

(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
2019年12月19日(19.12.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/239944 A1

(51) 国際特許分類:

H01L 21/3065 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
H01L 21/683 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2019/022024

(22) 国際出願日:

2019年6月3日(03.06.2019)

(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 2018-111973 2018年6月12日(12.06.2018) 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: 永 岩 利 文 (NAGAIWA Toshifumi); 30078 新竹市科学園区篤行路7号 東京威力科創股▲分▼有限公司内 Hsin-chu City (TW).

(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).

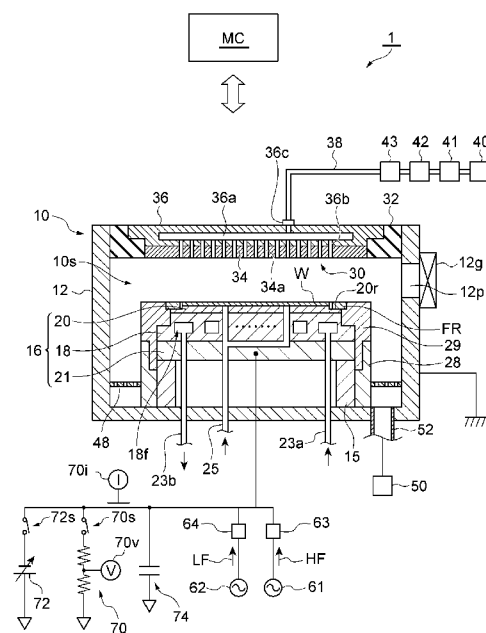
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE, AND METHOD FOR CONTROLLING HIGH-FREQUENCY POWER SUPPLY OF PLASMA PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置及びプラズマ処理装置の高周波電源を制御する方法

(57) Abstract: A plasma processing device according to one embodiment comprises a chamber, a substrate support platform, a high-frequency power supply, and a control unit. The substrate support platform includes a lower electrode and is provided inside the chamber. The high-frequency power supply supplies bias high-frequency power to the lower electrode. A focus ring is mounted on the substrate support platform so as to surround the substrate. The control unit, in order to identify a power level of the bias high-frequency power corresponding to a specified value of the direct-current potential of the focus ring, uses the relationship between the power level of the bias high-frequency power and the direct-current potential of the focus ring generated by supply of the bias high-frequency power to the lower electrode. The control unit controls the high-frequency power supply such that bias high-frequency power having the specified power level is supplied to the lower electrode.



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：一実施形態に係るプラズマ処理装置は、チャンバ、基板支持台、高周波電源、及び制御部を備える。基板支持台は、下部電極を含み、チャンバ内に設けられている。高周波電源は、下部電極にバイアス高周波電力を供給する。基板支持台上には、フォーカスリングが基板を囲むように搭載される。制御部は、バイアス高周波電力の電力レベルと下部電極へのバイアス高周波電力の供給により生じるフォーカスリングの直流電位との関係を用いて、フォーカスリングの直流電位の指定値に対応するバイアス高周波電力の電力レベルを特定する。制御部は、特定された電力レベルを有するバイアス高周波電力を下部電極に供給するように高周波電源を制御する。

明 細 書

発明の名称：

プラズマ処理装置及びプラズマ処理装置の高周波電源を制御する方法

技術分野

[0001] 本開示の例示的实施形態は、プラズマ処理装置及びプラズマ処理装置の高周波電源を制御する方法に関するものである。

背景技術

[0002] 電子デバイスの製造においてはプラズマエッチングが基板に対して実行される。プラズマエッチングは、プラズマ処理装置を用いて実行される。プラズマ処理装置は、チャンバ、支持台、及び高周波電源を備える。支持台は、下部電極を含み、チャンバ内に設けられている。高周波電源は、バイアス高周波電力を下部電極に供給するように構成されている。このようなプラズマ処理装置については、例えば特許文献1及び特許文献2に記載されている。

[0003] プラズマエッチングでは、プラズマから基板に引き込まれるイオンのエネルギーが、バイアス高周波電力の電力レベルによって調整される。したがって、エッチングレートは、バイアス高周波電力の電力レベルによって調整される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2014-186994号公報

特許文献2：特開2003-124201号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] プラズマエッチングにおいては、エッチングレートの制御性を向上させることが望まれている。

課題を解決するための手段

[0006] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、チャンバ、基板支持台、高周波電源、及び制御部を備える。基板支持台は、下部電極を含み、チャンバ内に設けられている。高周波電源は、下部電極にバイアス高周波電力を供給するように構成されている。制御部は、高周波電源を制御するように構成されている。基板支持台上には、フォーカスリングが基板を囲むように搭載される。制御部は、バイアス高周波電力の電力レベルと下部電極へのバイアス高周波電力の供給により生じるフォーカスリングの直流電位との関係を規定するテーブル又は関数を用いて、フォーカスリングの直流電位の指定値に対応するバイアス高周波電力の電力レベルを特定するよう構成されている。制御部は、チャンバ内でのプラズマの生成中に、特定された電力レベルを有するバイアス高周波電力を下部電極に供給するように高周波電源を制御する。

発明の効果

[0007] 一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置によれば、エッチングレート of 制御性が向上される。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。

[図2]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の支持台とフォーカスリングの一部拡大断面図である。

[図3]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の高周波電源を制御する方法を示す流れ図である。

[図4]バイアス高周波電力の電力レベルとエッチングレートとの関係の一例を示すグラフである。

[図5]フォーカスリングの直流電位とエッチングレートとの関係の一例を示すグラフである。

[図6]バイアス高周波電力の電力レベルと下部電極へのバイアス高周波電力の供給により生じるフォーカスリングの直流電位との関係の一例を示すグラフ

である。

[図7]一つの例示的实施形態に係る、フォーカスリングの直流電位とバイアス高周波電力の電力レベルとの関係を規定するテーブル又は関数の作成方法を示す流れ図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、種々の例示的实施形態について説明する。

[0010] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置が提供される。プラズマ処理装置は、チャンバ、基板支持台、高周波電源、及び制御部を備える。基板支持台は、下部電極を含み、チャンバ内に設けられている。高周波電源は、下部電極にバイアス高周波電力を供給するように構成されている。制御部は、高周波電源を制御するように構成されている。基板支持台上には、フォーカスリングが基板を囲むように搭載される。制御部は、テーブル又は関数を用いて、フォーカスリングの直流電位の指定値に対応するバイアス高周波電力の電力レベルを特定するよう構成されている。テーブル又は関数は、バイアス高周波電力の電力レベルと下部電極へのバイアス高周波電力の供給により生じるフォーカスリングの直流電位との関係を規定する。制御部は、チャンバ内でのプラズマの生成中に、特定された電力レベルを有するバイアス高周波電力を下部電極に供給するように高周波電源を制御する。

[0011] エッチングレートは、バイアス高周波電力の電力レベルの増加に応じて上昇する。バイアス高周波電力の電力レベルは、エッチングレートに対して非線形な関係を有する。一方、プラズマの生成中にバイアス高周波電力が供給されることにより生じるフォーカスリングの直流電位は、基板の直流電位と略同一の電位であり、エッチングレートと略線形の比例関係にある。一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置では、バイアス高周波電力の電力レベルが、エッチングレートと略線形の比例関係を有するフォーカスリングの直流電位に基づいて決定される。したがって、このプラズマ処理装置によれば、エッチングレートの制御性が向上される。

