

(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
2018年5月11日(11.05.2018)



(10) 国際公開番号
WO 2018/084255 A1

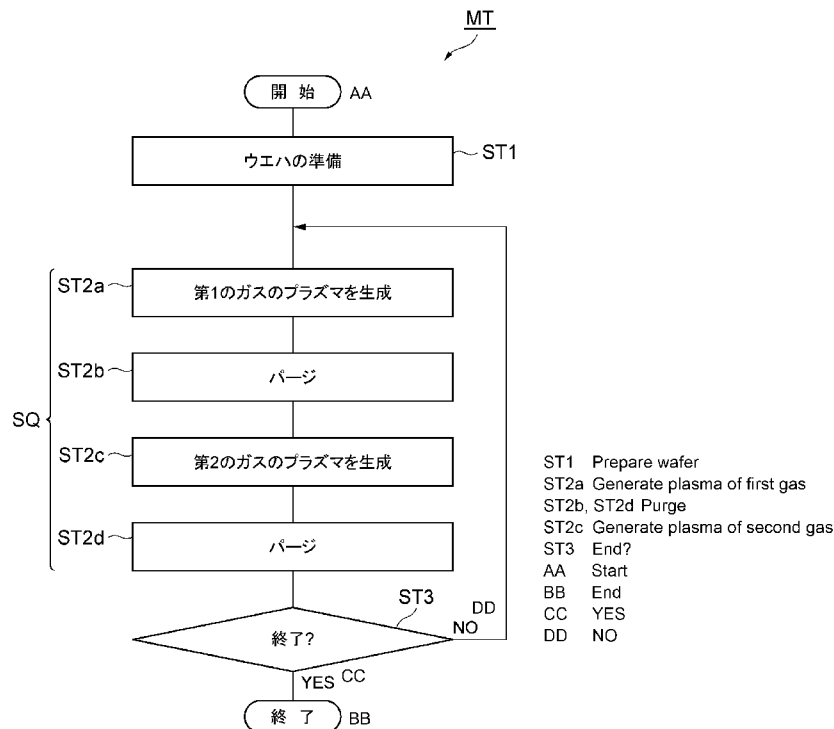
(51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/039772
(22) 国際出願日: 2017年11月2日(02.11.2017)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2016-217163 2016年11月7日(07.11.2016) JP
(71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 田端 雅弘 (TABATA Masahiro); 〒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 Miyagi (JP). 久松 亨 (HISAMATSU Toru); 〒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 Miyagi (JP). 木原 嘉英 (KIHARA Yoshihide); 〒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 Miyagi (JP). 本田 昌伸 (HONDA Masanobu); 〒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 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING WORKPIECE

(54) 発明の名称: 被処理体を処理する方法



(57) Abstract: According to an embodiment, there is provided a method for processing a workpiece provided with a layer to be etched including an oxide of silicon, a mask provided on the layer to be etched, and a groove provided in the mask and exposing the layer to be etched. The method according to the embodiment comprises repetitively performing a sequence of generating a plasma of a first processing gas including nitrogen, forming a mixture layer including an ion included in the plasma on an atomic layer on the exposed surface of the layer to be etched, generating a plasma of a second



(明治安田生命ビル) 9階 創英国際特
許法律事務所 Tokyo (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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))

processing gas including fluorine, and removing the mixture layer by means of a radical included in the plasma, whereby the layer to be etched is etched by removing the layer to be etched on an atomic layer by layer basis. The plasma of the second processing gas includes a radical for removing the mixture layer including a nitride of silicon.

(57) 要約: 一実施形態では、シリコンの酸化物を含む被エッチング層と被エッチング層上に設けられたマスクとマスクに設けられ被エッチング層を露出する溝とを備えた被処理体を処理する一実施形態に係る方法において、窒素を含む第1の処理ガスのプラズマを生成し該プラズマに含まれるイオンを含む混合層を被エッチング層の露出面の原子層に形成して、フッ素を含む第2の処理ガスのプラズマを生成し該プラズマに含まれるラジカルによって混合層を除去するシーケンスを繰り返し実行し、被エッチング層を原子層毎に除去することによって被エッチング層をエッチングする。第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む混合層を除去するラジカルを含む。

明 細 書

発明の名称： 被処理体进行处理する方法

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、被処理体进行处理する方法に関するものである。

背景技術

[0002] プラズマ処理装置を用いた被処理体のプラズマ処理の一種として、プラズマエッチングがある。プラズマエッチングに用いられるレジストマスクは、フォトリソグラフィ技術によって形成され、被エッチング層に形成されるパターンの限界寸法は、フォトリソグラフィ技術によって形成されるレジストマスクの解像度に依存する。しかし、レジストマスクの解像度には解像限界がある。電子デバイスの高集積化に対する要求が益々高まっており、レジストマスクの解像限界よりも小さい寸法のパターンを形成することが要求されるようになっている。このため、特許文献1に記載されているように、レジストマスク上にシリコン酸化膜を形成することによって、当該レジストマスクの寸法を調整し、当該レジストマスクによって提供される開口の幅を縮小する技術が提案されている。このため、特許文献1に記載されているように、レジストマスク上にシリコン酸化膜を形成することによって、当該レジストマスクの寸法を調整し、当該レジストマスクによって提供される開口の幅を縮小する技術が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2004-80033号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一方、近年の電子デバイスの高集積化に伴う微細化によって、被処理体上のパターン形成のうち積層構造に含まれる有機膜等に対するエッチングを進めて行く場合において、高精度の最小線幅（CD：Critical Dimension）の制御

が要求される。従来では、10 [nm] 以下の細穴スリットをSiO₂膜に垂直に設ける場合には、堆積性のC_xF_y系ガスを用いることによって、マスクとの選択比を得ている。しかしながら、C_xF_y系ガスに起因して生じる堆積物が細穴スリットの開口の閉塞を引き起こし得る。従って、C_xF_y系ガスを用いてSiO₂膜に10 [nm] 以下の細穴スリットを形成する場合には、エッチング量（エッチングによって形成されるスリットの深さ）と選択比とのトレードオフが生じ得る。従って、シリコンの酸化物を含む被処理体に対するエッチングにおいて、マスクとの選択比を良好に維持しつつ細穴スリットを形成する技術が望まれている。

課題を解決するための手段

- [0005] 一態様においては、被処理体を処理する方法が提供される。被処理体は被エッチング層と該被エッチング層上に設けられたマスクと該マスクに設けられた溝（細穴スリット）とを備え、該溝は該マスクの表面から該被エッチング層に至り該被エッチング層を露出する。該方法は、被処理体が収容されているプラズマ処理装置の処理容器内において第1の処理ガスのプラズマを生成し、該第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層を、溝を介して被エッチング層の表面の原子層に形成する第1の工程と、第1の工程の実行後に、処理容器内の空間をパージする第2の工程と、第2の工程の実行後に、処理容器内において第2の処理ガスのプラズマを生成し、該第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって混合層を除去する第3の工程と、第3の工程の実行後に、処理容器内の空間をパージする第4の工程と、を含むシーケンスを繰り返し実行し、被エッチング層を原子層毎に除去することによって、該被エッチング層をエッチングする。被エッチング層は、シリコンの酸化物を含み、第1の処理ガスは、窒素を含み、第2の処理ガスは、フッ素を含む。そして、第3の工程において生成される第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む混合層を除去するラジカルを含む。
- [0006] 上記方法において、繰返し実行されるシーケンスの第1の工程では、まず、マスクの溝を介して露出されたシリコンの酸化物を含む被エッチング層の表

面に対して、窒素を含む第1の処理ガスのプラズマによって、窒素イオンを含有する混合層を形成する。この混合層は、シリコンの窒化物を含有することとなる。そして、当該シーケンスの第3の工程では、第1の工程で形成されたシリコンの窒化物の混合層がフッ素を含む第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルを用いて除去される。このように、窒素を含む第1のガスが用いられる第1の工程においてシリコンの窒化物を含む混合層がマスクの溝の開口の形状に詳細に沿って形成され、フッ素を含む第2のガスが用いられる第3の工程において当該混合層が被エッチング層から除去される。従って、マスクの溝の開口および側面に対する堆積物の形成を回避しつつ、マスクの溝の開口の形状が詳細に維持された状態で被エッチング層に対するエッチングが可能となる。マスクの溝の幅やマスクの溝のパターンの疎密に依らず均一に、被エッチング層に対するエッチングが可能となる。更に、このような第1の工程および第3の工程を含むシーケンスが繰り返し実行されることによって、マスクの溝の開口の形状が詳細に維持された状態で、マスクの溝の幅やマスクの溝のパターンの疎密に依らず均一に、所望とする深さに至るまで被エッチング層に対するエッチングが可能となる。

