

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002] 2つの電極の間に高周波を印加することによってプラズマを発生し該プラズマによって基板を処理するプラズマ処理装置がある。このようなプラズマ処理装置は、2つの電極の面積比および／またはバイアスによってスパッタリング装置として動作したり、エッチング装置として動作したりする。スパッタリング装置として構成されたプラズマ処理装置は、ターゲットを保持する第1電極と、基板を保持する第2電極とを有し、第1電極と第2電極との間に高周波が印加され、第1電極と第2電極との間（ターゲットと基板との間）にプラズマが生成される。プラズマの生成によってターゲットの表面にセルフバイアス電圧が発生し、これによってターゲットにイオンが衝突し、ターゲットからそれを構成する材料の粒子が放出される。

[0003] 特許文献1には、平衡不平衡変換器を備えたプラズマ表面処理装置が記載されている。このプラズマ表面処理装置は、高周波電源と、電力増幅器と、インピーダンス整合器と、同軸ケーブルと、真空容器と、放電ガス混合箱と、非接地電極と、接地電極と、トランス型平衡不平衡変器とを備えている。放電ガス混合箱、非接地電極、接地電極およびトランス型平衡不平衡変換器は、真空容器の中に配置されている。非接地電極は、絶縁物支持材および放電ガス混合箱を介して真空容器に設置されている。接地電極は、基板を支持する。また、接地電極は、真空容器に電氣的に接続されている。高周波電源の出力は、電力増幅器、インピーダンス整合器、同軸ケーブルおよびトランス型平衡不平衡変換器を介して非接地電極と接地電極との間に供給される。特許文献1によると、接地電極に接続された真空容器の部材を介して流れる同相電流 I_x は、トランス型平衡不平衡変換器によって遮断される。

[0004] 特許文献1では検討されていないが、本発明者の検討によれば、同相電流 I_x の大きさは、平衡不平衡変換器（以下、バラン）の巻き線のリアクタンス X と、平衡不平衡変換器の出力側の負荷のインピーダンス（抵抗成分） R_p との比、即ち X/R_p で決定される。 X/R_p が大きいほど平衡不平衡変換器の出力側（平衡回路側）と接地とのアイソレーション性能が向上し、同相電流 I_x が小さくなる。

[0005] 本発明者の検討によれば、プラズマ処理装置にプラズマ密度が低くなる条件が設定されている場合、例えば、真空容器内の圧力が低い場合、電極間の距離が大きい場合、電極の面積が小さい場合、高周波源が発生する高周波の周波数が低い場合等において、バランから電極の側を見た負荷のインピーダンス R_p が大きくなる。よって、インピーダンス R_p が大きい場合、同相電流 I_x を小さくするべく X/R_p を大きくするためには、バランの巻き線のリアクタンス X を大きくする必要がある。そのため、巻き線の巻き数を増やしたり、トロイダルコアを大きくしたりする必要があるが、これは、バランの大型化を招く。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2009-302566号公報

発明の概要

[0007] 本発明は、上記の課題認識に基づいてなされたものであり、バランを大型化することなく同相電流を低減するために有利な技術を提供する。

本発明の1つの側面は、プラズマ処理装置に係り、前記プラズマ処理装置は、第1入力端子、第2入力端子、第1出力端子および第2出力端子を有するバランと、真空容器と、前記第1出力端子に電氣的に接続された第1電極と、前記第2出力端子に電氣的に接続された第2電極と、前記真空容器と接地とを電氣的に接続する接続部と、を備え、前記接続部は、インダクタを含む。

図面の簡単な説明

- [0008] [図1]本発明の第1実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。
[図2A]バランの構成例を示す図。
[図2B]バランの他の構成例を示す図。
[図3A]バランおよび接続部の機能を説明する図。
[図3B]バランおよび接続部の機能を説明する図。
[図4A]バランおよび接続部の機能を説明する図。
[図4B]バランおよび接続部の機能を説明する図。
[図5A]バランおよび接続部の機能を説明する図。
[図5B]バランおよび接続部の機能を説明する図。
[図6A]バランおよび接続部の機能を説明する図。
[図6B]バランおよび接続部の機能を説明する図。
[図7]接続部（インダクタ）によるアイソレーション性能の向上を例示する図。
。
[図8]本発明の第2実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。
[図9]本発明の第3実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。
[図10]本発明の第4実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。
[図11]本発明の第5実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。
[図12]本発明の第6実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。
[図13]本発明の第7実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。
[図14]本発明の第8実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。
[図15]本発明の第9実施形態のプラズマ処理装置の構成を模式的に示す図。

