

明 細 書

発明の名称：

高周波電力回路、プラズマ処理装置、およびプラズマ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、高周波電力回路、プラズマ処理装置、およびプラズマ処理方法に関する。

背景技術

[0002] 誘導結合プラズマを用いるプラズマ処理装置の一例であるエッチング装置は、第1アンテナ回路と第2アンテナ回路とを備える。第1アンテナ回路は、第1可変コンデンサと第1環状アンテナとを含む。第2アンテナ回路は、第2可変コンデンサと第2環状アンテナとを含む。第1アンテナ回路と第2アンテナ回路とは、共通する整合器に並列接続される。高周波電源は、整合器を通じて第1環状アンテナと第2環状アンテナとに高周波電力を供給する。

[0003] 第1可変コンデンサの容量値を変更することは、第1アンテナ回路のインピーダンスを変更することである。第2可変コンデンサの容量値を変更することは、第2アンテナ回路のインピーダンスを変更することである。第1アンテナ回路のインピーダンスと第2アンテナ回路のインピーダンスとの比を所定値に調節する制御は、第1環状アンテナに流れる電流と第2環状アンテナに流れる電流との比を所定値に調節し、これによって、プラズマの密度分布を調節する（例えば、特許文献1を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2013-77715号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] プラズマが生成されていない状態での伝送システムのインピーダンスは、可変

コンデンサや環状アンテナなどの回路要素の特性値に基づいて定められる。複数のアンテナ回路から構成された並列回路では、可変コンデンサの容量値の設定によって、上記複数のアンテナ回路のインピーダンスを設定し、第1環状アンテナに流れる電流と第2環状アンテナに流れる電流との比である電流分配比の理論値が定められる。

- [0006] 一方、プラズマが生成されている状態では、プラズマ生成によるインピーダンス成分があらたな回路定数として伝送系統に現れる。そして、プラズマが生成されている状態での伝送系統のインピーダンスは、プラズマ生成によって変わり、回路要素の特性値に基づいて定められる理論的な値から乖離してしまう。さらに、プラズマ空間における圧力や気体の種類などの生成条件は、プラズマ生成により現れるインピーダンス成分そのものを大きく変えてしまう。結果として、可変コンデンサの容量値を予め所定値に制御するとしても、各アンテナ回路における実際の電流分配比と理論値との間には、依然として乖離が生じている。

課題を解決するための手段

- [0007] 一態様の高周波電力回路は、複数の第1回路要素が直列接続された第1アンテナ回路と、複数の第2回路要素が直列接続された第2アンテナ回路と、を備え、高周波電源に接続された整合器に前記第1アンテナ回路と前記第2アンテナ回路とが並列接続され、前記第1回路要素の駆動と前記第2回路要素の駆動とを制御する制御部をさらに備える。前記複数の第1回路要素は、プラズマ生成用の第1アンテナと、前記第1アンテナと前記整合器との間に位置する第1分配用コンデンサと、第1可変コンデンサとを備える。前記複数の第2回路要素は、プラズマ生成用の第2アンテナと、前記第2アンテナと前記整合器との間に位置する第2分配用コンデンサと、第2可変コンデンサとを備える。そして、前記制御部は、プラズマ生成時における前記第1アンテナと前記第1可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように前記第1可変コンデンサの容量値を設定し、かつ、プラズマ生成時における前記第2アンテナと前記第2

可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように前記第2可変コンデンサの容量値を設定する。

[0008] 一態様のプラズマ処理装置は、真空チャンバーと、前記真空チャンバーの外部に設けられたプラズマを生成するための高周波電力回路と、を備え、前記高周波電力回路は、上述した高周波電力回路である。

[0009] 一態様のプラズマ処理方法は、真空チャンバー内にガスを供給すること、および、高周波電力回路から前記真空チャンバーに高周波電力を供給すること、を含むプラズマ処理方法である。前記高周波電力回路は、複数の第1回路要素が直列接続された第1アンテナ回路と、複数の第2回路要素が直列接続された第2アンテナ回路と、を備え、高周波電源に接続された整合器に前記第1アンテナ回路と前記第2アンテナ回路とが並列接続される。前記複数の第1回路要素は、プラズマ生成用の第1アンテナと、前記第1アンテナと前記整合器との間に位置する第1分配用コンデンサと、第1可変コンデンサとを備える。前記複数の第2回路要素は、プラズマ生成用の第2アンテナと、前記第2アンテナと前記整合器との間に位置する第2分配用コンデンサと、第2可変コンデンサとを備える。そして、前記高周波電力を供給することは、前記第1アンテナと前記第1可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように前記第1可変コンデンサの容量値を設定すること、および、前記第2アンテナと前記第1可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように前記第2可変コンデンサの容量値を設定すること、を含む。

[0010] 第1アンテナの電流値と第2アンテナの電流値との比である電流分配比は、第1アンテナ回路のインピーダンスと第2アンテナ回路のインピーダンスとの比に基づいて定められる。プラズマが生成されていない状態であれば、こうした電流分配比は、複数の第1回路要素による合成インピーダンスと、複数の第2回路要素による合成インピーダンスとの比に基づいて理論的に求められる。一方で、プラズマが生成されている状態では、プラズマ生成によ

るインピーダンス成分が各アンテナ回路のインピーダンスに回路定数として現れるから、プラズマが生成されていない状態で理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じてしまう。

[0011] この点、上記各構成によれば、プラズマ生成時における第1アンテナと第1可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差が小さくなるように、第1可変コンデンサの容量値が設定される。すなわち、直列接続された第1アンテナと第1可変コンデンサとに流れる電流と直列接続された第1アンテナと第1可変コンデンサとに加わる電圧との位相差が第1可変コンデンサの容量値によって抑えられ、これにより、第1アンテナと第1可変コンデンサとがほぼ共振している状態となり得る。同様に、プラズマ生成時における第2アンテナと第2可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差が小さくなるように、第2可変コンデンサの容量値が設定され、これにより、第2アンテナと第2可変コンデンサとがほぼ共振している状態となり得る。結果として、プラズマが生成されている状態であっても、第1アンテナ回路のインピーダンスと第2アンテナ回路のインピーダンスとは、それぞれ第1分配用コンデンサまたは第2分配用コンデンサにより支配的に決定され、第1アンテナ回路のインピーダンスと第2アンテナ回路のインピーダンスとの比は、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた比に相当するものとなる。そして、高周波電源の供給する高周波電力が、第1アンテナと第2アンテナとの両方に効率よく伝送されると共に、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることが抑えられる。

