

(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8月8日(08.08.2024)



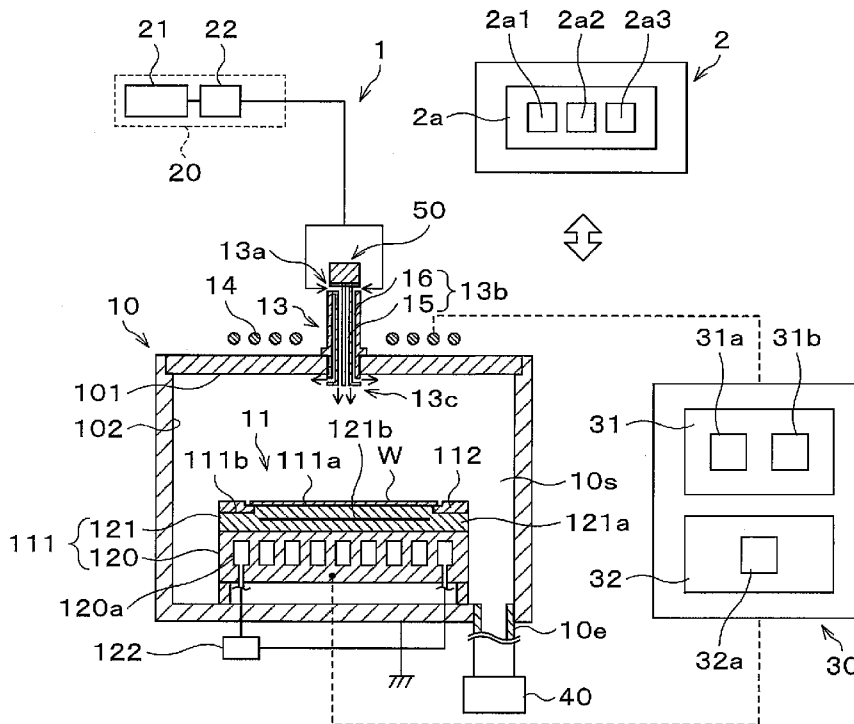
(10) 国際公開番号

WO 2024/162171 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/002218
- (22) 国際出願日: 2024年1月25日(25.01.2024)
- (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 2023-015672 2023年2月3日(03.02.2023) 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: 松本 直樹 (MATSUMOTO, Naoki); 〒9813629 宮城県黒川郡大和町テクノヒルズ1番 東京エレクトロン宮城株式会社内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 金本 哲男, 外(KANEMOTO, Tetsuo et al.); 〒1620065 東京都新宿区住吉町1-20 角張ビル 曙国際特許事務所 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,

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

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置及びプラズマエッチング方法



(57) Abstract: Provided is a plasma processing device comprising: a chamber; a substrate support disposed within the chamber and having a coolant flow path; a dielectric window disposed above the substrate support; an antenna disposed above the dielectric window; an RF power supply configured to supply an RF signal to the antenna to generate a plasma within the chamber; a coolant supply unit configured to supply a coolant maintained at a first temperature to the coolant flow path; at least one heater disposed within the substrate support; a heater power supply configured to supply power

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, 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))

to the at least one heater; at least one light source configured to irradiate the substrate temporarily and periodically with light in order to heat the substrate on the substrate support while the plasma is being generated within the chamber and while the coolant maintained at the first temperature is being supplied to the coolant flow path; a temperature monitor configured to monitor the temperature of the substrate on the substrate support; and a control unit configured to control the coolant supply unit, the heater power supply and/or the at least one light source so as to adjust the first temperature of the coolant, the power supplied to the at least one heater, and/or the intensity of the light radiated to the substrate on the substrate support on the basis of an output of the temperature monitor.

(57) 要約：チャンバと、前記チャンバ内に配置され、冷媒流路を有する基板支持部と、前記基板支持部の上方に配置される誘電体窓と、前記誘電体窓の上方に配置されるアンテナと、前記チャンバ内にプラズマを生成するためにRF信号を前記アンテナに供給するように構成されるRF電源と、第1の温度に維持された冷媒を前記冷媒流路に供給するように構成される冷媒供給部と、前記基板支持部内に配置される少なくとも1つのヒータと、前記少なくとも1つのヒータに電力を供給するように構成されるヒータ電源と、前記チャンバ内で前記プラズマが生成されている間、かつ、前記第1の温度に維持された前記冷媒が前記冷媒流路に供給されている間に、前記基板支持部上の前記基板を加熱するために光を一時的且つ周期的に前記基板に照射するように構成される少なくとも1つの光源と、前記基板支持部上の前記基板の温度をモニタするように構成される温度モニタと、前記温度モニタの出力に基づいて、前記冷媒の前記第1の温度、前記少なくとも1つのヒータに供給される電力、及び／又は、前記基板支持部上の前記基板に照射される前記光の強度、を調節するよう前記冷媒供給部、前記ヒータ電源及び／又は前記少なくとも1つの光源を制御するように構成される制御部と、を備える、プラズマ処理装置を提供する。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置及びプラズマエッチング方法

技術分野

[0001] 本開示は、プラズマ処理装置及びプラズマエッチング方法に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、基板の表面に形成されたエッチング対象膜としてのシリコン含有膜をエッチングする工程において、基板を低温に維持することで、シリコン含有膜のエッチングレートを高くすることが開示されている。

[0003] 特許文献2には、基板を低温に維持しながら基板の表面に形成されたシリコン含有膜をエッチングする工程において、電磁波を一時的に照射して基板を加熱し反応生成物を昇華させることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2021-153170号公報

特許文献2：特開2020-115498号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本開示にかかる技術は、プラズマ処理装置においてプラズマの生成中に基板の表層の温度を上昇させ、副生成物を効率よく除去する。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様は、チャンバと、前記チャンバ内に配置され、冷媒流路を有する基板支持部と、前記基板支持部の上方に配置される誘電体窓と、前記誘電体窓の上方に配置されるアンテナと、前記チャンバ内にプラズマを生成するためにRF信号を前記アンテナに供給するように構成されるRF電源と、第1の温度に維持された冷媒を前記冷媒流路に供給するように構成される冷媒供給部と、前記基板支持部内に配置される少なくとも1つのヒータと、前記少なくとも1つのヒータに電力を供給するように構成されるヒータ電源

と、前記チャンバ内で前記プラズマが生成されている間、かつ、前記第1の温度に維持された前記冷媒が前記冷媒流路に供給されている間に、前記基板支持部上の前記基板を加熱するために光を一時的且つ周期的に前記基板に照射するように構成される少なくとも1つの光源と、前記基板支持部上の前記基板の温度をモニタするように構成される温度モニタと、前記温度モニタの出力に基づいて、前記冷媒の前記第1の温度、前記少なくとも1つのヒータに供給される電力、及び／又は、前記基板支持部上の前記基板に照射される前記光の強度、を調節するよう前記冷媒供給部、前記ヒータ電源及び／又は前記少なくとも1つの光源を制御するように構成される制御部と、を備える、プラズマ処理装置を提供する。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、プラズマ処理装置においてプラズマの生成中に基板の表層の温度を上昇させ、副生成物を効率よく除去することができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]実施形態にかかるプラズマ処理システムの構成例を示す説明図である。
[図2]実施形態にかかるプラズマ処理装置の構成例を示す断面図である。
[図3]実施形態にかかる光照射部の構成例を示す断面図である。
[図4]実施形態にかかる光照射部の構成例を示す断面図である。
[図5]実施形態にかかる光照射部の構成例を示す断面図である。
[図6]光干渉システムを概略的に示す図である
[図7]光干渉システムにおける基板の表面及び裏面における光の反射の一例を示す図である。
[図8]実施形態にかかるプラズマ処理装置の他の構成例を示す断面図である。
[図9]実施形態にかかるプラズマ処理装置の他の構成例における光照射部の位置関係の一例を示す断面図である。
[図10]実施形態にかかるプラズマ処理装置の他の構成例を示す断面図である。
。
[図11]実施形態にかかるプラズマ処理装置の他の構成例における光照射部の

位置関係の一例を示す断面図である。

[図12]実施形態にかかるプラズマエッチング方法の構成例を示すフローチャートである。

[図13]実施形態にかかるプラズマエッチング方法の構成例を示すシーケンスチャートである。

発明を実施するための形態

- [0009] 半導体デバイスの製造プロセスにおいては、例えば特許文献1に開示されるように、半導体ウェハ（以下、「基板」という。）の表面に形成されたシリコン含有膜などを処理ガスのプラズマを用いてエッチングする方法が知られている。またプラズマエッチングの工程において、シリコン含有膜のエッチングレートの向上のために基板を0℃以下の低温に維持する方法が知られている。
- [0010] かかるエッチング方法によると、シリコン含有膜と処理ガスのプラズマの反応により種々の副生成物が生成される。基板を低温に維持した状態では、かかる副生成物の揮発性が低下し、基板上に残留する場合がある。副生成物が基板上に残留すると、エッチング形状の悪化や目詰まりによるエッチストップなどのエッチング不良を発生させる場合がある。
- [0011] 副生成物を除去するためには、一時的に基板の温度を上昇させ、副生成物を昇華させることが考えられる。基板の温度を上昇させるためには、基板を支持する基板支持部に供給する高温冷媒と低温冷媒の混合比を調整する方法や、ヒータ温度を調整する方法が考えられる。しかしながら、基板支持部の温度を調整するこれらの方法は、応答性に劣る。また、基板の裏面側から基板の温度を調整することになるため、副生成物が付着している基板の表面を直接制御することができない。
- [0012] 基板の温度を上昇させるためには、特許文献2に開示されるように、エッチングの工程中に基板に対して一時的に電磁波を照射して基板を加熱することが考えられる。しかしながら、特許文献2の方法は、基板全体を加熱した後にプロセス温度に冷却するまでの時間を短縮する改良の余地があった。

[0013] 上記課題に鑑みて本発明者が鋭意検討した結果、基板の表層以外の部分を低温に維持し、基板の表層のみを加熱することで副生成物を昇華させることが可能であることを見出した。また、基板の表層以外の部分を低温に維持し、基板の表層のみを加熱することで、副生成物を除去した後はすぐに基板を冷却することができ、ただちに次のプロセスに移ることができるため生産性の観点で有利であることに想到した。

[0014] そこで、本開示にかかる技術は、基板の表層以外の部分を低温に維持した状態で基板に光を照射することで、基板の表層の温度を上昇させ、副生成物を効率よく除去することを可能にする。

[0015] 以下、本実施形態にかかるプラズマ処理装置の構成について、図面を参照しながら説明する。なお、本明細書において、実質的に同一の機能構成を有する要素においては、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0016] <プラズマ処理システム>

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。

[0017] 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、誘導結合プラズマ（ICP：Inducti

vely Coupled Plasma)、容量結合プラズマ (CCP : Capacitively 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。

[0018] 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2a2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2a2に格納され、処理部2a1によって記憶部2a2から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ2a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2a3に接続されている通信回線であってもよい。処理部2a1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。

[0019] <第1の実施形態>

以下、図2を用いて第1の実施形態にかかるプラズマ処理装置1の構成の一例について説明する。第1の実施形態に係るプラズマ処理装置1は、誘導結合型のプラズマ処理装置である。

[0020] 第1の実施形態にかかるプラズマ処理装置1は、プラズマ処理チャンバ10、ガス供給部20、電源30、排気システム40及び光照射部50を含む。プラズマ処理チャンバ10は、誘電体窓101を含む。また、プラズマ処理装置1は、基板支持部11、ガス導入部及びアンテナ14を含む。基板支持部11は、プラズマ処理チャンバ10内に配置される。アンテナ14は、プラズマ処理チャンバ10上又はその上方（すなわち誘電体窓101上又はその上方）に配置される。プラズマ処理チャンバ10は、誘電体窓101、プラズマ処理チャンバ10の側壁102及び基板支持部11により規定されたプラズマ処理空間10sを有する。プラズマ処理チャンバ10は接地される。

