

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-195085

(P2015-195085A)

(43) 公開日 平成27年11月5日(2015.11.5)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
H05H	1/00	(2006.01)	H05H	1/00	A	4K030		
H01L	21/205	(2006.01)	H01L	21/205		5F004		
H01L	21/3065	(2006.01)	H01L	21/302	103	5F045		
C23C	16/505	(2006.01)	C23C	16/505				
C23C	16/52	(2006.01)	C23C	16/52				

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2014-71331 (P2014-71331)
 (22) 出願日 平成26年3月31日 (2014. 3. 31)

(71) 出願人 598015084
 学校法人福岡大学
 福岡県福岡市城南区七隈8丁目19番1号
 (71) 出願人 390005175
 株式会社アドバンテスト
 東京都練馬区旭町1丁目32番1号
 (74) 代理人 100099634
 弁理士 平井 安雄
 (72) 発明者 友景 肇
 福岡県福岡市城南区七隈8丁目19番1号
 学校法人福岡大学内
 (72) 発明者 栗田 裕之
 東京都練馬区旭町1丁目32番1号 株
 式会社アドバンテスト内

最終頁に続く

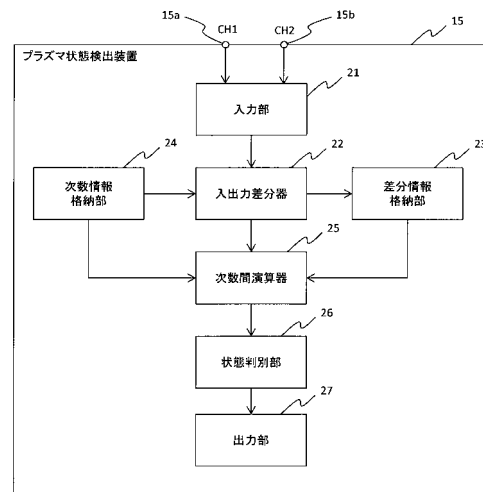
(54) 【発明の名称】 プラズマ状態検出装置、その方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】 チャンバへの入力高周波信号と反射波であるチャンバからの出力高周波信号の差分とを用いて高調波の異なる次数間で演算することで、チャンバ内のプラズマ状態を詳細にモニタリングするプラズマ状態検出装置等を提供する。

【解決手段】 プラズマ加工に使用される入力高周波信号を入力すると共に、被加工物から反射される出力高周波信号を入力し、入力された前記入力高周波信号及び出力高周波信号に基づいて、プラズマの状態を検出するプラズマ状態検出装置 15 において、前記入力高周波と前記出力高周波との差分を高調波次数ごとに演算する入出力差分器 22 と、前記入出力差分器 22 が演算した前記差分を用いて、異なる前記高調波次数間で演算処理を行う次数間演算器 25 と、前記次数間演算器 25 の演算結果に基づいて、前記プラズマの状態を判定する状態判別部 26 とを備える。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ加工に使用される入力高周波信号を入力すると共に、被加工物から反射される出力高周波信号を入力し、入力された前記入力高周波信号及び出力高周波信号に基づいて、プラズマの状態を検出するプラズマ状態検出装置において、

前記入力高周波と前記出力高周波との差分を高調波次数ごとに演算する差分演算手段と

、
前記差分演算手段が演算した前記差分を用いて、異なる前記高調波次数間で演算処理を行う次数間演算手段と、

前記次数間演算手段の演算結果に基づいて、前記プラズマの状態を判定する状態判定手段とを備えることを特徴とするプラズマ状態検出装置。 10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のプラズマ状態検出装置において、

前記状態判定手段が判定した結果に基づいて、前記プラズマを生成するためのパラメータを制御する制御手段を備えることを特徴とするプラズマ状態検出装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載のプラズマ状態検出装置において、

前記制御手段により制御されるパラメータが、RF (Radio Frequency) パワー、ガスの流量及び圧力のうちの一又は複数であることを特徴とするプラズマ状態検出装置。

【請求項 4】 20

プラズマ加工に使用される入力高周波信号を入力すると共に、被加工物から反射される出力高周波信号を入力し、入力された前記入力高周波信号及び出力高周波信号に基づいて、プラズマの状態を検出するプラズマ状態検出方法において、

コンピュータが、

前記入力高周波と前記出力高周波との差分を高調波次数ごとに演算する差分演算ステップと、

前記差分演算ステップで演算された前記差分を用いて、異なる前記高調波次数間で演算処理を行う次数間演算ステップと、

前記次数間演算ステップの演算結果に基づいて、前記プラズマの状態を判定する状態判定ステップとを実行することを特徴とするプラズマ状態検出方法。 30

【請求項 5】

プラズマ加工に使用される入力高周波信号を入力すると共に、被加工物から反射される出力高周波信号を入力し、入力された前記入力高周波信号及び出力高周波信号に基づいて、プラズマの状態を検出するようにコンピュータを機能させるプラズマ状態検出プログラムにおいて、

前記入力高周波と前記出力高周波との差分を高調波次数ごとに演算する差分演算手段、

前記差分演算手段が演算した前記差分を用いて、異なる前記高調波次数間で演算処理を行う次数間演算手段、

前記次数間演算手段の演算結果に基づいて、前記プラズマの状態を判定する状態判定手段としてコンピュータを機能させることを特徴とするプラズマ状態検出プログラム。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、プラズマ加工に使用される入力信号と出力信号との高調波差分に基づいて、プラズマの状態を検出するプラズマ状態検出装置等に関する。

【背景技術】

【0002】

非接触でプラズマを発生するチャンバ内の状態を測定する技術として、特許文献 1 並びに非特許文献 1 及び 2 に示す技術が開示されている。特許文献 1 に示す技術は、二つの入力の周波数の差に等しい周波数の信号を出力する複数のミキサ 1 4、2 4 と、複数のミキ 50

サ 1 4、2 4 に共通のローカル信号入力を与える単一のローカル信号源 1 2 と、複数のミキサ 1 4、2 4 に共通の補正信号入力を与えたときの、複数のミキサ 1 4、2 4 の出力間のレベル差および位相差を測定する誤差測定部 5 4 と、複数のミキサ 1 4、2 4 に周波数が共通する被測定信号入力を与えたときに、複数のミキサの出力の比を測定するインピーダンス測定部 6 2 と、誤差測定部 5 4 の測定結果に基づき、インピーダンス測定部 6 2 の測定結果を補正する誤差補正部 5 6 とを備え、プラズマが発生するプラズマチャンバ 6 内の電極 6 a に与えられる進行波と、進行波がプラズマチャンバ 6 から反射された反射波とを被測定信号入力とするものである。