[0012] なお、LC並列回路のように大きな電流が流れるアンテナ回路では、アンテナ回路を構成する各回路要素の特性に、熱的な不安定性が潜在する。この点、上述した第1アンテナ回路と第2アンテナ回路とは、LC並列回路を含まない直列回路であるから、回路要素に潜在する熱的な不安定性を抑えることが可能となる。

[0013] 上記高周波電力回路において、前記第1アンテナは、前記第1分配用コン

デンサと前記第1可変コンデンサとの間に位置してもよく、前記第2アンテナは、前記第2分配用コンデンサと前記第2可変コンデンサとの間に位置してもよい。

[0014] 上記構成によれば、第1アンテナの出力側に位置する第1可変コンデンサと、第2アンテナの出力側に位置する第2可変コンデンサとが、各アンテナと各対応する可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差を抑える。これにより、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることが抑えられる。

[0015] あるいは、上記高周波電力回路において、前記第1可変コンデンサは、前記第1分配用コンデンサと前記第1アンテナとの間に位置してもよく、前記第2可変コンデンサは、前記第2分配用コンデンサと前記第2アンテナとの間に位置してもよい。言い換えれば、第1可変コンデンサが第1アンテナの入力側に位置するものであってもよく、第2可変コンデンサが第2アンテナの入力側に位置するものであってもよい。この構成でも、各アンテナと各対応する可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差を抑えて、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることが抑えられる。

[0016] 上記高周波電力回路において、前記第1アンテナにおける電流を検知する第1電流検知部と、前記第1アンテナにおける電圧を検知する第1電圧検知部と、前記第2アンテナにおける電流を検知する第2電流検知部と、前記第2アンテナにおける電圧を検知する第2電圧検知部と、を備えてもよい。そして、前記制御部は、前記第1電流検知部と前記第1電圧検知部との検知結果に基づいて前記第1アンテナと前記第1可変コンデンサとの直列部における電流の位相と電圧の位相とが一致するように前記第1可変コンデンサの容量値を設定し、かつ、前記第2電流検知部と前記第2電圧検知部との検知結果に基づいて前記第2アンテナと前記第2可変コンデンサとの直列部における電流の位相と電圧の位相とが一致するように前記第2可変コンデンサの容量値を設定してもよい。

- [0017] 上記構成によれば、第1電流検知部が検知する電流の位相と、第1電圧検知部が検知する電圧の位相とが一致するように、第1可変コンデンサの容量値が設定される。また、第1電流検知部が検知する電流の位相と、第1電圧検知部が検知する電圧の位相とが一致するように、第1可変コンデンサの容量値が設定される。これにより、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることの抑制効果の実効性が高められる。
- [0018] 上記高周波電力回路において、前記第1分配用コンデンサ、および前記第2分配用コンデンサは、可変コンデンサであってよい。そして、前記制御部は、前記高周波電源が電力を供給する前に、前記第1アンテナの電流値と前記第2アンテナの電流値との比の目標値を設定する処理を行うものであってよい。当該処理は、前記第1分配用コンデンサの容量値が大きくなるほど前記第2分配用コンデンサの容量値が小さくなるように前記第1分配用コンデンサの駆動に前記第2分配用コンデンサの駆動を連動させて前記第1分配用コンデンサおよび前記第2分配用コンデンサの各容量値を設定することであってもよい。
- [0019] 上記構成によれば、第1分配用コンデンサの容量値と第2分配用コンデンサの容量値とが、第1分配用コンデンサの駆動と第2分配用コンデンサの駆動との連動を通じて、高周波電源が電力を供給する前に設定される。すなわち、理論的に求められた電流分配比が、プラズマの生成前に設定可能となる。これにより、互いに異なる複数の電流分配比においても、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることの抑制効果が得られる。
- [0020] 上記高周波電力回路において、前記第1電圧検知部は、前記第1アンテナが備える2つの端の電圧を別々に検知するものであってよい。そして、前記制御部は、前記第1アンテナと前記第1可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように設定された前記第1可変コンデンサの容量値と、前記第1分配用コンデンサの容量

値との合成容量を保ち、かつ、前記第1 電圧検知部の検知結果に基づいて得られた前記第1 アンテナにおける電圧分布を変えるように、前記第1 可変コンデンサの容量値と、前記第1 分配用コンデンサの容量値とを再設定してもよい。

[0021] さらに、上記高周波電力回路において、前記第2 電圧検知部は、前記第2 アンテナが備える2つの端の電圧を別々に検知するものであってよい。前記制御部は、前記第2 アンテナと前記第2 可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように設定された前記第2 可変コンデンサの容量値と、前記第2 分配用コンデンサの容量値との合成容量を保ち、かつ、前記第2 電圧検知部の検知結果に基づいて得られた前記第2 アンテナにおける電圧分布を変えるように、前記第2 可変コンデンサの容量値と、前記第2 分配用コンデンサの容量値とを再設定してもよい。

[0022] 上記構成によれば、位相差が小さくなるように設定された第1 可変コンデンサの容量値と、第1 分配用コンデンサの容量値との合成容量を保ちながら、第1 アンテナにおける電圧分布を変えるように、第1 可変コンデンサの容量値と第1 分配用コンデンサの容量値とが再設定される。これにより、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることを抑えながらも、第1 アンテナによって生成されるプラズマの分布を変えることが可能ともなる。同様に、位相差が小さくなるように設定された第2 可変コンデンサの容量値と、第2 分配用コンデンサの容量値との合成容量を保ちながら、第2 アンテナにおける電圧分布を変えるように、第2 可変コンデンサの容量値と第2 分配用コンデンサの容量値とが再設定される。これにより、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることを抑えながらも、第2 アンテナによって生成されるプラズマの分布を変えることが可能ともなる。そして、第1 アンテナと第2 アンテナとは互いに異なる部位に設置されるものであるから、第1 アンテナと第2 アン

テナとの両方で別々にプラズマの分布を変える構成であれば、対象物に対するプラズマの分布をさらに細かく調整することが可能ともなる。

発明の効果

- [0023] 本発明に係る高周波電力回路、プラズマ処理装置、およびプラズマ処理方法によれば、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることが抑えられる。

