

(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2008-243670

(P2008-243670A)

(43) 公開日 平成20年10月9日(2008.10.9)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
<b>H05H</b>	<b>1/46</b>	<b>(2006.01)</b>	H05H	1/46		R	4K030	
<b>H03F</b>	<b>3/20</b>	<b>(2006.01)</b>	H03F	3/20			5F004	
<b>H01L</b>	<b>21/3065</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L	21/302	101B		5J500	
<b>C23C</b>	<b>16/505</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C	16/505				
<b>C23C</b>	<b>16/52</b>	<b>(2006.01)</b>	C23C	16/52				

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2007-84239 (P2007-84239)  
 (22) 出願日 平成19年3月28日 (2007. 3. 28)

(71) 出願人 000000262  
 株式会社ダイヘン  
 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号  
 (72) 発明者 浅利 栄厚  
 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号  
 株式会社ダイヘン内  
 (72) 発明者 福本 佳樹  
 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号  
 株式会社ダイヘン内  
 (72) 発明者 清 一▲隆▼  
 大阪府大阪市淀川区田川2丁目1番11号  
 株式会社ダイヘン内  
 Fターム(参考) 4K030 HA12 JA16 JA18 KA20 KA30  
 KA39

最終頁に続く

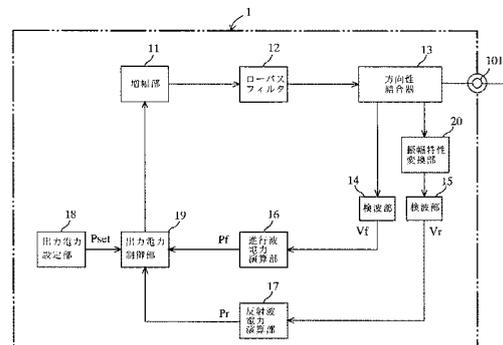
(54) 【発明の名称】 高周波電源装置

(57) 【要約】

【課題】 方向性結合器は、高い周波数領域での反射波検出レベルが、実際よりも大きくなる周波数振幅特性を有している。そのため、高調波等の高い周波数の反射波が発生したときに、高周波電源装置内の増幅素子を保護するために、必要以上に増幅部11の出力を抑制してしまう課題があった。

【解決手段】 高周波電力の供給源となる増幅部11を備え、負荷にプラズマ発生用の高周波電力を供給する高周波電源装置において、反射波検出信号を出力する方向性結合器13と、反射波検出信号の周波数振幅特性と逆特性を有する振幅特性変換部20と、周波数振幅特性を変換した反射波検出信号を利用して、前記高周波出力手段の出力制御を行う出力電力制御部19とを備えた。高い周波数領域の反射波を検出する場合であっても、反射波の検出レベルを、実際のレベルに近づけることによって、適切なレベルで出力制御を行うことができる。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

高周波電力の供給源となる高周波出力手段を備え、負荷に高周波電力を供給する高周波電源装置において、

反射波に関する検出信号を出力する反射波検出手段と、

前記反射波検出手段によって検出された反射波に関する検出信号の周波数振幅特性と逆特性を有する特性変換手段と、

前記反射波検出手段から出力され前記特性変換手段で周波数振幅特性を変換した反射波に関する信号を検波する検波手段と、

前記検波手段の出力に基づいて反射波電力値を演算する反射波電力演算手段と、

前記反射波電力演算手段で演算された反射波電力値に応じて、前記高周波出力手段の出力を抑制する制御を行う出力制御手段と、

を備えたことを特徴とする高周波電源装置。

10

## 【請求項 2】

前記特性変換手段は、パッシブ型の高周波フィルタであることを特徴とする請求項 1 に記載の高周波電源装置。

## 【請求項 3】

前記反射波検出手段は、方向性結合器であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の高周波電源装置。

## 【発明の詳細な説明】

20

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、例えばプラズマエッチング、プラズマ CVD を行うプラズマ処理装置等の負荷に電力を供給する高周波電源装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

高周波電力を用いて発生させたプラズマを利用してウエハ、液晶基板等の被加工物に加工（プラズマエッチング、プラズマ CVD 等）を行うプラズマ処理システムとして、図 4 に示すように、異なる周波数の高周波電力を用いるプラズマ処理システムがある。