【 0 0 0 3 】

非特許文献 1、2 に示す技術は、位相差を含めたチャンバへの入射波とチャンバからの反射波とを取得することで、特性インピーダンスの変化を計測し、状態をモニタリングするものである。

10

【 0 0 0 4 】

また、非特許文献 3 には、チャンバへの入射波とチャンバからの反射波の高調波の差分が、特定の次数においてガスの種類や R F パワーの変動に応じた変化を示すことが開示されている。

【 0 0 0 5 】

また、プラズマの異常を検出し、正常なプラズマ放電を生成するためのパラメータを制御する技術として、特許文献 2 に示す技術が開示されている。特許文献 2 に示す技術は、変調用発振器 1 1 からの電圧に基づいて、高周波電源 3 から出力パワーが変化する高周波電圧がプラズマ発生部 5 に印加され、プラズマ放電が生成され、このプラズマ放電に起因して生ずる高周波信号は、センサーユニット 6 で検出された後、スペクトル検出部 1 で特定の高調波スペクトルが検出され、この高調波スペクトルのうちで、変調用発振器 1 1 からの電圧の変化に対して変化率の大きい信号が検出されたとき、プラズマ放電異常の初期状態を示す信号が制御回路 3 1 に送られ、制御回路 3 1 では、送られた信号に基づいて、正常なプラズマ放電を生成するためのプラズマ生成パラメータを設定してメモリに記憶すると共に、正常なプラズマ放電を生成するように、R F 出力パワー制御部 3 3、電極間ギャップ制御部 3 4 及びガス流量制御部 3 5 を制御するものである。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

30

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 3 - 2 5 1 0 7 1 号公報

【 特許文献 2 】 特開平 9 - 2 6 6 0 9 7 号公報

【 非特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 非特許文献 1 】 本村大成、" プロセスプラズマにおけるリアルタイム高精度インピーダンス測定法 "、革新的プラズマ科学の新潮流、化学工業、日本、2 0 1 2 年 1 2 月号

【 非特許文献 2 】 本村大成，笠島悠司，上杉文彦，栗田裕之，木村直也、" プロセスプラズマ放電中におけるリアルタイム高精度プラズマインピーダンス測定法の開発 "、第 7 3 回応用物理学会秋季学術講演会、2 0 1 2 年 9 月

40

【 非特許文献 3 】 Yumeto Yoshida, Woon Choi, and Hajime Tomokage, "PE-CVD process evaluation using a cross domain analyser", JSEM2013-16th Korea-Japan Joint Symposium on Electric Materials, Korea, 2013, p.80-83

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

発明者らは、プラズマの発生条件に応じて高調波の次数ごとに特有の変化が現れることを実証した。すなわち、所定条件の下でプラズマを発生した場合に、特定の次数の高調波について、チャンバへの入力波とチャンバからの出力波の差動に特有な変化が見られた。

【 0 0 0 9 】

50

特許文献 1 並びに非特許文献 1 及び 2 に示す技術は、プラズマが発生するチャンパ内の電極に与えられる進行波と、進行波がチャンパから反射された反射波とを被測定信号として利用し、その差動によりプラズマの状態を判定することができるものの、上述したように特定の高調波信号を利用して、高調波相関によるプラズマ状態判定ができるものではない。

【 0 0 1 0 】

また、特許文献 2 に示す技術は、プラズマの状態に応じてプラズマ生成のパラメータ制御ができるものの、プラズマ状態の変化を測定するセンサは、進行波と反射波との差分に基づいて検知するものではなく、プラズマの状態測定の精度の観点から十分な技術ではない。

10

【 0 0 1 1 】

本発明は、チャンパへの入力高周波信号と反射波であるチャンパからの出力高周波信号の差分とを用いて高調波における異なる次数間での相関演算を行うことで、チャンパ内のプラズマ状態を詳細にモニタリングするプラズマ状態検出装置等を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

本発明に係るプラズマ状態検出装置は、プラズマ加工に使用される入力高周波信号を入力すると共に、被加工物から反射される出力高周波信号を入力し、入力された前記入力高周波信号及び出力高周波信号に基づいて、プラズマの状態を検出するプラズマ状態検出装置において、前記入力高周波と前記出力高周波との差分を高調波次数ごとに演算する差分演算手段と、前記差分演算手段が演算した前記差分を用いて、異なる前記高調波次数間で演算処理を行う次数間演算手段と、前記次数間演算手段の演算結果に基づいて、前記プラズマの状態を判定する状態判定手段とを備えるものである。

20

【 0 0 1 3 】

このように、本発明に係るプラズマ状態検出装置は、プラズマが発生しているチャンパの入力高周波と出力高周波との差分を高調波次数ごとの演算手段を利用し、その差分を用いて異なる高調波次数間で演算処理を行い、求めた演算結果に基づいてプラズマの状態を判定するため、プラズマ状態の変化に応じた高調波の次数ごとの特徴的な変化を利用して、プラズマの状態を正確且つ緻密に判定することができるという効果を奏する。

【 0 0 1 4 】

また、異なる高調波次数間での演算では、高調波次数ごとの特徴的な変化を捉えた演算処理を行うことで、その変化を演算により早期に顕在化することが可能となり、プラズマ状態の変化をいち早く検知することができるという効果を奏する。

30

【 0 0 1 5 】

本発明に係るプラズマ状態検出装置は、前記状態判定手段が判定した結果に基づいて、前記プラズマを生成するためのパラメータを制御する制御手段を備えるものである。

【 0 0 1 6 】

このように、本発明に係るプラズマ状態検出装置は、状態判定手段が判定したプラズマ状態に応じて、プラズマを生成するためのパラメータを制御するため、プラズマの状態を安定化させることができるという効果を奏する。

40

【 0 0 1 7 】

本発明に係るプラズマ状態検出装置は、前記制御手段により制御されるパラメータが、R F (Radio Frequency) パワー、ガスの流量及び圧力のうちの一又は複数とするものである。

【 0 0 1 8 】

このように、本発明に係るプラズマ状態検出装置は、R F (Radio Frequency) パワー、ガスの流量及び圧力のうちの一又は複数のパラメータをプラズマ状態に応じて制御するため、チャンパ内の状態を制御することでプラズマ状態を安定化させることができるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 9 】

