L F : 0 W$

第 1 の比較実験における高周波電力  $L F : 0 W$

処理時間：第 1 の実験 120 秒、第 1 の比較実験 30 秒

【0137】

図 8 の ( a ) 及び図 8 の ( b ) に第 1 の実験の結果を示す。図 8 の ( a ) は、第 1 の実験においてその上に堆積物  $D P$  が形成されたサンプル基板  $S W$  の透過電子顕微鏡 (  $T E M$  ) 画像を示している。図 8 の ( b ) は、図 8 の ( a ) の  $T E M$  画像におけるサンプル基板  $S W$  を図示している。また、図 8 の ( c ) 及び図 8 の ( d ) に、第 1 の比較実験の結果を示す。図 8 の ( c ) は、第 1 の比較実験においてその上に堆積物  $D P$  が形成されたサンプル基板  $S W$  の透過電子顕微鏡 (  $T E M$  ) 画像を示している。図 8 の ( d ) は、図 8 の ( c ) の  $T E M$  画像におけるサンプル基板  $S W$  を図示している。図 8 の ( c ) 及び図 8 の ( d ) に示すように、 $C H_3 F$  ガスを用いた第 1 の比較実験では、堆積物  $D P$  が第 1 の領域  $R 1$  及び第 2 の領域  $R 2$  の双方の上に形成されており、凹部  $R C$  の開口の幅が狭くなっていた。一方、図 8 の ( a ) 及び図 8 の ( b ) に示すように、 $C O$  ガスを用いた第 1 の実験では、堆積物  $D P$  が第 1 の領域  $R 1$  上に選択的又は優先的に形成されており、凹部  $R C$  の開口の幅の縮小が抑制されていた。

10

【0138】

( 第 2 の実験及び第 2 の比較実験 )

【0139】

第 2 の実験及び第 2 の比較実験では、サンプル基板  $S W$  を準備した。準備したサンプル基板  $S W$  は、第 1 の領域  $R 1$  及び第 2 の領域  $R 2$  を有し、第 1 の領域  $R 1$  及び第 2 の領域  $R 2$  によって凹部  $R C$  を画成していた。第 1 の領域  $R 1$  は、窒化シリコンから形成されており、第 2 の領域  $R 2$  は、酸化シリコンから形成されていた。準備したサンプル基板は、第 1 の実験及び第 1 の比較実験で用いたサンプル基板の凹部  $R C$  のアスペクト比よりも小さいアスペクト比を有していた。具体的に、第 2 の実験のサンプル基板  $S W$  において、凹部  $R C$  は、12 nm の幅及び 7 nm の深さを有しており、そのアスペクト比は約 0.6 であった。第 2 の比較実験のサンプル基板において、凹部  $R C$  は、12 nm の幅及び 9 nm の深さを有しており、そのアスペクト比は、0.8 であった。第 2 の実験では、第 1 の実験の条件と同じ条件で、サンプル基板  $S W$  上に堆積物  $D P$  を形成した。第 2 の比較実験では、第 1 の比較実験の条件と同じ条件で、サンプル基板  $S W$  上に堆積物  $D P$  を形成した。

20

30

【0140】

図 9 の ( a ) 及び図 9 の ( b ) に第 2 の実験の結果を示す。図 9 の ( a ) は、第 2 の実験においてその上に堆積物  $D P$  が形成されたサンプル基板  $S W$  の透過電子顕微鏡 (  $T E M$  ) 画像を示している。図 9 の ( b ) は、図 9 の ( a ) の  $T E M$  画像におけるサンプル基板  $S W$  を図示している。また、図 9 の ( c ) 及び図 9 の ( d ) に、第 2 の比較実験の結果を示す。図 9 の ( c ) は、第 2 の比較実験においてその上に堆積物  $D P$  が形成されたサンプル基板  $S W$  の透過電子顕微鏡 (  $T E M$  ) 画像を示している。図 9 の ( d ) は、図 9 の ( c ) の  $T E M$  画像におけるサンプル基板  $S W$  を図示している。図 9 の ( c ) 及び図 9 の ( d ) に示すように、 $C H_3 F$  ガスを用いた第 2 の比較実験では、堆積物  $D P$  が第 1 の領域  $R 1$  及び第 2 の領域  $R 2$  の双方の上に形成されており、凹部  $R C$  の開口の幅が狭くなっていた。一方、図 9 の ( a ) 及び図 9 の ( b ) に示すように、 $C O$  ガスを用いた第 2 の実験では、堆積物  $D P$  が第 1 の領域  $R 1$  上に選択的に形成されており、凹部  $R C$  の開口の幅の縮小が抑制されていた。第 2 の実験の結果、 $C O$  ガスを用いることにより、凹部  $R C$  のアスペクト比が小さくても、堆積物  $D P$  が第 1 の領域  $R 1$  上に選択的に形成されることが確認された。

40

【0141】

( 第 3 の実験 )

【0142】

第 3 の実験では、第 1 の実験のサンプル基板の構造と同じ構造を有する複数のサンプル基板  $S W$  を準備した。第 3 の実験では、プラズマ処理装置 1 において  $C O$  ガスと  $A r$  ガス

50

の混合ガスを第 1 の処理ガスとして用い、複数のサンプル基板 S W 上に堆積物 D P を形成した。第 3 の実験では、堆積物 D P の形成時に複数のサンプル基板 S W に供給されたイオンのエネルギー（即ち、イオンエネルギー）が互いに異なっていた。第 3 の実験では、高周波電力 L F の電力レベルを変更することによりイオンエネルギーを調整した。第 3 の実験の他の条件は、第 1 の実験の対応の条件と同一であった。第 3 の実験では、堆積物 D P の形成後の複数のサンプル基板 S W の凹部 R C の開口の幅を求めた。そして、イオンエネルギーと開口の幅との関係を求めた。その結果を図 1 0 のグラフに示す。図 1 0 のグラフにおいて、横軸はイオンエネルギーを示しており、縦軸は開口の幅を示している。図 1 0 に示すように、堆積物 D P の形成時の基板 W に対するイオンエネルギーが 7 0 e V 以下であれば、凹部 R C の開口の幅の縮小が相当に抑制されていた。

