

(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
2017年11月30日(30.11.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/204159 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/316 (2006.01)
H01L 21/31 (2006.01)

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).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/019024

(22) 国際出願日: 2017年5月22日(22.05.2017)

(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 2016-104414 2016年5月25日(25.05.2016) 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).

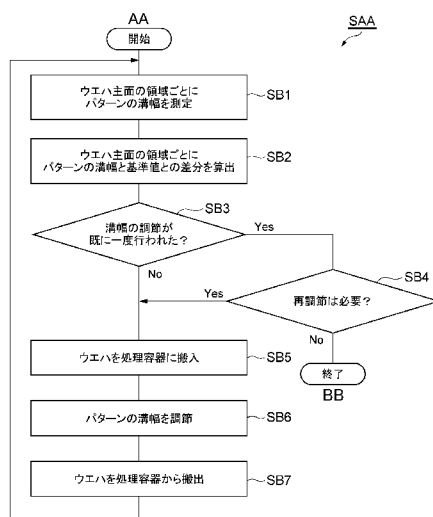
(72) 発明者: 木 原 嘉 英 (KIHARA Yoshihide);
〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ
1 番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi
(JP). 久松 亨 (HISAMATSU Toru); 〒9813629
宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ 1 番 東京
エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP). 本

(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
(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, 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,

(54) Title: METHOD FOR PROCESSING OBJECT TO BE PROCESSED

(54) 発明の名称: 被処理体を処理する方法



SB1 Measure pattern groove width in each area on wafer main surface
SB2 Calculate difference between groove width and reference value for patterns in each area on wafer main surface
SB3 Has groove width already been adjusted once?
SB4 Is readjustment needed?
SB5 Carry wafer into processing container
SB6 Adjust pattern groove width
SB7 Carry wafer out of processing container
AA Start
BB End

(57) Abstract: In a method MT according to one embodiment, before etching a layer to be processed J1 of a wafer W to be processed, a main surface J11 of the layer to be processed J1 is divided into a plurality of areas ER, then, in a step SB2, the difference value between the groove width of a mask J2 provided on the layer to be processed J1 and a reference value for said groove width is calculated for each of the plurality of areas ER, in a step SB6, correspondence data DT indicating correspondences between the temperature of the layer to be processed J1 and the thickness of a formed film is used to adjust the temperature of the layer to be processed J1 so as to attain the necessary temperature for forming a film having a thickness corresponding to the difference values in each of the areas ER, and then a film formation process similar to the ALD method is used to form a film on the mask J2 in each atomic layer, and a film J3 having a thickness corresponding to the difference value is formed on the mask J2 so as to correct the groove widths in each of the areas ER to the reference values.

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))

(57) 要約: 一実施形態の方法MTでは、処理対象のウエハWの被処理層J1のエッチングの前に、被処理層J1の主面J11を複数の領域ERに区分けしたうえで、工程SB2で被処理層J1上に設けられたマスクJ2の溝幅と当該溝幅の基準値との差分値を複数の領域ERごとに算出し、工程SB6で、被処理層J1の温度と形成する膜の膜厚との対応を示す対応データDTを用いて複数の領域ERごとに差分値に対応する膜厚の膜の形成に必要な温度となるように被処理層J1の温度を調節したうえで、ALD法と同様の膜形成処理を用いてマスクJ2に膜を原子層ごとに形成して、差分値に対応する膜厚の膜J3をマスクJ2に形成して複数の領域ERごとに溝幅を基準値に補正する。

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] 半導体デバイスといった電子デバイスの製造プロセスでは、被処理層上にマスクを形成し、当該マスクのパターンを当該被処理層に転写するためにエッチングが行われる。マスクとしては、一般的に、レジストマスクが用いられる。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る。従って、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限界や、パターン密度等によって影響を受けるが、近年では、電子デバイスの高集積化に伴い、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。

[0003] 特許文献1に開示されている微細パターン形成方法では、微細パターンを形成しようとする物質膜上にフォトレジストパターンを形成し、その上にシリコン酸化膜を蒸着するが、下部のフォトレジストパターンに損傷を加えずにコンフォーマルに薄く形成しなければならない。さらにこの後に、下部膜に対してドライエッチングを実施するが、初期にはフォトレジストパターンの側壁にスペーサを形成し、次にフォトレジストパターン上にポリマー膜を形成する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 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

[0005] レジストマスクの解像限界よりも小さな寸法をもったパターンを形成する場合、パターンの溝の高詳細な最小線幅（CD：Critical Dimension）の制御が要求される。パターンが詳細であるほど、最小線幅のバラツキの影響が大きくなる。従って、被処理体上のパターン形成においては、高集積化に伴う微細化のために、高精度の最小線幅のバラツキを抑制する方法の実現が必要となる。

課題を解決するための手段

[0006] 一態様においては、被処理体进行处理する方法が提供される。被処理体は、被処理層と被処理層の主面に設けられたマスクとを備える。この方法は、マスクのパターンの溝幅を調節する第1の工程と、第1の工程の実行後に、マスクを用いて被処理層をエッチングする第2の工程と、を備える。主面は、当該方法において複数の領域に区分けされており、第1の工程は、溝幅の値を当該方法において区分けされた複数の領域ごとに測定する第3の工程と、第3の工程の実行後に、第3の工程で測定された溝幅の値から溝幅の基準値を差し引いた正の差分値を、複数の領域ごとに算出する第4の工程と、第4の工程の実行後に、第4の工程で算出された複数の領域ごとの差分値の膜厚の膜を、プラズマ処理装置の処理容器内に搬入された被処理体のマスクの表面に形成する第5の工程と、を備える。第5の工程は、処理容器内に第1のガスを供給する第6の工程と、第6の工程の実行後に、処理容器内をパージする第7の工程と、第7の工程の実行後に、処理容器内で第2のガスのプラズマを生成する第8の工程と、第8の工程の実行後に、処理容器内をパージする第9の工程と、を含むシーケンスを繰り返し実行する膜形成処理において被処理層の温度と被処理層上のマスクの表面に堆積する膜の膜厚との対応を示す予め取得された対応データと、第4の工程において複数の領域ごとに算出された差分値に対応する膜厚とを用いて、複数の領域ごとに、処理容器内に搬入された被処理体の被処理層の温度を調節する第10の工程と、第10

の工程の実行後に、膜形成処理を実行して、被処理層上のマスクの表面に膜を形成する第 11 の工程と、を備える。第 6 の工程で要する処理時間は、第 6 の工程において被処理層上のマスクの表面に堆積する膜の膜厚が被処理層の温度の高低に応じて増減する状態となる時間内にあり、第 1 のガスは、アミノシラン系ガスを含み、第 2 のガスは、酸素原子および炭素原子を含有するガスを含むことができる。

[0007] 上記方法では、被処理層をエッチングする第 2 の工程の前に、マスクのパターンの溝幅を調節する第 1 の工程を実施する。第 1 の工程では、被処理層の主面を複数の領域に区分けし、第 3 の工程および第 4 の工程ではマスクの溝幅と当該溝幅の基準値との差分値を複数の領域ごとに算出し、第 5 の工程では当該差分値に対応する膜厚の膜をマスクに形成して複数の領域ごとにマスクの溝幅を当該基準値に補正する。第 5 の工程では、第 6 の工程～第 9 の工程を繰り返し実行する膜形成処理を用いて A L D (Atomic Layer Deposition) 法と同様の方法によってマスクに膜を原子層ごとに高詳細に形成する。膜形成処理で形成される膜の膜厚は被処理層の温度に応じて異なるので、第 10 の工程では、被処理層の温度と形成する膜の膜厚との対応を示す対応データを用いて、複数の領域ごとに、第 4 の工程で算出した差分値に対応する膜厚の膜の形成に必要な温度となるように、被処理層の温度を調節する。このように、第 2 の工程で行うエッチングの前に、被処理層の主面の複数の領域ごとに、マスクの溝の補正量に対応する膜厚が決定され、当該膜厚の形成に必要な被処理層の温度が対応データを用いて決定され、複数の領域ごとに決定された温度で被処理層の温度が調節された状態で、A L D 法と同様の膜形成処理が行われるので、マスクのパターンのバラつきが被処理層の主面の複数の領域ごとに詳細且つ十分に抑制され得る。

[0008] 一実施形態では、第 10 の工程は、処理容器内に搬入された被処理体の被処理層における複数の領域ごとの温度が、第 4 の工程において複数の領域ごとに算出された差分値の膜厚に対応する温度となるように、複数の領域ごとに被処理層の温度を、対応データに基づいて調節する。

[0009] 一実施形態では、第5の工程は、複数の領域によらずにマスクの表面に対しコンフォーマルに膜を形成する第12の工程を備え、第10の工程は、処理容器内に搬入された被処理体の被処理層における複数の領域ごとの温度が、第4の工程において複数の領域ごとに算出された差分値の膜厚から第12の工程でコンフォーマルに形成される膜の膜厚を差し引いた値に対応する温度となるように、複数の領域ごとに被処理層の温度を対応データに基づいて調節し、第12の工程は、第10の工程の前または膜形成処理の後に行われる。このように、複数の領域ごとの膜厚のうち共通の膜厚については、複数の領域ごとに行う被処理層の温度の調節を経ずに、部分的に膜の形成が可能となる。

[0010] 一実施形態では、第1の工程は、第5の工程の実行後に第3の工程および第4の工程を再実行し、この再実行によって第4の工程で算出された差分値が予め設定された基準範囲を満たさない場合に、第5の工程を再実行する。このように、第5の工程によって膜の形成を行った後に、マスクの溝幅の差分値を再度算出して差分値が基準範囲にあるか否かを判定し、差分値が基準範囲にない場合には、膜の形成を再度行うので、マスクの溝幅のバラつきがさらに十分に抑制され得る。

[0011] 一実施形態では、第1のガスのアミノシラン系ガスは、1～3個のケイ素原子を有するアミノシランを含み得る。第1のガスのアミノシラン系ガスは、1～3個のアミノ基を有するアミノシランを含み得る。このように第1のガスのアミノシラン系ガスには、1～3個のケイ素原子を含むアミノシランを用いることができる。また、第1のガスのアミノシラン系ガスには、1～3個のアミノ基を含むアミノシランを用いることができる。

発明の効果

[0012] 以上説明したように、被処理体上のパターン形成において、高精度の最小線幅のバラつきを抑制する方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、一実施形態に係る被処理体を処理する方法を示す流図である。

[図2]図2は、図1に示す方法の適用対象である被処理体を例示する断面図である。

[図3]図3は、図1に示す方法の実施に用いることが可能な処理システムの一例を示す図である。

[図4]図4は、図3に示す処理システムが備えることが可能なプラズマ処理装置の一例を示す図である。

[図5]図5は、図1に示す方法に含まれ得る工程であって、エッチング前のパターンの溝幅の調節処理の工程の一例を示す流図である。

[図6]図6は、(a)部および(b)部を備え、図6の(a)部は、図5に示す工程の実施前の被処理体の状態を示す断面図であり、図6の(b)部は、図5に示す工程の実施後の被処理体の状態を示す断面図である。

[図7]図7は、一実施形態に係る被処理体を処理する方法において区分けされた被処理体の主面の複数の領域の一部を、一例として模式的に示す図である。

[図8]図8は、図5に示す工程の一部の工程であって、パターンの溝幅を調節する工程の一例を示す流図である。

[図9]図9は、図8に示す工程に含まれ得る工程であって、被処理体の主面で均一な膜を形成する工程の一例を示す流図である。

[図10]図10は、(a)部、(b)部、および(c)部を備え、図10の(a)部は、例えば、図8および図9のそれぞれに示すシーケンスの実行前の被処理体の状態を模式的に示す図であり、図10の(b)部は、図8および図9のそれぞれに示すシーケンスの実行中の被処理体の状態を模式的に示す図であり、図10の(c)部は、図8および図9のそれぞれに示すシーケンスの実行後の被処理体の状態を模式的に示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 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。

[0015] 図1は、一実施形態に係る被処理体を処理する方法を示す流図である。図1

に示す方法MTは、被処理体を処理する方法の一実施形態である。図2は、図1に示す方法MTの適用対象である被処理体（以下、ウエハWという）を例示する断面図である。図2に示すウエハWは、基板BA、被エッチング層EL2、被エッチング層EL1、有機膜OL、反射防止膜AL、および、マスクMKを有している。

[0016] 被エッチング層EL2は、基板BA上に設けられている。被エッチング層EL1は、被エッチング層EL2上に設けられている。被エッチング層EL1および被エッチング層EL2は、シリコンを含有する層であり、例えば、アモルファスシリコン層または多結晶シリコン層である。有機膜OLは、有機材料から構成された膜であり、被エッチング層EL1上に設けられている。反射防止膜ALは、Si含有反射防止膜であり、有機膜OL上に設けられている。マスクMKは、反射防止膜AL上であって、ウエハWの主面FWに設けられている。マスクMKは、有機材料から構成されたマスクであり、例えば、レジストマスクである。マスクMKには、開口を提供するパターンがフォトリソグラフィによって形成されている。

[0017] 方法MT（被処理体を処理する方法）は、プラズマ処理装置を有する処理システムによって実行される。図3は、図1に示す方法MTの実施に用いることが可能な処理システムの一例を示す図である。図3に示す処理システム1は、制御部Cnt、台122a、台122b、台122c、台122d、収容容器124a、収容容器124b、収容容器124c、収容容器124d、ロードモジュールLM、ロードロックチャンバLL1、ロードロックチャンバLL2、トランスファーチャンバ121、プラズマ処理装置10を備えている。