【 図 1 】 第 1 の実施形態に係るプラズマ状態検出装置を含むプラズマ処理システムのシステム構成図である。

【 図 2 】 第 1 の実施形態に係るプラズマ状態検出装置の構成を示す機能ブロック図である。

【 図 3 】 第 1 の実施形態に係るプラズマ処理システムにおける入力高周波信号と出力高周波信号を示す図である。

【 図 4 】 第 2 の実施形態に係るプラズマ状態検出装置を含むプラズマ処理システムのシステム構成図である。

【 図 5 】 実施例に係る実験装置の構成図である。

10

【 図 6 】 R F パワーに対する入力波と出力波との差分の変化を示す図である。

【 図 7 】 ガス流量に対する入力波と出力波との差分の変化を示す図である。

【 図 8 】 ガス圧力に対する入力波と出力波との差分の変化を示す図である。

【 図 9 】 特定の次数間の演算に基づく強調された変化を示す第 1 の図である。

【 図 1 0 】 特定の次数間の演算に基づく強調された変化を示す第 2 の図である。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 0 】

以下、本発明の実施の形態を説明する。また、本実施形態の全体を通して同じ要素には同じ符号を付けている。

【 0 0 2 1 】

20

(本発明の第 1 の実施形態)

本実施形態に係るプラズマ状態検出装置について、図 1 ないし図 3 を用いて説明する。本実施形態に係るプラズマ状態検出装置は、例えば、半導体の製造において一般的に利用されているプラズマ C V D 等の装置におけるチャンバ内のプラズマ状態を検出するものである。プラズマ C V D 等の装置において、プラズマの状態が異常になると被加工物である半導体素子への処理に影響が出てしまい、歩留まりが悪くなってしまう。本実施形態に係るプラズマ状態検出装置は、プラズマ状態の異常を早期に且つ詳細に分析可能とすることで、プラズマの生成状態を安定化するものである。

【 0 0 2 2 】

図 1 は、本実施形態に係るプラズマ状態検出装置を含むプラズマ処理システムのシステム構成図である。図 1 において、プラズマ処理システム 1 は、例えば、半導体基板等の被加工物が投入され、当該被加工物に対してプラズマを用いた加工を施すためのチャンバ 1 1 と、当該チャンバ 1 1 に入力される高周波信号 (以下、入力高周波信号という) とチャンバ 1 1 内の被加工物から発射される高調波信号 (以下、出力高周波信号という) とのインピーダンスマッチングを行う整合器 1 2 と、入力高周波信号と出力高周波信号とを分け、それぞれの信号をプラズマ状態検出装置 1 5 に出力する方向性結合器 1 3 と、例えば 1 3 . 5 6 M H z の入力高周波信号を励起する高周波電源 1 4 とを備える。なお、高周波電源 1 4 が励起する高周波の周波数は任意に設定することが可能である。

30

【 0 0 2 3 】

チャンバ 1 1 内では、高周波電源 1 4 で励起された高周波により、投入されたガス (例えば、A r ガス、C H ₄ ガス、C H ₄ + N ₄ ガス等) がプラズマ状態となり、成膜等の処理が行われる。このときにチャンバ 1 1 に入力される入力高周波信号と、チャンバ 1 1 から反射されて出力される出力高周波信号との差動からプラズマの状態を検出することができる。入力高周波信号は、プラズマ状態検出装置 1 5 の C H 1 端子 1 5 a に入力され、出力高周波信号は、プラズマ状態検出装置 1 5 の C H 2 端子 1 5 b に入力される。プラズマ状態検出装置 1 5 は、入力された入力高周波信号及び出力高周波信号に基づいて、演算処理を行ってプラズマの状態を判定する。

40

【 0 0 2 4 】

図 2 は、本実施形態に係るプラズマ状態検出装置の構成を示す機能ブロック図である。プラズマ状態検出装置 1 5 は、C H 1 端子 1 5 a からの入力高周波信号及び C H 2 端子 1

50

5 b からの出力高周波信号を入力する入力部 2 1 と、入力された入力高周波信号及び出力高周波信号の差分を演算する入出力差分器 2 2 と、演算した差分情報を格納する差分情報格納部 2 3 と、特徴的な変化や相関性を有する高調波の次数に関する情報を格納する次数情報格納部 2 4 と、入出力差分器 2 2 による演算がなされた後に、差分情報格納部 2 3 に格納されている差分情報を利用すると共に、次数情報格納部 2 4 に格納された次数情報を参照し、次数間の差分情報を用いた演算処理を行う次数間演算器 2 5 と、次数間演算器 2 5 の演算結果に基づいて、プラズマの状態を判別する状態判別部 2 6 と、判別された状態をモニタや紙媒体等に出力する出力部 2 7 を備える。

【 0 0 2 5 】

なお、次数情報格納部 2 4 の参照については、図 2 に示すように、入出力差分器 2 2 及び次数間演算器 2 5 により読み出されて演算に利用されてもよいし、入出力差分器 2 2 及び次数間演算器 2 5 は測定で得られた全ての次数について演算を行い、状態判別部 2 6 が次数情報格納部 2 4 の情報を参照し、特徴的な次数のみを選択的に抽出して判別処理を行うようにしてもよい。

10

【 0 0 2 6 】

入出力差分器 2 2 及び次数間演算器 2 5 の処理について、図 3 を用いてさらに詳細に説明する。図 3 は、本実施形態に係るプラズマ処理システムにおける入力高周波信号と出力高周波信号を示す図である。図 3 (A) は、入力高周波信号の高調波成分を次数ごとに示した図であり、図 3 (B) は、出力高周波信号の高調波成分を次数ごとに示した図である。入出力差分器 2 2 は、図 3 (A) の入力高周波信号と図 3 (B) の出力高周波信号との差分を演算する。各次数ごとの周波数成分を P_n とすると、その差分は

20

【 0 0 2 7 】

【数 1】

$$\delta_n = P_{n1} - P_{n2} \cdots (1)$$

【 0 0 2 8 】

となり、高調波における各次数ごとの差分が得られる。すなわち、入力高周波信号と出力高周波信号との差分が高調波の次数ごとに得られるため、その差分に基づいてチャンバ 1 1 内のプラズマ状態を推定することができる。本実施形態においては、さらに、高調波の異なる次数間で演算を行うことで、より詳細にプラズマ状態を判別する。

30

【 0 0 2 9 】

次数間演算 2 5 は、式 (1) で得られた δ_n について、次数間での演算を行う。演算の一例として、次数間で逆特性を示すような場合、以下のような演算を行うことで変化をより特徴付けることが可能となる。

【 0 0 3 0 】

【数 2】

$$\Delta = (-\delta_{n1}) \times \delta_n \cdots (2)$$

40

【 0 0 3 1 】

また、例えば、同様に逆特性を示すような場合、以下のような加算演算を行うことで変化のない一定の値を得る。

【 0 0 3 2 】

【数 3】

$$\Delta = \delta_{n1} + \delta_n \cdots (3)$$

【 0 0 3 3 】

このように、特徴的な変化がある高調波を利用して演算を行い、その結果に基づいて状

50

態判別部 26 がプラズマの状態を判別する。具体的には、プラズマの状態について、定常状態であるか又は非定常状態であるかの判別や、正常状態であるか又は異常状態であるかの判別等を行う。また、(2)式や(3)式の演算を行うことで、定常/非定常、正常/異常の判別をいち早く行うことができると共に、定常状態から非定常状態に遷移する予兆や正常状態から異常状態に遷移する予兆を知ることができ、変化の推移と共にモニタリングして、安定したプラズマ状態を維持することができる高性能なプラズマ処理システムを構築することができる。