[0007] 一実施形態において、第1の工程では、第1の処理ガスのプラズマにバイアス電圧を印加して、被エッチング層の表面の原子層にイオンを含む混合層を形成し得る。このように、第1の処理ガスのプラズマにバイアス電圧が印可されるので、当該プラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）がマスクの溝を介して露出された被エッチング層の表面に対して異方的に供給され得る。このため、被エッチング層の表面に形成される混合層は、溝の上から見て溝の開口の形状と高詳細に一致する形状に形成可能となる。

[0008] 一実施形態において、第2の処理ガスは、 NF_3 ガスおよび O_2 ガスを含む混合ガス、 NF_3 ガス、 O_2 ガス、 H_2 ガスおよびArガスを含む混合ガス、または、 CH_3F ガス、 O_2 ガスおよびArガスを含む混合ガスであり得る。このように、フッ素を含有する第2の処理ガスが実現され得る。

発明の効果

[0009] 以上説明したように、シリコンの酸化物を含む被処理体に対するエッチングにおいて、マスクとの選択比を良好に維持しつつ細穴スリットを形成する技術が提供される。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、一実施形態に係る方法を示す流れ図である。

[図2]図2は、プラズマ処理装置の一例を示す図である。

[図3]図3は、(a)部、(b)部、(c)部、および、(d)部を備え、図1に示す各工程の実行前および実行後の被処理体の状態を示す断面図である。

[図4]図4は、図1に示す方法の実行中における、被エッチング層に対するエッチング量と被エッチング層に形成される混合層の厚みとの変化を示す図である。

[図5]図5は、(a)部、(b)部、および、(c)部を備え、図1に示す方法におけるエッチングの原理を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面を参照して種々の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相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

以下、図1を参照して、プラズマ処理装置10を用いて実施することができるエッチング方法（方法MT）について説明する。図1は、一実施形態の方法（方法MT）を示す流れ図である。図1に示す一実施形態の方法MTは、被処理体（以下、「ウエハ」ということがある）を処理する方法である。方法MTは、ウエハをエッチングする方法の一例である。一実施形態の方法MTでは、一連の工程を単一のプラズマ処理装置（例えば、図2に示すプラズマ処理装置10）を用いて実行することが可能である。

[0012] 図2は、一実施形態のプラズマ処理装置10を示す概要図である。図2に示すプラズマ処理装置10は、ICP（Inductively Coupled Plasma）型のプラズマ源を備える。プラズマ処理装置10は、金属製（例えばアルミニウム製）の筒状（例えば円筒状）に形成された処理容器192を備える。処理

容器 192 は、プラズマ処理が行われる処理空間 Sp を画成する。なお、処理容器 192 の形状は円筒状に限られるものではない。例えば角筒状（例えば箱状）であってもよい。また、プラズマ処理装置 10 のプラズマ源は、ICP 型に限るものではなく、例えば、ECR (Electron Cyclotron Resonance) 型、CCP (Capacitively Coupled Plasma) 型や、マイクロ波を用いたもの等であることができる。

[0013] 処理容器 192 の底部には、ウエハ W を載置するための載置台 PD が設けられている。載置台 PD は、静電チャック ESC、下部電極 LE を備える。下部電極 LE は、第 1 プレート 18 a、第 2 プレート 18 b を備える。処理容器 192 は、処理空間 Sp を画成する。

[0014] 支持部 14 は、処理容器 192 の内側において、処理容器 192 の底部上に設けられる。支持部 14 は、例えば、略円筒状の形状を備える。支持部 14 は、例えば、絶縁材料から構成される。支持部 14 を構成する絶縁材料は、石英のように酸素を含み得る。支持部 14 は、処理容器 192 内において、処理容器 192 の底部から鉛直方向に延在する。

[0015] 載置台 PD は、処理容器 192 内に設けられる。載置台 PD は、支持部 14 によって支持される。載置台 PD は、載置台 PD の上面において、ウエハ W を保持する。ウエハ W は、被処理体である。載置台 PD は、下部電極 LE および静電チャック ESC を備える。

[0016] 下部電極 LE は、第 1 プレート 18 a および第 2 プレート 18 b を含む。第 1 プレート 18 a および第 2 プレート 18 b は、例えばアルミニウム等の金属から構成される。第 1 プレート 18 a および第 2 プレート 18 b は、例えば、略円盤状の形状を備える。第 2 プレート 18 b は、第 1 プレート 18 a 上に設けられる。第 2 プレート 18 b は、第 1 プレート 18 a に電氣的に接続される。

[0017] 静電チャック ESC は、第 2 プレート 18 b 上に設けられる。静電チャック ESC は、一对の絶縁層の間、または、一对の絶縁シートの間において、導電膜の電極が配置された構造を備える。直流電源 22 は、スイッチ 23 を介

して、静電チャックESCの電極に電氣的に接続される。静電チャックESCは、直流電源22からの直流電圧によって生じる静電力によって、ウエハWを吸着する。これによって、静電チャックESCは、ウエハWを保持することができる。

[0018] フォーカスリングFRは、ウエハWのエッジおよび静電チャックESCを囲むように、第2プレート18bの周縁部上に配置される。フォーカスリングFRは、エッチングの均一性を向上させるために設けられる。フォーカスリングFRは、エッチング対象の膜の材料によって適宜選択される材料から構成されており、例えば、石英から構成され得る。

[0019] 冷媒流路24は、第2プレート18bの内部に設けられる。冷媒流路24は、温調機構を構成する。冷媒流路24には、処理容器192の外部に設けられるチラーユニットから配管26aを介して冷媒が供給される。冷媒流路24に供給される冷媒は、配管26bを介してチラーユニットに戻される。このように、冷媒流路24には、冷媒が循環するように、供給される。この冷媒の温度を制御することによって、静電チャックESCによって支持されるウエハWの温度が制御される。ガス供給ライン28は、伝熱ガス供給機構からの伝熱ガス、例えばHeガスを、静電チャックESCの上面とウエハWの裏面との間に供給する。

[0020] ヒータHTは、加熱素子である。ヒータHTは、例えば、第2プレート18b内に埋め込まれる。ヒータ電源HPは、ヒータHTに接続される。ヒータ電源HPからヒータHTに電力が供給されることによって、載置台PDの温度が調整され、そして、載置台PD上に載置されるウエハWの温度が調整される。なお、ヒータHTは、静電チャックESCに内蔵され得る。

[0021] 板状誘電体194は、載置台PDの上方において、載置台PDと対向配置される。下部電極LEと板状誘電体194とは、互いに略平行に設けられる。板状誘電体194と下部電極LEとの間には、処理空間Spが提供される。処理空間Spは、プラズマ処理をウエハWに行うための空間領域である。

[0022] プラズマ処理装置10では、処理容器192の内壁に沿ってデポシールド4

6が着脱自在に設けられている。デポシールド46は、支持部14の外周にも設けられている。デポシールド46は、処理容器192にエッチング副生物（デポ）が付着することを防止するものであり、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆することにより構成され得る。デポシールドは、 Y_2O_3 の他に、例えば、石英のように酸素を含む材料から構成され得る。

[0023] 排気プレート48は、処理容器192の底部側であって、且つ、支持部14と処理容器192の側壁との間に設けられている。排気プレート48は、例えば、アルミニウム材に Y_2O_3 等のセラミックスを被覆することによって構成され得る。排気口12eは、排気プレート48の下方において、処理容器192に設けられている。排気装置50は、排気管52を介して排気口12eに接続される。排気装置50は、ターボ分子ポンプ等の真空ポンプを備えており、処理容器192内の空間を所望の真空度まで減圧することができる。高周波電源64は、ウエハWにイオンを引き込むための第2の高周波電力、すなわち高周波バイアス電力を発生する電源であり、400[kHz]～40.68[MHz]の範囲内の周波数、一例においては13[MHz]の高周波バイアス電力を発生する。高周波電源64は、整合器68を介して下部電極LEに接続される。整合器68は、高周波電源64の出力インピーダンスと負荷側（下部電極LE側）の入力インピーダンスとを整合させるための回路である。

[0024] 処理容器192の天井部には、例えば石英ガラスやセラミック等で構成された板状誘電体194が載置台PDに対向するように設けられている。具体的には、板状誘電体194は、例えば円板状に形成され、処理容器192の天井部に形成された開口を塞ぐように気密に取り付けられている。処理空間Spは、プラズマ源によってプラズマが生成される空間である。処理空間Spは、ウエハWが載置される空間である。