図面の簡単な説明

- [0024] [図1]プラズマ処理装置の一実施形態における装置構成を示すブロック図。
[図2]高周波電力回路の一実施形態における回路構成を示す回路図。
[図3]プラズマ処理装置が備える制御部の構成を示すブロック図。
[図4]内側分配用の容量値と外側分配用の容量値との間での制御値の関係を示すグラフ。
[図5]内側分配用の容量値と電流分配比との関係を示すグラフ。
[図6]内側分配用の容量値と共振用の容量値との関係を示すグラフ。
[図7]高周波電力回路の変更例における回路構成を示す回路図。
[図8]高周波電力回路の他の変更例における回路構成を示す回路図。

発明を実施するための形態

- [0025] 図1から図6を参照して高周波電力回路、プラズマ処理装置、およびプラズマ処理方法の一実施形態を説明する。なお、プラズマ処理装置は、基板などの対象物や薄膜をエッチングするエッチング装置でもよいし、基板などの対象物に気相で薄膜を形成する薄膜形成装置でもよいし、基板などの対象物にプラズマを照射する表面処理装置でもよい。プラズマ処理装置を用いるプラズマ処理方法によって処理される対象は、半導体装置や表示装置など各種のデバイスを構成する基板やシートでもよいし、プラズマによる表面処理を要する各種の基材でもよい。
- [0026] 図1が示すように、プラズマ処理装置は、真空チャンバー11、ガス供給部21、排気部22、及び高周波電力回路を備える。真空チャンバー11は、ステージ12を収容する。ステージ12は、プラズマ処理の対象物Sを載

置する。ガス供給部 21 は、プラズマを生成するための各種のガスを真空チャンバー 11 に供給する。排気部 22 は、プラズマを生成するための圧力に真空チャンバー 11 の内圧を調整する。

[0027] [高周波電力回路]

高周波電力回路は、内側アンテナ L_{in} 、内側分配用コンデンサ VC_{in1} 、および内側共振用コンデンサ VC_{in2} を備える。内側アンテナ L_{in} 、内側分配用コンデンサ VC_{in1} 、および内側共振用コンデンサ VC_{in2} は、直列接続されている。

[0028] 内側アンテナ L_{in} は、内側分配用コンデンサ VC_{in1} と内側共振用コンデンサ VC_{in2} との間に位置する。内側アンテナ L_{in} は、プラズマ生成用の環状アンテナであり、例えば、110mm の直径を有する 3 巻のアンテナである。内側アンテナ L_{in} は、真空チャンバー 11 の天面中央に配置されてもよいし、真空チャンバー 11 の天面他部に配置されてもよい。なお、図 1 には、内側アンテナ L_{in} の抵抗成分である内側抵抗 R_{in} を説明の便宜上記載する。

[0029] 内側分配用コンデンサ VC_{in1} は、可変コンデンサであって、内側アンテナ L_{in} における高周波電力の入力端に接続されている。内側共振用コンデンサ VC_{in2} は、可変コンデンサであって、内側アンテナ L_{in} における高周波電力の出力端に接続されている。

[0030] 内側アンテナ L_{in} 、内側分配用コンデンサ VC_{in1} 、および内側共振用コンデンサ VC_{in2} の各々は、第 1 回路要素の一例である。内側アンテナ L_{in} 、内側分配用コンデンサ VC_{in1} 、および内側共振用コンデンサ VC_{in2} から構成される直列回路は、第 1 アンテナ回路の一例である。内側アンテナ L_{in} は、第 1 アンテナの一例である。内側分配用コンデンサ VC_{in1} は、第 1 分配用コンデンサの一例である。内側共振用コンデンサ VC_{in2} は、第 1 可変コンデンサの一例である。

[0031] プラズマ処理装置は、内側電圧検知部 43 V_{in} 、および内側電流検知部 44 I_{in} を備える。内側電圧検知部 43 V_{in} は、内側アンテナ L_{in} に

おける電圧の一例として、内側分配用コンデンサ VC_{in1} と内側アンテナ L_{in} との間において、内側アンテナ L_{in} の入力端電圧を検知する。内側アンテナ L_{in} における入力端電圧は、内側アンテナ L_{in} と内側共振用コンデンサ VC_{in2} との直列部における電圧の一例である。内側電流検知部 44_{lin} は、内側アンテナ L_{in} に流れる電流の一例として、内側アンテナ L_{in} と内側共振用コンデンサ VC_{in2} との直列部に流れる電流を検知する。内側電圧検知部 43_{vin} は、第1アンテナと第1可変コンデンサとの直列部における電圧を検知する第1電圧検知部の一例である。内側電流検知部 44_{lin} は、第1アンテナと第1可変コンデンサとの直列部における電流を検知する第1電流検知部の一例である。

[0032] 高周波電力回路は、外側アンテナ L_o 、外側分配用コンデンサ VC_o1 、および外側共振用コンデンサ VC_o2 を備える。外側アンテナ L_o 、外側分配用コンデンサ VC_o1 、および外側共振用コンデンサ VC_o2 は、直列接続されている。

[0033] 外側アンテナ L_o は、外側分配用コンデンサ VC_o1 と外側共振用コンデンサ VC_o2 との間に位置する。外側アンテナ L_o は、プラズマ生成用の環状アンテナであり、例えば、260mmの直径を有した2巻のアンテナである。外側アンテナ L_o は、真空チャンバー11の天面外周に配置されて内側アンテナ L_{in} を囲ってもよいし、真空チャンバー11の天面他部において内側アンテナ L_{in} に並設されてもよい。なお、図1には、外側アンテナ L_o の抵抗成分である外側抵抗 R_o を説明の便宜上記載する。

[0034] 外側分配用コンデンサ VC_o1 は、可変コンデンサであって、外側アンテナ L_o における高周波電力の入力端に接続されている。外側共振用コンデンサ VC_o2 は、可変コンデンサであって、外側アンテナ L_o における高周波電力の出力端に接続されている。

[0035] 外側アンテナ L_o 、外側分配用コンデンサ VC_o1 、および外側共振用コンデンサ VC_o2 の各々は、第2回路要素の一例である。外側アンテナ L_o 、外側分配用コンデンサ VC_o1 、および外側共振用コンデンサ VC_o2 が

ら構成される直列回路は、第2アンテナ回路の一例である。外側アンテナL_oは、第2アンテナの一例である。外側分配用コンデンサVC_{o1}は、第2分配用コンデンサの一例である。外側共振用コンデンサVC_{o2}は、第2可変コンデンサの一例である。

