



坂 B i z タワー 東京エレクトロン株式会社
内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiaki 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (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:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

— 実施形態のプラズマ処理装置では、アンテナから誘電体窓を介してマイクロ波のエネルギーが処理容器内に導入される。このプラズマ処理装置は、中央導入部及び周辺導入部を備える。中央導入部の中央導入口は、基板を載置する載置台の載置領域の中央に向けて開口し、誘電体窓の直下にガスを噴射する。周辺導入部の複数の周辺導入口は、中央導入口よりも下方且つ載置台の上方において周方向に沿って配列されており、載置領域の縁部に向けてガスを噴射する。中央導入部には、反応性ガス及び希ガスのソースを含む複数の第 1 のガスソースが複数の第 1 の流量制御ユニットを介して接続されている。周辺導入部には、反応性ガス及び希ガスのソースを含む複数の第 2 のガスソースが、複数の第 2 の流量制御ユニットを介して接続されている。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理方法、及びプラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明の実施形態は、プラズマ処理方法、及びプラズマ処理装置に関するものである。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造においては、処理容器内においてプラズマ源から供給されるエネルギーにより処理ガスを励起させて、基板に対するプラズマ処理、例えば、基板をエッチングする処理が行われる。このようなプラズマ処理に用いるプラズマ処理装置として、近年、ラジアルラインスロットアンテナ (Radial Line Slot Antenna) を有するプラズマ処理装置が開発されている (特許文献 1 参照)。

[0003] 特許文献 1 に記載されたプラズマ処理装置では、処理容器の誘電体窓の上に多数のスロットを有するスロットアンテナが設置されている。誘電体窓の中央には、処理ガス供給のために中央導入部の中央導入口が設けられている。また、誘電体窓と基板を載置する載置台との間には、処理ガス供給用の周辺導入部が設けられている。周辺導入部は、中央導入口よりも下方に設けられており、載置台の上方の空間において周方向に延在する環状の管を有している。環状の管には、当該環状の管の中心軸線に向けて開口した複数の周辺導入口が形成されている。これら中央導入部及び周辺導入部には、フロースプリッタを介して、処理ガスのソースが接続されている。

[0004] スロットアンテナの多数のスロットから放射されたマイクロ波のエネルギーは、誘電体窓を介して処理容器内に導入される。中央ガス導入部及び周辺ガス導入部によって処理容器内に導入された処理ガスはマイクロ波のエネルギーによってプラズマ化する。このように、プラズマ化された処理ガスによって、基板のエッチングが行われる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2011/125524号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1に記載されたプラズマ処理装置では、基板の中央直上におけるプラズマ密度が、基板の縁部直上におけるプラズマ密度よりも高くなる。したがって、特許文献1に記載されたプラズマ処理装置では、中央導入部と周辺導入部に対する処理ガスの分配比をフロースプリッタにより調整しても、基板の径方向における各領域の処理速度の制御性には、限界がある。例えば、基板の中央部における処理速度に基板の縁部における処理速度を近づける制御には、限界がある。

[0007] かかる背景から、本技術分野においては、基板の径方向における全領域の処理速度のばらつきを低減することが可能なプラズマ処理方法、及びプラズマ処理装置が求められている。

課題を解決するための手段

[0008] 一側面においては、基板にプラズマ処理を適用する方法が提供される。この方法は、処理容器内に中央導入部から第1のガスを供給し、当該処理容器内に周辺導入部から第2のガスを供給し、誘電体窓の上面の上に設けられたアンテナから該誘電体窓を介して処理容器内にマイクロ波のエネルギーを導入して、誘電体窓の下面に面するように載置台上に載置された基板をエッチングする工程（a）を含む。中央導入部は、中央導入口を有している。中央導入口は、基板の中央に向けて開口しており、誘電体窓の直下にガスを噴射する。中央導入部には、第1のガスのソースを含む複数の第1のガスソースが複数の第1の流量制御ユニットを介して接続されている。周辺導入部は、複数の周辺導入口を有する。複数の周辺導入口は、中央導入口よりも下方且つ該載置台の上方において周方向に沿って配列されている。複数の周辺導入口は、基板の縁部に向けてガスを噴射する。周辺導入部には、第2のガスの

ソースを含む複数の第2のガスソースが複数の第2の流量制御ユニットを介して接続されている。この方法では、第1のガスにおける反応性ガスの流量よりも、第2のガスにおける反応性ガスの流量が多く、第2のガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比は、第1のガスに含まれる希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比よりも大きい。

[0009] 上記一側面に係る方法では、中央導入部専用の複数の第1のガスソース及び複数の第1の流量制御ユニットを用いることにより、希ガスを主として含む第1のガスを中央導入部から処理容器内に導入することができる。例えば、第1のガスは、希ガスのみを含んでいてもよく、或いは希ガスに加えて少量の反応性ガスを含んでいてもよい。一方、周辺導入部専用の複数の第2のガスソース及び複数の第2の流量制御ユニットを用いることにより、相対的に反応性ガスを多く含む第2のガスを周辺導入部から処理容器内に導入することができる。したがって、基板の中央部よりも基板の縁部に対して、より多くの反応性ガスを供給することができる。その結果、本方法によれば、基板の径方向における全領域の処理速度のばらつきが低減され得る。また、誘電体窓の直下よりも電子温度が低い領域に周辺導入部からより多くの反応性ガスを供給することができるので、基板に供給される反応性ガスの解離度を調整することが可能となる。

[0010] 一形態においては、基板は、シリコン酸化層及び多結晶シリコン層を有していてもよく、工程(a)において、周辺導入部には反応性ガスとして C_4F_6 ガスが供給されてもよい。 C_4F_6 ガスは、シリコン酸化層に対しては腐食性のガスとなり、多結晶シリコン層に対しては堆積性のガスとなる。したがって、この形態によれば、多結晶シリコン層を保護しつつ、シリコン酸化層をエッチングすることが可能となる。また、第1のガスにおける希ガスの流量を調整することで、径方向における多結晶シリコン層のエッチング速度の分布及び多結晶シリコン層に対する堆積速度の分布を調整することが可能となる。また、第2のガスにおける C_4F_6 ガスの流量を調整することで、径方向におけるシリコン酸化層のエッチング速度の分布を調整することが可能とな

る。

[0011] 上記一形態の方法が適用可能な一例として、多結晶シリコン層は、フィン型電界効果トランジスタにおいてソース、ドレイン及びチャネルを有するフィンを構成していてもよく、シリコン酸化層は当該フィンの周囲に設けられていてもよい。

[0012] 別の形態においては、基板は、シリコンからなる下地部、当該下地部上に配列された複数のゲート、及び、当該複数のゲートの側壁に沿って設けられた側壁スペーサ層を有していてもよい。側壁スペーサ層は、例えば、窒化シリコンから構成される。この形態において、載置台は、高周波バイアス電力を発生する高周波電源に接続されている。この形態の方法は、下地部のエッチング用の反応性ガスを処理容器内に導入し、アンテナから誘電体窓を介して処理容器内にマイクロ波のエネルギーを導入し、載置台に高周波バイアス電力を与えて、隣り合う二つのゲートの間に介在する二つのスペーサ層の間の下方の下地部をエッチングする工程（b）を更に含む。さらに、この形態の方法では、工程（b）の後に工程（a）が行われる。工程（a）は、第2のガスにおける反応性ガスとして下地部のエッチング用の反応性ガスを用い、且つ、載置台に対して高周波バイアス電力を与えずに、基板、即ち、下地部を更にエッチングする。

[0013] 上記別の形態の方法では、工程（b）により、基板の下地部を縦方向（即ち、基板の厚み方向）にエッチングすることができる。また、工程（b）の後に工程（a）を実施することにより、下地部を横方向にもエッチングすることができる。さらに、工程（a）においては、周辺導入口から基板の縁部に向けて反応性ガスが噴射されるので、ラジカルが失活せずに基板の縁部に供給される。その結果、縁部を含む、基板の径方向にわたる全領域において、下地部を横方向にエッチングすることが可能となる。

[0014] 別の側面においては、プラズマ処理装置が提供される。このプラズマ処理装置は、処理容器、載置台、誘電体窓、アンテナ、中央導入口、周辺導入口、複数の第1のガスソース、複数の第1の流量制御ユニット、複数の第2の

ガスソース、及び、複数の第2の流量制御ユニットを備える。載置台は、基板を載置するための載置領域を有し、処理容器内に設けられている。誘電体窓は、載置領域に面する下面、及び当該下面と反対側の上面を有する。アンテナは、誘電体窓の上面の上に設けられており、当該誘電体窓を介して処理容器内にマイクロ波のエネルギーを導入する。中央導入部は、中央導入口を有する。中央導入口は、載置領域の中央に向けて開口しており、誘電体窓の直下にガスを噴射する。周辺導入部は、複数の周辺導入口を有する。複数の周辺導入口は、中央導入口よりも下方且つ載置台の上方において周方向に沿って配列されており、載置領域の縁部に向けてガスを噴射する。複数の第1のガスソースは、反応性ガスのソース及び希ガスのソースを含み、中央導入部に接続されている。複数の第1の流量制御ユニットは、複数の第1のガスソースと中央導入部との間に設けられている。複数の第2のガスソースは、反応性ガスのソース及び希ガスのソースを含み、周辺導入部に接続されている。複数の第2の流量制御ユニットは、複数の第2のガスソースと周辺導入部との間に設けられている。

[0015] このプラズマ処理装置では、第1の流量制御ユニットにより、中央導入部に供給する反応性ガスの流量及び希ガスの流量を個別に調整することができる。また、第1の流量制御ユニットによる中央導入部に供給するガスの流量の調整とは独立して、第2の流量制御ユニットにより、周辺導入部に供給する反応性ガスの流量及び希ガスの流量を個別に調整することができる。したがって、このプラズマ処理装置によれば、上述した一側面に係る方法を実施することが可能となる。

[0016] 一形態においては、プラズマ処理装置は、制御部を更に備え得る。制御部は、中央導入部に第1のガスが供給され、周辺導入部に第2のガスが供給されるよう、第1の流量制御ユニット及び第2の流量制御ユニットを制御し得る。具体的には、制御部は、第1のガスにおける反応性ガスの流量よりも、第2のガスに含まれる反応性ガスの流量が多く、第2のガスに含まれる希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比が、第1のガスに含まれる希ガスの

流量に対する反応性ガスの流量の比よりも大きくなるように、第1の流量制御ユニット及び第2の流量制御ユニットを制御し得る。

[0017] 上記一形態のプラズマ処理装置によれば、上述した一側面に係る方法を、制御部による制御の下で、実施することが可能となる。また、この形態のプラズマ処理装置によれば、反応性ガスとして C_4F_6 ガスを用いることにより、基板の多結晶シリコン層を保護しつつ、当該基板のシリコン酸化層をエッチングすることが可能である。このような基板としては、フィン型電界効果トランジスタにおいてソース、ドレイン及びチャネルを有するフィンを構成する多結晶シリコン層、及び、当該フィンの周囲に設けられたシリコン酸化層を有する基板が例示され得る。

[0018] 一形態においては、プラズマ処理装置は、高周波バイアス電力を発生する高周波電源を更に備え得る。制御部は、希ガス及び反応性ガスを含むガスが処理容器内に導入され、マイクロ波のエネルギーが誘電体窓を介して処理容器内に導入され、載置台に高周波バイアス電力が与えられるよう、第1の制御を実行し、次いで、中央導入部及び周辺導入部から第1のガス及び第2のガスがそれぞれ導入され、マイクロ波のエネルギーが誘電体窓を介して処理容器内に導入され、載置台に対する高周波バイアス電力の供給が停止されるよう、第2の制御を実行してもよい。この形態のプラズマ処理装置は、シリコンからなる下地部、当該下地部上に配列された複数のゲート、及び、当該複数のゲートの側壁に沿って設けられたスペーサ層を有する基板の処理に適用され得る。具体的には、第1の制御の下で工程（b）を実施して、下地部を縦方向にエッチングすることができ、次いで、第2の制御の下で工程（a）を実施して、下地部を横方向にもエッチングすることができる。

[0019] 一形態においては、周辺導入部は、前記周方向に延在して複数の周辺導入口を提供する環状の管を含み、当該環状の管は、処理容器の内壁面に沿って設けられていてもよい。この形態のプラズマ処理装置によれば、環状の管が処理容器の内壁面に沿っているため、当該環状の管がプラズマの拡散の障害とならず、プラズマ密度分布の均一性が向上される。また、環状の管が処理

容器の壁に嵌め込まれているので、環状の管の温度、延いては当該環状の管から処理容器内に導入されるガスの温度の安定性を向上させることができる。

[0020] 一形態においては、環状の管の断面は矩形であり、プラズマ処理装置は、環状の管の下面及び外周面に沿って延在して当該環状の管を支持する支持部材を更に備え得る。また、環状の管と支持部材とを含む周辺導入アセンブリが処理容器の壁に嵌め込まれている。この形態では、環状の管を支持する構造に用いる部品の点数を少なくすることができる。その結果、メンテナンス性が向上し、且つ、コストが低減される。

[0021] 一形態においては、載置台は、静電チャック及び高周波バイアス電力が供給される金属製のプレートを含み得る。この形態では、静電チャックは、下側部分、及び載置領域を提供する上側部分を含み、上側部分の直径が下側部分の直径より小さくなるように階段状の外周面を画成している。この形態のプラズマ処理装置は、載置領域を囲むフォーカスリング、及び、フォーカスリングの外縁から階段状の外周面及び前記プレートの外周面に沿って延在し処理容器の内壁面との間に空間を画成する絶縁部材を更に備える。この形態のプラズマ処理装置では、静電チャックの外周面が階段状に構成されることにより、当該静電チャックの上側部分が縮径されている。また、絶縁部材が、フォーカスリングの外縁から静電チャックの外周面及びプレートの外周面に沿って延在して、処理容器の内壁面と載置台との間の空間に接している。これにより、載置台、フォーカスリング、及び絶縁部材を含む載置台アセンブリの直径を小さくすることができる。その結果、基板の縁部近傍までプラズマを拡散させることができ、プラズマ密度分布の均一性を向上することができる。

[0022] 一形態においては、プラズマ処理装置は、載置台の周囲の排気路、排気路の下方に設けられた排気口、排気口に接続された排気装置、及び、載置領域よりも80mm以上下方に設けられており、複数の貫通孔が形成されたバッフル板を更に備え得る。この形態のプラズマ処理装置では、バッフル板が載

置領域よりも80mm以上下方に設けられているので、バッフル板より上の排気路のサイズを大きくすることができ、バッフル板上の排気路までプラズマを拡散させることが可能である。その結果、基板の縁部近傍までプラズマを拡散させることができ、プラズマ密度分布の均一性を向上することができる。また、本形態では、排気口が載置台の中央に対して横方向に偏位しているので、排気口からの距離は、基板縁部の周方向の位置によって異なる。しかしながら、本形態では、上述のようにバッフル板を載置領域よりも相当に下方に設けたことにより、バッフル板より上の排気路の長さを大きくすることができ、基板の縁部からバッフル板までの流線の長さを大きくすることができる。その結果、基板の縁部におけるガス流れの周方向における差異が抑制され得る。

発明の効果

[0023] 以上説明したように、本発明の種々の側面及び形態によれば、基板の径方向の全領域における処理速度のばらつきを低減可能なプラズマ処理方法、及びプラズマ処理装置が提供される。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]一実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す断面図である。

[図2]スロット板の一例を示す平面図である。

[図3]図3は、誘電体窓の一例を示す平面図である。

[図4]図4は、図3のI-V-I-V線に沿ってとった断面図である。

[図5]図5は、図3に示す誘電体窓上に図2に示すスロット板を設けた状態を示す平面図である。

[図6]第1の流量制御ユニット群、第1のガスソース群、第2の流量制御ユニット群、及び、第2のガスソース群を含むガス供給系を示す図である。

[図7]周辺導入部の環状の管及びその支持構造を示す斜視図である。

[図8]周辺導入部の環状の管及びその支持構造を示す分解斜視図である。

[図9]環状の管とガス供給ブロックとを示す断面図である。

[図10]周辺導入部の周辺導入口とウエハとを示す拡大断面図である。

[図11]載置台の外縁部近傍を示す拡大断面図である。

[図12]フィン型電界効果トランジスタの一例を示す斜視図である。

[図13]フィン型電界効果トランジスタの製造における一工程を示す図である。

[図14]一実施形態に係るプラズマ処理方法の応用例を示す流れ図である。

[図15]図 1 4 に示すプラズマ処理方法が適用され得る基板の例を示す図である。

[図16]シミュレーション 1 の結果を示すグラフである。

[図17]シミュレーション 2 の結果を示すグラフである。

[図18]シミュレーション 3 及び 4 の結果を示すグラフである。

[図19]シミュレーション 5 ～ 7 の結果を示すグラフである。

[図20]シミュレーション 8 ～ 1 6 の結果を示すグラフである。

[図21]シミュレーション 1 7 ～ 2 5 の結果を示すグラフである。

[図22]実験例 1 ～ 4 において求めた SiO_2 層のエッチング速度の分布を示すグラフである。

[図23]実験例 5 ～ 8 において求めた多結晶シリコン層のエッチング速度の分布を示すグラフである。

[図24]実験例 9 ～ 1 2 において求めたフルオロカーボン膜の堆積速度の分布を示すグラフである。

[図25]実験例 1 3 ～ 1 6 において求めた SiO_2 層のエッチング速度の分布を示すグラフである。

[図26]実験例 1 7 ～ 2 0 において求めた多結晶シリコン層のエッチング速度の分布を示すグラフである。

[図27]実験例 2 1 ～ 2 4 において求めたフルオロカーボン膜の堆積速度の分布を示すグラフである。

[図28]実験例 2 5 ～ 2 7 において求めた多結晶シリコン層のエッチング速度の分布を示すグラフである。

[図29]実験例 2 8 ～ 3 0 において求めた SiN 層のエッチング速度の分布を

示すグラフである。

[図30]実験例25～30の結果から求めたSiN層のエッチングに対する多結晶シリコン層のエッチングの選択性の分布を示すグラフである。

[図31]別の実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す断面図である。

[図32]別の実施形態のプラズマ処理装置に採用し得るガス供給系の一例を示す図である。

[図33]別の実施形態のプラズマ処理装置に採用し得るガス供給系の別の一例を示す図である。

[図34]別の実施形態のプラズマ処理装置に採用し得るガス供給系の更に別の一例を示す図である。

[図35]更に別の実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す断面図である。

[図36]更に別の実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す断面図である。

[図37]シミュレーション26及び27において求めた処理容器内でのガスの流れの分布を示す図である。

発明を実施するための形態

[0025] 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又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

[0026] まず、一実施形態に係るプラズマ処理装置について説明する。図1は、一実施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す断面図である。図1に示すプラズマ処理装置10は、処理容器12を備えている。処理容器12は、基板（ウエハ）Wを収容するための処理空間Sを画成している。処理容器12は、側壁12a、底部12b、及び、天部12cを含み得る。

[0027] 側壁12aは、軸線Zが延びる方向（以下、「軸線Z方向」という）に延在する略円筒形状を有している。側壁12aの内径は、例えば、540mmである。底部12bは、側壁12aの下端側に設けられている。側壁12aの上端部は開口している。側壁12aの上端部開口は、誘電体窓18によっ

て閉じられている。誘電体窓 18 は、側壁 12 a の上端部と天部 12 c との間に挟持されている。この誘電体窓 18 と側壁 12 a の上端部との間には封止部材 S L 1 が介在していてもよい。封止部材 S L 1 は、例えば O リングであり、処理容器 12 の密閉に寄与する。

[0028] プラズマ処理装置 10 は、処理容器 12 内に設けられた載置台 20 を更に備えている。載置台 20 は、誘電体窓 18 の下方に設けられている。一実施形態においては、載置台 20 は、プレート 22、及び、静電チャック 24 を含んでいる。

[0029] プレート 22 は、略円盤状の金属製の部材であり、例えば、アルミニウムから構成されている。プレート 22 は、筒状の支持部 S P 1 によって支持されている。支持部 S P 1 は、底部 12 b から垂直上方に延びている。プレート 22 は、高周波電極を兼ねている。プレート 22 は、マッチングユニット M U 及び給電棒 P F R を介して、高周波バイアス電力を発生する高周波電源 R F G に電氣的に接続されている。高周波電源 R F G は、ウエハ W に引き込むイオンのエネルギーを制御するのに適した一定の周波数、例えば、13.65 MHz の高周波バイアス電力を出力する。マッチングユニット M U は、高周波電源 R F G 側のインピーダンスと、主に電極、プラズマ、処理容器 12 といった負荷側のインピーダンスとの間で整合をとるための整合器を収容している。この整合器の中に自己バイアス生成用のブロッキングコンデンサが含まれている。

[0030] プレート 22 の上面には、静電チャック 24 が設けられている。静電チャック 24 は、ベースプレート 24 a 及びチャック部 24 b を含んでいる。ベースプレート 24 a は、略円盤状の金属製の部材であり、例えば、アルミニウムから構成されている。ベースプレート 24 a は、プレート 22 上に設けられている。ベースプレート 24 a の上面にはチャック部 24 b が設けられている。チャック部 24 b の上面は、ウエハ W を載置するための載置領域 M R となる。チャック部 24 b は、ウエハ W を静電吸着力で保持する。チャック部 24 b は、誘電体膜の間に挟まれた電極膜を含んでいる。チャック部 2

4 b の電極膜には、直流電源 D C S がスイッチ S W 及び被覆線 C L を介して電氣的に接続されている。チャック部 2 4 b は、直流電源 D C S から印加される直流電圧により発生するクーロン力によって、その上面にウエハ W を吸着保持することができる。このチャック部 2 4 b の径方向外側には、ウエハ W の周囲を環状に囲むフォーカスリング F R が設けられている。

[0031] ベースプレート 2 4 a の内部には、周方向に延びる環状の冷媒室 2 4 g が設けられている。この冷媒室 2 4 g には、チラーユニットから配管 P P 1 , P P 3 を介して所定の温度の冷媒、例えば、冷却水が循環供給される。チャック部 2 4 b 上のウエハ W の処理温度は、冷媒の温度によって制御され得る。さらに、伝熱ガス供給部からの伝熱ガス、例えば、H e ガスが供給管 P P 2 を介してチャック部 2 4 b の上面とウエハ W の裏面との間に供給される。

[0032] 載置台 2 0 の周囲には、環状の排気路 V L が設けられている。排気路 V L の軸線 Z 方向における中間には、複数の貫通孔が形成された環状のバッフル板 2 6 が設けられている。排気路 V L は、排気口 2 8 h を提供する排気管 2 8 に接続している。排気管 2 8 は、処理容器 1 2 の底部 1 2 b に取り付けられている。排気管 2 8 には、排気装置 3 0 が接続されている。排気装置 3 0 は、圧力調整器、及びターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有している。この排気装置 3 0 により、処理容器 1 2 内の処理空間 S を所望の真空度まで減圧することができる。また、排気装置 3 0 を動作させることにより、載置台 2 0 の外周から排気路 V L を介してガスを排気することができる。

[0033] 一実施形態においては、プラズマ処理装置 1 0 は、温度制御機構として、ヒータ H T、H S、H C、及び、H E を更に備え得る。ヒータ H T は、天部 1 2 c 内に設けられており、アンテナ 1 4 を囲むように、環状に延在している。また、ヒータ H S は、側壁 1 2 a 内に設けられており、環状に延在している。ヒータ H C は、ベースプレート 2 4 a 内に設けられている。ヒータ H C は、ベースプレート 2 4 a 内において、上述した載置領域 M R の中央部分の下方、即ち軸線 Z に交差する領域に設けられている。また、ヒータ H E は、ベースプレート 2 4 a 内に設けられており、ヒータ H C を囲むように環状

に延在している。ヒータHEは、上述した載置領域MRの外縁部分の下方に設けられている。

[0034] 一実施形態においては、プラズマ処理装置10は、アンテナ14、同軸導波管16、誘電体窓18、マイクロ波発生器32、チューナ34、導波管36、及び、モード変換器38を更に備え得る。これらアンテナ14、同軸導波管16、誘電体窓18、マイクロ波発生器32、チューナ34、導波管36、及び、モード変換器38は、プラズマ処理装置のプラズマ源を構成している。

[0035] マイクロ波発生器32は、例えば2.45GHzの周波数のマイクロ波を発生する。マイクロ波発生器32は、チューナ34、導波管36、及びモード変換器38を介して、同軸導波管16の上部に接続されている。同軸導波管16は、その中心軸線である軸線Zに沿って延在している。一実施形態においては、載置台20の載置領域MRの中心は、軸線Z上に位置している。

[0036] 同軸導波管16は、外側導体16a及び内側導体16bを含んでいる。外側導体16aは、軸線Z中心に延在する円筒形状を有している。外側導体16aの下端は、導電性の表面を有する冷却ジャケット40の上部に電氣的に接続され得る。内側導体16bは、外側導体16aの内側において、当該外側導体16aと同軸に設けられている。内側導体16bは、軸線Z中心に延在する円筒形状を有している。内側導体16bの下端は、アンテナ14のスロット板44に接続している。

[0037] 一実施形態においては、アンテナ14は、ラジアルラインスロットアンテナである。このアンテナ14は、天部12cに形成された開口内に配置されており、誘電体窓18の上面の上に設けられている。アンテナ14は、誘電体板42及びスロット板44を含んでいる。誘電体板42は、マイクロ波の波長を短縮させるものであり、略円盤形状を有している。誘電体板42は、例えば、石英又はアルミナから構成される。誘電体板42は、スロット板44と冷却ジャケット40の下面の間に挟持されている。アンテナ14は、したがって、誘電体板42、スロット板44、及び、冷却ジャケット40の下

面によって構成され得る。

[0038] 図2は、スロット板の一例を示す平面図である。スロット板44は、薄板状であって、円板状である。スロット板44の板厚方向の両面は、それぞれ平らである。円形のスロット板44の中心CSは、軸線Z上に位置している。スロット板44には、複数のスロット対44pが設けられている。複数のスロット対44pの各々は、板厚方向に貫通する二つのスロット孔44a, 44bを含んでいる。スロット孔44a, 44bそれぞれの平面形状は、長孔形状である。各スロット対44pにおいて、スロット孔44aの長軸が延びる方向と、スロット孔44bの長軸が延びる方向は、互いに交差又は直交している。

[0039] 図2に示す例では、複数のスロット対44pは、軸線Zを中心とする仮想円VCの内側に設けられた内側スロット対群ISPと仮想円VCの外側に設けられた外側スロット対群OSPとに大別されている。内側スロット対群ISPは、複数のスロット対44pを含んでいる。図2に示す例では、内側スロット対群ISPは、七つのスロット対44pを含んでいる。内側スロット対群ISPの複数のスロット対44pは、中心CSに対して周方向に等間隔に配列されている。内側スロット対群ISPに含まれる複数のスロット孔44aは、当該スロット孔44aの重心がスロット板44の中心CSから半径R1の円上に位置するよう、等間隔に配列されている。また、内側スロット対群ISPに含まれる複数のスロット孔44bは、当該スロット孔44bの重心がスロット板44の中心CSから半径R2の円上に位置するよう、等間隔に配列されている。ここで、半径R2は、半径R1より大きい。

[0040] 外側スロット対群OSPは、複数のスロット対44pを含んでいる。図2に示す例では、外側スロット対群OSPは、28個のスロット対44pを含んでいる。外側スロット対群OSPの複数のスロット対44pは、中心CSに対して周方向に等間隔に配列されている。外側スロット対群OSPに含まれる複数のスロット孔44aは、当該スロット孔44aの重心がスロット板44の中心CSから半径R3の円上に位置するよう、等間隔に配列されてい

る。また、外側スロット対群OSPに含まれる複数のスロット孔44bは、当該スロット孔44bの重心がスロット板44の中心CSから半径R4の円上に位置するよう、等間隔に配列されている。ここで、半径R3は、半径R2よりも大きく、半径R4は、半径R3よりも大きい。

[0041] また、内側スロット対群ISP及び外側スロット対群OSPのスロット孔44aの各々は、中心CSとその重心とを結ぶ線分に対して、その長軸が同一の角度を有するよう、形成されている。また、内側スロット対群ISP及び外側スロット対群OSPのスロット孔44bの各々は、中心CSとその重心とを結ぶ線分に対して、その長軸が同一の角度を有するよう、形成されている。

[0042] 図3は、誘電体窓の一例を示す平面図であり、当該誘電体窓を処理空間S側から見た状態を示している。図4は、図3のIV-IV線に沿ってとった断面図である。誘電体窓18は、略円盤形状を有し、石英又はアルミナといった誘電体から構成されている。誘電体窓18の上面18u上には、スロット板44が設けられている。

[0043] 誘電体窓18の中央には、貫通孔18hが形成されている。貫通孔18hの上側部分は、後述する中央導入部50のインジェクタ50bが収容される空間18sとなり、下側部分は、後述する中央導入部50の中央導入口18iとなる。なお、誘電体窓18の中心軸線は、軸線Zと一致している。

[0044] 誘電体窓の上面18uと反対側の面、即ち下面18bは、処理空間Sに接しており、プラズマを生成する側の面となる。この下面18bは、種々の形状を画成している。具体的に、下面18bは、中央導入口18iを囲む中央領域において、平坦面180を有している。この平坦面180は、軸線Zに直交する平坦な面である。下面18bは、平坦面180の径方向外側領域において、環状に連なり誘電体窓18の板厚方向内方側に向かってテーパ状に凹む環状の第1凹部181を画成している。