[0012] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、測定回路を更に備

えていてもよい。測定回路は、フォーカスリングの直流電位を表す測定値を取得するよう構成されている。制御部は、チャンバ内でのプラズマの生成中に、指定値と測定値から決定されるフォーカスリングの直流電位との間の差を減少させるよう、バイアス高周波電力の電力レベルを調整する。同一の電力レベルを有するバイアス高周波電力が下部電極に与えられても、例えばプラズマ処理装置の状態の変化により、フォーカスリングの直流電位が変化することがある。この実施形態によれば、測定値から得られる実際のフォーカスリングの直流電位と指定値との差を減少させるように、バイアス高周波電力の電力レベルが調整される。したがって、所望のエッチングレートが高精度に実現される。

[0013] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、フォーカスリングに選択的に接続されるように構成された直流電源を更に備えていてもよい。この実施形態によれば、直流電圧をフォーカスリングに印加することが可能である。また、測定値を測定する場合には、直流電源をフォーカスリングから電氣的に切り離すことが可能である。

[0014] 一つの例示的实施形態において、プラズマ処理装置は、容量結合型のプラズマ処理装置であってもよい。

[0015] 別の例示的实施形態において、プラズマ処理装置の高周波電源を制御する方法が提供される。この方法は、フォーカスリングの直流電位の指定値に対応するバイアス高周波電力の電力レベルを特定する工程を含む。バイアス高周波電力の電力レベルは、バイアス高周波電力の電力レベルと基板支持台の下部電極へのバイアス高周波電力の供給により生じるフォーカスリングの直流電位との関係を規定するテーブル又は関数を用いて、特定される。基板支持台はプラズマ処理装置のチャンバ内に設けられており、フォーカスリングは基板支持台上で基板を囲むように搭載される。この方法は、チャンバ内でのプラズマの生成中に、特定された電力レベルを有するバイアス高周波電力を下部電極に供給するように高周波電源を制御する工程を更に含む。

[0016] 一つの例示的实施形態において、方法は、チャンバ内でのプラズマの生成

中に、バイアス高周波電力の電力レベルを調整する工程を更に含む。バイアス高周波電力の電力レベルは、指定値とフォーカスリングの直流電位を表す測定値から決定されるフォーカスリングの直流電位との間の差を減少させるように、調整される。

[0017] 以下、図面を参照して種々の例示的实施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一又は相当の部分に対しては同一の符号を附することとする。

[0018] 図1は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置を概略的に示す図である。図1に示すプラズマ処理装置1は、容量結合型のプラズマ処理装置である。プラズマ処理装置1は、チャンバ10を備えている。チャンバ10は、その中に内部空間10sを提供している。一実施形態において、チャンバ10は、チャンバ本体12を含んでいる。チャンバ本体12は、略円筒形状を有している。内部空間10sは、チャンバ本体12の中に提供されている。チャンバ本体12は、例えばアルミニウムから構成されている。チャンバ本体12は電氣的に接地されている。チャンバ本体12の内壁面、即ち、内部空間10sを画成する壁面には、耐プラズマ性を有する膜が形成されている。この膜は、陽極酸化処理によって形成された膜又は酸化イットリウムから形成された膜といったセラミック製の膜であり得る。

[0019] チャンバ本体12の側壁には通路12pが形成されている。基板Wは、内部空間10sとチャンバ10の外部との間で搬送されるときに、通路12pを通過する。この通路12pの開閉のために、ゲートバルブ12gがチャンバ本体12の側壁に沿って設けられている。

[0020] 内部空間10sの中には、基板支持台、即ち支持台16が設けられている。支持台16は、チャンバ10内に設けられている。支持台16は、その上に載置された基板Wを支持するように構成されている。支持台16は、支持部15によって支持されている。支持部15は、チャンバ本体12の底部から上方に延在している。支持部15は、略円筒形状を有している。支持部15は、石英といった絶縁材料から形成されている。

- [0021] 支持台 16 は、下部電極 18 及び静電チャック 20 を有し得る。支持台 16 は、電極プレート 21 を更に有していてもよい。電極プレート 21 は、アルミニウムといった導電性材料から形成されており、略円盤形状を有している。下部電極 18 は、電極プレート 21 上に設けられている。下部電極 18 は、アルミニウムといった導電性材料から形成されており、略円盤形状を有している。下部電極 18 は、電極プレート 21 に電氣的に接続されている。
- [0022] 下部電極 18 内には、流路 18 f が形成されている。流路 18 f は、熱交換媒体用の流路である。熱交換媒体としては、液状の冷媒、或いは、その気化によって下部電極 18 を冷却する冷媒（例えば、フロン）が用いられる。流路 18 f には、熱交換媒体の循環装置（例えば、チラーユニット）が接続されている。この循環装置は、チャンバ 10 の外部に設けられている。流路 18 f には、循環装置から配管 23 a を介して熱交換媒体が供給される。流路 18 f に供給された熱交換媒体は、配管 23 b を介して循環装置に戻される。
- [0023] 静電チャック 20 は、下部電極 18 上に設けられている。基板 W は、内部空間 10 s の中で処理されるときには、静電チャック 20 上に載置され、静電チャック 20 によって保持される。静電チャック 20 は、本体及び電極を有している。静電チャック 20 の本体は、誘電体から形成されている。静電チャック 20 の本体は、略円盤形状を有している。静電チャック 20 の電極は、膜状の電極であり、静電チャック 20 の本体内に設けられている。静電チャック 20 の電極には、直流電源が電氣的に接続されている。直流電源から静電チャック 20 の電極に電圧が印加されると、静電チャック 20 と基板 W との間で静電引力が発生する。発生した静電引力により、基板 W は、静電チャック 20 に引き付けられ、静電チャック 20 によって保持される。
- [0024] プラズマ処理装置 1 は、ガス供給ライン 25 を更に備え得る。ガス供給ライン 25 は、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 20 の上面と基板 W の裏面（下面）との間に供給する。
- [0025] プラズマ処理装置 1 は、筒状部 28 及び絶縁部 29 を更に備え得る。筒状

部 28 は、チャンバ本体 12 の底部から上方に延在している。筒状部 28 は、支持部 15 の外周に沿って延在している。筒状部 28 は、導電性材料から形成されており、略円筒形状を有している。筒状部 28 は、電氣的に接地されている。絶縁部 29 は、筒状部 28 上に設けられている。絶縁部 29 は、絶縁性を有する材料から形成されている。絶縁部 29 は、例えば石英といったセラミックから形成されている。絶縁部 29 は、略円筒形状を有している。絶縁部 29 は、電極プレート 21 の外周、下部電極 18 の外周、及び静電チャック 20 の外周に沿って延在している。

[0026] 以下、図 1 と共に図 2 を参照する。図 2 は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の支持台とフォーカスリングの一部拡大断面図である。支持台 16 は、搭載領域 20 r を有している。搭載領域 20 r 上には、フォーカスリング F R が搭載される。搭載領域 20 r は、一例では、静電チャック 20 の外周領域である。フォーカスリング F R は、略環状板形状を有している。フォーカスリング F R は、導電性を有する。フォーカスリング F R は、例えばシリコン又は炭化ケイ素 (S i C) から形成されている。基板 W は、円盤形状を有し、静電チャック 20 上、且つ、フォーカスリング F R によって囲まれた領域内に、配置される。即ち、フォーカスリング F R は、支持台 16 上に載置された基板 W のエッジを囲む。