[0036] プラズマ処理装置は、外側電圧検知部43V_o、および外側電流検知部44I_oを備える。外側電圧検知部43V_oは、外側アンテナL_oにおける電圧の一例として、外側分配用コンデンサVC_{o1}と外側アンテナL_oとの間において、外側アンテナL_oの入力端電圧を検知する。外側アンテナL_oにおける入力端電圧は、外側アンテナL_oと外側共振用コンデンサVC_{o2}との直列部における電圧の一例である。外側電流検知部44I_oは、外側アンテナL_oに流れる電流の一例として、外側アンテナL_oと外側共振用コンデンサVC_{o2}との直列部に流れる電流を検知する。外側電圧検知部43V_oは、第2アンテナと第2可変コンデンサとの直列部における電圧を検知する第2電圧検知部の一例である。外側電流検知部44I_oは、第2アンテナと第2可変コンデンサとの直列部における電流を検知する第2電流検知部の一例である。

[0037] 内側アンテナL_{i n}、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}、および内側共振用コンデンサVC_{i n 2}から構成される直列回路と、外側アンテナL_o、外側分配用コンデンサVC_{o 1}、および外側共振用コンデンサVC_{o 2}から構成される直列回路とは、高周波電源41に接続された整合器42に並列接続されている。整合器42は、電力の送信側である高周波電源41のインピーダンスと、電力の受信側のインピーダンス、すなわち、整合器42や高周波電力回路を含む負荷のインピーダンスとを、特性インピーダンスに等しくする。

[0038] 図2が示すように、高周波電力回路の等価回路は、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}、内側アンテナL_{i n}、内側アンテナL_{i n}の抵抗成分である内側抵抗R_{i n}、および内側共振用コンデンサVC_{i n 2}から構成される直列回路を含む。高周波電力回路の等価回路は、外側分配用コンデンサVC_{o 1}

、外側アンテナ L_o 、外側アンテナ L_o の抵抗成分である外側抵抗 R_o 、および外側共振用コンデンサ V_{C_o2} から構成される直列回路を含む。そして、高周波電力回路の等価回路は、これら2つの直列回路の並列回路として示される。

[0039] 内側電圧検知部43 V_{in} は、内側アンテナ L_{in} の入力端電圧である内側入力端電圧 V_{in} を検知する。外側電圧検知部43 V_o は、外側アンテナ L_o の入力端電圧である外側入力端電圧 V_o を検知する。内側電流検知部44 I_{in} は、内側アンテナ L_{in} に流れる内側アンテナ電流 I_{in} を検知する。外側電流検知部44 I_o は、外側アンテナ L_o に流れる外側アンテナ電流 I_o を検知する。

[0040] [制御部]

図3が示すように、高周波電力回路は、可変コンデンサの駆動を制御するための制御部51を備える。制御部51は、例えば、CPU、RAM、ROMなどのコンピュータに用いられるハードウェア要素、および、ソフトウェアによって構成される。制御部51は、各種の処理を全てソフトウェアで処理するものに限らない。例えば、制御部51は、各種の処理のうちの少なくとも一部の処理を実行する専用のハードウェアである特定用途向け集積回路(ASIC)を備えてもよい。制御部51は、ASICなどの1つ以上の専用のハードウェア回路、コンピュータプログラムであるソフトウェアに従って動作する1つ以上のプロセッサを含むマイクロコンピュータ、あるいは、これらの組み合わせ、を含む回路として構成してもよい。

[0041] 制御部51は、プラズマ処理方法を実行するための各種のプログラムとデータとを記憶する。制御部51は、可変コンデンサの駆動の制御に用いる制御データ52を記憶する。制御部51は、プラズマ処理方法を実行するためのプログラムを読み出し、当該プログラムに従って処理を実行する。プラズマ処理方法は、電流分配比の目標値を設定する分配処理と、電流分配比が目標値となるように可変コンデンサを駆動する整合処理とを含む。制御部51は、プラズマが生成されていない状態で分配処理を行う。制御部51は、プ

ラズマが生成されている状態で整合処理を行う。

[0042] 〔分配処理〕

電流分配比は、外側アンテナL_oの電流値と内側アンテナL_{i n}の電流値との比である。なお、電流分配比は、外側アンテナL_oの電流値に対する内側アンテナL_{i n}の電流値の比でもよいし、内側アンテナL_{i n}の電流値に対する外側アンテナL_oの電流値の比でもよい。

[0043] 制御部51は、制御データ52を用いて分配処理を行う。制御部51は、分配処理として、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}と外側分配用コンデンサVC_{o 1}とを駆動させ、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}の容量値と外側分配用コンデンサVC_{o 1}の容量値とを、電流分配比の目標値を得るための値とする。

[0044] 制御データ52は、電流分配比を入力として、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}の容量値と外側分配用コンデンサVC_{o 1}の容量値とを出力するためのデータである。制御データ52は、プラズマが生成されていない状態での高周波電力回路から予め理論的に算出されるデータである。制御データ52は、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}の容量値と外側分配用コンデンサVC_{o 1}の容量値とを電流分配比に対応付けたテーブルでもよい。制御データ52は、電流分配比を入力として、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}の容量値と外側分配用コンデンサVC_{o 1}の容量値とを出力する関係式でもよい。

[0045] 制御データ52の一例は、容量分配比相関データと容量相関データとから構成される。容量分配比相関データは、電流分配比を入力として、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}の容量値と外側分配用コンデンサVC_{o 1}の容量値とのいずれか一方を出力するためのデータである。容量分配比相関データは、テーブルでもよいし関係式でもよい。容量相関データは、内側分配用コンデンサVC_{i n 1}の容量値と外側分配用コンデンサVC_{o 1}の容量値とのいずれか一方を入力として他方を出力するためのデータである。容量相関データは、テーブルでもよいし関係式でもよい。

[0046] 図4が示すように、容量相関データの一例は、内側分配用コンデンサVC

$i n 1$ の容量値と外側分配用コンデンサ $V C o 1$ の容量値とを対応付けたテーブルである。容量相関データの一例では、内側分配用コンデンサ $V C i n 1$ の各容量値に、外側分配用コンデンサ $V C o 1$ の容量値を対応付けている。容量相関データの一例において、外側分配用コンデンサ $V C o 1$ の容量値が大きくなるほど内側分配用コンデンサ $V C i n 1$ の容量値が小さくなる。

