

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4131793号  
(P4131793)

(45) 発行日 平成20年8月13日(2008.8.13)

(24) 登録日 平成20年6月6日(2008.6.6)

(51) Int.Cl.		F I		
<b>H05H</b>	<b>1/46</b>	<b>(2006.01)</b>	H05H	1/46 R
<b>H05H</b>	<b>1/00</b>	<b>(2006.01)</b>	H05H	1/00 A
<b>H01L</b>	<b>21/302</b>	<b>(2006.01)</b>	H01L	21/302

請求項の数 18 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2001-375961 (P2001-375961)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成13年12月10日(2001.12.10)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2003-179030 (P2003-179030A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成15年6月27日(2003.6.27)	(74) 代理人	100125254
審査請求日	平成16年11月25日(2004.11.25)		弁理士 別役 重尚
		(74) 代理人	100118278
			弁理士 村松 聡
		(74) 代理人	100138922
			弁理士 後藤 夏紀
		(74) 代理人	100136858
			弁理士 池田 浩
		(74) 代理人	100135633
			弁理士 二宮 浩康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波電源及びその制御方法、並びにプラズマ処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置の高周波電源であって、前記下部電極に接続された第1の高周波電源及び第2の高周波電源を備え、

前記第1の高周波電源は、

前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第1の高周波を発生する高周波発生源と、

前記第1の高周波を取り出す高周波取り出し手段と、

前記第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を発振する発振手段と、

前記高周波取り出し手段により取り出された第1の高周波及び前記発振手段により発振された第2の高周波を乗算する乗算手段と、

前記乗算手段により乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰・除去する高周波減衰手段と、

前記高周波減衰手段から出力される10Hz～500kHzの範囲の周波数を検波する検波手段と、

前記検波手段からの検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御手段とを備えることを特徴とする高周波電源。

【請求項2】

前記高周波発生源が発生する第1の高周波の周波数は、前記第2の高周波電源からの出

10

20

力の周波数より高い周波数であることを特徴とする請求項 1 記載の高周波電源。

【請求項 3】

前記高周波減衰手段からの出力の周波数は、前記第 2 の高周波電源からの出力の周波数より低い周波数であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の高周波電源。

【請求項 4】

前記第 2 の高周波電源は第 3 の高周波を発生する他の高周波発生源を備え、前記下部電極及び前記他の高周波発生源の間に整合器が配置され、且つ前記下部電極及び前記整合器の間にローパスフィルタが配置されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の高周波電源。

【請求項 5】

プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置の高周波電源であって、前記下部電極に接続された第 1 の高周波電源と、  
前記下部電極に接続された、前記第 1 の高周波電源が出力する第 1 の高周波の周波数よりも低い周波数の高周波を出力する第 2 の高周波電源とを備え、

前記第 1 の高周波電源は、

前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第 1 の高周波を発生する高周波発生源と、

前記第 1 の高周波を取り出す高周波取り出し手段と、

前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を共振する共振手段と、

前記高周波取り出し手段により取り出された第 1 の高周波及び前記共振手段により共振された第 2 の高周波を乗算する乗算手段と、

前記乗算手段により乗算された結果から 高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰するローパスフィルタと、

前記ローパスフィルタから出力される、前記第 2 の高周波電源からの出力の周波数よりも低い周波数の出力を検波する検波手段と、

前記検波手段からの検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御手段とを備えることを特徴とする高周波電源。

【請求項 6】

前記第 2 の高周波電源は第 3 の高周波を発生する他の高周波発生源を備え、前記下部電極及び前記他の高周波発生源の間に整合器が配置され、且つ前記下部電極及び前記整合器の間に他のローパスフィルタが配置されることを特徴とする請求項 5 記載の高周波電源。

【請求項 7】

前記検波手段は前記ローパスフィルタから出力される 10 Hz ~ 500 kHz の範囲の周波数を検波することを特徴とする請求項 5 又は 6 記載の高周波電源。

【請求項 8】

前記検波手段は理想検波器を有しており、当該理想検波器により前記ローパスフィルタからの出力を直流にすることを特徴とする請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の高周波電源。

【請求項 9】

プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置の高周波電源の制御方法であって、

前記高周波電源は、前記下部電極に接続された第 1 の高周波電源及び第 2 の高周波電源を備え、

前記第 1 の高周波電源は、前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第 1 の高周波を発生する高周波発生源を備え、