【0034】

(本発明の第2の実施形態)

本実施形態に係るプラズマ状態検出装置について、図4を用いて説明する。本実施形態において、前記第1の実施形態と重複する説明は省略する。

10

【0035】

図4は、本実施形態に係るプラズマ状態検出装置を含むプラズマ処理システムのシステム構成図である。図4において、図1の場合と異なるのは、チャンバ11のパラメータや高周波電源14のパラメータを制御するためのパラメータ制御部41を備えることである。パラメータ制御部41は、上記第1の実施形態で示した処理を行うことで得られたプラズマ状態に基づいて、チャンバ11へのRF(Radio Frequency)パワー、ガスの流量及び圧力のうちの一又は複数のパラメータを制御して調整する。

【0036】

状態判別部26は、上記の変化に基づいてプラズマの状態を判別し、判別結果に基づいて、パラメータ制御部41がプラズマの状態が安定化するようにパラメータ制御を行う。このとき、の変化に応じてパラメータ制御部41がどのパラメータをどのように制御するかといった基本情報が必要となる。この基本情報は、新たな構成要素としてプラズマ状態検出装置15が記憶部を有するようにしてもよいし、次数情報格納部24に格納しておいてもよい。

20

【0037】

なお、パラメータ制御部41は、図4に示すようにプラズマ状態検出装置15に含まれて一体的な構成としてもよいし、プラズマ状態検出装置15とは別体のパラメータ制御装置として備えてもよい。

【0038】

このように、本実施形態に係るプラズマ状態検出装置は、プラズマを生成するためのパラメータを制御するため、プラズマの状態を安定化させることができる。

30

【実施例】

【0039】

以下、本発明に係るプラズマ状態検出装置を用いた実施例を説明する。本発明に係るプラズマ状態検出装置を用い、以下の条件で測定を行った。図5は、本実施例に係る実験装置の構成図である。実験では、CVD装置におけるプラズマ状態を上述したプラズマ処理システムで測定した。投入するガスは CH_4 、 N_2 及びArとした。また、マスフローコントローラを用いて、それぞれのガス流量及びガス圧を制御した。さらに、RF電源は13.56MHzとし、そのパワーを制御した。このような実験条件の下で、プラズマ状態検出15により第21次までの高調波スペクトルを測定し、入力高周波信号(入射波)に対する出力高周波信号(反射波)の差分の変化を測定した。

40

【0040】

図6は、Ar、 CH_4 及び $CH_4 + N_2$ ガスにおけるRFパワーに対する入力波と出力波との差分の変化を示す図である。図6(A)はArガス、図6(B)は CH_4 ガス、図6(C)は $CH_4 + N_2$ ガスにおける結果である。図6(A)に示すように、Arプラズマでは、特に第17次と第21次の高調波にRFパワーの大きさに対する変化が見られた。また、図6(B)、(C)に示すように、 CH_4 プラズマや $CH_4 + N_2$ プラズマでは、第12次、第13次及び第21次の高調波にRFパワーの大きさに対する変化が見られた。

50

【0041】

図7は、Ar、CH₄及びCH₄+N₂ガスにおけるガス流量に対する入力波と出力波との差分の変化を示す図である。図7(A)はArガス、図7(B)はCH₄ガス、図7(C)はCH₄+N₂ガスにおける結果である。図7(A)に示すように、Arプラズマでは、特に第11次、第12次、第15次及び第21次の高調波にガス流量に対する変化が見られた。図7(B)、(C)に示すように、CH₄プラズマやCH₄+N₂プラズマでは、第12次、第13次、第14次及び第21次の高調波にガス流量に対する変化が見られた。なお、CH₄ガス及びCH₄+N₂ガスにおいては、ガス流量16~21sccmでマッチング整合度が合わないという不具合が発生した。

【0042】

図8は、Ar、CH₄及びCH₄+N₂ガスにおけるガス圧力に対する入力波と出力波との差分の変化を示す図である。図8(A)はArガス、図8(B)はCH₄ガス、図8(C)はCH₄+N₂ガスにおける結果である。図8(A)に示すように、Arプラズマでは、特に第11次、第12次及び第21次の高調波にガス圧力に対する変化が見られた。図8(B)、(C)に示すように、CH₄プラズマやCH₄+N₂プラズマでは、第12次、第13次及び第21次の高調波にガス圧力に対する変化が見られた。

【0043】

このように、ガスの種類に応じて、RFパワー、ガス流量、ガス圧力の変化に対して特定の次数の高調波が変化することが新たに明らかとなった。すなわち、特定の次数の高調波の変化とチャンバ内のプラズマの変化には相関関係があることが明らかとなった。

【0044】

本発明に係るプラズマ状態検出装置は、上記のような変化の相関関係を利用して特定の次数間で高調波の変化を用いた演算をすることで、プラズマ状態の変化を強調してモニタリングできるようにしている。例えば、図6(A)のArプラズマのRFパワーに対する入力波と出力波との差分のデータに注目した場合、第17次と第21次の高調波の差分がRFパワーの増加に伴って減少している。すなわち、第17次の差分と第21次の差分とを乗算することで図9に示すように、その変化を強調することができる。

【0045】

このように変化が協調されることで、プラズマの状態が変化したこと(この場合、チャンバに付加されるRFパワーに変化があったと推定される)を早期に検知し、それに応じた対応をすることでプラズマの状態を安定化させることが可能となる。

【0046】

また、例えば、図6(B)、(C)のCH₄プラズマ、CH₄+N₂プラズマのRFパワーに対する入力波と出力波との差分のデータに注目した場合、第12次の高調波の差分はRFパワーの増加に伴って増加し、第21次の高調波の差分はRFパワーの増加に伴って減少している。すなわち、第12次の差分と第21次の差分の絶対値とを乗算することで図10に示すように、その変化を強調することができる。

【0047】

このように変化が協調されることで、上記同様にプラズマの状態が変化したこと(この場合も、チャンバに付加されるRFパワーに変化があったと推定される)を早期に検知し、それに応じた対応をすることでプラズマの状態を安定化させることが可能となる。

