

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2025年7月3日(03.07.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/142198 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/040904

(22) 国際出願日: 2024年11月19日(19.11.2024)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2023-220955 2023年12月27日(27.12.2023) JP

(71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 (JP).

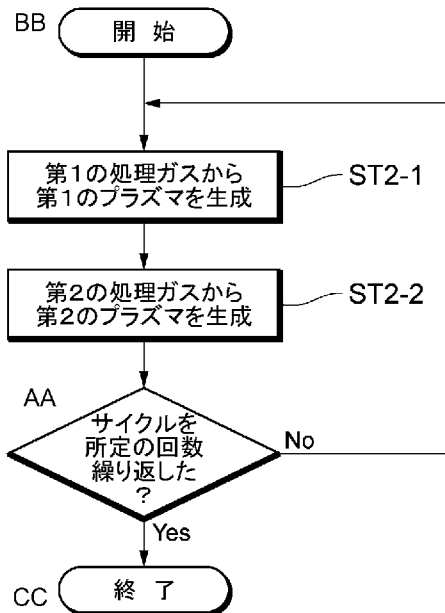
(72) 発明者: 勝沼 隆幸 (KATSUNUMA Takayuki); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 (JP).

(74) 代理人: 佐藤 睦, 外 (SATO Atsushi et al.); 〒1066123 東京都港区六本木6-10-1 六本木ヒルズ森タワー23階 TMI 総合法律事務所 (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,

(54) Title: ETCHING METHOD AND SUBSTRATE PROCESSING APPARATUS

(54) 発明の名称: エッチング方法及び基板処理装置



ST2-1 Generate first plasma from first processing gas
ST2-2 Generate second plasma from second processing gas
AA Cycle repeated predetermined number of times?
BB Start
CC End

(57) Abstract: The present invention provides a technique for suppressing shape abnormalities in etching. This etching method comprises (a) a step for preparing a substrate having a silicon-containing film containing nitrogen and a mask on the silicon-containing film, the mask including at least one opening, and (b) a step for etching the silicon-containing film to form a recess, wherein (b) includes (b1) a step for generating a first plasma from a first processing gas containing fluorocarbon gas to etch the silicon-containing film, the fluorocarbon gas having the highest flow rate in the first processing gas, and (b2) a step for generating a second plasma from a second processing gas containing hydrogen fluoride gas to etch the silicon-containing film.

MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL,
PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK,
SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

- (57) 要約: エッチングにおける形状異常を抑制することができる技術を提供する。エッチング方法は、
(a) 窒素を含有するシリコン含有膜と、シリコン含有膜上のマスクとを有する基板を準備する工程であって、マスクは少なくとも1つの開口を含む、工程と、(b) シリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する工程と、を含み、(b) は、(b 1) フルオロカーボンガスを含む第1の処理ガスから第1のプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングする工程であって、フルオロカーボンガスは、第1の処理ガスの中で最も流量が大きい、工程と、(b 2) フッ化水素ガスを含む第2の処理ガスから第2のプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングする工程と、を含む。

明 細 書

発明の名称：エッチング方法及び基板処理装置

技術分野

[0001] 本開示の例示的实施形態は、エッチング方法及び基板処理装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、処理ガスからプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングする技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特許第6990799号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、エッチングにおける形状異常を抑制することができる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 本開示の一つの例示的实施形態におけるエッチング方法は、（a）窒素を含有するシリコン含有膜と、シリコン含有膜上のマスクとを有する基板を準備する工程であって、マスクは少なくとも1つの開口を含む、工程と、（b）シリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する工程と、を含み、（b）は、（b1）フルオロカーボンガスを含む第1の処理ガスから第1のプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングする工程であって、フルオロカーボンガスは、第1の処理ガスの中で最も流量が大きい、工程と、（b2）フッ化水素ガスを含む第2の処理ガスから第2のプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングする工程と、を含む。

発明の効果

[0006] 本開示の一つの例示的实施形態によれば、エッチングにおける形状異常を抑制することができる技術を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [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]エッチング方法の一例を説明するためのフローチャートである。

[図4]工程S T 1における基板の断面構造の一例を説明するための図である。

[図5]工程S T 2における基板の断面構造の一例を説明するための図である。

[図6]工程S T 2の一例を説明するためのフローチャートである。

[図7]工程S T 2-2における凹部の側壁の一例を説明するための図である。

[図8]工程S T 2-1における凹部の側壁の一例を説明するための図である。

[図9]工程S T 2の終了時における基板の断面構造の一例を説明するための図である。

[図10]実施例と比較例における基板の画像を描写した図である。

[図11]工程S T 1における、2種類のシリコン含有膜を有する基板の断面構造の一例を説明するための図である。

[図12]工程S T 2における、2種類のシリコン含有膜を有する基板の断面構造の一例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本開示の各実施形態について説明する。

[0009] 一つの例示的实施形態において、(a)窒素を含有するシリコン含有膜と、シリコン含有膜上のマスクとを有する基板を準備する工程であって、マスクは少なくとも1つの開口を含む、工程と、(b)シリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する工程と、を含み、(b)は、(b1)フルオロカーボンガスを含む第1の処理ガスから第1のプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングする工程であって、フルオロカーボンガスは、第1の処理ガスの中で最も流量が大きい、工程と、(b2)フッ化水素ガスを含む第2の処理ガスから第2のプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングす

る工程と、を含む、エッチング方法が提供される。

- [0010] 一つの例示的实施形態において、フッ化水素ガスは、第2の処理ガスの中で最も流量が大きい。
- [0011] 一つの例示的实施形態において、第1の処理ガスは、フッ化水素ガスを含まない、又は第2の処理ガスに含まれるフッ化水素ガスの流量より小さい流量のフッ化水素ガスを含む。
- [0012] 一つの例示的实施形態において、第2の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含まない、又は第1の処理ガスに含まれるフルオロカーボンガスの流量より小さい流量のフルオロカーボンガスを含む。
- [0013] 一つの例示的实施形態において、第1の処理ガスは、炭素に対するフッ素の組成比が異なる2種以上のフルオロカーボンガスを含む。
- [0014] 一つの例示的实施形態において、第2の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含み、第1の処理ガスは、第2の処理ガスのフルオロカーボンガスより、炭素に対するフッ素の組成比が大きいフルオロカーボンガスを含む。
- [0015] 一つの例示的实施形態において、第1の処理ガス及び第2の処理ガスの少なくとも一方は、酸素含有ガスを含む。
- [0016] 一つの例示的实施形態において、第1の処理ガス及び第2の処理ガスの少なくとも一方は、貴ガス、窒素ガス、金属含有ガス及びハロゲン含有ガスからなる群から選択される少なくとも1種のガスを含む。
- [0017] 一つの例示的实施形態において、(b1)及び(b2)を含むサイクルを複数回繰り返す。
- [0018] 一つの例示的实施形態において、(b1)の後に(b2)を行う。
- [0019] 一つの例示的实施形態において、(b2)は、凹部の側壁に、窒素を含む反応生成物を付着させることを含み、(b1)は、凹部の側壁に付着した反応生成物を除去することを含む。
- [0020] 一つの例示的实施形態において、(b1)は、凹部の側壁に炭素含有膜を形成することを含む。
- [0021] 一つの例示的实施形態において、(b1)後における凹部のラインエッジ

ラフネスは、直前に行われた（b 2）後における凹部のラインエッジラフネスより小さい。

[0022] 一つの例示的实施形態において、（b 1）の処理時間は、（b 2）の処理時間と同じか、それより短い。

[0023] 一つの例示的实施形態において、（b 1）の処理時間は、（b 2）の処理時間より長い。

[0024] 一つの例示的实施形態において、凹部のエッチングが進むにつれて、（b 1）の処理時間に対する（b 2）の処理時間の比率を変更する。

[0025] 一つの例示的实施形態において、シリコン含有膜は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、及び、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜を含む積層膜からなる群から選択される少なくとも1種の膜を含む。

[0026] 一つの例示的实施形態において、シリコン含有膜は、第1のシリコン含有膜と、第1のシリコン含有膜と異なる第2のシリコン含有膜とを含み、第1のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜が交互に積層された積層膜であり、第2のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜である。

[0027] 一つの例示的实施形態において、マスクは、シリコン含有膜と異なるシリコン含有膜、炭素含有膜及び金属含有膜からなる群から選択される少なくとも1種の膜を含む。

[0028] 一つの例示的实施形態において、チャンバと、チャンバ内の基板支持部と、プラズマ生成部と、制御部とを備える基板処理装置であって、制御部は、（a）窒素を含有するシリコン含有膜と、シリコン含有膜上のマスクとを有する基板をチャンバ内の基板支持部上に準備する制御であって、マスクは少なくとも1つの開口を含む、制御と、（b）基板支持部上の基板のシリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する制御と、を実行し、（b）の制御は、（b 1）フルオロカーボンガスを含む第1の処理ガスから第1のプラズマをプラズマ生成部により生成して、シリコン含有膜をエッチングする制御であって、フルオロカーボンガスは、第1の処理ガスの中で最も流量が大きい、制御と、（b 2）フッ化水素ガスを含む第2の処理ガスから第2のプラズ

マをプラズマ生成部により生成して、シリコン含有膜をエッチングする制御と、を実行するように構成されている、基板処理装置が提供される。

[0029] 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。

[0030] (第1の実施形態)

＜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。

[0031] 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 Pl

asma)、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。

[0032] 制御部2は、本開示において述べられる種々の工程をプラズマ処理装置1に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部2は、ここで述べられる種々の工程を実行するようにプラズマ処理装置1の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部2の一部又は全てがプラズマ処理装置1に含まれてもよい。制御部2は、処理部2a1、記憶部2a2及び通信インターフェース2a3を含んでもよい。制御部2は、例えばコンピュータ2aにより実現される。処理部2a1は、記憶部2a2からプログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行することにより種々の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部2a2に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部2a2に格納され、処理部2a1によって記憶部2a2から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ2aに読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェース2a3に接続されている通信回線であってもよい。処理部2a1は、CPU (Central Processing Unit) であってもよい。記憶部2a2は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive)、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェース2a3は、LAN (L

ocal Area Network)等の通信回線を介してプラズマ処理装置1との間で通信してもよい。

[0033] 以下に、プラズマ処理装置1の一例としての容量結合型のプラズマ処理装置の構成例について説明する。図2は、容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[0034] 容量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（単に「チャンバ」ともいう。）、ガス供給部20、電源30及び排気システム40を含む。また、プラズマ処理装置1は、基板支持部11及びガス導入部を含む。ガス導入部は、少なくとも1つの処理ガスをプラズマ処理チャンバ10内に導入するように構成される。ガス導入部は、シャワーヘッド13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。シャワーヘッド13は、基板支持部11の上方に配置される。一実施形態において、シャワーヘッド13は、プラズマ処理チャンバ10の天部（ceiling）の少なくとも一部を構成する。プラズマ処理チャンバ10は、シャワーヘッド13、プラズマ処理チャンバ10の側壁10a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は接地される。シャワーヘッド13及び基板支持部11は、プラズマ処理チャンバ10の筐体とは電氣的に絶縁される。