前記第 1 の高周波を取り出す高周波取り出し工程と、

前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を共振する共振工程と、

前記高周波取り出し工程にて取り出された第 1 の高周波及び前記共振工程にて共振された第 2 の高周波を乗算する乗算工程と、

10

20

30

40

50

前記乗算工程にて乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰・除去する高周波減衰工程と、

前記高周波減衰工程後に出力される10Hz～500kHzの範囲の周波数を検波する検波工程と、

前記検波工程後の検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御工程とを有することを特徴とする高周波電源の制御方法。

【請求項10】

プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置の高周波電源の制御方法であって、

前記高周波電源は、前記下部電極に接続された第1の高周波電源と、前記下部電極に接続された、前記第1の高周波電源が出力する第1の高周波の周波数よりも低い周波数の高周波を出力する第2の高周波電源とを備え、

前記第1の高周波電源は、前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第1の高周波を発生する高周波発生源を備え、

前記第1の高周波を取り出す高周波取り出し工程と、

前記第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を発振する発振工程と、

前記高周波取り出し工程にて取り出された第1の高周波及び前記発振工程にて発振された第2の高周波を乗算する乗算工程と、

前記乗算工程にて乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分をローパスフィルタにより減衰する高周波減衰工程と、

前記高周波減衰工程にて出力される、前記第2の高周波電源からの出力の周波数よりも低い周波数の出力を検波する検波工程と、

前記検波工程後の検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御工程とを有することを特徴とする高周波電源の制御方法。

【請求項11】

プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置であって、

前記下部電極に接続された第1の高周波電源及び第2の高周波電源を備え、

前記第1の高周波電源は、

前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第1の高周波を発生する高周波発生源と、

前記第1の高周波を取り出す高周波取り出し手段と、

前記第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を発振する発振手段と、

前記高周波取り出し手段により取り出された第1の高周波及び前記発振手段により発振された第2の高周波を乗算する乗算手段と、

前記乗算手段により乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰・除去する高周波減衰手段と、

前記高周波減衰手段から出力される10Hz～500kHzの範囲の周波数を検波する検波手段と、

前記検波手段からの検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御手段とを備えることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項12】

前記高周波発生源が発生する第1の高周波の周波数は、前記第2の高周波電源からの出力の周波数より高い周波数であることを特徴とする請求項11記載のプラズマ処理装置。

【請求項13】

前記高周波減衰手段からの出力の周波数は、前記第2の高周波電源からの出力の周波数より低い周波数であることを特徴とする請求項11又は12記載のプラズマ処理装置。

【請求項14】

10

20

30

40

50

前記第 2 の高周波電源は第 3 の高周波を発生する他の高周波発生源を備え、前記下部電極及び前記他の高周波発生源の間に配置された整合器と、前記下部電極及び前記整合器の間に配置されたローパスフィルタとをさらに備えることを特徴とする請求項 1 1 乃至 1 3 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 5】

プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置であって、  
前記下部電極に接続された第 1 の高周波電源と、  
前記下部電極に接続された、前記第 1 の高周波電源が出力する第 1 の高周波の周波数よりも低い周波数の高周波を出力する第 2 の高周波電源とを備え、

前記第 1 の高周波電源は、

前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための高周波であり、且つ前記第 2 の高周波電源からの出力の周波数よりも高い周波数である第 1 の高周波を発生する高周波発生源と、

前記第 1 の高周波を取り出す高周波取り出し手段と、

前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を発振する発振手段と、

前記高周波取り出し手段により取り出された第 1 の高周波及び前記発振手段により発振された第 2 の高周波を乗算する乗算手段と、

前記乗算手段により乗算された結果から 高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰するローパスフィルタと、

前記ローパスフィルタから出力される、前記第 2 の高周波電源からの出力の周波数よりも低い周波数の出力を検波する検波手段と、

前記検波手段からの検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御手段とを備えることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 6】

前記第 2 の高周波電源は第 3 の高周波を発生する他の高周波発生源を備え、前記下部電極及び前記他の高周波発生源の間に配置された整合器と、前記下部電極及び前記整合器の間に配置された他のローパスフィルタとをさらに備えることを特徴とする請求項 1 5 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 7】

前記検波手段は前記ローパスフィルタから出力される 1 0 H z ~ 5 0 0 k H z の範囲の周波数を検波することを特徴とする請求項 1 5 又は 1 6 記載のプラズマ処理装置。

【請求項 1 8】

前記検波手段は理想検波器を有しており、当該理想検波器により前記ローパスフィルタからの出力を直流にすることを特徴とする請求項 1 5 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高周波電源及びその制御方法、並びにプラズマ処理装置に関し、特に、半導体ウエハに対してプラズマ処理を行うプラズマ処理装置の高周波電源及びその制御方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

