(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
2022年9月29日(29.09.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/201879 A1

(51) 国際特許分類:
H05H 1/24 (2006.01) *H01L 21/304* (2006.01)
H01L 21/3065 (2006.01) *H01L 21/306* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/003830

(22) 国際出願日： 2022年2月1日(01.02.2022)

(25) 国際出願の言語： 日本語

(26) 国際公開の言語： 日本語

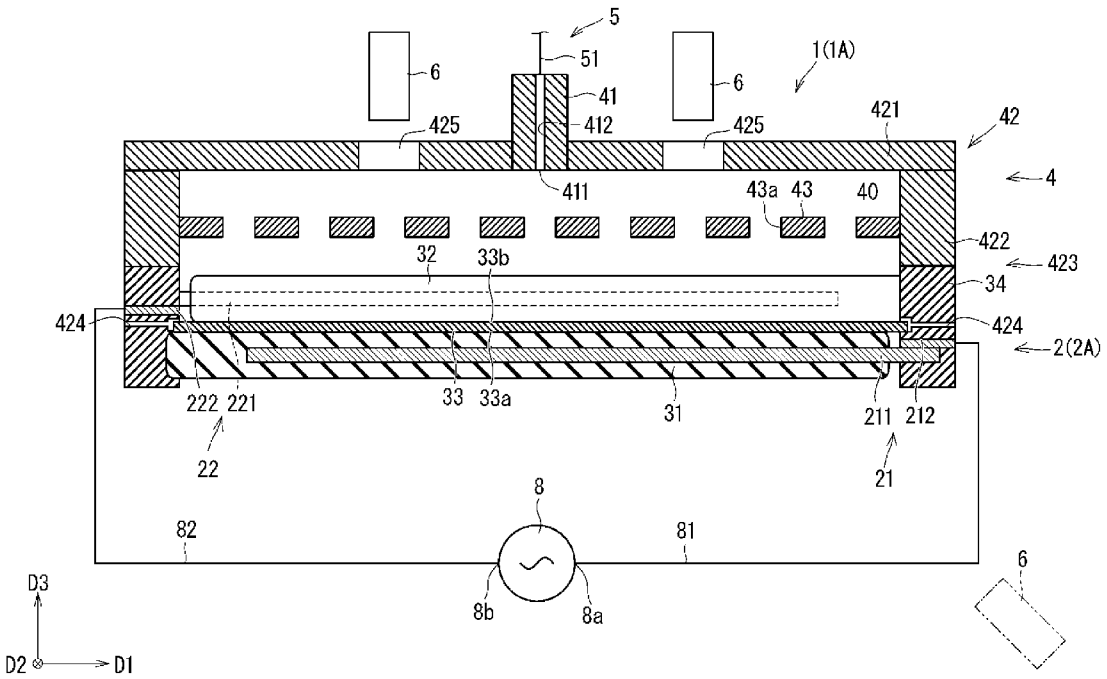
(30) 優先権データ：
特願 2021-047405 2021年3月22日(22.03.2021) JP
特願 2021-047406 2021年3月22日(22.03.2021) JP
特願 2021-050142 2021年3月24日(24.03.2021) JP
特願 2021-151917 2021年9月17日(17.09.2021) JP
特願 2021-151918 2021年9月17日(17.09.2021) JP

(71) 出願人: 株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス (**SCREEN HOLDINGS CO., LTD.**) [JP/JP]; 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ Kyoto (JP).

(72) 発明者: 竹 市 弥 生 (**TAKEICHI Yayoi**); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ 株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス内 Kyoto (JP). 堀越 章 (**HORIKOSHI Akira**); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ 株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス内 Kyoto (JP). 上野 美佳 (**UENO Miyoshi**); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ 株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス

(54) **Title:** PLASMA GENERATOR, PLASMA GENERATION METHOD, SUBSTRATE TREATMENT DEVICE, SUBSTRATE TREATMENT METHOD, AND ELECTRODE STRUCTURE FOR PLASMA GENERATION

(54) 発明の名称： プラズマ発生装置、プラズマ発生方法、基板処理装置、基板処理方法、およびプラズマ発生用電極構造



(57) **Abstract:** Provided is a feature by which the temperature of a plasma source can be controlled with greater precision. A plasma generator according to the present invention comprises a plasma source, a cooling member, a temperature measuring unit, and a control unit. The plasma source generates plasma. The cooling member has at least one air supply

WO 2022/201879 A1

［続葉有］

内 Kyoto (JP). 中西 健二(NAKANISHI Kenji); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町１番地の１ 株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 吉竹 英俊, 外(YOSHITAKE Hidetoshi et al.); 〒5400001 大阪府大阪市中央区城見１丁目４番７０号住友生命ＯＢＰプラザビル１０階 Osaka (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, IT, 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, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

port for supplying a cooling gas to the plasma source. The temperature measuring unit measures the temperature of the plasma source. The control unit controls the flow rate of the cooling gas on the basis of the measured temperature measured by the temperature measuring unit.

(57) 要約：より高い精度でプラズマ源の温度を制御できる技術が提供される。プラズマ発生装置は、プラズマ源と、冷却部材と、温度測定部と、制御部とを備える。プラズマ源はプラズマを発生させる。冷却部材は、プラズマ源に冷却用ガスを供給するための少なくとも一つの給気口を有する。温度測定部はプラズマ源の温度を測定する。制御部は、温度測定部によって測定された測定温度に基づいて冷却用ガスの流量を制御する。

明　細　書

発明の名称 ：

プラズマ発生装置、プラズマ発生方法、基板処理装置、基板処理方法、およびプラズマ発生用電極構造

技術分野

[0001] 本願は、プラズマ発生装置、プラズマ発生方法、基板処理装置、基板処理方法、およびプラズマ発生用電極構造に関する。

背景技術

[0002] 処理対象物の表面を広く処理するために、特許文献１に記載の装置が提案されている。特許文献１に記載のプラズマ発生装置は、一つの主面がプラズマ発生面となる隔離部材と、プラズマ発生面から突設された線状導体を有する第１電極と、隔離部材を介して第１電極と対向する第２電極と、を備える。この装置は、第１電極と第２電極との間に交流電圧が印加されることにより、プラズマ発生面からプラズマを発生させる。

[0003] 従来から、大気圧下でプラズマを発生させるプラズマ源が提案されている（例えば特許文献１）。特許文献１では、プラズマ源は複数の第１線状導体と複数の第２線状導体と板状の隔離部材とを含んでいる。複数の第１線状導体は隔離部材の一方側において互いに平行に設けられ、複数の第２線状導体は隔離部材の他方側において互いに平行に設けられる。各第１線状導体および各第２線状導体は隔離部材の厚み方向において互いに対向しておらず、厚み方向に沿って見て、第１線状導体および第２線状導体は交互に配列される。このようなプラズマ源において、第１線状導体と第２線状導体との間に交流電圧が印加されることにより、プラズマ源の周囲にプラズマが生成される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開２０１９－６１７５９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] プラズマ源の周囲にプラズマが生成されると、プラズマによって熱が生じるので、プラズマ源の温度が高くなる。

[0006] 耐熱性の高い部材でプラズマ源を構成すれば、プラズマ源は高温に耐えることができるものの、その製造コストは高くなる。そこでプラズマ源を冷却することが考えられる。しかしプラズマ源を冷却しすぎるとプラズマが消失し得る。本願は、より高い精度でプラズマ源の温度を制御できる技術を提供することを第１の目的とする。

[0007] プラズマ源の温度を測定するために、サーモカメラを用いることが考えられる。しかしながら、サーモカメラは高価であるので、プラズマ発生装置の製造コストの増大を招く。本願は、より安価な構成でプラズマ源の温度を測定できる技術を提供することを第２の目的とする。

[0008] プラズマを発生させる観点から、第１電極と第２電極との間の距離は電気的に互いに影響し合う程度に近接することが望ましい。プラズマの発生に伴う熱が、処理対象へ与える影響は小さいことが望ましい。特許文献１の隔壁部材に薄型の隔壁部材が採用されることは、プラズマを発生させ、かつ放熱性も高める。このため、特許文献１の隔壁部材に薄型の隔壁部材が採用されると、プラズマの発生に伴う熱が処理対象へ与える影響を小さくすることに寄与する。

[0009] しかしながらこのような薄型の隔離部材は、熱や力がかかると変形しやすい。例えば、対象物に近接した状態で隔壁部材が変形してしまうと、第１電極あるいは隔壁部材が対象物に当接する恐れがある。

[0010] このため、隔壁部材が熱や力が加わっても変形しないようにするために、隔壁部材を厚くして剛性を高めることが考えられるが、隔壁部材が厚くなると放熱性が悪化してしまう。

[0011] 本願は、隔壁部材を厚くして剛性を高めても放熱性が悪化しない技術を提供することを第３の目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] プラズマ発生装置の第１の態様は、プラズマを発生させるプラズマ源と、前記プラズマ源に冷却用ガスを供給するための少なくとも一つの給気口を有する冷却部材と、前記プラズマ源の温度を測定する温度測定部と、前記温度測定部によって測定された測定温度に基づいて前記冷却用ガスの流量を制御する制御部とを備える。

[0013] プラズマ発生装置の第２の態様は、第１の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記プラズマ源は、処理対象側の処理空間と、前記処理空間と反対側の冷却空間とを仕切る仕切部材を有し、前記少なくとも一つの給気口は前記冷却空間に設けられる。

[0014] プラズマ発生装置の第３の態様は、第２の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記プラズマ源は、第１線状電極および第２線状電極を含み、前記仕切部材は、前記第１線状電極が挿入された第１穴と、前記第２線状電極が挿入された第２穴とを有する。

[0015] プラズマ発生装置の第４の態様は、第２の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記プラズマ源は、前記仕切部材よりも前記処理対象とは反対側に設けられる第１線状電極と、前記仕切部材よりも前記処理対象側に設けられ、前記仕切部材の厚み方向において前記第１線状電極と対向しない位置に設けられる第２線状電極とをさらに含み、前記冷却用ガスは、第１ガス、および、前記第１ガスよりもプラズマ化しやすい第２ガスを含む。

[0016] プラズマ発生装置の第５の態様は、第４の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記制御部は、前記測定温度が第１温度であるときの前記第１ガスの流量を、前記測定温度が前記第１温度よりも低い第２温度であるときの前記第１ガスの流量よりも大きくする。

[0017] プラズマ発生装置の第６の態様は、第４または第５の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記制御部は、前記測定温度が第１温度であるときの前記第２ガスの流量を、前記測定温度が前記第１温度よりも低い第２温度であるときの前記第２ガスの流量よりも小さくする。

[0018] プラズマ発生装置の第７の態様は、第２から第６のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記少なくとも一つの給気口は、前記冷却空間に接する前記仕切部材の冷却面に対向する位置に設けられ、前記少なくとも一つの給気口は前記仕切部材の前記冷却面に向かって開口する。

[0019] プラズマ発生装置の第８の態様は、第７の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記冷却部材は、前記仕切部材に対して前記処理対象とは反対側に設けられ、前記プラズマ源の周縁に連結されて前記プラズマ源とともにガス空間を形成する流路形成部材をさらに含み、前記少なくとも一つの給気口は前記ガス空間において開口しており、前記流路形成部材の側壁には、前記ガス空間から前記冷却用ガスを排出する少なくとも一つの排気路が形成されている。

[0020] プラズマ発生装置の第９の態様は、第８の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記流路形成部材の前記側壁には、複数の前記排気路が形成されており、前記複数の排気路は、前記流路形成部材の前記側壁の周方向において互いに異なる位置に形成される。

[0021] プラズマ発生装置の第１０の態様は、第１から第７のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記冷却部材は、複数の前記給気口を含み、前記複数の給気口は、前記プラズマ源のうち互いに異なる複数の領域に向かって前記冷却用ガスを流出させ、前記制御部は、前記複数の領域の各々に供給する前記冷却用ガスの流量を個別に制御する。

[0022] プラズマ発生装置の第１１の態様は、第１０の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記冷却部材は、前記冷却用ガスが前記複数の領域に向かってそれぞれ流れる複数のガス流路を仕切る流路仕切部材をさらに備える。

[0023] プラズマ発生装置の第１２の態様は、第１１の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記冷却部材は、前記複数のガス流路にそれぞれ対応して設けられた複数の排気路をさらに含む。

[0024] プラズマ発生装置の第１３の態様は、第２の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記冷却部材は、前記プラズマ源のうち互いに異なる複数の領

域に向かって前記冷却用ガスを流出させる複数の前記給気口と、前記冷却用ガスが前記複数の領域に向かってそれぞれ流れる複数のガス流路を仕切る流路仕切部材と、前記複数のガス流路にそれぞれ対応して設けられた複数の排気路と、を含み、前記制御部は、前記複数の領域の各々に供給する前記冷却用ガスの流量を個別に制御し、前記流路仕切部材は、前記冷却空間に接する前記仕切部材の冷却面に当接している。

[0025] プラズマ発生装置の第１４の態様は、第１０から第１３のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記制御部は、前記温度測定部によって測定された前記複数の領域の温度の差が低減するように、前記冷却用ガスの流量を個別に制御する。

[0026] プラズマ発生装置の第１５の態様は、第１から第１４のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記温度測定部は、前記プラズマ源に対して処理対象とは反対側の位置に設けられる。

[0027] プラズマ発生装置の第１６の態様は、第１から第１５のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記冷却部材は、前記少なくとも一つの給気口から流出した前記冷却用ガスを整流する整流部材を含み、前記整流部材を通じて前記冷却用ガスを前記プラズマ源に供給する。

[0028] 基板処理装置の第１の態様は、基板を保持する基板保持部と、前記基板保持部によって保持された前記基板の主面に処理液を供給するノズルと、第１０から第１４のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置とを備え、前記プラズマ源は、前記基板保持部によって保持された前記基板の前記主面に対向する位置に設けられ、前記プラズマ源の前記複数の領域は、平面視において、前記基板の前記主面の第１中央領域と対向する第２中央領域と、前記基板の前記主面の第１周縁領域に対応する第２周縁領域とを含み、前記制御部は、前記第２周縁領域の温度が前記第２中央領域の温度よりも高くなるように、前記冷却用ガスの流量を調整する。

[0029] プラズマ発生方法の態様は、プラズマ源がプラズマを発生させる工程と、前記プラズマ源の温度を温度測定部によって測定する工程と、前記温度測定

部によって測定された温度に基づいた流量で冷却用ガスを前記プラズマ源に供給する工程とを備える。

[0030] プラズマ発生装置の第１７の態様は、プラズマを発生させるプラズマ源と、前記プラズマの発光強度を測定するセンサと、前記プラズマの発光強度と前記プラズマ源の温度との対応関係を示す対応関係情報を記憶する記憶部と、前記センサによって測定された前記プラズマの発光強度と、前記記憶部に記憶された前記対応関係情報とに基づいて、前記プラズマ源の温度を求める制御部とを備える。

[0031] プラズマ発生装置の第１８の態様は、第１７の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記プラズマ源は、平面型のプラズマ源であり、前記センサは、前記プラズマ源のプラズマ発生領域を含む撮像領域を撮像するカメラを含む。

[0032] プラズマ発生装置の第１９の態様は、第１７または第１８の態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記制御部は、前記センサによって測定された前記プラズマの発光強度に基づいて、前記プラズマが発生しているか否かを判断する。

[0033] プラズマ発生装置の第２０の態様は、第１７から第１９のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記センサは、互いに異なる色の光を受光して複数種類の色情報をそれぞれ出力する複数種類の受光素子を含む。

[0034] プラズマ発生装置の第２１の態様は、第１７から第２０のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置であって、前記プラズマ源は、第１線状電極と、第２線状電極と、前記第１線状電極が挿入された第１穴、および、前記第２線状電極が挿入された第２穴を有する誘電体とを含む。

[0035] 基板処理装置の第２の態様は、第１７から第２１のいずれか一つの態様にかかるプラズマ発生装置と、基板を保持する基板保持部と、前記プラズマ源を、前記基板保持部によって保持された前記基板に対して相対的に移動させる移動機構とを備え、前記制御部は、前記プラズマ源が前記基板の主面から

離れた第１位置に位置する状態において、前記プラズマ源に前記プラズマを発生させ、前記プラズマ源が前記プラズマを発生させた後に、前記プラズマ源への出力電力を低下させて前記プラズマ源の温度を低下させ、又は、前記プラズマ源への出力電力を上昇させて前記プラズマ源の温度を上昇させ、前記プラズマ源の温度を低下又は上昇させた後に、前記移動機構を制御して、前記プラズマ源を前記第１位置よりも前記基板の前記主面に近い第２位置に移動させる。

[0036] 基板処理方法の態様は、基板保持部が基板を保持する保持工程と、プラズマ源が、前記基板保持部によって保持された前記基板の主面から離れた第１位置に位置する状態で、前記プラズマ源にプラズマを発生させ始めるプラズマ点灯工程と、前記プラズマが発生した後に、前記プラズマ源の温度を低下又は上昇させる温度調整工程と、前記温度調整工程の後に、前記プラズマ源を前記第１位置よりも前記基板に近い第２位置に移動させる移動工程とを備える。

[0037] プラズマ発生用電極構造の第１の態様は、第１主面と、前記第１主面に対向する第２主面とを有する誘電体と、前記誘電体の内部に配置される線状の第１導体を有する第１電極と、前記誘電体の内部において前記第１導体と接触せずに配置される線状の第２導体を有する第２電極と、を備え、前記誘電体には、前記第１導体および前記第２導体よりも前記第２主面側に位置して冷却用流体を流通させる流通路と、前記流通路に前記冷却用流体を流入させる流入口と、前記流通路から前記冷却用流体を流出させる流出口と、が形成されていることを特徴とする。

[0038] プラズマ発生用電極構造の第２の態様は、第１主面と、前記第１主面に対向する第２主面とを有する誘電体と、前記誘電体の内部に配置される線状の第１導体を有する第１電極と、前記第１主面を挟んで前記第１導体の反対側に配置される線状の第２導体を有する第２電極と、を備え、前記誘電体には、前記第１導体および前記第２導体よりも前記第２主面側に位置して冷却用流体を流通させる流通路と、前記流通路に前記冷却用流体を流入させる流入

口と、前記流通路から前記冷却用流体を流出させる流出口と、が形成されていることを特徴とする。

[0039] プラズマ発生用電極構造の第３の態様は、第１の態様または第２の態様のプラズマ発生用電極構造において、前記第１導体および前記第２導体は第１方向に沿って延在し、前記流通路は、前記第１方向に沿って延在する部分を有する。

[0040] プラズマ発生用電極構造の第４の態様は、第１の態様ないし第３の態様のいずれか一つのプラズマ発生用電極構造において、前記流通路、前記流入口、および前記流出口は、前記第１導体および前記第２導体に対して水密である。

[0041] プラズマ発生用電極構造の第５の態様は、第１の態様ないし第４の態様のいずれか一つのプラズマ発生用電極構造において、前記第１導体と前記第２導体とは、前記第１主面と平行な同一平面上に配置される。

[0042] プラズマ発生装置の第２２の態様は、第１の態様ないし第５の態様のいずれか一つのプラズマ発生用電極構造と、前記第１電極と前記第２電極との間に交流電圧を印加する電源と、前記誘電体に形成された前記流入口に流路接続され、前記流通路に前記冷却用流体を供給する供給管と、前記誘電体に形成された前記流出口に流路接続され、前記流通路内を流れた前記冷却用流体を前記流出口から排出する排出管と、前記供給管に介在され、前記流通路に供給する前記冷却用流体の流量を調整する流量調整器と、を備える。

[0043] 基板処理装置の第３の態様は、基板を保持する基板保持部と、前記基板の主面に処理液を供給するノズルと、前記誘電体の前記第１主面が前記基板の主面と対向するように配置され、前記基板保持部に保持された前記基板の主面に向けてプラズマを発生させる、第２２の態様のプラズマ発生装置と、を備える。

発明の効果

[0044] プラズマ発生装置の第１の態様およびプラズマ発生方法の態様によれば、プラズマ源の温度上昇を高い精度で抑制できる。よって、プラズマ源の温度

上昇に伴う不具合をより確実に抑制することができる。

[0045] プラズマ発生装置の第２の態様によれば、冷却用ガスは処理空間には流入しにくいので、処理空間のプラズマを乱しにくい。よって、プラズマによって生じる活性種をより適切に処理対象へ供給することができる。

[0046] プラズマ発生装置の第３の態様によれば、第１線状電極および第２線状電極がスパッタされることによって処理対象が汚染されることを抑制できる。また、仕切部材が第１線状電極および第２線状電極の両方を覆うことになるので、第１線状電極および第２線状電極を個別に覆う別個の部材が設けられる場合に比して、構造が簡易である。

[0047] プラズマ発生装置の第４の態様によれば、プラズマ化しやすい第２ガスも供給されるので、プラズマの発生を維持しつつプラズマ源の温度をより低下させることができる。

[0048] プラズマ発生装置の第５の態様によれば、適切に温度を制御できる。

[0049] プラズマ発生装置の第６の態様によれば、温度が高いときの第２ガスの流量が小さいので、プラズマが消失する可能性の低いときの第２ガスの消費量を低減できる。一方で、温度が低いときの第２ガスの流量が大きいので、プラズマが消失する可能性が高いときに、より確実にプラズマを維持することができる。

[0050] プラズマ発生装置の第７の態様によれば、給気口から流出した冷却用ガスは、仕切部材の主面に対して垂直な方向に沿って衝突するので、冷却用ガスを仕切部材に作用させやすい。

[0051] プラズマ発生装置の第８の態様によれば、冷却用ガスは仕切部材の冷却面に衝突してからプラズマ源に沿って流れ、流路形成部材の側壁の排気路から外部に排出される。よって、プラズマ源をより効果的に冷却できる。

[0052] プラズマ発生装置の第９の態様によれば、冷却用ガスが複数の排気路から排出される。よって、冷却用ガスをプラズマ源に対してより均一に作用させることができる。

[0053] プラズマ発生装置の第１０の態様によれば、プラズマ源の各領域の温度を

互いに独立に制御できる。

[0054] プラズマ発生装置の第１１の態様によれば、各給気口から流出する冷却用ガスを、対応する領域に対してより確実に供給することができる。

[0055] プラズマ発生装置の第１２の態様によれば、各ガス流路に供給された冷却用ガスは、対応する排気路を通じて排出される。よって、ガス流路の間で冷却用ガスが流れることを抑制できる。これにより、各ガス流路に流れる冷却用ガスの流量をより正確に個別に調整することができ、各領域の温度をより高い精度で制御できる。

[0056] プラズマ発生装置の第１３の態様によれば、ガス流路の間で冷却用ガスが流れることをさらに抑制できる。

[0057] プラズマ発生装置の第１４の態様によれば、プラズマ源の温度をより均一化することができる。

[0058] プラズマ発生装置の第１５の態様によれば、温度測定部はプラズマ源と処理対象との間に位置しないので、プラズマによる活性種が処理対象に作用することを阻害しない。

[0059] プラズマ発生装置の第１６の態様によれば、プラズマ源に対してより均一に冷却用ガスを供給することができる。

[0060] 基板処理装置の第１の態様によれば、プラズマ源の第２周縁領域の温度が第２中央領域の温度よりも高いので、第２周縁領域においてより多くのプラズマが発生し、これに起因してより多くの活性種が発生する。よって、基板の主面の第１周縁領域上の処理液に対して、より多くの活性種を作用させることができる。

[0061] ところで、基板の主面の第１周縁領域では処理液が盛り上がる場合がある。つまり、基板の主面上の処理液の液膜が第１中央領域よりも第１周縁領域で厚くなる場合がある。このような場合には、活性種の作用が基板の周縁に近い側に作用しにくい。したがって、基板の第１周縁領域において処理不足が生じる可能性がある。

[0062] 基板処理装置の第１の態様によれば、より多くの活性種が基板の第１周縁

領域に供給される。よって、基板の第１周縁領域における処理不足を抑制または回避することができる。

[0063] プラズマ発生装置の第１７および第２１の態様によれば、赤外線を測定するサーモカメラを採用する場合に比べて、安価な構成でプラズマ源の温度を測定できる。

[0064] プラズマ発生装置の第１８の態様によれば、平面型のプラズマ源ではプラズマ発生領域が広いものの、カメラによって容易にプラズマ発生領域を撮像できる。カメラはプラズマ発生領域における発光強度の空間分布を測定することができるので、発光強度の空間分布に基づいてプラズマ源の温度分布を得ることができる。

[0065] プラズマ発生装置の第１９の態様によれば、サーモカメラと違って、センサはプラズマの発光強度を測定するので、プラズマが発生しているか否かをより高い精度で判断することができる。

[0066] プラズマ発生装置の第２０の態様によれば、より高精度でプラズマ源の温度を求めることができる。また、より簡易な処理でプラズマの発生を検出することもできる。

[0067] 基板処理装置の第２の態様および基板処理方法の態様によれば、プラズマ源がプラズマを発生させた後に、プラズマ源の温度を低下させる場合、プラズマ源は、プラズマ処理時の温度に比べてより高い温度でプラズマを発生させるので、より短時間でプラズマを発生させることができる。しかも、プラズマ源は基板からより遠い第１位置に位置するので、基板に対する熱ダメージも抑制できる。

[0068] そして、プラズマ源の温度を低下させた後に、プラズマ源を基板に近い第２位置に移動させる場合、基板への熱ダメージを抑制しつつも、プラズマによる活性種を基板に作用させることができる。

[0069] また、プラズマ源がプラズマを発生させた後に、プラズマ源の温度を上昇させ、その後に、プラズマ源を基板に近い第２位置に移動させる場合には、プラズマ源の温度をプラズマが発生する温度よりも高くしてから、プラズマ

による活性種を基板に作用させることができる。

[0070] プラズマ発生用電極構造の第１から第５の態様によれば、放熱性が高く、かつ、剛性の高いプラズマ発生用電極構造が提供される。プラズマ発生装置の第２２の態様、基板処理装置の第３の態様におけるプラズマ発生用電極構造の放熱性は高く、かつ、剛性が高い。

[0071] 本願明細書に開示される技術に関連する目的と、特徴と、局面と、利点とは、以下に示される詳細な説明と添付図面とによって、さらに明白となる。

図面の簡単な説明

[0072] [図1]基板処理システムの構成の一例を概略的に示す平面図である。

[図2]制御部の内部構成の一例を概略的に示す機能ブロック図である。

[図3]処理ユニット（基板処理装置）の構成の一例を概略的に示す図である。

[図4]処理ユニットの構成の一例を概略的に示す図である。

[図5]処理ユニットの構成の一例を概略的に示す図である。

[図6]プラズマ源の構成の一例を概略的に示す平面図である。

[図7]プラズマ源の構成の一例を概略的に示す断面図である。

[図8]第１の実施の形態における処理ユニットの構成の一例を概略的に示す図である。

[図9]プラズマ発生装置の第１例の構成の一例を概略的に示す側断面図である。

[図10]プラズマ発生装置の第１例の動作を例示するフローチャートである。

[図11]第１の実施の形態におけるプラズマ発生装置の第１例および冷却ガス供給部の第１変形の構成を概略的に示す側断面図である。

[図12]プラズマ発生装置の第２例および冷却ガス供給部の第２変形の構成を概略的に示す側断面図である。

[図13]流路形成部材の構成の一例を概略的に示す断面図である。

[図14]基板の構成の一例を概略的に示す断面図である。

[図15]プラズマ発生装置の第３例および冷却ガス供給部の構成を概略的に例示する側断面図である。

[図16]他のプラズマ源の構成の一例を概略的に示す平面図である。

[図17]他のプラズマ源の構成の一例を概略的に示す断面図である。

[図18]プラズマ発生装置の第４例および冷却ガス供給部の構成の第２変形の構成を概略的に示す側断面図である。

[図19]第２の実施の形態における処理ユニット（基板処理装置）の構成の一例を概略的に示す図である。

[図20]プラズマ発生装置の第５例の構成を概略的に示す側断面図である。

[図21]画像データの一例を模式的に示す図である。

[図22]プラズマの発光強度の分光分布の一例を示すグラフである。

[図23]第２の実施の形態における制御部の機能的な内部構成の一例を概略的に示す機能ブロック図である。

[図24]第２の実施の形態における処理ユニットの動作の一例を示すフローチャートである。

[図25]プラズマ点灯工程の動作の一例を示すフローチャートである。

[図26]第２の実施の形態における処理ユニットの液供給工程での様子の一例を概略的に示す図である。

[図27]第２の実施の形態における処理ユニットのプラズマ工程での様子の一例を概略的に示す図である。

[図28]他のプラズマ源の構成の一例を概略的に示す側断面図である。

[図29]処理ユニットの一例である基板処理装置の構成の一例を概略的に示す図である。

[図30]制御部と基板処理装置との接続の関係を示すブロック図である。

[図31]第３の実施の形態におけるプラズマ発生装置のＸＹ平面視における構成を示す概略図である。

[図32]図３１のＥ－Ｅ断面を示す概略断面図である。

[図33]第１導体と第２導体との配置と電気力線とを模式的に示す図である。

[図34]第１導体と第２導体との配置と電気力線とを模式的に示す図である。

[図35]基板処理装置による基板の処理工程を示すフロー図である。

[図36]第４の実施の形態におけるプラズマ発生装置のＸＹ平面視における構成を示す概略図である。

[図37]図３６のＦ－Ｆ断面を示す概略断面図である。

[図38]第１導体と第２導体との配置と電気力線とを模式的に示す図である。

[図39]ＸＹ平面視における誘電体の第１主面の形状の一例を示す概略平面図である。

[図40]ＸＹ平面視における誘電体の第１主面の形状の一例を示す概略平面図である。

[図41]ＸＹ平面視における誘電体の第１主面の形状の一例を示す概略平面図である。

[図42]ＸＹ平面視における誘電体の第１主面の形状の一例を示す概略平面図である。

発明を実施するための形態

[0073] 以下、添付の図面を参照しながら、実施の形態について説明する。以下の実施の形態では、技術の説明のために構成要素、詳細な特徴なども示されるが、それらはあくまでも例示であり、実施の形態が実施可能となるためにそれらすべては必ずしも必須の特徴ではなく、本開示の範囲をそれらのみに限定する趣旨のものでもない。

[0074] 図面は概略的に示され、説明の便宜のため、適宜、構成の省略、または、構成の簡略化が図面においてなされる。例えば図面においては、理解容易のため、必要に応じて各部の寸法または数が誇張または簡略化して図示されている場合がある。また、断面図ではない平面図などの図面においても、実施の形態の内容を理解することを容易にするために、ハッチングが付される場合がある。

[0075] 以下に示される説明では、同様の構成要素には図面において同じ符号が付され、それらの名称と機能とについても同様のものとする。したがって、それらについての詳細な説明は、重複を避けるために省略される場合がある。異なる図面にそれぞれ示される構成などの大きさおよび位置の相互関係は、

必ずしも正確に記載されるものではなく、適宜変更され得るものである。

[0076] 各図面には、方向を説明するためのＸＹＺ直交座標軸（右手系）が適宜に付されている。該座標軸におけるＺ方向は鉛直方向を示し、ＸＹ平面は水平面である。以下では、Ｘ方向の一方側を＋Ｘ側と呼び、その反対側を－Ｘ側と呼ぶことがある。Ｙ軸およびＺ軸についても同様であり、＋Ｚ側は鉛直上側を示す。

[0077] 以下に記載される説明において、ある構成要素を「備える」、「含む」または「有する」などと記載される場合、特に断らない限り、当該記載は他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0078] 相対的または絶対的な位置関係を示す表現（例えば「一方向に」「一方向に沿って」「平行」「直交」「中心」「同心」「同軸」など）は、特に断らない限り、その位置関係を厳密に表すのみならず、公差もしくは同程度の機能が得られる範囲で相対的に角度または距離に関して変位された状態も表すものとする。等しい状態であることを示す表現（例えば「同一」「等しい」「均質」など）は、特に断らない限り、定量的に厳密に等しい状態を表すのみならず、公差もしくは同程度の機能が得られる差が存在する状態も表すものとする。形状を示す表現（例えば、「四角形状」または「円筒形状」など）は、特に断らない限り、幾何学的に厳密にその形状を表すのみならず、同程度の効果が得られる範囲で、例えば凹凸または面取りなどを有する形状も表すものとする。一の構成要素を「備える」「具える」「具備する」「含む」または「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的表現ではない。「ＢおよびＣの少なくともいずれか一つ」という表現は、Ａのみ、Ｂのみ、Ｃのみ、ＢおよびＣのうち任意の２つ、ならびに、ＢおよびＣの全てを含む。

[0079] 以下に記載される説明において、序数、例えば「第１」および「第２」が用いられる場合があっても、これらの用語は、実施の形態の内容を理解することを容易にするために便宜上用いられ、実施の形態において説明される技術はこれらの序数によって生じ得る順序に限定されない。

[0080] ＜基板処理システムの全体構成＞

図１は、プラズマ発生装置が適用される基板処理システム１００の全体構成の一例を概略的に示す平面図である。基板処理システム１００は、処理対象である基板Ｗを１枚ずつ処理する枚葉式の処理装置である。

[0081] 基板Ｗは例えばウエハと称される半導体基板であり、円板形状を有する。なお、基板Ｗには、半導体基板の他、フォトマスク用ガラス基板、液晶表示用ガラス基板、プラズマ表示用ガラス基板、ＦＥＤ（Field Emission Display）用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板および光磁気ディスク用基板などの各種基板を適用可能である。また基板の形状も円板形状に限らず、例えば矩形の板状形状など種々の形状を採用できる。

[0082] 基板処理システム１００はロードポート１０１とインデクサロボット１１０と主搬送ロボット１２０と単数または複数の処理ユニット１３０と制御部９０とを含む。処理ユニット１３０は、基板Ｗを処理するためのものであり、そのうちの少なくとも１つが、後に詳述される基板処理装置として機能する。

[0083] 複数のロードポート１０１は水平な一方向に沿って並んで配置される。各ロードポート１０１は、基板Ｗを基板処理システム１００に搬出入するためのインターフェース部である。各ロードポート１０１には、基板Ｗを収容するキャリアＣが外部から搬入される。各ロードポート１０１は、搬入されたキャリアＣを保持する。ロードポート１０１は、複数のキャリアＣを保持する収容器保持機構と捉えられ得る。キャリアＣとしては、基板Ｗを密閉空間に収納するＦＯＵＰ（Front Opening Unified Pod）、ＳＭＩＦ（Standard Mechanical Inter Face）ポッド、または、基板Ｗを外気にさらすＯＣ（Open Cassette）が採用されてもよい。

[0084] インデクサロボット１１０は、各ロードポート１０１（より具体的にはロードポート１０１に保持されたキャリアＣ）と、主搬送ロボット１２０との間で基板Ｗを搬送する搬送ロボットである。インデクサロボット１１０はロードポート１０１が並ぶ方向に沿って移動可能であり、各キャリアＣと対面

する位置で停止可能である。インデクサロボット１１０は、各キャリアＣから基板Ｗを取り出す動作と、各キャリアＣに基板Ｗを受け渡す動作とを行うことができる。

[0085] 主搬送ロボット１２０は、インデクサロボット１１０と各処理ユニット１３０との間で基板Ｗを搬送する搬送ロボットであり、センターロボットとも称される。主搬送ロボット１２０はインデクサロボット１１０から基板Ｗを受け取る動作と、インデクサロボット１１０に基板Ｗを受け渡す動作とを行うことができる。また、主搬送ロボット１２０は各処理ユニット１３０に基板Ｗを搬入する動作と、各処理ユニット１３０から基板Ｗを搬出する動作とを行うことができる。

[0086] 以上の構成により、インデクサロボット１１０、主搬送ロボット１２０は、処理ユニット１３０の各々とロードポート１０１との間で基板Ｗを搬送する搬送機構として機能する。インデクサロボット１１０と主搬送ロボット１２０との間での基板Ｗの受け渡しには、基板載置部１４０が介在してもよい。この場合には基板載置部１４０を搬送機構の一部と捉えることができる。

[0087] 基板処理システム１００には、例えば１２個の処理ユニット１３０が配置される。具体的には、鉛直方向に積層された３個の処理ユニット１３０を含むタワーの４つが、主搬送ロボット１２０の周囲を取り囲むようにして設けられる。主搬送ロボット１２０は、４つのタワーによって囲まれるように設けられている。図１では、３段に重ねられた処理ユニット１３０の１つが概略的に示されている。なお、基板処理システム１００における処理ユニット１３０の数は、１２個に限定されるものではなく、適宜変更されてもよい。

[0088] 主搬送ロボット１２０は、インデクサロボット１１０から受け取る未処理の基板Ｗを各処理ユニット１３０内に搬入する。各処理ユニット１３０は基板Ｗを処理する。また、主搬送ロボット１２０は、各処理ユニット１３０から処理済みの基板Ｗを搬出してインデクサロボット１１０に渡す。

[0089] より具体的には未処理の基板Ｗは、キャリアＣからインデクサロボット１１０によって取り出され、例えば基板載置部１４０を介して主搬送ロボット

１２０に受け渡される。主搬送ロボット１２０は、この未処理の基板Ｗを処理ユニット１３０に搬入する。処理ユニット１３０は、基板Ｗに対して処理を行う。処理済みの基板Ｗは、主搬送ロボット１２０によって処理ユニット１３０から取り出され、必要に応じて他の処理ユニット１３０を経由した後、例えば基板載置部１４０を介してインデクサロボット１１０に受け渡される。インデクサロボット１１０は処理済みの基板Ｗをキャリア Ｃに搬入する。

[0090] 制御部９０は、基板処理システム１００の各構成要素の動作を制御する。図２は、制御部９０の内部構成の一例を概略的に示す機能ブロック図である。制御部９０は電子回路であって、例えばデータ処理部９１および記憶部９２を有している。図２の具体例では、データ処理部９１と記憶部９２とはバス９３を介して相互に接続されている。データ処理部９１は例えばＣＰＵ（Central Processor Unit）などの演算処理装置であってもよい。記憶部９２は非一時的な記憶部（例えばＲＯＭ（Read Only Memory）、書き換え可能なメモリ、またはハードディスク）９２１および一時的な記憶部（例えばＲＡＭ（Random Access Memory））９２２を有していてもよい。非一時的な記憶部９２１には、例えば制御部９０が実行する処理を規定するプログラムが記憶されていてもよい。データ処理部９１がこのプログラムを実行することにより、制御部９０が、プログラムに規定された処理を実行することができる。もちろん、制御部９０が実行する処理の一部または全部がハードウェアによって実行されてもよい。図２の具体例では、インデクサロボット１１０、主搬送ロボット１２０および処理ユニット１３０がバス９３に接続された態様が一例として概略的に示されている。

[0091] なお、制御部９０は主制御部と複数のローカル制御部とを有していてもよい。主制御部は基板処理システム１００の全体を統括し、ローカル制御部は処理ユニット１３０ごとに設けられる。ローカル制御部は主制御部と通信可能に設けられ、主制御部からの指示に基づいて処理ユニット１３０を制御する。主制御部およびローカル制御部の各々は、例えば図２と同様に、データ

処理部９１および記憶部９２を有している。

[0092] ＜基板処理装置＞

図３は、処理ユニット（基板処理装置に相当）１３０の構成の一例を概略的に示す図である。なお、基板処理システム１００に属する全ての処理ユニット１３０が図３に示された構成を有している必要はなく、少なくとも一つの処理ユニット１３０が当該構成を有していればよい。

[0093] 図３に例示される処理ユニット１３０は、プラズマを用いた処理を基板Wに対して行う装置である。「プラズマを用いた処理」は特に制限される必要がないものの、具体的な一例として、有機物除去処理を含む。有機物除去処理とは、基板Wの主面に形成された有機物を除去する処理である。有機物は例えばレジストである。有機物がレジストである場合、有機物除去処理はレジスト除去処理であるともいえる。このレジスト膜は、例えば、イオン注入工程用の注入マスクとして用いられる。

[0094] 以下では、「プラズマを用いた処理」としてレジスト除去処理を例に採用して説明する。基板Wは例えば半導体基板であり、円板形状を有する。基板Wのサイズは特に制限されないものの、その直径は例えば約３００ｍｍである。

[0095] 図３の例では、処理ユニット１３０はプラズマ源２と保持機構１１とノズル１２とガード１３とを含んでいる。処理ユニット１３０は、例えばチャンバ１０を有する。チャンバ１０はプラズマ源２と保持機構１１とノズル１２とガード１３とを収納する。この場合、チャンバ１０内の雰囲気を制御することによって、所望の雰囲気中での基板処理を行うことができる。

[0096] 保持機構１１は基板Wを水平姿勢で保持する。ここでいう水平姿勢とは、基板Wの厚み方向が鉛直方向に沿う姿勢である。基板Wは、裏面が下方を向く姿勢で保持機構１１によって保持される。基板Wの「裏面」とは、例えば、基板Wの主面のうち、デバイスが形成されていない面である。

[0097] 図３の例では、保持機構１１はステージ１１１と複数の支持部１１２とを含んでいる。ステージ１１１は円板形状を有し、基板Wよりも鉛直下方に設

けられている。ステージ１１１は、その厚み方向が鉛直方向に沿う姿勢で設けられる。複数の支持部１１２は例えばチャックピンであり、ステージ１１１の上面に固定されており、例えば立設される。支持部１１２は基板Ｗの周縁を把持する。あるいは複数の支持部１１２は、基板Ｗの裏面側から基板Ｗを支持する。複数の支持部１１２はＸＹ平面視において例えば円形状に配置される。

[0098] 保持機構１１は必ずしも支持部１１２を有する必要はない。例えば、保持機構１１は基板Ｗの裏面を吸引して基板Ｗを吸着してもよい。支持部１１２に代えて、吸着部材が用いられても良い。吸着部材の吸着面はＸＹ平面視において例えば円形状を有する。吸着部材の直径は基板Ｗの直径よりも小さく、例えば、基板Ｗの直径の４分の１以下である。

[0099] ＜回転機構１１３＞

回転機構１１３はチャンバ１０内に設けられている。回転機構１１３は保持機構１１（より具体的には、支持部１１２を固定するステージ１１１）を、回転軸線Ｑ１の周りで回転させる。これにより、保持機構１１に保持された基板Ｗも回転軸線Ｑ１の周りで回転する。回転軸線Ｑ１は、基板Ｗの中央部を通って鉛直方向に沿って延在する仮想的な軸である。保持機構１１が回転機構１１３を含むと捉えてもよい。この場合、保持機構１１が回転軸線Ｑ１のまわりで基板Ｗを回転させる。

[0100] 回転機構１１３は例えばシャフト１１４およびモータ１１５を含む。シャフト１１４は例えば円筒形状を有する中空シャフトである。図２９の例では、モータ１１５はシャフト１１４と同軸に設けられている。モータ１１５は制御部９０によって制御される。

[0101] シャフト１１４の上端はステージ１１１の下面に連結され、ステージ１１１の下面から回転軸線Ｑ１に沿って延在する。シャフト１１４はモータ１１５から上方に延在している。モータ１１５はシャフト１１４およびステージ１１１を介して支持部１１２に連結される。モータ１１５はシャフト１１４を回転軸線Ｑ１のまわりで回転させて、ステージ１１１を回転させる。これ