[0035] 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。

[0036] 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 の導電性部材は下部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、環状静電チャックや環状絶縁部材のような、静電チャック 1111 を囲む他の部材が環状領域 111b を有してもよい。この場合、リングアセンブリ 112 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 1111 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 電源 31 及び／又は DC 電源 32 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 1111a 内に配置されてもよい。この場合、少なくとも 1 つの RF／DC 電極が下部電極として機能する。後述するバイアス RF 信号及び／又は DC 信号が少なくとも 1 つの RF／DC 電極に供給される場合、RF／DC 電極はバイアス電極とも呼ばれる。なお、基台 1110 の導電性部材と少なくとも 1 つの RF／DC 電極とが複数の下部電極として機能してもよい。また、静電電極 1111b が下部電極として機能してもよい。従って、基板支持部 11 は、少なくとも 1 つの下部電極を含む。

[0037] リングアセンブリ 112 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。

[0038] また、基板支持部 11 は、静電チャック 1111、リングアセンブリ 112 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 1110a、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路 1110a 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。

[0039] シャワーヘッド 1 3 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。シャワーヘッド 1 3 は、少なくとも 1 つのガス供給口 1 3 a、少なくとも 1 つのガス拡散室 1 3 b、及び複数のガス導入口 1 3 c を有する。ガス供給口 1 3 a に供給された処理ガスは、ガス拡散室 1 3 b を通過して複数のガス導入口 1 3 c からプラズマ処理空間 1 0 s 内に導入される。また、シャワーヘッド 1 3 は、少なくとも 1 つの上部電極を含む。なお、ガス導入部は、シャワーヘッド 1 3 に加えて、側壁 1 0 a 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。

[0040] 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 を介してシャワーヘッド 1 3 に供給するように構成される。各流量制御器 2 2 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 2 0 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少なくとも 1 つの流量変調デバイスを含んでもよい。

[0041] 電源 3 0 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 1 0 に結合される RF 電源 3 1 を含む。RF 電源 3 1 は、少なくとも 1 つの RF 信号 (RF 電力) を少なくとも 1 つの下部電極及び／又は少なくとも 1 つの上部電極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 1 0 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 3 1 は、プラズマ生成部 1 2 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つの下部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成分を基板Wに引き込むことができる。

[0042] 一実施形態において、RF電源31は、第1のRF生成部31a及び第2のRF生成部31bを含む。第1のRF生成部31a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つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に結合され、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、10MHz～150MHz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31a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、少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に供給される。

[0043] 第2のRF生成部31b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つの下部電極に結合され、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、100kHz～60MHz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31b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つの下部電極に供給される。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。

[0044] 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、第1のDC生成部32a及び第2のDC生成部32bを含む。一実施形態において、第1のDC生成部32aは、少なくとも1つの下部電極に接続され、第1のDC信号を生成するように構成

される。生成された第1のDC信号は、少なくとも1つの下部電極に印加される。一実施形態において、第2のDC生成部32bは、少なくとも1つの上部電極に接続され、第2のDC信号を生成するように構成される。生成された第2のDC信号は、少なくとも1つの上部電極に印加される。

[0045] 種々の実施形態において、第1及び第2のDC信号が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つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に印加される。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第1のDC生成部32aと少なくとも1つの下部電極との間に接続される。従って、第1のDC生成部32a及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。第2のDC生成部32b及び波形生成部が電圧パルス生成部を構成する場合、電圧パルス生成部は、少なくとも1つの上部電極に接続される。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、第1及び第2のDC生成部32a、32bは、RF電源31に加えて設けられてもよく、第1のDC生成部32aが第2のRF生成部31bに代えて設けられてもよい。

[0046] 排気システム40は、例えばプラズマ処理チャンバ10の底部に設けられたガス排出口10eに接続され得る。排気システム40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10s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。

[0047] <エッチング方法の一例>

図3は、一つの例示的实施形態に係るエッチング方法（以下「本処理方法」ともいう。）の一例を説明するためのフローチャートである。図3に示すように、一実施形態において、本処理方法は、基板を準備する工程ST1と、基板のシリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する工程ST2と、を

含む。各工程における処理は、図2に示すプラズマ処理システムで実行されてよい。以下では、制御部2がプラズマ処理装置1の各部を制御して、基板Wに対して本処理方法を実行する場合を例に説明する。

[0048] (工程ST1：基板の準備)

一実施形態において、工程ST1では、図2に示すように、基板Wがプラズマ処理チャンバ10（以下「チャンバ10」ともいう。）内に提供される。一実施形態において、基板Wは、搬送アームによりチャンバ10内に搬入され、リフターにより基板支持部11に載置され、基板支持部11上に吸着保持されてよい。

[0049] 図4は、工程ST1において提供される基板Wの断面構造の一例を説明するための図である。基板Wは、下地膜UFと、下地膜UF上のシリコン含有膜SiFと、シリコン含有膜SiF上のマスクMKとを含む。基板Wは、半導体デバイスの製造に用いられてよい。半導体デバイスは、例えば、DRAM、3D-NANDフラッシュメモリ等のメモリデバイス及びロジックデバイスを含む。

[0050] 一実施形態において、下地膜UFは、シリコンウェハやシリコンウェハ上に形成された有機膜、誘電体膜、金属膜、半導体膜等であってよい。下地膜UFは、複数の膜が積層されて構成されてよい。

[0051] 一実施形態において、シリコン含有膜SiFは、本処理方法においてエッチングの対象となる膜である。一実施形態において、シリコン含有膜SiFは、窒素を含有するものであってよい。シリコン含有膜SiFは、異なる2種以上のシリコン含有膜を含む積層膜であってよい。シリコン含有膜SiFは、シリコン酸化膜SiF1-1とシリコン窒化膜SiF1-2とを交互に積層した積層膜であってよい。シリコン含有膜SiFは、20層以上、50層以上、又は100層以上の積層膜であってよい。

[0052] 一実施形態において、マスクMKは、シリコン含有膜SiFのエッチングにおいてマスクとして機能する膜である。マスクMKは、シリコン含有膜、炭素含有膜及び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

膜であってよい。マスクMKのシリコン含有膜は、シリコン含有膜S i Fのシリコン含有膜と異なるものであってよい。マスクMKの炭素含有膜は、アモルファスカーボン（ACL）膜又はスピノンカーボン（SOC）膜であってよい。マスクMKの金属含有膜は、タングステン、モリブデン、チタン及びルテニウムからなる群から選択される少なくとも1種を含む膜であってよい。マスクMKの金属含有膜は、WS i（タングステンシリサイド）、WC（タングステンカーバイド）、WS i C及びWS i Nからなる群から選択される少なくとも1種を含む膜であってよい。マスクMKは、1つの膜からなる単層マスクでよく、また2つ以上の膜からなる多層マスクであってもよい。

[0053] マスクMKは、エッチング対象膜EF上において少なくとも一つの開口OP 1を規定する側壁S 1を有してよい。すなわち、マスクMKは、開口OP 1を有してよい。開口OP 1は、シリコン含有膜S i F上の空間であって、マスクMKの側壁S 1に囲まれていてよい。

[0054] 開口OP 1は、基板Wの平面視、すなわち、基板Wを図4の上から下に向かう方向に見た場合において、任意の形状を有してよい。当該形状は、例えば、円、楕円、矩形、線やこれらの1種類以上を組み合わせた形状であってよい。マスクMKは、複数の側壁S 1を有し、複数の側壁S 1が複数の開口OP 1を規定してもよい。複数の開口OP 1は、それぞれ線形状を有し、一定の間隔又は異なる間隔で並んでラインアンドスペースのパターンを構成してよい。また、複数の開口OP 1は、それぞれ穴形状を有し、アレイパターンを構成してよい。

[0055] 基板Wを構成する各膜（下地膜UF、シリコン含有膜S i F、マスクMK）は、それぞれ、任意の方法で形成されてよい。下地膜UF、シリコン含有膜S i F、マスクMKは、CVD法、ALD法、MLD法、PVD法、スピコート法等により形成されてよい。マスクMKの開口OP 1は、エッチングにより形成されてよい。マスクMKの開口OP 1は、リソグラフィ法により形成されてよい。なお、各膜は、平坦な膜であってよく、また、凹凸を有

する膜であってもよい。また基板Wは、下地膜UFの下に他の膜をさらに有してよい。

[0056] 基板Wの下地膜UF、シリコン含有膜SiF及びマスクMKを形成するプロセスの少なくとも一部は、工程ST1の一部として、チャンバ10内で行われてよい。例えば、マスクMKの開口OP1は、工程ST1においてエッチングにより形成されてよい。この場合、工程ST1におけるマスクMKと、後述の工程ST2は、チャンバ10内で連続して実行されてよい。一実施形態において、基板Wの膜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がチャンバ10内に提供されてよい。

[0057] 一実施形態において、基板支持部11又は基板Wの温度は、温調モジュールにより所与の温度に制御されてよい。基板支持部11又は基板Wの温度を所与の温度に制御することは、流路1110aを流れる伝熱流体の温度やヒータ温度を所与の温度にすること、又は、所与の温度とは異なる温度にすることを含み得る。所与の温度は、例えば、50℃以下、−50℃以上であってよい。所与の温度は、0℃以下であってよい。なお、基板支持部11又は基板Wの温度が所与の温度に制御され始めるタイミングは、基板Wが基板支持部11に提供される前でも後でもよく、また同時でもよい。基板支持部11又は基板Wの温度は、各工程ST1、ST2−1、ST2−2において変更されてよい。

[0058] (工程ST2：エッチング)

図5は、工程ST2における基板Wの断面構造の一例を説明するための図である。一実施形態において、工程ST2では、処理ガスから生成されたプラズマにより、シリコン含有膜SiFがエッチングされ、シリコン含有膜SiFに凹部R1が形成される。

[0059] 図6は、工程ST2の一例を示すフローチャートである。図6に示すように、一実施形態において、工程ST2は、フルオロカーボンガスを含む第1の処理ガスから第1のプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングす

る工程 S T 2 - 1 と、フッ化水素ガスを含む第 2 の処理ガスから第 2 のプラズマを生成して、シリコン含有膜をエッチングする工程 S T 2 - 2 と、を含む。

[0060] 一実施形態において、工程 S T 2 - 1 では、図 2 に示すシャワーヘッド 13 から第 1 の処理ガスがプラズマ処理空間 10 s 内に供給される。第 1 の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含む。フルオロカーボンガスは、第 1 の処理ガスのガス種の中で最も流量が大きい。第 1 の処理ガスは、フッ化水素ガスを含まなくてよい。第 1 の処理ガスは、後述の第 2 の処理ガスに含まれるフッ化水素ガスの流量（分圧）より小さい流量（分圧）のフッ化水素ガスを含んでよい。

[0061] 第 1 の処理ガスは、炭素に対するフッ素の組成比（F / C）が異なる 2 種以上のフルオロカーボンガスを含んでよい。第 1 の処理ガスは、フルオロカーボンガスとして、 C_4F_6 ガス及び C_4F_8 ガスを含んでよい。第 1 の処理ガスは、フルオロカーボンガスとして、 C_4F_6 ガス、 C_4F_8 ガス、 C_3F_8 ガス、 CF_4 ガス、 C_3F_6 ガス、 C_2F_2 ガス、 C_2F_4 ガス、及び C_5F_8 ガスからなる群から選択される少なくとも 1 種のガスを含んでよい。第 1 の処理ガスは、CHF ガス（ハイドロフルオロカーボンガス）及び CH ガスの少なくともいずれかを含んでよい。後述の第 2 の処理ガスがフルオロカーボンガスを含む場合に、第 1 の処理ガスは、第 2 の処理ガスのフルオロカーボンガスより、炭素に対するフッ素の組成比（F / C）が大きいフルオロカーボンガスを含んでよい。