従来、半導体デバイスの製造プロセスでは、比較的低下の雰囲気内で高密度のプラズマを生成して半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」という。）にエッチングを行うプラズマ処理装置が用いられている。例えば、平行平板プラズマ処理装置は、プラズマチャンバ内に一對の平行平板電極（上部及び下部電極）を配置し、処理ガスを該チャンバ内に導入すると共に、電極の一方に高周波を印加して電極間に高周波電界を生成し、この高周波電界により処理ガスのプラズマを生成してウエハにエッチングを行っている。

## 【 0 0 0 3 】

このようなプラズマ処理装置は、エッチングを効率よく行うため下部電極にプラズマ生成用の高周波とプラズマ中のイオンを引き込むためのバイアス用の高周波とを重畳して同時に印加する。具体的には、プラズマ生成用の高周波電源を整合回路（以下「マッチングボックス」という。）を介して下部電極に接続すると共に、バイアス用の高周波電源をマッチングボックスを介して下部電極に接続して2つの高周波を重畳させる。プラズマ生成用高周波は、プラズマの生成効率を考慮して100MHzの周波数に設定されている一方、バイアス用高周波は、3.2MHzの周波数に設定されている。

## 【 0 0 0 4 】

上記プラズマ処理装置では、プラズマ処理の際に、主周波数である100MHz, 3.2MHzそれぞれに対応する高調波や変調波が発生し、これら高調波や変調波が入射波（P<sub>f</sub>）の主周波数近傍に現れると共に（図4（a））、反射波（P<sub>r</sub>）の主周波数近傍にも現れて（図4（b））、マッチングボックスや高周波電源に誤動作等を引き起こしている。そのため、高周波電源は、入射波及び反射波を検出して高周波出力を制御するパワーモニタを備えており、該パワーモニタがLC回路から成るバンドパスフィルタ等を含む検波回路（図5）により高調波や変調波を除去している。

## 【 0 0 0 5 】

## 【 発明が解決しようとしている課題 】

しかしながら、上記従来のバンドパスフィルタを備える高周波電源では、入射波であるプラズマ生成用高周波とバイアス用高周波との周波数の差が大きくなると、反射波に含まれる主周波数と変調波等の周波数との差が小さくなり、LC回路で構成されたバンドパスフィルタにより変調波等の減衰を十分に行えず、その結果、変調波等を反射波と見なしてしまい、高周波電源が誤動作を起こすおそれがあった。

## 【 0 0 0 6 】

また、変調波等の減衰が十分に行えないと、プラズマ処理時に適正な高周波を印加することが困難であった。

## 【 0 0 0 7 】

本発明は、上記問題に鑑みて成されたものであり、プラズマ生成時に発生する高調波や変調波を精度よく除去して誤動作を防止すると共に、適正な高周波を印加することができる高周波電源及びその制御方法、並びにプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 8 】

## 【 課題を解決するための手段 】

上記目的を達成するために、請求項1記載の高周波電源は、プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置の高周波電源であって、前記下部電極に接続された第1の高周波電源及び第2の高周波電源を備え、前記第1の高周波電源は、前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第1の高周波を発生する高周波発生源と、前記第1の高周波を取り出す高周波取り出し手段と、前記第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を発振する発振手段と、前記高周波取り出し手段により取り出された第1の高周波及び前記発振手段により発振された第2の高周波を乗算する乗算手段と、前記乗算手段により乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰・除去する高周波減衰手段と、前記高周波減衰手段から出力される10Hz～500kHzの範囲の周波数を検波する検波手段と、前記検波手段からの検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

請求項2記載の高周波電源は、請求項1記載の高周波電源において、前記高周波発生源が発生する第1の高周波の周波数は、前記第2の高周波電源からの出力の周波数より高い周波数であることを特徴とする。

請求項3記載の高周波電源は、請求項1又は2記載の高周波電源において、前記高周波減衰手段からの出力の周波数は、前記第2の高周波電源からの出力の周波数より低い周波数であることを特徴とする。

10

20

30

40

50

請求項 4 記載の高周波電源は、請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の高周波電源において、前記第 2 の高周波電源は第 3 の高周波を発生する他の高周波発生源を備え、前記下部電極及び前記他の高周波発生源の間に整合器が配置され、且つ前記下部電極及び前記整合器の間にローパスフィルタが配置されることを特徴とする。