10

【 0 1 4 3 】

（第 4 ～ 第 6 の実験）

【 0 1 4 4 】

第 4 ～ 第 6 の実験の各々では、第 1 の実験のサンプル基板の構造と同じ構造を有するサンプル基板を準備した。そして、プラズマ処理装置 1 を用いて、堆積物 D P をサンプル基板の表面上に形成し、次いで、第 2 の領域 R 2 のエッチングを行った。第 4 の実験では、堆積物 D P を形成するための第 1 の処理ガスとして C O ガスと A r ガスの混合ガスを用いた。第 5 の実験では、堆積物 D P を形成するための第 1 の処理ガスとして C O ガスと C H<sub>4</sub> ガスの混合ガスを用いた。第 6 の実験では、堆積物 D P を形成するための第 1 の処理ガスとして C O ガスと H<sub>2</sub> ガスの混合ガスを用いた。第 4 ～ 第 6 の実験の各々における堆積物 D P のその他の形成条件は、第 1 の実験における堆積物 D P の形成条件と同一であった。以下、第 4 ～ 第 6 の実験の各々における第 2 の領域 R 2 のエッチング条件を示す。

20

&lt; 第 2 の領域 R 2 のエッチング条件 &gt;

高周波電力 H F : 1 0 0 W

高周波電力 L F : 1 0 0 W

エッチングガス : N F<sub>3</sub> ガスと A r ガスの混合ガス

処理時間 : 6 秒

【 0 1 4 5 】

図 1 1 は、第 4 ～ 第 6 の実験において測定した寸法を説明する図である。第 4 ～ 第 6 の実験の各々では、第 2 の領域 R 2 のエッチング前の堆積物 D P の膜厚 T<sub>B</sub>、第 2 の領域 R 2 のエッチングによる凹部の深さ D<sub>S</sub> の増加量、及び第 2 の領域 R 2 のエッチングによる堆積物 D P の膜厚 T<sub>T</sub> の減少量を求めた。なお、膜厚 T<sub>B</sub> は、凹部の底における堆積物 D P の膜厚である。膜厚 T<sub>T</sub> は、第 1 の領域 R 1 上の堆積物 D P の膜厚である。

30

【 0 1 4 6 】

第 4 ～ 第 6 の実験において測定された膜厚 T<sub>B</sub> はそれぞれ、1 . 8 n m、3 . 0 n m、1 . 6 n m であった。したがって、第 1 の処理ガスが C O ガスと A r ガスの混合ガス又は C O ガスと H<sub>2</sub> ガスの混合ガスである場合には、第 1 の処理ガスが C H<sub>4</sub> ガスを含む場合に比べて、凹部の底における堆積物 D P の膜厚は小さかった。また、第 4 ～ 第 6 の実験において測定された凹部の深さ D<sub>S</sub> の増加量はそれぞれ、1 . 0 n m、0 . 5 n m、0 . 9 n m であった。したがって、第 1 の処理ガスが C O ガスと A r ガスの混合ガス又は C O ガスと H<sub>2</sub> ガスの混合ガスである場合には、第 1 の処理ガスが C H<sub>4</sub> ガスを含む場合に比べて、凹部の底で第 2 の領域 R 2 が多くエッチングされた。また、第 4 ～ 第 6 の実験において測定された膜厚 T<sub>T</sub> の減少量はそれぞれ、3 . 5 n m、1 . 7 n m、1 . 2 n m であった。したがって、堆積物 D P を形成するための第 1 の処理ガスが C O ガスと H<sub>2</sub> ガスの混合ガスである場合には、他の処理ガスが用いられた場合に比較して、膜厚 T<sub>T</sub> の減少量が顕著に抑制されていた。このことから、C O ガスと H<sub>2</sub> ガスの混合ガスを第 1 の処理ガスとして用いることにより、第 2 の領域 R 2 のエッチングに対して高い耐性を有する保護膜を、選択的又は優先的に第 1 の領域 R 1 上に形成することが可能であることが確認された。

40

【 0 1 4 7 】

（第 7 ～ 第 1 2 の実験）

50

## 【 0 1 4 8 】

第 7 ～ 第 1 2 の実験の各々では、第 1 の実験のサンプル基板の構造と同じ構造を有するサンプル基板を準備した。そして、プラズマ処理装置 1 を用いて、堆積物 D P をサンプル基板の表面上に形成した。第 7 ～ 第 1 2 の実験において堆積物 D P を形成するための処理ガスは、C O ガスと A r ガスを含んでいた。第 8 ～ 第 1 2 の実験において、堆積物 D P を形成するための第 1 の処理ガスは、H<sub>2</sub> ガスを更に含んでいた。第 7 ～ 第 1 2 の実験での第 1 の処理ガスにおける C O ガスと H<sub>2</sub> ガスの総流量に対する H<sub>2</sub> ガスの流量の割合はそれぞれ、0、1 / 19、4 / 49、2 / 17、1 / 4、5 / 14 であった。第 7 ～ 第 1 2 の実験の各々における堆積物 D P のその他の形成条件は、第 1 の実験における堆積物 D P の形成条件と同一であった。

10

## 【 0 1 4 9 】

図 1 2 の ( a ) ～ ( f ) はそれぞれ、第 7 ～ 第 1 2 の実験での堆積物 D P の形成後のサンプル基板の透過電子顕微鏡 ( T E M ) 画像を示している。第 8 ～ 第 1 0 の実験で第 1 の領域 R 1 上に形成した堆積物 D P の側面 ( 図 1 2 の ( b ) ～ 図 1 2 の ( d ) を参照 ) は、他の実験で第 1 の領域 R 1 上に形成した堆積物 D P の側面 ( 図 1 2 の ( e ) ～ 図 1 2 の ( f ) を参照 ) と比較して高い垂直性を有していた。したがって、第 1 の処理ガスにおける C O ガスと H<sub>2</sub> ガスの総流量に対する H<sub>2</sub> ガスの流量の割合が、1 / 19 以上、2 / 17 以下である場合に、第 1 の領域 R 1 上に形成された堆積物 D P の側面の垂直性が高くなることが確認された。

## 【 0 1 5 0 】

20

以下、図 1 と共に、図 1 3 及び図 1 4 の ( a ) ～ 図 1 4 の ( e ) を参照する。図 1 3 は、図 1 に示すエッチング方法において採用され得る例示的实施形態に係る工程 S T c の流れ図である。図 1 4 の ( a ) ～ 図 1 4 の ( e ) の各々は、図 1 に示すエッチング方法の対応の工程が適用された状態の一例の基板の部分拡大断面図である。以下、図 1 3 に示す工程 S T c を含む方法 M T について、それが図 2 に示す基板 W に適用される場合を例にとって、説明する。