[0027] 図 1 に示すように、プラズマ処理装置 1 は、上部電極 30 を更に備えている。上部電極 30 は、支持台 16 の上方に設けられている。上部電極 30 は、部材 32 と共にチャンバ本体 12 の上部開口を閉じている。部材 32 は、絶縁性を有している。上部電極 30 は、この部材 32 を介してチャンバ本体 12 の上部に支持されている。

[0028] 上部電極 30 は、天板 34 及び支持体 36 を含んでいる。天板 34 の下面は、内部空間 10 s を画成している。天板 34 には、複数のガス吐出孔 34 a が形成されている。複数のガス吐出孔 34 a の各々は、天板 34 を板厚方向（鉛直方向）に貫通している。この天板 34 は、限定されるものではないが、例えばシリコンから形成されている。或いは、天板 34 は、アルミニウ

ム製の部材の表面に耐プラズマ性の膜を設けた構造を有し得る。この膜は、陽極酸化処理によって形成された膜又は酸化イットリウムから形成された膜といったセラミック製の膜であり得る。

[0029] 支持体 36 は、天板 34 を着脱自在に支持している。支持体 36 は、例えばアルミニウムといった導電性材料から形成されている。支持体 36 の内部には、ガス拡散室 36 a が設けられている。ガス拡散室 36 a からは、複数のガス孔 36 b が下方に延びている。複数のガス孔 36 b は、複数のガス吐出孔 34 a にそれぞれ連通している。支持体 36 には、ガス導入ポート 36 c が形成されている。ガス導入ポート 36 c は、ガス拡散室 36 a に接続している。ガス導入ポート 36 c には、ガス供給管 38 が接続されている。

[0030] ガス供給管 38 には、ガスソース群 40 が、バルブ群 41、流量制御器群 42、及びバルブ群 43 を介して接続されている。ガスソース群 40、バルブ群 41、流量制御器群 42、及びバルブ群 43 は、ガス供給部を構成している。ガスソース群 40 は、複数のガスソースを含んでいる。バルブ群 41 及びバルブ群 43 の各々は、複数のバルブ（例えば開閉バルブ）を含んでいる。流量制御器群 42 は、複数の流量制御器を含んでいる。流量制御器群 42 の複数の流量制御器の各々は、マスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器である。ガスソース群 40 の複数のガスソースの各々は、バルブ群 41 の対応のバルブ、流量制御器群 42 の対応の流量制御器、及びバルブ群 43 の対応のバルブを介して、ガス供給管 38 に接続されている。プラズマ処理装置 1 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、内部空間 10 s に供給することが可能である。

[0031] 筒状部 28 とチャンバ本体 12 の側壁との間には、バッフルプレート 48 が設けられている。バッフルプレート 48 は、例えば、アルミニウム製の部材に酸化イットリウム等のセラミックを被覆することにより構成され得る。このバッフルプレート 48 には、多数の貫通孔が形成されている。バッフルプレート 48 の下方においては、排気管 52 がチャンバ本体 12 の底部に接

続されている。この排気管 5 2 には、排気装置 5 0 が接続されている。排気装置 5 0 は、自動圧力制御弁といった圧力制御器、及び、ターボ分子ポンプなどの真空ポンプを有しており、内部空間 1 0 s の中の圧力を減圧することができる。

[0032] 一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、高周波電源 6 1 を更に備え得る。高周波電源 6 1 は、プラズマ生成用の高周波電力 H F を発生する電源である。高周波電力 H F は、27 ~ 100 M H z の範囲内の周波数、例えば 40 M H z 又は 60 M H z の周波数を有する。高周波電源 6 1 は、高周波電力 H F を下部電極 1 8 に供給するために、整合器 6 3 及び電極プレート 2 1 を介して下部電極 1 8 に接続されている。整合器 6 3 は、高周波電源 6 1 の出力インピーダンスと負荷側（下部電極 1 8 側）のインピーダンスを整合させるための整合回路を有している。なお、高周波電源 6 1 は、下部電極 1 8 に電氣的に接続されていなくてもよく、整合器 6 3 を介して上部電極 3 0 に接続されていてもよい。

[0033] プラズマ処理装置 1 は、高周波電源 6 2 を更に備えている。高周波電源 6 2 は、基板 W にイオンを引き込むためのバイアス高周波電力、即ち高周波電力 L F を発生する電源である。高周波電力 L F の周波数は、高周波電力 H F の周波数よりも低い。高周波電力 L F の周波数は、400 k H z ~ 13.56 M H z の範囲内の周波数であり、例えば、400 k H z である。高周波電源 6 2 は、高周波電力 L F を下部電極 1 8 に供給するために、整合器 6 4 及び電極プレート 2 1 を介して下部電極 1 8 に接続されている。整合器 6 4 は、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 1 8 側）のインピーダンスを整合させるための整合回路を有している。

[0034] このプラズマ処理装置 1 では、内部空間 1 0 s にガスが供給される。そして、高周波電力 H F 及び高周波電力 L F、又は高周波電力 L F が供給されることにより、内部空間 1 0 s の中でガスが励起される。その結果、内部空間 1 0 s の中でプラズマが生成される。生成されたプラズマからのイオン及び／又はラジカルといった化学種により、基板 W が処理される。

- [0035] 一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、測定回路 70 を更に備え得る。測定回路 70 は、電圧センサ 70 v を有する。測定回路 70 は、高周波電力 L F の給電ライン及び電極プレート 21 を介して下部電極 18 に電氣的に接続されている。図 2 に示すように、下部電極 18 は、導体 22 を介してフォーカスリング F R に電氣的に接続されている。なお、測定回路 70 は、高周波電力 L F の給電ライン、電極プレート 21、及び下部電極 18 のうち一つ以上を介さずに、フォーカスリング F R に電氣的に接続されていてもよい。例えば、測定回路 70 は、別の電氣的パスを介してフォーカスリング F R に接続されていてもよい。
- [0036] 測定回路 70 は、電圧センサ 70 v を有している。測定回路 70 は、電流センサ 70 i を更に有していてもよい。一実施形態では、測定回路 70 は、分圧回路を有している。一例において、分圧回路は抵抗分圧回路である。電圧センサ 70 v は、抵抗分圧回路の二つの抵抗の間のノードに接続されている。電圧センサ 70 v は、当該ノードにおける電圧の測定値、即ち、フォーカスリング F R の直流電位を表す測定値（以下、「電位測定値」という）を取得するように構成されている。電圧センサ 70 v によって取得された電位測定値は、後述する制御部 MC に送信される。
- [0037] 測定回路 70 は、電流センサ 70 i を更に有し得る。電流センサ 70 i は、フォーカスリング F R と測定回路 70 とを接続する電氣的パスを流れる電流の測定値（以下、「電流測定値」という）を取得するように構成されている。電流センサ 70 i によって取得された電流測定値は、制御部 MC に送信される。
- [0038] 一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、直流電源 72 を更に備え得る。直流電源 72 は、フォーカスリング F R に負極性の直流電圧を印加するように構成されている。直流電源 72 から負極性の直流電圧をフォーカスリング F R に印加することにより、フォーカスリング F R の上方におけるシース（プラズマシース）の厚みが調整される。その結果、基板 W のエッジに対するイオンの入射方向が調整される。