[0025] 処理容器192には、後述の第1の処理ガスおよび第2の処理ガスを供給するガス供給部120が設けられている。ガス供給部120は、上述した処理空間Spへ、第1の処理ガスおよび第2の処理ガスを供給する。処理容器1

92の側壁部にはガス導入口121が形成されており、ガス導入口121にはガス供給配管123を介してガス供給源122が接続されている。ガス供給配管123の途中には第1の処理ガスおよび第2の処理ガスの流量を制御する流量制御器（例えば、マスフローコントローラ124、および、開閉バルブ126）が介在している。このようなガス供給部120によれば、ガス供給源122から出力される第1の処理ガスおよび第2の処理ガスは、マスフローコントローラ124によって予め設定された流量に制御されて、ガス導入口121から処理容器192の処理空間Spへ供給される。

[0026] なお、図2では説明を簡単にするため、ガス供給部120を一系統のガスラインを用いて表現しているが、ガス供給部120は、複数のガス種（少なくとも、第1の処理ガスおよび第2の処理ガス）を処理ガスとして供給する構成を備える。また、図2に示すガス供給部120は、一例として、処理容器192の側壁部からガスを供給する構成を備えているが、ガス供給部120は、図2に示す構成に限られない。例えば、ガス供給部120は、処理容器192の天井部からガスを供給する構成を備えることもできる。ガス供給部120がこのような構成を備える場合には、例えば、板状誘電体194の例えば中央部にガス導入口が形成され、このガス導入口からガスが供給され得る。

[0027] 処理容器192の底部には、処理容器192内の雰囲気気を排出する排気装置50が排気管52を介して接続されている。排気装置50は、例えば真空ポンプによって構成され、処理容器192内の圧力を予め設定された圧力にし得る。

[0028] 処理容器192の側壁部にはウエハ搬出入口134が設けられており、ウエハ搬出入口134にはゲートバルブ136が設けられている。例えばウエハWが搬入される際には、ゲートバルブ136が開かれ、図示しない搬送アーム等の搬送機構によってウエハWが処理容器192内の載置台PD上に載置された後に、ゲートバルブ136が閉じられて、ウエハWの処理が開始される。

[0029] 処理容器 192 の天井部には、板状誘電体 194 の上側面（外側面）に、平面状の高周波アンテナ 140 と、高周波アンテナ 140 を覆うシールド部材 160 とが設けられる。一実施形態における高周波アンテナ 140 は、板状誘電体 194 の中央部に配置されている内側アンテナ素子 142 A と、内側アンテナ素子 142 A の外周を囲むように配置されている外側アンテナ素子 142 B とを備える。内側アンテナ素子 142 A、外側アンテナ素子 142 B のそれぞれは、例えば、銅、アルミニウム、ステンレス等の導体であり、渦巻きコイル状の形状を備える。

[0030] 内側アンテナ素子 142 A、外側アンテナ素子 142 B は、共に、複数の挟持体 144 に挟持されて一体となっている。挟持体 144 は、例えば、棒状の形状を備えている。挟持体 144 は、内側アンテナ素子 142 A の中央付近から外側アンテナ素子 142 B の外側に張り出すように放射線状に配置されている。

[0031] シールド部材 160 は、内側シールド壁 162 A と外側シールド壁 162 B とを備える。内側シールド壁 162 A は、内側アンテナ素子 142 A を囲むように、内側アンテナ素子 142 A と外側アンテナ素子 142 B との間に設けられている。外側シールド壁 162 B は、外側アンテナ素子 142 B を囲むように設けられており、筒状の形状を備える。従って、板状誘電体 194 の上側面は、内側シールド壁 162 A の内側の中央部（中央ゾーン）と、内側シールド壁 162 A と外側シールド壁 162 B との間の周縁部（周縁ゾーン）とに分けられる。

[0032] 内側アンテナ素子 142 A 上には、内側シールド壁 162 A の開口を塞ぐように円板状の内側シールド板 164 A が設けられている。外側アンテナ素子 142 B 上には、内側シールド壁 162 A と外側シールド壁 162 B との間の開口を塞ぐようにドーナツ板状の外側シールド板 164 B が設けられている。

[0033] シールド部材 160 の形状は、円筒状に限られるものではない。シールド部材 160 の形状は、例えば、角筒状等の他の形状であることができ、または

、処理容器 192 の形状に合わせられたものであることができる。ここでは、処理容器 192 が例えば略円筒状の形状を備えるので、当該円筒形状に合わせてシールド部材 160 も略円筒状の形状を備える。処理容器 192 が略角筒状の形状を備えている場合には、シールド部材 160 も略角筒状の形状を備える。

[0034] 内側アンテナ素子 142 A、外側アンテナ素子 142 B のそれぞれには、高周波電源 150 A、高周波電源 150 B のそれぞれが別々に接続されている。これにより、内側アンテナ素子 142 A、外側アンテナ素子 142 B のそれぞれには、同じ周波数または異なる周波数の高周波を印加できる。例えば、高周波電源 150 A から例えば 27 [MHz] 等の周波数の高周波が予め設定されたパワー [W] で内側アンテナ素子 142 A に供給されると、処理容器 192 内に形成された誘導磁界によって、処理容器 192 内に導入された処理ガスが励起され、ウエハ W 上の中央部にドーナツ型のプラズマが生成され得る。また、高周波電源 150 B から例えば 27 [MHz] 等の周波数の高周波が予め設定されたパワー [W] で外側アンテナ素子 142 B に供給されると、処理容器 192 内に形成された誘導磁界によって、処理容器 192 内に導入された処理ガスが励起され、ウエハ W 上の周縁部に別のドーナツ型のプラズマが生成され得る。高周波電源 150 A、高周波電源 150 B のそれぞれから出力される高周波は、上述した周波数に限られるものではなく、様々な周波数の高周波が、高周波電源 150 A、高周波電源 150 B のそれぞれから供給され得る。なお、高周波電源 150 A、高周波電源 150 B のそれぞれから出力される高周波に応じて、内側アンテナ素子 142 A、外側アンテナ素子 142 B の電氣的長さを調整する必要がある。内側シールド板 164 A、外側シールド板 164 B のそれぞれでは、アクチュエータ 168 A、アクチュエータ 168 B によって別々に高さが調整できる。

[0035] 制御部 Cnt は、プロセッサ、記憶部、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり、プラズマ処理装置 10 の各部を制御する。具体的に、制御部 Cnt は、マスフローコントローラ 124、開閉バルブ 126、排気装置

50、高周波電源150A、高周波電源150B、高周波電源64、整合器68、ヒータ電源HP、および、チラーユニットに接続されている。

[0036] 制御部Cntは、入力されたレシピに基づくプログラムに従って動作し、制御信号を送出する。制御部Cntからの制御信号によって、少なくとも、ガス供給源122から供給されるガスの選択および流量と、排気装置50の排気と、高周波電源150A、高周波電源150B、および、高周波電源64からの電力供給と、ヒータ電源HPの電力供給と、チラーユニットからの冷媒流量および冷媒温度とを制御することが可能である。なお、本明細書において開示される被処理体を処理する方法（図1に示す方法MT）の各工程は、制御部Cntによる制御によってプラズマ処理装置10の各部を動作させることによって、実行され得る。

[0037] 図1に戻って、方法MTについての説明を続ける。以下の説明では、図1と共に、図2、図3、図4、図5を参照して説明する。図3は、（a）部、（b）部、（c）部、および、（d）部を備え、図1に示す各工程の実行前および実行後の被処理体の状態を示す断面図である。図4は、図1に示す方法の実行中における、被エッチング層に対するエッチング量と被エッチング層に形成される混合層の厚みとの変化を示す図である。図5は、図1に示す方法におけるエッチングの原理を示す図である。

[0038] 工程ST1では、図3の（a）部に示すウエハWが準備され、ウエハWがプラズマ処理装置10の処理容器192内に收容され、静電チャックESC上に載置される。工程ST1において図2に示すウエハWとして図3の（a）部に示す上記のウエハWを準備した後に、シーケンスSQおよび工程ST3の各工程を実行する。図3の（a）部に示すウエハWは、図示しない支持基体と、この支持基体上に設けられた被エッチング層ELと、被エッチング層EL上（被エッチング層ELの表面SF）に設けられたマスクMKと、マスクMKに設けられた溝TRとを備える。溝TRは、マスクMKの表面から被エッチング層ELの表面SFに至り、被エッチング層ELを露出している。すなわち、被エッチング層ELの表面SFの一部は、溝TRを介して、露出

