

(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
2014 年 1 月 16 日(16.01.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/010356 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 1/00 (2006.01) H01L 21/3065 (2006.01)
C23C 16/511 (2006.01) H01L 21/31 (2006.01)
H01L 21/304 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/066016
- (22) 国際出願日: 2013 年 6 月 11 日(11.06.2013)
- (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 2012-153902 2012 年 7 月 9 日(09.07.2012) JP
- (71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 池田 太郎(IKEDA Taro); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 藤野 豊(FUJINO Yutaka); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町

三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 足立 光(ADACHI Hikaru); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 宮下 大幸(MIYASHITA Hiroyuki); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 長田 勇輝(OSADA Yuki); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP). 山本 伸彦(YAMAMOTO Nobuhiko); 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢 6 5 0 東京エレクトロン山梨株式会社内 Yamanashi (JP).

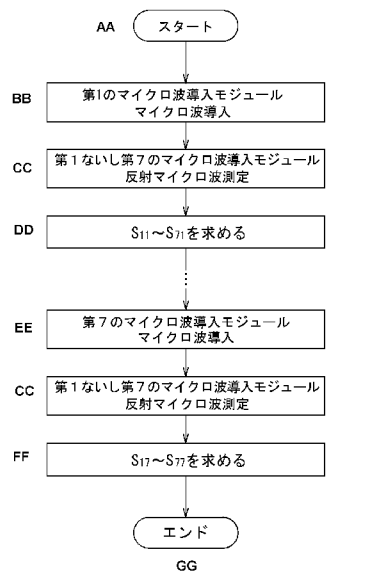
(74) 代理人: 渡邊 和浩, 外(WATANABE Kazuhiro et al.); 〒2520231 神奈川県相模原市中央区相模原 2 丁目 1 3 番 2 号 服部相模原ビル 7 0 3 Kanagawa (JP).

(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,

[続葉有]

(54) Title: ACQUISITION METHOD FOR S-PARAMETERS IN MICROWAVE INTRODUCTION MODULES, AND MAL-FUNCTION DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: マイクロ波導入モジュールにおける S パラメータ取得方法及び異常検知方法



AA Start
BB Introduce microwaves into first microwave introduction module
CC Measure reflection microwaves in first-seventh microwave introduction modules
DD Obtain $S_{11} \sim S_{71}$
EE Introduce microwaves into seventh microwave introduction module
FF Obtain $S_{17} \sim S_{77}$
GG End

(57) Abstract: A plasma treatment device (1) is provided with: a treatment container (2); and a microwave introduction device (5) having a plurality of microwave introduction modules (61). Microwaves are introduced into each of the plurality of microwave introduction modules (61), and S-parameters for each combination of the plurality of microwave introduction modules (61) are obtained on the basis of the microwaves and reflection microwaves reflected from the treatment container (2) into the plurality of microwave introduction modules (61).

(57) 要約: プラズマ処理装置 1 は、処理容器 2 と、複数のマイクロ波導入モジュール 6 1 を有するマイクロ波導入装置 5 とを備えている。複数のマイクロ波導入モジュール 6 1 毎にマイクロ波を導入し、このマイクロ波と、処理容器 2 から複数のマイクロ波導入モジュール 6 1 に反射された反射マイクロ波に基づいて、複数のマイクロ波導入モジュール 6 1 の組み合わせ毎の S パラメータを求める。



CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

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

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:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

マイクロ波導入モジュールにおけるSパラメータ取得方法及び異常検知方法

技術分野

[0001] 本発明は、複数のマイクロ波導入モジュールを有するマイクロ波導入装置を備えたプラズマ処理装置におけるSパラメータ取得方法及び異常検知方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体ウエハ等の被処理体に対して所定のプラズマ処理を施すプラズマ処理装置として、複数のスロットを有する平面アンテナを用いて処理容器内にマイクロ波を導入してプラズマを生成させるスロットアンテナ方式のプラズマ処理装置が知られている。また、他のプラズマ処理装置として、コイル状のアンテナを用いて処理容器内に高周波を導入してプラズマを生成させる誘導結合型プラズマ (Inductively Coupled Plasma ; ICP) 方式のプラズマ処理装置が知られている。これらのプラズマ処理装置では、処理容器内で高密度のプラズマを生成させることが可能であり、生成されたプラズマによって、例えば酸化処理、窒化処理、堆積処理、エッチング処理等が行われる。

[0003] 次世代以降のデバイス開発に向けて、例えば3次元デバイス加工や微細化への対応を図りながら生産性を向上させるためには、ウエハ面内における処理の均一性を確保しながら、現在300mm径のウエハを450mm径に大型化させる必要がある。そのためには、ウエハに対応して大型化する処理容器内におけるプラズマの分布（密度分布）を均一化させる必要がある。

[0004] 上記のスロットアンテナ方式のマイクロ波プラズマ処理装置では、プラズマの分布の制御は、スロットの形状や配置、処理容器やマイクロ波導入窓の形状設計等によって行われていた。例えば、処理内容に応じてプラズマの分

布を変えるためには、最適に調整された異なるスロット形状や配置の平面アンテナに交換することが必要であった。また、上記のICP方式のプラズマ処理装置でも、プラズマの分布を変えるためには、最適に調整された異なるコイル形状や配置のアンテナに変換することが必要であった。しかしながら、このようなアンテナの交換は、再設計等の手間と時間を要する大掛かりな作業であった。

[0005] また、プラズマの分布は、例えば、マイクロ波のパワー、処理圧力、ガス流量等のプロセスパラメータを変えることによって最適なプラズマ環境に調整することが可能である。しかしながら、これらのプロセスパラメータは、プロセス条件と切り離すことが出来ないため、プロセスパラメータを変化させる範囲でのプラズマの分布の変化幅(マージン)が小さく、その効果には限界があった。

[0006] また、平面アンテナ、処理容器等の製作公差、組み立て誤差、同一仕様の装置間での機差等の諸要因により、処理容器内でプラズマの対称性が崩れてプラズマの分布が偏心することがある。このような場合、これを簡易な方法で補正する手段がなかったため、平面アンテナの交換等の大掛かりな装置改変が必要になってしまうという問題があった。

[0007] そこで、処理容器内におけるプラズマの分布を均一化させるために、マイクロ波を処理容器内の別々の場所に導入し、これらのマイクロ波によって生成される複数のプラズマの分布を制御するプラズマ処理装置が考えられる。このようなプラズマ処理装置では、処理容器内にマイクロ波を導入するマイクロ波導入モジュールを複数(例えば7つ)設けることが想定される。

[0008] ところで、プラズマ処理装置では、使用開始後に発生する種々の異常を検知することが求められる。特許文献1(日本国特開2002-305182号公報)には、真空チャンバー内に設けられた下部電極に電力を供給してプラズマを発生させるプラズマ処理装置において、下部電極に印加される電圧を監視して、プラズマ状態の異常を判断する方法が記載されている。特許文献2(日本国特開2004-119179号公報)には、出力周波数が異な

る2つの高周波電源から電力が供給されるプラズマ処理装置において、給電回路上の電圧等を監視して、プラズマ処理装置の異常の有無を監視する方法が記載されている。

[0009] また、複数のマイクロ波導入モジュールが設けられたプラズマ処理装置のように、複数の入射波と複数の反射波が存在する装置の場合、この装置の状態を表すパラメータとして、複数の入射波と複数の反射波との関係を表すSパラメータを用いることが考えられる。特許文献3（日本国特開2006-317448号公報）には、ベクトルネットワークアナライザのパワー校正において、2ポートSパラメータ校正を実行することが記載されている。

[0010] 複数のマイクロ波導入モジュールが設けられたプラズマ処理装置では、複数のマイクロ波導入モジュール間でバランス良くマイクロ波を導入することが求められる。しかし、1つ又は2つ以上のマイクロ波導入モジュールに異常が発生すると、複数のマイクロ波導入モジュール間のバランスが崩れてしまい、その結果、プラズマ処理が正常に行われなくなる。そのため、このようなプラズマ処理装置では、複数のマイクロ波導入モジュール間のバランスを崩すようなマイクロ波導入モジュールにおける異常を検知することが求められる。

発明の概要

[0011] 本発明は、複数のマイクロ波導入モジュールが設けられたプラズマ処理装置において、Sパラメータを取得する方法、及び、マイクロ波導入モジュールにおける異常を検知する方法を提供する。

[0012] 本発明のSパラメータの取得方法が適用されるプラズマ処理装置は、被処理体を収容する処理容器と、処理容器内においてプラズマを生成させるためのマイクロ波を処理容器内に導入する複数のマイクロ波導入モジュールを有するマイクロ波導入装置と、前記処理容器内を減圧排気する排気装置と、を備えている。複数のマイクロ波導入モジュールは、それぞれ、マイクロ波を処理容器内の別々の場所に導入するものである。

[0013] 本発明のSパラメータの取得方法は、前記処理容器内を、真空状態、且つ

、前記プラズマが生成されない状態にして、複数のマイクロ波導入モジュール毎にマイクロ波を導入する。そして、このマイクロ波と、処理容器から複数のマイクロ波導入モジュールに反射された反射マイクロ波に基づいて、複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせ毎のSパラメータを求める。

[0014] 本発明のSパラメータの取得方法において、複数のマイクロ波導入モジュールは、それぞれ、マイクロ波及び反射マイクロ波の電力値を測定する電力測定器を有していてもよい。この場合、複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせ毎のSパラメータは、マイクロ波及び反射マイクロ波の電力値を用いて求められるものであってもよい。また、この場合、マイクロ波は、複数のマイクロ波導入モジュール毎に電力値の異なる複数の入射波を含み、反射マイクロ波は、それぞれ複数の入射波に対応する複数の反射波を含んでいてもよい。複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせ毎のSパラメータは、複数の入射波の電力値と複数の反射波の電力値から、最小二乗法によって求められるものであってもよい。

[0015] また、本発明のSパラメータの取得方法において、マイクロ波導入装置は、複数のマイクロ波導入モジュールとして、第1ないし第7のマイクロ波導入モジュールを有していてもよい。そして、本発明のSパラメータの取得方法において、処理容器は、それぞれ第1ないし第7のマイクロ波導入モジュールによって導入されるマイクロ波を処理容器内に通過させる第1ないし第7のマイクロ波導入ポートを有する天井部を含んでいてもよい。この場合、第1のマイクロ波導入ポートは、天井部の中央部分に配置されてもよい。また、第2ないし第7のマイクロ波導入ポートは、それぞれ、天井部において、第1のマイクロ波導入ポートを中心とする仮想の正六角形の頂点に配置されてもよい。

[0016] また、本発明のSパラメータの取得方法において、マイクロ波導入装置が第1ないし第7のマイクロ波導入モジュールを有する場合、複数のマイクロ

波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせは、第1のマイクロ波導入モジュールと第2ないし第7のいずれかのマイクロ波導入モジュールとの組み合わせを含んでいてもよい。

[0017] また、本発明のSパラメータの取得方法において、マイクロ波導入装置が第1ないし第7のマイクロ波導入モジュールを有する場合、複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせは、以下の第1ないし第3の組み合わせのうち、少なくとも1つを含んでいてもよい。ここで、第1の組み合わせは、上記仮想の正六角形の外周に沿って隣接する2つのマイクロ波導入モジュールを組み合わせるものである。第2の組み合わせは、上記仮想の正六角形の外周に沿って1つおきに隣接する2つのマイクロ波導入モジュールを組み合わせるものである。第3の組み合わせは、上記仮想の正六角形の外周に沿って2つおきに隣接する2つのマイクロ波導入モジュールを組み合わせるものである。

[0018] また、本発明のSパラメータの取得方法において、マイクロ波導入装置が第1ないし第7のマイクロ波導入モジュールを有する場合、複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせは、第1ないし第7のマイクロ波導入モジュールの全てを網羅する組み合わせであってもよい。

[0019] 本発明の異常検知方法が適用されるプラズマ処理装置は、被処理体を収容する処理容器と、処理容器内においてプラズマを生成させるためのマイクロ波を処理容器内に導入する複数のマイクロ波導入モジュールを有するマイクロ波導入装置と、前記処理容器内を減圧排気する排気装置と、を備えている。複数のマイクロ波導入モジュールは、それぞれ、マイクロ波を処理容器内の別々の場所に導入するものである。