[0062] 第 1 の処理ガスは、酸素含有ガスをさらに含んでよい。第 1 の処理ガスは、酸素含有ガスとして、 O_2 ガス、CO ガス及び CO_2 ガスからなる群から選択される少なくとも 1 種のガスを含んでよい。

[0063] 第 1 の処理ガスは、貴ガス、窒素ガス、金属含有ガス及びハロゲン含有ガスからなる群から選択される少なくとも 1 種のガスをさらに含んでよい。第 1 の処理ガスは、貴ガスとして、Ar ガス、He ガス及び Kr ガスからなる群から選択される少なくとも 1 種のガスを含んでよい。第 1 の処理ガスは、

金属含有ガスとして、 WF_6 ガスを含んでよい。第1の処理ガスは、ハロゲン含有ガスとして、 HBr ガス、 HCl ガス及び Cl_2 ガス、ホウ素含有ガス（ BCl_3 ガス）からなる群から選択される少なくとも1種のガスを含んでよい。第1の処理ガスは、フッ素を含まないハロゲン含有ガスを含んでよい。

[0064] 基板支持部11又は基板Wの温度は、第1の温度に制御されてよい。第1の温度は、 $0^{\circ}C$ 以下、又は $-10^{\circ}C$ 以下であってよい。チャンバ10内の圧力は、第1の圧力に調整されてよい。第1の圧力は、 1 mTorr 以上 1000 mTorr 以下の範囲内、 1 mTorr 以上 100 mTorr 以下の範囲内であってよい。

[0065] 一実施形態において、チャンバ10内に供給された第1の処理ガスから第1のプラズマが生成される。この場合、電源30から上部電極及び／又は下部電極にソースRF信号が供給され、これにより、基板支持部11上で高周波電界が生成され、プラズマ処理空間10s内の第1の処理ガスから第1のプラズマが生成される。ソースRF信号は、 1 kHz 以上、 1 MHz 以上、 13 MHz 以上の周波数を有してよい。ソースRF信号は、第1の電力を有してよい。第1の電力は、 1 kW 以上であってよい。

[0066] プラズマ生成時には、基板支持部11にバイアス信号が供給されてよい。バイアス信号は、RF電源31から供給されるバイアスRF信号又は、DC電源32から供給されるバイアスDC信号であってよい。バイアスDC信号は、DCパルス信号であってよい。これにより、プラズマと基板Wとの間にバイアス電位が発生する。プラズマ中のイオン、ラジカル等の活性種は、基板Wに引きよせられ、当該活性種によってシリコン含有膜SiFがエッチングされる。工程ST2-1は、凹部R1の底部を深さ方向にエッチングすることを含む。工程ST2-1は、凹部R1の側壁S2に炭素含有膜を形成することを含む。工程ST2-1は、凹部R1の側壁S2に付着した反応生成物を除去することを含む。

[0067] 一実施形態において、工程ST2-2では、図2に示すシャワーヘッド13から第2の処理ガスがプラズマ処理空間10s内に供給される。第2の処

理ガスは、フッ化水素（HF）ガスを含む。フッ化水素ガスは、第2の処理ガスのガス種の中で最も流量が大きくてよい。第2の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含まなくてよい。第2の処理ガスは、第1の処理ガスに含まれるフルオロカーボンガスの流量（分圧）より小さい流量（分圧）のフルオロカーボンガスを含んでよい。

[0068] 第2の処理ガスは、フルオロカーボンガスとして、 C_4F_6 ガスを含んでよい。第2の処理ガスは、第1の処理ガスのフルオロカーボンガスより、炭素に対するフッ素の組成比（F/C）が小さいフルオロカーボンガスを含んでよい。第2の処理ガスは、フルオロカーボンガスとして、 C_4F_6 ガス、 C_4F_8 ガス、 C_3F_8 ガス、 CF_4 ガス、 C_3F_6 ガス、 C_2F_2 ガス、 C_2F_4 ガス、及び C_5F_8 ガスからなる群から選択される少なくとも1種のガスを含んでよい。第2の処理ガスは、CHFガス（ハイドロフルオロカーボンガス）及びCHガスの少なくとも一方を含んでよい。

[0069] 第2の処理ガスは、酸素含有ガスをさらに含んでよい。第2の処理ガスは、酸素含有ガスとして、 O_2 ガス、COガス及び CO_2 ガスからなる群から選択される少なくとも1種のガスを含んでよい。

[0070] 第2の処理ガスは、貴ガス、窒素ガス、金属含有ガス及びハロゲン含有ガスからなる群から選択される少なくとも1種のガスをさらに含んでよい。第2の処理ガスは、貴ガスとして、Arガス、Heガス及びKrガスからなる群から選択される少なくとも1種のガスを含んでよい。第2の処理ガスは、金属含有ガスとして、 WF_6 ガスを含んでよい。第2の処理ガスは、ハロゲン含有ガスとして、HBrガス、HClガス及び Cl_2 ガス、ホウ素含有ガス（ BCl_3 ガス）からなる群から選択される少なくとも1種のガスを含んでよい。第2の処理ガスは、フッ素を含まないハロゲン含有ガスを含んでよい。第2の処理ガスは、リン含有ガスを含んでよい。第2の処理ガスは、リン含有ガスとして、 PF_3 ガス、 PCl_3 ガス、 PF_5 ガス、 PCl_5 ガス、 $POCl_3$ ガス、 PH_3 ガス、 PBr_3 ガス、及び PBr_5 ガスからなる群から選択される少なくとも1種のガスを含んでよい。

- [0071] 基板支持部 11 又は基板 W の温度は、第 2 の温度に制御されてよい。第 2 の温度は、 0°C 以下、又は -10°C 以下であってよい。チャンバ 10 内の圧力は、第 2 の圧力に調整されてよい。第 2 の圧力は、 1 mTorr 以上 1000 mTorr 以下の範囲内、 1 mTorr 以上 100 mTorr 以下の範囲内であってよい。
- [0072] 一実施形態において、チャンバ 10 内に供給された第 2 の処理ガスから第 2 のプラズマが生成される。この場合、電源 30 から上部電極及び／又は下部電極にソース RF 信号が供給され、これにより、基板支持部 11 上で高周波電界が生成され、プラズマ処理空間 10s 内の第 1 の処理ガスから第 1 のプラズマが生成される。ソース RF 信号は、 1 kHz 以上、 1 MHz 以上、 13 MHz 以上の周波数を有してよい。ソース RF 信号は、第 2 の電力を有してよい。第 2 の電力は、 1 kW 以上であってよい。
- [0073] プラズマ生成時には、基板支持部 11 にバイアス信号が供給されてよい。バイアス信号は、RF 電源 31 から供給されるバイアス RF 信号又は、DC 電源 32 から供給されるバイアス DC 信号であってよい。バイアス DC 信号は、DC パルス信号であってよい。これにより、プラズマと基板 W との間にバイアス電位が発生する。プラズマ中のイオン、ラジカル等の活性種は、基板 W に引きよせられ、当該活性種によってシリコン含有膜 SiF がエッチングされる。工程 ST2-2 は、凹部 R1 の底部を深さ方向にエッチングすることを含む。工程 ST2-2 は、凹部 R1 の側壁 S2 に、窒素を含む反応生成物を付着させることを含む。
- [0074] 図 6 に示すように、一実施形態において、工程 ST2-1 と工程 ST2-2 を含むサイクルを複数回行うようにしてよい。図 7 に示すように、工程 ST2-2 において、凹部 R1 の側壁 S2 に、窒素を含む反応生成物 D1 が付着し、図 8 に示すように、工程 ST2-1 において、凹部 R1 の側壁 S2 に付着した反応生成物 D1 を除去してよい。反応生成物 D1 は、ケイフッ化アンモニウム (AFS (Ammonium Hexa Fluoro Silicate)) を含んでよい。

[0075] 図6に示すように、工程ST2-1及び工程ST2-2を含むサイクルが、予め設定された所定の回数行われていない場合には、サイクルが再度行われる。工程ST2-1及び工程ST2-2を含むサイクルが所定の回数行われた場合に、工程ST2が終了し、本処理方法が終了してよい。このとき、図9に示すように、シリコン含有膜SiFには、下地膜UFが露出するような開口OP2が形成されてよい。サイクルの所定の回数は、2回以上、5回以上、10回以上、20回以上、30回以上、40回以上であってよい。サイクルの所定の回数は、1回であってよい。

[0076] サイクルは、工程ST2-1、工程ST2-2をこの順番に含んでよい。またサイクルは、工程ST2-2、工程ST2-1をこの順番に含んでよい。すなわち、工程ST2-1と工程ST2-2は、どちらを先に行ってもよい。サイクルは、100(sec/1回)以下、50(sec/1回)以下の周期で行われてよい。一実施の形態において、工程ST2における凹部のエッチングが進むにつれて、サイクルの周期を変更してよい。凹部のエッチングが進むにつれて、サイクルの周期を大きくしてよく、また小さくしてよい。

[0077] 一実施の形態において、工程ST2-1の処理時間(プラズマ生成時間)は、工程ST2-2の処理時間と同じかそれより短くてよい。工程ST2-1の処理時間と工程ST2-2の処理時間の比は、1対1から4であってよい。また、工程ST2-1の処理時間は、工程ST2-2の処理時間より長くてよい。一実施の形態において、工程ST2における凹部のエッチングが進むにつれて、工程ST2-1の処理時間に対する工程ST2-2の処理時間の比率を変更してよい。凹部のエッチングが進むにつれて、工程ST2-1の処理時間に対する工程ST2-2の処理時間の比率を大きくしてよい。凹部のエッチングが進むにつれて、工程ST2-1の処理時間に対する工程ST2-2の処理時間の比率を小さくしてよい。工程ST2(ST2-1及びST2-2)において、プラズマ生成用のソースRF信号を切らずに継続して上部電極或いは下部電極に供給し、チャンバ10に供給されるガスを第

1 の処理ガスと第 2 の処理ガスとの間で切り替えてもよい。この間、プラズマは継続的に生成されてよい。第 1 の処理ガスの供給時間（工程 S T 2 - 1 の処理時間）と第 2 の処理ガスの供給時間（工程 S T 2 - 2 の処理時間）との比は、1 対 1 ~ 1 0 0 であってよい。第 1 の処理ガスの供給時間と第 2 の処理ガスの供給時間との比は、1 対 2 ~ 8 0、又は 1 対 3 ~ 7 0 であってよい。

[0078] 工程 S T 2 を終了した基板 W は、チャンバ 1 0 から外部に搬出されてよい。一実施形態において、基板 W は、リフター及び搬送アームにより基板支持部 1 1 からチャンバ 1 0 の外部に搬出されてよい。こうして、本処理方法が終了してよい。