により、複数の支持部１１２によって保持された基板Ｗが回転軸線Ｑ１のまわりで回転する。このような保持機構１１はスピンチャックとも呼ばれ得る。

[0102] ノズル１２は、ノズル１２はチャンバ１０内に設けられており、保持機構１１によって保持された基板Ｗへの処理液の供給に用いられる。ノズル１２は供給管１２１を介して処理液供給源１２４に接続される。つまり、供給管１２１の下流端がノズル１２に接続され、供給管１２１の上流端が処理液供給源１２４に接続される。処理液供給源１２４は、例えば、処理液を貯留するタンク（不図示）を含み、供給管１２１に処理液を供給する。例えば処理液として薬液およびリンス液を採用することができる。リンス液は、基板Ｗの上の薬液を洗い流すための処理液である。薬液として、例えば、酸性の薬液を採用することができる。より具体的に、薬液は例えば、塩酸、フッ酸、リン酸、硝酸、硫酸、硫酸塩、ペルオキソ硫酸、ペルオキソ硫酸塩、過酸化水素、水酸化テトラメチルアンモニウム、アンモニアと過酸化水素水との混合液（ＳＣ１）、塩酸と過酸化水素水との混合液（ＳＣ２）の一つ又は複数である。リンス液は、例えば脱イオン水（ＤＩＷ）、イソプロピルアルコール（ＩＰＡ）の一つ又は複数である。本実施の形態においては、処理液として硫酸を用いる処理が説明される。ノズル１２が処理液の種類に応じて複数設けられてもよい。

[0103] 図３の例では、供給管１２１には、バルブ１２２および流量調整部１２３が介装されている。バルブ１２２が開くことにより、処理液供給源１２４からの処理液が供給管１２１を通じてノズル１２に供給され、ノズル１２の吐出口１２ａから吐出される。流量調整部１２３は、供給管１２１を流れる処理液の流量を調整する。流量調整部１２３は例えばマスフローコントローラである。

[0104] 図３の例では、ノズル１２はノズル移動機構１５によって移動可能に設けられる。ノズル移動機構１５は、ノズル１２を第１処理位置と第１待機位置との間で移動させる。第１処理位置とは、ノズル１２が基板Ｗの主面（例え

ば上面：基板Ｗの＋Ｚ側の表面）に向けて処理液を吐出する位置である。より具体的には、第１処理位置は、例えば、基板Ｗよりも鉛直上方であって、基板Ｗの中心部と鉛直方向において対向する位置である。第１待機位置とは、ノズル１２が基板Ｗの主面に向けて処理液を吐出しない位置であり、第１処理位置よりも基板Ｗから離れた位置である。第１待機位置は、ノズル１２が主搬送ロボット１２０による基板Ｗの搬送経路と干渉しない位置でもある。具体的な一例として、第１待機位置は、基板Ｗの周縁よりも径方向外側（ＸＹ平面視において基板Ｗの周縁よりも外側）の位置である。図３では、第１待機位置で停止するノズル１２が示されている。図４も処理ユニット１３０の構成の一例を概略的に示す図であり、第１処理位置で停止するノズル１２が示されている。

[0105] ノズル移動機構１５は、例えば、ボールねじ機構またはアーム旋回機構を有する。アーム旋回機構は、いずれも不図示のアームと支持柱とモータとを含む。アームは水平に延在する棒状形状を有し、アームの先端にはノズル１２が連結され、アームの基端が支持柱に連結される。支持柱は鉛直方向に沿って延びており、その中心軸のまわりで回転可能に設けられる。支持柱の基端はモータに連結され、モータが支持柱を回転させることにより、アームが旋回し、ノズル１２が支持柱の中心軸のまわりで周方向に沿って移動する。このノズル１２の移動経路上に第１処理位置と第１待機位置とが位置するように、支持柱が設けられる。

[0106] ノズル１２が第１処理位置に位置する状態で、保持機構１１が基板Ｗを回転させながら、バルブ１２２が開くと、ノズル１２から回転中の基板Ｗの上面に向かって処理液が吐出される。処理液は基板Ｗの上面に着液し、基板Ｗの回転に伴って基板Ｗの上面を広がって、基板Ｗの周縁から外側に飛散する。これにより、基板Ｗの上面には処理液の液膜Ｆ（図４参照）が形成される。

[0107] ガード１３は、保持機構１１によって保持された基板Ｗを取り囲む筒状の形状を有している。基板Ｗの周縁から飛散した処理液はガード１３の内周面

にあたり、内周面に沿って鉛直下方に流れる。プラズマを照射する前の基板Ｗの周縁から飛散した処理液は、例えば、不図示の回収配管を流れて処理液供給源１２４のタンクに回収される。これによれば、処理液を再利用することができる。

[0108] モータ１１５はガード１３に収容されている。ガード１３はモータ１１５を外部の処理雰囲気から保護する。ガード１３はモータ１１５を処理液から保護する。

[0109] プラズマ源２はプラズマを発生させる装置であり、プラズマリアクタとも呼ばれ得る。プラズマ源２は、保持機構１１によって保持された基板Ｗの主面（例えば上面）と鉛直方向において対向する位置に設けられる。図３の例では、プラズマ源２は基板Ｗの上面よりも鉛直上方に設けられる。プラズマ源２は電源８に接続されており、電源８からの電力を受けて周囲のガスをプラズマ化させる。なおここでは一例として、プラズマ源２は大気圧下でプラズマを発生させる。ここでいう大気圧とは、例えば、標準気圧の８０％以上、かつ、標準気圧の１２０％以下である。プラズマ源２の具体的な構成の一例は後に詳述する。

[0110] 電源８は例えばチャンバ１０の外部に配置される。電源８は、制御部９０により制御される。

[0111] 図３および図４に例示するように、プラズマ移動機構１４が設けられてもよい。プラズマ移動機構１４は、プラズマ源２を、保持機構１１によって保持された基板Ｗに対して相対的に移動させる。具体的には、プラズマ移動機構１４はプラズマ源２を第２処理位置と第２待機位置との間で往復移動させる。第２処理位置とは、プラズマ源２によるプラズマを用いて基板Ｗを処理するときの位置である。第２処理位置において、プラズマ源２と基板Ｗの上面との間の距離は例えば数ｍｍ程度である。図５も処理ユニット１３０の構成の一例を概略的に示す図であり、第２処理位置で停止するプラズマ源２が示されている。

[0112] 第２待機位置とは、プラズマを用いた処理を基板Ｗに対して行わないとき

の位置であり、第２処理位置よりも基板Ｗから離れた位置である。第２待機位置は、プラズマ源２が主搬送ロボット１２０による基板Ｗの搬送経路と干渉しない位置でもある。具体的な一例として、第２待機位置は第２処理位置よりも鉛直上方の位置である。この場合、プラズマ移動機構１４はプラズマ源２を鉛直方向に沿って昇降させる。図３および図４では、第２待機位置で停止するプラズマ源２が示されている。

[0113] プラズマ移動機構１４は、例えば、ボールねじ機構またはエアシリンダなどの移動機構を有する。プラズマ移動機構１４は、例えば、電動リニアモータ、または、ボールネジおよび電動回転式モータを備える。また、プラズマ移動機構１４は、例えばＺ軸方向に上下に移動する。なお、プラズマ移動機構１４は、ノズル移動機構１５と同様の構成を有し、ＸＹ平面方向に、基板Ｗの上面と対向する位置と、基板Ｗの上面と対向しない位置との間で移動してもよい。

[0114] プラズマ源２は、例えば、ノズル１２が第１待機位置に退避した状態で、第２待機位置から第２処理位置へと移動することができる。例えば、第１処理位置でのノズル１２からの処理液の吐出によって基板Ｗの上面に処理液の液膜Ｆが形成されると、バルブ１２２が閉じたうえで、ノズル移動機構１５がノズル１２を第１処理位置から第１待機位置に移動させる。一方、例えば、プラズマ源２は、第２待機位置に位置する状態で、電源８がプラズマ源２に電圧を出力する。これにより、第２処理位置よりも基板Ｗから離れた位置でプラズマ源２がプラズマを発生させる。このとき、ノズル１２が第１処理位置で基板Ｗの上面に処理液の液膜Ｆを供給するのと並行して、プラズマ源２がプラズマを発生させることで、プラズマが発生するまでの待ち時間を削減することができる。その後、プラズマ移動機構１４がプラズマ源２を第２待機位置から第２処理位置へと移動させる。これによれば、基板Ｗの直上にはノズル１２が存在しないので、プラズマ源２を基板Ｗの上面により近づけることができる。言い換えれば、第２処理位置をより基板Ｗの近くに設定することができる。

[0115] また、これにより、基板Wの上面の近傍の位置でプラズマ源２が基板Wの上面の処理液に向かってプラズマを発生させる。このプラズマの発生に伴って種々の活性種が生じる。例えば、空気がプラズマ化することにより、酸素ラジカル、ヒドロキシルラジカルおよびオゾンガス等の種々の活性種が生じ得る。これらの活性種は基板Wの上面に作用する。具体的な一例として、活性種は基板Wの上面の処理液（ここでは硫酸）の液膜Ｆに作用する。これにより、処理液の処理性能が高まる。具体的には、活性種と硫酸との反応により、処理性能（ここでは酸化力）の高いカロ酸が生成される。カロ酸はペルオキソ一硫酸とも呼ばれる。当該カロ酸が基板Wのレジストに作用することで、レジストを速やかに酸化除去することができる。

[0116] 以上のように、活性種が基板Wの主面上の処理液に作用することにより、処理液の処理性能を向上させることができる。よって、基板Wに対する処理を速やかに行うことができる。

[0117] ＜プラズマ源＞

図６はプラズマ源２Ａの構成の一例を概略的に示す平面図である。図７はプラズマ源２Ａの構成の一例を概略的に示す断面図であり、図６のＡ断面を示す。プラズマ源２Ａはプラズマ源２の一例である。図６および図７の例では、プラズマ源２Ａは平面型のプラズマ源であって、第１電極部２１と第２電極部２２とを含む。

[0118] 図６および図７の例では、第１電極部２１は複数の第１線状電極２１１と第１集合電極２１２とを含み、第２電極部２２は複数の第２線状電極２２１と第２集合電極２２２とを含む。

[0119] 第１線状電極２１１は金属材料（例えばタングステン）等の導電性材料によって形成され、長手方向Ｄ１に沿って延在する棒状形状（例えば円柱形状）を有する。複数の第１線状電極２１１は、長手方向Ｄ１に直交する配列方向Ｄ２において並んで設けられており、理想的には互いに平行に設けられる。

[0120] 第１集合電極２１２は金属材料（例えばアルミニウム）等の導電性材料に

よって形成され、複数の第１線状電極２１１の長手方向Ｄ１の一方側の端部（基端）どうしを連結する。図６の例では、第１集合電極２１２は、長手方向Ｄ１の一方側に膨らむ円弧状の平板形状を有している。複数の第１線状電極２１１は第１集合電極２１２から長手方向Ｄ１の他方側に向かって延在する。

[0121] 第２線状電極２２１は金属材料（例えばタングステン）等の導電性材料によって形成され、長手方向Ｄ１に沿って延在する棒状形状（例えば円柱形状）を有する。複数の第２線状電極２２１は配列方向Ｄ２において並んで設けられており、理想的には互いに平行に設けられる。第２線状電極２２１の各々は、平面視において（つまり、長手方向Ｄ１および配列方向Ｄ２に直交する方向Ｄ３に沿って見て）、複数の第１線状電極２１１のうち互いに隣り合う二者の間に設けられている。図６の例では、平面視において、第１線状電極２１１および第２線状電極２２１は配列方向Ｄ２において交互に配列される。第１線状電極２１１の各々は第２線状電極２２１と方向Ｄ３において対向していない。

[0122] 第２集合電極２２２は金属材料（例えばアルミニウム）等の導電性材料によって形成され、複数の第２線状電極２２１の長手方向Ｄ１の他方側の端部（基端）どうしを連結する。図６の例では、第２集合電極２２２は、第１集合電極２１２とは反対側に膨らみ、かつ、第１集合電極２１２と略同径の円弧状の平板形状を有している。複数の第２線状電極２２１は第２集合電極２２２から長手方向Ｄ１の一方側に向かって延在する。

[0123] 図６および図７の例では、各第１線状電極２１１は第１誘電体３１によって覆われる。複数の第１誘電体３１は石英またはセラミックス等の誘電体材料によって形成される。例えば、各第１誘電体３１は長手方向Ｄ１に沿って延在する筒状形状を有しており、第１線状電極２１１が長手方向Ｄ１に沿って第１誘電体３１に挿入される。第１誘電体３１が第１線状電極２１１を覆うことにより、第１線状電極２１１がプラズマにスパッタされることに起因して基板Ｗが汚染されることを防ぐことができる。

[0124] 図６および図７の例では、各第２線状電極２２１は第２誘電体３２によって覆われる。複数の第２誘電体３２は石英またはセラミックス等の誘電体材料によって形成される。例えば、各第２誘電体３２は長手方向Ｄ１に沿って延在する筒状形状を有しており、第２線状電極２２１が長手方向Ｄ１に沿って第２誘電体３２に挿入される。第２誘電体３２が第２線状電極２２１を覆うことにより、第２線状電極２２１がプラズマにスパッタされることに起因して基板Ｗが汚染されることを防ぐことができる。

[0125] 図６および図７の例では、プラズマ源２Ａには仕切部材３３が設けられている。仕切部材３３は石英またはセラミックス等の誘電体材料によって形成される誘電体である。図示の例では、仕切部材３３は板状形状を有している。仕切部材３３はその一方側に主面３３ａを有し、他方側に主面３３ｂを有する。主面３３ａ，３３ｂは仕切部材３３の厚み方向において互いに対向する。仕切部材３３はその厚み方向が方向Ｄ３に沿う姿勢で設けられる。図５の例では、仕切部材３３の主面３３ａおよび主面３３ｂは平面視において円形状を有している。仕切部材３３の厚み（主面３３ａと主面３３ｂとの間の距離）は例えば数百μｍ（例えば３００～５００μｍ）程度に設定される。

[0126] 第１電極部２１および第１誘電体３１は仕切部材３３の主面３３ａ側に設けられており、第２電極部２２および第２誘電体３２は仕切部材３３の主面３３ｂ側に設けられている。具体的には、第１誘電体３１は仕切部材３３の主面３３ａ下に設けられており、第２誘電体３２は仕切部材３３の主面３３ｂ上に設けられている。

[0127] プラズマ源２Ａは処理ユニット１３０において、主面３３ａが処理対象（ここでは基板Ｗ）を向く姿勢で設けられる。具体的には、プラズマ源２Ａは、方向Ｄ３が鉛直方向に沿い、かつ、主面３３ａが基板Ｗの上面を向く姿勢で設けられる。このプラズマ源２Ａは基板Ｗと鉛直方向において対向する。

[0128] 第１電極部２１および第２電極部２２はプラズマ用の電源８に電気的に接続される。電源８は例えばインバータ回路等のスイッチング電源回路（不図示）を有しており、第１電極部２１と第２電極部２２との間にプラズマ用の

電圧を出力する。第１電極部２１の第１集合電極２１２が配線８１を介して電源８の第１出力端８ａに電気的に接続され、第２電極部２２の第２集合電極２２２が配線８２を介して電源８の第２出力端８ｂに電気的に接続される。電源８は第１出力端８ａおよび第２出力端８ｂにプラズマ用の電圧、例えば高周波電圧を出力する。

[0129] また、電源８は例えばパルス電源であり、複数の周期の各々におけるオン期間にて高周波電圧を第１電極部２１と第２電極部２２との間に出力してもよい。これにより、主としてオン期間においてプラズマが点灯する。この電源８の出力は制御部９０によって制御される。よって、プラズマ源２Ａは制御部９０によって制御されるといえる。

[0130] 電源８が第１電極部２１と第２電極部２２との間に電圧を出力することにより、第１線状電極２１１と第２線状電極２２１との間にプラズマ用の電界が生じる。当該電界に応じて、第１線状電極２１１および第２線状電極２２１の周囲のガスがプラズマ化する。

[0131] 仕切部材３３の主面３３ａ側および主面３３ｂ側において、第１線状電極２１１と第２線状電極２２１との間のガスがプラズマ化し、それぞれプラズマＰ１およびプラズマＰ２が発生する（図６を参照）。換言すると、当該ガスがプラズマ化する程度の電圧が電源８によって第１電極部２１と第２電極部２２との間に印加される。当該電圧は、例えば、数十ｋＶかつ数十ｋＨｚ程度の高周波電圧である。ここでいう周波数は、例えば、上記周期の逆数であり、以下ではパルス周波数と呼ぶ。

[0132] 上述の平面型のプラズマ源２Ａによれば、いずれも水平な長手方向Ｄ１に沿って延在する第１線状電極２１１および第２線状電極２２１が、水平な配列方向Ｄ２において交互に配列される。したがって、プラズマ源２Ａは平面視において広い範囲でプラズマを発生させることができる。

[0133] なお、図７の例では、プラズマＰ１，Ｐ２の発生領域の輪郭がそれぞれ二点鎖線で模式的に示されている。プラズマの発生領域は、プラズマが発光する発光領域であるともいえる。

[0134] プラズマ源２（プラズマ源２Ａはその一例である）が電力を受け、その周囲でプラズマが生じると、プラズマの発生に起因してプラズマ源２の温度が上昇する。プラズマ源２の温度が必要以上に上昇すると、種々の不具合が生じ得る。例えば、耐熱性向上に伴うプラズマ源２の製造コストの増大、処理対象である基板Ｗへの熱ダメージ、あるいは、基板Ｗの主面上の処理液の沸騰による周辺部材への汚染、等の不具合が生じ得る。

[0135] ＜第１の実施の形態＞

＜プラズマ発生装置の概要＞

図８は、処理ユニット１３０Ａの構成の一例を概略的に示す図である。処理ユニット１３０Ａは上述の処理ユニット１３０の一例である。処理ユニット１３０Ａのうち処理ユニット１３０で説明された要素については説明を省略する。

[0136] 処理ユニット１３０Ａは、処理ユニット１３０では具体的には示されていなかったプラズマ発生装置１と冷却ガス供給部５を備える。プラズマ発生装置１はプラズマ源２と冷却部材４とを含む。

[0137] 図９はプラズマ発生装置１Ａの構成の一例を概略的に示す側断面図である。プラズマ発生装置１Ａはプラズマ発生装置１の第１例である。プラズマ発生装置１Ａはプラズマ源２Ａと冷却部材４と温度測定部６とを含む。図９は図６のＢ－Ｂ断面に対応する位置における断面を示している。

[0138] 冷却部材４は、プラズマ源２Ａに冷却用ガスを供給するための給気口４１１を有する。図９の例では、給気口４１１はプラズマ源２Ａと間隔を空けて対向している。給気口４１１は給気路４１２の下流端に設けられており、給気路４１２には、冷却ガス供給部５から冷却用ガスが供給される。冷却用ガスは例えば窒素ガスおよび空気の少なくともいずれかを含む。冷却用ガスは給気路４１２を給気口４１１に向かって流れ、給気口４１１から流出する。

[0139] 給気口４１１から流出した冷却用ガスはプラズマ源２Ａに向かって流れ、プラズマ源２Ａに供給される。冷却用ガスがプラズマ源２Ａに供給されることにより、プラズマ源２Ａを空冷することができる。これにより、プラズマ

源２Ａの温度上昇を緩和することができる。その一方で、プラズマ源２Ａの温度が低下しすぎると、プラズマが消失し得る。

[0140] 温度測定部６はプラズマ源２Ａの温度を測定する。温度測定部６はその測定結果を示す電気信号を制御部９０に出力する。

[0141] 制御部９０は、温度測定部６によって測定された温度に基づいて、プラズマ源２Ａに供給される冷却用ガスの流量を制御する。

[0142] このようなプラズマ発生装置１Ａによれば、プラズマ源２Ａの温度をモニタしながら、プラズマ源２Ａを空冷することができる。よって、プラズマ源２Ａの温度を高い精度で制御することができる。したがって、温度上昇および温度低下による上記不具合をより確実に抑制することができる。

[0143] なお、上述の例では、プラズマ源２Ａが第２処理位置よりも基板Wから離れた第２待機位置に位置する状態で、プラズマ源２Ａの全体にわたってプラズマを発生させる。そして、プラズマ源２Ａの温度が基板Wの処理に適した温度になるように冷却される。その後、プラズマ源２Ａが第２待機位置から第２処理位置へと移動させられる。こうすることで、基板Wの上面の近傍の位置でプラズマを発生させる場合と比較して、プラズマの発生に起因する高熱による基板Wや周辺部材へのダメージを抑制することができる。また、プラズマ源２Ａの全体にわたってプラズマが発生した後に、プラズマ源２Ａを第２処理位置に移動させることで、基板Wの上面を均一に処理することができる。

[0144] ＜プラズマ発生装置１Ａ＞

プラズマ発生装置１Ａの各構成のより詳細な一例について述べる。

[0145] 仕切部材３３は主面３３ａ側の第１空間と主面３３ｂ側の第２空間とを仕切る。以下では、第１空間を処理空間と呼び、仕切部材３３に対して処理空間とは反対側の第２空間を冷却空間とも呼ぶ。つまり、仕切部材３３の主面３３ａは処理空間に接する面であり、仕切部材３３の主面３３ｂは冷却空間に接する面である。当該例においては、主面３３ａを処理面３３ａとも称し、主面３３ｂを冷却面３３ｂとも称す。

[0146] 図９に例示されるように、プラズマ源２Ａに対して保持部材３４が設けられてもよい。なお図８では、図面の煩雑を避けるために、保持部材３４の図示が省略されている。保持部材３４は例えばフッ素系樹脂等の絶縁材料によって形成され、第１電極部２１、第２電極部２２、第１誘電体３１、第２誘電体３２および仕切部材３３を一体に保持する。例えば、保持部材３４は平面視において第１集合電極２１２および第２集合電極２２２と略同径のリング形状を有しており、第１集合電極２１２および第２集合電極２２２を方向Ｄ３で挟持する。

[0147] 図９の例では、第１誘電体３１の先端部が保持部材３４によって保持される。具体的には、第１誘電体３１の先端部が保持部材３４に埋設される。よって、第１線状電極２１１および第１誘電体３１からなる部分の両端が保持部材３４によって保持される。これにより、当該部分をその両端から保持することができる。図９の例では、第２誘電体３２の先端部も保持部材３４によって保持される。よって、保持部材３４は第２線状電極２２１および第２誘電体３２からなる部分もその両端から保持することができる。

[0148] ＜冷却部材＞

図９を参照して、冷却部材４は、冷却用ガスを流出する給気口４１１を有する。図９の例では、給気口４１１は冷却空間に設けられている。つまり、給気口４１１は仕切部材３３に対して処理対象（ここでは基板Ｗ）とは反対側に設けられている。給気口４１１は仕切部材３３の冷却面３３ｂと方向Ｄ３において対向する位置に設けられており、より具体的な一例として、給気口４１１はプラズマ源２Ａの中心部と方向Ｄ３において対向する位置に設けられる。図９の例では、給気口４１１は仕切部材３３の冷却面３３ｂに向かって開口する。より具体的には、給気口４１１の開口方向は、冷却面３３ｂに垂直な方向Ｄ３に沿う方向である。

[0149] 図９の例では、冷却部材４は、冷却空間に設けられた給気管４１を含み、その給気管４１の内部の給気路４１２の下流端が給気口４１１に相当する。給気管４１の給気口４１１から流出した冷却用ガスはプラズマ源２Ａに向か

って流れる。

[0150] 給気管４１には、冷却ガス供給部５から冷却用ガスが供給される（図８も参照）。冷却ガス供給部５は給気管５１とバルブ５２と流量調整部５３とを含んでいる。給気管５１は給気管４１とガス供給源５４とを接続する。言い換えれば、給気管５１の下流端が給気管４１に接続され、給気管５１の上流端がガス供給源５４に接続される。なお、給気管４１および給気管５１は１本の配管の互いに異なる部分であってもよい。ガス供給源５４は給気管５１に冷却用ガスを供給する。冷却用ガスは例えば窒素ガスおよび空気の少なくともいずれかである。

[0151] 給気管５１にはバルブ５２および流量調整部５３が介装されている。バルブ５２は制御部９０によって制御される。バルブ５２が開くことにより、ガス供給源５４からの冷却用ガスが給気管５１を通じて給気管４１に供給され、給気口４１１から流出する。給気口４１１から流出した冷却用ガスはプラズマ源２Ａに向かって流れ、プラズマ源２Ａを冷却する。バルブ５２が閉じることにより、冷却用ガスの供給が停止する。流量調整部５３は制御部９０によって制御され、給気管５１を流れる冷却用ガスの流量を調整する。流量調整部５３は例えばマスフローコントローラである。

[0152] 図９の例では、冷却部材４は流路形成部材４２をさらに含んでいる。流路形成部材４２は、給気口４１１から流出した冷却用ガスが流れるガス空間４０を形成する。流路形成部材４２は、仕切部材３３に対して冷却空間側に設けられ、プラズマ源２Ａの周縁に連結されてプラズマ源２Ａとともにガス空間４０を形成する。図９の例では、流路形成部材４２はカバー部４２１と側壁４２２とを含む。カバー部４２１は例えば板状の形状を有しており、その厚み方向が方向Ｄ３に沿う姿勢で設けられる。カバー部４２１は例えば保持部材３４と略同径の円板形状を有し、方向Ｄ３においてプラズマ源２Ａと対向する位置に設けられている。カバー部４２１の中心部には、給気管４１を貫通配置するための貫通孔が形成されている。給気管４１とカバー部４２１とは互いに連結される。給気管４１の給気口４１１はガス空間４０において

開口する。

[0153] 側壁４２２はカバー部４２１の周縁に立設された円筒形状を有しており、保持部材３４側に向かって延在する。側壁４２２の内周面は、平面視において、第１線状電極２１１の先端および第２線状電極２２１の先端よりも外側に位置する。

[0154] 図９の例では、側壁４２２は方向Ｄ３において保持部材３４と重なり合っており、保持部材３４に連結される。流路形成部材４２は保持部材３４と一体で構成されてもよいし、複数の部材が組み合わされて構成されてもよい。

[0155] このような流路形成部材４２によれば、カバー部４２１、側壁４２２およびプラズマ源２Ａによって囲まれるガス空間４０を形成することができる。なお、保持部材３４はガス空間４０を形成する部材の一部でもあるので、流路形成部材４２に属しているともいえる。つまり、側壁４２２および保持部材３４からなる部分を、流路形成部材４２の側壁４２３と把握することも可能である。

[0156] 流路形成部材４２には排気路４２４が設けられる。図９の例では、排気路４２４は流路形成部材４２の側壁４２３（図では保持部材３４）に設けられている。排気路４２４は例えば保持部材３４の内周面と外周面とを繋ぐ貫通孔である。給気口４１１から流出した冷却用ガスはプラズマ源２Ａに向かって流れ、プラズマ源２Ａに衝突した後にプラズマ源２Ａに沿って流れて、排気路４２４から外部に排出される。

[0157] 図９に例示されるように、複数の排気路４２４が流路形成部材４２に設けられてもよい。複数の排気路４２４は側壁４２３の周方向において互いに異なる位置に設けられ、より具体的な一例として等間隔に設けられる。

[0158] なお、排気路４２４は必ずしも保持部材３４に形成される必要はなく、例えば、側壁４２２に形成されてもよく、側壁４２２と保持部材３４との境界に形成されてもよい。

[0159] 図９の例では、給気管４１の給気口４１１とプラズマ源２Ａとの間に整流部材４３が設けられている。整流部材４３は、給気口４１１から流出した冷

却用ガスを整流し、整流後の冷却用ガスをプラズマ源２Ａに供給するための部材である。整流部材４３は例えば板状の形状を有しており、その厚み方向が方向Ｄ３に沿う姿勢で設けられる。整流部材４３には、複数の貫通孔４３ａが形成されている。貫通孔４３ａは整流部材４３を方向Ｄ３において貫通する。複数の貫通孔４３ａは平面視において２次元的に配列され、例えばマトリクス状に配列される。整流部材４３は円板形状を有しており、その周縁は流路形成部材４２の側壁４２２の内周面に固定される。

[0160] このような冷却部材４において、給気口４１１から流出した冷却用ガスは整流部材４３の複数の貫通孔４３ａを通過することにより整流され、整流後の冷却用ガスがプラズマ源２Ａに向かって流れる。冷却用ガスはプラズマ源２Ａに衝突した後にプラズマ源２Ａに沿って周囲に向かって流れて、複数の排気路４２４から外部に排出される。排気路４２４は整流部材４３よりも下流側に設けられるとよい。

[0161] ＜温度測定部＞

図９を参照して、温度測定部６はプラズマ源２Ａの温度を測定する。図９の例では、温度測定部６は、非接触式で温度を測定する温度センサであり、具体的な一例として、赤外線を検出する赤外線センサである。当該センサは、放射温度計を含む。

[0162] 図９の例では、温度測定部６は、プラズマ源２Ａに対して冷却空間側に設けられている。具体的には、温度測定部６は流路形成部材４２に対してプラズマ源２Ａとは反対側に設けられている。流路形成部材４２には測定用窓４２５が形成されており、温度測定部６は測定用窓４２５を通じてプラズマ源２Ａの温度を測定する。図９の例では、測定用窓４２５は流路形成部材４２のカバー部４２１に形成されている。測定用窓４２５はカバー部４２１を方向Ｄ３に沿って貫通し、プラズマ源２Ａと方向Ｄ３において対向する。測定用窓４２５は例えば透光部材であってもよい。この透光部材は、赤外線について高い透光率（例えば６０％以上、好ましくは９０％以上）を有する透光性材料（例えばガラス）によって形成される。赤外線にとって不透明な整流

部材４３が設けられる場合には、測定用窓４２５は整流部材４３の貫通孔４３ａと方向Ｄ３において対向する位置に形成される。整流部材４３が透光性材料によって形成される場合には、測定用窓４２５は整流部材４３と対向する位置に設けられてもよい。

[0163] プラズマ源２Ａから発光された赤外線の一部は貫通孔４３ａ（あるいは、整流部材４３）および測定用窓４２５を透過し、温度測定部６に入射する。温度測定部６は当該赤外線を検出し、その検出結果を示す電気信号を温度測定値として制御部９０に出力する。

[0164] 図９の例では、複数の温度測定部６が設けられている。複数の温度測定部６は平面視において、例えば給気管４１の周囲で周方向に略等間隔に設けられてもよい。カバー部４２１には、当該複数の温度測定部６に対応して複数の測定用窓４２５が形成されている。複数の温度測定部６は、平面視において互いに異なる位置でプラズマ源２Ａの温度を測定する。制御部９０は複数の温度測定部６によって測定された温度に基づいて、プラズマ源２Ａの測定温度を算出してもよい。例えば、制御部９０は、測定された複数の温度の平均値を測定温度として算出してもよい。

[0165] 温度測定部６および冷却部材４はプラズマ源２Ａと一体に移動するとよい。つまり、プラズマ移動機構１４はプラズマ源２Ａ、冷却部材４および温度測定部６を一体に移動させてもよい。これによれば、冷却部材４はプラズマ源２Ａの位置によらずプラズマ源２Ａを冷却することができ、温度測定部６はプラズマ源２Ａの位置によらず、プラズマ源２Ａの温度を測定することができる。

[0166] なお、上述の例では、カバー部４２１の一部に透光部材（測定用窓４２５）が設けられているものの、カバー部４２１の全てが透光性材料によって形成されてもよい。整流部材４３も透光性材料によって形成される場合、プラズマ源２Ａからの赤外線が整流部材４３およびカバー部４２１を透過できるので、温度測定部６の設置位置の自由度を向上させることができる。

[0167] ＜空冷制御＞

図１０は、プラズマ発生装置１Ａの動作の一例を概略的に示すフローチャートである。制御部９０は電源８を制御して、プラズマ源２Ａの周囲にプラズマＰ１，Ｐ２を発生させる（ステップＳ１０１）。具体的には、電源８は制御部９０の制御下でプラズマ用の電圧（例えば高周波電圧）をプラズマ源２Ａに出力する。これにより、第１線状電極２１１と第２線状電極２２１との間にプラズマ用の電界が生じ、当該電界がガスに作用してプラズマＰ１，Ｐ２を発生させる。プラズマ源２Ａは処理が終了するまでプラズマＰ１，Ｐ２を発生させる。

[0168] 処理ユニット１３０Ａを例に挙げて説明すると、プラズマ源２Ａが第２処理位置においてプラズマＰ１，Ｐ２を発生させることにより、プラズマＰ１に起因して生じる種々の活性種を基板W上の処理液に供給することができる。これにより、既述のように、基板Wのレジストをより速やかに除去することができる。

[0169] また、制御部９０はバルブ５２を開いて冷却用ガスをプラズマ源２Ａに供給する（ステップＳ１０２）。具体的には、冷却用ガスがガス供給源５４から給気管５１を通じて給気管４１に供給され、給気口４１１から流出する。給気口４１１から流出された冷却用ガスはガス空間４０において整流部材４３を通じて整流され、整流後の冷却用ガスがプラズマ源２Ａに供給される。プラズマ源２Ａに衝突した冷却用ガスはプラズマ源２Ａに沿って外側に流れ、排気路４２４を通じて外部に排出される。

[0170] 次に、温度測定部６がプラズマ源２Ａの温度を測定する（ステップＳ１０３）。

[0171] 次に、制御部９０は温度測定部６によって測定された測定温度に基づいて流量調整部５３を制御して、プラズマ源２Ａに供給される冷却用ガスの流量を制御する（ステップＳ１０４）。よって、冷却ガス供給部５および冷却部材４は、温度測定部６によって測定された温度に基づいた流量で冷却用ガスをプラズマ源２Ａに供給する。

[0172] 具体的には、制御部９０は、測定温度が第１温度であるときの冷却用ガス

の流量が、測定温度が第１温度よりも低い第２温度であるときの冷却用ガスの流量よりも大きくなるように、流量調整部５３を制御する。つまり、制御部９０は、測定温度が高いときに冷却用ガスの流量を増加させることにより、プラズマ源２Ａの温度を低下させ、測定温度が低いときには、冷却用ガスの流量を低減させることにより、プラズマ源２Ａの温度を上昇させる。制御部９０は測定温度の増加に対して冷却用ガスの流量を連続的に増加させてもよく、あるいは、段階的に増加させてもよい。

[0173] 次に、制御部９０は処理を終了するか否かを判断する（ステップＳ１０５）。所定の終了条件が成立していれば、制御部９０は処理を終了すると判断し、所定の終了条件が成立していなければ、制御部９０は処理を終了しないと判断する。例えば電源８による電圧出力から所定期間が経過したときに終了条件が成立したと判断してもよい。当該所定期間は、例えば基板Wのレジストを除去するのに十分な時間である。終了条件が成立していないときには、再びステップＳ１０３が実行され、終了条件が成立したときには、処理を終了する。具体的には、制御部９０は電源８に電圧の出力を停止させ、バルブ５２を閉じる。

[0174] 以上のように、プラズマ発生装置１によれば、プラズマ源２Ａの温度をモニタしながら冷却用ガスの流量を制御する。よって、プラズマ源２Ａの温度を高い精度で所定の温度範囲内に制御することができる。

[0175] また上述の例では、プラズマ源２Ａは仕切部材３３を含んでおり、冷却部材４は仕切部材３３によって仕切られた冷却空間においてプラズマ源２Ａに冷却用ガスを供給する。よって、冷却用ガスは処理空間には流入しにくく、プラズマ源２Ａと処理対象（ここでは基板W）との間のプラズマＰ１の乱れを招きにくい。したがって、プラズマＰ１に起因して生じる活性種をより均一に基板Wに供給することができる。

[0176] また上述の例では、冷却部材４の給気口４１１は仕切部材３３の冷却面３３ｂと対向する位置に設けられており、冷却面３３ｂに向けて開口している。これによれば、給気口４１１から流出した冷却用ガスは方向Ｄ３に沿って

仕切部材３３に向かって流れるので、冷却用ガスの大部分をプラズマ源２Ａに衝突させることができる。

[0177] 比較のために、冷却用ガスを仕切部材３３の冷却面３３ｂに平行な方向に流す構造を考慮する。この場合、冷却用ガスのうちプラズマ源２Ａから離れた位置を流れるガスは、プラズマ源２Ａには直接に接触しないので、プラズマ源２Ａの冷却に寄与しにくい。

[0178] これに対して、上述の例では、冷却用ガスが方向Ｄ３に沿ってプラズマ源２Ａに向かって流れるので、その大部分がプラズマ源２Ａに当たりやすい。よって、給気口４１１から流出した冷却用ガスの大部分がプラズマ源２Ａの冷却に寄与しやすい。したがって、プラズマ源２Ａをより効果的に冷却することができる。

[0179] また上述の例では、流路形成部材４２の側壁４２３に排気路４２４が形成されている。よって、給気口４１１から流出してプラズマ源２Ａに衝突した冷却用ガスはプラズマ源２Ａに沿って外側に流れ、排気路４２４を通じて外部に排出される。冷却用ガスは衝突後にプラズマ源２Ａに沿って流れるので、さらに効果的にプラズマ源２Ａを冷却することができる。

[0180] また上述の例では、複数の排気路４２４が周方向において異なる位置で流路形成部材４２の側壁４２３に設けられている。具体的な一例として、複数の排気路４２４は等間隔に設けられている。よって、冷却用ガスはプラズマ源２Ａに沿ってより均等に放射状に外側に流れ、複数の排気路４２４から外部に排出される。したがって、プラズマ源２Ａをより均一に冷却することができる。これによれば、プラズマ源２Ａの温度分布をより均一化することができる。よって、プラズマ源２Ａによる活性種の発生量の分布をより均一化することができ、基板Wに対してより均一に活性種を作用させることができる。

[0181] また上述の例では、冷却部材４は整流部材４３を含んでいる。よって、平面視において冷却用ガスをプラズマ源２Ａに対してより均一に供給することができる。したがって、プラズマ源２Ａの温度をより均一に制御することが

できる。言い換えれば、平面視におけるプラズマ源２Ａの温度分布をより均一化することができる。これによれば、プラズマ源２Ａによる活性種の発生量の分布をより均一化することができ、基板Wに対してより均一に活性種を作用させることができる。

[0182] また上述の例では、温度測定部６は仕切部材３３よりも冷却空間側に設けられている。言い換えれば、温度測定部６はプラズマ源２Ａに対して処理対象（ここでは基板W）とは反対側に設けられている。これによれば、温度測定部６はプラズマ源２Ａと基板Wとの間には設けられないので、基板Wに向かう活性種の移動を阻害しない。また、プラズマ源２Ａを処理対象により近づけることができる。言い換えれば、プラズマ発生装置１の第２処理位置を基板Wのより近くに設定することができる。そして、温度測定部６はプラズマ発生装置１が第２処理位置で停止している場合でもプラズマ源２Ａの温度を測定することができるので、基板Wに対する処理中であっても、プラズマ源２Ａの温度を高い精度で制御することができる。

[0183] また上述の例では、プラズマ源２Ａが第２処理位置よりも基板Wから離れた第２待機位置に位置する状態で、制御部９０が電源８を制御してプラズマ源２Ａの周囲にプラズマＰ１，Ｐ２を発生させる。そして、プラズマ源２Ａの温度が基板Wの処理に適した温度になるように、冷却用ガスによりプラズマ源２Ａが冷却される。その後、プラズマ源２Ａが第２待機位置から第２処理位置へと移動させられる。こうすることで、基板Wの上面の近傍の位置でプラズマを発生させる場合と比較して、プラズマの発生に起因する高熱による基板Wや周辺部材へのダメージを抑制することができる。

[0184] ＜空冷制御のタイミング＞

制御部９０は、プラズマ発生装置１が第２待機位置に位置するときにも、第２処理位置に位置するときにも、第２処理位置と第２待機位置との間の移動中でも、行うことができる。

[0185] なお、上述の例では、プラズマ処理中のプラズマ源２Ａの温度を測定するために、温度測定部６がプラズマ源２Ａに対して処理対象（ここでは基板W

）とは反対側に設けられる。しかしながら、必ずしもプラズマ処理中のプラズマ源２Ａの温度を測定しなくてもよい。例えば、プラズマ発生装置１が第２処理位置よりも鉛直上方の準備位置（第２待機位置を含む）で停止しているときに、電源８がプラズマ源２Ａに電圧を出力してプラズマＰ１，Ｐ２を発生させ、制御部９０がプラズマ源２Ａの測定温度に基づいて冷却用ガスの流量を制御する。続いて、プラズマ発生装置１が第２処理位置へと移動し、基板Wに対するプラズマ処理（活性種の供給）を行う。プラズマ処理中では、温度測定部６による温度測定を行わず、冷却ガス供給部５は、準備位置においてプラズマ源２Ａの温度が所定範囲内となったときのガスの流量で、冷却用ガスを供給する。これによっても、プラズマ処理中において、プラズマ源２Ａの温度を所定範囲内に維持することができる。

[0186] この場合、温度測定部６は必ずしもプラズマ源２Ａに対して基板Wとは反対側に設けられていなくてもよい。温度測定部６はプラズマ源２Ａに対して基板W側に設けられていてもよい。例えば、温度測定部６は、プラズマ源２Ａよりも基板W側かつプラズマ源２Ａよりも外側の位置に設けられてもよい。図９においては、この温度測定部６が二点鎖線で示されている。この場合、温度測定部６はプラズマ源２Ａと一体に移動する必要はなく、処理ユニット１３０内に移動不能に固定されていてもよい。

[0187] ＜温度測定部の種類＞

上述の例では、温度測定部６は赤外線センサ（放射温度計）であるものの、例えば、サーモカメラであってもよい。サーモカメラはサーモグラフィーカメラとも呼ばれる。サーモカメラは例えば２次元配置された複数の画素を有する。各画素は赤外線を受光し、その強度を検出する。サーモカメラは赤外線による画像（いわゆるサーモグラフィ）を出力することができる。

[0188] サーモカメラの撮像範囲はプラズマ源２Ａの一部であってもよく、全部であってもよい。制御部９０はサーモカメラによって撮像された画像に基づいて、プラズマ源２Ａのうち撮像範囲内の温度分布を把握することができる。制御部９０は複数の画素に対応するプラズマ源２Ａの複数の温度を平均化し

て、プラズマ源２Ａの測定温度を算出してもよい。

[0189] また上述の例では、温度測定部６は、温度と相関する赤外線の強度を測定しているものの、必ずしもこれに限らない。温度測定部６は、温度と正または負の相関関係を有する赤外線以外のパラメータを測定してもよい。具体的な一例として、温度測定部６はプラズマＰ１，Ｐ２の発光強度を測定するセンサであってもよい。ガスの種類が一定であれば、プラズマの発光強度は温度が高いほど高くなるので、発光強度と温度との関係を予め測定しておくことにより、温度測定部６によって測定された発光強度と、予め測定した上記関係とに基づいて、プラズマ源２Ａの温度を算出することができる。温度測定部６は、プラズマの光をセンシング可能なカメラ（例えば可視光カメラ）であってもよい。

[0190] ＜複数種のガス＞

上述したように、プラズマ発生装置１Ａにおいては、冷却用ガスによってプラズマ源２Ａを冷却することで、プラズマ源２Ａの温度を制御することができる。よって、温度上昇による不具合を抑制できるとともに、温度低下によるプラズマの消失も抑制することができる。しかしながら、プラズマを維持しつつ、プラズマ源２Ａの温度をさらに低下させることは困難である。

[0191] そこでここでは、温度低下とプラズマＰ１の発生を両立することを企図する。具体的には、冷却用ガスとして、第１ガスと、第１ガスよりもプラズマ化しやすい第２ガスとを採用する。第１ガスは例えば窒素ガスおよび空気の少なくともいずれかを含む。第２ガスは例えばアルゴンガスである。

[0192] 図１１は、プラズマ発生装置１Ａおよび冷却ガス供給部５の第１変形の構成を概略的に示す図である。図１１の例では、冷却ガス供給部５の給気管５１は分岐管５１ａと分岐管５１ｂと合流管５１ｃとを含む。合流管５１ｃの下流端は給気管５１の下流端に相当し、給気管４１に接続される。