【0048】

また、例えば、図8(C)のCH₄+N₂プラズマのガス圧力に対する入力波と出力波との差分のデータに注目した場合、第13次の高調波の変化と第21次の高調波の変化とは逆の挙動を示している。また、第13次と第12次とは同じ挙動で変化している。この3つの次数の特性を利用した演算を行うことで、変化を協調することができると共に、より精度の高い状態判定が可能となる。

【0049】

すなわち、特徴的な変化を示す第12次、第13次及び第21次のデータのうち、第13次と第21次のデータを用いて加算処理を行う。第13次と第21次のデータは逆特性

10

20

30

40

50

を示しているため、演算結果は一定（ある程度の範囲内での微小な変化）を示す。また、同時に第12次と第13次のデータを用いて乗算処理を行う。第12次と第13次のデータは同様の特性を示しているため、その変化は強調される。そして、この2つの演算結果をどちらも満たす場合（すなわち、第13次と第21次のデータの加算値が一定、且つ、第12次と第13次のデータの乗算値が大きく変化している場合）に、プラズマの状態がガス圧力に関して異常であると判断する。

【0050】

このように、3以上の複数の次数間の演算を利用することで、誤検知を抑制して高精度なプラズマ状態検出が可能となる。なお、誤検知も含めてできるだけ多くのアラートを出力したい場合は、上記2つの演算結果のどちらか一方を満たすときにプラズマ異常のアラートを出力するようにしてもよい。

10

【0051】

上記実施例は、ある一つの環境下での測定結果であるが、CVD装置やチャンバの特性、処理対象物、処理対象物の処理状態等の環境に応じて、特徴的な変化を示す高調波の次数が異なる場合も有り得る。そのための対策として、予め初期値としてのデータを収集し、その初期値を図2の次数情報格納部24に格納するようにしてもよい。また、環境によっては特徴的な変化の態様が異なる場合も有り得る。例えば、あるCVD装置では、ArプラズマのRFパワーを変化させたときに、第12次と第13次の入力波と出力波との差分が減少する場合もあれば、第12次は減少し第13次は増加するといった場合も有り得る。その場合は、CVD装置ごとに次数間演算器25の演算処理が異なるものとなるため

20

【0052】

以上のように、本発明に係るプラズマ状態検出装置においては、プラズマの状態に応じて特徴的な変化を示す高調波の異なる次数間で演算を行うことで、プラズマの状態を強調してモニタリングすることができると共に、プラズマの異常を正確且つ早急に検知してプラズマ状態を安定化させることができる。

【符号の説明】

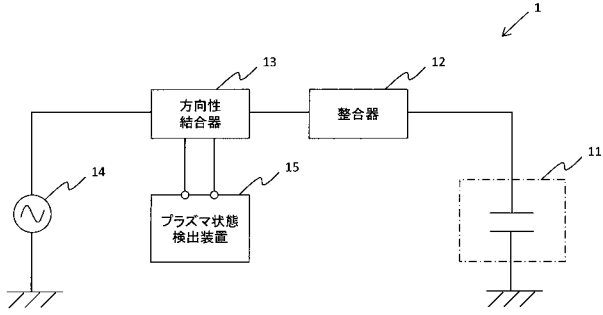
【0053】

- 1 プラズマ処理システム
- 11 チャンバ
- 12 整合器
- 13 方向性結合器
- 14 高周波電源
- 15 プラズマ状態検出装置
- 15a CH1端子
- 15b CH2端子
- 21 入力部
- 22 入出力差分器
- 23 差分情報格納部
- 24 次数情報格納部
- 25 次数間演算器
- 26 状態判別部
- 27 出力部
- 41 パラメータ制御部

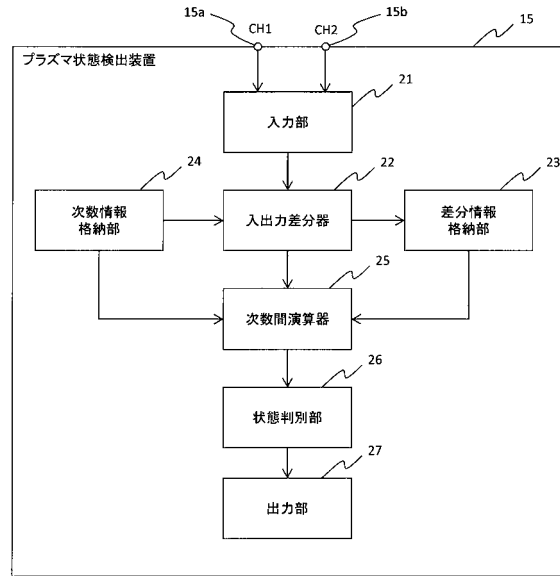
30

40

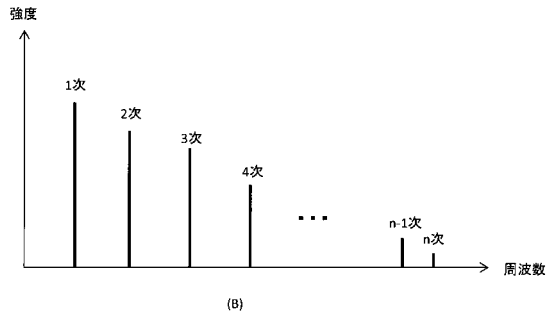
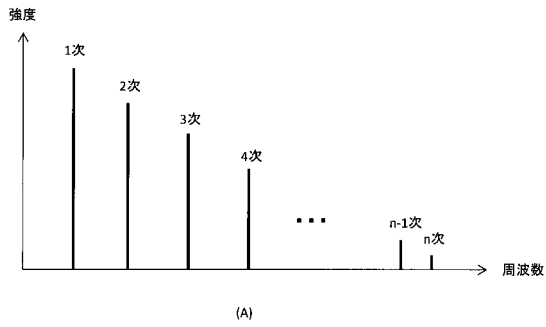
【図1】