[0020] 本発明の異常検知方法は、本発明のSパラメータの取得方法によって取得された、複数のSパラメータの絶対値の間で差分を求め、この差分に基づき前記異常を検知する。この場合、前記差分の絶対値を、複数のマイクロ波導入モジュールにおける異常を表す所定のしきい値と比較してもよい。また、前記差分は、取得された複数のSパラメータのすべてについて相互に演算し

て得られた複数の差分であってもよく、さらに、前記複数の差分の絶対値の最大値と、前記しきい値とを比較してもよい。

[0021] 本発明のSパラメータの取得方法では、複数のマイクロ波導入モジュール毎にマイクロ波を導入し、このマイクロ波と反射マイクロ波に基づいてSパラメータを求める。これにより、本発明によれば、複数のマイクロ波導入モジュールが設けられたプラズマ処理装置において、Sパラメータを取得することができる。

[0022] また、本発明の異常検知方法では、Sパラメータの絶対値と、複数のマイクロ波導入モジュールの組み合わせが異なる他のSパラメータとの差分を求め、この差分と、複数のマイクロ波導入モジュールにおける異常を表す所定のしきい値とを比較する。これにより、本発明によれば、マイクロ波導入モジュールにおける異常を検知することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の一実施の形態におけるプラズマ処理装置の概略の構成を示す断面図である。

[図2]図1に示した制御部の構成を示す説明図である。

[図3]本発明の一実施の形態におけるマイクロ波導入装置の構成を示す説明図である。

[図4]本発明の一実施の形態におけるマイクロ波導入モジュールの一部を示す断面図である。

[図5]本発明の一実施の形態におけるマイクロ波導入モジュールのアンテナ部を示す斜視図である。

[図6]本発明の一実施の形態におけるマイクロ波導入モジュールの平面アンテナを示す平面図である。

[図7]本発明の一実施の形態における処理容器の天井部の底面を示す平面図である。

[図8]本発明の一実施の形態における複数のマイクロ波導入モジュールの第1の組み合わせを示す説明図である。

[図9]本発明の一実施の形態における複数のマイクロ波導入モジュールの第2の組み合わせを示す説明図である。

[図10]本発明の一実施の形態における複数のマイクロ波導入モジュールの第3の組み合わせを示す説明図である。

[図11]本発明の一実施の形態に係る異常検知方法の手順の一例を示すフローチャートである。

[図12]本発明の一実施の形態に係るSパラメータの取得方法の手順の一例を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0024] [プラズマ処理装置]

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。始めに、図1及び図2を参照して、本発明の一実施の形態に係るSパラメータの取得方法及び異常検知方法が適用されるプラズマ処理装置の概略の構成について説明する。図1は、本実施の形態におけるプラズマ処理装置の概略の構成を示す断面図である。図2は、図1に示した制御部の構成を示す説明図である。本実施の形態におけるプラズマ処理装置1は、連続する複数の動作を伴って、例えば半導体デバイス製造用の半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」と記す。）Wに対して、成膜処理、拡散処理、エッチング処理、アッシング処理等の所定の処理を施す装置である。

[0025] プラズマ処理装置1は、被処理体であるウエハWを収容する処理容器2と、処理容器2の内部に配置され、ウエハWを載置する載置面21aを有する載置台21と、処理容器2内にガスを供給するガス供給機構3と、処理容器2内を減圧排気する排気装置4と、処理容器2内においてプラズマを生成させるためのマイクロ波を処理容器2内に導入する複数のマイクロ波導入モジュール61を有するマイクロ波導入装置5と、これらプラズマ処理装置1の各構成部を制御する制御部8とを備えている。なお、処理容器2内にガスを供給する手段としては、ガス供給機構3の代わりに、プラズマ処理装置1の構成には含まれない外部のガス供給機構を使用してもよい。

[0026] <処理容器>

処理容器 2 は、例えば略円筒形状をなしている。処理容器 2 は、例えばアルミニウム及びその合金等の金属材料によって形成されている。マイクロ波導入装置 5 は、処理容器 2 の上部に設けられ、処理容器 2 内に電磁波（マイクロ波）を導入してプラズマを生成するプラズマ生成手段として機能する。マイクロ波導入装置 5 の構成については、後で詳しく説明する。

[0027] 処理容器 2 は、板状の天井部 1 1 及び底部 1 3 と、天井部 1 1 と底部 1 3 とを連結する側壁部 1 2 とを含んでいる。天井部 1 1 は、その上面から下面にかけて貫通するように設けられた複数のマイクロ波導入ポート 1 1 a を有している。複数のマイクロ波導入ポート 1 1 a の配置については、後で詳しく説明する。側壁部 1 2 は、処理容器 2 に隣接する図示しない搬送室との間でウエハ W の搬入出を行うための搬入出口 1 2 a を有している。処理容器 2 と図示しない搬送室との間には、ゲートバルブ G が配置されている。ゲートバルブ G は、搬入出口 1 2 a を開閉する機能を有している。ゲートバルブ G は、閉状態で処理容器 2 を気密にシールすると共に、開状態で処理容器 2 と図示しない搬送室との間でウエハ W の移送を可能にする。

[0028] <排気装置>

底部 1 3 は、複数（図 1 では 2 つ）の排気口 1 3 a を有している。プラズマ処理装置 1 は、更に、排気口 1 3 a と排気装置 4 とを接続する排気管 1 4 を備えている。排気装置 4 は、A P C バルブと、処理容器 2 の内部空間を所定の真空度まで高速に減圧することが可能な高速真空ポンプとを有している。このような高速真空ポンプとしては、例えばターボ分子ポンプ等がある。排気装置 4 の高速真空ポンプを作動させることによって、処理容器 2 は、その内部空間が所定の真空度、例えば 0.133 Pa まで減圧される。

[0029] <載置台>

プラズマ処理装置 1 は、更に、処理容器 2 内において載置台 2 1 を支持する支持部材 2 2 と、支持部材 2 2 と処理容器 2 の底部 1 3 との間に設けられた絶縁材料よりなる絶縁部材 2 3 とを備えている。載置台 2 1 は、被処理体

であるウエハWを水平に載置するためのものである。支持部材22は、底部13の中央から処理容器2の内部空間に向かって延びる円筒状の形状を有している。載置台21及び支持部材22は、例えば表面にアルマイト処理（陽極酸化処理）が施されたアルミニウム等によって形成されている。

[0030] 載置台21は、載置面21aに対して突没可能に設けられた複数の支持ピン（図示省略）を有している。複数の支持ピンは、任意の昇降機構により上下に変位し、上昇位置において、図示しない搬送室との間でウエハWの受け渡しを行うことができるように構成されている。

[0031] <高周波バイアス電源>

プラズマ処理装置1は、更に、載置台21に高周波電力を供給する高周波バイアス電源25と、載置台21と高周波バイアス電源25との間に設けられた整合器24とを備えている。高周波バイアス電源25は、ウエハWにイオンを引き込むために、載置台21に高周波電力を供給する。

[0032] <温度制御機構>

図示しないが、プラズマ処理装置1は、更に、載置台21を加熱又は冷却する温度制御機構を備えている。温度制御機構は、例えば、ウエハWの温度を、25℃（室温）～900℃の範囲内で制御する。

[0033] <ガス供給機構>

プラズマ処理装置1は、更に、処理容器2の天井部11に設けられたガス導入部15を備えている。ガス導入部15は、円筒形状をなす複数のノズル16を有している。ノズル16は、その下面に形成されたガス孔16aを有している。

[0034] ガス供給機構3は、ガス供給源31を含むガス供給装置3aと、ガス供給源31とガス導入部15とを接続する配管32とを有している。なお、図1では、1つのガス供給源31を図示しているが、ガス供給装置3aは、使用されるガスの種類に応じて複数のガス供給源を含んでいてもよい。

[0035] ガス供給源31は、例えば、プラズマ生成用の希ガスや、酸化処理、窒化処理、成膜処理、エッチング処理及びアッシング処理に使用される処理ガス

等のガス供給源として用いられる。また、処理容器 2 において C V D 処理が行われる場合には、ガス供給源 3 1 は、成膜原料ガス、処理容器 2 内の雰囲気ガスを置換する際に使用されるパージガス、処理容器 2 内をクリーニングする際に使用されるクリーニングガス等の供給源として用いられる。

[0036] 図示しないが、ガス供給装置 3 a は、更に、配管 3 2 の途中に設けられたマスフローコントローラ及び開閉バルブを含んでいる。処理容器 2 内に供給されるガスの種類や、これらのガスの流量等は、マスフローコントローラ及び開閉バルブによって制御される。

[0037] <制御部>

プラズマ処理装置 1 の各構成部は、それぞれ制御部 8 に接続されて、制御部 8 によって制御される。制御部 8 は、典型的にはコンピュータである。図 2 に示した例では、制御部 8 は、C P U を備えたプロセスコントローラ 8 1 と、このプロセスコントローラ 8 1 に接続されたユーザーインターフェース 8 2 及び記憶部 8 3 とを備えている。

[0038] プロセスコントローラ 8 1 は、プラズマ処理装置 1 において、例えば温度、圧力、ガス流量、バイアス印加用の高周波電力、マイクロ波出力等のプロセス条件に関係する各構成部（例えば、高周波バイアス電源 2 5、ガス供給装置 3 a、排気装置 4、マイクロ波導入装置 5 等）を統括して制御する制御手段である。

[0039] ユーザーインターフェース 8 2 は、工程管理者がプラズマ処理装置 1 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードやタッチパネル、プラズマ処理装置 1 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等を有している。

[0040] 記憶部 8 3 には、プラズマ処理装置 1 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 8 1 の制御によって実現するための制御プログラム（ソフトウェア）や、処理条件データ等が記録されたレシピ等が保存されている。プロセスコントローラ 8 1 は、ユーザーインターフェース 8 2 からの指示等、必要に応じて、任意の制御プログラムやレシピを記憶部 8 3 から呼び出して実行

する。これにより、プロセスコントローラ 81 による制御下で、プラズマ処理装置 1 の処理容器 2 内において所望の処理を行ったり、後述する S パラメータの取得や異常検知に関する処理を行ったりすることができる。

[0041] 上記の制御プログラム及びレシピは、例えば、CD-ROM、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリ、DVD、ブルーレイディスク等のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に格納された状態のものを利用することができる。また、上記のレシピは、他の装置から、例えば専用回線を介して随時伝送させてオンラインで利用することも可能である。

[0042] [マイクロ波導入装置]

次に、図 1、図 3 ないし図 6 を参照して、マイクロ波導入装置 5 の構成について詳しく説明する。図 3 は、マイクロ波導入装置 5 の構成を示す説明図である。図 4 は、マイクロ波導入モジュール 61 の一部を示す断面図である。図 5 は、マイクロ波導入モジュール 61 のアンテナ部を示す斜視図である。図 6 は、マイクロ波導入モジュール 61 の平面アンテナを示す平面図である。図 1 及び図 3 に示したように、マイクロ波導入装置 5 は、マイクロ波を生成すると共に、このマイクロ波を複数の経路に分配して出力するマイクロ波出力部 50 と、マイクロ波出力部 50 によって分配されたマイクロ波を、処理容器 2 内の別々の場所に導入する複数のマイクロ波導入モジュール 61 とを有している。

[0043] <マイクロ波出力部>

マイクロ波出力部 50 は、電源部 51 と、マイクロ波発振器 52 と、マイクロ波発振器 52 によって発振されたマイクロ波を増幅するアンプ 53 と、アンプ 53 によって増幅されたマイクロ波を複数の経路に分配する分配器 54 とを有している。マイクロ波発振器 52 は、所定の周波数（例えば、2.45 GHz）でマイクロ波を発振（例えば、PLL 発振）させる。なお、マイクロ波の周波数は、2.45 GHz に限らず、8.35 GHz、5.8 GHz、1.98 GHz 等であってもよい。また、このようなマイクロ波出力部 50 は、マイクロ波の周波数を 800 MHz から 1 GHz の範囲内とする