[0079] 本例示的实施形態によれば、基板処理方法は、（a）窒素を含有するシリコン含有膜 S i F と、シリコン含有膜 S i F 上のマスク M K とを有する基板 W を準備する工程と、（b）シリコン含有膜 S i F をエッチングして凹部 R 1 を形成する工程と、を含み、（b）は、（b 1）フルオロカーボンガスを含む第 1 の処理ガスから第 1 のプラズマを生成して、シリコン含有膜 S i F をエッチングする工程であって、フルオロカーボンガスは、第 1 の処理ガスの中で最も流量が大きい、工程と、（b 2）フッ化水素ガスを含む第 2 の処理ガスから第 2 のプラズマを生成して、シリコン含有膜 S i F をエッチングする工程と、を含む。窒素を含有するシリコン含有膜 S i F をエッチングすることによって、窒素を含む反応生成物 D 1 が生じ、当該反応生成物 D 1 が凹部 R 1 の側壁 S 2 に付着することがある。本実施の形態によれば、例えば、（b - 1）の工程により、凹部 R 1 の側壁 S 2 に付着した反応生成物 D 1 が除去される。よって、凹部 R 1 の側壁 S 2 に付着した反応生成物がシリコン含有膜 S i F のエッチングを妨げることが抑制され、エッチングにおける形状異常を抑制することができる。

[0080] <実施例 1>

図 1 0 （A）は、比較例 1 におけるシリコン含有膜を含む基板の断面画像を描写した図である。図 1 0 （B）は、図 1 0 （A）のシリコン含有膜を除

去した基板の底部付近の上面画像を描写した図である。図10(C)は、実施例1におけるシリコン含有膜を含む基板の断面画像を描写した図である。図10(D)は、図10(C)のシリコン含有膜を除去した基板の底部付近の上面画像を描写した図である。図10は、走査電子顕微鏡により撮像した画像に基づいている。実施例1及び比較例1では、基板W上のシリコン含有膜SiFに複数のライン状の開口を形成した。

[0081] 比較例1は、エッチング工程において、上記工程ST2-2のみを行った例に相当する。比較例1は、次に示す条件Aで行った。

[0082] <条件A>

ソースRF信号：5.5kW(40MHz)

バイアス信号：9kV(400kHz)

第2の処理ガス：HFガス、フルオロカーボンガス(C₄F₆ガス)、O₂ガス、ハロゲンガス

処理温度：-20℃

[0083] 実施例1は、エッチング工程において、上記工程ST2-1と工程ST2-2の両方を行った例に相当する。実施例1は、次に示す条件B-1の処理と条件B-2の処理をこの順番で含むサイクルを10回繰り返して行った。

[0084] <条件B-1>

ソースRF信号：5.5kW(40MHz)

バイアス信号：9kV(400kHz)

第1の処理ガス：フルオロカーボンガス(C₄F₆ガス、C₄F₈ガス)、O₂ガス(第1の処理ガスにおいてフルオロカーボンガスが最大流量)

処理温度：-20℃

[0085] <条件B-2>

ソースRF信号：5.5kW(40MHz)

バイアス信号：9kV(400kHz)

第2の処理ガス：HFガス、フルオロカーボンガス(C₄F₈ガス)、O₂ガス、ハロゲンガス(第2の処理ガスにおいてHFガスが最大流量)

処理温度： -20°C

[0086] 図10(B)と図10(D)から、基板の底部付近のラインエッジラフネス(LER)を算出した。実施例1における基板の底部付近のLERは、比較例1における基板の底部付近のLERの30%程度に減少した。

[0087] <実施例2>

実施例2及び比較例2では、基板W上のシリコン含有膜に複数のホール状の開口を形成した。

[0088] 比較例2は、エッチング工程において、上記工程ST2-2のみを行った例に相当する。比較例2は、次に示す条件Cで行った。

[0089] <条件C>

ソースRF信号：5.5kW(40MHz)

バイアス信号：9kV(400kHz)

第2の処理ガス：HFガス、フルオロカーボンガス(C_4F_6 ガス)、ハイドロフルオロカーボンガス(CH_2F_2 ガス)、ハロゲン含有ガス(第2の処理ガスにおいてHFガスが最大流量)

処理温度： 0°C

ガス供給時間：1200秒

[0090] 実施例2は、エッチング工程において、工程ST2-2と工程ST2-1の両方を行った例に相当する。実施例2では、工程ST2-2と工程ST2-1をこの順番で含むサイクルを19回繰り返して行った。工程ST2-2は、次に示す条件D-1で行い、工程ST2-1は、次に示す条件D-2で行った。

[0091] <条件D-1>

ソースRF信号：5.5kW(40MHz)

バイアス信号：9kV(400kHz)

第2の処理ガス：HFガス、フルオロカーボンガス(C_4F_6 ガス)、ハイドロフルオロカーボンガス(CH_2F_2 ガス)、ハロゲン含有ガス(第2の処理ガスにおいてHFガスが最大流量)

処理温度：0℃

各サイクルのガス供給時間：60秒

[0092] <条件D-2>

ソースRF信号：5.5kW（40MHz）

バイアス信号：9kV（400kHz）

第1の処理ガス：フルオロカーボンガス（ C_4F_6 ガス、 C_4F_8 ガス）、 O_2 ガス

処理温度：0℃

各サイクルのガス供給時間：2秒

[0093] 実施例2、比較例2により形成されたホールから、穴のボーイング幅（最大穴径）と、穴底位置のばらつきを測定した。穴底位置のばらつきは、複数の穴の穴底における、複数の穴同士の間隔のばらつき（ 3σ ）である。実施例2におけるボーイング幅は、比較例2のボーイング幅の96%程度に減少した。実施例2における穴底位置のばらつきは、比較例2の穴底位置のばらつきの70%程度に減少した。一般的に、穴のボーイング幅と穴底位置のばらつきは、トレードオフの関係にあるが、実施例2によれば、穴のボーイング幅と穴底位置のばらつきの両方を改善することができることが分かった。

[0094] 本例示的实施形態において、工程ST2-1において供給される第1の処理ガスは、フッ化水素ガスを含まない、又は第2の処理ガスに含まれるフッ化水素ガスの流量より小さい流量のフッ化水素ガスを含む。これにより、工程ST2-1において、窒素を含む反応生成物が生成されることを抑制することができる。また、工程ST2-1における反応生成物の除去を効率的に行うことができる。

[0095] 本例示的实施形態において、工程ST2-2において供給される第2の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含まない、又は第1の処理ガスに含まれるフルオロカーボンガスの流量より小さい流量のフルオロカーボンガスを含む。これにより、工程ST2-2においてマスクや凹部の側壁に、堆積物が過剰に堆積することを抑制することができる。

[0096] 本例示的实施形態において、第2の処理ガスが、フルオロカーボンガスを含む場合に、第1の処理ガスは、第2の処理ガスのフルオロカーボンガスより、炭素に対するフッ素の組成比が大きいフルオロカーボンガスを含む。これにより、工程ST2-1における、窒素を含む反応生成物の除去を効率的に行うことができる。

[0097] 本例示的实施形態において、工程ST2-1及び工程ST2-2を含むサイクルを複数回繰り返す。これにより、例えば、工程ST2-2において、窒素を含む反応生成物が多量に側壁に付着する前に、工程ST2-1において反応生成物を除去することができる。これにより、工程ST2におけるエッチングが反応生成物に妨げられずに行われ、エッチングにおける形状異常を抑制することができる。

[0098] 本例示的实施形態において、工程ST2-1の後に工程ST2-2を行うので、工程ST2-1においてマスクや凹部の側壁に保護膜が形成される。これにより、工程ST2-2において凹部の幅が部分的に広がるボーイングが生じることを抑制することができる。

[0099] 本例示的实施形態において、工程ST2-1の処理時間が、工程ST2-2の処理時間と同じか、それより短いので、マスクや凹部の側壁に堆積物が過剰に堆積することを抑制することができる。

[0100] (第2の実施形態)

一実施形態において、基板W上のシリコン含有膜SiFは、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、及び、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜を含む積層膜からなる群から選択される少なくとも1種の膜を含むものであってよい。図11は、2種類のシリコン含有膜を有する基板W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、シリコン含有膜SiFは、第1のシリコン含有膜SiF1と、第1のシリコン含有膜SiF1と異なる第2のシリコン含有膜SiF2とを含んでよい。第1のシリコン含有膜SiF1は、上記第1の実施形態と同様の、シリコン酸化膜SiF1-1とシリコン窒化膜SiF1-2とが交互に積層された積層膜であってよい。第2のシリコン含有膜

S i F 2 は、シリコン酸化膜であってよい。シリコン酸化膜は、窒素がドーピングされていてよい。第2のシリコン含有膜S i F 2 は、シリコン窒化膜であってよい。

[0101] 一実施形態において、図3に示す工程S T 1 では、第1のシリコン含有膜S i F 1 と第2のシリコン含有膜S i F 2 を含む基板Wが準備される。工程S T 2 では、第1のシリコン含有膜S i F 1 と第2のシリコン含有膜S i F 2 がエッチングされる。工程S T 2 において、図12に示すように、第1のシリコン含有膜S i F 1 に凹部R 1 が形成され、第2のシリコン含有膜S i F 2 に凹部R 3 が形成される。

[0102] 一実施形態において、工程S T 2 - 1 と工程S T 2 - 2 を含むサイクルを複数回繰り返してよい。一実施形態において、工程S T 2 - 2 では、第1のシリコン含有膜S i F 1 の凹部R 1 の側壁S 2 と、第2のシリコン含有膜S i F 2 の凹部R 3 の側壁S 3 に、窒素を含む反応生成物D 1 が付着し、工程S T 2 - 1 では、凹部R 1 の側壁S 2 と凹部R 3 の側壁S 3 に付着した反応生成物D 1 が除去されてよい。

[0103] 工程S T 2 - 2 において、第1のシリコン含有膜S i F 1 のエッチング速度が、第2のシリコン含有膜S i F 2 のエッチング速度より大きく、工程S T 2 - 1 において、第2のシリコン含有膜S i F 2 のエッチング速度が、第1のシリコン含有膜S i F 1 のエッチング速度より大きくてよい。工程S T 2 - 1 と工程S T 2 - 2 を含むサイクルを複数回繰り返すことにより、第1のシリコン含有膜S i F 1 におけるエッチングの深さと第2のシリコン含有膜S i F 2 におけるエッチングの深さとの差を低減してよい。第2の実施形態における他の条件は、上記第1の実施形態と同様であってよい。

[0104] 以上の実施形態において、本処理方法は、容量結合型のプラズマ処理装置に限られず、他の種類のプラズマ処理装置、例えば誘導結合型のプラズマを生成するプラズマ処理装置、ECRプラズマを生成するプラズマ処理装置、ヘリコン波励起プラズマを生成するプラズマ処理装置又は、表面波プラズマを生成するプラズマ処理装置で行われてよい。

[0105] 本開示の実施形態は、以下の態様をさらに含む。

[0106] (付記 1)

(a) 窒素を含有するシリコン含有膜と、前記シリコン含有膜上のマスクとを有する基板を準備する工程であって、前記マスクは少なくとも 1 つの開口を含む、前記工程と、

(b) 前記シリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する工程と、を含み、

前記 (b) は、

(b 1) フルオロカーボンガスを含む第 1 の処理ガスから第 1 のプラズマを生成して、前記シリコン含有膜をエッチングする工程であって、前記フルオロカーボンガスは、前記第 1 の処理ガスの中で最も流量が大きい、前記工程と、

(b 2) フッ化水素ガスを含む第 2 の処理ガスから第 2 のプラズマを生成して、前記シリコン含有膜をエッチングする工程と、を含む、エッチング方法。

[0107] (付記 2)

前記フッ化水素ガスは、前記第 2 の処理ガスの中で最も流量が大きい、付記 1 に記載のエッチング方法。

[0108] (付記 3)