[0045] 第1凹部181は、内側テーパ面181a、底面181b、及び、外側テーパ面181cによって画成されている。底面181bは、平坦面180よ

りも上面 18u 側に設けられており、平坦面 180 と平行に環状に延在している。内側テーパ面 181a は、平坦面 180 と底面 181b との間において環状に延在しており、平坦面 180 に対して傾斜している。外側テーパ面 181c は、底面 181b と下面 18b の周縁部との間において環状に延在しており、底面 181b に対して傾斜している。なお、下面 18b の周縁領域は、側壁 12a に接する面となる。

[0046] また、下面 18b は、平坦面 180 から板厚方向内方側に向かって凹む複数の第 2 凹部 182 を画成している。複数の第 2 凹部 182 の個数は、図 3 及び図 4 に示す例では、7 個である。これら複数の第 2 凹部 182 は、周方向に沿って等間隔に形成されている。また、複数の第 2 凹部 182 は、軸線 Z に直交する面において円形の平面形状を有している。具体的には、第 2 凹部 182 を画成する内側面 182a は、軸線 Z 方向に延在する円筒面である。また、第 2 凹部 182 を画成する底面 182b は、平坦面 180 よりも上面 18u 側に設けられており、平坦面 180 と平行な円形の面である。

[0047] 図 5 は、図 3 に示す誘電体窓上に図 2 に示すスロット板を設けた状態を示す平面図であり、誘電体窓 18 を下側から見た状態を示している。図 5 に示すように、平面視において、即ち、軸線 Z 方向に見ると、外側スロット対群 OSP の複数のスロット孔 44a 及び複数のスロット孔 44b、並びに内側スロット対群 ISP の複数のスロット孔 44b は、第 1 凹部 181 に重なっている。具体的には、平面視において、外側スロット対群 OSP の複数のスロット孔 44b は、一部において外側テーパ面 181c に重なっており、一部において底面 181b に重なっている。また、平面視において、外側スロット対群 OSP の複数のスロット孔 44a は、底面 181b に重なっている。また、平面視において、内側スロット対群 ISP の複数のスロット孔 44b は、一部において内側テーパ面 181a に重なっており、一部において底面 181b に重なっている。

[0048] また、平面視において、即ち、軸線 Z 方向に見ると、内側スロット対群 ISP の複数のスロット孔 44a は、第 2 凹部 182 に重なっている。具体的

には、平面視において、複数の第2凹部182の底面の重心（中心）それぞれが、内側スロット対群ISPの複数のスロット孔44a内に位置するように、構成されている。

[0049] 図1を再び参照する。プラズマ処理装置10では、マイクロ波発生器32により発生されたマイクロ波が、同軸導波管16を通して、誘電体板42に伝播され、スロット板44のスロット孔44a及び44bから誘電体窓18に与えられる。

[0050] 誘電体窓18では、上述したように第1凹部181を画成する部分の板厚、及び、第2凹部182を画成する部分の板厚は、他の部分よりも薄くなっている。したがって、誘電体窓18では、第1凹部181を画成する部分、及び、第2凹部182を画成する部分において、マイクロ波の透過性が高められている。また、軸線Z方向に見た場合に、外側スロット対群OSPのスロット孔44a及び44b、並びに、内側スロット対群ISPのスロット孔44bは、第1凹部181に重なっており、内側スロット対群ISPのスロット孔44aは、第2凹部182に重なっている。したがって、第1凹部181及び第2凹部182にマイクロ波の電界が集中して、当該第1凹部181及び第2凹部182にマイクロ波のエネルギーが集中する。その結果、第1凹部181及び第2凹部182において、プラズマを安定して発生させることが可能となり、誘電体窓18の直下において径方向及び周方向に分布したプラズマを安定して発生させることが可能となる。

[0051] このプラズマ処理装置10では、誘電体窓18の直下においてプラズマを生成し、誘電体窓18の下方に設けられた載置台20上においてウェハWを処理することができる。誘電体窓18の下面18bから載置台20の上面、即ち載置領域MRまでの軸線Z方向の距離は、例えば、245mmである。ここで、プラズマの電子温度は、誘電体窓18からの距離の関数として生じるものであり、誘電体窓18からの距離が大きくなると低くなる。したがって、プラズマ処理装置10は、電子温度の低いプラズマ拡散領域においてウェハWを処理することができ、その結果、ウェハWに対するダメージを低減

することが可能である。

[0052] ところで、プラズマの拡散は、下記（１）式で規定される。

$$D \times \delta N_e / \delta x \quad \cdots (1)$$

ここで、 D は拡散係数であり、 $\delta N_e / \delta x$ は電子密度勾配を表わす。式（１）によれば、プラズマの拡散は、プラズマ生成領域から処理容器の内壁面に向かう密度勾配に従う。このようにプラズマが拡散するので、プラズマの密度は、処理容器の内壁面からの距離が大きくなるほど高くなる。一般的に、載置台は、その径方向の外側において処理容器の内壁面によって囲まれている。したがって、載置台上の中央、即ちウエハの中央においてプラズマの密度が高くなり、載置台上の縁部、即ちウエハの縁部においてプラズマの密度が低くなるようなプラズマの分布が形成される傾向がある。このようなプラズマの分布は、ウエハ W の径方向の処理速度のばらつきを生じさせ得る。そこで、プラズマ処理装置１０は、ウエハ W の径方向における処理速度のばらつきを低減させるための種々の構成を備えている。以下、プラズマ処理装置１０の構成を、より詳細に説明する。

[0053] プラズマ処理装置１０は、中央導入部５０及び周辺導入部５２を備えている。中央導入部５０は、導管５０ａ、インジェクタ５０ｂ、及び中央導入口１８ｉを含んでいる。導管５０ａは、同軸導波管１６の内側導体１６ｂの内孔に通されている。また、導管５０ａの端部は、誘電体窓１８が軸線 Z に沿って画成する空間１８ｓ（図４参照）内まで延在している。この空間１８ｓ内且つ導管５０ａの端部の下方には、インジェクタ５０ｂが収容されている。インジェクタ５０ｂには、軸線 Z 方向に延びる複数の貫通孔が設けられている。誘電体窓１８は、中央導入口１８ｉを画成している。中央導入口１８ｉは、空間１８ｓの下方に連続し、且つ軸線 Z に沿って延びている。かかる構成の中央導入部５０は、導管５０ａを介してインジェクタ５０ｂにガスを供給し、インジェクタ５０ｂから中央導入口１８ｉを介してガスを噴射する。このように、中央導入部５０は、軸線 Z に沿って誘電体窓１８の直下にガスを噴射する。即ち、中央導入部５０は、電子温度が高いプラズマ生成領域

にガスを導入する。

[0054] 周辺導入部52は、複数の周辺導入口52iを含んでいる。複数の周辺導入口52iは、主としてウエハWの縁部にガスを供給する。複数の周辺導入口52iは、ウエハWの縁部、又は、載置領域MRの縁部に向けて開口している。複数の周辺導入口52iは、中央導入口18iよりも下方、且つ、載置台20の上方において周方向に沿って配列されている。即ち、複数の周辺導入口52iは、誘電体窓の直下よりも電子温度の低い領域（プラズマ拡散領域）において軸線Zを中心として環状に配列されている。ここで、ガスの解離度は、滞在時間、電子密度、及び電子温度の積によって規定される。周辺導入部52は電子温度の低い領域からウエハWに向けてガスを供給するので、当該周辺導入部52から処理空間Sに導入されるガスの解離度は、中央導入部50から処理空間Sに供給されるガスの解離度よりも抑制される。また、上述したマイクロ波のパワーを調整して電子密度を調整することにより、ガスの解離度を調整することが可能である。

[0055] 中央導入部50には、第1の流量制御ユニット群FCG1を介して第1のガスソース群GSG1が接続されている。また、周辺導入部52には、第2の流量制御ユニット群FCG2を介して第2のガスソース群GSG2が接続されている。図6は、第1の流量制御ユニット群、第1のガスソース群、第2の流量制御ユニット群、及び、第2のガスソース群を含むガス供給系を示す図である。図6に示すように、第1のガスソース群GSG1は、複数の第1のガスソースGS11～GS1Nを含んでいる。ここで、「N」は総数を示す記号である。第1のガスソースGS11～18はそれぞれ、Arガスのソース、Heガスのソース、C₄F₆ガスのソース、O₂ガスのソース、HBrガスのソース、CF₄ガスのソース、Cl₂ガスのソース、N₂ガスのソースである。第1のガスソース群GSG1は、これらガスとは異なるガスのソースを更に含んでもよい。

[0056] 第1の流量制御ユニット群FCG1は、複数の第1の流量制御ユニットFC11～FC1Nを含んでいる。複数の第1の流量制御ユニットFC11～

FC1Nの各々は、例えば、二つのバルブと、当該二つのバルブ間に設けられた流量制御器を含んでいる。流量制御器は、例えば、マスフローコントローラである。複数の第1のガスソースGS11～GS1Nはそれぞれ、複数の第1の流量制御ユニットFC11～FC1Nを介して、共通ガスラインGL1に接続されている。この共通ガスラインGL1は、中央導入部50に接続されている。

[0057] 第2のガスソース群GSG2は、複数の第1のガスソースGS21～GS2Mを含んでいる。ここで、「M」は総数を示す記号である。第2のガスソースGS21～28はそれぞれ、Arガスのソース、Heガスのソース、C₄F₆ガスのソース、O₂ガスのソース、HBrガスのソース、CF₄ガスのソース、Cl₂ガスのソース、N₂ガスのソースである。第2のガスソース群GSG2は、これらガスとは異なるガスのソースを更に含んでいてもよい。

[0058] 第2の流量制御ユニット群FCG2は、複数の第2の流量制御ユニットFC21～FC2Mを含んでいる。複数の第2の流量制御ユニットFC21～FC2Mの各々は、例えば、二つのバルブと、当該二つのバルブ間に設けられた流量制御器を含んでいる。流量制御器は、例えば、マスフローコントローラである。複数の第2のガスソースGS21～GS2Mはそれぞれ、複数の第2の流量制御ユニットFC21～FC2Mを介して、共通ガスラインGL2に接続されている。この共通ガスラインGL2は、周辺導入部52に接続されている。

[0059] このように、プラズマ処理装置10では、複数の第1のガスソース及び複数の第1の流量制御ユニットが中央導入部50専用 to 設けられており、これら複数の第1のガスソース及び複数の第1の流量制御ユニットとは独立した複数の第2のガスソース及び複数の第2の流量制御ユニットが周辺導入部52専用 to 設けられている。したがって、中央導入部50から処理空間Sに導入されるガスの種類、中央導入部50から処理空間Sに導入される一以上のガスの流量を独立して制御することができ、また、周辺導入部52から処理空間Sに導入されるガスの種類、周辺導入部52から処理空間Sに導入され

る一以上のガスの流量を独立して制御することができる。

[0060] 例えば、プラズマ処理装置10では、周辺導入部52から処理空間Sに導入するガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比を、中央導入部50から処理空間Sに導入されるガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比よりも、大きくすることができる。また、中央導入部50から処理空間Sに導入される反応性ガスの流量よりも、周辺導入部52から処理空間Sに導入される反応性ガスの流量を多くすることができる。例えば、中央導入部50から希ガスを処理空間Sに導入し、反応性ガスを周辺導入部52から処理空間Sに導入することが可能である。したがって、プラズマ処理装置10では、より多くの反応性ガスの活性種を、失活させることなくウエハWの縁部に供給することが可能である。これにより、ウエハWの径方向の全領域における処理速度のばらつきを低減させることが可能となる。

[0061] なお、シリコン酸化膜のエッチングにおいては、反応性ガスとして、 C_4F_6 ガスを用いることができる。 C_4F_6 ガスは、ポリシリコンに対しては、堆積性のガスとなる。また、多結晶シリコンのエッチングにおいては、反応性ガスとして、 $HB r$ ガス、或いは、 CF_4 ガス及び／又は Cl_2 ガスを用いることができる。

[0062] 一実施形態においては、プラズマ処理装置10は、図1に示すように、制御部Cntを更に備え得る。制御部Cntは、プログラム可能なコンピュータ装置といった制御器であり得る。制御部Cntは、レシピに基づくプログラムに従ってプラズマ処理装置10の各部を制御し得る。例えば、制御部Cntは、複数の第1の流量制御ユニットFC11～FC1Nに制御信号を送出して、中央導入部50に供給するガス種及びガスの流量を調整することができる。また、制御部Cntは、複数の第2の流量制御ユニットFC21～FC2Mに制御信号を送出して、周辺導入部52に供給するガス種及びガスの流量を調整することができる。また、制御部Cntは、マイクロ波のパワー、RFバイアスのパワー及びON/OFF、並びに、処理容器12内の圧力を制御するよう、マイクロ波発生器32、高周波電源RFG、排気装置3

Oに制御信号を供給し得る。さらに、制御部C n tは、ヒータHT、HS、HC、及びHEの温度を調整するために、これらヒータに接続されたヒータ電源に制御信号を送出し得る。

[0063] 一実施形態においては、周辺導入部52は、環状の管52pを更に含む。この管52pには、複数の周辺導入口52iが形成されている。環状の管52pは、例えば、石英から構成され得る。図1に示すように、環状の管52pは、一実施形態においては、側壁12aの内壁面に沿って設けられている。換言すると、環状の管52pは、誘電体窓18の下面と載置領域MR、即ちウエハWとを結ぶ経路上には配置されていない。したがって、環状の管52pは、プラズマの拡散を阻害しない。また、環状の管52pが側壁12aの内壁面に沿って設けられているので、当該環状の管52pのプラズマによる消耗が抑制され、当該環状の管52pの交換頻度を減少させることが可能となる。さらに、環状の管52pは、ヒータによる温度制御が可能な側壁12aに沿って設けられているので、周辺導入部52から処理空間Sに導入されるガスの温度の安定性を向上させることが可能となる。

[0064] 図7は、周辺導入部の環状の管及びその支持構造を示す斜視図である。図8は、周辺導入部の環状の管及びその支持構造を示す分解斜視図である。図9は、環状の管とガス供給ブロックとを示す断面図である。図7～図9に示すように、プラズマ処理装置10は、一実施形態においては、環状の管52pを支持するための支持部材56を更に備え得る。

[0065] 支持部材56は、環形状を有しており、例えば、表面にアルマイト処理が施されたアルミニウムから構成され得る。支持部材56は、上側部分56aと下側部分56bとを有している。支持部材56の上側部分56aの内径は、下側部分56bの内径よりも大きくなっている。したがって、支持部材56においては、上側部分56aと下側部分56bの間に、上方に向いた環状の面56sが提供される。この環状の面56sが環状の管52pの下面に沿って延在し、上側部分56aの内側面56iが環状の管52pの外周面に沿って延在することにより、環状の管52pは支持部材56によって支持され

る。

[0066] また、プラズマ処理装置 10 は、環状の管 52 p を支持部材 56 に対して固定するための固定部材 58、60、及び環状の管 52 p と共通ガスライン GL 2 とを接続するためのガス供給ブロック 62 を更に備え得る。具体的には、支持部材 56 の一部である第 1 部分 56 c には、径方向に延びる貫通孔 56 d が形成されている。この貫通孔 56 d には、固定部材 58 の柱状の押圧部 58 b が挿入される。固定部材 58 は、押圧部 58 b の基端に接続する板状の基部 58 a を有している。この基部 58 a は、支持部材 56 の外周面に接し、当該支持部材 56 に対してねじ留めされる。基部 58 a が支持部材 56 に対してねじ留めされると、押圧部 58 b の先端が環状の管 52 p の外周面に当接する。これにより、環状の管 52 p は、支持部材 56 の直径方向に押圧され、第 1 部分 56 c と直径方向において対峙する支持部材 56 の第 2 部分 56 e に対して押し付けられる。

[0067] 環状の管 52 p には、固定部材 58 に当接する部分と反対側において、二つの溝が形成されている。これらの溝には、二つの固定部材 60 の被係止部 60 a がそれぞれ挿入される。これにより、固定部材 60 は環状の管 52 p に対して係止される。また、二つの固定部材 60 は、環状の管 52 p の外周面から外側に突出する突出部 60 b を有している。これら固定部材 60 の突出部 60 b には、ねじ穴が形成されている。固定部材 60 の突出部 60 b は、支持部材 56 の第 2 部分 56 e の内周面に形成された溝内に収容される。支持部材 56 の第 2 部分 56 e には、当該第 2 部分 56 e の外周面から内側に延びる孔が形成されており、当該孔は第 2 部分 56 e において突出部 60 b を収容する前記溝に接続している。支持部材 56 の第 2 部分 56 e の当該孔にねじが挿入されて固定部材 60 の突出部 60 b のねじ穴に螺合されると、環状の管 52 p は、固定部材 60 を介して支持部材 56 に対して固定される。

[0068] 固定部材 60 の被係止部 60 a が収容される二つの溝の間において、環状の管 52 p には、径方向に延びるガスライン 52 f が形成されている。ガス

ライン 5 2 f の一端は、環状の管 5 2 p 内に形成された環状のガスライン 5 2 g に接続しており、ガスライン 5 2 f の他端は環状の管 5 2 p の外周面まで延びている。また、支持部材 5 6 の第 2 部分 5 6 e には、ガスライン 5 2 f の他端に対面する位置から当該支持部材 5 6 の外周面まで径方向に延びる貫通孔 5 6 g が形成されている。この貫通孔 5 6 g には、ガス供給ブロック 6 2 の第 1 ポート 6 2 a が挿入される。ガス供給ブロック 6 2 には、第 1 ポート 6 2 a の先端から第 2 ポート 6 2 b まで延びるガスライン 6 2 f が形成されている。第 2 ポート 6 2 b には、共通ガスライン G L 2 が接続される。このガス供給ブロック 6 2 が支持部材 5 6 の外周面に対して固定されることにより、第 1 ポート 6 2 a の先端と環状の管 5 2 p の外周面が接触し、ガスライン 5 2 f とガスライン 6 2 f とが接続される。なお、これらガスライン 5 2 f とガスライン 6 2 f の接続部分を囲むように O リングといった封止部材が設けられていてもよい。

[0069] このような構成を有する環状の管 5 2 p と支持部材 5 6 とを含む周辺導入アセンブリは、図 1 に示すように側壁 1 2 a の内壁面に形成された溝に嵌め込まれている。上述したように環状の管 5 2 p は単一の支持部材 5 6 上に搭載されて、固定部材 5 8, 6 0 によって当該支持部材 5 6 に対して固定されている。このように少ない部品点数で環状の管 5 2 p の支持構造が構成されているので、プラズマ処理装置 1 0 は、環状の管 5 2 p 及びその支持構造に関連するメンテナンス性に優れる。また、環状の管 5 2 p の支持構造が低コストで実現される。

[0070] 図 1 0 は、周辺導入部の周辺導入口とウエハ W とを示す拡大断面図である。一実施形態においては、環状の管 5 2 p 内のガスライン 5 2 g の断面形状は、径方向の幅及び軸線 Z 方向の幅の一方が他方より大きくなるように構成されている。図 1 及び図 1 0 に示す実施形態では、環状の管 5 2 p 内のガスライン 5 2 g の径方向の幅 W 1 は、当該環状の管 5 2 p 内のガスライン 5 2 g の高さ方向の幅 W 2 よりも大きくなっている。環状の管 5 2 p に供給されたガスの圧力は、環状の管 5 2 p 内を流れる間に降下し得る。この実施形態

では、かかる断面形状を有する環状の管 5 2 p により、環状の管 5 2 p 内でのガスの圧力損失を低減することが可能となる。これにより、複数の周辺導入口 5 2 i から噴射されるガスの流量のばらつきを低減することが可能となる。

[0071] また、一実施形態においては、複数の周辺導入口 5 2 i は、ウエハ W の縁部に向けて開口している。即ち、複数の周辺導入口 5 2 i は、ウエハ W の縁部に向けてガスを噴射するよう、軸線 Z に直交する平面に対して角度 θ で傾斜している。角度 θ は、ウエハ W 又は載置領域 M R の縁部と周辺導入口 5 2 i との径方向における距離、及び、ウエハ W 又は載置領域 M R と周辺導入口 5 2 i の軸線 Z 方向の距離に応じて定められる。例えば、角度 θ は、30度～50度の範囲において定められる。一例においては、ウエハ W 又は載置領域 M R と周辺導入口 5 2 i の軸線 Z 方向の距離は 90 mm であり、角度 θ は 45 度である。このように周辺導入口 5 2 i が、ウエハ W の縁部に向けて傾斜するように開口しているので、当該周辺導入口 5 2 i から噴射された反応性ガスの活性種は、ウエハ W の縁部に直接的に向かう。これにより、反応性ガスの活性種をウエハ W の縁部に失活させずに供給することが可能となる。その結果、ウエハ W の径方向における各領域の処理速度のばらつきを低減することが可能となる。

[0072] 図 1 1 は、載置台 2 0 の外縁部近傍を示す拡大断面図である。一般的に、載置台、及びこれに付随する部材、例えば、フォーカスリング F R を含む載置台アセンブリは、ウエハ W よりも径方向外側まで延在している。したがって、載置台アセンブリは、ウエハ W の縁部に対するプラズマの拡散の障害となる。ウエハ W の径方向の処理速度のばらつきを低減させるためには、ウエハ W の縁部近傍までプラズマを拡散させる必要がある。そこで、一実施形態においては、載置台 2 0 及びフォーカスリング F R を含む載置台アセンブリの直径は、ウエハ W の直径の 110% 以下に設定される。このような載置台アセンブリの一例は、図 1 1 に示す実施形態により実現される。

[0073] 図 1 1 に示すように、一実施形態においては、静電チャック 2 4 は、下側

部分 24 c、及び、当該下側部分 24 c の上に位置して載置領域 MR を提供する上側部分 24 d を含んでいる。上側部分 24 d は、ベースプレート 24 a の上側領域及びチャック部 24 b を含んでいる。上側部分 24 d は、その直径が下側部分 24 c の直径よりも小さくなるように縮径されている。このように構成された静電チャック 24 は、上側において縮径された階段状の外周面を有している。プレート 22 は、静電チャック 24 の下側部分 24 c に略等しい直径を有しており、静電チャック 24 の下側部分 24 c の外周面に連続する外周面を提供している。

[0074] 静電チャック 24 においては、ベースプレート 24 a の上面の外縁領域にフォーカスリング FR が設けられている。チャック部 24 b は、ベースプレート 24 a の外縁領域に囲まれた領域においてベースプレート 24 a の上面の上に設けられている。したがって、載置領域 MR は、フォーカスリング FR によって囲まれている。フォーカスリング FR の外縁は、ベースプレート 24 a の上面の外縁よりも径方向に僅かに外側に張り出している。また、静電チャック 24 の外周面及びプレート 22 の外周面には、石英といった材料から構成された絶縁部材が設けられている。図 11 に示す実施形態では、絶縁部材 70 が、フォーカスリング FR の外縁の下面から静電チャック 24 の上側部分 24 d の外周面に沿って延在している。絶縁部材 70 の外周面は、静電チャック 24 の上側部分 24 d の外周面に倣った形状を有しており、排気路 VL に接している。また、絶縁部材 72 が、静電チャック 24 の下側部分 24 c の外周面及びプレート 22 の外周面に沿って延在している。この絶縁部材 72 の外周面も、排気路 VL に接している。

[0075] このように、静電チャック 24 の上側部分 24 d は、その下側部分 24 c よりも縮径されており、フォーカスリング FR は、その外縁が絶縁部材 70 に連続するようベースプレート 24 a の上面の外縁よりも径方向に僅かにのみ張り出した構成となっている。この構成では、フォーカスリング FR の直径が小さくなっているため、フォーカスリング FR の周囲にプラズマを拡散させることが可能となっている。例えば、フォーカスリング FR の外径（直

径)は、330mmである。これにより、ウエハWの縁部の近傍までプラズマを拡散させることが可能となる。また、図11に示す実施形態によれば、フォーカスリングFR及び絶縁部材70、72を含む載置台アセンブリの外周面から処理容器12の側壁12aまでの距離が大きくなっている。その結果、側壁12aと当該載置台アセンブリの外周面との間において、径方向に大きな空間、即ち排気路VLを確保することができ、当該排気路VLにおいてプラズマの拡散を促進させることが可能である。

[0076] また、バッフル板26は、軸線Z方向において載置領域MRから80mm以上の距離H1で下方に設けられている。図11に示す形態では、80mm以上の距離H1を確保するために、バッフル板26は、静電チャック24及びプレート22よりも下方に設けられている。このようにバッフル板26を、載置領域MRから大きな距離H1で下方に引き離した構成を採用することにより、前記載置台アセンブリの周囲に大きな空間、即ち排気路VLを確保することができる。したがって、排気路VLにおいてプラズマの拡散を更に促進させることが可能である。

[0077] 排気路VLは、載置台20の周囲において環状に延在している。排気路の下方には、図1に示すように、バッフル板26を介して、排気口28hが設けられている。即ち、排気口28hは、載置台20の中心の下方には位置しておらず、載置台20の中心からは径方向に偏位した位置に設けられている。これは、載置台20の中心の下方には上述した給電棒PFRが軸線Z方向に延在しているからである。したがって、ウエハWの縁部から排気口28hまでの距離には、ウエハWの縁部の位置に応じた差異が生じる。しかしながら、プラズマ処理装置10では、バッフル板26が載置領域MRから大きな距離H1で下方に引き離された構成を有しているので、ウエハWの縁部からバッフル板26までの流線の長さを大きくすることができる。その結果、ウエハWの縁部におけるガス流れの周方向における差異が小さくなり、ウエハWの周囲へのガスの流れが周方向において均一化される。

[0078] 以下、上述したプラズマ処理装置10を用いて実施され得るプラズマ処理

方法について説明する。この方法は、工程 S a を含む。工程 S a では、第 1 のガスを中央導入部 5 0 から処理容器 1 2 内に供給し、第 2 のガスを周辺導入部 5 2 から処理容器 1 2 内に供給する。また、工程 S a では、アンテナ 1 4 から誘電体窓 1 8 を介してマイクロ波のエネルギーを処理容器 1 2 内に導入する。これにより、工程 S a では、載置台 2 0 上に載置されたウエハ W をエッチングする。

[0079] 上述した工程 S a では、第 1 のガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比よりも、第 2 のガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比が大きくなっている。また、工程 S a では、第 2 のガスにおける反応性ガスの流量が、第 1 のガスにおける反応性ガスの流量よりも多くなっている。例えば、第 1 のガスは希ガスのみを含み、第 2 のガスは反応性ガスのみを含んでいてもよい。希ガスは、例えば、A r ガス、H e ガスであり、反応性ガスはシリコン酸化層 (S i O₂ 層) に対しては C₄F₆ ガスであり得る。また、反応性ガスは、多結晶シリコンに対しては H B r ガス、或いは、C F₄ ガス及び／又は C l₂ ガスであり得る。

[0080] この工程 S a は、プラズマ処理装置 1 0 の制御部 C n t による制御の下で実施することができる。即ち、制御部 C n t によって複数の第 1 の流量制御ユニット F C 1 1 ~ F C 1 N 及び複数の第 2 の流量制御ユニット F C 2 1 ~ F C 2 M を制御することにより、第 1 のガス及び第 2 のガスを処理容器 1 2 内に供給することができる。

[0081] 続いて、工程 S a を含むプラズマ処理方法の応用例について説明する。第 1 の応用例に係るプラズマ処理方法は、フィン型電界効果トランジスタの製造時における S i O₂ 層のエッチングに適用され得る。図 1 2 は、フィン型電界効果トランジスタの一例を示す斜視図である。図 1 2 に示すように、フィン型電界効果トランジスタ 1 0 0 は、基板 1 0 2 を有している。基板 1 0 2 は、例えば、S i から構成されている。基板 1 0 2 の一主面には多結晶シリコン製のフィン 1 0 4 が形成されている。

[0082] フィン 1 0 4 は、一方向に長い直方体形状を有している。フィン 1 0 4 は

、不純物が添加されたソース及びドレインを有しており、当該一方向においてソース及びドレインの間にチャンネルを有している。当該一方向に直交する他方向においてフィン104の両脇には、 SiO_2 層106が設けられている。また、フィン104のチャンネルを覆うようにゲート酸化膜108が設けられており、当該ゲート酸化膜108を覆うようにゲート110が前記他方向に延在している。

[0083] 図13は、フィン型電界効果トランジスタの製造における一工程を示す図である。図13に示すように、フィン型電界効果トランジスタ100の製造においては、フィン104を覆うように SiO_2 層106を堆積させた後に、フィン104の上側部分が露出するように当該 SiO_2 層をエッチングする工程が行われる。上述した工程S aは、図13に示す工程に適用され得る。具体的には、工程S aにおいて、反応性ガスとして C_4F_6 ガスを用いることで、 C_4F_6 ガスから解離したフッ素の活性種により SiO_2 層106をエッチングすることができ、これと同時に、 C_4F_6 ガスから解離したフルオロカーボンにより多結晶シリコン製のフィン104を保護することができる。即ち、 SiO_2 層106に対しては、 C_4F_6 ガスを腐食性のガスとして用いることができ、多結晶シリコン製のフィン104に対しては、 C_4F_6 ガスを堆積性のガスとして用いることができる。