場合にも適用することが可能である。分配器 5 4 は、入力側と出力側のインピーダンスを整合させながらマイクロ波を分配する。

[0044] <マイクロ波導入モジュール>

複数のマイクロ波導入モジュール 6 1 は、それぞれ、互いに異なる位置に配置され、分配器 5 4 によって分配されたマイクロ波を、処理容器 2 内の別々の場所に導入する。本実施の形態では、複数のマイクロ波導入モジュール 6 1 の構成は全て同一である。各マイクロ波導入モジュール 6 1 は、分配されたマイクロ波を主に増幅して出力するアンプ部 6 2 と、アンプ部 6 2 から出力されたマイクロ波を処理容器 2 内に導入するマイクロ波導入部 6 3 とを有している。

[0045] (アンプ部)

アンプ部 6 2 は、マイクロ波の位相を変化させる位相器 6 2 A と、メインアンプ 6 2 C に入力されるマイクロ波の電力レベルを調整する可変ゲインアンプ 6 2 B と、ソリッドステートアンプとして構成されたメインアンプ 6 2 C と、後述するマイクロ波導入部 6 3 のアンテナ部で反射されてメインアンプ 6 2 C に向かうマイクロ波を分離するアイソレータ 6 2 D と、処理容器 2 内に導入されるマイクロ波及び処理容器 2 で反射された反射マイクロ波の電力値（パワー）を測定する電力測定器 6 2 E とを含んでいる。

[0046] 位相器 6 2 A は、マイクロ波の位相を変化させて、マイクロ波の放射特性を変化させることができるように構成されている。位相器 6 2 A は、例えば、マイクロ波導入モジュール 6 1 毎にマイクロ波の位相を調整することによって、マイクロ波の指向性を制御してプラズマの分布を変化させることに用いられる。なお、このような放射特性の調整を行わない場合には、位相器 6 2 A を設けなくてもよい。

[0047] 可変ゲインアンプ 6 2 B は、個々のマイクロ波導入モジュール 6 1 のばらつき調整や、プラズマ強度の調整のために用いられる。例えば、可変ゲインアンプ 6 2 B をマイクロ波導入モジュール 6 1 毎に変化させることによって、処理容器 2 内全体のプラズマの分布を調整することができる。

[0048] 図示しないが、メインアンプ62Cは、例えば、入力整合回路、半導体増幅素子、出力整合回路及び高Q共振回路を含んでいる。半導体増幅素子としては、例えば、E級動作が可能なGaAsHEMT、GaNHEMT、LD (Laterally Diffused) -MOSが用いられる。

[0049] アイソレータ62Dは、サーキュレータとダミーロード（同軸終端器）とを有している。サーキュレータは、後述するマイクロ波導入部63のアンテナ部で反射されたマイクロ波をダミーロードへ導くものである。ダミーロードは、サーキュレータによって導かれたマイクロ波を熱に変換するものである。なお、前述のように、本実施の形態では、複数のマイクロ波導入モジュール61が設けられており、複数のマイクロ波導入モジュール61の各々のマイクロ波導入部63によって処理容器2内に導入されたマイクロ波は、処理容器2内において合成される。そのため、個々のアイソレータ62Dは小型のものでもよく、アイソレータ62Dをメインアンプ62Cに隣接して設けることができる。

[0050] 電力測定器62Eは、処理容器2内に導入されるマイクロ波及び反射マイクロ波の電力値を測定できるように構成されている。例えば、電力測定器62Eは、入射波と反射波を検出することが可能な方向性結合器によって構成されていてもよい。なお、電力測定器62Eの位置は、図3に示した例に限られず、任意に設定することができる。また、アンプ部62は、電力測定器62Eの代わりに、処理容器2内に導入されるマイクロ波の電力値を測定する電力測定器と、反射マイクロ波の電力値を測定する電力測定器とを有していてもよい。この場合、これらの電力測定器は、異なる位置に配置されていてもよい。例えば、処理容器2内に導入されるマイクロ波の電力値を測定する電力測定器は、マイクロ波発振器52により近い位置に配置されていてもよい。

[0051] （マイクロ波導入部）

図1に示したように、複数のマイクロ波導入部63は、天井部11に設けられている。図4に示したように、マイクロ波導入部63は、インピーダン

スを整合させるチューナ 6 4 と、増幅されたマイクロ波を処理容器 2 内に放射するアンテナ部 6 5 と、金属材料よりなり、同軸管を構成する本体容器 6 6 及び内部導体 6 7 とを有している。本体容器 6 6 は、図 4 における上下方向に延びる円筒状の形状を有し、同軸管の外側導体を構成している。内側導体 6 7 は、図 4 における上下方向に延びる棒状又は筒状の形状を有している。本体容器 6 6 の内周面と内側導体 6 7 の外周面との間の空間は、マイクロ波伝送路 6 8 を形成する。

[0052] 図示しないが、マイクロ波導入モジュール 6 1 は、更に、本体容器 6 6 の基端側（上端側）に設けられた給電変換部を有している。給電変換部は、同軸ケーブルを介してアンプ部 6 2 に接続されている。

[0053] アンテナ部 6 5 は、本体容器 6 6 における給電変換部とは反対側に設けられている。後で説明するように、本体容器 6 6 におけるアンテナ部 6 5 よりも基端側の部分は、チューナ 6 4 によるインピーダンス調整範囲となっている。

[0054] 図 4 及び図 5 に示したように、アンテナ部 6 5 は、内側導体 6 7 の下端部に接続された平面アンテナ 7 1 と、平面アンテナ 7 1 の上面側に配置されたマイクロ波遅波材 7 2 と、平面アンテナ 7 1 の下面側に配置されたマイクロ波透過板 7 3 とを有している。マイクロ波透過板 7 3 の下面は、処理容器 2 の内部空間に露出している。マイクロ波透過板 7 3 は、本体容器 6 6 を介して、天井部 1 1 の複数のマイクロ波導入ポート 1 1 a に嵌合している。

[0055] 平面アンテナ 7 1 は、円板形状を有している。また、平面アンテナ 7 1 は、平面アンテナ 7 1 を貫通するように形成されたスロット 7 1 a を有している。図 5 及び図 6 に示した例では、4 つのスロット 7 1 a が設けられており、各スロット 7 1 a は、4 つに均等に分割された円弧形状を有している。なお、スロット 7 1 a の数は、4 つに限らず、5 つ以上であってもよいし、1 つ以上 3 つ以下であってもよい。また、スロット 7 1 a の形状は、円弧形状に限らず、例えば長方形などでもよい。

[0056] マイクロ波遅波材 7 2 は、真空よりも大きい誘電率を有する材料によって

形成されている。マイクロ波遅波材 7 2 を形成する材料としては、例えば、石英、セラミックス、ポリテトラフルオロエチレン樹脂等のフッ素系樹脂、ポリイミド樹脂等を用いることができる。マイクロ波は、真空中ではその波長が長くなる。マイクロ波遅波材 7 2 は、マイクロ波の波長を短くしてプラズマを調整する機能を有している。また、マイクロ波の位相は、マイクロ波遅波材 7 2 の厚みによって変化する。そのため、マイクロ波遅波材 7 2 の厚みによってマイクロ波の位相を調整することにより、平面アンテナ 7 1 が定在波の腹の位置になるように調整することができる。これにより、平面アンテナ 7 1 における反射波を抑制することができると共に、平面アンテナ 7 1 から放射されるマイクロ波の放射エネルギーを大きくすることができる。その結果、マイクロ波のパワーを効率よく処理容器 2 内に導入することができる。

[0057] マイクロ波透過板 7 3 は、誘電体材料によって形成されている。マイクロ波透過板 7 3 を形成する誘電体材料としては、例えば石英やセラミックス等が用いられる。マイクロ波透過板 7 3 は、マイクロ波を TE モードで効率的に放射することができるような形状をなしている。図 5 に示した例では、マイクロ波透過板 7 3 は、円柱形状を有している。なお、マイクロ波透過板 7 3 の形状は、円柱形状に限らず、例えば直方体形状、五角形柱形状、六角形柱形状、八角形柱形状であってもよい。

[0058] 上記のように構成されたマイクロ波導入部 6 3 では、メインアンプ 6 2 C で増幅されたマイクロ波は、本体容器 6 6 の内周面と内側導体 6 7 の外周面との間（マイクロ波伝送路 6 8）を通過して平面アンテナ 7 1 に達し、平面アンテナ 7 1 のスロット 7 1 a からマイクロ波透過板 7 3 を透過して処理容器 2 の内部空間に放射される。

[0059] チューナ 6 4 は、スラグチューナを構成している。具体的には、図 4 に示したように、チューナ 6 4 は、本体容器 6 6 のアンテナ部 6 5 よりも基端部側（上端部側）の部分に配置された 2 つのスラグ 7 4 A, 7 4 B と、2 つのスラグ 7 4 A, 7 4 B を動作させるアクチュエータ 7 5 と、このアクチュエ

ータ 75 を制御するチューナコントローラ 76 とを有している。

[0060] スラグ 74 A, 74 B は、板状且つ環状の形状を有し、本体容器 66 の内周面と内側導体 67 の外周面との間に配置されている。また、スラグ 74 A, 74 B は、誘電体材料によって形成されている。スラグ 74 A, 74 B を形成する誘電体材料としては、例えば、比誘電率が 10 の高純度アルミナを用いることができる。高純度アルミナは、通常、スラグを形成する材料として用いられている石英（比誘電率 3.88）やテフロン（登録商標）（比誘電率 2.03）よりも比誘電率が大きいので、スラグ 74 A, 74 B の厚みを小さくすることができる。また、高純度アルミナは、石英やテフロン（登録商標）に比べて、誘電正接（ $\tan \delta$ ）が小さく、マイクロ波の損失を小さくすることができるという特徴を有している。高純度アルミナは、更に、歪みが小さいという特徴と、熱に強いという特徴も有している。高純度アルミナとしては、純度 99.9% 以上のアルミナ焼結体であることが好ましい。また、高純度アルミナとして、単結晶アルミナ（サファイア）を用いてもよい。

[0061] チューナ 64 は、チューナコントローラ 76 からの指令に基づいて、アクチュエータ 75 によって、スラグ 74 A, 74 B を上下方向に移動させる。これにより、チューナ 64 は、インピーダンスを調整する。例えば、チューナコントローラ 76 は、終端部のインピーダンスが 50 Ω になるように、スラグ 74 A, 74 B の位置を調整する。

[0062] メインアンプ 62 C、チューナ 64 及び平面アンテナ 71 は、互いに近接して配置されている。特に、チューナ 64 及び平面アンテナ 71 は、集中定数回路を構成し、且つ共振器として機能する。平面アンテナ 71 の取り付け部分には、インピーダンス不整合が存在する。本実施の形態では、チューナ 64 によって、プラズマを含めて高精度でチューニングすることができ、平面アンテナ 71 における反射の影響を解消することができる。また、チューナ 64 によって、平面アンテナ 71 に至るまでのインピーダンス不整合を高精度で解消することができ、実質的に不整合部分をプラズマ空間とすること

ができる。これにより、チューナ 64 によって、高精度のプラズマ制御が可能になる。

[0063] [マイクロ波導入ポート]

次に、図 7 を参照して、天井部 11 における複数のマイクロ波導入ポート 11a の配置について説明する。図 7 は、処理容器 2 の天井部 11 の底面を示す平面図である。なお、図 7 では、本体容器 66 の図示を省略している。

[0064] 本実施の形態では、マイクロ波導入装置 5 は、複数のマイクロ波導入モジュール 61 として、第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 611, 612, 613, 614, 615, 616, 617 を有している。また、天井部 11 は、複数のマイクロ波導入ポート 11a として、第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入ポート 11a1, 11a2, 11a3, 11a4, 11a5, 11a6, 11a7 を有している。第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入ポート 11a1 ~ 11a7 は、それぞれ、第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 611 ~ 617 から導入されるマイクロ波を処理容器 2 内に通過させる。