[0193] 分岐管５１ａの下流端は合流管５１ｃの上流端に接続され、分岐管５１ａの上流端は第１ガス供給源５４ａに接続される。第１ガス供給源５４ａは第１ガスを分岐管５１ａに供給する。分岐管５１ａにはバルブ５２ａおよび流

量調整部５３ａが介装されている。バルブ５２ａは制御部９０によって制御される。バルブ５２ａが開くことにより、第１ガス供給源５４ａからの第１ガスが分岐管５１ａおよび合流管５１ｃを通じて給気管４１に供給され、給気口４１１から流出する。給気口４１１から流出した第１ガスはプラズマ源２Ａに向かって流れる。バルブ５２ａが閉じることにより、第１ガスの供給が停止する。流量調整部５３ａは制御部９０によって制御され、分岐管５１ａを流れる第１ガスの流量を調整する。流量調整部５３ａは例えばマスフローコントローラである。

[0194] 分岐管５１ｂの下流端は合流管５１ｃの上流端に接続され、分岐管５１ｂの上流端は第２ガス供給源５４ｂに接続される。第２ガス供給源５４ｂは第２ガスを分岐管５１ｂに供給する。分岐管５１ｂにはバルブ５２ｂおよび流量調整部５３ｂが介装されている。バルブ５２ｂは制御部９０によって制御される。バルブ５２ｂが開くことにより、第２ガス供給源５４ｂからの第２ガスが分岐管５１ｂおよび合流管５１ｃを通じて給気管４１に供給され、給気口４１１から流出する。給気口４１１から流出した第２ガスはプラズマ源２Ａに向かって流れる。バルブ５２ｂが閉じることにより、第２ガスの供給が停止する。流量調整部５３ｂは制御部９０によって制御され、分岐管５１ｂを流れる第２ガスの流量を調整する。流量調整部５３ｂは例えばマスフローコントローラである。

[0195] このような冷却ガス供給部５によれば、制御部９０がバルブ５２ａ，５２ｂを開くことにより、第１ガスと、第１ガスよりもプラズマしやすい第２ガスとの混合ガスを冷却用ガスとしてプラズマ源２Ａに供給することができる。後述のように、第１ガスは主としてプラズマ源２Ａの冷却に用いられ、第２ガスは主としてプラズマＰ２の維持に用いられる。

[0196] 制御部９０は温度測定部６によって測定された測定温度に基づいて、冷却用ガスの流量を制御する。具体的には、制御部９０は、測定温度が第１温度であるときの第１ガスの流量が、測定温度が第１温度よりも低い第２温度であるときの第１ガスの流量よりも大きくなるように、流量調整部５３ａを制

御する。つまり、制御部９０は測定温度が高いときに第１ガスの流量を増加させてプラズマ源２Ａの温度を低下させ、測定温度が低いときに第１ガスの流量を低減させてプラズマ源２Ａの温度を上昇させる。制御部９０は測定温度の増加に対して第１ガスの流量を連続的に増加させてもよく、あるいは、段階的に増加させてもよい。

[0197] 以上のように、第１ガスの流量を測定温度に基づいて制御しているので、プラズマ源２Ａの温度を高い精度で所定範囲内に制御できる。

[0198] しかも、プラズマ源２Ａには、プラズマ化しやすい第２ガスも供給される。例えば、制御部９０は第２ガスの流量が予め設定された一定値となるように流量調整部５３ｂを制御してもよい。この第２ガスの供給により、プラズマ源２Ａの周囲においてプラズマＰ１，Ｐ２の発生を維持することができる。具体的には、プラズマ源２Ａの温度が低下しても、第２ガスが仕切部材３３よりも冷却空間側においてプラズマ化するので、プラズマＰ２を維持することができる（図７も参照）。また、出願人は、この冷却空間側のプラズマＰ２の維持に起因して、処理空間側においてもプラズマＰ１が維持されることを確認した。

[0199] 以上のように、冷却用ガスとして、第１ガスと、第１ガスよりもプラズマ化しやすい第２ガスとの混合ガスを採用することにより、温度の低下とプラズマＰ１，Ｐ２の維持とを両立させることができる。言い換えれば、プラズマＰ１，Ｐ２を維持可能な温度範囲を広げることができる。

[0200] ＜第２ガスの流量制御＞

第２ガスの流量は必ずしも一定に制御される必要はない。制御部９０は、温度測定部６によって測定された測定温度に基づいて、第２ガスの流量も制御してもよい。より具体的には、制御部９０は測定温度が第１温度であるときの第２ガスの流量が、測定温度が第１温度よりも低い第２温度であるときの第２ガスの流量よりも小さくなるように、流量調整部５３ｂを制御してもよい。つまり、制御部９０は、測定温度が高いときに第２ガスの流量を低下させ、測定温度が低いときに第２ガスの流量を増加させてもよい。

[0201] これによれば、プラズマＰ１，Ｐ２が消失する可能性が高い低温時において第２ガスの流量を増加させることにより、プラズマＰ１，Ｐ２をより確実に維持することができる。一方で、プラズマＰ１，Ｐ２が消失する可能性が低い高温時での第２ガスの消費量を低減させる。これによれば、高温時ではプラズマＰ１，Ｐ２を維持しつつ第２ガスの消費量を低減させることができる。第２ガスの流量はゼロであってもよい。

[0202] ＜領域ごとの空冷制御＞

図１２は、プラズマ発生装置１Ｂおよび冷却ガス供給部５の第２変形を概略的に示す側断面図である。プラズマ発生装置１Ｂはプラズマ発生装置１の第２例である。プラズマ発生装置１Ｂは、冷却部材４の構成を除いて、既述のプラズマ発生装置１Ａと同様の構成を有している。

[0203] プラズマ発生装置１Ｂにおいては、冷却部材４は複数の給気口４１１を有している。複数の給気口４１１は仕切部材３３よりも冷却空間側に設けられており、いずれもプラズマ源２Ａと方向Ｄ３において対向する位置に設けられている。よって、複数の給気口４１１はプラズマ源２Ａのうち互いに異なる領域と方向Ｄ３において対向する。

[0204] 図１２の例では、複数の給気口４１１として、３つの給気口４１１Ａ，４１１Ｂ１，４１１Ｂ２が示されている。給気口４１１Ａはプラズマ源２Ａの中央領域（具体的には仕切部材３３の中央領域、第２中央領域に相当）と方向Ｄ３において対向する位置に形成され、給気口４１１Ｂ１はプラズマ源２Ａの周縁領域（具体的には仕切部材３３の周縁領域、第２周縁領域に相当）と方向Ｄ３において対向する位置に形成されており、給気口４１１Ｂ２は給気口４１１Ａに対して給気口４１１Ｂ１と反対側において、プラズマ源２Ａの周縁領域と方向Ｄ３において対向する位置に形成されている。図９の例では、冷却部材４は３つの給気管４１Ａ，４１Ｂ１，４１Ｂ２を含み、給気管４１Ａ，４１Ｂ１，４１Ｂ２の下流端にそれぞれ給気口４１１Ａ，４１１Ｂ１，４１１Ｂ２が形成される。

[0205] 冷却ガス供給部５は給気管４１Ａ，４１Ｂ１，４１Ｂ２に冷却用ガスを供

給する。図１２の例では、給気管４１Ａは給気管５１Ａを介してガス供給源５４に接続される。給気管５１Ａにはバルブ５２Ａおよび流量調整部５３ａが介装されている。バルブ５２Ａは制御部９０によって制御される。バルブ５２Ａが開くことにより、ガス供給源５４からの冷却用ガスが給気管５１Ａを通じて給気管４１Ａに供給され、給気口４１１Ａから流出する。給気口４１１Ａから流出した冷却用ガスはプラズマ源２Ａの中央領域に向かって流れる。バルブ５２Ａが閉じることにより、給気口４１１Ａからの冷却用ガスの供給が停止する。流量調整部５３ａは制御部９０によって制御され、給気管５１Ａを流れる冷却用ガスの流量を調整する。つまり、流量調整部５３ａはプラズマ源２Ａの中央領域へ向かう冷却用ガスの流量を調整する。流量調整部５３ａは例えばマスフローコントローラである。

[0206] 図１２の例では、給気管４１Ｂ１は分岐管５１Ｂ１および共通管５１Ｂ３を介してガス供給源５４に接続され、給気管４１Ｂ２は分岐管５１Ｂ２および共通管５１Ｂ３を介してガス供給源５４に接続される。共通管５１Ｂ３にはバルブ５２Ｂおよび流量調整部５３Ｂが介装されている。バルブ５２Ｂは制御部９０によって制御される。バルブ５２Ｂが開くことにより、ガス供給源５４からの冷却用ガスがそれぞれ給気管４１Ｂ１，４１Ｂ２に供給され、給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から流出する。給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から流出した冷却用ガスはプラズマ源２Ａの周縁領域に向かって流れる。バルブ５２Ｂが閉じることにより、給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２からの冷却用ガスの供給が停止する。流量調整部５３Ｂは制御部９０によって制御され、共通管５１Ｂ３を流れる冷却用ガスの流量を調整する。つまり、流量調整部５３Ｂはプラズマ源２Ａの周縁領域へ向かう冷却用ガスの流量を調整する。流量調整部５３Ｂは例えばマスフローコントローラである。

[0207] このような冷却部材４によれば、流量調整部５３ａ，５３Ｂによって、プラズマ源２Ａの中央領域に供給する冷却用ガスの流量と、プラズマ源２Ａの周縁領域に供給する冷却用ガスの流量とを互いに独立に制御することができる。

[0208] 図１２の例では、冷却部材４は流路仕切部材４４をさらに含んでいる。図１３は、冷却部材４の構成の一例を概略的に示す断面図であり、方向Ｄ３に垂直な断面を示している。流路仕切部材４４は、流路形成部材４２の内部のガス空間４０を複数のガス流路に仕切る部材である。図１２および図１３の例では、流路仕切部材４４は流路形成部材４２のカバー部４２１の下面に立設された円筒形状を有している。これによれば、流路形成部材４２のガス空間４０を、流路仕切部材４４の内側の中央流路４０Ａと、流路仕切部材４４と側壁４２２との間の周縁流路４０Ｂとに仕切ることができる。

[0209] 中央流路４０Ａはプラズマ源２Ａの中央領域と方向Ｄ３において対向しており、周縁流路４０Ｂはプラズマ源２Ａの周縁領域と方向Ｄ３において対向する。図１３の例では、基板Ｗが二点鎖線で示されている。この二点鎖線は、処理ユニット１３０においてプラズマ発生装置１が第２処理位置に位置する状態での基板Ｗを示している。図１３から理解できるように、プラズマ源２Ａの中央領域は、プラズマ発生装置１が第２処理位置に位置する状態で、基板Ｗの上面の中央領域（第１中央領域に相当）と方向Ｄ３において対向する。プラズマ源２Ａの周縁領域は、プラズマ発生装置１が第２処理位置に位置する状態で、基板Ｗの上面の周縁領域（第１周縁領域に相当）と方向Ｄ３において対向する。

[0210] 給気口４１１Ａは中央流路４０Ａにおいて開口する。よって、給気口４１１Ａから流出した冷却用ガスは、中央流路４０Ａを流れてプラズマ源２Ａの中央領域に衝突する。図１２の例では、流路仕切部材４４はプラズマ源２Ａに当接しておらず、プラズマ源２Ａの中央領域に衝突した冷却用ガスは流路仕切部材４４とプラズマ源２Ａとの間を通過し、排気路４２４から外部に排気される。

[0211] 給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２は周縁流路４０Ｂにおいて開口する。よって、給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から流出した冷却用ガスは、周縁流路４０Ｂを流れてプラズマ源２Ａの周縁領域に衝突する。プラズマ源２Ａの周縁領域に衝突した冷却用ガスは排気路４２４から外部に排気される。

[0212] 図１２および図１３の例では、流路仕切部材４４が設けられているので、給気口４１１Ａから流出した冷却用ガスをより確実にプラズマ源２Ａの中央領域に供給することができ、給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から流出した冷却用ガスをより確実にプラズマ源２Ａの周縁領域に供給することができる。

[0213] 図１２の例では、中央流路４０Ａには整流部材４３Ａが設けられ、周縁流路４０Ｂには整流部材４３Ｂが設けられている。整流部材４３Ａ，４３Ｂは整流部材４３と同様に複数の貫通孔４３ａを有している。整流部材４３Ａは円板形状を有しており、その側面が流路仕切部材４４の内周面に固定される。整流部材４３Ｂはリング状の板状形状を有し、その外周面が側壁４２２の内周面に固定され、その内周面が流路仕切部材４４の外周面に固定される。

[0214] 給気口４１１Ａから流出した冷却用ガスは整流部材４３Ａを通じて整流され、プラズマ源２Ａの中央領域に供給される。給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から流出した冷却用ガスは整流部材４３Ｂを通じて整流され、プラズマ源２Ａの周縁領域に供給される。

[0215] 図１２の例では、温度測定部６として温度測定部６Ａ，６Ｂが設けられている。温度測定部６Ａはプラズマ源２Ａの中央領域の温度を測定し、温度測定部６Ｂはプラズマ源２Ａの周縁領域の温度を測定する。つまり、温度測定部６Ａは、給気口４１１Ａから流出される冷却用ガスの供給先の領域の温度を測定し、温度測定部６Ｂは、給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から流出される冷却用ガスの供給先の領域の温度を測定する。

[0216] 制御部９０は、温度測定部６Ａによって測定された測定温度に基づいて流量調整部５３ａを制御して、プラズマ源２Ａの中央領域に供給する冷却用ガスの流量を制御する。また、制御部９０は、温度測定部６Ｂによって測定された測定温度に基づいて流量調整部５３Ｂを制御して、プラズマ源２Ａの周縁領域に供給する冷却用ガスの流量を制御する。

[0217] これによれば、プラズマ源２Ａの中央領域および周縁領域の温度を個別に制御することができる。例えば、制御部９０は、プラズマ源２Ａの中央領域の温度と周縁領域の温度との差が低減するように、流量調整部５３ａ，５３

Ｂを制御する。具体的には、制御部９０は温度差が所定の温度差基準値よりも小さくなるように、流量調整部５３ａ，５３Ｂを制御する。これにより、プラズマ源２Ａの温度分布をさらに均一化することができる。

[0218] ところで、基板Ｗの上面に形成される処理液の液膜Ｆは、表面張力等の諸要因に起因して、基板Ｗの周縁で盛り上がる場合がある。図１４は、基板Ｗの構成の一例を概略的に示す図である。図１４に例示するように、基板Ｗの周縁領域上の液膜Ｆの厚みは、基板Ｗの中央領域上の液膜Ｆの厚みよりも大きい。液膜Ｆの厚みが大きい場合、プラズマ発生装置１から供給された活性種が基板Ｗの上面の近傍に到達しにくいため、カロ酸が基板Ｗの上面に到達しにくい。よって、基板Ｗの周縁領域でのレジストの除去が不足する場合もある。このような基板Ｗの周縁領域の処理不足を抑制するためには、より多くの活性種を基板Ｗの周縁領域に供給することが望ましい。つまり、液膜Ｆが基板Ｗの周縁領域で盛り上がる場合には、基板Ｗの中央領域に供給される活性種よりも多くの活性種を周縁領域に供給することが望ましい。図１４の例では、基板Ｗに供給される活性種を模式的に矢印で示しており、その活性種の多寡を矢印の間隔で示している。

[0219] そこで、制御部９０は基板Ｗの周縁領域に対向するプラズマ源２Ａの周縁領域の温度が、基板Ｗの中央領域に対向するプラズマ源２Ａの中央領域の温度よりも高くなるように、流量調整部５３ａ，５３Ｂを制御してもよい。温度が高いほど、より多くのプラズマが発生するので、プラズマ源２Ａの周縁領域の周辺では、プラズマ源２Ａの中央領域よりもプラズマが多く発生する。よって、プラズマ源２Ａの周縁領域の周辺では活性種がより多く発生する。

[0220] これによれば、基板Ｗの周縁領域上の処理液の液膜Ｆに対して、基板Ｗの中央領域上の液膜Ｆよりも多くの活性種を供給することができる。よって、厚みの大きい基板Ｗの周縁領域上の液膜Ｆ中でよりカロ酸を多く発生させることができ、たとえ、液膜Ｆの厚みが大きくても、カロ酸が基板Ｗの上面に十分に作用することができる。したがって、基板Ｗの周縁領域における処理

不足（レジストの除去不足）を抑制または回避することができる。

[0221] なお、上述の例では、プラズマ源２Ａの中央領域および周縁領域にそれぞれ供給する冷却用ガスの流量を個別に制御した。しかしながら、プラズマ源２Ａを区画する領域は必ずしも中央領域および周縁領域に限らない。例えば、平面視において、プラズマ源２Ａを配列方向Ｄ２に沿って二等分してもよい。要するに、冷却部材４が、プラズマ源２Ａのうち複数の領域にそれぞれ冷却用ガスを供給する複数の給気口４１１を有し、制御部９０が各領域に供給される冷却用ガスの流量を個別に制御すればよい。つまり、各給気口４１１に繋がる配管上に流量調整部５３が設けられ、各流量調整部５３が制御部９０によって個別に制御されればよい。これにより、プラズマ源２Ａの各領域の温度を個別に制御することができる。例えば、平面視においてプラズマ源２Ａを２次元的に複数に分割した各領域に対応して、給気口４１１を設け、各給気口４１１から流出する冷却用ガスの流量を個別に制御してもよい。

[0222] また制御部９０は既述のようにプラズマ源２Ａの各領域の温度の差が小さくなるように、各冷却用ガスの流量を調整してもよい。あるいは、制御部９０はプラズマ源２Ａの温度分布が所定の温度分布となるように、各冷却用ガスの流量を調整してもよい。例えば、基板Wの上面のレジストに注入された不純物（イオン）の密度分布にばらつきがある場合がある。不純物の注入量の大きい領域のレジストは、小さい領域に比べて除去されにくいので、不純物の密度が高い領域は、レジストの除去が困難であり、不純物の密度が低い領域は、レジストの除去が容易である。このようなレジスト除去が容易な容易領域およびレジスト除去が困難な困難領域は、基板Wごとに予め決まっており、その情報は、作業員または基板Wの一連の処理工程における上流側の装置によって制御部９０に入力される。そこで、制御部９０は、基板Wの困難領域と方向Ｄ３において対向するプラズマ源２Ａの領域の温度が、基板Wの容易領域と方向Ｄ３において対向するプラズマ源２Ａの領域の温度よりも高くなるように、各給気口４１１から流出される冷却用ガスの流量を個別に制御してもよい。

[0223] なお図１２の例では、１つのガス供給源５４のみが図示されているものの、プラズマ発生装置１Ｂにおいても、冷却用ガスとして第１ガスと第２ガスとの混合ガスを採用してもよい。この場合、給気口４１１Ａから流出される第１ガスの流量を、給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から流出される第１ガスの流量と独立して制御すればよい。また、給気口４１１Ａから流出される第２ガスの流量を、給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から流出される第２ガスの流量と独立して制御してもよい。

[0224] これによれば、プラズマ源２Ａの中央領域および周縁領域に対して、互いに独立して制御された流量で第１ガスおよび第２ガスを供給することができる。

[0225] ＜プラズマ発生装置１Ｃ＞

図１５は、プラズマ発生装置１Ｃおよび冷却ガス供給部５を概略的に例示する側断面図である。プラズマ発生装置１Ｃはプラズマ発生装置１の第３例である。プラズマ発生装置１Ｃはプラズマ源２Ｂと冷却部材４と温度測定部６とを含んでいる。プラズマ源２Ｂはプラズマ源２Ａと同様にプラズマを発生させるものの、その具体的な構成がプラズマ源２Ａと相違する。

[0226] ＜プラズマ源＞

図１６は、プラズマ源２Ｂの構成の一例を概略的に示す平面図であり、図１７は、プラズマ源２Ｂの構成の一例を概略的に示す断面図である。図１７は、図１６のＣ－Ｃ断面を示している。図１５は、図１６のＤ－Ｄ断面に対応する位置の断面を示す。図１５から図１７に示されるように、プラズマ源２Ｂは第１電極部２１と第２電極部２２と仕切部材３５とを含む。

[0227] 仕切部材３５は、プラズマ源２Ａの仕切部材３３と同様に冷却空間と処理空間とを仕切るものの、仕切部材３３とは異なって、各第１線状電極２１１および各第２線状電極２２１の両方を覆っている。言い換えれば、第１線状電極２１１および第２線状電極２２１の大部分は仕切部材３５の内部に配置されている。

[0228] 仕切部材３５は例えば石英およびセラミックス等の誘電体材料によって形

成される誘電体である。図示の例では、仕切部材３５は板状形状を有しており、その厚み方向が方向Ｄ３に沿う姿勢で配置される。仕切部材３５の厚みは例えば５ｍｍ程度である。

[0229] 仕切部材３５は主面３５ａ、主面３５ｂおよび側面３５ｃを有する。主面３５ａおよび主面３５ｂは、方向Ｄ３において互いに向かい合う面であり、例えば、方向Ｄ３に直交する平坦面である。側面３５ｃは主面３５ａの周縁および主面３５ｂの周縁を繋ぐ面である。図１３の例では、仕切部材３５は円板形状を有しているので、主面３５ａおよび主面３５ｂはいずれも円状の平面であり、側面３５ｃは円筒面である。主面３５ａは処理空間に接する面であり、以下「処理面３５ａ」とも称される。主面３５ｂは冷却空間に接する面であり、以下「冷却面３５ｂ」とも称される。

[0230] 仕切部材３５には複数の第１穴３６および複数の第２穴３７が形成される。各第１穴３６は長手方向Ｄ１に沿って延在しており、その一方側の端が仕切部材３５の側面３５ｃにおいて開口する。各第１線状電極２１１は長手方向Ｄ１に沿って第１穴３６に挿入される。このように仕切部材３５が各第１線状電極２１１を覆うので、各第１線状電極２１１がプラズマにスパッタされることに起因して基板Ｗが汚染されることを防ぐことができる。

[0231] 各第２穴３７は長手方向Ｄ１に沿って延在しており、その他方側の端が仕切部材３５の側面３５ｃにおいて開口する。各第２線状電極２２１は長手方向Ｄ１に沿って第２穴３７に挿入される。このように仕切部材３５が各第２線状電極２２１を覆うので、各第２線状電極２２１がプラズマにスパッタされることに起因して基板Ｗが汚染されることを防ぐことができる。

[0232] 図１５の例では、複数の第１線状電極２１１および複数の第２線状電極２２１は同一平面上に設けられている。よって、複数の第１穴３６および複数の第２穴３７も同一平面上に形成されている。

[0233] 図１５の例では、第１線状電極２１１と仕切部材３５の処理面３５ａとの間隔は、第１線状電極２１１と仕切部材３５の冷却面３５ｂとの間隔よりも狭い。同様に、第２線状電極２２１と仕切部材３５の処理面３５ａとの間隔

は、第２線状電極２２１と仕切部材３５の冷却面３５ｂとの間隔よりも狭い。つまり、第１線状電極２１１および第２線状電極２２１は冷却面３５ｂよりも処理面３５ａに近い位置に設けられている。よって、第１穴３６および第２穴３７も冷却面３５ｂより処理面３５ａに近い位置に形成される。

[0234] プラズマ発生装置１Ｃは、処理面３５ａが処理対象（ここでは基板Ｗ）を向く姿勢で配置される。処理面３５ａ近傍のガスは後述のようにプラズマ発生装置１Ｃによってプラズマ化し、該プラズマによる活性種が処理対象に作用する。

[0235] 図１６の例では、第１集合電極２１２および第２集合電極２２２は仕切部材３５よりも外側に設けられている。よって、第１線状電極２１１の基端部は仕切部材３５の側面３５ｃから外側に突出して第１集合電極２１２に接続され、第２線状電極２２１の基端部は仕切部材３５の側面３５ｃから外側に突出して第２集合電極２２２に接続される。つまり、図示の例では、仕切部材３５は各第１線状電極２１１のうち基端部以外の部分および各第２線状電極２２１のうち基端部以外の部分を覆う。

[0236] 第１集合電極２１２および第２集合電極２２２はプラズマ用の電源８に接続されており、この電源８の電圧出力により、第１線状電極２１１と第２線状電極２２１との間にプラズマ用の電界が生じる。上述の例では、第１線状電極２１１と処理面３５ａとの間隔および第２線状電極２２１と処理面３５ａとの間隔は狭いので、電界は処理面３５ａ近傍のガスに作用しやすく、該ガスを容易にプラズマ化させることができる。

[0237] 上述の例では、第１線状電極２１１と冷却面３５ｂとの間隔および第２線状電極２２１と冷却面３５ｂとの間隔は広いので、電界は冷却面３５ｂ近傍のガスには作用しにくい。よって、基板Ｗの処理に寄与しない不要なプラズマの発生も抑制することができる。しかも、仕切部材３５の冷却面３５ｂと処理面３５ａとの間の厚みを大きくすることもできるので、仕切部材３５の強度および剛性を向上させることができる。

[0238] 上述の例では、単一の仕切部材３５が第１線状電極２１１および第２線状

電極２２１の両方を覆う。よって、プラズマ源２Ｂの構造は、第１線状電極２１１および第２線状電極２２１をそれぞれ覆う第１誘電体３１および第２誘電体３２を含むプラズマ源２Ａに比して簡易である。

[0239] 上述の例では、仕切部材３５の処理面３５ａは平坦であるので、第２誘電体３２と仕切部材３３とで段差形状を形成するプラズマ源２Ａに比して、その形状がより簡易である。よって、処理対象である基板W上の処理液が揮発してプラズマ源２Ｂ（例えば処理面３５ａ）に付着しても、プラズマ源２Ｂを洗浄して該処理液を除去することが容易である。

[0240] ＜冷却部材＞

図１５に例示されたプラズマ発生装置１Ｃの冷却部材４は、プラズマ発生装置１Ａの冷却部材４と同様である。ただし図１５の例では、冷却部材４の流路形成部材４２は仕切部材３５の冷却面３５ｂの周縁部に取り付けられ、プラズマ源２Ａとともにガス空間４０を形成している。より具体的な一例として、流路形成部材４２の側壁４２２が仕切部材３５の冷却面３５ｂの周縁部に対して不図示の取付部（例えば接着剤またはねじ止めなど）によって取り付けられる。

[0241] 冷却部材４の給気口４１１は、プラズマ発生装置１Ａと同様にプラズマ源２Ｂの冷却面３５ｂと方向Ｄ３において対向する位置に形成されており、冷却面３５ｂに向かって開口している。図１５の例では、冷却部材４の排気路４２４は流路形成部材４２の側壁４２２に形成されている。例えば、複数の排気路４２４が側壁４２２の周方向に沿って等間隔に配列される。給気口４１１からガス空間４０に流入した冷却用ガスはプラズマ源２Ｂの冷却面３５ｂに向かって流れ、プラズマ源２Ｂの冷却面３５ｂに衝突した後に冷却面３５ｂに沿って流れ、排気路４２４を通じて外部に排出される。これにより、プラズマ源２Ｂを空冷することができる。

[0242] ＜温度測定部＞

プラズマ発生装置１Ｃの温度測定部６もプラズマ発生装置１Ａと同様である。すなわち、温度測定部６はプラズマ源２Ｂの温度を測定し、測定結果を

示す電気信号を制御部９０に出力する。

[0243] このようなプラズマ発生装置１Ｃの動作例は、プラズマ発生装置１Ａと同様である。よって、プラズマ発生装置１Ｃにおいてもプラズマ発生装置１Ａと同様の効果を奏する。ただし、プラズマ源２Ｂは冷却空間においてほとんどプラズマを発生させない。もしプラズマ源２Ｂが冷却空間にプラズマを発生させたとしても、このプラズマは処理空間側のプラズマにほとんど影響を与えない。このため、冷却ガス供給部５が供給する冷却用ガスは専らプラズマ源２Ｂの冷却に利用される。

[0244] ＜プラズマ発生装置１Ｄ＞

図１８は、プラズマ発生装置１Ｄおよび冷却ガス供給部５の第２変形の構成を概略的に示す断面図である。プラズマ発生装置１Ｄはプラズマ発生装置１の第４例である。プラズマ発生装置１Ｄは、流路仕切部材４４の有無という点でプラズマ発生装置１Ｃと相違する。プラズマ発生装置１Ｄの冷却部材４はプラズマ発生装置１Ｂと同様に、流路仕切部材４４をさらに含んでいる。

[0245] 流路仕切部材４４は、ガス空間４０を複数のガス流路に仕切る部材であり、例えば、流路形成部材４２のカバー部４２１の下面に立設される。図１５の例では、流路仕切部材４４の下端はプラズマ源２Ｂの仕切部材３５の冷却面３５ｂに当接している。ここでは、冷却面３５ｂは平坦面であるので、流路仕切部材４４の下端面も平坦面である。流路仕切部材４４はガス空間４０を複数のガス流路に仕切る。具体的な一例として、流路仕切部材４４は円筒形状を有しており、ガス空間４０を中央流路４０Ａと周縁流路４０Ｂとに仕切る。流路仕切部材４４の下端面は例えば全周において冷却面３５ｂに接する。

[0246] 図１８の例では、流路形成部材４２には、給気口４１１Ａ，４１１Ｂ１，４１１Ｂ２が形成されるとともに、中央流路４０Ａ内のガスを排気するための排気路４２４Ａと、周縁流路４０Ｂ内のガスを排気するための排気路４２４Ｂが形成されている。

[0247] 排気路４２４Ａは中央流路４０Ａに対応して設けられる。図１８の例では、排気路４２４Ａは流路形成部材４２のカバー部４２１に形成され、カバー部４２１を厚み方向に貫通する。排気路４２４Ａの流入口（つまり、排気口）は、カバー部４２１の下面のうち中央流路４０Ａに面する領域に形成されている。よって、排気路４２４Ａの排気口は中央流路４０Ａにおいて冷却面３５ｂに向かって開口する。より具体的には、排気口の開口方向は、方向Ｄ３に沿う方向である。図１５の例では、複数の排気路４２４Ａが設けられており、例えば、給気口４１１Ａのまわりで等間隔に配列される。

[0248] 排気路４２４Ｂは周縁流路４０Ｂに対応して設けられる。図１８の例では、排気路４２４Ｂは排気路４２４と同様に、流路形成部材４２の側壁４２２に形成されている。図１８の例では、複数の排気路４２４Ｂが設けられており、例えば、周方向に沿って等間隔に配列される。

[0249] 以上のように、冷却部材４には、中央流路４０Ａに専用の給気口４１１Ａおよび排気路４２４Ａの排気口が形成され、また、周縁流路４０Ｂに専用の給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２および排気路４２４Ｂの排気口が形成される。

[0250] このようなプラズマ発生装置１Ｄによれば、給気口４１１Ａから中央流路４０Ａに供給された冷却用ガスはプラズマ源２Ｂの中央部を冷却しつつ、排気路４２４Ａを通じて外部に排出される。上述の例では、流路仕切部材４４の下端面は仕切部材３５の冷却面３５ｂに接触しているので、中央流路４０Ａに流入した冷却用ガスは周縁流路４０Ｂにはほとんど流入しない。また、給気口４１１Ｂ１，４１１Ｂ２から周縁流路４０Ｂに供給された冷却用ガスはプラズマ源２Ｂの周縁部を冷却しつつ、排気路４２４Ｂを通じて外部に排出される。同様に、周縁流路４０Ｂに流入した冷却用ガスは中央流路４０Ａにはほとんど流入しない。

[0251] このように冷却用ガスは中央流路４０Ａと周縁流路４０Ｂとの間ではほとんど移動しないので、中央流路４０Ａを流れる冷却用ガスの流量と、周縁流路４０Ｂを流れる冷却用ガスの流量を個別により正確に調整することができ

る。ひいては、プラズマ源２Ｂの中央部と周縁部との温度を個別により高い精度で制御することができる。

[0252] なお、流路仕切部材４４は仕切部材３５の冷却面３５ｂから若干離れていてもよい。この構造でも、冷却部材４には中央流路４０Ａに対応した排気路４２４Ａが形成されているので、中央流路４０Ａ内の冷却用ガスを排気路４２４Ａを通じて外部に排出できる。よって、中央流路４０Ａから周縁流路４０Ｂへの冷却用ガスの流入を抑制できる。同様に、周縁流路４０Ｂに対応した排気路４２４Ｂによって、周縁流路４０Ｂから中央流路４０Ａへの冷却用ガスの流入を抑制することができる。もちろん、流路仕切部材４４が仕切部材３５の冷却面３５ｂと当接していれば、中央流路４０Ａと周縁流路４０Ｂとの間の冷却用ガスの移動をさらに抑制することができる。

[0253] また、仕切部材３５の冷却面３５ｂが平坦面であれば、プラズマ発生装置１のように第１誘電体３１と仕切部材３３とで段差を形成するプラズマ源２Ａに比して、その形状が簡易である。よって、流路仕切部材４４の下端面を冷却面３５ｂに密着させやすく、流路仕切部材４４と冷却面３５ｂとの間の隙間を容易に低減させることができる。換言すれば、流路仕切部材４４の下端面に複雑な形状を必要としない。よって、プラズマ発生装置１Ｃの製造コストを低減させることができる。

[0254] ＜第１の実施の形態の変形例＞

プラズマの発光強度はプラズマ源２Ａ，２Ｂの温度に依存するので、制御部９０は冷却用ガスの流量に基づいてプラズマの発光強度を制御してもよい。例えば、制御部９０は、発光強度測定部（例えばカメラ）によって測定されたプラズマの発光強度に基づいて、発光強度が所定の強度範囲内となるように、冷却用ガスの流量を制御してもよい。プラズマ源２Ａ，２Ｂのうち複数の領域に対して個別に冷却用ガスの流量を制御すれば、プラズマ源２Ａ，２Ｂの各領域におけるプラズマの発光強度を個別に制御することもできる。

[0255] ＜第２の実施の形態＞

＜プラズマ発生装置の概要＞

図１９は、処理ユニット１３０Ｂの構成の一例を概略的に示す図である。処理ユニット１３０Ｂは上述の処理ユニット１３０の一例である。処理ユニット１３０Ｂのうち処理ユニット１３０で説明された要素については説明を省略する。

[0256] 処理ユニット１３０Ｂは、処理ユニット１３０では具体的には示されていなかったプラズマ発生装置１Ｅを備える。プラズマ発生装置１Ｅはプラズマ源２とセンサ７とを含む。

[0257] 第２の実施の形態では、温度を監視するためのセンサ７が設けられる。センサ７は、プラズマ源２が発生させたプラズマの発光強度を測定し、その測定結果を示す電気信号を制御部９０に出力する。制御部９０は、後に詳述するように、センサ７の測定結果に基づいてプラズマ源２の温度を求める。

[0258] ＜プラズマ発生装置１Ｅ＞

次に、プラズマ発生装置１Ｅの各構成のより詳細な一例について述べる。

[0259] 図２０はプラズマ発生装置１Ｅの構成の一例を概略的に示す側断面図である。プラズマ発生装置１Ｅはプラズマ発生装置１の第５例である。プラズマ発生装置１Ｅはプラズマ源２としてのプラズマ源２Ａと、センサ７とを含む。図２０は図６のＢ－Ｂ断面に対応する位置におけるプラズマ発生装置１Ｅの断面を示している。

[0260] 図２０に例示されるように、プラズマ源２Ａには保持部材３４が設けられてもよい。なお図１９では、図面の煩雑を避けるために、保持部材３４の図示が省略されている。保持部材３４は例えばフッ素系樹脂等の絶縁材料によって形成され、第１電極部２１、第２電極部２２、第１誘電体３１、第２誘電体３２および仕切部材３３を一体に保持する。

[0261] 例えば、保持部材３４はリング部材３４１と上部材３４２とを有する。リング部材３４１は平面視において第１集合電極２１２および第２集合電極２２２と略同径のリング形状を有しており、第１集合電極２１２および第２集合電極２２２を方向Ｄ３で挟持する。上部材３４２はリング部材３４１の上面に連結されており、プラズマ源２Ａと方向Ｄ３において向かい合うように

配置される。

[0262] 図２０の例では、第１誘電体３１の先端部が保持部材３４によって保持される。具体的には、第１誘電体３１の先端部が保持部材３４（具体的にはリング部材３４１）に埋設される。よって、第１線状電極２１１および第１誘電体３１からなる部分の両端が保持部材３４によって保持される。これにより、当該部分をその両端から保持することができる。図２０の例では、第２誘電体３２の先端部も保持部材３４によって保持される。よって、保持部材３４は第２線状電極２２１および第２誘電体３２からなる部分も両端保持することができる。

[0263] ＜センサ＞

センサ７は、プラズマ源２が発生させたプラズマの発光強度を測定し、その測定結果を示す電気信号を制御部９０に出力する。センサ７は、可視光を受光する可視光センサであり、例えば可視光カメラを含む。カメラは例えばＣＣＤ（Charge Coupled Device）カメラであり、複数の受光素子（画素に相当）が２次元に配置されたイメージセンサと、イメージセンサに像を結像させる光学系とを含んでいる。可視光カメラによって受光可能な波長には、例えば３５０ｎｍ程度以上８００ｎｍ程度以下の波長が含まれる。

[0264] センサ７がカメラである場合、センサ７はその撮像範囲内にプラズマ源２が含まれるように設けられる。図１９の例では、センサ７は、第２待機位置で停止したプラズマ源２よりも鉛直下方かつ保持機構１１よりも径方向外側に設けられている。よって、図１９の例では、センサ７は斜め下方向からプラズマ源２を撮像する。センサ７は、プラズマ源２を撮像して得られた画像データＩＭ１を制御部９０に出力する。

[0265] 図２１は、画像データＩＭ１の一例を模式的に示す図である。図２１の例では、プラズマ源２としてプラズマ源２Ａが採用された場合が例示されている。画像データＩＭ１には、プラズマ発生領域Ｐ０の全体が含まれている。プラズマ発生領域Ｐ０とは、プラズマ源２によってプラズマが発生する領域であり、プラズマの発光領域であるともいえる。画像データＩＭ１において

プラズマ発生領域Ｐ０に含まれる各画素の画素値は、各画素に対応する位置でのプラズマの発光強度を示す。このセンサ７はプラズマ発生領域Ｐ０を含む撮像領域を撮像することにより、プラズマ発生領域Ｐ０内のプラズマの発光強度の空間分布を測定しているといえる。

[0266] ＜プラズマの発光強度とプラズマ源２Ａの温度との関係＞

次に、プラズマの発光強度とプラズマ源２Ａの温度との関係の一例について述べる。図２２は、プラズマ源２Ａの発光強度の分光分布の一例を示すグラフである。図２２は、大気をプラズマ化させたときに得られた分光分布を示している。図２２には、複数のグラフＧ１～Ｇ３が示されている。グラフＧ１は、プラズマ源２Ａの温度が２１８度であるときの発光強度の分光分布を示し、グラフＧ２は、プラズマ源２Ａの温度が４０７度であるときの発光強度の分光分布を示し、グラフＧ３は、プラズマ源２Ａの温度が５２７度であるときの発光強度の分光分布を示している。なお、温度には、サーモカメラで測定したプラズマ源２Ａの各位置の温度のうち最も大きい値を採用した。

[0267] 図２２から理解できるように、プラズマ源２Ａの温度が高いほどプラズマの発光強度は高くなる。つまり、プラズマ源２Ａの温度はプラズマの発光強度に対して正の相関関係を有している。

[0268] ＜温度算出＞

そこで、プラズマ源２Ａの温度とプラズマの発光強度との対応関係を示す対応関係情報ＲＤ１を予め記憶部９２（例えば記憶部９２１）に記憶しておく。この対応関係は、例えば実験またはシミュレーションにより得ることができる。対応関係情報ＲＤ１はルックアップテーブルを含んでいてもよく、あるいは、関数式を含んでいてもよい。

[0269] 図２３は、第２の実施の形態における制御部９０の機能的な内部構成の一例を示す機能ブロック図である。図２３に示されるように、制御部９０は温度算出部９０１を含んでいる。温度算出部９０１には、センサ７からの測定結果（ここでは画像データＩＭ１）と、記憶部９２からの対応関係情報ＲＤ

１とが入力される。

[0270] 温度算出部９０１はセンサ７の測定結果と対応関係情報ＲＤ１とに基づいて、プラズマ源２の温度を求め、当該温度を示す温度情報ＴＤ１を出力する。

[0271] センサ７がカメラである場合には、既述のように、センサ７はプラズマ発生領域Ｐ０の発光強度の空間分布を測定する。よって、温度算出部９０１はセンサ７の測定結果に基づいてプラズマ源２の温度の空間分布を求めてもよい。具体的な一例として、まず、温度算出部９０１は画像データＩＭ１からプラズマ発生領域Ｐ０内の画素を抽出する。画像データＩＭ１内のプラズマ発生領域Ｐ０の位置および大きさは例えば予め設定されていてもよい。

[0272] 次に、温度算出部９０１はプラズマ発生領域Ｐ０内の各画素の画素値に基づいて、各画素の輝度値を算出する。センサ７がグレースケール用のカメラである場合、画素値は輝度値を示すので、温度算出部９０１は画素値をそのまま輝度値として用いる。センサ７がカラー用のカメラである場合、センサ７は、互いに異なる色の光を受光して複数種類の色情報をそれぞれ出力する複数種類の受光素子を含む。この場合、画像データＩＭ１内の各画素の画素値は、複数種類の色に対応した色情報を含む。複数種類の色情報としては、例えば、赤色（Ｒ）、緑色（Ｇ）および青色（Ｂ）の色情報が採用される。温度算出部９０１はＲＧＢ色空間からＹＵＶ色空間への変換式を用いて、複数種類の色情報に基づいて輝度値（Ｙ）を画素ごとに算出する。

[0273] 次に、温度算出部９０１は輝度値と対応関係情報ＲＤ１とに基づいて、プラズマ源２（例えばプラズマ源２Ａ）の温度を画素ごとに求める。この場合、記憶部９２には、発光強度の輝度値とプラズマ源２の温度との対応関係を示す対応関係情報ＲＤ１が予め記憶される。対応関係情報ＲＤ１がルックアップテーブルである場合には、制御部９０は補間処理（例えば線形補間処理）を行って温度を求めることができる。対応関係情報ＲＤ１が関数式である場合には、温度算出部９０１は当該関数式に輝度値を代入して温度を求めることができる。

[0274] 以上のように、温度算出部９０１はプラズマ源２の温度をプラズマ発生領域Ｐ０内の画素ごとに求めることができる。つまり、温度算出部９０１はプラズマ源２の温度の空間分布を求めることができる。

[0275] なお、温度算出部９０１はプラズマ発生領域Ｐ０内の全ての位置（画素）で温度を求める必要はなく、プラズマ発生領域Ｐ０内の一部の領域の画素からプラズマ源２の温度を求めてもよい。例えば、プラズマ源２Ａの周縁部は、中央部と比較して、極端に温度が低いことがあるので、プラズマ発生領域Ｐ０の中央部の輝度値から算出した温度をプラズマ源２Ａの温度の代表値とすることが好ましい。また、温度算出部９０１はプラズマ源２の温度の代表的な値として温度の統計値（例えば平均値あるいは最大値）を求めてもよい。

[0276] 以上のように、プラズマ発生装置１Ｅによれば、可視光のセンサ７を用いて、プラズマ源２の温度を測定することができる。可視光のセンサ７は、温度を測定するサーモカメラに比べて安価であるので、より安価な構成でプラズマ源２の温度を測定することができる。

[0277] また上述の例では、センサ７はカメラであり、そのプラズマ発生領域Ｐ０の全体が撮像領域に含まれるように設けられる。これによれば、プラズマ源２がプラズマ源２Ａのように平面型のプラズマ源であっても、センサ７はプラズマ発生領域Ｐ０の全体の発光強度を容易に測定することができる。ひいては、プラズマ発生領域Ｐ０の全体の温度を容易に測定することができる。