[0039] 測定回路 70 及び直流電源 72 は、フォーカスリング F R に選択的に接続されるように構成されている。そのために、プラズマ処理装置 1 は、一以上のスイッチング素子を備えている。一実施形態では、プラズマ処理装置 1 は、測定回路 70 及び直流電源 72 のうち一方をフォーカスリング F R に選択的に接続するために、スイッチング素子 70 s 及びスイッチング素子 72 s を備えている。スイッチング素子 70 s 及びスイッチング素子 72 s の各々は、例えば電界効果トランジスタであり得る。スイッチング素子 70 s が導通状態になると、測定回路 70 の分圧回路のグランドとは反対側の端部が、フォーカスリング F R に接続される。スイッチング素子 72 s が導通状態になると、直流電源 72 がフォーカスリング F R に接続される。スイッチング素子 70 s 及びスイッチング素子 72 s は、スイッチング素子 70 s 及びスイッチング素子 72 s のうち一方が導通状態にあるときに、他方が非導通状態になるよう、制御部 MC によって制御される。

[0040] プラズマ処理装置 1 は、高周波遮断フィルタ 74 を更に備え得る。高周波遮断フィルタ 74 は、測定回路 70 及び直流電源 72 に高周波電力が流入することを防止するために設けられている。高周波遮断フィルタ 74 は、例えばコンデンサを有する。高周波遮断フィルタ 74 のコンデンサの一端は、フォーカスリング F R と測定回路 70 の分圧回路との間、且つ、フォーカスリング F R と直流電源 72 との間の電氣的パスに接続されている。高周波遮断フィルタ 74 のコンデンサの他端は、グランドに接続されている。

[0041] プラズマ処理装置 1 は、制御部 MC を更に備える。制御部 MC は、プロセッサ、記憶装置、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり、プラズマ処理装置 1 の各部を制御する。具体的に、制御部 MC は、記憶装置に記憶されている制御プログラムを実行し、当該記憶装置に記憶されているレシピデータに基づいてプラズマ処理装置 1 の各部を制御する。制御部 MC による制御により、プラズマ処理装置 1 は、レシピデータによって指定されたプロセスを実行することができる。また、制御部 MC による制御により、プラズマ処理装置 1 は、種々の実施形態に係る方法を実行することができる。

[0042] 以下、図3を参照しつつ、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の高周波電源を制御する方法について説明する。また、制御部MCによるプラズマ処理装置1の各部の制御について、説明する。図3は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置の高周波電源を制御する方法を示す流れ図である。

[0043] 図3に示す方法MTは、工程ST1で開始する。工程ST1では、制御部MCは、テーブル又は関数を用いて、フォーカスリングFRの直流電位の指定値に対応する高周波電力LFの電力レベルを特定する。フォーカスリングFRの直流電位の指定値は、制御部MCに対してオペレータによって入力されてもよい。或いは、フォーカスリングFRの直流電位の指定値は、レシピデータの一部として制御部MCの記憶装置に記憶されていてもよい。制御部MCによって用いられるテーブル又は関数は、高周波電力LFの電力レベルと下部電極18への高周波電力LFの供給により生じるフォーカスリングFRの直流電位との関係を規定する。テーブル又は関数は、予め制御部MCに与えられている。フォーカスリングFRの直流電位と高周波電力LFの電力レベルとの関係を規定するテーブル又は関数の作成方法については、後述する。

[0044] 方法MTでは、工程ST2及び工程ST3の実行中には、測定回路70がフォーカスリングFRに接続され、直流電源72はフォーカスリングFRから電氣的に切り離される。工程ST2では、プラズマが生成される。工程ST2では、ガスをチャンバ10内に供給するように、ガス供給部が制御部MCによって制御される。工程ST2では、チャンバ10内の圧力を指定された圧力に設定するように、排気装置50が制御される。工程ST2では、工程ST1において特定された電力レベルを有する高周波電力LFを下部電極18に供給するように、高周波電源62が制御部MCによって制御される。工程ST2では、高周波電力HFを下部電極18（又は上部電極30）に供給するように、高周波電源61が制御部MCによって制御されてもよい。

[0045] 続く工程ST3は、プラズマの生成中に実行される。工程ST3では、工

工程 S T 2 からプラズマが継続的に生成され得る。工程 S T 3 では、測定回路 7 0 によってフォーカスリング F R の直流電位を表す電位測定値が取得される。工程 S T 3 では、指定値と電位測定値から決定されるフォーカスリング F R の直流電位との間の差を減少させるために、高周波電力 L F の電力レベルを調整するよう、高周波電源 6 2 が制御部 M C によって制御される。

[0046] 以下、図 4 ～図 6 を参照する。図 4 は、バイアス高周波電力の電力レベルとエッチングレートとの関係の一例を示すグラフである。図 4 において、横軸は、バイアス高周波電力（高周波電力 L F ）の電力レベルを示しており、縦軸はエッチングレートを示している。図 5 は、フォーカスリングの直流電位とエッチングレートとの関係の一例を示すグラフである。図 5 において、横軸は、フォーカスリング F R の直流電位を示しており、縦軸はエッチングレートを示している。図 6 は、バイアス高周波電力の電力レベルと下部電極へのバイアス高周波電力の供給により生じるフォーカスリングの直流電位との関係の一例を示すグラフである。

[0047] 図 4 及び図 5 に示すグラフを得るために、高周波電力 L F の電力レベルを種々の値の各々に設定した状態で、プラズマ処理装置 1 を用いて、シリコン酸化膜に対するプラズマエッチングを実行した。高周波電力 L F の周波数は、1 3 M H z であった。プラズマエッチングにおいては、フルオロカーボンガスをチャンバ 1 0 内に供給し、チャンバ 1 0 内の圧力を 2 0 m T o r r (2 . 7 P a) に設定した。また、プラズマエッチングにおいては、高周波電力 H F の周波数、電力レベルをそれぞれ、4 0 M H z 、 5 0 0 W に設定した。そして、高周波電力 L F の電力レベルとシリコン酸化膜のエッチングレートとの関係を求めた。図 4 は、求めた高周波電力 L F の電力レベルとシリコン酸化膜のエッチングレートとの関係を示している。また、プラズマエッチングの実行中に、測定回路 7 0 の電圧センサ 7 0 v を用いてフォーカスリング F R の直流電位を求めた。そして、フォーカスリング F R の直流電位とシリコン酸化膜のエッチングレートとの関係を求めた。また、高周波電力 L F の電力レベルとフォーカスリング F R の直流電位との関係を求めた。図 5 は

、求めたフォーカスリングF Rの直流電位とシリコン酸化膜のエッチングレートとの関係を示している。図6は、求めた高周波電力L Fの電力レベルとフォーカスリングF Rの直流電位との関係を示している。

[0048] 図4に示すように、エッチングレートは、バイアス高周波電力、即ち高周波電力L Fの電力レベルの増加に応じて上昇する。図4に示すように、高周波電力L Fの電力レベルは、エッチングレートに対して非線形の関係性を有する。一方、プラズマの生成中に高周波電力L Fが供給されることにより生じるフォーカスリングF Rの直流電位は、基板Wの直流電位と略同一の電位であり、図5に示すように、エッチングレートと略線形の比例関係にある。プラズマ処理装置1では、プラズマの生成時に設定される高周波電力L Fの電力レベルが、図6に示すようなフォーカスリングF Rの直流電位と高周波電力L Fの電力レベルとの関係を表すテーブル又は関数を用いて、決定される。即ち、プラズマ処理装置1では、プラズマの生成時に設定される高周波電力L Fの電力レベルが、エッチングレートと略線形の比例関係を有するフォーカスリングF Rの直流電位に基づいて決定される。したがって、プラズマ処理装置1によれば、エッチングレートの制御性が向上される。