[0047] 図5が示すように、容量分配比相関データの一例は、内側分配用コンデンサ $V C i n 1$ の容量値と電流分配比とを対応付けたテーブルである。容量分配比相関データの一例では、内側分配用コンデンサ $V C i n 1$ の各容量値に、内側アンテナ $L i n$ の電流値 $I r m s$ (図5において内側アンテナ電流 $I i n$ の値) と外側アンテナ $L o$ の電流値 $I r m s$ (図5において外側アンテナ電流 $I o$ の値) とを対応付けている。容量分配比相関データの一例において、内側分配用コンデンサ $V C i n 1$ の容量値が大きくなるほど、内側アンテナ $L i n$ の電流値 $I r m s$ が大きく、かつ外側アンテナ $L o$ の電流値 $I r m s$ が小さくなる。なお、容量分配比相関データの一例は、外側分配用コンデンサ $V C o 1$ の容量値に、内側アンテナ $L i n$ の電流値 $I r m s$ と外側アンテナ $L o$ の電流値 $I r m s$ とを対応付けてもよい。

[0048] 制御部51は、容量分配比相関データを用い、電流分配比から、内側分配用コンデンサ $V C i n 1$ と外側分配用コンデンサ $V C o 1$ とのいずれか一方の容量値を導く。制御部51は、容量相関データを用い、内側分配用コンデンサ $V C i n 1$ と外側分配用コンデンサ $V C o 1$ とのいずれか一方の容量値から、他方の容量値を導く。これにより、制御部51は、内側分配用コンデンサ $V C i n 1$ と外側分配用コンデンサ $V C o 1$ とのいずれか一方の駆動に他方の駆動を連動させる。

[0049] [整合処理]

図3に戻り、制御部51は、内側電圧検知部43 $V i n$ の検知結果と、内側電流検知部44 $I i n$ の検知結果とを入力として、整合処理を行う。制御部51は、整合処理として、内側アンテナ $L i n$ と内側共振用コンデンサ $V C i n 2$ との直列部の電流と電圧との位相差を算出し、当該位相差が小さく

なるように内側共振用コンデンサ VC_{in2} の容量値を設定する。制御部51は、プラズマが生成される期間の全体にわたり、整合処理を繰り返して行う。制御部51は、内側電圧検知部43 V_{in} の検知結果と、内側電流検知部44 I_{in} の検知結果とが入力される周期で整合処理を行ってもよいし、当該周期とは異なる所定の制御周期で整合処理を行ってもよい。

[0050] 制御部51は、整合処理の一例として、内側電圧検知部43 V_{in} の検知結果から、内側アンテナ L_{in} に供給される電圧の位相を得る。また、制御部51は、整合処理の一例として、内側電流検知部44 I_{in} の検知結果から、内側アンテナ L_{in} に流れる電流の位相を得る。そして、制御部51は、整合処理の一例として、内側アンテナ L_{in} と内側共振用コンデンサ VC_{in2} との直列部に供給される電圧の位相と、内側アンテナ L_{in} と内側共振用コンデンサ VC_{in2} との直列部に流れる電流の位相とを一致させる内側共振用コンデンサ VC_{in2} の容量値をこれらの位相差から算出する。制御部51は、内側共振用コンデンサ VC_{in2} の容量値が算出値になるように、内側共振用コンデンサ VC_{in2} を駆動する。

[0051] プラズマが生成されている状態では、プラズマ生成によるインピーダンス成分がアンテナ回路のインピーダンスに回路定数として現れるから、プラズマが生成されていない状態で理論的に求められた共振条件と実際の共振条件との間に乖離が生じる。制御部51は、内側アンテナ L_{in} に供給される電圧の位相と内側アンテナ L_{in} に流れる電流の位相とを一致させる、言い換えれば、理論的に求められた共振条件と実際の共振条件との間の乖離を抑えるように、内側共振用コンデンサ VC_{in2} の容量値を動的に設定し続ける。

[0052] 制御部51は、外側電圧検知部43 V_o の検知結果と、外側電流検知部44 I_o の検知結果とを入力として、さらに整合処理を行う。制御部51は、整合処理として、外側アンテナ L_o と外側共振用コンデンサ VC_o2 との直列部の電流と電圧との位相差を算出し、当該位相差が小さくなるように外側共振用コンデンサ VC_o2 の容量値を設定する。

- [0053] 制御部51は、整合処理の一例として、外側電圧検知部43V_oの検知結果から、外側アンテナL_oに供給される電圧の位相を得る。また、制御部51は、整合処理の一例として、外側電流検知部44I_oの検知結果から、外側アンテナL_oに流れる電流の位相を得る。そして、制御部51は、整合処理の一例として、外側アンテナL_oと外側共振用コンデンサVC_o2との直列部に供給される電圧の位相と、外側アンテナL_oと外側共振用コンデンサVC_o2との直列部に流れる電流の位相とを一致させる外側共振用コンデンサVC_o2の容量値をこれらの位相差から算出する。制御部51は、外側共振用コンデンサVC_o2の容量値が算出値になるように、外側共振用コンデンサVC_o2を駆動する。
- [0054] 制御部51は、外側アンテナL_oに供給される電圧の位相と外側アンテナL_oに流れる電流の位相とを一致させる。言い換えれば、制御部51は、理論的に求められた共振条件と実際の共振条件との間の乖離を抑えるように、内側共振用コンデンサVC_in2の容量値の設定と同じタイミングで、外側共振用コンデンサVC_o2の容量値を動的に設定する。
- [0055] 図6は、分配処理によって設定された内側分配用コンデンサVC_in1の容量値と、整合処理によって設定された内側共振用コンデンサVC_in2における容量値の実測値との関係の一例を示す。また、図6は、分配処理によって設定された内側分配用コンデンサVC_in1の容量値と、整合処理によって設定された外側共振用コンデンサVC_o2における容量値の実測値との関係の一例を示す。なお、上述したように、外側分配用コンデンサVC_o1の容量値は、内側分配用コンデンサVC_in1の容量値を設定するための分配処理において、内側分配用コンデンサVC_in1の容量値が設定される都度、制御データ52に基づいて一義的に設定される。
- [0056] 図6が示すように、内側分配用コンデンサVC_in1の容量値が大きくなるほど、すなわち内側アンテナL_inの電流値が大きくなるほど、内側共振用コンデンサVC_in2の容量値は、徐々に大きくなる。なお、内側共振用コンデンサVC_in2の容量値が変わる度合いと、内側分配用コンデンサVC_in1の容量値