上記目的を達成するために、請求項 5 記載の高周波電源は、プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置の高周波電源であって、前記下部電極に接続された第 1 の高周波電源と、前記下部電極に接続された、前記第 1 の高周波電源が出力する第 1 の高周波の周波数よりも低い周波数の高周波を出力する第 2 の高周波電源とを備え、前記第 1 の高周波電源は、前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第 1 の高周波を発生する高周波発生源と、前記第 1 の高周波を取り出す高周波取り出し手段と、前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を発振する発振手段と、前記高周波取り出し手段により取り出された第 1 の高周波及び前記発振手段により発振された第 2 の高周波を乗算する乗算手段と、前記乗算手段により乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰するローパスフィルタと、前記ローパスフィルタから出力される、前記第 2 の高周波電源からの出力の周波数よりも低い周波数の出力を検波する検波手段と、前記検波手段からの検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

10

請求項 6 記載の高周波電源は、請求項 5 記載の高周波電源において、前記第 2 の高周波電源は第 3 の高周波を発生する他の高周波発生源を備え、前記下部電極及び前記他の高周波発生源の間に整合器が配置され、且つ前記下部電極及び前記整合器の間に他のローパスフィルタが配置されることを特徴とする。

20

請求項 7 記載の高周波電源は、請求項 5 又は 6 記載の高周波電源において、前記検波手段は前記ローパスフィルタから出力される  $10\text{ Hz} \sim 500\text{ kHz}$  の範囲の周波数を検波することを特徴とする。

請求項 8 記載の高周波電源は、請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の高周波電源において、前記検波手段は理想検波器を有しており、当該理想検波器により前記ローパスフィルタからの出力を直流にすることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

上記目的を達成するために、請求項 9 記載の高周波電源の制御方法は、プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置の高周波電源の制御方法であって、前記高周波電源は、前記下部電極に接続された第 1 の高周波電源及び第 2 の高周波電源を備え、前記第 1 の高周波電源は、前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第 1 の高周波を発生する高周波発生源を備え、前記第 1 の高周波を取り出す高周波取り出し工程と、前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を発振する発振工程と、前記高周波取り出し工程にて取り出された第 1 の高周波及び前記発振工程にて発振された第 2 の高周波を乗算する乗算工程と、前記乗算工程にて乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰・除去する高周波減衰工程と、前記高周波減衰工程後に出力される  $10\text{ Hz} \sim 500\text{ kHz}$  の範囲の周波数を検波する検波工程と、前記検波工程後の検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御工程とを有することを特徴とする。

30

40

上記目的を達成するために、請求項 10 記載の高周波電源の制御方法は、プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置の高周波電源の制御方法であって、前記高周波電源は、前記下部電極に接続された第 1 の高周波電源と、前記下部電極に接続された、前記第 1 の高周波電源が出力する第 1 の高周波の周波数よりも低い周波数の高周波を出力する第 2 の高周波電源とを備え、前記第 1 の高周波電源は、前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第 1 の高周波を発生する高周波発生源を備え、前記第 1 の高周波を取り出す高周波取り出し工程と、前記第 1 の高周波と異なる周波数の第 2 の高周波を発振する発振工程と、前記高周波取り出し工程にて取り出された第 1 の高周波及び前記発振工程にて発振された第 2 の高周波を乗算する乗算工程と、前記乗算工程にて乗算され

50

た結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分をローパスフィルタにより減衰する高周波減衰工程と、前記高周波減衰工程にて出力される、前記第2の高周波電源からの出力の周波数よりも低い周波数の出力を検波する検波工程と、前記検波工程後の検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御工程とを有することを特徴とする。

上記目的を達成するために、請求項11記載のプラズマ処理装置は、プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置であって、前記下部電極に接続された第1の高周波電源及び第2の高周波電源を備え、前記第1の高周波電源は、前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための第1の高周波を発生する高周波発生源と、前記第1の高周波を取り出す高周波取り出し手段と、前記第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を共振する共振手段と、前記高周波取り出し手段により取り出された第1の高周波及び前記共振手段により共振された第2の高周波を乗算する乗算手段と、前記乗算手段により乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰・除去する高周波減衰手段と、前記高周波減衰手段から出力される10Hz～500kHzの範囲の周波数を検波する検波手段と、前記検波手段からの検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

10

請求項12記載のプラズマ処理装置は、請求項11記載のプラズマ処理装置において、前記高周波発生源が発生する第1の高周波の周波数は、前記第2の高周波電源からの出力の周波数より高い周波数であることを特徴とする。

20

請求項13記載のプラズマ処理装置は、請求項11又は12記載のプラズマ処理装置において、前記高周波減衰手段からの出力の周波数は、前記第2の高周波電源からの出力の周波数より低い周波数であることを特徴とする。

請求項14記載のプラズマ処理装置は、請求項11乃至13のいずれか1項に記載のプラズマ処理装置において、前記第2の高周波電源は第3の高周波を発生する他の高周波発生源を備え、前記下部電極及び前記他の高周波発生源の間に配置された整合器と、前記下部電極及び前記整合器の間に配置されたローパスフィルタとをさらに備えることを特徴とする。

