

(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
2024年3月28日(28.03.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/062804 A1

(51) 国際特許分類:

H05H 1/46 (2006.01) H01L 21/205 (2006.01)
C23C 16/44 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/029469

(22) 国際出願日: 2023年8月14日(14.08.2023)

(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 2022-150094 2022年9月21日(21.09.2022) 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: 辻 本 宏 (TSUJIMOTO Hiroshi); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社社内 Miyagi (JP).

(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外(HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 M Y P L A Z A (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

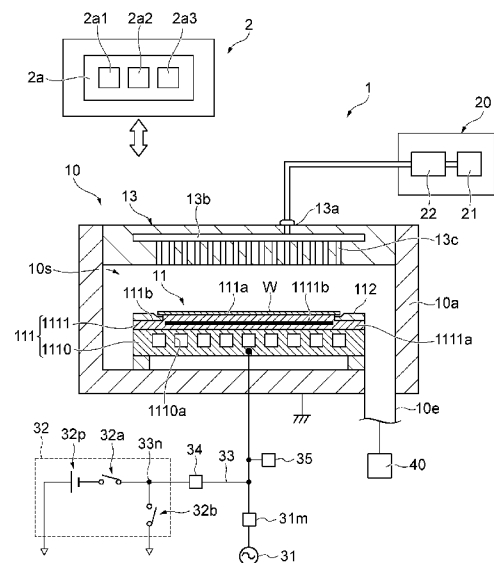
(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG,

(54) Title: PLASMA PROCESSING DEVICE AND PLASMA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

(57) Abstract: Disclosed is a plasma processing device comprising a chamber, a substrate support unit, a plasma generation unit, and a bias power supply. The substrate support unit is provided inside the chamber. The plasma generation unit is configured to generate a plasma from a gas inside the chamber. The bias power supply is configured to apply a sequence of voltage pulses as an electric bias to the substrate support unit. The bias power supply is configured to adjust the length of the ON-period of each of the plurality of voltage pulses, to thereby adjust the maximum voltage level of each of the plurality of voltage pulses.

(57) 要約: 開示されるプラズマ処理装置は、チャンバ、基板支持部、プラズマ生成部、及びバイアス電源を備える。基板支持部は、チャンバ内に設けられている。プラズマ生成部は、チャンバ内でガスからプラズマを生成するように構成されている。バイアス電源は、電気バイアスとして複数の電圧パルスのシーケンスを基板支持部に印加するように構成されている。バイアス電源は、複数の電圧パルスの各々のON期間の長さを調整することにより、複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルを調整するように構成されている。



ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

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方法に関するものである。

背景技術

[0002] プラズマ処理装置が、基板に対するプラズマ処理において用いられている。プラズマ処理装置は、チャンバ及び基板支持部を含む。基板支持部は、チャンバ内に設けられている。下記の特許文献1に記載されたプラズマ処理装置は、チャンバ内で生成されたプラズマからイオンを基板に引き込むために、DC負パルス電圧を基板支持部に印加する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2009-187975号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本開示は、プラズマ処理装置の基板支持部に電気バイアスとして印加される複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルを調整する技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005] 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、基板支持部、プラズマ生成部、及びバイアス電源を備える。基板支持部は、チャンバ内に設けられている。プラズマ生成部は、チャンバ内でガスからプラズマを生成するように構成されている。バイアス電源は、電気バイアスとして複数の電圧パルスのシーケンスを基板支持部に印加するように構成されている。バイアス電源は、複数の電圧パルスの各々のON期間の長さを調整することにより、複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルを調整するように構成されている。

発明の効果

[0006] 一つの例示的实施形態によれば、プラズマ処理装置の基板支持部に電気バイアスとして印加される複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルを調整することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。

[図2]容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[図3]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置で用いられる一例の電気バイアスのタイミングチャートである。

[図4]一例の電圧パルスの電圧レベルとON期間の長さの関係を示す図である。

[図5]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置で用いられる一例の電気バイアスのタイミングチャートである。

[図6]容量結合型のプラズマ処理装置の別の構成例を説明するための図である。

[図7]一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理方法の流れ図である。

発明を実施するための形態

[0008] 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。

[0009] 図1は、プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。一実施形態において、プラズマ処理システムは、プラズマ処理装置1及び制御部2を含む。プラズマ処理システムは、基板処理システムの一例であり、プラズマ処理装置1は、基板処理装置の一例である。プラズマ処理装置1は、プラズマ処理チャンバ10、基板支持部11及びプラズマ生成部12を含む。プラズマ処理チャンバ10は、プラズマ処理空間を有する。また、プラズマ処理チャンバ10は、少なくとも1つの処理ガスをプラズマ処理空間に供給するための少なくとも1つのガス供給口と、プラズマ処理空間からガスを排

出するための少なくとも1つのガス排出口とを有する。ガス供給口は、後述するガス供給部20に接続され、ガス排出口は、後述する排気システム40に接続される。基板支持部11は、プラズマ処理空間内に配置され、基板を支持するための基板支持面を有する。

[0010] プラズマ生成部12は、プラズマ処理空間内に供給された少なくとも1つの処理ガスからプラズマを生成するように構成される。プラズマ処理空間において形成されるプラズマは、容量結合プラズマ（CCP：Capacitively Coupled Plasma）、誘導結合プラズマ（ICP：Inductively Coupled Plasma）、ECRプラズマ（Electron-Cyclotron-Resonance Plasma）、ヘリコン波励起プラズマ（HWP：Helicon Wave Plasma）、又は、表面波プラズマ（SWP：Surface Wave Plasma）等であってもよい。また、AC（Alternating Current）プラズマ生成部及びDC（Direct Current）プラズマ生成部を含む、種々のタイプのプラズマ生成部が用いられてもよい。一実施形態において、ACプラズマ生成部で用いられるAC信号（AC電力）は、100kHz～10GHzの範囲内の周波数を有する。従って、AC信号は、RF（Radio Frequency）信号及びマイクロ波信号を含む。一実施形態において、RF信号は、100kHz～150MHzの範囲内の周波数を有する。

[0011] 制御部2は、本開示において述べられる種々の工程をプラズマ処理装置1に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部2は、ここで述べられる種々の工程を実行するようにプラズマ処理装置1の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部2の一部又は全てがプラズマ処理装置1に含まれてもよい。制御部2は、処理部2a1、記憶部2a2及び通信インターフェース2a3を含んでもよい。制御部2は、例えばコンピュータ2aにより実現される。処理部2a1は、記憶部2a2からプログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行することにより種々

の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部 2 a 2 に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部 2 a 2 に格納され、処理部 2 a 1 によって記憶部 2 a 2 から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ 2 a に読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェース 2 a 3 に接続されている通信回線であってもよい。処理部 2 a 1 は、CPU (Central Processing Unit) であってもよい。記憶部 2 a 2 は、RAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、HDD (Hard Disk Drive)、SSD (Solid State Drive)、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェース 2 a 3 は、LAN (Local Area Network) 等の通信回線を介してプラズマ処理装置 1 との間で通信してもよい。