前記第 1 の処理ガスは、フッ化水素ガスを含まない、又は前記第 2 の処理ガスに含まれる前記フッ化水素ガスの流量より小さい流量のフッ化水素ガスを含む、付記 1 又は 2 に記載のエッチング方法。

[0109] (付記 4)

前記第 2 の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含まない、又は前記第 1 の処理ガスに含まれる前記フルオロカーボンガスの流量より小さい流量のフルオロカーボンガスを含む、付記 1 から 3 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0110] (付記 5)

前記第 1 の処理ガスは、炭素に対するフッ素の組成比が異なる 2 種以上のフルオロカーボンガスを含む、付記 1 から 4 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0111] (付記 6)

前記第 2 の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含み、

前記第 1 の処理ガスは、前記第 2 の処理ガスの前記フルオロカーボンガスより、炭素に対するフッ素の組成比が大きい前記フルオロカーボンガスを含む、付記 1 から 5 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0112] (付記 7)

前記第 1 の処理ガス及び前記第 2 の処理ガスの少なくとも一方は、酸素含有ガスを含む、付記 1 から 6 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0113] (付記 8)

前記第 1 の処理ガス及び前記第 2 の処理ガスの少なくとも一方は、貴ガス、窒素ガス、金属含有ガス及びハロゲン含有ガスからなる群から選択される少なくとも 1 種のガスを含む、付記 1 から 7 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0114] (付記 9)

前記 (b 1) 及び前記 (b 2) を含むサイクルを複数回繰り返す、付記 1 から 8 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0115] (付記 10)

前記 (b 1) の後に前記 (b 2) を行う、付記 9 に記載のエッチング方法。

[0116] (付記 11)

前記 (b 2) は、前記凹部の側壁に、窒素を含む反応生成物を付着させることを含み、

前記 (b 1) は、前記凹部の側壁に付着した前記反応生成物を除去することを含む、付記 9 又は 10 に記載のエッチング方法。

[0117] (付記 12)

前記（b 1）は、前記凹部の側壁に炭素含有膜を形成することを含む、付記 9 から 1 1 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0118] （付記 1 3）

前記（b 1）後における前記凹部のラインエッジラフネスは、直前に行われた前記（b 2）後における前記凹部のラインエッジラフネスより小さい、付記 9 から 1 2 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0119] （付記 1 4）

前記（b 1）の処理時間は、前記（b 2）の処理時間と同じか、それより短い、付記 9 から 1 3 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0120] （付記 1 5）

前記（b 1）の処理時間は、前記（b 2）の処理時間より長い、付記 9 から 1 3 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0121] （付記 1 6）

前記凹部のエッチングが進むにつれて、前記（b 1）の処理時間に対する前記（b 2）の処理時間の比率を変更する、付記 9 から 1 5 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0122] （付記 1 7）

前記シリコン含有膜は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、及び、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜を含む積層膜からなる群から選択される少なくとも 1 種の膜を含む、付記 1 から 1 6 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0123] （付記 1 8）

前記シリコン含有膜は、第 1 のシリコン含有膜と、前記第 1 のシリコン含有膜と異なる第 2 のシリコン含有膜とを含み、

前記第 1 のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜が交互に積層された積層膜であり、

前記第 2 のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜である、付記 1 から 1 7 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0124] (付記 19)

前記マスクは、前記シリコン含有膜と異なるシリコン含有膜、炭素含有膜及び金属含有膜からなる群から選択される少なくとも 1 種の膜を含む、付記 1 から 18 のいずれか一項に記載のエッチング方法。

[0125] (付記 20)

チャンバと、前記チャンバ内の基板支持部と、プラズマ生成部と、制御部とを備える基板処理装置であって、

前記制御部は、

(a) 窒素を含有するシリコン含有膜と、前記シリコン含有膜上のマスクとを有する基板を前記チャンバ内の前記基板支持部上に準備する制御であって、前記マスクは少なくとも 1 つの開口を含む、前記制御と、

(b) 前記基板支持部上の前記基板の前記シリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する制御と、を実行し、

前記 (b) の制御は、

(b1) フルオロカーボンガスを含む第 1 の処理ガスから第 1 のプラズマを前記プラズマ生成部により生成して、前記シリコン含有膜をエッチングする制御であって、前記フルオロカーボンガスは、前記第 1 の処理ガスの中で最も流量が大きい、前記制御と、

(b2) フッ化水素ガスを含む第 2 の処理ガスから第 2 のプラズマを前記プラズマ生成部により生成して、前記シリコン含有膜をエッチングする制御と、を実行するように構成されている、基板処理装置。

[0126] 以上の各実施形態は、説明の目的で記載されており、本開示の範囲を限定することを意図するものではない。以上の各実施形態は、本開示の範囲及び趣旨から逸脱することなく種々の変形をなし得る。例えば、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態に追加することができる。また、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態の対応する構成要素と置換することができる。

符号の説明

[0127] 1 …… プラズマ処理装置、2 …… 制御部、10 …… プラズマ処理チャンバ、
11 …… 基板支持部、12 …… プラズマ生成部、W …… 基板、SiF …… シ
リコン含有膜、MK …… マスク、OP1 …… 開口、S1 …… 側壁、R1 ……
凹部

請求の範囲

- [請求項1] (a) 窒素を含有するシリコン含有膜と、前記シリコン含有膜上のマスクとを有する基板を準備する工程であって、前記マスクは少なくとも1つの開口を含む、前記工程と、
- (b) 前記シリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する工程と、を含み、
- 前記(b)は、
- (b1) フルオロカーボンガスを含む第1の処理ガスから第1のプラズマを生成して、前記シリコン含有膜をエッチングする工程であって、前記フルオロカーボンガスは、前記第1の処理ガスの中で最も流量が大きい、前記工程と、
- (b2) フッ化水素ガスを含む第2の処理ガスから第2のプラズマを生成して、前記シリコン含有膜をエッチングする工程と、を含み、エッチング方法。
- [請求項2] 前記フッ化水素ガスは、前記第2の処理ガスの中で最も流量が大きい、請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項3] 前記第1の処理ガスは、フッ化水素ガスを含まない、又は前記第2の処理ガスに含まれる前記フッ化水素ガスの流量より小さい流量のフッ化水素ガスを含む、請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項4] 前記第2の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含まない、又は前記第1の処理ガスに含まれる前記フルオロカーボンガスの流量より小さい流量のフルオロカーボンガスを含む、請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項5] 前記第1の処理ガスは、炭素に対するフッ素の組成比が異なる2種以上のフルオロカーボンガスを含む、請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項6] 前記第2の処理ガスは、フルオロカーボンガスを含み、
- 前記第1の処理ガスは、前記第2の処理ガスの前記フルオロカーボ

ンガスより、炭素に対するフッ素の組成比が大きい前記フルオロカーボンガスを含む、請求項 1 に記載のエッチング方法。

[請求項7] 前記第 1 の処理ガス及び前記第 2 の処理ガスの少なくとも一方は、酸素含有ガスを含む、請求項 1 に記載のエッチング方法。

[請求項8] 前記第 1 の処理ガス及び前記第 2 の処理ガスの少なくとも一方は、貴ガス、窒素ガス、金属含有ガス及びハロゲン含有ガスからなる群から選択される少なくとも 1 種のガスを含む、請求項 1 に記載のエッチング方法。

[請求項9] 前記 (b 1) 及び前記 (b 2) を含むサイクルを複数回繰り返す、請求項 1 に記載のエッチング方法。

[請求項10] 前記 (b 1) の後に前記 (b 2) を行う、請求項 9 に記載のエッチング方法。

[請求項11] 前記 (b 2) は、前記凹部の側壁に、窒素を含む反応生成物を付着させることを含み、

前記 (b 1) は、前記凹部の側壁に付着した前記反応生成物を除去することを含み、請求項 9 に記載のエッチング方法。

[請求項12] 前記 (b 1) は、前記凹部の側壁に炭素含有膜を形成することを含む、請求項 9 に記載のエッチング方法。

[請求項13] 前記 (b 1) 後における前記凹部のラインエッジラフネスは、直前に行われた前記 (b 2) 後における前記凹部のラインエッジラフネスより小さい、請求項 9 に記載のエッチング方法。

[請求項14] 前記 (b 1) の処理時間は、前記 (b 2) の処理時間と同じか、それより短い、請求項 9 に記載のエッチング方法。

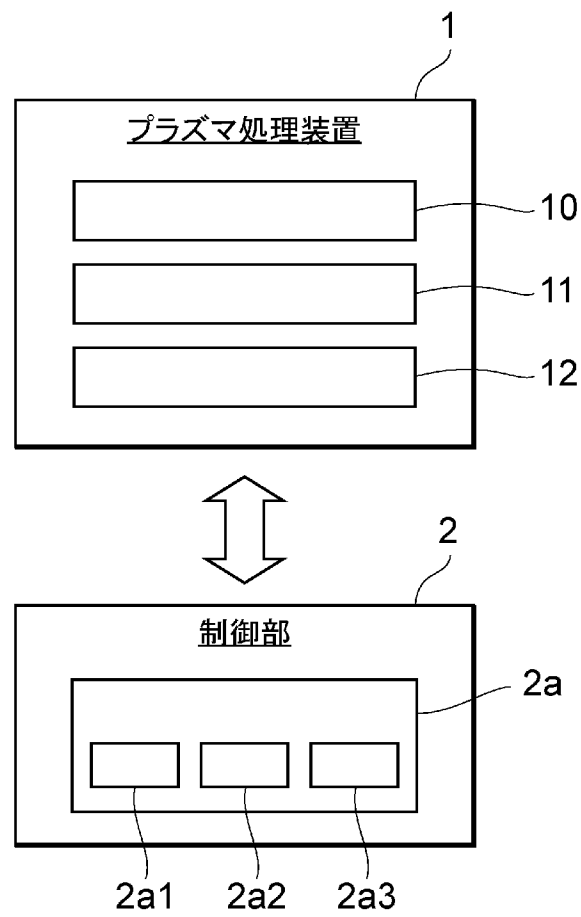
[請求項15] 前記 (b 1) の処理時間は、前記 (b 2) の処理時間より長い、請求項 9 に記載のエッチング方法。

[請求項16] 前記凹部のエッチングが進むにつれて、前記 (b 1) の処理時間に対する前記 (b 2) の処理時間の比率を変更する、請求項 9 に記載のエッチング方法。