C i n 1 の容量値が変わる度合いとの関係は、一定であるとはいえず、電流分配比などの生成条件の変更内容、ひいては、プラズマ生成により生じるインピーダンス成分が変わる度合いによって変わり得る。

[0057] また、内側分配用コンデンサ V C i n 1 の容量値が大きくなるほど、外側共振用コンデンサ V C o 2 の容量値は、徐々に小さくなる。ここでも、外側共振用コンデンサ V C o 2 の容量値が変わる度合いと、内側分配用コンデンサ V C i n 1 の容量値が変わる度合いとの関係は、一定であるとはいえず、電流分配比などの生成条件の変更内容、ひいては、プラズマ生成により生じるインピーダンス成分が変わる度合いによって変わり得る。

[0058] このように、内側分配用コンデンサ V C i n 1 の容量値が変わることは、プラズマ生成によるインピーダンス成分の発生などにより見かけ上の内側アンテナ L i n のインピーダンスが変わることである。また、プラズマ生成により生じるインピーダンス成分は、プラズマ処理における対象物 S の状況や真空チャンバー 1 1 の状態などによっても変わり得るものである。この点、プラズマ生成により生じるインピーダンス成分が変わることによって生じ得る内側アンテナ L i n と内側共振用コンデンサ V C i n 2 との直列部の電流と電圧との位相差は、内側共振用コンデンサ V C i n 2 の容量値が動的に変わることによって抑えられる。同時に、プラズマ生成により生じるインピーダンス成分が変わることによって生じ得る外側アンテナ L o と外側共振用コンデンサ V C o 2 との直列部の電流と電圧との位相差は、外側共振用コンデンサ V C o 2 の容量値が動的に変わることによって抑えられる。

[0059] これにより、内側アンテナ L i n と内側共振用コンデンサ V C i n 2 との直列部がほぼ共振している状態となり得ると共に、外側アンテナ L o と外側共振用コンデンサ V C o 2 との直列部もまたほぼ共振している状態となり得る。結果として、内側アンテナ L i n を含む直列回路のインピーダンスと、外側アンテナ L o を含む直列回路のインピーダンスとの比と、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた比との間に乖離が生じることが抑えられる。

[0060] 〔プラズマ処理方法〕

上記プラズマ処理装置の作用として当該プラズマ処理装置が実行するプラズマ処理方法について説明する。プラズマ処理方法は、上述したように、電流分配比の目標値を設定する分配処理と、電流分配比が目標値となるように可変コンデンサを駆動する整合処理とを含む。

[0061] まず、プラズマ処理装置は、真空チャンバー11に対象物Sを収容する。次いで、プラズマ処理装置は、プラズマを生成するためのガスをガス供給部21から真空チャンバー11に供給する。また、プラズマ処理装置は、プラズマを生成するための圧力に真空チャンバー11の内圧を調整する。

[0062] この間、制御部51は、プラズマを生成するための条件のうちの電流分配比を参照し、制御データ52を用いて分配処理を行う。すなわち、内側分配用コンデンサVCi n 1と外側分配用コンデンサVC o 1とを駆動させ、内側分配用コンデンサVCi n 1の容量値と外側分配用コンデンサVC o 1の容量値とを、電流分配比の目標値を得るための値とする。

[0063] 次いで、プラズマ処理装置は、高周波電源41から高周波電力を供給し、真空チャンバー11の内部にプラズマを生成する。この間、制御部51は、内側電圧検知部43Vinの検知結果と、内側電流検知部44Linの検知結果とを入力として、整合処理を行う。すなわち、制御部51は、内側アンテナLinと内側共振用コンデンサVCi n 2との直列部の電流と電圧との位相差を算出し、当該位相差が小さくなるように内側共振用コンデンサVCi n 2の容量値を動的に設定し続ける。同時に、制御部51は、外側アンテナLoと外側共振用コンデンサVC o 2との直列部の電流と電圧との位相差を算出し、当該位相差が小さくなるように外側共振用コンデンサVC o 2の容量値を動的に設定し続ける。

[0064] 以上、上記実施形態によれば、以下の効果を得ることができる。

[0065] (1) プラズマ生成時における内側アンテナLinと内側共振用コンデンサVCi n 2との直列部の電流と電圧との位相差が小さくなるように、内側共振用コンデンサVCi n 2の容量値が設定される。また、プラズマ生成時

における外側アンテナ L_o と外側共振用コンデンサ VC_o2 との直列部の電流と電圧との位相差が小さくなるように、外側共振用コンデンサ VC_o2 の容量値が設定される。これにより、プラズマが生成されている状態であっても、内側アンテナ L_{in} を含む直列回路のインピーダンスと、外側アンテナ L_o を含む直列回路のインピーダンスとの比は、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた比に相当するものとなる。結果として、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることが抑えられる。

[0066] (2) LC並列回路のように大きな電流が流れるアンテナ回路では、アンテナ回路を構成する各回路要素の特性に、熱的な不安定性が潜在する。この点、上述した高周波電力回路は、LC並列回路を含まない直列回路で構成されるから、アンテナや可変コンデンサなどの回路要素に潜在する熱的な不安定性を抑えることが可能ともなる。

[0067] (3) プラズマ生成時における内側アンテナ L_{in} と内側共振用コンデンサ VC_{in2} との直列部の電流と電圧との位相が一致するように、内側共振用コンデンサ VC_{in2} の容量値が設定される。また、プラズマ生成時における外側アンテナ L_o と外側共振用コンデンサ VC_o2 との直列部の電流と電圧との位相が一致するように、外側共振用コンデンサ VC_o2 の容量値が設定される。これにより、上記(1)に準じた効果の実効性が高められる。

[0068] (4) 制御データ52を用い、内側分配用コンデンサ VC_{in1} の駆動と外側分配用コンデンサ VC_o1 の駆動との連動を通じて、高周波電源41が電力を供給する前に、内側分配用コンデンサ VC_{in1} の容量値と外側分配用コンデンサ VC_o1 の容量値とが設定される。これにより、互いに異なる複数の電流分配比においても、上記(1)に準じた効果が得られる。