[0049] なお、同一の電力レベルを有する高周波電力L Fが下部電極18に与えられても、例えばプラズマ処理装置1の状態の変化により、フォーカスリングF Rの直流電位が変化することがある。一実施形態では、プラズマの生成中に、測定回路70の電位測定値から得られる実際のフォーカスリングF Rの直流電位と指定値との差を減少させるように、高周波電力L Fの電力レベルが調整される。したがって、所望のエッチングレートが高精度に実現される。

[0050] また、一実施形態では、直流電源72が選択的にフォーカスリングF Rに接続され得る。この実施形態によれば、直流電圧をフォーカスリングF Rに印加することが可能である。また、フォーカスリングF Rの直流電位の電位測定値を測定する場合には、直流電源72をフォーカスリングF Rから電氣的に切り離すことが可能である。

[0051] 以下、フォーカスリングF Rの直流電位と高周波電力L Fの電力レベルとの関係を規定するテーブル又は関数の作成方法について説明する。図7は、一つの例示的实施形態に係る、フォーカスリングの直流電位とバイアス高周波電力の電力レベルとの関係を規定するテーブル又は関数の作成方法を示す流れ図である。

[0052] 図7に示す作成方法（以下、「方法MTF」という）は、工程ST11で開始する。工程ST11では、チャンバ10内でプラズマが生成される。工程ST11では、チャンバ10内に供給されるガス、チャンバ10内の圧力、高周波電力HFの電力レベルといった条件は、方法MTの工程ST2及び工程ST3における条件と同一である。工程ST11では、高周波電力LFの電力レベルが複数の電力レベルから順に選択される一つの電力レベルに設定される。

[0053] 続く工程ST12では、測定回路70の電位測定値からフォーカスリングF Rの直流電位が特定される。工程ST12では、特定されたフォーカスリングF Rの直流電位と工程ST11において設定された高周波電力LFの電力レベルとを含む一つのデータセットが取得される。

[0054] 続く工程ST13では、停止条件が満たされるか否かが判定される。停止条件は、上述した複数の電力レベルの全てについて工程ST11が既に実行されている場合に満たされる。工程ST13において停止条件が満たされないと判定される場合には、工程ST11及び工程ST12が再び実行される。工程ST11では、複数の電力レベルのうち未選択の一つの電力レベルに高周波電力LFの電力レベルが設定される。一方、工程ST13において停止条件が満たされていると判定される場合には、工程ST14に処理が移る。

[0055] 工程ST14では、工程ST11及び工程ST12を含むシーケンスの繰り返しにより得られた複数のデータセットを用いて、フォーカスリングF Rの直流電位と高周波電力LFの電力レベルとの関係を表すテーブル又は関数を作成される。方法MTFによって作成されたテーブル又は関数は、上述し

たように、指定値から高周波電力L Fの電力レベルを決定するために、制御部MCによって用いられる。

[0056] 以上、種々の例示的实施形態について説明してきたが、上述した例示的实施形態に限定されることなく、様々な省略、置換、及び変更がなされてもよい。また、異なる実施形態における要素を組み合わせることで他の実施形態を形成することが可能である。

[0057] 例えば、別の実施形態では、プラズマ処理装置は容量結合型のプラズマ処理装置とは異なる任意のタイプのプラズマ処理装置であってもよい。そのようなプラズマ処理装置としては、誘導結合型のプラズマ処理装置、マイクロ波といった表面波を用いてプラズマを生成するプラズマ処理装置が例示される。

[0058] 以上の説明から、本開示の種々の実施形態は、説明の目的で本明細書で説明されており、本開示の範囲及び主旨から逸脱することなく種々の変更をなし得ることが、理解されるであろう。したがって、本明細書に開示した種々の実施形態は限定することを意図しておらず、真の範囲と主旨は、添付の特許請求の範囲によって示される。

符号の説明

[0059] 1…プラズマ処理装置、10…チャンバ、16…支持台、18…下部電極、62…高周波電源、MC…制御部。

請求の範囲

[請求項1]

チャンバと、
下部電極を含み、前記チャンバ内に設けられた基板支持台と、
前記下部電極にバイアス高周波電力を供給するように構成された高周波電源と、
前記高周波電源を制御するように構成された制御部と、
を備え、
前記基板支持台上には、フォーカスリングが基板を囲むように搭載され、
前記制御部は、
前記バイアス高周波電力の電力レベルと前記下部電極への該バイアス高周波電力の供給により生じる前記フォーカスリングの直流電位との関係を規定するテーブル又は関数を用いて、前記フォーカスリングの直流電位の指定値に対応する前記バイアス高周波電力の電力レベルを特定し、
前記チャンバ内でのプラズマの生成中に、特定された前記電力レベルを有する前記バイアス高周波電力を前記下部電極に供給するように前記高周波電源を制御する、
プラズマ処理装置。

[請求項2]

前記フォーカスリングの直流電位を表す測定値を取得するよう構成された測定回路を更に備え、
前記制御部は、前記チャンバ内でのプラズマの生成中に、前記指定値と前記測定値から決定される前記フォーカスリングの直流電位との間の差を減少させるよう前記バイアス高周波電力の電力レベルを調整する、
請求項1に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3]