## 【 0 1 5 1 】

図 1 3 に示す工程 S T c は、工程 S T c 1 及び工程 S T c 2 を含む。工程 S T c 1 では、図 1 4 の ( a ) に示すように、堆積物 D P C が基板 W 上に形成される。堆積物 D P C は、フルオロカーボンを含む。工程 S T c 1 では、堆積物 D P C を基板 W 上に形成するために、エッチング装置のチャンバ内で第 2 の処理ガスからプラズマが生成される。工程 S T c 1 で用いられる第 2 の処理ガスは、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub> ガスのようなフルオロカーボンガスを含む。工程 S T c 1 で用いられる第 2 の処理ガスに含まれるフルオロカーボンガスは、C<sub>4</sub>F<sub>6</sub> ガス以外のフルオロカーボンガスであってもよい。工程 S T c 1 では、第 2 の処理ガスから生成されたプラズマからフルオロカーボンが基板 W に供給されて、当該フルオロカーボンが基板 W 上に堆積物 D P C を形成する。

30

## 【 0 1 5 2 】

工程 S T c 2 では、希ガスのイオンが基板 W に供給されることにより、第 2 の領域 R 2 がエッチングされる。工程 S T c 2 では、エッチング装置のチャンバ内で希ガスのプラズマが形成される。工程 S T c 2 で用いられる希ガスは、例えば A r ガスである。工程 S T c 2 で用いられる希ガスは、A r ガス以外の希ガスであってもよい。工程 S T c 2 では、プラズマから希ガスのイオンが基板 W に供給される。基板 W に供給された希ガスのイオンは、堆積物 D P C に含まれるフルオロカーボンと第 2 の領域 R 2 の材料とを反応させる。その結果、工程 S T c 2 では、図 1 4 の ( b ) に示すように、第 2 の領域 R 2 がエッチングされる。工程 S T c 2 は、第 2 の領域 R 2 上の堆積物 D P C が実質的に消失するまで行われる。一方、第 1 の領域 R 1 の上方では、堆積物 D P C は、堆積物 D P 上に形成されているので、希ガスのイオンが供給されても除去されない。

40

## 【 0 1 5 3 】

図 1 3 に示す工程 S T c では、工程 S T c 1 と工程 S T c 2 が交互に繰り返されて、図 1 4 の ( c ) に示すように、第 2 の領域 R 2 が更にエッチングされてもよい。この場合に、

50



工程 S T c は、工程 S T c 3 を含む。工程 S T c 3 では、停止条件が満たされるか否かが判定される。工程 S T c 3 において、停止条件は、工程 S T c 1 と工程 S T c 2 の交互の繰り返しの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 c 3 において停止条件が満たされていないと判定される場合には、再び工程 S T c 1 と工程 S T c 2 が順に実行される。一方、工程 S T c 3 において、停止条件が満たされていると判定される場合には、工程 S T c は終了する。

【 0 1 5 4 】

工程 S T c の終了後、工程 S T d が行われてもよい。或いは、工程 S T c の終了後、工程 S T d が行われることなく、工程 S T j において停止条件が満たされるか否かが判定されてもよい。工程 S T j において停止条件が満たされないと判定されると、工程 S T b が再び行われる。工程 S T b では、図 1 4 の ( d ) に示すように、第 1 の領域 R 1 上で堆積物 D P C 上に堆積物 D P が形成される。そして、図 1 3 に示す工程 S T c が再び実行されることにより、図 1 4 の ( e ) に示すように、第 2 の領域 R 2 が更にエッチングされる。

【 0 1 5 5 】

図 1 3 に示す工程 S T c によれば、第 2 の領域 R 2 上に形成された堆積物 D P C は、第 2 の領域 R 2 のエッチングに使用されて、工程 S T c 2 において実質的に消失する。したがって、工程 S T c の後に工程 S T b が行われる際には、第 2 の領域 R 2 が露出されているので、堆積物 D P は、第 1 の領域 R 1 上の堆積物 D P C 上に選択的又は優先的に形成され、第 2 の領域 R 2 上には形成されない。故に、工程 S T b の後に行われる工程 S T c において第 2 の領域 R 2 のエッチングが停止することが防止される。また、第 1 の領域 R 1 上に堆積物 D P C が残された状態で工程 S T b が行われるので、堆積物 D P は、図 2 に示す基板 W の第 1 の領域 R 1 の肩部の上にも十分に形成される。したがって、図 1 3 に示す工程 S T c を含む方法 M T によれば、第 1 の領域 R 1 がより確実に保護される。

【 0 1 5 6 】

図 1 3 に示す工程 S T c に用いられるエッチング装置は、プラズマ処理装置 1 又はプラズマ処理装置 1 B であり得る。プラズマ処理装置 1 及びプラズマ処理装置 1 B の何れが用いられる場合にも、制御部 M C は、工程 S T c 1 及び工程 S T c 2 を各々が含む複数のエッチングサイクルをもたらすことにより、工程 S T c をもたらす。図 1 3 に示す工程 S T c において用いられるエッチング装置がプラズマ処理装置 1 である場合には、工程 S T c 1 において、プラズマ処理装置 1 の制御部 M C は、第 2 の処理ガスをチャンバ 1 0 内に供給するよう、ガス供給部 G S を制御する。また、工程 S T c 1 において、制御部 M C は、チャンバ 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 5 0 を制御する。また、工程 S T c 1 において、制御部 M C は、チャンバ 1 0 内で第 2 の処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力 H F を供給するよう、高周波電源 6 2 を制御する。また、工程 S T c 1 において、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 6 4 を制御してもよい。なお、工程 S T c 1 において、電気バイアス E B は供給されなくてもよい。

【 0 1 5 7 】

工程 S T c 2 において、プラズマ処理装置 1 の制御部 M C は、希ガスをチャンバ 1 0 内に供給するよう、ガス供給部 G S を制御する。また、工程 S T c 2 において、制御部 M C は、チャンバ 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 5 0 を制御する。また、工程 S T c 2 において、制御部 M C は、チャンバ 1 0 内で希ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力 H F を供給するよう、高周波電源 6 2 を制御する。また、工程 S T c 2 において、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 6 4 を制御する。

【 0 1 5 8 】

図 1 3 に示す工程 S T c において用いられるエッチング装置がプラズマ処理装置 1 B である場合には、プラズマ処理装置 1 B の制御部 M C は、フルオロカーボンガスを含む第 2 の処理ガスをチャンバ 1 1 0 内に供給するよう、ガス供給部 G S B を制御する。また、工程 S T c 1 において、制御部 M C は、チャンバ 1 1 0 内のガスの圧力を指定された圧力に

設定するよう、排気装置 150 を制御する。また、工程 S T c 1 において、制御部 M C は、チャンバ 110 内で第 2 の処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力を供給するよう、高周波電源 170 a 及び高周波電源 170 b を制御する。また、工程 S T c 1 において、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 164 を制御してもよい。