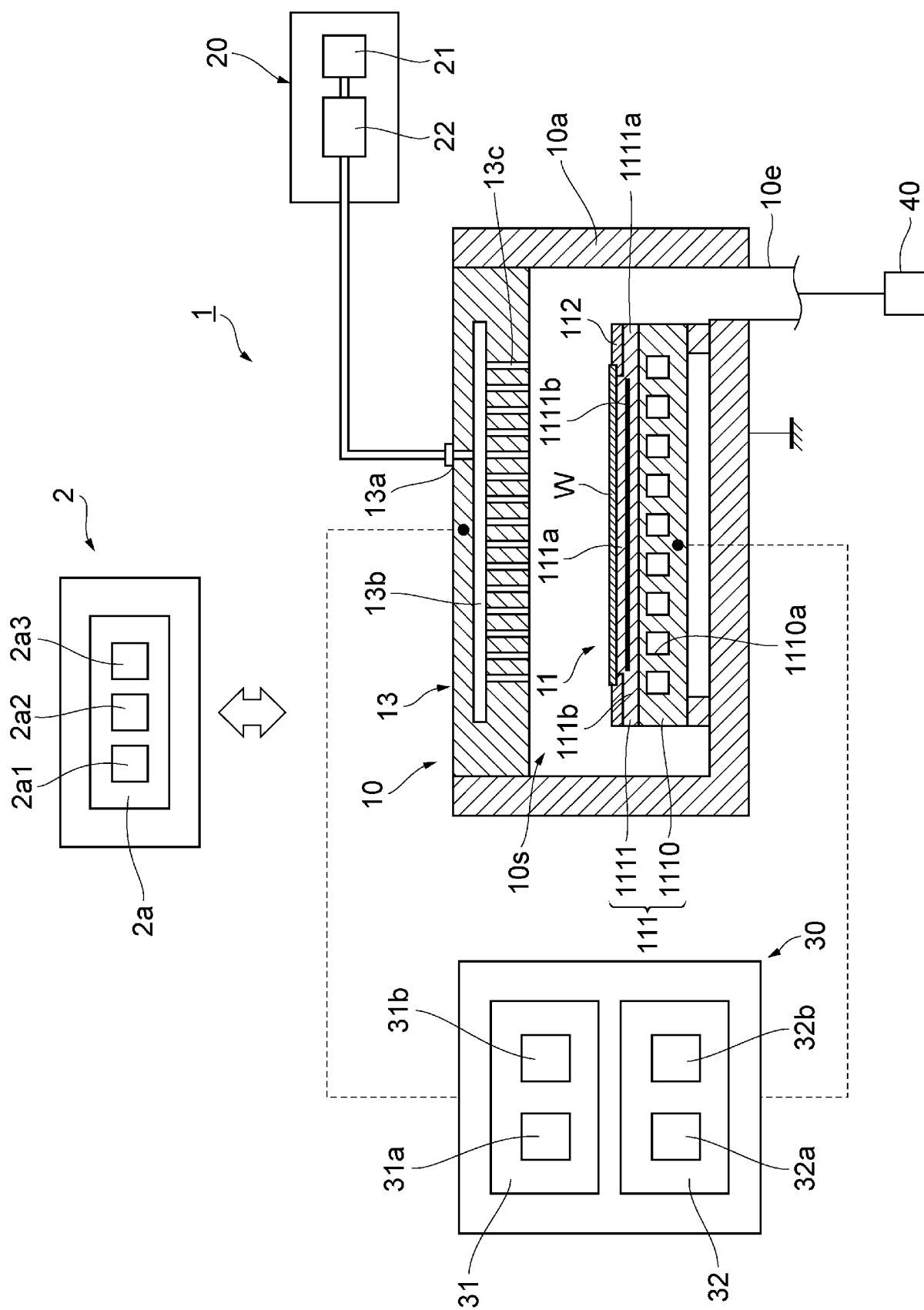
- [請求項17] 前記シリコン含有膜は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、及び、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜を含む積層膜からなる群から選択される少なくとも1種の膜を含む、請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項18] 前記シリコン含有膜は、第1のシリコン含有膜と、前記第1のシリコン含有膜と異なる第2のシリコン含有膜とを含み、
前記第1のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜とシリコン窒化膜が交互に積層された積層膜であり、
前記第2のシリコン含有膜は、シリコン酸化膜である、請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項19] 前記マスクは、前記シリコン含有膜と異なるシリコン含有膜、炭素含有膜及び金属含有膜からなる群から選択される少なくとも1種の膜を含む、請求項1に記載のエッチング方法。
- [請求項20] チャンバと、前記チャンバ内の基板支持部と、プラズマ生成部と、制御部とを備える基板処理装置であって、
前記制御部は、
(a) 窒素を含有するシリコン含有膜と、前記シリコン含有膜上のマスクとを有する基板を前記チャンバ内の前記基板支持部上に準備する制御であって、前記マスクは少なくとも1つの開口を含む、前記制御と、
(b) 前記基板支持部上の前記基板の前記シリコン含有膜をエッチングして凹部を形成する制御と、を実行し、
前記(b)の制御は、
(b1) フルオロカーボンガスを含む第1の処理ガスから第1のプラズマを前記プラズマ生成部により生成して、前記シリコン含有膜をエッチングする制御であって、前記フルオロカーボンガスは、前記第1の処理ガスの中で最も流量が大きい、前記制御と、
(b2) フッ化水素ガスを含む第2の処理ガスから第2のプラズマを前記プラズマ生成部により生成して、前記シリコン含有膜をエッチ

ングする制御と、を実行するように構成されている、基板処理装置。

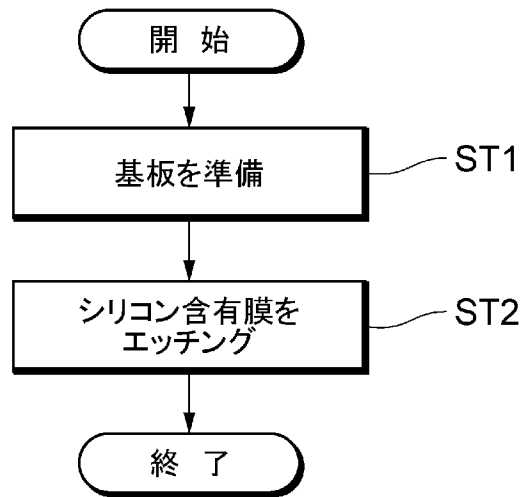
[図1]



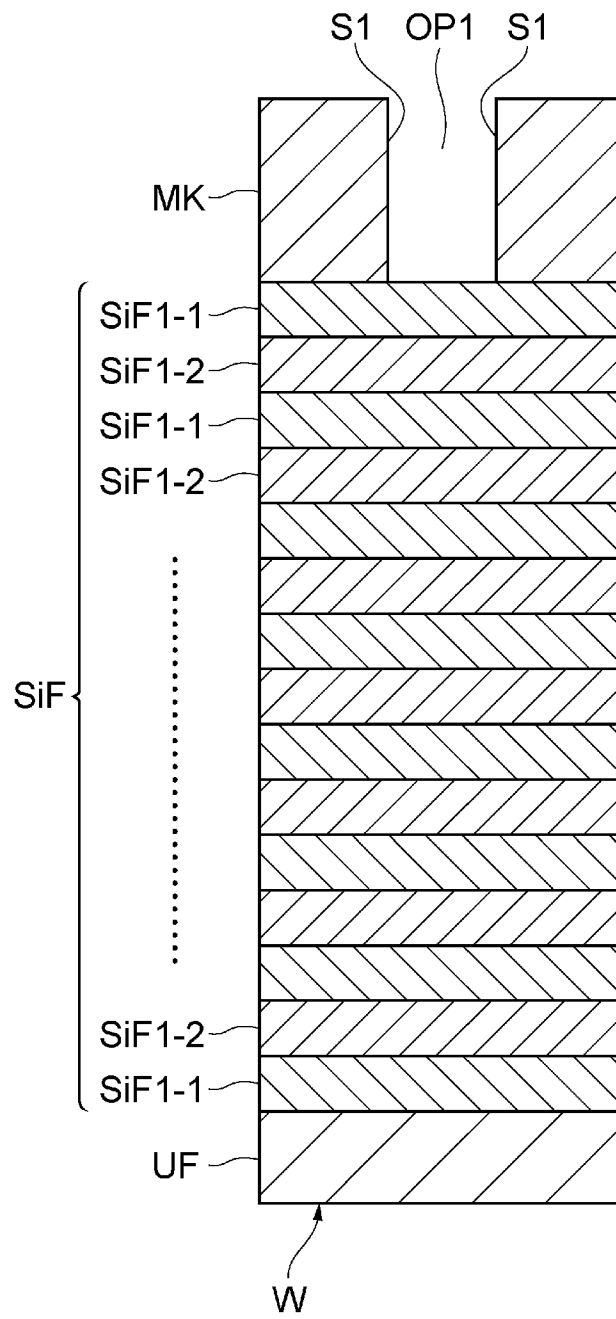
[図2]



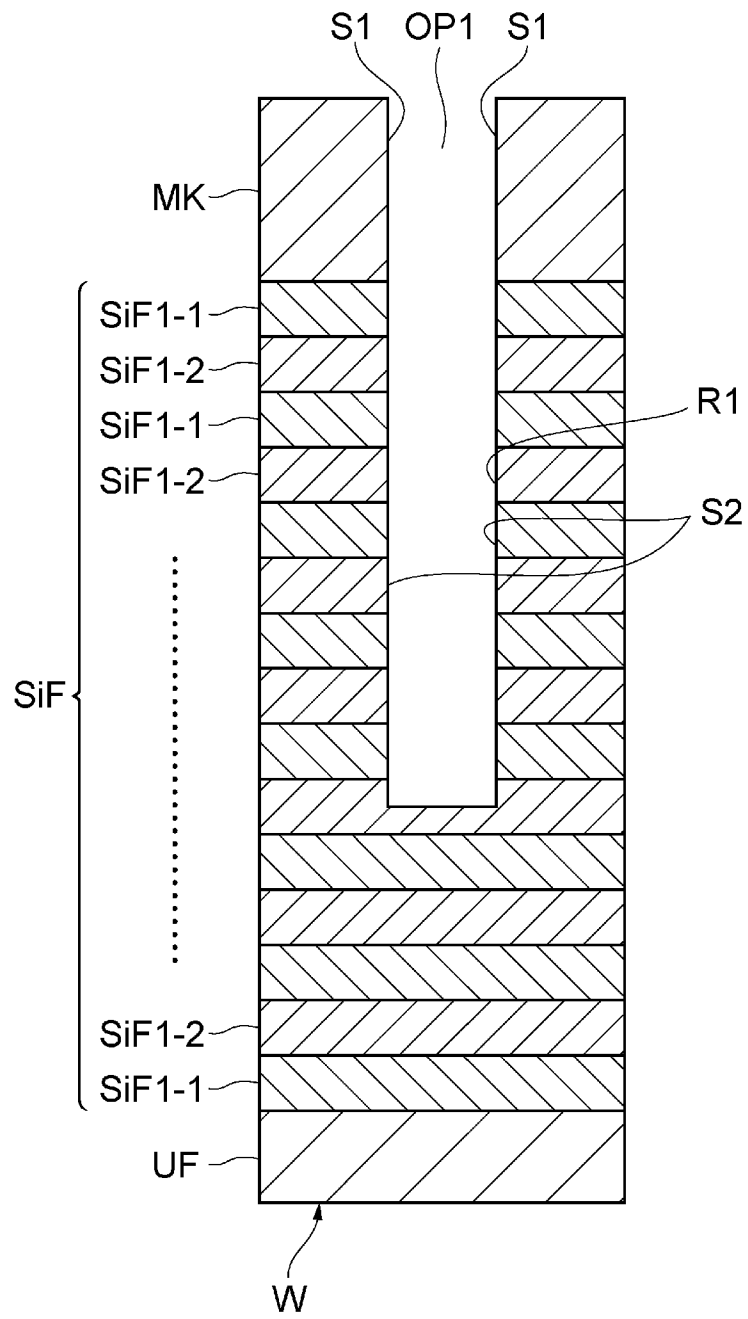
[図3]