されている。被エッチング層E Lの材料は、シリコンの酸化物を含んでおり、例えば、 SiO_2 を含み得る。マスクMKの材料は、例えばTiN等を含み得る。

[0039] 工程S T 1に引き続くシーケンスS Qおよび工程S T 3の一連の工程は、被エッチング層E Lをエッチングする工程である。まず、工程S T 1に引き続くシーケンスS Qを一回（単位サイクル）以上実行する。シーケンスS Qは、A L E（Atomic Layer Etching）法と同様の方法によって、被エッチング層E LのうちマスクMKで覆われていない領域を、マスクMKの疎密によらず高選択比で精密にエッチングする一連の工程であり、シーケンスS Qにおいて順次実行される工程S T 2 a（第1の工程）、工程S T 2 b（第2の工程）、工程S T 2 c（第3の工程）、工程S T 2 d（第4の工程）を含む。

[0040] 工程S T 2 aは、ウエハWが収容されているプラズマ処理装置10の処理容器192内において第1の処理ガスのプラズマを生成し、該第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層MXを、溝TRを介して被エッチング層E Lの表面S Fの原子層に形成する。例えば、工程S T 2 aでは、第1の処理ガスのプラズマに高周波電源64を介してバイアス電圧を印加して、被エッチング層E Lの表面S Fの原子層に対し、第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層MXを形成し得る。工程S T 2 aにおいて、図3の（b）部に示すように、ウエハWが静電チャックESC上に載置されている状態で、処理容器192内に第1の処理ガスを供給し、当該第1の処理ガスのプラズマを生成する。第1の処理ガスは、窒素を含み、具体的には N_2 ガスを含み得る。図3の（b）部に示す黒塗りの円（黒丸）は、第1のガスのプラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）を示している。具体的には、ガス供給源122の複数のガスソースのうち選択したガスソースから N_2 ガスを含む第1の処理ガスを処理容器192内に供給する。そして、高周波電源150Aおよび高周波電源150Bから高周波電力を供給し、高周波電源64から高周波バイアス電圧を供給し、排気装置50を動作させ

ることによって処理容器 192 内の処理空間 Sp の気圧を予め設定された値に設定する。このようにして、第 1 の処理ガスのプラズマが処理容器 192 内において生成され、第 1 の処理ガスのプラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）が、高周波バイアス電力による鉛直方向への引き込みによって、溝 TR を介して被エッチング層 EL の表面 SF に接触し、溝 TR を介して露出されている被エッチング層 EL の表面 SF が異方的に改質される。このように工程 ST 2 a において被エッチング層 EL の表面 SF のうち異方的に改質された箇所が、混合層 MX となる。第 1 のガスが N₂ ガスであり被エッチング層 EL がシリコンの酸化物（例えば SiO₂）を含むので、混合層 MX の組成は、SiN/SiO₂（SiON）であり得る。

[0041] 図 5 は、（a）部、（b）部、および、（c）部を備え、図 1 に示す方法（シーケンス SQ）におけるエッチングの原理を示す図である。図 5 において、白抜きの円（白丸）は、被エッチング層 EL を構成する原子（例えば SiO₂ を構成する原子）を示しており、黒塗りの円（黒丸）は、第 1 のガスのプラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）を示しており、円で囲まれた「×」は、後述の第 2 のガスのプラズマに含まれるラジカルを示している。図 5 の（a）部および図 3 の（b）部に示すように、工程 ST 2 a によって、第 1 のガスのプラズマに含まれる窒素原子のイオン（黒塗りの円（黒丸））が、溝 TR を介して被エッチング層 EL の表面 SF の原子層に異方的に供給される。このように、工程 ST 2 a によって、被エッチング層 EL を構成する原子と第 1 のガスの窒素原子とを含む混合層 MX が、溝 TR によって露出されている被エッチング層 EL の表面 SF の原子層に形成される（図 5 の（a）部と共に図 3 の（c）部も参照）。

[0042] 以上のように、第 1 のガスが N₂ ガスを含むので、工程 ST 2 a において、被エッチング層 EL の表面 SF の原子層（シリコンの酸化物の原子層）に窒素原子が供給され、シリコンの窒化物を含有する混合層 MX（SiN/SiO₂）が表面 SF の原子層に形成され得る。

[0043] 工程 ST 2 a に引き続く工程 ST 2 b では、処理容器 192 内の処理空間 S

pをパージする。具体的には、工程S T 2 aにおいて供給された第1の処理ガスが排気される。工程S T 2 bでは、パージガスとして希ガス（例えばArガス等）といった不活性ガスを処理容器192に供給してもよい。すなわち、工程S T 2 bのパージは、不活性ガスを処理容器192内に流すガスパージ、または真空引きによるパージの何れであってもよい。

[0044] 工程S T 2 bに引き続く工程S T 2 cでは、処理容器192内において第2の処理ガスのプラズマを生成し、該プラズマに含まれるラジカルを用いたケミカルエッチングによって、混合層MXを除去する。工程S T 2 cにおいて、図3の(c)部に示すように、工程S T 2 aにおいて混合層MXが形成された後のウエハWが静電チャックESC上に載置されている状態で、処理容器192内に第2の処理ガスを供給し、第2の処理ガスのプラズマを生成する。工程S T 2 cにおいて生成される第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む混合層MXを除去するラジカルを含む。図3の(c)部に示す円で囲まれた「×」は、第2のガスのプラズマに含まれるラジカルを示している。第2の処理ガスは、フッ素を含み、例えば、 NF_3 ガスおよび O_2 ガスを含む混合ガスであり得る。なお、第2の処理ガスは、 NF_3 ガス、 O_2 ガス、 H_2 ガス、および、Arガスを含む混合ガスや、 CH_3F ガス、 O_2 ガス、および、Arガスを含む混合ガスでもあり得る。具体的には、ガス供給源122の複数のガスソースのうち選択したガスソースから上記の第2の処理ガスが処理容器192内に供給され、高周波電源150Aおよび高周波電源150Bから高周波電力が供給され、排気装置50を動作させることによって処理容器192内の処理空間Spの気圧が予め設定された値に設定される。このようにして、第2の処理ガスのプラズマが処理容器192内において生成される。工程S T 2 cにおいて生成された第2の処理ガスのプラズマ中のラジカルは、溝TRを介して被エッチング層ELの表面SFの混合層MXに接触する。図5の(b)部に示すように、工程S T 2 cによって、被エッチング層ELの表面SFに形成された混合層MXに第2の処理ガスの原子のラジカルが供給されて混合層MXがケミカルエッチングによって被エッチン

グ層E Lから除去され得る。

[0045] 以上のように、図3の(d)部に示すように、工程S T 2 cにおいて、被エッチング層E Lの表面S Fに形成された混合層M Xは、第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって、被エッチング層E Lの表面S Fから除去され得る。

[0046] 工程S T 2 cに引き続く工程S T 2 dでは、処理容器1 9 2内の処理空間S pをパージする。具体的には、工程S T 2 cにおいて供給された第2の処理ガスが排気される。工程S T 2 dでは、パージガスとして希ガス（例えばA rガス等）といった不活性ガスを処理容器1 9 2に供給してもよい。すなわち、工程S T 2 dのパージは、不活性ガスを処理容器1 9 2内に流すガスパージ、または真空引きによるパージの何れであってもよい。

[0047] シーケンスS Qに引き続く工程S T 3では、シーケンスS Qの実行を終了するか否かを判定する。具体的には、工程S T 3では、シーケンスS Qの実行回数が予め設定された回数に達したか否かを判定する。シーケンスS Qの実行回数の決定は、被エッチング層E Lに対するエッチング量（エッチングによって被エッチング層E Lに形成される溝の深さ）を決定することである。シーケンスS Qは、被エッチング層E Lに対するエッチング量が予め設定された値に至るまで被エッチング層E Lがエッチングされるように、繰り返し実行され得る。シーケンスS Qの実行回数の増加に伴って、被エッチング層E Lに対するエッチング量も増加（ほぼ線形的に増加）する。従って、1回（単位サイクル）のシーケンスS Qの実行によってエッチングされる被エッチング層E Lの厚み（1回の工程S T 2 aで形成される混合層M Xの厚み）とシーケンスS Qの実行回数との積が予め設定された値となるように、シーケンスS Qの実行回数が決定され得る。

[0048] 図4を参照して、シーケンスS Qの実行中において生じる被エッチング層E Lに対するエッチング量の変化と被エッチング層E Lに形成される混合層M Xの厚みの変化とについて説明する。図4のグラフG 1は、シーケンスS Qの実行中において生じる被エッチング層E Lに対するエッチング量（任意単