[0084] 上述したように、工程S aでは、中央導入部50から供給される第1のガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガス(C_4F_6 ガス)の流量の比よりも、周辺導入部52から供給される第2のガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比が大きくなっている。また、工程S aでは、第2のガスにおける反応性ガスの流量が、第1のガスにおける反応性ガスの流量よりも多くなっている。したがって、工程S aによれば、ウエハWの縁部にもフッ素の活性種及びフルオロカーボンを供給することができる。また、工程S aによれば、第1のガスにおける希ガスの流量を調整することで、径方向における多結晶シリコン層のエッチング速度の分布及び多結晶シリコン層に対する堆積速度の分布を調整することが可能となる。また、第2のガスにお

ける C_4F_6 ガスの流量を調整することで、径方向におけるシリコン酸化層のエッチング速度の分布を調整することが可能となる。よって、工程S aによれば、ウエハWの中央及び縁部を含む径方向の全領域において、フィン104自体の高さ、及び、 SiO_2 層106から露出したフィン104の高さの差異を低減することが可能となり得る。

[0085] 次に、第2の応用例について説明する。図14は、一実施形態に係るプラズマ処理方法の応用例を示す流れ図である。図14に示すプラズマ処理方法は、図15に示す状態の基板を作成するために適用され得る。図15には、フィン型電界効果トランジスタの製造における中間過程のウエハWの状態が示されている。図15に示すウエハWは、Si基板（下地部）200の一主面上に配列された複数のゲート202を有している。また、複数のゲート202の各々の両側壁に沿って、側壁スペーサ層204が設けられている。側壁スペーサ層204は、例えば、SiNから構成される。電界効果トランジスタの製造においては、隣り合うゲート202間に設けられた二つの側壁スペーサ層204の間の下方において、Si基板200に穴206を形成し、当該穴を側壁スペーサ層204の下方まで拡張させることがある。このためには、Si基板200を縦方向、即ち、厚み方向にエッチングし、且つ、横方向にもエッチングする必要がある。かかるエッチングには、プラズマ処理装置10を用いて実施し得る図14のプラズマ処理方法が好適である。なお、穴206は、当該穴206の形成後にシリコンゲルマニウムを埋め込んで、応力を発生させるために用いられ得る。

[0086] 図14に示すプラズマ処理方法は、工程S aと工程S aに先行する工程S bを含む。工程S bにおいては、Si基板200、即ち下地部のエッチング用の反応性ガスを処理容器12内に導入し、アンテナ14から誘電体窓18を介して処理容器12内にマイクロ波のエネルギーを導入し、載置台20のプレート22に高周波バイアス電力を与える。これにより、処理容器12内では、反応性ガスに含まれる原子又は分子の活性種が生成される。そして、高周波バイアス電力によるイオンの引き込み効果により、隣り合うゲート2

02の間に介在する二つのスペーサ層204の間の下方においてSi基板200が主として縦方向、即ち厚み方向にエッチングされる。なお、工程Sbにおいて用いられる反応性ガスは、 CF_4 ガス又はHBrガスであり得る。

[0087] 図14に示すプラズマ処理方法では、工程Sbに続いて工程Saが実施される。工程Saでは、処理容器12内に中央導入部50から第1のガスを導入し、処理容器12内に周辺導入部52から第2のガスを導入し、アンテナ14から誘電体窓18を介して処理容器12内にマイクロ波のエネルギーを導入する。また、工程Saでは、載置台20のプレート22に対して高周波バイアス電力は与えられない。工程Saは無バイアスで実施されるので、反応性ガスに含まれる原子又は分子の活性種、特にラジカルにより、隣り合うゲート202の間に介在する二つのスペーサ層204の間の下方において、Si基板200が、等方的に、即ち、横方向にもエッチングされる。なお、工程Saにおける反応性ガスは、HBrガスであってもよく、或いは、 CF_4 ガス及び Cl_2 ガスであってもよい。

[0088] 上述したように、工程Saでは、中央導入部50から供給される第1のガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比よりも、周辺導入部52から供給される第2のガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比が大きくなっている。また、工程Saでは、第2のガスにおける反応性ガスの流量が、第1のガスにおける反応性ガスの流量よりも多くなっている。したがって、工程Saによれば、ウエハWの縁部にも多量のラジカルを、失活させずに供給することができる。その結果、ウエハWの中央及び縁部を含む径方向の全領域において、横方向に拡張された穴206を形成することが可能となる。

[0089] 図14に示すプラズマ処理方法は、プラズマ処理装置10では、制御部Cntの制御下で実施することができる。この場合に、制御部Cntは、第1の制御及び第2の制御を実行する。第1の制御は、工程Sbを実施するための制御である。この第1の制御において、制御部Cntは、希ガス及び基板200のエッチング用の反応性ガスを含むガスを処理容器12内に供給する

よう、複数の第１の流量制御ユニットFC１１～FC１Ｎ及び複数の第２の流量制御ユニットFC２１～FC２Ｍを制御する。また、制御部C n tは、マイクロ波のエネルギーが誘電体窓１８を介して処理容器１２内に導入されるよう、マイクロ波発生器３２を制御する。さらに、制御部C n tは、載置台２０のプレート２２に高周波バイアス電力が与えられるよう、高周波電源R F Gを制御する。

[0090] 第２の制御は、工程S aを実施するための制御である。この第２の制御において、制御部C n tは、中央導入部５０及び周辺導入部５２から第１のガス及び第２のガスがそれぞれ供給されるよう、複数の第１の流量制御ユニットFC１１～FC１Ｎ及び複数の第２の流量制御ユニットFC２１～FC２Ｍを制御する。また、制御部C n tは、マイクロ波のエネルギーが誘電体窓１８を介して処理容器１２内に導入されるよう、マイクロ波発生器３２を制御する。さらに、制御部C n tは、載置台２０のプレート２２に対する高周波バイアス電力の供給が停止されるよう、高周波電源R F Gを制御する。

[0091] 以下、プラズマ処理装置１０の評価のために行った種々のシミュレーションについて説明する。

[0092] (シミュレーション１)

[0093] シミュレーション１においては、周辺導入部５２の環状の管５２ｐの直径をパラメータとして変更し、載置領域MRの５mm上でのA rプラズマの電子密度の分布を求めて、当該電子密度の分布における電子密度のばらつきを求めた。このシミュレーション１では、処理容器１２の内径を５４０mmに設定し、環状の管５２ｐと載置領域MRとの間の軸線Z方向の距離を９０mmに設定した。また、シミュレーション１では、処理容器１２内の圧力を２０mT o r r (2 . 6 6 6 P a) 及び１００mT o r r (1 3 . 3 3 P a) に設定した。電子密度のばらつきの算出には、下記の式(２)を用いた。

$$N e U = (N e M a x - N e M i n) / (2 \times N e A v e) \quad \cdots (2)$$

ここで、N e Uは、電子密度のばらつきであり、N e M a xは、電子密度の

最大値であり、 N_{eMin} は、電子密度の最小値であり、 N_{eAve} は電子密度の平均値である。

[0094] 図16は、シミュレーション1の結果を示すグラフである。図16において、横軸は環状の管52pの直径であり、縦軸は電子密度のばらつき N_{eU} (%)である。図16に示すように、処理容器12内の圧力に依らず、環状の管52pの直径が大きいほど、電子密度のばらつき N_{eU} は小さくなることが確認された。この結果から、処理容器12の側壁12aの内壁面に沿って環状の管52pを設けることにより、載置領域MRの直上におけるプラズマの密度分布のばらつきを低減できることが確認された。

[0095] (シミュレーション2)

[0096] シミュレーション2においては、載置台の直径をパラメータとして変更し、載置領域MRの5mm上でのArプラズマの電子密度の分布を求めて、当該電子密度の分布における電子密度のばらつきを求めた。シミュレーション2における「載置台の直径」は、載置台20、フォーカスリングFR、及び、絶縁部材70、72を含む載置台アセンブリの外郭の直径である。なお、シミュレーション2では、処理容器12の内径を540mmに設定し、環状の管52pの直径を540mmに設定し、環状の管52pと載置領域MRとの間の軸線Z方向の距離を90mmに設定した。また、シミュレーション2では、処理容器12内の圧力を20mTorr (2.666Pa) 及び100mTorr (13.33Pa) に設定した。また、電子密度のばらつきの算出には、式(2)を用いた。

[0097] 図17は、シミュレーション2の結果を示すグラフである。図17において、横軸は載置台の直径であり、縦軸は電子密度のばらつき N_{eU} (%)である。図17に示すように、処理容器12内の圧力に依らず、載置台アセンブリの外郭の直径が小さくなるほど、電子密度のばらつき N_{eU} は小さくなることが確認された。また、300mmφの直径を有するウエハWを想定すると、載置台アセンブリの外郭の直径が当該ウエハWの直径の110%以下、即ち330mm以下に設定することで、載置領域MRの直上におけるプラ

ズマの密度分布のばらつきを低減できることが確認された。

[0098] (シミュレーション3～4、及びシミュレーション5～7)

[0099] シミュレーション3及び4では、中央導入部50及び周辺導入部52から処理容器12内に導入するガスの種類及び流量をパラメータとして変更し、載置領域MRの5mm上でのHB_rのモル濃度の分布を算出した。シミュレーション3及び4の他の条件は以下の通りである。

<シミュレーション3及び4の条件>

シミュレーション3及び4の処理容器12の内径：540mm

シミュレーション3及び4の誘電体窓18の下面と載置領域MRの間の距離：
245mm

シミュレーション3及び4の環状の管52pの直径：540mm

シミュレーション3及び4の環状の管52pと載置領域MRの間の距離：90mm

シミュレーション3及び4の周辺導入口52iの角度 θ ：45度

シミュレーション3の中央導入部50のHB_rガス流量：800sccm

シミュレーション3の周辺導入部52のA_rガス流量：1000sccm

シミュレーション4の中央導入部50のA_rガス流量：1000sccm

シミュレーション4の周辺導入部52のHB_rガス流量：800sccm

[0100] シミュレーション5～7では、環状の管52pの直径を528mmとし、周辺導入口52iを軸線Zに向けて水平に開口させ、中央導入部50及び周辺導入部52に同一のガスを分配比を変えて処理容器12内に導入させて、載置領域MRの5mm上でのHB_rのモル濃度の分布を算出した。シミュレーション5～7の他の条件は、以下の通りである。

<シミュレーション5～7の条件>

シミュレーション5～7の処理容器12の内径：540mm

シミュレーション5～7の誘電体窓18の下面と載置領域MRの間の距離：
245mm

シミュレーション5～7の環状の管52pと載置領域MRの間の距離：90

mm

シミュレーション5～7のArガス流量/HBrガス流量：1000 sccm / 800 sccm

シミュレーション5のガス分配比（中央導入部：周辺導入部）： 5 : 95

シミュレーション6のガス分配比（中央導入部：周辺導入部）： 30 : 70

シミュレーション7のガス分配比（中央導入部：周辺導入部）： 90 : 10

[0101] シミュレーション3及び4の結果を図18に示し、シミュレーション5～7の結果を図19に示す。図18及び図19において、横軸は、直径300mmのウエハWの中心位置の直上の位置を「0」とした場合の径方向の距離であり、縦軸はHBrのモル濃度である。図19に示すように、同一のガスを分配比を変えて中央導入部50及び周辺導入部52から導入した場合、即ち、シミュレーション5～7では、ウエハWの縁部よりもウエハWの中心に多くのHBrが供給されることが確認された。また、図18に示すように、中央導入部50からHBrガスを供給し、周辺導入部52からArガスを供給した場合、即ち、シミュレーション3でも、ウエハWの縁部よりもウエハWの中心に多くのHBrが供給されることが確認された。一方、図18に示すように、中央導入部50からArガスを供給し、周辺導入部52からHBrガスを供給した場合、即ち、シミュレーション4では、ウエハWの中央よりもウエハWの縁部に対して多くのHBrが供給されることが確認された。

[0102] (シミュレーション8～25)

[0103] シミュレーション8～25では、プラズマ処理装置10において、載置領域MRからの環状の管52pの距離（高さ）及び周辺導入口52iの角度 θ をパラメータとして変更して、載置領域MRの5mm上でのHBrのモル濃度の分布を算出した。また、シミュレーション8～25では、中央導入部50からArガスを処理容器12内に導入し、周辺導入部52からHBrガス

を処理容器 1 2 内に導入した。シミュレーション 8 ~ 2 5 の他の条件は以下の通りである。

<シミュレーション 8 ~ 2 5 の条件>

シミュレーション 8 ~ 2 5 の処理容器 1 2 の内径 : 5 4 0 m m

シミュレーション 8 ~ 2 5 の誘電体窓 1 8 の下面と載置領域 M R の間の距離 : 2 4 5 m m

シミュレーション 8 ~ 2 5 の環状の管 5 2 p の直径 : 5 4 0 m m

シミュレーション 8 ~ 1 6 の処理容器内の圧力 : 1 0 0 m T o r r (1 3 . 3 3 P a)

シミュレーション 1 7 ~ 2 5 の処理容器内の圧力 : 2 0 m T o r r (2 . 6 6 P a)

シミュレーション 8 ~ 2 5 の中央導入部 5 0 の A r ガス流量 : 1 0 0 0 s c c m

シミュレーション 8 , 1 0 , 1 3 , 1 5 , 1 7 , 1 9 , 2 2 , 2 4 の周辺導入部 5 2 の H B r ガス流量 : 1 0 0 0 s c c m

シミュレーション 1 1 , 2 0 の周辺導入部 5 2 の H B r ガス流量 : 6 0 0 s c c m

シミュレーション 9 , 1 2 , 1 4 , 1 6 , 1 8 , 2 1 , 2 3 , 2 5 の周辺導入部 5 2 の H B r ガス流量 : 4 0 0 s c c m

シミュレーション 8 ~ 9 , 1 7 ~ 1 8 における載置領域 M R からの環状の管 5 2 p の距離 (高さ) : 1 2 0 m m

シミュレーション 8 ~ 9 , 1 7 ~ 1 8 における周辺導入口 5 2 i の角度 θ : 5 0 度

シミュレーション 1 0 ~ 1 2 , 1 9 ~ 2 1 における載置領域 M R からの環状の管 5 2 p の距離 (高さ) : 9 0 m m

シミュレーション 1 0 ~ 1 2 , 1 9 ~ 2 1 における周辺導入口 5 2 i の角度 θ : 4 5 度

シミュレーション 1 3 ~ 1 4 , 2 2 ~ 2 3 における載置領域 M R からの環状

の管 5 2 p の距離（高さ）：6 0 m m

シミュレーション 1 3 ～ 1 4, 2 2 ～ 2 3 における周辺導入口 5 2 i の角度

θ ：3 5 度

シミュレーション 1 5 ～ 1 6, 2 4 ～ 2 5 における載置領域 M R からの環状

の管 5 2 p の距離（高さ）：3 0 m m

シミュレーション 1 5 ～ 1 6, 2 4 ～ 2 5 における周辺導入口 5 2 i の角度

θ ：0 度

[0104] シミュレーション 8 ～ 1 6 の結果を図 2 0 に、シミュレーション 1 7 ～ 2 5 の結果を図 2 1 に示す。図 2 0 及び図 2 1 に示すグラフにおいて、横軸は、直径 3 0 0 m m のウエハ W の中心位置の直上の位置を「0」とした場合の径方向の距離であり、縦軸は位置「0」の H B r のモル濃度により規格化した H B r のモル濃度である。図 2 0 及び図 2 1 に示すように、中央導入部 5 0 から A r ガスを処理容器 1 2 内に導入し、周辺導入部 5 2 から H B r ガスを処理容器 1 2 内に導入することで、ウエハ W の中央よりもウエハ W の縁部に対して多くの H B r が供給されることが確認された。また、ウエハ W の縁部に対する H B r の供給量は、周辺導入部 5 2 から導入する H B r ガスの供給量により調整できることが確認された。また、図 2 0 及び図 2 1 に示すように、周辺導入口 5 2 i の角度 θ を 3 5 度～4 5 の範囲の範囲に設定することで、ウエハ W の縁部に対する H B r の供給量の大きな調整幅が得られることが確認された。

[0105] 以下、プラズマ処理装置 1 0 の評価のために行った種々の実験例についてについて説明する。

[0106] （実験例 1 ～ 4）

[0107] 実験例 1 ～ 4 では、プラズマ処理装置 1 0 の周辺導入部 5 2 から C_4F_6 ガスを処理容器 1 2 内に導入し、中央導入部 5 0 から処理容器 1 2 内に導入する H e ガスの流量をパラメータとして異ならせて、プラズマを発生させ、ベース基板上に一様に設けられた SiO_2 層を有する直径 3 0 0 m m のウエハ W を当該プラズマに曝した。実験例 1 ～ 4 の他の条件は以下の通りである。

<実験例 1 ～ 4 の条件>

実験例 1 ～ 4 の処理容器 1 2 の内径 : 5 4 0 m m

実験例 1 ～ 4 の誘電体窓 1 8 の下面と載置領域 M R の間の距離 : 2 4 5 m m

実験例 1 ～ 4 の環状の管 5 2 p の直径 : 5 4 0 m m

実験例 1 ～ 4 の周辺導入口 5 2 i の角度 θ : 4 5 度

実験例 1 ～ 4 の載置領域 M R からの環状の管 5 2 p の距離 (高さ) : 9 0 m m

実験例 1 ～ 4 の処理容器内の圧力 : 4 0 m T o r r (5 . 3 3 3 P a)

実験例 1 ～ 4 のマイクロ波パワー : 1 5 0 0 W

実験例 1 ～ 4 の高周波バイアス電力 : 3 5 0 W

実験例 1 ～ 4 の周辺導入部 5 2 のガス流量 ($C_4 F_6 / O_2$) : 2 0 s c c m / 3 s c c m

実験例 1 の中央導入部の H e ガス流量 : 1 2 0 0 s c m m

実験例 2 の中央導入部の H e ガス流量 : 9 0 0 s c m m

実験例 3 の中央導入部の H e ガス流量 : 6 0 0 s c m m

実験例 4 の中央導入部の H e ガス流量 : 3 0 0 s c m m

実験例 1 ～ 4 の処理時間 : 6 0 秒

[0108] (実験例 5 ～ 1 2)

[0109] 実験例 5 ～ 1 2 では、プラズマ処理装置 1 0 の周辺導入部 5 2 から $C_4 F_6$ ガスを処理容器 1 2 内に導入し、中央導入部 5 0 から処理容器 1 2 内に導入する H e ガスの流量をパラメータとして異ならせて、プラズマを発生させ、ベース基板上に一様に設けられた多結晶シリコン層を有する直径 3 0 0 m m のウエハ W を当該プラズマに曝した。実験例 5 ～ 8 の他の条件は、実験例 1 ～ 4 それぞれの条件と同様である。また、実験例 9 ～ 1 2 の他の条件は、高周波バイアス電力を 0 W に設定した点を除いて、実験例 1 ～ 4 それぞれの条件と同様である。

[0110] (実験例 1 ～ 1 2 の評価)

[0111] 実験例 1 ～ 4 の処理前後の $S i O_2$ 層の膜厚変化と処理時間から $S i O_2$ 層

のエッチング速度を求めた。詳細には、45度の間隔で設定したウエハWの四つの直径上に50mmの間隔のサンプリング点を設定し、これらサンプリング点においてSiO₂層のエッチング速度を求めた。以下、上記四つの直径をX軸線、Y軸線、V軸線、W軸線と称する。

[0112] 実験例5～8の処理前後の多結晶シリコン層の膜厚変化と処理時間から多結晶シリコン層のエッチング速度を求めた。詳細には、X軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上に50mmの間隔のサンプリング点を設定し、これらサンプリング点において多結晶シリコン層のエッチング速度を求めた。

[0113] また、実験例9～12の処理後のフルオロカーボン膜の膜厚と処理時間からフルオロカーボン膜の堆積速度を求めた。詳細には、X軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上に50mmの間隔のサンプリング点を設定し、これらサンプリング点においてフルオロカーボン膜の堆積速度を求めた。

[0114] 実験例1～4において求めたSiO₂層のエッチング速度の分布を、図22の(a)～(d)に示す。実験例5～8において求めた多結晶シリコン層のエッチング速度の分布を、図23の(a)～(d)に示す。実験例9～12において求めたフルオロカーボン膜の堆積速度の分布を、図24の(a)～(d)に示す。なお、図22～図23に示すグラフにおいて、横軸は、ウエハWの中心位置を「0」としたときのX軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上での位置である。また、図22及び図23に示すグラフにおいて、縦軸はエッチング速度である。図24に示すグラフにおいて、縦軸は、堆積速度である。

[0115] 図22に示すように、中央導入部50から処理容器12内に導入するHeガス、即ち希ガスの流量を変化させても、SiO₂層のエッチング速度の分布には大きな変化は見られなかった。一方、図23に示すように、中央導入部50から処理容器12内に導入するHeガス、即ち希ガスの流量を減少させると、ウエハ中央部の多結晶シリコン層のエッチング速度に対して、ウエハ縁部の多結晶シリコン層のエッチング速度が相対的に増加することが確認された。また、図24に示すように、中央導入部50から導入するHeガス、

即ち希ガスの流量を減少させると、ウエハ中央部のフルオロカーボン膜の堆積速度に対して、ウエハ縁部のフルオロカーボン膜の堆積速度が相対的に減少することが確認された。

[0116] 以上の実験例 1 ～ 12 の結果を総括すると、中央導入部 50 からは主として希ガスを処理容器 12 内に導入し、 C_4F_6 ガスを周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入し、且つ、中央導入部 50 から処理容器 12 内に導入する希ガスの流量を調整することで、 SiO_2 層のエッチング速度の分布に影響を与えずに、多結晶シリコン層のエッチング速度の分布及び多結晶シリコン層を保護し得るフルオロカーボン膜の堆積速度の分布を調整できることが確認された。

[0117] (実験例 13 ～ 16)

[0118] 実験例 13 ～ 16 では、プラズマ処理装置 10 の中央導入部 50 からは He ガスを主として含むガスを処理容器 12 内に導入し、周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入する C_4F_6 ガスの流量をパラメータとして異ならせて、プラズマを発生させ、ベース基板上に一様に設けられた SiO_2 層を有する直径 300 mm のウエハ W を当該プラズマに曝した。実験例 13 ～ 16 の他の条件は以下の通りである。

<実験例 13 ～ 16 の条件>

実験例 13 ～ 16 の処理容器 12 の内径：540 mm

実験例 13 ～ 16 の誘電体窓 18 の下面と載置領域 MR の間の距離：245 mm

実験例 13 ～ 16 の環状の管 52 p の直径：540 mm

実験例 13 ～ 16 の周辺導入口 52 i の角度 θ ：45 度

実験例 13 ～ 16 の載置領域 MR からの環状の管 52 p の距離（高さ）：90 mm

実験例 13 ～ 16 の処理容器内の圧力：40 mTorr (5.333 Pa)

実験例 13 ～ 16 のマイクロ波パワー：1500 W

実験例 13 ～ 16 の高周波バイアス電力：350 W

実験例 13 の中央導入部のガス流量 ($\text{He}/\text{C}_4\text{F}_6/\text{O}_2$) : $360\text{ sccm}/6\text{ sccm}/9\text{ sccm}$

実験例 14 ~ 16 の中央導入部のガス流量 ($\text{He}/\text{C}_4\text{F}_6/\text{O}_2$) : $360\text{ sccm}/0\text{ sccm}/9\text{ sccm}$

実験例 13 の周辺導入部のガス流量 ($\text{He}/\text{C}_4\text{F}_6/\text{O}_2$) : $840\text{ sccm}/14\text{ sccm}/2.1\text{ sccm}$

実験例 14 の周辺導入部のガス流量 ($\text{He}/\text{C}_4\text{F}_6/\text{O}_2$) : $840\text{ sccm}/14\text{ sccm}/2.1\text{ sccm}$

実験例 15 の周辺導入部のガス流量 ($\text{He}/\text{C}_4\text{F}_6/\text{O}_2$) : $840\text{ sccm}/17\text{ sccm}/2.1\text{ sccm}$

実験例 16 の周辺導入部のガス流量 ($\text{He}/\text{C}_4\text{F}_6/\text{O}_2$) : $840\text{ sccm}/20\text{ sccm}/2.1\text{ sccm}$

実験例 13 ~ 16 の処理時間 : 60 秒

[0119] (実験例 17 ~ 24)

[0120] 実験例 17 ~ 24 では、プラズマ処理装置 10 の中央導入部 50 からは He ガスを主として含むガスを処理容器 12 内に導入し、周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入する C_4F_6 ガスの流量をパラメータとして異ならせて、プラズマを発生させ、ベース基板上に一様に設けられた多結晶シリコン層を有する直径 300 mm のウエハ W を当該プラズマに曝した。実験例 17 ~ 20 の他の条件は、実験例 13 ~ 16 それぞれの条件と同様である。また、実験例 21 ~ 24 の他の条件は、高周波バイアス電力を 0 W に設定した点を除いて、実験例 13 ~ 16 それぞれの条件と同様である。

[0121] (実験例 13 ~ 24 の評価)

[0122] 実験例 13 ~ 16 の処理前後の SiO_2 層の膜厚変化と処理時間から SiO_2 層のエッチング速度を求めた。詳細には、X 軸線、Y 軸線、V 軸線、W 軸線上に 50 mm の間隔のサンプリング点を設定し、これらサンプリング点において SiO_2 層のエッチング速度を求めた。

[0123] 実験例 17 ~ 20 の処理前後の多結晶シリコン層の膜厚変化と処理時間か

ら多結晶シリコン層のエッチング速度を求めた。詳細には、X軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上に50mmの間隔のサンプリング点を設定し、これらサンプリング点において多結晶シリコン層のエッチング速度を求めた。

[0124] また、実験例21～24の処理後のフルオロカーボン膜の膜厚と処理時間からフルオロカーボン膜の堆積速度を求めた。詳細には、X軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上に50mmの間隔のサンプリング点を設定し、これらサンプリング点においてフルオロカーボン膜の堆積速度を求めた。

[0125] 実験例13～16において求めた SiO_2 層のエッチング速度の分布を、図25の(a)～(d)に示す。実験例17～20において求めた多結晶シリコン層のエッチング速度の分布を、図26の(a)～(d)に示す。実験例21～24において求めたフルオロカーボン膜の堆積速度の分布を、図27の(a)～(d)に示す。なお、図25～図27に示すグラフにおいて、横軸は、ウエハWの中心位置を「0」としたときのX軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上での位置である。また、図25及び図26に示すグラフにおいて、縦軸はエッチング速度である。図27に示すグラフにおいて、縦軸は、堆積速度である。

[0126] 実験例13では、中央導入部50からも C_4F_6 ガスを導入している。したがって、図25の(a)に示すように、ウエハの中央において、 SiO_2 層のエッチング速度が大きくなる傾向が見られた。一方、実験例14～16では、中央導入部50からは C_4F_6 ガスを導入していない。実験例14では、図25の(b)に示すように、ウエハ中央部の SiO_2 層のエッチング速度に対してウエハ縁部の SiO_2 層のエッチング速度が若干大きくなっていた。また、実験例14～16では、図25の(b)～(d)に示すように、周辺導入部52から処理容器12内に導入する C_4F_6 ガスの流量を増加させていくと、ウエハ縁部の SiO_2 層のエッチング速度に対してウエハ中央部の SiO_2 層のエッチング速度が相対的に大きくなる傾向が確認された。

[0127] また、実験例21では、図27の(a)に示すように、ウエハ縁部のフルオロカーボン膜の堆積速度に対して、ウエハ中央部のフルオロカーボン膜の

堆積速度が相対的に大きくなる傾向が確認された。また、実験例 17 では、図 26 の (a) に示すように、ウエハ縁部の多結晶シリコン層のエッチング速度に対して、ウエハ中央部の多結晶シリコン層のエッチング速度が相対的に大きくなる傾向が確認された。実験例 17 及び 21 の結果の傾向は、これら実験例では中央導入部 50 から C_4F_6 ガスを導入しており、ウエハ中央部に多くのフルオロカーボンが供給されたことによるものと考えられる。

[0128] 一方、中央導入部 50 からは希ガスを主として含むガスを処理容器 12 内に導入し、 C_4F_6 ガスを周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入した実験例 18～20 では、図 26 の (b)～(d) に示すように、周辺導入部 52 の C_4F_6 ガスの流量を変更しても、多結晶シリコン層のエッチング速度の分布の傾向に大きな変化はなく、多結晶シリコン層のエッチング速度のばらつきが小さいことが確認された。また、中央導入部 50 からは希ガスを主として含むガスを処理容器 12 内に導入し、 C_4F_6 ガスを周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入した実験例 22～24 では、周辺導入部 52 の C_4F_6 ガスの流量を変更しても、フルオロカーボン膜の堆積速度の分布の傾向に大きな変化はなく、フルオロカーボン膜の堆積速度のばらつきが小さいことが確認された。

[0129] 以上の実験例 13～24 の結果を総括すると、中央導入部 50 からは主として希ガスを含むガスを処理容器 12 内に導入し、 C_4F_6 ガスを周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入し、且つ、周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入する C_4F_6 ガスの流量を調整することで、多結晶シリコン層のエッチング速度の分布及び多結晶シリコン層を保護し得るフルオロカーボン膜の堆積速度の分布に大きな影響を与えることなく、 SiO_2 層のエッチング速度の分布を調整できることが確認された。