[0012] 以下に、プラズマ処理装置 1 の一例としての容量結合型のプラズマ処理装置の構成例について説明する。図 2 は、容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[0013] 容量結合型のプラズマ処理装置 1 は、プラズマ処理チャンバ 1 0、ガス供給部 2 0、及び排気システム 4 0 を含む。また、プラズマ処理装置 1 は、基板支持部 1 1 及びガス導入部を含む。ガス導入部は、少なくとも 1 つの処理ガスをプラズマ処理チャンバ 1 0 内に導入するように構成される。ガス導入部は、シャワーヘッド 1 3 を含む。基板支持部 1 1 は、プラズマ処理チャンバ 1 0 内に配置される。シャワーヘッド 1 3 は、基板支持部 1 1 の上方に配置される。一実施形態において、シャワーヘッド 1 3 は、プラズマ処理チャンバ 1 0 の天部 (ceiling) の少なくとも一部を構成する。プラズマ処理チャンバ 1 0 は、シャワーヘッド 1 3、プラズマ処理チャンバ 1 0 の側壁 1 0 a 及び基板支持部 1 1 により規定されたプラズマ処理空間 1 0 s を有する。プラズマ処理チャンバ 1 0 は接地される。シャワーヘッド 1 3 及び基板支持部 1 1 は、プラズマ処理チャンバ 1 0 の筐体とは電氣的に絶縁される

。

[0014] 基板支持部 11 は、本体部 111 及びリングアセンブリ 112 を含む。本体部 111 は、基板 W を支持するための中央領域 111a と、リングアセンブリ 112 を支持するための環状領域 111b とを有する。ウェハは基板 W の一例である。本体部 111 の環状領域 111b は、平面視で本体部 111 の中央領域 111a を囲んでいる。基板 W は、本体部 111 の中央領域 111a 上に配置され、リングアセンブリ 112 は、本体部 111 の中央領域 111a 上の基板 W を囲むように本体部 111 の環状領域 111b 上に配置される。従って、中央領域 111a は、基板 W を支持するための基板支持面とも呼ばれ、環状領域 111b は、リングアセンブリ 112 を支持するためのリング支持面とも呼ばれる。

[0015] 一実施形態において、本体部 111 は、基台 1110 及び静電チャック 1111 を含む。基台 1110 は、導電性部材を含む。基台 1110 の導電性部材は下部電極として機能し得る。静電チャック 1111 は、基台 1110 の上に配置される。静電チャック 1111 は、セラミック部材 1111a とセラミック部材 1111a 内に配置される静電電極 1111b とを含む。セラミック部材 1111a は、中央領域 111a を有する。一実施形態において、セラミック部材 1111a は、環状領域 111b も有する。なお、環状静電チャックや環状絶縁部材のような、静電チャック 1111 を囲む他の部材が環状領域 111b を有してもよい。この場合、リングアセンブリ 112 は、環状静電チャック又は環状絶縁部材の上に配置されてもよく、静電チャック 1111 と環状絶縁部材の両方の上に配置されてもよい。また、後述する高周波電源 31 及び／又はバイアス電源 32 に結合される少なくとも 1 つの電極がセラミック部材 1111a 内に配置されてもよい。この場合、少なくとも 1 つの電極が下部電極として機能する。後述する電気バイアスが少なくとも 1 つの電極に供給される場合、当該少なくとも一つの電極はバイアス電極とも呼ばれる。なお、基台 1110 の導電性部材と少なくとも電極とが複数の下部電極として機能してもよい。また、静電電極 1111b が下部電

極として機能してもよい。従って、基板支持部 11 は、少なくとも 1 つの下部電極を含む。

[0016] リングアセンブリ 112 は、1 又は複数の環状部材を含む。一実施形態において、1 又は複数の環状部材は、1 又は複数のエッジリングと少なくとも 1 つのカバーリングとを含む。エッジリングは、導電性材料又は絶縁材料で形成され、カバーリングは、絶縁材料で形成される。

[0017] また、基板支持部 11 は、静電チャック 1111、リングアセンブリ 112 及び基板のうち少なくとも 1 つをターゲット温度に調節するように構成される温調モジュールを含んでもよい。温調モジュールは、ヒータ、伝熱媒体、流路 1110a、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路 1110a には、ブラインやガスのような伝熱流体が流れる。一実施形態において、流路 1110a が基台 1110 内に形成され、1 又は複数のヒータが静電チャック 1111 のセラミック部材 1111a 内に配置される。また、基板支持部 11 は、基板 W の裏面と中央領域 111a との間の間隙に伝熱ガスを供給するように構成された伝熱ガス供給部を含んでもよい。

[0018] シャワーヘッド 13 は、ガス供給部 20 からの少なくとも 1 つの処理ガスをプラズマ処理空間 10s 内に導入するように構成される。シャワーヘッド 13 は、少なくとも 1 つのガス供給口 13a、少なくとも 1 つのガス拡散室 13b、及び複数のガス導入口 13c を有する。ガス供給口 13a に供給された処理ガスは、ガス拡散室 13b を通過して複数のガス導入口 13c からプラズマ処理空間 10s 内に導入される。また、シャワーヘッド 13 は、少なくとも 1 つの上部電極を含む。なお、ガス導入部は、シャワーヘッド 13 に加えて、側壁 10a に形成された 1 又は複数の開口部に取り付けられる 1 又は複数のサイドガス注入部 (SGI: Side Gas Injector) を含んでもよい。

[0019] ガス供給部 20 は、少なくとも 1 つのガスソース 21 及び少なくとも 1 つの流量制御器 22 を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部 20 は、少なくとも 1 つの処理ガスを、それぞれに対応のガスソース 21 からそれ

それぞれに対応の流量制御器 22 を介してシャワーヘッド 13 に供給するように構成される。各流量制御器 22 は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器を含んでもよい。さらに、ガス供給部 20 は、少なくとも 1 つの処理ガスの流量を変調又はパルス化する少なくとも 1 つの流量変調デバイスを含んでもよい。

[0020] 排気システム 40 は、例えばプラズマ処理チャンバ 10 の底部に設けられたガス排出口 10e に接続され得る。排気システム 40 は、圧力調整弁及び真空ポンプを含んでもよい。圧力調整弁によって、プラズマ処理空間 10s 内の圧力が調整される。真空ポンプは、ターボ分子ポンプ、ドライポンプ又はこれらの組み合わせを含んでもよい。