[0018] 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、処理システム1の後述する各部を制御する。制御部Cntは、搬送ロボットRb1、搬送ロボットRb2、光学観察装置OC、プラズマ処理装置10等に接続されており、更に、後述する図4に示すプラズマ処理装置10においては、バルブ群42、流量制御器群44、排気装置50、

第1の高周波電源62、整合器66、第2の高周波電源64、整合器68、電源70、ヒータ電源HP、チラーユニット等に接続されている。

[0019] 制御部Cntは、方法MTの各工程において処理システム1の各部を制御するためのコンピュータプログラム（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り、処理システム1の各部、例えば、搬送ロボットRb1、Rb2、光学観察装置OC、および、プラズマ処理装置10の各部を制御する。図4に示すプラズマ処理装置10においては、制御部Cntからの制御信号により、ガスソース群40から供給されるガスの選択および流量、排気装置50の排気、第1の高周波電源62および第2の高周波電源64からの電力供給、電源70からの電圧印加、ヒータ電源HPの電力供給、チラーユニットからの冷媒流量および冷媒温度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MTの各工程は、制御部Cntによる制御によって処理システム1の各部を動作させることによって実行され得る。制御部Cntの記憶部には、方法MTを実行するためのコンピュータプログラム、および、方法MTの実行に用いられる各種のデータ（例えば、後述する対応データDT）が、読出し自在に格納されている。

[0020] 台122a～122dは、ローダモジュールLMの一縁に沿って配列されている。台122a～122dのそれぞれの上には、収容容器124a～124dがそれぞれ設けられている。収容容器124a～124d内には、ウエハWが収容され得る。

[0021] ロータモジュールLM内には、搬送ロボットRb1が設けられている。搬送ロボットRb1は、収容容器124a～124dの何れかに収容されているウエハWを取り出して、ウエハWを、ロードロックチャンバLL1またはLL2に搬送する。

[0022] ロードロックチャンバLL1およびLL2は、ローダモジュールLMの別の一縁に沿って設けられており、ローダモジュールLMに接続されている。ロードロックチャンバLL1およびLL2は、予備減圧室を構成している。ロ

ードロックチャンバ $L L 1$ および $L L 2$ は、トランスファーチャンバ $1 2 1$ にそれぞれ接続されている。

[0023] トランスファーチャンバ $1 2 1$ は、減圧可能なチャンバであり、トランスファーチャンバ $1 2 1$ 内には搬送ロボット $R b 2$ が設けられている。トランスファーチャンバ $1 2 1$ には、プラズマ処理装置 $1 0$ が接続されている。搬送ロボット $R b 2$ は、ロードロックチャンバ $L L 1$ またはロードロックチャンバ $L L 2$ からウエハ W を取り出して、当該ウエハ W をプラズマ処理装置 $1 0$ に搬送する。

[0024] 処理システム 1 は、光学観察装置 $O C$ を備える。ウエハ W は、搬送ロボット $R b 1$ および搬送ロボット $R b 2$ によって、光学観察装置 $O C$ とプラズマ処理装置 $1 0$ との間で移動され得る。搬送ロボット $R b 1$ によってウエハ W が光学観察装置 $O C$ 内に收容され、光学観察装置 $O C$ 内においてウエハ W の位置合わせが行われた後に、光学観察装置 $O C$ は、ウエハ W のマスク（例えばマスク $M K$ 等）のパターンの溝幅を測定し、測定結果を制御部 $C n t$ に送信する。光学観察装置 $O C$ では、主面 $F W$ の複数の領域 $E R$ （後述）ごとに、マスクのパターンの溝幅が測定され得る。

[0025] 図 4 は、図 3 に示す処理システムが備えることが可能なプラズマ処理装置の一例を示す図である。図 4 には、被処理体を処理する方法 $M T$ の種々の実施形態で利用可能なプラズマ処理装置 $1 0$ の断面構造が概略的に示されている。

[0026] 図 4 に示すように、プラズマ処理装置 $1 0$ は、平行平板の電極を備えるプラズマエッチング装置であり、処理容器 $1 2$ を備えている。処理容器 $1 2$ は、略円筒形状を有しており、処理空間 $S p$ を画定する。処理容器 $1 2$ は、例えば、アルミニウムから構成されており、その内壁面には陽極酸化処理が施されている。処理容器 $1 2$ は保安接地されている。

[0027] 処理容器 $1 2$ の底部上には、略円筒状の支持部 $1 4$ が設けられている。支持部 $1 4$ は、例えば、絶縁材料から構成されている。支持部 $1 4$ 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 $1 4$ は、処理容器 $1 2$ 内に

において、処理容器 1 2 の底部から鉛直方向に延在している。処理容器 1 2 内には、載置台 P D が設けられている。載置台 P D は、支持部 1 4 によって支持されている。

[0028] 載置台 P D は、載置台 P D の上面においてウエハ W を保持する。ウエハ W の主面 F W は、載置台 P D の上面に接触するウエハ W の裏面の反対側にあり、上部電極 3 0 に向いている。載置台 P D は、下部電極 L E および静電チャック E S C を有している。下部電極 L E は、第 1 プレート 1 8 a および第 2 プレート 1 8 b を含んでいる。第 1 プレート 1 8 a および第 2 プレート 1 8 b は、例えばアルミニウムといった金属から構成されており、略円盤形状をなしている。第 2 プレート 1 8 b は、第 1 プレート 1 8 a 上に設けられており、第 1 プレート 1 8 a に電氣的に接続されている。

[0029] 第 2 プレート 1 8 b 上には、静電チャック E S C が設けられている。静電チャック E S C は、導電膜である電極を、一对の絶縁層の間または一对の絶縁シートの上に配置した構造を有している。静電チャック E S C の電極には、直流電源 2 2 がスイッチ 2 3 を介して電氣的に接続されている。ウエハ W は、載置台 P D に載置されている場合に、静電チャック E S C に接する。ウエハ W の裏面（主面 F W の反対側の面）は、静電チャック E S C に接する。静電チャック E S C は、直流電源 2 2 からの直流電圧により生じるクーロン力等の静電力によりウエハ W を吸着する。これにより、静電チャック E S C は、ウエハ W を保持することができる。

[0030] 第 2 プレート 1 8 b の周縁部上には、ウエハ W のエッジおよび静電チャック E S C を囲むようにフォーカスリング F R が配置されている。フォーカスリング F R は、エッチングの均一性を向上させるために設けられている。フォーカスリング F R 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。

[0031] 第 2 プレート 1 8 b の内部には、冷媒流路 2 4 が設けられている。冷媒流路 2 4 は、温調機構を構成している。冷媒流路 2 4 には、処理容器 1 2 の外部に設けられたチラーユニット（図示略）から配管 2 6 a 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によって支持されたウエハWの温度が制御され得る。

[0032] プラズマ処理装置10には、ガス供給ライン28が設けられている。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。

[0033] プラズマ処理装置10には、ウエハWの温度を調節する温度調節部HTが設けられている。温度調節部HTは、静電チャックESCに内蔵されている。温度調節部HTには、ヒータ電源HPが接続されている。ヒータ電源HPから温度調節部HTに電力が供給されることにより、静電チャックESCの温度が調整され、静電チャックESC上に載置されるウエハWの温度が調整されるようになっている。なお、温度調節部HTは、第2プレート18b内に埋め込まれていることもできる。

[0034] 温度調節部HTは、熱を発する複数の加熱素子と、当該複数の加熱素子のそれぞれの周囲の温度をそれぞれ検出する複数の温度センサとを備える。複数の加熱素子のそれぞれは、ウエハWが静電チャックESC上に位置合わせされて載置されている場合に、ウエハWの主面FWの複数の領域ER（後述）ごとに、設けられている。制御部Cntは、ウエハWが静電チャックESC上に位置合わせされて載置されている場合に、ウエハWの主面FWの複数の領域ERのそれぞれに対応する加熱素子および温度センサを領域ERと関連付けて認識する。制御部Cntは、領域ERと、この領域ERに対応する加熱素子および温度センサとを、複数の領域ごと（複数の領域ERごと）に、例えば数字や文字等の番号等によって、識別し得る。制御部Cntは、一の領域ERの温度を、当該一の領域ERに対応する箇所に設けられた温度センサによって検出し、当該一の領域ERに対する温度調節を、当該一の領域ERに対応する箇所に設けられた加熱素子によって行う。なお、ウエハWが静電チャックESC上に載置されている場合に一の温度センサによって検出さ

れる温度は、ウエハWのうち当該温度センサ上の領域E Rの温度（より具体的には、後述の被処理層J 1における領域E Rの温度）と同様である。

[0035] プラズマ処理装置1 0は、上部電極3 0を備えている。上部電極3 0は、載置台P Dの上方において、載置台P Dと対向配置されている。下部電極L Eと上部電極3 0とは、互いに略平行に設けられており、平行平板電極を構成する。上部電極3 0と下部電極L Eとの間には、ウエハWにプラズマ処理を行うための処理空間S pが提供されている。

[0036] 上部電極3 0は、絶縁性遮蔽部材3 2を介して、処理容器1 2の上部に支持されている。絶縁性遮蔽部材3 2は、絶縁材料から構成されており、例えば、石英のように酸素を含み得る。上部電極3 0は、電極板3 4および電極支持体3 6を含み得る。電極板3 4は処理空間S pに面しており、電極板3 4には複数のガス吐出孔3 4 aが設けられている。電極板3 4は、一実施形態では、シリコンを含有する。別の実施形態では、電極板3 4は、酸化シリコンを含有し得る。

[0037] 電極支持体3 6は、電極板3 4を着脱自在に支持するものであり、例えばアルミニウムといった導電性材料から構成され得る。電極支持体3 6は、水冷構造を有し得る。電極支持体3 6の内部には、ガス拡散室3 6 aが設けられている。ガス拡散室3 6 aからは、ガス吐出孔3 4 aに連通する複数のガス通流孔3 6 bが下方に延びている。電極支持体3 6には、ガス拡散室3 6 aに処理ガスを導くガス導入口3 6 cが形成されており、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。

[0038] ガス供給管3 8には、バルブ群4 2および流量制御器群4 4を介して、ガスソース群4 0が接続されている。ガスソース群4 0は、複数のガスソースを有している。複数のガスソースは、有機含有されたアミノシラン系ガスのソース、フルオロカーボン系ガス（ C_xF_y ガス（ x 、 y は1～10の整数））のソース、酸素原子および炭素原子を有するガス（例えば二酸化炭素ガス等）のソース、窒素ガスのソース、水素ガスのソース、および、希ガスのソースを含み得る。アミノシラン系ガスとして、アミノ基の数が比較的少ない

分子構造のものが用いられることができ、例えば、モノアミノシラン ($\text{H}_3\text{—Si—R}$ (Rは有機を含んでおり置換されていても良いアミノ基)) が用いられ得る。上記のアミノシラン系ガス (後述の第1のガスG1に含まれるガス) は、1～3個のケイ素原子を有し得るアミノシランを含むことができ、または、1～3個のアミノ基を有するアミノシランを含むことができる。1～3個のケイ素原子を有するアミノシランは、1～3個のアミノ基を有するモノシラン (モノアミノシラン)、1～3個のアミノ基を有するジシラン、または、1～3個のアミノ基を有するトリシランであり得る。さらに、上記のアミノシランは、置換されていてもよいアミノ基を有し得る。さらに、上記のアミノ基は、メチル基、エチル基、プロピル基、および、ブチル基の何れかによって置換され得る。さらに、上記のメチル基、エチル基、プロピル基、または、ブチル基は、ハロゲンによって置換され得る。フルオロカーボン系ガスとしては、 CF_4 ガス、 C_4F_6 ガス、 C_4F_8 ガスといった任意のフルオロカーボン系ガスが用いられ得る。希ガスとしては、Arガス、Heガスといった任意の希ガスが用いられ得る。

[0039] バルブ群42は複数のバルブを含んでおり、流量制御器群44はマスフローコントローラといった複数の流量制御器を含んでいる。ガスソース群40の複数のガスソースのそれぞれは、バルブ群42の対応のバルブおよび流量制御器群44の対応の流量制御器を介して、ガス供給管38に接続されている。したがって、プラズマ処理装置10は、ガスソース群40の複数のガスソースのうち選択された一以上のガスソースからのガスを、個別に調整された流量で、処理容器12内に供給することが可能である。

[0040] プラズマ処理装置10では、処理容器12の内壁に沿ってデポシールド46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12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。

- [0041] 処理容器 1 2 の底部側、且つ、支持部 1 4 と処理容器 1 2 の側壁との間には排気プレート 4 8 が設けられている。排気プレート 4 8 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り構成され得る。排気プレート 4 8 の下方、且つ、処理容器 1 2 には、排気口 1 2 e が設けられている。排気口 1 2 e には、排気管 5 2 を介して排気装置 5 0 が接続されている。排気装置 5 0 は、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、処理容器 1 2 内の空間を所望の真空度まで減圧することができる。処理容器 1 2 の側壁にはウエハ W の搬入出口 1 2 g が設けられており、搬入出口 1 2 g はゲートバルブ 5 4 により開閉可能となっている。
- [0042] プラズマ処理装置 1 0 は、第 1 の高周波電源 6 2 および第 2 の高周波電源 6 4 を更に備えている。第 1 の高周波電源 6 2 は、プラズマ生成用の第 1 の高周波電力を発生する電源であり、 $27 \sim 100$ [MHz] の周波数、一例においては 60 [MHz] の高周波電力を発生する。また、第 1 の高周波電源 6 2 は、パルス仕様を備えており、周波数 $5 \sim 10$ [kHz]、Duty $50 \sim 100\%$ で制御可能である。第 1 の高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して上部電極 3 0 に接続されている。整合器 6 6 は、第 1 の高周波電源 6 2 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 L E 側）の入力インピーダンスを整合させるための回路である。なお、第 1 の高周波電源 6 2 は、整合器 6 6 を介して下部電極 L E に接続されていてもよい。
- [0043] 第 2 の高周波電源 6 4 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 13.56 [MHz] の周波数の高周波バイアス電力を発生する。また、第 2 の高周波電源 6 4 は、パルス仕様を備えており、周波数 $5 \sim 40$ [kHz]、Duty $20 \sim 100\%$ で制御可能である。第 2 の高周波電源 6 4 は、整合器 6 8 を介して下部電極 L E に接続されている。整合器 6 8 は、第 2 の高周波電源 6 4 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 L E 側）の入力インピーダンスを整合させるための回路である。