【0159】

工程 S T c 2 において、プラズマ処理装置 1 B の制御部 M C は、希ガスをチャンバ 110 内に供給するよう、ガス供給部 G S B を制御する。また、工程 S T c 2 において、制御部 M C は、チャンバ 110 内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置 150 を制御する。また、工程 S T c 2 において、制御部 M C は、チャンバ 110 内で希ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部 M C は、高周波電力を供給するよう、高周波電源 170 a 及び高周波電源 170 b を制御する。また、工程 S T c 2 において、制御部 M C は、電気バイアス E B を供給するよう、バイアス電源 164 を制御する。

【0160】

以下、図 15 を参照して、別の例示的实施形態に係るエッチング方法について説明する。図 15 は、別の例示的实施形態に係るエッチング方法の流れ図である。図 15 に示すエッチング方法（以下、「方法 M T B」という）は、工程 S T a、工程 S T e、及び工程 S T c を含む。方法 M T B においては、工程 S T e 及び工程 S T c を各々が含む複数のサイクルが順に実行されてもよい。方法 M T B は、工程 S T f を更に含んでいてもよい。複数のサイクルの各々は、工程 S T f を更に含んでいてもよい。方法 M T B は、工程 S T d を更に含んでいてもよい。複数のサイクルの各々は、工程 S T d を更に含んでいてもよい。

【0161】

方法 M T B においては、プラズマ処理装置 1 又はプラズマ処理装置 1 B が用いられてもよい。方法 M T B においては、別のプラズマ処理装置が用いられてもよい。図 16 は、別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。以下、図 16 に示すプラズマ処理装置 1 C とプラズマ処理装置 1 の相違点の観点から、プラズマ処理装置 1 C について説明する。

【0162】

プラズマ処理装置 1 C は、少なくとも一つの直流電源を備えている。少なくとも一つの直流電源は、上部電極 30 に負の直流電圧を印加するように構成されている。チャンバ 10 内においてプラズマが生成されているときに、上部電極 30 に負の直流電圧が印加されると、プラズマ中の正イオンが天板 34 に衝突する。その結果、二次電子が天板 34 から放出されて、基板に供給される。また、シリコンが天板 34 から放出されて、基板に供給される。

【0163】

一実施形態において、上部電極 30 は内側部分 301 と外側部分 302 を含んでいてもよい。内側部分 301 と外側部分 302 は、互いから電氣的に分離されている。外側部分 302 は、内側部分 301 に対して径方向外側に設けられており、内側部分 301 を囲むように周方向に延在している。内側部分 301 は、天板 34 の内側領域 341 を含んでおり、外側部分 302 は、天板 34 の外側領域 342 を含んでいる。内側領域 341 は、略円盤形状を有していてもよく、外側領域 342 は、環形状を有していてもよい。内側領域 341 及び外側領域 342 の各々は、プラズマ処理装置 1 の天板 34 と同様に、シリコン含有材料から形成される。

【0164】

プラズマ処理装置 1 C において、高周波電源 62 は、内側部分 301 と外側部分 302 の双方に高周波電力 H F を供給する。プラズマ処理装置 1 は、少なくとも一つの直流電源として、直流電源 71 及び直流電源 72 を備えていてもよい。直流電源 71 及び直流電源 72 の各々は、可変直流電源であってもよい。直流電源 71 は、内側部分 301 に負の直流電圧を印加するよう、内側部分 301 に電氣的に接続されている。直流電源 72 は、外

10

20

30

40

50

側部分 302 に負の直流電圧を印加するよう、外側部分 302 に電氣的に接続されている。なお、プラズマ処理装置 1C の他の構成は、プラズマ処理装置 1 の対応の構成と同一であり得る。

【0165】

再び図 15 を参照する。以下、図 2 に示す基板 W にそれが適用される場合を例にとって、方法 MTB について説明する。以下の説明では、図 17 の (a) ~ 図 17 の (d) を更に参照する。図 17 の (a) ~ 図 17 の (d) の各々は、図 15 に示すエッチング方法の対応の工程が適用された状態の一例の基板の部分拡大断面図である。

【0166】

方法 MTB は、工程 STa で開始する。方法 MTB の工程 STa は、方法 MT の工程 STa と同じ工程である。

【0167】

工程 STe は、工程 STa の後に行われる。工程 STe では、図 17 の (a) に示すように、第 1 の堆積物 DP1 が、第 1 の領域 R1 上に選択的又は優先的に形成される。

【0168】

一実施形態において、工程 STe は、工程 STb と同じ工程であってもよい。この場合には、工程 STe において形成される第 1 の堆積物 DP1 は、堆積物 DP と同じである。この場合には、工程 STe において用いられるプラズマ処理装置は、プラズマ処理装置 1、プラズマ処理装置 1B、又はプラズマ処理装置 1C であってもよい。

【0169】

別の実施形態において、工程 STe は、工程 STb と同じ工程が行われているときに、上部電極 30 に負の直流電圧を印加する工程を含んでもよい。この場合には、工程 STe において、プラズマ処理装置 1C が用いられる。この場合には、第 1 の堆積物 DP1 は、第 1 の処理ガスから生成されるプラズマからの化学種（例えば、炭素）と天板 34 から放出されるシリコンから形成されて、緻密な膜となる。この場合において、プラズマ処理装置 1C の制御部 MC は、工程 STb が行われているときに、上部電極 30 に負の直流電圧を印加する工程を更にもたす。

【0170】

工程 STe においては、制御部 MC は、上部電極 30 に負の直流電圧を印加するよう少なくとも一つの直流電源を制御する。具体的には、制御部 MC は、上部電極 30 に負の直流電圧を印加するよう、直流電源 71 及び直流電源 72 を制御する。直流電源 71 から上部電極 30 の内側部分 301 に印加される負の直流電圧の絶対値は、直流電源 72 から上部電極 30 の外側部分 302 に印加される負の直流電圧の絶対値よりも大きくてもよい。工程 STe においては、直流電源 72 は、上部電極 30 の外側部分 302 に電圧を印加しなくてもよい。

【0171】

上述したように、方法 MTB は、工程 STf を更に含んでもよい。工程 STf は、工程 STe の後、且つ、工程 STc の前に行われる。工程 STf では、図 17 の (b) に示すように、第 2 の堆積物 DP2 が基板 W 上に形成される。第 2 の堆積物 DP2 は、シリコンを含む。工程 STf において用いられるプラズマ処理装置の制御部 MC は、工程 STf をもたすように構成される。

【0172】

工程 STf において、第 2 の堆積物 DP2 は、プラズマ支援化学気相成長（即ち、PECVD）により形成されてもよい。PECVD により第 2 の堆積物 DP2 が形成される場合には、工程 STf において用いられるプラズマ処理装置は、プラズマ処理装置 1、プラズマ処理装置 1B、又はプラズマ処理装置 1C であってもよい。