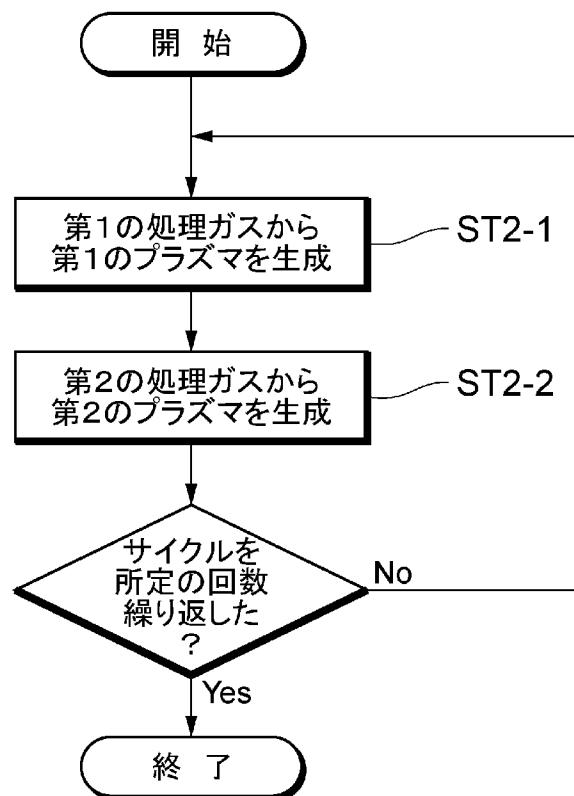
[図4]



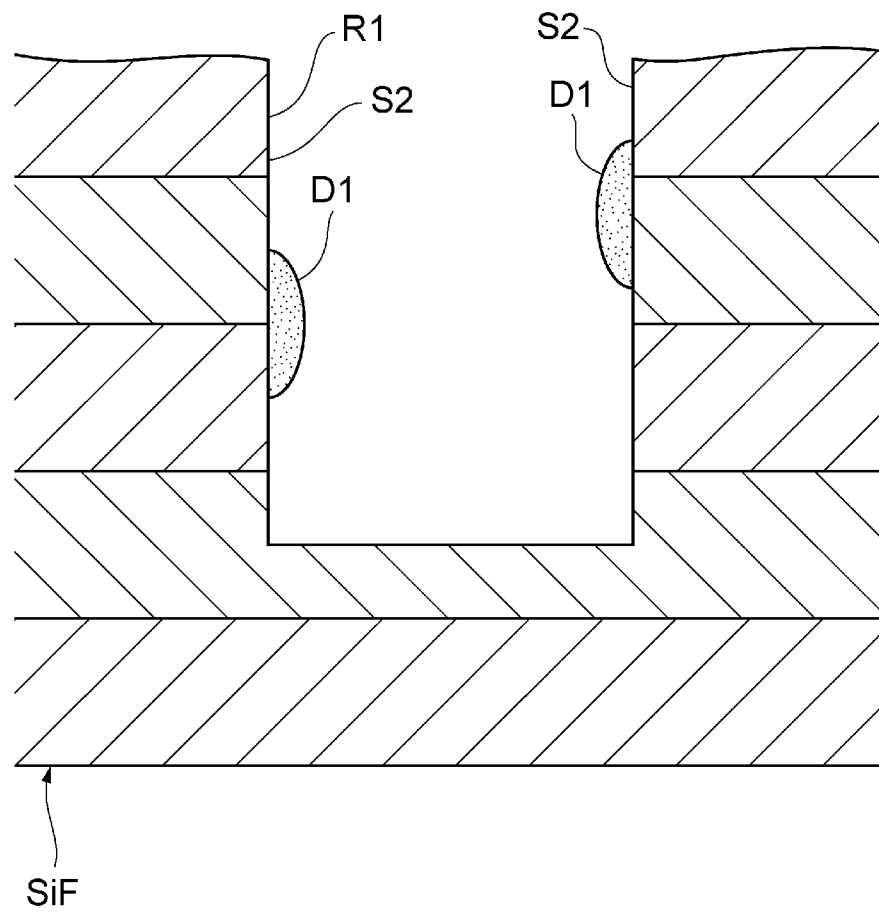
[図5]



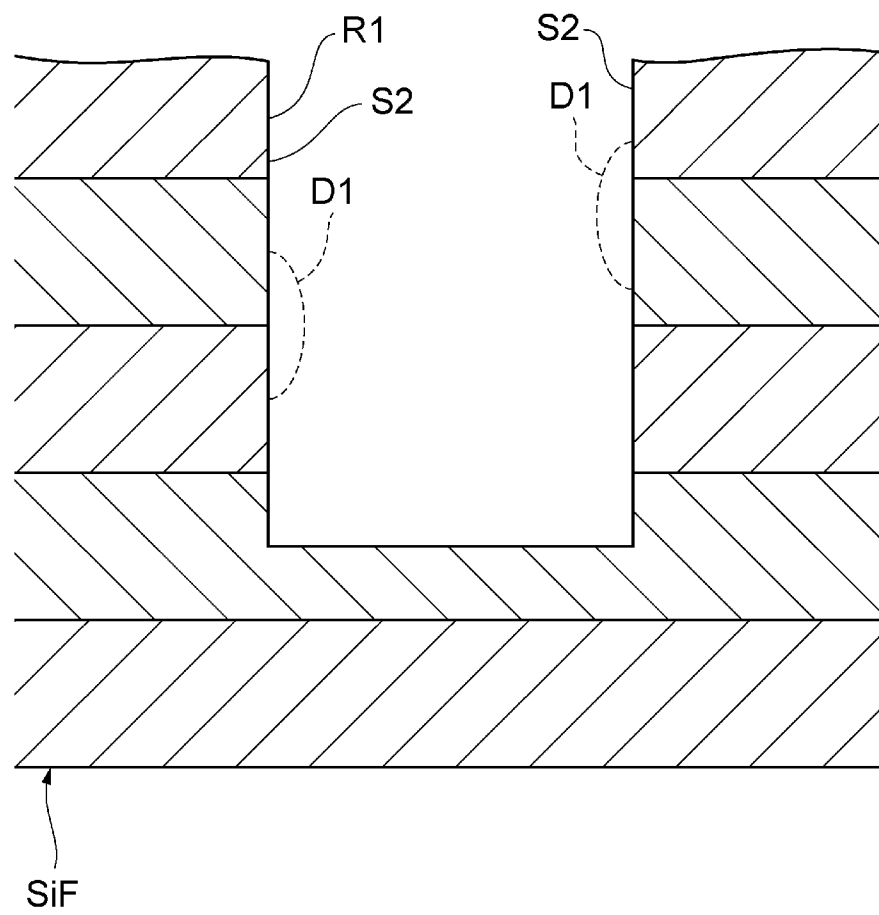
[図6]



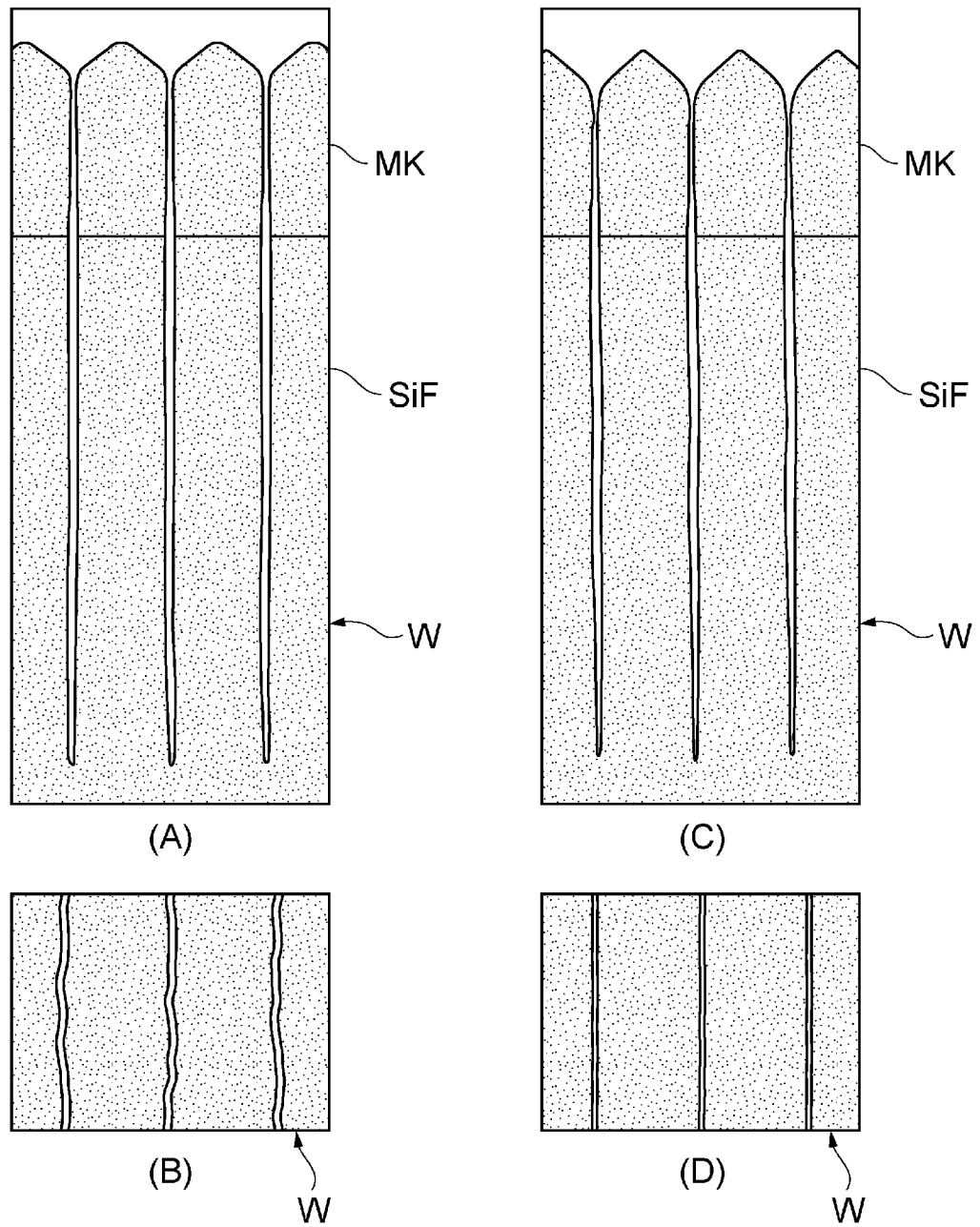
[図7]



