

明 細 書

発明の名称：

プラズマ処理装置、プラズマ処理方法、プログラムおよびメモリ媒体
技術分野

[0001] 本発明は、プラズマ処理装置、プラズマ処理方法、プログラムおよびメモリ媒体に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、高周波トランス（T r 7）と、マッチングボックス（M B 7）と、真空容器（1 0）と、第1のターゲット（T 5）と、第2のターゲット（T 6）と、高周波電圧発生器（O S C 5）と、電圧増幅器（P A 5）と、基板ホルダ（2 1）と、モータ（2 2）とを備えるスパッタ装置が記載されている。特開平2－1 5 6 0 8 0号公報に記載されたスパッタ装置では、2つのターゲット（T 5、T 6）の電圧は、プラズマの発生条件等によって定まるものであり、調整不能なパラメータである。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平2－1 5 6 0 8 0号公報

発明の概要

[0004] 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、プラズマを発生させるための2つの電極の電圧を調整するために有利な技術を提供する。

[0005] 本発明の第1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、インピーダンス整合回路と、前記インピーダンス整合回路に接続された第1不平衡端子、接地された第2不平衡端子、第1平衡端子および第2平衡端子を有するバランと、接地された真空容器と、前記第1平衡端子に電氣的に接続された第1電極と、前記第2平衡端子に電氣的に接続された第2電極と、前記第1電極に印加される第1電圧と前記第2電極に印加される第2電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスと、前記インピーダンス整合回

路を介して前記第1不平衡端子と前記第2不平衡端子との間に供給される高周波を発生する高周波電源と、前記インピーダンス整合回路のインピーダンスおよび前記調整リアクタンスのリアクタンスを制御する制御部と、を備える。

[0006] 本発明の第2の側面は、プラズマ処理装置において基板を処理するプラズマ処理方法に係り、前記プラズマ処理装置は、インピーダンス整合回路と、前記インピーダンス整合回路に接続された第1不平衡端子、接地された第2不平衡端子、第1平衡端子および第2平衡端子を有するバランと、接地された真空容器と、前記第1平衡端子に電氣的に接続された第1電極と、前記第2平衡端子に電氣的に接続された第2電極と、前記第1電極に印加される第1電圧と前記第2電極に印加される第2電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスと、前記インピーダンス整合回路を介して前記第1不平衡端子と前記第2不平衡端子との間に供給される高周波を発生する高周波電源と、を備え、前記プラズマ処理方法は、前記第1平衡端子および前記第2平衡端子の側から前記第1電極および前記第2電極の側を見たときのインピーダンスに整合するように前記インピーダンス整合回路のインピーダンスを制御する整合工程と、前記関係が調整されるように前記調整リアクタンスを調整する調整工程と、前記調整工程の後に、前記基板を処理する処理工程と、を含む。

[0007] 本発明の第3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、インピーダンス整合回路と、前記インピーダンス整合回路に接続された第1不平衡端子、接地された第2不平衡端子、第1平衡端子および第2平衡端子を有するバランと、接地された真空容器と、前記第1平衡端子に電氣的に接続された第1電極と、前記第2平衡端子に電氣的に接続された第2電極と、前記第1電極に印加される第1電圧と前記第2電極に印加される第2電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスと、前記インピーダンス整合回路を介して前記第1不平衡端子と前記第2不平衡端子との間に供給される高周波を発生する高周波電源と、前記第1電極の電圧および前記第2電極の電

圧を測定する測定部と、を備え、前記測定部で測定された前記第1電極の電圧と前記第2電極の電圧に応じて、前記調整リアクタンスのリアクタンスが調整される。

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1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3]バラン103の機能を説明する図。
[図4]電流 I_1 ($=I_2$)、 I_2' 、 I_3 、 I_{SO} 、 α ($=X/R_p$) の関係を例示する図。
[図5A] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位およびカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。
[図5B] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位およびカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。
[図5C] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位およびカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。
[図5D] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位およびカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。
[図6A] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位およびカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。
[図6B] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位およびカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。
[図6C] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位およびカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。
[図6D] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位およびカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。
[図7] $R_p - jX_p$ の確認方法を例示する図。
[図8]本発明の第2実施形態のプラズマ処理装置1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1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1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1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1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1の構成を模式的に示す図

。

[図14]本発明の第7実施形態のバランの機能を説明する図。

[図15A] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位および2つのカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。

[図15B] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位および2つのカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。

[図15C] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位および2つのカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。

[図15D] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位および2つのカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。

[図16A] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位および2つのカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。

[図16B] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位および2つのカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。

[図16C] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位および2つのカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。

[図16D] $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位および2つのカソード電位をシミュレーションした結果を示す図。

[図17]本発明の第8実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図

。

[図18]本発明の第9実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。
。

[図19]本発明の第10実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図20]本発明の第11実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図21]本発明の第12実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図22]本発明の第13実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図23]本発明の第14実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図24]本発明の第9実施形態のプラズマ処理装置1の機能を説明する図。

[図25]本発明の第9実施形態のプラズマ処理装置1の機能を説明する図。

[図26]本発明の第15実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図27]本発明の第16実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図28]本発明の第17実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図29]本発明の第18実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図30]本発明の第19実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図31]本発明の第20実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図32]本発明の第21実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図33]本発明の第23実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図34]本発明の第24実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図35]本発明の第25実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図36]本発明の第26実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図37]本発明の第27実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図38]本発明の第28実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図39]本発明の第29実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図40]本発明の第23実施形態のプラズマ処理装置1の動作を例示するフローチャート。

[図41]リアクタンスと第1電極および第2電極の電圧との関係を例示する図。

[図42]本発明の第30実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図43]本発明の第31実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図44]本発明の第32実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図45]本発明の第33実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図46]本発明の第34実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図47]高周波電源が発生する高周波の周波数を12.56MHzに設定した場合に基板に形成された膜の正規化された厚さ分布を例示する図。

[図48]高周波電源が発生する高周波の周波数を変化させた場合における第1電極の電圧（第1電圧）および第2電極の電圧（第2電圧）を例示する図。

[図49]本発明の第35実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図50]本発明の第36実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図51]本発明の第37実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図52]本発明の第38実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図53]本発明の第39実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図54]本発明の第41実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図55]本発明の第42実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図56]本発明の第43実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図57]本発明の第44実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図58]本発明の第45実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図59]高周波電源が発生する高周波の周波数と第1電極および第2電極の電圧との関係を例示する図。

[図60]本発明の第46実施形態のプラズマ処理装置1の構成を模式的に示す図。

[図61]本発明の第47実施形態のプラズマ処理装置1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（平衡不平衡変換回路）103と、真空容器110と、第1電極106と、第2電極111とを備えている。あるいは、プラズマ処理装置1は、 balan103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] balan103は、第1不平衡端子201、第2不平衡端子202、第1平衡端子211および第2平衡端子212を有する。balan103の第1不平衡端子201および第2不平衡端子202の側には、不平衡回路が接続され、balan103の第1平衡端子211および第2平衡端子212の側には、平衡回路が接続される。真空容器110は、導体で構成され、接地されている。

[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 平衡端子 211 に電氣的に接続され、第 2 電極 111 は、第 2 平衡端子 212 に電氣的に接続されている。第 1 電極 106 と第 1 平衡端子 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 平衡端子 211 との間で電流が流れるように第 1 電極 106 と第 1 平衡端子 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 平衡端子 211 に電氣的に接続され、第 2 端子 252 が第 2 平衡端子 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 平衡端子 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 平衡端子 211 と第 1 電極 106 との間 (あるいは、第 1 平衡端子 211 と第 2 平衡端子 212 との間) で直流電流を遮断する。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 不平衡端子 201 と第 2 不平衡端子 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。第 1 電極 106 は、絶縁体 107 を介して真空容器 110 によって支持されうる。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。あるいは、第 2 電極 111 と真空容器 110 との間に絶縁体 108 が配置されうる。

[0015] 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 10

3の第1不平衡端子201と第2不平衡端子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。

[0016] 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。

[0017] 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不平衡端子201と第1平衡端子211とを接続する第1コイル221と、第2不平衡端子202と第2平衡端子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。

[0018] 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不平衡端子201と第1平衡端子211とを接続する第1コイル221と、第2不平衡端子202と第2平衡端子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。また、図2Bに示されたバラン103は、第1平衡端子211と第2平衡端子212との間に接

続された第3コイル223および第4コイル224を更に有し、第3コイル223および第4コイル224は、第3コイル223と第4コイル224との接続ノード213の電圧を第1平衡端子211の電圧と第2平衡端子212の電圧との中点とするように構成されている。第3コイル223および第4コイル224は、同一巻き数のコイルであり、鉄心を共有する。接続ノード213は、接地されてもよいし、真空容器110に接続されてもよいし、フローティングにされてもよい。

[0019] 図3を参照しながらバラン103の機能を説明する。第1不平衡端子201を流れる電流を I_1 、第1平衡端子211を流れる電流を I_2 、第2不平衡端子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。 $I_3 = 0$ 、即ち、平衡回路の側で接地に電流が流れない場合、接地に対する平衡回路のアイソレーション性能が最も良い。 $I_3 = I_2$ 、即ち、第1平衡端子211を流れる電流 I_2 の全てが接地に対して流れる場合、接地に対する平衡回路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。

$$[0020] \quad ISO [dB] = 20 \log (I_3 / I_2')$$

図3において、 $R_p - jX_p$ 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平衡端子211および第2平衡端子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3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。ISOは、 X/R_p に対して相関を有する。

[0021] 図4には、電流 I_1 （ $= I_2$ ）、 I_2' 、 I_3 、ISO、 α （ $= X/R_p$ ）の関係が例示されている。本発明者は、バラン103を介して高周波電源

101から第1電極106と第2電極111との間に高周波を供給する構成、特に、該構成において $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たすことが、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（プラズマ電位）を真空容器110の内面の状態に対して鈍感にするために有利であることを見出した。ここで、プラズマ電位が真空容器110の内面の状態に対して鈍感になることは、プラズマ処理装置1を長期間にわたって使用した場合においてもプラズマ電位を安定させることができることを意味する。 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ は、 $-10.0 \text{ dB} \geq \text{ISO} \geq -80 \text{ dB}$ に相当する。

[0022] 図5A～5Dには、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位および第1電極106の電位（カソード電位）をシミュレーションした結果が示されている。図5Aは、真空容器110の内面に膜が形成されていない状態でのプラズマ電位およびカソード電位を示している。図5Bは、真空容器110の内面に抵抗性の膜（ 1000Ω ）が形成された状態でのプラズマ電位およびカソード電位を示している。図5Cは、真空容器110の内面に誘導性の膜（ $0.6 \mu\text{H}$ ）が形成された状態でのプラズマ電位およびカソード電位を示している。図5Dは、真空容器110の内面に容量性の膜（ 0.1 nF ）が形成された状態でのプラズマ電位およびカソード電位を示している。図5A～5Dより、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たすことが、真空容器110の内面が種々の状態においてプラズマ電位を安定させるために有利であることが理解される。

[0023] 図6A～6Dには、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合におけるプラズマ電位および第1電極106の電位（カソード電位）をシミュレーションした結果が示されている。図6Aは、真空容器110の内面に膜が形成されていない状態でのプラズマ電位およびカソード電位を示している。図6Bは、真空容器110の内面に抵抗性の膜（ 1000Ω ）が形成された状態でのプラズマ電位およびカソード電位を示している。図6Cは、真空容器110の内面に誘導性の膜（ $0.6 \mu\text{H}$ ）が形成された状態でのプラズマ電

位およびカソード電位を示している。図6Dは、真空容器110の内面に容量性の膜(0.1nF)が形成された状態でのプラズマ電位およびカソード電位を示している。図6A~6Dより、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合は、真空容器110の内面の状態に依存してプラズマ電位が変化しうることが理解される。

[0024] ここで、 $X/R_p > 5000$ (例えば、 $X/R_p = \infty$) である場合と $X/R_p < 1.5$ である場合 (例えば、 $X/R_p = 1.0$ 、 $X/R_p = 0.5$) との双方において、真空容器110の内面の状態に依存してプラズマ電位が変化しやすい。 $X/R_p > 5000$ である場合は、真空容器110の内面に膜が形成されていない状態では、第1電極106と第2電極111との間でのみ放電が起こる。しかし、 $X/R_p > 5000$ である場合、真空容器110の内面に膜が形成され始めると、それに対してプラズマ電位が敏感に反応し、図6A~6Dに例示されるような結果となる。一方、 $X/R_p < 1.5$ である場合は、真空容器110を介して接地に流れ込む電流が大きいので、真空容器110の内面の状態(内面に形成される膜の電気的な特性)による影響が顕著となり、膜の形成に依存してプラズマ電位が変化する。したがって、前述のように、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たすようにプラズマ処理装置1を構成することが有利である。

[0025] 図7を参照しながら $R_p - jX_p$ (実際に知りたいものは R_p のみ) の決定方法を例示する。まず、プラズマ処理装置1からバラン103を取り外し、インピーダンス整合回路102の出力端子230を本体10の第1端子251(ブロッキングキャパシタ104)に接続する。また、本体10の第2端子252(第2電極111)を接地する。この状態で高周波電源101からインピーダンス整合回路102を通して本体10の第1端子251に高周波を供給する。図7に示された例では、インピーダンス整合回路102は、等価的に、コイルL1、L2および可変キャパシタVC1、VC2で構成される。可変キャパシタVC1、VC2の容量値を調整することによってプラズマを発生させることができる。プラズマが安定した状態において、インピ

ーダンス整合回路102のインピーダンスは、プラズマが発生しているときの本体10の側（第1電極106および第2電極111の側）のインピーダンス $R_p - jX_p$ に整合している。このときのインピーダンス整合回路102のインピーダンスは、 $R_p + jX_p$ である。

[0026] よって、インピーダンスが整合したときのインピーダンス整合回路102のインピーダンス $R_p + jX_p$ に基づいて、 $R_p - jX_p$ （実際に知りたいものは R_p のみ）を得ることができる。 $R_p - jX_p$ は、その他、例えば、設計データに基づいてシミュレーションによって求めることができる。