発明を実施するための形態

- [0009] 以下、添付図面を参照しながら本発明をその例示的な実施形態を通して説明する。
- [0010] 図1には、本発明の第1実施形態のプラズマ処理装置1の構成が模式的に示されている。第1実施形態のプラズマ処理装置は、スパッタリングによって基板112に膜を形成するスパッタリング装置として動作しうる。プラズ

マ処理装置 1 は、 balan (平衡不平衡変換器) 103 と、真空容器 110 と、第 1 電極 106 と、第 2 電極 111 と、接続部 150 とを備えている。あるいは、プラズマ処理装置 1 は、 balan 103 と、本体 10 とを備え、本体 10 が、真空容器 110 と、第 1 電極 106 と、第 2 電極 111 と、接続部 150 とを備えているものとして理解されてもよい。本体 10 は、第 1 端子 251 および第 2 端子 252 を有する。第 1 電極 106 は、真空容器 110 と協働して真空空間と外部空間とを分離するように (即ち、真空隔壁の一部を構成するように) 配置されてもよいし、真空容器 110 の中に配置されてもよい。第 2 電極 111 は、真空容器 110 と協働して真空空間と外部空間とを分離するように (即ち、真空隔壁の一部を構成するように) 配置されてもよいし、真空容器 110 の中に配置されてもよい。

[0011] 真空容器 110 の少なくとも一部分は、導体で構成されうる。真空容器 110 は、導体で構成された部分を含みうる。接続部 150 は、真空容器 110 (の少なくとも一部分を構成する導体) と接地とを電氣的に接続する。接続部 150 は、インダクタを含み、接地に対する平衡回路のアイソレーション性能、換言すると、接地に対する balan 103 の出力 (第 1 出力端子 211、第 2 出力端子 212) 側のアイソレーション性能を向上させる。 balan 103 は、第 1 入力端子 201、第 2 入力端子 202、第 1 出力端子 211 および第 2 出力端子 212 を有する。

[0012] 第 1 実施形態では、第 1 電極 106 は、カソードであり、ターゲット 109 を保持する。ターゲット 109 は、例えば、絶縁体材料または導電体材料でありうる。また、第 1 実施形態では、第 2 電極 111 は、アノードであり、基板 112 を保持する。第 1 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、ターゲット 109 のスパッタリングによって基板 112 に膜を形成するスパッタリング装置として動作しうる。第 1 電極 106 は、第 1 出力端子 211 に電氣的に接続され、第 2 電極 111 は、第 2 出力端子 212 に電氣的に接続されている。第 1 電極 106 と第 1 出力端子 211 とが電氣的に接続されていることは、第 1 電極 106 と第 1 出力端子 211 との間で電流が流れるように第

1 電極 106 と第 1 出力端子 211 との間に電流経路が構成されていることを意味する。同様に、この明細書において、a と b とが電氣的に接続されているとは、a と b との間で電流が流れるように a と b との間に電流経路が構成されることを意味する。

[0013] 上記の構成は、第 1 電極 106 が第 1 端子 251 に電氣的に接続され、第 2 電極 111 が第 2 端子 252 に電氣的に接続され、第 1 端子 251 が第 1 出力端子 211 に電氣的に接続され、第 2 端子 252 が第 2 出力端子 212 に電氣的に接続された構成としても理解されうる。

[0014] 第 1 実施形態では、第 1 電極 106 と第 1 出力端子 211（第 1 端子 251）とがブロッキングキャパシタ 104 を介して電氣的に接続されている。ブロッキングキャパシタ 104 は、第 1 出力端子 211 と第 1 電極 106 との間（あるいは、第 1 出力端子 211 と第 2 出力端子 212 との間）を流れる直流電流を遮断する。これにより第 1 電極 106 にセルフバイアス電圧が発生しうる。ブロッキングキャパシタ 104 を設ける代わりに、後述のインピーダンス整合回路 102 が、第 1 入力端子 201 と第 2 入力端子 202 との間を流れる直流電流を遮断するように構成されてもよい。ターゲット 109 が絶縁材料である場合は、ブロッキングキャパシタ 104 が設けられなくてもよい。