上記目的を達成するために、請求項15記載のプラズマ処理装置は、プラズマ処理容器内に下部電極が配置されたプラズマ処理装置であって、前記下部電極に接続された第1の高周波電源と、前記下部電極に接続された、前記第1の高周波電源が出力する第1の高周波の周波数よりも低い周波数の高周波を出力する第2の高周波電源とを備え、前記第1の高周波電源は、前記プラズマ処理容器内にプラズマを生成するための高周波であり、且つ前記第2の高周波電源からの出力の周波数よりも高い周波数である第1の高周波を発生する高周波発生源と、前記第1の高周波を取り出す高周波取り出し手段と、前記第1の高周波と異なる周波数の第2の高周波を共振する共振手段と、前記高周波取り出し手段により取り出された第1の高周波及び前記共振手段により共振された第2の高周波を乗算する乗算手段と、前記乗算手段により乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分を減衰するローパスフィルタと、前記ローパスフィルタから出力される、前記第2の高周波電源からの出力の周波数よりも低い周波数の出力を検波する検波手段と、前記検波手段からの検波出力と、前記高周波発生源の出力を設定するための基準電圧とを比較し、当該比較結果に基づいて前記高周波発生源の出力を制御する制御手段とを備えることを特徴とする。

30

40

請求項16記載のプラズマ処理装置は、請求項15記載のプラズマ処理装置において、前記第2の高周波電源は第3の高周波を発生する他の高周波発生源を備え、前記下部電極及び前記他の高周波発生源の間に配置された整合器と、前記下部電極及び前記整合器の間に配置された他のローパスフィルタとをさらに備えることを特徴とする。

請求項17記載のプラズマ処理装置は、請求項15又は16記載のプラズマ処理装置において、前記検波手段は前記ローパスフィルタから出力される10Hz～500kHzの範囲の周波数を検波することを特徴とする。

50

請求項 18 記載のプラズマ処理装置は、請求項 15 乃至 17 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置において、前記検波手段は理想検波器を有しており、当該理想検波器により前記ローパスフィルタからの出力を直流にすることを特徴とする。

【0013】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

【0014】

図 1 は、本発明の実施の形態に係る高周波電源を備えるプラズマ処理装置の全体構成を示すブロック図である。

【0015】

図 1 において、プラズマ処理装置 1 は、プラズマ処理容器であるプラズマチャンバ 2 と、プラズマチャンバ 2 内の不図示の下部電極に接続された第 1 のマッチングボックス 3 と、第 1 のマッチングボックス 3 に接続された第 1 の高周波電源 4 と、プラズマチャンバ 2 内の前記電極にローパスフィルタ 7 を介して接続された第 2 のマッチングボックス 5 と、第 2 のマッチングボックス 5 に接続された第 2 の高周波電源 6 とで構成される。

【0016】

プラズマ処理装置 1 は、プラズマチャンバ 2 内に不図示の一对の平行平板電極（上部電極及び下部電極）を配置して処理ガスを導入すると共に、当該電極の一方に高周波を印加して電極間に高周波電界を形成し、この高周波電界によりプラズマを生成して半導体ウエハ（以下「ウエハ」という。）にプラズマ処理を行う。

【0017】

第 1 の高周波電源 4 は、プラズマチャンバ 2 に進行する入射波（入射電力： $P_f$ ）及びプラズマ生成時にプラズマチャンバ 2 から戻ってくる反射波（反射電力： $P_r$ ）を検出して高周波出力を制御するパワーモニタ 8 と、100 MHz の高周波を発生する高周波発生源 10 とを備え、100 MHz のプラズマ生成用高周波電力を出力する。また、第 1 の高周波電源 4 は、高周波発生源 10 から発生した高周波をパワーモニタ 8 により制御して第 1 のマッチングボックス 3 へ出力する。

【0018】

第 1 のマッチングボックス 3 は、100 MHz の高周波を検波する RF センサ（不図示）と、可変コンデンサ及びコイル等から成る回路（不図示）とを備え、反射波を最も少なくするようにプラズマチャンバ 2 側の負荷インピーダンスを第 1 の高周波電源 4 側の電源インピーダンスに合わせるための整合回路である。特に、第 1 のマッチングボックス 3 の入力側からみた負荷インピーダンスと第 1 の高周波電源 4 の出力側からみたインピーダンスとが同じ（50  $\Omega$ ）になるように設定されている。