[0021] 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 1 1 1 b は、リングアセンブリ 1 1 2 を支持するためのリング支持面とも呼ばれる。

[0022] 一実施形態において、本体部 1 1 1 は、基台 1 2 0 及び静電チャック 1 2 1 を含む。基台 1 2 0 は、導電性部材を含む。基台 1 2 0 の導電性部材はバイアス電極として機能し得る。静電チャック 1 2 1 は、基台 1 2 0 の上に配置される。静電チャック 1 2 1 は、セラミック部材 1 2 1 a とセラミック部材 1 2 1 a 内に配置される静電電極 1 2 1 b とを含む。セラミック部材 1 2 1 a は、中央領域 1 1 1 a を有する。一実施形態において、セラミック部材 1 2 1 a は、環状領域 1 1 1 b 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 1 2 1 を囲む他の部材が環状領域 1 1 1 b を有してもよい。この場合、リングアセンブリ 1 1 2 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 1 2 1 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 RF 電源 3 1 及び／又は DC 電源 3 2 に結合される少なくとも 1 つの RF / DC 電極がセラミック部材 1 2 1 a 内に配置されてもよい。この場合、少なくとも 1 つの RF / DC 電極がバイアス電極として機能する。なお、基台 1 2 0 の導電性部材と少なくとも 1 つの RF / DC 電極とが複数のバイアス電極として機能してもよい。また、静電電極 1 2 1 b がバイアス電極として機能してもよい。従って、基板支持部 1 1 は、少なくとも 1 つのバイアス電極を含む。

[0023] リングアセンブリ 1 1 2 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。

[0024] また、基板支持部 1 1 は、静電チャック 1 2 1、リングアセンブリ 1 1 2 及び基板 W 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 1 2 0 a、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路 1 2 0 a 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

120aが基台120内に形成され、1又は複数のヒータが静電チャック121のセラミック部材121a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。

[0025] 一実施形態では、上記伝熱ガス供給部としてのチラー122（冷媒供給部）が設けられる。冷媒供給部は、流路120aに伝熱媒体としての冷媒を供給することで、プラズマの生成中、基板を上記ターゲット温度以下に維持するように構成される。上記ターゲット温度は、プラズマエッチングの工程においてシリコン含有膜のエッチングレートを向上させることができる温度である。かかる温度は、一例として、−20℃である。一実施形態において、流路120aに供給される冷媒を−20℃以下に維持するようにチラー122が制御される。一実施形態において、プラズマ処理装置1は、基板支持部11内に配置される少なくとも1つのヒータと、少なくとも1つのヒータに電力を供給するように構成されるヒータ電源とを含む。一実施形態において、基板支持部11は、平面視で複数の領域を有し、少なくとも1つのヒータは、複数の領域にそれぞれ配置される複数のヒータを含む。

[0026] ガス導入部は、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。一実施形態において、ガス導入部は、中央ガス注入部（CGI：Center Gas Injector）13を含む。中央ガス注入部13は、基板支持部11の上方に配置され、誘電体窓101に形成された中央開口部に取り付けられる。中央ガス注入部13は、例えばセラミックや石英等の誘電体により形成され、略円筒状の外形を有する。中央ガス注入部13は、少なくとも1つのガス供給口13a、少なくとも1つのガス流路13b、及び少なくとも1つのガス導入口13cを有する。

[0027] ガス流路13bは、後述する光照射部50の筐体52を平面視で囲う位置に設けられる中央流路15と、中央流路15の周囲を平面視で囲う位置に設けられる側方流路16を含む。なお、ガス流路13bの構成の詳細について

は後述する。

[0028] ガス供給口 13 a に供給された処理ガスは、ガス流路 13 b を通過してガス導入口 13 c からプラズマ処理空間 10 s 内に導入される。一実施形態では、ガス供給口 13 a を介して中央流路 15 に供給された処理ガスは、複数のガス導入口 13 c から下方向へ噴射される。また、ガス供給口 13 a を介して側方流路 16 に供給された処理ガスは、複数のガス導入口 13 c から Z 軸を中心として Z 軸に垂直の方向に放射状に噴射される。なお、ガス導入部は、中央ガス注入部 13 に加えて、側壁 102 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。

[0029] 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 からそれぞれに対応の流量制御器 22 を介してガス導入部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。

[0030] 電源 30 は、少なくとも 1 つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ処理チャンバ 10 に結合される RF 電源 31 を含む。RF 電源 31 は、少なくとも 1 つの RF 信号 (RF 電力) を少なくとも 1 つのバイアス電極及びアンテナ 14 に供給するように構成される。これにより、プラズマ処理空間 10 s に供給された少なくとも 1 つの処理ガスからプラズマが形成される。従って、RF 電源 31 は、プラズマ生成部 12 の少なくとも一部として機能し得る。また、バイアス RF 信号を少なくとも 1 つのバイアス電極に供給することにより、基板 W にバイアス電位が発生し、形成されたプラズマ中のイオンを基板 W に引き込むことができる。

[0031] 一実施形態において、RF 電源 31 は、第 1 の RF 生成部 31 a 及び第 2

のRF生成部31bを含む。第1のRF生成部31aは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介してアンテナ14に結合され、プラズマ生成用のソースRF信号（ソースRF電力）を生成するように構成される。一実施形態において、ソースRF信号は、10MHz～150MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第1のRF生成部31aは、異なる周波数を有する複数のソースRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のソースRF信号は、アンテナ14に供給される。

[0032] 第2のRF生成部31bは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも1つのバイアス電極に結合され、バイアスRF信号（バイアスRF電力）を生成するように構成される。バイアスRF信号の周波数は、ソースRF信号の周波数と同じであっても異なってもよい。一実施形態において、バイアスRF信号は、ソースRF信号の周波数よりも低い周波数を有する。一実施形態において、バイアスRF信号は、100kHz～60MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第2のRF生成部31bは、異なる周波数を有する複数のバイアスRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のバイアスRF信号は、少なくとも1つのバイアス電極に供給される。また、種々の実施形態において、ソースRF信号及びバイアスRF信号のうち少なくとも1つがパルス化されてもよい。

[0033] また、電源30は、プラズマ処理チャンバ10に結合されるDC電源32を含んでもよい。DC電源32は、バイアスDC生成部32aを含む。一実施形態において、バイアスDC生成部32aは、少なくとも1つのバイアス電極に接続され、バイアスDC信号を生成するように構成される。生成されたバイアスDC信号は、少なくとも1つのバイアス電極に印加される。

[0034] 種々の実施形態において、バイアスDC信号は、パルス化されてもよい。この場合、電圧パルスのシーケンスが少なくとも1つのバイアス電極に印加される。電圧パルスは、矩形、台形、三角形又はこれらの組み合わせのパルス波形を有してもよい。一実施形態において、DC信号から電圧パルスのシ

一ケンスを生成するための波形生成部がバイアスDC生成部32aと少なくとも1つのバイアス電極との間に接続される。従って、バイアスDC生成部32a及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。電圧パルスは、正の極性を有してもよく、負の極性を有してもよい。また、電圧パルスのシーケンスは、1周期内に1又は複数の正極性電圧パルスと1又は複数の負極性電圧パルスとを含んでもよい。なお、バイアスDC生成部32aは、RF電源31に加えて設けられてもよく、第2のRF生成部31bに代えて設けられてもよい。

[0035] アンテナ14は、1又は複数のコイルを含む。一実施形態において、アンテナ14は、同軸上に（中心軸Zが重なるように）配置された外側コイル及び内側コイルを含んでもよい。この場合、RF電源31は、外側コイル及び内側コイルの双方に接続されてもよく、外側コイル及び内側コイルのうちいずれか一方に接続されてもよい。前者の場合、同一のRF生成部が外側コイル及び内側コイルの双方に接続されてもよく、別個のRF生成部が外側コイル及び内側コイルに別々に接続されてもよい。

[0036] 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。

[0037] 以下、図3を用いて光照射部50及び中央ガス注入部13の構成の一例について説明する。光照射部50は、縦光源51（以下、光源51という場合もある）と、光源51から発せられる光をプラズマ処理チャンバ10に伝送する筐体52と、を含む。第1の実施形態では、筐体52はアンテナ14の中心軸Zに重なる位置に設けられる。縦光源51は、チャンバ10内でプラズマが生成されている間、かつ、 -20°C 以下に維持された冷媒が冷媒流路120aに供給されている間に、基板支持部11上の基板Wを加熱するために光を一時的且つ周期的に基板Wに照射するように構成される。縦光源51

からの光は縦方向に照射される。

[0038] 一実施形態で、光源 5 1 は、300 nm～1100 nm の波長を有する光を発する。一例として、このような光源 5 1 は、ハロゲンヒータランプを含む。ハロゲンヒータランプは、300 nm～1100 nm の波長を有する光を発することができる。また、電気エネルギーを光に高い効率で変換し材料を直接加熱するので、熱エネルギー変換効率が良い。

一実施形態では、投入電力の 80～90% の熱エネルギー変換効率を得られる。また、タングステンフィラメントを熱源とするため短時間で昇温でき、応答性が高い。また、放熱損失を抑制できる。また、電力制御による温度調節が容易であり、必要以上に加熱しないように制御することができ、エネルギー損失を抑制することができる。また、必要時のみ加熱し、不要時はオフとするので電力削減が可能である。また、ハロゲンランプはフィラメントを用いる一般的な光源と比較して長寿命で、寿命末期まで安定して光を発することができる。また、石英窓を介した非接触加熱のため、被加熱物を汚さない利点がある。

[0039] 他の一例として、光源 5 1 はフラッシュランプを含む。フラッシュランプは、特開 2020-043180 号公報に記載の構成を有するものを使用できる。かかるフラッシュランプは、後述するパルス照射の制御に適している。さらに他の一例として、光源 5 1 は LED (Light Emitting Diode) を含む。LED は、光を高いエネルギー効率で発することができ、かつ、長寿命である。

[0040] 筐体 5 2 は、第 1 の端部 5 3 において第 1 の窓 5 4 を備え、第 2 の端部 5 5 において第 2 の窓 5 6 を備える。光源 5 1 と中央流路 1 5 の第 1 の端部 5 3 は、第 1 の窓 5 4 を介して接続されている。また、プラズマ処理チャンバ 1 0 と筐体 5 2 の第 2 の端部 5 5 は、第 2 の窓 5 6 を介して接続されている。

[0041] 筐体 5 2 の内部は真空封止されている。また、筐体 5 2 の内壁 6 0 には、光源 5 1 から発せられる光を反射する反射壁 6 2 が形成されている。一例と

して、反射壁 6 2 は内壁 6 0 の表面にアルミニウムなどの金属が蒸着されることで形成される。

[0042] 第 1 の窓 5 4 及び第 2 の窓 5 6 は、光源 5 1 から発せられる光を透過する材料によって構成される。一例として、第 1 の窓及び第 2 の窓は、石英 (SiO_2) 又はサファイア (Al_2O_3) や、 Y_2O_3 等の透光性材料であってもよい。石英、サファイア又は Y_2O_3 等は、 $300\text{nm} \sim 1100\text{nm}$ の波長を有する光に対する透光性が高く、光源 5 1 が $300\text{nm} \sim 1100\text{nm}$ の波長を有する光を発する場合にも使用できる。