[0027] このようにして得られた R_p に基づいて、 X/R_p を特定することができる。例えば、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たすように、 R_p に基づいて、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） X を決定することができる。

[0028] 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平衡端子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。換言すると、第2実施形態のプラズマ処理装置1では、ブロッキングキャパシタ104が第1電極106と第1平衡端子211との電氣的な接続経路に配置されている。

[0029] 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実施形態のプラズマ処理装置1は、第1実施形態のプラズマ処理装置1の変形例であり、第2電極111を昇降させる機構および第2電極111を回転させる機構の少なくとも一方を更に備える。図9に示された例では、プラズマ処理装置1は、第2電極111を昇降させる機構および第2電極111を回転させる機構の双方を含む駆動機構114を備える。真空容器110と駆動機構114との間には、真空隔壁を構成するベローズ

１１３が設けられうる。

[0030] 同様に、第２実施形態のプラズマ処理装置１も、第１電極１０６を昇降させる機構および第２電極１０６を回転させる機構の少なくとも一方を更に備えうる。

[0031] 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４実施形態のプラズマ処理装置１として言及しない事項は、第１乃至第３実施形態に従いうる。プラズマ処理装置１は、第１バラン１０３と、第２バラン３０３と、真空容器１１０と、第１組を構成する第１電極１０６および第２電極１３５と、第２組を構成する第１電極１４１および第２電極１４５とを備えている。あるいは、プラズマ処理装置１は、第１バラン１０３と、第２バラン３０３と、本体１０とを備え、本体１０が、真空容器１１０と、第１組を構成する第１電極１０６および第２電極１３５と、第２組を構成する第１電極１４１および第２電極１４５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、第２端子２５２、第３端子４５１、第４端子４５２を有する。

[0032] 第１バラン１０３は、第１不平衡端子２０１、第２不平衡端子２０２、第１平衡端子２１１および第２平衡端子２１２を有する。第１バラン１０３の第１不平衡端子２０１および第２不平衡端子２０２の側には、不平衡回路が接続され、第１バラン１０３の第１平衡端子２１１および第２平衡端子２１２の側には、平衡回路が接続される。第２バラン３０３は、第１バラン１０３と同様の構成を有しうる。第２バラン３０３は、第１不平衡端子４０１、第２不平衡端子４０２、第１平衡端子４１１および第２平衡端子４１２を有する。第２バラン３０３の第１不平衡端子４０１および第２不平衡端子４０２の側には、不平衡回路が接続され、第２バラン３０３の第１平衡端子４１１および第２平衡端子４１２の側には、平衡回路が接続される。真空容器１１０は、接地されている。

- [0033] 第1組の第1電極106は、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。第1組の第2電極135は、第1電極106の周囲に配置される。第1組の第1電極106は、第1 balan 103の第1平衡端子211に電氣的に接続され、第1組の第2電極135は、第1 balan 103の第2平衡端子212に電氣的に接続されている。第2組の第1電極141は、基板112を保持する。第2組の第2電極145は、第1電極141の周囲に配置される。第2組の第1電極141は、第2 balan 303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第2組の第2電極145は、第2 balan 303の第2平衡端子412に電氣的に接続されている。
- [0034] 上記の構成は、第1組の第1電極106が第1端子251に電氣的に接続され、第1組の第2電極135が第2端子252に電氣的に接続され、第1端子251が第1 balan 103の第1平衡端子211に電氣的に接続され、第2端子252が第1 balan 103の第2平衡端子212に電氣的に接続された構成として理解されうる。また、上記の構成は、第2組の第1電極141が第3端子451に電氣的に接続され、第2組の第2電極145が第4端子452に電氣的に接続され、第3端子451が第2 balan 303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第4端子452が第2 balan 303の第2平衡端子412に電氣的に接続されているものとして理解されうる。
- [0035] 第1組の第1電極106と第1 balan 103の第1平衡端子211（第1端子251）とは、ブロッキングキャパシタ104を介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ104は、第1 balan 103の第1平衡端子211と第1組の第1電極106との間（あるいは、第1 balan 103の第1平衡端子211と第2平衡端子212との間）で直流電流を遮断する。ブロッキングキャパシタ104を設ける代わりに、第1インピーダンス整合回路102が、第1 balan 103の第1不平衡端子201と第2不平衡端子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。第1組の第1電極106および第2電極135は、絶縁体132を介して真空容器

110によって支持されうる。

[0036] 第2組の第1電極141と第2バラン303の第1平衡端子411（第3端子451）とは、ブロッキングキャパシタ304を介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ304は、第2バラン303の第1平衡端子411と第2組の第1電極141との間（あるいは、第2バラン303の第1平衡端子411と第2平衡端子412との間）で直流電流を遮断する。ブロッキングキャパシタ304を設ける代わりに、第2インピーダンス整合回路302が、第2バラン303の第1不平衡端子201と第2不平衡端子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。第2組の第1電極141および第2電極145は、絶縁体142を介して真空容器110によって支持されうる。

[0037] プラズマ処理装置1は、第1高周波電源101と、第1高周波電源101と第1バラン103との間に配置された第1インピーダンス整合回路102とを備えうる。第1高周波電源101は、第1インピーダンス整合回路102を介して第1バラン103の第1不平衡端子201と第2不平衡端子202との間に高周波を供給する。換言すると、第1高周波電源101は、第1インピーダンス整合回路102、第1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135との間に高周波を供給する。あるいは、第1高周波電源101は、第1インピーダンス整合回路102、第1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。第1バラン103並びに第1組の第1電極106および第2電極135は、真空容器110の内部空間に高周波を供給する第1高周波供給部を構成する。

[0038] プラズマ処理装置1は、第2高周波電源301と、第2高周波電源301と第2バラン303との間に配置された第2インピーダンス整合回路302とを備えうる。第2高周波電源301は、第2インピーダンス整合回路302を介して第2バラン303の第1不平衡端子401と第2不平衡端子402との間に高周波を供給する。換言すると、第2高周波電源301は、第2

インピーダンス整合回路302、第2バラン303およびブロッキングキャパシタ304を介して、第2組の第1電極141と第2電極145との間に高周波を供給する。あるいは、第2高周波電源301は、第2インピーダンス整合回路302、第2バラン303を介して、本体10の第3端子451と第4端子452との間に高周波を供給する。第2バラン303並びに第2組の第1電極141および第2電極145は、真空容器110の内部空間に高周波を供給する第2高周波供給部を構成する。

[0039] 第1高周波電源101からの高周波の供給によって真空容器110の内部空間にプラズマが発生している状態で第1バラン103の第1平衡端子211および第2平衡端子212の側から第1組の第1電極106および第2電極135の側（本体10の側）を見たときのインピーダンスを $R_{p1} - jX_{p1}$ とする。また、第1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 X_1 とする。この定義において、 $1.5 \leq X_1 / R_{p1} \leq 5000$ を満たすことは、真空容器110の内部空間に形成されるプラズマの電位を安定させるために有利である。

[0040] また、第2高周波電源301からの高周波の供給によって真空容器110の内部空間にプラズマが発生している状態で第2バラン303の第1平衡端子411および第2平衡端子412の側から第2組の第1電極141および第2電極145の側（本体10の側）を見たときのインピーダンスを $R_{p2} - jX_{p2}$ とする。また、第2バラン303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 X_2 とする。この定義において、 $1.5 \leq X_2 / R_{p2} \leq 5000$ を満たすことは、真空容器110の内部空間に形成されるプラズマの電位を安定させるために有利である。

[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実施形態の装置1は、第4実施形態のプラズマ処理装置1に対して駆動機構114、314を追加した構成を有する。駆動機構114は、第1電極141を昇降させる機構および第1電極141を回転させる機構の少なくとも一方を備えうる。駆動機構314は、第2電極145を

昇降させる機構を備えうる。

[0042] 図 1 2 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は、スパッタリングによって基板 1 1 2 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 6 実施形態として言及しない事項は、第 1 乃至第 5 実施形態に従いうる。第 6 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、複数の第 1 高周波供給部と、少なくとも 1 つの第 2 高周波供給部とを備えている。複数の第 1 高周波供給部のうちの 1 つは、第 1 電極 1 0 6 a と、第 2 電極 1 3 5 a と、第 1 バラン 1 0 3 a とを含みうる。複数の第 1 高周波供給部のうちの他の 1 つは、第 1 電極 1 0 6 b と、第 2 電極 1 3 5 b と、第 1 バラン 1 0 3 b とを含みうる。ここでは、複数の第 1 高周波供給部が 2 つの高周波供給部で構成される例を説明する。また、2 つの高周波供給部およびそれに関連する構成要素を添え字 a、b で相互に区別する。同様に、2 つのターゲットについても、添え字 a、b で相互に区別する。

[0043] 他の観点において、プラズマ処理装置 1 は、複数の第 1 バラン 1 0 3 a、1 0 3 b と、第 2 バラン 3 0 3 と、真空容器 1 1 0 と、第 1 電極 1 0 6 a および第 2 電極 1 3 5 a と、第 1 電極 1 0 6 b および第 2 電極 1 3 5 b と、第 1 電極 1 4 1 および第 2 電極 1 4 5 とを備えている。あるいは、プラズマ処理装置 1 は、複数の第 1 バラン 1 0 3 a、1 0 3 b と、第 2 バラン 3 0 3 と、本体 1 0 とを備え、本体 1 0 が、真空容器 1 1 0 と、第 1 電極 1 0 6 a および第 2 電極 1 3 5 a と、第 1 電極 1 0 6 b および第 2 電極 1 3 5 b と、第 1 電極 1 4 1 および第 2 電極 1 4 5 とを備えているものとして理解されてもよい。本体 1 0 は、第 1 端子 2 5 1 a、2 5 1 b、第 2 端子 2 5 2 a、2 5 2 b、第 3 端子 4 5 1、第 4 端子 4 5 2 を有する。

[0044] 第 1 バラン 1 0 3 a は、第 1 不平衡端子 2 0 1 a、第 2 不平衡端子 2 0 2 a、第 1 平衡端子 2 1 1 a および第 2 平衡端子 2 1 2 a を有する。第 1 バラン 1 0 3 a の第 1 不平衡端子 2 0 1 a および第 2 不平衡端子 2 0 2 a の側には、不平衡回路が接続され、第 1 バラン 1 0 3 a の第 1 平衡端子 2 1 1 a お

よび第2平衡端子212aの側には、平衡回路が接続される。第1 balan 103bは、第1不平衡端子201b、第2不平衡端子202b、第1平衡端子211bおよび第2平衡端子212bを有する。第1 balan 103bの第1不平衡端子201bおよび第2不平衡端子202bの側には、不平衡回路が接続され、第1 balan 103bの第1平衡端子211bおよび第2平衡端子212bの側には、平衡回路が接続される。

[0045] 第2 balan 303は、第1 balan 103a、103bと同様の構成を有しうる。第2 balan 303は、第1不平衡端子401、第2不平衡端子402、第1平衡端子411および第2平衡端子412を有する。第2 balan 303の第1不平衡端子401および第2不平衡端子402の側には、不平衡回路が接続され、第2 balan 303の第1平衡端子411および第2平衡端子412の側には、平衡回路が接続される。真空容器110は、接地されている。

[0046] 第1電極106a、106bは、それぞれターゲット109a、109bを保持する。ターゲット109a、109bは、例えば、絶縁体材料または導電体材料でありうる。第2電極135a、135bは、それぞれ第1電極106a、106bの周囲に配置される。第1電極106a、106bは、それぞれ第1 balan 103a、103bの第1平衡端子211a、211bに電氣的に接続され、第2電極135a、135bは、それぞれ第1 balan 103a、103bの第2平衡端子212a、212bに電氣的に接続されている。

[0047] 第1電極141は、基板112を保持する。第2電極145は、第1電極141の周囲に配置される。第1電極141は、第2 balan 303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第2電極145は、第2 balan 303の第2平衡端子412に電氣的に接続されている。

[0048] 上記の構成は、第1電極106a、106bがそれぞれ第1端子251a、251bに電氣的に接続され、第2電極135a、135bがそれぞれ第2端子252a、252bに電氣的に接続され、第1端子251a、251

bがそれぞれ第1 balan 103 a、103 bの第1平衡端子211 a、111 bに電氣的に接続され、第2端子252 a、252 bがそれぞれ第1 balan 103 a、103 bの第2平衡端子212 a、212 bに電氣的に接続された構成として理解されうる。また、上記の構成は、第1電極141が第3端子451に電氣的に接続され、第2電極145が第4端子452に電氣的に接続され、第3端子451が第2 balan 303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第4端子452が第2 balan 303の第2平衡端子412に電氣的に接続されているものとして理解されうる。

[0049] 第1電極106 a、106 bと第1 balan 103 a、103 bの第1平衡端子211 a、211 b（第1端子251 a、251 b）とは、それぞれブロッキングキャパシタ104 a、104 bを介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ104 a、104 bは、第1 balan 103 a、103 bの第1平衡端子211 a、211 bと第1電極106 a、106 bとの間（あるいは、第1 balan 103 a、103 bの第1平衡端子211 a、211 bと第2平衡端子212 a、212 bとの間）で直流電流を遮断する。ブロッキングキャパシタ104 a、104 bを設ける代わりに、第1インピーダンス整合回路102 a、102 bが、第1 balan 103 a、103 bの第1不平衡端子201 a、201 bと第2不平衡端子202 a、202 b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。あるいは、ブロッキングキャパシタ104 a、104 bは、第2電極135 a、135 bと第1 balan 103 a、103 bの第2平衡端子212 a、212 b（第2端子252 a、252 b）との間に配置されてもよい。第1電極106 a、106 bおよび第2電極135 a、135 bは、それぞれ絶縁体132 a、132 bを介して真空容器110によって支持されうる。

[0050] 第1電極141と第2 balan 303の第1平衡端子411（第3端子451）とは、ブロッキングキャパシタ304を介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ304は、第2 balan 303の第1平衡端子411と第1電極141との間（あるいは、第2 balan 303の第1平衡端子411