【0019】

第 2 の高周波電源 6 は、入射波と反射波とを検出して高周波出力を制御するパワーモニタ 9 と、高周波発生源 10 が発生する周波数と異なる 3.2 MHz の高周波を発生する高周波発生源 11 とを備え、3.2 MHz のバイアス用高周波電力を出力する。

【0020】

第 2 のマッチングボックス 5 は、3.2 MHz の高周波を検波する RF センサ（不図示）と、可変コンデンサ及びコイル等から成る回路（不図示）とを備え、反射波を最も少なくするようにプラズマチャンバ 2 側の負荷インピーダンスを第 2 の高周波電源 6 側の電源インピーダンスに合わせるための整合回路である。ローパスフィルタ 7 は、第 1 の高周波電源 4 からの 100 MHz の高周波から第 2 のマッチングボックス 5 及び第 2 の高周波電源 6 を保護し、反射波を減衰させるものである。

【0021】

プラズマ処理時には、第 1 の高周波電源 4 により出力されたプラズマ生成用の高周波と、第 2 の高周波電源 6 により出力され、プラズマ放電中のイオンを引き込むためのバイアス用の高周波とを重畳したものをプラズマチャンバ 2 内の下部電極（不図示）に印加する。

【0022】

10

20

30

40

50

図2は、図1におけるパワーモニタ8の内部構成を示す概略図である。

【0023】

図2において、パワーモニタ8は、方向性結合器21と、2入力1出力の乗算器（DBM：ダブルバランスドミキサー）であるミキサー22と、100kHzのローパスフィルタ23と、低周波検波器24と、所定の周波数を発振する発振器25とを備え、プラズマ生成時に発生する高調波及び変調波を除去して検波を行うと共に、プラズマ生成時に所定の高周波をプラズマチャンバ2に印加する制御装置である。

【0024】

方向性結合器21は、高周波発生源10から発生した100MHzの高周波を取り出してミキサー22に入力する。発振器25は、増幅器（不図示）や2倍の周波数逡倍器（不図示）、49.95MHzの水晶発振器（不図示）等を備え、ミキサー22に99.9MHzの高周波を入力する。ミキサー22は、方向性結合器21により取り出された高周波と発振器25により入力された高周波とを乗算して周波数混合を行う。ローパスフィルタ23は、ミキサー22からの出力のうち高周波分を減衰する。低周波検波器24は、増幅器（不図示）や100kHzの理想検波器（不図示）等を備え、ローパスフィルタ23からの出力のうち100kHzの低周波を検波してDC出力（検波出力）とする。図2のパワーモニタ8における検波（ビートダウン式）と図5における従来の検波（フィルタ式）の周波数特性を図3に示す。

【0025】

次に、パワーモニタ8の動作について説明する。

【0026】

例えば、プラズマチャンバ2内のプラズマ負荷の変調により生成された $\pm 3.2$ MHzのサイドバンド成分を含んだ主周波数100MHzの高周波は、方向性結合器21により取り出されてミキサー22に入力される。一方、発振器25からの99.9MHzの高周波がミキサー22に入力される。ミキサー22では、これらの入力された高周波を乗算し、その結果、 $199.9\text{MHz} \pm 3.2\text{MHz}$ 、 $100\text{MHz} + 3.2\text{MHz}$ 等の信号がローパスフィルタ23に出力される。

【0027】

ミキサー22からの出力のうち、周波数が $199.9 \pm 3.2\text{MHz}$ や $3.2\text{MHz}$ のものがローパスフィルタ23により減衰・除去され、低周波検波器24へ出力される。低周波検波器24では、ローパスフィルタ23からの出力である周波数が100kHzの低周波をDC出力として誤差増幅回路（不図示）へと出力される。この誤差増幅回路では、低周波検波器からの直流電圧（DC）と、出力を設定するための基準電圧とを比較して、この比較結果に応じて高周波増幅器（不図示）に比較電圧を与え、出力の制御を行う。これにより、プラズマ生成時に発生した高調波や変調波を精度よく除去して第1の高周波電源4の誤動作を防止すると共に、適正な高周波をプラズマ処理装置1に印加することができる。

【0028】

主周波数の100MHzに対して発振器25からの周波数を99.9MHzに選ぶことで、サイドバンド成分がローパスフィルタ23のカットオフ周波数から十分離れた周波数となるため、ローパスフィルタ23が簡易な構成であってもサイドバンド成分を十分に除去することが可能である。また、変調波が主周波数に近い場合であっても、ローパスフィルタ23のカットオフ周波数を変調周波数に対して十分に低い値に選ぶことで、変調波成分を除去することができる。