[0021] 一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、プラズマ生成部 12 として高周波電源 31 を更に備えていてもよい。高周波電源 31 は、チャンバ 10 内でガスからプラズマを生成するためにソース高周波電力を発生するように構成されている。ソース高周波電力は、10MHz～150MHz の範囲内の周波数を有する。高周波電源 31 は、整合器 31m を介して下部電極又は上部電極に電氣的に接続されている。整合器 31m は、高周波電源 31 の負荷のインピーダンスを高周波電源 31 の出力インピーダンスに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 31 は、ソース高周波電力の連続波を供給してもよい。或いは、高周波電源 31 は、ソース高周波電力のパルスを周期的に供給してもよい。ソース高周波電力のパルスは、後述する電気バイアスのパルスに同期されていてもよい。

[0022] 一実施形態において、プラズマ処理装置 1 は、バイアス電源 32 を更に備えている。バイアス電源 32 は、電気バイアスを基板支持部 11 に供給するように構成されている。電気バイアスは、下部電極に供給され得る。電気バイアスは、連続的に基板支持部 11 に供給されてもよい。或いは、電気バイアスのパルスが、基板支持部 11 に供給されてもよい。電気バイアスのパルスは、ソース高周波電力のパルスと同じ繰り返し周期で、ソース高周波電力のパルスと同期するように、供給されてもよい。

[0023] 一実施形態においては、フィルタ 3 4 が、バイアス電源 3 2 と基板支持部 1 1 との間で接続されていてもよい。フィルタ 3 4 は、バイアス電源 3 2 に流入し得るソース高周波電力を減衰させるか遮断する電気フィルタである。

[0024] 以下、図 2 と共に図 3 を参照する。図 3 は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置で用いられる一例の電気バイアスのタイミングチャートである。図 3 に示すように、電気バイアス及びそのパルスは、複数の電圧パルス V_P のシーケンスである。複数の電圧パルス V_P の各々は、負の電圧又は負の直流電圧のパルスであってもよい。

[0025] 電気バイアス及びそのパルス、即ち複数の電圧パルス V_P のシーケンスは、波形周期 C_Y を有する。波形周期 C_Y は、ON 期間 P_{ON} と OFF 期間 P_{OFF} を含む。バイアス電源 3 2 は、ON 期間 P_{ON} において電圧を出力し、OFF 期間 P_{OFF} において電圧の出力を停止する。これにより、波形周期 C_Y の中で、一つの電圧パルス V_P が出力される。かかる波形周期 C_Y が繰り返されることにより、複数の電圧パルス V_P のシーケンスが出力される。なお、波形周期 C_Y の時間長の逆数であるバイアス周波数は、100 kHz ~ 13.5 MHz の範囲内の周波数であり、例えば 400 kHz である。

[0026] 図 2 に示すように、一実施形態において、バイアス電源 3 2 は、直流電源 3 2 p、第 1 のスイッチ 3 2 a、及び第 2 のスイッチ 3 2 b を含んでもよい。直流電源 3 2 p は、可変直流電源であってもよい。直流電源 3 2 p の正極は、グラウンドに接続されている。直流電源 3 2 p の負極は、第 1 のスイッチ 3 2 a を介して基板支持部 1 1（例えば下部電極）に電氣的に接続されている。第 2 のスイッチ 3 2 b は、直流電源 3 2 p と基板支持部 1 1 とを互いに電氣的に接続する電氣的パス 3 3 上のノード 3 3 n とグラウンドの間で接続されている。ノード 3 3 n は、電氣的パス 3 3 で第 1 のスイッチ 3 2 a と基板支持部 1 1 との間に設けられている。第 1 のスイッチ 3 2 a は、ON 期間 P_{ON} において閉じられ、OFF 期間 P_{OFF} において開かれる。第 2 のスイッチ 3 2 b は、ON 期間 P_{ON} において開かれ、OFF 期間 P_{OFF} において閉じられる。

- [0027] バイアス電源32は、複数の電圧パルスVPの各々のON期間PONの長さを調整することにより、図3に示すように、複数の電圧パルスVPの各々の最大電圧レベルを調整するように構成されている。なお、電圧パルスVPが負電圧又は負の直流電圧のパルスである場合に、最大電圧レベルは、電圧パルスにおいてその絶対値が最大の電圧レベルである。
- [0028] ここで、図4を参照する。図4は、一例の電圧パルスの電圧レベルとON期間の長さの関係を示す図である。図4に示すように、電圧パルスVPの電圧レベルは、ON期間PONの開始時点から、その最大電圧レベルに向かって変化する。図4に示すように、電圧パルスVPの最大電圧レベルは、バイアス電源32が出力可能な電圧の最大の絶対値に対応するレベルに到達しない範囲においては、ON期間PONの長さに依存する。したがって、ON期間PONの長さを調整することにより、複数の電圧パルスVPの各々の最大電圧レベルを調整することが可能となる。
- [0029] 一実施形態において、制御部2は、関係式を用いて基板支持部11に印加すべき複数の電圧パルスVPの各々の最大電圧レベルからON期間PONの長さを決定するように構成されている。この関係式は、電圧パルスVPの最大電圧レベルをON期間PONの長さに関連付ける関数であり、予め準備されていてもよい。この関係式は、基板Wに対するプラズマ処理の際に特定されてもよい。
- [0030] ここで、図5を参照する。図5は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理装置で用いられる一例の電気バイアスのタイミングチャートである。別の実施形態において、制御部2は、期間CPにおいて少なくとも一つの電圧パルスVPの電圧レベルの時間変化を取得する。期間CPは、その後の期間APにおいて処理される基板Wが基板支持部11上に載置されており、且つ、期間APで利用されるプラズマが生成されている期間であり得る。少なくとも一つの電圧パルスVPの電圧レベルの時間変化は、少なくとも一つの電圧パルスVPの印加開始からの時間変化である。少なくとも一つの電圧パルスVPは、バイアス電源32が出力可能な最大の電圧レベルを有する。

- [0031] 少なくとも一つの電圧パルス V_P の電圧レベルの時間変化は、電圧センサ35（図2参照）によって測定されてもよい。電圧センサ35は、電氣的パス33又は下部電極の電圧を測定する。或いは、少なくとも一つの電圧パルス V_P の電圧レベルの時間変化は、図6に示す電圧センサ36によって測定されてもよい。電圧センサ36は、基板 W の直下に配置されており、基板 W の電位を測定するように構成されている。
- [0032] 制御部2は、少なくとも一つの電圧パルス V_P の電圧レベルの時間変化から、ON期間 P_{ON} の長さと電圧パルス V_P の最大電圧レベルとの間の関係式を特定する。なお、関係式は、制御部2とは別の制御部において特定されてもよい。
- [0033] バイアス電源32は、複数の電圧パルス V_P の各々のON期間 P_{ON} の長さを、制御部2によって決定されたON期間 P_{ON} の長さに設定する。関係式が期間 C_P において特定される場合には、バイアス電源32は、期間 C_P の後の期間 A_P において、複数の電圧パルス V_P の各々のON期間 P_{ON} の長さを、制御部2によって決定されたON期間 P_{ON} の長さに設定する。一実施形態では、バイアス電源32は、第1のスイッチ32aを閉じている期間の長さを、制御部2によって決定されたON期間 P_{ON} の長さに設定する。上述したように、第1のスイッチ32aを閉じている期間において、第2のスイッチ23bは開かれる。なお、複数の電圧パルス V_P の各々のON期間 P_{ON} の長さは、制御部2とは別の制御部において決定されて、バイアス電源32に指定されてもよい。
- [0034] 以下、図7を参照する。図7は、一つの例示的实施形態に係るプラズマ処理方法の流れ図である。図7に示すプラズマ処理方法（以下、「方法MT」という）の各工程において、プラズマ処理装置1の各部は、制御部2によって制御され得る。方法MTは、工程STa及び工程STbを含む。方法MTでは、工程STaに先だって、基板 W が基板支持部11上に載置される。
- [0035] 工程STaでは、チャンバ10内でプラズマが生成される。一実施形態では、プラズマの生成のために、ガスが、ガス供給部20からのチャンバ10