1と第2平衡端子412との間)で直流電流を遮断する。ブロッキングキャパシタ304を設ける代わりに、第2インピーダンス整合回路302が、第2バラン303の第1不平衡端子201と第2不平衡端子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。あるいは、ブロッキングキャパシタ304は、第2電極145と第2バラン303の第2平衡端子412(第4端子452)との間に配置されてもよい。第1電極141および第2電極145は、絶縁体142を介して真空容器110によって支持される。

[0051] プラズマ処理装置1は、複数の第1高周波電源101a、101bと、複数の第1高周波電源101a、101bと複数の第1バラン103a、103bとの間にそれぞれ配置された第1インピーダンス整合回路102a、102bとを備える。第1高周波電源101a、101bは、それぞれ第1インピーダンス整合回路102a、102bを介して第1バラン103a、103bの第1不平衡端子201a、201bと第2不平衡端子202a、202bとの間に高周波を供給する。換言すると、第1高周波電源101a、101bは、それぞれ第1インピーダンス整合回路102a、102b、第1バラン103a、103bおよびブロッキングキャパシタ104a、104bを介して、第1電極106a、106bと第2電極135a、135bとの間に高周波を供給する。あるいは、第1高周波電源101a、101bは、第1インピーダンス整合回路102a、102b、第1バラン103a、103bを介して、本体10の第1端子251a、251bと第2端子252a、252bとの間に高周波を供給する。

[0052] プラズマ処理装置1は、第2高周波電源301と、第2高周波電源301と第2バラン303との間に配置された第2インピーダンス整合回路302とを備える。第2高周波電源301は、第2インピーダンス整合回路302を介して第2バラン303の第1不平衡端子401と第2不平衡端子402との間に高周波を供給する。換言すると、第2高周波電源301は、第2インピーダンス整合回路302、第2バラン303およびブロッキングキャ

パシタ304を介して、第1電極141と第2電極145との間に高周波を供給する。あるいは、第2高周波電源301は、第2インピーダンス整合回路302、第2バラン303を介して、本体10の第3端子451と第4端子452との間に高周波を供給する。

[0053] 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7実施形態のプラズマ処理装置1として言及しない事項は、第1乃至第6実施形態に従いうる。プラズマ処理装置1は、第1バラン103と、第2バラン303と、真空容器110と、第1組を構成する第1電極105aおよび第2電極105bと、第2組を構成する第1電極141および第2電極145とを備えている。あるいは、プラズマ処理装置1は、第1バラン103と、第2バラン303と、本体10とを備え、本体10が、真空容器110と、第1組を構成する第1電極105aおよび第2電極105bと、第2組を構成する第1電極141および第2電極145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、第2端子252、第3端子451、第4端子452を有する。

[0054] 第1バラン103は、第1不平衡端子201、第2不平衡端子202、第1平衡端子211および第2平衡端子212を有する。第1バラン103の第1不平衡端子201および第2不平衡端子202の側には、不平衡回路が接続され、第1バラン103の第1平衡端子211および第2平衡端子212の側には、平衡回路が接続される。第2バラン303は、第1バラン103と同様の構成を有しうる。第2バラン303は、第1不平衡端子401、第2不平衡端子402、第1平衡端子411および第2平衡端子412を有する。第2バラン303の第1不平衡端子401および第2不平衡端子402の側には、不平衡回路が接続され、第2バラン303の第1平衡端子411および第2平衡端子412の側には、平衡回路が接続される。真空容器110は、接地されている。

- [0055] 第1組の第1電極105aは、第1ターゲット109aを保持し、第1ターゲット109aを介して基板112の側の空間と対向する。第1組の第2電極105bは、第1電極105aの隣に配置され、第2ターゲット109bを保持し、第2ターゲット109bを介して基板112の側の空間と対向する。ターゲット109aおよび109bは、例えば、絶縁体材料または導電体材料でありうる。第1組の第1電極105aは、第1 balan 103の第1平衡端子211に電氣的に接続され、第1組の第2電極105bは、第1 balan 103の第2平衡端子212に電氣的に接続されている。
- [0056] 第2組の第1電極141は、基板112を保持する。第2組の第2電極145は、第1電極141の周囲に配置される。第2組の第1電極141は、第2 balan 303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第2組の第2電極145は、第2 balan 303の第2平衡端子412に電氣的に接続されている。
- [0057] 上記の構成は、第1組の第1電極105aが第1端子251に電氣的に接続され、第1組の第2電極105bが第2端子252に電氣的に接続され、第1端子251が第1 balan 103の第1平衡端子211に電氣的に接続され、第2端子252が第1 balan 103の第2平衡端子212に接続された構成として理解されうる。また、上記の構成は、第2組の第1電極141が第3端子451に電氣的に接続され、第2組の第2電極145が第4端子452に電氣的に接続され、第3端子451が第2 balan 303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第4端子452が第2 balan 303の第2平衡端子412に接続されているものとして理解されうる。
- [0058] 第1組の第1電極105aと第1 balan 103の第1平衡端子211（第1端子251）とは、ブロッキングキャパシタ104aを介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ104aは、第1 balan 103の第1平衡端子211と第1組の第1電極105aとの間（あるいは、第1 balan 103の第1平衡端子211と第2平衡端子212との間）で直流電流を遮断する。第1組の第2電極105bと第1 balan 103の第2平衡端子21

2（第2端子252）とは、ブロッキングキャパシタ104bを介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ104bは、第1 balan 103の第2平衡端子212と第1組の第2電極105bとの間（あるいは、第1 balan 103の第1平衡端子211と第2平衡端子212との間）で直流電流を遮断する。第1組の第1電極105a、第2電極105bは、それぞれ絶縁体132a、132bを介して真空容器110によって支持されうる。

[0059] 第2組の第1電極141と第2 balan 303の第1平衡端子411（第3端子451）とは、ブロッキングキャパシタ304を介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ304は、第2 balan 303の第1平衡端子411と第2組の第1電極141との間（あるいは、第2 balan 303の第1平衡端子411と第2平衡端子412との間）で直流電流を遮断する。ブロッキングキャパシタ304を設ける代わりに、第2インピーダンス整合回路302が、第2 balan 303の第1不平衡端子401と第2不平衡端子402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。第2組の第1電極141、第2電極145は、それぞれ絶縁体142、146を介して真空容器110によって支持されうる。

[0060] プラズマ処理装置1は、第1高周波電源101と、第1高周波電源101と第1 balan 103との間に配置された第1インピーダンス整合回路102とを備えうる。第1高周波電源101は、第1インピーダンス整合回路102、第1 balan 103、およびブロッキングキャパシタ104a、104bを介して、第1電極105aと第2電極105bとの間に高周波を供給する。あるいは、第1高周波電源101は、第1インピーダンス整合回路102、第1 balan 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。第1 balan 103並びに第1組の第1電極105aおよび第2電極105bは、真空容器110の内部空間に高周波を供給する第1高周波供給部を構成する。

[0061] プラズマ処理装置1は、第2高周波電源301と、第2高周波電源301と第2 balan 303との間に配置された第2インピーダンス整合回路302

とを備えうる。第2高周波電源301は、第2インピーダンス整合回路302を介して第2バラン303の第1不平衡端子401と第2不平衡端子402との間に高周波を供給する。第2高周波電源301は、第2インピーダンス整合回路302、第2バラン303およびブロッキングキャパシタ304を介して、第2組の第1電極141と第2電極145との間に高周波を供給する。あるいは、第2高周波電源301は、第2インピーダンス整合回路302、第2バラン303を介して、本体10の第3端子451と第4端子452との間に高周波を供給する。第2バラン303並びに第2組の第1電極141および第2電極145は、真空容器110の内部空間に高周波を供給する第2高周波供給部を構成する。

[0062] 第1高周波電源101からの高周波の供給によって真空容器110の内部空間にプラズマが発生している状態で第1バラン103の第1平衡端子211および第2平衡端子212の側から第1組の第1電極105aおよび第2電極105bの側（本体10の側）を見たときのインピーダンスを $R_{p1} - jX_{p1}$ とする。また、第1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 X_1 とする。この定義において、 $1.5 \leq X_1 / R_{p1} \leq 5000$ を満たすことは、真空容器110の内部空間に形成されるプラズマの電位を安定させるために有利である。

[0063] また、第2高周波電源301からの高周波の供給によって真空容器110の内部空間にプラズマが発生している状態で第2バラン303の第1平衡端子411および第2平衡端子412の側から第2組の第1電極127および第2電極130の側（本体10の側）を見たときのインピーダンスを $R_{p2} - jX_{p2}$ とする。また、第2バラン303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 X_2 とする。この定義において、 $1.5 \leq X_2 / R_{p2} \leq 5000$ を満たすことは、真空容器110の内部空間に形成されるプラズマの電位を安定させるために有利である。

[0064] 第7実施形態のプラズマ処理装置1は、第2組を構成する第1電極141を昇降させる機構および第2組を構成する第1電極141を回転させる機構

の少なくとも一方を更に備えうる。図13に示された例では、プラズマ処理装置1は、第1電極141を昇降させる機構および第1電極141を回転させる機構の双方を含む駆動機構114を備える。また、図13に示された例では、プラズマ処理装置1は、第2組を構成する第2電極145を昇降させる機構314を備える。真空容器110と駆動機構114、314との間には、真空隔壁を構成するベローズが設けられうる。

[0065] 図14を参照しながら、図13に示された第7実施形態のプラズマ処理装置1における第1 balan 103の機能を説明する。第1不平衡端子201を流れる電流を I_1 、第1平衡端子211を流れる電流を I_2 、第2不平衡端子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。 $I_3 = 0$ 、即ち、平衡回路の側で接地に電流が流れない場合、接地に対する平衡回路のアイソレーション性能が最も良い。 $I_3 = I_2$ 、即ち、第1平衡端子211を流れる電流 I_2 の全てが接地に対して流れる場合、接地に対する平衡回路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、第1乃至第5実施形態と同様に、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。

[0066]
$$ISO [dB] = 20 \log (I_3 / I_2')$$

図14において、 $R_p - jX_p$ ($= R_p / 2 - jX_p / 2 + R_p / 2 - jX_p / 2$) 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平衡端子211および第2平衡端子212の側から第1電極105aおよび第2電極105b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104a及び104b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14において、 X は、第1 balan 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。ISOは、 X / R_p に対して相関を有する。

[0067] 第1実施形態の説明において参照した図4には、電流 I_1 ($= I_2$)、 I

$2'$ 、 13 、 ISO 、 $\alpha (=X/R_p)$ の関係が例示されている。図4の関係は、第7実施形態においても成り立つ。本発明者は、第7実施形態においても、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たすことが、真空容器110の内部空間（第1電極105aと第2電極105bとの間の空間）に形成されるプラズマの電位（プラズマ電位）を真空容器110の内面の状態に対して鈍感にするために有利であることを見出した。ここで、プラズマ電位が真空容器110の内面の状態に対して鈍感になることは、プラズマ処理装置1を長期間にわたって使用した場合においてもプラズマ電位を安定させることができることを意味する。 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ は、 $-10.0 \text{ dB} \leq ISO \leq -80 \text{ dB}$ に相当する。

[0068] 図15A～15Dには、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たす場合におけるプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）をシミュレーションした結果が示されている。図15Aは、真空容器110の内面に抵抗性の膜（ $1 \text{ m}\Omega$ ）が形成された状態でのプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）を示している。図15Bは、真空容器110の内面に抵抗性の膜（ 1000Ω ）が形成された状態でのプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）を示している。図15Cは、真空容器110の内面に誘導性の膜（ $0.6 \mu\text{H}$ ）が形成された状態でのプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）を示している。図15Dは、真空容器110の内面に容量性の膜（ 0.1 nF ）が形成された状態でのプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）を示している。図15A～15Dより、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たすことが、真空容器110の内面が種々の状態においてプラズマ電位を安定させるために有利であることが理解される。

[0069] 図16A～16Dには、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合に

におけるプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）をシミュレーションした結果が示されている。図16Aは、真空容器110の内面に抵抗性の膜（1mΩ）が形成された状態でのプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）を示している。図16Bは、真空容器110の内面に抵抗性の膜（1000Ω）が形成された状態でのプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）を示している。図16Cは、真空容器110の内面に誘導性の膜（0.6μH）が形成された状態でのプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）を示している。図16Dは、真空容器110の内面に容量性の膜（0.1nF）が形成された状態でのプラズマ電位、第1電極105aの電位（カソード1電位）および第2電極105bの電位（カソード2電位）を示している。図16A～16Dより、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たさない場合は、真空容器110の内面の状態に依存してプラズマ電位が変化することが理解される。

[0070] ここで、 $X/R_p > 5000$ （例えば、 $X/R_p = \infty$ ）である場合と $X/R_p < 1.5$ である場合（例えば、 $X/R_p = 1.16$ 、 $X/R_p = 0.87$ ）との双方において、真空容器110の内面の状態に依存してプラズマ電位が変化しやすい。 $X/R_p > 5000$ である場合は、真空容器110の内面に膜が形成されていない状態では、第1電極105aと第2電極105bの間でのみ放電が起こる。しかし、 $X/R_p > 5000$ である場合、真空容器110の内面に膜が形成され始めると、それに対してプラズマ電位が敏感に反応し、図16A～16Dに例示されるような結果となる。一方、 $X/R_p < 1.5$ である場合は、真空容器110を介して接地に流れ込む電流が大きいため、真空容器110の内面の状態（内面に形成される膜の電気的な特性）による影響が顕著となり、膜の形成に依存してプラズマ電位が変化する。したがって、前述のように、 $1.5 \leq X/R_p \leq 5000$ を満たすように

プラズマ処理装置 1 を構成することが有利である。

[0071] 図 17 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 8 実施形態のプラズマ処理装置 1 として言及しない事項は、第 1 乃至第 7 実施形態に従いうる。第 8 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、バラン（第 1 バラン）103 と、真空容器 110 と、第 1 電極 105a と、第 2 電極 105b とを備えている。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 105a と、第 2 電極 105b 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。

[0072] 第 1 電極 105a は、第 1 部材としての第 1 ターゲット 109a を保持する第 1 保持面 HS1 を有し、第 2 電極 105b は、第 2 部材としての第 2 ターゲット 109b を保持する第 2 保持面 HS2 を有しうる。第 1 保持面 HS1 および第 2 保持面 HS2 は、1 つの平面 PL に属しうる。