[0044] プラズマ処理装置 10 は、電源 70 を更に備えている。電源 70 は、上部電極 30 に接続されている。電源 70 は、処理空間 Sp 内に存在する正イオンを電極板 34 に引き込むための電圧を、上部電極 30 に印加する。一例においては、電源 70 は、負の直流電圧を発生する直流電源である。このような電圧が電源 70 から上部電極 30 に印加されると、処理空間 Sp に存在する正イオンが、電極板 34 に衝突する。これにより、電極板 34 から二次電子および／またはシリコンが放出される。

[0045] 以下、図 1、図 5、図 8、図 9 を参照し、プラズマ処理装置 10 を備える処理システム 1 において実施される形態を例にとって、方法 MT について詳細に説明する。なお、方法 MT は、処理システム 1 とは異なる処理システムにおいて実施されることも可能であり、そのような処理システムは、プラズマ処理装置 10 以外のプラズマ処理装置を備えることが可能である。

[0046] まず、図 1 に示す方法 MT は、工程 SA1 ～ SA4 を備える。工程 SA1 は、図 2 に示すマスク MK を用いて反射防止膜 AL をエッチングする工程 SA11（第 2 の工程）を備える。工程 SA1 に引き続く工程 SA2 は、工程 SA11 において行われるエッチングによって反射防止膜 AL から形成されるマスクを用いて有機膜 OL をエッチングする工程 SA21（第 2 の工程）を備える。工程 SA2 に引き続く工程 SA3 は、工程 SA21 において行われるエッチングによって有機膜 OL から形成されるマスクを用いて被エッチング層 EL1 をエッチングする工程 SA31 と、工程 SA31 の後に、有機膜 OL から形成されるマスクをアッシングして除去する工程 SA32 とを備える。工程 SA3 に引き続く工程 SA4 は、工程 SA31 において行われるエッチングによって被エッチング層 EL1 から形成されるマスクを用いて被エッチング層 EL2 をエッチングする工程 SA41 を備える。

[0047] 工程 SA11 では、反射防止膜 AL をエッチングする。具体的には、ガスソース群 40 の複数のガスソースのうち選択したガスソースから、フルオロカーボンガスを含む処理ガスを処理容器 12 内に供給する。そして、第 1 の高周波電源 62 から高周波電力を供給する。第 2 の高周波電源 64 から高周波

バイアス電力を供給する。排気装置 50 を動作させることによって、処理容器 12 内の圧力を所定の圧力に設定する。以上のようにして、フルオロカーボンガスのプラズマが処理容器 12 の処理空間 S p 内で生成される。生成されたプラズマ中のフッ素を含む活性種は、反射防止膜 A L の全領域のうちマスク M K から露出した領域をエッチングする。この反射防止膜 A L のエッチングによって、有機膜 O L に対するエッチングに用いられるマスクが反射防止膜 A L から形成される。

[0048] 工程 S A 2 1 では、有機膜 O L をエッチングする。具体的には、ガスソース群 40 の複数のガスソースのうち選択したガスソースから、窒素ガスと水素ガスとを含む処理ガスを処理容器 12 内に供給する。そして、第 1 の高周波電源 62 から高周波電力を供給する。第 2 の高周波電源 64 から高周波バイアス電力を供給する。排気装置 50 を動作させることによって、処理容器 12 内の圧力を所定の圧力に設定する。以上のようにして、窒素ガスと水素ガスとを含む処理ガスのプラズマが処理容器 12 の処理空間 S p 内で生成される。生成されたプラズマ中の水素の活性種である水素ラジカルは、有機膜 O L の全領域のうち、工程 S A 1 1 で反射防止膜 A L から形成されたマスクから露出した領域をエッチングする。この有機膜 O L のエッチングによって、被エッチング層 E L 1 に対するエッチングに用いられるマスクが有機膜 O L から形成される。なお、有機膜 O L をエッチングするガスとしては、酸素を含む処理ガスを用いてもよい。

[0049] 工程 S A 2 に引き続く工程 S A 3 の工程 S A 3 1 では、被エッチング層 E L 1 をエッチングする。具体的には、ガスソース群 40 の複数のガスソースのうち選択したガスソースから、処理ガスを処理容器 12 内に供給する。処理ガスは、被エッチング層 E L 1 を構成する材料に応じて適宜選択され得る。例えば、被エッチング層 E L 1 が酸化シリコンから構成されている場合には、処理ガスは、フルオロカーボンガスを含み得る。そして、第 1 の高周波電源 62 から高周波電力を供給する。第 2 の高周波電源 64 から高周波バイアス電力を供給する。排気装置 50 を動作させることによって、処理容器 12

内の圧力を所定の圧力に設定する。これによって、プラズマが生成される。生成されたプラズマ中の活性種は、被エッチング層E L 1の全領域のうち、工程S A 2 1において行われたエッチングによって有機膜O Lから形成されたマスクから露出した領域をエッチングする。工程S A 3 1の後に、工程S A 3 2では、有機膜O Lから工程S A 2 1で形成されたマスクをアッシングする。具体的には、ガスソース群4 0の複数のガスソースのうち選択したガスソースから、処理ガスを処理容器1 2内に供給する。処理ガスは、酸素ガス及び酸素原子を含み得る。そして、第1の高周波電源6 2から高周波電力を供給する。第2の高周波電源6 4から高周波バイアス電力を供給する。排気装置5 0を動作させることによって、処理容器1 2内の圧力を所定の圧力に設定する。これによって、プラズマが生成される。生成されたプラズマ中の活性種は、有機膜O Lから工程S A 2 1で形成されたマスクをアッシングする。なお、有機膜O Lから工程S A 2 1で形成されたマスクをアッシングするガスとしては、窒素ガスと水素ガスとを含む処理ガスが用いられ得る。

[0050] 工程S A 3に引き続く工程S A 4の工程S A 4 1では、被エッチング層E L 2をエッチングする。具体的には、ガスソース群4 0の複数のガスソースのうち選択したガスソースから、処理ガスを処理容器1 2内に供給する。処理ガスは、被エッチング層E L 2を構成する材料に応じて適宜選択され得る。例えば、被エッチング層E L 2がアモルファスシリコンから構成されている場合には、処理ガスは、ハロゲン系のガスを含み得る。そして、第1の高周波電源6 2から高周波電力を供給する。第2の高周波電源6 4から高周波バイアス電力を供給する。排気装置5 0を動作させることによって、処理容器1 2内の圧力を所定の圧力に設定する。これによって、プラズマが生成される。生成されたプラズマ中の活性種は、被エッチング層E L 2の全領域のうち、工程S A 3 1, S A 3 2において行われたエッチングおよびアッシングによって被エッチング層E L 1から形成されたマスクから露出した領域をエッチングする。

[0051] 工程S A 1、工程S A 2、工程S A 3、および工程S A 4は、エッチング前

のパターンの溝幅の調節処理を行う工程 S A A（第 1 の工程）を備え得る。工程 S A A では、エッチング前において、エッチングで用いるマスクのパターンの溝幅を調節する。工程 S A A は、工程 S A 1 で行われる場合には工程 S A 1 1 の前に行われる。工程 S A A は、工程 S A 2 で行われる場合には工程 S A 2 1 の前に行われる。工程 S A A は、工程 S A 3 で行われる場合には工程 S A 3 1 の前に行われる。工程 S A A は、工程 S A 4 で行われる場合には工程 S A 4 1 の前に行われる。

[0052] 工程 S A A の処理対象（すなわち、後述の図 5 に示す工程の処理対象）であるウエハ W の状態を、図 6 の（a）部に示す。図 6 の（a）部は、図 5 に示す工程（工程 S A A）の実施前のウエハ W の状態を示す断面図である。図 6 の（a）部に示すウエハ W は、被処理層 J 1 と、マスク J 2 とを備える。マスク J 2 は、被処理層 J 1 の主面 J 1 1（マスク J 2 がマスク M K に対応する場合には、主面 J 1 1 はウエハ W の主面 F W に対応する）に設けられる。

[0053] 図 1 に示す工程 S A A が反射防止膜 A L をエッチングする工程 S A 1 で実行される場合、被処理層 J 1 は反射防止膜 A L であり、マスク J 2 はマスク M K である。工程 S A 1 1 は、工程 S A A の実行後に、溝幅の調節処理が行われたマスクを用いて被処理層 J 1 をエッチングする。

[0054] 図 1 に示す工程 S A A が有機膜 O L をエッチングする工程 S A 2 で実行される場合、被処理層 J 1 は有機膜 O L であり、マスク J 2 は工程 S A 1 1 において行われるエッチングによって反射防止膜 A L から形成されるマスクである。工程 S A 2 1 は、工程 S A A の実行後に、溝幅の調節処理が行われたマスクを用いて被処理層 J 1 をエッチングする。

[0055] 図 1 に示す工程 S A A が被エッチング層 E L 1 をエッチングする工程 S A 3 で実行される場合、被処理層 J 1 は被エッチング層 E L 1 であり、マスク J 2 は工程 S A 2 1 において行われるエッチングによって有機膜 O L から形成されるマスクである。工程 S A 3 1 は、工程 S A A の実行後に、溝幅の調節処理が行われたマスクを用いて被処理層 J 1 をエッチングする。

[0056] 図 1 に示す工程 S A A が被エッチング層 E L 2 をエッチングする工程 S A 4

で実行される場合、被処理層 J 1 は被エッチング層 E L 2 であり、マスク J 2 は工程 S A 3 1、S A 3 2 において行われるエッチングとアッシングとによって被エッチング層 E L 1 から形成されるマスクである。工程 S A 4 1 は、工程 S A A の実行後に、溝幅の調節処理が行われたマスクを用いて被処理層 J 1 をエッチングする。

[0057] 次に、図 5 を参照して、図 1 に示す工程 S A A の詳細について説明する。図 5 は、図 1 に示す方法に含まれ得る工程（工程 S A A）であって、エッチング前のパターンの溝幅の調節処理の工程の一例を示す流図である。

[0058] 工程 S A A では（制御部 C n t が行う処理において）、ウエハ W の被処理層 J 1 の主面 J 1 1 は、複数の領域（領域 E R）に区分けされている。図 7 は、一実施形態に係る方法 M T において区分けされたウエハ W の被処理層 J 1 の主面 J 1 1 の複数の領域 E R の一部を、一例として模式的に示す図である。複数の領域 E R は、互いに重ならない。複数の領域 E R は、被処理層 J 1 の主面 J 1 1（ウエハ W の主面 F W）を被覆する。領域 E R の形状は、例えば、被処理層 J 1 の主面 J 1 1 の中心点（主面 F W の中心点）に対し同心円に延存する領域、または、格子状の領域、等であり得るが、これに限らない。

[0059] 図 5 に示すように、工程 S A A は、工程 S B 1 ～ S B 7 を備え、工程 S B 5 ～ S B 7 は、工程 S B 3 および工程 S B 4 の判定結果に応じて、複数回（繰り返し）の実行が成され得る。まず、工程 S B 1（第 3 の工程）では、処理システム 1 の光学観察装置 O C によって、マスク J 2 のパターンの溝幅の値を、被処理層 J 1 の主面 J 1 1 の複数の領域 E R ごとに測定する。

[0060] 工程 S B 1 に引き続く工程 S B 2（第 4 の工程）では、工程 S B 1 で測定されたマスク J 2 のパターンの溝幅の値から該溝幅の基準値を差し引いた正の差分値を、被処理層 J 1 の主面 J 1 1 の複数の領域 E R ごとに算出する。

[0061] 工程 S B 2 に引き続く工程 S B 3 では、パターンの溝幅の調節が既に一度行われたか否か（パターンの溝幅の調節が既に一度行われた場合とは、パターンの溝幅の調節が後述の工程 S B 5 ～ S B 7 で既に少なくとも一度行われた

場合である)を判定し、パターンの溝幅の調節がまだ一度も行われていない場合に(パターンの溝幅の調節が最初に行われる場合に)(工程S B 3 : N o)、工程S B 5に移行する。工程S B 3において、パターンの溝幅の調節が既に一度行われた場合(工程S B 3 : Y e s)、工程S B 4に移行する。