【0173】

工程 STf においてプラズマ処理装置 1 又は 1C を用いて PECVD が行われる場合には、制御部 MC は、処理ガスをチャンバ 10 内に供給するよう、ガス供給部 GS を制御する。処理ガスは、SiCl<sub>4</sub> ガスのようなシリコン含有ガスを含む。処理ガスは、H<sub>2</sub> ガ

10

20

30

40

50

スを更に含んでいてもよい。また、制御部MCは、チャンバ10内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置50を制御する。また、制御部MCは、チャンバ10内で処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部MCは、高周波電力HFを供給するよう、高周波電源62を制御する。

【0174】

工程STfにおいてプラズマ処理装置1Bを用いてPECVDが行われる場合には、制御部MCは、処理ガスをチャンバ110内に供給するよう、ガス供給部GSBを制御する。処理ガスは、SiCl<sub>4</sub>ガスのようなシリコン含有ガスを含む。処理ガスは、H<sub>2</sub>ガスを更に含んでいてもよい。また、制御部MCは、チャンバ110内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置150を制御する。また、制御部MCは、チャンバ110内で処理ガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部MCは、高周波電力を供給するよう、高周波電源170a及び高周波電源170bを制御する。

10

【0175】

或いは、工程STfは、チャンバ10内でプラズマが生成されているときに、上部電極30に負の直流電圧を印加する工程を含んでいてもよい。チャンバ10内においてプラズマが生成されているときに、上部電極30に負の直流電圧が印加されると、プラズマ中の正イオンが天板34に衝突する。その結果、二次電子が天板34から放出されて、基板Wに供給される。また、シリコンが天板34から放出されて、基板Wに供給される。基板Wに供給されたシリコンは、基板W上で第2の堆積物DP2を形成する。この場合の工程STfでは、プラズマ処理装置1Cが用いられる。

20

【0176】

この場合において、プラズマ処理装置1Cの制御部MCは、工程STfをもたらすように構成される。工程STfにおいて、制御部MCは、ガスをチャンバ10内に供給するよう、ガス供給部GSを制御する。工程STfにおいてチャンバ10内に供給されるガスは、Arガスのような希ガスを含む。工程STfにおいてチャンバ10内に供給されるガスは、水素ガス(H<sub>2</sub>ガス)を更に含んでいてもよい。また、制御部MCは、チャンバ10内のガスの圧力を指定された圧力に設定するよう、排気装置50を制御する。また、制御部MCは、チャンバ10内でガスからプラズマを生成するよう、プラズマ生成部を制御する。具体的に、制御部MCは、高周波電力HFを供給するよう、高周波電源62を制御する。

30

【0177】

また、工程STfにおいて、制御部MCは、上部電極30に負の直流電圧を印加するよう少なくとも一つの直流電源を制御する。具体的には、制御部MCは、上部電極30に負の直流電圧を印加するよう、直流電源71及び直流電源72を制御する。直流電源71から上部電極30の内側部分301に印加される負の直流電圧の絶対値は、直流電源72から上部電極30の外側部分302に印加される負の直流電圧の絶対値よりも大きくてもよい。

【0178】

次いで、方法MTBでは、工程STcが行われて、図17の(c)に示すように、第2の領域R2がエッチングされる。方法MTBの工程STcは、方法MTの工程STcと同じ工程である。工程STcにおいて用いられるプラズマ処理装置は、プラズマ処理装置1、プラズマ処理装置1B、又はプラズマ処理装置1Cであってもよい。

40

【0179】

方法MTBでは、第2の領域R2がエッチングされた後に、工程STdが実行されて、図17の(d)に示すように、第1の堆積物DP1及び第2の堆積物DP2が除去されてもよい。方法MTBの工程STdは、方法MTの工程STと同じ工程である。工程STdにおいて用いられるプラズマ処理装置は、プラズマ処理装置1、プラズマ処理装置1B、又はプラズマ処理装置1Cであってもよい。

【0180】

50

方法MTBによれば、第2の堆積物DP2が第1の堆積物DP1上に形成されるので、基板Wの第1の領域R1の肩部のエッチングが更に抑制され、第1の領域R1が提供する凹部の開口が広がることが抑制される。

【0181】

なお、上述したように、方法MTでは、工程STE、工程STF、工程STC、及び工程STDを各々が含む複数のサイクルが実行されてもよい。複数のサイクルのうち幾つかにおいては、工程STE、工程STF、及び工程STDのうち少なくとも一つが省略されてもよい。また、工程STEを含むサイクルの数は、工程STFを含むサイクルの数よりも少なくてもよい。この場合には、第1の堆積物DP1が消耗する前に、工程STFを行って第2の堆積物DP2を形成することにより、工程STEの回数を削減することが可能となる。

10

【0182】

以下、図18を参照する。図18は、種々の例示的实施形態に係るエッチング方法が適用され得る更に別の例の基板の部分拡大断面図である。方法MTは、図18に示す基板WCにも適用され得る。

【0183】

基板WCは、第1の領域R1及び第2の領域R2を含む。基板WCは、第3の領域R3及び下地領域URを更に含んでもよい。第3の領域R3は、下地領域UR上に設けられている。第3の領域R3は、有機材料から形成されている。第2の領域R2は、第3の領域R3上に形成されている。第2の領域R2は、酸化シリコンを含む。第2の領域R2は、シリコン酸化膜と、当該シリコン酸化膜上に設けられた炭化シリコン膜と、を含んでもよい。第1の領域R1は、第2の領域R2上に設けられたマスクであり、パターンニングされている。第2の領域R2は、フォトレジストマスクであってもよい。第2の領域R2は、極端紫外線(EUV)マスクであってもよい。

20

【0184】

図19の(a)及び図19の(b)の各々は、例示的实施形態に係るエッチング方法の対応の工程が適用された状態の一例の基板の部分拡大断面図である。方法MTが基板WCに適用される場合には、工程STBにおいて、堆積物DPが、図19の(a)に示すように、第1の領域R1上に選択的又は優先的に形成される。そして、工程STCにおいて、第2の領域R2が、図19の(b)に示すようにエッチングされる。なお、図18に示す基板WCには、方法MTBが適用されてもよい。

30

【0185】

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、様々な追加、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。

【0186】

方法MT及び方法MTBにおいて用いられるプラズマ処理装置は、プラズマ処理装置1とは別の容量結合型のプラズマ処理装置であってもよい。また、方法MT及び方法MTBにおいて用いられるプラズマ処理装置は、プラズマ処理装置1Bとは別の誘導結合型のプラズマ処理装置であってもよい。方法MT及び方法MTBにおいて用いられるプラズマ処理装置は、他のタイプのプラズマ処理装置であってもよい。そのようなプラズマ処理装置は、電子サイクロトロン(ECR)プラズマ処理装置又はマイクロ波といった表面波によってプラズマを生成するプラズマ処理装置であってもよい。