[0065] 第 1 のマイクロ波導入ポート 11a1 は、天井部 11 の中央部分に配置されている。第 2 ないし第 7 のマイクロ波導入ポート 11a2 ~ 11a7 は、それぞれ、天井部 11 において、第 1 のマイクロ波導入ポート 11a1 を中心とする仮想の正六角形の頂点に配置されている。第 1 のマイクロ波導入ポート 11a1 は、その平面形状（上方から見た形状）における中心と上記仮想の正六角形の中心が、一致又はほぼ一致するように配置されている。第 2 ないし第 7 のマイクロ波導入ポート 11a2 ~ 11a7 は、それぞれの平面形状における中心と上記仮想の正六角形の頂点が、一致又はほぼ一致するように配置されている。なお、平面形状の中心と上記仮想の正六角形の中心又は頂点がほぼ一致するというのは、第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入ポート 11a1 ~ 11a7 の加工精度等の観点から、平面形状の中心の位置は、所望の位置からわずかにずれていてもよいことを意味する。

[0066] 第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 611 ~ 617 の各々のマイ

クロ波透過板 73 は、それぞれ第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入ポート 11 a 1 ~ 11 a 7 に嵌合している。図 4 に示したように、第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 611 ~ 617 の一部であるマイクロ波導入部 63 は、マイクロ波透過板 73 を含んだ一体構造をなしている。従って、第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 611 ~ 617 は、それぞれ、図 7 に示した第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入ポート 11 a 1 ~ 11 a 7 の配置に従って、互いに異なる位置に配置されている。上方から見たときに、第 1 のマイクロ波導入モジュール 611 は、天井部 11 の中央部分に配置されている。また、上方から見たときに、第 2 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 612 ~ 617 は、それぞれ、天井部 11 において、第 1 のマイクロ波導入モジュール 611 を中心とする仮想の正六角形の頂点に配置されている。

[0067] ガス導入部 15 の複数のノズル 16 は、第 1 のマイクロ波導入ポート 11 a 1 と第 2 ないし第 7 のマイクロ波導入ポート 11 a 2 ~ 11 a 7 との間において、第 1 のマイクロ波導入ポート 11 a 1 の周囲を囲むように配置されている。

[0068] [処理手順]

次に、プラズマ処理装置 1 におけるプラズマ処理の一例について説明する。ここでは、処理ガスとして窒素を含有するガスを使用して、ウエハ W の表面に対してプラズマ窒化処理を施す場合を例に挙げて、プラズマ処理の手順について説明する。まず、例えばユーザーインターフェース 82 から、プラズマ処理装置 1 においてプラズマ窒化処理を行うように、プロセスコントローラ 81 に指令が入力される。次に、プロセスコントローラ 81 は、この指令を受けて、記憶部 83 又はコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に保存されたレシピを読み出す。次に、レシピに基づく条件によってプラズマ窒化処理が実行されるように、プロセスコントローラ 81 からプラズマ処理装置 1 の各エンドデバイス（例えば、高周波バイアス電源 25、ガス供給装置 3a、排気装置 4、マイクロ波導入装置 5 等）に制御信号が送出される。

[0069] 次に、ゲートバルブ G が開状態にされて、図示しない搬送装置によって、

ウエハWが、ゲートバルブG及び搬入出口12aを通して処理容器2内に搬入される。ウエハWは、載置台21の載置面21aに載置される。次に、ゲートバルブGが閉状態にされて、排気装置4によって、処理容器2内が減圧排気される。次に、ガス供給機構3によって、所定の流量の希ガス及び窒素含有ガスが、ガス導入部15を介して処理容器2内に導入される。処理容器2の内部空間は、排気量及びガス供給量を調整することによって、所定の圧力に調整される。

[0070] 次に、マイクロ波出力部50において、処理容器2内に導入するマイクロ波を発生させる。マイクロ波出力部50の分配器54から出力されたマイクロ波は、複数のマイクロ波導入モジュール61に入力され、各マイクロ波導入モジュール61によって、処理容器2内に導入される。各マイクロ波導入モジュール61では、マイクロ波は、アンプ部62及びマイクロ波導入部63を伝搬する。マイクロ波導入部63のアンテナ部65に到達したマイクロ波は、平面アンテナ71のスロット71aから、マイクロ波透過板73を透過して、処理容器2内におけるウエハWの上方の空間に放射される。このようにして、各マイクロ波導入モジュール61によって、処理容器2内にマイクロ波が導入される。

[0071] 処理容器2内に導入されたマイクロ波は、処理容器2内に導入された不活性ガスや窒素含有ガス等の処理ガスをプラズマ化し、処理容器2内において合成される。そして、プラズマ中の活性種、例えばラジカルやイオンの作用によって、ウエハWのシリコン表面が窒化されてシリコン窒化膜SiNの薄膜が形成される。

[0072] プロセスコントローラ81からプラズマ処理装置1の各エンドデバイスにプラズマ処理を終了させる制御信号が送出されると、マイクロ波の発生が停止されると共に、希ガス及び窒素含有ガスの供給が停止されて、ウエハWに対するプラズマ処理が終了する。次に、ゲートバルブGが開状態にされて、図示しない搬送装置によって、ウエハWが搬出される。

[0073] なお、窒素含有ガスの代わりに酸素含有ガスを使用することにより、ウエ

ハWに対して酸化処理を施すことができる。また、成膜原料ガスを使用することにより、プラズマCVD法によって、ウエハWに対して成膜処理を施すことができる。

[0074] [Sパラメータの取得方法]

次に、本実施の形態に係るSパラメータの取得方法について説明する。ここでは、マイクロ波導入装置5が前述の第1ないし第7のマイクロ波導入モジュール611～617を有する場合を例にとって説明する。

[0075] 第1ないし第7のマイクロ波導入モジュール611～617から処理容器2内に導入されるマイクロ波（以下、入射マイクロ波と言う。）と、処理容器2から第1ないし第7のマイクロ波導入モジュール611～617に反射される反射マイクロ波との関係は、下記の式（1）で表される。

[0076] [数1]

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} & S_{17} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} & S_{37} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} & S_{47} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} & S_{57} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} & S_{67} \\ S_{71} & S_{72} & S_{73} & S_{74} & S_{75} & S_{76} & S_{77} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \end{pmatrix} \quad \cdots (1)$$

[0077] 式（1）において、 $a_1 \sim a_7$ は、それぞれ第1ないし第7のマイクロ波導入モジュール611～617によって導入される入射マイクロ波を表し、 $b_1 \sim b_7$ は、それぞれ第1ないし第7のマイクロ波導入モジュール611～617に反射される反射マイクロ波を表している。ここで、 i 、 j は、それぞれ1以上7以下の整数を表すものとする。以下の説明では、第1ないし第7のマイクロ波導入モジュール611～617のうち、任意のマイクロ波導入モジュールを、 i 、 j を用いて、「第*i*のマイクロ波導入モジュール61*i*」、「第*j*のマイクロ波導入モジュール61*j*」と表す。 S_{ij} は、第*j*のマイクロ波導入モジュール61*j*によって導入される入射マイクロ波と、第*i*のマイクロ波導入モジュール61*i*に反射される反射マイクロ波との関係を表

すSパラメータを表している。処理容器2内が真空状態であり、且つ、プラズマが生成されていない状態では、理想的には、Sパラメータは、下記の式(2)で表される関係を満たす。

[0078] [数2]

$$\begin{cases} S_{ij} = S_{ji} \\ S_{i1} = S_{1j} \quad (i \neq j) \\ S_{ii} = S_{jj} \quad (i \neq 1, j \neq 1) \\ S_{i,j+1} = S_{j,j+1} = S_{j,j+5} \quad (i \neq j \neq 1) \\ S_{i,j+2} = S_{j,j+2} = S_{j,j+4} \quad (i \neq j \neq 1) \\ S_{i,j+3} = S_{j,j+3} \quad (i \neq j \neq 1) \end{cases} \quad \dots (2)$$

[0079] 式(2)において、等式 $S_{ij} = S_{ji}$ は、第jのマイクロ波導入モジュール61jによって導入される入射マイクロ波と、第iのマイクロ波導入モジュール61iに反射される反射マイクロ波との関係を表すSパラメータ S_{ij} と、第iのマイクロ波導入モジュール61iによって導入される入射マイクロ波と、第jのマイクロ波導入モジュール61jに反射される反射マイクロ波との関係を表すSパラメータ S_{ji} が等しいことを表している。式(2)におけるその他の等式についても同様である。

[0080] 処理容器2内におけるプラズマの分布を均一化させるためには、Sパラメータは、式(2)で表される関係を満たすことが好ましい。しかし、複数のマイクロ波導入モジュール61のうち、1つ又は2つ以上のマイクロ波導入モジュール61に異常が発生すると、マイクロ波導入モジュール61間のバランスが崩れることにより、式(2)で表される関係を満たすことができなくなる。従って、Sパラメータを用いる(例えば、Sパラメータ同士の関係を調べる)ことにより、複数のマイクロ波導入モジュール61における異常を検知することが可能である。

[0081] 以下、Sパラメータの取得方法について具体的に説明する。本実施の形態では、Sパラメータは、電力測定器62Eによって測定される入射マイクロ波及び反射マイクロ波の電力値を用いて求められるものである。なお、処理

容器 2 においてプラズマが生成された状態では、入射マイクロ波がプラズマに吸収されてしまい、反射マイクロ波の電力値を正確に測定することができなくなる。これを防止するため、Sパラメータは、処理容器 2 内が真空状態であり、且つ、プラズマが生成されない状態で求めることが好ましい。ここで、「プラズマが生成されない状態」とは、例えば、処理容器 2 内への処理ガスの供給を全く行わない状態や、パッシェンカーブにより明らかにプラズマ放電が生じない程度のガス供給量及び圧力条件である状態を意味する。

[0082] まず、第 1 のマイクロ波導入モジュール 6 1 1 から処理容器 2 内に導入される入射マイクロ波と、第 i のマイクロ波導入モジュール 6 1 i に反射される反射マイクロ波との関係を表す S パラメータ S_{i1} の求め方について説明する。S パラメータ S_{i1} を求める場合には、まず、第 2 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 6 1 2 ～ 6 1 7 からのマイクロ波の導入を停止する。この場合における入射マイクロ波と反射マイクロ波との関係は、下記の式 (3) で表される。

[0083] [数3]

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} & S_{17} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} & S_{37} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} & S_{47} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} & S_{57} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} & S_{67} \\ S_{71} & S_{72} & S_{73} & S_{74} & S_{75} & S_{76} & S_{77} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \dots (3)$$

[0084] 次に、第 1 のマイクロ波導入モジュール 6 1 1 によって処理容器 2 内に入射マイクロ波を導入すると共に、第 1 のマイクロ波導入モジュール 6 1 1 の電力測定器 6 2 E によって入射マイクロ波の電力値を測定する。次に、第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 6 1 1 ～ 6 1 7 のそれぞれの電力測定器 6 2 E によって、反射マイクロ波の電力値を測定する。入射マイクロ波の電力値と反射マイクロ波の電力値は、下記の式 (4) で表される関係を満たす。

[0085] [数4]

$$|b_i|^2 = |S_{ii}|^2 \cdot |a_i|^2 \quad \cdots (4)$$

[0086] 式(4)において、 $|a_i|^2$ は、第1のマイクロ波導入モジュール611によって処理容器2内に導入される入射マイクロ波の電力値を表し、 $|b_i|^2$ は、第iのマイクロ波導入モジュール61iで測定された反射マイクロ波の電力値を表し、 $|S_{ii}|^2$ は、Sパラメータ S_{ii} の絶対値の2乗を表している。式(4)から理解されるように、 $|a_i|^2$ 及び $|b_i|^2$ から、 $|S_{ii}|^2$ を求めることが可能である。本実施の形態では、第1のマイクロ波導入モジュール611によって導入される入射マイクロ波は、電力値の異なる複数の入射波を含んでいる。一例として、入射マイクロ波は、電力値が、1W～5Wの範囲内で1Wずつ異なる5つの入射波を含んでいてもよい。反射マイクロ波は、それぞれ複数の入射波に対応する複数の反射波を含んでいる。そして、複数の $|a_i|^2$ と複数の $|b_i|^2$ から、最小二乗法によって $|S_{ii}|^2$ を求め、これによりSパラメータ S_{ii} を求めている。