[0062] 工程S B 4では、工程S B 2で算出されたパターンの溝幅の差分値に基づいて、パターンの溝幅の再調節が必要か否かを判定する。工程S B 4において、パターンの溝幅の再調節が必要な場合(工程S B 4 : Y e s)、工程S B 5～S B 7を再実行する。すなわち、工程S B 5～S B 7の実行後に工程S B 1および工程S B 2を再実行し、この再実行によって工程S B 2で算出された差分値が予め設定された基準範囲を満たさない場合に(工程S B 4 : Y e s)、工程S B 5～S B 7を再実行する。当該基準範囲は、工程S B 2で用いた溝幅の基準値を含む範囲である。工程S B 4において、パターンの溝幅の再調節が必要ではない場合(工程S B 4 : N o)、すなわち、工程S B 2で算出された差分値が予め設定された基準範囲を満たしている場合には、工程S A Aの処理を終了する。

[0063] 工程S B 3 : Y e s、および、工程S B 4 : Y e sに引き続く工程S B 5では、ウエハWは、光学観察装置O Cからプラズマ処理装置10に、搬送ロボットR b 1および搬送ロボットR b 2によって移動され、ウエハWがプラズマ処理装置10の処理容器12内に搬入される。

[0064] 工程S B 5に引き続く工程S B 6(第5の工程)では、工程S B 2で算出された複数の領域E Rごとの差分値の膜厚の膜J 3(複数の領域E Rごとの膜厚が工程S B 2で複数の領域E Rごとに算出された差分値となる膜)を、処理容器12内に搬入されたウエハWのマスクJ 2の表面J 21に形成する。膜J 3は、酸化シリコンの膜である。図6の(b)部は、図5に示す工程(工程S B 6)の実施後のウエハWの状態を示す断面図である。図6の(b)部に示すウエハWには、マスクJ 2の表面J 21に膜J 3が形成されている。なお、工程S B 6で行う処理内容の詳細については後に説明する。

[0065] 工程S B 6に引き続く工程S B 7では、ウエハWは、プラズマ処理装置10

から光学観察装置OCに、搬送ロボットRb1および搬送ロボットRb2によって移動され、ウエハWが光学観察装置OC内に搬入される。工程SB7の後、工程SB1、工程SB2、および工程SB3が再実行される。

[0066] 図8および図9を参照して、工程SB6の詳細を説明する。図8は、図5に示す工程の一部の工程（工程SB6）であって、パターンの溝幅を調節する工程の一例を示す流図である。図9は、図8に示す工程に含まれ得る工程（工程SCC）であって、被処理層J1の主面J11で均一な膜を形成する工程の一例を示す流図である。

[0067] 図8に示すように、工程SB6は、工程SC1～SC9を備える。工程SC5～SC8は、シーケンスSQ1を構成する。シーケンスSQ1および工程SC9は、ウエハWのマスクJ2の表面J21に膜J3を形成する膜形成処理である。工程SC1～SC4は、シーケンスSQ1および工程SC9から成る膜形成処理を実行するために必要な準備処理である。

[0068] 工程SC1では、プラズマ処理装置10の処理容器12内に搬入されたウエハWは、静電チャックESC上に位置合わせされて載置される。工程SC1に引き続く工程SC2では、工程SB3と同様に、パターンの溝幅の調節が既に一度行われたか否か（パターンの溝幅の調節が既に一度行われた場合とは、パターンの溝幅の調節が後述の工程SB5～SB7で既に少なくとも一度行われた場合である）を判定し、パターンの溝幅の調節がまだ一度も行われていない場合に（パターンの溝幅の調節が最初に行われる場合に）（工程SC2：No）、工程SC3に移行する。なお、工程SC2の判定結果は、図5に示す工程SB3の判定結果に対応している。また、工程SC3は、当該工程SC3を含む工程SAAが有機膜をエッチングする工程SA2で行われる場合（工程SA1の後であって工程SA21の前に行われる場合）には、実行されない場合がある。

[0069] 工程SC2において、パターンの溝幅の調節が既に一度行われた場合（工程SC2：Yes）、工程SC4または工程SCC（第12の工程）に移行する。なお、工程SC2の判定結果は、工程SB3の判定結果と同一であるの

で、工程 S C 2 の判定の処理は、工程 S B 3 の判定結果を参照することによって成され得る。

[0070] 工程 S C C では、複数の領域 E R にらずにマスク J 2 の表面 J 2 1 に対しコンフォーマルに膜を形成する。工程 S C C の詳細については、図 9 を参照して後述する。なお、図 8 に示すように、工程 S B 6 は、工程 S C C を含まない構成であり得るが、工程 S C C を含む場合には、工程 S C 3 もしくは工程 S C 2 : N o と、工程 S C 4 との間（すなわち、工程 S C 4 の前）、または、後述の工程 S C 9 : Y e s の後（すなわち、膜形成処理の後）に、工程 S C C が実行される構成であり得る。

[0071] 工程 S C 2 : Y e s に引き続く工程 S C 3 では、ウエハ W に二次電子が照射される。工程 S C 3 は、マスク J 2 の表面 J 2 1 に膜 J 3 を形成するシーケンス S Q 1 および工程 S C 9 の実行前に、処理容器 1 2 の処理空間 S p 内でプラズマを発生させて上部電極 3 0 に負の直流電圧を印可することにより、マスク J 2 に二次電子を照射する工程である。

[0072] 以上のように、マスク J 2 の表面 J 2 1 に膜 J 3 を形成するシーケンス S Q 1 ~ 工程 S C 9 の一連の工程の実行前において、マスク J 2 に二次電子を照射するので、膜 J 3 の形成前にマスク J 2 を改質することができ、後続の工程によるマスク J 2 の損傷を抑制することができる。

[0073] 工程 S C 3 の処理内容を具体的説明する。まず、処理容器 1 2 内に水素ガスおよび希ガスが供給され、第 1 の高周波電源 6 2 から高周波電力が供給されることによって、処理空間 S p 内にプラズマが生成される。ガスソース群 4 0 の複数のガスソースのうち選択したガスソースから水素ガスおよび希ガスを処理容器 1 2 内に供給する。従って、処理空間 S p 中の正イオンが上部電極 3 0 に引き込まれて、当該正イオンが上部電極 3 0 に衝突する。正イオンが上部電極 3 0 に衝突することにより、上部電極 3 0 からは二次電子が放出される。放出された二次電子がウエハ W に照射されることによって、マスク J 2 が改質される。さらに、電極板 3 4 に正イオンが衝突することによって、電極板 3 4 の構成材料であるシリコンが、二次電子と共に放出される。放

出されたシリコンは、プラズマに晒されたプラズマ処理装置 10 の構成部品から放出される酸素と結合する。当該酸素は、例えば、支持部 14、絶縁性遮蔽部材 32、およびデポシールド 46 といった部材から放出される。シリコンと酸素の結合により、酸化シリコン化合物が生成され、当該酸化シリコン化合物がウエハ W 上に堆積してマスク J2 を覆い保護する。このように、マスク J2 に二次電子を照射する工程 SC3 では、処理空間 Sp 内でプラズマを発生させて上部電極 30 に負の直流電圧を印可することにより、マスク J2 に二次電子を照射すると共に、電極板 34 からシリコンを放出させて該シリコンを含む酸化シリコン化合物でマスク J2 を覆う。そして、マスク J2 に二次電子を照射し、マスク J2 を酸化シリコン化合物で覆った後に処理容器 12 内をパージして、工程 SC4 または工程 SCC に移行する。以上のように、工程 SC3 において、酸化シリコン化合物がマスク J2 を覆う場合には、後続の工程によるマスク J2 の損傷を更に抑制できる。

[0074] なお、工程 SC3 では二次電子の照射による改質や保護膜の形成のため、第 2 の高周波電源 64 のバイアス電力を最小限にしてシリコンの放出を抑制してもよい。また、方法 MT において工程 SC3 を除くことも可能である。

[0075] 工程 SC3 の後、または、工程 SC2 : No の後には、工程 SCC を経て、または、工程 SCC を経ずに、工程 SC4（第 10 の工程）に移行する。工程 SC4 では、ウエハ W の被処理層 J1 の主面 J11 の複数の領域 ER ごとに、温度調節部 HT を用いてウエハ W の被処理層 J1 の温度を調節する。工程 SC4 では、被処理層 J1 の温度と被処理層 J1 上のマスク J2 の表面 J21 に堆積する膜（後述の膜形成処理（シーケンス SQ1 および工程 SC9）で形成する膜）の膜厚との対応を示す予め取得された対応データ DT と、工程 SB2 において複数の領域 ER ごとに算出された差分値に対応する膜厚とを用いて、複数の領域 ER ごとに被処理層 J1 の温度を調節する。対応データ DT は、被処理層 J1 の温度ごとにシーケンス SQ1 および工程 SC9 から成る膜形成処理と同一の条件（被処理層 J1 の温度を除いた条件）のもとでマスク J2 の表面 J21 に膜 J3 を堆積させることによって予め得られ

たデータであり、制御部C n t の記憶部に読出し自在に格納されている。

- [0076] 工程S C 4 では、工程S B 6 が工程S C C を含まない場合には、処理容器12内に搬入されたウエハWの被処理層J 1 における複数の領域E R ごとの温度が、工程S B 2 において複数の領域E R ごとに算出された差分値の膜厚に対応する温度となるように、複数の領域E R ごとに被処理層J 1 の温度を、対応データD T に基づいて調節する。
- [0077] 工程S C 4 では、工程S B 6 が工程S C C を含む場合、すなわち、工程S C C が、工程S C 4 の前であって、工程S C 3 の後もしくは工程S C 2 : N o の後に実施される場合、または、工程S Q 1 および工程S C 9 から成る膜形成処理の後に実施される場合には、処理容器12内に搬入されたウエハWの被処理層J 1 における複数の領域E R ごとの温度が、工程S B 2 において複数の領域E R ごとに算出された差分値の膜厚から工程S C C でコンフォーマルに形成される膜の膜厚を差し引いた値に対応する温度となるように、複数の領域E R ごとに被処理層J 1 の温度を対応データD T に基づいて調節する。
- [0078] 工程S C 4 に引き続くシーケンスS Q 1 および工程S C 9 から成る膜形成処理（第11の工程）では、処理容器12内に搬入されたウエハWの被処理層J 1 上のマスクJ 2 の表面J 2 1 に膜（膜J 3、または、工程S B 6 において工程S C C が実行される場合には膜J 3 の一部）を形成する。シーケンスS Q 1 および工程S C 9 からなる膜形成処理は、A L D (Atomic Layer Deposition) 法と同様の方法によってウエハWのマスクJ 2 の表面J 2 1 上に酸化シリコンの膜を複数の領域E R ごとに均一の厚みでコンフォーマルに形成する工程である。シーケンスS Q 1 の工程S C 5 の実行中には、工程S C 4 で複数の領域E R ごとに調節されたウエハWの被処理層J 1 の温度が維持される。このため、膜形成処理によって形成される膜は複数の領域E R ごとに異なった膜厚になり得るが、膜形成処理によって形成される膜を含む膜J 3 がマスクJ 2 の表面J 2 1 に形成された後（工程S B 4 : N o ）であって、工程S A A の後には、マスクJ 2 の溝幅は、所望の値（工程S B 2 におい

て差分値の計算に用いられた複数の領域 E R ごとの溝幅の基準値) となる。

[0079] 膜形成処理 (シーケンス S Q 1 および工程 S C 9) の詳細を説明する。シーケンス S Q 1 は、工程 S C 5 ~ S C 8 から成る。工程 S C 5 (第 6 の工程) では、処理容器 1 2 内に第 1 のガス G 1 を供給する。具体的には、工程 S C 5 では、図 1 0 の (a) 部に示すように、処理容器 1 2 内に、シリコンを含有する第 1 のガス G 1 を導入する。第 1 のガス G 1 は、有機含有されたアミノシラン系ガスを含む。第 1 のガス G 1 は、アミノシラン系ガスとして、アミノ基の数が比較的少ない分子構造のものが用いられることができ、例えばモノアミノシラン (H_3-Si-R (R は有機を含んでおり置換されていても良いアミノ基)) が用いられ得る。また、第 1 のガス G 1 として用いられる上記のアミノシラン系ガスは、1 ~ 3 個のケイ素原子を有し得るアミノシランを含むことができ、または、1 ~ 3 個のアミノ基を有するアミノシランを含むことができる。1 ~ 3 個のケイ素原子を有するアミノシランは、1 ~ 3 個のアミノ基を有するモノシラン (モノアミノシラン)、1 ~ 3 個のアミノ基を有するジシラン、または、1 ~ 3 個のアミノ基を有するトリシランであり得る。さらに、上記のアミノシランは、置換されていてもよいアミノ基を有し得る。さらに、上記のアミノ基は、メチル基、エチル基、プロピル基、および、ブチル基の何れかによって置換され得る。さらに、上記のメチル基、エチル基、プロピル基、または、ブチル基は、ハロゲンによって置換され得る。ガスソース群 4 0 の複数のガスソースのうち選択したガスソースから有機含有されたアミノシラン系ガスの第 1 のガス G 1 を処理容器 1 2 内に供給する。工程 S C 5 では、第 1 のガス G 1 のプラズマを生成しない。

[0080] 工程 S C 5 で要する処理時間は、工程 S C 5 において被処理層 J 1 上のマスク J 2 の表面 J 2 1 に堆積する膜の膜厚が被処理層 J 1 の温度の高低に応じて増減する状態となる時間内にある。このような処理時間は、A L D 法における自己制御 (self-limited) 領域 (被処理層 J 1 の温度によらない膜厚の膜が被処理層 J 1 上のマスク J 2 の表面 J 2 1 に形成され得る処理時間) となる処理時間よりも短い時間である、ということができる。