40

【0187】

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】

【0188】

50

W ... 基板、 R 1 ... 第 1 の領域、 R 2 ... 第 2 の領域、 1 ... プラズマ処理装置、 1 0 ... チャ  
ンバ、 1 4 ... 基板支持器、 M C ... 制御部。

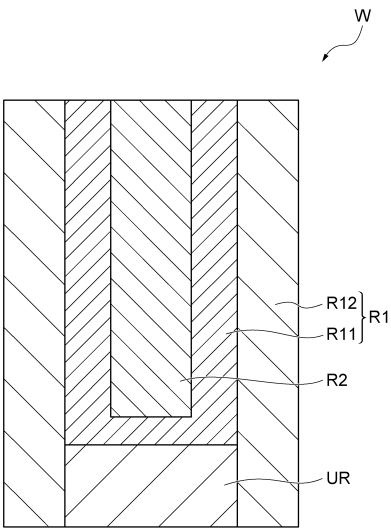
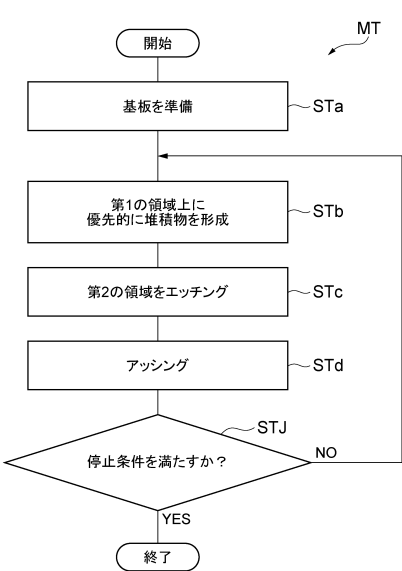
【要約】

開示されるエッチング方法は、基板を提供する工程（ a ）を含む。基板は、第 1 の領域  
及び第 2 の領域を有する。第 2 の領域は酸化シリコンを含み、第 1 の領域は第 2 の領域と  
は異なる材料から形成されている。エッチング方法は、一酸化炭素ガスを含む第 1 の処理  
ガスから生成される第 1 のプラズマにより第 1 の領域上に優先的に堆積物を形成する工程  
（ b ）を更に含む。エッチング方法は、第 2 の領域をエッチングする工程（ c ）を更に含  
む。