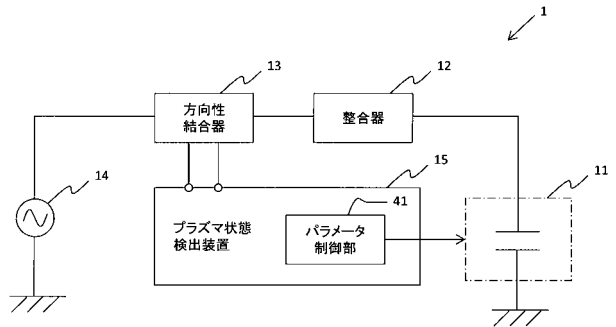
【図2】



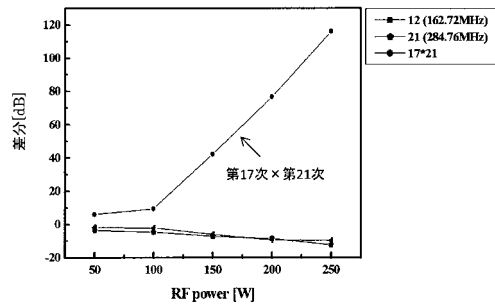
【図3】



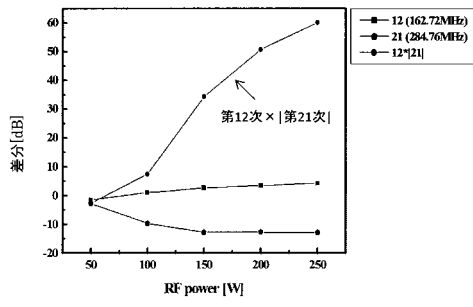
【図4】



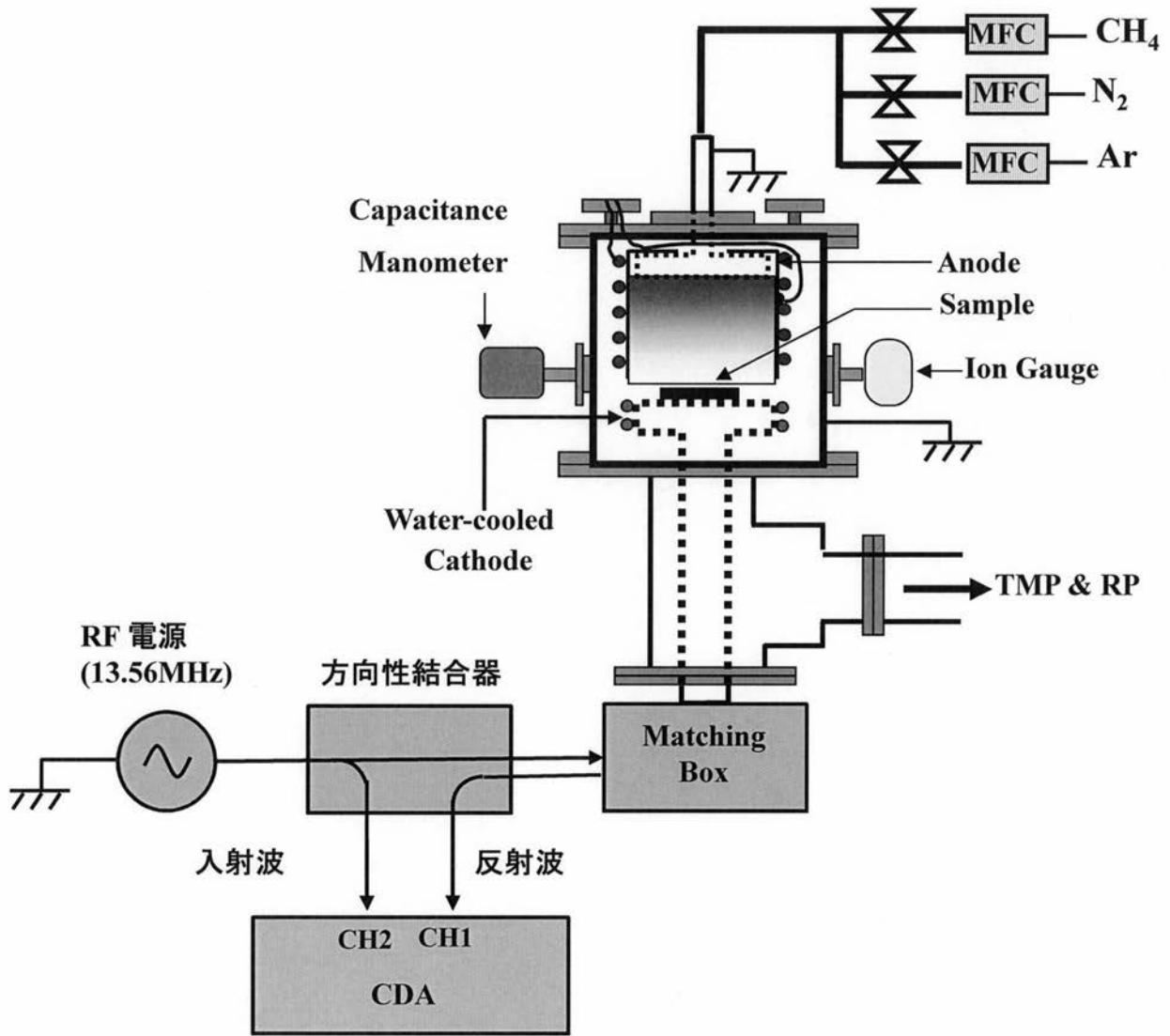
【図9】



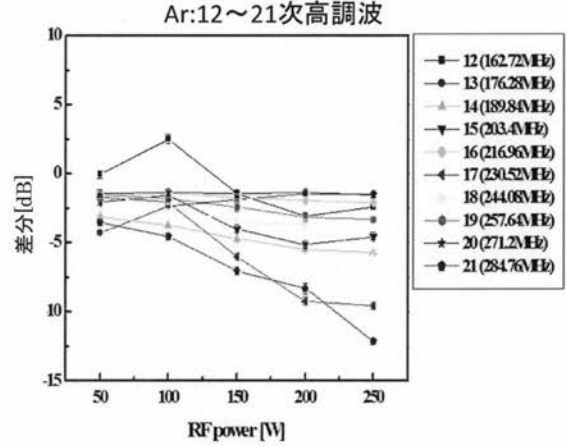
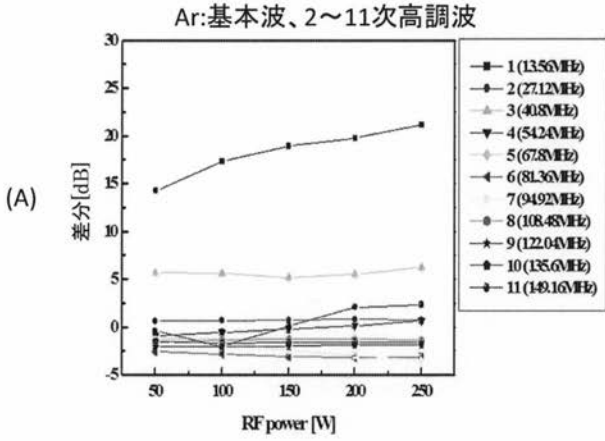
【 図 10 】