[0081] 第1のガスG1の分子は、図10の(b)部に示すように、反応前駆体(層Ly1)として被処理層J1の主面J11(具体的には、主面J11上のマスクJ2の表面J21)に付着する。第1のガスG1の分子は、化学結合に基づく化学吸着によってマスクJ2の表面J21に付着するのであり、プラズマは用いられない。なお、第1のガスG1としては、工程SC4で複数の領域ERごとに調節された被処理層J1の温度のもとで化学結合によってマスクJ2の表面J21に付着可能であって且つシリコンを含有するものであれば利用され得る。

[0082] 一方、例えば第1のガスG1にモノアミノシランが選択される場合、モノアミノシランが選択される理由としては、モノアミノシランが比較的の高い電気陰性度を有し且つ極性を有する分子構造を有することによって化学吸着が比較的に行われ得る、ということに起因する。第1のガスG1の分子がマスクJ2の表面J21に付着することによって形成される反応前駆体の層Ly1は、当該付着が化学吸着であるために単分子層(単層)に近い状態となる。モノアミノシランのアミノ基(R)が小さいほど、マスクJ2の表面J21に吸着される分子の分子構造も小さくなるので、分子の大きさに起因する立体障害が低減され、よって、第1のガスG1の分子がマスクJ2の表面J21に複数の領域ERごとに均一に吸着でき、層Ly1はマスクJ2の表面J21に対し複数の領域ERごとに均一な膜厚で形成され得る。

[0083] 以上のように、第1のガスG1が有機を含んだアミノシラン系ガスを含むので、工程SC5によって、シリコンの反応前駆体(層Ly1)がマスクJ2の表面J21の原子層に沿ってマスクJ2上に形成される。

[0084] 工程SC5に引き続く工程SC6(第7の工程)は、処理容器12内をパージする。具体的には、工程SC5において供給された第1のガスG1が排気される。工程SC6では、パージガスとして窒素ガスまたは希ガス(例えばAr等)ガスといった不活性ガスを処理容器12内に供給してもよい。すなわち、工程SC6のパージは、不活性ガスを処理容器12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。工程SC6では、

マスク J 2 の表面 J 2 1 上に過剰に付着した分子も除去され得る。以上によって、反応前駆体の層 L y 1 は、極めて薄い単分子層となる。

[0085] 工程 S C 6 に引き続く工程 S C 7（第 8 の工程）では、図 1 0 の（b）部に示すように、処理容器 1 2 の処理空間 S p 内において第 2 のガスのプラズマ P 1 を生成する。第 2 のガスは、酸素原子および炭素原子を含有するガスを含み、例えば二酸化炭素ガスを含み得る。工程 S C 7 において、第 2 のガスのプラズマ P 1 が生成される際のウエハ W の被処理層 J 1 の温度は、例えば摂氏 0 度以上且つ摂氏 2 0 0 度以下であり得る。ガスソース群 4 0 の複数のガスソースのうち選択したガスソースから酸素原子および炭素原子を含有するガスを含む第 2 のガスを処理容器 1 2 内に供給する。そして、第 1 の高周波電源 6 2 から高周波電力を供給する。この際、第 2 の高周波電源 6 4 のバイアス電力を印加することも可能であり、また、第 2 の高周波電源 6 4 のみでプラズマを生成することも可能である。第 2 の高周波電源 6 4 から高周波バイアス電力を供給し、排気装置 5 0 を動作させることによって処理容器 1 2 内の空間の圧力を予め設定された圧力に設定する。このようにして、第 2 のガスのプラズマ P 1 が処理空間 S p 内において生成される。

[0086] 図 1 0 の（b）部に示すように、第 2 のガスのプラズマ P 1 が生成されると、酸素の活性種および炭素の活性種、例えば、酸素ラジカル、炭素ラジカルが生成され、図 1 0 の（c）部に示すように、シリコン酸化膜である層 L y 2（膜 J 3 に含まれる層である）が単分子層として形成される。炭素ラジカルは、マスク J 2 への酸素浸食を抑制する機能を奏し得るので、シリコン酸化膜が保護膜としてマスク J 2 の表面 J 2 1 において安定に形成され得る。シリコン酸化膜の S i - O 結合の結合エネルギーは、1 9 2 [k c a l] 程度であり、マスクを形成している有機膜の様々な結合種である C - C 結合、C - H 結合、C - F 結合それぞれの結合エネルギー（5 0 - 1 1 0 [k c a l] 程度、7 0 - 1 1 0 [k c a l] 程度、1 0 0 - 1 2 0 [k c a l] 程度）よりも高いので、シリコン酸化膜は、保護膜としての機能を奏し得る。

[0087] 以上のように、第 2 のガスが酸素原子を含むので、工程 S C 7 において、当

該酸素原子がマスク J 2 上に設けられるシリコンの反応前駆体（層 L y 1）と結合することによって、マスク J 2 上に酸化シリコン膜の層 L y 2 が複数の領域 E R ごとに異なった膜厚でコンフォーマルに形成され得る。また、第 2 のガスが炭素原子を含むので、酸素原子によるマスク J 2 に対する浸食が当該炭素原子によって抑制され得る。従って、シーケンス S Q 1 においては、A L D 法と同様の方法によって、シリコン酸化膜の層 L y 2 を、マスク J 2 の表面 J 2 1 上に、複数の領域 E R のそれぞれの温度に応じた均一な膜厚で、複数の領域 E R ごとにコンフォーマルに形成することができる。

[0088] 工程 S C 7 に引き続く工程 S C 8（第 9 の工程）では、処理容器 1 2 内をパージする。具体的には、工程 S C 7 において供給された第 2 のガスが排気される。工程 S C 8 では、パージガスとして窒素ガスまたは希ガス（例えば A r 等）といった不活性ガスを処理容器 1 2 内に供給してもよい。すなわち、工程 S C 8 のパージは、不活性ガスを処理容器 1 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。

[0089] シーケンス S Q 1 に引き続く工程 S C 9 では、シーケンス S Q 1 の繰り返し回数が、予め設定された回数（例えば、5 0 回等）に達したか否かを判定し、当該回数に達していないと判定した場合（工程 S C 9 : N o）、シーケンス S Q 1 を再び実行し、当該回数に達したと判定した場合（工程 S C 9 : Y e s）、工程 S B 6 を終了する。すなわち、工程 S C 9 では、シーケンス S Q 1 の繰り返し回数が予め設定された回数に達するまで、シーケンス S Q 1 の実行を繰り返し行って、マスク J 2 の表面 J 2 1 に対し、複数の領域 E R のそれぞれの温度に応じた膜厚の膜を、複数の領域 E R ごとに形成する。工程 S C 9 によって制御されるシーケンス S Q 1 の繰り返し回数は、工程 S C 5 での処理時間と、シーケンス S Q 1 および工程 S C 9 から成る膜形成処理によって形成する膜（膜 J 3、または、工程 S B 6 において工程 S C C が実行される場合には膜 J 3 の一部）の膜厚と、に応じて決定される。

[0090] ここで、工程 S C C の詳細を、図 9 を参照して説明する。工程 S C C は、シーケンス S Q 2 および工程 S D 5 から成る。シーケンス S Q 2 は、工程 S D

1～SD4から成る。シーケンスSQ2の工程SD1は、図8に示すシーケンスSQ1の工程SC5に対応しているが、工程SD1における被処理層J1の温度と工程SC5における被処理層J1の温度とが異なっている点と、工程SD1で要する処理時間と工程SC5で要する処理時間とが異なっている点で、工程SD1と工程SC5とは相違している。シーケンスSQ2の工程SD2～SD4のそれぞれでは、図8に示すシーケンスSQ1の工程SC6～SC8のそれぞれと、同じ処理が行われる。

[0091] 工程SD5によって制御されるシーケンスSQ2の繰り返し回数は、工程SCCによって形成する膜（膜J3の一部）の膜厚に応じて決定される。工程SB6で形成される膜J3は、工程SCCで形成される膜と、膜形成処理（シーケンスSQ1および工程SC9）で形成される膜とから成る。工程SB6で形成される膜J3の膜厚は、工程SCCで形成される膜の膜厚と、膜形成処理（シーケンスSQ1および工程SC9）で形成される膜の膜厚との合計値である。

[0092] シーケンスSQ2の工程SD1での処理時間は、ALD法における自己制御（self-limited）領域（被処理層J1の温度によらない膜厚が被処理層J1上のマスクJ2の表面J21に形成され得る処理時間）となる処理時間であり、シーケンスSQ1の工程SC5での処理時間よりも長い。工程SD1では、ウエハWの被処理層J1の温度は、例えば摂氏0度以上且つ摂氏200度以下であり得る。

[0093] 一実施形態に係る対応データDTの作成方法の具体例について説明する。対応データDTは、被処理層J1の温度と被処理層J1上のマスクJ2の表面J21に堆積する膜（膜形成処理（シーケンスSQ1および工程SC9）で形成する膜）の膜厚との対応を示すものであり、被処理層J1の温度ごとにシーケンスSQ1および工程SC9から成る膜形成処理と同一の条件（被処理層J1の温度を除く条件）のもとでマスクJ2の表面J21に膜J3を堆積させることによって、方法MTの実行前において予め得られたデータである。

[0094] まず、被処理層 J 1 の複数の温度（当該温度の値を以下 K R という）ごとに、工程 S C 5 での処理時間（当該処理時間の値を以下 T M という）と膜形成処理で形成される膜の膜厚（当該膜厚の値を以下 V L という）との関係（当該関係を、処理時間（T M）および温度（K R）の関数として、以下 F 1 という）を測定する。温度（K R）ごとに、処理時間（T M）と膜厚（V L）との関係（ $V L = F 1 (T M ; K R)$ ）は、対数関数： $V L = \alpha 1 (K R) \times \ln (T M) + \beta 1 (K R) \cdots$ （式 1）、で良好に近似され得る。 $\alpha 1 (K R)$ は、K R ごとに定まる定数であり、 $\ln (T M)$ は、T M に対する自然対数であり、 $\beta 1 (K R)$ は、K R ごとに定まる定数である。式 1（近似式）において、膜形成処理で形成される膜の膜厚（V L）は、温度（K R）に対するアレニウスの式（アレニウスプロット）からもわかるように、温度（K R）が高いほど大きくなるが、A L D 法における自己制御領域では、K R によらずに、ほぼ一定値に収束する。

[0095] 式 1 に含まれる $\alpha 1 (K R)$ と $\beta 1 (K R)$ とは以下のように近似され得る。 $\alpha 1 (K R)$ の逆数（ $1 / \alpha 1 (K R)$ ）は、一次関数： $1 / \alpha 1 (K R) = \alpha 2 \times K R + \beta 2 \cdots$ （式 2）、で良好に近似され得る。 $\alpha 2$ 、 $\beta 2$ は、式 2（近似式）の算出時に決定される定数である。 $\beta 1 (K R)$ は、K R の関数として、対数関数： $\beta 1 (K R) = \alpha 3 \times \ln (K R) + \beta 3 \cdots$ （式 3）、で良好に近似され得る。 $\alpha 3$ 、 $\beta 3$ は、式 3（近似式）の算出時に決定される定数である。 $\ln (K R)$ は、K R に対する自然対数である。

[0096] 式 1 に含まれる $\alpha 1 (K R)$ および $\beta 1 (K R)$ のそれぞれに対して式 2 および式 3 のそれぞれを適用することによって、式 1 は、 $V L = \ln (T M) / (\alpha 2 \times K R + \beta 2) + \alpha 3 \times \ln (K R) + \beta 3 \cdots$ （式 4）、と表される。すなわち、膜厚（V L）は、処理時間（T M）を一定の値（A L D 法における自己制御領域に対応する処理時間よりも短い工程 S C で要する処理時間であって、温度（K R）によって膜厚（V L）が十分に変化し得る処理時間）に固定すれば、温度（K R）に応じて一意に算出され得る。以上説

明したように、対応データD Tは、式4によって作成され得る。なお、上記式1～式4を用いた方法以外の方法で対応データD Tを作成することも可能である。

[0097] 以上説明した一実施形態に係る方法M Tでは、被処理層J 1をエッチングする工程S A 1 1（または工程S A 2 1、工程S A 3 1、工程S A 4 1）の前に、マスクJ 2のパターンの溝幅を調節する工程S A Aを実施する。工程S A Aでは、被処理層J 1の主面J 1 1を複数の領域E Rに区分けし、工程S B 1および工程S B 2ではマスクJ 2の溝幅と当該溝幅の基準値との差分値を複数の領域E Rごとに算出し、工程S B 6では当該差分値に対応する膜厚の膜J 3をマスクJ 2に形成して複数の領域E Rごとにマスクの溝幅を当該基準値に補正する。工程S B 6では、工程S C 5～S C 8を繰り返し実行する膜形成処理を用いてA L D法と同様の方法によってマスクJ 2に膜を原子層ごとに高詳細に形成する。膜形成処理で形成される膜の膜厚は被処理層J 1の温度に応じて異なるので、工程S C 4では、被処理層J 1の温度と形成する膜の膜厚との対応を示す対応データD Tを用いて、複数の領域E Rごとに、工程S B 2で算出した差分値に対応する膜厚の膜の形成に必要な温度となるように、被処理層J 1の温度を調節する。このように、工程S A 1 1（または工程S A 2 1、工程S A 3 1、工程S A 4 1）で行うエッチングの前に、被処理層J 1の主面J 1 1の複数の領域E Rごとに、マスクJ 2の溝の補正量に対応する膜厚が決定され、当該膜厚の形成に必要な被処理層J 1の温度が対応データD Tを用いて決定され、複数の領域E Rごとに決定された温度で被処理層J 1の温度が調節された状態で、A L D法と同様の膜形成処理が行われるので、マスクJ 2のパターンのバラつきが被処理層J 1の主面J 1 1の複数の領域E Rごとに詳細且つ十分に抑制され得る。