【図面】

【図 1 】

【図 2 】



10

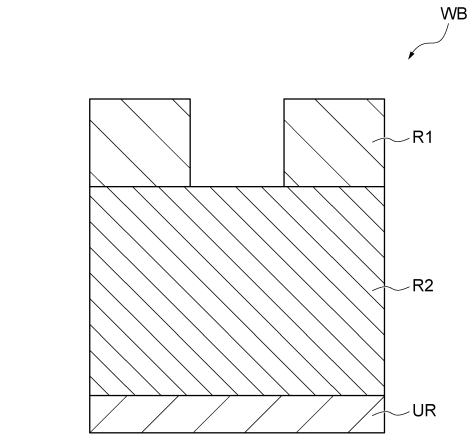
20

30

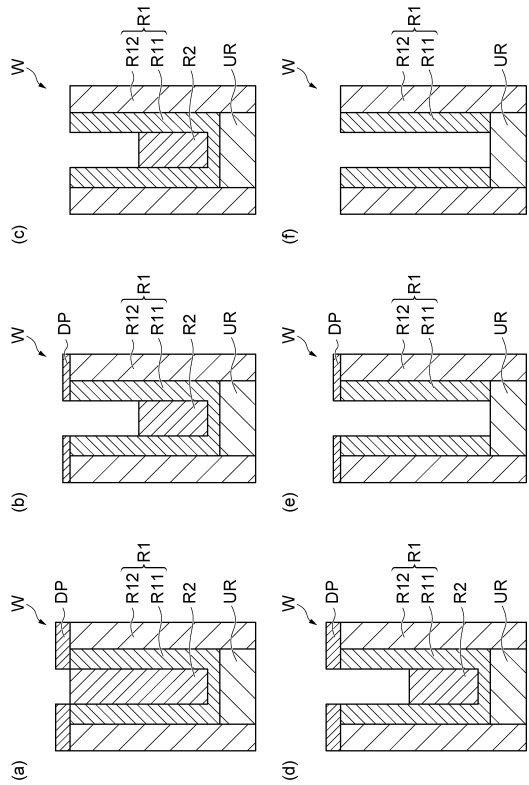
40

50

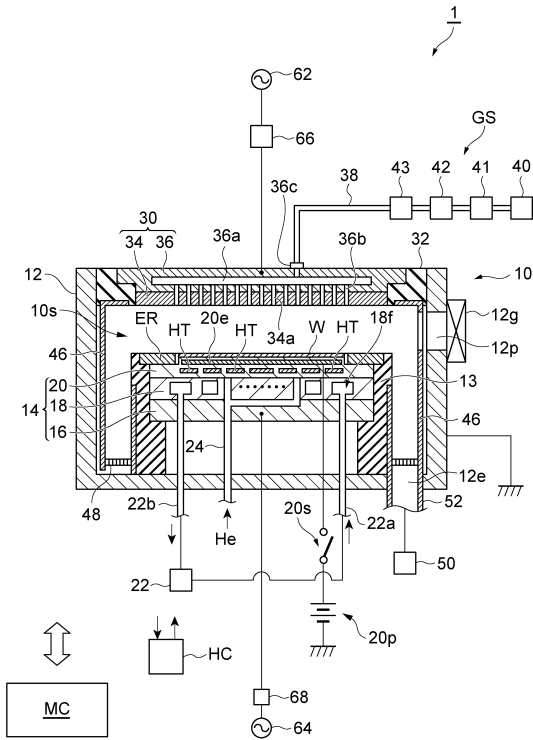
【図 3】



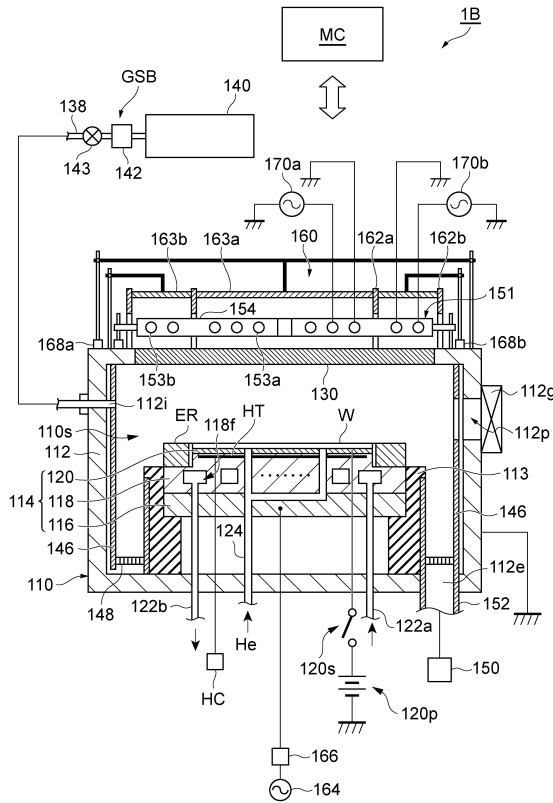
【図 4】



【図 5】



【図 6】



10

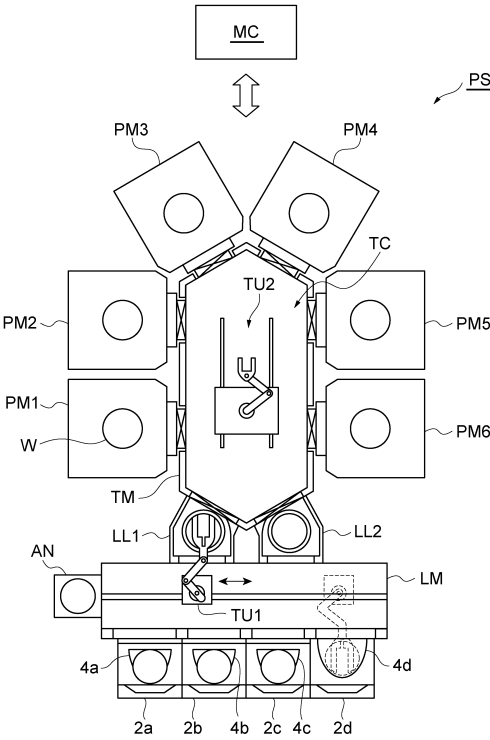
20

30

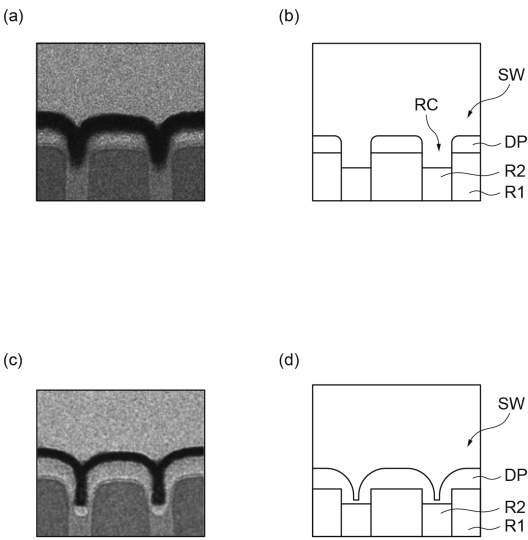
40

50

【図 7】



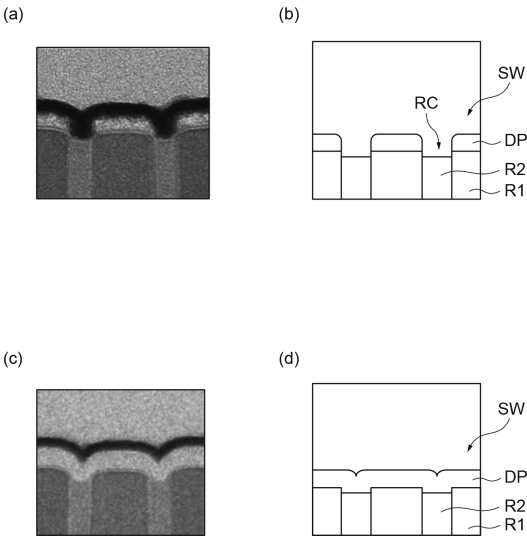
【図 8】



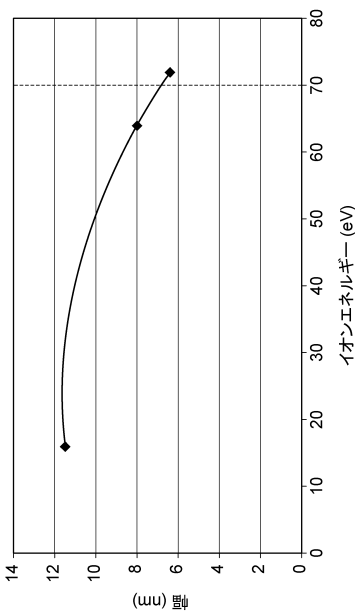
10

20

【図 9】



【図 10】



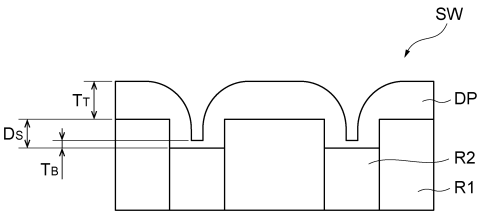
30

40

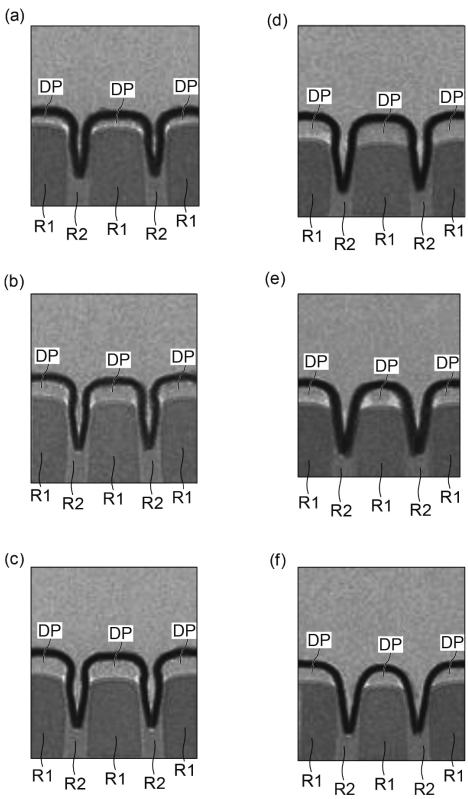
50



【図 1 1】



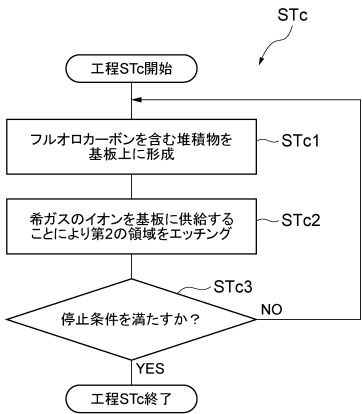
【図 1 2】



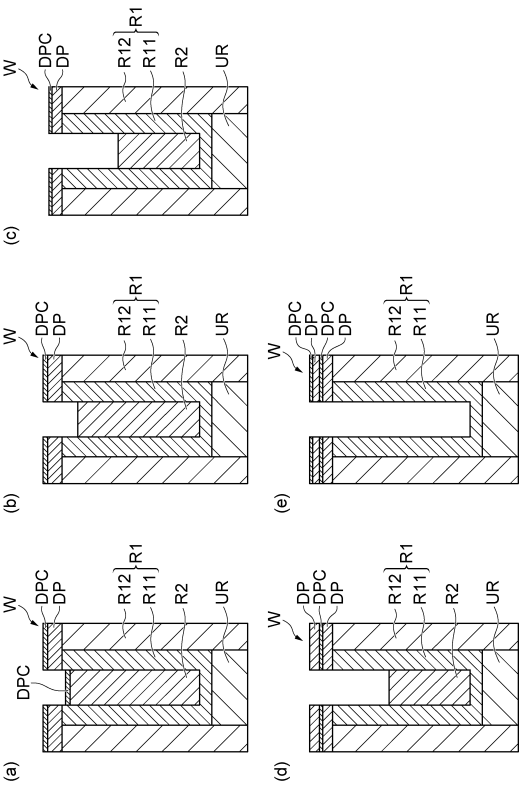
10

20

【図 1 3】



【図 1 4】