[0278] ＜色情報＞

上述の例では、センサ７がカラー用のカメラである場合には、温度算出部９０１は全種類の色情報に基づいて輝度値を算出し、当該輝度値に基づいて温度を求めた。このため、センサ７がグレースケール用のカメラである場合と比較して、より多くの情報から輝度値を算出することができ、求める温度の精度を高めることができる。しかしながら、必ずしもこれに限らない。温度算出部９０１は複数種類の色情報の少なくとも一つを用いればよい。１種類の色情報を用いる場合、当該１種類の色情報とプラズマ源２の温度との対

応関係を示す対応関係情報ＲＤ１が記憶部９２に予め記憶される。温度算出部９０１は、センサ７によって取得された各画素の当該１種類の色情報と、記憶部９２に記憶された対応関係情報ＲＤ１とに基づいて、プラズマ源２の温度を求める。これによれば、複数種類の色情報を用いる場合に比して、より簡易な処理でプラズマ源２の温度を求めることができる。

[0279] ＜温度制御＞

制御部９０は、センサ７を用いて求めたプラズマ源２の温度に基づいて、プラズマ源２の温度を制御してもよい。図２３の例では、制御部９０は温度制御部９０２をさらに含んでいる。温度制御部９０２には、温度算出部９０１から温度情報ＴＤ１が入力される。ここでは、温度算出部９０１はプラズマ源２の温度の代表値として温度の統計値（例えば平均値あるいは最大値など）を算出し、その算出温度を示す温度情報ＴＤ１を温度制御部９０２に出力する。

[0280] 温度制御部９０２は温度情報ＴＤ１に基づいてプラズマ源２の温度を制御する。プラズマ源２の温度は例えば電源８の出力電力により制御される。電源８の出力電力が大きくなると、プラズマ源２が発生させるプラズマの密度（例えば電子密度）が大きくなるので、プラズマの発光強度が高くなり、プラズマ源２の温度が高くなる。逆に、電源８の出力電力が小さくなると、プラズマの発光強度が低くなり、プラズマ源２の温度も低くなる。

[0281] 電源８の出力電力は例えば電源８の出力電圧の大きさ（振幅）によって制御される。例えば温度制御部９０２が電源８の出力電圧を制御して、電源８の出力電力を大きくすることができる。具体的な一例として、制御部９０は出力電圧の大きさ（振幅）についての指令値（設定値）を設定し、当該指令値に基づいて電源８を制御することにより、電源８の出力電圧の大きさを制御する。

[0282] また、電源８がパルス電源である場合には、温度制御部９０２はデューティ比を制御することにより、出力電力を制御してもよい。ここでいうデューティ比とは、周期（＝パルス周波数の逆数）に対するオン期間の比である。

デューティ比が高いほど、プラズマ源２に供給される電力の時間平均は大きくなる。オン期間およびパルス周波数の少なくともいずれか一方を制御することにより、デューティ比を制御することができる。例えば温度制御部９０２は、オン期間を一定としてパルス周波数を高くすることにより、デューティ比を高くすることができ、電源８の出力電力を大きくすることができる。より具体的な一例として、温度制御部９０２はパルス周波数についての指令値（設定値）を設定し、当該指令値に基づいて電源８を制御することにより、電源８のパルス周波数を制御する。

[0283] 次に、プラズマ源２の温度制御の例についてより具体的に述べる。なお、以下では上述の指令値をまとめて電圧指令値とも呼び、温度算出部９０１が求めた温度を算出温度とも呼ぶ。

[0284] 例えば温度制御部９０２は、プラズマ源２の算出温度が予め設定された許容値を超えないように、電源８を制御してもよい。より具体的な一例として、温度制御部９０２は算出温度と許容値との差が予め設定された許容基準値以下となると、電圧指令値をより小さい値に設定する。これにより、算出温度が許容値に近づくと、電源８の出力電力を低下させることができる。よって、プラズマ源２の温度を低下させることができ、プラズマ源２の温度が許容値を超えることを抑制または回避することができる。

[0285] あるいは、温度制御部９０２はプラズマ源２の算出温度が目標温度に近づくように電源８を制御してもよい。より具体的な一例として、温度制御部９０２は、算出温度が、目標温度を含む温度範囲の上限値よりも高いときに電圧指令値をより小さい値に設定し、算出温度が温度範囲の下限値よりも低いときに電圧指令値をより大きい値に設定してもよい。あるいは、温度制御部９０２は算出温度と目標温度との偏差に基づいて、いわゆる比例制御、積分制御および微分制御等のフィードバック制御を行って電源８を制御してもよい。これにより、プラズマ源２の温度を目標温度に近づけることができる。

[0286] 以上のように、制御部９０はセンサ７の測定結果から求めたプラズマ源２の算出温度に基づいて、プラズマ源２の温度を制御することができる。これ

により、より高い精度でプラズマ源２の温度を制御することができる。

[0287] ＜点灯判断＞

ところで、電源８がプラズマ源２に電力を供給し始めると、その初期においては、局所的にプラズマが発生し得る。つまり、プラズマ発生領域Ｐ０の全体ではなく、一部のみでプラズマが発生する。これは、第１線状電極２１１と第２線状電極２２１との間のピッチのばらつき等の組立誤差、あるいは電極棒や集合電極の個体差等の諸要因に起因すると考えられる。

[0288] そして、時間の経過とともに、プラズマ源２の温度が上昇しつつ、プラズマが周囲に広がる。つまり、温度が高くなるとガスがプラズマ化しやすくなるので、プラズマ源２の温度上昇に伴ってプラズマがより広い領域で発生しやすくなる。そして、いずれ、プラズマ発生領域Ｐ０の全体でプラズマが発生する。

[0289] センサ７は既述のようにプラズマの発光強度を測定する。そこで、図８に例示するように、制御部９０は点灯判断部９０３を含んでいてもよい。点灯判断部９０３には、センサ７から測定結果（ここでは画像データＩＭ１）が入力される。点灯判断部９０３はセンサ７の測定結果に基づいて、プラズマ源２がプラズマ発生領域Ｐ０の全体においてプラズマを発生させているか否かを判断する。

[0290] より具体的な一例として、まず、点灯判断部９０３は、画像データＩＭ１のプラズマ発生領域Ｐ０内の各画素の輝度値が輝度基準値以上であるか否かを、画素ごとに判断する。輝度基準値は、各画素においてプラズマが発生しているか否かを判断するための基準値であり、例えば予め設定される。点灯判断部９０３は、輝度値が輝度基準値以上であるときに、当該画素に対応する位置においてプラズマが発生していると判断し、輝度値が輝度基準値未満であるときに、当該画素に対応する位置においてプラズマが発生していないと判断する。

[0291] 次に、点灯判断部９０３は、プラズマが発生していると判断された画素の数と画素数基準値とを比較する。画素数基準値は、プラズマ発生領域Ｐ０の

全体でプラズマが発生しているか否かを判断するための基準値であり、例えば予め設定される。画素数基準値は当然にプラズマ発生領域Ｐ０内の画素の総数以下に設定される。点灯判断部９０３は、画素数が画素数基準値以上であるときに、プラズマ発生領域Ｐ０の全体でプラズマが発生していると判断し、画素数が画素数基準値未満であるときに、未だプラズマ発生領域Ｐ０の全体ではプラズマが発生していないと判断する。

[0292] 以上のように、制御部９０は、プラズマの発光強度を測定するセンサ７の測定結果に基づいて、プラズマが発生しているか否かを判断する。したがって、より高い精度でプラズマの発生を検出することができる。

[0293] 比較のために、センサ７の替わりにサーモカメラが用いられる場合を考察する。このサーモカメラはプラズマ源２の熱放射（赤外線）を測定して、画像データ（つまり、サーモグラフィーデータ）を出力する。よって、プラズマが発生していなくてもプラズマ源２の温度が高くなると、サーモグラフィーデータ内の画素値は高くなる。よって、サーモカメラを用いてプラズマの発生を検出すると、その検出精度が低くなる。

[0294] これに対して、センサ７はプラズマの発光強度を測定するので、より高い精度でプラズマの発生を検出することができる。

[0295] ＜色情報＞

なお上述の例では、センサ７がカラー用のカメラである場合には、温度算出部９０１は全種類の色情報に基づいて輝度値を算出し、当該輝度値に基づいてプラズマの発生を検出している。このため、センサ７がグレースケール用のカメラである場合と比較して、より多くの情報から輝度値を算出することができ、プラズマの発生をより高い精度で検出することができる。また、上述の例では、点灯判断部９０３はプラズマの輝度値を用いてプラズマの発生を検出しているものの、必ずしも輝度値を用いる必要はない。点灯判断部９０３は、センサ７によって測定された複数種類の色情報の少なくともいずれか一つを用いればよい。例えば、具体的には、点灯判断部９０３は当該種類の色情報が予め設定された色基準値よりも大きいときに、その画素に対応

する位置においてプラズマが発生していると判断すればよい。これによれば、より簡易な処理でプラズマの発生を検出することができる。

[0296] ＜処理ユニットの動作例＞

次に、処理ユニット１３０Ｂの動作の一例について説明する。図２４は、処理ユニット１３０Ｂの動作の一例を示すフローチャートである。まず、保持機構１１が基板Ｗを保持する（ステップＳ２０１：保持工程）。具体的には、主搬送ロボット１２０が未処理の基板Ｗを処理ユニット１３０Ｂ（図１において処理ユニット１３０として表示される）に搬入し、保持機構１１は、搬入された基板Ｗを保持する。ここでは、基板Ｗの上面にレジストが形成されている。

[0297] 次に、制御部９０は、プラズマ源２が基板Ｗから離れた第２待機位置（第１位置に相当）に位置する状態において、プラズマ源２への出力電力を供給してプラズマ源２にプラズマを発生させ始める（ステップＳ２０２：プラズマ点灯工程）。

[0298] 図２５は、プラズマ点灯工程の具体的な一例を示すフローチャートである。なお以下では、温度算出部９０１、温度制御部９０２および点灯判断部９０３の動作の主体を、制御部９０として説明する。

[0299] まず、制御部９０は電源８にプラズマ用の電圧を出力させ始める（ステップＳ２２１：電力開始工程）。このステップＳ２２１では、制御部９０は高い電力がプラズマ源２に供給されるように、電源８を制御する。例えば制御部９０は電圧指令値をより高い値に設定する。制御部９０が当該電圧指令値に基づいて電源８を制御することにより、電源８はより大きな電力をプラズマ源２に供給する。

[0300] 電力が大きいと、プラズマ源２の温度上昇幅が大きくなり、プラズマ源２の温度は例えば４００度程度以上となる。ガスは温度が高いほどプラズマ化しやすいので、プラズマ源２の高温により、プラズマをより短時間でプラズマ発生領域Ｐ０の全体に発生させることができる。

[0301] その一方で、プラズマ源２の温度が上昇しすぎて許容値（例えば６００度

程度）を超えることは望ましくない。例えばプラズマ源２としてプラズマ源２Ａを用いたとき、プラズマ源２Ａまたは保持部材３４の熱劣化等の不具合を招き得るからである。そこで、プラズマ点灯工程において、温度監視が行われる。

[0302] 具体的には、まず、センサ７はプラズマの発光強度を測定する（ステップＳ２２２：強度測定工程）。センサ７がカメラである場合、センサ７はプラズマ源２を撮像し、当該撮像により取得された画像データＩＭ１を測定結果として制御部９０に出力する。

[0303] 次に、制御部９０は、センサ７によって取得された画像データＩＭ１と、記憶部９２に記憶された対応関係情報ＲＤ１とに基づいて、上述のようにプラズマ源２の算出温度を求める（ステップＳ２２３：温度算出工程）。ここでは一例として、制御部９０は、プラズマ源２Ａの中央部の温度の平均値をプラズマ源２Ａの算出温度として求める。

[0304] 次に、制御部９０は算出温度が許容値を超えないように電源８の出力電力を制御する（ステップＳ２２４：温度制限工程）。言い換えれば、制御部９０はプラズマ源２の温度を許容値以下に制限する。例えば、制御部９０はプラズマ源２の算出温度と許容値との差が許容基準値以下であるときに、電圧指令値をより小さい値に設定する。これにより、プラズマ源２の温度が許容値を超えることを抑制または回避できる。

[0305] 次に、制御部９０はプラズマ源２がプラズマ発生領域Ｐ０の全体においてプラズマを発生させているか否かを、画像データＩＭ１に基づいて判断する（ステップＳ２２５：点灯判断工程）。具体的な一例として、制御部９０は、プラズマ発生領域Ｐ０において、輝度基準値以上の輝度値を有する画素の数が画素数基準値以上であるときに、プラズマ発生領域Ｐ０の全体でプラズマが発生していると判断する。

[0306] 未だプラズマ発生領域Ｐ０の全体にプラズマが発生していないときには、再びステップＳ２２２が行われる。プラズマ発生領域Ｐ０の全体にプラズマが発生しているときには、プラズマ点灯工程が完了する。

[0307] プラズマ源２がプラズマ発生領域Ｐ０の全体にプラズマを発生させた後に、制御部９０はプラズマ源２の温度を低下又は上昇させる（ステップＳ２０３：温度調整工程）。より具体的な一例として、制御部９０は電圧指令値をより小さい値又は大きい値に設定して電源８の出力電力を低下又は上昇させる。これにより、プラズマ源２の温度を低下又は上昇させる。

[0308] この温度調整工程においても、温度監視が行われる。例えば、制御部９０はプラズマ源２の算出温度が、後述のプラズマ工程（ステップＳ２０６）に適した温度（目標温度）となるように、電源８を制御する。目標温度は例えば４００度程度未満の値に設定される。この制御により、プラズマ源２の温度が時間の経過とともに低下又は上昇し、目標温度を含む温度範囲内に収束する。以後、制御部９０は、プラズマ源２の温度が当該温度範囲内となる電圧指令値で、電源８を制御する。

[0309] 次に、基板Wの上面に処理液（例えば硫酸）を供給する（ステップＳ２０４：液供給工程）。図２６は、液供給工程における処理ユニット１３０Ｂの様子の一例を概略的に示す図である。

[0310] 液供給工程において、まず、ノズル移動機構１５がノズル１２を第１待機位置から第１処理位置に移動させる。ここでは、第１処理位置は基板Wの中央部と鉛直方向において対向する位置である。そして、保持機構１１が基板Wを回転軸線Ｑ１まわりで回転させ、バルブ１２２が開く。バルブ１２２が開くと、ノズル１２から処理液が基板Wの上面の中心部に向けて吐出される。処理液は基板Wの上面の中央部に着液し、基板Wの回転に伴う遠心力を受けて基板Wの上面を広がり、基板Wの周縁から外側に飛散する。これにより、基板Wの上面に処理液の液膜Ｆが形成される。

[0311] 基板W上に液膜Ｆが形成されると、バルブ１２２が閉じて、処理液の供給が停止する。そして、ノズル移動機構１５がノズル１２を第１処理位置から第１待機位置へと移動させる。液膜Ｆの形成後には、保持機構１１は基板Wの回転を停止させてもよく、あるいは、基板Wの回転を継続してもよい。基板Wの回転を継続する場合、保持機構１１は液供給工程における回転速度よ

り低い回転速度で基板Ｗを回転させるとよい。これにより、基板Ｗの周縁から流れ落ちる処理液の量を低減させることができ、液膜Ｆをより確実に維持することができる。言い換えれば、保持機構１１は液膜Ｆを維持できる程度の回転速度で基板Ｗを回転させればよい。より具体的な一例として、保持機構１１は基板Ｗの周縁から処理液が流れ落ちない程度の回転速度で基板Ｗを回転させる。このように処理液の供給を停止しつつ基板Ｗの上面に液膜Ｆを維持する処理は、パドル処理とも呼ばれる。

[0312] なお、液供給工程（ステップＳ２０４）は、プラズマ点灯工程（ステップＳ２０２）および温度調整工程（ステップＳ２０３）の少なくともいずれか一方と並行して実行されてもよい。これにより、処理のスループットを向上させることができる。

[0313] プラズマ点灯工程、温度調整工程および液供給工程の実行後に、制御部９０はプラズマ移動機構１４を制御して、プラズマ源２を基板Ｗにより近い第２処理位置（第２位置に相当）に移動させる（ステップＳ２０５：移動工程）。

[0314] プラズマ源２が第２処理位置に位置する状態においては、プラズマ源２の直下で発生した活性種は基板Ｗの上面の液膜Ｆに供給される（ステップＳ２０６：プラズマ工程）。図２７は、プラズマ工程における処理ユニット１３０Ｂの様子の一例を概略的に示す図である。

[0315] プラズマ源２が第２処理位置に位置する状態でプラズマ源２が周囲のガスをプラズマ化させることにより、活性種が基板Ｗの上面の液膜Ｆに作用する。具体的には、プラズマ源２と基板Ｗとの間で生じた活性種が液膜Ｆに作用する。これにより、処理液の処理性能が高まる。具体的な一例として、上述された、カロ酸によるレジストの酸化除去がある。

[0316] 上述の例では、プラズマ源２Ａは平面視において広い範囲でプラズマを発生させることができるので、基板Ｗの上面に対して広い範囲で活性種を供給することができる。したがって、基板Ｗの上面のレジストをより均一に除去することができる。プラズマ源２は平面視において、基板Ｗの上面と同程度

、もしくは、基板Wの上面よりも広い範囲でプラズマを発生させる程度のサイズを有しているとよい。

[0317] 基板Wの上面のレジストが十分に除去されると、プラズマ移動機構１４はプラズマ源２を第２処理位置から第２待機位置に移動させ、また、電源８がプラズマ源２への電力供給を停止する。

[0318] 次に、処理ユニット１３０Ｂは基板Wの上面に対するリンス処理を行う（ステップＳ２０７：リンス工程）。具体的には、処理ユニット１３０Ｂはリンス液を基板Wの上面に供給し、基板Wの上面の処理液をリンス液に置換する。

[0319] 次に、処理ユニット１３０Ｂは基板Wに対する乾燥処理を行う（ステップＳ２０８：乾燥工程）。例えば保持機構１１が液供給工程よりも高い回転速度で基板Wを回転させることにより、基板Wを乾燥させる（いわゆるスピンドライ）。次に、主搬送ロボット１２０が処理済みの基板Wを処理ユニット１３０Ｂ（図１において処理ユニット１３０として表示される）から搬出する。

[0320] ＜処理ユニットの効果＞

以上のように、処理ユニット１３０Ｂによれば、プラズマ点灯工程（ステップＳ２０２）および温度調整工程（ステップＳ２０３）において、可視光のセンサ７を用いた温度監視が行われる。これにより、両工程において、プラズマ源２の温度を適切に制御することができる。

[0321] また上述の例では、プラズマ点灯工程において、プラズマ源２が基板Wからより遠い第２待機位置（第１位置に相当）に位置した状態で、プラズマ源２の温度をより高く制御する。これにより、より短時間でプラズマ発生領域Ｐ０の全体にプラズマを発生させることができる。また、プラズマ源２から基板Wへの熱伝達を抑制でき、基板Wへの熱ダメージおよび処理液の沸騰による周辺部材への汚染を抑制することもできる。

[0322] また上述の例では、温度調整工程（ステップＳ２０３）および移動工程（ステップＳ２０５）の後にプラズマ工程（ステップＳ２０６）が行われる。

例えば、温度調整工程によってプラズマ源２の温度が低くなると、プラズマ工程において、プラズマ源２が基板Ｗに近い第２処理位置（第２位置に相当）に位置していても、基板Ｗへの熱ダメージおよび処理液の沸騰による周辺部材への汚染を抑制することができる。また、例えば、温度調整工程によって、基板Ｗを処理するときのプロセス温度に適した温度までプラズマ源２の温度が高くすることもでき、よって、プラズマ工程において、より適切に基板Ｗに対する処理を行うことができる。

[0323] また上述の例では、制御部９０はプラズマ点灯工程においてプラズマが発生したか否かの判断を、プラズマの発光強度を測定するセンサ７の測定結果を用いて行っている。これによれば、より確実にプラズマの発生を検出することができる。よって、プラズマ点灯工程を適切なタイミングで終了させることができる。

[0324] ＜異常検出＞

制御部９０は、センサ７によって取得された画像データＩＭ１に基づいて、各種の状態を検出してもよい。例えば、制御部９０は、プラズマ発生領域ＰＯにおける発光強度の不均一を検出することができる。具体的には、例えば、プラズマ源２の接点不良または線状電極を覆う誘電体の破損によって発生したアーキングに起因する局所的な異常発熱を検出することができる。

[0325] 第２の実施の形態においてもプラズマ源２Ａに代えて、第１の実施の形態で説明されたプラズマ源２Ｂを採用することができる。図１６のＣ－Ｃ断面は図１７で示される。図２８は、図１６のＤ－Ｄ断面を示している。

[0326] プラズマ発生装置１Ｅは、処理面３５ａが処理対象（ここでは基板Ｗ）を向く姿勢で配置される。処理面３５ａ近傍のガスはプラズマ発生装置１Ｅによってプラズマ化し、該プラズマによる活性種が処理対象に作用する。

[0327] プラズマ発生装置１Ｅにおけるプラズマ源２Ｂの機能も、第１の実施の形態、特にプラズマ発生装置１Ｃにおいて説明された機能と同様である。

[0328] このようなプラズマ源２Ｂの温度も、プラズマの発光強度に対して正の相関関係を有する。そこで、第２の実施の形態においても、プラズマ源２Ｂの

温度とプラズマの発光強度との対応関係を示す対応関係情報を予め記憶部９２（例えば記憶部９２１）に記憶しておく。この対応関係は、例えば実験またはシミュレーションにより得ることができる。

[0329] プラズマ源２Ｂが採用された場合においても、上述のセンサ７および制御部９０が採用できる。例えば制御部９０は、安価な可視光のセンサ７によって測定されたプラズマの発光強度と、記憶部９２の対応関係情報とに基づいて、プラズマ源２Ｂの温度を算出する。

[0330] ＜第２の実施の形態の変形例＞

例えばセンサ７はカメラに限らず、ラインセンサ等の可視光センサであってもよい。

[0331] また上述の例では、プラズマ点灯工程（ステップＳ２０２）においてプラズマ源２は第２待機位置に位置している。しかしながら、プラズマ点灯工程において、プラズマ源２は第２処理位置と第２待機位置との間の位置（第１位置に相当）に位置していてもよい。

[0332] また上述の例では、プラズマ工程（ステップＳ２０６）において温度監視を行っていないが、必ずしもこれに限らない。センサ７がプラズマ工程においてもプラズマの発光強度を測定可能であれば、プラズマ工程でも温度監視を行ってもよい。例えば、センサ７がプラズマ源２よりも鉛直上方に設けられ、かつ、保持部材３４の上部材３４２が透光性を有している場合には、プラズマ工程においても、センサ７がプラズマ源２によるプラズマの発光強度を測定することができる。

[0333] また上述の例ではセンサ７は可視光センサである。しかしながら、次に説明する技術において、センサ７はサーモカメラまたは放射温度計であってもよい。すなわち、プラズマ源２が基板Wからより遠い第１位置に位置するプラズマ点灯工程において、プラズマ源２の温度をより高く制御し、かつ、プラズマ源２が第１位置よりも基板Wに近い第２位置に位置するプラズマ工程において、プラズマ源２の温度をより低く制御する技術において、センサ７はサーモカメラまたは放射温度計であってもよい。この技術では、プラズマ

点灯工程に要する時間を短縮できるとともに基板Ｗへの熱ダメージおよび処理液の沸騰による周辺部材への汚染を抑制できるという効果を招来するところ、この効果はセンサ７がサーモカメラまたは放射温度計であっても招来することができるからである。

[0334] ＜その他の変形＞

上述の例では、プラズマ源２Ａには仕切部材３３が設けられているものの、仕切部材３３は設けられていなくてもよい。第１電極部２１および第２電極部２２は同一平面に設けられてもよい。第１電極部２１および第２電極部２２の少なくとも一方が、仕切部材３３の内部に設けられてもよい。

[0335] また、例えば、プラズマ源２Ｂにおいて、第１電極部２１および第２電極部２２は方向Ｄ３において互いに異なる位置に設けられてもよい。具体的には、第１線状電極２１１および第２線状電極２２１は方向Ｄ３において互いに異なる位置に設けられてもよい。

[0336] ＜第３の実施の形態＞

＜プラズマ発生装置の概要＞

図２９は、処理ユニット１３０Ｃの構成の一例を概略的に示す図である。処理ユニット１３０Ｃは上述の処理ユニット１３０の一例である。処理ユニット１３０Ｃのうち処理ユニット１３０で説明された要素については説明を省略する。

[0337] 処理ユニット１３０Cは、チャンバ１０と、保持機構１１と、回転機構１１３と、処理液供給部１２６と、プラズマ発生装置１Ｆとを含んでいる。

[0338] 基板Ｗは保持機構１１により保持され、基板Ｗの上面が、プラズマ発生装置１Ｆの誘電体３の第１主面３ａと対向するように配置される。保持機構１１は、基板Ｗの上面が誘電体３の第１主面３ａと対向するように基板Ｗを保持する基板保持部として機能する。

[0339] ＜処理液供給部１２６＞

処理液供給部１２６は、保持機構１１によって保持された基板Ｗに対して処理液の供給を行う。図２９の例では、処理液供給部１２６はノズル１２と

供給管１２１とバルブ１２５とを含んでいる。供給管１２１の途中には、バルブ１２５が介装されている。バルブ１２５はバルブ１２５は供給管１２１の内部を流れる処理液の流量を調整可能なバルブであり、第１の実施の形態で説明されたバルブ１２２および流量調整部１２３を統合したものであると捉えることができる。

[0340] 回転機構１１３が保持機構１１および基板Ｗを回転させた状態で、バルブ１２５が開くことにより、ノズル１２は回転中の基板Ｗに処理液を供給する。これにより、処理液は基板Ｗの上面の中央部に着液し、基板Ｗの回転に伴う遠心力を受けて基板Ｗの上面を広がり、基板Ｗの周縁から外側に飛散する。

[0341] 図２９の例では、ノズル１２は、ノズル移動機構１５によって移動方向αに沿って移動し、第１処理位置Ｊ１（「第１処理位置」の意味については第１の実施の形態で説明された）および第１待機位置Ｊ２（「第１待機位置」の意味については第１の実施の形態で説明された）のいずれの位置も取り得る。

[0342] 本実施の形態では、ノズル１２の他にリンス用ノズルが設けられる態様について述べる。具体的には、処理液供給部１２６は例えばいずれも不図示のリンス用ノズル、リンス用配管およびリンス用バルブをさらに含む。リンス用ノズルは、保持機構１１によって保持された基板Ｗの中央部に向かってリンス液を吐出する。

[0343] リンス用ノズルはリンス用配管を介してリンス液供給源に接続される。リンス用バルブはリンス用配管に介装されており、リンス用配管の内部流路の開閉を切り替える。リンス用バルブは制御部９０によって制御される。リンス用バルブは、リンス用配管の内部を流れるリンス液の流量を調整可能なバルブであってもよい。リンス用ノズルはノズル１２と連結されてもよい。この場合、リンス用ノズルはノズル１２と一体に移動可能である。

[0344] 処理液供給部１２６はまず、回転中の基板Ｗの上面に薬液を供給する。これにより、薬液が基板Ｗの上面の全面に作用し、基板Ｗに対する処理が行わ

れる。例えば、薬液により基板Wのレジスト膜を除去する除去処理が行われる。

[0345] この処理において、パドル処理が行われてもよい。パドル処理では、処理液供給部１２６が薬液の供給を停止し、回転機構１１３が基板Wの回転速度を低下させる。回転機構１１３は、基板Wの上面において薬液の液膜が維持される程度の回転速度で基板Wを回転させる。つまり、薬液が基板Wの周縁からほとんど飛散しない程度の回転速度で基板Wを回転させる。パドル処理では、薬液が供給されないので、薬液の消費量を低減できる。レジスト膜が十分に除去されると、回転機構１１３は再び基板Wの回転速度を高くし、基板Wの上面の薬液を基板Wの周縁から外側に飛散させる。

[0346] 次に、処理液供給部１２６は回転中の基板Wにリンス液を供給することにより、基板Wの上面に残留した薬液を洗い流す。言い換えれば、基板Wの上面の薬液をリンス液に置換する。リンス液は、基板Wの回転に伴う遠心力を受けて基板Wの周縁から外側に飛散する。

[0347] 薬液は硫酸を含んでいることが好ましい。プラズマ発生装置１Ｆによる硫酸へのプラズマ照射によって、ペルオキソ一硫酸（カロ酸）が生成される。このカロ酸の生成方法は、過酸化水素水を必要としない。

[0348] ＜制御部９０＞

図３０は、制御部９０（図３も参照）と処理ユニット１３０Cとの接続の関係を示すブロック図である。制御部９０はバス９３を介して、ノズル移動機構１５、バルブ１２５、プラズマ移動機構１４、流量調整器５０２、回転機構１１３に接続され、これらを制御する。第１の実施の形態および第２の実施の形態においても制御部９０はバス９３を介してノズル移動機構１５、プラズマ移動機構１４、回転機構１１３に接続されてもよい。この場合、本実施の形態のバルブ１２５に代えて、バルブ１２２および流量調整部１２３がバス９３を介して制御部９０へ接続される。

[0349] ＜プラズマ発生装置１Ｆ＞

図２９の例では、プラズマ発生装置１Ｆが、保持機構１１によって保持さ

れた基板Ｗの上面と向かい合う位置に設けられている。プラズマ発生装置１Ｆは、Ｚ方向において、基板Ｗの上面よりも上方に設けられている。プラズマ発生装置１Ｆは、基板Ｗと接触しておらず、間隔を空けて基板Ｗの上面と対向する。

[0350] プラズマ発生装置１Ｆは例えばプラズマ移動機構１４によって移動可能に構成される。プラズマ移動機構１４はプラズマ発生装置１Ｆを第２処理位置Ｊ３と第２待機位置Ｊ４との間（図２９中、矢印β方向）で移動させる。

[0351] 第２処理位置Ｊ３は、プラズマ発生装置１Ｆが保持機構１１に保持された基板Ｗの上面に近接した位置である。この第２処理位置Ｊ３は、プラズマ発生装置１Ｆにより発生したプラズマが基板Ｗに影響を及ぼすことのできる程度に基板Ｗに近接した位置である。

[0352] 第２待機位置Ｊ４は、第２処理位置Ｊ３よりもＺ軸上方にプラズマ発生装置１Ｆが退避した位置である。第２待機位置Ｊ４では、ノズル移動機構１５によるノズル１２の移動を妨げない程度に、プラズマ発生装置１Ｆと基板Ｗの上面との距離が確保される。この第２待機位置Ｊ４では、プラズマ発生装置１Ｆは基板Ｗに対してプラズマ処理を行わない。

[0353] 図３１は、ＸＹ平面視におけるプラズマ発生装置１Ｆの構成を示す概略図である。図３２は、図３１のＥ－Ｅ断面を示す概略断面図である。

[0354] プラズマ発生装置１Ｆは、プラズマ発生用電極構造２０を備える。電源８もプラズマ発生装置１Ｆに含めて捉えることもできる。プラズマ発生用電極構造２０は、誘電体３と、第１電極２１０と、第２電極２２０とを備える。誘電体３は、第１主面３ａと、第２主面３ｂとを有する。誘電体３は、第１主面３ａが基板Ｗの上面を向く姿勢で配置される。

[0355] 誘電体３の第１主面３ａは、例えば、第２処理位置Ｊ３において対向する基板Ｗの上面をプラズマ発生装置１Ｆにより発生したプラズマが覆う程度の大きさである。図３１において、誘電体３の第１主面３ａの形状は、ＸＹ平面視において略正方形の形状が採用されているが、基板Ｗの形状に合わせて適宜変更可能である。基板Ｗの上面をプラズマ発生装置１Ｆにより発生した

プラズマが覆う程度の大きさであれば、基板Ｗをプラズマ発生装置１Ｆに対して相対的に回転または移動させることなく、プラズマ発生装置１Ｆが基板Ｗの上面全域に対してプラズマ処理を行うことができる。

[0356] 第１電極２１０は、線状の第１導体２３と、電源８と第１導体２３とを結ぶ配線２８とを有する。複数の第１導体２３同士を接続する部分を配線２８として捉え、配線２８と電源８の第１出力端８ａとを結ぶ配線８１とは区別して把握することもできる。図３１および図３２では配線２８と配線８１とが区別して示される。この第１導体２３は、少なくともその一部が誘電体３の内部に配置される。

[0357] 第２電極２２０は、線状の第２導体２４と、電源８と第２導体２４とを結ぶ配線２９とを有する。複数の第２導体２４同士を接続する部分を配線２９として捉え、配線２９と電源８の第２出力端８ｂとを結ぶ配線８２とは区別して把握することもできる。図３１および図３２では配線２９と配線８２とが区別して示される。この第２導体２４は、少なくともその一部が誘電体３の内部に配置され、誘電体３の内部において第１導体２３と接触せずに配置される。

[0358] 電源８は第１電極２１０と第２電極２２０との間に交流電圧を印加する。電源８が第１電極２１０と第２電極２２０とに電圧を印加すると、プラズマ発生装置１Ｆは誘電体３近傍の気体（例えば酸素）をプラズマ化させる。

[0359] 誘電体３には、流通路３０と、流入口３８と、流出口３９とが形成される。流通路３０は、第１導体２３および第２導体２４よりも第２主面３ｂ側に位置して冷却用流体を流通させる。流入口３８は、流通路３０に冷却用流体を流入させる。流出口３９は、流通路３０から冷却用流体を流出させる。

[0360] 流通路３０は、誘電体３、第１電極２１０、および第２電極２２０の冷却に寄与する。流通路３０には、冷却用流体として、例えば水を流通させることができる。水以外の冷却用流体が流通路３０に流通しても良い。水以外の冷却用流体として、例えば、ナイブライン（登録商標）（エチレングリコールやプロピレングリコールを主成分とする冷却用媒体（「低温用熱媒体」と

もいう。））、エタブライン（登録商標）（エチルアルコールを主成分とする冷却用媒体）、エチレングリコール、メタノールやエタノールなどのアルコール系冷却用媒体、が採用される。また、冷却用媒体として、気体に比べて冷却効果の高い液体が採用されることが好ましい。

[0361] 誘電体３に流通路３０が形成されることは、誘電体３の冷却に寄与し、ひいてはプラズマ発生用電極構造２０の放熱に寄与する。プラズマ発生用電極構造２０の放熱は、基板Ｗに与えられる熱を小さくすることに寄与する。また、誘電体３の放熱性が高められると、厚めの剛性が高い誘電体３をプラズマ発生用電極構造２０に採用することができる。

[0362] 薄型の誘電体３がプラズマ発生用電極構造２０に採用されると、誘電体３ひいてはプラズマ発生用電極構造２０は熱や力の印加によって変形しやすい。プラズマ発生装置１Ｆがプラズマ処理を行うときには、プラズマ発生用電極構造２０は第２処理位置Ｊ３のように基板Ｗに近接している。このような状態で誘電体３が変形してしまうと、誘電体３ひいてはプラズマ発生用電極構造２０の変形部分が基板Ｗに接触し、基板Ｗの損傷、あるいはアーキングの原因になり得る。プラズマ発生用電極構造２０に厚い誘電体３が採用されると、誘電体３ひいてはプラズマ発生用電極構造２０は、熱や力の印加による変形が小さく、高い剛性を有する。プラズマ発生用電極構造２０の剛性が高いことは、第２処理位置Ｊ３を基板Ｗに近づけ易いことに寄与する。プラズマ発生用電極構造２０が基板Ｗに対して近接してプラズマを発生させることは、基板Ｗに対するプラズマ処理の効率を高めることに寄与する。

[0363] 第１導体２３および第２導体２４は第１方向Ｔ（図３１において矢印を用いて示される）に沿って延在する。なお、第１方向Ｔは、Ｙ軸方向と同じ方向に限定されない。Ｙ軸方向とは異なるＸＹ平面上の所定方向であっても良い。流通路３０は、第１方向Ｔに沿って延在する部分を有する。流通路３０は、第１導体２３または第２導体２４の、Ｚ方向における直上に配置されることが好ましい。また、流通路３０、流入口３８、および流出口３９は、第１導体２３および第２導体２４に対して水密であることが好ましい。流通路

３０を通過する冷却用流体が漏洩して第１導体２３や第２導体２４に接触すると、冷却用流体を通じて電気が他の部材に漏洩することで、異常放電などの動作不良を引き起こす可能性がある。

[0364] プラズマ発生装置１Ｆは、流量調整器５０２と、冷却用流体供給管５０５と、冷却用流体排出管５０６と、を有する。冷却用流体供給管５０５は、流入口３８に流路接続され、流通路３０に冷却用流体を供給する。流量調整器５０２は、冷却用流体供給管５０５に介在され、流通路３０に流入する冷却用流体の流量を調整する。冷却用流体排出管５０６は、流出口３９に流路接続され、流通路内を流れた冷却用流体を流出口３９から排出する。

[0365] 冷却用流体供給管５０５は、流体供給源５０１に流路接続される。流体供給源５０１は、流入口３８に連通接続される。流体供給源５０１は、冷却用流体（例えば水）の供給源である。流体供給源５０１は、冷却用流体供給管５０５を通じて冷却用流体を流入口３８に送る。

[0366] 冷却用流体排出管５０６は、排液設備５０４に流路接続される。排液設備５０４は、冷却用流体排出管５０６を通じて送られてきた冷却用流体を排出する。

[0367] 流量調整器５０２は、制御部９０に接続される。流量調整器５０２は、制御部９０により、流通路３０への冷却用流体の流入を許可する開状態と、流通路３０への冷却用流体の流入を阻止する閉状態との間で切り替え可能に制御される。流量調整器５０２は、開状態において、冷却用流体の供給量を制御してもよい。冷却用流体の供給量の調整により、誘電体３、第１電極２１０、および第２電極２２０が冷却される速度が調整される。具体的には、冷却用流体の供給量が多量になれば、誘電体３、第１電極２１０、および第２電極２２０が冷却される速度は向上する。冷却用流体の供給量が少量になれば、誘電体３、第１電極２１０、および第２電極２２０が冷却される速度は低下する。

[0368] プラズマ発生装置１Ｆは、さらに、冷却用流体の温度を調整する流体温度調整器として、冷却器５０３を有してもよい。冷却器５０３は、例えば流体

供給源５０１に接続される。流体供給源５０１に接続された冷却器５０３は、流体供給源５０１内の冷却用流体を冷却する。冷却器５０３は、制御部９０に接続される。冷却器５０３は、制御部９０により、流体供給源５０１の冷却用流体の温度を所定温度に調整する。

[0369] 図３３および図３４は、第１導体２３と第２導体２４との配置と電気力線Ｅ１とを模式的に示す図である。図３４は、図３３の比較例としての第１導体２３と第２導体２４との配置と電気力線Ｅ２とを模式的に示す図である。図３３は、第１導体２３と第２導体２４とが第１主面３ａと平行な同一平面上に配置される場合を例示する。図３３および図３４では配線２８は配線８１と区別されず、配線２９は配線８２と区別されない。

[0370] 図３４は、第１導体２３と第２導体２４とが第１主面３ａと平行な同一平面上に配置されない場合を例示する。図３４に示された例示では、第２導体２４と第１主面３ａとの距離が、第１導体２３と第１主面３ａとの距離よりも離間している。さらに、図３４では、図３３と比較して、誘電体３の外部を通る電気力線が少ない。誘電体３の外部を通る電気力線が少ないと、多い場合と比較して、第１電極２１０と第２電極２２０との間に電圧が印加されたときに空間中のガスがプラズマ化し難くなる。そのため、このような場合には、基板Wの上面に対するプラズマ処理の効率が低い。図３３に示される場合には、図３４に示される場合と比較して、基板Wの上面に対するプラズマ処理の効率が高まる。プラズマ処理の効率の観点から、第１導体２３と第２導体２４とは、第１主面３ａと平行な同一平面上に配置されることが好ましい。

[0371] 本実施の形態においては、第１導体２３および第２導体２４が誘電体３の内部に配置されているので、誘電体３の第１主面３ａ上および第２主面３ｂ上に第１導体２３や第２導体２４が存在しない。第１主面３ａおよび第２主面３ｂの表面に第１導体２３や第２導体２４がないため、第１主面３ａや第２主面３ｂのメンテナンス性が向上する。誘電体３の外部と接触のない第１導体２３および第２導体２４も、誘電体３の外部からの汚れや損傷を受ける

こともない。このため、第１導体２３および第２導体２４のメンテナンス性も向上する。

[0372] ＜処理ユニット１３０Cによる処理工程＞

図３５は、処理ユニット１３０Cによる基板Wの処理工程を示すフロー図である。このような処理ユニット１３０Cにより基板Wを処理する場合には、まず、保持機構１１により基板Wが保持される（ステップＳ３０１）。そして、ノズル移動機構１５によりノズル１２が第１待機位置Ｊ２から第１処理位置Ｊ１に移動する（ステップＳ３０２）。ノズル１２が第１処理位置Ｊ１に移動すると、制御部９０によりノズル１２から薬液が供給される（ステップＳ３０３）。次に、基板Wの上面に薬液の液膜が形成されるように、回転機構１１３による基板Wの回転が開始する（ステップＳ３０４）。それから、回転機構１１３による基板Wの回転が停止するか、又は、基板Wが低速回転するパドリング状態に移行する（ステップＳ３０５）。そして、ノズル移動機構１５によりノズル１２が第１処理位置Ｊ１から第１待機位置Ｊ２に移動する（ステップＳ３０６）。

[0373] その後、プラズマ発生装置１Ｆはプラズマを発生させて、第１主面３ａの近傍の気体をプラズマ化する（ステップＳ３０７）。この状態で、プラズマ発生装置１Ｆが第２待機位置Ｊ４から第２処理位置Ｊ３に移動することで、基板Wに対してプラズマ照射を開始する（ステップＳ３０９）。

[0374] プラズマ発生装置１Ｆにより発生したプラズマは基板Wの上面の薬液の液膜に作用する。プラズマが基板W上の薬液の液膜に作用することにより、この液膜中に強い酸化力を有するラジカルが発生する。この酸化力により、基板Wの処理が効率的に行われる。例えば、基板Wからレジスト膜が効率的に除去される。

[0375] プラズマが発生すると、誘電体３、第１電極２１０、および第２電極２２０の温度が上昇する。誘電体３を厚くして剛性が高められていると、誘電体３の内部の熱が外部に放出されにくくなる。誘電体３の内部の熱が放出されにくいほど、誘電体３、第１電極２１０、および第２電極２２０の温度が上

昇しやすい。このような、誘電体３、第１電極２１０、および第２電極２２０の温度の上昇は、基板Ｗに悪い影響を与えたり、装置の他の部品に悪い影響を与えたりする可能性を高める。

[0376] 本実施の形態における流通路３０は、誘電体３、第１電極２１０、および第２電極２２０の温度の上昇を抑制する冷却用流体をその流通路３０内に流す。ステップＳ３０７のプラズマの発生の開始とともに、流通路３０への冷却用流体（例えば水）の流通が開始する（ステップＳ３０８）。ステップＳ３０８においては、冷却用流体の流量の調整や温度の調整が適宜行われてもよい。これらの調整は、例えば制御部９０の制御により行われる。

[0377] 第１電極２１０および第２電極２２０はプラズマ発生時には高電圧となる。よって冷却装置として導電性の高い金属が採用される場合には、異常な放電を引き起こす可能性を低減するため、第１電極２１０および第２電極２２０自体の周囲への冷却装置の取り付けは回避される。