[0098] また、複数の領域E RによらずにマスクJ 2の表面J 2 1に対しコンフォーマルに膜を形成する工程S C Cが方法M Tに用いられる場合には、複数の領域E Rごとの膜厚のうち共通の膜厚については、工程S C 4で複数の領域E Rごとに行う被処理層J 1の温度の調節を経ずに、工程S C Cによって、部

分的に膜の形成が可能となる。

[0099] また、工程 S B 6 で膜 J 3 の形成を行った後に、マスク J 2 の溝幅の差分値を再度算出して差分値が基準範囲にあるか否かを判定し（工程 S B 1 ～ S B 4 ）、差分値が基準範囲にない場合には、膜 J 3 の形成を再度行うので、マスク J 2 の溝幅のバラつきがさらに十分に抑制され得る。

[0100] 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。したがって、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を権利を請求する。

符号の説明

[0101] 1 …処理システム、10 …プラズマ処理装置、12 …処理容器、121 …トランスファーチャンバ、122 a …台、122 b …台、122 c …台、122 d …台、124 a …収容容器、124 b …収容容器、124 c …収容容器、124 d …収容容器、12 e …排気口、12 g …搬入出口、14 …支持部、18 a …第1 プレート、18 b …第2 プレート、22 …直流電源、23 …スイッチ、24 …冷媒流路、26 a …配管、26 b …配管、28 …ガス供給ライン、30 …上部電極、32 …絶縁性遮蔽部材、34 …電極板、34 a …ガス吐出孔、36 …電極支持体、36 a …ガス拡散室、36 b …ガス通流孔、36 c …ガス導入口、38 …ガス供給管、40 …ガスソース群、42 …バルブ群、44 …流量制御器群、46 …デポシールド、48 …排気プレート、50 …排気装置、52 …排気管、54 …ゲートバルブ、62 …第1 の高周波電源、64 …第2 の高周波電源、66 …整合器、68 …整合器、70 …電源、AL …反射防止膜、C n t …制御部、D T …対応データ、EL 1 …被エッチング層、EL 2 …被エッチング層、ER …領域、ESC …静電チャック、FR …フォーカスリング、FW …主面、G 1 …第1 のガス、HP …ヒータ電源、HT …温度調節部、J 1 …被処理層、J 1 1 …主面、J 2 …マスク、J 2 1 …表面、J 3 …膜、LE …下部電極、LL 1 …ロードロックチャンバ、

L L 2 …ロードロックチャンバ、L M …ローダモジュール、L y 1 …層、L y 2 …層、M K …マスク、O C …光学観察装置、O L …有機膜、P 1 …プラズマ、P D …載置台、R b 1 …搬送ロボット、R b 2 …搬送ロボット、B A …基板、S p …処理空間、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、被処理層と該被処理層の主面に設けられたマスクとを備え、該方法は、
- 前記マスクのパターンの溝幅を調節する第1の工程と、
- 前記第1の工程の実行後に、前記マスクを用いて前記被処理層をエッチングする第2の工程と、
- を備え、
- 前記主面は、当該方法において複数の領域に区分けされており、
- 前記第1の工程は、
- 前記溝幅の値を当該方法において区分けされた複数の領域ごとに測定する第3の工程と、
- 前記第3の工程の実行後に、該第3の工程で測定された前記溝幅の値から該溝幅の基準値を差し引いた正の差分値を、前記複数の領域ごとに算出する第4の工程と、
- 前記第4の工程の実行後に、該第4の工程で算出された前記複数の領域ごとの前記差分値の膜厚の膜を、プラズマ処理装置の処理容器内に搬入された前記被処理体の前記マスクの表面に形成する第5の工程と、
- を備え、
- 前記第5の工程は、
- 前記処理容器内に第1のガスを供給する第6の工程と、
- 前記第6の工程の実行後に、前記処理容器内をパージする第7の工程と、
- 前記第7の工程の実行後に、前記処理容器内で第2のガスのプラズマを生成する第8の工程と、
- 前記第8の工程の実行後に、前記処理容器内をパージする第9の工程と、
- を含むシーケンスを繰り返し実行する膜形成処理において前記被処

理層の温度と該被処理層上の前記マスクの前記表面に堆積する膜の膜厚との対応を示す予め取得された対応データと、前記第4の工程において前記複数の領域ごとに算出された前記差分値に対応する膜厚とを用いて、該複数の領域ごとに、前記処理容器内に搬入された前記被処理体の該被処理層の温度を調節する第10の工程と、

前記第10の工程の実行後に、前記膜形成処理を実行して、前記被処理層上の前記マスクの前記表面に膜を形成する第11の工程と、
を備え、

前記第6の工程で要する処理時間は、該第6の工程において前記被処理層上の前記マスクの前記表面に堆積する膜の膜厚が該被処理層の温度の高低に応じて増減する状態となる時間内にあり、

前記第1のガスは、アミノシラン系ガスを含み、

前記第2のガスは、酸素原子および炭素原子を含有するガスを含む、
方法。

[請求項2] 前記第10の工程は、前記処理容器内に搬入された前記被処理体の前記被処理層における前記複数の領域ごとの温度が、前記第4の工程において該複数の領域ごとに算出された前記差分値の膜厚に対応する温度となるように、該複数の領域ごとに該被処理層の温度を、前記対応データに基づいて調節する、

請求項1に記載の方法。

[請求項3] 前記第5の工程は、前記複数の領域によらずに前記マスクの前記表面に対しコンフォーマルに膜を形成する第12の工程を備え、

前記第10の工程は、前記処理容器内に搬入された前記被処理体の前記被処理層における前記複数の領域ごとの温度が、前記第4の工程において該複数の領域ごとに算出された前記差分値の膜厚から前記第12の工程でコンフォーマルに形成される膜の膜厚を差し引いた値に対応する温度となるように、該複数の領域ごとに該被処理層の温度を

前記対応データに基づいて調節し、

前記第 12 の工程は、前記第 10 の工程の前または前記膜形成処理の後に行われる、

請求項 1 に記載の方法。

[請求項4] 前記第 1 の工程は、前記第 5 の工程の実行後に前記第 3 の工程および前記第 4 の工程を再実行し、この再実行によって該第 4 の工程で算出された差分値が予め設定された基準範囲を満たさない場合に、前記第 5 の工程を再実行する、

請求項 1 ～ 3 の何れか一項に記載の方法。

[請求項5] 前記第 1 のガスは、モノアミノシランを含む、

請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の方法。

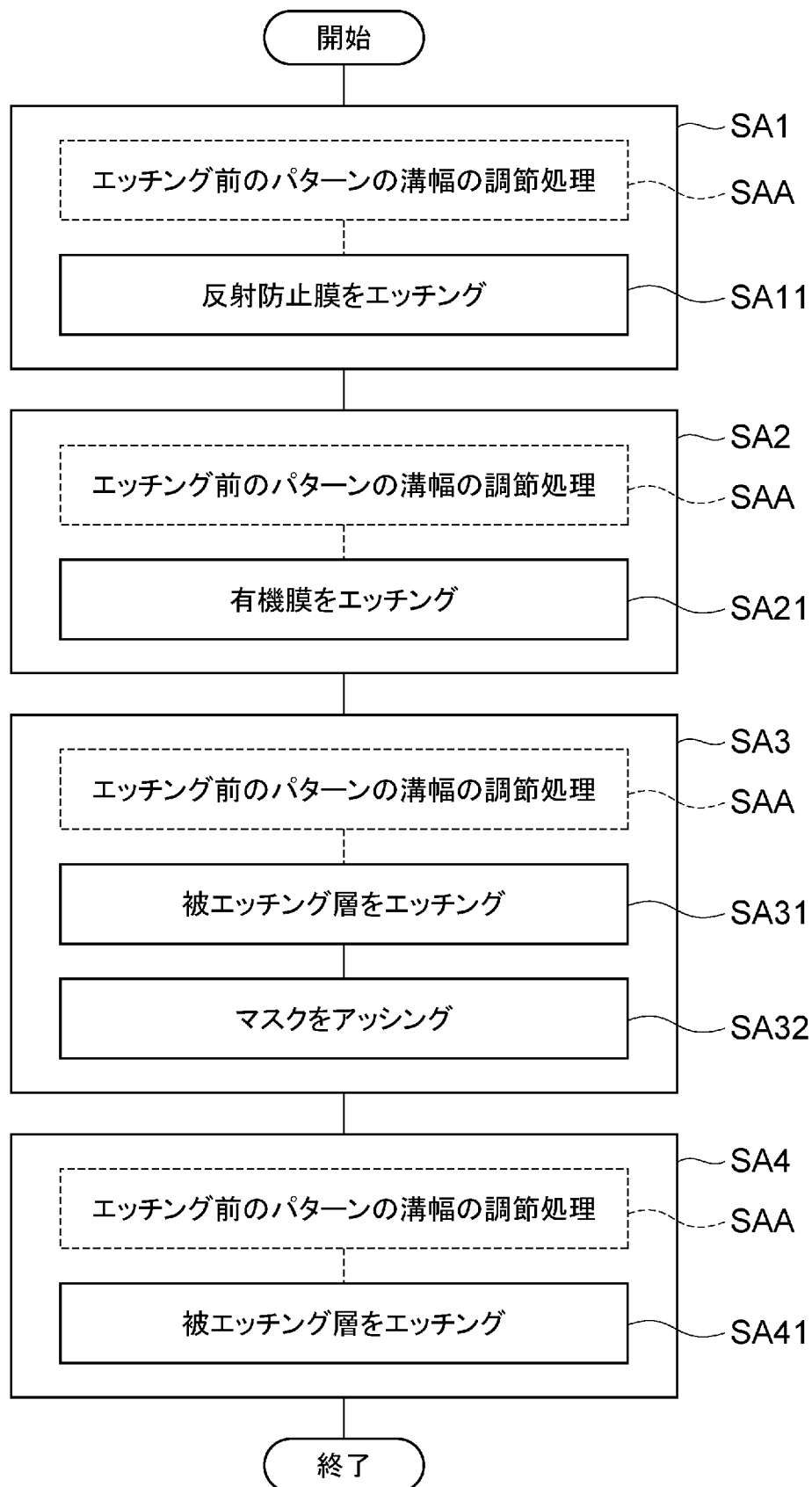
[請求項6] 前記第 1 のガスのアミノシラン系ガスは、1 ～ 3 個のケイ素原子を有するアミノシランを含む、

請求項 1 ～ 4 の何れか一項に記載の方法。

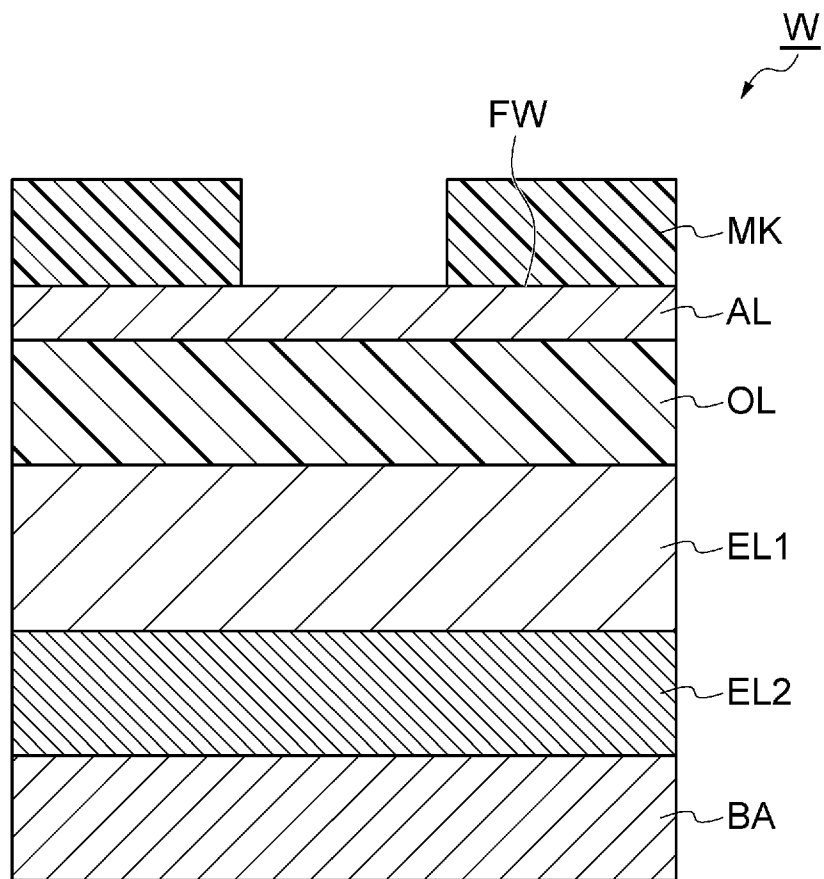
[請求項7] 前記第 1 のガスのアミノシラン系ガスは、1 ～ 3 個のアミノ基を有するアミノシランを含む、