【0029】

上記実施の形態によれば、方向性結合器21により取り出された変調波等を含む主周波数100MHzの高周波と発振器25により発振された周波数99.9MHzの高周波とをミキサー22により加算し、その出力をローパスフィルタ23及び低周波検波器24により100kHzに変換して検波を行うので、プラズマ生成時に発生する高調波や変調波を精度よく除去して第1の高周波電源4の誤動作を防止すると共に、適正な高周波をプラズ

10

20

30

40

50

マチャンバ 2 に印加することができる。

【 0 0 3 0 】

上記実施の形態では、平行平板プラズマ処理装置 1 について説明したが、例えば、マイクロ波プラズマ処理装置、E C R (electron coupling resonance) プラズマ処理装置等の種々のプラズマソースを有するプラズマ処理装置に適用することが可能である。

【 0 0 3 1 】

また、上記実施の形態におけるパワーモニタ 8 は、1 0 0 M H z の主周波数を 1 0 0 k H z に変換して検波を行ったが、それに限られず、1 0 0 M H z 以外、例えば、7 0 M H z 以上の主周波数を 1 0 0 k H z に変換して検波を行うようにしてもよい。さらに、検波を行う周波数を 1 0 0 k H z 以外の周波数、例えば、1 0 H z ~ 5 0 0 k H z の範囲の周波数にしてもよく、また、制御ループとしての十分速い応答速度を得たい場合には、1 5 H z ~ 5 0 0 k H z 程度の値に設定するのが望ましい。

10

【 0 0 3 2 】

なお、上記実施の形態における第 1 のマッチングボックス 3 及び第 2 のマッチングボックス 5 における整合回路は、可変コンデンサ及びコイルで構成されていたが、例えば、7 0 M H z 以上の高周波を印加する場合には、特開 2 0 0 1 - 1 1 8 7 0 0 号公報に開示された整合器を用いて構成してもよい。

【 0 0 3 3 】

また、パワーモニタ 8 は、第 1 の高周波電源 4 内に内蔵されているが、第 1 の高周波電源 4 に代えて第 1 のマッチングボックス 5 に内蔵されるようにしてもよく、その場合、検波回路に代えて位相検出回路や演算回路を用い、R F センサとして使用するようにしてもよい。

20

【 0 0 3 4 】

【 発明の効果 】

以上詳細に説明したように、請求項 1 記載の高周波電源及び請求項 1 1 記載のプラズマ処理装置によれば、高周波取り出し手段により取り出された第 1 の高周波及び発振手段により発振された第 2 の高周波を乗算し、乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分が減衰・除去されて 1 0 H z ~ 5 0 0 k H z の範囲の周波数が検波されるので、プラズマ生成時に発生する高調波や変調波を精度よく除去して誤動作を防止すると共に、適正な高周波を印加することができ、さらに、簡易なフィルタにより高調波や変調波を除去することができる。

30

また、請求項 5 記載の高周波電源及び請求項 1 5 記載のプラズマ処理装置によれば、高周波取り出し手段により取り出された第 1 の高周波及び発振手段により発振された第 2 の高周波を乗算し、乗算された結果からローパスフィルタにより高調波及び変調波の成分を含む高周波分が減衰されて検波されるので、プラズマ生成時に発生する高調波や変調波を精度よく除去して誤動作を防止すると共に、適正な高周波を印加することができる。

【 0 0 3 7 】

請求項 9 記載の高周波電源の制御方法によれば、高周波取り出し工程にて取り出された第 1 の高周波及び発振工程にて発振された第 2 の高周波を乗算し、乗算された結果から高調波及び変調波の成分を含む高周波分が減衰・除去されて 1 0 H z ~ 5 0 0 k H z の範囲の周波数が検波されるので、プラズマ生成時に発生する高調波や変調波を精度よく除去して誤動作を防止すると共に、適正な高周波を印加することができ、さらに、簡易なフィルタにより高調波や変調波を除去することができる。

40

また、請求項 1 0 記載の高周波電源の制御方法によれば、高周波取り出し工程にて取り出された第 1 の高周波及び発振工程にて発振された第 2 の高周波を乗算し、乗算された結果からローパスフィルタにより高調波及び変調波の成分を含む高周波分が減衰されて検波されるので、プラズマ生成時に発生する高調波や変調波を精度よく除去して誤動作を防止すると共に、適正な高周波を印加することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明の実施の形態に係る高周波電源を備えるプラズマ処理装置の全体構成を示