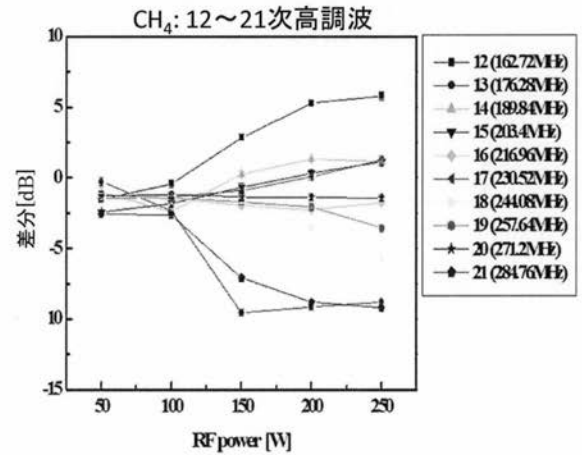
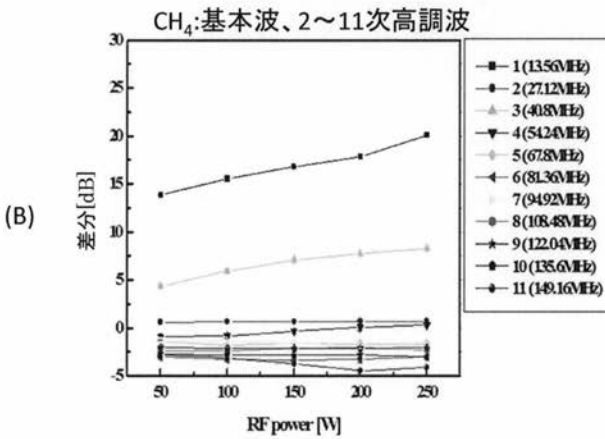
【 図 5 】



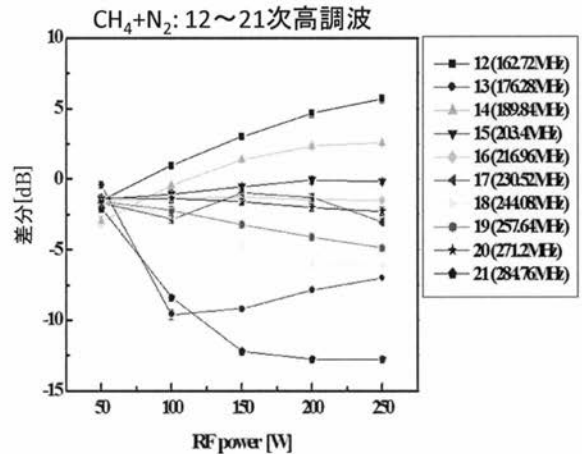
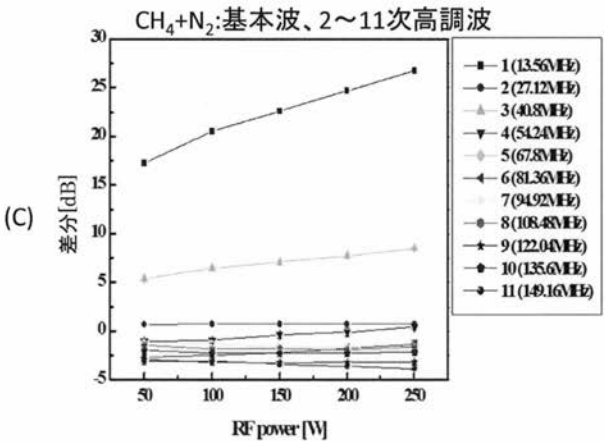
【 図 6 】



17次と21次に大きな変化有り

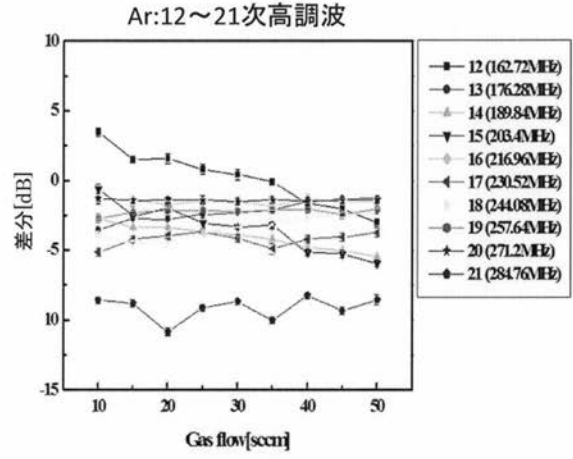
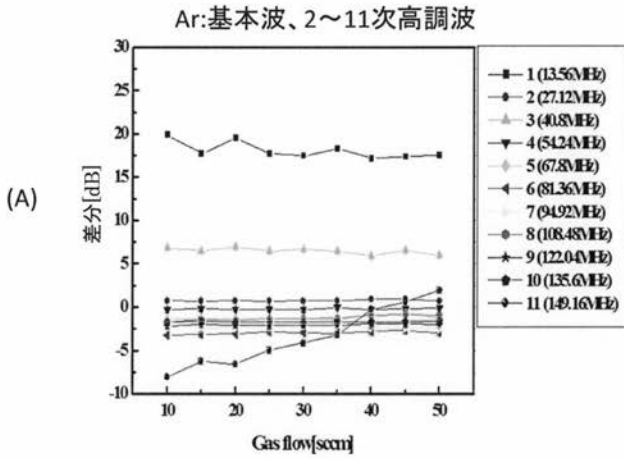


12次、13次、21次に大きな変化有り

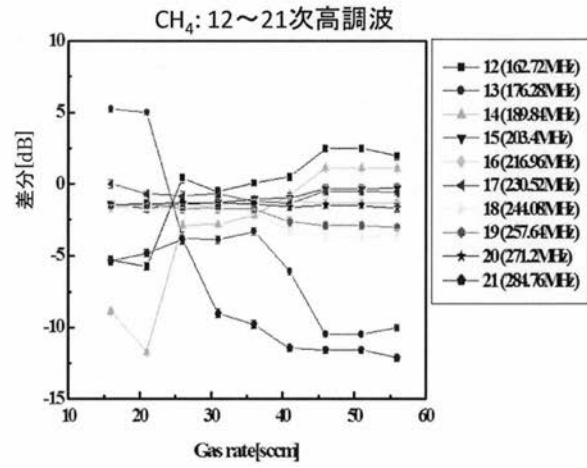
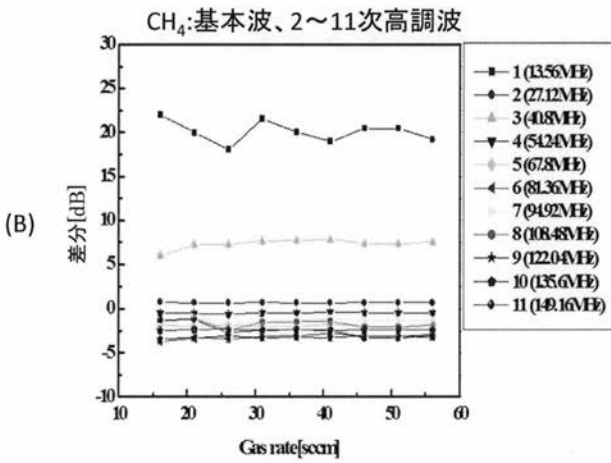