[0130] (実験例 25～27)

[0131] 実験例 25～27 では、プラズマ処理装置 10 の中央導入部 50 から Ar ガスを処理容器 12 内に導入し、周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入する HBr ガスの流量をパラメータとして異ならせて、プラズマを発生させ

、ベース基板上に一様に設けられた多結晶シリコン層を有する直径300 mmのウェハWを当該プラズマに曝した。実験例25～27の他の条件は以下の通りである。

＜実験例25～27の条件＞

実験例25～27の処理容器12の内径：540 mm

実験例25～27の誘電体窓18の下面と載置領域MRの間の距離：245 mm

実験例25～27の環状の管52pの直径：540 mm

実験例25～27の周辺導入口52iの角度 θ ：45度

実験例25～27の載置領域MRからの環状の管52pの距離（高さ）：90 mm

実験例25～27の処理容器内の圧力：40 mTorr（5.333 Pa）

実験例25～27のマイクロ波パワー：2000 W

実験例25～27の高周波バイアス電力：150 W

実験例25～27の中央導入部のArガス流量：440 sccm

実験例25の周辺導入部のHBr流量：200 sccm

実験例26の周辺導入部のHBr流量：400 sccm

実験例27の周辺導入部のHBr流量：600 sccm

実験例25～27の処理時間：60秒

[0132] （実験例28～30）

[0133] 実験例28～30では、プラズマ処理装置10の中央導入部50からArガスを処理容器12内に導入し、周辺導入部52から処理容器12内に導入するHBrガスの流量をパラメータとして異ならせて、プラズマを発生させ、ベース基板上に一様に設けられたSiN層を有する直径300 mmのウェハWを当該プラズマに曝した。実験例28～30の他の条件は、実験例25～27それぞれの条件と同様である。

[0134] （実験例25～30の評価）

[0135] 実験例25～27の処理前後の多結晶シリコン層の膜厚変化と処理時間か

ら多結晶シリコン層のエッチング速度を求めた。詳細には、X軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上に50mmの間隔のサンプリング点を設定し、これらサンプリング点において多結晶シリコン層のエッチング速度を求めた。

[0136] 実験例28～30の処理前後のSiN層の膜厚変化と処理時間からSiN層のエッチング速度を求めた。詳細には、X軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上に50mmの間隔のサンプリング点を設定し、これらサンプリング点においてSiN層のエッチング速度を求めた。

[0137] 実験例25～27において求めた多結晶シリコン層のエッチング速度の分布を図28の(a)～(c)に示す。また、実験例28～30において求めたSiN層のエッチング速度の分布を、図29の(a)～(c)に示す。また、実験例25～30の結果から求めたSiN層のエッチングに対する多結晶シリコン層のエッチングの選択性の分布を、図30の(a)～(c)に示す。図28～図30に示すグラフにおいて、横軸は、ウエハWの中心位置を「0」としたときのX軸線、Y軸線、V軸線、W軸線上での位置である。また、図28及び図29に示すグラフにおいて、縦軸はエッチング速度である。図30に示すグラフにおいて、縦軸は、選択性である。なお、図30の(a)に示す選択性の分布は、実験例25において求めた各位置の多結晶シリコンのエッチング速度を、実験例28において求めた対応の位置のSiN層のエッチング速度で除することにより、求めた。同様に、図30の(b)に示す選択性の分布は、実験例26において求めた各位置の多結晶シリコンのエッチング速度を、実験例29において求めた対応の位置のSiN層のエッチング速度で除することにより、求めた。同様に、図30の(c)に示す選択性の分布は、実験例27において求めた各位置の多結晶シリコンのエッチング速度を、実験例30において求めた対応の位置のSiN層のエッチング速度で除することにより、求めた。

[0138] 実験例25～27の結果によれば、プラズマ処理装置10の中央導入部50からArガスを処理容器12内に導入し、周辺導入部52から処理容器12内に導入するHBrガスの流量を増加させると、図28の(a)～(c)

に示すように、多結晶シリコン層の径方向におけるエッチング速度の分布を調整できることが確認された。また、実験例 28～30 の結果によれば、プラズマ処理装置 10 の中央導入部 50 から Ar ガスを処理容器 12 内に導入し、周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入する HBr ガスの流量を増加させると、図 29 の (a)～(c) に示すように、SiN 層の径方向におけるエッチング速度の分布を調整できることが確認された。また、実験例 25～30 の結果から、プラズマ処理装置 10 の中央導入部 50 から Ar ガスを処理容器 12 内に導入し、周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入する HBr ガスの流量を増加させると、図 30 の (a)～(c) に示すように、SiN 層のエッチングに対する多結晶シリコン層のエッチングの選択性の径方向における分布を調整できることが確認された。また、周辺導入部 52 から処理容器 12 内に導入する HBr ガスの流量を調整することにより、図 30 の (b) に示すように、SiN 層のエッチングに対する多結晶シリコン層のエッチングの選択性の径方向におけるばらつきを低減できることが確認された。

[0139] (実験例 31 及び 32)

[0140] 実験例 31 では、プラズマ処理装置 10 を用いて図 14 に示したプラズマ処理方法を実施して、図 15 に示したウエハ W の作成を行った。即ち、隣り合う二つの側壁スペーサ層の間の下方の Si 製の下地部に対するエッチングを行った。二つの側壁スペーサ層の間の距離の設計値は 30 nm であり、ゲートの高さの設計値は 140 nm とした。実験例 31 の条件は以下の通りである。

<実験例 31 の条件>

処理容器 12 の内径：540 mm

誘電体窓 18 の下面と載置領域 MR の間の距離：245 mm

環状の管 52 p の直径：540 mm

周辺導入口 52 i の角度 θ ：45 度

載置領域 MR からの環状の管 52 p の距離（高さ）：90 mm

工程 S b における中央導入部のガス流量 ($A_r / CF_4 / O_2$) : 90 sccm / 7 sccm / 1.5 sccm

工程 S b における周辺導入部のガス流量 ($A_r / CF_4 / O_2$) : 210 sccm / 18 sccm / 3.5 sccm

工程 S b のマイクロ波パワー : 1500 W

工程 S b の高周波バイアス電力 : 50 W

工程 S b の処理容器内の圧力 : 150 mTorr (20 Pa)

工程 S b の処理時間 : 15 秒

工程 S a における中央導入部のガス流量 (A_r / N_2) : 300 sccm / 500 sccm

工程 S a における周辺導入部のガス流量 (Cl_2 / O_2) : 120 sccm / 12 sccm

工程 S a のマイクロ波パワー : 3000 W

工程 S a の高周波バイアス電力 : 0 W

工程 S a の処理容器内の圧力 : 200 mTorr (26.66 Pa)

工程 S a の処理時間 : 20 秒

[0141] また、参考のため、実験例 3 2 を行った。実験例 3 2 の条件は、7 秒間の工程 S b のみを行い工程 S a を行わなかった点を除いて実験例 3 1 の条件と同様である。

[0142] (実験例 3 1 及び 3 2 の評価)

実験例 3 1 及び 3 2 で作成したウエハ W の中央部及び縁部の SEM 写真を撮影し、当該 SEM 写真から穴 206 の縦方向の深さ及び横幅を求めた。その結果を表 1 に示す。

[表1]

		実験例 3 1	実験例 3 2
ウエハ中央部	穴の横幅 (nm)	13.2	10.3
	穴の深さ (nm)	17.7	20.6
ウエハ縁部	穴の横幅 (nm)	12.9	2.6
	穴の深さ (nm)	17.4	18.6
ウエハ中央部と縁部の穴の横幅の差 (nm)		0.3	7.7
基板中央部と縁部の穴の深さの差 (nm)		0.3	2.0

[0143] 表 1 に示すように、高周波バイアス電力を載置台に供給し続けて穴 206 を作成した実験例 32 では、ウエハ中央部において穴 206 を横方向に拡張させることができたが、ウエハ縁部においては穴 206 を横方向に拡張させることができなかった。一方、図 14 のプラズマ処理方法に従って穴 206 を作成した実験例 31 では、ウエハ縁部においても穴 206 を横方向に拡張させることができた。また、実験例 31 では、ウエハの中央部と縁部の穴 206 の横幅の差、及び深さの差は、共に 0.3 nm と非常に小さい値であった。

[0144] 以下、幾つかの別の実施形態に係るプラズマ処理装置について説明する。図 31 は、別の実施形態に係るプラズマ処理装置を示す図である。図 31 に示すプラズマ処理装置 10A は、別の周辺導入部 52A を更に備える点において、プラズマ処理装置 10 と異なっている。周辺導入部 52A は、周辺導入部 52 と同じ構成部品から構成されており、その設置位置が周辺導入部 52 と異なっている。

[0145] 周辺導入部 52 の環状の管 52p は、上述したようにプラズマ拡散領域、例えば、載置領域 MR よりも上方且つ誘電体窓 18 の下面 18b から Z 方向に 100 mm 以上離れた領域に配置されている。一方、周辺導入部 52A の環状の管 52p は、周辺導入部 52 の環状の管 52p よりも軸線 Z 方向において上方、且つ、プラズマ生成領域よりも下方に設けられている。プラズマ生成領域は、例えば、誘電体窓 18 の下面 18b から Z 方向に 50 mm 以内の領域である。

[0146] プラズマ処理装置 10A では、周辺導入部 52A は周辺導入部 52 よりも上方に設けられているので、周辺導入部 52 がウエハ W の縁部にガスを供給するのに対して、周辺導入部 52A は、ウエハ W の縁部と中央部の間の領域に向けてガスを供給することができる。また、周辺導入部 52A から供給されるガスが反応性ガスを含む場合には、当該反応性ガスは、周辺導入部 52 から供給される反応性ガスの解離度よりも高い解離度で解離する。

[0147] 図 32 は、別の実施形態のプラズマ処理装置に採用し得るガス供給系の一

例を示す図である。一実施形態においては、プラズマ処理装置10Aは、図32に示すガス供給系を備え得る。図32に示すガス供給系は、第1のガスソース群GSG1、第1の流量制御ユニット群FCG1、第2のガスソース群GSG2、及び第2の流量制御ユニット群FCG2に加えて、第3のガスソース群GSG3、第3の流量制御ユニット群FCG3を有している。

[0148] 図32に示すように、第3のガスソース群GSG3は、複数の第3のガスソースGS31～GS3Qを含んでいる。ここで、「Q」は総数を表わす記号である。第3のガスソースGS31～38はそれぞれ、Arガスのソース、Heガスのソース、C₄F₆ガスのソース、O₂ガスのソース、HBrガスのソース、CF₄ガスのソース、Cl₂ガスのソース、N₂ガスのソースである。第3のガスソース群GSG3は、これらガスとは異なるガスのソースを更に含んでいてもよい。第3の流量制御ユニット群FCG3は、複数の第3の流量制御ユニットFC31～FC3Qを含んでいる。複数の第3の流量制御ユニットFC31～FC3Qの各々は、例えば、二つのバルブと、当該二つのバルブ間に設けられた流量制御器を含んでいる。流量制御器は、例えば、マスフローコントローラである。

[0149] 複数の第3のガスソースGS31～GS3Qはそれぞれ、複数の第3の流量制御ユニットFC31～FC3Qを介して、共通ガスラインGL3に接続されている。この共通ガスラインGL3は、周辺導入部52Aに接続されている。即ち、周辺導入部52Aには、第1のガスソース群GSG1及び第2のガスソース群GSG2とは独立した第3のガスソース群GSG3が、第1の流量制御ユニット群FCG1及び第2の流量制御ユニット群FCG2とは独立した第3の流量制御ユニット群FCG3を介して接続されている。したがって、周辺導入部52Aから処理空間Sに導入される一以上のガスの種類、及び、周辺導入部52Aから処理空間Sに導入される一以上のガスの流量を独立して制御することができる。例えば、周辺導入部52Aから処理空間Sに導入するガスの組成比を周辺導入部52から処理空間Sに導入するガスの組成比とは異ならせることができる。これに加えて、又は、周辺導入部5

2 及び周辺導入部 5 2 A から処理空間 S に同じ組成比のガスを導入する場合
には、周辺導入部 5 2 から処理空間 S に導入するガスの流量と周辺導入部 5
2 A から処理空間 S に導入するガスの流量の比を調整することも可能である
。

[0150] したがって、プラズマ処理装置 1 0 A によれば、ウエハ W の径方向におけ
る複数の領域の処理速度を均一化するよう、周辺導入部 5 2 及び周辺導入部
5 2 A から組成及び流量が相対的に調整されたガスを、ウエハ W の複数の領
域それぞれに供給することができる。また、プラズマ処理装置 1 0 A によれ
ば、ウエハ W の径方向における複数の領域の処理速度を均一化するよう、解
離度の異なる反応性ガスを、ウエハ W の複数の領域それぞれに供給すること
が可能である。

[0151] また、中央導入部 5 0 から処理空間 S に導入するガスと同様の組成のガス
を周辺導入部 5 2 A から処理空間 S に導入してもよい。中央導入部 5 0 から
導入されるガスがウエハ W の中央領域に照射されると、当該ガスはウエハ W
によって反射される。その結果、ウエハ W の中央部から外側且つ上方に向か
うガスの流れが生じ得る。中央導入部 5 0 から処理空間 S に導入するガスと
同様の組成を有するガスを周辺導入部 5 2 A からウエハ W の中央部に向けて
処理空間 S に導入すると、周辺導入部 5 2 A から処理空間 S に導入される当
該ガスは、外側且つ上方に向かう前記ガスの流れと対向する方向に流れる。
したがって、中央導入部 5 0 から導入されウエハ W の中央部によって反射さ
れて外側且つ上方に向かうガスの流れを抑制することが可能となる。

[0152] 図 3 3 は、別の実施形態のプラズマ処理装置に採用し得るガス供給系の別
の一例を示す図である。プラズマ処理装置 1 0 A は、別の実施形態において
は、図 3 3 に示すガス供給系を備え得る。即ち、図 3 3 に示すように、プラ
ズマ処理装置 1 0 A の周辺導入部 5 2 A には、第 2 のガスソース群 G S G 2
が第 2 の流量制御ユニット群 F C G 2 及びフロープリッタ F S を介して接
続されていてもよい。この実施形態では、周辺導入部 5 2 及び周辺導入部 5
2 A には同じ組成のガスが供給されるが、周辺導入部 5 2 から処理空間 S に

導入するガスの流量と周辺導入部 5 2 A から処理空間 S に導入するガスの流量の比を調整することが可能である。したがって、この場合においても、ウエハ W の径方向における複数の領域の処理速度を均一化するよう、周辺導入部 5 2 及び周辺導入部 5 2 A から流量が相対的に調整されたガスを、ウエハ W の複数の領域それぞれに供給することができる。また、ウエハ W の径方向における複数の領域の処理速度を均一化するよう、解離度の異なる反応性ガスをウエハ W の複数の領域それぞれに供給することが可能である。

[0153] 図 3 4 は、別の実施形態のプラズマ処理装置に採用し得るガス供給系の更に別の一例を示す図である。プラズマ処理装置 1 0 A は、更に別の実施形態においては、図 3 4 に示すガス供給系を備え得る。即ち、図 3 4 に示すように、プラズマ処理装置 1 0 A の周辺導入部 5 2 A には、第 1 のガスソース群 G S G 1 が第 1 の流量制御ユニット群 F C G 1 及びフロープリッタ F S を介して接続されていてもよい。この場合には、中央導入部 5 0 から導入されるウエハ W の中央部によって反射されて外側且つ上方に向かうガスの流れを抑制することが可能となる。

[0154] 図 3 5 は、更に別の実施形態のプラズマ処理装置を概略的に示す断面図である。図 3 5 に示すプラズマ処理装置 1 0 B は、別の周辺導入部 5 2 B を更に備える点において、プラズマ処理装置 1 0 と異なっている。周辺導入部 5 2 B は、周辺導入部 5 2 と同じ構成部品から構成されている。プラズマ処理装置 1 0 A の周辺導入部 5 2 A の環状の管 5 2 p は、周辺導入部 5 2 の環状の管 5 2 p よりも軸線 Z 方向において上方に設けられているが、プラズマ処理装置 1 0 B の周辺導入部 5 2 B の環状の管 5 2 p は、載置領域 M R よりも上方かつ周辺導入部 5 2 の環状の管 5 2 p よりも軸線 Z 方向において下方に設けられている。

[0155] このプラズマ処理装置 1 0 B は、図 3 2 に示したガス供給系、又は、図 3 3 に示したガス供給系を備え得る。即ち、周辺導入部 5 2 B には、専用のガスソース群 G S G 3 が専用の流量制御ユニット群 F C G 3 を介して接続されていてもよい。或いは、周辺導入部 5 2 B には、第 2 のガスソース群 G S G

2が第2の流量制御ユニット群FCG2及びフロープリッタFSを介して接続されていてもよい。

[0156] 図36は、更に別の実施形態のプラズマ処理装置を概略的に示す断面図である。図36に示すプラズマ処理装置10Cは、別の周辺導入部52Cを更に備える点において、プラズマ処理装置10と異なっている。周辺導入部52Cは、周辺導入部52と同じ構成部品から構成されている。プラズマ処理装置10Cの周辺導入部52Cの環状の管52pは、プラズマ生成領域、即ち、誘電体窓18の下面の近傍に設けられている。このプラズマ処理装置10Cは、図32に示したガス供給系、又は、図34に示したガス供給系を備え得る。プラズマ処理装置10Cでは、周辺導入部52AからウエハWの中央部に向けて処理空間Sに導入すると、周辺導入部52Aから処理空間Sに導入される当該ガスは、中央導入部50から導入されウエハWの中央部によって反射されて外側且つ上方に向かうガスの流れに対向する方向に流れる。したがって、中央導入部50から導入されウエハWの中央部によって反射されて外側且つ上方に向かうガスの流れを抑制することが可能となる。

[0157] ここで、プラズマ処理装置10Aの周辺導入部52Aの効果を確認するために行ったシミュレーション26及び27について説明する。シミュレーション26では、中央導入部50から200 sccmのHBrガスを処理空間Sに導入する設定を行った。また、シミュレーション27では、中央導入部50から200 sccmのHBrガスを処理空間Sに導入し、周辺導入部52Aから100 sccmのHeガスを処理空間Sに導入する設定を行った。シミュレーション26及び27では、処理容器12の内径を540 mmに設定し、誘電体窓18の下面18bと載置領域MRとの間の軸線Z方向の距離を245 mmに設定し、周辺導入部52Aの環状の管52pの直径を540 mmに設定し、周辺導入部52Aの環状の管52pと載置領域MRとの間の軸線Z方向の距離を120 mmに設定した。また、処理容器12内の圧力は10 mTorr (1.333 Pa) に設定した。

[0158] 図37に、シミュレーション26及び27において求めた処理容器内での

ガスの流れの分布を示す。図37の(a)には、シミュレーション26において求めた処理容器内でのガスの流れが、図37の(b)には、シミュレーション27において求めた処理容器内でのガスの流れが、矢印で示されている。図37の(a)に示すように、中央導入部50のみから処理空間Sにガスを導入すると、当該ガスはウエハWの中央部で反射され外側且つ上方に向かう。これにより、ウエハWの中央部と縁部との間の中間領域の上方においては、ガスの渦が発生している。一方、図37の(b)に示すように、シミュレーション27の結果から、周辺導入部52Aからガスを処理空間Sに導入することにより、ウエハWの中央部で反射され外側且つ上方に向かうガスの流れが抑制されることが確認された。また、シミュレーション27の結果から、ウエハWの中央部から縁部に向かい、次いで、排気路VLへと向かう均一なガスの流れがウエハWの表面の上で生じることが確認された。

[0159] 以上、種々の実施形態について説明してきたが、上述した実施形態に限定されることなく種々の変形態様を構成することが可能である。例えば、プラズマ処理装置10Aでは、周辺導入部52の環状の管52pと周辺導入部52Aの環状の管52pが一体化されていてもよい。例えば、周辺導入部52の環状の管52pと周辺導入部52Aの環状の管52pはセラミックス製の単一の部品として、一体化されていてもよい。同様に、周辺導入部52の環状の管52pと周辺導入部52Bの環状の管52pが一体化されていてもよい。

符号の説明

[0160] 10…プラズマ処理装置、12…処理容器、12a…側壁、14…アンテナ、16…同軸導波管、18…誘電体窓、18b…誘電体窓の下面、18u…誘電体窓の上面、181…凹部、182…第2凹部（ディンプル）20…載置台、22…プレート（RFプレート）、24a…ベースプレート、24b…チャック部、24c…下側部分、24d…上側部分、MR…載置領域、26…バッフル板、28…排気管、28h…排気口、30…排気装置、32…マイクロ波発生器、40…冷却ジャケット、42…誘電体板、44…スロ

ット板、44 a, 44 b…スロット孔、44 p…スロット対、50…中央導入部、18 i…中央導入口、52…周辺導入部、52 i…周辺導入口、52 p…環状の管、56…支持部材、58, 60…固定部材、62…ガス供給ブロック、70, 72…絶縁部材、C n t…制御部、GS 1 1～GS 1 N…第1のガスソース、GS 2 1～GS 2 M…第2のガスソース、FC 1 1～FC 1 N…第1の流量制御ユニット、FC 2 1～FC 2 M…第2の流量制御ユニット、FR…フォーカスリング、MU…マッチングユニット、PFR…給電棒、RFG…高周波電源、S…処理空間、W…ウエハ（基板）。

請求の範囲

[請求項1]

基板にプラズマ処理を適用する方法であって、

処理容器内に中央導入部から第1のガスを供給し、該処理容器内に周辺導入部から第2のガスを供給し、誘電体窓の上面の上に設けられたアンテナから該誘電体窓を介して処理容器内にマイクロ波のエネルギーを導入して、前記誘電体窓の下面に面するように載置台上に載置された基板をエッチングする工程を含み、

前記中央導入部は、前記基板の中央に向けて開口しており、前記誘電体窓の直下にガスを噴射する中央導入口を有しており、該中央導入部には、前記第1のガスのソースを含む複数の第1のガスソースが複数の第1の流量制御ユニットを介して接続されており、

前記周辺導入部は、前記中央導入口よりも下方且つ前記載置台の上方において周方向に沿って配列された複数の周辺導入口であり、前記基板の縁部に向けてガスを噴射する該複数の周辺導入口を有しており、該周辺導入部には、前記第2のガスのソースを含む複数の第2のガスソースが複数の第2の流量制御ユニットを介して接続されており、

前記第1のガスにおける反応性ガスの流量よりも、前記第2のガスにおける反応性ガスの流量が多く、前記第2のガスにおける希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比は、前記第1のガスに含まれる希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比よりも大きい、方法。

[請求項2]

前記基板は、シリコン酸化層及び多結晶シリコン層を有しており、

前記基板をエッチングする工程において、前記複数の周辺導入部には、前記反応性ガスとして C_4F_6 ガスが供給される、請求項1に記載の方法。

[請求項3]

前記多結晶シリコン層は、フィン型電界効果トランジスタにおいてソース、ドレイン及びチャネルを有するフィンを構成しており、前記シリコン酸化層は前記フィンの周囲に設けられている、請求項2に記

載の方法。

[請求項4]

前記基板は、シリコンからなる下地部、該下地部上に配列された複数のゲート、及び、該複数のゲートの側壁に沿って設けられた側壁スペーサ層、を有しており、

前記載置台は、高周波バイアス電力を発生する高周波電源に接続されており、

前記下地部のエッチング用の反応性ガスを前記処理容器内に導入し、前記アンテナから前記誘電体窓を介して前記処理容器内にマイクロ波のエネルギーを導入し、前記載置台に前記高周波バイアス電力を与えて、隣り合う二つのゲートの間に介在する二つのスペーサ層の間の下方の前記下地部をエッチングする工程を更に含み、

前記下地部をエッチングする前記工程の次に、前記第2のガスにおける前記反応性ガスとして前記下地部のエッチング用の反応性ガスを用い、且つ、前記載置台に前記高周波バイアス電力を与えずに、前記基板をエッチングする前記工程が行われる、

請求項1に記載の方法。

[請求項5]

処理容器と、

基板を載置するための載置領域を有し、前記処理容器内に設けられた載置台と、

前記載置領域に面する下面、及び該下面と反対側の上面を有する誘電体窓と、

前記誘電体窓の前記上面の上に設けられており、該誘電体窓を介して前記処理容器内にマイクロ波のエネルギーを導入するアンテナと、

前記載置領域の中央に向けて開口しており、前記誘電体窓の直下にガスを噴射する中央導入口を有する中央導入部と、

前記中央導入口よりも下方且つ前記載置台の上方において周方向に沿って配列されており、前記載置領域の縁部に向けてガスを噴射する複数の周辺導入口を有する周辺導入部と、

反応性ガスのソース及び希ガスのソースを含み、前記中央導入部に接続された複数の第1のガスソースと、

前記複数の第1のガスソースと前記中央導入部との間に設けられた複数の第1の流量制御ユニットと、

反応性ガスのソース及び希ガスのソースを含み、前記周辺導入部に接続された複数の第2のガスソースと、

前記複数の第2のガスソースと前記周辺導入部との間に設けられた複数の第2の流量制御ユニットと、

を備えるプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記中央導入部に第1のガスが供給され、前記周辺導入部に第2のガスが供給されるよう、前記複数の第1の流量制御ユニット及び前記複数の第2の流量制御ユニットを制御する制御部を更に備え、

前記制御部は、前記第1のガスにおける反応性ガスの流量よりも、前記第2のガスに含まれる反応性ガスの流量が多く、前記第2のガスに含まれる希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比が、前記第1のガスに含まれる希ガスの流量に対する反応性ガスの流量の比よりも大きくなるように、前記複数の第1の流量制御ユニット及び前記複数の第2の流量制御ユニットを制御する、
請求項5に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 高周波バイアス電力を発生する高周波電源を更に備え、

前記制御部は、

希ガス及び反応性ガスを含むガスが前記処理容器内に導入され、前記マイクロ波のエネルギーが前記誘電体窓を介して前記処理容器内に導入され、前記載置台に前記高周波バイアス電力が与えられるよう、第1の制御を実行し、

次いで、前記中央導入部及び前記周辺導入部から前記第1のガス及び前記第2のガスがそれぞれ導入され、前記マイクロ波のエネルギーが前記誘電体窓を介して前記処理容器内に導入され、前記載置台に

対する前記高周波バイアス電力の供給が停止されるよう、第2の制御を実行する、

請求項6に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記周辺導入部は、前記周方向に延在して前記複数の周辺導入口を提供する環状の管を含み、

前記環状の管は、前記処理容器の内壁面に沿って設けられている、
請求項5～7の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記環状の管は、下面及び外周面を有し、

前記環状の管の前記下面及び前記外周面に沿って延在して該環状の管を支持する支持部材を更に備え、

前記環状の管と前記支持部材を含む周辺導入アセンブリが、前記処理容器の壁に嵌め込まれている、

請求項8に記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 前記載置台は、静電チャック及び高周波バイアス電力が供給される金属製のプレートを含み、

前記静電チャックは、下側部分及び前記載置領域を提供する上側部分を含み、前記上側部分の直径が前記下側部分の直径より小さくなるように階段状の外周面を画成しており、

前記載置領域を囲むフォーカスリング、及び、前記フォーカスリングの外縁から前記階段状の外周面及び前記プレートの外周面に沿って延在し前記処理容器の内壁面との間に空間を画成する絶縁部材を更に備える、