## 【0003】

30

図 4 は、異なる周波数の高周波電力を用いるプラズマ処理システムの接続関係を示すブロック図である。

図 4 において、従来の第 1 の高周波電源装置 10 は、伝送線路 2 及び第 1 の整合器 3 及び接続部 4 を介して、負荷 5 に第 1 の高周波電力（以下、第 1 高周波電力という）を供給するための電源装置である。この第 1 の高周波電源装置 10 の出力周波数を第 1 周波数  $f_1$  とし、第 1 周波数の周期を  $t_1$  とする。また、第 2 の高周波電源装置 6 は、伝送線路 7 及び整合器 8 及び負荷接続部 9 を介して、負荷 5 に第 2 の高周波電力（以下、第 2 高周波電力という）を供給するための電源装置である。この第 2 の高周波電源装置 6 の出力周波数を第 2 周波数  $f_2$  とし、第 2 周波数の周期を  $t_2$  とする。なお、第 1 周波数は、第 2 周波数よりも周波数が高い。例えば、第 1 周波数は、13.56 MHz、27.12 MHz、40.68 MHz 等の周波数が用いられる。また、第 2 周波数は、400 kHz、2 MHz 等の周波数が用いられる。このように、一般にこの種の高周波電源装置では、数百 kHz 以上の周波数の高周波電力を出力している。なお、第 1 の高周波電源装置 10 から見た場合、第 1 周波数のことを基本周波数といい、第 2 の高周波電源装置 6 から見た場合、第 2 周波数のことを基本周波数という。

40

## 【0004】

第 1 の高周波電源装置 10 から出力する第 1 高周波電力は、負荷 5 においてプラズマを発生させるための主となるものである。また、第 2 の高周波電源装置 6 から出力される第 2 高周波電力は、負荷 5 における加工（プラズマエッチング、プラズマ CVD 等）を効率よく行うためのバイアス用として用いられる。これら 2 つの高周波電源装置から出力され

50

る 2 種類の高周波が重畳されて負荷 5 内の電極に印加される。

【 0 0 0 5 】

高周波電源装置の出力制御は、夫々が出力する進行波電力を一定に制御する方法（進行波電力一定制御という）あるいは進行波電力から反射波電力を減じた負荷側電力を一定に制御する方法（負荷側電力一定制御という）が用いられる。

【 0 0 0 6 】

以下、第 1 の高周波電源装置 1 0、整合器 3、負荷 5 を中心にして説明する。なお、以下の説明では、進行波電力一定制御の場合を例にして説明する。

整合器 3 は、整合器 3 の入力端 3 0 1 から伝送線路 2 を経由し高周波電源装置 1 0 側を見た電源側インピーダンス  $Z_o$ （通常は 5 0 ）と、整合器 3 の入力端から負荷 5 側を見た負荷側インピーダンス  $Z_L$ （整合器 3 及び負荷接続部 4 及び負荷 5 のインピーダンス）とを整合させることによって、高周波電源装置と負荷 5 との間をインピーダンス整合させる目的で用いられる装置である。

【 0 0 0 7 】

この整合器 3 は、内部に図示しない可変インピーダンス素子（例えば、可変コンデンサ、可変インダクタ等）を備えていて、高周波電源装置 1 0 と負荷 5 との間がインピーダンス整合するように、上記の可変インピーダンス素子のインピーダンスを変化させる機能を有する。より具体的には、例えば高周波電源装置 1 0 の出力端 1 0 1 から高周波電源装置 1 0 側を見たインピーダンス（出力インピーダンス）が、例えば 5 0 に設計され、高周波電源装置が、特性インピーダンス 5 0 の伝送線路 2 でインピーダンス整合器 3 の入力端に接続されているとすると、インピーダンス整合器 3 は、当該インピーダンス整合器 3 の入力端 3 0 1 から負荷 5 側を見た負荷側インピーダンス  $Z_L$  を 5 0 に変換するように可変インピーダンス素子のインピーダンスを変化させる。

【 0 0 0 8 】

負荷 5 は、一般的にプラズマ処理装置と呼ばれるものであり、内部に電極を有するチャンパーを備え、このチャンパーの内部に搬入したウエハ、液晶基板等の被加工物を加工（エッチング、CVD 等）するための装置である。この負荷 5 は、被加工物を加工するために、チャンパー内にプラズマ放電用ガスを導入し、内部の電極に 2 つの高周波電源装置から供給される高周波電力（電圧）を印加することによって、電極間に高周波電界を生じさせて、上記のプラズマ放電用ガスを放電させてプラズマ状態にしている。そして、このプラズマを利用して被加工物を加工している。