12次、13次、21次に大きな変化有り

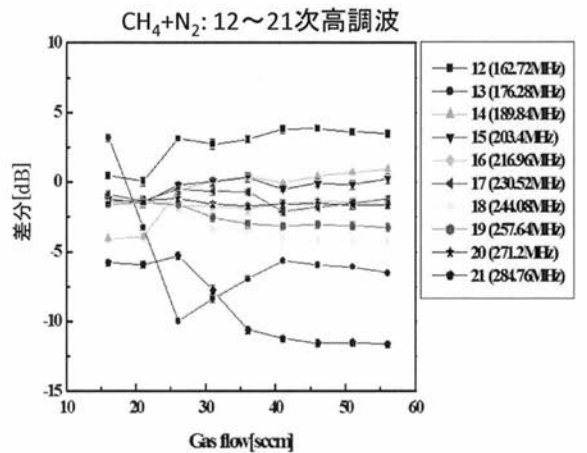
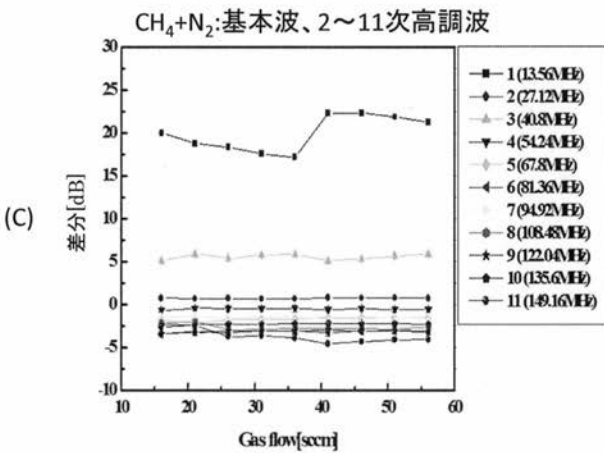
【 図 7 】



11次,12次,15次,21次に大きな変化有り

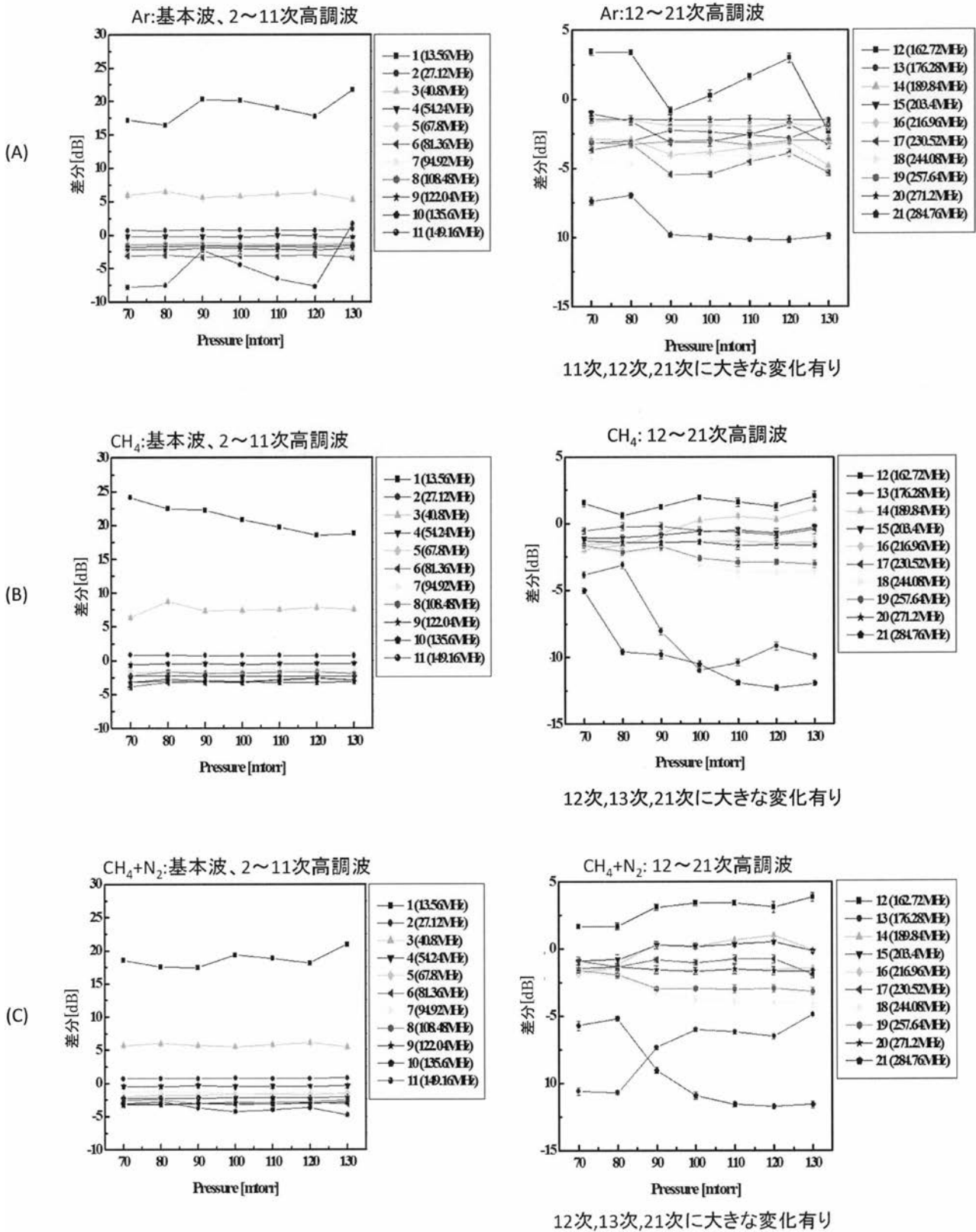


12次,13次,14次,21次に大きな変化有り



12次,13次,14次,21次に大きな変化有り

【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 神成 茂

東京都練馬区旭町1丁目3番1号 株式会社アドバンテスト内

Fターム(参考) 4K030 FA03 HA12 JA16 JA18 KA39 KA41

5F004 BA04 BD04 CA02 CA03 CB05 DA00 DA23 DA25

5F045 AA08 AB07 EH12 EH13 EH19 GB08