位)の変化を示しており、図4のグラフG2は、シーケンスSQの実行中において生じる被エッチング層ELに形成される混合層MXの厚み(任意単位)の変化を示している。図4の横軸は、シーケンスSQの実行中の時間を表しているが、工程ST2bの実行時間および工程ST2dの実行時間は図示簡略化のために省略されている。図4に示すように、1回(単位サイクル)のシーケンスSQの実行において、工程ST2aの実行は、グラフG2に示すように、混合層MXの厚みが予め設定された値THになるまで行われる。工程ST2aにおいて形成される混合層MXの厚みの値THは、高周波電源64によって印加されるバイアス電力の値と、第1のガスのプラズマに含まれているイオンの被エッチング層ELに対する単位時間当たりのドーズ(dose)量と、工程ST2aの実行時間とによって決定され得る。

[0049] また、図4に示すように、1回(単位サイクル)のシーケンスSQの実行において、工程ST2cの実行は、グラフG1およびグラフG2に示すように、工程ST2aで形成された混合層MXが全て除去されるまで行われる。工程ST2bの実行中においてタイミングTMに至るまでに、混合層MXがケミカルエッチングによって全て除去される。タイミングTMは、工程ST2cにおいて行われるケミカルエッチングのエッチングレートによって決定され得る。タイミングTMは、工程ST2bの実行中に生じる。タイミングTMから工程ST2bの終了までの間において、混合層MXの除去後におけるシリコンの酸化物の被エッチング層ELは、第2の処理ガスのプラズマによってはエッチングされない(セルフ・リミテッド)。すなわち、第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルを用いた場合、被エッチング層ELを構成するシリコンの酸化物(例えば SiO_2)に対するエッチングのエッチングレートは、混合層MXに含まれるシリコンの窒化物(例えば SiN)に対するエッチングのエッチングレートに比較して極めて小さい。

[0050] 工程ST3においてシーケンスSQの実行回数が予め設定された回数に達していないと判定される場合には(工程ST3:NO)、シーケンスSQの実行が再び繰り返される。一方、工程ST3においてシーケンスSQの実行回

数が予め設定された回数に達していると判定される場合には（工程 S T 3 : Y E S）、シーケンス S Q の実行が終了される。シーケンス S Q および工程 S T 3 の一連の工程は、マスク M K を用いてシーケンス S Q を繰り返し実行して被エッチング層 E L を原子層毎に除去することによって、マスク M K のパターンの粗密や溝 T R の幅の程度（値）によらずに、被エッチング層 E L を精密にエッチングする工程である。すなわち、シーケンス S Q が予め設定された回数だけ繰り返されることによって、被エッチング層 E L が、マスク M K のパターンの粗密や溝 T R の幅の程度（値）によらずに、マスク M K が提供する溝 T R の幅と同一および均一な幅で詳細にエッチングされ、また、マスク M K に対する選択比も向上される。以上のように、シーケンス S Q および工程 S T 3 の一連の工程は、A L E 法と同様の方法によって、被エッチング層 E L を原子層毎に除去することができる。

[0051] 以下、工程 S T 2 a、工程 S T 2 c のそれぞれの主なプロセス条件の実施例を示す。

<工程 S T 2 a>

- ・ 処理容器 1 9 2 内の圧力 [m T o r r] : 3 0 [m T o r r]
- ・ 高周波電源 1 5 0 A および高周波電源 1 5 0 B の高周波電力の値 [W] : 0 [W] (2 7 [M H z])
- ・ 高周波電源 6 4 の高周波電力の値 [W] : 0 ~ 2 0 0 [W] (1 3 [M H z])
- ・ 第 1 の処理ガス : N 2 ガス
- ・ 第 1 の処理ガスの流量 [s c c m] : 5 0 0 [s c c m]
- ・ 処理時間 [s] : 1 0 ~ 6 0 [s]

高周波電源 6 4 の高周波電力の値は、2 0 ~ 1 0 0 [W] が好適であり得る。高周波電源 6 4 の高周波電力の値がこの範囲にある場合、被エッチング層 E L においてシリコンの酸化物に対するシリコンの窒化物のエッチング量を比較的に多く維持しつつ、被エッチング層 E L に対する第 1 の処理ガスのプラズマによるスパッタ量を十分に低減し得ることが発明者によって見出され

た。

[0052] <工程ST2c>

- ・処理容器192内の圧力[mTorr]: 50~400 [mTorr]
- ・高周波電源150Aおよび高周波電源150Bの高周波電力の値[W]: 0~800 [W] (27 [MHz])
- ・高周波電源64の高周波電力の値[W]: 0 [W] (13 [MHz])
- ・第2の処理ガス: NF₃ガスおよびO₂ガスを含む混合ガス
- ・第2の処理ガスの流量[sccm]: 120 [sccm] (NF₃ガス)、40 [sccm] (O₂ガス)
- ・処理時間[s]: 10~50 [s]

なお、処理容器192内の圧力が高いほど、シリコンの酸化物に対するシリコンの窒化物のエッチング量（選択比）が多く（高く）なり、さらに、エッチングによって混合層MXが全て除去された後には、工程ST2cを継続しても被エッチング層ELに対するエッチング量が少なくなる、という現象が発明者によって見出された。

[0053] また、工程ST2cにおいて、第2の処理ガスは、NF₃ガス、O₂ガス、H₂ガスおよびArガスの混合ガスであり得る。この第2の処理ガスを用いた場合、工程ST2cでは、以下のプロセス条件が利用され得る。

- ・処理容器192内の圧力[mTorr]: 350 [mTorr]
- ・高周波電源150Aおよび高周波電源150Bの高周波電力の値[W]: 200 [W] (27 [MHz])
- ・高周波電源64の高周波電力の値[W]: 0 [W] (13 [MHz])
- ・第2の処理ガス: NF₃ガスおよびO₂ガスを含む混合ガス
- ・第2の処理ガスの流量[sccm]: 45 [sccm] (NF₃ガス)、300 [sccm] (O₂ガス)、40 [sccm] (H₂ガス)、100 [sccm] (Arガス)
- ・処理時間[s]: 10 [s]

[0054] <シーケンスSQ>

- ・繰り返し回数：20～50回

なお、シーケンスS Qの繰り返し回数が多いほど、被エッチング層E Lに対するエッチング量も多くなる。

[0055] 上記した一実施形態に係るプラズマ処理装置10では、ICP型のプラズマ源を例示して説明したが、プラズマ処理装置10のプラズマ源としてはICP型に限らず、CCP型も用い得る。以下、プラズマ処理装置10のプラズマ源がCCP型の場合における工程ST2 a、工程ST2 cのそれぞれの主なプロセス条件の実施例を示す。

<工程ST2 a>

- ・処理容器192内の圧力[mTorr]：10[mTorr]
- ・処理容器192の天井部に設けられる高周波電源の高周波電力の値[W]：500[W]（60[MHz]）
- ・高周波電源64の高周波電力の値[W]：100[W]（13[MHz]）
- ・第1の処理ガス：N₂ガス
- ・第1の処理ガスの流量[sccm]：500[sccm]
- ・処理時間[s]：60[s]

<工程ST2 c>

- ・処理容器192内の圧力[mTorr]：50[mTorr]
- ・処理容器192の天井部に設けられる高周波電源の高周波電力の値[W]：1000[W]（60[MHz]）
- ・高周波電源64の高周波電力の値[W]：0～100[W]（13[MHz]）
- ・第2の処理ガス：CH₃Fガス、O₂ガスおよびArガスを含む混合ガス
- ・第2の処理ガスの流量[sccm]：25[sccm]（CH₃Fガス）、20[sccm]（O₂ガス）、700[sccm]（Arガス）
- ・処理時間[s]：60[s]

[0056] エッチングによって混合層MXが全て除去された後には、工程ST2 cを継

続しても被エッチング層E Lに対するエッチング量は少ない。なお、シーケンスS Qにおいて、工程S T 2 cの後に下記のプロセス条件でアッシング処理を更に行う場合がある。

<アッシング処理>

- ・ 処理容器1 9 2内の圧力 [m T o r r] : 1 0 0 [m T o r r]
- ・ 処理容器1 9 2の天井部に設けられる高周波電源の高周波電力の値 [W]
: 6 0 0 [W] (6 0 [M H z])
- ・ 高周波電源6 4の高周波電力の値 [W] : 0 [W] (1 3 [M H z])
- ・ 第2の処理ガス : O₂ガス
- ・ 第2の処理ガスの流量 [s c c m] : 7 5 0 [s c c m]
- ・ 処理時間 [s] : 6 0 [s]