[0043] 図 4 は、図 3 の A-A 位置における中央ガス注入部 1 3 を矢印方向に見たときの断面図である。図 4 で、筐体 5 2 の中心軸はアンテナ 1 4 の中心軸 Z に重なるように設けられる。中央流路 1 5 は複数設けられ、筐体 5 2 を囲うように、回転対称の位置に設けられる。また、側方流路 1 6 は複数設けられ、中央流路 1 5 を囲うように、回転対称の位置に設けられる。

[0044] 図 5 は、図 3 の B-B 位置における中央ガス注入部 1 3 を矢印方向に見たときの断面図である。図 5 で、第 2 の端部 5 5 には、第 2 の窓 5 6 が設けられている。第 2 の窓 5 6 の周囲には、中央流路 1 5 に供給された処理ガスが通過する複数のガス導入口 1 3 c が設けられる。複数のガス導入口 1 3 c は、第 2 の窓 5 6 を囲うように、回転対称の位置に設けられる。

[0045] 上記構成を備える光照射部 5 0 によると、光源 5 1 から発せられる光が第 1 の窓 5 4 を透過して筐体 5 2 に入り、筐体 5 2 の内部において反射壁 6 2 を反射しながら進行し、第 2 の窓 5 6 を透過してプラズマ処理チャンバ 1 0 に伝送される。プラズマ処理チャンバ 1 0 に伝送された光は、基板支持部 1 1 上に載置された基板 W の表面に照射される。

[0046] 一実施形態で、第 2 の窓 5 6 は凹レンズ形状である。第 2 の窓 5 6 を凹レンズ形状とすることにより、中央流路 1 5 を進行してきた光を基板 W の中心部に進む方向から基板 W の周縁部に進む方向に屈折させることができる。これにより、第 2 の窓 5 6 によって光を放射状に発散させ、基板 W 全体に光を照射することができる。一実施形態で、第 2 の窓 5 6 は半球状レンズである

。第2の窓56を半球状レンズとすることにより、中央流路15を進行してきた光を基板Wの中心部に進む方向から基板Wの周縁部に進む方向に屈折させることができる。これにより、第2の窓56によって光を放射状に発散させ、基板W全体に光を照射することができる。

[0047] 一実施形態において、プラズマ処理装置1は、基板支持部11上の基板Wの温度をモニタするように構成される温度モニタを含む。温度モニタは、光干渉システム100を含む。この場合の基板Wは一例として、シリコンで構成されるウエハである。また、光源（モニタ光源）で発生する電磁波は、一例として光（モニタ光）とする。

[0048] 図6は、例示的实施形態に係る光干渉システム100を概略的に示す図である。図6に示されるように、光干渉システム100は、プラズマ処理装置1に適用される。プラズマ処理装置1のチャンバ10の側壁102には少なくとも一つの窓、本実施形態においては第1窓82及び第2窓84が設けられる。第1窓82及び第2窓84はチャンバ10の側壁102の向かい合う位置に設けられる。即ち、第1窓82は、第2窓84の反対側に配置される。光干渉システム100は、第1窓82及び第2窓84を介して光を出射及び受光し、基板支持部11上の基板Wの温度を測定する。

[0049] 光干渉システム100は、モニタ光源の一例としての光源80、出射部の一例としてのフォーカサ81、受光部の一例としてのコリメータ85、分光器86、記憶部87、及び、制御装置88を備える。

[0050] 光源80は、基板支持部11上の基板Wを透過可能な光を発するように構成される、低コヒーレンス光源及び波長可変光源の何れか一方である。低コヒーレンス光源とは、発生する光のコヒーレンス長（可干渉距離）がマイクロオーダー以下の光源である。例えば、低コヒーレンス光源は、コヒーレンス長が数10 μ mの光源である。一例として、低コヒーレンス光源は、SLD（Super luminescent diode）である。波長可変光源とは、発生する光の波長を自由に変更できる光源である。

[0051] フォーカサ81は、チャンバ10の外部に設けられ、光源80で発生した

光（モニタ光）を基板支持部 11 上の基板 W に向けて出射するように構成される。フォーカサ 81 は、光源 80 に光ファイバなどで接続される。光源 80 で発生した光は、光ファイバを介してフォーカサ 81 に伝播する。フォーカサ 81 は、第 1 窓 82 を介して、基板支持部 11 上の基板 W に向けて光を出射する（図中の一点鎖線を参照）。フォーカサ 81 は、基板支持部 11 上の基板 W の表面および裏面で反射した光が第 2 窓 84 に入射するように配置される。フォーカサ 81 はコリメータであってもよい。

[0052] コリメータ 85 は、チャンバ 10 の外部に設けられ、基板 W からの反射光を受光するように構成される。コリメータ 85 は、基板 W をはさんでフォーカサ 81 の反対側に配置される。コリメータ 85 は、第 2 窓 84 を介して、基板支持部 11 上の基板 W の反射光を受光する。コリメータ 85 は、光ファイバなどを介して分光器 86 に接続される。コリメータ 85 は、反射光を受光し、光ファイバなどを介して分光器 86 へ光を伝播させる。なお、コリメータ 85 はフォーカサであってもよい。図 7 は、基板 W の表面 W a 及び裏面 W b における反射の一例を示す図である。図 7 に示されるように、基板 W に入射した光は、基板 W の表面 W a で反射するとともに、基板 W の裏面 W b でも反射する。反射光は、2 つの平行な反射面それぞれの反射光を含む干渉光となる。

[0053] 図 6 に戻り、分光器 86 は、コリメータ 85 によって受光された反射光のスペクトルを検出するように構成される。分光器 86 は、例えば、分光機構及び検出部を有する。分光機構は、光を波長ごとに所定の分散角で分散させる。分光機構の一例は回折格子などである。検出部は、分光機構によって分散された光を検出する。検出部の一例は CCD (Charge Coupled Device) である。CCD の素子の数がサンプリング数となる。

[0054] 検出部は、反射光の波長ごとの強度をスペクトルとして検出する。スペクトルは、波長と反射率との関係を示す反射率曲線であってもよい。反射率曲線が検出されると、相関関係から基板 W の温度が算出される。

[0055] 記憶部 87 は、反射率曲線と温度との関係を予め記憶するように構成され

る。反射率曲線と温度との関係は、基準となるデータであり、事前を取得される。記憶部 87 は、材質ごとに、反射率曲線と温度との関係を記憶してもよい。

[0056] 制御装置 88 は、分光器 86 及び記憶部 87 に接続される。制御装置 88 は、分光器 86 によって検出された反射率曲線と記憶部 87 に記憶された関係とに基づいて基板 W の温度を算出するように構成される。制御装置 88 は、プロセッサ、記憶部、入力装置、表示装置等を備えるコンピュータであり得る。一実施形態において、制御装置 88 は、制御部 2 に含まれる。

[0057] 従って、温度モニタ（光干渉システム 100）は、モニタ光源（光源 80）、出射部（フォーカサ 81）及び受光部（コリメータ 85）を含む。モニタ光源（光源 80）は、基板支持部 11 上の基板 W を透過可能な電磁波を発生するように構成される。出射部（フォーカサ 81）は、モニタ光源（光源 80）で発生した電磁波を基板支持部 11 上の基板 W へ斜めに出射するように構成される。受光部（コリメータ 85）は、出射部（フォーカサ 81）の反対側に配置され、基板支持部 11 上の基板 W の表面及び裏面で反射した反射波を入射するように構成される。そして、制御部 2 は、受光部（コリメータ 85）に入射された反射波に基づいて、基板支持部 11 上の基板 W の温度を決定するように構成される。

[0058] なお、光干渉システム 100 は、分光方式及び波長走引方式のいずれの手法を用いてもよい。分光方式は、SLD 又は ASE (Amplified Spontaneous Emission) などの広帯域の光源を使用し、グレーチングなどで分光して CCD (Charge Coupled Device) アレイ等でスペクトルを取得する方式である。波長走引方式は、出力する光の波長を制御可能な狭帯域の光源を使用して出力光の波長を走引し、フォトダイオード等で受光する方式である。

[0059] 光干渉システム 100 は、光軸を調整する機構を有してもよい。例えば、フォーカサ 81 は、第 1 調整機構 81a に支持されてもよい。第 1 調整機構 81a は、フォーカサ 81 の出射方向を調整することができる機構である。

第1調整機構81aは、一例としてX軸、Y軸、及びZ軸に移動可能な三軸ステージである。コリメータ85は、第2調整機構81bで支持されてもよい。第2調整機構81bは、第1調整機構81aと同一構成であってもよい。

[0060] 一実施形態において、制御部2は、温度モニタの出力に基づいて、冷媒の第1の温度、少なくとも1つのヒータに供給される電力、及び／又は、基板支持部11上の基板Wに照射される光の強度、を調節するよう冷媒供給部、ヒータ電源及び／又は少なくとも1つの光源51を制御するように構成される。一実施形態において、制御部2は、温度モニタの出力に基づいて、光が照射されることによって生じる基板支持部11上の基板Wの温度の不均一を是正するために複数のヒータにそれぞれ供給される電力を調節するようヒータ電源を制御するように構成される。

[0061] なお上記においては第1の実施形態に含まれる温度モニタについて説明したが、後述する他の実施形態においても同様の構成を有する温度モニタを備えていてもよい。

[0062] 第1の実施形態にかかるプラズマ処理装置1によると、光照射部50が基板Wの上方、かつ、基板Wに対向する位置に設けられることで、光照射部50における第2の窓56と基板Wとの平均距離を近くすることができる。これにより、光源51から発せられる光を効率よく基板Wに照射することができる。また、光照射部50がアンテナの中心軸Zに重なるように配置されていることで、光照射部50における第2の窓56と基板Wの中心部ないし周縁部との距離が均等になる。これにより、光を均等に基板Wに照射することが可能となる。

[0063] ところで、誘導結合型のプラズマ処理装置1においては、RF信号がアンテナ14に供給されて電磁界が誘起されることで、プラズマが生成される。このため、アンテナ14が配置されるプラズマ処理チャンバ10の上方（誘電体窓101の上方）にアンテナ14以外の構成を配置することは、当該電磁界の誘起を妨げ、プラズマの生成又は維持を妨げる一因となる場合がある

。

[0064] かかる課題に鑑みて本発明者らが鋭意検討したところ、光照射部50を上記構成とすることで、当該課題を解決することができることを見出した。すなわち、光照射部50における筐体52はアンテナ14の中心軸Zに重なるように配置されているため、光照射部50を設けることによる上記電磁界への影響を低減することができる。

[0065] 基板Wの表面に照射された光は、基板Wを構成する材料に吸収され、当該材料を含む領域の温度が上昇する。光の吸収とは、詳細には、照射された光の振動数が物質（例えばシリコン）の原子間の結合力と重さに依存する固有の振動数と適合したときに物質の分子振動の振幅が助長され、高い熱エネルギーを保有した状態となることを指す。このような状態を、光が吸収され加熱された状態ということができる。一例として、エッチング対象膜がシリコン含有膜である場合について、シリコンはバンドギャップエネルギーが約1.1 eVであり、波長が1100 nmより短い近赤外光や可視光はよく吸収し、1100 nmより長い波長の赤外光はほとんど吸収しない。このため、光源51が300 nm～1100 nmの波長を有する光を発する場合は、当該光に対して吸光度が高いSi、SiNなどのシリコン含有膜が光を吸収し、基板Wにおける当該材料を含む領域の温度が上昇する。また、タングステンも300 nm～1100 nmを吸収するため、基板Wにおけるタングステンを含む領域の温度が上昇する。