内に供給される。また、チャンバ10内の圧力が、指定された圧力に、排気システム40によって調整される。また、高周波電力が、高周波電源31から供給される。工程STaは、工程STbが終了するまで継続する。

[0036] 一実施形態においては、方法MTは、工程STc及び工程STdを更に含んでいてもよい、工程STcは、期間CPにおいて行われる。この場合には、工程STbは、期間CPの後の期間APにおいて行われる。工程STcにおいては、上述したように、バイアス電源32から、少なくとも一つの電圧パルスVPが基板支持部11に印加される。工程STdでは、上述の関係式が、少なくとも一つの電圧パルスVPの電圧レベルの時間変化から特定される。関係式は、制御部2又は別の制御部において決定され得る。

[0037] 工程STbでは、基板支持部11上の基板Wにプラズマからのイオンを引き込むために、バイアス電源32から、複数の電圧パルスPVのシーケンスが基板支持部11に印加される。工程STbは、工程STb1及び工程STb2を含む。工程STb1では、上述の関係式に基づいて、基板支持部11に印加すべき電圧パルスVPの最大電圧レベルから、電圧パルスVPのON期間PONの長さが決定される。ON期間PONの長さは、制御部2又は別の制御部によって決定され得る。工程STb2では、電圧パルスVPのON期間PONの長さが、工程STb1で決定されたON期間PONの長さに設定される。ON期間PONの長さが設定された電圧パルスPVは、基板支持部11に印加される。

[0038] 工程STb2の後の工程STJ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、レシピデータにより指定された期間が終了するときに満たされ得る。工程STJにおいて停止条件が満たされていないと判定された場合には、工程STb1及び工程STb2が繰り返される。工程STb1及び工程STb2の繰り返しにより、複数の電圧パルスPVのシーケンスが基板支持部11に印加される。工程STJにおいて停止条件が満たされると判定された場合には、方法MTは終了する。

[0039] 以上、種々の例示的实施形態について説明してきたが、上述した例示的実

施形態に限定されることなく、様々な追加、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。

[0040] 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

[0041] 1…プラズマ処理装置、10…チャンバ、11…基板支持部、12…プラズマ生成部、32…バイアス電源。

請求の範囲

[請求項1]

チャンバと、
前記チャンバ内に設けられた基板支持部と、
前記チャンバ内でガスからプラズマを生成するように構成されたプラズマ生成部と、
電気バイアスとして複数の電圧パルスのシーケンスを前記基板支持部に印加するように構成されたバイアス電源と、
を備え、
前記バイアス電源は、前記複数の電圧パルスの各々のON期間の長さを調整することにより、前記複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルを調整するように構成されている、
プラズマ処理装置。

[請求項2]

前記ON期間の長さと前記最大電圧レベルとの間の予め準備された関係式を用いて、前記基板支持部に印加すべき前記複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルに対応する前記ON期間の長さを決定するように構成された制御部を更に備え、
前記バイアス電源は、前記複数の電圧パルスの各々の前記ON期間の長さを、前記制御部によって決定された前記ON期間の長さに設定するように構成されている、
請求項1に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3]

制御部を更に備え、
前記制御部は、
前記バイアス電源から前記基板支持部への少なくとも一つの電圧パルスの印加開始からの電圧レベルの時間変化から、前記ON期間の長さと前記最大電圧レベルとの間の関係式を特定し、
前記関係式を用いて、前記基板支持部に印加すべき前記複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルに対応する前記ON期間の長さを決定する、

ように構成されており、

前記バイアス電源は、前記複数の電圧パルスの各々の前記ON期間の長さを、前記制御部によって決定された前記ON期間の長さに設定するように構成されている、

請求項1に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4] 前記バイアス電源と前記基板支持部とを互いに電氣的に接続する電氣的パスの電圧を測定するように構成された電圧センサを更に備え、
前記電圧レベルの前記時間変化は、前記電圧センサによって取得される、

請求項3に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記基板支持部上に載置された基板の電位を測定するように構成された電圧センサを更に備え、

前記電圧レベルの前記時間変化は、前記電圧センサによって取得される、

請求項3に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記バイアス電源は、

直流電源と、

前記直流電源と前記基板支持部との間で接続された第1のスイッチと、

前記直流電源と前記基板支持部とを互いに電氣的に接続する電氣的パス上のノードとグラウンドとの間で接続された第2のスイッチと、
を含み、

前記バイアス電源は、前記複数の電圧パルスの各々の前記ON期間の長さを前記第1のスイッチが閉じられている期間の長さを調整することにより、調整する、

請求項1～5の何れか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記バイアス電源は、前記第1のスイッチが開かれているときに、前記第2のスイッチを閉じるように構成されている、請求項6に記載

のプラズマ処理装置。

[請求項8] (a) プラズマ処理装置のチャンバ内でガスからプラズマを生成する工程と、

(b) 前記チャンバ内の基板支持部に前記プラズマからのイオンを引き込むために、バイアス電源から、電気バイアスとして複数の電圧パルスのシーケンスを前記基板支持部に印加する工程と、

を含み、

前記(b)において、前記複数の電圧パルスの各々のON期間の長さを調整することにより、前記複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルが調整される、