【 0 0 0 9 】

次に、高周波電源装置 1 0 の構成について説明する。

図 5 は、一般的な高周波電源装置の構成例を示すブロック図である。

増幅部 1 1 は、無線周波数帯域の出力周波数を有する高周波電力を出力するものであり、後述する出力電力制御部 1 9 によって出力が制御される。また、増幅部 1 1 は、図示しない直流電源部、発振器、増幅素子等を有し、これらを用いて電力を増幅して出力する。この増幅部 1 1 は、各種の方式があるが、ここでは省略する。なお、増幅部 1 1 の増幅素子としては、例えば、FET やトランジスタ等が用いられる。増幅部 1 1 において増幅された高周波電力は、主に高調波を除去するためのローパスフィルタ 1 2、方向性結合器 1 3 を介して負荷 5 に供給される。

【 0 0 1 0 】

また、方向性結合器 1 3 では、進行波検出信号（進行波に関する信号）を出力するとともに、反射波検出信号（反射波に関する信号）を出力する。進行波側の検波部 1 4 では進行波検出信号を検波して直流に変換し、進行波電圧  $V_f$  として出力する。また、反射波側の検波部 1 5 では反射波検出信号を検波して直流に変換し、反射波電圧  $V_r$  として出力する。また、進行波電力演算部 1 6 では、進行波電圧  $V_f$  に基づいて進行波電力値  $P_f$  を演算し、反射波電力演算部 1 7 では、反射波電圧  $V_r$  に基づいて反射波電力値  $P_r$  を演算する。

【 0 0 1 1 】

10

20

30

40

50

出力電力制御部 19 は、出力電力設定部 18 において設定された高周波電力の出力電力設定値  $P_{set}$  と、進行波電力演算部 16 において演算された進行波電力値  $P_f$  とを比較し、両者が等しくなるように、増幅部 11 の出力電力を制御することにより、高周波電力の出力が一定になるように制御するものである。

また、出力電力制御部 19 は、後述するように、検出した反射波のレベルに応じて、増幅部 11 の出力電力を抑制する制御を行う。なお、出力電力設定値  $P_{set}$  は、外部の装置から入力してもよい。このような高周波電源装置としては、特許文献 1 に記載のようなものがある。

#### 【0012】

次に、反射波について説明する。

10

##### (1) 整合動作の完了までに発生する反射波について

上記のような構成においては、反射波が発生しても、整合器 3 によって、反射波が低減されるため、方向性結合器 13 では、進行波電圧が安定して検出され、反射波が最小となるように制御される。しかし、整合器 3 による整合動作が完了するまでの間は、反射波が発生する。例えば、負荷のインピーダンスが瞬時に大きく変化した場合には、整合器 3 による整合動作が、負荷のインピーダンスの変化速度に追いつかないため、整合動作が完了するまでの間は、反射波が大きくなる。なお、このときの反射波は基本周波数によるものが主となるが、他の周波数による反射波の影響も受ける。

#### 【0013】

##### (2) 高調波による反射波について

20

また、上記のプラズマ処理装置のような非線形の負荷では、高調波が発生し、この高調波が負荷側から高周波電源装置 10 側に戻るため、第 1 周波数よりも高い周波数の反射波が発生する。

#### 【0014】

##### (3) 基本周波数周辺の反射波について

図 4 に示すように、2つの高周波電源装置を用いる場合、通常、バイアス用の第 2 高周波電力の周波数（第 2 周波数）は、第 1 高周波電力の周波数（第 1 周波数）よりも低い周波数となる。このような場合、2つの高周波電源装置の出力周波数に大きな差異があると、第 2 高周波電力が原因となって、第 1 の高周波電源装置 10 側に大きな反射波が生じてしまう。

30

#### 【0015】

この原因は、プラズマの状態が、あたかも第 2 周波数で変調したような変化をすることに起因する。すなわち、負荷 5 のインピーダンスが第 2 周波数で変調したように変化することに起因する。そのために、第 1 の高周波電源装置 10 から出力された進行波の一部は、上記第 2 周波数と同じ周期の変調の影響により反射されるので、反射波が生じる。