[0066] 基板Wの温度が上昇すると、プラズマエッチングによって発生して基板に付着した副生成物にその熱が伝導され、副生成物が昇華される。また、基板Wの温度が上昇することにより、エッチングの反応が促進される。

[0067] なお、プラズマエッチングの工程では、エッチング対象膜がSi膜、SiO₂膜、又はSiN膜などのシリコン含有膜である場合、副生成物として、アンモニウムフルオロシリケート（AFS: ammonium fluoro silicate、(NH₄)₂SiF₆）、CO、SiF₄、SiH₄、NH₃、又はSiH₄が生成され得る。基板Wの温度を低温（例えば、-20℃）に維

持した状態では、上記副生成物のうち、 SiH_4 や AFS が副生成物として基板Wの表面に付着し得る。

[0068] 上記副生成物を昇華できる温度は、一例として、 100°C 以上である。昇華して気体となった副生成物は、一例として、排気システム40によりプラズマ処理チャンバ10の外に排出される。

[0069] <第2の実施形態>

以下、図8、図9を用いて第2の実施形態にかかるプラズマ処理装置200における、第1～第3の光照射部201a～201c（以下、これらをまとめて光照射部201という場合もある）の構成の一例について説明する。図8はプラズマ処理装置200の構成例を示す断面図である。図9は、プラズマ処理装置200を上から見たときの光照射部の位置関係の一例を示す説明図である。第2の実施形態にかかるプラズマ処理装置200は、誘導結合型のプラズマ処理装置であって、第1～第3の光照射部201a～201cの構成を除き、第1の実施形態にかかるプラズマ処理装置1と同様の構成を有し、同様の作用及び効果を奏する。

[0070] 第1の光照射部201a、第2の光照射部201b、第3の光照射部201cは、第1の斜め光源202a、第2の斜め光源202b、第3の斜め光源202c（以下、これらをまとめて斜め光源202という場合もある）をそれぞれ含む。従って、プラズマ処理装置200は、少なくとも1つの光源を含む。少なくとも1つの光源は、縦光源51と、複数の斜め光源202a、202b、202cとを含む。複数の斜め光源202a、202b、202cは、プラズマ処理チャンバ10の側壁102に沿って周方向に配列される。一実施形態において、複数の斜め光源202a、202b、202cは、周方向に等間隔に配列される。複数の斜め光源202a、202b、202cは、チャンバ10内でプラズマが生成されている間、かつ、 -20°C 以下に維持された冷媒が冷媒流路1110aに供給されている間に、基板支持部11上の基板Wを加熱するために光を一時的且つ周期的に基板Wに照射するように構成される。複数の斜め光源202a、202b、202cからの

光は斜め方向に照射される。そして、第1の光照射部201aは、第1の光源202aと、第1の光源202aから発せられる光をプラズマ処理チャンバ10に伝送する第1の筐体203aと、を含む。同様に、第2の光照射部201bは、第2の光源202b及び第2の筐体203bを含み、第3の光照射部201cは、第3の光源202c及び第3の筐体203cを含む。また、例えば、第1の筐体203aは、第1の端部が第1の光源202aに接続され、第2の端部がプラズマ処理チャンバ10の側壁102に設けられた窓210aに接続される。第1の筐体203aの内壁には、第1の光源202aから発せられる光を反射する第1の反射壁204aが形成される。一例として、第1の反射壁204aは内壁の表面にアルミニウムなどの金属が蒸着されることで形成される。第2の筐体203b及び第3の筐体203cも同様である。

[0071] 第2の実施形態において、複数の斜め光源202a, 202b, 202cは、プラズマ処理チャンバ10の平面視において回転対称の位置に設けられていてもよい。

[0072] 上記構成を備える光照射部201によると、斜め光源202から発せられる光が筐体203に入り、筐体203の内部において反射壁208を反射しながら進行し、窓210を透過してプラズマ処理チャンバ10に伝送される。プラズマ処理チャンバ10に伝送された光は、基板支持部11上に載置された基板Wの表面に照射される。

[0073] 斜め光源202としては、第1の実施形態で記載したハロゲンヒータランプ、フラッシュランプ又はLEDを用いることができる。

[0074] <第3の実施形態>

以下、図10、図11を用いて第3の実施形態にかかるプラズマ処理装置300の構成の一例について説明する。第3の実施形態に係るプラズマ処理装置300は、容量結合型のプラズマ処理装置である。図10はプラズマ処理装置300の構成例を示す断面図である。図11はプラズマ処理装置300を上から見たときの光照射部350の位置関係の一例を示す説明図である。

。

[0075] 容量結合型のプラズマ処理装置300は、プラズマ処理チャンバ310、ガス供給部320、電源330、排気システム340及び複数の光照射部350a～350c（以下、光照射部350という場合もある）を含む。また、プラズマ処理装置300は、基板支持部311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310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313を含む。基板支持部311は、プラズマ処理チャンバ310内に配置される。シャワーヘッド313は、基板支持部311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313は、プラズマ処理チャンバ310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310は、シャワーヘッド313、プラズマ処理チャンバ310の側壁312及び基板支持部311により規定されたプラズマ処理空間310sを有する。プラズマ処理チャンバ310は接地される。シャワーヘッド313及び基板支持部311は、プラズマ処理チャンバ310の筐体とは電氣的に絶縁される。

[0076] 基板支持部311は、本体部321及びリングアセンブリ322を含む。本体部321は、基板Wを支持するための中央領域321aと、リングアセンブリ322を支持するための環状領域321bとを有する。本体部321の環状領域321bは、平面視で本体部321の中央領域321aを囲んでいる。基板Wは、本体部321の中央領域321a上に配置され、リングアセンブリ322は、本体部321の中央領域321a上の基板Wを囲むように本体部321の環状領域321b上に配置される。従って、中央領域321a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321bは、リングアセンブリ322を支持するためのリング支持面とも呼ばれる。

[0077] 一実施形態において、本体部321は、基台324及び静電チャック325を含む。基台324は、導電性部材を含む。基台324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325は、基台324の上に配置される。静電チャック325は、セラミック部材325aとセラミック部材3

25 a内に配置される静電電極325 bとを含む。セラミック部材325 aは、中央領域321 aを有する。一実施形態において、セラミック部材325 aは、環状領域321 b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325を囲む他の部材が環状領域321 bを有してもよい。この場合、リングアセンブリ322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325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RF電源341及び／又はDC電源342に結合される少なくとも1つのRF／DC電極がセラミック部材325 a内に配置されてもよい。この場合、少なくとも1つのRF／DC電極が下部電極として機能する。後述するバイアスRF信号及び／又はDC信号が少なくとも1つのRF／DC電極に供給される場合、RF／DC電極はバイアス電極とも呼ばれる。なお、基台324の導電性部材と少なくとも1つのRF／DC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325 bが下部電極として機能してもよい。従って、基板支持部311は、少なくとも1つの下部電極を含む。

[0078] リングアセンブリ322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。

[0079] また、基板支持部311は、静電チャック325、リングアセンブリ322及び基板W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324 a、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路324 a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324 aが基台324内に形成され、1又は複数のヒータが静電チャック325のセラミック部材325 a内に配置される。また、基板支持部311は、基板Wの裏面と中央領域321 a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。

[0080] 一実施形態では、上記伝熱ガス供給部としてのチラー 3 2 6（冷媒供給部）が設けられる。冷媒供給部は、流路 3 2 4 a に伝熱媒体としての冷媒を供給することで、プラズマの生成中、基板を上記ターゲット温度以下に維持するように構成される。上記ターゲット温度は、プラズマエッチングの工程においてシリコン含有膜のエッチングレートを向上させることができる温度である。かかる温度は、一例として、 -20°C である。一実施形態において、流路 1 2 0 a に供給される冷媒を -20°C 以下に維持するようにチラー 3 2 6 が制御される。

[0081] シャワーヘッド 3 1 3 は、ガス供給部 3 2 0 からの少なくとも 1 つの処理ガスをプラズマ処理空間 3 1 0 s 内に導入するように構成される。シャワーヘッド 3 1 3 は、少なくとも 1 つのガス供給口 3 1 3 a、少なくとも 1 つのガス拡散室 3 1 3 b、及び複数のガス導入口 3 1 3 c を有する。ガス供給口 3 1 3 a に供給された処理ガスは、ガス拡散室 3 1 3 b を通過して複数のガス導入口 3 1 3 c からプラズマ処理空間 3 1 0 s 内に導入される。また、シャワーヘッド 3 1 3 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 3 1 3 に加えて、側壁 3 1 2 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。

[0082] ガス供給部 3 2 0 は、少なくとも 1 つのガスソース 3 3 1 及び少なくとも 1 つの流量制御器 3 3 2 を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部 3 2 0 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 3 3 1 からそれぞれに対応の流量制御器 3 3 2 を介してシャワーヘッド 3 1 3 に供給するように構成される。各流量制御器 3 3 2 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 3 2 0 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。

[0083] 電源 3 3 0 は、少なくとも 1 つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ処理チャンバ 3 1 0 に結合される RF 電源 3 4 1 を含む。RF 電源 3 4 1

は、少なくとも1つのRF信号（RF電力）を少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に供給するように構成される。これにより、プラズマ処理空間310sに供給された少なくとも1つの処理ガスからプラズマが形成される。従って、RF電源341は、プラズマ生成部12の少なくとも一部として機能し得る。また、バイアスRF信号を少なくとも1つの下部電極に供給することにより、基板Wにバイアス電位が発生し、形成されたプラズマ中のイオン成分を基板Wに引き込むことができる。

[0084] 一実施形態において、RF電源341は、第1のRF生成部341a及び第2のRF生成部341bを含む。第1のRF生成部341aは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に結合され、プラズマ生成用のソースRF信号（ソースRF電力）を生成するように構成される。一実施形態において、ソースRF信号は、10MHz～150MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第1のRF生成部341aは、異なる周波数を有する複数のソースRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のソースRF信号は、少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に供給される。

[0085] 第2のRF生成部341bは、少なくとも1つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも1つの下部電極に結合され、バイアスRF信号（バイアスRF電力）を生成するように構成される。バイアスRF信号の周波数は、ソースRF信号の周波数と同じであっても異なってもよい。一実施形態において、バイアスRF信号は、ソースRF信号の周波数よりも低い周波数を有する。一実施形態において、バイアスRF信号は、100kHz～60MHzの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第2のRF生成部341bは、異なる周波数を有する複数のバイアスRF信号を生成するように構成されてもよい。生成された1又は複数のバイアスRF信号は、少なくとも1つの下部電極に供給される。また、種々の実施形態において、ソースRF信号及びバイアスRF信号のうち少なくとも1つがパルス化されてもよ

い。

[0086] また、電源330は、プラズマ処理チャンバ310に結合されるDC電源342を含んでもよい。DC電源342は、第1のDC生成部342a及び第2のDC生成部342bを含む。一実施形態において、第1のDC生成部342aは、少なくとも1つの下部電極に接続され、第1のDC信号を生成するように構成される。生成された第1のDC信号は、少なくとも1つの下部電極に印加される。一実施形態において、第2のDC生成部342bは、少なくとも1つの上部電極に接続され、第2のDC信号を生成するように構成される。生成された第2のDC信号は、少なくとも1つの上部電極に印加される。