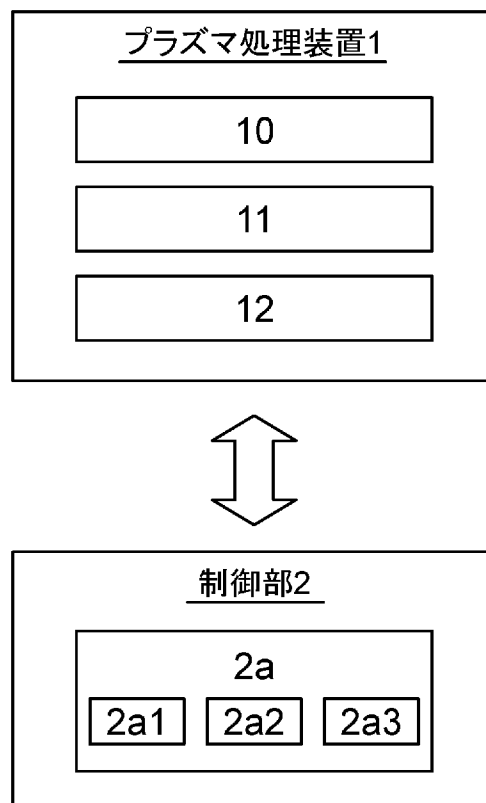
プラズマ処理方法。

[請求項9] 前記(b)において、前記基板支持部に印加すべき前記複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルに対応する前記複数の電圧パルスの各々の前記ON期間の長さが、前記ON期間の長さとは前記最大電圧レベルとの間の予め準備された関係式を用いて決定される、請求項8に記載のプラズマ処理方法。

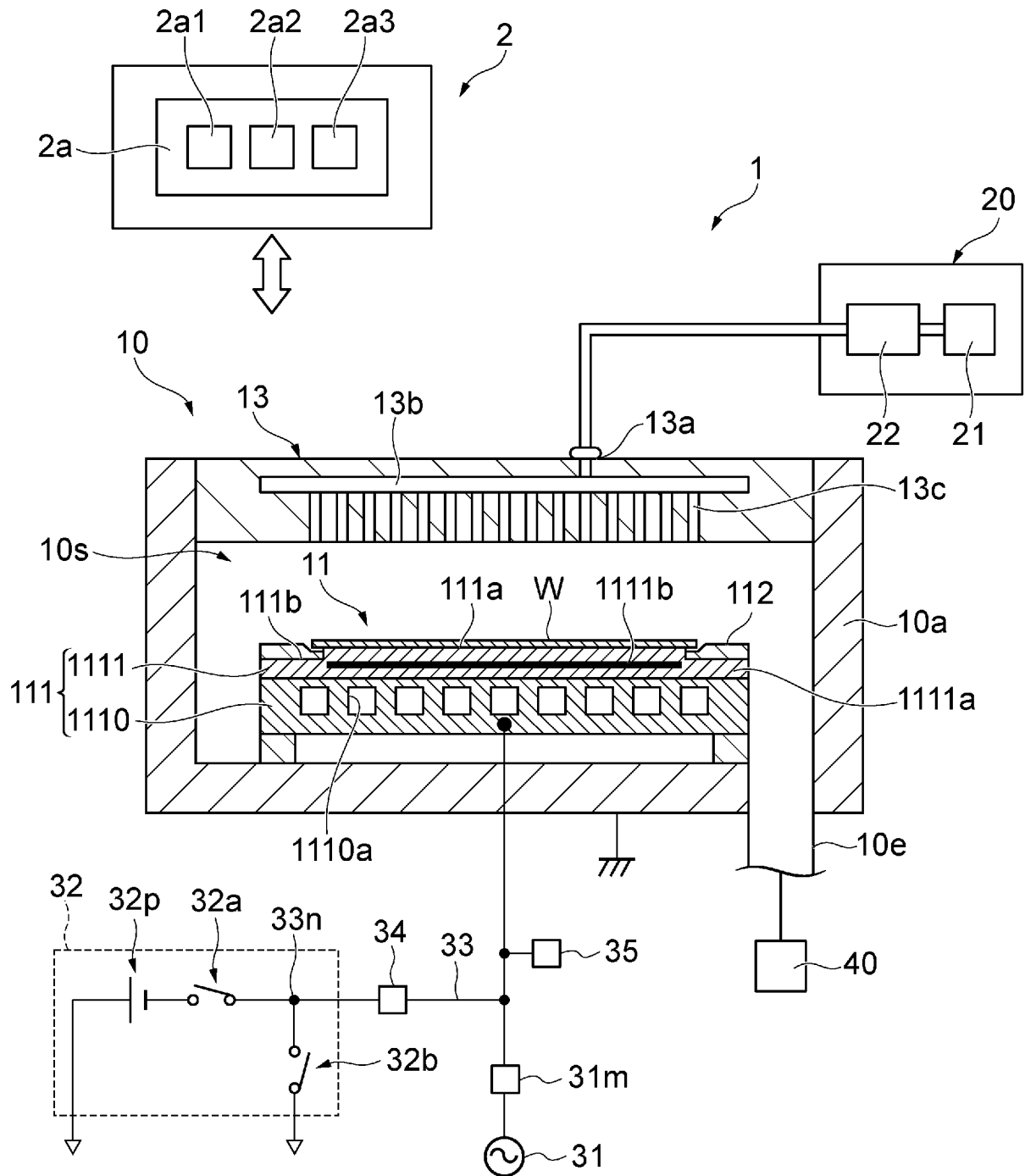
[請求項10] 前記バイアス電源から前記基板支持部への少なくとも一つの電圧パルスの印加開始からの該少なくとも一つの電圧パルスの電圧レベルの時間変化から、前記ON期間の長さとは前記最大電圧レベルとの間の関係式を特定する工程を更に含み、

前記(b)において、前記基板支持部に印加すべき前記複数の電圧パルスの各々の最大電圧レベルに対応する前記複数の電圧パルスの各々の前記ON期間の長さが、前記関係式を用いて決定される、請求項8に記載のプラズマ処理方法。