請求項5～9の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項11] 前記載置台の周囲の排気路と、

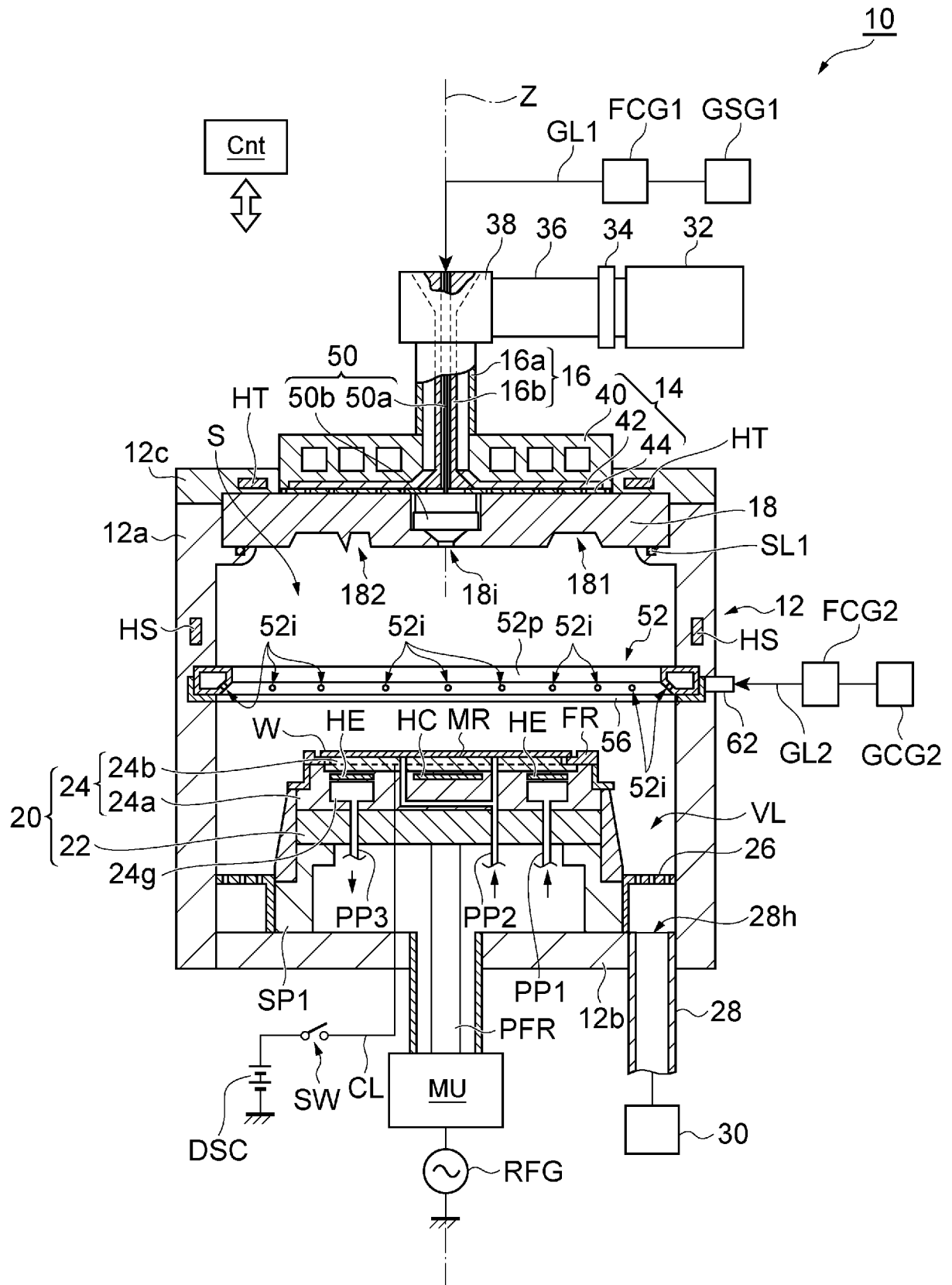
前記排気路の下方に設けられた排気口と、

前記排気口に接続された排気装置と、

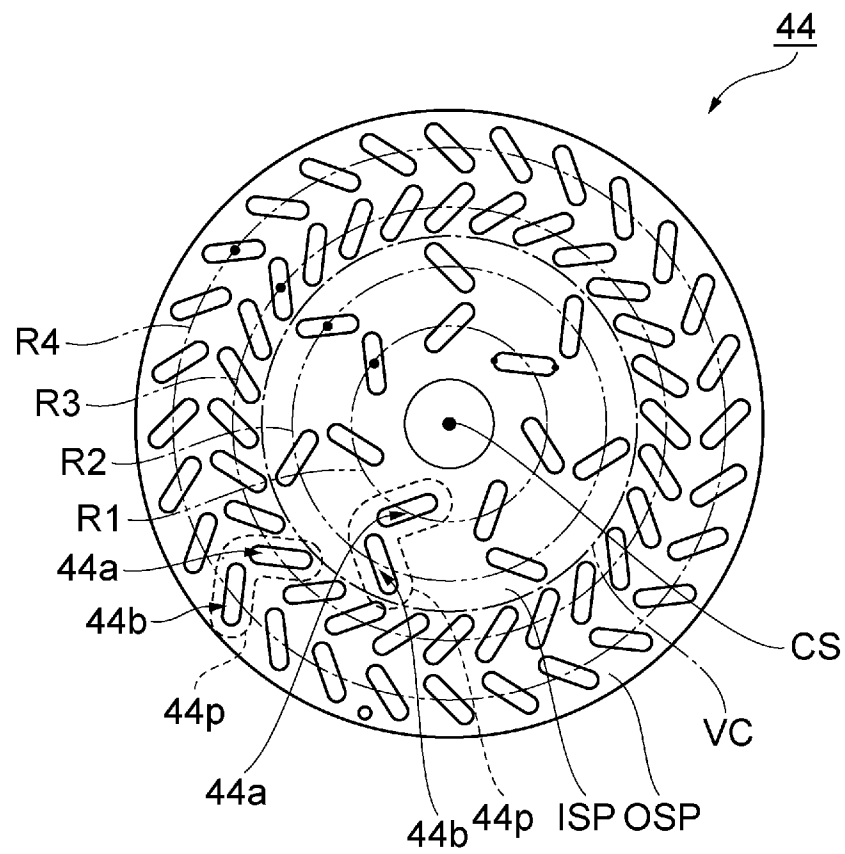
前記載置領域よりも80mm以上下方に設けられており、複数の貫通孔が形成されたバッフル板と、

を更に備える、請求項 5 ～ 1 0 の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

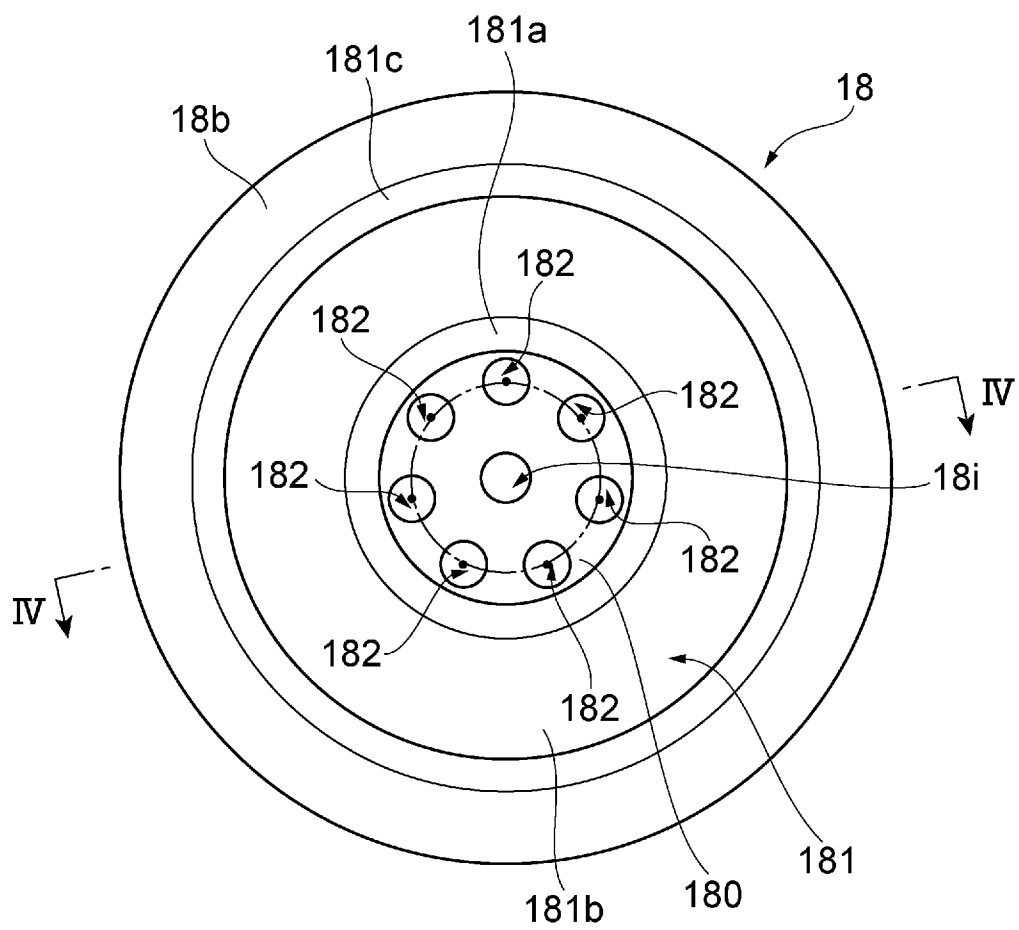
[図1]



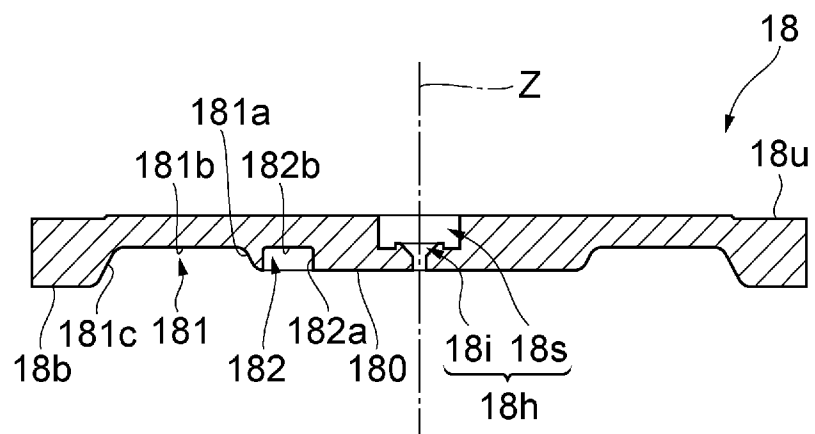
[図2]



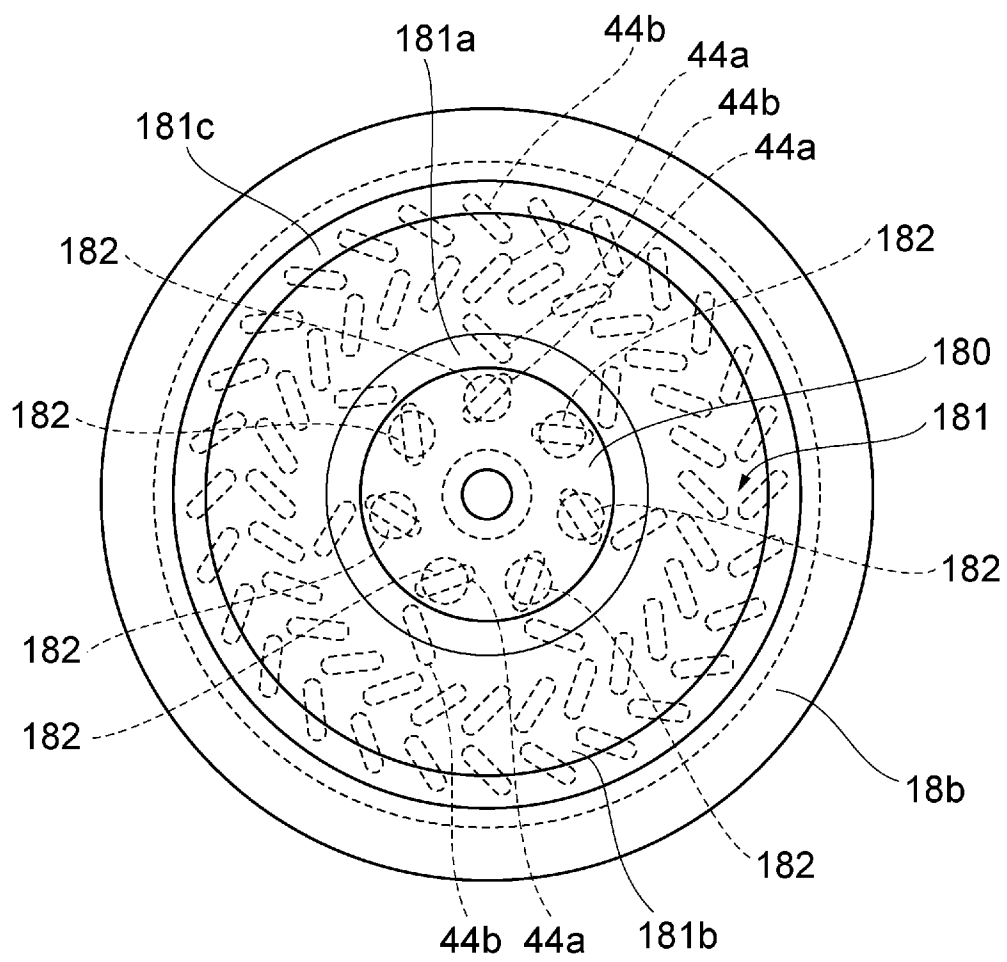
[図3]



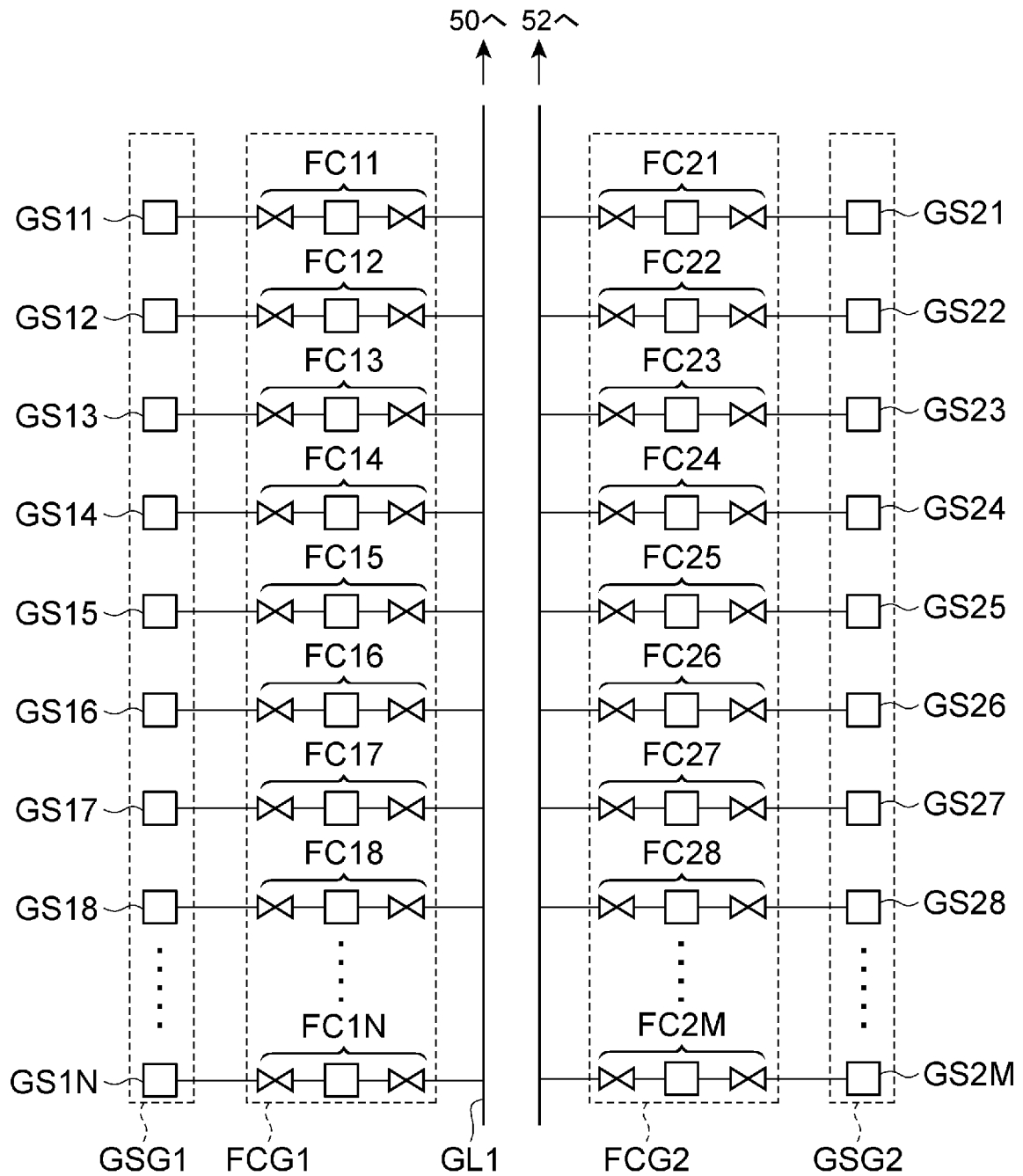
[図4]



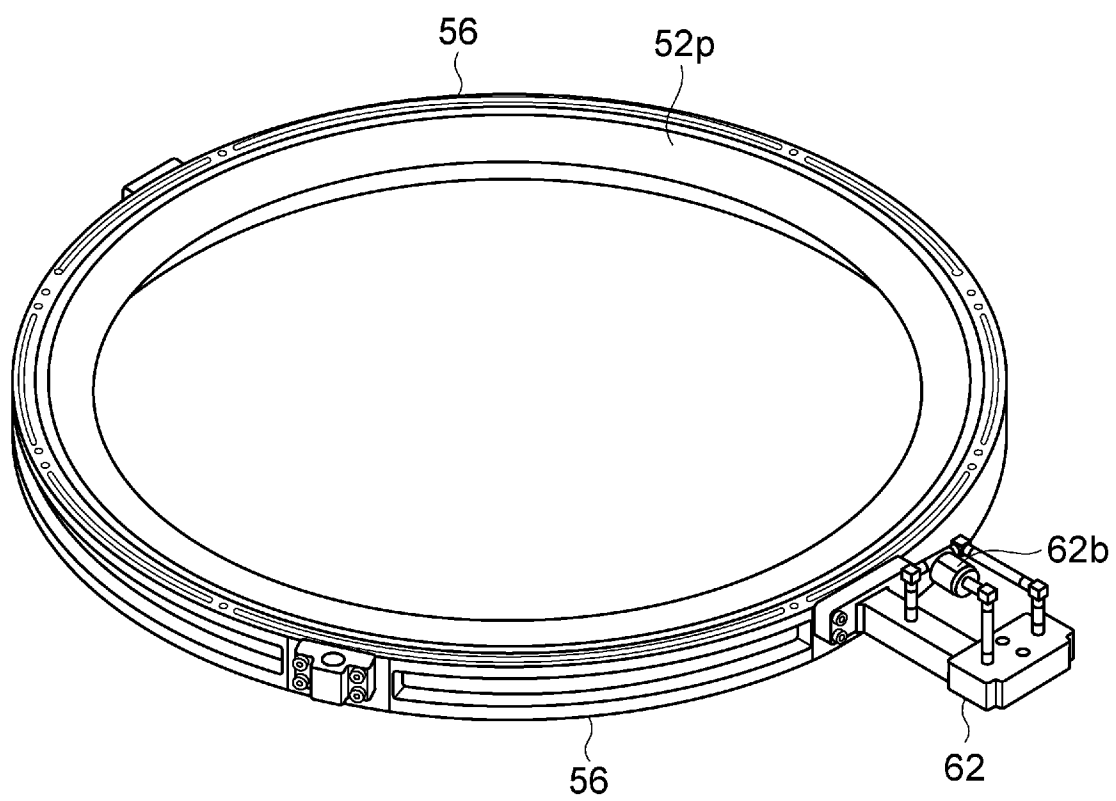
[図5]



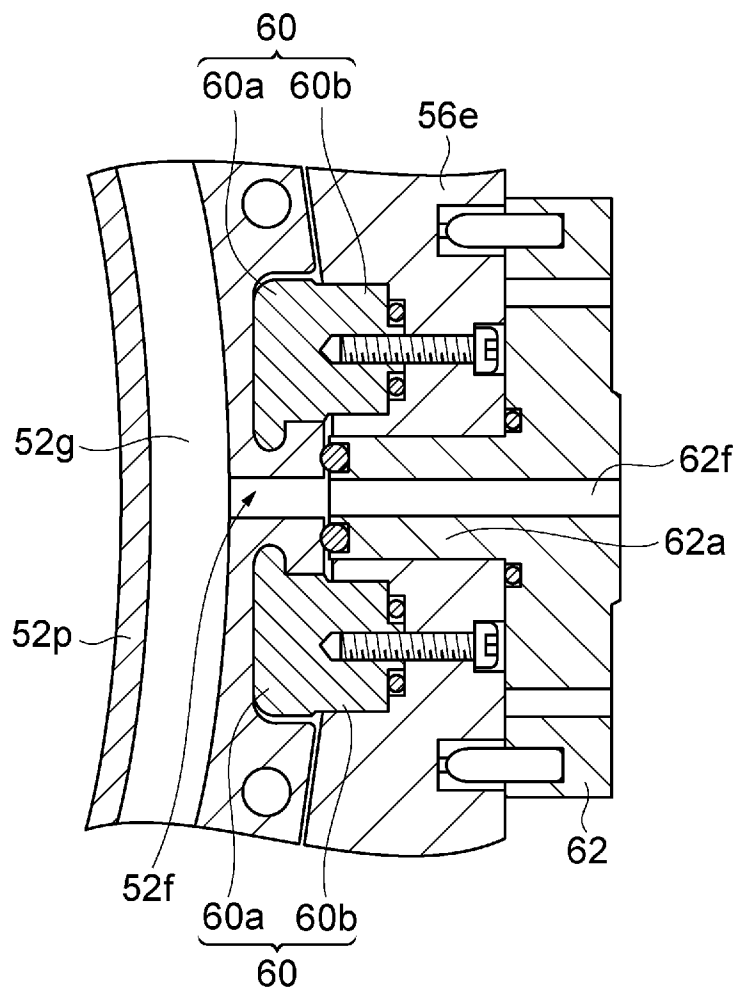
[図6]



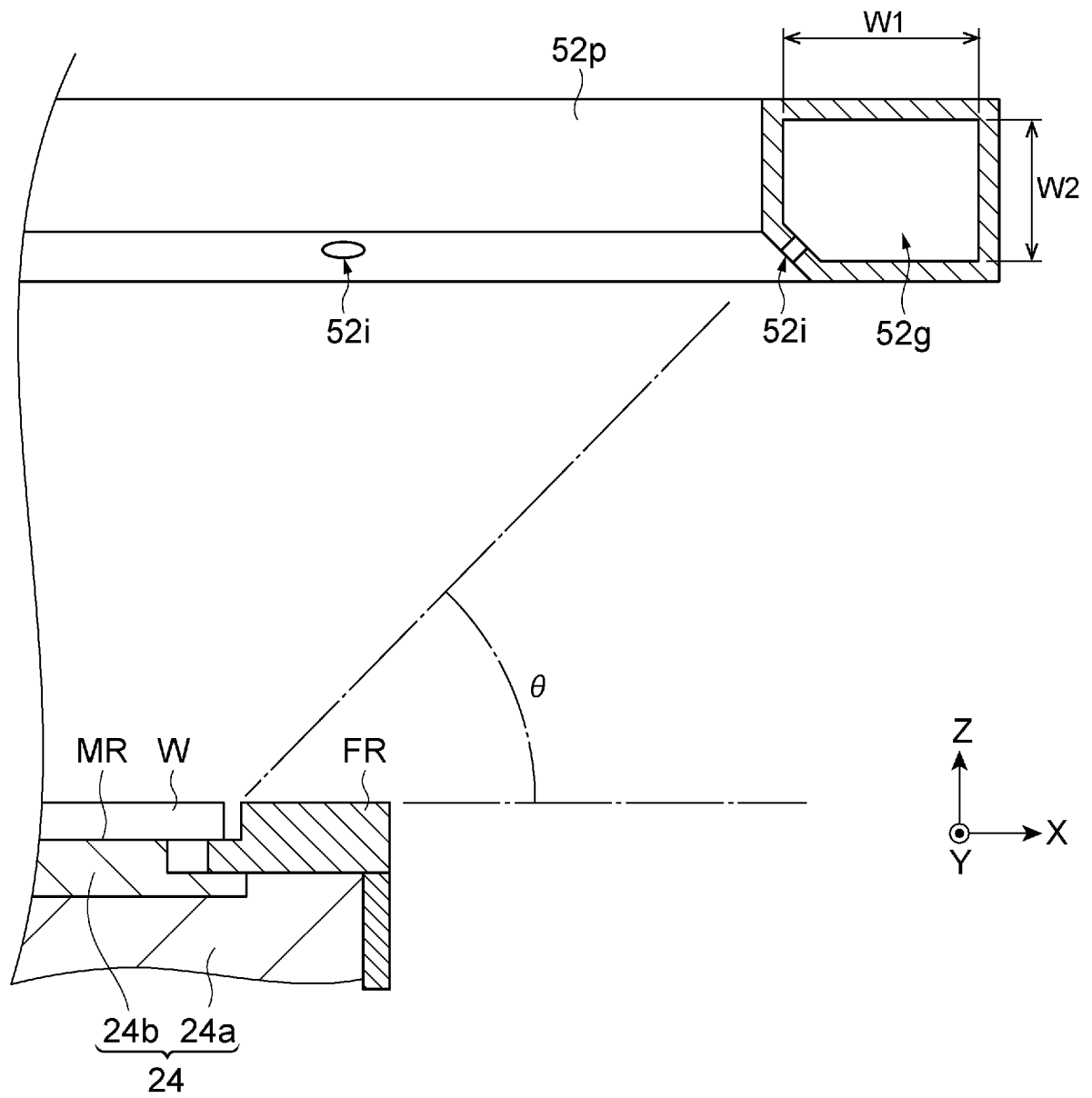
[図7]



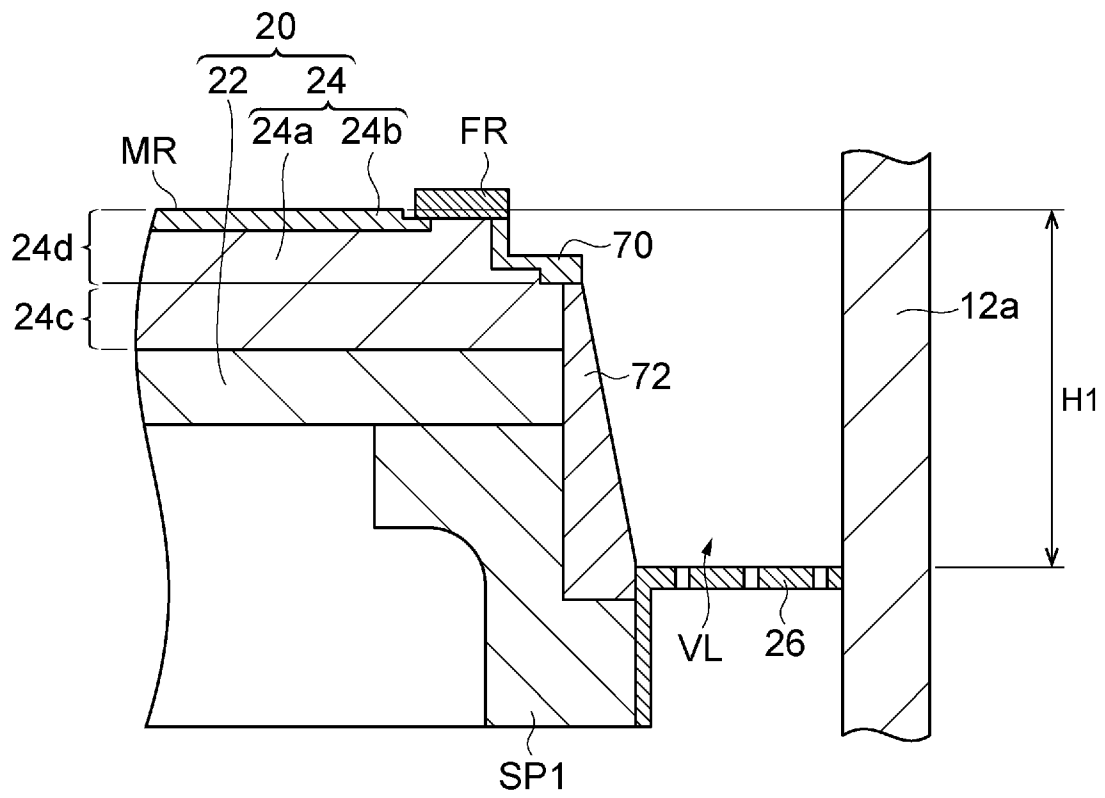
[図9]