[0015] 第 1 電極 106 および第 2 電極 111 は、真空容器 110（の少なくとも一部分を構成する導体）から絶縁されている。例えば、第 1 電極 106 は、絶縁体 107 を介して真空容器 110 によって支持され、第 2 電極 111 は、絶縁体 108 を介して真空容器 110 によって支持されうる。

[0016] プラズマ処理装置 1 は、高周波電源 101 と、高周波電源 101 とバラン 103 との間に配置されたインピーダンス整合回路 102 とを更に備えうる。高周波電源 101 は、インピーダンス整合回路 102 を介してバラン 103 の第 1 入力端子 201 と第 2 入力端子 202 との間に高周波（高周波電流、高周波電圧、高周波電力）を供給する。換言すると、高周波電源 101 は、インピーダンス整合回路 102、バラン 103 およびブロッキングキャパ

シタ１０４を介して、第１電極１０６と第２電極１１１との間に高周波（高周波電流、高周波電圧、高周波電力）を供給する。あるいは、高周波電源１０１は、インピーダンス整合回路１０２およびバラン１０３を介して、本体１０の第１端子２５１と第２端子２５２との間に高周波を供給するものとしても理解されうる。

[0017] 真空容器１１０の内部空間には、真空容器１１０に設けられた不図示のガス供給部を通してガス（例えば、Ａｒ、ＫｒまたはＸｅガス）が供給される。また、第１電極１０６と第２電極１１１の間には、インピーダンス整合回路１０２、バラン１０３およびブロッキングキャパシタ１０４を介して高周波電源１０１によって高周波が供給される。これにより、第１電極１０６と第２電極１１１との間にプラズマが生成され、ターゲット１０９の表面にセルフバイアス電圧が発生し、プラズマ中のイオンがターゲット１０９の表面に衝突し、ターゲット１０９からそれを構成する材料の粒子が放出される。そして、この粒子によって基板１１２の上に膜が形成される。

[0018] 図２Ａには、バラン１０３の一構成例が示されている。図２Ａに示されたバラン１０３は、第１入力端子２０１と第１出力端子２１１とを接続する第１コイル２２１と、第２入力端子２０２と第２出力端子２１２とを接続する第２コイル２２２とを有する。第１コイル２２１および第２コイル２２２は、同一巻き数のコイルであり、鉄心を共有する。

[0019] 図２Ｂには、バラン１０３の他の構成例が示されている。図２Ｂに示されたバラン１０３は、第１入力端子２０１と第１出力端子２１１とを接続する第１コイル２２１と、第２入力端子２０２と第２出力端子２１２とを接続する第２コイル２２２とを有する。また、図２Ｂに示されたバラン１０３は、第１コイル２２１と鉄心を共有して第１コイル２２１と磁氣的に結合された第３コイル２２３と、第２コイル２２２と鉄心を共有して第２コイル２２２と磁氣的に結合された第４コイル２２４とを有しうる。第１出力端子２１１と第２出力端子２１２とは、第３コイル２２３および第４コイル２２４からなる直列回路によって接続されている。第１コイル２２１、第２コイル２２

2、第3コイル223および第4コイル224は、同一の巻き数を有するコイルであり、鉄心を共有する。

[0020] 図3A、3B、4A、4B、5A、5B、6A、6Bおよび図7を参照しながらバラン103および接続部150の機能を説明する。第1入力端子201を流れる電流を I_1 、第1出力端子211を流れる電流を I_2 、第2入力端子202を流れる電流を I_2' 、電流 I_2 のうち接地に流れる電流を I_3 とする。 I_1 、 I_2 、 I_2' 、 I_3 は高周波電流である。 $I_3=0$ の場合、接地に対するバラン103の出力側のアイソレーション性能が最も良い。 $I_3=I_2$ 、即ち、第1出力端子211を流れる電流 I_2 の全てが接地に対して流れる場合、接地に対するバラン103の出力側のアイソレーション性能が最も悪い。このようなアイソレーション性能の程度を示す指標ISOは、以下の式で与えられうる。この定義の下では、ISOの値の絶対値が大きい方が、アイソレーション性能が良い。