請求項 1 ～ 4、6 の何れか一項に記載の方法。

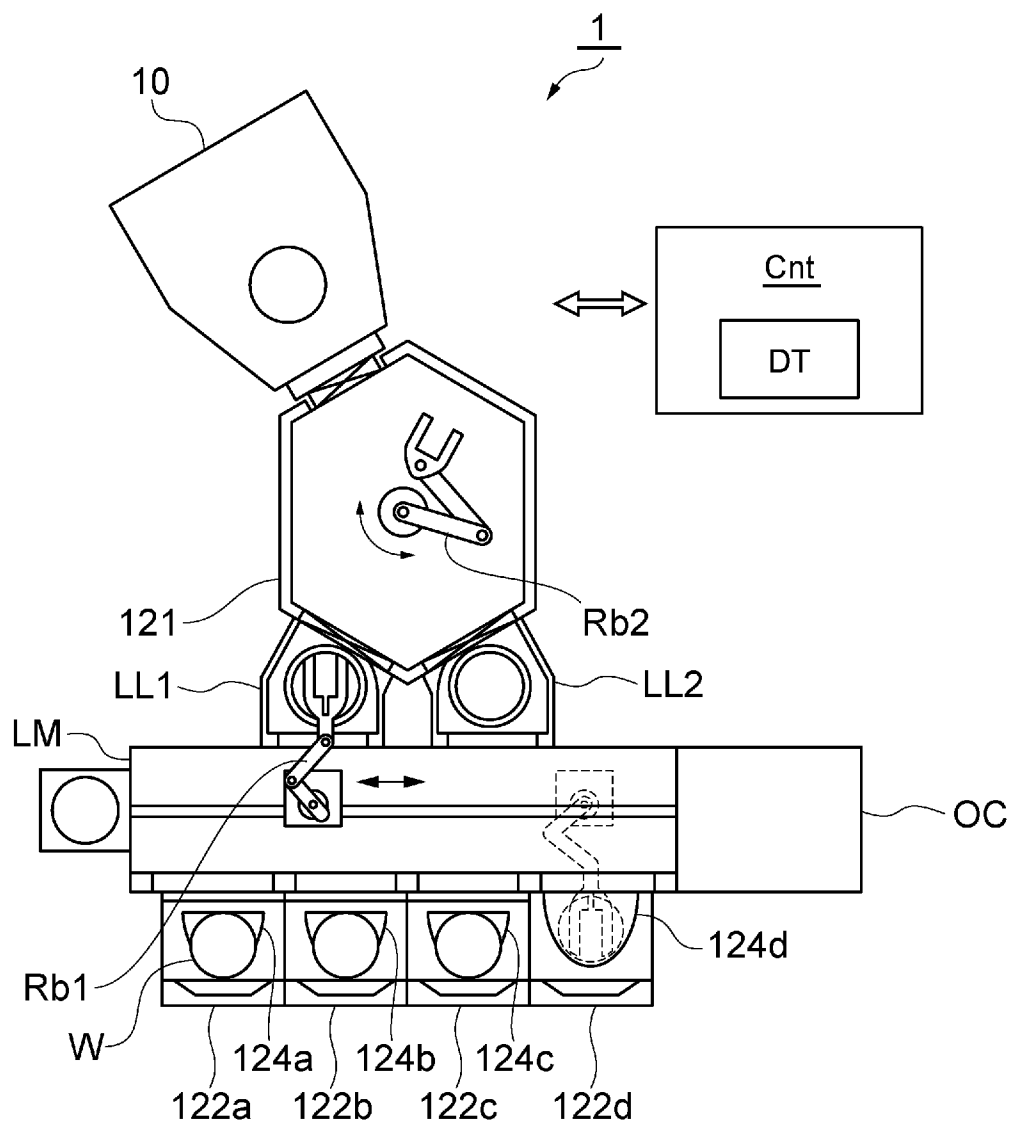
[図1]



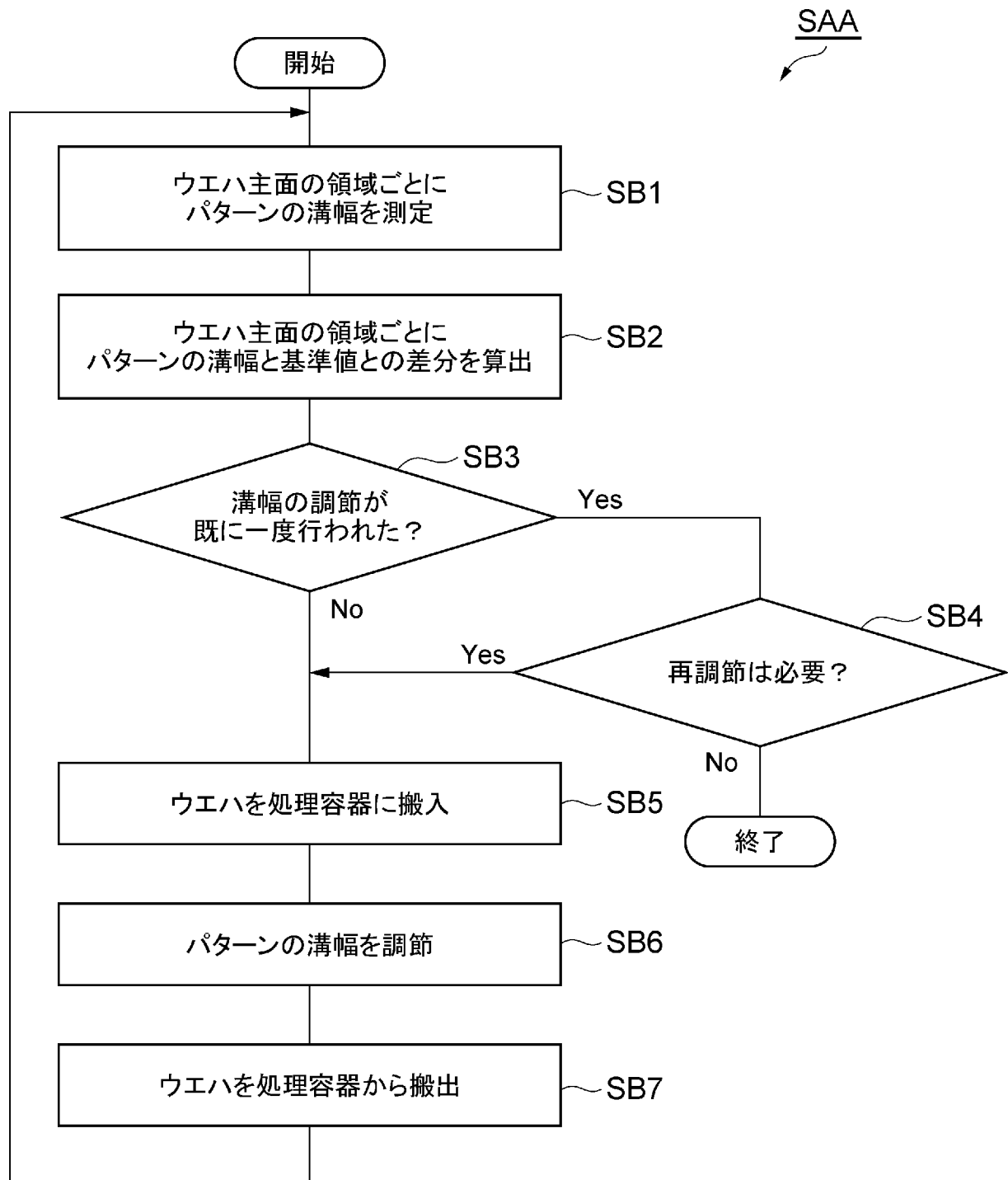
[図2]



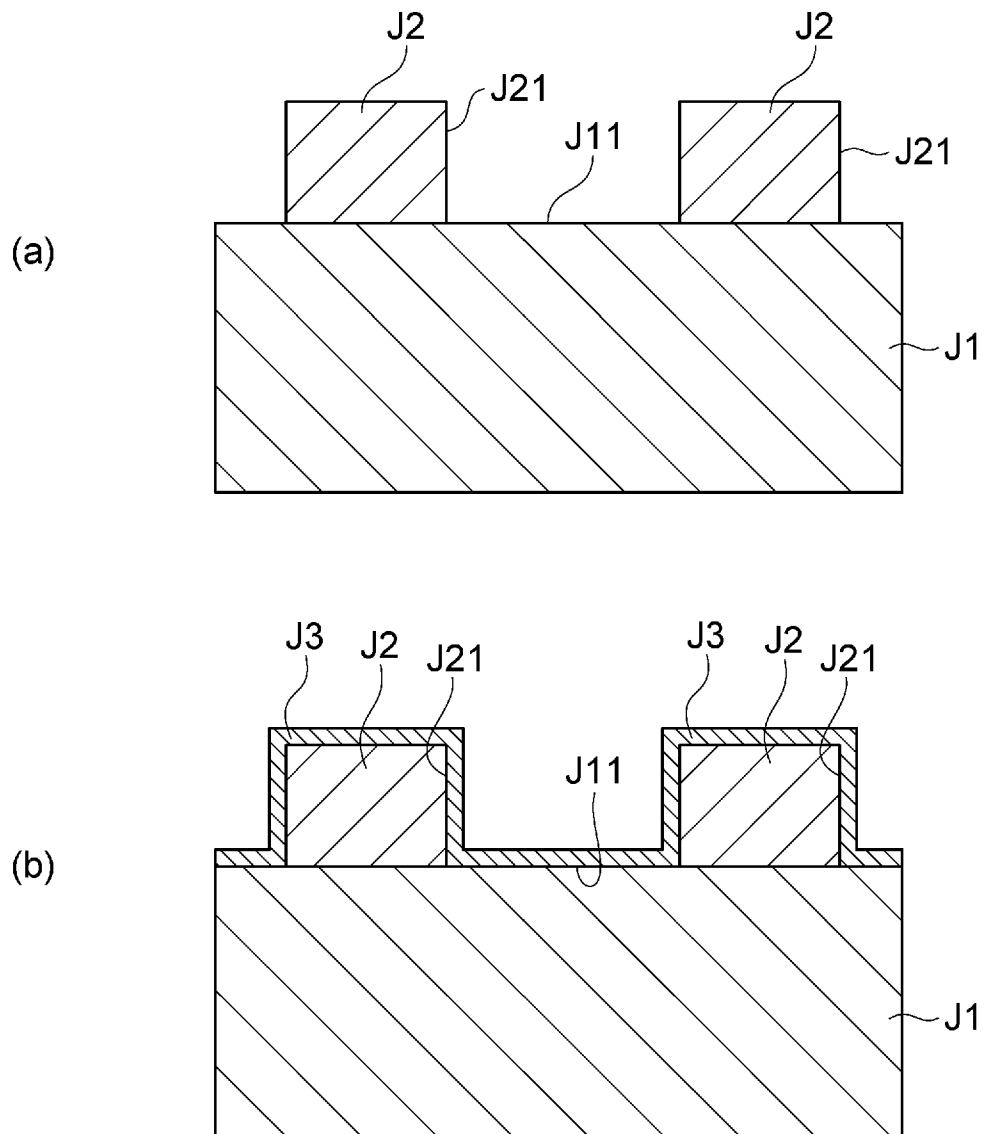
[図3]



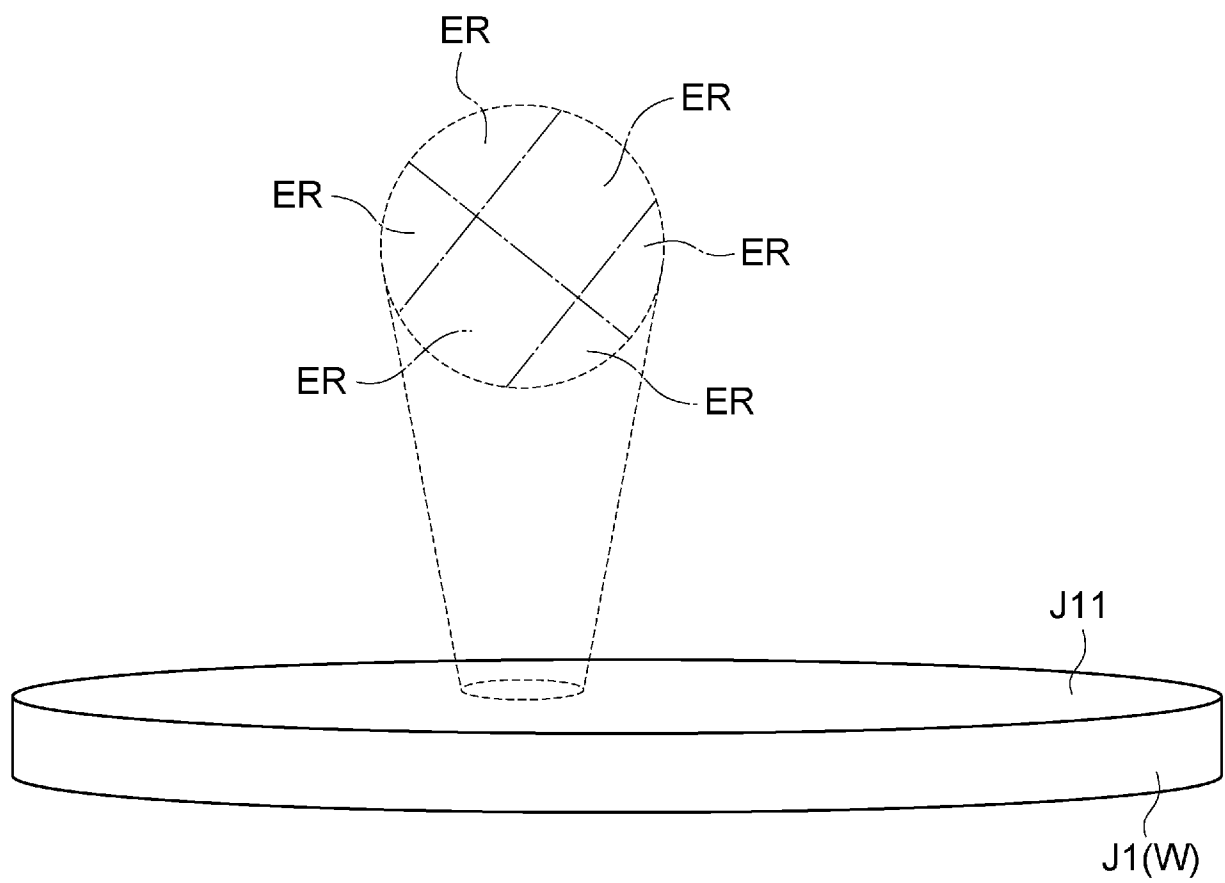
[図5]