[0087] 第2ないし第7のマイクロ波導入モジュール612～617から処理容器2内に導入される入射マイクロ波と、第iのマイクロ波導入モジュール61iに反射される反射マイクロ波との関係を表すSパラメータ S_{ij} ($j \neq i$)の取得方法は、上述したSパラメータ S_{ii} の取得方法と同様である。すなわち、入射マイクロ波を第2ないし第7のマイクロ波導入モジュール612～617毎に導入し、第1ないし第7のマイクロ波導入モジュール611～617に反射される反射マイクロ波を測定することによって、Sパラメータ S_{ij} を求めることができる。

[0088] 複数のマイクロ波導入モジュール61の中から選ばれる2つの組み合わせに関するSパラメータ S_{ij} は、複数のマイクロ波導入モジュール61の中から選ばれる2つの全ての組み合わせについて網羅するように取得してもよいし、特定の組み合わせについて取得してもよい。特定の組み合わせとしては、例えば、第1のマイクロ波導入モジュール611と第2ないし第7のマイ

クロ波導入モジュール612～617との組み合わせや、第2ないし第7のマイクロ波導入モジュール612～617間の組み合わせがある。第2ないし第7のマイクロ波導入モジュール612～617間の組み合わせとしては、例えば、以下で説明する第1ないし第3の組み合わせがある。

[0089] 図8は、第1の組み合わせを示す説明図である。第1の組み合わせは、前述の仮想の正六角形の外周に沿って隣接する2つのマイクロ波導入モジュール61を組み合わせるものである。図8では、隣接する2つのマイクロ波導入モジュール61の組み合わせを二点鎖線で示している。

[0090] 図9は、第2の組み合わせを示す説明図である。第2の組み合わせは、前述の仮想の正六角形の外周に沿って1つおきに隣接する2つのマイクロ波導入モジュール61を組み合わせるものである。図9では、1つおきに隣接する2つのマイクロ波導入モジュール61の組み合わせを二点鎖線で示している。

[0091] 図10は、第3の組み合わせを示す説明図である。第3の組み合わせは、前述の仮想の正六角形の外周に沿って2つおきに隣接する2つのマイクロ波導入モジュール61を組み合わせるものである。図10では、2つおきに隣接する2つのマイクロ波導入モジュール61の組み合わせを二点鎖線で示している。

[0092] [異常検知方法]

次に、本実施の形態に係る異常検知方法について説明する。本実施の形態では、上述のようにして取得されたSパラメータ S_{ij} を用いて、複数のマイクロ波導入モジュール61における異常を検知している。なお、この異常検知は、プラズマ処理装置1の使用開始後、任意の時期に行うことができる。例えば、特定のロットの製品を処理する前に、この異常検知を実行してもよい。

[0093] 以下、本実施の形態に係る異常検知方法について具体的に説明する。本実施の形態では、複数のマイクロ波導入モジュール61の中から選ばれる任意の2つの組み合わせのSパラメータ S_{ij} の絶対値と、組み合わせが異なる他

の2つのマイクロ波導入モジュール61のSパラメータ S_{ij} の絶対値との差分を求め、この差分の絶対値と、複数のマイクロ波導入モジュール61における異常を表す所定のしきい値とを比較することにより、複数のマイクロ波導入モジュール61における異常を検知する。上記の差分の絶対値としては、下記の式(5)で定義された ΔS_1 、 ΔS_2 、 ΔS_3 、 ΔS_4 、 ΔS_5 、 ΔS_6 がある。

[0094] [数5]

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta S_1 = \|S_{ij} - S_{ji}\| \\ \Delta S_2 = \|S_{i1} - S_{1j}\| \quad (i \neq j) \\ \Delta S_3 = \|S_{ii} - S_{jj}\| \quad (i \neq 1, j \neq 1) \\ \Delta S_4 = \left\{ \begin{array}{l} \|S_{i,j+1} - S_{j,j+1}\| \\ \|S_{j,j+1} - S_{j,j+5}\| \\ \|S_{j,j+5} - S_{i,j+1}\| \end{array} \right. \quad (i \neq j \neq 1) \\ \Delta S_5 = \left\{ \begin{array}{l} \|S_{i,j+2} - S_{j,j+2}\| \\ \|S_{j,j+2} - S_{j,j+4}\| \\ \|S_{j,j+4} - S_{i,j+2}\| \end{array} \right. \quad (i \neq j \neq 1) \\ \Delta S_6 = \|S_{i,i+3} - S_{j,j+3}\| \quad (i \neq j \neq 1) \end{array} \right. \quad \dots (5)$$

[0095] 式(5)は、式(2)に基づいて導出されたものである。従って、理想的には、 $\Delta S_1 \sim \Delta S_6$ は、いずれも0になる。しかし、マイクロ波導入モジュール61に何らかの異常が発生すると、 $\Delta S_1 \sim \Delta S_6$ は、0よりも大きくなる。マイクロ波導入モジュール61における異常としては、例えば、アンプ部62、チューナ64、アンテナ部65の故障等がある。

[0096] なお、 ΔS_4 は、前述の第1の組み合わせのSパラメータ S_{ij} 同士の差分の絶対値を表し、 ΔS_5 は、前述の第2の組み合わせのSパラメータ S_{ij} 同士の差分の絶対値を表し、 ΔS_6 は、前述の第3の組み合わせのSパラメータ S_{ij} 同士の差分の絶対値を表している。

[0097] 本実施の形態では、次に、 $\Delta S_1 \sim \Delta S_6$ のそれぞれの最大値を求める。以

下、 $\Delta S_1 \sim \Delta S_6$ のそれぞれの最大値を、 $\Delta S_{1\max} \sim \Delta S_{6\max}$ と記す。次に、 $\Delta S_{1\max} \sim \Delta S_{6\max}$ のうちの最大値 $\Delta S_{\max}$ を求める。このように、最大値 $\Delta S_{1\max} \sim \Delta S_{6\max}$ 及び最大値 $\Delta S_{\max}$ を用いることにより、後述するしきい値との比較における演算処理の負荷を軽減することができる。次に、 $\Delta S_{\max}$ と、複数のマイクロ波導入モジュール61における異常を表す所定のしきい値とを比較する。例えば、 $\Delta S_{\max}$ が所定のしきい値よりも小さい場合には、全てのマイクロ波導入モジュール61は正常であると判定する。また、 $\Delta S_{\max}$ が所定のしきい値以上である場合には、複数のマイクロ波導入モジュール61のいずれかが異常であると判定する。しきい値は、マイクロ波導入モジュール61が正常な状態のSパラメータと、異常が生じた状態のSパラメータとを参照して所定の値に設定することが可能であり、例えば0.07とすることができる。

[0098] 異常が発生したマイクロ波導入モジュール61は、例えば、複数のマイクロ波導入モジュール61の組み合わせのうち、どの組み合わせによって $\Delta S_{\max}$ が得られたものであるかを調べることにより特定することができる。

[0099] ここで、異常が検知された後の処理について簡単に説明する。まず、異常が検知されたマイクロ波導入モジュール61は、プラズマ処理装置1から取り外され、正常なマイクロ波導入モジュール61と交換される。これにより、プラズマ処理装置1を正常に使用することが可能になる。一方、プラズマ処理装置1から取り外されたマイクロ波導入モジュール61は、種々の動作確認が行われ、その結果に応じて部品交換等の修理が行われる。これにより、このマイクロ波導入モジュール61を、正常なマイクロ波導入モジュール61として使用することが可能になる。

[0100] 次に、図11及び図12を参照して、本実施の形態に係る異常検知方法が、プラズマ処理装置1におけるプラズマ処理の前に行われる場合について例を挙げて説明する。図11は、異常検知方法の手順の一例を示すフローチャートである。図12は、Sパラメータの取得方法の手順の一例を示すフローチャートである。この例では、まず、Sパラメータ S_{ij} を取得する。この際

、処理容器 2 内は、真空状態、且つ、プラズマが生成されない状態としておく。図 1 2 に示したように、S パラメータ S_{ij} を取得するステップでは、まず、第 1 のマイクロ波導入モジュール 6 1 1 によって入射マイクロ波を導入する。次に、第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュール 6 1 1 ~ 6 1 7 において反射マイクロ波を測定する。次に、S パラメータ $S_{11} \sim S_{71}$ を求める。次に、入射マイクロ波を導入するステップから S パラメータを求めるステップを、第 2 のマイクロ波導入モジュール 6 1 2 から第 7 のマイクロ波導入モジュール 6 1 7 まで順次実行する。以上の演算処理は、例えば制御部 8 のプロセスコントローラ 8 1 により行うことができる。

[0101] 上記のように S パラメータ S_{ij} を取得した後、次に、図 1 1 に示すように、 $\Delta S_1 \sim \Delta S_6$ を求める。次に、 $\Delta S_{1max} \sim \Delta S_{6max}$ を求める。次に、 ΔS_{max} を求める。次に、 ΔS_{max} と複数のマイクロ波導入モジュール 6 1 における異常を表す所定のしきい値とを比較する。以上の演算処理は、例えば制御部 8 のプロセスコントローラ 8 1 により行うことができる。そして、 ΔS_{max} が所定のしきい値よりも小さい場合、すべてのマイクロ波導入モジュール 6 1 が正常な状態であることが確認できたため、プロセスコントローラ 8 1 は、所定のプラズマ処理を実行するように制御信号を送出し、処理容器 2 内でプラズマ処理が実行される。

[0102] 一方、 ΔS_{max} が所定のしきい値以上である場合、マイクロ波導入モジュール 6 1 における異常が検知される。次に、異常が発生したマイクロ波導入モジュール 6 1 を特定する。この場合、例えば、制御部 8 のユーザーインターフェース 8 2 のディスプレイに、異常が検知された事実と、異常が検出されたマイクロ波導入モジュール 6 1 の情報を表示したりすることができる。

[0103] ここまでの手順は、例えば、異常検知レシピに基づき、制御部 8 のプロセスコントローラ 8 1 により自動的に実行することができる。異常が検知されたマイクロ波導入モジュール 6 1 は、正常なマイクロ波導入モジュール 6 1 に交換する。次に、本実施の形態に係る異常検知方法を再度実行する。

[0104] 以上説明したように、本実施の形態に係る S パラメータの取得方法では、

複数のマイクロ波導入モジュール61（611～617）毎に入射マイクロ波を導入し、入射マイクロ波と、処理容器2から複数のマイクロ波導入モジュール61に反射された反射マイクロ波に基づいて、複数のマイクロ波導入モジュール61の中から選ばれる任意の2つの組み合わせ毎のSパラメータ S_{ij} を求めている。また、本実施の形態に係る異常検知方法では、複数のマイクロ波導入モジュール61の中から選ばれる任意の2つの組み合わせのSパラメータ S_{ij} の絶対値と、組み合わせが異なる他の2つのマイクロ波導入モジュール61のSパラメータ S_{ij} の絶対値との差分を求め、この差分の絶対値の最大値と、複数のマイクロ波導入モジュール61における異常を表す所定のしきい値とを比較している。これらのことから、本実施の形態によれば、マイクロ波導入モジュール61における異常を検知することができる。

[0105] なお、本発明は、上記実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、Sパラメータ S_{ij} 同士の差分の絶対値である $\Delta S_1 \sim \Delta S_6$ のそれぞれについて、直接所定のしきい値と比較することによって、マイクロ波導入モジュール61における異常を検知してもよい。また、しきい値の設定の仕方によって、必ずしもSパラメータ S_{ij} 同士の差分の絶対値 $\Delta S_1 \sim \Delta S_6$ によらず、差分そのものをしきい値と比較してもよい。また、請求の範囲の要件を満たす限り、マイクロ波導入モジュール61の数および配置は、実施の形態に示した例に限られず、任意である。

[0106] 本国際出願は、2012年7月9日に出願された日本国特許出願2012-153902号に基づく優先権を主張するものであり、当該出願の全内容をここに援用する。

請求の範囲

[請求項1]