[0021] $ISO [dB] = 20 \log (I_3 / I_2')$

図3A、3B、4A、4B、5A、5B、6Aおよび6Bにおいて、 $R_p - jX_p$ （符号160で示されている）は、真空容器110の内部空間にプラズマが発生している状態で第1出力端子211および第2出力端子212の側から第1電極106および第2電極111の側（本体10の側）を見たときのインピーダンス（ブロッキングキャパシタ104のリアクタンスを含む）を示している。 R_p は抵抗成分、 $-X_p$ はリアクタンス成分を示している。また、図3A、3B、4A、4B、5A、5B、6Aおよび6Bにおいて、 X は、バラン103の第1コイル221のインピーダンスのリアクタンス成分（インダクタンス成分）を示している。

[0022] アイソレーション性能を示すISOは、 X/R_p に対して相関を有する。具体的には、 X/R_p が大きいほどISOの値の絶対値が大きい。プラズマのインピーダンス（抵抗成分）が高い場合、 R_p が大きくなるため、 X/R_p を大きくするためには、バラン103の第1コイル221のリアクタンス X を大きくする必要がある。その方法としては、第1コイル221の巻き数を

増やす方法、および、バラン１０３のトライダルコア（鉄心）を大きくする方法がある。しかし、いずれの方法においても、バラン１０３が大型化しうる。

[0023] そこで、第１実施形態では、バラン１０３を大型化することなくアイソレーション性能を向上させるために、真空容器１１０（の少なくとも一部分を構成する導体）と接地とを電氣的に接続する接続部１５０が設けられうる。接続部１５０は、インダクタ１５１を含み、インダクタ１５１によって交流電流が抑制されるので、同相電流Ｉ３が低減される。図３Ａには、接続部１５０の第１構成例が示されている。

[0024] 図７において、インダクタの有無によるアイソレーション性能の違いが例示されている。図５Ａ、５Ｂにおいて、「インダクタあり」は、図３Ａに示される第１構成例におけるＩ１、Ｉ２'、Ｉ３、ＩＳＯを示している。また、図５Ａ、５Ｂにおいて、「インダクタなし」は、接続部１５０（インダクタ１５１）がない場合におけるＩ１、Ｉ２'、Ｉ３、ＩＳＯを示している。接続部１５０（インダクタ１５１）がない場合にはアイソレーション性能を示すＩＳＯが－８．８ｄＢであるのに対し、接続部１５０（インダクタ１５１）がある場合にはＩＳＯが－４３．１ｄＢまで向上する。

[0025] 基板１１２に対する膜の形成の際に真空容器１１０の内面にも膜が形成されうる。これにより、真空容器１１０の内面の状態が変化する。アイソレーション性能が低いと、真空容器１１０の内部空間（第１電極１０６と第２電極１１１との間の空間）に形成されるプラズマの電位が真空容器１１０の内面の状態に対して敏感になる。一方、アイソレーション性能が高いと、真空容器１１０の内部空間に形成されるプラズマの電位が真空容器１１０の内面の状態に対して鈍感になる。つまり、アイソレーション性能が高いと、プラズマ処理装置１の長期間の使用においてプラズマ電位を安定させることができる。

[0026] 一方で、アイソレーション性能が高いと、高周波によって形成される電界が第１電極１０６と第２電極１１１との間の空間に集中するので、プラズマ

を着火しにくい場合がある。図3 B、4 A、4 Bを参照して説明する接続部150の第2構成例、第3構成例、第4構成例は、プラズマの着火を考慮したものである。

[0027] 図3 Bには、接続部150の第2構成例が示されている。第2構成例の接続部150は、真空容器110（の少なくとも一部分を構成する導体）と接地とを電氣的に接続するインダクタ151と、インダクタ151の2つの端子間を短絡可能なスイッチ152とを含む。スイッチ152は、例えば、リレーでありうる。プラズマ処理装置1は、プラズマを着火する際にスイッチ152を導通状態にし、プラズマが着火した後にスイッチ152を非導通状態にするコントローラ190を備えてもよい。

[0028] 図4 Aには、接続部150の第3構成例が示されている。第3構成例の接続部150は、真空容器110（の少なくとも一部分を構成する導体）と接地とを接続するインダクタ151'と、インダクタ151'の2つの端子間を短絡可能なスイッチ152とを含む。インダクタ151'のインダクタンスは、可変である。スイッチ152は、例えば、リレーでありうる。プラズマ処理装置1は、プラズマを着火する際にスイッチ152を導通状態にし、プラズマが着火した後にスイッチ152を非導通状態にするコントローラ190を備えてもよい。また、コントローラ190は、インダクタ151'のインダクタンスの値を制御することによってプラズマの状態を制御しうる。