[0087] 種々の実施形態において、第1及び第2のDC信号がパルス化されてもよい。この場合、電圧パルスのシーケンスが少なくとも1つの下部電極及び／又は少なくとも1つの上部電極に印加される。電圧パルスは、矩形、台形、三角形又はこれらの組み合わせのパルス波形を有してもよい。一実施形態において、DC信号から電圧パルスのシーケンスを生成するための波形生成部が第1のDC生成部342aと少なくとも1つの下部電極との間に接続される。従って、第1のDC生成部342a及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。第2のDC生成部342b及び波形生成部が電圧パルス生成部を構成する場合、電圧パルス生成部は、少なくとも1つの上部電極に接続される。電圧パルスは、正の極性を有してもよく、負の極性を有してもよい。また、電圧パルスのシーケンスは、1周期内に1又は複数の正極性電圧パルスと1又は複数の負極性電圧パルスとを含んでもよい。なお、第1及び第2のDC生成部342a、342bは、RF電源341に加えて設けられてもよく、第1のDC生成部342aが第2のRF生成部341bに代えて設けられてもよい。

[0088] 排気システム340は、例えばプラズマ処理チャンバ310の底部に設けられたガス排出口310eに接続され得る。排気システム340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310s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。

[0089] 第1の光照射部350a、第2の光照射部350b、第3の光照射部350cは、第1の斜め光源351a、第2の斜め光源351b、第3の斜め光源351c（以下、これらをまとめて斜め光源351という場合もある）をそれぞれ含む。従って、プラズマ処理装置300は、複数の斜め光源351a、351b、351cを含む。複数の斜め光源351a、351b、351cは、プラズマ処理チャンバ310の側壁312に沿って周方向に配列される。一実施形態において、複数の斜め光源351a、351b、351cは、周方向に等間隔に配列される。複数の斜め光源351a、351b、351cは、チャンバ310内でプラズマが生成されている間、かつ、-20℃以下に維持された冷媒が冷媒流路324aに供給されている間に、基板支持部311上の基板Wを加熱するために光を一時的且つ周期的に基板Wに照射するように構成される。複数の斜め光源351a、351b、351cからの光は斜め方向に照射される。そして、第1の光照射部350aは、第1の光源351aと、第1の光源351aから発せられる光をプラズマ処理チャンバ310に伝送する第1の筐体353aと、を含む。同様に、第2の光照射部350bは、第2の光源351b及び第2の筐体353bを含み、第3の光照射部350cは、第3の光源351c及び第3の筐体353cを含む。また、例えば、第1の筐体353aは、第1の端部が第1の光源351aに接続され、第2の端部がプラズマ処理チャンバ310の側壁312に設けられた窓360aに接続される。第1の筐体353aの内壁には、第1の光源351aから発せられる光を反射する第1の反射壁354aが形成される。一例として、第1の反射壁354aは内壁の表面にアルミニウムなどの金属が蒸着されることで形成される。第2の筐体353b及び第3の筐体353cも同様である。

[0090] 第2の実施形態において、複数の斜め光源351a、351b、351cは、プラズマ処理チャンバ310の平面視において回転対称の位置に設けら

れていてもよい。

[0091] 斜め光源 351 としては、第 1 の実施形態で記載したハロゲンヒータランプ、フラッシュランプ又は LED を用いることができる。

[0092] 上記構成を備える光照射部 350 によると、斜め光源 351 から発せられる光が筐体 353 に入り、筐体 353 の内部において反射壁 363 を反射しながら進行し、窓 360 を透過してプラズマ処理チャンバ 310 に伝送される。プラズマ処理チャンバ 310 に伝送された光は、基板支持部 311 上に載置された基板 W の表面に照射される。

[0093] <プラズマエッチング方法>

次に、本実施形態にかかるプラズマエッチング方法について図 12、図 13 を用いて説明する。図 12 はプラズマエッチング方法の構成例を示すフローチャートである。図 13 はプラズマエッチング方法の構成例を示すシーケンスチャートである。プラズマエッチング方法は、上記第 1 から第 3 の実施形態にかかるプラズマ処理装置から選択される何れか一つを含むプラズマ処理システムを用いて実行することができる。なお、下記の任意の操作、測定及び指令等の制御は、制御部 2 を用いて行うことができる。

[0094] 第 1 の工程 ST1 で、冷媒供給部は、流路 120a に冷媒を供給することで、基台 120、324、静電チャック 121、325、及び、基板 W を -20°C 以下に維持するように制御される。エッチング対象膜が Si 膜、SiO₂ 膜、SiN 膜などのシリコン含有膜である場合、基板 W の温度を -20°C 以下に冷却してエッチングすることで、高いエッチングレートでエッチングできる。

[0095] 第 2 の工程 ST2 で、ガス導入部からエッチング用の処理ガスを、所望の圧力及び流量でプラズマ処理チャンバ 10、310 内に供給開始する。

[0096] 第 3 の工程 ST3 で、RF 電源 31、341 から RF 信号をアンテナ 14（第 1 の実施形態又は第 2 の実施形態）、又は、上部電極及び下部電極（第 3 の実施形態）に供給することでプラズマ処理チャンバ 10、310 内にプラズマを生成する。プラズマの生成中、RF 電源 31、341 から基板支持

部 1 1、3 1 1 にバイアス R F 信号を供給し、基板 W へのイオン引き込みによりエッチングを開始する。

[0097] 第 4 の工程 S T 4 で、上記工程 S T 3 で基板 W の所望のエッチング処理が完了したら、処理ガスの供給を停止し、バイアス R F 信号の供給を停止する。

[0098] 第 5 の工程 S T 5 で、光照射部 5 0、2 0 1、3 5 0 からの基板 W に対する光照射を行う。光照射は、定常照射とパルス照射の何れか又はこれらの組合せによって実行することとしてもよい。

[0099] 上記定常照射では、上記工程 S T 5 の継続中、光照射部 5 0、2 0 1、3 5 0 から常に光を発した状態に制御する。かかる定常照射では、基板 W の表層の温度が 1 0 0 ℃ 以上となるまで光を発するように光照射部 5 0、2 0 1、3 5 0 を制御してもよい。また、このような定常照射では、経験的にすべての副生成物が昇華し除去される時間を測定し、かかる時間の間、光を発するように光照射部 5 0、2 0 1、3 5 0 を制御してもよい。上記定常照射の一例として、光源としてハロゲンヒータランプを用いた場合、上記時間は、例えば 1 0 秒間とする。この場合、1 0 秒間で基板 W の表層の温度が副生成物が昇華する温度に達するように、光源から発する光の強さを調整する。

[0100] 上記光照射中は、プラズマ処理チャンバ 1 0、3 1 0 を排気する。これにより、昇華した副生成物をプラズマ処理チャンバ 1 0、3 1 0 の外に排出することができる。

[0101] 第 6 の工程 S T 6 で、所望のレシピに基づきプラズマエッチングを継続するかどうか判断する。プラズマエッチングを継続する場合は、上記工程 S T 2 に戻り再度 S T 2 ～ S T 6 を実行する。プラズマエッチングを継続しない場合は、終了する。

[0102] 一実施形態において、第 5 の工程 S T 5 の実行中に、基板の温度にかかる温度モニタの出力を取得する。また、温度モニタの出力に基づいて、冷媒の第 1 の温度、少なくとも 1 つのヒータに供給される電力、又は、基板支持部上の基板に照射される光の強度、のいずれか少なくとも一つを調節する。

[0103] 一実施形態において、基板支持部が平面視で複数の領域を有し、少なくとも1つのヒータは、前記複数の領域にそれぞれ配置される複数のヒータを含む場合に、第5の工程S T 5の実行中に、基板の温度にかかる温度モニタの出力を取得する。また、温度モニタの出力に基づいて、光が照射されることによって生じる基板支持部上の基板の温度の不均一を是正するために複数のヒータにそれぞれ供給される電力を調節する。すなわち、基板支持部の複数の領域に対応する基板の各領域の温度がそれぞれ異なることが検知された場合に、基板の各領域の温度の不均一を是正するように、その基板の各領域に対応する複数のヒータのそれぞれの温度を調節する。基板の各領域の温度の不均一は、例えば、一の領域が所望の温度よりも高温である場合は対応するヒータの温度を低下させ、他の領域が所望の温度よりも低温である場合は対応する他のヒータの温度を上昇させることにより、是正することができる。

[0104] 今回開示された実施形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。上記の実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。例えば、上記実施形態の構成要件は任意に組み合わせることができる。当該任意の組み合わせからは、組み合わせにかかるそれぞれの構成要件についての作用及び効果が当然に得られるとともに、本明細書の記載から当業者には明らかな他の作用及び他の効果が得られる。

[0105] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、又は、上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

[0106] なお、以下のような構成例も本開示の技術的範囲に属する。

(1) チャンバと、
前記チャンバ内に配置され、冷媒流路を有する基板支持部と、
前記基板支持部の上方に配置される誘電体窓と、
前記誘電体窓の上方に配置されるアンテナと、

前記チャンバ内にプラズマを生成するためにRF信号を前記アンテナに供給するように構成されるRF電源と、

第1の温度に維持された冷媒を前記冷媒流路に供給するように構成される冷媒供給部と、

前記基板支持部内に配置される少なくとも1つのヒータと、

前記少なくとも1つのヒータに電力を供給するように構成されるヒータ電源と、

前記チャンバ内で前記プラズマが生成されている間、かつ、前記第1の温度に維持された前記冷媒が前記冷媒流路に供給されている間に、前記基板支持部上の前記基板を加熱するために光を一時的且つ周期的に前記基板に照射するように構成される少なくとも1つの光源と、

前記基板支持部上の前記基板の温度をモニタするように構成される温度モニタと、

前記温度モニタの出力に基づいて、前記冷媒の前記第1の温度、前記少なくとも1つのヒータに供給される電力、及び／又は、前記基板支持部上の前記基板に照射される前記光の強度、を調節するよう前記冷媒供給部、前記ヒータ電源及び／又は前記少なくとも1つの光源を制御するように構成される制御部と、

を備える、プラズマ処理装置。

(2) 前記第1の温度は、 -20°C 以下である、上記(1)に記載のプラズマ処理装置。

(3) 前記基板支持部上の基板は、前記プラズマによりエッチングされ、これにより、前記基板上に副生成物が形成され、
前記基板上の前記副生成物は、前記光により昇華される、上記(1)又は(2)に記載のプラズマ処理装置。

(4) 前記基板支持部上の基板は、前記光により 100°C 以上まで加熱される、上記(3)に記載のプラズマ処理装置。

(5) 前記光の照射時間は、10秒以下である、上記(4)に記載のプラズ

マ処理装置。

(6) 前記基板支持部上の基板は、前記プラズマによりエッチングされ、前記光は、エッチングの反応を促進する、上記(1)又は(2)に記載のプラズマ処理装置。

(7) 前記光は、300nm～1100nmの範囲内の波長を有する、上記(1)～(6)のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置。

(8) 前記少なくとも1つの光源は、前記アンテナの中心軸に重なるように配置される第1の光源を含む、上記(1)～(7)のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置。

(9) 前記少なくとも1つの光源は、前記チャンバの側壁に沿って周方向に配列される複数の光源を含む、上記(1)～(7)のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置。

(10) 前記第1の光源は、半球状レンズを含む、上記(8)に記載のプラズマ処理装置。

(11) 前記複数の光源の各々は、半球状レンズを含む、上記(9)に記載のプラズマ処理装置。

(12) 前記少なくとも1つの光源は、ハロゲンヒータランプを含む、上記(7)～(11)のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

(13) 前記少なくとも1つの光源は、フラッシュランプを含む、上記(7)～(11)のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

(14) 前記少なくとも1つの光源は、LEDを含む、上記(7)～(11)のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

(15) 前記基板支持部は、平面視で複数の領域を有し、前記少なくとも1つのヒータは、前記複数の領域にそれぞれ配置される複数のヒータを含み、

前記制御部は、前記温度モニタの出力に基づいて、前記光が照射されることによって生じる前記基板支持部上の前記基板の温度の不均一を是正するために前記複数のヒータにそれぞれ供給される電力を調節するよう前記ヒータ電