[0057] 上記の方法M Tにおいて、繰返し実行されるシーケンスS Qの工程S T 2 aでは、まず、マスクM Kの溝T Rを介して露出されたシリコンの酸化物を含む被エッチング層E Lの表面S Fに対して、窒素を含む第1の処理ガスのプラズマによって、窒素イオンを含有する混合層M Xを形成する。混合層M Xは、シリコンの窒化物を含有することとなる。そして、シーケンスS Qの工程S T 2 cでは、工程S T 2 aで形成されたシリコンの窒化物の混合層M Xがフッ素を含む第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルを用いて除去される。このように、窒素を含む第1のガスが用いられる工程S T 2 aにおいてシリコンの窒化物を含む混合層M XがマスクM Kの溝T Rの開口の形状に詳細に沿って形成され、フッ素を含む第2のガスが用いられる工程S T 2 cにおいて混合層M Xが被エッチング層E Lから除去される。従って、マスクM Kの溝T Rの開口および側面に対する堆積物の形成を回避しつつ、マスクM Kの溝T Rの開口の形状が詳細に維持された状態で被エッチング層E Lに対するエッチングが可能となる。マスクM Kの溝T Rの幅やマスクM Kの溝T Rのパターンの疎密に依らず均一に、被エッチング層E Lに対するエッチングが可能となる。更に、このような工程S T 2 aおよび工程S T 2 cを含むシーケンスS Qが繰返し実行されることによって、マスクM Kの溝T

Rの開口の形状が詳細に維持された状態で、マスクMKの溝TRの幅やマスクMKの溝TRのパターンの疎密に依らず均一に、所望とする深さに至るまで被エッチング層ELに対するエッチングが可能となる。

[0058] さらに、第1の処理ガスのプラズマにバイアス電圧が印可される場合には、当該プラズマに含まれるイオン（窒素原子のイオン）がマスクMKの溝TRを介して露出された被エッチング層ELの表面SFに対して異方的に供給され得る。このため、被エッチング層ELの表面SFに形成される混合層MXは、溝TRの上から見て溝TRの開口の形状と高詳細に一致する形状に形成可能となる。

[0059] 以上、好適な実施の形態において本発明の原理を図示し説明してきたが、本発明は、そのような原理から逸脱することなく配置および詳細において変更され得ることは、当業者によって認識される。本発明は、本実施の形態に開示された特定の構成に限定されるものではない。従って、特許請求の範囲およびその精神の範囲から来る全ての修正および変更に権利を請求する。

符号の説明

[0060] 10…プラズマ処理装置、120…ガス供給部、121…ガス導入口、122…ガス供給源、123…ガス供給配管、124…マスフローコントローラ、126…開閉バルブ、12e…排気口、134…ウエハ搬出入口、136…ゲートバルブ、14…支持部、140…高周波アンテナ、142A…内側アンテナ素子、142B…外側アンテナ素子、144…挟持体、150A…高周波電源、150B…高周波電源、160…シールド部材、162A…内側シールド壁、162B…外側シールド壁、164A…内側シールド板、164B…外側シールド板、168A…アクチュエータ、168B…アクチュエータ、18a…第1プレート、18b…第2プレート、192…処理容器、194…板状誘電体、22…直流電源、23…スイッチ、24…冷媒流路、26a…配管、26b…配管、28…ガス供給ライン、46…デポシールド、48…排気プレート、50…排気装置、52…排気管、64…高周波電源、68…整合器、Cnt…制御部、EL…被エッチング層、ESC…静電

チャック、F R…フォーカスリング、G 1…グラフ、G 2…グラフ、H P…ヒータ電源、H T…ヒータ、L E…下部電極、M K…マスク、M T…方法、M X…混合層、P D…載置台、S F…表面、S p…処理空間、S Q…シーケンス、T H…値、T M…タイミング、T R…溝、W…ウエハ。

請求の範囲

[請求項1] 被処理体进行处理する方法であって、該被処理体は被エッチング層と該被エッチング層上に設けられたマスクと該マスクに設けられた溝とを備え、該溝は該マスクの表面から該被エッチング層に至り該被エッチング層を露出し、該方法は、

前記被処理体が収容されているプラズマ処理装置の処理容器内において第1の処理ガスのプラズマを生成し、該第1の処理ガスのプラズマに含まれるイオンを含む混合層を、前記溝を介して前記被エッチング層の表面の原子層に形成する第1の工程と、

前記第1の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第2の工程と、

前記第2の工程の実行後に、前記処理容器内において第2の処理ガスのプラズマを生成し、該第2の処理ガスのプラズマに含まれるラジカルによって前記混合層を除去する第3の工程と、

前記第3の工程の実行後に、前記処理容器内の空間をパージする第4の工程と、

を含むシーケンスを繰り返し実行し、前記被エッチング層を原子層毎に除去することによって、該被エッチング層をエッチングし、

前記被エッチング層は、シリコンの酸化物を含み、

前記第1の処理ガスは、窒素を含み、

前記第2の処理ガスは、フッ素を含み、

前記第3の工程において生成される前記第2の処理ガスのプラズマは、シリコンの窒化物を含む前記混合層を除去する前記ラジカルを含む、

方法。

[請求項2] 前記第1の工程では、前記第1の処理ガスのプラズマにバイアス電圧を印加して、前記被エッチング層の表面の原子層に前記イオンを含む前記混合層を形成する、

請求項 1 に記載の方法。

[請求項3] 前記第 2 の処理ガスは、 NF_3 ガスおよび O_2 ガスを含む混合ガスである、

請求項 1 または請求項 2 に記載の方法。

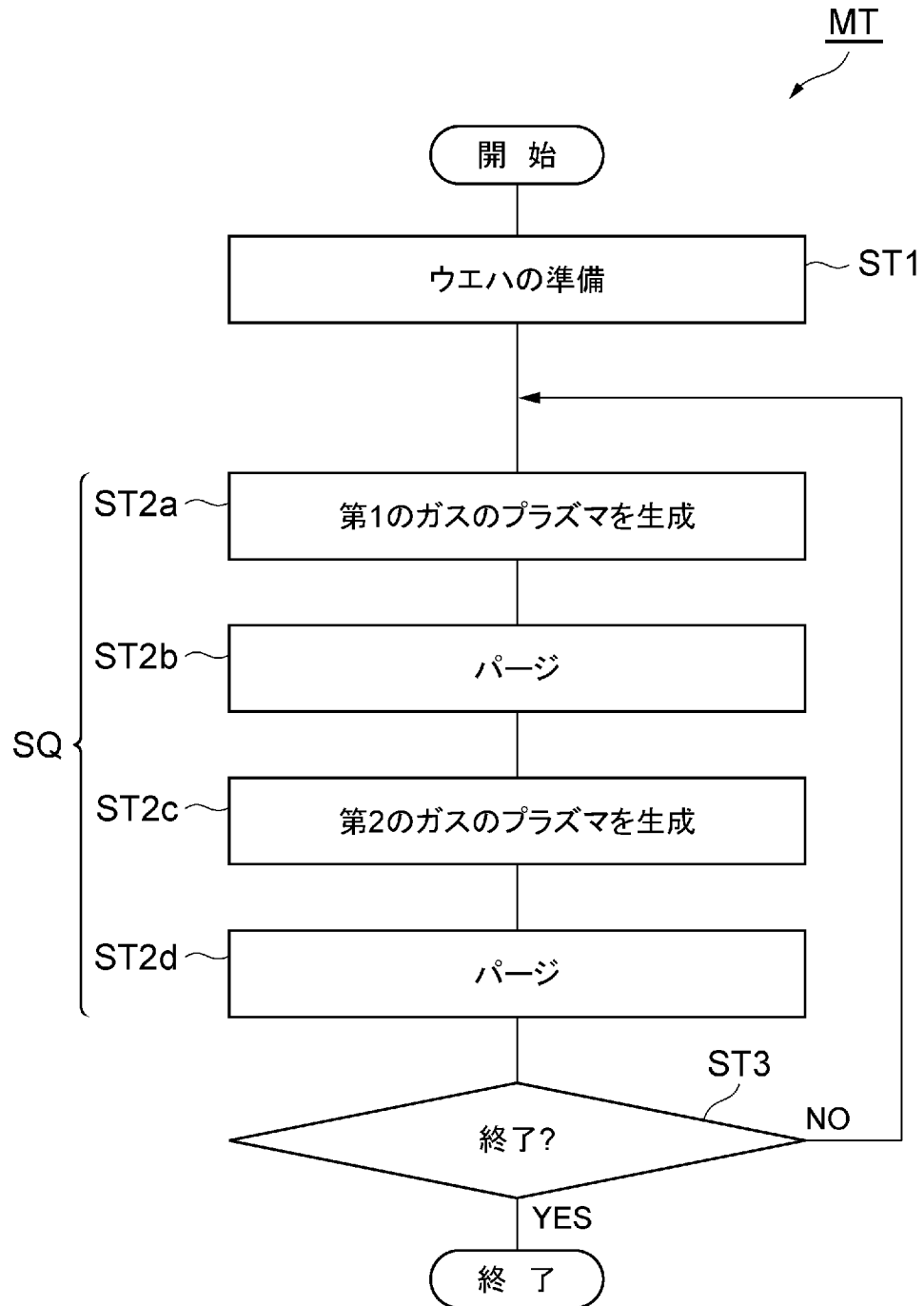
[請求項4] 前記第 2 の処理ガスは、 NF_3 ガス、 O_2 ガス、 H_2 ガスおよび Ar ガスを含む混合ガスである、