前記フォーカスリングに選択的に接続されるように構成された直流電源を更に備える、請求項1又は2に記載のプラズマ処理装置。

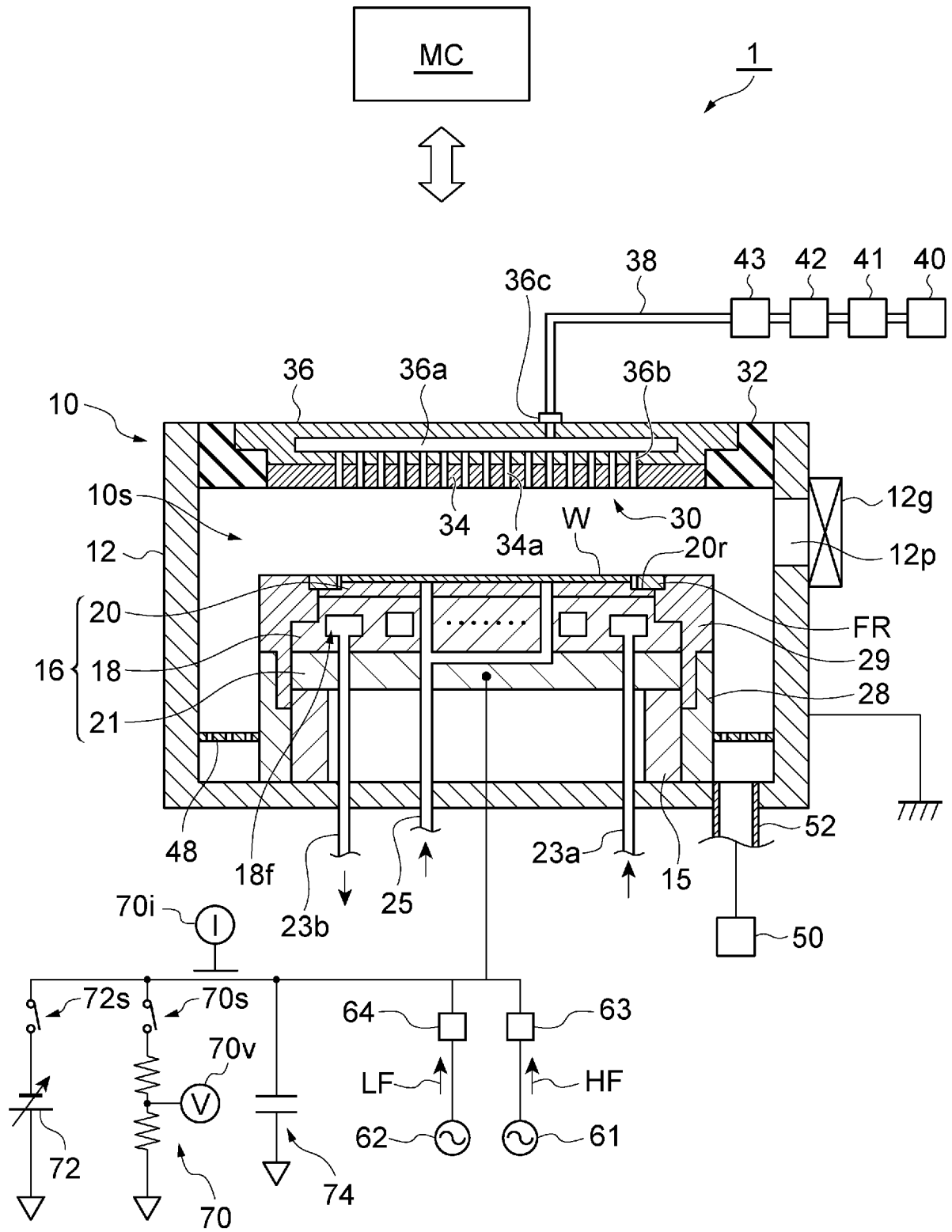
[請求項4] 前記プラズマ処理装置は、容量結合型のプラズマ処理装置である、請求項1～3の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] プラズマ処理装置の高周波電源を制御する方法であって、
バイアス高周波電力の電力レベルと基板支持台の下部電極への該バイアス高周波電力の供給により生じるフォーカスリングの直流電位との関係を規定するテーブル又は関数を用いて、前記フォーカスリングの直流電位の指定値に対応するバイアス高周波電力の電力レベルを特定する工程であり、前記基板支持台は前記プラズマ処理装置のチャンバ内に設けられており、前記フォーカスリングは該基板支持台上で基板を囲むように搭載される、該工程と、

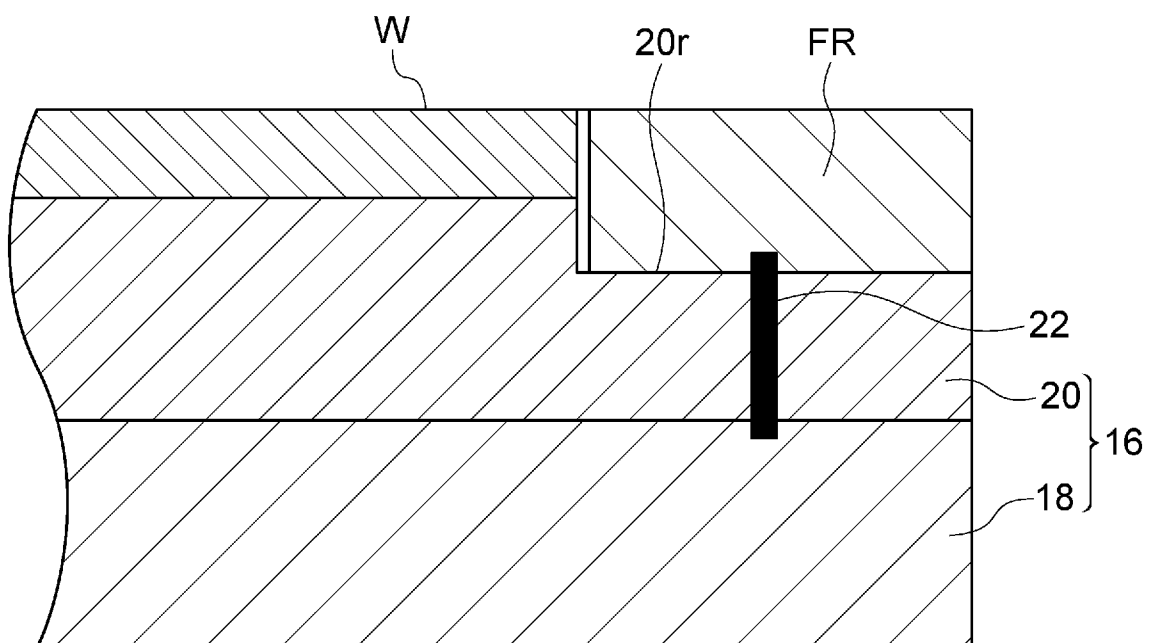
前記チャンバ内でのプラズマの生成中に、特定された前記電力レベルを有するバイアス高周波電力を前記下部電極に供給するように前記高周波電源を制御する工程と、
を含む方法。

[請求項6] 前記チャンバ内でのプラズマの生成中に、前記指定値と前記フォーカスリングの直流電位を表す測定値から決定される該フォーカスリングの該直流電位との間の差を減少させるよう、前記バイアス高周波電力の電力レベルを調整する工程を更に含む、請求項5に記載の方法。

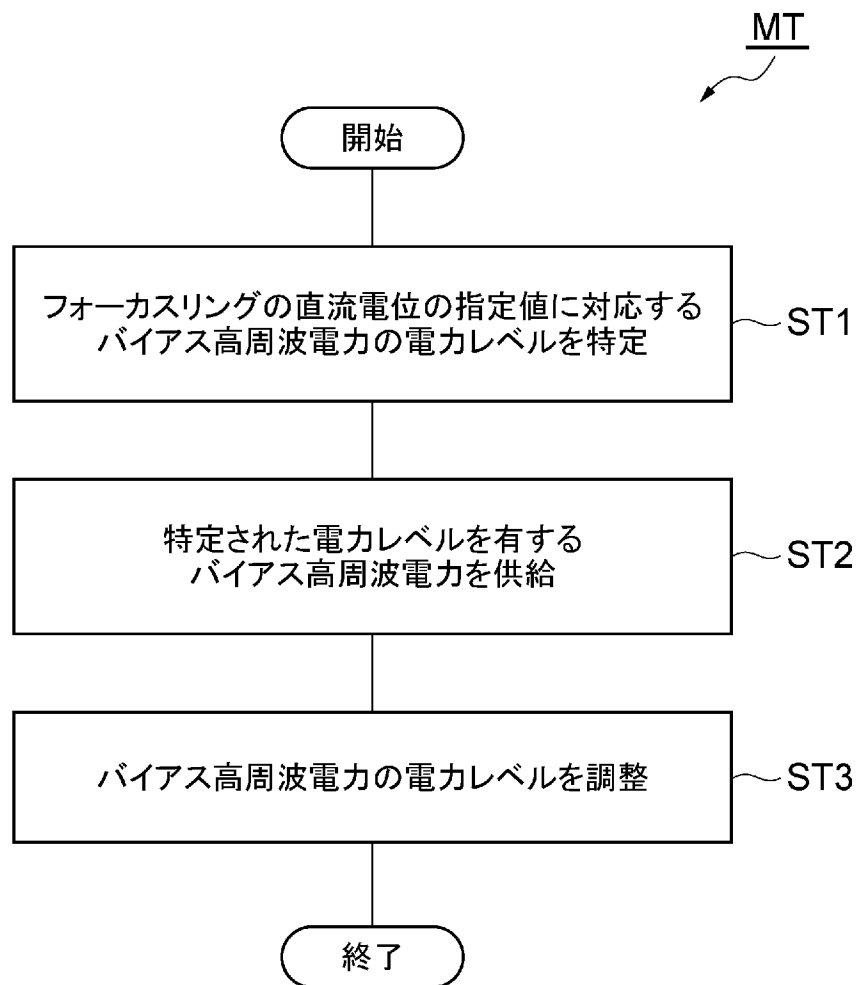
[図1]