[0069] なお、上記実施形態は、以下のように変更して実施できる。また、上記実施形態と以下の各変更例、および変更例同士は、技術的に矛盾しない範囲で互いに組み合わせて実施することができる。

[0070] ・図7が示すように、内側共振用コンデンサ VC_{in2} は、内側分配用コ

ンデンサ VC_{in1} と内側アンテナ L_{in} との間に位置してもよい。また、外側共振用コンデンサ VC_o2 は、外側分配用コンデンサ VC_o1 と外側アンテナ L_o との間に位置してもよい。こうした構成であっても、上記（１）から（４）に準じた効果を得ることは可能である。

[0071] 図8が示すように、内側電圧検知部43 V_{in} は、内側アンテナ L_{in} が備える2つの端において、内側入力端電圧 V_{in} におけるピーク間電圧 V_{pp} と、出力端電圧である内側出力端電圧 V_{in2} におけるピーク間電圧 V_{pp} とを別々に検知してもよい。また、内側アンテナ L_{in} の長さは、内側アンテナ L_{in} における上記各ピーク間電圧 V_{pp} が内側アンテナ L_{in} の長さに対して線形に変わるように設定されてもよい。

[0072] 内側アンテナ L_{in} におけるピーク間電圧 V_{pp} が内側アンテナ L_{in} の長さに対して線形に変化する構成であれば、内側入力端電圧 V_{in} におけるピーク間電圧 V_{pp} と、内側出力端電圧 V_{in2} におけるピーク間電圧 V_{pp} とを用い、内側アンテナ L_{in} における電圧分布、すなわち共振点を推定することが可能となる。

[0073] 制御部51は、整合処理において、内側電圧検知部43 V_{in} の検知結果から内側アンテナ L_{in} における共振点を推定し、推定結果を外部に出力してもよい。これによれば、プラズマが生成されている状態で、内側アンテナ L_{in} における共振点がどこに存在するか、ひいては内側アンテナ L_{in} によって生成されるプラズマの分布を推定することが可能となる。

[0074] さらに、制御部51は、整合処理において、内側アンテナ L_{in} での位相差が小さくなるように設定された内側共振用コンデンサ VC_{in2} の容量値と、内側分配用コンデンサ VC_{in1} の容量値との合成容量を保つように構成されてもよい。加えて、制御部51は、共振点が目標位置となるように、合成容量を保ちながら、内側分配用コンデンサ VC_{in1} の容量値と、内側共振用コンデンサ VC_{in2} の容量値とを再設定してもよい。

[0075] この際、制御部51は、現在の共振点と目標位置との差を入力として、目標位置を得るための、内側分配用コンデンサ VC_{in1} の容量値と内側共振

用コンデンサ VC_{in2} の容量値との比を出力する新たな制御データを予め記憶する。そして、制御部51は、共振点の推定結果と目標位置とを制御データに適用し、合成容量を保ちながら、内側分配用コンデンサ VC_{in1} の容量値と、内側共振用コンデンサ VC_{in2} の容量値とを再設定してもよい。

[0076] これにより、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることを抑えながらも、内側アンテナ L_{in} における電圧分布、ひいては、内側アンテナ L_{in} によって生成されるプラズマの分布を変えることが可能となる。

[0077] ・また、図8が示すように、外側電圧検知部43 V_o は、外側アンテナ L_o が備える2つの端において、外側入力端電圧 V_o におけるピーク間電圧 V_{pp} と、出力端電圧である外側出力端電圧 V_{o2} におけるピーク間電圧 V_{pp} とを別々に検知してもよい。また、外側アンテナ L_o の長さは、外側アンテナ L_o における上記各ピーク間電圧 V_{pp} が外側アンテナ L_o の長さに対して線形に変わるように設定されてもよい。

[0078] 外側アンテナ L_o におけるピーク間電圧 V_{pp} が外側アンテナ L_o の長さに対して線形に変化する構成であれば、外側入力端電圧 V_o におけるピーク間電圧 V_{pp} と、外側出力端電圧 V_{o2} におけるピーク間電圧 V_{pp} とを用い、外側アンテナ L_o における電圧分布、すなわち共振点を推定することが可能となる。

[0079] 制御部51は、整合処理において、外側電圧検知部43 V_o の検知結果から外側アンテナ L_o における共振点を推定し、推定結果を外部に出力してもよい。これによれば、プラズマが生成されている状態で、外側アンテナ L_o における共振点がどこに存在するか、ひいては外側アンテナ L_o によって生成されるプラズマの分布を推定することが可能となる。

[0080] さらに、制御部51は、整合処理において、外側アンテナ L_o での位相差が小さくなるように設定された外側共振用コンデンサ VC_{o2} の容量値と、外側分配用コンデンサ VC_{o1} の容量値との合成容量を保つように構成され

てもよい。加えて、制御部51は、共振点が目標位置となるように、合成容量を保ちながら、外側分配用コンデンサVC_{o1}の容量値と、外側共振用コンデンサVC_{o2}の容量値とを再設定してもよい。

[0081] この際、制御部51は、現在の共振点と目標位置との差を入力として、目標位置を得るための、外側分配用コンデンサVC_{o1}の容量値と外側共振用コンデンサVC_{o2}の容量値との比を出力する新たな制御データを予め記憶する。そして、制御部51は、共振点の推定結果と目標位置とを制御データに適用し、合成容量を保ちながら、外側分配用コンデンサVC_{o1}の容量値と、外側共振用コンデンサVC_{o2}の容量値とを再設定してもよい。

[0082] これにより、プラズマが生成されていない状態において理論的に求められた電流分配比と実際の電流分配比との間に乖離が生じることを抑えながらも、外側アンテナL_oにおける電圧分布、ひいては、外側アンテナL_oによって生成されるプラズマの分布を変えることが可能ともなる。

[0083] ・内側アンテナL_{i n}は、環状アンテナに限らず、各種の形状に変更することが可能であり、一例として線状アンテナに変更することが可能でもある。外側アンテナL_oもまた、環状アンテナに限らず、各種の形状に変更することが可能であり、一例として線状アンテナに変更することが可能でもある。

符号の説明

[0084] L_{i n}…内側アンテナ
L_o…外側アンテナ
S…対象物
VC_{i n 1}…内側分配用コンデンサ
VC_{o 1}…外側分配用コンデンサ
VC_{i n 2}…内側共振用コンデンサ
VC_{o 2}…外側共振用コンデンサ
R_{i n}…内側抵抗
R_o…外側抵抗