被処理体を収容する処理容器と、

前記処理容器内においてプラズマを生成させるためのマイクロ波を前記処理容器内に導入する複数のマイクロ波導入モジュールを有するマイクロ波導入装置と、

前記処理容器内を減圧排気する排気装置と、

を備えたプラズマ処理装置において前記マイクロ波導入モジュールのSパラメータを取得する方法であって、

前記複数のマイクロ波導入モジュールは、それぞれ、前記マイクロ波を前記処理容器内の別々の場所に導入するものであり、

前記処理容器内を、真空状態、且つ、前記プラズマが生成されない状態にして、前記複数のマイクロ波導入モジュール毎に前記マイクロ波を導入し、このマイクロ波と、前記処理容器から前記複数のマイクロ波導入モジュールに反射された反射マイクロ波に基づいて、前記複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせ毎のSパラメータを求めることを特徴とするSパラメータの取得方法。

[請求項2]

前記複数のマイクロ波導入モジュールは、それぞれ、前記マイクロ波及び前記反射マイクロ波の電力値を測定する電力測定器を有し、

前記複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせ毎のSパラメータは、前記マイクロ波及び前記反射マイクロ波の電力値を用いて求められるものであることを特徴とする請求項1に記載のSパラメータの取得方法。

[請求項3]

前記マイクロ波は、前記複数のマイクロ波導入モジュール毎に電力値の異なる複数の入射波を含み、

前記反射マイクロ波は、それぞれ前記複数の入射波に対応する複数の反射波を含むことを特徴とする請求項2に記載のSパラメータの取得方法。

[請求項4]

前記複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み

合わせ毎のSパラメータは、前記複数の入射波の電力値と前記複数の反射波の電力値から、最小二乗法によって求められるものであることを特徴とする請求項3に記載のSパラメータの取得方法。

[請求項5] 前記マイクロ波導入装置は、前記複数のマイクロ波導入モジュールとして、第1ないし第7のマイクロ波導入モジュールを有し、

前記処理容器は、それぞれ前記第1ないし第7のマイクロ波導入モジュールによって導入される前記マイクロ波を前記処理容器内に通過させる第1ないし第7のマイクロ波導入ポートを有する天井部を含み、

前記第1のマイクロ波導入ポートは、前記天井部の中央部分に配置され、

前記第2ないし第7のマイクロ波導入ポートは、それぞれ、前記天井部において、前記第1のマイクロ波導入ポートを中心とする仮想の正六角形の頂点に配置されることを特徴とする請求項1に記載のSパラメータの取得方法。

[請求項6] 前記複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせは、前記第1のマイクロ波導入モジュールと前記第2ないし第7のいずれかのマイクロ波導入モジュールとの組み合わせを含むことを特徴とする請求項5に記載のSパラメータの取得方法。

[請求項7] 前記複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み合わせは、前記仮想の正六角形の外周に沿って隣接する2つのマイクロ波導入モジュールを組み合わせる第1の組み合わせと、前記仮想の正六角形の外周に沿って1つおきに隣接する2つのマイクロ波導入モジュールを組み合わせる第2の組み合わせと、前記仮想の正六角形の外周に沿って2つおきに隣接する2つのマイクロ波導入モジュールを組み合わせる第3の組み合わせのうち、少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項5に記載のSパラメータの取得方法。

[請求項8] 前記複数のマイクロ波導入モジュールの中から選ばれる2つの組み

合わせは、前記第 1 ないし第 7 のマイクロ波導入モジュールの全てを網羅する組み合わせであることを特徴とする請求項 5 に記載の S パラメータの取得方法。

[請求項 9]

被処理体を収容する処理容器と、

前記処理容器内においてプラズマを生成させるためのマイクロ波を前記処理容器内に導入する複数のマイクロ波導入モジュールを有するマイクロ波導入装置と、

前記処理容器内を減圧排気する排気装置と、

を備えたプラズマ処理装置において、前記マイクロ波導入モジュールにおける異常を検知する方法であって、

前記複数のマイクロ波導入モジュールは、それぞれ、前記マイクロ波を前記処理容器内の別々の場所に導入するものであり、

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項に記載の S パラメータの取得方法によって取得された、複数の S パラメータの絶対値の間で差分を求め、この差分に基づき前記異常を検知することを特徴とする異常検知方法。

[請求項 10]

前記差分の絶対値を、前記複数のマイクロ波導入モジュールにおける異常を表す所定のしきい値と比較することを特徴とする請求項 9 に記載の異常検知方法。

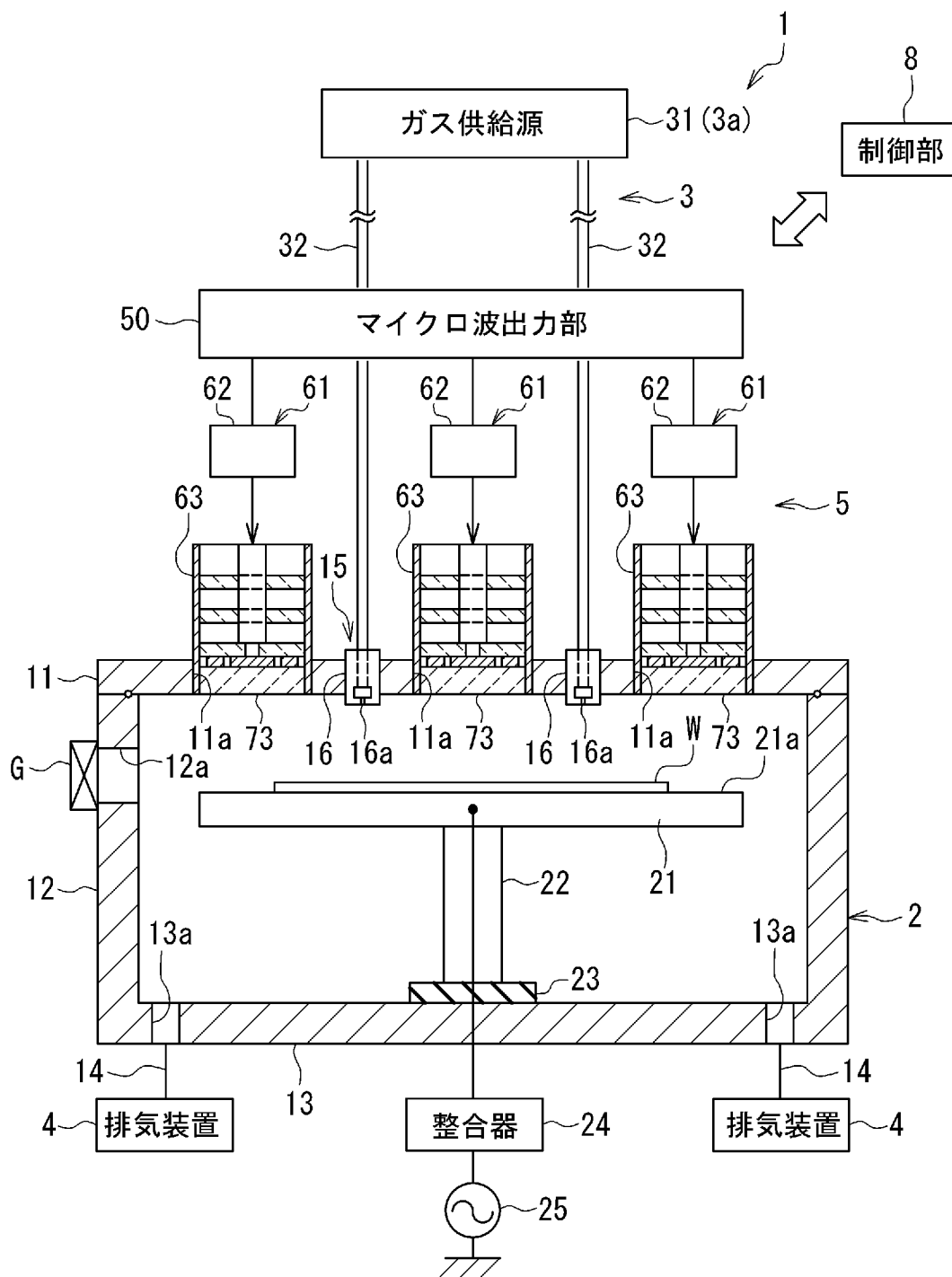
[請求項 11]

前記差分は、取得された複数の S パラメータのすべてについて相互に演算して得られた複数の差分であることを特徴とする請求項 10 に記載の異常検知方法。

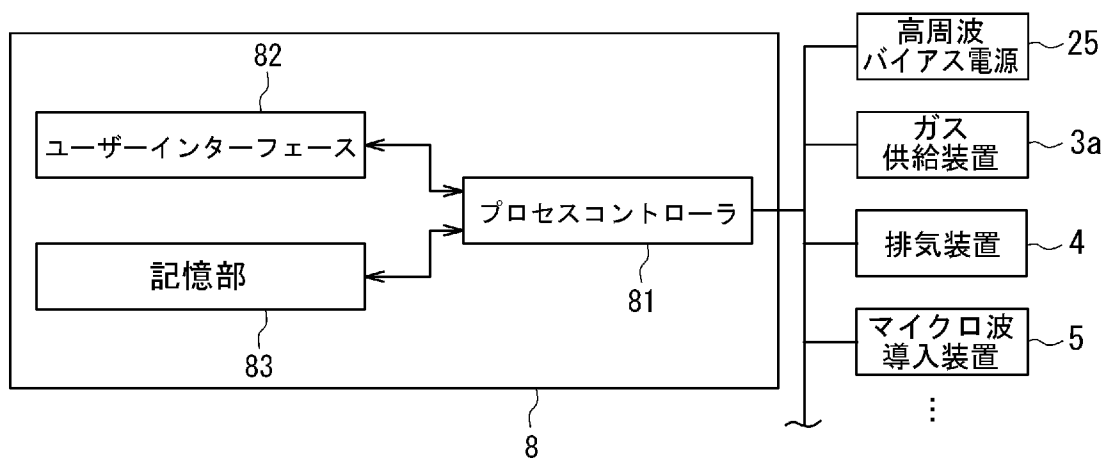
[請求項 12]

前記複数の差分の絶対値の最大値と、前記しきい値とを比較することを特徴とする請求項 11 に記載の異常検知方法。

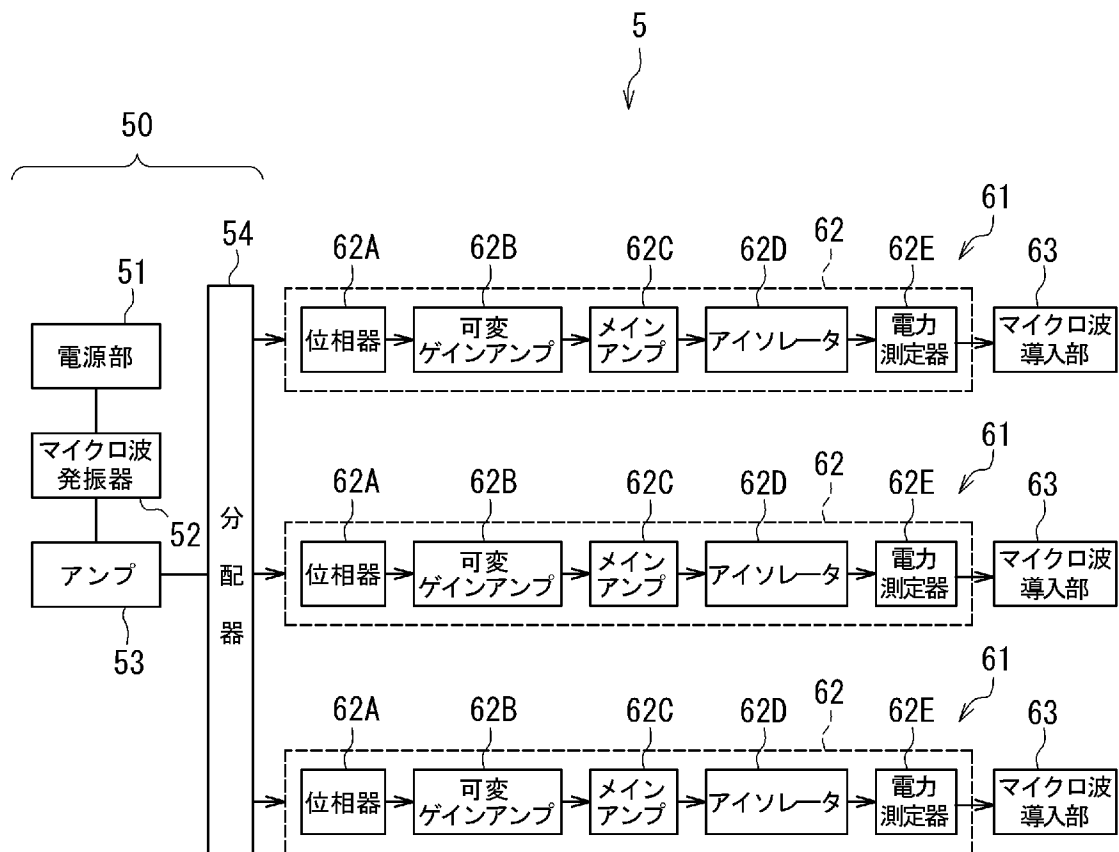
[図1]