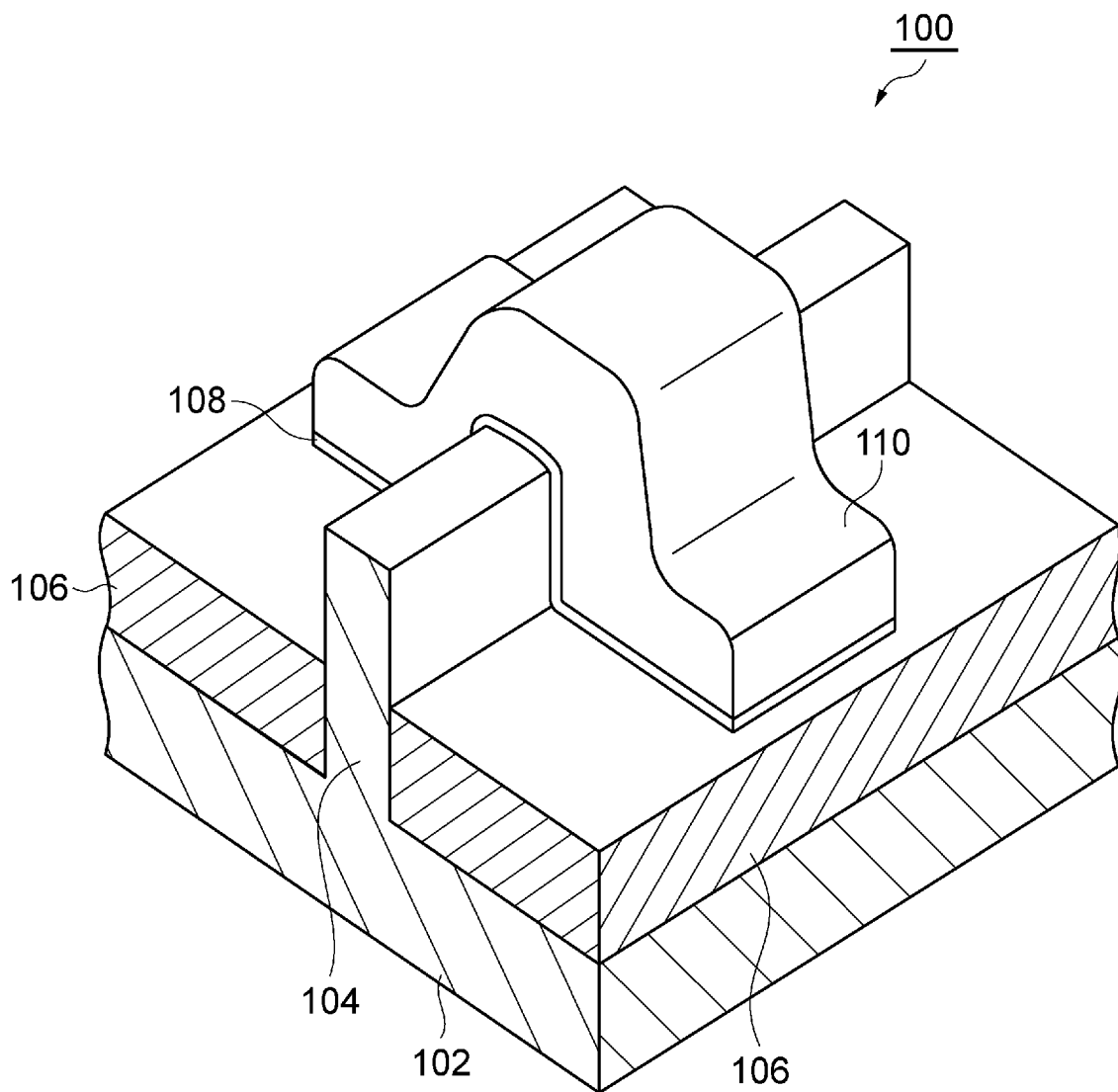
[図10]



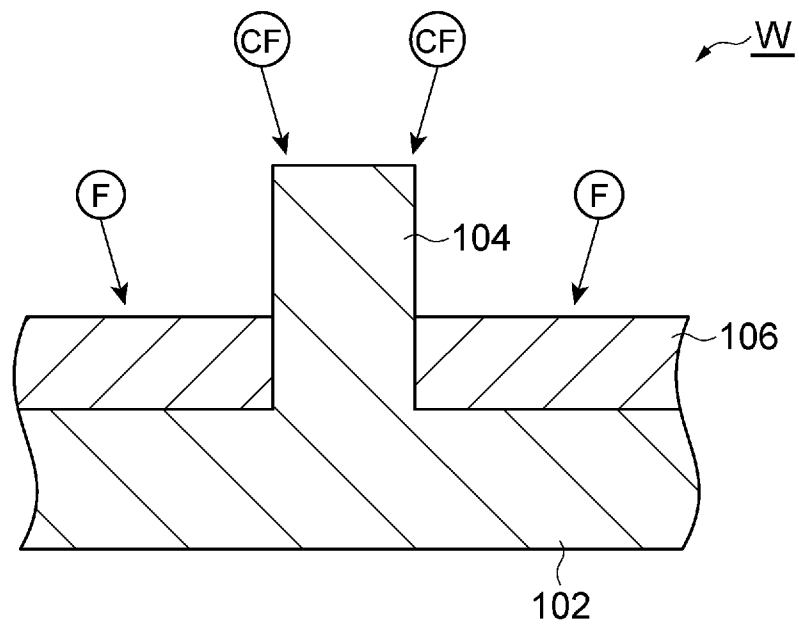
[図11]



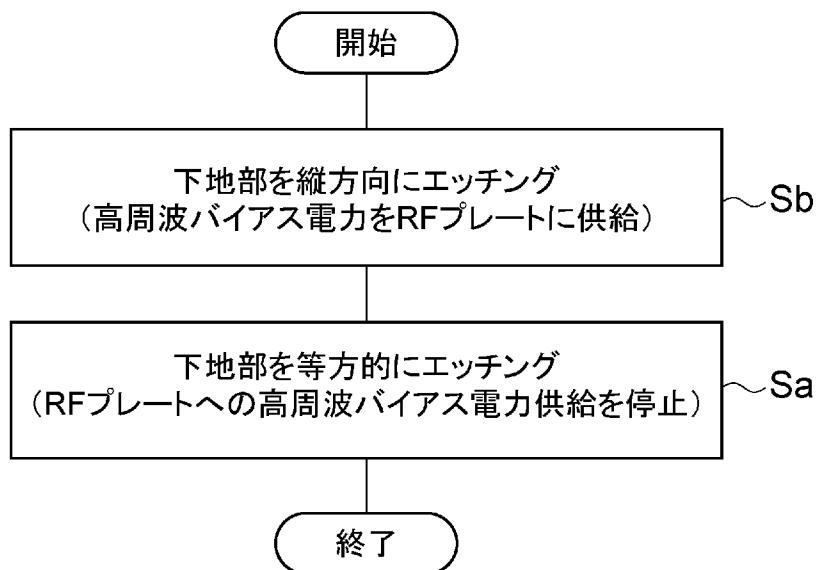
[図12]



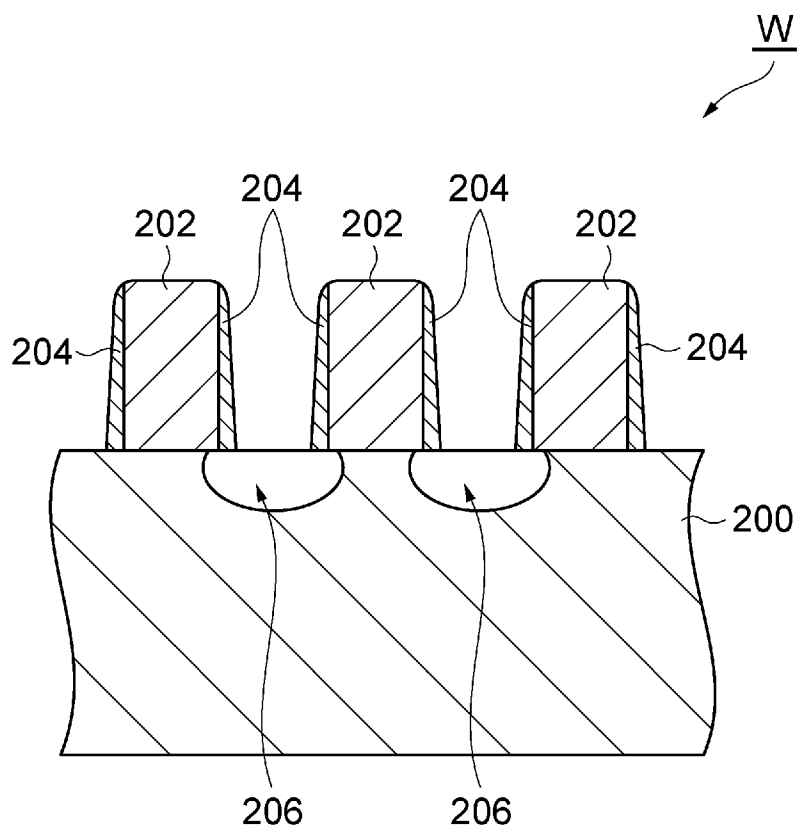
[図13]



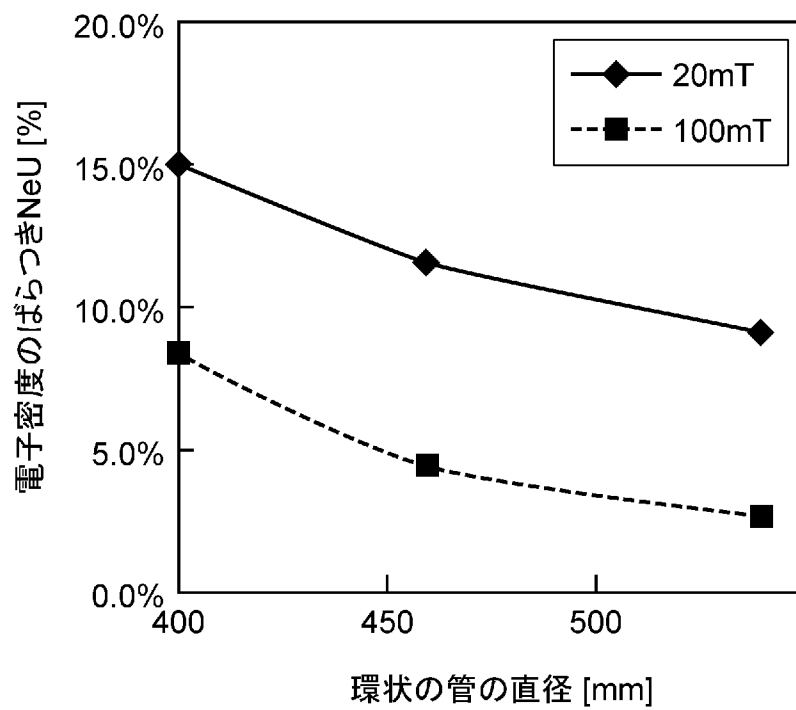
[図14]



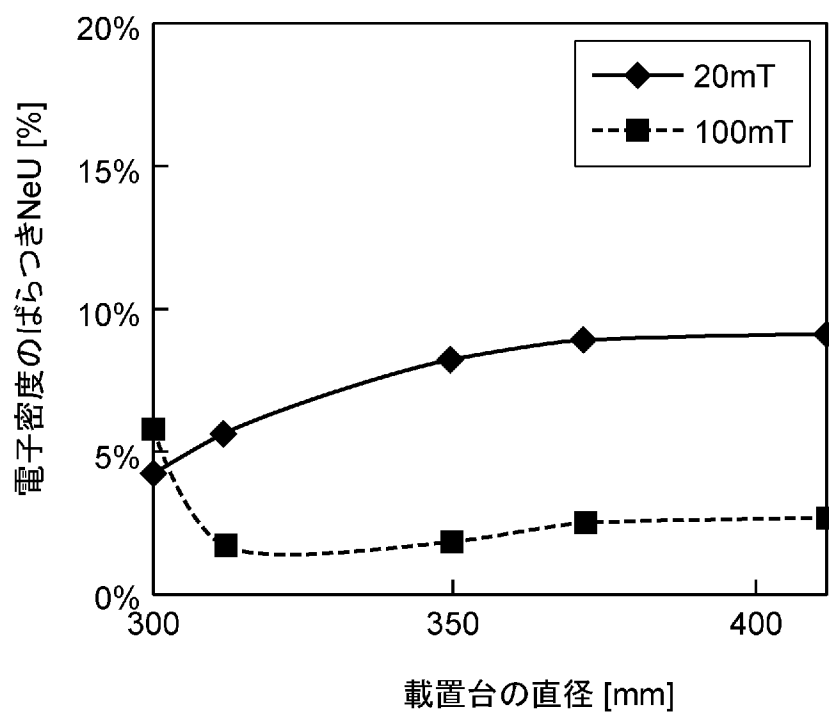
[図15]



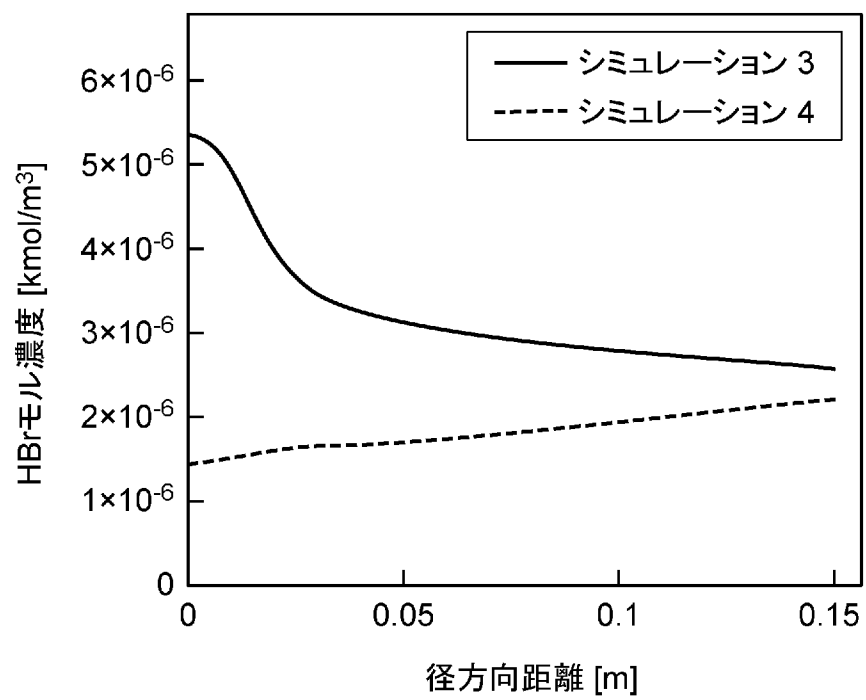
[図16]



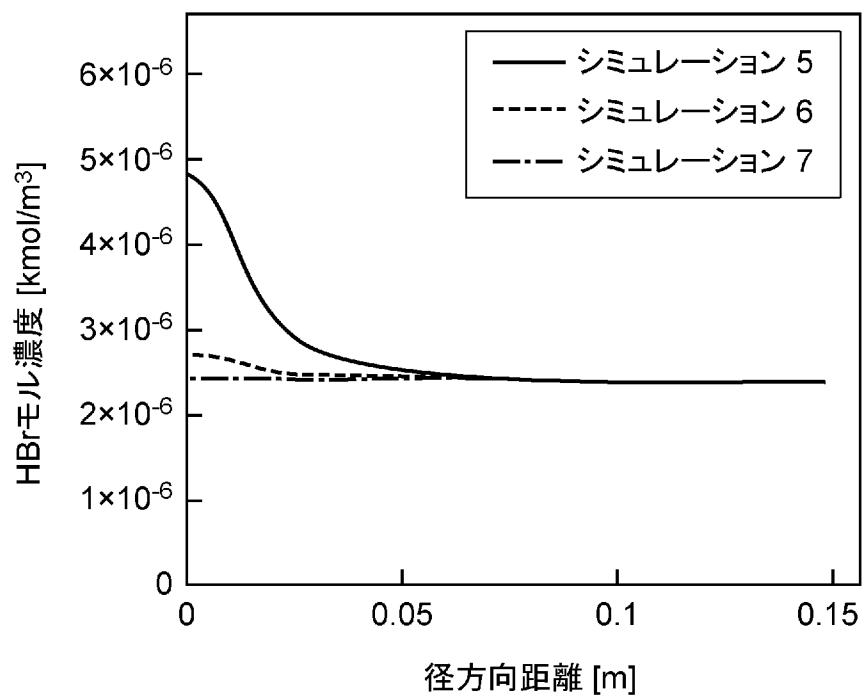
[図17]



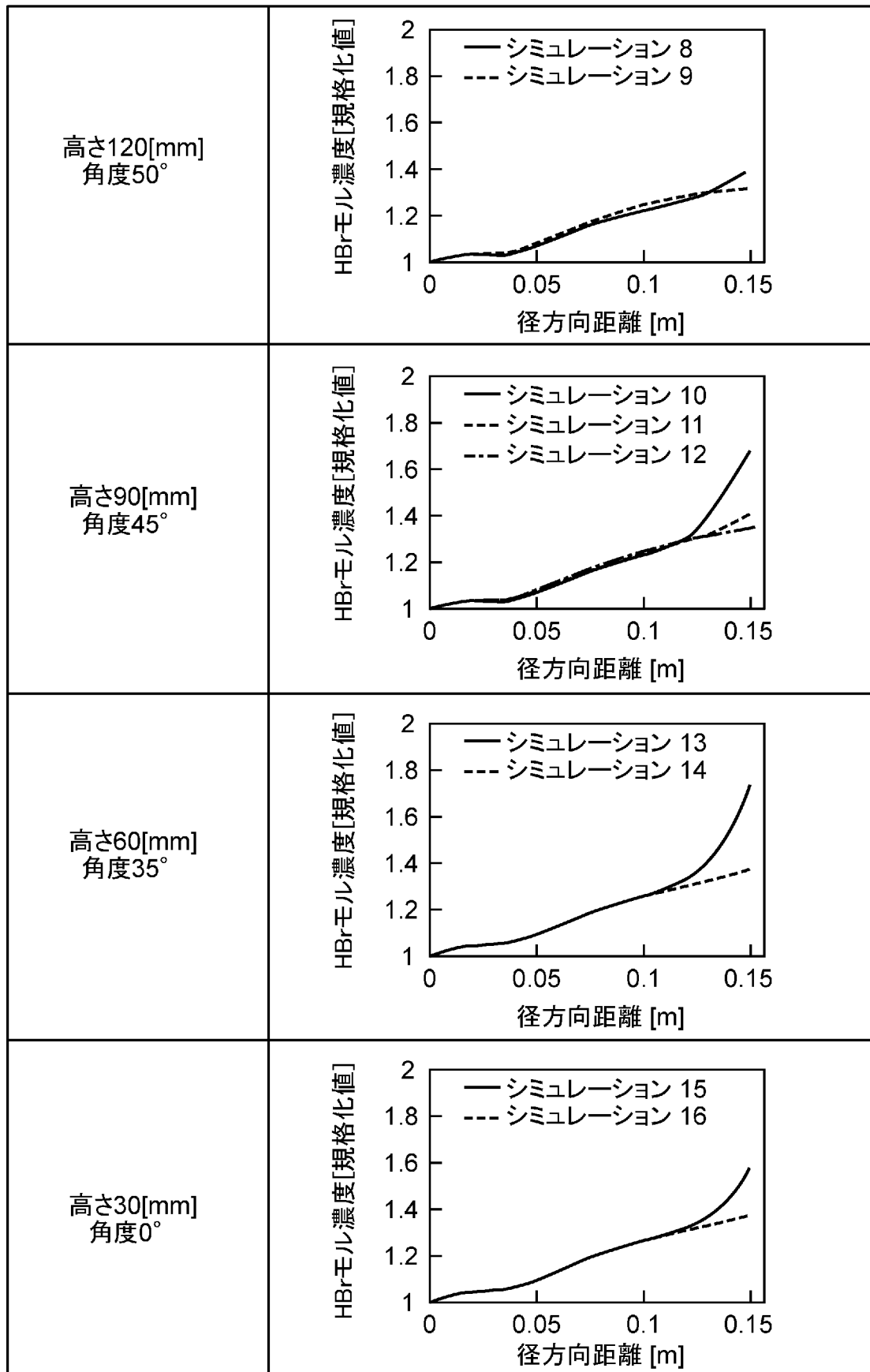
[図18]



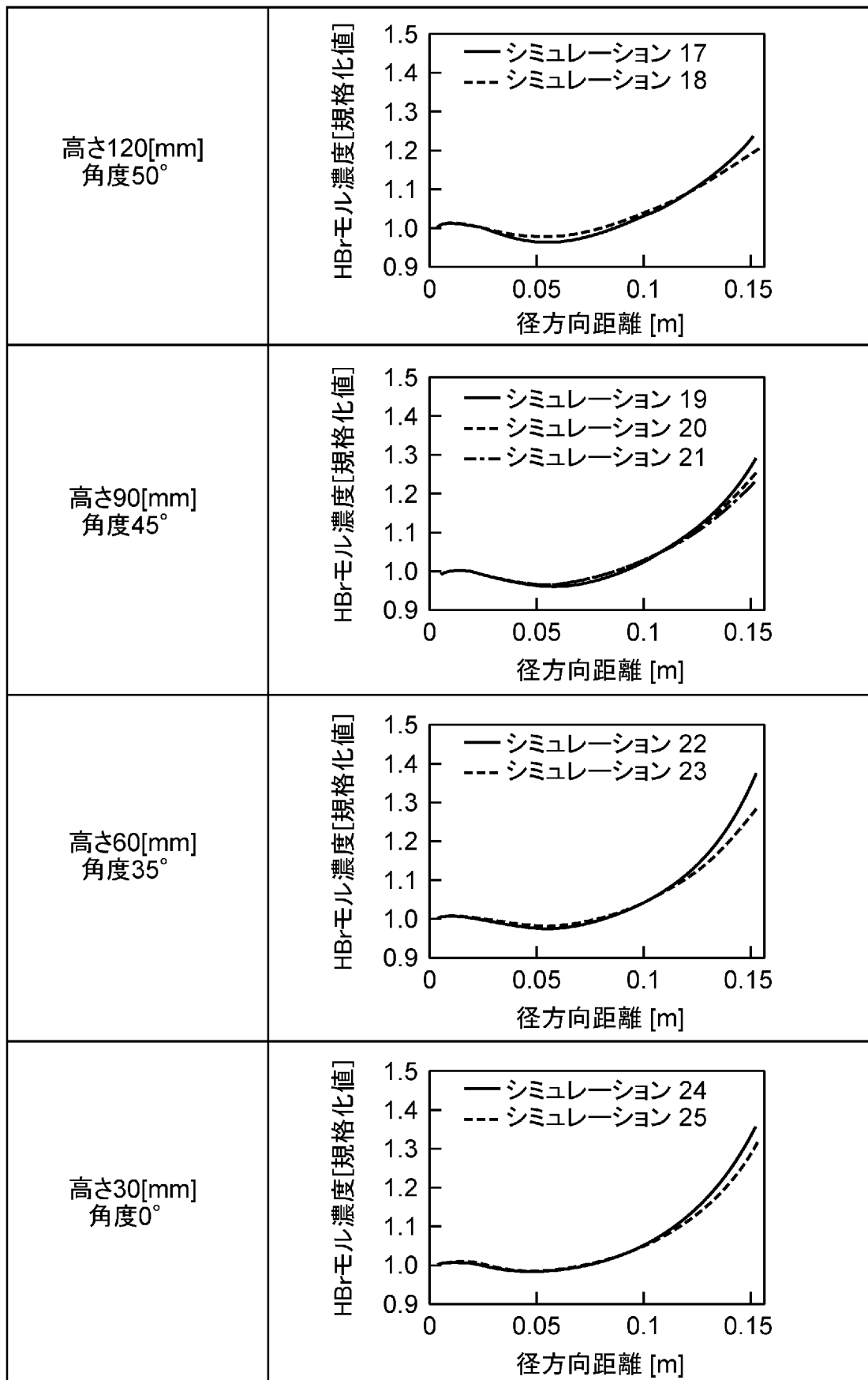
[図19]



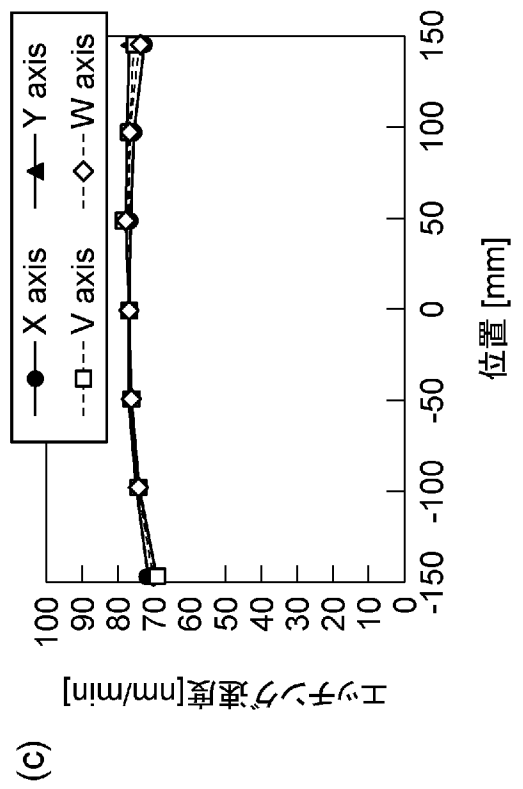
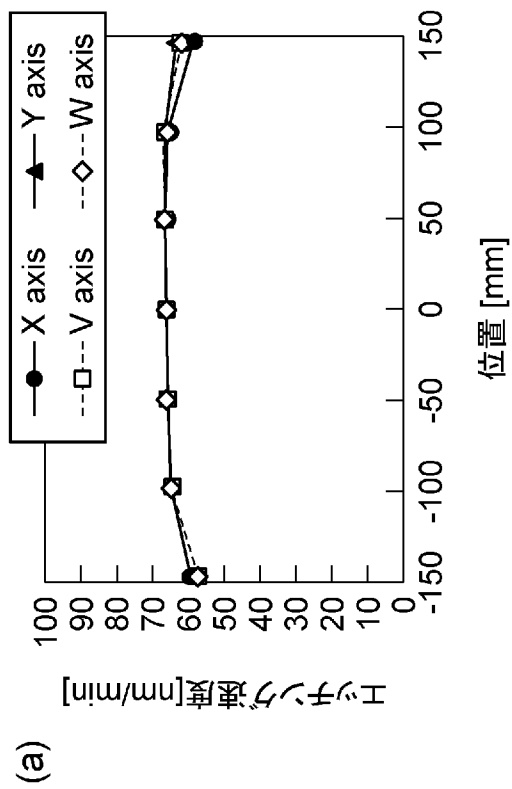
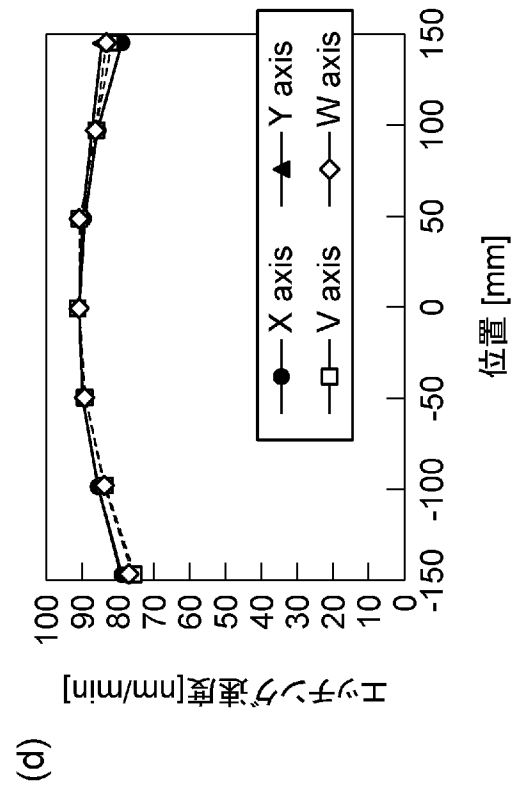
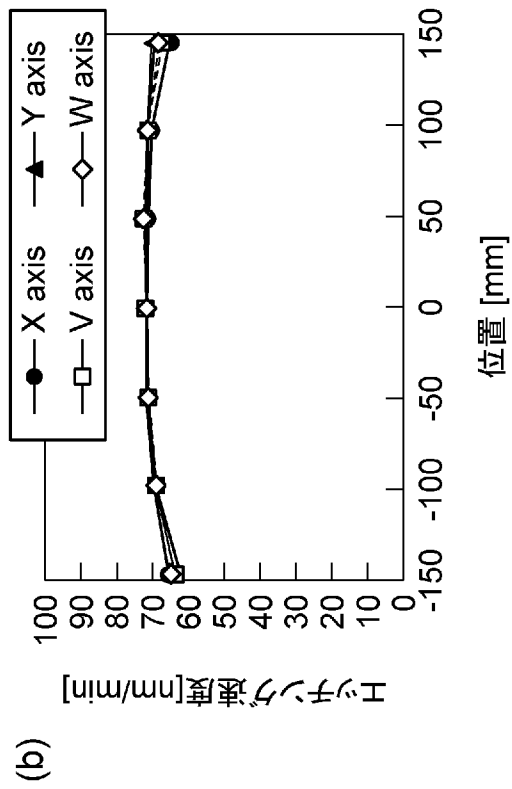
[図20]