[0073] 第 8 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、更に、第 2 バラン 303 と、第 3 電極 141 と、第 4 電極 145 とを備えてもよい。換言すると、プラズマ処理装置 1 は、第 1 バラン 103 と、第 2 バラン 303 と、真空容器 110 と、第 1 電極 105a と、第 2 電極 105b と、第 3 電極 141 と、第 4 電極 145 とを備えうる。あるいは、プラズマ処理装置 1 は、第 1 バラン 103 と、第 2 バラン 303 と、本体 10 とを備え、本体 10 が、真空容器 110 と、第 1 電極 105a と、第 2 電極 105b と、第 3 電極 141 と、第 4 電極 145 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、第 2 端子 252、第 3 端子 451、第 4 端子 452 を有する。

[0074] 第 1 バラン 103 は、第 1 不平衡端子 201、第 2 不平衡端子 202、第 1 平衡端子 211 および第 2 平衡端子 212 を有する。第 1 バラン 103 の第 1 不平衡端子 201 および第 2 不平衡端子 202 の側には、不平衡回路が接続され、第 1 バラン 103 の第 1 平衡端子 211 および第 2 平衡端子 21

2の側には、平衡回路が接続される。第2 balan 303は、第1 balan 103と同様の構成を有する。第2 balan 303は、第3不平衡端子401、第4不平衡端子402、第3平衡端子411および第4平衡端子412を有する。第2 balan 303の第3不平衡端子401および第4不平衡端子402の側には、不平衡回路が接続され、第2 balan 303の第3平衡端子411および第4平衡端子412の側には、平衡回路が接続される。真空容器110は、接地されている。balan 103、303は、例えば、図2A、2B（図14）に記載された構成を有する。

[0075] 第1電極105aは、第1ターゲット109aを保持し、第1ターゲット109aを介して処理対象の基板112の側の空間と対向する。第2電極105bは、第1電極105aの隣りに配置され、第2ターゲット109bを保持し、第2ターゲット109bを介して処理対象の基板112の側の空間と対向する。ターゲット109aおよび109bは、例えば、絶縁体材料または導電体材料でありうる。第1電極105aは、第1 balan 103の第1平衡端子211に電氣的に接続され、第2電極105bは、第1 balan 103の第2平衡端子212に電氣的に接続されている。

[0076] 第3電極141は、基板112を保持する。第4電極145は、第3電極141の周囲に配置されうる。第3電極141は、第2 balan 303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第4電極145は、第2 balan 303の第2平衡端子412に電氣的に接続されている。

[0077] 上記の構成は、第1電極105aが第1端子251に電氣的に接続され、第2電極105bが第2端子252に電氣的に接続され、第1端子251が第1 balan 103の第1平衡端子211に電氣的に接続され、第2端子252が第1 balan 103の第2平衡端子212に接続された構成として理解されうる。また、上記の構成は、第3電極141が第3端子451に電氣的に接続され、第4電極145が第4端子452に電氣的に接続され、第3端子451が第2 balan 303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第4端子452が第2 balan 303の第2平衡端子412に接続されているもの

として理解されうる。

[0078] 第1電極105aと第1 balan 103の第1平衡端子211（第1端子251）とは、第1経路PTH1によって電氣的に接続されうる。第1経路PTH1には、可変リアクタンス511aが配置されうる。換言すると、第1電極105aと第1 balan 103の第1平衡端子211（第1端子251）とは、可変リアクタンス511aを介して電氣的に接続されうる。可変リアクタンス511aは、キャパシタを含むことができ、該キャパシタは、第1 balan 103の第1平衡端子211と第1電極105aとの間（あるいは、第1 balan 103の第1平衡端子211と第2平衡端子212との間）で直流電流を遮断するブロッキングキャパシタとして機能しうる。第2電極105bと第1 balan 103の第2平衡端子212（第2端子252）とは、第2経路PTH2によって電氣的に接続されうる。第2経路PTH2には、可変リアクタンス511bが配置されうる。換言すると、第2電極105bと第1 balan 103の第2平衡端子212（第3端子252）とは、可変リアクタンス511bを介して電氣的に接続されうる。可変リアクタンス511bは、キャパシタを含むことができ、該キャパシタは、第1 balan 103の第2平衡端子212と第2電極105bとの間（あるいは、第1 balan 103の第1平衡端子211と第2平衡端子212との間）で直流電流を遮断するブロッキングキャパシタとして機能しうる。第1電極105a、第2電極105bは、それぞれ絶縁体132a、132bを介して真空容器110によって支持されうる。

[0079] プラズマ処理装置1は、第1電極105aと接地との間に配置された可変リアクタンス521aを備えうる。プラズマ処理装置1は、第2電極105bと接地との間に配置された可変リアクタンス521bを備えうる。プラズマ処理装置1は、第1経路PTH1と第2経路PTH2とを接続する可変リアクタンス530を備えうる。

[0080] 1つの構成例において、プラズマ処理装置1は、第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係に影響を

与える調整リアクタンスとして、(a) 第1平衡端子211と第1電極105aとを接続する第1経路PTH1に配置された可変リアクタンス511a、(b) 第1電極105aと接地との間に配置された可変リアクタンス521a、(c) 第2平衡端子212と第2電極105bとを接続する第2経路PTH2に配置された可変リアクタンス511b、(d) 第2電極105bと接地との間に配置された可変リアクタンス521b、および、(e) 第1経路PTH1と第2経路PTH2とを接続する可変リアクタンス530、の少なくとも1つを含む。

[0081] 第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスの値を調整することによって、第1ターゲット109aがスパッタリングされる量と第2ターゲット109bがスパッタリングされる量との関係を調整することができる。あるいは、調整リアクタスの値を調整することによって、第1ターゲット109aがスパッタリングされる量と第2ターゲット109bがスパッタリングされる量とのバランスを調整することができる。これにより、第1ターゲット109aの消費量と第2ターゲット109bの消費量との関係を調整することができる。あるいは、第1ターゲット109aの消費量と第2ターゲット109bの消費量とのバランスを調整することができる。このような構成は、例えば、第1ターゲット109aの交換タイミングと第2ターゲット109bの交換タイミングとを同じタイミングにし、プラズマ処理装置1のダウンタイムを低減するために有利である。また、基板112に形成される膜の厚さ分布を調整することもできる。

[0082] 第3電極141と第2 balan 303の第1平衡端子411（第3端子451）とは、ブロッキングキャパシタ304を介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ304は、第2 balan 303の第1平衡端子411と第3電極141との間（あるいは、第2 balan 303の第1平衡端子411と第2平衡端子412との間）で直流電流を遮断する。ブロッキングキャパシタ304を設ける代わりに、第2インピーダンス整合回路302が、第

2 バラン 3 0 3 の第 1 不平衡端子 4 0 1 と第 2 不平衡端子 4 0 2 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。第 3 電極 1 4 1、第 4 電極 1 4 5 は、それぞれ絶縁体 1 4 2、1 4 6 を介して真空容器 1 1 0 によって支持されうる。

[0083] プラズマ処理装置 1 は、第 1 高周波電源 1 0 1 と、第 1 高周波電源 1 0 1 と第 1 バラン 1 0 3 との間に配置された第 1 インピーダンス整合回路 1 0 2 とを備えうる。第 1 高周波電源 1 0 1 は、第 1 インピーダンス整合回路 1 0 2、第 1 バラン 1 0 3 および第 1 経路 P T H 1 を介して、第 1 電極 1 0 5 a と第 2 電極 1 0 5 b との間に高周波を供給する。あるいは、第 1 高周波電源 1 0 1 は、第 1 インピーダンス整合回路 1 0 2、第 1 バラン 1 0 3 を介して、本体 1 0 の第 1 端子 2 5 1 と第 2 端子 2 5 2 との間に高周波を供給する。第 1 バラン 1 0 3 並びに第 1 電極 1 0 5 a および第 2 電極 1 0 5 b は、真空容器 1 1 0 の内部空間に高周波を供給する第 1 高周波供給部を構成する。

[0084] プラズマ処理装置 1 は、第 2 高周波電源 3 0 1 と、第 2 高周波電源 3 0 1 と第 2 バラン 3 0 3 との間に配置された第 2 インピーダンス整合回路 3 0 2 とを備えうる。第 2 高周波電源 3 0 1 は、第 2 インピーダンス整合回路 3 0 2 を介して第 2 バラン 3 0 3 の第 1 不平衡端子 4 0 1 と第 2 不平衡端子 4 0 2 との間に高周波を供給する。第 2 高周波電源 3 0 1 は、第 2 インピーダンス整合回路 3 0 2、第 2 バラン 3 0 3 およびブロッキングキャパシタ 3 0 4 を介して、第 3 電極 1 4 1 と第 4 電極 1 4 5 との間に高周波を供給する。あるいは、第 2 高周波電源 3 0 1 は、第 2 インピーダンス整合回路 3 0 2、第 2 バラン 3 0 3 を介して、本体 1 0 の第 3 端子 4 5 1 と第 4 端子 4 5 2 との間に高周波を供給する。第 2 バラン 3 0 3 並びに第 3 電極 1 4 1 および第 4 電極 1 4 5 は、真空容器 1 1 0 の内部空間に高周波を供給する第 2 高周波供給部を構成する。

[0085] 第 1 高周波電源 1 0 1 からの高周波の供給によって真空容器 1 1 0 の内部空間にプラズマが発生している状態で第 1 バラン 1 0 3 の第 1 平衡端子 2 1 1 および第 2 平衡端子 2 1 2 の側から第 1 電極 1 0 5 a および第 2 電極 1 0

5 b の側（本体 1 0 の側）を見たときのインピーダンスを $R_{p1} - jX_{p1}$ とする。また、第 1 バラン 1 0 3 の第 1 コイル 2 2 1 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 X_1 とする。この定義において、 $1.5 \leq X_1 / R_{p1} \leq 5000$ を満たすことは、真空容器 1 1 0 の内部空間に形成されるプラズマの電位を安定させるために特に有利である。ただし、 $1.5 \leq X / R_{p1} \leq 5000$ という条件を満たすことは、第 8 実施形態において必須ではなく、有利な条件であることに留意されたい。第 8 実施形態では、バラン 1 0 3 を設けることによって、バラン 1 0 3 を設けない場合よりも、プラズマの電位を安定させることができる。また、調整リアクタンスを設けることによって、第 1 ターゲット 1 0 9 a がスパッタリングされる量と第 2 ターゲット 1 0 9 b がスパッタリングされる量との関係を調整することができる。

[0086] また、第 2 高周波電源 3 0 1 からの高周波の供給によって真空容器 1 1 0 の内部空間にプラズマが発生している状態で第 2 バラン 3 0 3 の第 1 平衡端子 4 1 1 および第 2 平衡端子 4 1 2 の側から第 3 電極 1 4 1 および第 4 電極 1 4 5 の側（本体 1 0 の側）を見たときのインピーダンスを $R_{p2} - jX_{p2}$ とする。また、第 2 バラン 3 0 3 の第 1 コイル 2 2 1 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 X_2 とする。この定義において、 $1.5 \leq X_2 / R_{p2} \leq 5000$ を満たすことは、真空容器 1 1 0 の内部空間に形成されるプラズマの電位を安定させるために特に有利である。ただし、 $1.5 \leq X / R_{p2} \leq 5000$ という条件を満たすことは、第 8 実施形態において必須ではなく、有利な条件であることに留意されたい。

[0087] 以下、図 1 8 ～図 2 5 を参照しながら、第 8 実施形態のプラズマ処理装置 1 を具体化した第 9 乃至第 1 4 実施形態を説明する。図 1 8 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 実施形態として言及しない事項は、第 8 実施形態に従いうる。第 9 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、第 1 経路 P T H 1 に配置された可変リアクタンス 5 1 1 a、および、第 2 経路 P T H 2 に配置された可変リアクタンス 5 1 1 b

、の少なくとも1つを含む。ここで、プラズマ処理装置1は、第1経路PTH1に配置された可変リアクタンス511a、および、第2経路PTH2に配置された可変リアクタンス511bの双方を含むことが好ましいが、いずれか一方は、値が固定のリアクタンスであってもよい。

[0088] 第1可変リアクタンス511aは、少なくとも可変インダクタ601aを含み、好ましくは、可変インダクタ601aおよびキャパシタ602aを含みうる。可変インダクタ601aは、第1平衡端子211（第1端子251）とキャパシタ602aとの間に配置されてもよいし、キャパシタ602aと第1電極105aとの間に配置されてもよい。第2可変リアクタンス511bは、少なくとも可変インダクタ601bを含み、好ましくは、可変インダクタ601bおよびキャパシタ602bを含みうる。可変インダクタ601bは、第2平衡端子212（第2端子252）とキャパシタ602bとの間に配置されてもよいし、キャパシタ602bと第2電極105bとの間に配置されてもよい。

[0089] 図24には、第9実施形態のプラズマ処理装置1において、第1経路PTH1の可変インダクタ601aおよび第2経路PTH2の可変インダクタ601bの値を200nHに設定した場合に基板112に形成された膜の厚さ分布が示されている。また、図24には、第9実施形態のプラズマ処理装置1において、第1経路PTH1の可変インダクタ601aおよび第2経路PTH2の可変インダクタ601bの値を400nHに設定した場合に基板112に形成された膜の厚さ分布が示されている。横軸は、図18における横方向（基板112の表面に平行な方向）の位置であり、基板112の中心からの距離を示している。可変インダクタ601a、601bの値が400nHであるときは、基板112の中心の左側と右側とで膜の厚さ分布が大きく異なっている。一方、可変インダクタ601a、601bの値が200nHであるときは、基板112の中心の左側と右側とで膜の厚さ分布の対称性が高い。可変インダクタ601a、601bの値が200nHである場合の方が、可変インダクタ601a、601bの値が400nHである場合よりも

、第1電極105aに与えられる第1電圧と第2電極105bに与えられる第2電圧とのバランスが良い。

[0090] 図25には、第9実施形態のプラズマ処理装置1において、第1経路PTH1の可変インダクタ601aおよび第2経路PTH2の可変インダクタ601bの値を変更したときの第1電極105a、第2電極105bの電圧が示されている。可変インダクタ601a、601bの値が約225nHである場合に、第1電極105aに与えられる電圧と第2電極105bに与えられる電圧とが略等しくなっている。