[0029] 図4 Bには、接続部150の第4構成例が示されている。第4構成例の接続部150は、真空容器110（の少なくとも一部分を構成する導体）と接地とを接続するインダクタ151'を含む。インダクタ151'のインダクタンスは、可変である。プラズマ処理装置1は、プラズマの着火後にプラズマの着火前よりもインダクタ151'のインダクタンスを大きくするコントローラ190を備えうる。

[0030] 上記のように真空容器110（の少なくとも一部分を構成する導体）と接地とを電氣的に接続する接続部150の代わりに、バラン103の第2入力端子202と接地とを電氣的に接続する接続部155を設けても同様の効果

が得られる。更には、接続部150、155の双方が設けられてもよい。

[0031] 図5Aには、バラン103の第2入力端子202と接地とを電氣的に接続する接続部155の第1構成例が示されている。接続部155は、インダクタ156を含む。

第1接続部155を設けることによって高いアイソレーション性能が得られる。一方、上記のように、アイソレーション性能が高いと、高周波によって形成される電界が第1電極106と第2電極111との間の空間に集中するので、プラズマを着火しにくい場合がある。図5B、6A、6Bを参照して説明する接続部155の第2構成例、第3構成例、第4構成例は、プラズマの着火を考慮したものである。

[0032] 図5Bには、接続部155の第2構成例が示されている。第2構成例の接続部155は、バラン103の第2入力端子202と接地とを電氣的に接続するインダクタ156と、インダクタ156の2つの端子間を短絡可能なスイッチ157とを含む。スイッチ157は、例えば、リレーでありうる。プラズマ処理装置1は、プラズマを着火する際にスイッチ157を導通状態にし、プラズマが着火した後にスイッチ157を非導通状態にするコントローラ190を備えてもよい。

[0033] 図6Aには、接続部155の第3構成例が示されている。第3構成例の接続部155は、バラン103の第2入力端子202と接地とを接続するインダクタ156'と、インダクタ156'の2つの端子間を短絡可能なスイッチ157とを含む。インダクタ156'のインダクタンスは、可変である。スイッチ157は、例えば、リレーでありうる。プラズマ処理装置1は、プラズマを着火する際にスイッチ157を導通状態にし、プラズマが着火した後にスイッチ157を非導通状態にするコントローラ190を備えてもよい。また、コントローラ190は、インダクタ156'のインダクタンスの値を制御することによってプラズマの状態を制御しうる。

[0034] 図6Bには、接続部155の第4構成例が示されている。第4構成例の接続部155は、真空容器110（の少なくとも一部分を構成する導体）と接

地とを接続するインダクタ156'を含む。インダクタ156'のインダクタンスは、可変である。プラズマ処理装置1は、プラズマの着火後にプラズマの着火前よりもインダクタ156'のインダクタンスを大きくするコントローラ190を備えうる。

[0035] 図8には、本発明の第2実施形態のプラズマ処理装置1の構成が模式的に示されている。第2実施形態のプラズマ処理装置1は、基板112をエッチングするエッチング装置として動作しうる。第2実施形態として言及しない事項は、第1実施形態に従いうる。第2実施形態では、第1電極106は、カソードであり、基板112を保持する。また、第2実施形態では、第2電極111は、アノードである。第2実施形態のプラズマ処理装置1では、第1電極106と第1出力端子211とがブロッキングキャパシタ104を介して電氣的に接続されている。第2実施形態においても、真空容器110（の少なくとも一部分を構成する導体）と接地とを電氣的に接続する接続部150が設けられている。接続部150は、例えば、接続部150の第1乃至第4構成例のいずれかの構成を有しうる。

[0036] 図9には、本発明の第3実施形態のプラズマ処理装置1の構成が模式的に示されている。第3実施形態として言及しない事項は、第1実施形態に従いうる。第1実施形態のプラズマ処理装置は、基板112をエッチングするエッチング装置として動作しうる。第2電極111は、第1電極106を全周にわたって取り囲むように配置されうる。第2電極111は、例えば、筒形状を有しうる。第1電極106および第2電極111は、同軸構造を有することが望ましい。一例において、第1電極106は、仮想軸を中心とする円柱形状を有し、第2電極111は、該仮想軸を中心とする円筒形状を有する。