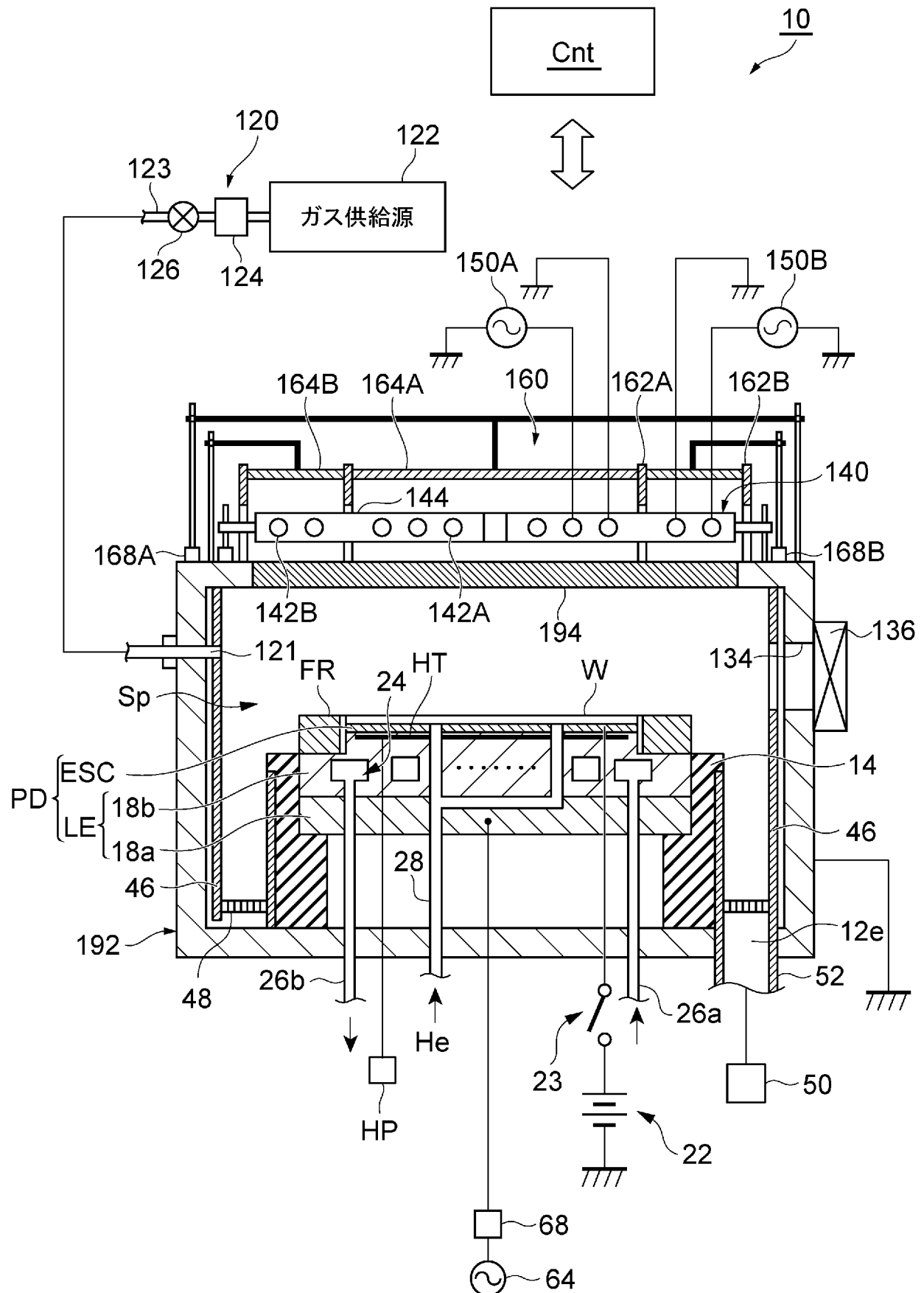
請求項 1 または請求項 2 に記載の方法。

[請求項5] 前記第 2 の処理ガスは、 CH_3F ガス、 O_2 ガスおよび Ar ガスを含む混合ガスである、

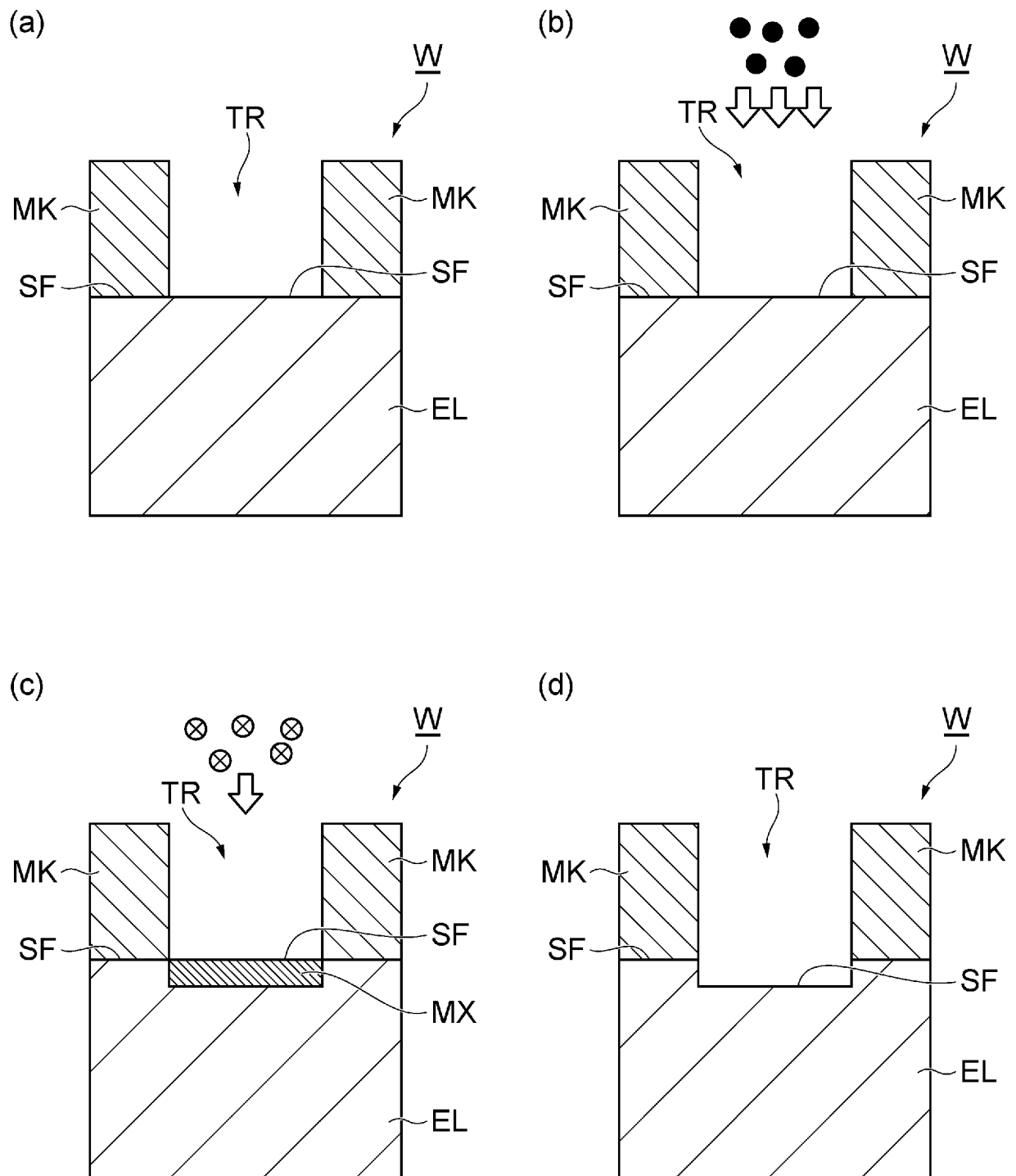
請求項 1 または請求項 2 に記載の方法。

[図1]