[0091] 図19には、本発明の第10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10実施形態として言及しない事項は、第8実施形態に従いうる。第10実施形態のプラズマ処理装置1は、第1経路PTH1に配置された可変リアクタンス511a、および、第2経路PTH2に配置された可変リアクタンス511b、の少なくとも1つを含む。ここで、プラズマ処理装置1は、第1経路PTH1に配置された可変リアクタンス511a、および、第2経路PTH2に配置された可変リアクタンス511bの双方を含むことが好ましいが、いずれか一方は、値が固定のリアクタンスであってもよい。

[0092] 第1可変リアクタンス511aは、少なくとも可変キャパシタ604aを含み、好ましくは、可変キャパシタ604aおよびインダクタ603aを含みうる。可変キャパシタ604aは、インダクタ603aと第1電極105aとの間に配置されてもよいし、第1平衡端子211（第1端子251）とインダクタ603aとの間に配置されてもよい。第2可変リアクタンス511bは、少なくとも可変キャパシタ604bを含み、好ましくは、可変キャパシタ604bおよびインダクタ603bを含みうる。可変キャパシタ604bは、インダクタ603bと第2電極105bとの間に配置されてもよいし、第2平衡端子212（第2端子252）とインダクタ603bとの間に配置されてもよい。

[0093] 図20には、本発明の第11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11実施形態として言及しない事項は、第8実施形態に従いうる。第11実施形態のプラズマ処理装置1は、第1電極105aと接地との間に配置された可変リアクタンス521aとしての可変キャパシタ605a、および、第2電極105bと接地との間に配置された可変リアクタンス521bとしての可変キャパシタ605bの少なくとも1つを備えている。プラズマ処理装置1は、更に、第1経路PTH1に配置されたりアクタンス（この例では、インダクタ603a、キャパシタ602a）と、第2経路PTH2に配置されたりアクタンス（この例では、インダクタ603b、キャパシタ602b）とを備える。

[0094] 図21には、本発明の第12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12実施形態として言及しない事項は、第8実施形態に従いうる。第12実施形態のプラズマ処理装置1は、第1電極105aと接地との間に配置された可変リアクタンス521a、および、第2電極105bと接地との間に配置された可変リアクタンス521bの少なくとも1つを備えている。可変リアクタンス521aは、少なくとも可変インダクタ607aを含み、例えば、可変インダクタ607aおよびキャパシタ606aを含みうる。可変リアクタンス521bは、少なくとも可変インダクタ607bを含み、例えば、可変インダクタ607bおよびキャパシタ606bを含みうる。

[0095] プラズマ処理装置1は、更に、第1経路PTH1に配置されたりアクタンス（この例では、インダクタ603a、キャパシタ602a）と、第2経路PTH2に配置されたりアクタンス（この例では、インダクタ603b、キャパシタ602b）とを備える。

[0096] 図22には、本発明の第13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13実施形態として言及しない事項は、第8実施形態に従いうる。第13実施形態のプラズマ処理装置1は、第1経路PTH1と第2経路PTH2とを接続する可変リアクタンス530としての可変インダクタ608を備えている。プラズマ処理装置1は、更に、第1経路PTH1

に配置されたリアクタンス（この例では、インダクタ603a、キャパシタ602a）と、第2経路PTH2に配置されたリアクタンス（この例では、インダクタ603b、キャパシタ602b）とを備えうる。

[0097] 図23には、本発明の第14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14実施形態として言及しない事項は、第8実施形態に従いうる。第14実施形態のプラズマ処理装置1は、第1経路PTH1と第2経路PTH2とを接続する可変リアクタンス530としての可変キャパシタ609を備えている。プラズマ処理装置1は、更に、第1経路PTH1に配置されたリアクタンス（この例では、インダクタ603a、キャパシタ602a）と、第2経路PTH2に配置されたリアクタンス（この例では、インダクタ603b、キャパシタ602b）とを備えうる。

[0098] なお、図18～25を参照して説明した第9乃至第14実施形態では、ターゲット109a、109bの対向面に電極が配置されているが、電極に限定されず、所謂カルーセル型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における円筒形の基板回転ホルダー（例えば、特開2003-1555526、特開昭62-133065）や、所謂インライン型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における矩形形状等の基板トレイ（例えば、特許5824072、特開2011-144450）が配置されるよう構成されてもよい。

[0099] 以下、図26～図31を参照しながら、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて調整リアクタンスの値を調整する動作を説明する。図26には、本発明の第15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15実施形態のプラズマ処理装置1は、図18に示された第9実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1と第2電圧V2とが等しくなるように、調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスとして

の可変インダクタ601a、601bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生する。第1指令値CNT1、第2指令値CNT2は、それぞれ可変インダクタ601a、601bに供給される。可変インダクタ601a、601bは、それぞれ第1指令値CNT1、第2指令値CNT2に応じて自己のインダクタンスを変更する。

[0100] 図27には、本発明の第16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16実施形態のプラズマ処理装置1は、図19に示された第10実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1と第2電圧V2とが等しくなるように、調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスとしての可変キャパシタ604a、604bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生する。第1指令値CNT1、第2指令値CNT2は、それぞれ可変キャパシタ604a、604bに供給される。可変キャパシタ604a、604bは、それぞれ第1指令値CNT1、第2指令値CNT2に応じて自己のキャパシタンスを変更する。

[0101] 図28には、本発明の第17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17実施形態のプラズマ処理装置1は、図20に示された第11実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1と第2電圧V2とが等しくなるように、調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスとしての可変キャパシタ605a、605bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生する。第1指令値CNT1、第2指令値CNT2は、それぞれ

可変キャパシタ 605 a、605 b に供給される。可変キャパシタ 605 a、605 b は、それぞれ第 1 指令値 CNT 1、第 2 指令値 CNT 2 に応じて自己のキャパシタンスを変更する。

[0102] 図 29 には、本発明の第 18 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 18 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、図 21 に示された第 12 実施形態のプラズマ処理装置 1 に対して制御部 700 を追加した構成を有する。制御部 700 は、第 1 電極 105 a の第 1 電圧 V1 および第 2 電極 105 b の第 2 電圧 V2 に基づいて、例えば、第 1 電圧 V1 と第 2 電圧 V2 とが等しくなるように、調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部 700 は、第 1 電極 105 a の第 1 電圧 V1 および第 2 電極 105 b の第 2 電圧 V2 に基づいて、調整リアクタンスとしての可変インダクタ 607 a、607 b の値をそれぞれ調整する第 1 指令値 CNT 1、第 2 指令値 CNT 2 を発生する。第 1 指令値 CNT 1、第 2 指令値 CNT 2 は、それぞれ可変インダクタ 607 a、607 b に供給される。可変インダクタ 607 a、607 b は、それぞれ第 1 指令値 CNT 1、第 2 指令値 CNT 2 に応じて自己のインダクタンスを変更する。

[0103] 図 30 には、本発明の第 19 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 19 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、図 22 に示された第 13 実施形態のプラズマ処理装置 1 に対して制御部 700 を追加した構成を有する。制御部 700 は、第 1 電極 105 a の第 1 電圧 V1 および第 2 電極 105 b の第 2 電圧 V2 に基づいて、例えば、第 1 電圧 V1 と第 2 電圧 V2 とが等しくなるように、調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部 700 は、第 1 電極 105 a の第 1 電圧 V1 および第 2 電極 105 b の第 2 電圧 V2 に基づいて、調整リアクタンスとしての可変インダクタ 608 の値を調整する指令値 CNT を発生する。指令値 CNT は、可変インダクタ 608 に供給される。可変インダクタ 608 は、指令値に応じて自己のインダクタンスを変更する。

[0104] 図 31 には、本発明の第 20 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20実施形態のプラズマ処理装置1は、図23に示された第14実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1と第2電圧V2とが等しくなるように、調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスとしての可変キャパシタ609の値を調整する指令値CNTを発生する。指令値CNTは、可変キャパシタ609に供給される。可変キャパシタ609は、指令値CNTに応じて自己のキャパシタンスを変更する。

[0105] 図32には、本発明の第21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21実施形態のプラズマ処理装置1は、基板112a、112bをエッチングするエッチング装置として動作しうる。第21実施形態のプラズマ処理装置1は、第1電極105a、第2電極105bがエッチング対象の第1基板112a、第2基板112bをそれぞれ保持し、第3電極141が基板を保持しない点で、第8実施形態のプラズマ処理装置1と異なり、他の点では第8実施形態のプラズマ処理装置1と同様の構成を有しうる。

[0106] 1つの構成例において、プラズマ処理装置1は、第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスとして、(a)第1平衡端子211と第1電極105aとを接続する第1経路PTH1に配置された可変リアクタンス511a、(b)第1電極105aと接地との間に配置された可変リアクタンス521a、(c)第2平衡端子212と第2電極105bとを接続する第2経路PTH2に配置された可変リアクタンス511b、(d)第2電極105bと接地との間に配置された可変リアクタンス521b、および、(e)第1経路PTH1と第2経路PTH2とを接続する可変リアクタンス530、の少なくとも1つを含む。

- [0107] 第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスの値を調整することによって、第1基板112aのエッチング量分布と第2基板112bのエッチング量分布とを調整することができる。あるいは、第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスの値を調整することによって、第1基板112aのエッチング量分布と第2基板112bのエッチング量分布とを同じにすることができる。
- [0108] なお、図26～31を参照して説明した第15乃至第20実施形態では、ターゲット109a、109bの対向面に電極が配置されているが、電極に限定されず、所謂カルーセル型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における円筒形の基板回転ホルダー（例えば、特開2003-1555526、特開昭62-133065）や、所謂インライン型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における矩形形状等の基板トレイ（例えば、特許5824072、特開2011-144450）が配置されるよう構成されてもよい。
- [0109] 図26～図31を参照して説明した第15乃至第20実施形態では、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて調整リアクタンスの値を調整する。このような構成に代えて、制御部700は、第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度と第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度とに基づいて調整リアクタンスを調整するように構成されてもよい。第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度は、例えば、光電変換装置によって検出されうる。同様に、第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度は、例えば、光電変換装置によって検出されうる。制御部700は、第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度と第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度とに基づいて、例えば、第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度と第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度とが等しくなるように、調整リアクタンスの値を調整するように構成されうる。

[0110] 次に、本発明の第22実施形態としてのプラズマ処理方法を説明する。第22実施形態としてのプラズマ処理方法は、第8乃至第21実施形態のいずれかのプラズマ処理装置1において基板112を処理する。該プラズマ処理方法は、第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係が調整されるように調整リアクタンスを調整する工程と、該工程の後に、基板112を処理する工程と、を含みうる。該処理は、基板112にスパッタリングによって膜を形成する工程、または、基板112をエッチングする工程を含みうる。

[0111] 図33には、本発明の第23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23実施形態のプラズマ処理装置1は、図18に示された第9実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように、調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように、調整リアクタンスとしての可変インダクタ601a、601bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生する。ここで、第1目標値と第2目標値は、互いに等しい値であってもよいし、第1目標値と第2目標値との差分が目標差分値に一致するように定められてもよい。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0112] 制御部700は、インピーダンス整合回路102を制御する指令値CNT3を発生する。制御部700は、プラズマを着火するときは、インピーダンス整合回路102がプラズマの着火用のインピーダンスとなるようにインピーダンス整合回路102を制御する。また、制御部700は、プラズマの着

火後にプラズマが安定するように、インピーダンス整合回路102のインピーダンスを変更する。プラズマが安定した状態において、インピーダンス整合回路102のインピーダンスは、プラズマが発生しているときの本体10の側のインピーダンス $R_p - jX_p$ （第1平衡端子211および第2平衡端子212の側から第1電極105aおよび第2電極105bの側（本体10の側）を見たときのインピーダンス）に整合する。このときのインピーダンス整合回路102のインピーダンスは、 $R_p + jX_p$ である。

- [0113] 制御部700は、例えば、FPGA（Field Programmable Gate Arrayの略。）などのPLD（Programmable Logic Deviceの略。）、又は、ASIC（Application Specific Integrated Circuitの略。）、又は、プログラムが組み込まれた汎用又は専用のコンピュータ、又は、これらの全部または一部の組み合わせによって構成されうる。該プログラムは、メモリ媒体（コンピュータ可読メモリ媒体）に格納されて、または、通信回線を介して提供されうる。
- [0114] 図40には、第23実施形態のプラズマ処理装置1の動作が例示されている。この動作は、制御部700によって制御されうる。工程S401では、制御部700は、インピーダンス整合回路102のインピーダンス($R_{pi} + jX_{pi}$)がプラズマの着火用のインピーダンス($R_{pi} - jX_{pi}$)に設定あるいは変更されるように指令値CNT3を決定し、その指令値CNT3をインピーダンス整合回路102に供給する。インピーダンス整合回路102は、指令値CNT3に応じて自己のインピーダンスを設定あるいは変更する。
- [0115] その後、工程S402（着火工程）では、制御部700は、インピーダンス整合回路102のインピーダンスがプラズマの着火用のインピーダンスに設定された状態で、高周波電源402を起動（ON）し、高周波を発生させる。高周波電源402が発生する高周波は、インピーダンス整合回路102、バラン103、調整リアクタンス（可変インダクタ601a、601b、キャパシタ602a、602b）を介して第1電極105aおよび第2電極

105bに供給される。これにより、プラズマが着火される。

[0116] 工程S403（整合工程）では、制御部700は、プラズマの着火後にプラズマが安定するように、インピーダンス整合回路102のインピーダンスを変更する。具体的には、工程S403では、制御部700は、プラズマが安定するインピーダンスがインピーダンス整合回路700に設定されるように指令値CNT3を決定し、その指令値CNT3をインピーダンス整合回路700に供給する。プラズマが安定した状態において、インピーダンス整合回路102のインピーダンスは、プラズマが発生しているときの本体10の側（第1電極106および第2電極111の側）のインピーダンス $R_p - jX_p$ に整合している。このときのインピーダンス整合回路102のインピーダンスは、 $R_p + jX_p$ である。なお、 R_p の値は R_{pi} と異なり、 X_p の値は X_{pi} と異なる。