#### 【0016】

このとき、第 1 の整合器 3 が、第 2 周波数の変調に追従してインピーダンス整合できればよいが、上述したように、可変インピーダンス素子（例えば、可変コンデンサ、可変インダクタ等）を駆動させてインピーダンス整合を行うために、第 2 周波数の変調のような高速な変化には追従できず、反射波を低減させることができない。よって、発生した反射波が第 1 の高周波電源装置 10 側に戻ってしまう。

40

#### 【0017】

また、この反射波は、第 1 高周波電力を第 2 高周波電力で変調したような現象によって生じているので、反射波の周波数成分をみると、第 1 周波数を主成分とし、スプリアスとして第 2 周波数の成分が重畳している状態となる。そのため、反射波の周波数成分は、第 1 周波数および第 1 周波数周辺の周波数で大部分を占めることになる。

#### 【0018】

ところで、高周波電源装置には、通常、図 5 に示すように、増幅部 11 の出力側にローパスフィルタ 12 が設けられている。しかし、このローパスフィルタ 12 は、主となる第 1 周波数に対する高調波成分を除去するローパスフィルタであるので、第 1 周波数周辺の

50

周波数成分は除去できない。そのために、主成分である第1周波数に、スプリアスとして重畳している第2周波数の成分を除去することができない。

【0019】

したがって、発生した反射波が、第1の高周波電源装置10のフィルタを通過して高周波電源装置10の内部に浸入してしまうので、高周波電源装置内の増幅素子に悪影響を及ぼす。しかも、発生する反射波電力は、出力の30%程度になることもあるので、その影響は大きい。

【0020】

一方、第2の高周波電源装置6から見ると、第1周波数の周波数成分を有する反射波が高周波電源装置6側に戻る。しかし、高周波電源装置6に設けられたフィルタは、主となる第2周波数に対する高調波成分を除去するローパスフィルタであるので、第1周波数の周波数成分を除去できる。そのために、第2の高周波電源装置6側は、第1の高周波電源装置10から出力する第1高周波電力の影響を殆ど受けない。

10

【0021】

このように、出力周波数の異なる複数の高周波電源装置が、1つの負荷5に高周波電力を供給しているときには、高い出力周波数の方の高周波電源装置が低い出力周波数の高周波電源装置の影響を受けて反射波が発生する。

【0022】

(4) 周波数混合作用による反射波について

上述した各種の周波数が、周波数混合作用によって新しい周波数成分を同時発生させて、別の周波数の反射波が発生する。

20

【0023】

(5) 反射波に対する保護について

上述したように、各種の反射波が発生するが、反射波が発生すると、伝送線路上で進行波と反射波が合成されて定在波が発生する。このとき、反射波が大きく、定在波のレベルの高い状態で増幅部11に印加されると、増幅部11内の増幅素子(例えば、FET、トランジスタ)の最大定格(電力、電圧、電流のいずれか)を超えて、増幅素子が破損する恐れがある。

【0024】

そのため、増幅部11内の増幅素子を保護するために、反射波が発生した場合には、出力電力制御部19において、反射波のレベルに応じた出力制御を高速で行い、進行波と反射波との合成値を低減させて、結果的に、増幅素子の最大定格を超えないように制御している。すなわち、反射波のレベルに応じて、増幅部11の出力電力を抑制する制御を行う。

30

例えば、進行波電力演算部16において演算された進行波電力値 $P_f$ に、反射波電力演算部17において演算された反射波電力値 $P_r$ を加算した電力値が、所定値を超えた場合には、増幅部11内の増幅素子を保護するために、所定値を超えた電力値に応じて、増幅部11の出力を低下させる制御が行われる。すなわち、出力電力制御部19において、増幅部11の出力を抑制する制御が行なわれる。

【0025】

したがって、出力電力制御部19は、増幅部11の出力を高周波電力の出力電力設定値 $P_{set}$ にしようとする機能、および、増幅部11内の増幅素子を保護するために、反射波のレベルに応じて、増幅部11の出力を抑制する機能の2つの機能を有する。