[0378] 基板Ｗに対するプラズマ処理が終了すると、プラズマ発生装置１Ｆはプラズマの発生を終了する（基板Ｗに対してプラズマ照射を停止する）（ステップＳ３１０）。プラズマ照射が停止すると、誘電体３の内部の流通路３０への冷却用流体（例えば水）の流通が停止する（ステップＳ３１１）。そして、プラズマ発生装置１Ｆが第２処理位置Ｊ３から第２待機位置Ｊ４に移動する（ステップＳ３１２）。プラズマ発生装置１Ｆは、この装置の内部への冷却用流体の流入および排出があることから、第２処理位置Ｊ３と第２待機位置Ｊ４との間の移動距離が短いことが好ましい。また、同様の理由で、第２処理位置Ｊ３と第２待機位置Ｊ４との間の移動経路が単純であること、例えば直線的な移動であることが好ましい。

[0379] そして、再びノズル移動機構１５によりノズル１２が第１待機位置Ｊ２から第１処理位置Ｊ１に移動する（ステップＳ３１３）。ノズル１２が第１処理位置Ｊ１に移動すると、制御部９０によりノズル１２からリンス液が供給される（ステップＳ３１４）。その後、再びノズル移動機構１５によりノズル１２が第１処理位置Ｊ１から第１待機位置Ｊ２に移動する（ステップＳ３

１５）。最後に、回転機構１１３により基板Ｗが高速回転されることで、いわゆる振り切り乾燥が行われる（ステップＳ３１６）。

[0380] ＜第４の実施の形態＞

以下、第４の実施の形態に係るプラズマ発生装置１Ｇについて説明する。図３６は、ＸＹ平面視におけるプラズマ発生装置１Ｇの構成を示す概略図である。図３７は、図３６のＦ－Ｆ断面を示す概略断面図である。プラズマ発生装置１Ｇは、第３の実施の形態に係るプラズマ発生装置１Ｆの第２電極２２０の代わりに第２電極２２３を備える。この第２電極２２３以外については、プラズマ発生装置１Ｇは、プラズマ発生装置１Ｆと同様の構成である。

[0381] 第２電極２２３は、線状の第２導体２２４と、電源８と第２導体２２４とを結ぶ配線２２９とを有する。複数の第２導体２２４同士を接続する部分を配線２２９として捉え、配線２２９と電源８の第２出力端８ｂとを結ぶ配線８２とは区別して把握することもできる。図３６および図３７では配線２８と配線８１とが区別して示され、配線２２９と配線８２とが区別して示される。

[0382] 第２導体２２４は、第１導体２３との間に第１主面３ａを挟んで配置される。この第２導体２２４は、例えば、第１主面３ａに接して配置される。図３８は、第１導体２３と第２導体２２４との配置と電気力線Ｅ３とを模式的に示す図である。

[0383] 図３８に示すように、第１導体２３と第２導体２２４とは、誘電体３の第１主面３ａと平行な同一平面上に配置されない。第２導体２２４が誘電体３の第１主面３ａを挟んで第１導体２３の反対側に配置される。このような配置の場合には、図３３と図３４とに示される場合と比較して、誘電体３の外部を通る電気力線が多くなる。そのため、図３３と図３４とに示される場合と比較して、第１電極２１０と第２電極２２０との間に電圧が印加されたときに空間中のガスがプラズマ化し易くなる。これにより、図３３と図３４に示される場合と比較して、基板Ｗの上面に対するプラズマ処理の効率が高まる。

[0384] 第３の実施の形態および第４の実施の形態においては、流出口３９が冷却用流体排出管５０６を通じて排液設備５０４に流路接続されているが、これに限定されない。流出口３９は、吸引ポンプに接続されてもよい。また、排液設備５０４から再び流体供給源５０１に流入する冷却用流体の循環構造が採用されてもよい。

[0385] 図３９ないし図４２のそれぞれは、ＸＹ平面視における誘電体３の第１主面３ａの形状の一例を示す概略平面図である。図４０ないし図４２は、ＸＹ平面視において第１主面３ａの形状を基板Ｗとともに図示している。上述した実施の形態において、図３１に示すように、ＸＹ平面視での誘電体３の第１主面３ａの形状は略正方形に形成されるが、これに限定されない。誘電体３の第１主面３ａの形状は、基板Ｗの形状に合わせた形状に形成されてもよい。図３９に示すように、例えば直径３００ｍｍの基板Ｗが処理される場合、ＸＹ平面視でのプラズマが発生する領域が直径３００ｍｍの基板Ｗの主面を覆うように誘電体３の第１主面３ａが直径Φ＝３００ｍｍ以上の円形状に形成されてもよい。

[0386] あるいは、図４０ないし図４２に示すように、ＸＹ平面視での誘電体３の第１主面３ａの形状は基板Ｗの形状と異なる形状であってもよい。このような場合には、プラズマ発生装置１Ｆにより基板Ｗがプラズマ処理される間、基板Ｗがプラズマ発生装置１Ｆに対して相対的に回転またはＸＹ平面方向に移動する。これにより、プラズマ発生装置１Ｆによる基板Ｗへのプラズマ処理が、基板Ｗの主面全域に行われる。

[0387] 図４０に示すような形状の第１主面３ａを有する場合には、誘電体３の第１主面３ａの一部のみが基板Ｗに対向する。具体的には、直径３００ｍｍの円形状の基板Ｗに対して、半径Φ／２＝１５０ｍｍ以上で角度θ＝２７０°の扇形形状の第１主面３ａを有する誘電体３がプラズマ処理を行う。この場合、例えば基板Ｗが回転することにより、基板Ｗにおいて初めに第１主面３ａと対向しない部分にもプラズマ処理が施される。こうして、プラズマ発生装置１Ｆによる基板Ｗへのプラズマ処理が、基板Ｗの主面全域に行われる。

[0388] 図４１に示すような形状の第１主面３ａを有する場合にも、誘電体３の第１主面３ａの一部のみが基板Ｗに対向する。具体的には、直径３００ｍｍの円形状の基板Ｗに対して、半径Φ／２＝１５０ｍｍ以上で角度θ＝１８０°の扇形形状の第１主面３ａを有する誘電体３がプラズマ処理を行う。この場合、図４０の例の場合と同様に、例えば基板Ｗが回転することにより、基板Ｗにおいて初めに第１主面３ａと対向しない部分にもプラズマ処理が施される。

[0389] 図４２に示すような形状の第１主面３ａを有する場合にも、誘電体３の第１主面３ａの一部のみが基板Ｗに対向する。具体的には、直径３００ｍｍの円形状の基板Ｗに対して、半径Φ／２＝１５０ｍｍ以上で角度θ＝９０°の扇形形状の第１主面３ａを有する誘電体３がプラズマ処理を行う。この場合、図４０および図４１の例の場合と同様に、例えば基板Ｗが回転することにより、基板Ｗにおいて初めに第１主面３ａと対向しない部分にもプラズマ処理が施される。

[0390] ＜その他＞

処理ユニット１３０Ａ，１３０Ｂ，１３０Ｃには、チャンバ１０内の気体を調整するために、気体供給部（不図示）が設けられてもよい。気体供給部はチャンバ１０内に気体（例えば不活性ガスあるいは酸素）を供給する。これにより、チャンバ１０内の雰囲気が所望の雰囲気に近づく。

[0391] 気体供給部は、プラズマ発生装置１の近傍に対して、例えば、プラズマ発生用の気体を供給してもよい。プラズマ発生用の気体として、例えば、不活性ガスや酸素が採用される。

[0392] 基板Ｗに対する処理は必ずしもレジスト除去処理に限らない。基板Ｗに対する処理として例えば、金属膜の除去等、活性種により処理液の処理能力を向上させることができる全ての処理に適用可能である。

[0393] 必ずしも基板Ｗに処理液を供給する必要もない。例えば、プラズマを用いた処理として、基板Ｗの上面に対して直接にプラズマもしくは活性種を作用させてもよい。このような処理の一例として、基板Ｗの表面改質処理を挙げ

ることができる。

[0394] プラズマ発生装置１は必ずしも基板Ｗの処理に用いられる必要はなく、他の処理対象に用いられてもよい。

[0395] 以上のように、プラズマ発生装置１，１Ａ，１Ｂ，１Ｃ，１Ｄ，１Ｅ，１Ｆ，１Ｇ、処理ユニット（基板処理装置）１３０，１３０Ａ，１３０Ｂ，１３０Ｃおよび基板処理方法は詳細に説明されたが、上記の説明は、すべての局面において、例示であって、これらのプラズマ発生装置１，１Ａ，１Ｂ，１Ｃ，１Ｄ，１Ｅ，１Ｆ，１Ｇ、処理ユニット（基板処理装置）１３０，１３０Ａ，１３０Ｂ，１３０Ｃおよび基板処理方法が当該例示に限定されるものではない。上記各実施形態及び各変形例で説明した各構成は、相互に矛盾しない限り適宜組み合わせたり、省略したりすることができる。

[0396] 例えば第２の実施の形態において説明された保持工程（ステップＳ２０１）、液供給工程（ステップＳ２０４）、移動工程（ステップＳ２０５）、リンス工程（ステップＳ２０７）、乾燥工程（ステップＳ２０８）のいずれか一つもしくは複数が、第１の実施の形態におけるプラズマ点灯工程と併せて採用され得る。

[0397] また、例示されていない無数の変形例が、この開示の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

符号の説明

[0398] １，１Ａ、１Ｂ，１Ｃ，１Ｄ，１Ｅ，１Ｆ，１Ｇ　プラズマ発生装置

１０　チャンバ

１０１　ロードポート

１１　保持機構

１１０　インデクサロボット

１１１　ステージ

１１２　支持部

１１３　回転機構

１１４　シャフト

１１５　モータ

１２　ノズル

１２０　主搬送ロボット

１２１　供給管

１２４　処理液供給源

１２５　バルブ

１２６　処理液供給部

１３　ガード

１３０，１３０Ａ、１３０Ｂ，１３０Ｃ　処理ユニット

１４　プラズマ移動機構

１４０　基板載置部

１５　ノズル移動機構

２，２Ｂ　プラズマ源

２０　プラズマ発生用電極構造

２１０　第１電極

２３　第１導体

２４，２２４　第２導体

２１１　第１線状電極

２２１　第２線状電極

２２３　第２電極

３　誘電体

３ａ　第１主面

３ｂ　第２主面

３０　流通路

３３，３５　仕切部材

３３ｂ，３５ｂ　冷却面

３６　第１穴

３７　第２穴

３８　流入口

３９　流出口

４　冷却部材

４０　ガス空間

４１１，４１１Ａ，４１１Ｂ１，４１１Ｂ２　給気口

４２　流路形成部材

４２２　側壁

４２４，４２４Ａ，４２４Ｂ　排気路

４３　整流部材

４４　流路仕切部材

５０１　流体供給源

５０２　流量調整器

５０３　冷却器

５０４　排液設備

５０５　冷却用流体供給管

５０６　冷却用流体排出管

６　温度測定部

７　センサ

８１，８２　配線

９０　制御部

９２　記憶部

９３　バス

Ｃ　キャリア

Ｅ１，Ｅ２，Ｅ３　電気力線

Ｊ１　第１処理位置

Ｊ２　第１待機位置

Ｊ３　第２処理位置

Ｊ４　第２待機位置

Ｑ１　回転軸線

Ｓ１０１，Ｓ１０３，Ｓ１０４　ステップ

Ｓ２０１　ステップ（保持工程）

Ｓ２０２　ステップ（プラズマ点灯工程）

Ｓ２０３　ステップ（温度調整工程）

Ｓ２０５　ステップ（移動工程）

Ｔ　第１方向

請求の範囲

[請求項1] プラズマを発生させるプラズマ源と、

前記プラズマ源に冷却用ガスを供給するための少なくとも一つの給気口を有する冷却部材と、

前記プラズマ源の温度を測定する温度測定部と、

前記温度測定部によって測定された測定温度に基づいて前記冷却用ガスの流量を制御する制御部と

を備える、プラズマ発生装置。

[請求項2] 請求項１に記載のプラズマ発生装置であって、

前記プラズマ源は、処理対象側の処理空間と、前記処理空間と反対側の冷却空間とを仕切る仕切部材を有し、

前記少なくとも一つの給気口は前記冷却空間に設けられる、プラズマ発生装置。

[請求項3] 請求項２に記載のプラズマ発生装置であって、

前記プラズマ源は、第１線状電極および第２線状電極を含み、

前記仕切部材は、

前記第１線状電極が挿入された第１穴と、

前記第２線状電極が挿入された第２穴と

を有する、プラズマ発生装置。

[請求項4] 請求項２に記載のプラズマ発生装置であって、

前記プラズマ源は、

前記仕切部材よりも前記処理対象とは反対側に設けられる第１線状電極と、

前記仕切部材よりも前記処理対象側に設けられ、前記仕切部材の厚み方向において前記第１線状電極と対向しない位置に設けられる第２線状電極と

をさらに含み、

前記冷却用ガスは、第１ガス、および、前記第１ガスよりもプラズ

マ化しやすい第２ガスを含む、プラズマ発生装置。

[請求項5] 請求項４に記載のプラズマ発生装置であって、

前記制御部は、前記測定温度が第１温度であるときの前記第１ガスの流量を、前記測定温度が前記第１温度よりも低い第２温度であるときの前記第１ガスの流量よりも大きくする、プラズマ発生装置。

[請求項6] 請求項４または請求項５に記載のプラズマ発生装置であって、

前記制御部は、前記測定温度が第１温度であるときの前記第２ガスの流量を、前記測定温度が前記第１温度よりも低い第２温度であるときの前記第２ガスの流量よりも小さくする、プラズマ発生装置。

[請求項7] 請求項２から請求項６のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置であって、

前記少なくとも一つの給気口は、前記冷却空間に接する前記仕切部材の冷却面に対向する位置に設けられ、前記少なくとも一つの給気口は前記仕切部材の前記冷却面に向かって開口する、プラズマ発生装置。

[請求項8] 請求項７に記載のプラズマ発生装置であって、

前記冷却部材は、

前記仕切部材に対して前記処理対象とは反対側に設けられ、前記プラズマ源の周縁に連結されて前記プラズマ源とともにガス空間を形成する流路形成部材をさらに含み、

前記少なくとも一つの給気口は前記ガス空間において開口しており、

前記流路形成部材の側壁には、前記ガス空間から前記冷却用ガスを排出する少なくとも一つの排気路が形成されている、プラズマ発生装置。

[請求項9] 請求項８に記載のプラズマ発生装置であって、

前記流路形成部材の前記側壁には、複数の前記排気路が形成されており、

前記複数の排気路は、前記流路形成部材の前記側壁の周方向において互いに異なる位置に形成される、プラズマ発生装置。

[請求項10] 請求項１から請求項７のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置であって、

前記冷却部材は、複数の前記給気口を含み、

前記複数の給気口は、前記プラズマ源のうち互いに異なる複数の領域に向かって前記冷却用ガスを流出させ、

前記制御部は、前記複数の領域の各々に供給する前記冷却用ガスの流量を個別に制御する、プラズマ発生装置。

[請求項11] 請求項１０に記載のプラズマ発生装置であって、

前記冷却部材は、前記冷却用ガスが前記複数の領域に向かってそれぞれ流れる複数のガス流路を仕切る流路仕切部材をさらに備える、プラズマ発生装置。

[請求項12] 請求項１１に記載のプラズマ発生装置であって、

前記冷却部材は、前記複数のガス流路にそれぞれ対応して設けられた複数の排気路をさらに含む、プラズマ発生装置。

[請求項13] 請求項２に記載のプラズマ発生装置であって、

前記冷却部材は、

前記プラズマ源のうち互いに異なる複数の領域に向かって前記冷却用ガスを流出させる複数の前記給気口と、

前記冷却用ガスが前記複数の領域に向かってそれぞれ流れる複数のガス流路を仕切る流路仕切部材と、

前記複数のガス流路にそれぞれ対応して設けられた複数の排気路と、

を含み、

前記制御部は、前記複数の領域の各々に供給する前記冷却用ガスの流量を個別に制御し、

前記流路仕切部材は、前記冷却空間に接する前記仕切部材の冷却面

に当接している、プラズマ発生装置。

[請求項14] 請求項１０から請求項１３のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置であって、

前記制御部は、前記温度測定部によって測定された前記複数の領域の温度の差が低減するように、前記冷却用ガスの流量を個別に制御する、プラズマ発生装置。

[請求項15] 請求項１から請求項１４のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置であって、

前記温度測定部は、前記プラズマ源に対して処理対象とは反対側の位置に設けられる、プラズマ発生装置。

[請求項16] 請求項１から請求項１５のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置であって、

前記冷却部材は、前記少なくとも一つの給気口から流出した前記冷却用ガスを整流する整流部材を含み、前記整流部材を通じて前記冷却用ガスを前記プラズマ源に供給する、プラズマ発生装置。

[請求項17] 基板を保持する基板保持部と、

前記基板保持部によって保持された前記基板の主面に処理液を供給するノズルと、

請求項１０から請求項１４のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置と

を備え、

前記プラズマ源は、前記基板保持部によって保持された前記基板の前記主面に対向する位置に設けられ、

前記プラズマ源の前記複数の領域は、平面視において、前記基板の前記主面の第１中央領域と対向する第２中央領域と、前記基板の前記主面の第１周縁領域に対応する第２周縁領域とを含み、

前記制御部は、前記第２周縁領域の温度が前記第２中央領域の温度よりも高くなるように、前記冷却用ガスの流量を調整する、基板処理

装置。

[請求項18] プラズマ源がプラズマを発生させる工程と、

前記プラズマ源の温度を温度測定部によって測定する工程と、

前記温度測定部によって測定された温度に基づいた流量で冷却用ガスを前記プラズマ源に供給する工程と

を備える、プラズマ発生方法。

[請求項19] プラズマを発生させるプラズマ源と、

前記プラズマの発光強度を測定するセンサと、

前記プラズマの発光強度と前記プラズマ源の温度との対応関係を示す対応関係情報を記憶する記憶部と、

前記センサによって測定された前記プラズマの発光強度と、前記記憶部に記憶された前記対応関係情報とに基づいて、前記プラズマ源の温度を求める制御部と

を備える、プラズマ発生装置。

[請求項20] 請求項１９に記載のプラズマ発生装置であって、

前記プラズマ源は、平面型のプラズマ源であり、

前記センサは、前記プラズマ源のプラズマ発生領域を含む撮像領域を撮像するカメラを含む、プラズマ発生装置。

[請求項21] 請求項１９または請求項２０に記載のプラズマ発生装置であって、

前記制御部は、前記センサによって測定された前記プラズマの発光強度に基づいて、前記プラズマが発生しているか否かを判断する、プラズマ発生装置。

[請求項22] 請求項１９から請求項２１のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置であって、

前記センサは、互いに異なる色の光を受光して複数種類の色情報をそれぞれ出力する複数種類の受光素子を含む、プラズマ発生装置。

[請求項23] 請求項１９から請求項２２のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置であって、

前記プラズマ源は、

第１線状電極と、

第２線状電極と、

前記第１線状電極が挿入された第１穴、および、前記第２線状電極が挿入された第２穴を有する誘電体と

を含む、プラズマ発生装置。

[請求項24] 請求項１９から請求項２３のいずれか一つに記載のプラズマ発生装置と、

基板を保持する基板保持部と、

前記プラズマ源を、前記基板保持部によって保持された前記基板に対して相対的に移動させる移動機構と

を備え、

前記制御部は、

前記プラズマ源が前記基板の主面から離れた第１位置に位置する状態において、前記プラズマ源に前記プラズマを発生させ、

前記プラズマ源が前記プラズマを発生させた後に、前記プラズマ源への出力電力を低下させて前記プラズマ源の温度を低下させ、又は、前記プラズマ源への出力電力を上昇させて前記プラズマ源の温度を上昇させ、

前記プラズマ源の温度を低下又は上昇させた後に、前記移動機構を制御して、前記プラズマ源を前記第１位置よりも前記基板の前記主面に近い第２位置に移動させる、基板処理装置。

[請求項25] 基板保持部が基板を保持する保持工程と、

プラズマ源が、前記基板保持部によって保持された前記基板の主面から離れた第１位置に位置する状態で、前記プラズマ源にプラズマを発生させ始めるプラズマ点灯工程と、

前記プラズマが発生した後に、前記プラズマ源の温度を低下又は上昇させる温度調整工程と、

前記温度調整工程の後に、前記プラズマ源を前記第１位置よりも前記基板に近い第２位置に移動させる移動工程と

を備える、基板処理方法。

[請求項26] 第１主面と、前記第１主面に対向する第２主面とを有する誘電体と、

前記誘電体の内部に配置される線状の第１導体を有する第１電極と、

前記誘電体の内部において前記第１導体と接触せずに配置される線状の第２導体を有する第２電極と、

を備え、

前記誘電体には、前記第１導体および前記第２導体よりも前記第２主面側に位置して冷却用流体を流通させる流通路と、前記流通路に前記冷却用流体を流入させる流入口と、前記流通路から前記冷却用流体を流出させる流出口と、が形成されていることを特徴とするプラズマ発生用電極構造。

[請求項27] 第１主面と、前記第１主面に対向する第２主面とを有する誘電体と、

前記誘電体の内部に配置される線状の第１導体を有する第１電極と、

前記第１主面を挟んで前記第１導体の反対側に配置される線状の第２導体を有する第２電極と、

を備え、

前記誘電体には、前記第１導体および前記第２導体よりも前記第２主面側に位置して冷却用流体を流通させる流通路と、前記流通路に前記冷却用流体を流入させる流入口と、前記流通路から前記冷却用流体を流出させる流出口と、が形成されていることを特徴とするプラズマ発生用電極構造。

[請求項28] 請求項２６または請求項２７に記載のプラズマ発生用電極構造にお

いて、

前記第１導体および前記第２導体は第１方向に沿って延在し、

前記流通路は、前記第１方向に沿って延在する部分を有する、プラズマ発生用電極構造。

[請求項29] 請求項２６ないし請求項２８のいずれか一項に記載のプラズマ発生用電極構造において、

前記流通路、前記流入口、および前記流出口は、前記第１導体および前記第２導体に対して水密である、プラズマ発生用電極構造。

[請求項30] 請求項２６ないし請求項２９のいずれか一項に記載のプラズマ発生用電極構造において、

前記第１導体と前記第２導体とは、前記第１主面と平行な同一平面上に配置される、プラズマ発生用電極構造。

[請求項31] 請求項２６ないし請求項３０のいずれか一項に記載のプラズマ発生用電極構造と、

前記第１電極と前記第２電極との間に交流電圧を印加する電源と、

前記誘電体に形成された前記流入口に流路接続され、前記流通路に前記冷却用流体を供給する供給管と、

前記誘電体に形成された前記流出口に流路接続され、前記流通路内を流れた前記冷却用流体を前記流出口から排出する排出管と、

前記供給管に介在され、前記流通路に供給する前記冷却用流体の流量を調整する流量調整器と、

を備える、プラズマ発生装置。

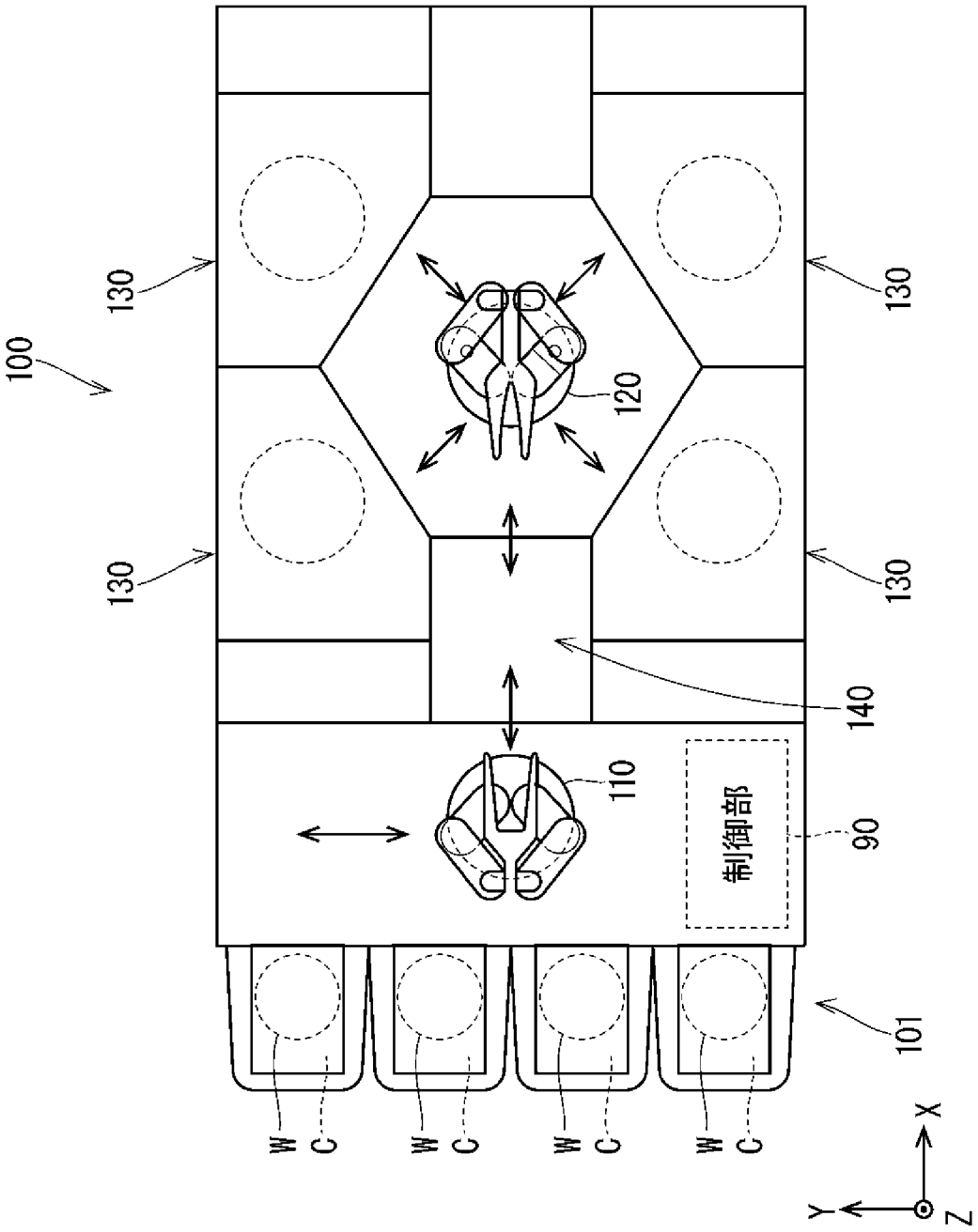
[請求項32] 基板を保持する基板保持部と、

前記基板の主面に処理液を供給するノズルと、

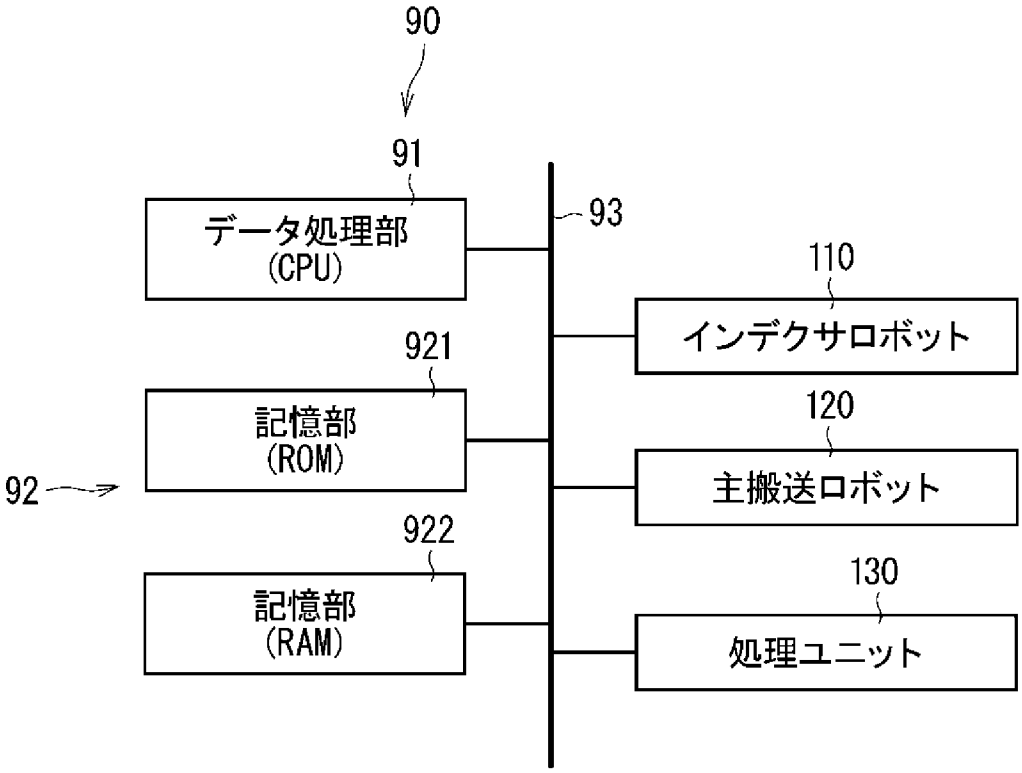
前記誘電体の前記第１主面が前記基板の主面と対向するように配置され、前記基板保持部に保持された前記基板の主面に向けてプラズマを発生させる、請求項３１に記載のプラズマ発生装置と、

を備える、基板処理装置。

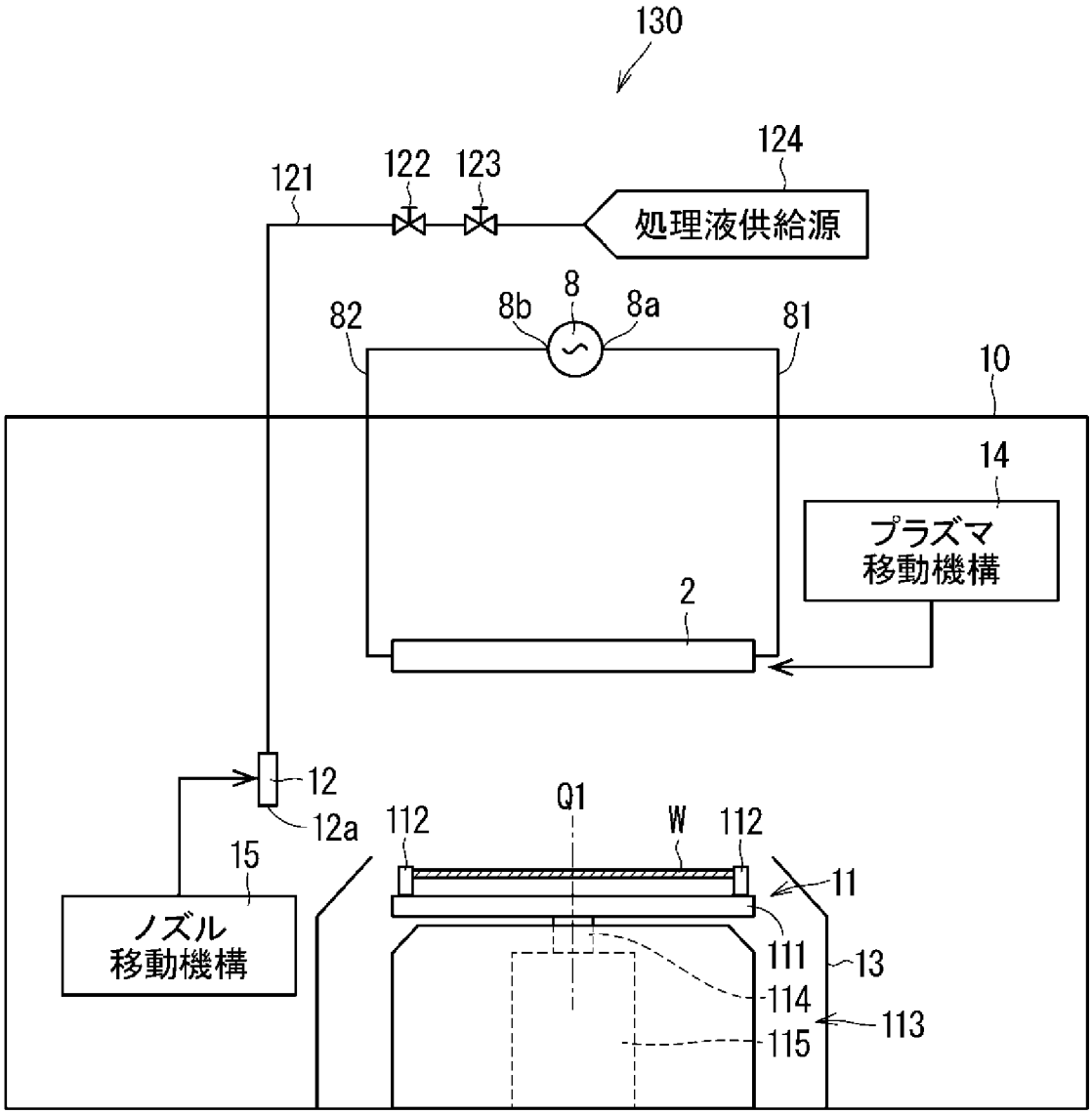
[図1]



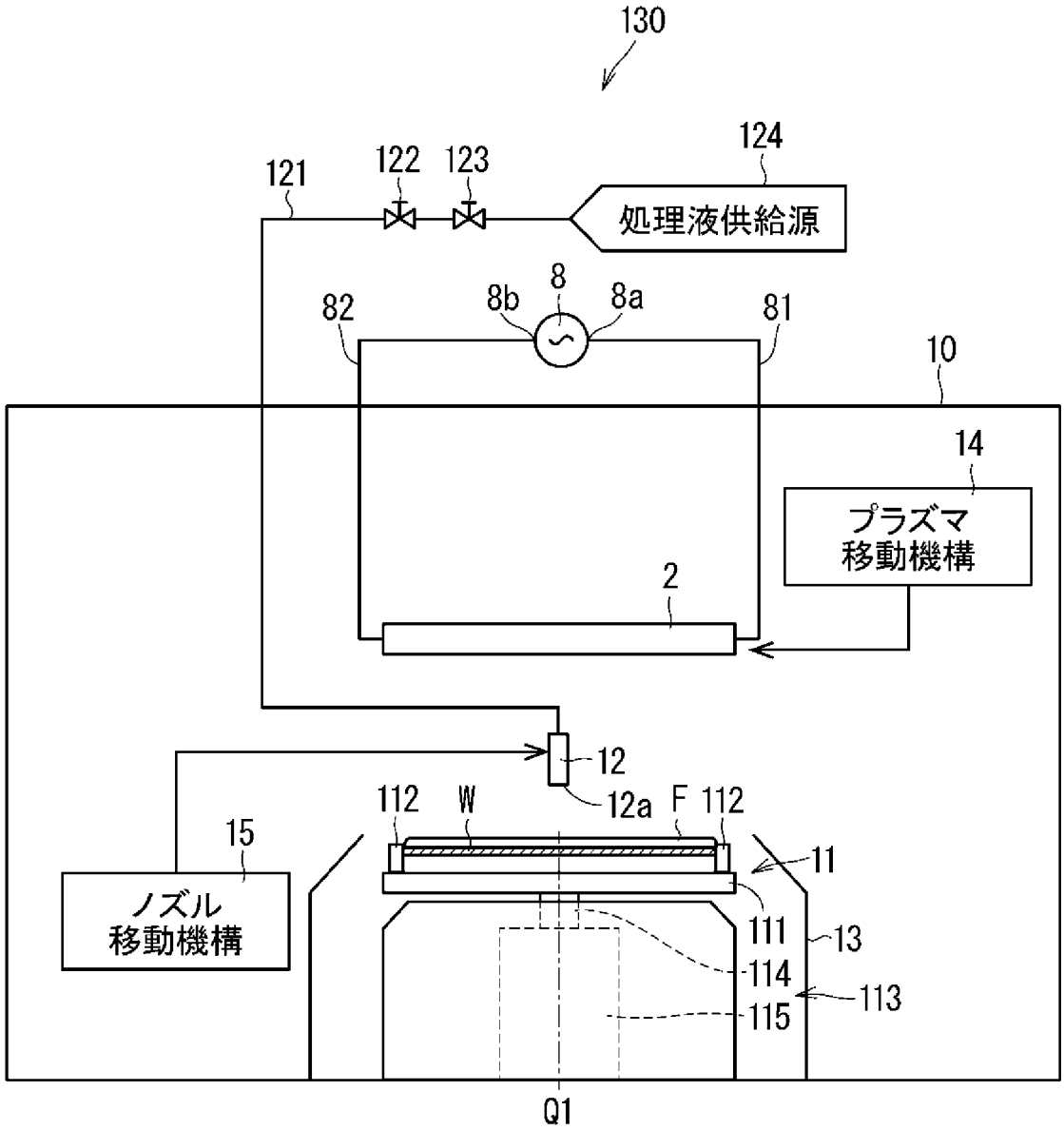
[図2]


90
91
データ処理部
(CPU)
93
110
インデクサロボット
921
記憶部
(ROM)
120
92
主搬送ロボット
922
記憶部
(RAM)
130
処理ユニット

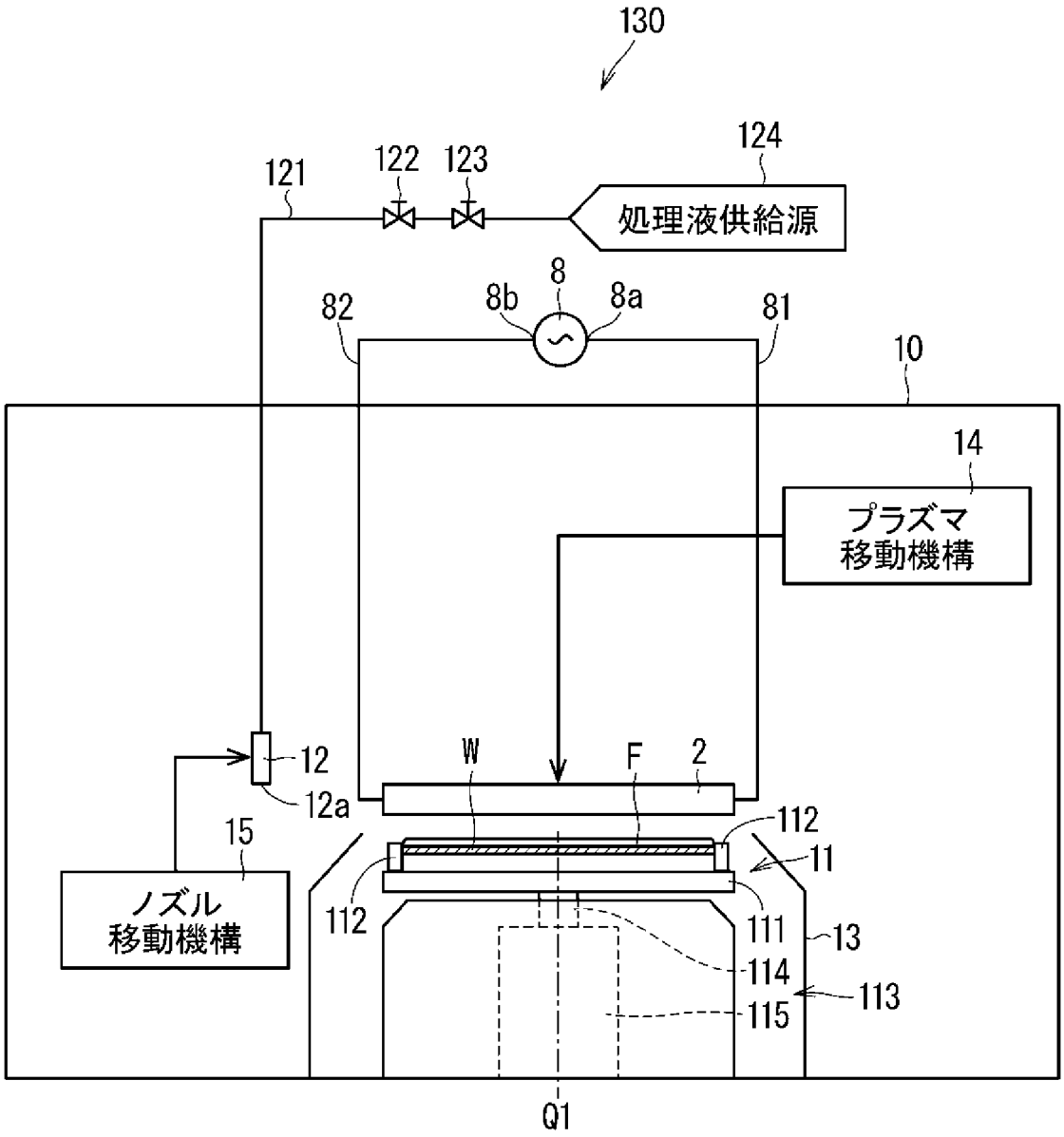
[図3]


130
124
121
122
123
処理液供給源
8
8b
8a
82
81
10
14
プラズマ
移動機構
2
12
12a
112
Q1
W
112
15
11
ノズル
移動機構
111
13
114
113
115

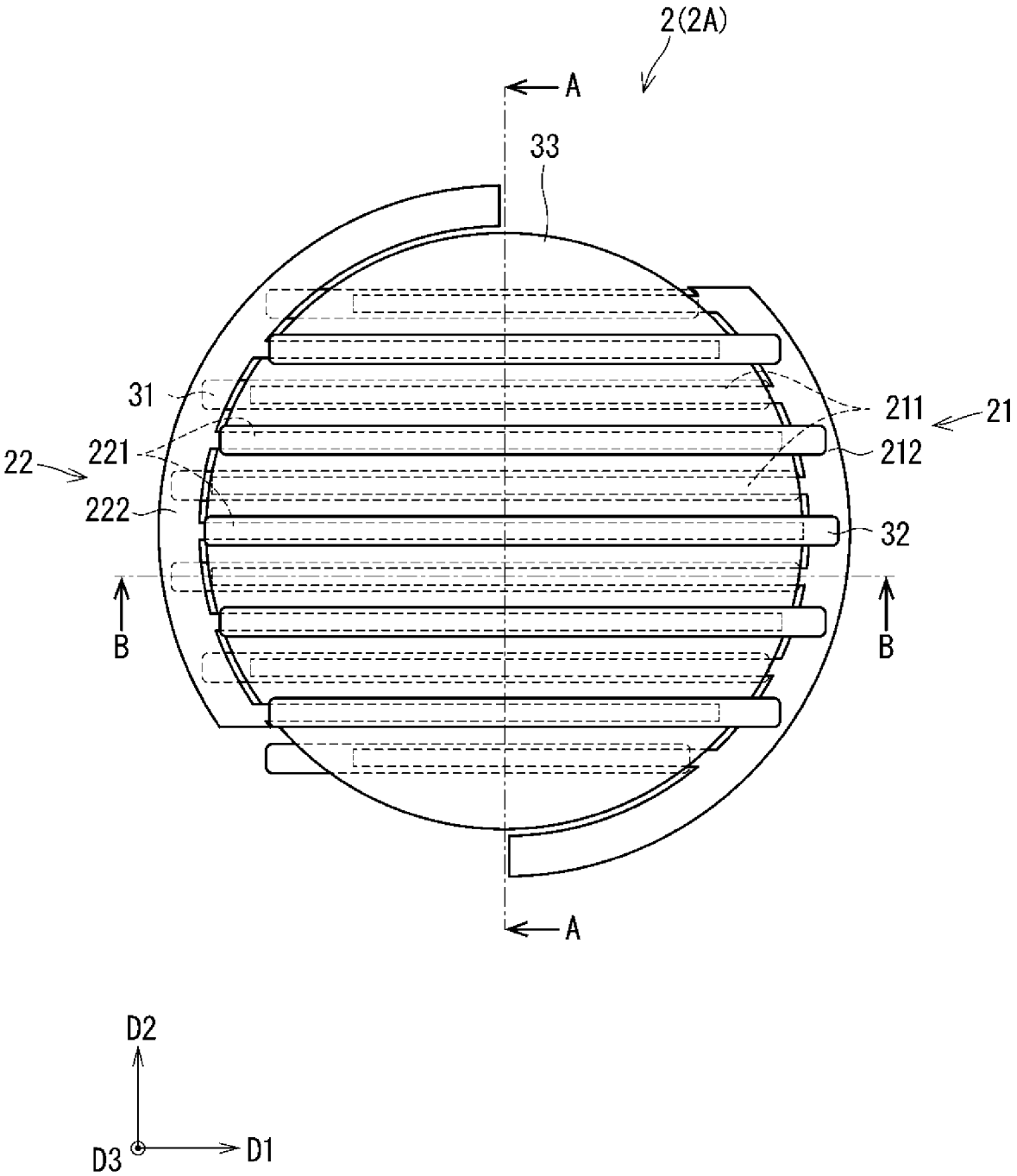
[図4]