[0117] その後、工程S404では、制御部700は、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2を取得する。その後、工程S405（調整工程）では、制御部700は、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように可変リアクタンスとしての可変インダクタ601a、601bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生する。第1指令値CNT1、第2指令値CNT2は、それぞれ可変インダクタ601a、601bに供給される。可変インダクタ601a、601bは、それぞれ第1指令値CNT1、第2指令値CNT2に応じて自己のインダクタンスを調整あるいは変更する。

[0118] 図41には、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平衡端子211および第2平衡端子212の側から第1電極105aおよび第2電極105bの側（本体10の側）を見たときのリアクタンスと、第1電極105aおよび第2電極105bの電圧との関係が例示されている。このリアクタンスは、前述の $-X_p$ に相当する。図41に例示されるように、第1電極105aおよび第2電極105bの電圧は、調整リアクタンス

のリアクタンスを変更することによって、それらの間の大小関係が入れ替わる。換言すると、リアクタンスの変化に対する第1電極105aおよび第2電極105bの電圧の変化曲線は、相互に交差する特性を示す。

[0119] 図41に例示される特性は、例えば、予め実験あるいは計算によって決定されうる。この場合、工程S405において、制御部700は、この特性と、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの電圧V2とに基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように可変インダクタ601a、601bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生しうる。図41に例示される特性が予め決定されていない場合には、工程S405において、制御部700は、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの電圧V2に基づいて、第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を微調整しうる。

[0120] その後、工程S407では、制御部700は、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2を取得する。その後、工程S408では、制御部700は、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になったかどうかを判断し、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になった場合には工程S409に進み、そうでない場合には工程S405に戻る。工程S409（処理工程）では、制御部700は、基板112が処理されるように制御を行う。該制御は、例えば、ターゲット109aと基板112との間に配置されたシャッタ（不図示）およびターゲット109bと基板112との間に配置されたシャッタ（不図示）の開閉を制御することを含みうる。図40に示される処理は、手動で実行されてもよい。

[0121] 特開平2-156080号公報の図3には、高周波トランス（Tr7）と、マッチングボックス（MB7）と、真空容器（10）と、第1のターゲット（T5）と、第2のターゲット（T6）と、高周波電圧発生器（OSC5）と、電圧増幅器（PA5）と、基板ホルダ（21）と、モータ（22）とを備えるスパッタ装置が記載されている。特開平2-156080号公報に

記載されたスパッタ装置は、高周波トランス（ T_r7 ）と第1のターゲット（ $T5$ ）との間、および、高周波トランス（ T_r7 ）と第2のターゲット（ $T7$ ）との間に配置されたマッチングボックス（ $MB7$ ）は、調整可能なリアクタンスを有する。

[0122] しかしながら、特開平2-156080号公報に記載されたスパッタ装置におけるマッチングボックス（ $MB7$ ）は、上記の第23実施形態における調整リアクタンス（可変インダクタ601a、601b）のように動作させることはできない。何故なら、マッチングボックス（ $MB7$ ）は、インピーダンス整合のために不可欠であり、マッチングボックス（ $MB7$ ）のリアクタンスを自由に調整することを許容すると、マッチングボックス（ $MB7$ ）をインピーダンス整合のために使用することができず、プラズマを発生させることも、プラズマを安定させることもできないからである。

[0123] ここで、特開平2-156080号公報に記載されたスパッタ装置において生成されるプラズマ（ $P5$ ）は、ターゲット（ $T5$ 、 $T6$ ）の近傍にシースと呼ばれるイオン過多の領域と、それに接するバルクプラズマの領域とを有するであろうと理解される。シースは、キャパシタと同様に負のリアクタンス成分を有し、バルクプラズマは、インダクタと同様に正のリアクタンス成分を有するであろう。これらのリアクタンス成分は、プラズマを生成する条件である印加電力、放電圧力、電極材料等に依存しうる。したがって、プラズマのリアクタンスは、正の値をとったり、負の値をとったりし、また、その絶対値も変化しうる。特開平2-156080号公報に記載されたスパッタ装置は、第23実施形態に例示されるような調整リアクタンスを有しないので、2つのターゲット（ $T5$ 、 $T6$ ）、換言すると、2つの電極の電圧の関係の関係を制御することはできない。

[0124] 図34には、本発明の第24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24実施形態のプラズマ処理装置1は、図19に示された第10実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。第24実施形態として言及しない事項は、第23実施形態に

従いする。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように調整リアクタンスとしての可変キャパシタ604a、604bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生する。第1指令値CNT1、第2指令値CNT2は、それぞれ可変キャパシタ604a、604bに供給される。可変キャパシタ604a、604bは、それぞれ第1指令値CNT1、第2指令値CNT2に応じて自己のキャパシタンスを変更する。また、制御部700は、インピーダンス整合回路102を制御する指令値CNT3を発生する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0125] 図35には、本発明の第25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25実施形態のプラズマ処理装置1は、図20に示された第25実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように、調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように、調整リアクタンスとしての可変キャパシタ605a、605bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生する。ここで、第1目標値と第2目標値は、互いに等しい値であってもよいし、第1目標値と第2目標値との差分が目標差分値に一致するように定められてもよい。第1指令値CNT1、

第2指令値CNT2は、それぞれ可変キャパシタ605a、605bに供給される。可変キャパシタ605a、605bは、それぞれ第1指令値CNT1、第2指令値CNT2に応じて自己のキャパシタンスを変更する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0126] 図36には、本発明の第26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26実施形態のプラズマ処理装置1は、図21に示された第12実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。第26実施形態として言及しない事項は、第23実施形態に従いうる。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように調整リアクタンスとしての可変インダクタ607a、607bの値をそれぞれ調整する第1指令値CNT1、第2指令値CNT2を発生する。第1指令値CNT1、第2指令値CNT2は、それぞれ可変インダクタ607a、607bに供給される。可変インダクタ607a、607bは、それぞれ第1指令値CNT1、第2指令値CNT2に応じて自己のインダクタンスを変更する。また、制御部700は、インピーダンス整合回路102を制御する指令値CNT3を発生する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0127] 図37には、本発明の第27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27実施形態のプラズマ処理装置1は、図22に示された第13実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した

構成を有する。第27実施形態として言及しない事項は、第23実施形態に従いうる。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように調整リアクタンスとしての可変インダクタ608の値を調整する指令値CNTを発生する。指令値CNTは、可変インダクタ608に供給される。可変インダクタ608は、指令値に応じて自己のインダクタンスを変更する。また、制御部700は、インピーダンス整合回路102を制御する指令値CNT3を発生する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0128] 図38には、本発明の第28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28実施形態のプラズマ処理装置1は、図23に示された第14実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。第28実施形態として言及しない事項は、第23実施形態に従いうる。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように調整リアクタンスの値を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように調整リアクタンスとしての可変キャパシタ609の値を調整する指令値CNTを発生する。指令値CNTは、可変キャパシタ609に供給される。可変キャパシタ609は、指令値CNTに応じて自己のキャパシタンスを変更する。また、制御部700は、インピーダンス整合回路102を制御する指令値CNT3を発生する。制御

部 700 は、第 1 電極 105 a の電圧である第 1 電圧 V1 および第 2 電極 105 b の電圧である第 2 電圧 V2 を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部 700 とは別に設けられてもよい。

[0129] 図 39 には、本発明の第 29 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 29 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、基板 112 a、112 b をエッチングするエッチング装置として動作しうる。第 29 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、制御部 700 以外については、第 21 実施形態のプラズマ処理装置 1 と同様の構成を有しうる。第 29 実施形態として言及しない事項は、第 23 実施形態に従いうる。

[0130] 1 つの構成例において、プラズマ処理装置 1 は、第 1 電極 105 a に印加される第 1 電圧と第 2 電極 105 b に印加される第 2 電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスとして、(a) 第 1 平衡端子 211 と第 1 電極 105 a とを接続する第 1 経路 PTH1 に配置された可変リアクタンス 511 a、(b) 第 1 電極 105 a と接地との間に配置された可変リアクタンス 521 a、(c) 第 2 平衡端子 212 と第 2 電極 105 b とを接続する第 2 経路 PTH2 に配置された可変リアクタンス 511 b、(d) 第 2 電極 105 b と接地との間に配置された可変リアクタンス 521 b、および、(e) 第 1 経路 PTH1 と第 2 経路 PTH2 とを接続する可変リアクタンス 530、の少なくとも 1 つを含む。

[0131] 第 1 電極 105 a に印加される第 1 電圧と第 2 電極 105 b に印加される第 2 電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスの値を調整することによって、第 1 基板 112 a のエッチング量分布と第 2 基板 112 b のエッチング量分布とを調整することができる。あるいは、第 1 電極 105 a に印加される第 1 電圧と第 2 電極 105 b に印加される第 2 電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスの値を調整することによって、第 1 基板 112 a のエッチング量分布と第 2 基板 112 b のエッチング量分布とを同じにすることができる。

[0132] なお、図 33～39 を参照して説明した第 23 乃至第 29 実施形態では、

ターゲット１０９ a、１０９ bの対向面に電極が配置されているが、電極に限定されず、所謂カルーセル型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における円筒形の基板回転ホルダー（例えば、特開２００３－１５５５５２６、特開昭６２－１３３０６５）や、所謂インライン型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における矩形形状等の基板トレイ（例えば、特許５８２４０７２、特開２０１１－１４４４５０）が配置されるよう構成されてもよい。

[0133] 図３３～図３９を参照して説明した第２３乃至第２９実施形態では、制御部７００は、第１電極１０５ aの第１電圧Ｖ１および第２電極１０５ bの第２電圧Ｖ２に基づいて調整リアクタンスの値を調整する。このような構成に代えて、制御部７００は、第１電極１０５ aの近傍におけるプラズマ強度と第２電極１０５ bの近傍におけるプラズマ強度とに基づいて調整リアクタンスを調整するように構成されてもよい。第１電極１０５ aの近傍におけるプラズマ強度は、例えば、光電変換装置によって検出されうる。同様に、第２電極１０５ bの近傍におけるプラズマ強度は、例えば、光電変換装置によって検出されうる。制御部７００は、第１電極１０５ aの近傍におけるプラズマ強度と第２電極１０５ bの近傍におけるプラズマ強度とに基づいて、例えば、第１電極１０５ aの近傍におけるプラズマ強度と第２電極１０５ bの近傍におけるプラズマ強度とが等しくなるように、調整リアクタンスの値を調整するように構成されうる。

[0134] 図４２には、本発明の第３０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３０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３０実施形態のプラズマ処理装置１として言及しない事項は、第１乃至第２９実施形態に従いうる。第３０実施形態のプラズマ処理装置１は、バルン（第１バルン）１０３と、真空容器１１０と、第１電極１０５ aと、第２電極１０５ bとを備えている。あるいは、プラズマ処理装置１は、バルン１０３と、本体１０とを備え、本体１０が、真空容器１１０と、第１電極１０５ aと、第２電極１０５ b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。

[0135] 第1電極105aは、第1部材としての第1ターゲット109aを保持する第1保持面HS1を有し、第2電極105bは、第2部材としての第2ターゲット109bを保持する第2保持面HS2を有しうる。第1保持面HS1および第2保持面HS2は、1つの平面PLに属しうる。

[0136] 第30実施形態のプラズマ処理装置1は、更に、第2バラン303と、第3電極141と、第4電極145とを備えてもよい。換言すると、プラズマ処理装置1は、第1バラン103と、第2バラン303と、真空容器110と、第1電極105aと、第2電極105bと、第3電極141と、第4電極145とを備えうる。あるいは、プラズマ処理装置1は、第1バラン103と、第2バラン303と、本体10とを備え、本体10が、真空容器110と、第1電極105aと、第2電極105bと、第3電極141と、第4電極145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、第2端子252、第3端子451、第4端子452を有する。

[0137] 第1バラン103は、第1不平衡端子201、第2不平衡端子202、第1平衡端子211および第2平衡端子212を有する。第1バラン103の第1不平衡端子201および第2不平衡端子202の側には、不平衡回路が接続され、第1バラン103の第1平衡端子211および第2平衡端子212の側には、平衡回路が接続される。第2バラン303は、第1バラン103と同様の構成を有しうる。第2バラン303は、第3不平衡端子401、第4不平衡端子402、第3平衡端子411および第4平衡端子412を有する。第2バラン303の第3不平衡端子401および第4不平衡端子402の側には、不平衡回路が接続され、第2バラン303の第3平衡端子411および第4平衡端子412の側には、平衡回路が接続される。真空容器110は、接地されている。バラン103、303は、例えば、図2A、2B（図14）に記載された構成を有しうる。

[0138] 第1電極105aは、第1ターゲット109aを保持し、第1ターゲット109aを介して処理対象の基板112の側の空間と対向する。第2電極1

05 bは、第1電極105 aの隣に配置され、第2ターゲット109 bを保持し、第2ターゲット109 bを介して処理対象の基板112の側の空間と対向する。ターゲット109 aおよび109 bは、例えば、絶縁体材料または導電体材料でありうる。第1電極105 aは、第1バラン103の第1平衡端子211に電氣的に接続され、第2電極105 bは、第1バラン103の第2平衡端子212に電氣的に接続されている。

[0139] 第3電極141は、基板112を保持する。第4電極145は、第3電極141の周囲に配置されうる。第3電極141は、第2バラン303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第4電極145は、第2バラン303の第2平衡端子412に電氣的に接続されている。

[0140] 上記の構成は、第1電極105 aが第1端子251に電氣的に接続され、第2電極105 bが第2端子252に電氣的に接続され、第1端子251が第1バラン103の第1平衡端子211に電氣的に接続され、第2端子252が第1バラン103の第2平衡端子212に接続された構成として理解されうる。また、上記の構成は、第3電極141が第3端子451に電氣的に接続され、第4電極145が第4端子452に電氣的に接続され、第3端子451が第2バラン303の第1平衡端子411に電氣的に接続され、第4端子452が第2バラン303の第2平衡端子412に接続されているものとして理解されうる。