40

【特許文献1】特開2003-143861号公報

【特許文献2】特開2002-252207号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0026】

従来技術のように、増幅部11と方向性結合器13との間にローパスフィルタを設けると、高調波による反射波を除去できる。そのため、増幅部11を反射波から保護するため

50

には、ローパスフィルタ 12 を通り抜けて増幅部 11 に到達する反射波に対して保護をすればよいと考えることもできる。そこで、方向性結合器 13 の反射波側の出力段に、ローパスフィルタ 12 と同様のローパスフィルタを設け、そのローパスフィルタの出力レベルに応じて、増幅部 11 の保護をすればよいと考えることもできる。なお、方向性結合器 13 の反射波側の出力段に、同様のローパスフィルタを設けた文献としては、例えば、特許文献 2 がある。

【0027】

しかし、上述したように、反射波は、第 1 周波数および第 1 周波数の周辺だけでなく、高調波の周波数を含めた広い範囲の周波数の反射波が発生する。そのため、もし、増幅部 11 の出力側にあるローパスフィルタ 12 に異常が生じて、フィルタの機能が失われた場合、高調波による反射波が増幅部 11 に影響を及ぼしてしまう。

10

【0028】

また、ローパスフィルタは、基本的には、周波数が高くなるほど減衰率が高くなるが、図 6 に示すように、周波数が高くなる過程において減衰率が一旦高くなる場合があるので、周波数によっては、期待する減衰率が得られないことがある。そのため、増幅部 11 と方向性結合器 13 との間にローパスフィルタが設けられていても、高調波による反射波が大きい場合は、増幅部 11 に影響を及ぼす可能性がある。

【0029】

したがって、増幅部 11 の保護としては、高調波の周波数を含めた広い範囲の周波数の反射波を対象とした方が好ましい。そこで、方向性結合器 13 の反射波側の出力段に、同様のローパスフィルタを設けない構成において、方向性結合器 13 の出力に応じた保護を行う場合について、以下に示す。

20

【0030】

方向性結合器 13 は、周波数振幅特性に応じて、進行波検出信号および反射波検出信号を出力する。基本周波数周辺では、方向性が確保されているため、基本周波数の反射波は、進行波側での検出は抑えられる。また、基本周波数の進行波は、反射波側での検出は抑えられる。

【0031】

ところが、方向性結合器 13 (例えば、C - M 方向性結合器 13) は、一般に、一定の周波数を越えたあたりから方向性信号分離度、結合度は劣化する。そのため、高調波のような基本周波数よりも高い周波数成分では、進行波、反射波とも、実際のレベルよりも大きなレベルで検出されてしまう。例えば、基本周波数に比べて 20 dB 結合度が劣化した周波数では、実際のレベルよりも電力換算で 100 倍大きなレベルで検出されてしまう。また、結合度が劣化すると、同時に方向性も急激に劣化するため、反射波が進行波側で検出される度合いが増し、同様に、進行波が反射波側で検出される度合いが増して、検出精度が劣化する。

30

【0032】

図 7 は、方向性結合器 13 の反射波側出力の周波数振幅特性の一例を示す図である。図 7 において、「A」で示した波形は、反射波側の出力の反射波検出特性を示すものであり、「B」で示した波形は、方向性結合器 13 の反射波側の出力の進行波検出特性を示すものである。なお、縦軸の振幅は対数表現にしている。

40

このように、基本周波数付近では、方向性結合器 13 の反射波側で検出される進行波成分が少ないので、反射波が精度良く検出できる。しかし、基本周波数よりも周波数が高くなると、結合度が劣化していき、反射波側の出力にも関わらず、進行波成分が検出されるようになる。そして、さらに周波数が高くなると、反射波、進行波とも、実際のレベルよりも大きなレベルで検出されてしまうようになる。そのため、方向性結合器 13 の反射波側出力は、「A」と「B」とが合成された「C」で示した波形のようになる。なお、「C」で示した波形は、図面を簡略化するために、多少スムージングして図示している。

【0033】

反射波検出信号は、前述のように、主な役割の一つとして、増幅素子の最大定格を保護

50

する制御のために用いられる。このため、方向性結合器 13 が上述したような周波数振幅特性を有していると、負荷側で発生した多種の反射波に基づいて出力制御がされた場合に、適切な高周波電力の出力値よりも、出力を抑制する方向で制御されることになる。その結果、増幅素子の最大定格に対して、まだ十分に余裕があるにも関わらず、必要以上に出力を抑制してしまう現象が生じてしまうという問題があった。