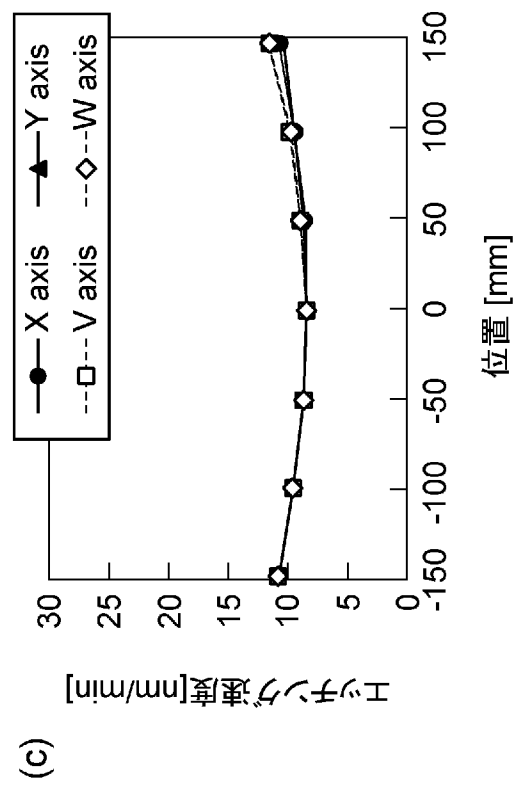
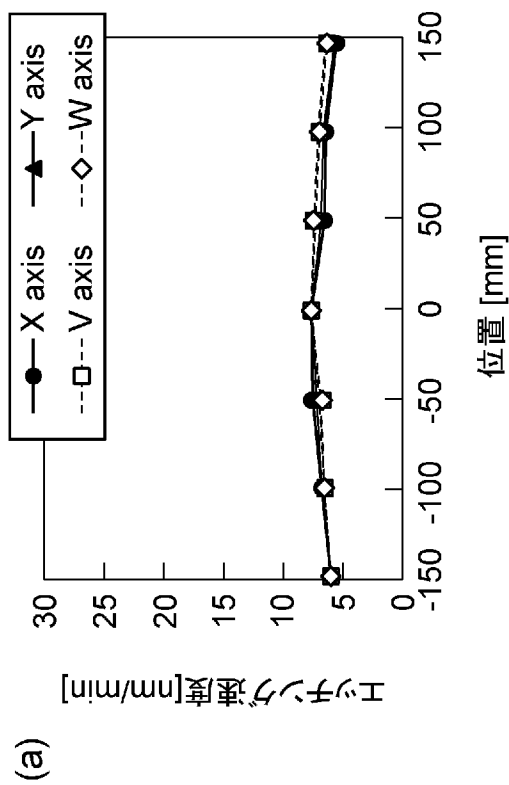
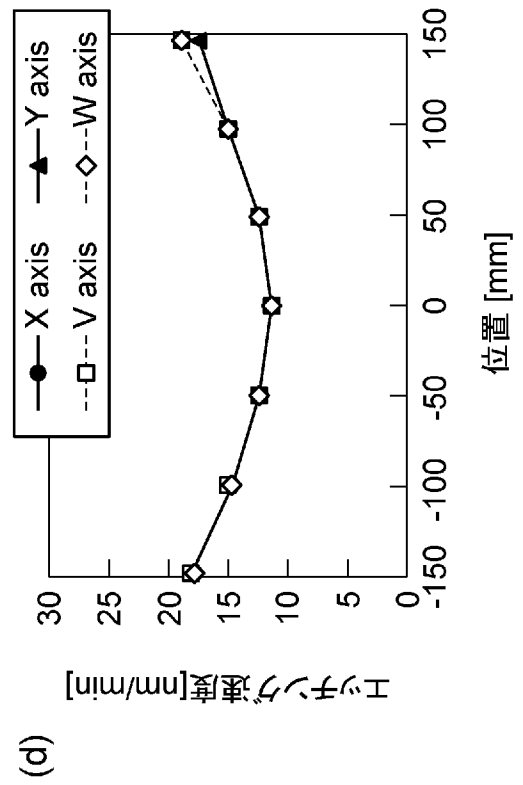
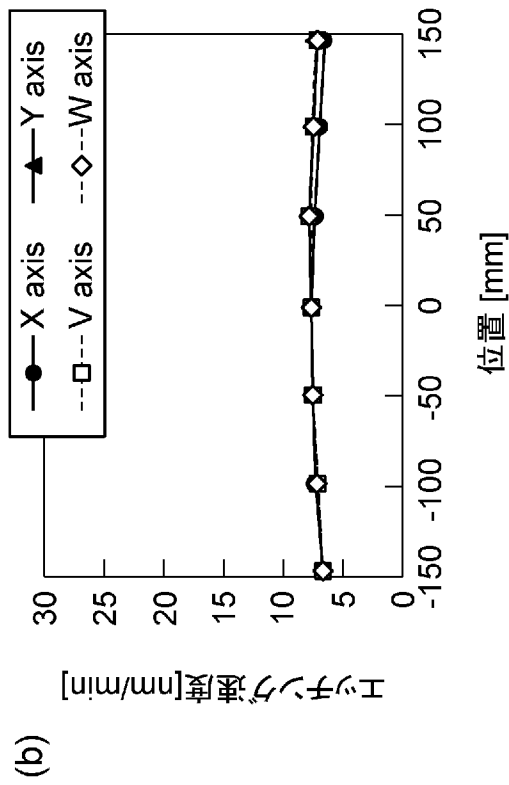
[図21]



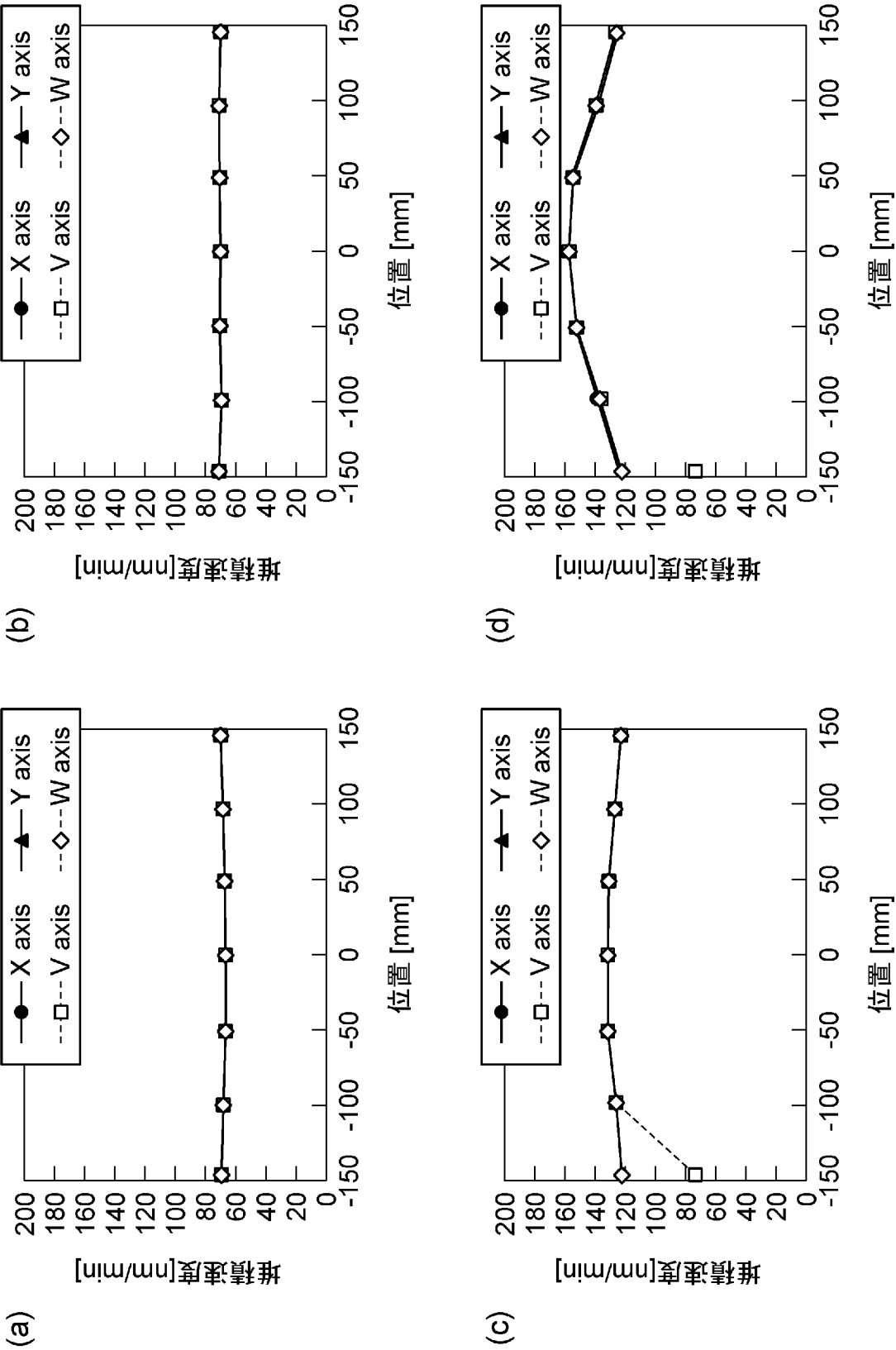
[図22]



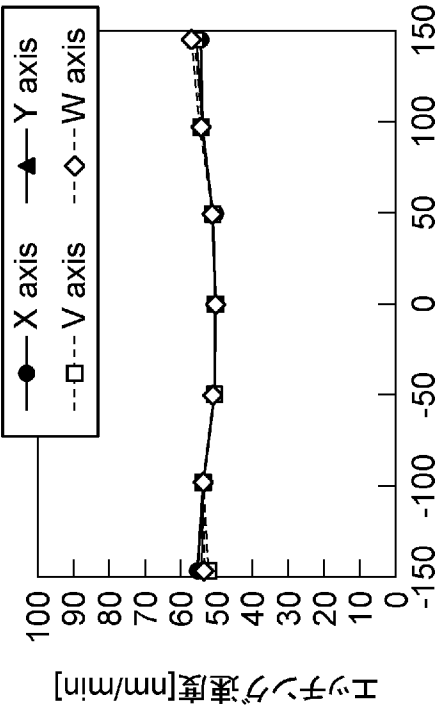
[図23]



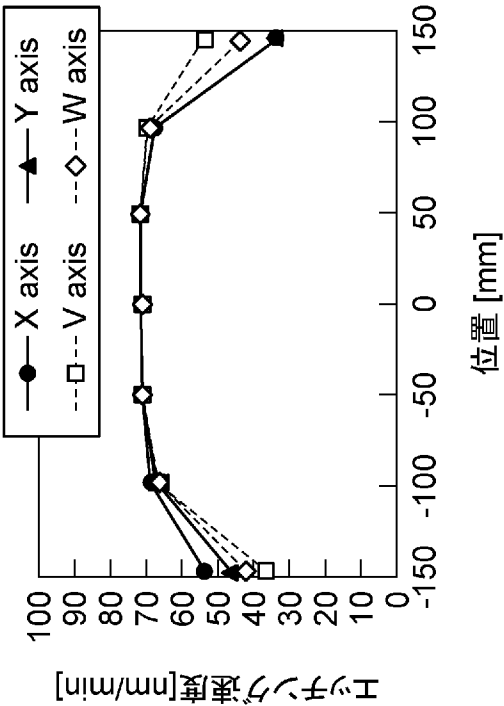
[図24]



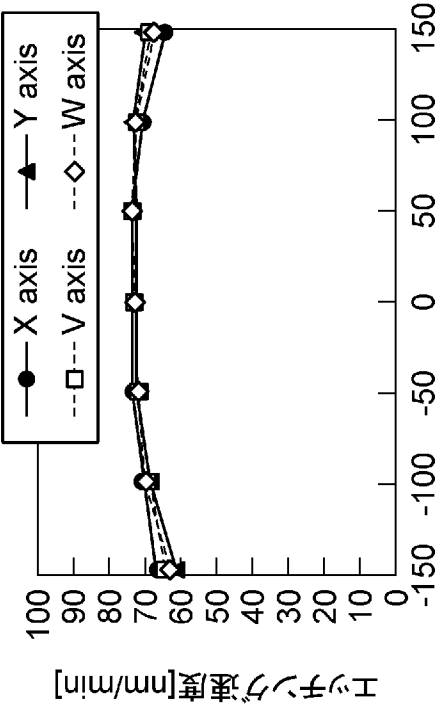
[図25]



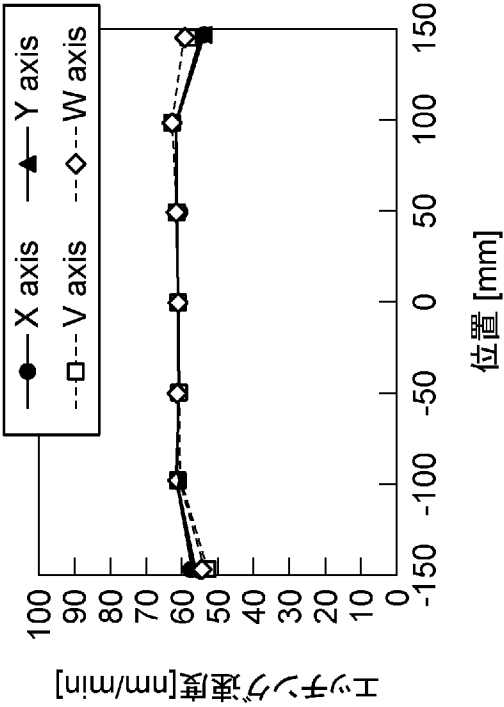
(b)



(d)

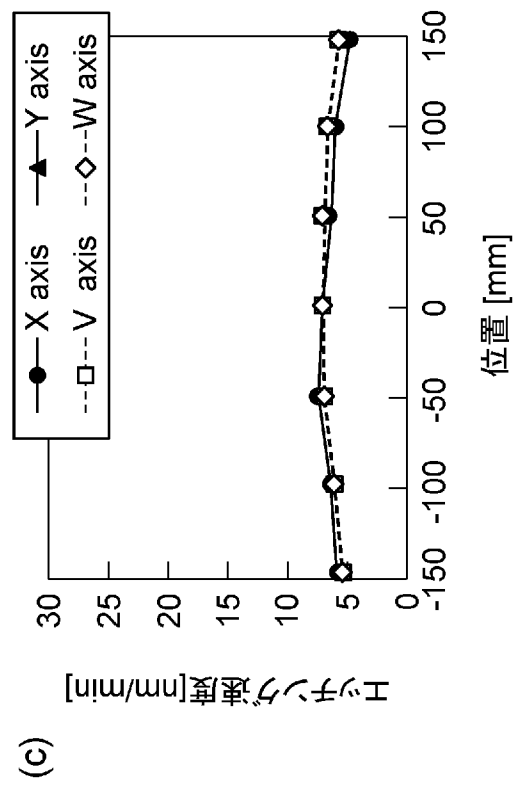
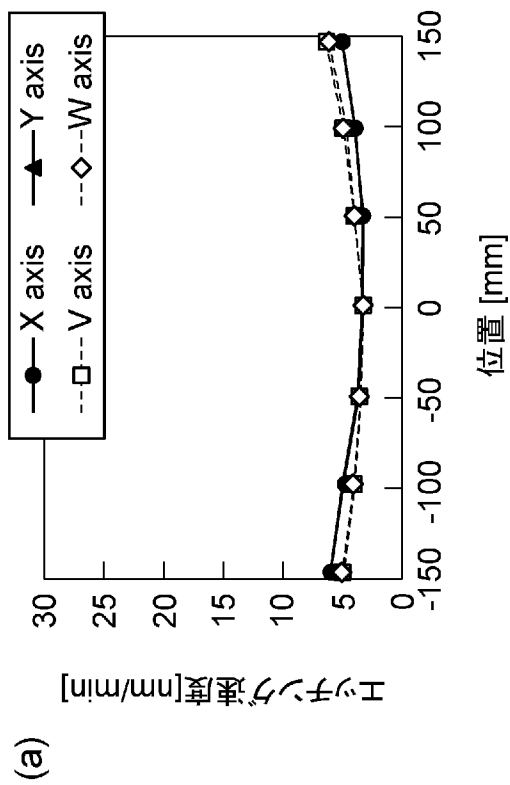
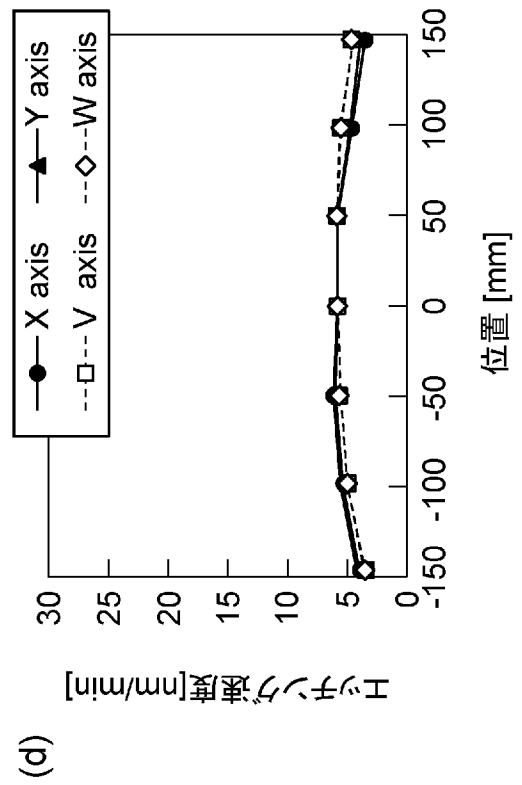
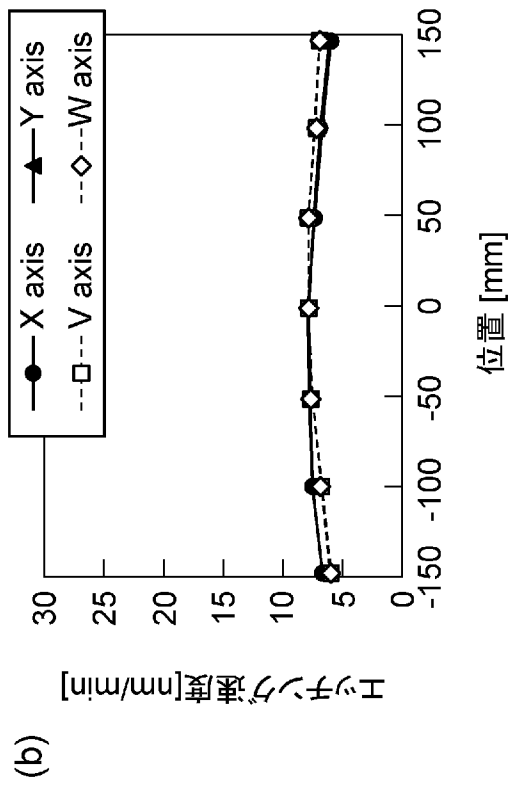


(a)

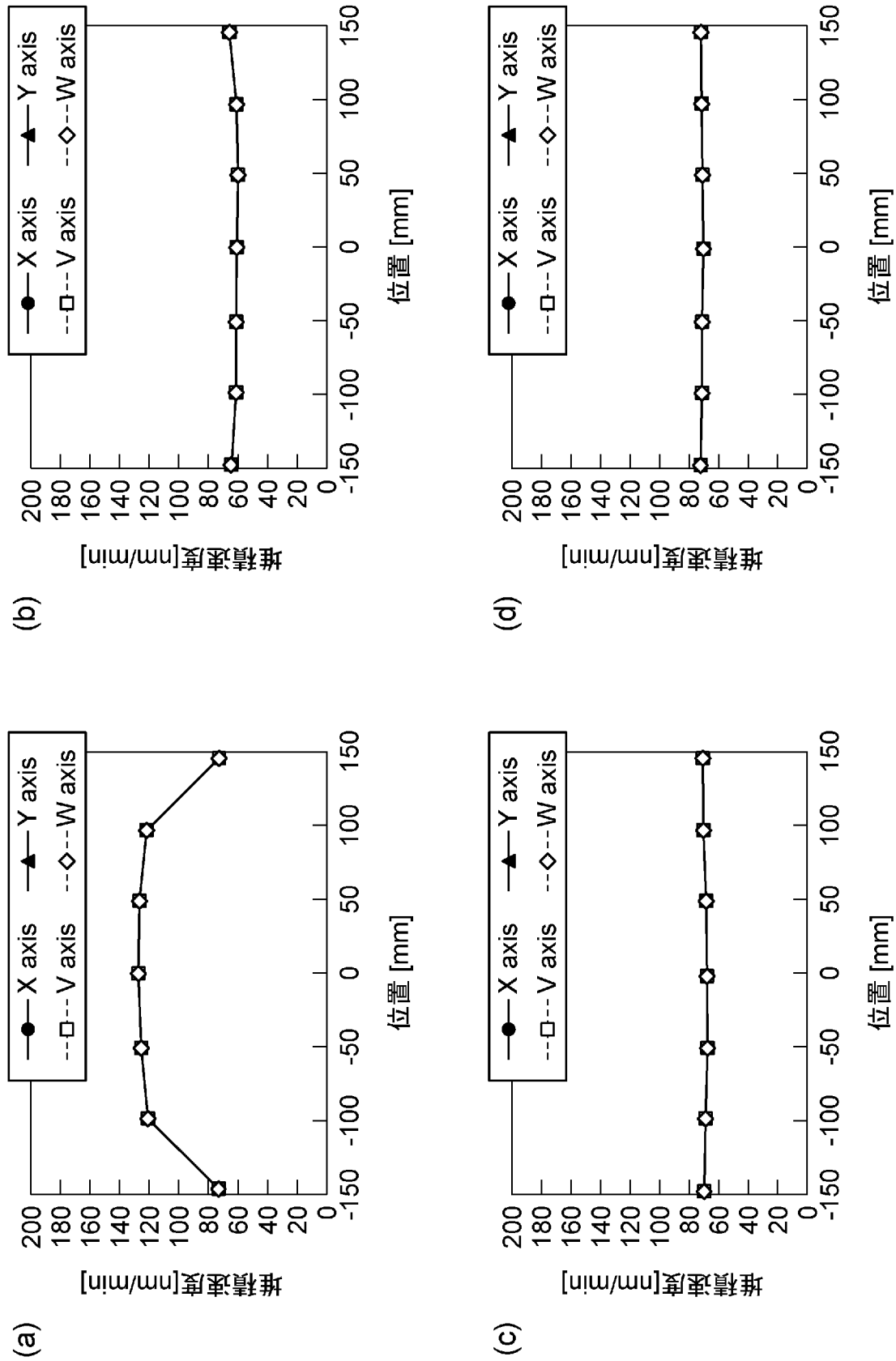


(c)

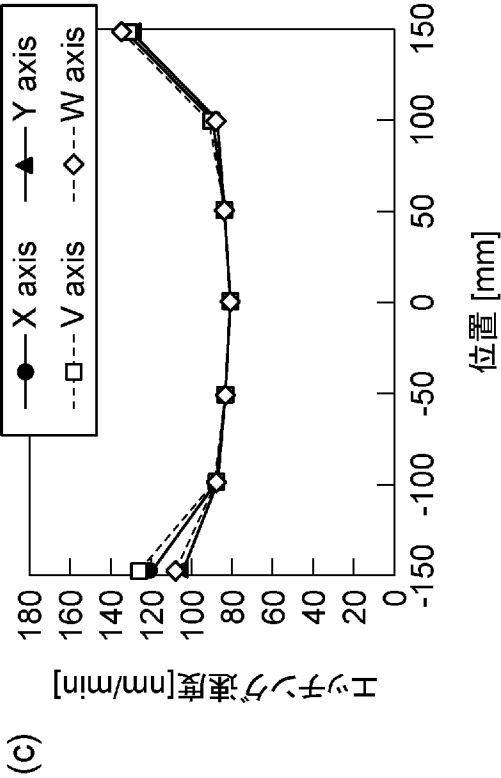
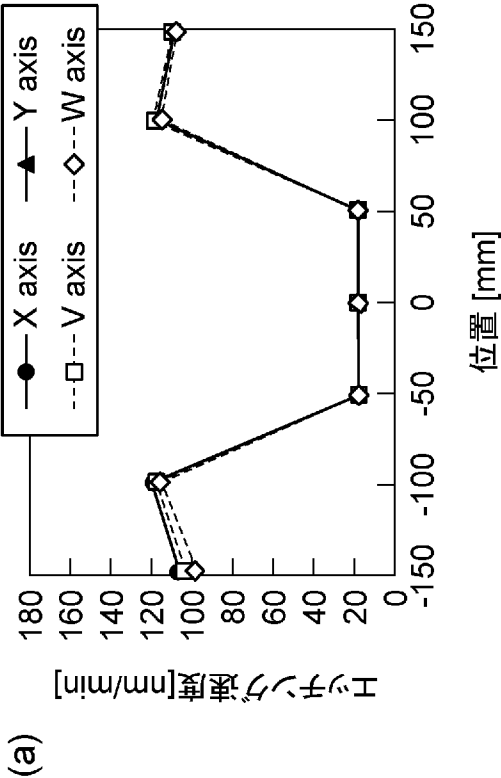
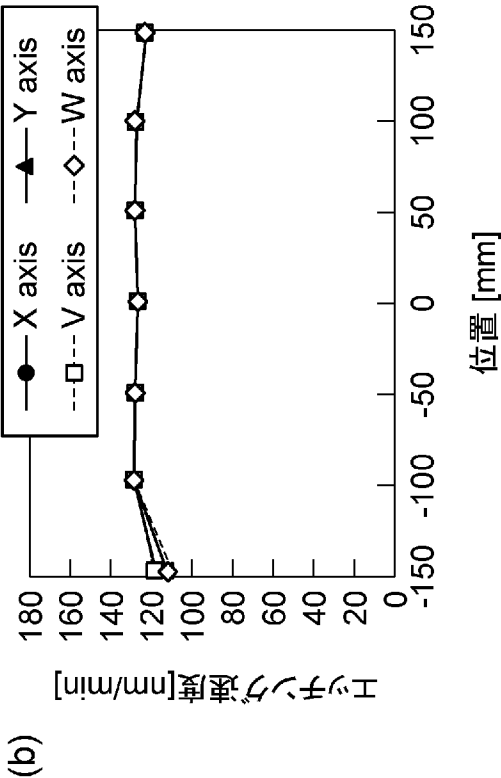
[図26]



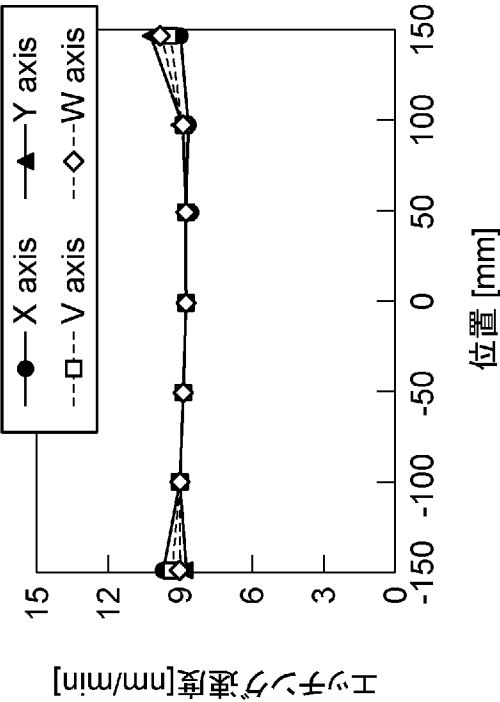
[図27]



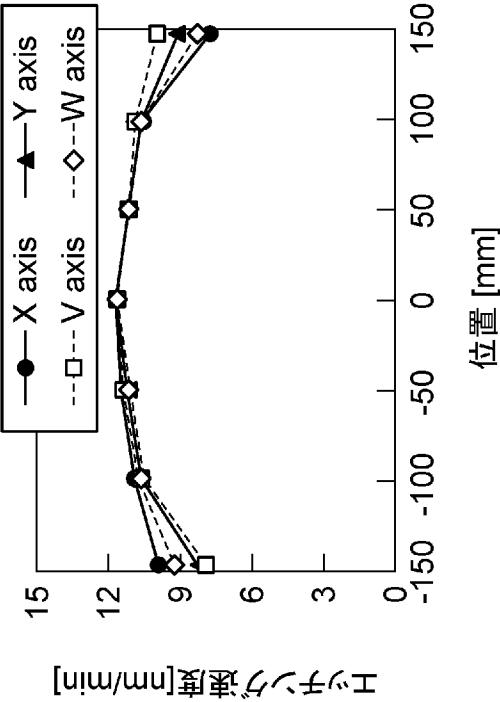
[図28]



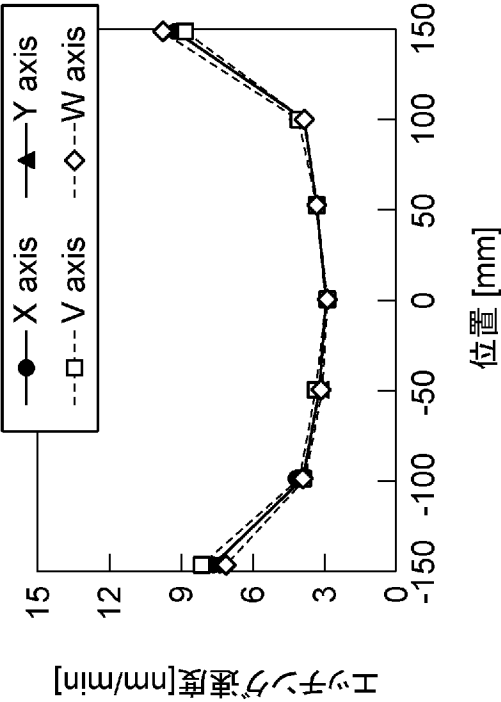
[図29]



(b)