[0037] 上記のような第1電極106および第2電極111の構成は、第1電極106と第2電極111との間のインピーダンスを低下させるために有利であり、これは、バルン103の出力側から接地に流れる電流、即ち同相電流I3を低下させるために有利である。同相電流I3を低下させることは、真空

容器 110 をアノードとして機能させにくくすることを意味する。真空容器 110 の内壁の状態は、基板 112 のエッチングにともなって変化しうるが、真空容器 110 をアノードして機能させにくくすることによって、真空容器 110 の内壁の状態に対してプラズマ電位を鈍感にすることができる。これは、プラズマ処理装置 1 の長期間の使用においてプラズマ電位を安定させるために有利である。他の観点において、第 1 電極 106 と第 2 電極 111 との間のインピーダンスは、第 1 電極 106 と真空容器 110 との間のインピーダンスより小さいことが好ましい。これは、上記の同相電流 I3 を低下させるために有利である。

[0038] 第 1 電極 106 と第 2 電極 111 との距離（間隙の大きさ）は、デバイス長以下であることが好ましい。これは、第 1 電極 106 と第 2 電極 111 との間隙にプラズマが入り込むことを抑制するために効果的である。

[0039] 第 3 実施形態では、エッチング装置として動作するプラズマ処理装置 1 について説明したが、プラズマ処理装置 1 は、第 1 電極 106 によってターゲットを保持し、別途設けた基板保持部によって基板を保持し、ターゲットのスパッタリングによって基板に膜を形成するスパッタリング装置として動作するに構成されてもよい。

[0040] 図 10 には、本発明の第 4 実施形態のプラズマ処理装置 1 の構成が模式的に示されている。第 4 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、第 3 実施形態の変形例である。第 4 実施形態では、第 2 電極 111 は、第 1 電極 106 の表面および側面に対向する部分を含み、第 1 電極 106 の該表面および該側面を取り囲むように配置されている。第 2 電極 111 のうち第 1 電極 106 の側面に対向する部分（以下、側方部分）は、第 1 電極 106 を全周にわたって取り囲む形状、例えば、筒形状を有しうる。第 1 電極 106 および第 2 電極 111 の側方部分は、同軸構造を有することが望ましい。一例において、第 1 電極 106 は、仮想軸を中心とする円柱形状を有し、第 2 電極 111 の側方部分は、該仮想軸を中心とする円筒形状を有する。

[0041] 図 11 には、本発明の第 5 実施形態のプラズマ処理装置 1 の構成が模式的

に示されている。第5実施形態のプラズマ処理装置は、スパッタリングによって基板112に膜を形成するスパッタリング装置として動作しうる。第5実施形態として言及しない事項は、第1実施形態に従いうる。

[0042] プラズマ処理装置1は、バラン103と、真空容器110と、第1電極106と、第2電極111と、基板保持部132と、接続部150を備えている。あるいは、プラズマ処理装置1は、バラン103と、本体10とを備え、本体10が、真空容器110と、第1電極106と、第2電極111と、基板保持部132と、接続部150とを備えるものとして理解されてもよい。本体10は、第1端子251および第2端子252を有する。第1電極106は、真空容器110と協働して真空空間と外部空間とを分離するように（即ち、真空隔壁の一部を構成するように）配置されてもよいし、真空容器110の中に配置されてもよい。第2電極111は、真空容器110と協働して真空空間と外部空間とを分離するように（即ち、真空隔壁の一部を構成するように）配置されてもよいし、真空容器110の中に配置されてもよい。

[0043] 第1電極106および第2電極111は、基板保持部132（基板保持部132によって保持される基板112）の側の空間に対向するように配置される。第2電極111は、第1電極106を全周にわたって取り囲むように配置されうる。第2電極111は、例えば、筒形状を有しうる。第1電極106および第2電極111は、同軸構造を有することが望ましい。一例において、第1電極106は、仮想軸を中心とする円柱形状を有し、第2電極111は、該仮想軸を中心とする円筒形状を有する。

[0044] 上記のような第1電極106および第2電極111の構成は、第1電極106と第2電極111との間のインピーダンスを低下させるために有利であり、これは、バラン103の出力側から接地に流れる電流、即ち同相電流I₃を低下させるために有利である。同相電流I₃を低下させることは、真空容器110をアノードとして機能させにくくすることを意味する。真空容器110の内壁には、基板112への膜の形成にともなって意図しない膜が形