【0034】

例えば、上記で例示したような、実際のレベルよりも電力換算で 100 倍大きなレベルで検出されてしまう場合で考えると、実際には、電力換算で 10 [W] の反射波が発生している場合であっても、1,000 [W] の反射波として検出される場合がある。この場合は、1,000 [W] の反射波が発生しているとして、抑制方向に出力制御が行われるので、増幅部 11 の出力は、適切な出力値よりも小さくなってしまふ。

10

【0035】

本発明は、上記事情のもとで考え出されたものであって、基本周波数よりも高い周波数領域の反射波を検出する場合であっても、反射波の検出レベルを、実際のレベルに近づけることによって、反射波が発生しても、適切なレベルで出力制御を行う高周波電源装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0036】

第 1 の発明によって提供される高周波電源装置は、高周波電力の供給源となる高周波出力手段を備え、負荷に高周波電力を供給する高周波電源装置において、

20

反射波に関する検出信号を出力する反射波検出手段と、

前記反射波検出手段によって検出された反射波に関する検出信号の周波数振幅特性と逆特性を有する特性変換手段と、

前記反射波検出手段から出力され前記特性変換手段で周波数振幅特性を変換した反射波に関する信号を検波する検波手段と、

前記検波手段の出力に基づいて反射波電力値を演算する反射波電力演算手段と、

前記反射波電力演算手段で演算された反射波電力値に応じて、前記高周波出力手段の出力を抑制する制御を行う出力制御手段と、  
を備えたことを特徴としている。

30

【0037】

第 2 の発明によって提供される高周波電源装置は、

前記特性変換手段が、パッシブ型の高周波フィルタであることを特徴としている。

【0038】

第 3 の発明によって提供される高周波電源装置は、

前記反射波検出手段が、方向性結合器であることを特徴としている。

【発明の効果】

【0039】

本発明によれば、高い周波数領域の反射波を検出する場合であっても、反射波の検出レベルを、実際のレベルに近づけることができる。それにより、反射波が発生しても、適切なレベルで高周波電力の出力制御を行うことが可能となる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0040】

以下、本発明の詳細を図面を参照して説明する。

【0041】

図 1 は、本発明に係る高周波電源装置 1 の構成を示すブロック図である。

高周波電源装置 1 は、図 1 に示すように、増幅部 11、ローパスフィルタ 12、方向性結合器 13、進行波側の検波部 14、反射波側の検波部 15、進行波電力演算部 16、反射波電力演算部 17、出力電力設定部 18、出力電力制御部 19 および振幅特性変換部 20 を備えている。そして、増幅部 11 において増幅された高周波電力は、ローパスフィル

50

タ 1 2、方向性結合器 1 4 を介して負荷 5 に供給される。この図 1 に示した構成のうち、振幅特性変換部 2 0 以外は、図 5 に示した従来の高周波電源装置 1 0 と同様であるので、説明を省略する。

また、従来の高周波電源装置 1 0 と同様に、第 1 の高周波電源装置 1 から出力する第 1 の高周波電力を第 1 高周波電力とし、第 1 の高周波電源装置の出力周波数を第 1 周波数  $f_1$  とし、第 1 周波数の周期を  $t_1$  とする。

【 0 0 4 2 】

なお、増幅部 1 1 は、本発明の高周波出力手段の一例であり、方向性結合器 1 4 は、本発明の反射波検出手段の一例であり、反射波側の検波部 1 5 は、本発明の検波手段の一例であり、反射波電力演算部 1 7 は、本発明の反射波電力演算手段の一例であり、出力電力制御部 1 9 は、本発明の出力制御手段の一例であり、振幅特性変換部 2 0 は、本発明の特性変換手段の一例である。

【 0 0 4 3 】

振幅特性変換部 2 0 は、方向性結合器 1 3 と反射波側の検波部 1 5 との間に設けられた高周波フィルタであり、方向性結合器 1 3 から出力される反射波検出信号の特性を変換するものである。振幅特性変換部 2 0 の出力は、反射波側の検波部 1 5 に入力される。

【 0 0 4 4 】

図 2 は、振幅特性変換部 2 0 の周波数振幅特性の一例を示す図である。この図 2 に示すように、振幅特性変換部 2 0 は、方向性結合器 1 3 の周波数振幅特性とは逆の特性を有する。なお、図 2 も図 7 と同様に、縦軸の振幅は対数表現にしている。また、振幅特性変換部 2 0 は、コンデンサやインダクタ等の受動素子で構成されており、いわゆる、パッシブ型の高周波フィルタとなっている。振幅特性変換部 2 0 に用いられる素子の定数は、方向性結合器 1 3 の周波数振幅特性を測定またはシミュレーションし、その特性と逆の特性になるように、回路定数を定めればよい。