- 1 1 …真空チャンバー
- 1 2 …ステージ
- 2 1 …ガス供給部
- 2 2 …排気部
- 4 1 …高周波電源
- 4 2 …整合器
- 4 3 V i n …内側電圧検知部
- 4 3 V o …外側電圧検知部
- 4 4 I i n …内側電流検知部
- 4 4 I o …外側電流検知部
- 5 1 …制御部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の第1回路要素が直列接続された第1アンテナ回路と、
複数の第2回路要素が直列接続された第2アンテナ回路と、を備え、
、
高周波電源に接続された整合器に前記第1アンテナ回路と前記第2アンテナ回路とが並列接続され、
前記第1回路要素の駆動と前記第2回路要素の駆動とを制御する制御部をさらに備える高周波電力回路であって、
前記複数の第1回路要素は、プラズマ生成用の第1アンテナと、前記第1アンテナと前記整合器との間に位置する第1分配用コンデンサと、第1可変コンデンサとを備え、
前記複数の第2回路要素は、プラズマ生成用の第2アンテナと、前記第2アンテナと前記整合器との間に位置する第2分配用コンデンサと、第2可変コンデンサとを備え、
前記制御部は、
プラズマ生成時における前記第1アンテナと前記第1可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように前記第1可変コンデンサの容量値を設定し、かつ、
プラズマ生成時における前記第2アンテナと前記第2可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように前記第2可変コンデンサの容量値を設定する高周波電力回路。
- [請求項2] 前記第1アンテナは、前記第1分配用コンデンサと前記第1可変コンデンサとの間に位置し、
前記第2アンテナは、前記第2分配用コンデンサと前記第2可変コンデンサとの間に位置する
請求項1に記載の高周波電力回路。

- [請求項3] 前記第1可変コンデンサは、前記第1分配用コンデンサと前記第1アンテナとの間に位置し、
前記第2可変コンデンサは、前記第2分配用コンデンサと前記第2アンテナとの間に位置する
請求項1に記載の高周波電力回路。
- [請求項4] 前記第1アンテナにおける電流を検知する第1電流検知部と、
前記第1アンテナにおける電圧を検知する第1電圧検知部と、
前記第2アンテナにおける電流を検知する第2電流検知部と、
前記第2アンテナにおける電圧を検知する第2電圧検知部と、を備え、
前記制御部は、
前記第1電流検知部と前記第1電圧検知部との検知結果に基づいて前記第1アンテナと前記第1可変コンデンサとの直列部における電流の位相と電圧の位相とが一致するように前記第1可変コンデンサの容量値を設定し、かつ、
前記第2電流検知部と前記第2電圧検知部との検知結果に基づいて前記第2アンテナと前記第2可変コンデンサとの直列部における電流の位相と電圧の位相とが一致するように前記第2可変コンデンサの容量値を設定する
請求項1から3のいずれか一項に記載の高周波電力回路。
- [請求項5] 前記第1分配用コンデンサ、および前記第2分配用コンデンサは、可変コンデンサであり、
前記制御部は、
前記高周波電源が電力を供給する前に、前記第1アンテナの電流値と前記第2アンテナの電流値との比の目標値を設定する処理を行い、当該処理は、前記第1分配用コンデンサの容量値が大きくなるほど前記第2分配用コンデンサの容量値が小さくなるように前記第1分配用コンデンサの駆動に前記第2分配用コンデンサの駆動を連動させて前

記第 1 分配用コンデンサおよび前記第 2 分配用コンデンサの各容量値を設定することである

請求項 4 に記載の高周波電力回路。

[請求項 6]

前記第 1 電圧検知部は、前記第 1 アンテナが備える 2 つの端の電圧を別々に検知し、

前記制御部は、

前記第 1 アンテナと前記第 1 可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように設定された前記第 1 可変コンデンサの容量値と、前記第 1 分配用コンデンサの容量値との合成容量を保ち、かつ、前記第 1 電圧検知部の検知結果に基づいて得られた前記第 1 アンテナにおける電圧分布を変えるように、前記第 1 可変コンデンサの容量値と、前記第 1 分配用コンデンサの容量値とを再設定する

請求項 5 に記載の高周波電力回路。

[請求項 7]

前記第 2 電圧検知部は、前記第 2 アンテナが備える 2 つの端の電圧を別々に検知し、

前記制御部は、

前記第 2 アンテナと前記第 2 可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように設定された前記第 2 可変コンデンサの容量値と、前記第 2 分配用コンデンサの容量値との合成容量を保ち、かつ、前記第 2 電圧検知部の検知結果に基づいて得られた前記第 2 アンテナにおける電圧分布を変えるように、前記第 2 可変コンデンサの容量値と、前記第 2 分配用コンデンサの容量値とを再設定する

請求項 6 に記載の高周波電力回路。

[請求項 8]

真空チャンバーと、

前記真空チャンバーの外部に設けられたプラズマを生成するための高周波電力回路と、を備え、

前記高周波電力回路は、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の高周波電力回路である

プラズマ処理装置。

[請求項9]

真空チャンバー内にガスを供給すること、および、

高周波電力回路から前記真空チャンバーに高周波電力を供給すること、

を含むプラズマ処理方法であって、

前記高周波電力回路は、

複数の第 1 回路要素が直列接続された第 1 アンテナ回路と、

複数の第 2 回路要素が直列接続された第 2 アンテナ回路と、を備え

、

高周波電源に接続された整合器に前記第 1 アンテナ回路と前記第 2 アンテナ回路とが並列接続され、

前記複数の第 1 回路要素は、プラズマ生成用の第 1 アンテナと、前記第 1 アンテナと前記整合器との間に位置する第 1 分配用コンデンサと、第 1 可変コンデンサとを備え、

前記複数の第 2 回路要素は、プラズマ生成用の第 2 アンテナと、前記第 2 アンテナと前記整合器との間に位置する第 2 分配用コンデンサと、第 2 可変コンデンサとを備え、

前記高周波電力を供給することは、

前記第 1 アンテナと前記第 1 可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように前記第 1 可変コンデンサの容量値を設定すること、および、

前記第 2 アンテナと前記第 2 可変コンデンサとの直列部の電流と電圧との位相差の検知結果に基づいて当該位相差が小さくなるように前記第 2 可変コンデンサの容量値を設定すること、を含む

プラズマ処理方法。