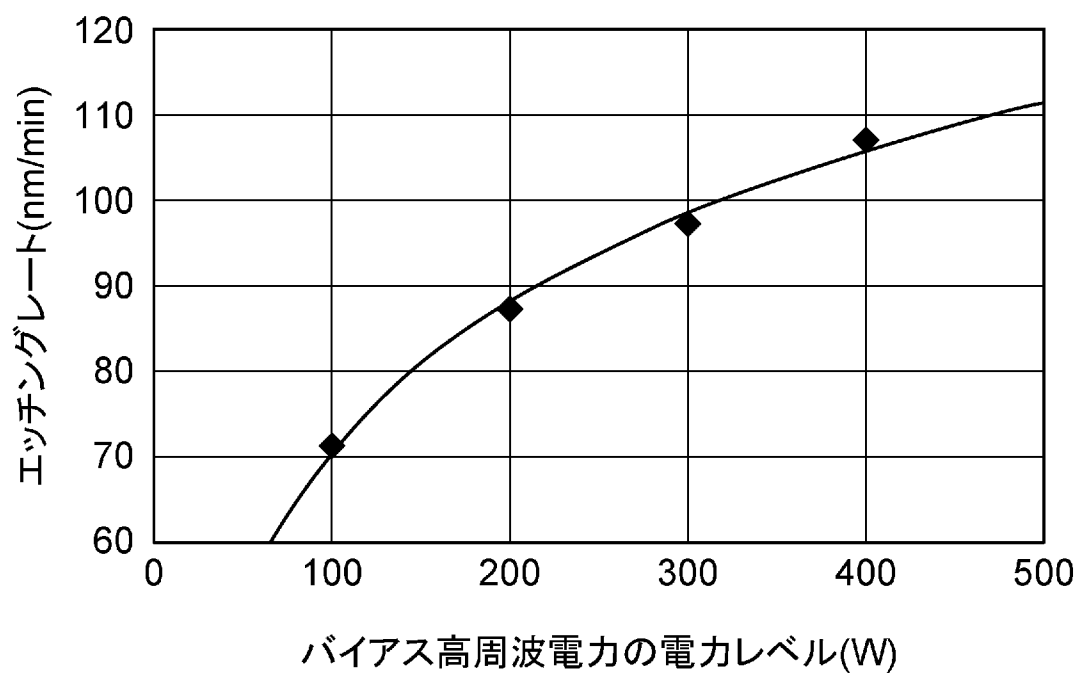
[図2]



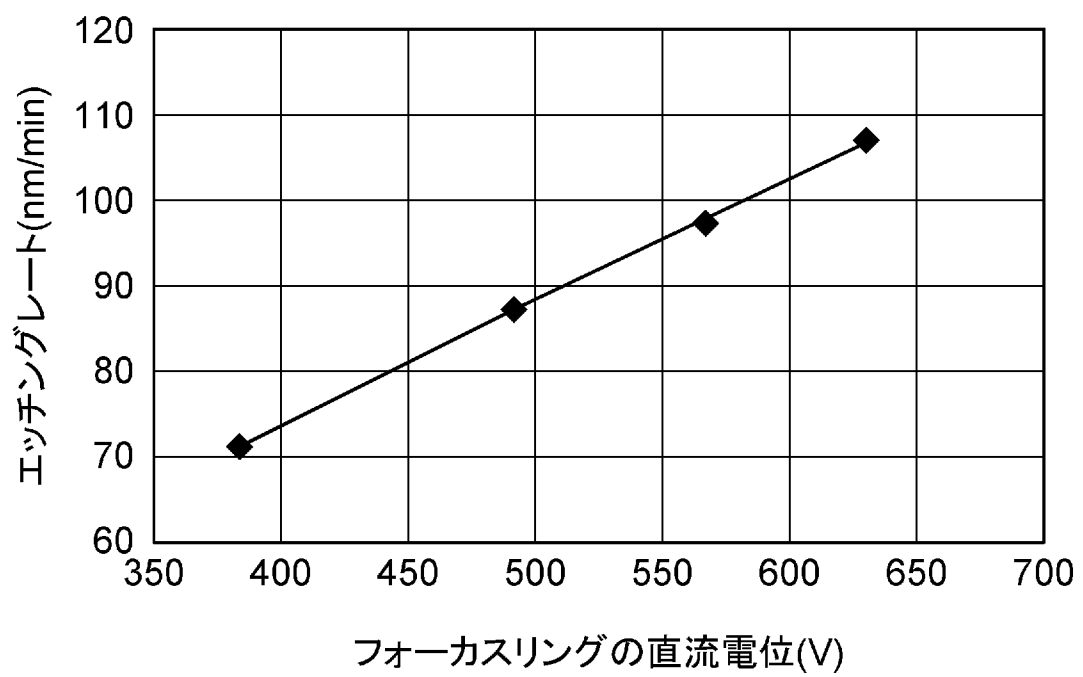
[図3]



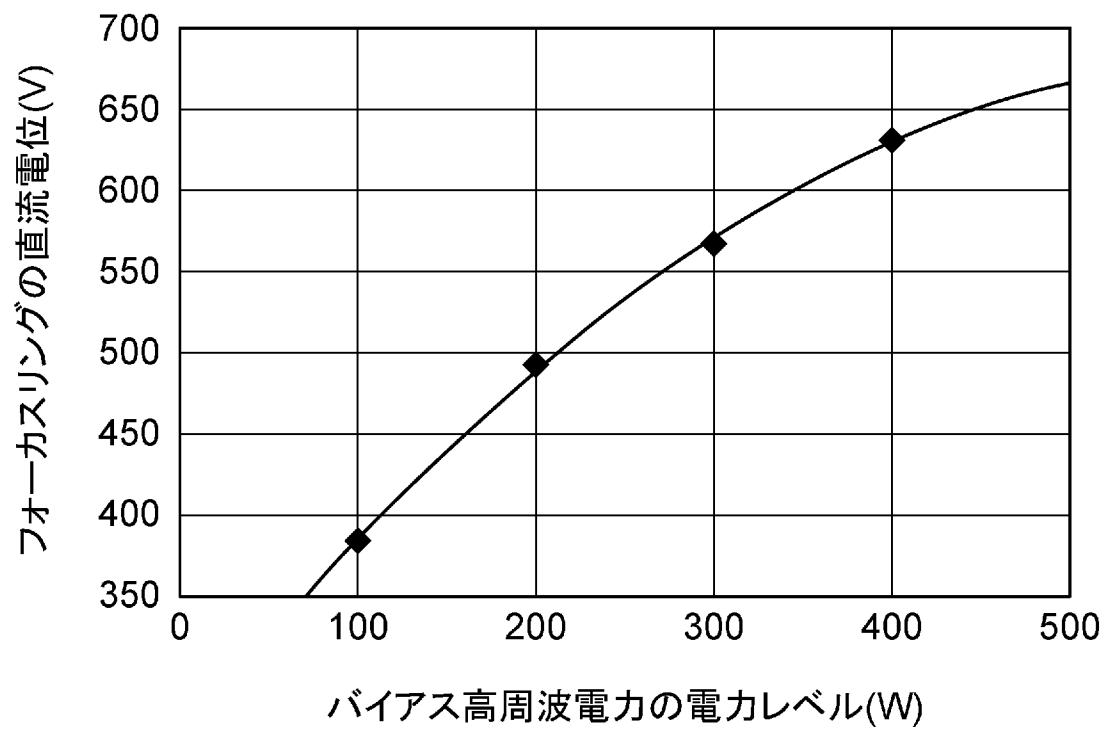
[図4]