【 0 0 4 5 】

前述したように、方向性結合器 1 3 で検出される反射波は周波数が高くなると、実際よりも大きなレベルで検出されてしまう。そのため、方向性結合器 1 3 の周波数振幅特性とは逆の周波数振幅特性を有する振幅特性変換部 2 0 を介して、方向性結合器 1 3 の反射波検出信号を出力させると、反射波検出信号を実際のレベルに近づけることができる。

【 0 0 4 6 】

図 3 は、振幅特性変換部 2 0 の出力の一例を示す図である。なお、図 3 も図 7 と同様に、縦軸の振幅は対数表現にしている。

この図 3 に示すように、振幅特性変換部 2 0 を介して、方向性結合器 1 3 の反射波検出信号を出力させると、高い周波数領域において、反射波検出信号のレベルが平坦化されるので、高い周波数領域の反射波を検出する場合であっても、反射波の検出レベルを実際のレベルに近づけることができる。その後は、上述したように、反射波側の検波部 1 5 で検波し、反射波電力演算部 1 7 で反射波電力値  $P_r$  を演算し、その出力を出力電力制御部 1 9 が入力する。それにより、反射波が発生しても、適切なレベルで高周波電力の出力制御を行うことが可能となる。すなわち、出力電力制御部 1 9 は、方向性結合器 1 3 で検出され、振幅特性変換部 2 0 で周波数振幅特性を変換した反射波検出信号に応じて、増幅部 1 1 の出力を抑制する制御を行う機能を有する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 7 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明に係る高周波電源装置 1 の構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 図 2 は、振幅特性変換部 2 0 の周波数振幅特性の一例を示す図である。

【 図 3 】 図 3 は、振幅特性変換部 2 0 の出力の一例を示す図である。

【 図 4 】 図 4 は、異なる周波数の高周波電力を用いるプラズマ処理システムの接続関係を示すブロック図である。

【 図 5 】 図 5 は、一般的な高周波電源装置の構成例を示すブロック図である。

【 図 6 】 図 6 は、ローパスフィルタの特性の一例である。

10

20

30

40

50

【図7】図7は、方向性結合器13の反射波側出力の周波数振幅特性の一例を示す図である。

【符号の説明】

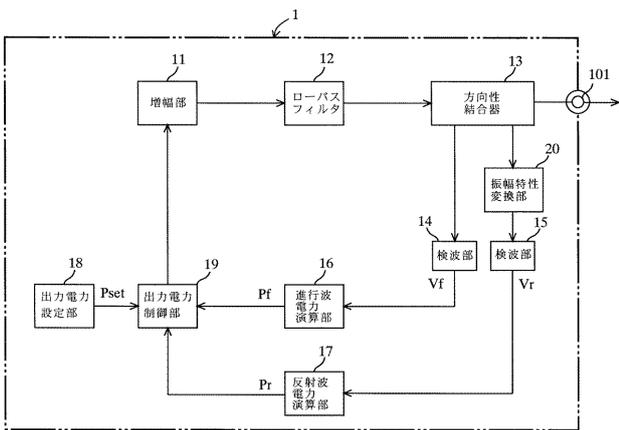
【0048】

- 1 本発明に係る高周波電源装置
- 2 伝送線路2
- 3 第1の整合器
- 4 負荷接続部
- 5 負荷5
- 6 第2の高周波電源装置
- 7 伝送線路2
- 8 第1の整合器
- 9 負荷接続部
- 11 直流電源部
- 11 増幅部
- 12 ローパスフィルタ
- 13 方向性結合器
- 14 進行波側の検波部
- 15 反射波側の検波部
- 16 進行波電力演算部
- 17 反射波電力演算部
- 18 出力電力設定部
- 19 出力電力制御部
- 20 振幅特性変換部