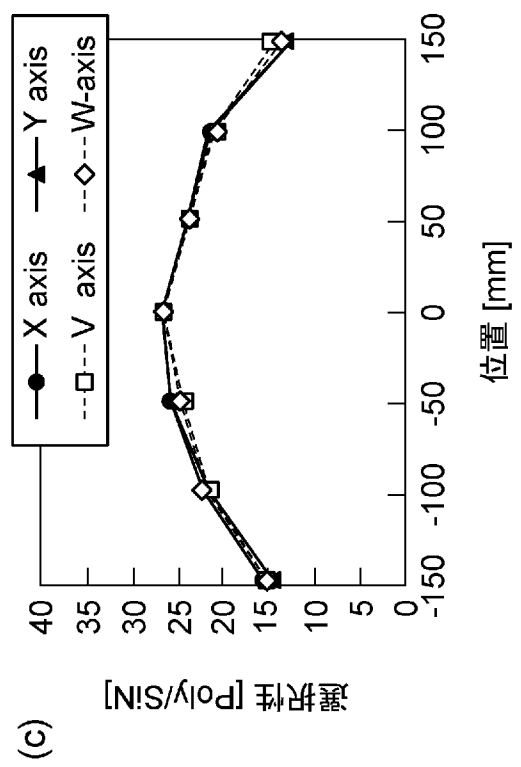
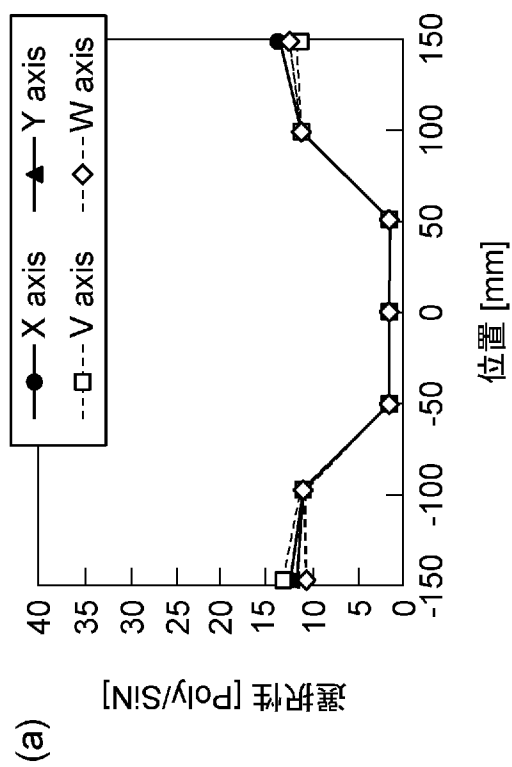
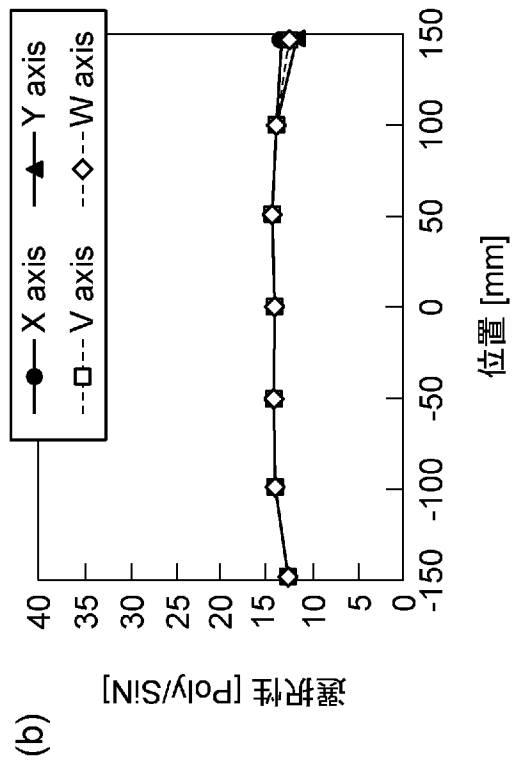


(a)



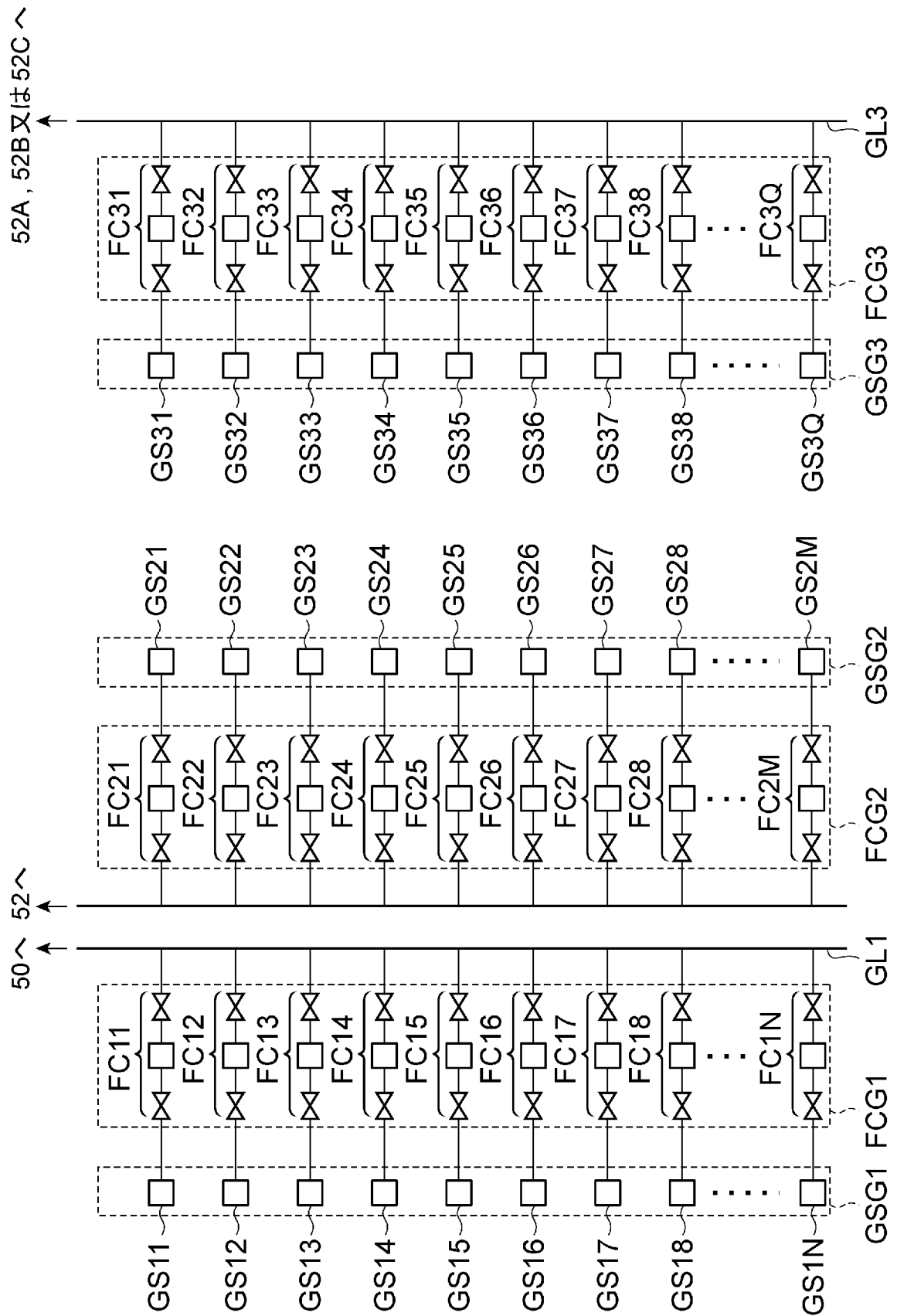
(c)

[図30]

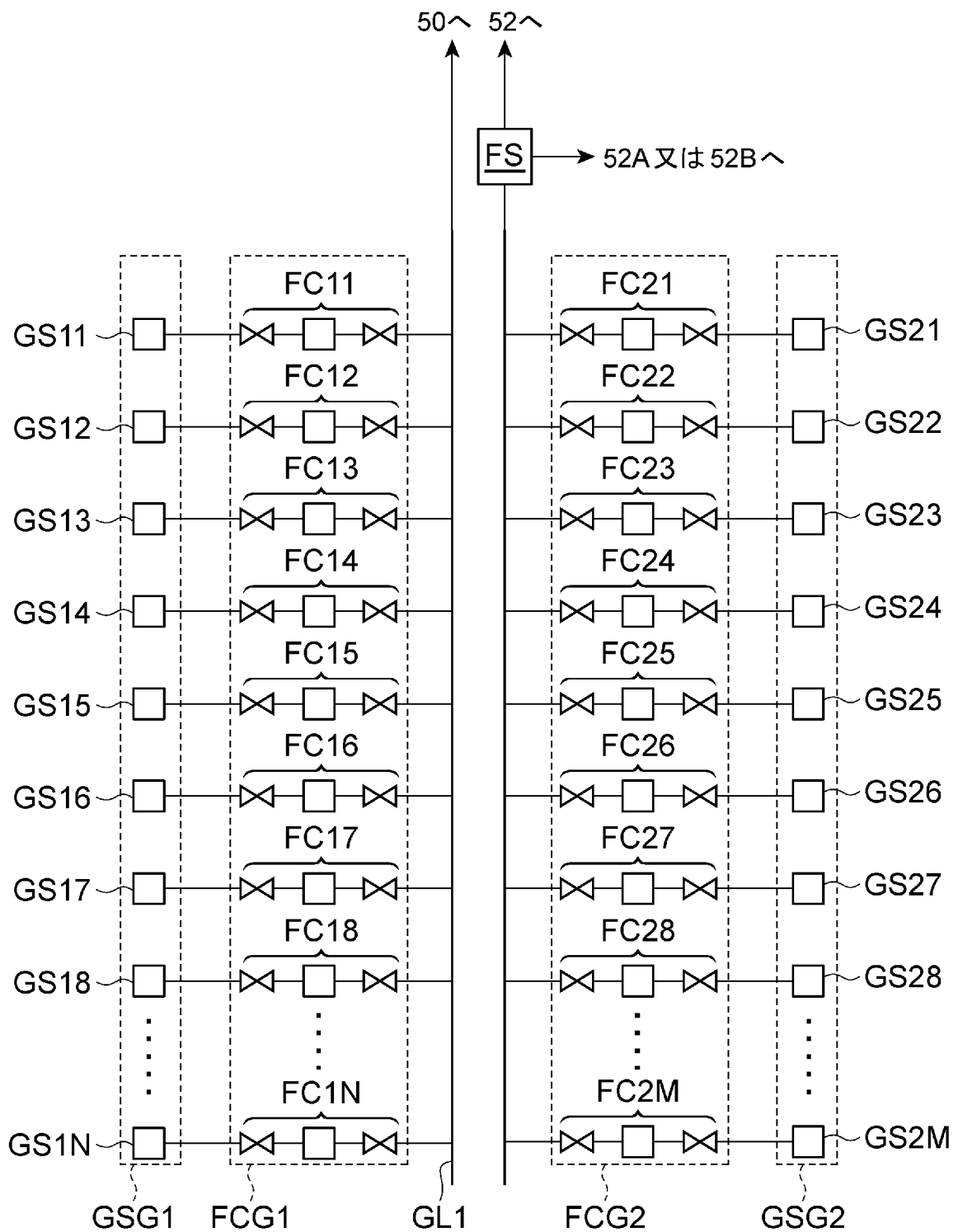


A detailed cross-sectional diagram of a semiconductor device 10A. The device features a substrate 12c with multiple layers and regions. At the top, there are contact pads 38, 36, 34, and 32. Below these, a central vertical structure includes layers 16a, 16b, and 16, surrounded by HT (heat treatment) regions 50b and 50a. The main body of the device consists of several horizontal layers: 12a, 18, 18b, 52p, 52A, 52, 24b, 24a, 24g, 22, PP3, PP2, PP1, PFR, 12b, and 28. Various other components are labeled, including S, HS, W, MR, VL, 26, 28h, 30, and 32. A dashed line Z indicates a vertical axis. A control unit Cnt is shown at the top left, connected to the device via a double-headed arrow. A power supply section at the bottom includes a DSC (Direct Current Source), a switch SW, a coil CL, a magnetic unit MU, and an RF generator RFG.

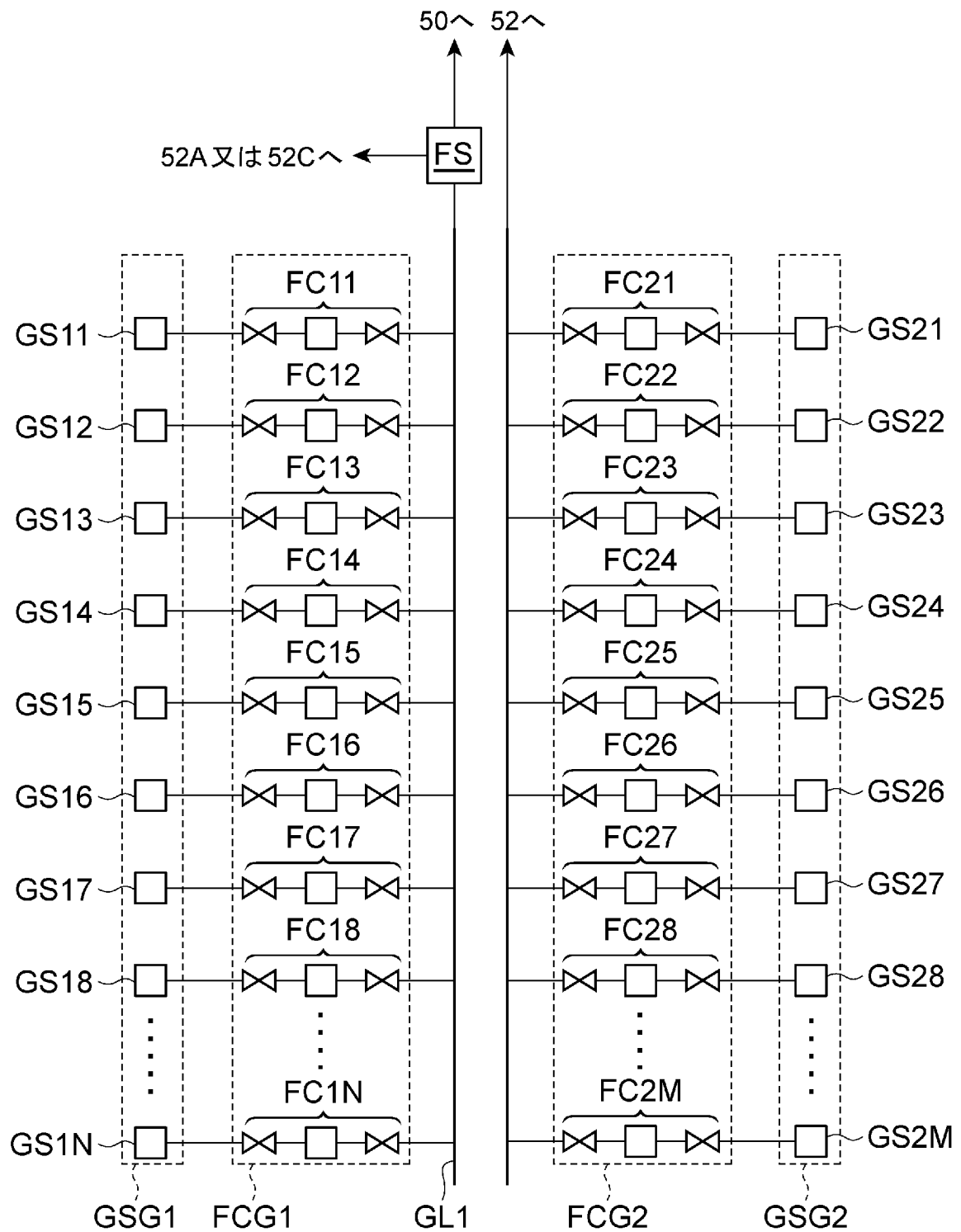
[図32]



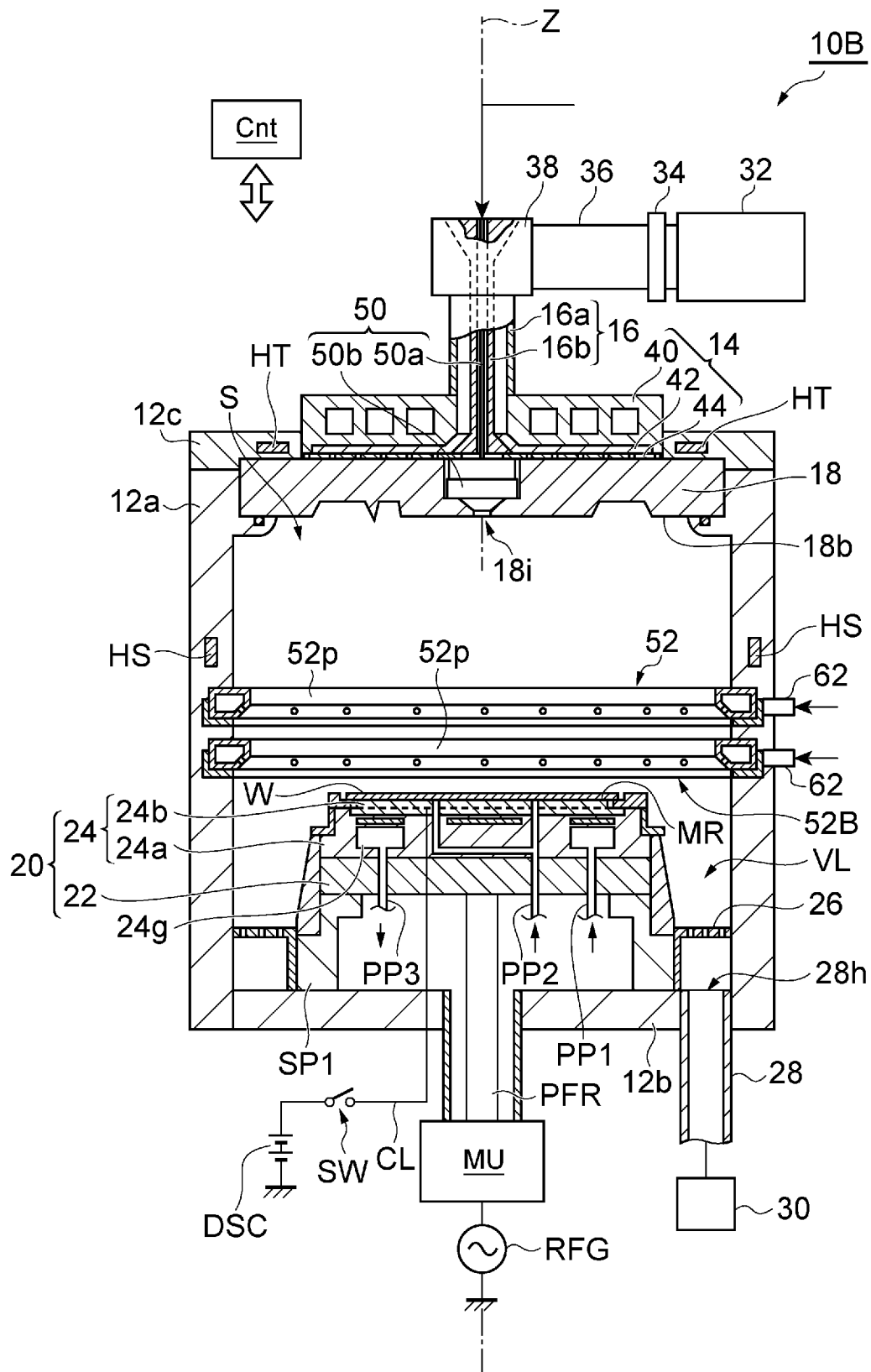
[図33]



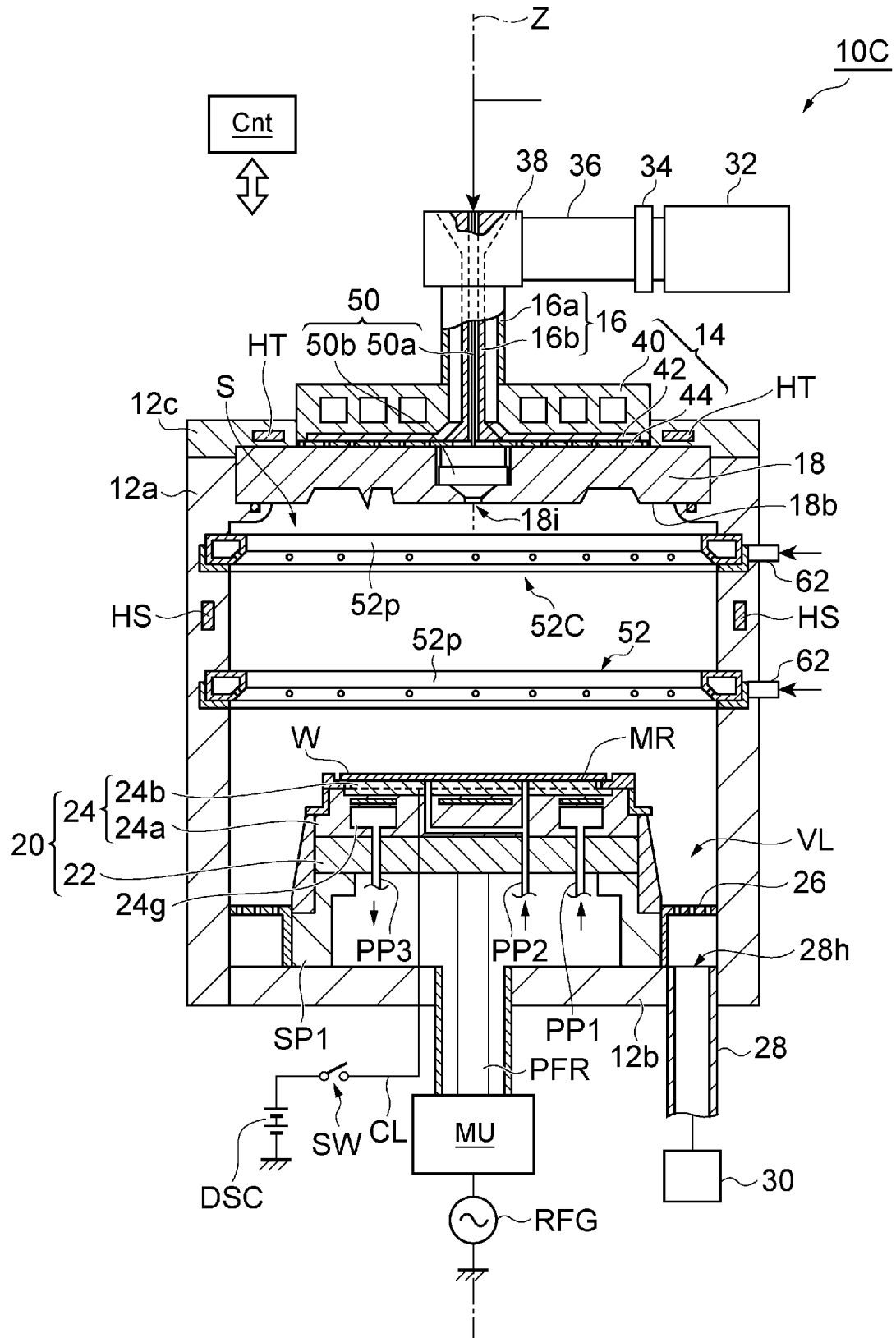
[図34]



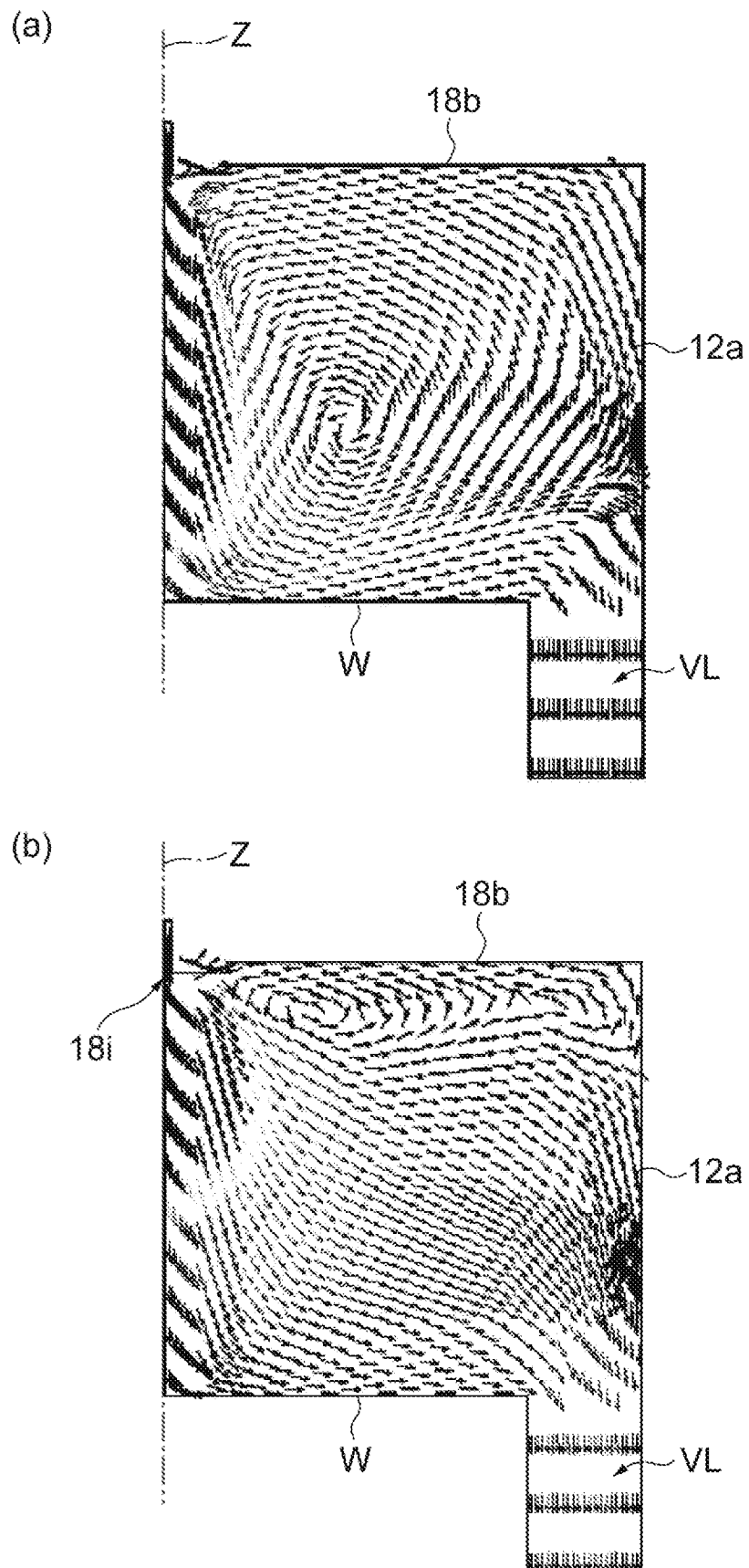
[図35]



[図36]



[図37]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/075555

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

H01L21/3065, H05H1/46

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 Y A	JP 2011-44567 A (Tokyo Electron Ltd.), 03 March 2011 (03.03.2011), paragraphs [0010] to [0045] & US 2012/0190208 A1 & WO 2011/021539 A1 & CN 102473634 A & KR 10-2012-0037502 A & TW 201137966 A	1, 5, 6, 8 4, 7, 9-11 2, 3
Y	US 7303999 B1 (LAM RESEARCH CORP.), 04 December 2007 (04.12.2007), column 2, line 51 to column 6, line 11 (Family: none)	4, 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
03 December, 2013 (03.12.13)

Date of mailing of the international search report
17 December, 2013 (17.12.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/075555

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2011-108816 A (Tokyo Electron Ltd.), 02 June 2011 (02.06.2011), paragraphs [0031] to [0071] & US 2011/0116207 A1 & EP 2325877 A2 & CN 102110632 A & KR 10-2011-0055424 A & TW 201135865 A	9-11
Y	WO 2009/107718 A1 (Tokyo Electron Ltd.), 03 September 2009 (03.09.2009), paragraphs [0033] to [0088] & US 2011/0240598 A1 & KR 10-2010-0105787 A & TW 200949976 A & CN 102217044 A & TW 201028052 A & KR 10-2011-0081296 A	9-11

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） 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（I P C）） 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 1971-2013年 日本国実用新案登録公報 1996-2013年 日本国登録実用新案公報 1994-2013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 2011-44567 A（東京エレクトロン株式会社）2011.03.03, 【0010】 ～【0045】 & US 2012/0190208 A1 & WO 2011/021539 A1 & CN 102473634	1, 5, 6, 8	
Y	A & KR 10-2012-0037502 A & TW 201137966 A	4, 7, 9-11	
A		2, 3	
Y	US 7303999 B1（LAM RESEARCH CORPORATION）2007.12.04, column 2 line 51 - column 6 line 11（No Family）	4, 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 03.12.2013		国際調査報告の発送日 17.12.2013	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 今井 淳一 電話番号 03-3581-1101 内線 3471	4 R 9055

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
Y	JP 2011-108816 A (東京エレクトロン株式会社) 2011. 06. 02, 【0031】 ～ 【0071】 & US 2011/0116207 A1 & EP 2325877 A2 & CN 102110632 A & KR 10-2011-0055424 A & TW 201135865 A	9-11
Y	WO 2009/107718 A1 (東京エレクトロン株式会社) 2009. 09. 03, 【0033】 ～ 【0088】 & US 2011/0240598 A1 & KR 10-2010-0105787 A & TW 200949976 A & CN 102217044 A & TW 201028052 A & KR 10-2011-0081296 A	9-11