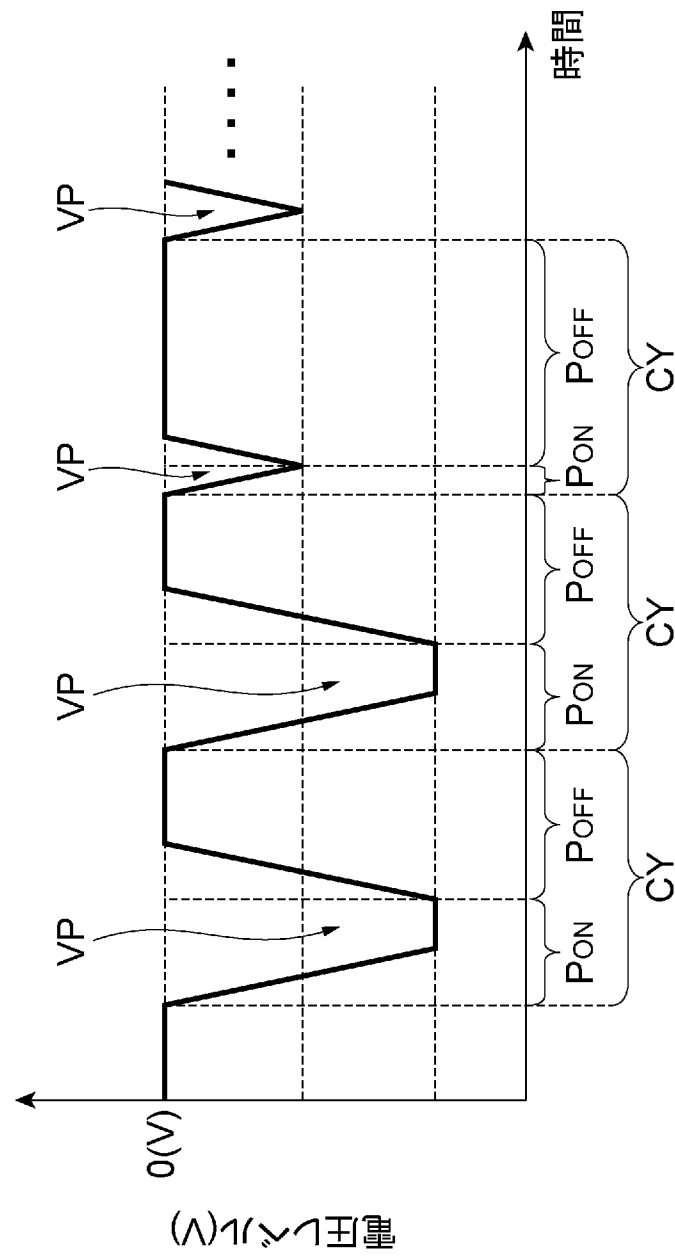
[図1]



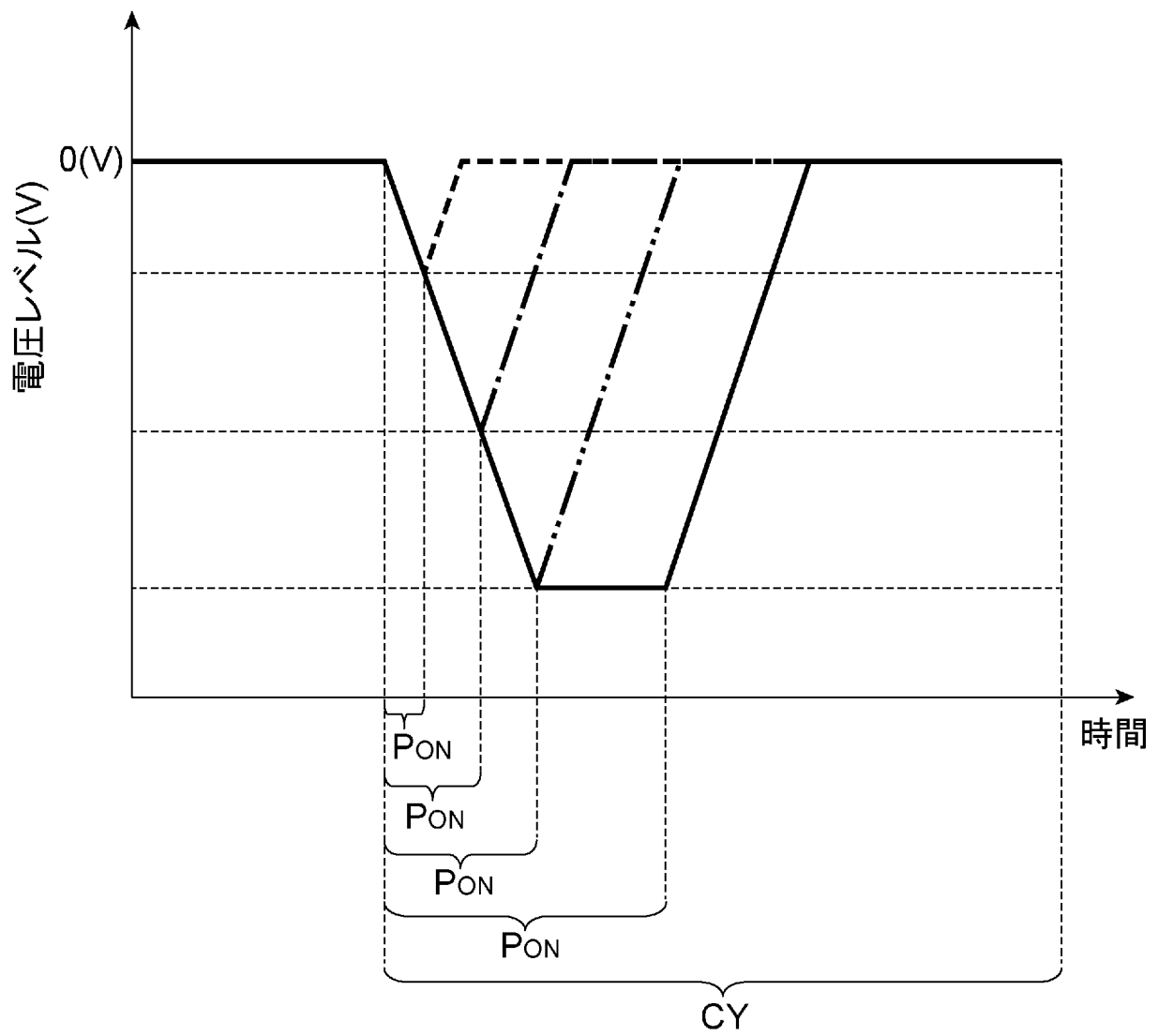
[図2]