源を制御するように構成される、上記上記（１）～（１４）のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置。

（１６）前記温度モニタは、
前記基板支持部上の前記基板を透過可能な電磁波を発するように構成されるモニタ光源と、
前記モニタ光源で発生した前記電磁波を前記基板支持部上の前記基板へ斜めに出射するように構成される出射部と、
前記基板をはさんで前記出射部の反対側に配置され、前記基板支持部上の前記基板の表面及び裏面で反射した反射波を入射するように構成される受光部と、を含み、
前記制御部は、前記受光部に入射された前記反射波に基づいて、前記基板支持部上の前記基板の温度を決定するように構成される、上記（１）～（１５）のいずれか一つに記載のプラズマ処理装置。

（１７）チャンバと、
前記チャンバ内に配置され、冷媒流路を有する基板支持部と、
前記チャンバ内にプラズマを生成するＲＦ電源を有するプラズマ生成部と、
前記基板支持部上の基板を冷却するために第１の温度に維持された冷媒を前記冷媒流路に供給するように構成される冷媒供給部と、
前記チャンバ内で前記プラズマが生成されている間、かつ、前記第１の温度に維持された前記冷媒が前記冷媒流路に供給されている間に、前記基板支持部上の前記基板を加熱するために光を一時的且つ周期的に前記基板に照射するように構成される少なくとも１つの光源と、
を備える、プラズマ処理装置。

（１８）前記第１の温度は、 -20°C 以下である、上記（１７）に記載のプラズマ処理装置。

（１９）前記基板支持部上の基板は、前記プラズマによりエッチングされ、これにより、前記基板上に副生成物が形成され、
前記基板上の前記副生成物は、前記光により昇華される、上記（１８）に記

載のプラズマ処理装置。

(20) 前記光の照射時間は、10秒以下である、上記(19)に記載のプラズマ処理装置。

(21) 前記光は、300nm～1100nmの範囲内の波長を有する、上記(17)～(20)に記載のプラズマ処理装置。

(22) 前記少なくとも1つの光源は、前記チャンバの側壁に沿って周方向に配列される複数の光源を含む、上記(21)に記載のプラズマ処理装置。

(23) チャンバ内の基板支持部上に基板を載置する工程と、前記チャンバ内にプラズマを生成して、前記基板に対してプラズマエッチングを行う工程と、

プラズマエッチングを行う前記工程の間、前記基板支持部内の冷媒流路に冷媒を供給する冷媒供給部を制御して、基板を−20℃以下に維持する工程と、

、

プラズマエッチングを行う前記工程の間、且つ、前記基板が−20℃以下に維持されている前記工程の間、光を前記基板に照射して、基板を一時的且つ周期的に加熱するように光照射部を制御する工程と、を備える、

プラズマエッチング方法。

符号の説明

[0107]	1、200、300	プラズマ処理装置
	2	制御部
	10、310	プラズマ処理チャンバ
	11、311	基板支持部
	14	アンテナ
	31、341	RF電源
	50、201、350	光照射部
	51、202、351	光源
	100	光干渉システム
	101	誘電体窓

W

基板

請求の範囲

- [請求項1] チャンバと、
前記チャンバ内に配置され、冷媒流路を有する基板支持部と、
前記基板支持部の上方に配置される誘電体窓と、
前記誘電体窓の上方に配置されるアンテナと、
前記チャンバ内にプラズマを生成するためにRF信号を前記アンテナに供給するように構成されるRF電源と、
第1の温度に維持された冷媒を前記冷媒流路に供給するように構成される冷媒供給部と、
前記基板支持部内に配置される少なくとも1つのヒータと、
前記少なくとも1つのヒータに電力を供給するように構成されるヒータ電源と、
前記チャンバ内で前記プラズマが生成されている間、かつ、前記第1の温度に維持された前記冷媒が前記冷媒流路に供給されている間に、
前記基板支持部上の前記基板を加熱するために光を一時的且つ周期的に前記基板に照射するように構成される少なくとも1つの光源と、
前記基板支持部上の前記基板の温度をモニタするように構成される温度モニタと、
前記温度モニタの出力に基づいて、前記冷媒の前記第1の温度、前記少なくとも1つのヒータに供給される電力、及び／又は、前記基板支持部上の前記基板に照射される前記光の強度、を調節するよう前記冷媒供給部、前記ヒータ電源及び／又は前記少なくとも1つの光源を制御するように構成される制御部と、
を備える、プラズマ処理装置。
- [請求項2] 前記第1の温度は、 -20°C 以下である、請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項3] 前記基板支持部上の基板は、前記プラズマによりエッチングされ、これにより、前記基板上に副生成物が形成され、

前記基板上の前記副生成物は、前記光により昇華される、請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4] 前記基板支持部上の基板は、前記光により 100℃以上まで加熱される、請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記光の照射時間は、10秒以下である、請求項 4 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記基板支持部上の基板は、前記プラズマによりエッチングされ、前記光は、エッチングの反応を促進する、請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記光は、300nm～1100nmの範囲内の波長を有する、請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記少なくとも 1 つの光源は、前記アンテナの中心軸に重なるように配置される第 1 の光源を含む、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記少なくとも 1 つの光源は、前記チャンバの側壁に沿って周方向に配列される複数の光源を含む、請求項 7 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 前記第 1 の光源は、半球状レンズを含む、請求項 8 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項11] 前記複数の光源の各々は、半球状レンズを含む、請求項 9 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項12] 前記少なくとも 1 つの光源は、ハロゲンヒータランプを含む、請求項 7～11 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項13] 前記少なくとも 1 つの光源は、フラッシュランプを含む、請求項 7～11 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項14] 前記少なくとも 1 つの光源は、LEDを含む、請求項 7～11 のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項15] 前記基板支持部は、平面視で複数の領域を有し、前記少なくとも 1 つのヒータは、前記複数の領域にそれぞれ配置される複数のヒータを含み、

前記制御部は、前記温度モニタの出力に基づいて、前記光が照射されることによって生じる前記基板支持部上の前記基板の温度の不均一を是正するために前記複数のヒータにそれぞれ供給される電力を調節するように前記ヒータ電源を制御するように構成される、請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項16]

前記温度モニタは、
前記基板支持部上の前記基板を透過可能な電磁波を発するように構成されるモニタ光源と、
前記モニタ光源で発生した前記電磁波を前記基板支持部上の前記基板へ斜めに出射するように構成される出射部と、
前記基板をはさんで前記出射部の反対側に配置され、前記基板支持部上の前記基板の表面及び裏面で反射した反射波を入射するように構成される受光部と、を含み、
前記制御部は、前記受光部に入射された前記反射波に基づいて、前記基板支持部上の前記基板の温度を決定するように構成される、請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ処理装置。

[請求項17]

チャンバと、
前記チャンバ内に配置され、冷媒流路を有する基板支持部と、
前記チャンバ内にプラズマを生成する RF 電源を有するプラズマ生成部と、
前記基板支持部上の基板を冷却するために第 1 の温度に維持された冷媒を前記冷媒流路に供給するように構成される冷媒供給部と、
前記チャンバ内で前記プラズマが生成されている間、かつ、前記第 1 の温度に維持された前記冷媒が前記冷媒流路に供給されている間に、
前記基板支持部上の前記基板を加熱するために光を一時的且つ周期的に前記基板に照射するように構成される少なくとも 1 つの光源と、
を備える、プラズマ処理装置。

[請求項18]

前記第 1 の温度は、 -20°C 以下である、請求項 17 に記載のプラズ

マ処理装置。

[請求項19] 前記基板支持部上の基板は、前記プラズマによりエッチングされ、これにより、前記基板上に副生成物が形成され、
前記基板上の前記副生成物は、前記光により昇華される、請求項18に記載のプラズマ処理装置。

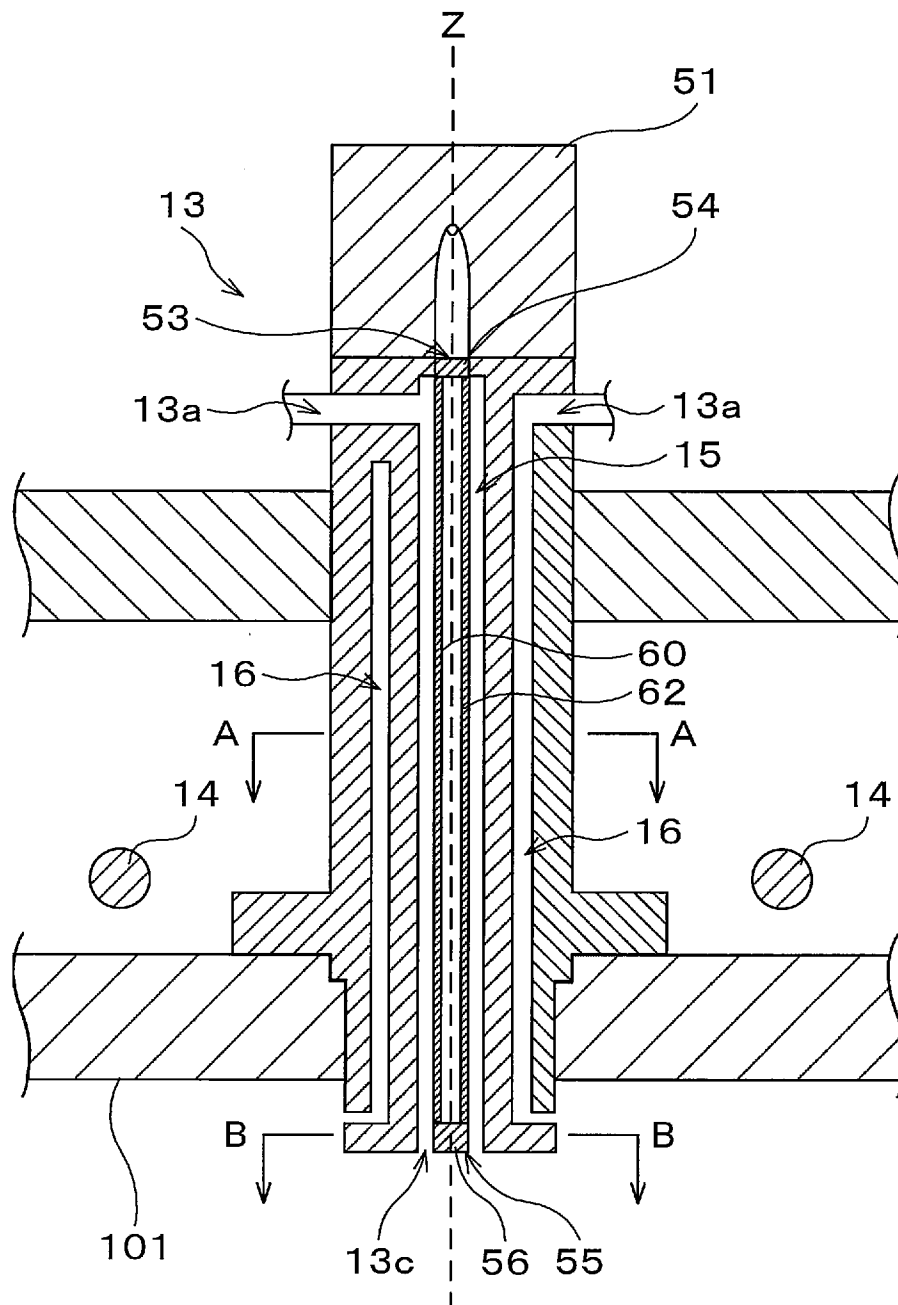
[請求項20] 前記光の照射時間は、10秒以下である、請求項19に記載のプラズマ処理装置。