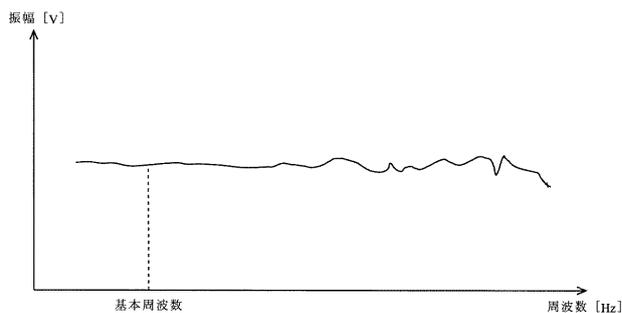
10

20

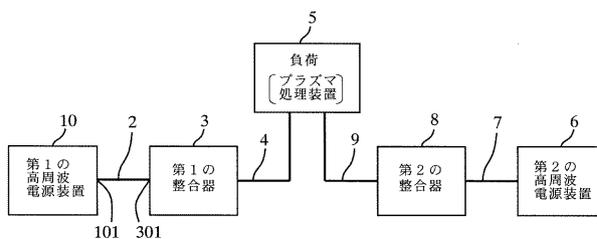
【図1】



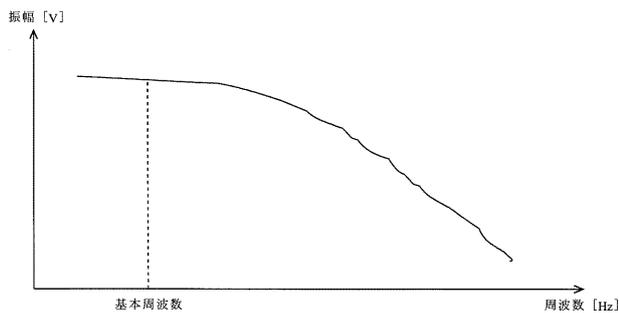
【図3】



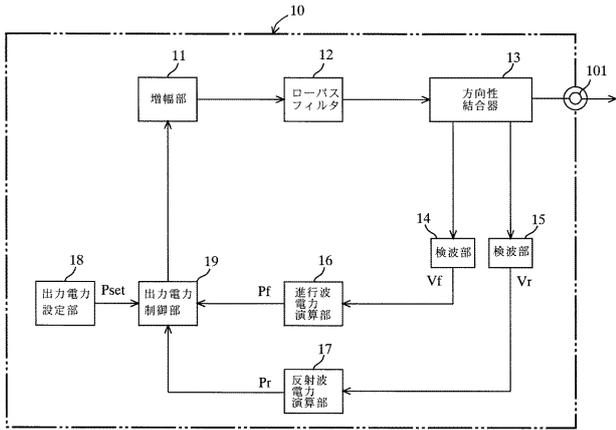
【図4】



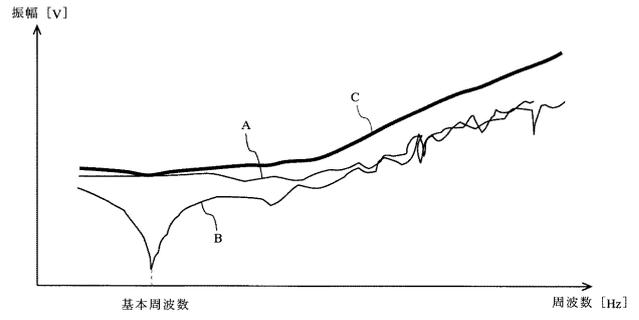
【図2】



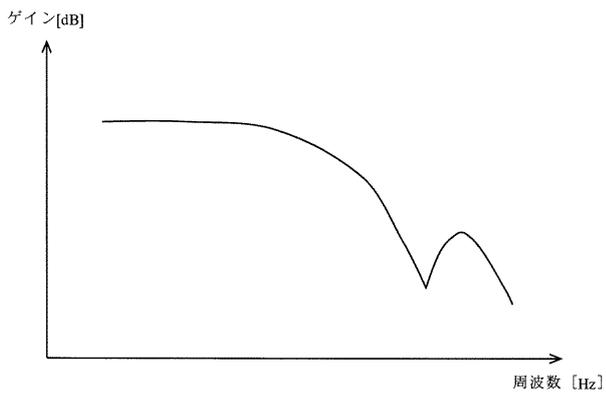
【図5】



【図7】



【図6】



---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F004 BA09 BB11 BB13 BD04 CA03 CA06  
5J500 AA01 AA41 AC57 AF08 AF17 AK29 AK42 AK55 AM20 AT01  
AT03