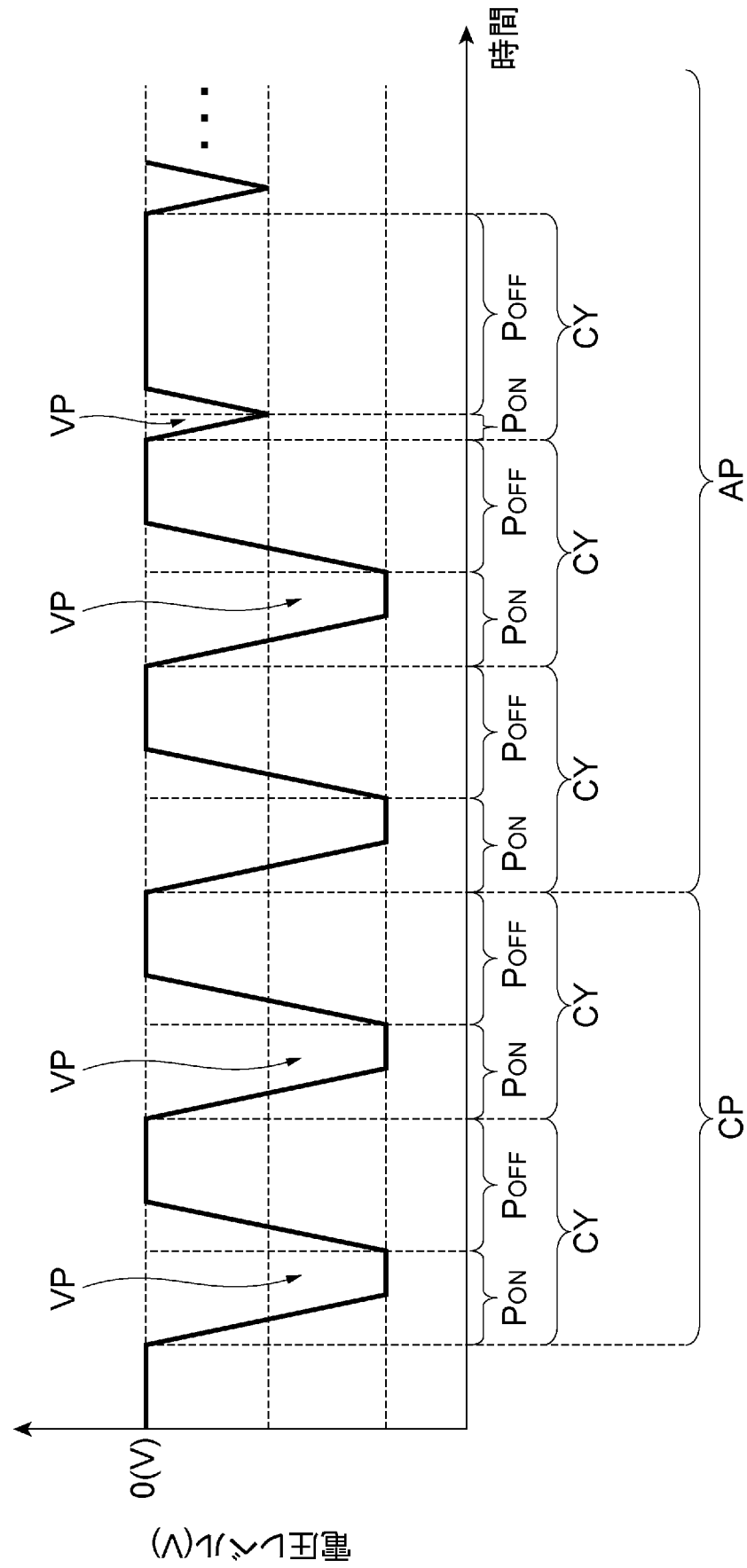
[図3]



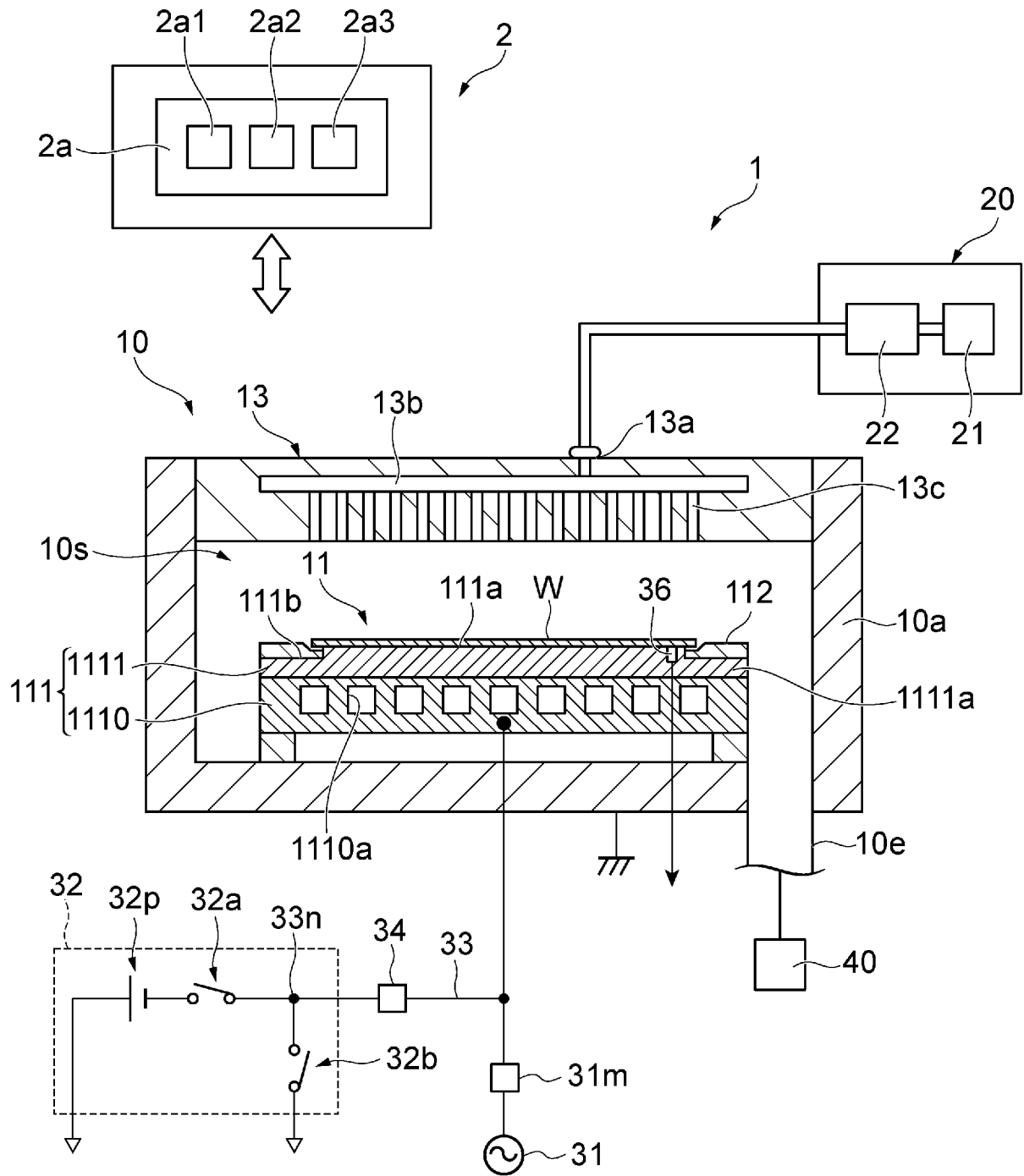
[図4]