130
124
121
122
123
処理液供給源
8
8b
8a
82
81
10
14
プラズマ
移動機構
2
12
12a
112
W
F
112
15
ノズル
移動機構
11
111
13
114
113
115
Q1

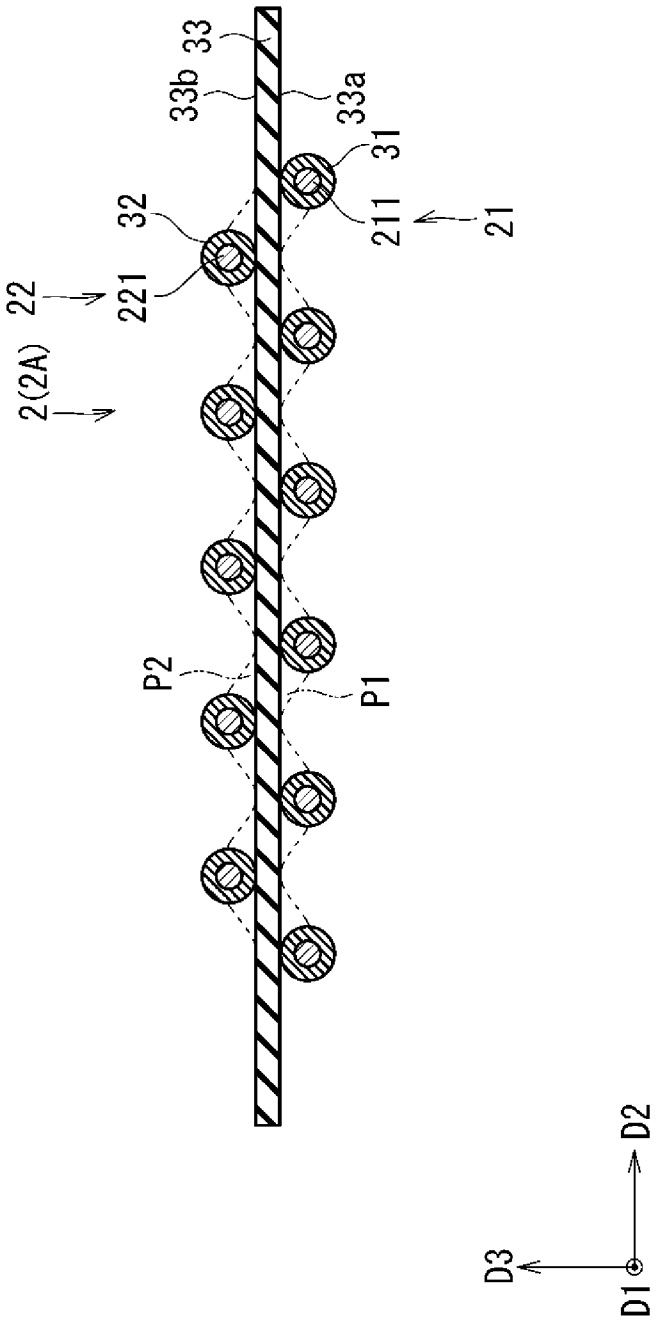
[図5]


130
124
121
122
123
処理液供給源
8
8b
8a
82
81
10
14
プラズマ
移動機構
12
12a
W
F
2
15
112
11
ノズル
移動機構
112
111
13
114
113
115
Q1

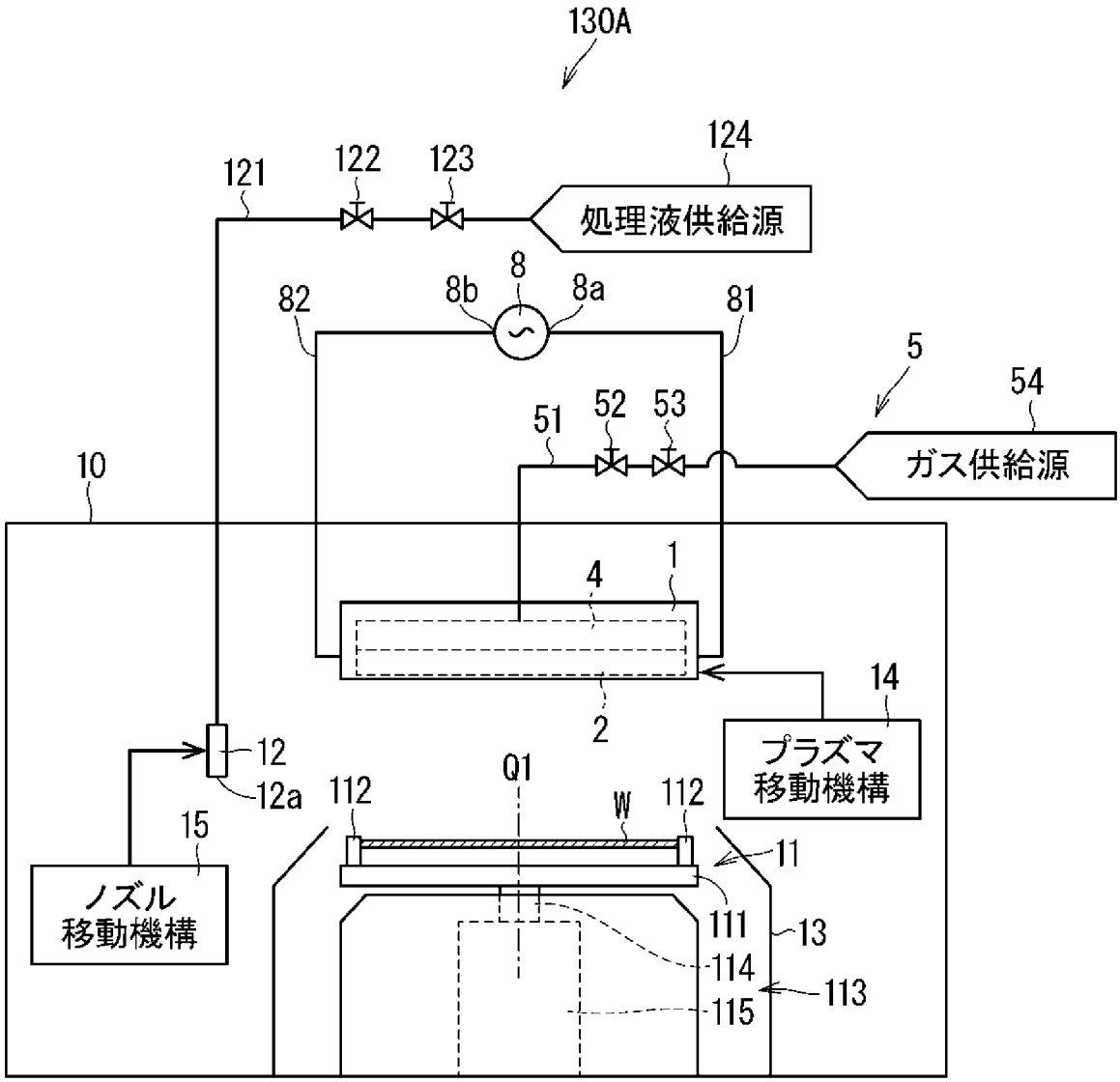
[図6]



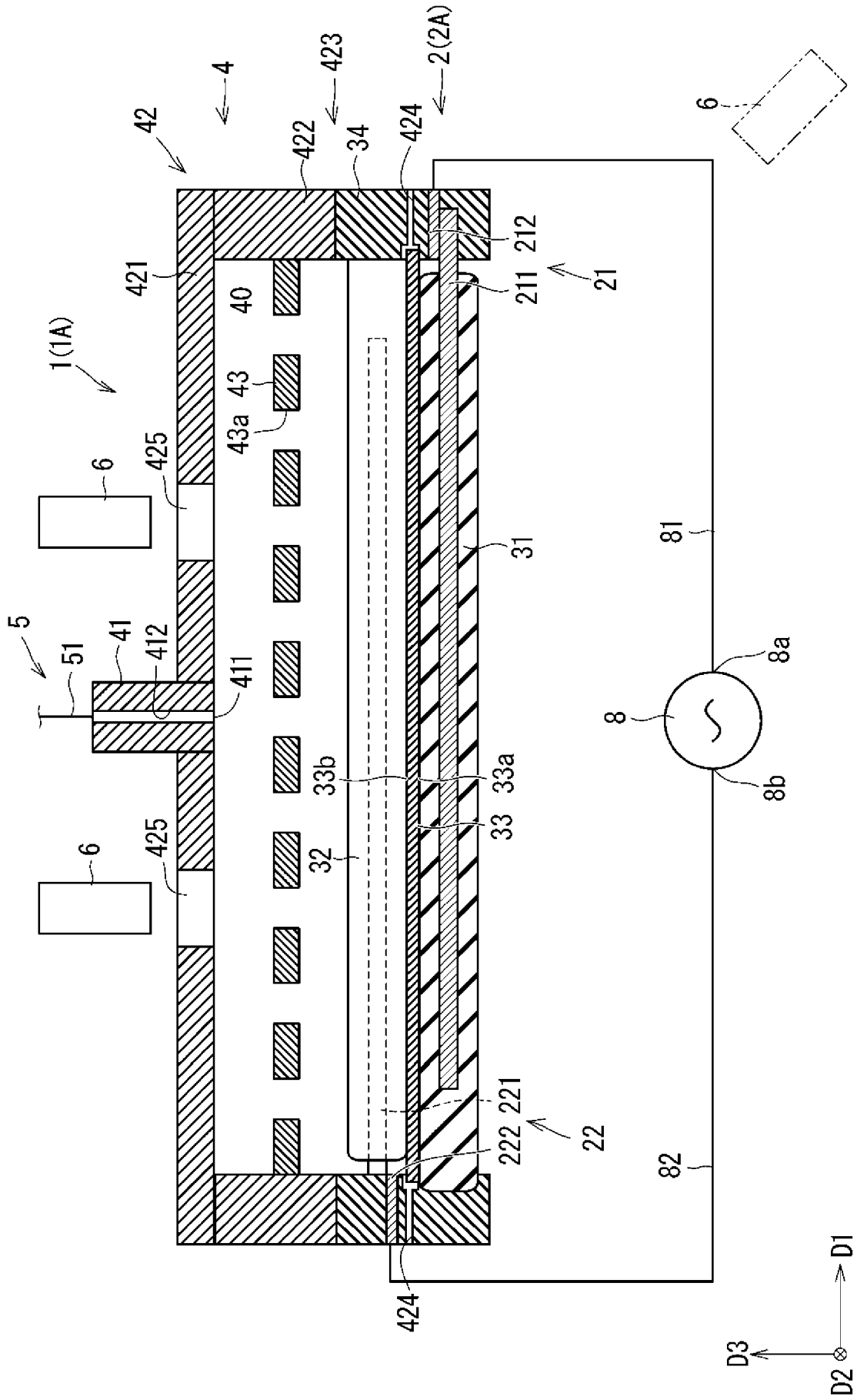
[図7]



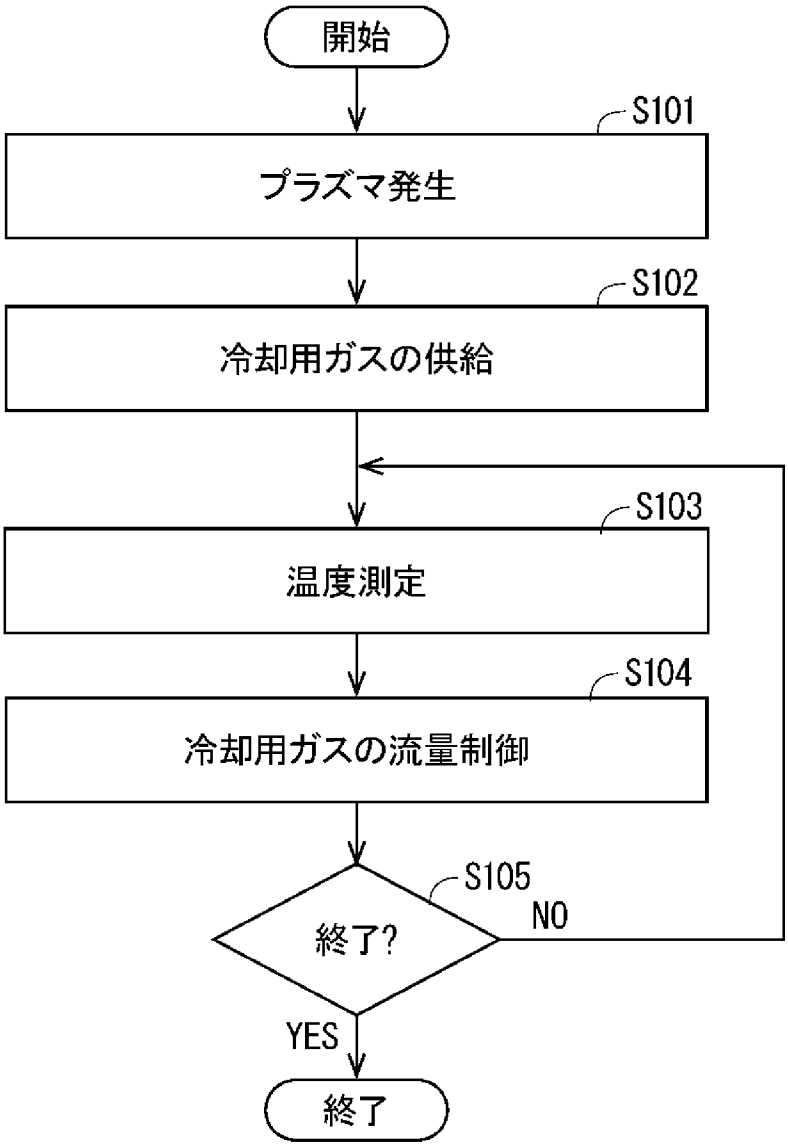
[図8]


130A
124
121
122
123
処理液供給源
8
8b
8a
82
81
5
54
51
52
53
ガス供給源
10
4
1
2
14
プラズマ
移動機構
12
12a
112
Q1
W
112
15
11
ノズル
移動機構
111
13
114
113
115

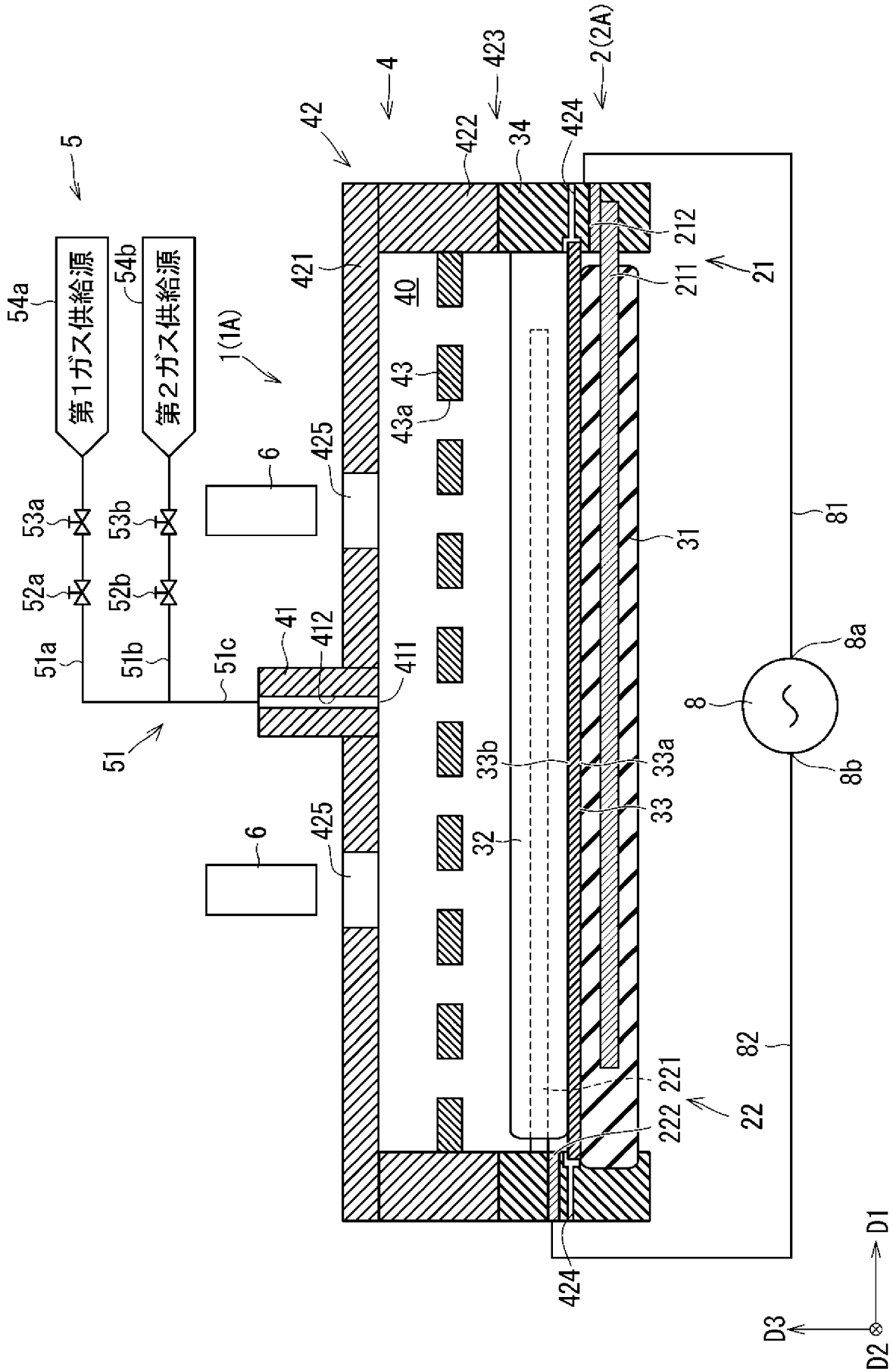
[図9]


4
423
2(2A)
42
422
34
424
6
212
421
211
21
40
1(1A)
43
43a
425
6
31
81
5
51
41
412
411
8a
8
33b
33a
33
425
6
32
8b
221
222
22
82
424
D1
D3
D2

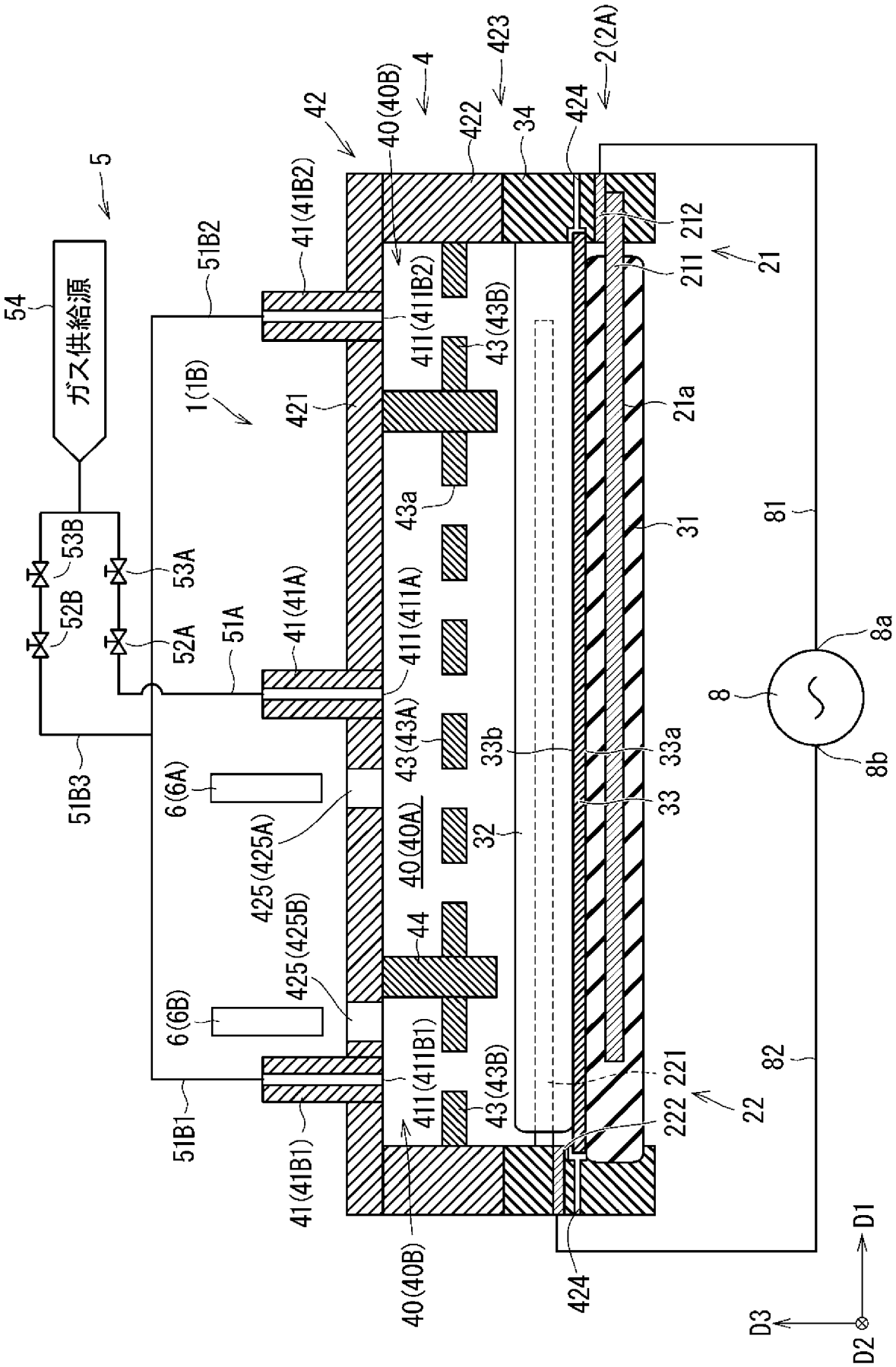
[図10]


開始
S101
プラズマ発生
S102
冷却用ガスの供給
S103
温度測定
S104
冷却用ガスの流量制御
S105
終了?
NO
YES
終了

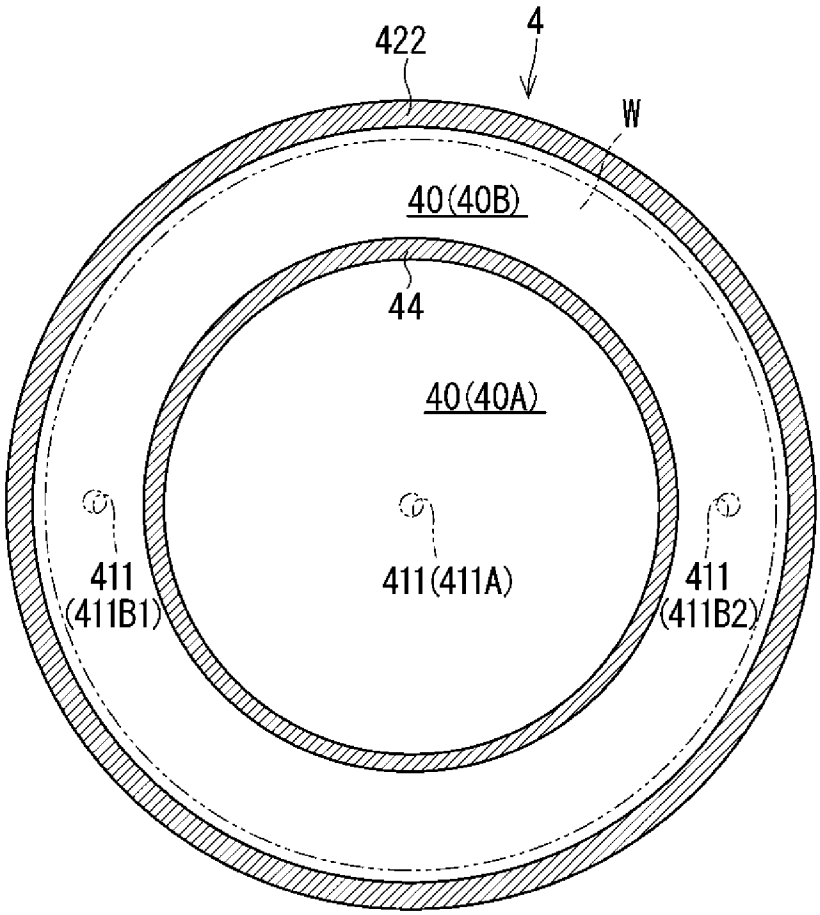
[図11]


第1ガス供給源
第2ガス供給源
54a
54b
5
53a
53b
52a
52b
51a
51b
51c
51
1(1A)
6
6
41
412
411
42
4
423
2(2A)
422
34
424
421
425
425
40
43
43a
212
211
21
31
81
8a
8
8b
33b
33a
33
32
82
221
222
22
424
D1
D3
D2

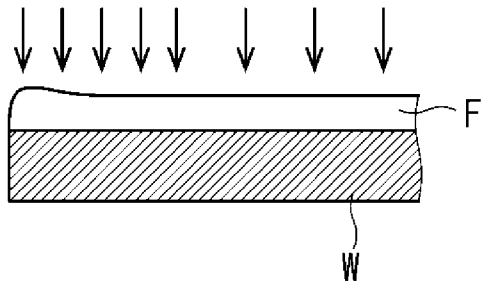
[図12]


ガス供給源
54
5
53B
52B
53A
52A
51B3
51B2
51A
51B1
1(1B)
6(6A)
6(6B)
425(425A)
425(425B)
41(41B2)
41(41A)
41(41B1)
42
40(40B)
4
422
423
34
424
2(2A)
411(411B2)
411(411A)
411(411B1)
43(43B)
43(43A)
43a
421
44
40(40A)
32
33b
33
33a
31
21
212
211
21a
81
8
8a
8b
82
22
221
222
D1
D2
D3

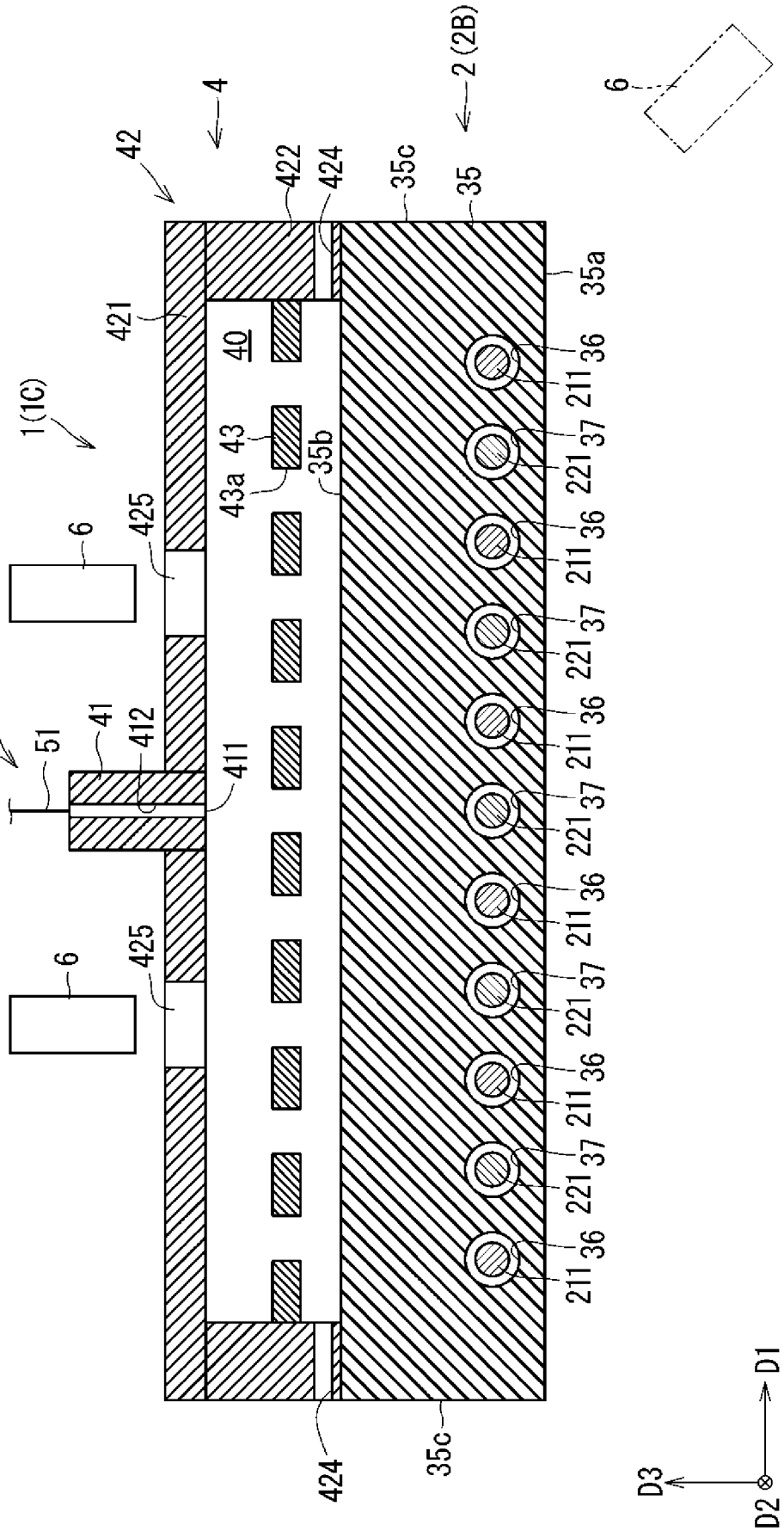
[図13]



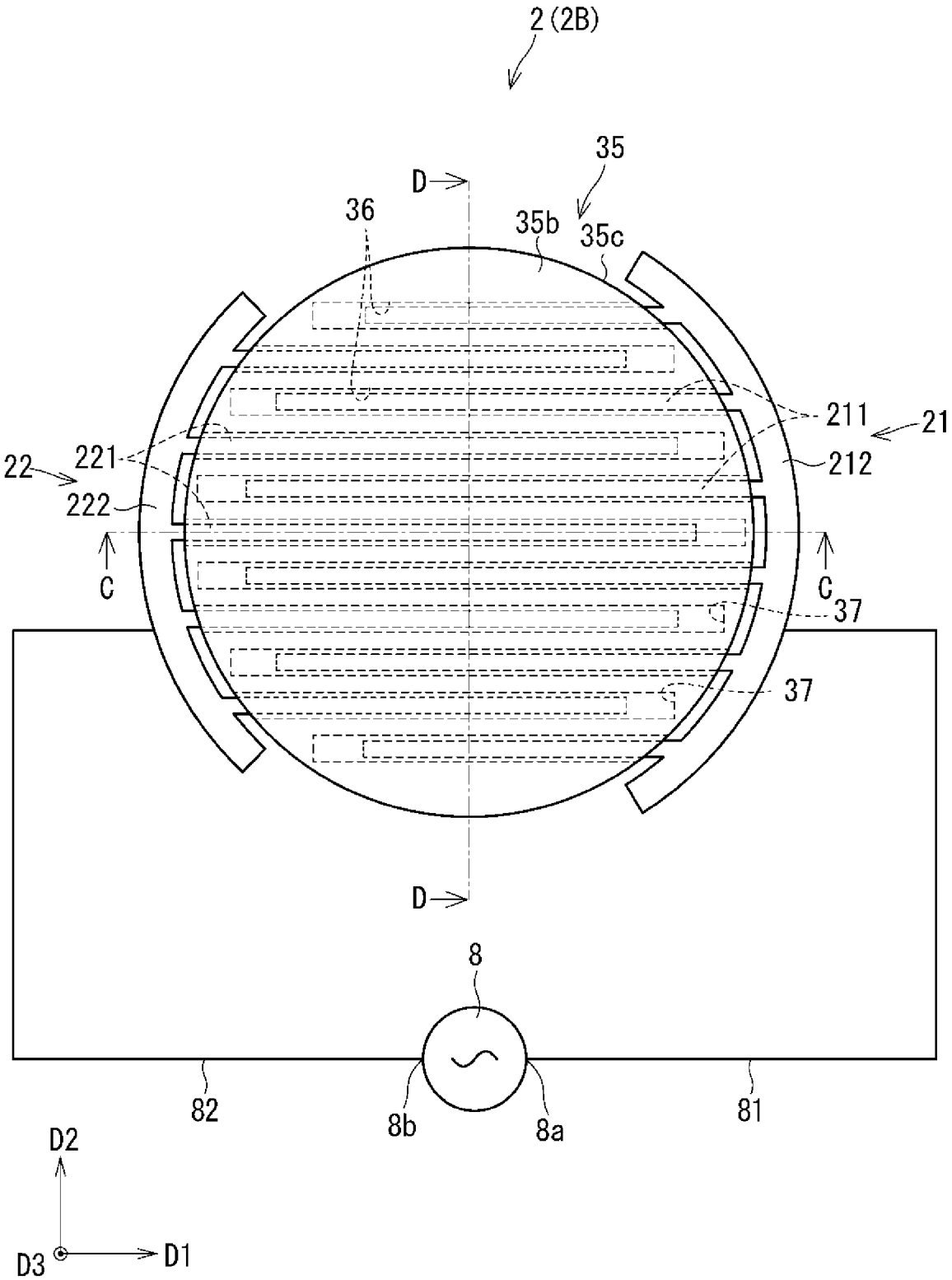
[図14]



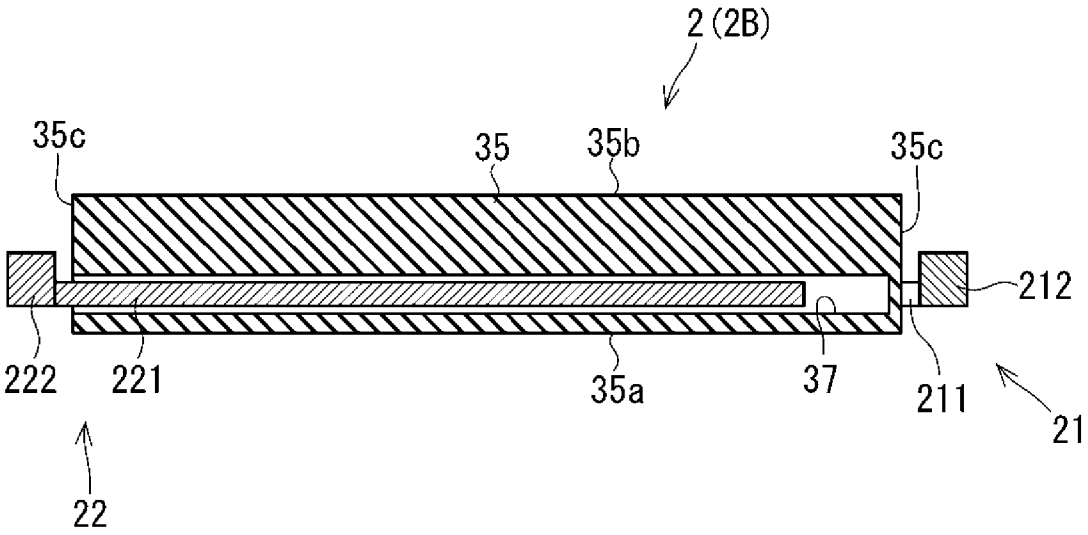
[図15]

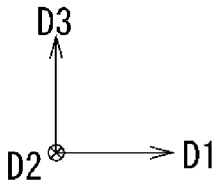

2 (2B)
4
42
422
424
35c
35
6
35a
421
40
36
211
37
221
1(1C)
43
43a
35b
425
5
51
41
412
411
D1
D3
D2

[図16]

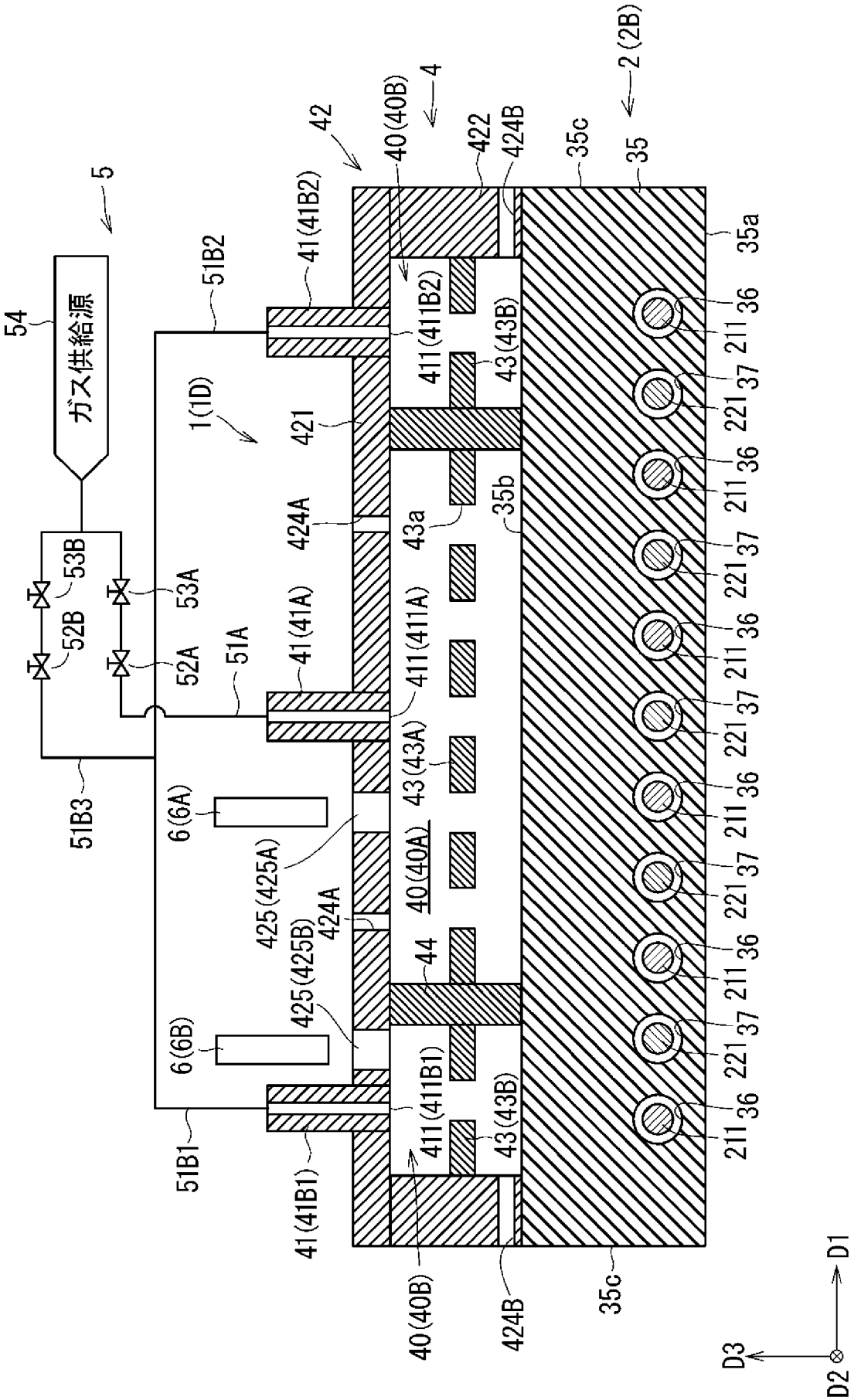

2 (2B)
35
D
36
35b
35c
211
21
22
221
212
222
C
C
37
37
D
8
82
8b
8a
81
D2
D3
D1

[図17]