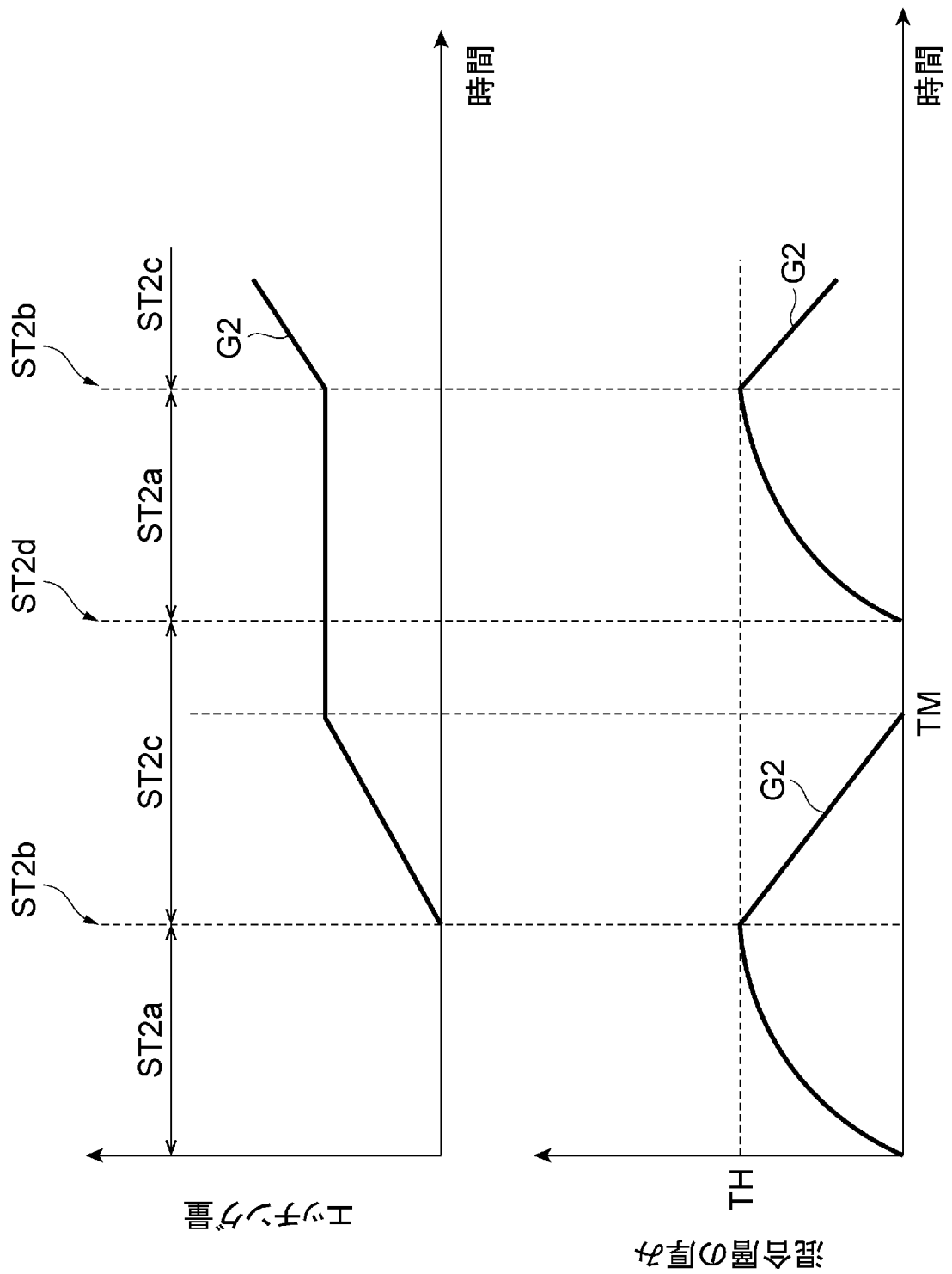




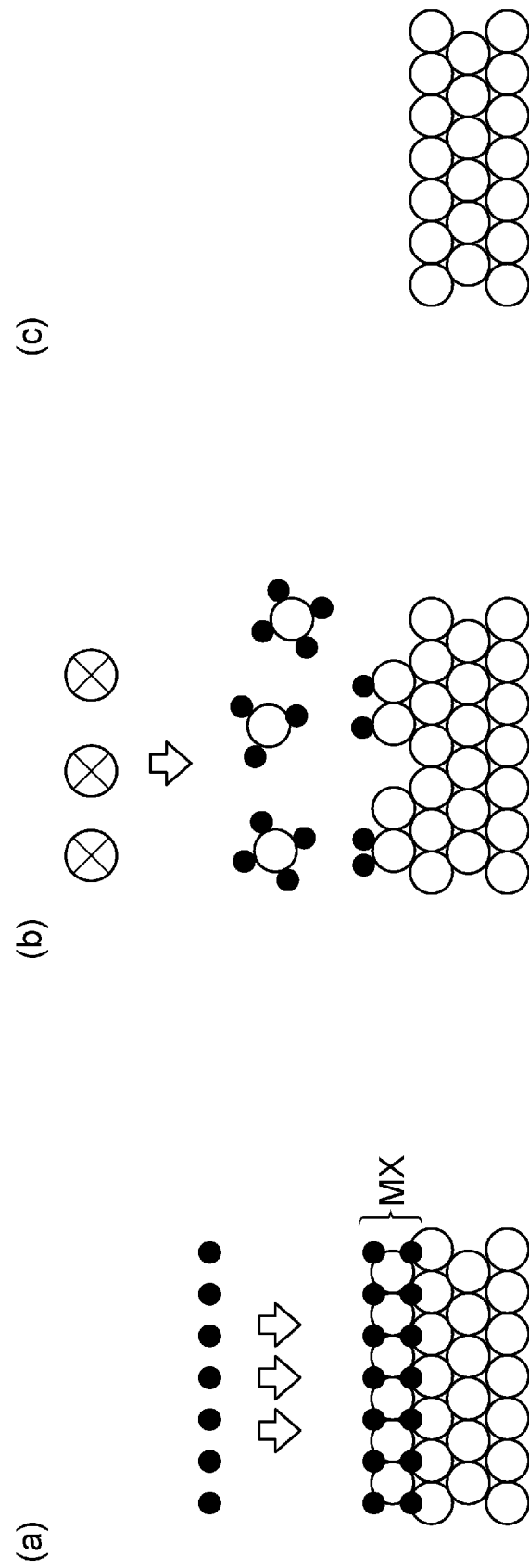
[図3]



[図4]



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/039772

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L21/3065 (2006.01) i, H05H1/46 (2006.01) i

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)

Int.Cl. H01L21/3065, H05H1/46

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	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

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 A	JP 2016-127285 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 11 July 2016, claim 18, paragraphs [0040]-[0047], [0050], [0061], fig. 4, 5A-5D & US 2016/0196969 A1, claim 18, paragraphs [0042]-[0049], [0052], [0064] & CN 105762072 A & KR 10-2016-0084812 A & TW 201635383 A	1 2-5



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

“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

10 January 2018

Date of mailing of the international search report

23 January 2018

Name and mailing address of the ISA/

Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/039772

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2001-210627 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 03 August 2001, entire text, all drawings & US 2002/0061654 A1	1-5
A	JP 2016-015382 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 28 January 2016, entire text, all drawings & US 2016/0005621 A1 & CN 105244270 A & KR 10-2016-0004206 A & TW 201621999 A	1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/3065(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

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))

Int.Cl. H01L21/3065, H05H1/46

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 A	JP 2016-127285 A (ラム リサーチ コーポレーション) 2016.07.11, [請求項 18], 段落[0040]-[0047], [0050], [0061], 図 4, 5A-5D & US 2016/0196969 A1, [請求項 18], 段落[0042]-[0049], [0052], [0064] & CN 105762072 A & KR 10-2016-0084812 A & TW 201635383 A	1 2-5

☒ 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、一般的技術水準を示すもの
「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矛盾するものではなく、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

10.01.2018

国際調査報告の発送日

23.01.2018

国際調査機関の名称及びあて先

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

特許庁審査官 (権限のある職員)

長谷川 直也

50

4549

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

C (続き) . 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	JP 2001-210627 A (松下電器産業株式会社) 2001.08.03, 全文, 全図 & US 2002/0061654 A1	1-5
A	JP 2016-015382 A (東京エレクトロン株式会社) 2016.01.28, 全文, 全図 & US 2016/0005621 A1 & CN 105244270 A & KR 10-2016-0004206 A & TW 201621999 A	1-5