50

すブロック図である。

【図2】図1におけるパワーモニタ8の内部構成を示す概略図である。

【図3】図2のパワーモニタ8における検波(ビートダウン式)と図5における従来の検波(フィルタ式)の周波数特性を示す図である。

【図4】従来のプラズマ処理装置における入出力の変調波スペクトルを示す図であり、(a)は入射波、(b)は反射波である。

【図5】従来のプラズマ処理装置におけるパワーモニタの内部構成を示す概略図である。

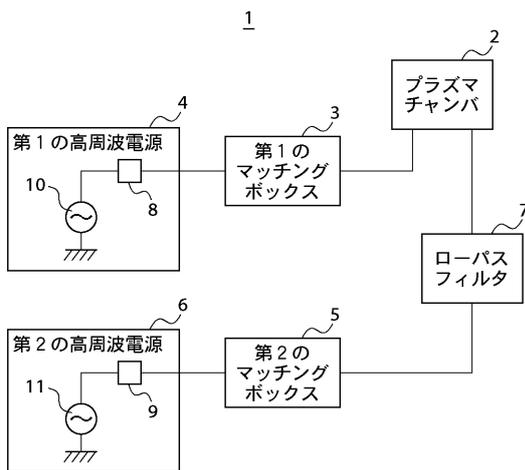
【符号の説明】

- 1 プラズマ処理装置
- 2 プラズマチャンバ
- 3 第1のマッチングボックス
- 4 第1の高周波電源
- 5 第2のマッチングボックス
- 6 第2の高周波電源
- 7 ローパスフィルタ
- 8, 9 パワーモニタ
- 10, 11 高周波発生源
- 21 方向性結合器
- 22 ミキサー
- 23 ローパスフィルタ
- 24 低周波検波器
- 25 発振器

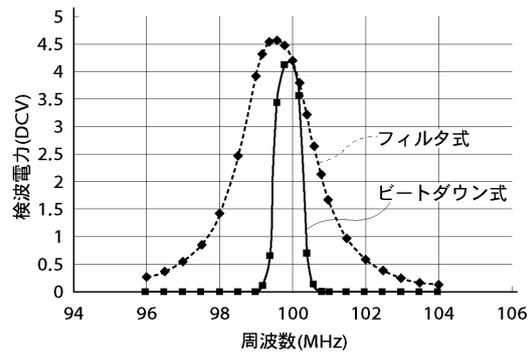
10

20

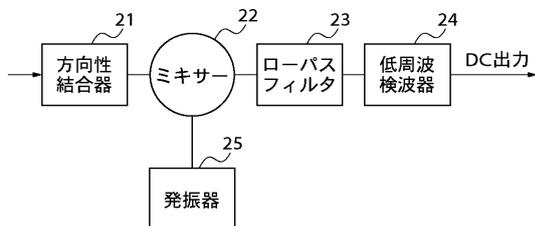
【図1】



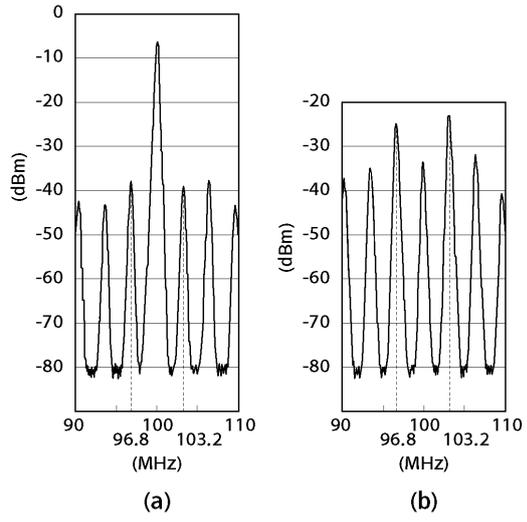
【図3】



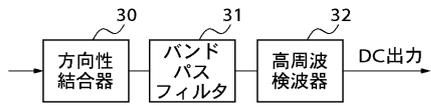
【図2】



【 図 4 】



【 図 5 】



## フロントページの続き

(73)特許権者 599145731

株式会社 東京ハイパワー  
埼玉県新座市畑中3丁目1番1号

(74)代理人 100125254

弁理士 別役 重尚

(74)代理人 100118278

弁理士 村松 聡

(72)発明者 速水 利泰

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 大瀬 剛

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 高平 淳一

埼玉県新座市畑中3丁目1番1号 株式会社 東京ハイパワー内

(72)発明者 島田 淳一

埼玉県新座市畑中3丁目1番1号 株式会社 東京ハイパワー内

審査官 山口 敦司

(56)参考文献 特開2003-139804(JP,A)

特開2000-269196(JP,A)

特開2000-156370(JP,A)

特開平07-074159(JP,A)

特開平10-041281(JP,A)

特表平07-505973(JP,A)

特開2003-017296(JP,A)

特表2001-516940(JP,A)

特開平09-139377(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05H 1/46

H01L 21/302

H05H 1/00