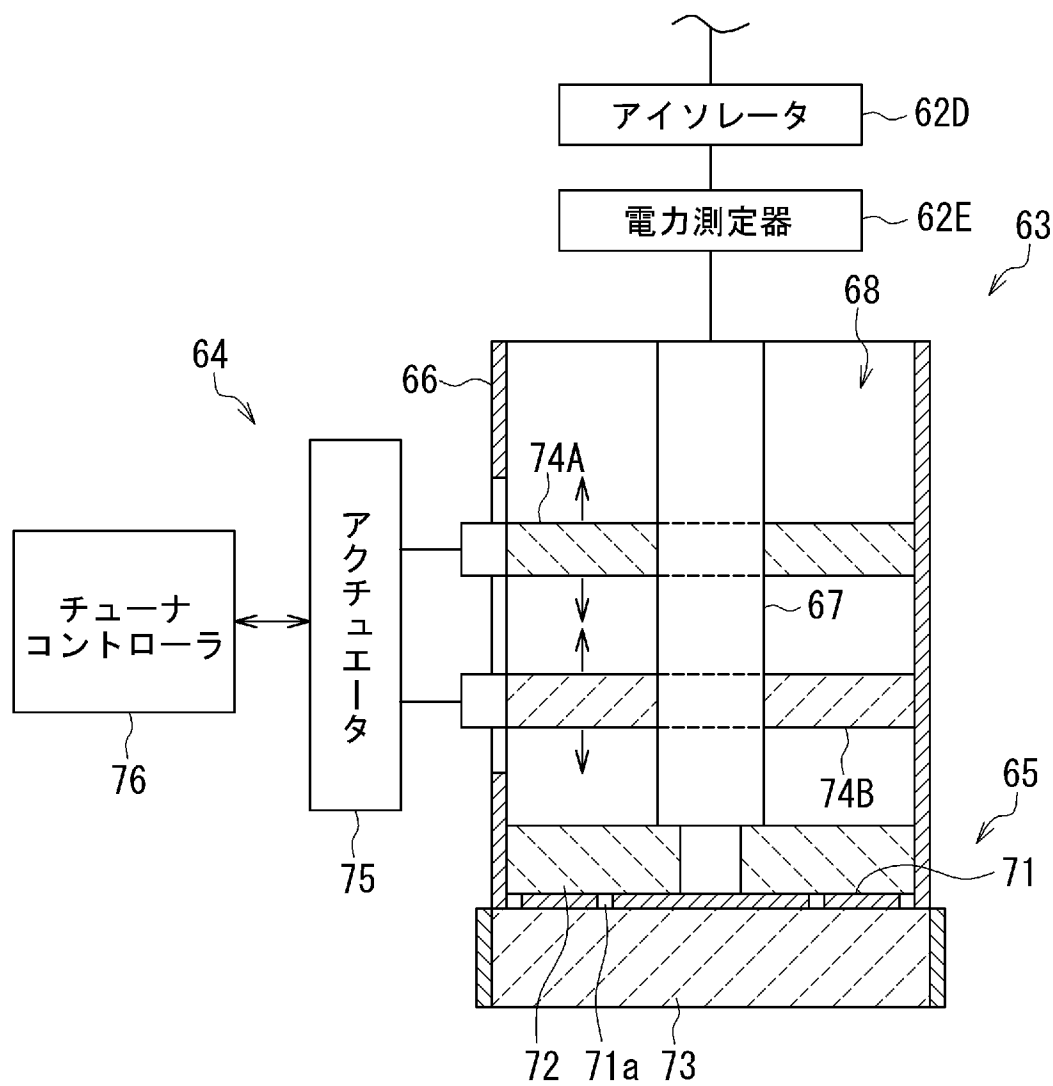
[図2]



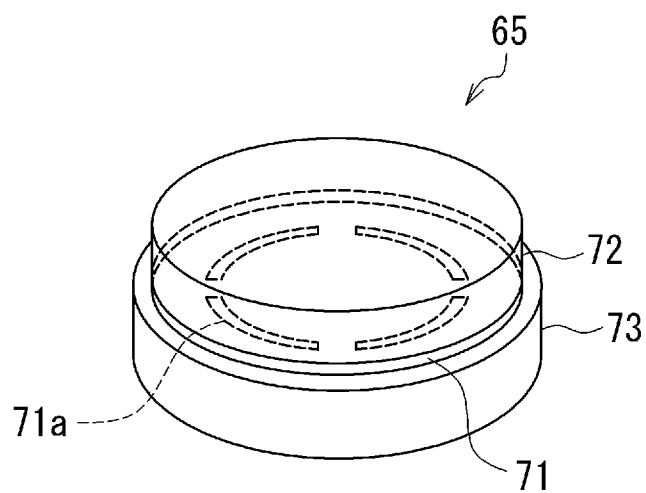
[図3]



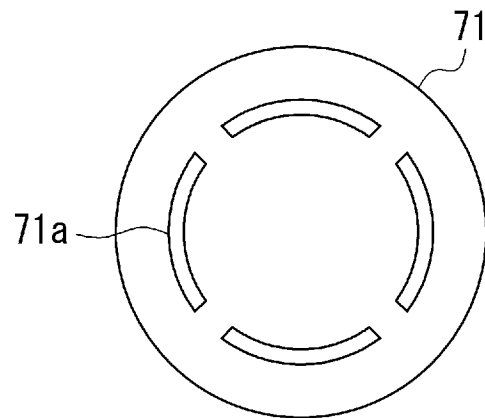
[図4]



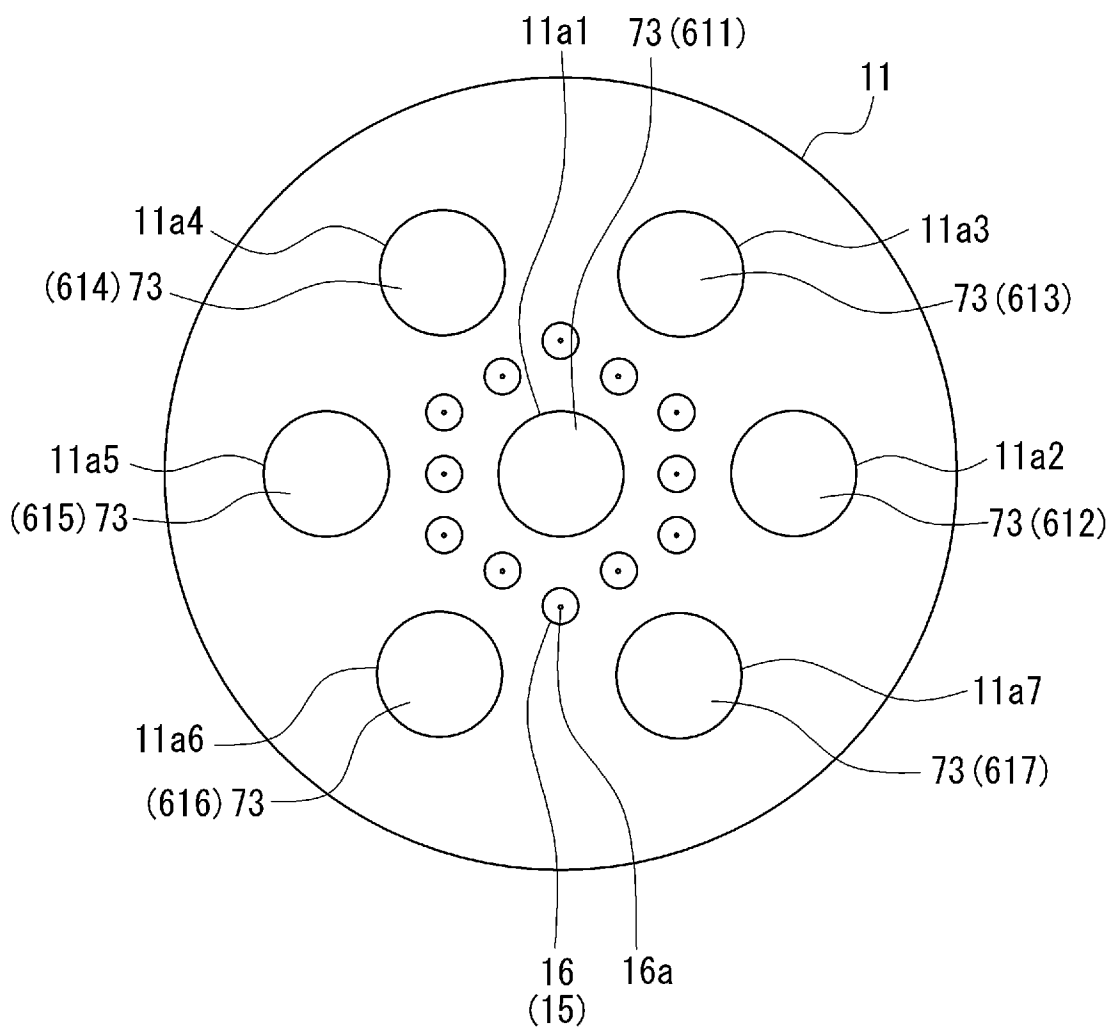
[図5]



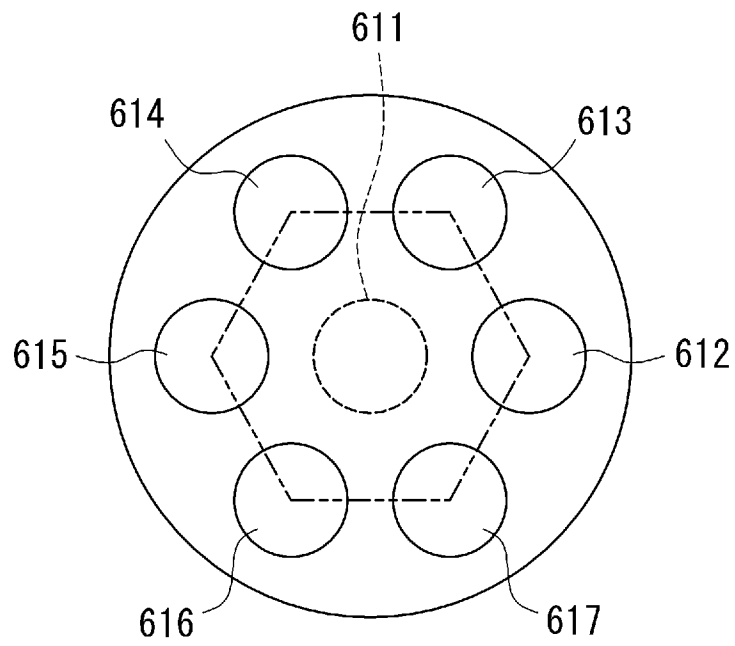
[図6]