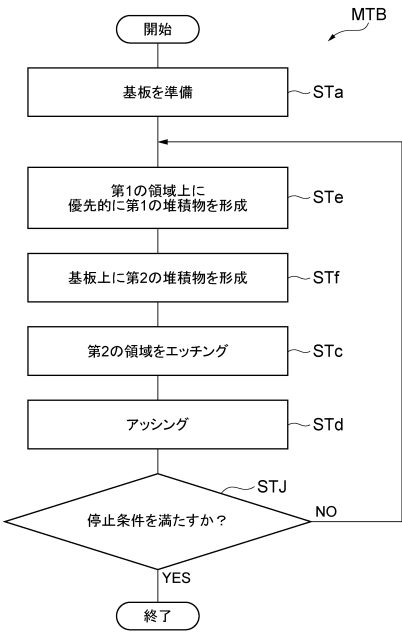


30

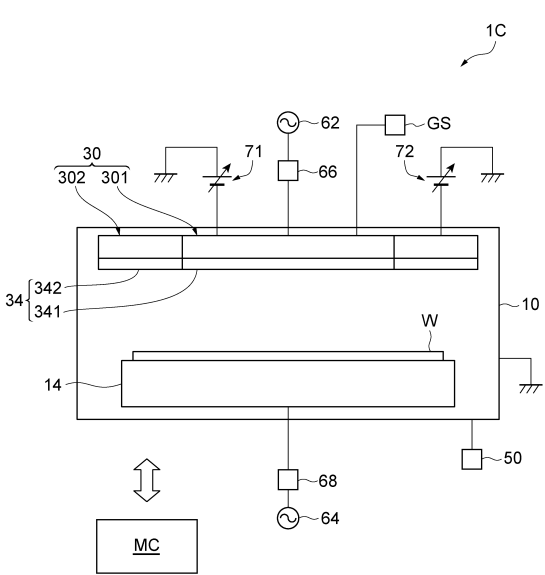
40

50

【図 1 5】



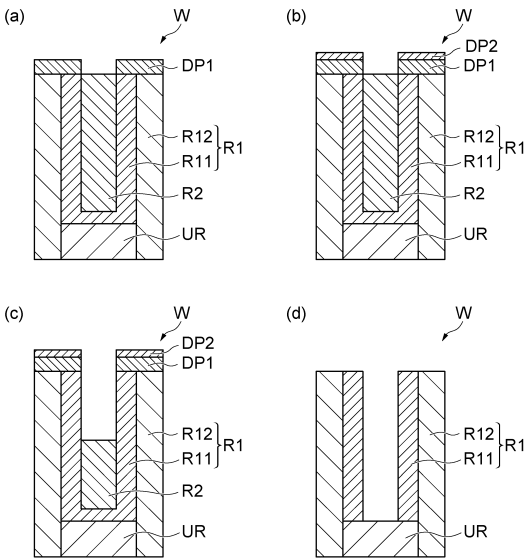
【図 1 6】



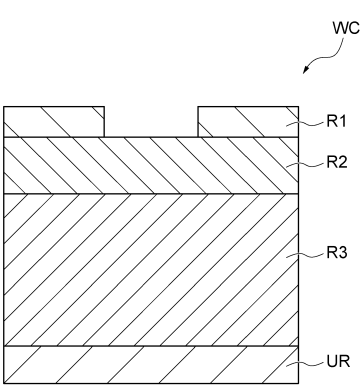
10

20

【図 1 7】



【図 1 8】

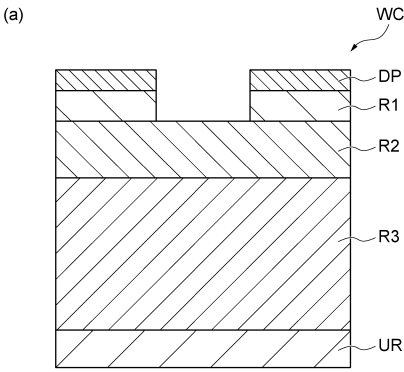


30

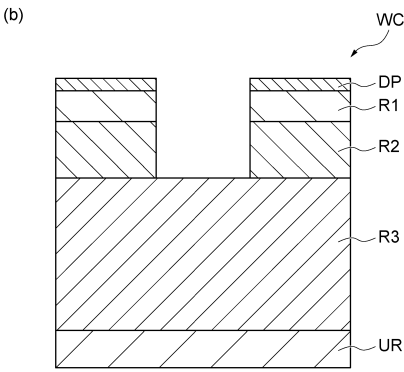
40

50

【 図 1 9 】



10



20

30

40

50

---

フロントページの続き

日本国(JP)

(31)優先権主張番号 特願2021-29988(P2021-29988)

(32)優先日 令和3年2月26日(2021.2.26)

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

早期審査対象出願

(72)発明者 森北 信也

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

審査官 加藤 芳健

(56)参考文献 特開2020-119918(JP, A)

国際公開第2017/199946(WO, A1)

国際公開第2020/040005(WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065