[請求項21] 前記光は、300nm～1100nmの範囲内の波長を有する、請求項17に記載のプラズマ処理装置。

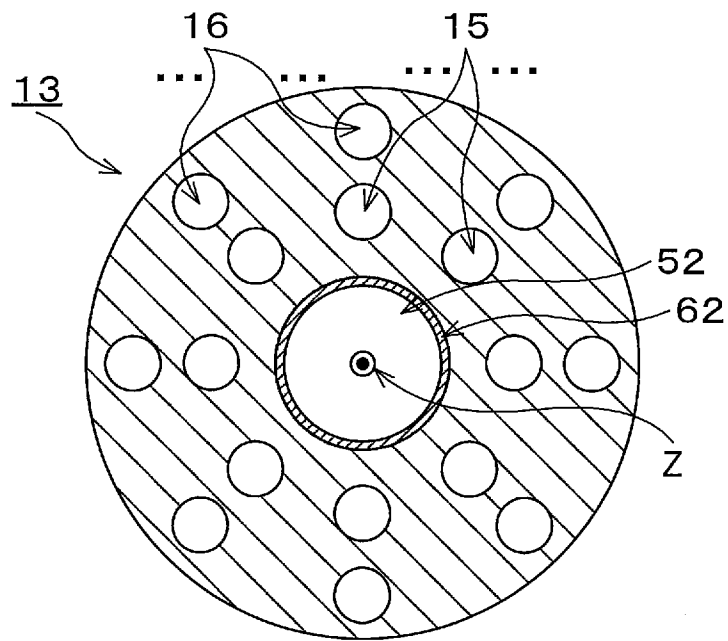
[請求項22] 前記少なくとも1つの光源は、前記チャンバの側壁に沿って周方向に配列される複数の光源を含む、請求項21に記載のプラズマ処理装置。

[請求項23] チャンバ内の基板支持部上に基板を載置する工程と、
前記チャンバ内にプラズマを生成して、前記基板に対してプラズマエッチングを行う工程と、
プラズマエッチングを行う前記工程の間、前記基板支持部内の冷媒流路に冷媒を供給する冷媒供給部を制御して、基板を -20°C 以下に維持する工程と、
プラズマエッチングを行う前記工程の間、且つ、前記基板が -20°C 以下に維持されている前記工程の間、光を前記基板に照射して、基板を一時的且つ周期的に加熱するように光照射部を制御する工程と、を備える、
プラズマエッチング方法。

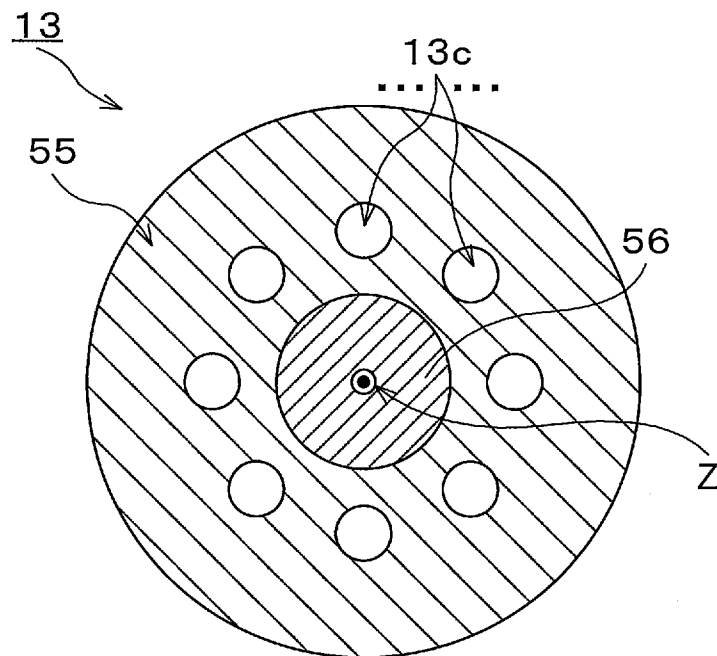
[図3]



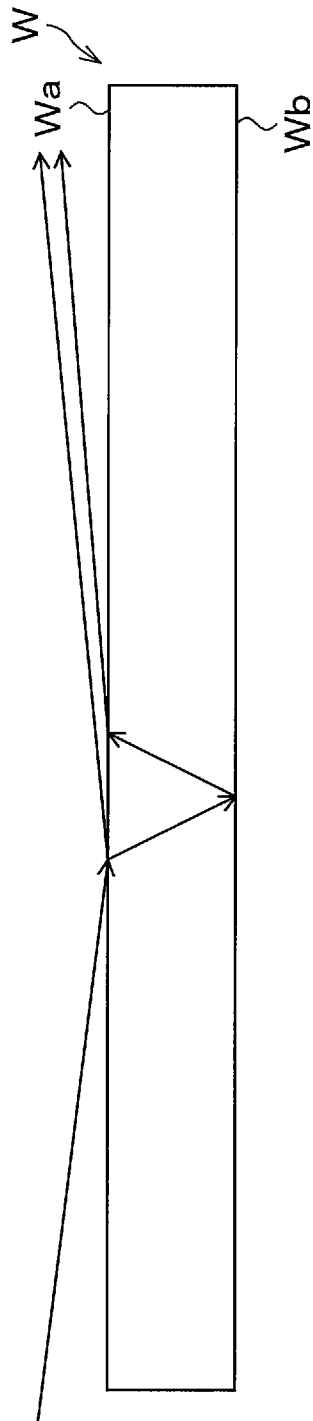
[図4]



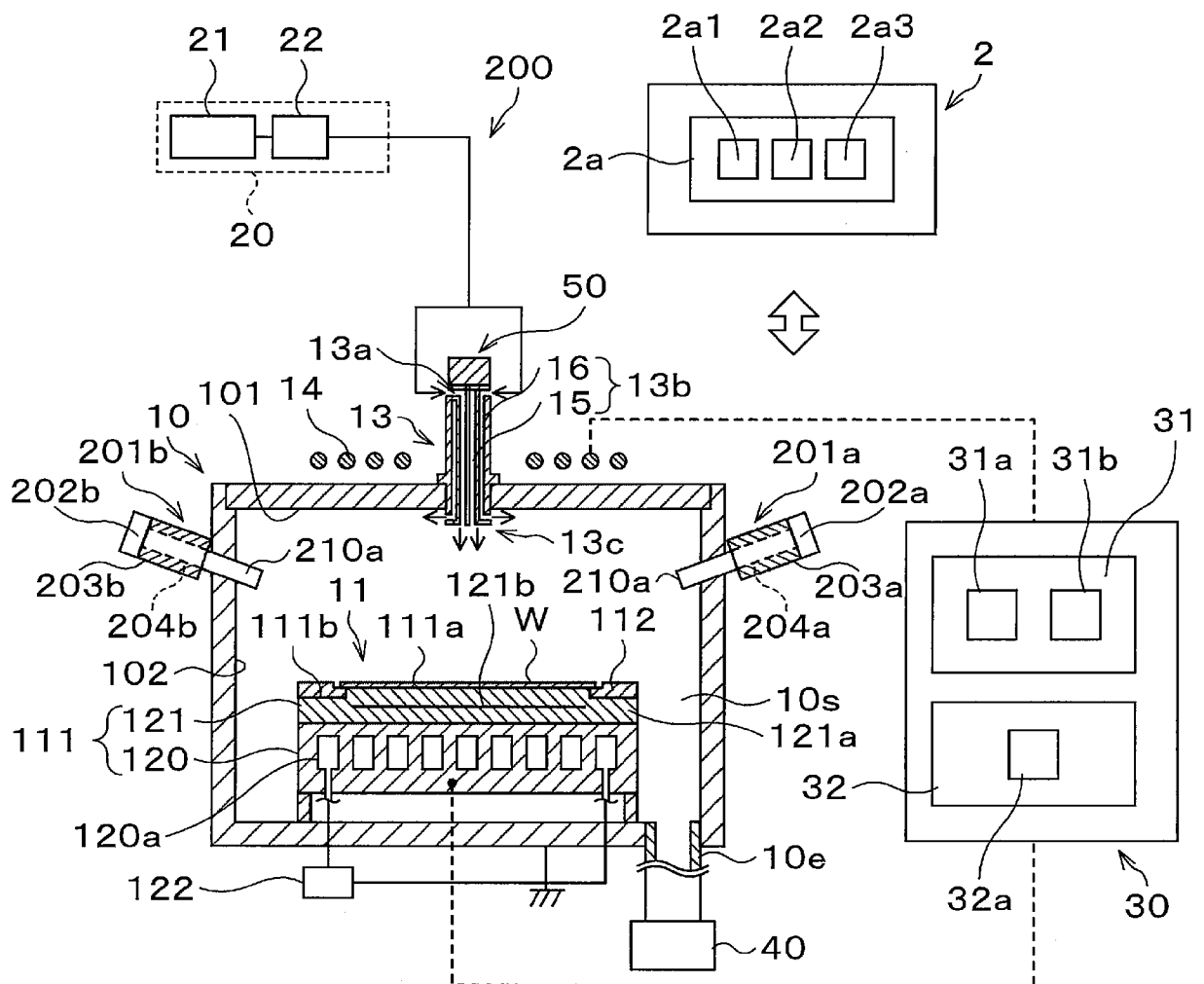
[図5]



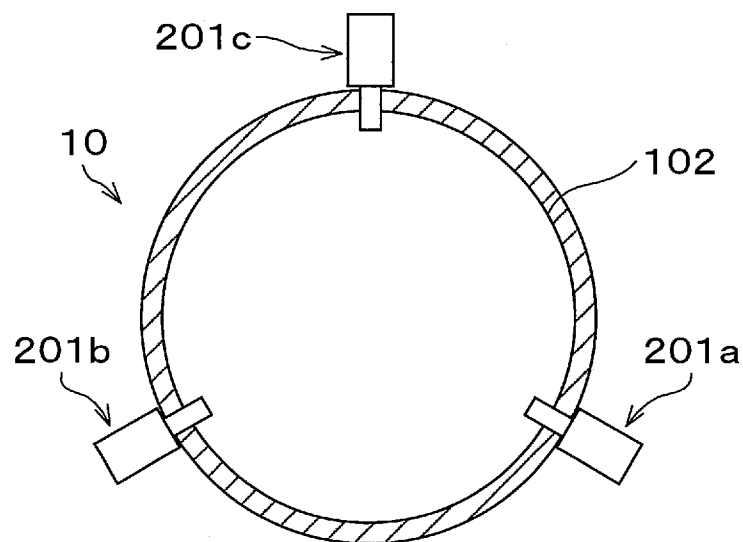
[図7]