成されうるが、真空容器 110 をアノードして機能させにくくすることによって、真空容器 110 の内壁の状態に対してプラズマ電位を鈍感にすることができる。これは、プラズマ処理装置 1 の長期間の使用においてプラズマ電位を安定させるために有利である。他の観点において、第 1 電極 106 と第 2 電極 111 との間のインピーダンスは、第 1 電極 106 と真空容器 110 との間のインピーダンスより小さいことが好ましい。これは、上記の同相電流を低下させるために有利である。

[0045] 第 1 電極 106 と第 2 電極 111 との距離（間隙の大きさ）は、デバイ長以下であることが好ましい。これは、第 1 電極 106 と第 2 電極 111 との間隙にプラズマが入り込むことを抑制するために効果的である。

[0046] 図 12 には、本発明の第 6 実施形態のプラズマ処理装置 1 の構成が模式的に示されている。第 6 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、基板 112 をエッチングするエッチング装置として動作しうる。第 6 実施形態として言及しない事項は、第 2 実施形態に従いうる。第 6 実施形態では、バルン 103 の第 2 入力端子 202 と接地とを電氣的に接続する接続部 155 が設けられている。接続部 155 は、例えば、接続部 155 の第 1 乃至第 4 構成例のいずれかの構成を有しうる。

[0047] 図 13 には、本発明の第 7 実施形態のプラズマ処理装置 1 の構成が模式的に示されている。第 7 実施形態として言及しない事項は、第 3 実施形態に従いうる。第 7 実施形態のプラズマ処理装置は、基板 112 をエッチングするエッチング装置として動作しうる。第 7 実施形態においても、バルン 103 の第 2 入力端子 202 と接地とを電氣的に接続する接続部 155 が設けられている。接続部 155 は、例えば、接続部 155 の第 1 乃至第 4 構成例のいずれかの構成を有しうる。

[0048] 図 14 には、本発明の第 8 実施形態のプラズマ処理装置 1 の構成が模式的に示されている。第 8 実施形態として言及しない事項は、第 4 実施形態に従いうる。第 8 実施形態においても、バルン 103 の第 2 入力端子 202 と接地とを電氣的に接続する接続部 155 が設けられている。接続部 155 は、

例えば、接続部 155 の第 1 乃至第 4 構成例のいずれかの構成を有しうる。

[0049] 図 15 には、本発明の第 9 実施形態のプラズマ処理装置 1 の構成が模式的に示されている。第 9 実施形態のプラズマ処理装置は、スパッタリングによって基板 112 に膜を形成するスパッタリング装置として動作しうる。第 9 実施形態として言及しない事項は、第 5 実施形態に従いうる。第 9 実施形態においても、バラン 103 の第 2 入力端子 202 と接地とを電氣的に接続する接続部 155 が設けられている。接続部 155 は、例えば、接続部 155 の第 1 乃至第 4 構成例のいずれかの構成を有しうる。

[0050] 上記の接続部 150、155 は、真空容器 110 とバラン 103 の第 2 入力端子 202 とを接続する接続部としても理解することができる。真空容器 110 とバラン 103 の第 2 入力端子 202 とが接続部 150 又は 155 によって接続された構成において、真空容器 110 およびバラン 103 の第 2 入力端子 202 のいずれか一方が接地されうる。

符号の説明

[0051] 1 : プラズマ処理装置、10 : 本体、101 : 高周波電源、102 : インピーダンス整合回路、103 : バラン、104 : ブロッキングキャパシタ、106 : 第 1 電極、107、108 : 絶縁体、109 : ターゲット、110 : 真空容器、111 : 第 2 電極、112 : 基板、150 : 接続部、151 : インダクタ、151' : インダクタ、152 : スイッチ、155 : 接続部、156 : インダクタ、156' : インダクタ、157 : スイッチ、190 : コントローラ、201 : 第 1 入力端子、202 : 第 2 入力端子、211 : 第 1 出力端子、212 : 第 2 出力端子、251 : 第 1 端子、252 : 第 2 端子、221 : 第 1 コイル、222 : 第 2 コイル、223 : 第 3 コイル、224 : 第 4 コイル