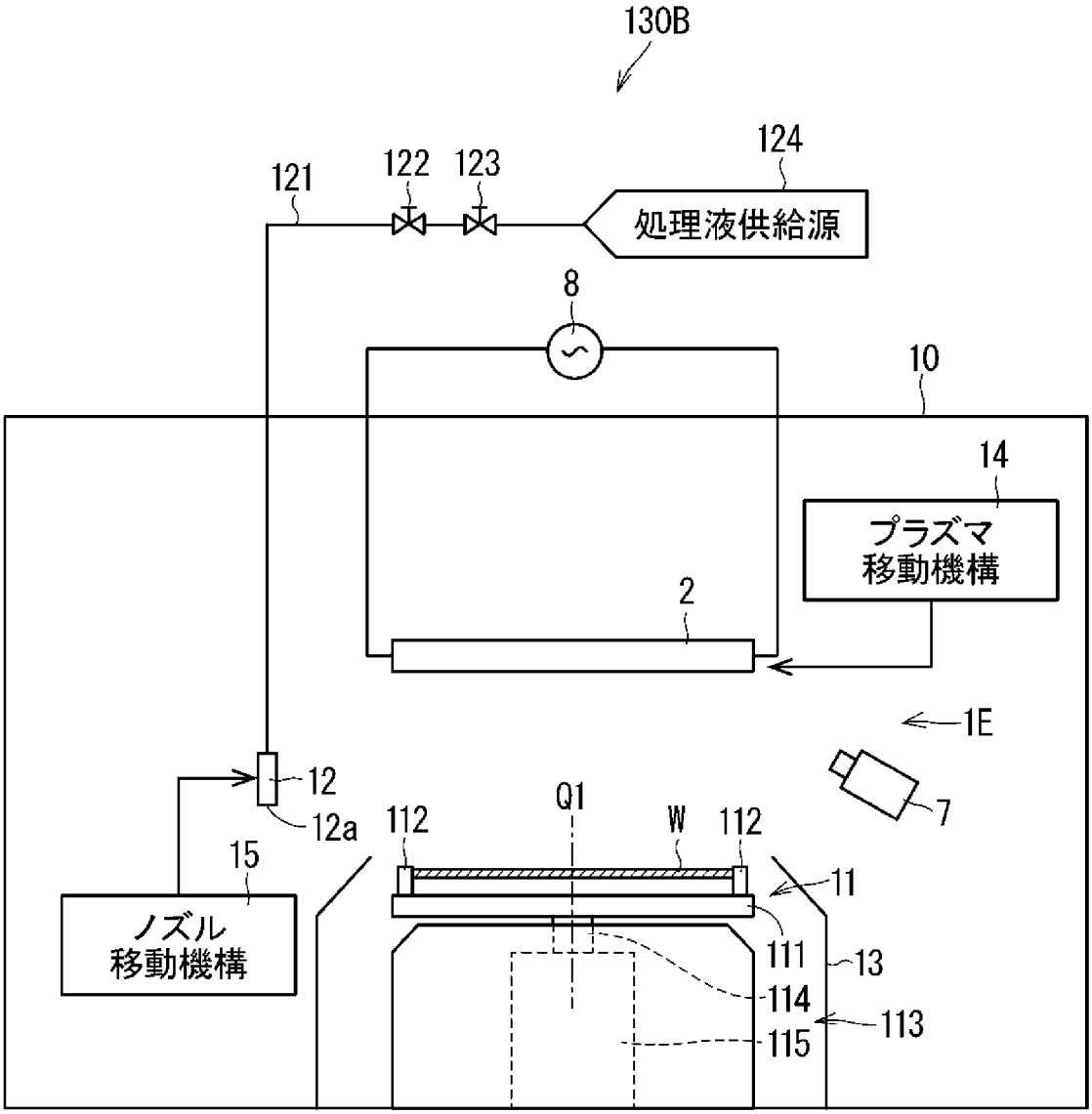




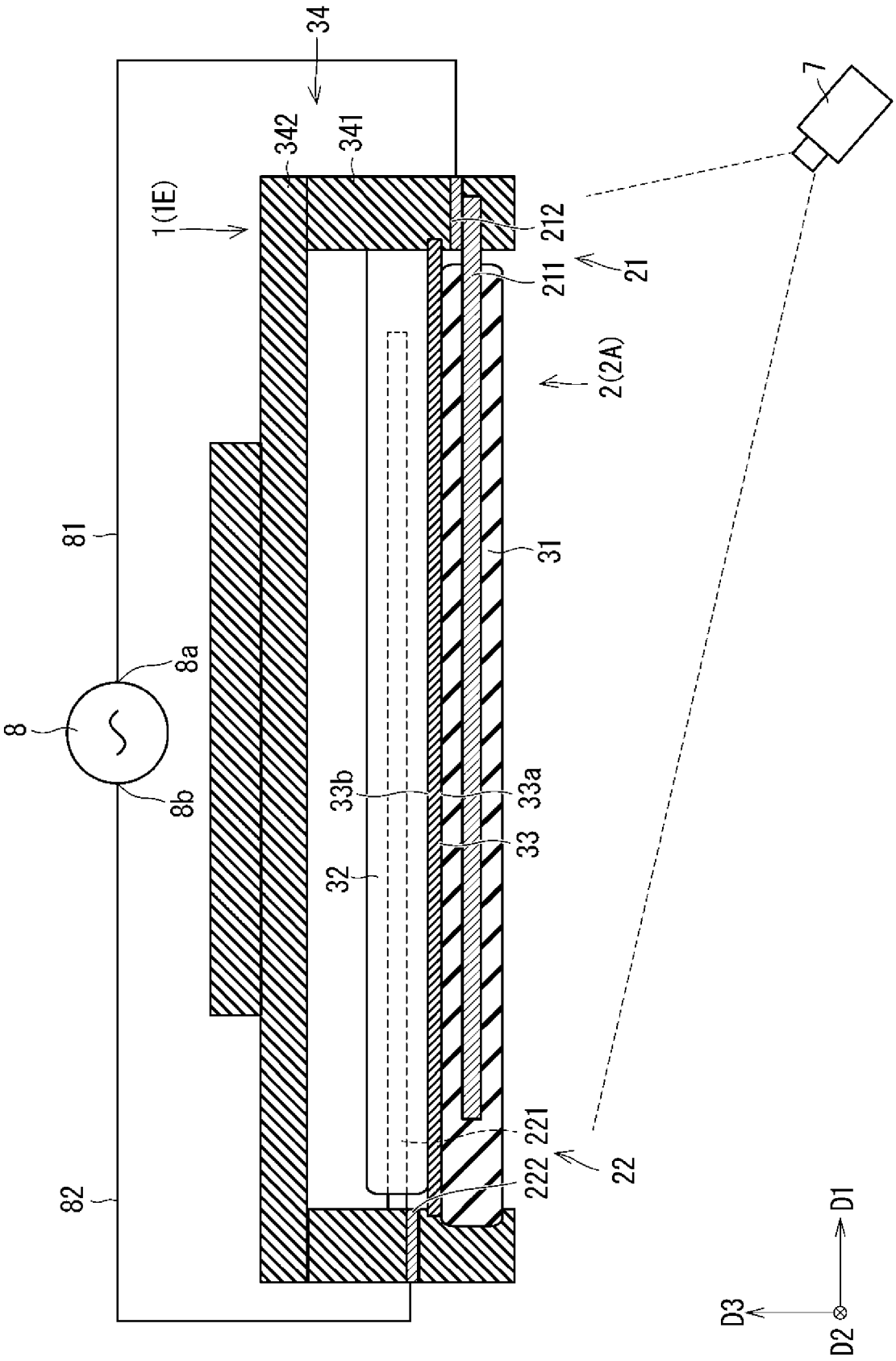
[図18]


ガス供給源
54
5
53B
52B
53A
52A
51B3
51A
51B2
51B1
6(6A)
6(6B)
425(425A)
425(425B)
424A
41(41B2)
41(41A)
41(41B1)
42
40(40B)
4
422
424B
35c
35
2(2B)
35a
411(411B2)
43(43B)
421
1(1D)
424A
43a
35b
411(411A)
43(43A)
40(40A)
44
411(411B1)
43(43B)
36
211
37
221
D1
D2
D3

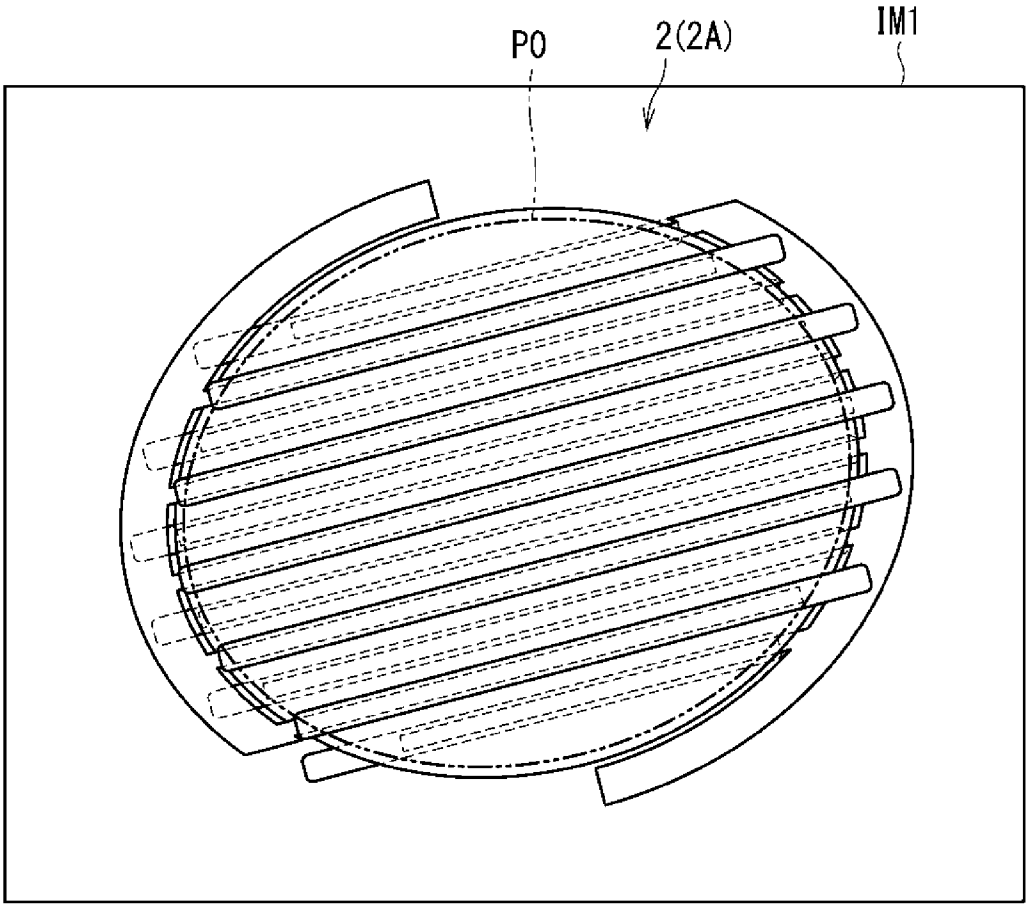
[図19]


130B
124
121
122
123
処理液供給源
8
10
14
プラズマ
移動機構
2
1E
7
12
12a
112
Q1
W
112
15
11
ノズル
移動機構
111
13
114
113
115

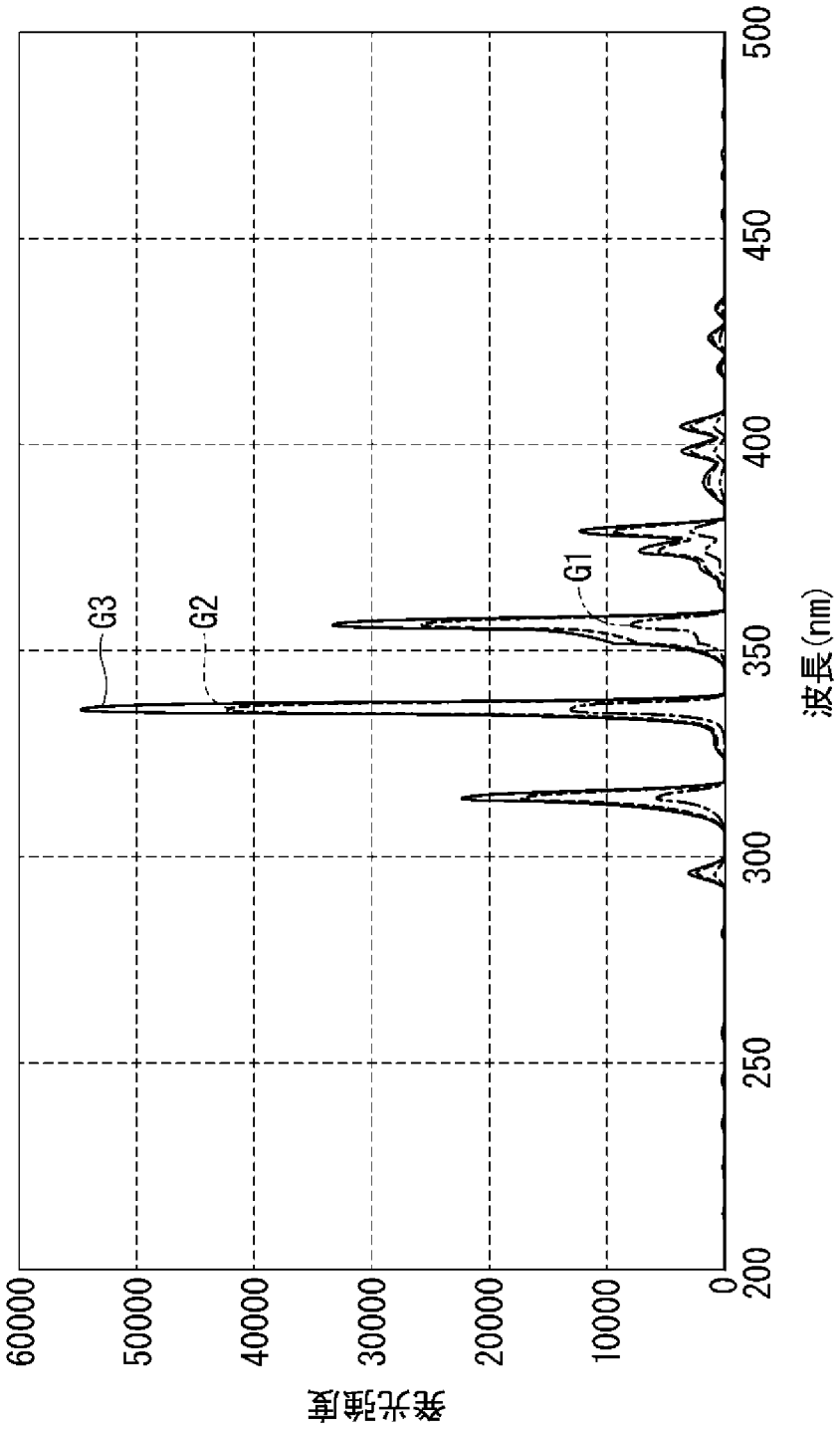
[図20]


34
342
341
1(1E)
212
211
21
2(2A)
7
81
31
8a
8
8b
33b
33a
33
32
221
222
22
82
D1
D3
D2

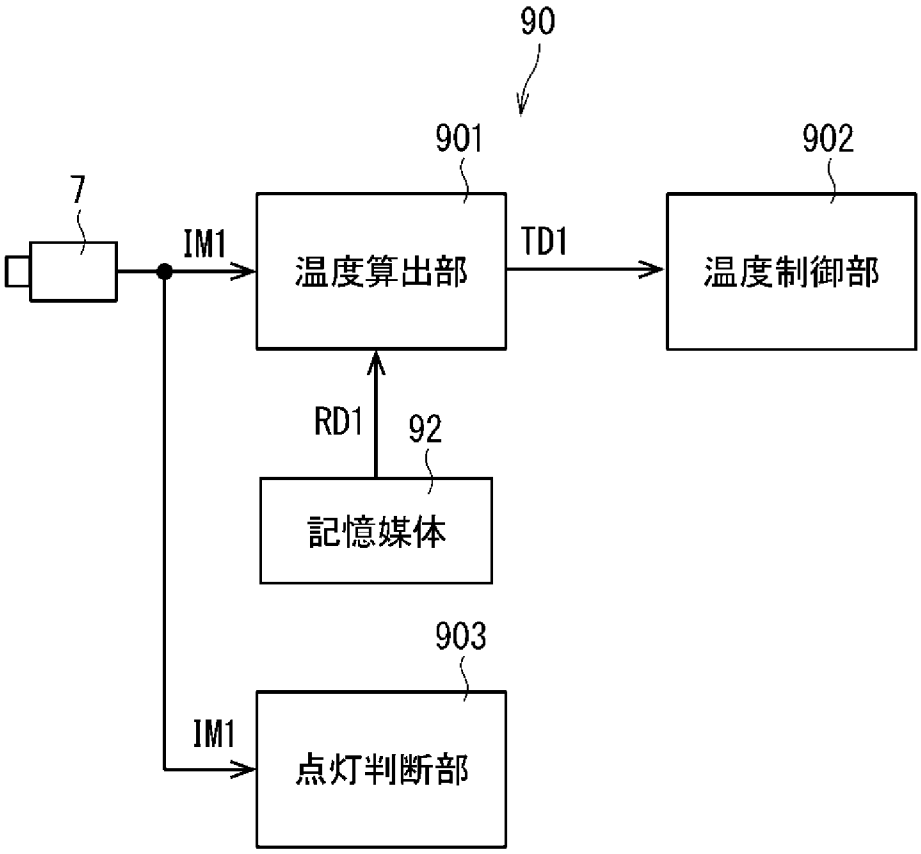
[図21]



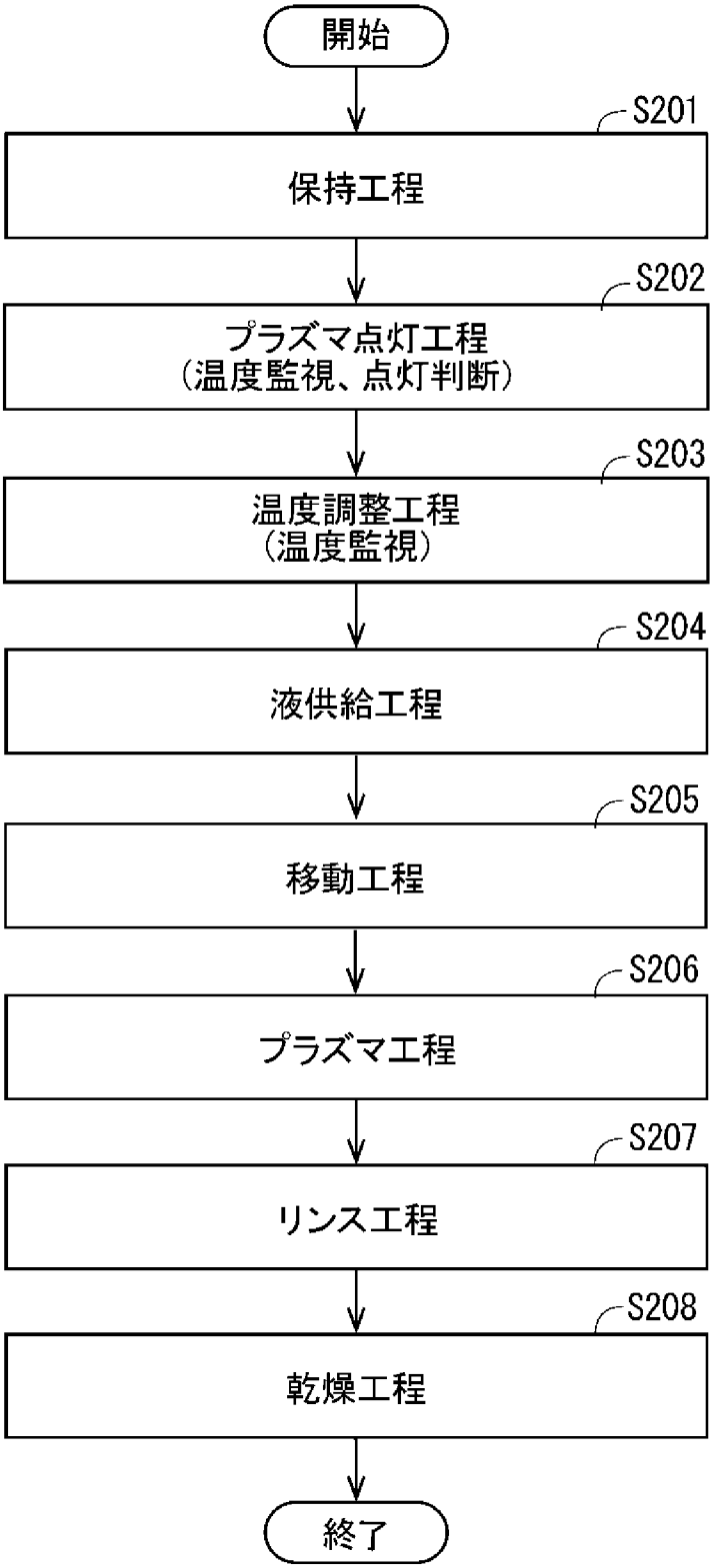
[図22]


G3
G2
G1
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
200
250
300
350
400
450
500
発光強度
波長(nm)

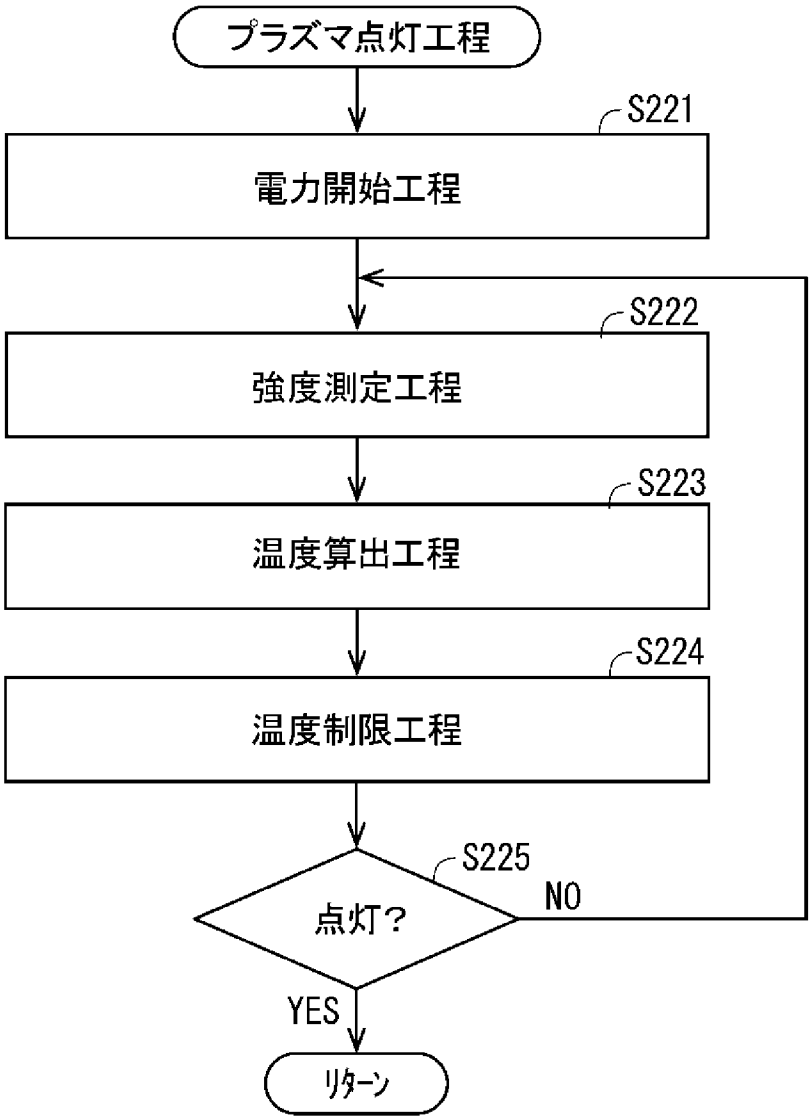
[図23]



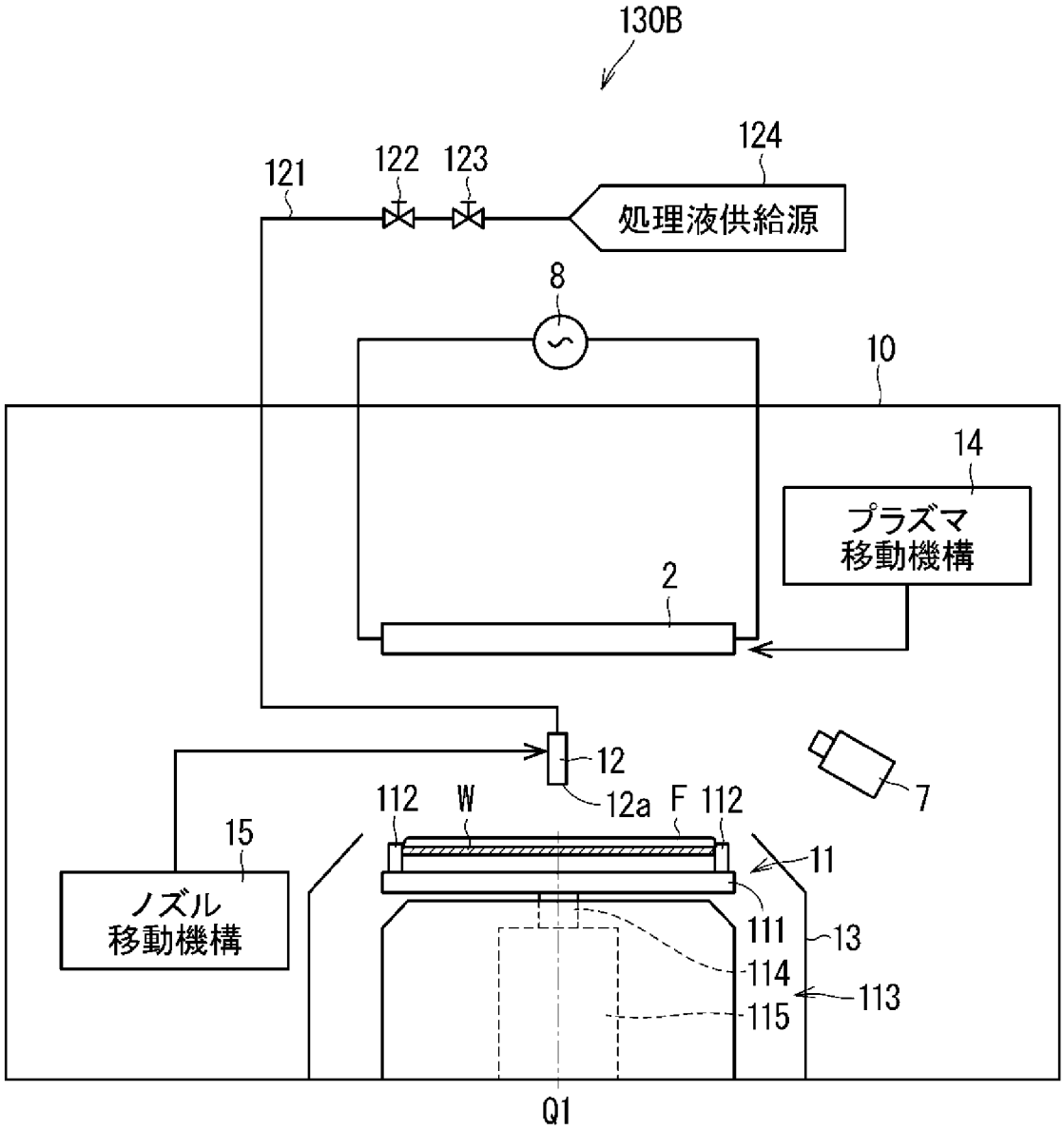
[図24]


開始
S201
保持工程
S202
プラズマ点灯工程
（温度監視、点灯判断）
S203
温度調整工程
（温度監視）
S204
液供給工程
S205
移動工程
S206
プラズマ工程
S207
リンス工程
S208
乾燥工程
終了

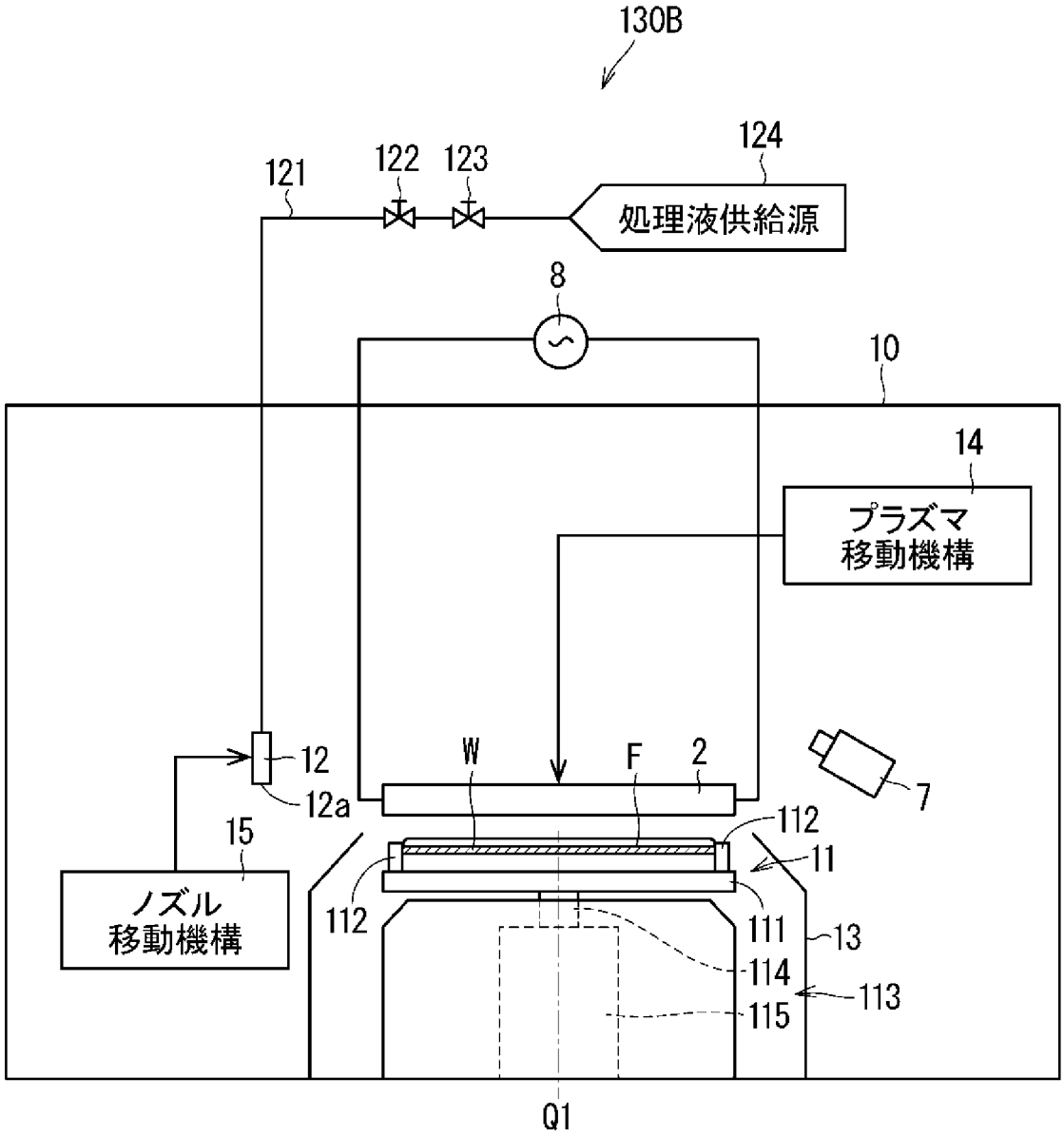
[図25]


プラズマ点灯工程
S221
電力開始工程
S222
強度測定工程
S223
温度算出工程
S224
温度制限工程
S225
点灯？
NO
YES
リターン

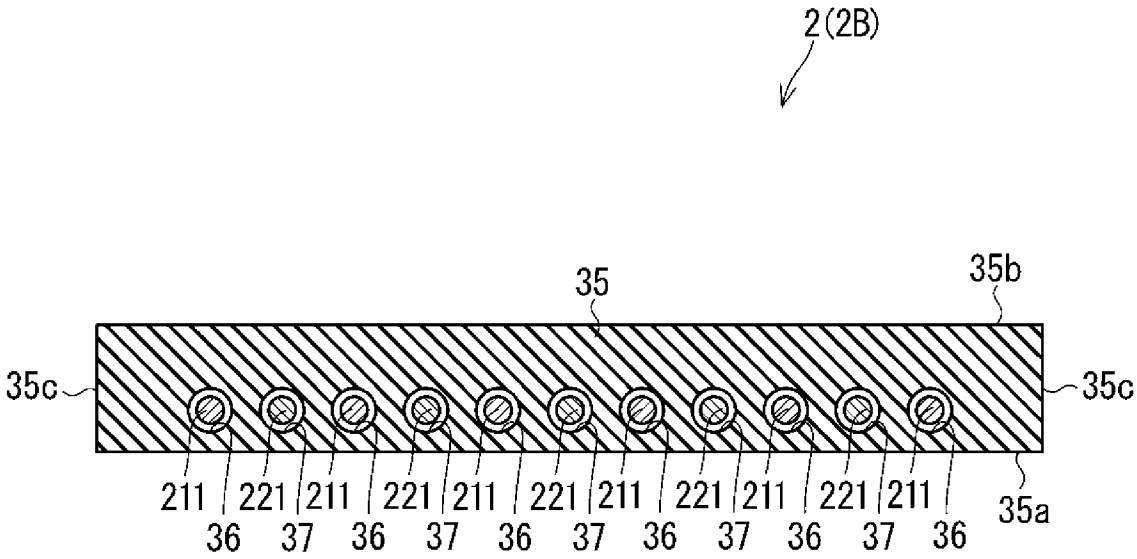
[図26]


130B
121
122
123
124
処理液供給源
8
10
14
プラズマ
移動機構
2
12
12a
7
112
W
F
112
15
ノズル
移動機構
11
111
13
114
113
115
Q1

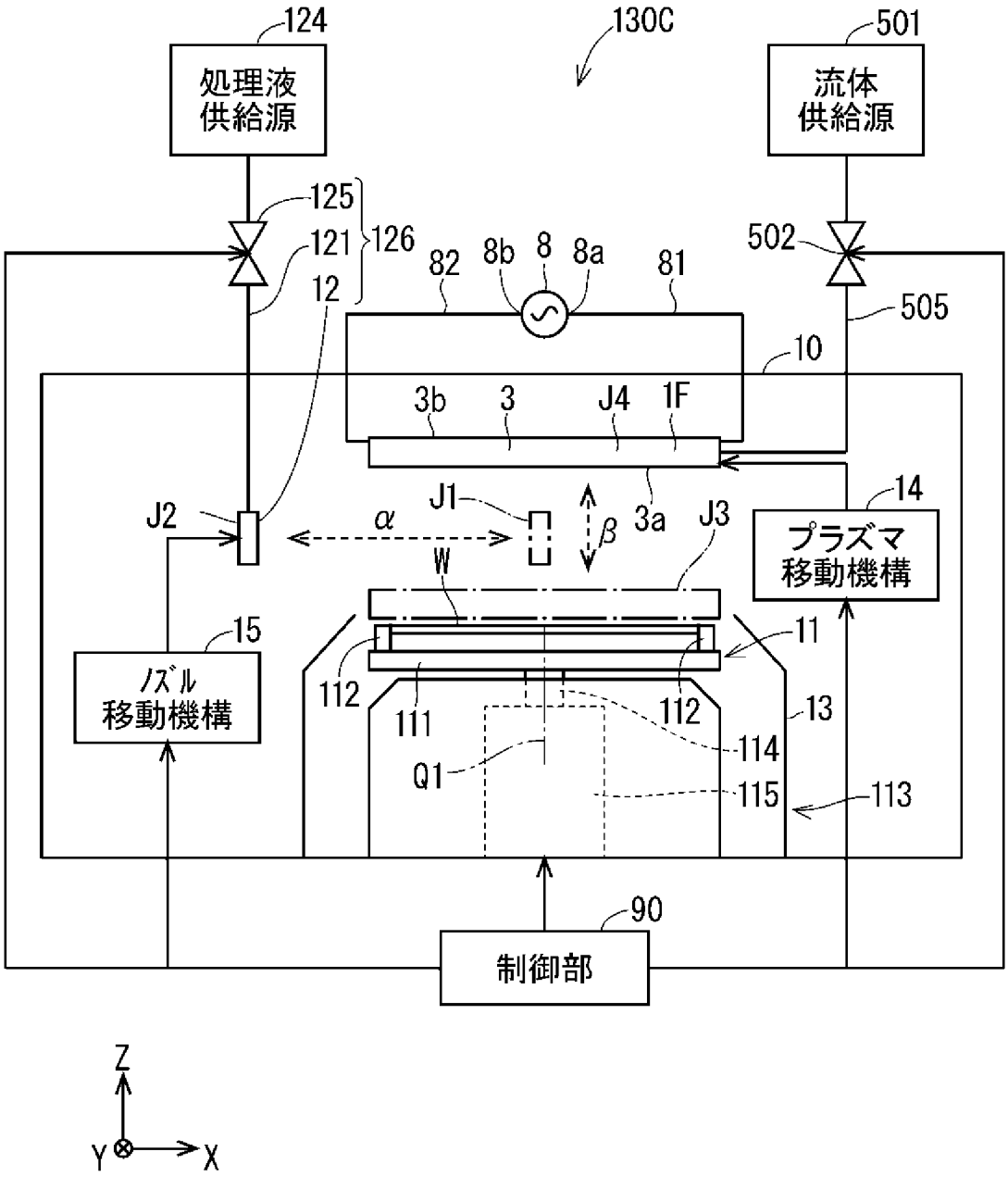
[図27]


130B
124
121
122
123
処理液供給源
8
10
14
プラズマ
移動機構
12
12a
W
F
2
7
15
112
11
ノズル
移動機構
112
111
13
114
113
115
Q1

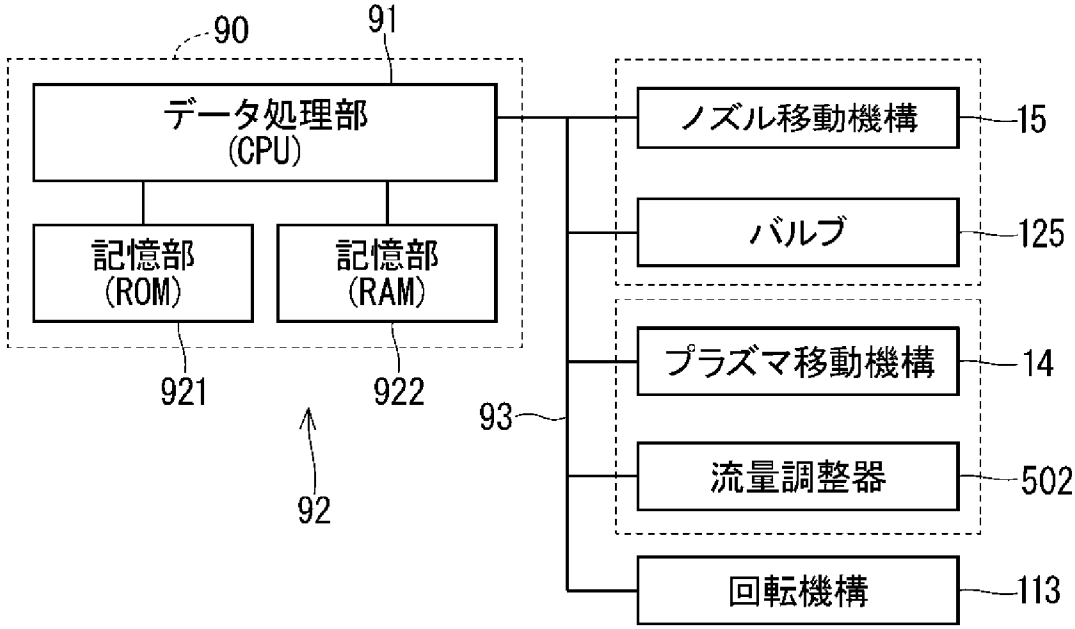
[図28]


2(2B)
35
35b
35c
35c
211
221
211
221
211
221
211
221
211
221
211
35a
36
37
36
37
36
37
36
37
36
37
36

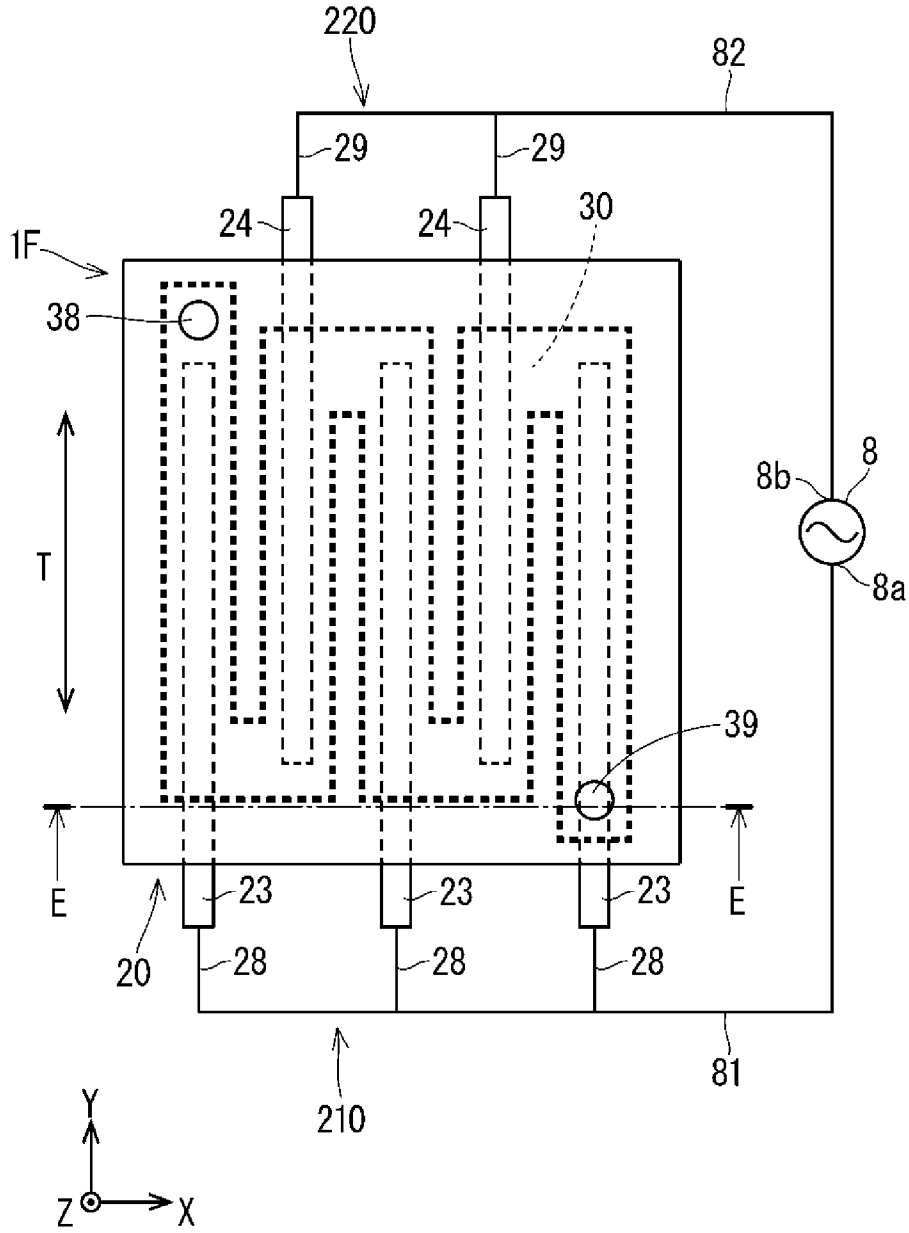
[図29]


124
処理液
供給源
130C
501
流体
供給源
125
121
126
12
82
8b
8
8a
81
502
505
10
3b
3
J4
1F
J2
α
J1
β
3a
J3
14
プラズマ
移動機構
W
15
ノズル
移動機構
11
112
111
112
13
114
Q1
115
113
90
制御部
Z
Y
X

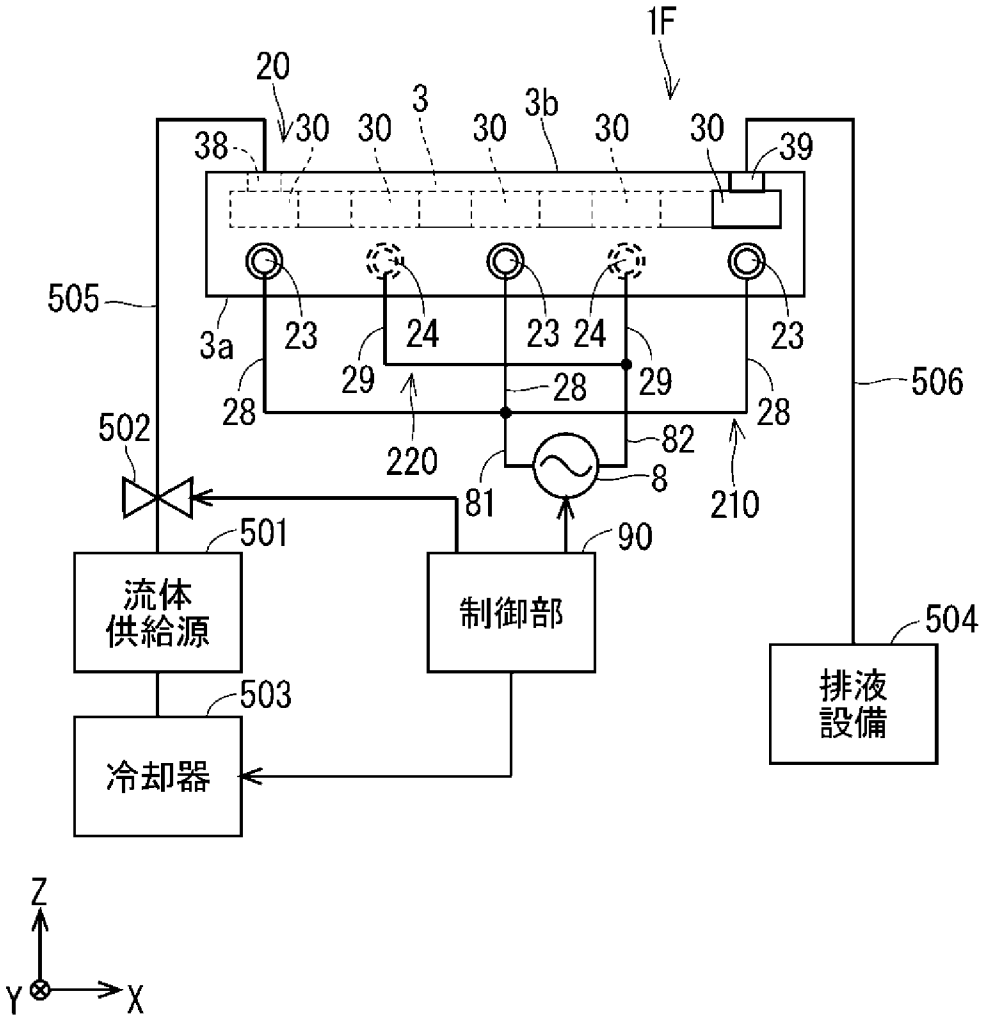
[図30]