[0141] 第1電極105 aと第1バラン103の第1平衡端子211（第1端子251）とは、第1経路PTH1によって電氣的に接続されうる。第1経路PTH1には、リアクタンス511 aが配置されうる。換言すると、第1電極105 aと第1バラン103の第1平衡端子211（第1端子251）とは、リアクタンス511 aを介して電氣的に接続されうる。リアクタンス511 aは、キャパシタを含むことができ、該キャパシタは、第1バラン103の第1平衡端子211と第1電極105 aとの間（あるいは、第1バラン103の第1平衡端子211と第2平衡端子212との間）で直流電流を遮断するブロッキングキャパシタとして機能しうる。第2電極105 bと第1バ

ラン１０３の第２平衡端子２１２（第２端子２５２）とは、第２経路PTH２によって電氣的に接続されうる。第２経路PTH２には、リアクタンス５１１ｂが配置されうる。換言すると、第２電極１０５ｂと第１バラン１０３の第２平衡端子２１２（第３端子２５２）とは、リアクタンス５１１ｂを介して電氣的に接続されうる。リアクタンス５１１ｂは、キャパシタを含むことができ、該キャパシタは、第１バラン１０３の第２平衡端子２１２と第２電極１０５ｂとの間（あるいは、第１バラン１０３の第１平衡端子２１１と第２平衡端子２１２との間）で直流電流を遮断するブロッキングキャパシタとして機能しうる。第１電極１０５ａ、第２電極１０５ｂは、それぞれ絶縁体１３２ａ、１３２ｂを介して真空容器１１０によって支持されうる。

[0142] プラズマ処理装置１は、第１電極１０５ａと接地との間に配置されたリアクタンス５２１ａを備えうる。プラズマ処理装置１は、第２電極１０５ｂと接地との間に配置されたリアクタンス５２１ｂを備えうる。プラズマ処理装置１は、第１経路PTH１と第２経路PTH２とを接続するリアクタンス５３０を備えうる。

[0143] １つの構成例において、プラズマ処理装置１は、第１電極１０５ａに印加される第１電圧と第２電極１０５ｂに印加される第２電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスとして、（ａ）第１平衡端子２１１と第１電極１０５ａとを接続する第１経路PTH１に配置されたリアクタンス５１１ａ、（ｂ）第１電極１０５ａと接地との間に配置されたリアクタンス５２１ａ、（ｃ）第２平衡端子２１２と第２電極１０５ｂとを接続する第２経路PTH２に配置されたリアクタンス５１１ｂ、（ｄ）第２電極１０５ｂと接地との間に配置されたリアクタンス５２１ｂ、および、（ｅ）第１経路PTH１と第２経路PTH２とを接続するリアクタンス５３０、の少なくとも１つを含む。

[0144] 第３電極１４１と第２バラン３０３の第１平衡端子４１１（第３端子４５１）とは、ブロッキングキャパシタ３０４を介して電氣的に接続されうる。ブロッキングキャパシタ３０４は、第２バラン３０３の第１平衡端子４１１

と第3電極141との間（あるいは、第2 balan 303の第1平衡端子411と第2平衡端子412との間）で直流電流を遮断する。ブロッキングキャパシタ304を設ける代わりに、第2インピーダンス整合回路302が、第2 balan 303の第1不平衡端子401と第2不平衡端子402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。第3電極141、第4電極145は、それぞれ絶縁体142、146を介して真空容器110によって支持されうる。

[0145] プラズマ処理装置1は、第1不平衡端子と201と第2不平衡端子202との間に供給される高周波を発生する第1高周波電源101を備えうる。高周波電源101は、第1不平衡端子と201と第2不平衡端子202との間に供給される高周波の周波数を変更可能である。該周波数を変更することによって、第1電極105aに印加される第1電圧および第2電極105bに印加される第2電圧を調整することができる。あるいは、該周波数を変更することによって、第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係进行调整することができる。

[0146] したがって、該周波数进行调整することによって、第1ターゲット109aがスパッタリングされる量と第2ターゲット109bがスパッタリングされる量との関係进行调整することができる。あるいは、該周波数进行调整することによって、第1ターゲット109aがスパッタリングされる量と第2ターゲット109bがスパッタリングされる量とのバランス进行调整することができる。これにより、第1ターゲット109aの消費量と第2ターゲット109bの消費量との関係进行调整することができる。あるいは、第1ターゲット109aの消費量と第2ターゲット109bの消費量とのバランス进行调整することができる。このような構成は、例えば、第1ターゲット109aの交換タイミングと第2ターゲット109bの交換タイミングとを同じタイミングにし、プラズマ処理装置1のダウンタイムを低減するために有利である。また、該周波数进行调整することによって、基板112に形成される膜の厚さ分布进行调整することもできる。

[0147] プラズマ処理装置 1 は、第 1 高周波電源 101 と第 1 バラン 103 との間に配置された第 1 インピーダンス整合回路 102 を更に備える。第 1 高周波電源 101 は、第 1 インピーダンス整合回路 102、第 1 バラン 103 および第 1 経路 PTH1 を介して、第 1 電極 105a と第 2 電極 105b との間に高周波を供給する。あるいは、第 1 高周波電源 101 は、第 1 インピーダンス整合回路 102、第 1 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。第 1 バラン 103 並びに第 1 電極 105a および第 2 電極 105b は、真空容器 110 の内部空間に高周波を供給する第 1 高周波供給部を構成する。

[0148] プラズマ処理装置 1 は、第 2 高周波電源 301 と、第 2 高周波電源 301 と第 2 バラン 303 との間に配置された第 2 インピーダンス整合回路 302 とを備える。第 2 高周波電源 301 は、第 2 インピーダンス整合回路 302 を介して第 2 バラン 303 の第 1 不平衡端子 401 と第 2 不平衡端子 402 との間に高周波を供給する。第 2 高周波電源 301 は、第 2 インピーダンス整合回路 302、第 2 バラン 303 およびブロッキングキャパシタ 304 を介して、第 3 電極 141 と第 4 電極 145 との間に高周波を供給する。あるいは、第 2 高周波電源 301 は、第 2 インピーダンス整合回路 302、第 2 バラン 303 を介して、本体 10 の第 3 端子 451 と第 4 端子 452 との間に高周波を供給する。第 2 バラン 303 並びに第 3 電極 141 および第 4 電極 145 は、真空容器 110 の内部空間に高周波を供給する第 2 高周波供給部を構成する。

[0149] 第 1 高周波電源 101 からの高周波の供給によって真空容器 110 の内部空間にプラズマが発生している状態で第 1 バラン 103 の第 1 平衡端子 211 および第 2 平衡端子 212 の側から第 1 電極 105a および第 2 電極 105b の側（本体 10 の側）を見たときのインピーダンスを $R_{p1} - jX_{p1}$ とする。また、第 1 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 X_1 とする。この定義において、 $1.5 \leq X_1 / R_{p1} \leq 5000$ を満たすことは、真空容器 110 の内部空

間に形成されるプラズマの電位を安定させるために特に有利である。ただし、 $1.5 \leq X/R_{p1} \leq 5000$ という条件を満たすことは、第30実施形態において必須ではなく、有利な条件であることに留意されたい。第30実施形態では、バラン103を設けることによって、バラン103を設けない場合よりも、プラズマの電位を安定させることができる。また、発生する高周波の周波数を変更可能な高周波電源101を設けることによって、第1ターゲット109aがスパッタリングされる量と第2ターゲット109bがスパッタリングされる量との関係を調整することができる。

[0150] また、第2高周波電源301からの高周波の供給によって真空容器110の内部空間にプラズマが発生している状態で第2バラン303の第1平衡端子411および第2平衡端子412の側から第3電極141および第4電極145の側（本体10の側）を見たときのインピーダンスを $R_{p2} - jX_{p2}$ とする。また、第2バラン303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 X_2 とする。この定義において、 $1.5 \leq X_2/R_{p2} \leq 5000$ を満たすことは、真空容器110の内部空間に形成されるプラズマの電位を安定させるために特に有利である。ただし、 $1.5 \leq X/R_{p2} \leq 5000$ という条件を満たすことは、第30実施形態において必須ではなく、有利な条件であることに留意されたい。

[0151] 以下、図43～図48を参照しながら、第29実施形態のプラズマ処理装置1を具体化した第31乃至第34実施形態を説明する。図43には、本発明の第31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31実施形態として言及しない事項は、第30実施形態に従いうる。第31実施形態のプラズマ処理装置1は、第1経路PTH1に配置されたリアクタンス511a、および、第2経路PTH2に配置されたリアクタンス511b、の少なくとも1つを含む。ここで、プラズマ処理装置1は、第1経路PTH1に配置されたリアクタンス511a、および、第2経路PTH2に配置されたリアクタンス511bの双方を含むことが好ましい。

[0152] 第1リアクタンス511aは、インダクタ601aおよびキャパシタ60

2 aを含みうる。インダクタ601 aは、第1平衡端子211（第1端子251）とキャパシタ602 aとの間に配置されてもよいし、キャパシタ602 aと第1電極105 aとの間に配置されてもよい。第2リアクタンス511 bは、インダクタ601 bおよびキャパシタ602 bを含みうる。インダクタ601 bは、第2平衡端子212（第2端子252）とキャパシタ602 bとの間に配置されてもよいし、キャパシタ602 bと第2電極105 bとの間に配置されてもよい。

[0153] 図47には、第31実施形態のプラズマ処理装置1において、高周波電源101が発生する高周波の周波数を12.56MHzに設定した場合に基板112に形成された膜の正規化された厚さ分布が示されている。また、図47には、第31実施形態のプラズマ処理装置1において、高周波電源101が発生する高周波の周波数を13.56MHzに設定した場合に基板112に形成された膜の正規化された厚さ分布が示されている。横軸は、図43における横方向（基板112の表面に平行な方向）の位置であり、基板112の中心からの距離を示している。高周波電源101が発生する高周波の周波数が12.56MHzであるときは、基板112の中心の左側と右側とで膜の厚さ分布が大きく異なっている。一方、高周波電源101が発生する高周波の周波数が13.56MHzであるときは、基板112の中心の左側と右側とで膜の厚さ分布の対称性が高い。高周波電源101が発生する高周波の周波数が13.56MHzである場合の方が、高周波電源101が発生する高周波の周波数が12.56MHzである場合よりも、第1電極105 aに与えられる第1電圧と第2電極105 bに与えられる第2電圧とのバランスが良い。

[0154] 図48には、第30実施形態のプラズマ処理装置1において、高周波電源101が発生する高周波の周波数を変化させた場合における第1電極105 aの電圧（第1電圧）および第2電極105 bの電圧（第2電圧）が例示されている。高周波電源101が発生する高周波の周波数を変化させることによって第1電極105 aの電圧（第1電圧）および第2電極105 bの電圧

(第2電圧)を調整することができる。あるいは、高周波電源101が発生する高周波の周波数を変化させることによって第1電極105aの電圧(第1電圧)と第2電極105bの電圧(第2電圧)との関係を調整することができる。例えば、高周波電源101が発生する高周波の周波数は、第1電極105aの電圧(第1電圧)と第2電極105bの電圧(第2電圧)とが等しくなるように調整されうる。これにより、第1ターゲット109aがスパッタリングされる量と第2ターゲット109bがスパッタリングされる量とを同じにすることができる。これは、例えば、第1ターゲット109aの交換タイミングと第2ターゲット109bの交換タイミングとを同じタイミングにし、プラズマ処理装置1のダウンタイムを低減するために有利である。

[0155] 図44には、本発明の第32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32実施形態として言及しない事項は、第30実施形態に従いうる。第32実施形態のプラズマ処理装置1は、第1電極105aと接地との間に配置されたリアクタンス521a、および、第2電極105bと接地との間に配置されたリアクタンス521bの少なくとも1つを備えている。リアクタンス521aは、例えば、インダクタ607aおよびキャパシタ606aを含みうる。リアクタンス521bは、例えば、インダクタ607bおよびキャパシタ606bを含みうる。

[0156] プラズマ処理装置1は、更に、第1経路PTH1に配置されたリアクタンス511a(この例では、インダクタ603a、キャパシタ602a)と、第2経路PTH2に配置されたリアクタンス511b(この例では、インダクタ603b、キャパシタ602b)とを備えうる。

[0157] 図45には、本発明の第33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33実施形態として言及しない事項は、第30実施形態に従いうる。第33実施形態のプラズマ処理装置1は、第1経路PTH1と第2経路PTH2とを接続するリアクタンス530としてのインダクタ608を備えている。プラズマ処理装置1は、更に、第1経路PTH1に配置されたリアクタンス511a(この例では、インダクタ603a、キャパシ

タ 6 0 2 a) と、第 2 経路 P T H 2 に配置されたリアクタンス 5 1 1 b (この例では、インダクタ 6 0 3 b、キャパシタ 6 0 2 b) とを備えうる。

[0158] 図 4 6 には、本発明の第 3 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 3 実施形態として言及しない事項は、第 3 0 実施形態に従いうる。第 3 3 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、第 1 経路 P T H 1 と第 2 経路 P T H 2 とを接続する可変リアクタンス 5 3 0 としてのキャパシタ 6 0 9 を備えている。プラズマ処理装置 1 は、更に、第 1 経路 P T H 1 に配置されたリアクタンス 5 1 1 a (この例では、インダクタ 6 0 3 a、キャパシタ 6 0 2 a) と、第 2 経路 P T H 2 に配置されたリアクタンス 5 1 1 b (この例では、インダクタ 6 0 3 b、キャパシタ 6 0 2 b) とを備えうる。

[0159] なお、図 4 3 ~ 図 4 8 を参照して説明した第 3 0 乃至第 3 3 実施形態では、ターゲット 1 0 9 a、1 0 9 b の対向面に電極が配置されているが、電極に限定されず、所謂カルーセル型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における円筒形の基板回転ホルダー (例えば、特開 2 0 0 3 - 1 5 5 5 5 2 6、特開 昭 6 2 - 1 3 3 0 6 5) や、所謂インライン型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における矩形形状等の基板トレイ (例えば、特許 5 8 2 4 0 7 2、特開 2 0 1 1 - 1 4 4 4 5 0) が配置されるよう構成されてもよい。