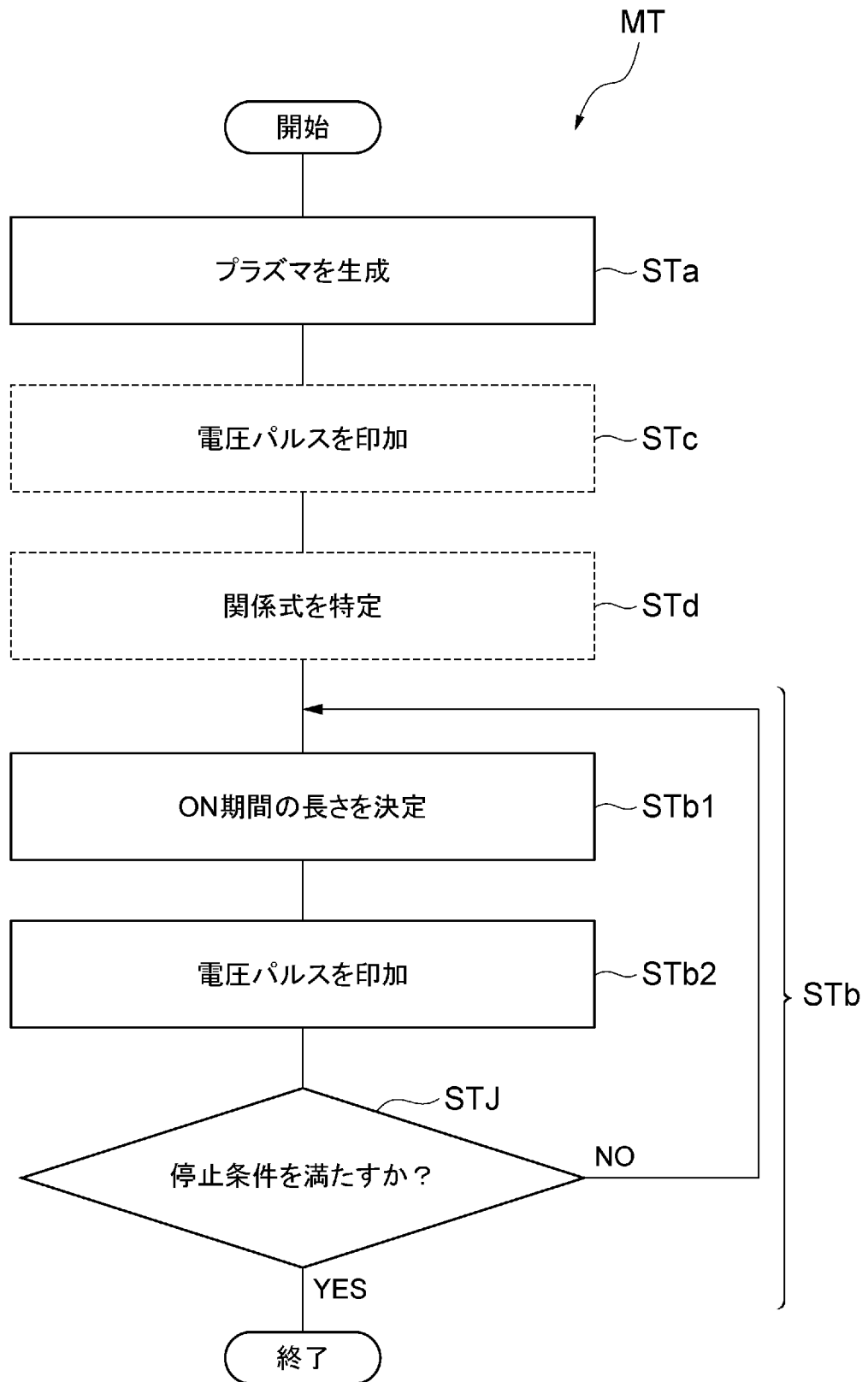
【図5】



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/029469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H05H 1/46**(2006.01)i; **C23C 16/44**(2006.01)i; **H01L 21/205**(2006.01)i; **H01L 21/3065**(2006.01)i

FI: H05H1/46 R; H01L21/302 101B; H01L21/205; C23C16/44 B

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)

H05H1/46; C23C16/44; H01L21/205; H01L21/3065

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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.
Y	JP 9-27399 A (HITACHI LTD) 28 January 1997 (1997-01-28) paragraphs [0003]-[0026], fig. 1-7	1-10
Y	JP 2020-529180 A (EAGLE HARBOR TECHNOLOGIES, INC.) 01 October 2020 (2020-10-01) paragraphs [0040], [0060]-[0063], fig. 2, 8	1-10
Y	JP 2021-118314 A (TOKYO ELECTRON LTD) 10 August 2021 (2021-08-10) paragraph [0045], fig. 1	4-5
A	entire text, all drawings	1-3, 6-10
A	JP 2019-129546 A (TOKYO ELECTRONICS CO LTD) 01 August 2019 (2019-08-01) entire text, all drawings	1-10

☐ 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

20 September 2023

Date of mailing of the international search report

03 October 2023

Name and mailing address of the ISA/JP

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/029469

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	9-27399	A	28 January 1997	(Family: none)	
JP	2020-529180	A	01 October 2020	US 2019/0131110 A1 paragraphs [0056], [0076]- [0079], fig. 2, 8 WO 2019/040949 A1 EP 3665775 A1 KR 10-2020-0036947 A CN 111264032 A KR 10-2021-0010964 A	
JP	2021-118314	A	10 August 2021	US 2021/0233745 A1 paragraph [0049], fig. 1 CN 113192817 A KR 10-2021-0097027 A TW 202133262 A	
JP	2019-129546	A	01 August 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H05H 1/46(2006.01)i; C23C 16/44(2006.01)i; H01L 21/205(2006.01)i; H01L 21/3065(2006.01)i FI: H05H1/46 R; H01L21/302 101B; H01L21/205; C23C16/44 B										
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）） H05H1/46; C23C16/44; H01L21/205; H01L21/3065										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023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								
Y	JP 9-27399 A（株式会社日立製作所）28.01.1997（1997 - 01 - 28） 段落[0003]-[0026], 図1-7	1-10								
Y	JP 2020-529180 A（イーグル ハーバー テクノロジーズ, インク.）01.10.2020 （2020 - 10 - 01） 段落[0040], [0060]-[0063], 図2, 図8	1-10								
Y	JP 2021-118314 A（東京エレクトロン株式会社）10.08.2021（2021 - 08 - 10） 段落[0045], 図1	4-5								
A	全文, 全図	1-3, 6-10								
A	JP 2019-129546 A（東京電子株式会社）01.08.2019（2019 - 08 - 01） 全文, 全図	1-10								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 20.09.2023		国際調査報告の発送日 03.10.2023								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 大門 清 2G 8355 電話番号 03-3581-1101 内線 3226								

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/029469

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	9-27399	A	28.01.1997	(ファミリーなし)	
JP	2020-529180	A	01.10.2020	US 2019/0131110 A1	
				段落[0056], [0076]-[0079], 図2, 図8	
				WO 2019/040949 A1	
				EP 3665775 A1	
				KR 10-2020-0036947 A	
				CN 111264032 A	
				KR 10-2021-0010964 A	
JP	2021-118314	A	10.08.2021	US 2021/0233745 A1	
				段落[0049], 図1	
				CN 113192817 A	
				KR 10-2021-0097027 A	
				TW 202133262 A	
JP	2019-129546	A	01.08.2019	(ファミリーなし)	