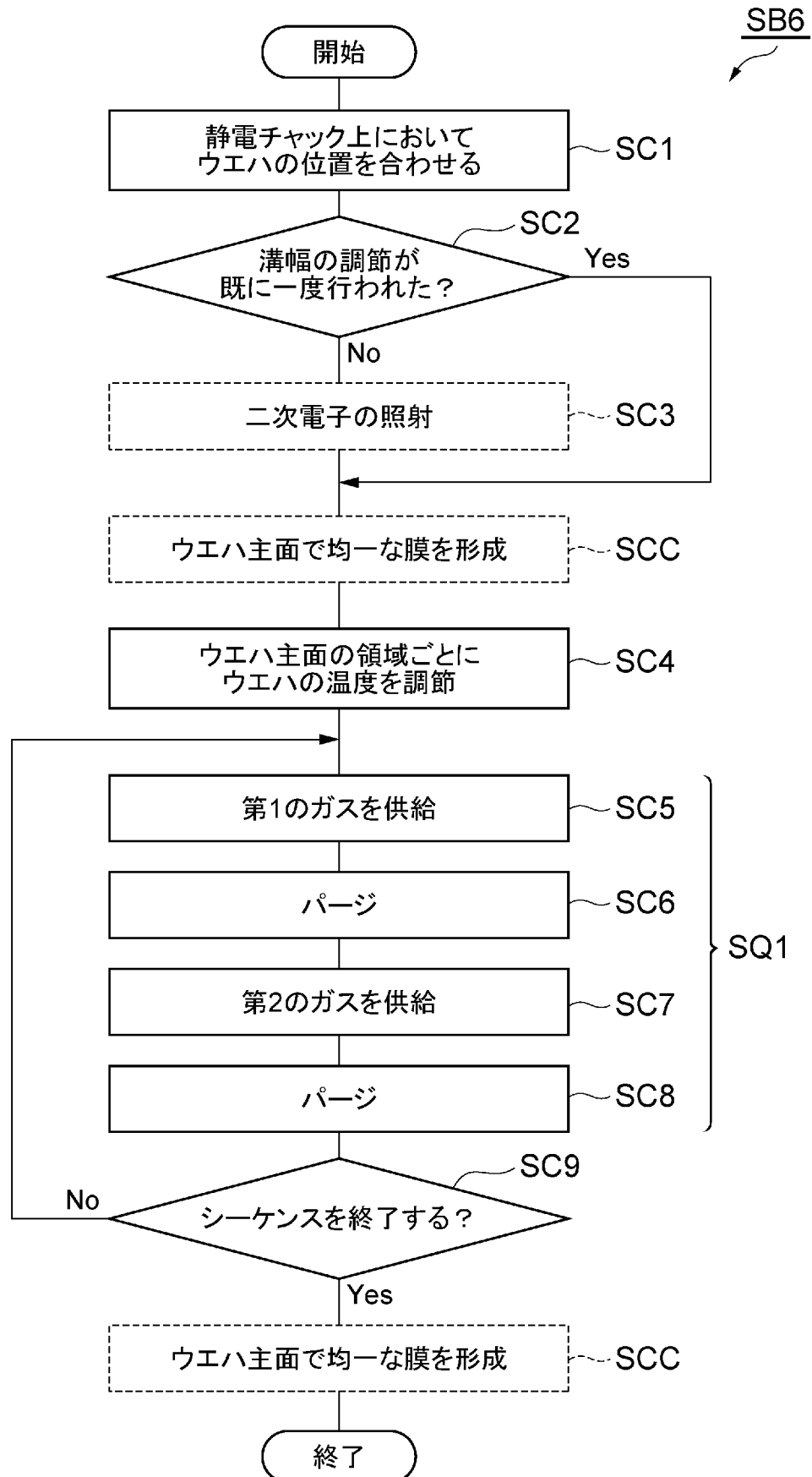
[図6]



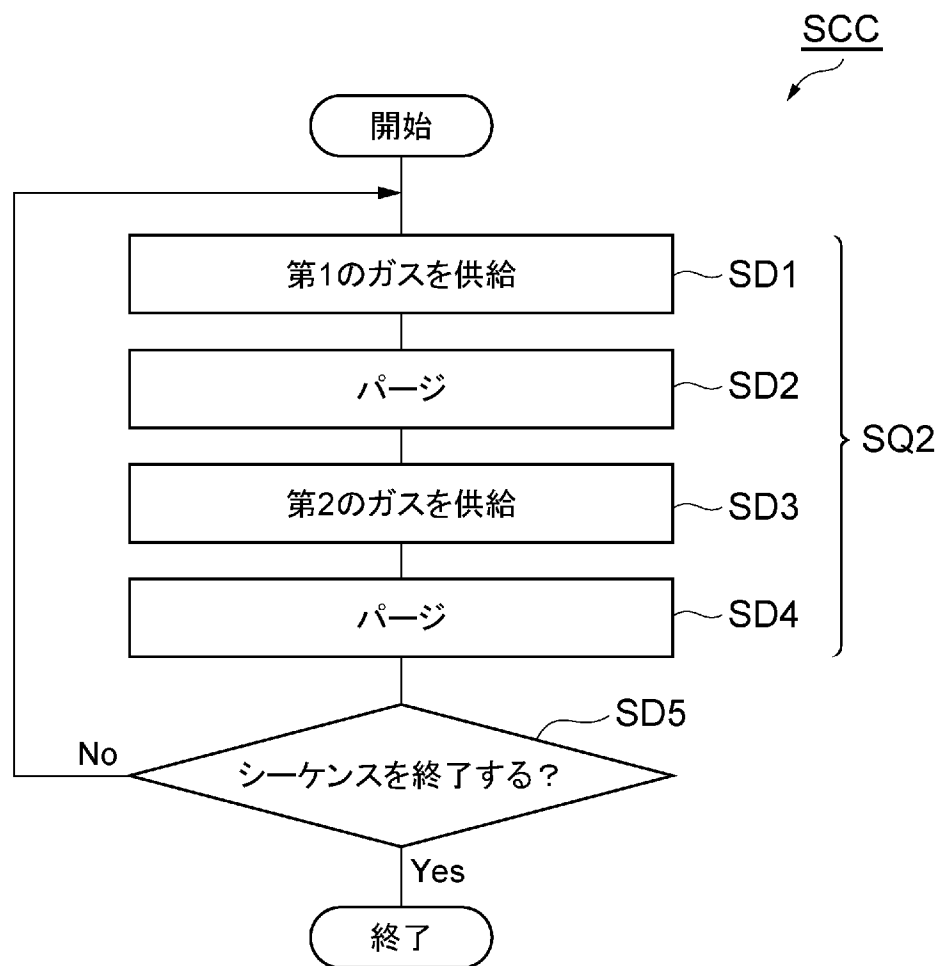
[図7]



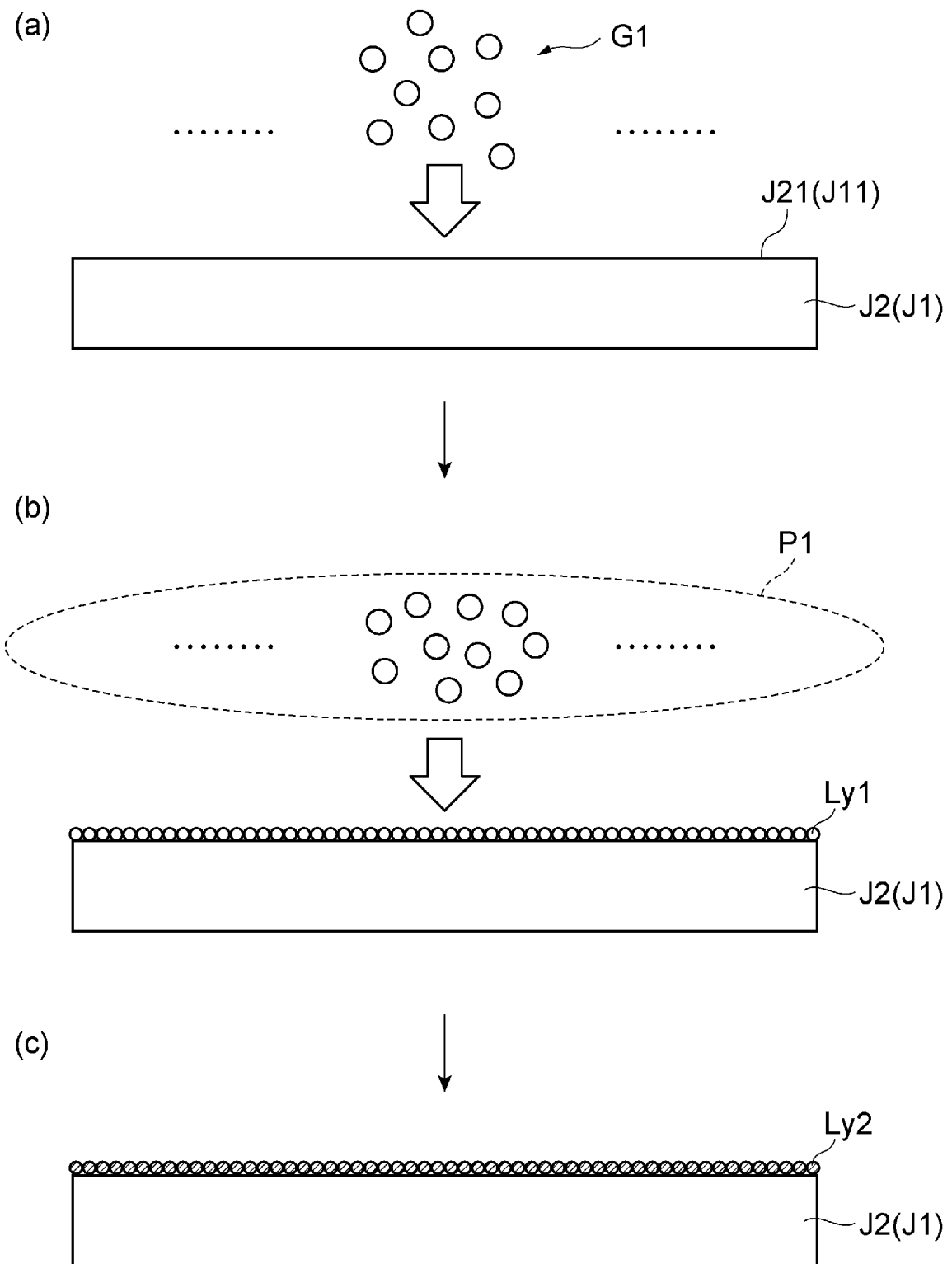
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/019024

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/316(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)

H01L21/3065, H01L21/31, H01L21/316

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
A	JP 2016-076621 A (Tokyo Electron Ltd.), 12 May 2016 (12.05.2016), entire text; all drawings & US 2016/0099131 A1 & EP 3007205 A1 & CN 105489483 A & KR 10-2016-0041764 A & TW 201626434 A	1-7
A	JP 2009-016815 A (Tokyo Electron Ltd.), 22 January 2009 (22.01.2009), entire text; all drawings & US 2010/0130015 A1 & KR 10-2009-0096408 A & TW 200917335 A	1-7

☒ 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
07 August 2017 (07.08.17)

Date of mailing of the international search report
15 August 2017 (15.08.17)

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/JP2017/019024

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 2016-072596 A (Hitachi Kokusai Electric Inc.), 09 May 2016 (09.05.2016), entire text; all drawings & US 2016/0093512 A1 & KR 10-2016-0038688 A & TW 201612961 A & CN 106033735 A	1-7
A	JP 2016-001645 A (Tokyo Electron Ltd.), 07 January 2016 (07.01.2016), entire text; all drawings (Family: none)	1-7

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, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/316(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, H01L21/31, H01L21/316

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
A	JP 2016-076621 A (東京エレクトロン株式会社) 2016.05.12, 全文, 全図 & US 2016/0099131 A1 & EP 3007205 A1 & CN 105489483 A & KR 10-2016-0041764 A & TW 201626434 A	1-7
A	JP 2009-016815 A (東京エレクトロン株式会社) 2009.01.22, 全文, 全図 & US 2010/0130015 A1 & KR 10-2009-0096408 A & TW 200917335 A	1-7

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

07.08.2017

国際調査報告の発送日

15.08.2017

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 2016-072596 A (株式会社日立国際電気) 2016.05.09, 全文, 全図 & US 2016/0093512 A1 & KR 10-2016-0038688 A & TW 201612961 A & CN 106033735 A	1-7
A	JP 2016-001645 A (東京エレクトロン株式会社) 2016.01.07, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-7