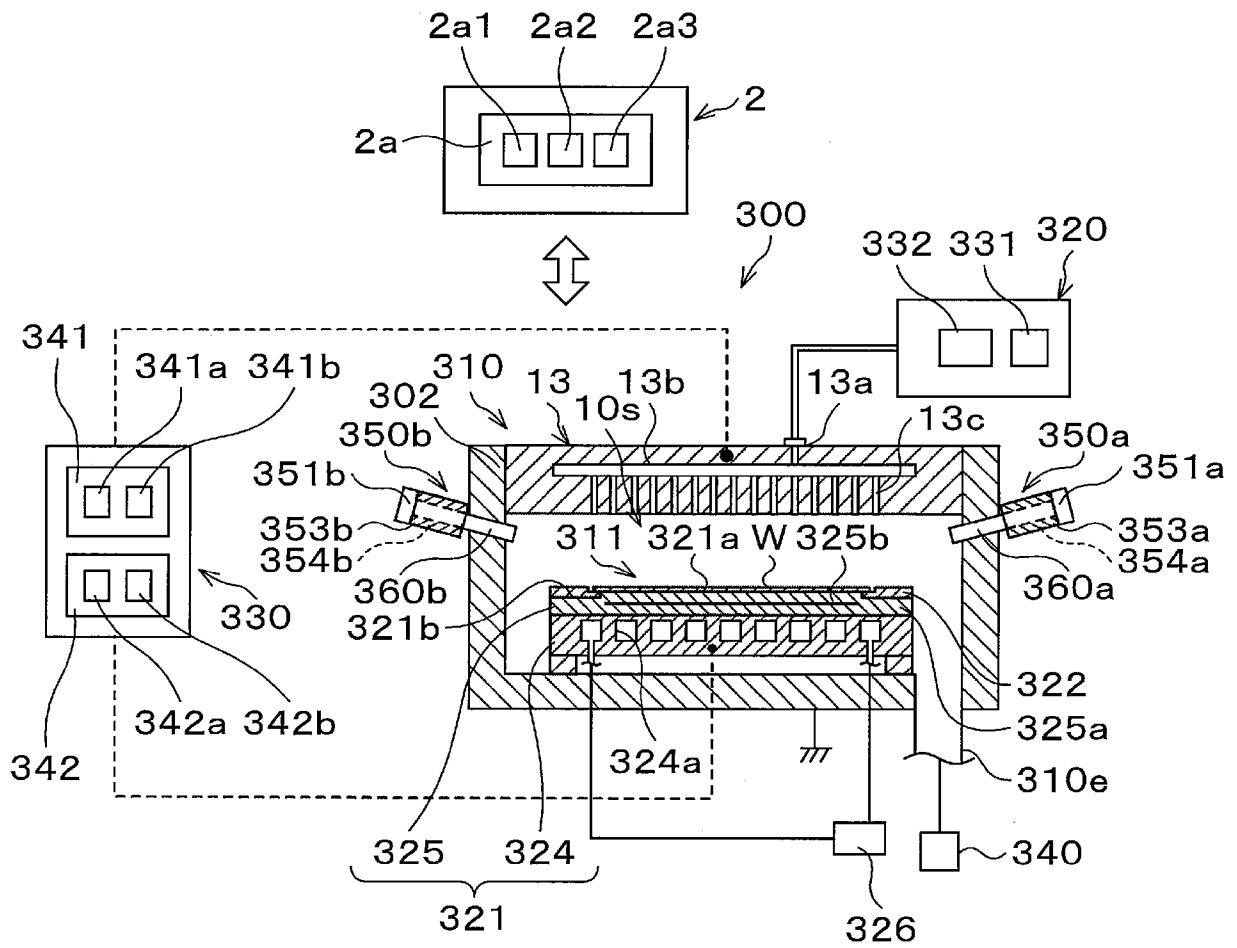
[図8]



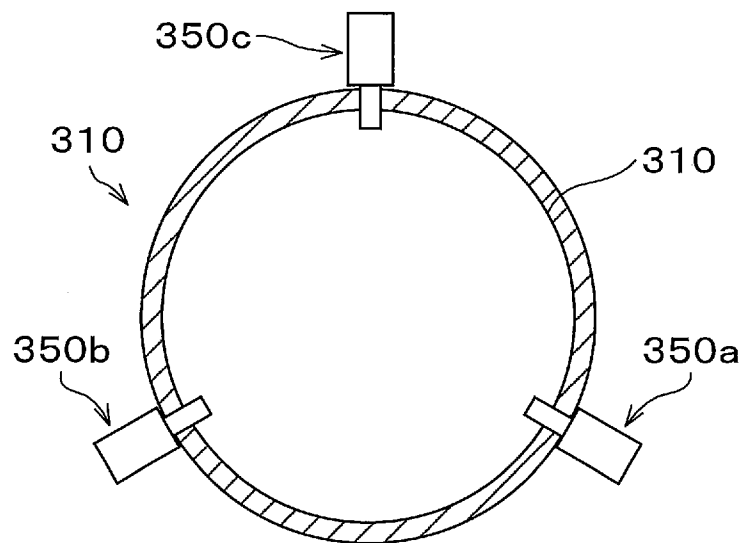
[図9]



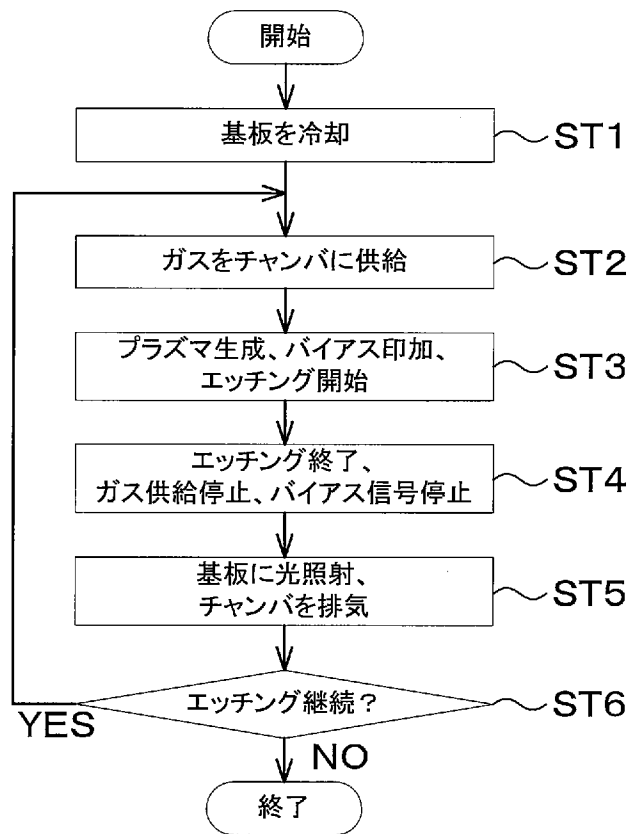
[図10]



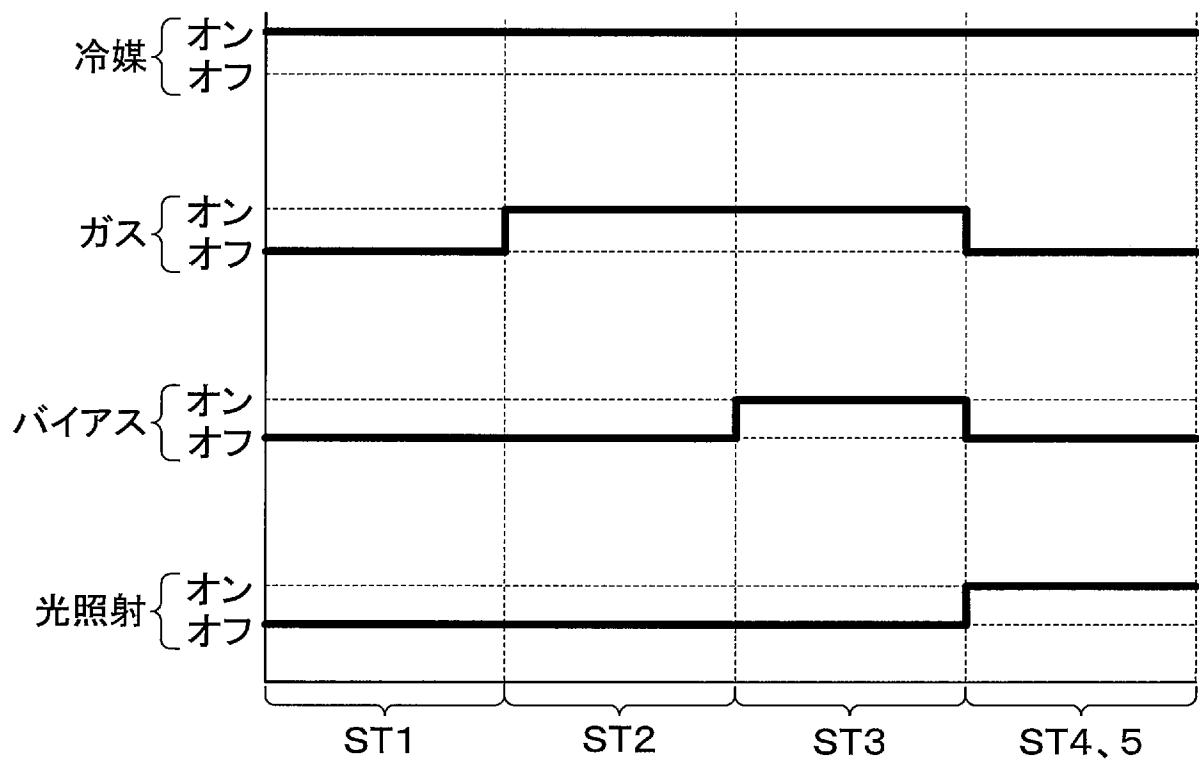
[図11]



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/002218

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01L 21/3065 (2006.01)i FI: H01L21/302 101C 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 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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	WO 2020/110192 A1 (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORPORATION) 04 June 2020 (2020-06-04) paragraphs [0020]-[0034], [0064], [0070]	1-23
Y	JP 8-222549 A (SONY CORPORATION) 30 August 1996 (1996-08-30) paragraphs [0020], [0027], [0034], [0035]	1-23
Y	JP 2020-43180 A (TOKYO ELECTRON LIMITED) 19 March 2020 (2020-03-19) paragraphs [0042], [0044], [0049]-[0051], [0059]-[0061], [0083]	1-23
Y	JP 5-251397 A (FUJITSU LIMITED) 28 September 1993 (1993-09-28) paragraphs [0017]-[0022]	16
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 13 March 2024		Date of mailing of the international search report 26 March 2024
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/JP2024/002218

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/110192	A1	04 June 2020	US 2021/0366791 A1 paragraphs [0027]-[0043], [0074], [0080] KR 10-2020-0066589 A CN 111492466 A TW 202036678 A	
JP	8-222549	A	30 August 1996	(Family: none)	
JP	2020-43180	A	19 March 2020	KR 10-2020-0028839 A	
JP	5-251397	A	28 September 1993	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H01L 21/3065(2006.01)i
FI: H01L21/302 101C

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））
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

日本国実用新案公報

1922 - 1996年

日本国公開実用新案公報

1971 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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	WO 2020/110192 A1（株式会社日立ハイテクノロジーズ）04.06.2020（2020 - 06 - 04） [0020]-[0034], [0064], [0070]	1-23
Y	JP 8-222549 A（ソニー株式会社）30.08.1996（1996 - 08 - 30） [0020], [0027], [0034], [0035]	1-23
Y	JP 2020-43180 A（東京エレクトロン株式会社）19.03.2020（2020 - 03 - 19） [0042], [0044], [0049]-[0051], [0059]-[0061], [0083]	1-23
Y	JP 5-251397 A（富士通株式会社）28.09.1993（1993 - 09 - 28） [0017]-[0022]	16

☐ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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

13. 03. 2024

国際調査報告の発送日

26. 03. 2024

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）

山口 祐一郎 50 5093

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

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/JP2024/002218

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/110192	A1	04.06.2020	US 2021/0366791 A1 [0027]-[0043], [0074], [0080] KR 10-2020-0066589 A CN 111492466 A TW 202036678 A	
JP	8-222549	A	30.08.1996	(ファミリーなし)	
JP	2020-43180	A	19.03.2020	KR 10-2020-0028839 A	
JP	5-251397	A	28.09.1993	(ファミリーなし)	