90
91
データ処理部
(CPU)
記憶部
(ROM)
記憶部
(RAM)
921
922
92
93
ノズル移動機構
15
バルブ
125
プラズマ移動機構
14
流量調整器
502
回転機構
113

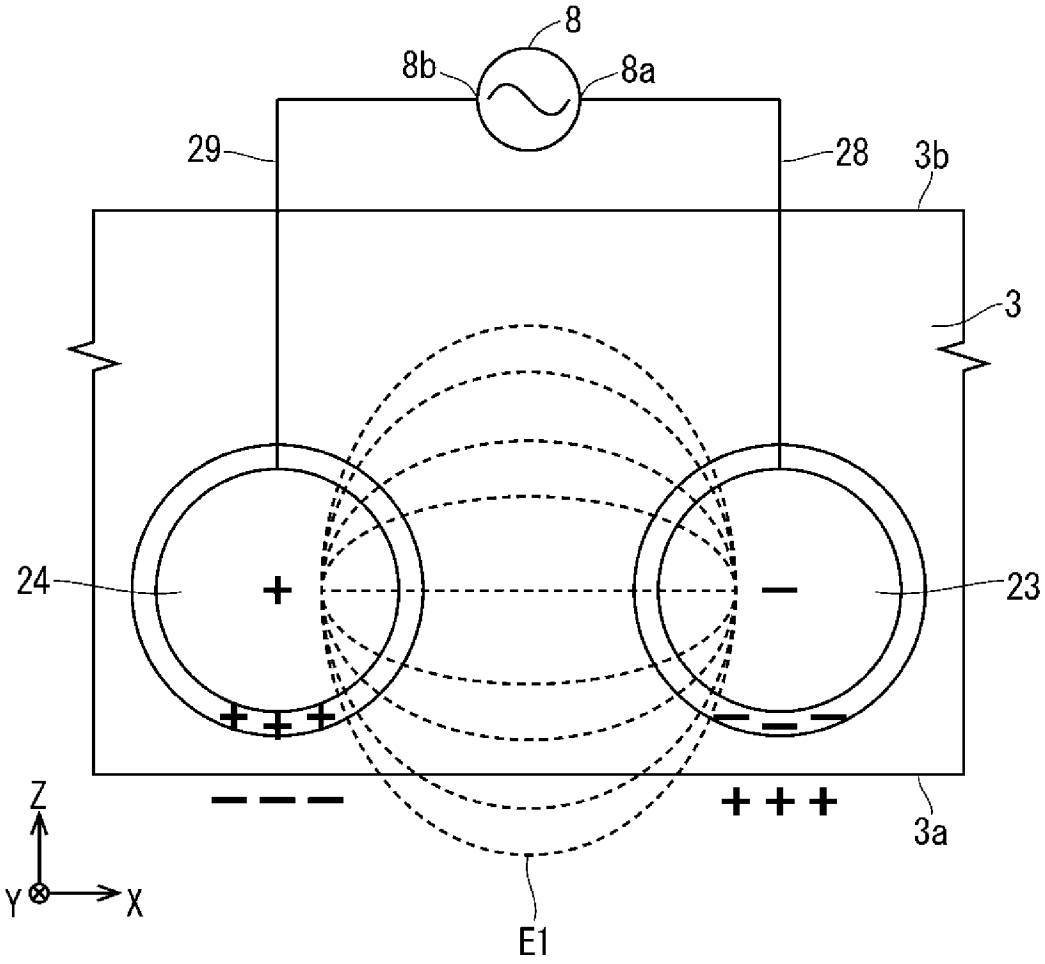
[図31]


220
82
29
29
24
24
30
1F
38
T
8b
8
8a
39
E
E
23
23
23
20
28
28
28
81
210
Y
Z
X

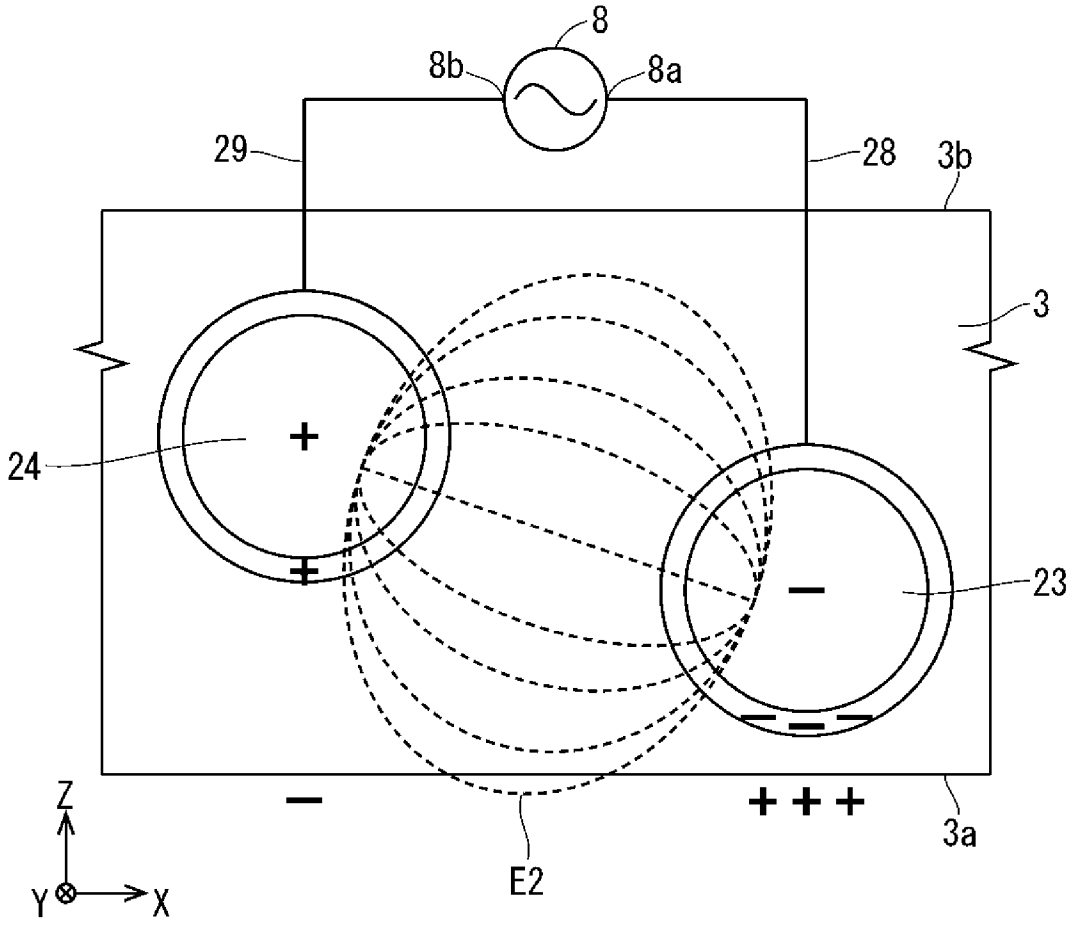
[図32]


1F
20
30
30
3
30
3b
30
30
38
39
505
3a
23
24
23
24
23
29
28
29
28
29
28
506
502
220
82
8
81
210
501
90
流体
供給源
制御部
504
排液
設備
503
冷却器
Z
Y
X

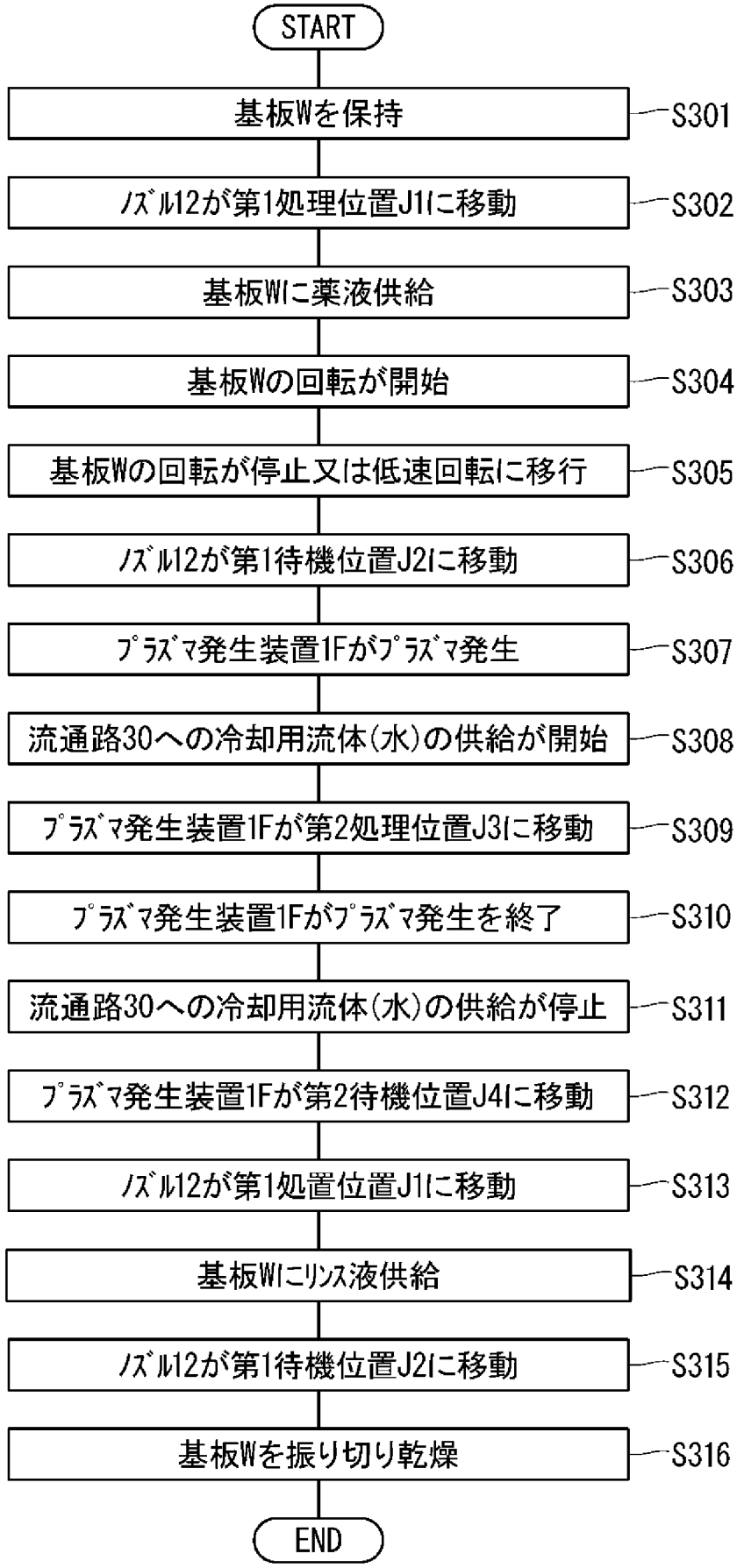
[図33]



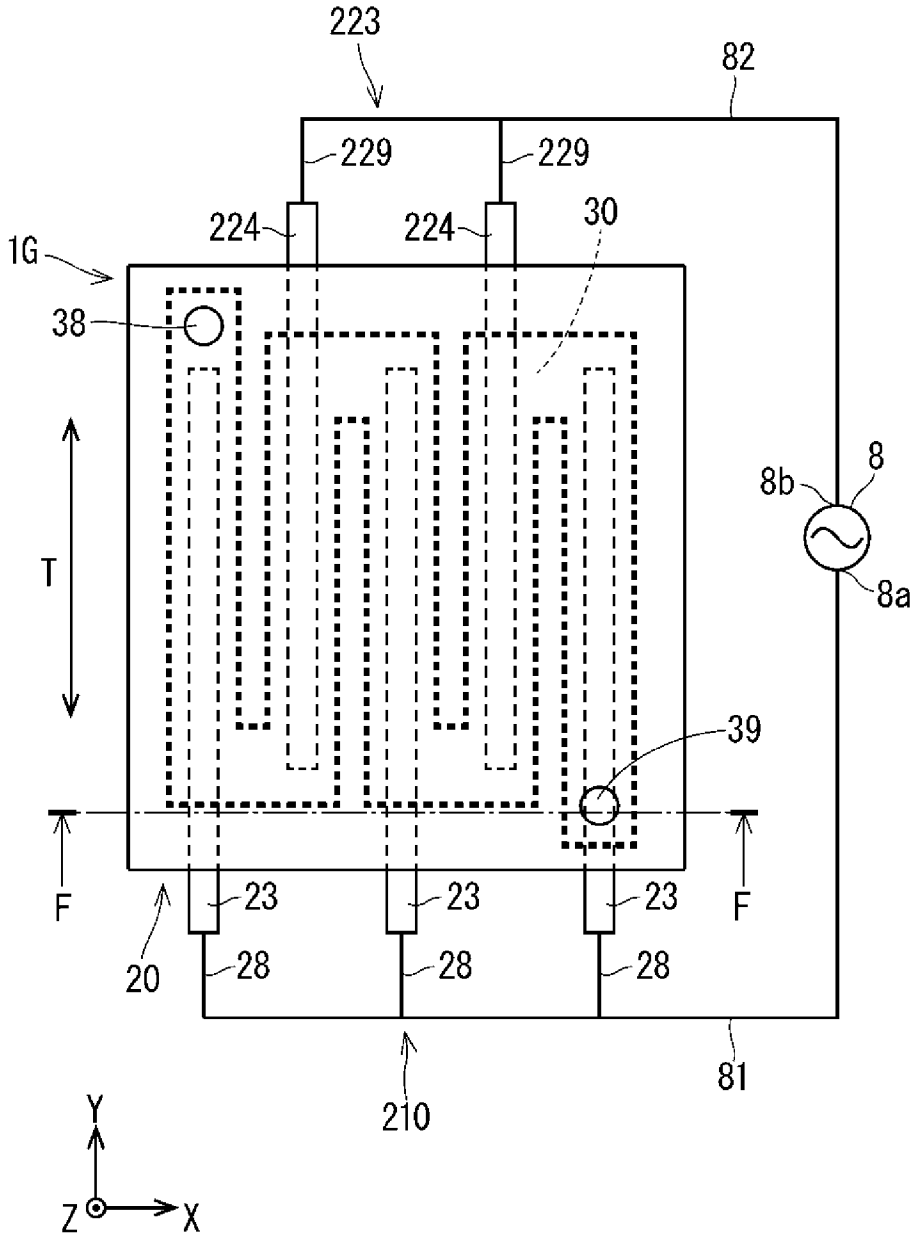
[図34]



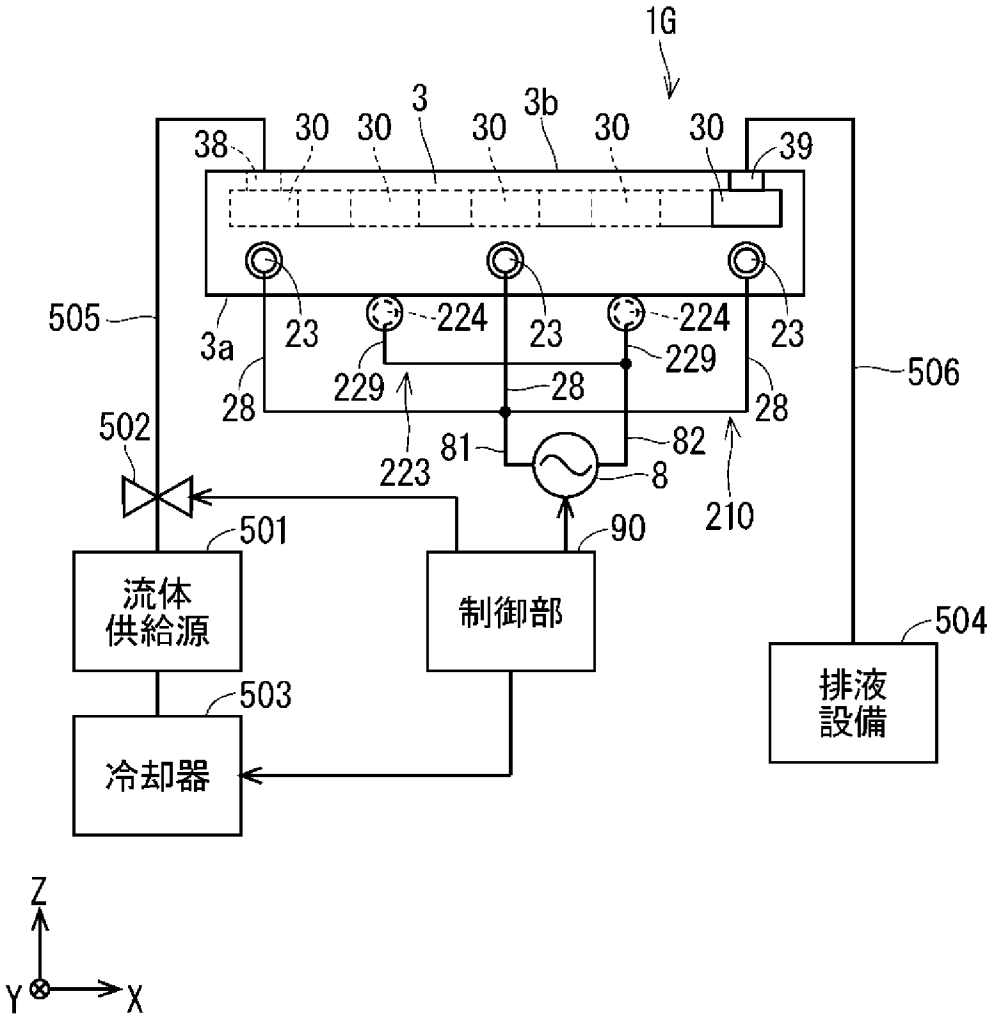
[図35]


START
基板Wを保持
S301
ノズル12が第1処理位置J1に移動
S302
基板Wに薬液供給
S303
基板Wの回転が開始
S304
基板Wの回転が停止又は低速回転に移行
S305
ノズル12が第1待機位置J2に移動
S306
プラズマ発生装置1Fがプラズマ発生
S307
流通路30への冷却用流体(水)の供給が開始
S308
プラズマ発生装置1Fが第2処理位置J3に移動
S309
プラズマ発生装置1Fがプラズマ発生を終了
S310
流通路30への冷却用流体(水)の供給が停止
S311
プラズマ発生装置1Fが第2待機位置J4に移動
S312
ノズル12が第1処置位置J1に移動
S313
基板Wにリンス液供給
S314
ノズル12が第1待機位置J2に移動
S315
基板Wを振り切り乾燥
S316
END

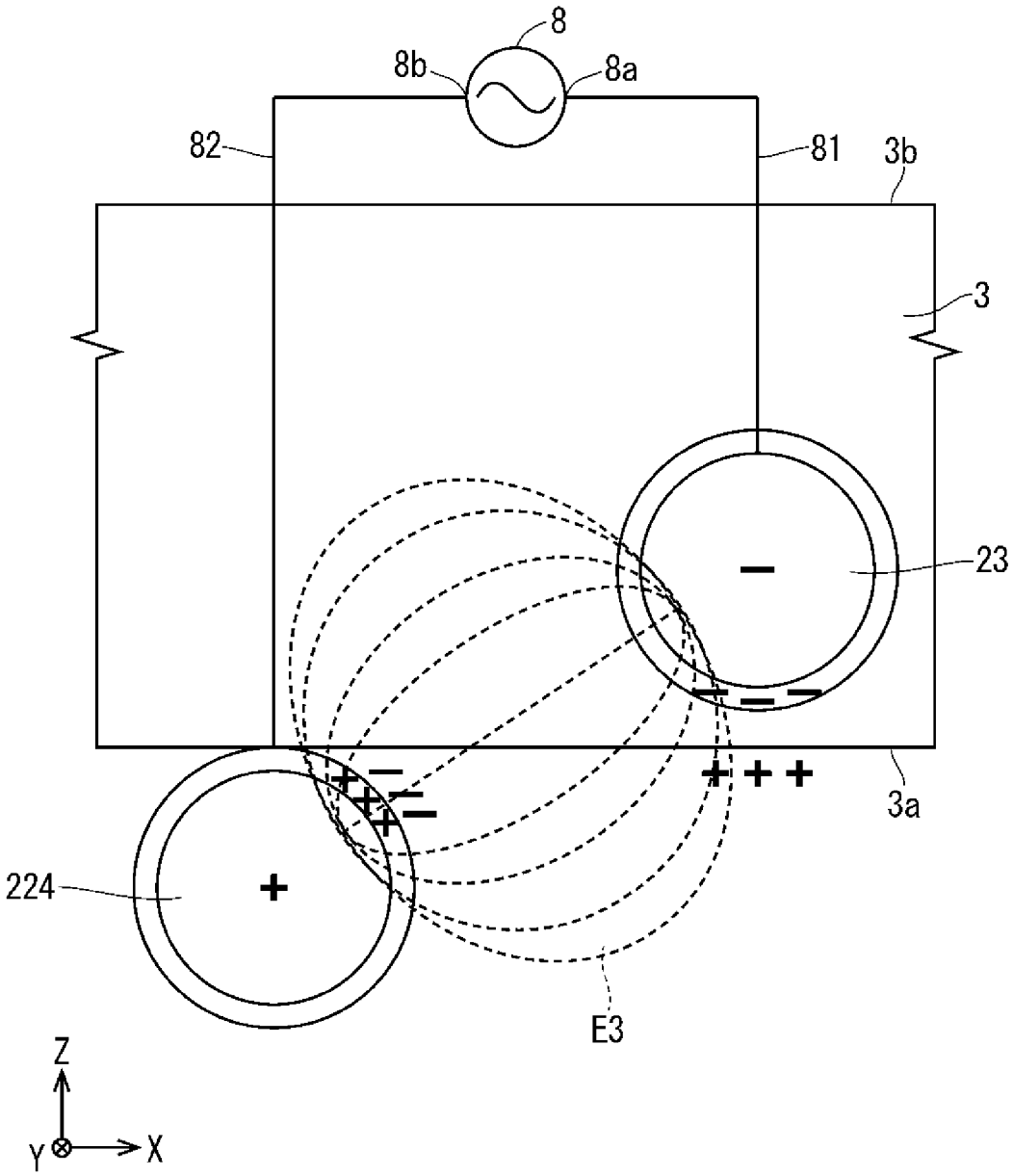
[図36]


223
82
229
229
224
224
30
1G
38
8
8b
8a
T
39
F
F
23
23
23
20
28
28
28
81
210
Y
Z
X

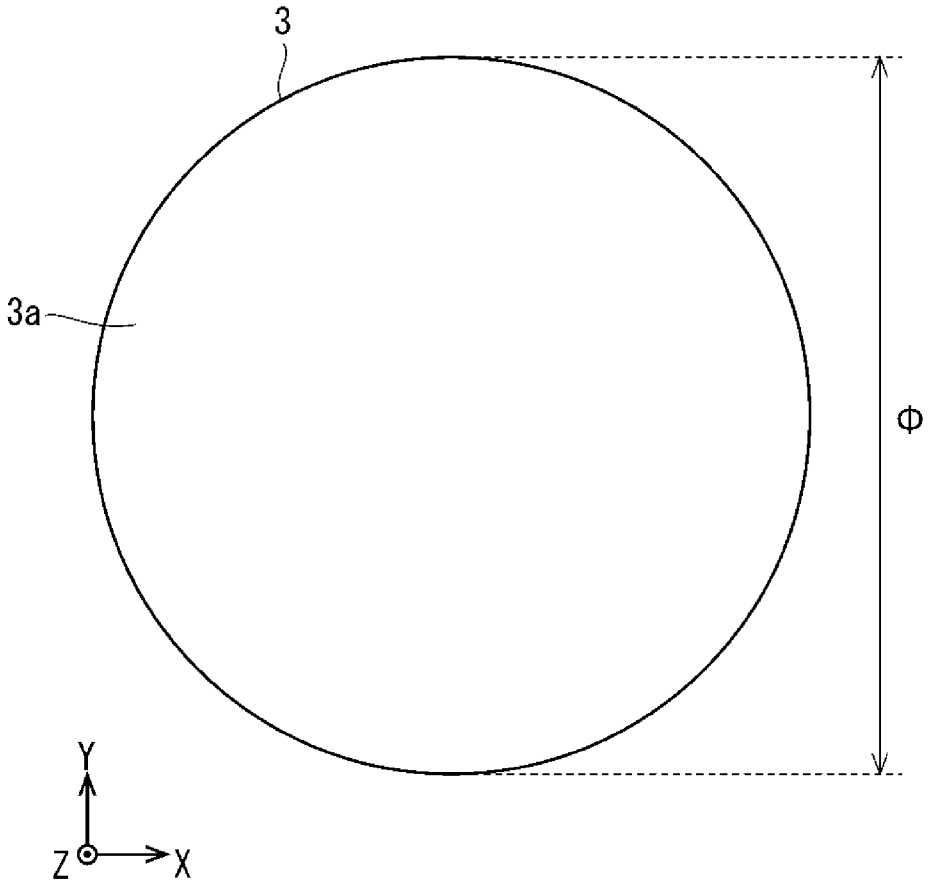
[図37]


1G
3
3b
30
38
39
505
3a
23
224
229
28
502
223
81
82
8
210
90
501
流体
供給源
制御部
504
排液
設備
503
冷却器
506
Z
Y
X

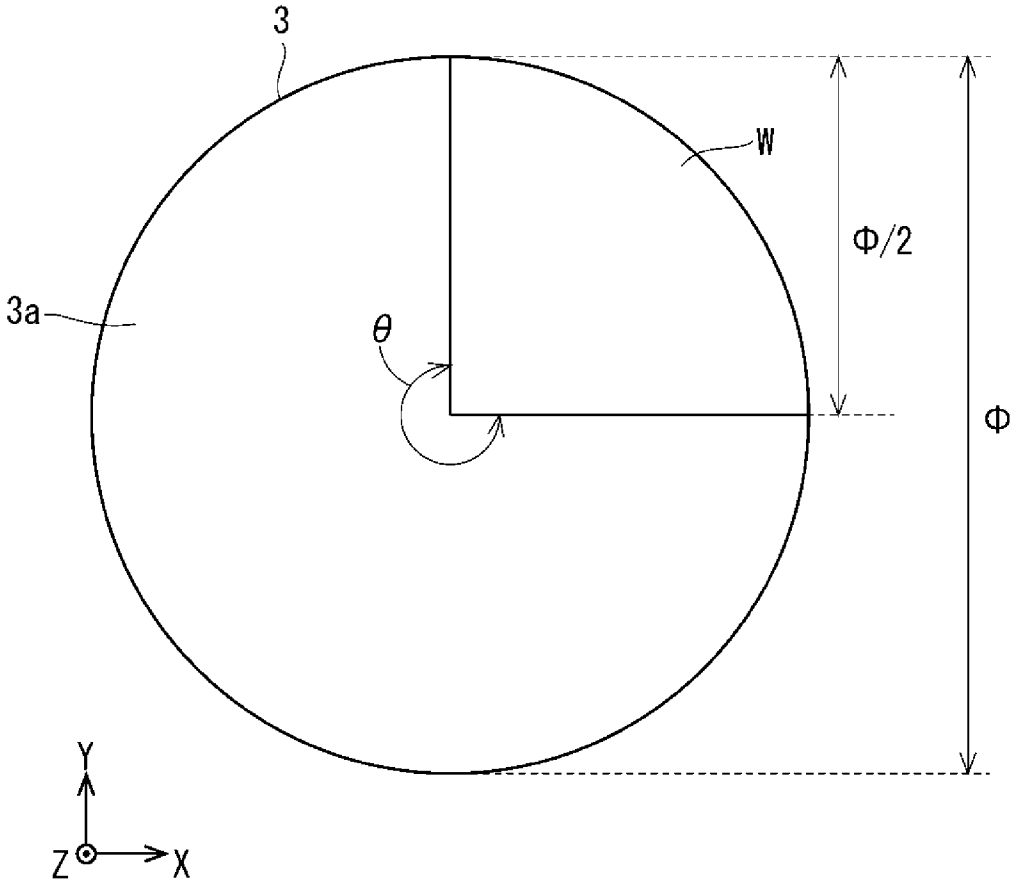
[図38]



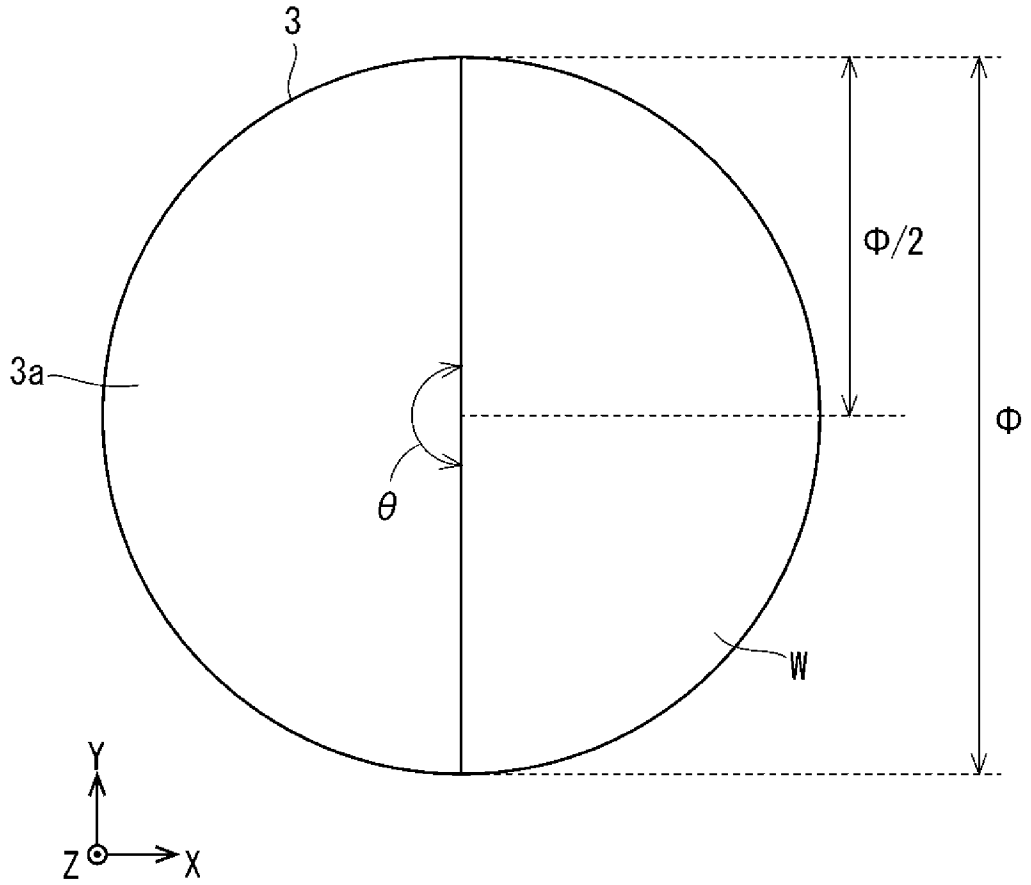
[図39]



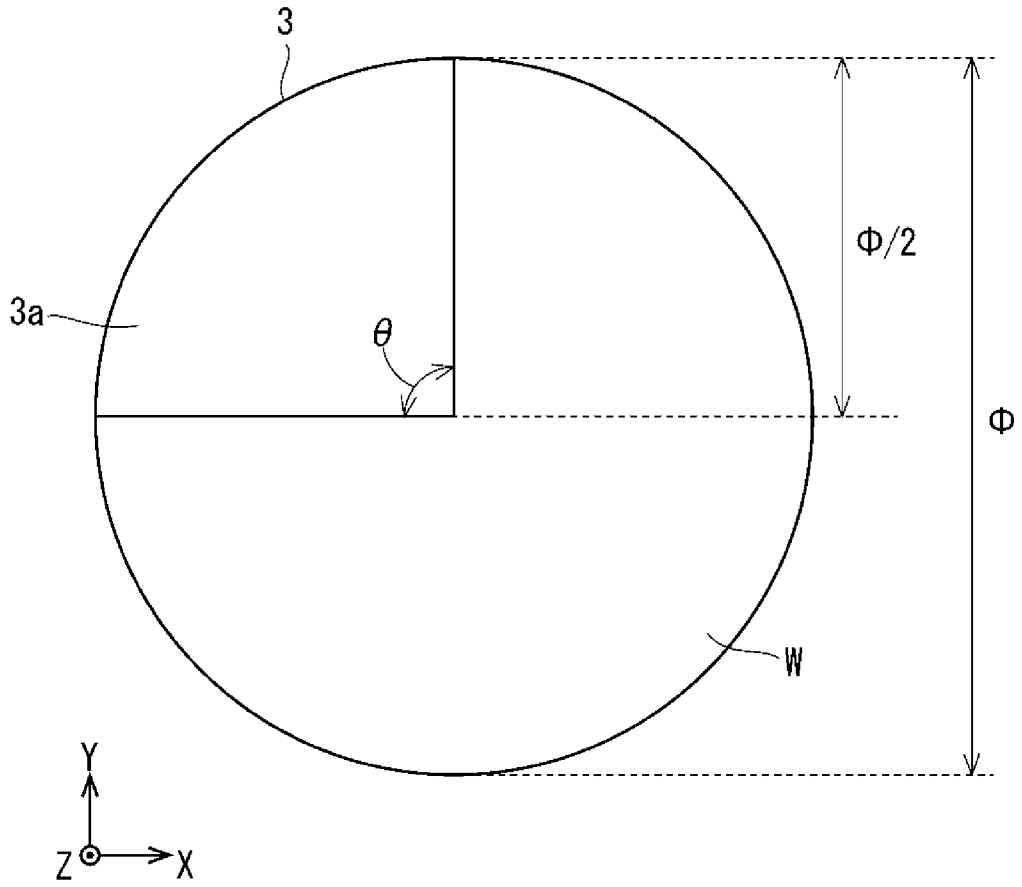
[図40]



[図41]



[図42]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/003830

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H 1/24(2006.01)i; ***H01L 21/3065***(2006.01)i; ***H01L 21/304***(2006.01)i; ***H01L 21/306***(2006.01)i
FI: H05H1/24; H01L21/302 104H; H01L21/306 Z; H01L21/304 645C; H01L21/304 643A; H01L21/306 J; H01L21/306 R; H01L21/306 S; H01L21/304 648G; H01L21/304 651B

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)

H05H1/24; H01L21/3065; H01L21/304; H01L21/306

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2008-117533 A (KYOCERA CORP) 22 May 2008 (2008-05-22) paragraphs [0026]-[0114], fig. 1-5	1-18, 26-32
Y	US 2013/0228283 A1 (MCCHESNEY, Jon) 05 September 2013 (2013-09-05) paragraphs [0028]-[0076], fig. 1-7	1-3, 7-18
Y	WO 2015/145663 A1 (HITACHI INT ELECTRIC INC) 01 October 2015 (2015-10-01) paragraphs [0046]-[0093], fig. 1-2	1-3, 7-18
Y	JP 2019-61759 A (SCREEN HOLDINGS CO LTD) 18 April 2019 (2019-04-18) paragraphs [0011]-[0042], fig. 1-6	3-17, 23-24, 26-32
Y	WO 2010/001938 A1 (TOKYO ELECTRON LIMITED) 07 January 2010 (2010-01-07) paragraphs [0027]-[0050], fig. 1-2	10-17
Y	KR 10-2009-0095787 A (ADP ENGINEERING CO LTD) 10 September 2009 (2009-09-10) paragraphs [0008]-[0054], fig. 1-5	1-18

☑ 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	Date of mailing of the international search report
07 April 2022	**26 April 2022**
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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2020-004561 A (SCREEN HOLDINGS CO LTD) 09 January 2020 (2020-01-09) paragraphs [0015]-[0051], fig. 1-5	17, 32
X	JP 2013-222910 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP) 28 October 2013 (2013-10-28) paragraphs [0017]-[0076], fig. 1-5	19-20
Y		19-24
Y	JP 2008-59839 A (NORITSU KOKI CO LTD) 13 March 2008 (2008-03-13) paragraphs [0046]-[0096], fig. 1-13	21-24
Y	WO 2006/118161 A1 (HITACHI INT ELECTRIC INC) 09 November 2006 (2006-11-09) paragraphs [0029]-[0060], fig. 1-10	23
X	JP 2008-59838 A (NORITSU KOKI CO LTD) 13 March 2008 (2008-03-13) paragraphs [0034]-[0091], fig. 1-9	25
Y		19-24
Y	JP 2013-89515 A (HITACHI LTD) 13 May 2013 (2013-05-13) paragraph [0021], fig. 5	23-24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/003830

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2008-117533 A	22 May 2008	(Family: none)	
US 2013/0228283 A1	05 September 2013	US 2013/0087283 A1 paragraphs [0019]-[0040], fig. 1-6 US 2017/0103875 A1 US 2018/0247796 A1 US 2021/0050188 A1 CN 104078301 A KR 10-2014-0118912 A TW 201506984 A KR 10-2013-0038155 A SG 189611 A TW 201322832 A KR 10-2015-0005503 A SG 10201502125V A	
WO 2015/145663 A1	01 October 2015	US 2015/0371832 A1 paragraphs [0054]-[0110], fig. 1-2	
JP 2019-61759 A	18 April 2019	(Family: none)	
WO 2010/001938 A1	07 January 2010	US 2011/0168673 A1 paragraphs [0082]-[0105], fig. 1-2 KR 10-2011-0007251 A CN 102077320 A TW 201010527 A	
KR 10-2009-0095787 A	10 September 2009	(Family: none)	
JP 2020-004561 A	09 January 2020	(Family: none)	
JP 2013-222910 A	28 October 2013	(Family: none)	
JP 2008-59839 A	13 March 2008	US 2007/0193517 A1 paragraphs [0038]-[0098], fig. 1-13 US 2008/0053988 A1 KR 10-2007-0082854 A KR 10-2008-0021499 A TW 200816881 A TW 200742506 A	
WO 2006/118161 A1	09 November 2006	US 2009/0255630 A1 paragraphs [0076]-[0107], fig. 1-10 TW 201038023 A TW 200717596 A	
JP 2008-59838 A	13 March 2008	US 2008/0053988 A1 paragrpahs [0028]-[0129], fig. 1-16 KR 10-2008-0021499 A TW 200816881 A	
JP 2013-89515 A	13 May 2013	US 2013/0098556 A1 paragraph [0047], fig. 5	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/003830

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

H05H 1/24(2006.01)i; H01L 21/3065(2006.01)i; H01L 21/304(2006.01)i; H01L 21/306(2006.01)i
FI: H05H1/24; H01L21/302 104H; H01L21/306 Z; H01L21/304 645C; H01L21/304 643A; H01L21/306 J; H01L21/306 R; H01L21/306 S; H01L21/304 648G; H01L21/304 651B

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））

H05H1/24; H01L21/3065; H01L21/304; H01L21/306

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２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 2008-117533 A (京セラ株式会社) 22.05.2008 (2008-05-22) 第［００２６］－［０１１４］段落および第１－５図	1-18, 26-32
Y	US 2013/0228283 A1 (MCCHESNEY, Jon) 05.09.2013 (2013-09-05) 第［００２８］－［００７６］段落および第１－７図	1-3, 7-18
Y	WO 2015/145663 A1 (株式会社日立国際電気) 01.10.2015 (2015-10-01) 第［００４６］－［００９３］段落および第１－２図	1-3, 7-18
Y	JP 2019-61759 A (株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス) 18.04.2019 (2019-04-18) 第［００１１］－［００４２］段落および第１－６図	3-17, 23-24, 26-32
Y	WO 2010/001938 A1 (東京エレクトロン株式会社) 07.01.2010 (2010-01-07) 第［００２７］－［００５０］段落および第１－２図	10-17
Y	KR 10-2009-0095787 A (ADP ENGINEERING CO LTD) 10.09.2009 (2009-09-10) 第＜８＞－＜５４＞段落および第１－５図	1-18

☑ 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	国際調査報告の発送日
07.04.2022	26.04.2022

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）
藤本　加代子 2G 4458
電話番号 03-3581-1101 内線 3226

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 2020-004561 A (株式会社ＳＣＲＥＥＮホールディングス) 09.01.2020 (2020-01-09) 第［００１５］－［００５１］段落および第１－５図	17, 32
X	JP 2013-222910 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 28.10.2013 (2013-10-28) 第［００１７］－［００７６］段落および第１－５図	19-20
Y		19-24
Y	JP 2008-59839 A (ノーリツ鋼機株式会社) 13.03.2008 (2008-03-13) 第［００３６］－［００９６］段落および第１－１３図	21-24
Y	WO 2006/118161 A1 (株式会社日立国際電気) 09.11.2006 (2006-11-09) 第［００２９］－［００６０］段落および第１－１０図	23
X	JP 2008-59838 A (ノーリツ鋼機株式会社) 13.03.2008 (2008-03-13) 第［００３４］－［００９１］段落および第１－９図	25
Y		19-24
Y	JP 2013-89515 A (株式会社日立製作所) 13.05.2013 (2013-05-13) 第［００２１］段落 および第５図	23-24

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/JP2022/003830

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2008-117533 A	22.05.2008	（ファミリーなし）	
US 2013/0228283 A1	05.09.2013	US 2013/0087283 A1 第［００１９］－［００４０］段落および第１－６図 US 2017/0103875 A1 US 2018/0247796 A1 US 2021/0050188 A1 CN 104078301 A KR 10-2014-0118912 A TW 201506984 A KR 10-2013-0038155 A SG 189611 A TW 201322832 A KR 10-2015-0005503 A SG 10201502125V A	
WO 2015/145663 A1	01.10.2015	US 2015/0371832 A1 第［００５４］－［０１１０］段落および第１－２図	
JP 2019-61759 A	18.04.2019	（ファミリーなし）	
WO 2010/001938 A1	07.01.2010	US 2011/0168673 A1 第［００８２］－［０１０５］段落および第１－２図 KR 10-2011-0007251 A CN 102077320 A TW 201010527 A	
KR 10-2009-0095787 A	10.09.2009	（ファミリーなし）	
JP 2020-004561 A	09.01.2020	（ファミリーなし）	
JP 2013-222910 A	28.10.2013	（ファミリーなし）	
JP 2008-59839 A	13.03.2008	US 2007/0193517 A1 第［００３８］－［００９８］段落および第１－１３図 US 2008/0053988 A1 KR 10-2007-0082854 A KR 10-2008-0021499 A TW 200816881 A TW 200742506 A	
WO 2006/118161 A1	09.11.2006	US 2009/0255630 A1 第［００７６］－［０１０７］段落および第１－１０図 TW 201038023 A TW 200717596 A	
JP 2008-59838 A	13.03.2008	US 2008/0053988 A1 第［００２８］－［０１２９］段落および第１－１６図 KR 10-2008-0021499 A TW 200816881 A	
JP 2013-89515 A	13.05.2013	US 2013/0098556 A1 第［００４７］段落 および第５図	