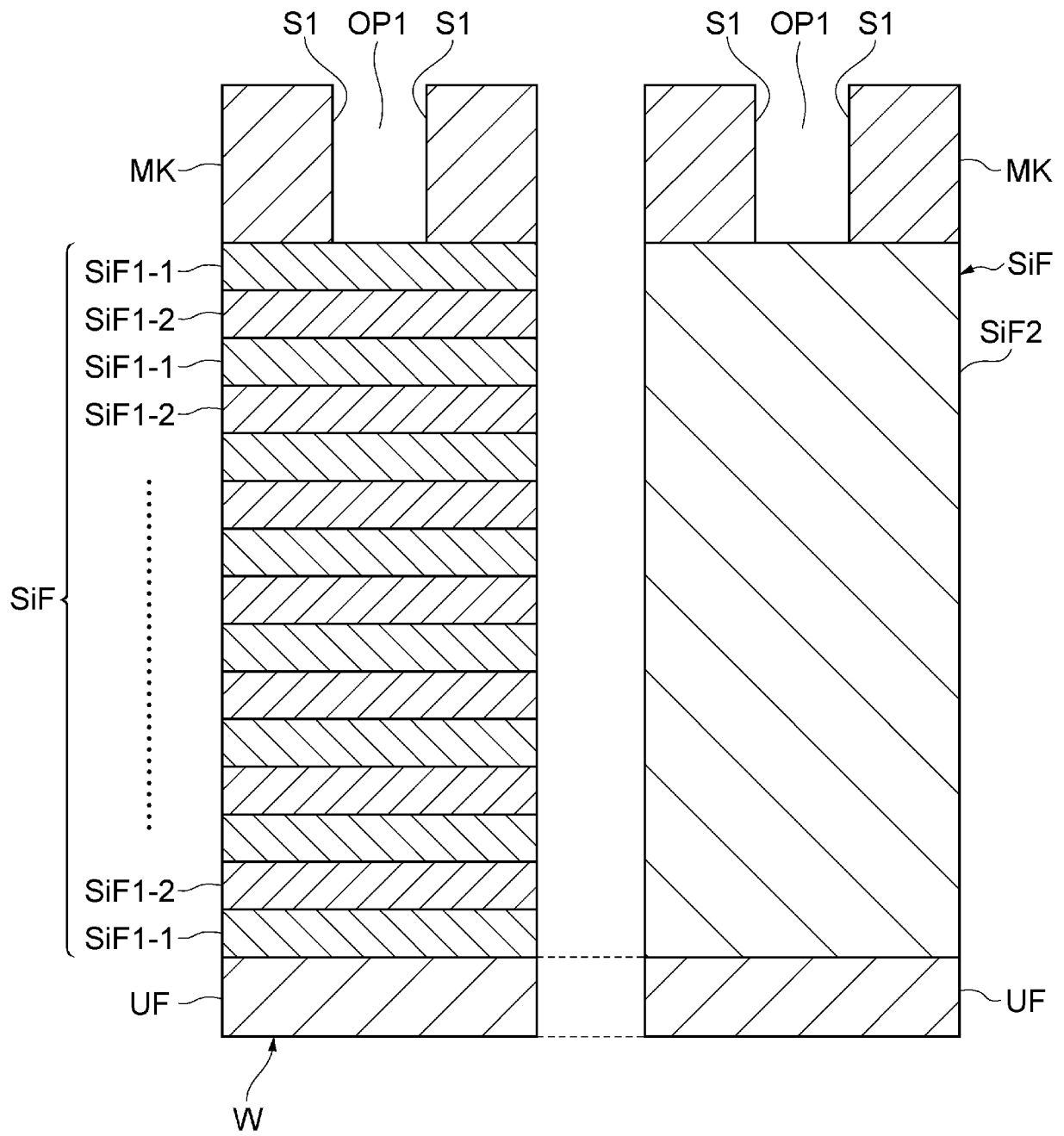
[図8]



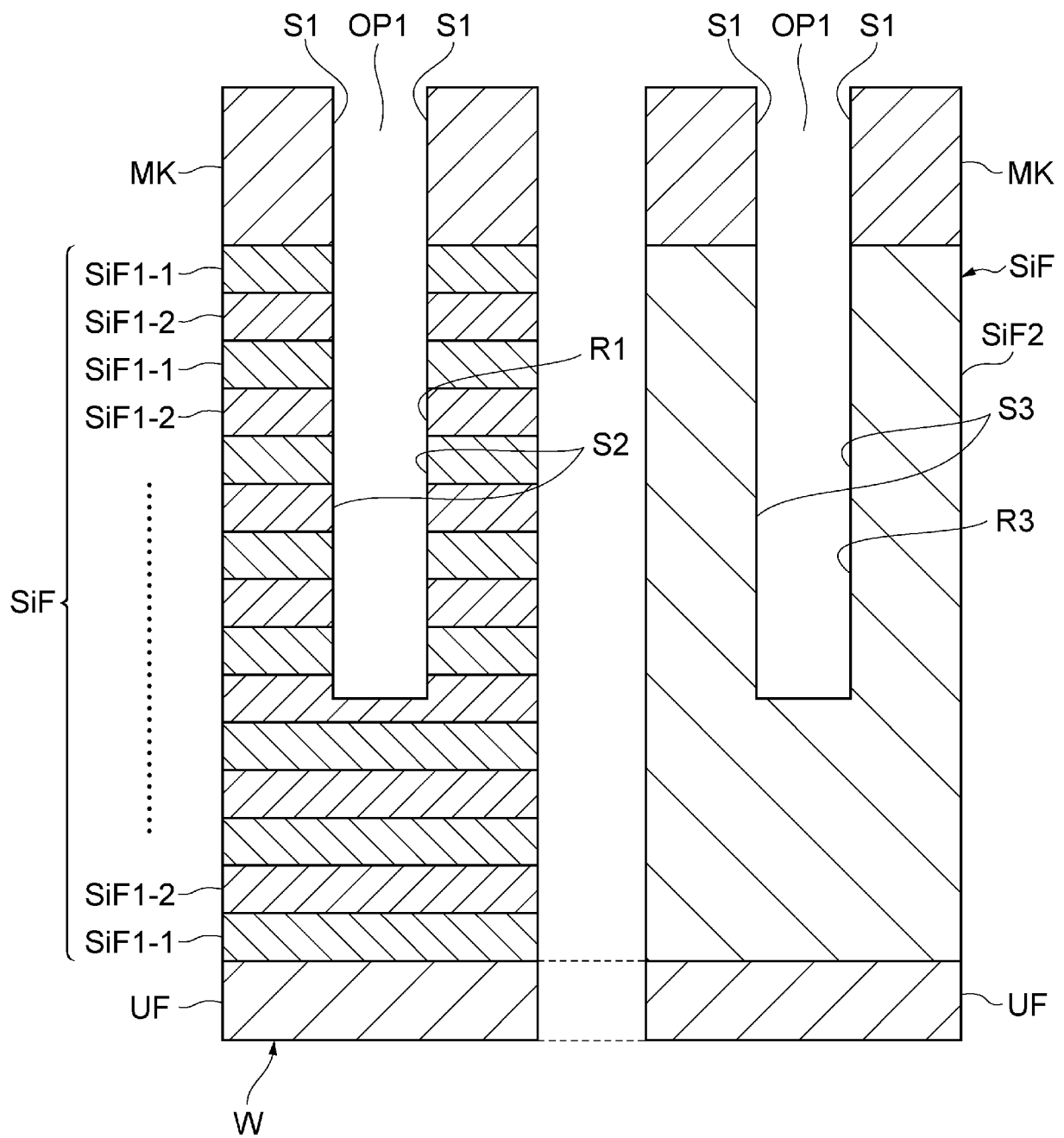
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/040904

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 21/3065**(2006.01)i

FI: H01L21/302 105A; H01L21/302 101B

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024

Registered utility model specifications of Japan 1996-2024

Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2022-32965 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 25 February 2022 (2022-02-25) paragraphs [0008]-[0060], fig. 1-5	1-5, 8, 17-20
Y		6-7
A		9-16
Y	JP 2023-48519 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 07 April 2023 (2023-04-07) paragraphs [0075]-[0076]	6-7
A	JP 2022-101060 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 06 July 2022 (2022-07-06) entire text	1-20
A	JP 2023-109497 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 08 August 2023 (2023-08-08) entire text	1-20
A	JP 2023-63106 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 09 May 2023 (2023-05-09) entire text	1-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“D” document cited by the applicant in the international application

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 December 2024

Date of mailing of the international search report

14 January 2025

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/040904

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2023-155483 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 20 October 2023 (2023-10-20) entire text	1-20
A	WO 2020/090451 A1 (CENTRAL GLASS COMPANY, LIMITED) 07 May 2020 (2020-05-07) entire text	1-20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/040904

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
JP	2022-32965	A	25 February 2022	US	2022/0051902	A1	
				paragraphs [0011]-[0093], fig. 1-5			
				CN	114078699	A	
				KR	10-2022-0020776	A	
				TW	202213502	A	
JP	2023-48519	A	07 April 2023	(Family: none)			
JP	2022-101060	A	06 July 2022	US	2023/0335409	A1	
				TW	202230511	A	
				CN	116635981	A	
				KR	10-2023-0124008	A	
JP	2023-109497	A	08 August 2023	US	2023/0238250	A1	
				CN	116504623	A	
				KR	10-2023-0115905	A	
JP	2023-63106	A	09 May 2023	US	2023/0127467	A1	
				CN	116013778	A	
				KR	10-2023-0057953	A	
				TW	202336856	A	
JP	2023-155483	A	20 October 2023	US	2023/0178343	A1	
				CN	116230523	A	
				KR	10-2023-0084036	A	
				TW	202326855	A	
WO	2020/090451	A1	07 May 2020	US	2021/0358762	A1	
				CN	112997280	A	
				KR	10-2021-0077757	A	
				TW	202025290	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01L 21/3065(2006.01)i
FI: H01L21/302 105A; H01L21/302 101B

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
H01L21/3065

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
日本国実用新案公報 1922-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2024年
日本国実用新案登録公報 1996-2024年
日本国登録実用新案公報 1994-2024年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2022-32965 A（東京エレクトロン株式会社）25.02.2022（2022-02-25） [0008]-[0060],[図1]-[図5]	1-5,8,17-20
Y		6-7
A		9-16
Y	JP 2023-48519 A（東京エレクトロン株式会社）07.04.2023（2023-04-07） [0075]-[0076]	6-7
A	JP 2022-101060 A（東京エレクトロン株式会社）06.07.2022（2022-07-06） 全文	1-20
A	JP 2023-109497 A（東京エレクトロン株式会社）08.08.2023（2023-08-08） 全文	1-20
A	JP 2023-63106 A（東京エレクトロン株式会社）09.05.2023（2023-05-09） 全文	1-20
A	JP 2023-155483 A（東京エレクトロン株式会社）20.10.2023（2023-10-20） 全文	1-20

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

“&” 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25. 12. 2024

国際調査報告の発送日

14. 01. 2025

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

河合 俊英 50 3238

電話番号 03-3581-1101 内線 3514

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2020/090451 A1 (セントラル硝子株式会社) 07.05.2020 (2020 - 05 - 07) 全文	1-20

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2024/040904

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2022-32965	A	25.02.2022	US	2022/0051902	A1	
				[0011]-[0093], FIG. 1-FIG. 5			
				CN	114078699	A	
				KR	10-2022-0020776	A	
				TW	202213502	A	

JP	2023-48519	A	07.04.2023	(ファミリーなし)			

JP	2022-101060	A	06.07.2022	US	2023/0335409	A1	
				TW	202230511	A	
				CN	116635981	A	
				KR	10-2023-0124008	A	

JP	2023-109497	A	08.08.2023	US	2023/0238250	A1	
				CN	116504623	A	
				KR	10-2023-0115905	A	

JP	2023-63106	A	09.05.2023	US	2023/0127467	A1	
				CN	116013778	A	
				KR	10-2023-0057953	A	
				TW	202336856	A	

JP	2023-155483	A	20.10.2023	US	2023/0178343	A1	
				CN	116230523	A	
				KR	10-2023-0084036	A	
				TW	202326855	A	

WO	2020/090451	A1	07.05.2020	US	2021/0358762	A1	
				CN	112997280	A	
				KR	10-2021-0077757	A	
				TW	202025290	A	