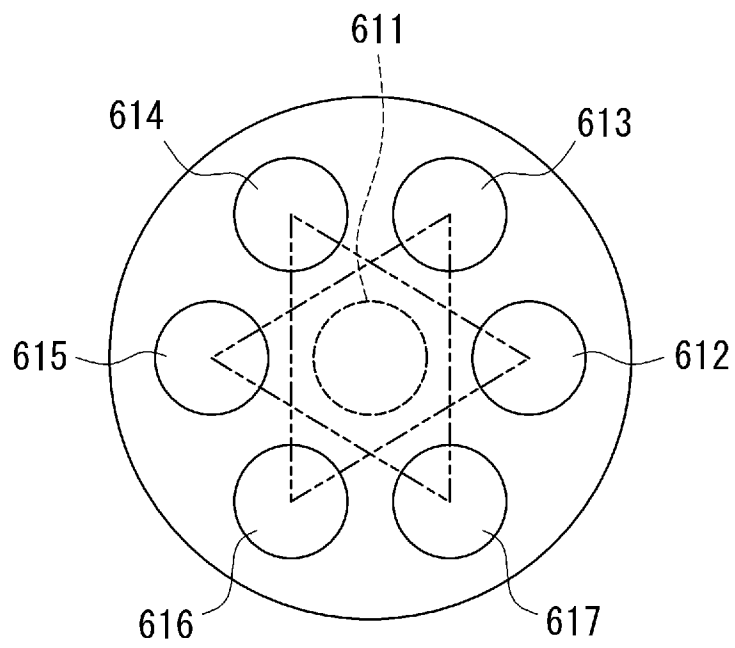
[図7]



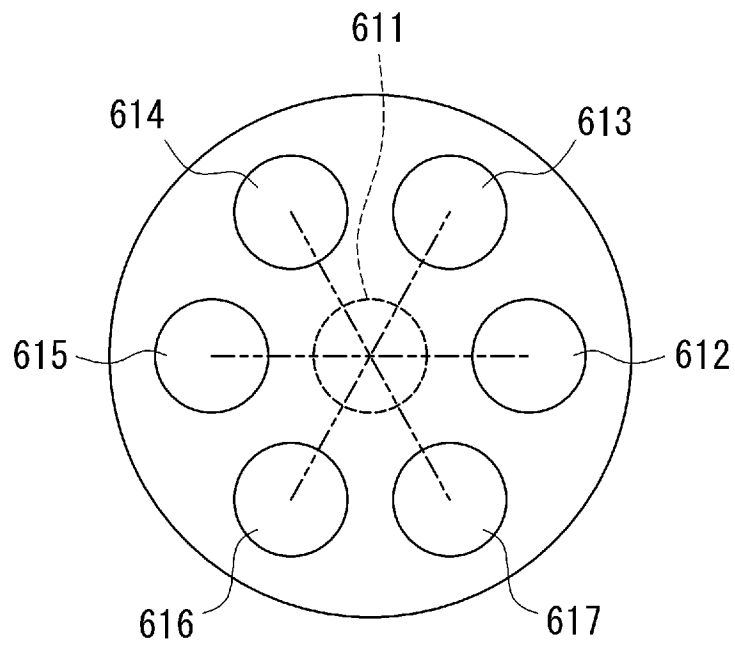
[図8]



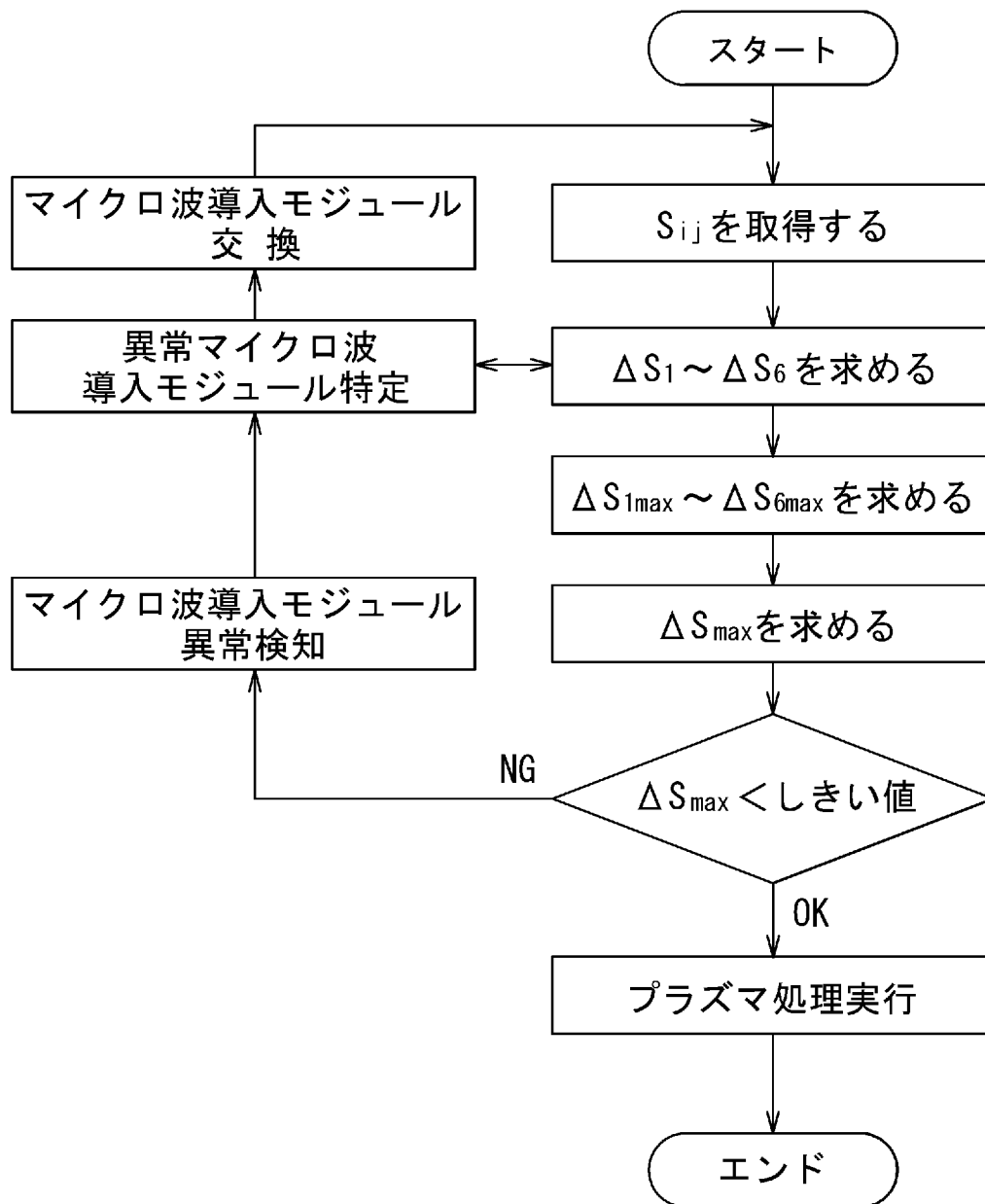
[図9]



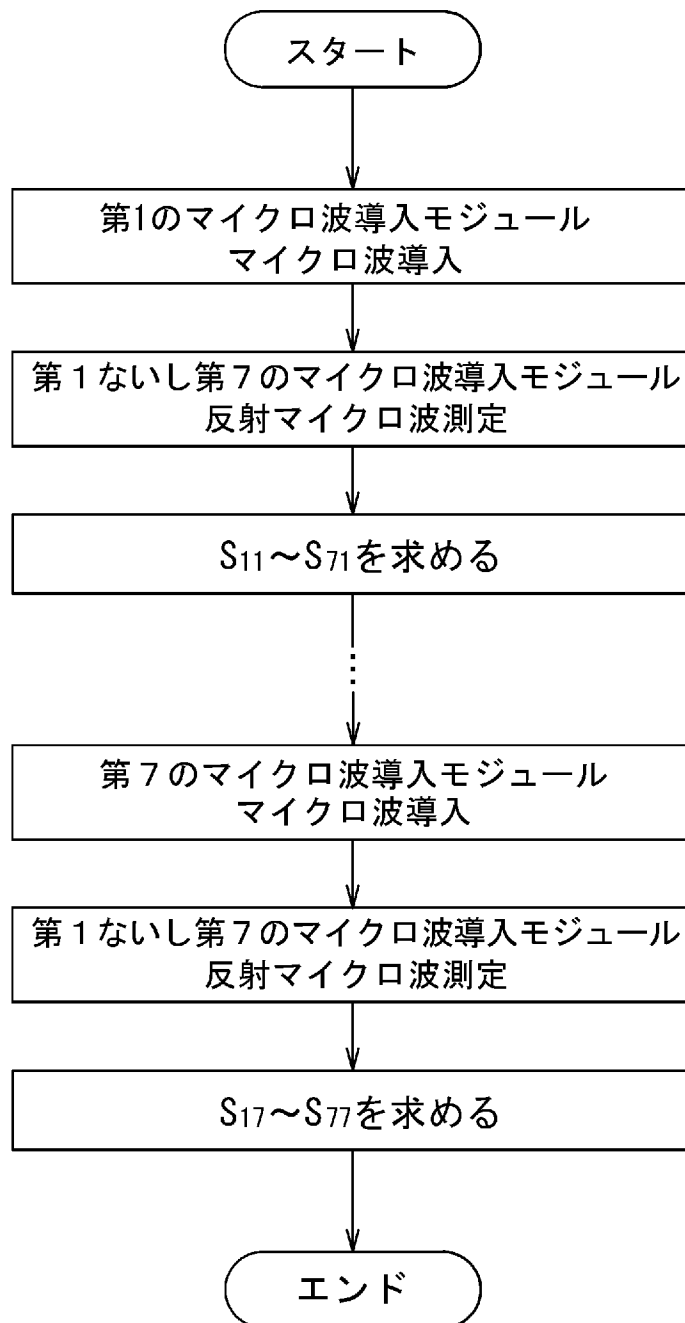
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066016

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H1/00(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/304(2006.01)i,
H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05H1/00, C23C16/511, H01L21/304, H01L21/3065, H01L21/31, H05H1/46

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

JSTPlus (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-230915 A (Tokyo Electron Ltd.), 08 October 2009 (08.10.2009), paragraphs [0016] to [0064]; fig. 1 to 12 & US 2011/0018651 A1 & WO 2009/116411 A1 & KR 10-2010-0106611 A & CN 101978794 A	1-12
A	JP 2011-202973 A (Daihen Corp.), 13 October 2011 (13.10.2011), entire text; all drawings & US 2011/0234201 A1	1-12
A	JP 2009-99496 A (Hitachi High-Technologies Corp.), 07 May 2009 (07.05.2009), paragraphs [0027] to [0068]; fig. 1 to 10 & US 2009/0105980 A1	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
03 September, 2013 (03.09.13)

Date of mailing of the international search report
17 September, 2013 (17.09.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066016

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-158684 A (Sumihide IKENOUCHI), 16 June 2005 (16.06.2005), entire text; all drawings & JP 2006-190666 A & US 2007/0262723 A1 & WO 2005/041623 A2	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H05H1/00(2006.01)i, C23C16/511(2006.01)i, H01L21/304(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H05H1/46(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H05H1/00, C23C16/511, H01L21/304, H01L21/3065, H01L21/31, H05H1/46		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 1 3 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 3 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 3 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） JSTPlus(JDreamIII)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-230915 A（東京エレクトロン株式会社） 2009.10.08, 第【0016】－【0064】段落および第1－12 図 & US 2011/0018651 A1 & WO 2009/116411 A1 & KR 10-2010-0106611 A & CN 101978794 A	1－12
☒ 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日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 03.09.2013	国際調査報告の発送日 17.09.2013	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 藤本 加代子 電話番号 03-3581-1101 内線 3273	2 I 4 4 5 8

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-202973 A (株式会社ダイヘン) 2011.10.13, 全文および全図 & US 2011/0234201 A1	1-12
A	JP 2009-99496 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 2009.05.07, 第【0027】-【0068】段落および第1-10 図 & US 2009/0105980 A1	1-12
A	JP 2005-158684 A (池之内 澄英) 2005.06.16, 全文および全図 & JP 2006-190666 A & US 2007/0262723 A1 & WO 2005/041623 A2	1-12