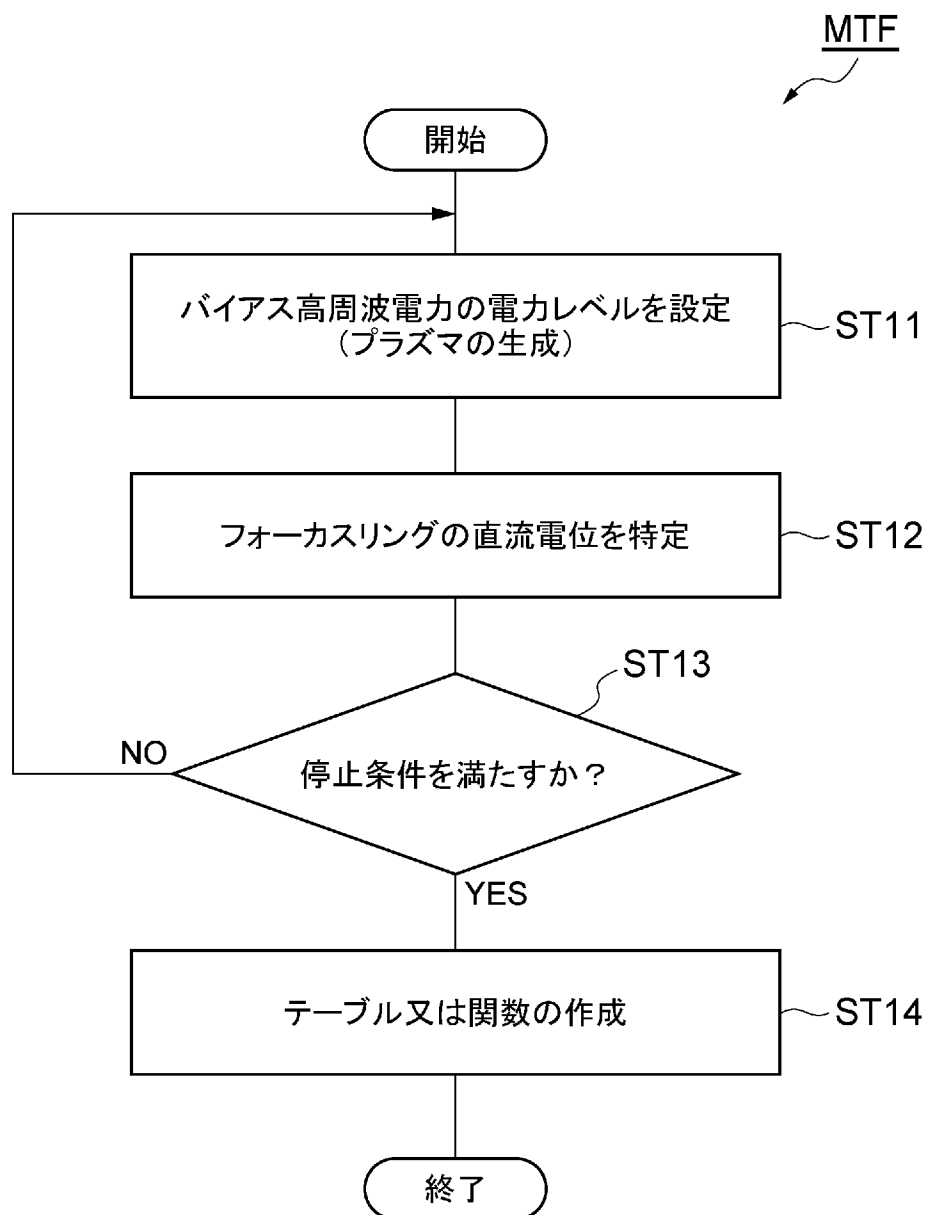
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/022024

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01L21/3065 (2006.01) i, H01L21/683 (2006.01) i, H05H1/46 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H01L21/3065, H01L21/683, H05H1/46

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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 2008-227063 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 25 September 2008 & US 2009/0026170 A1	1-6
A	JP 2017-228558 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 28 December 2017 & US 2017/0365445 A1 & KR 10-2017-0142925 A & TW 201810419 A	1-6
A	JP 2010-283028 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 16 December 2010 & US 2010/0304572 A1 & CN 101908460 A & KR 10-2010-0130155 A & TW 201130080 A	1-6



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
04.07.2019

Date of mailing of the international search report
16.07.2019

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/JP2019/022024

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 2007-258417 A (TOKYO ELECTRON LTD.) 04 October 2007 & US 2007/0224709 A1	1-6
A	JP 2010-524157 A (LAM RESEARCH CORPORATION) 15 July 2010 & US 2008/0241420 A1 & WO 2008/121655 A1 & CN 101653048 A & KR 10-2009-0129446 A & TW 200845091 A	1-6
A	JP 2010-186841 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.) 26 August 2010 & US 2010/0203736 A1 & KR 10-2010-0092348 A & TW 201030839 A	1-6

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, H01L21/683(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/3065, H01L21/683, 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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 2008-227063 A（東京エレクトロン株式会社）2008.09.25, & US 2009/0026170 A1	1-6
A	JP 2017-228558 A（東京エレクトロン株式会社）2017.12.28, & US 2017/0365445 A1 & KR 10-2017-0142925 A & TW 201810419 A	1-6
A	JP 2010-283028 A（東京エレクトロン株式会社）2010.12.16, & US 2010/0304572 A1 & CN 101908460 A & KR 10-2010-0130155 A & TW 201130080 A	1-6

☑ 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

04.07.2019

国際調査報告の発送日

16.07.2019

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）

宇多川 勉

50

3125

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 2007-258417 A (東京エレクトロン株式会社) 2007. 10. 04, & US 2007/0224709 A1	1 - 6
A	JP 2010-524157 A (ラム リサーチ コーポレーション) 2010. 07. 15, & US 2008/0241420 A1 & WO 2008/121655 A1 & CN 101653048 A & KR 10-2009-0129446 A & TW 200845091 A	1 - 6
A	JP 2010-186841 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2010. 08. 26, & US 2010/0203736 A1 & KR 10-2010-0092348 A & TW 201030839 A	1 - 6