[0160] 以下、図 4 9 ~ 図 5 3 を参照しながら、第 1 電極 1 0 5 a の第 1 電圧 V 1 および第 2 電極 1 0 5 b の第 2 電圧 V 2 に基づいて、高周波電源 1 0 1 が発生する高周波の周波数調整する動作を説明する。図 4 9 には、本発明の第 3 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 3 5 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、図 4 3 に示された第 3 1 実施形態のプラズマ処理装置 1 に対して制御部 7 0 0 を追加した構成を有する。制御部 7 0 0 は、第 1 電極 1 0 5 a の第 1 電圧 V 1 および第 2 電極 1 0 5 b の第 2 電圧 V 2 に基づいて、例えば、第 1 電圧 V 1 と第 2 電圧 V 2 とが等しくなるように、高周波電源 1 0 1 が発生する高周波の周波数を調整する。例えば、制御部 7 0 0 は、第 1 電極 1 0 5 a の第 1 電圧 V 1 および第 2 電極 1 0 5 b の第 2 電圧 V 2 に基づいて、調整リアクタンスの値が変化するように、高周波電源

101が発生する高周波の周波数を調整する指令値CNTを発生する。指令値CNTは、高周波電源101に供給される。高周波電源101は、指令値CNTに応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0161] 図50には、本発明の第36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36実施形態のプラズマ処理装置1は、図44に示された第32実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1と第2電圧V2とが等しくなるように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスの値が変化するように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する指令値CNTを発生する。指令値CNTは、高周波電源101に供給される。高周波電源101は、指令値CNTに応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0162] 図51には、本発明の第37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37実施形態のプラズマ処理装置1は、図45に示された第33実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1と第2電圧V2とが等しくなるように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1お

よび第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスの値が変化するように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する指令値CNTが発生する。指令値CNTは、高周波電源101に供給される。高周波電源101は、指令値CNTに応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0163] 図52には、本発明の第38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38実施形態のプラズマ処理装置1は、図46に示された第34実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1と第2電圧V2とが等しくなるように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスの値が変化するように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する指令値CNTが発生する。指令値CNTは、高周波電源101に供給される。高周波電源101は、指令値CNTに応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0164] 図53には、本発明の第39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39実施形態のプラズマ処理装置1は、基板112a、112bをエッチングするエッチング装置として動作しうる。第39実施形態のプラズマ処理装置1は、第1電極105a、第2電極105bがエッチング対象の第1基板112a、第2基板112bをそれぞれ保持し、第3

電極 141 が基板を保持しない点で、第 30 実施形態のプラズマ処理装置 1 と異なり、他の点では第 30 実施形態のプラズマ処理装置 1 と同様の構成を有しうる。

[0165] 1つの構成例において、プラズマ処理装置 1 は、第 1 電極 105 a に印加される第 1 電圧と第 2 電極 105 b に印加される第 2 電圧との関係に影響を与える調整リアクタンスとして、(a) 第 1 平衡端子 211 と第 1 電極 105 a とを接続する第 1 経路 PTH1 に配置されたリアクタンス 511 a、(b) 第 1 電極 105 a と接地との間に配置されたリアクタンス 521 a、(c) 第 2 平衡端子 212 と第 2 電極 105 b とを接続する第 2 経路 PTH2 に配置されたリアクタンス 511 b、(d) 第 2 電極 105 b と接地との間に配置されたリアクタンス 521 b、および、(e) 第 1 経路 PTH1 と第 2 経路 PTH2 とを接続するリアクタンス 530、の少なくとも 1 つを含む。

[0166] 高周波電源 101 が発生する高周波の周波数を調整することによって、第 1 基板 112 a のエッチング量分布と第 2 基板 112 b のエッチング量分布とを調整することができる。あるいは、高周波電源 101 が発生する高周波の周波数を調整することによって、第 1 基板 112 a のエッチング量分布と第 2 基板 112 b のエッチング量分布とを同じにすることができる。

[0167] なお、図 49～図 53 を参照して説明した第 35 乃至第 39 実施形態では、ターゲット 109 a、109 b の対向面に電極が配置されているが、電極に限定されず、所謂カルーセル型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における円筒形の基板回転ホルダー（例えば、特開 2003-1555526、特開 昭 62-133065）や、所謂インライン型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における矩形形状等の基板トレイ（例えば、特許 5824072、特開 2011-144450）が配置されるよう構成されてもよい。

[0168] 図 49～図 53 を参照して説明した第 35 乃至第 39 実施形態では、制御部 700 は、第 1 電極 105 a の第 1 電圧 V1 および第 2 電極 105 b の第 2 電圧 V2 に基づいて高周波電源 101 が発生する高周波の周波数を調整す

る。このような構成に代えて、制御部700は、第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度と第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度とに基づいて高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整するように構成されてもよい。第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度は、例えば、光電変換装置によって検出されうる。同様に、第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度は、例えば、光電変換装置によって検出されうる。制御部700は、第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度と第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度とに基づいて、例えば、第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度と第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度とが等しくなるように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整するように構成されうる。

[0169] 次に、本発明の第40実施形態としてのプラズマ処理方法を説明する。第40実施形態としてのプラズマ処理方法は、第30乃至第39実施形態のいずれかのプラズマ処理装置1において基板112を処理する。該プラズマ処理方法は、第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係が調整されるように高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する工程と、該工程の後に、基板112を処理する工程と、を含みうる。該処理は、基板112にスパッタリングによって膜を形成する工程、または、基板112をエッチングする工程を含みうる。

[0170] 図54には、本発明の第41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41実施形態のプラズマ処理装置1は、図43に示された第31実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように

調整リアクタンスの値が変化するように、高周波電源 101 が発生する高周波の周波数を調整する指令値 CNT_{osc} を発生する。指令値 CNT_{osc} は、高周波電源 101 に供給される。高周波電源 101 は、指令値 CNT_{osc} に応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。制御部 700 は、第 1 電極 105a の電圧である第 1 電圧 V_1 および第 2 電極 105b の電圧である第 2 電圧 V_2 を測定する測定部を含みうる。あるいは、そのような測定には、制御部 700 とは別に設けられてもよい。

[0171] 制御部 700 は、インピーダンス整合回路 102 を制御する指令値 CNT_{mb} を発生する。制御部 700 は、プラズマを着火するときは、インピーダンス整合回路 102 がプラズマの着火用のインピーダンスとなるようにインピーダンス整合回路 102 を制御する。また、制御部 700 は、プラズマの着火後にプラズマが安定するように、インピーダンス整合回路 102 のインピーダンスを変更する。プラズマが安定した状態において、インピーダンス整合回路 102 のインピーダンスは、プラズマが発生しているときの本体 10 の側のインピーダンス $R_p - jX_p$ (第 1 平衡端子 211 および第 2 平衡端子 212 の側から第 1 電極 105a および第 2 電極 105b の側 (本体 10 の側) を見たときのインピーダンス) に整合する。このときのインピーダンス整合回路 102 のインピーダンスは、 $R_p + jX_p$ である。

[0172] 制御部 700 は、例えば、FPGA (Field Programmable Gate Array の略。) などの PLD (Programmable Logic Device の略。)、又は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit の略。)、又は、プログラムが組み込まれた汎用又は専用のコンピュータ、又は、これらの全部または一部の組み合わせによって構成されうる。該プログラムは、メモリ媒体 (コンピュータ可読メモリ媒体) に格納されて、または、通信回線を介して提供されうる。

[0173] 図 40 には、第 39 実施形態のプラズマ処理装置 1 の動作が例示されている。この動作は、制御部 700 によって制御されうる。工程 S401 では、

制御部700は、インピーダンス整合回路102のインピーダンスがプラズマの着火用のインピーダンスに設定あるいは変更されるように指令値CNTmbをインピーダンス整合回路102に供給する。インピーダンス整合回路102は、指令値CNTmbに応じて自己のインピーダンスを設定あるいは変更する。

[0174] その後、工程S402（着火工程）では、制御部700は、インピーダンス整合回路102のインピーダンスがプラズマの着火用のインピーダンスに設定された状態で、高周波電源402を起動（ON）し、高周波を発生させる。高周波電源402が発生する高周波は、インピーダンス整合回路102、バラン103、調整リアクタンス（可変インダクタ601a、601b、キャパシタ602a、602b）を介して第1電極105aおよび第2電極105bに供給される。これにより、プラズマが着火される。

[0175] 工程S403（整合工程）では、制御部700は、プラズマの着火後にプラズマが安定するように、インピーダンス整合回路102のインピーダンスを変更する。具体的には、工程S403では、制御部700は、プラズマが安定するインピーダンスがインピーダンス整合回路700に設定されるように指令値CNTmbを決定し、指令値CNTmbをインピーダンス整合回路700に供給する。インピーダンス整合回路102は、指令値CNTmbに応じて自己のインピーダンスを設定あるいは変更する。

[0176] その後、工程S404では、制御部700は、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2を取得する。その後、工程S405（調整工程）では、制御部700は、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように可変リアクタンスとしての可変インダクタ601a、601bの値がそれぞれ調整されるように、指令値CNToscを発生する。指令値CNToscは、高周波電源402に供給される。高周波電源101は、指令値CNToscに応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。

- [0177] 図59には、高周波電源101が発生する高周波の周波数と第1電極105aおよび第2電極105bの電圧との関係が例示されている。このリアクタンスは、前述の-XPに相当する。図59に例示されるように、第1電極105aおよび第2電極105bの電圧は、高周波電源101が発生する高周波の周波数の変更によって調整リアクタンスのリアクタンスが変化することによって、それらの間の大小関係が入れ替わる。換言すると、高周波電源101が発生する高周波の周波数の変化に対する第1電極105aおよび第2電極105bの電圧の変化曲線は、相互に交差する特性を示す。
- [0178] 図59に例示される特性は、例えば、予め実験あるいは計算によって決定されうる。この場合、工程S405において、制御部700は、この特性と、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの電圧V2とに基づいて、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する指令値CNToscを発生しうる。図59に例示される特性が予め決定されていない場合には、工程S405において、制御部700は、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの電圧V2に基づいて、指令値CNToscを微調整しうる。
- [0179] その後、工程S407では、制御部700は、第1電極105aの電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2を取得する。その後、工程S408では、制御部700は、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になったかどうかを判断し、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になった場合には工程S409に進み、そうでない場合には工程S405に戻る。工程S409（処理工程）では、制御部700は、基板112が処理されるように制御を行う。該制御は、例えば、ターゲット109aと基板112との間に配置されたシャッタ（不図示）およびターゲット109bと基板112との間に配置されたシャッタ（不図示）の開閉を制御することを含みうる。図40に示される処理は、手動で実行されてもよい。

[0180] 図55には、本発明の第42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42実施形態のプラズマ処理装置1は、図44に示された第32実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。第42実施形態として言及しない事項は、第41実施形態に従いうる。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスの値が変化するように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する指令値CNToscを発生する。指令値CNToscは、高周波電源101に供給される。高周波電源101は、指令値CNToscに応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。

[0181] 図56には、本発明の第43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43実施形態のプラズマ処理装置1は、図45に示された第33実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。第43実施形態として言及しない事項は、第41実施形態に従いうる。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスの値が変化するように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する指令値CNToscを発生する。指令値CNToscは、高周波電源101に供給される。高周波電源101は、指令値CNToscに応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1

および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含む。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0182] 図57には、本発明の第44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44実施形態のプラズマ処理装置1は、図46に示された第34実施形態のプラズマ処理装置1に対して制御部700を追加した構成を有する。第42実施形態として言及しない事項は、第41実施形態に従いうる。制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、例えば、第1電圧V1が第1目標値になり、第1電圧V1が第1目標値になり、第2電圧V2が第2目標値になるように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する。例えば、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて、調整リアクタンスの値が変化するように、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する指令値CNToscを発生する。指令値CNToscは、高周波電源101に供給される。高周波電源101は、指令値CNToscに応じて自己が発生する高周波の周波数を変更する。制御部700は、第1電極105aの電圧である第1電圧V1および第2電極105bの電圧である第2電圧V2を測定する測定部を含む。あるいは、そのような測定には、制御部700とは別に設けられてもよい。

[0183] 図58には、本発明の第45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45実施形態のプラズマ処理装置1は、基板112a、112bをエッチングするエッチング装置として動作しうる。第45実施形態のプラズマ処理装置1は、制御部700以外については、第30実施形態のプラズマ処理装置1と同様の構成を有しうる。第45実施形態として言及しない事項は、第41実施形態に従いうる。

[0184] 1つの構成例において、プラズマ処理装置1は、第1電極105aに印加される第1電圧と第2電極105bに印加される第2電圧との関係に影響を

与える調整リアクタンスとして、(a) 第1平衡端子211と第1電極105aとを接続する第1経路PTH1に配置されたリアクタンス511a、(b) 第1電極105aと接地との間に配置されたリアクタンス521a、(c) 第2平衡端子212と第2電極105bとを接続する第2経路PTH2に配置されたリアクタンス511b、(d) 第2電極105bと接地との間に配置されたリアクタンス521b、および、(e) 第1経路PTH1と第2経路PTH2とを接続するリアクタンス530、の少なくとも1つを含む。

[0185] 高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整することによって、第1基板112aのエッチング量分布と第2基板112bのエッチング量分布とを調整することができる。あるいは、高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整することによって、第1基板112aのエッチング量分布と第2基板112bのエッチング量分布とを同じにすることができる。

[0186] なお、図54～図58を参照して説明した第41乃至第45実施形態では、ターゲット109a、109bの対向面に電極が配置されているが、電極に限定されず、所謂カルーセル型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における円筒形の基板回転ホルダー（例えば、特開2003-1555526、特開昭62-133065）や、所謂インライン型と呼ばれるタイプのプラズマ装置における矩形形状等の基板トレイ（例えば、特許5824072、特開2011-144450）が配置されるよう構成されてもよい。

[0187] 図54～図58を参照して説明した第41乃至第45実施形態では、制御部700は、第1電極105aの第1電圧V1および第2電極105bの第2電圧V2に基づいて高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整する。このような構成に代えて、制御部700は、第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度と第2電極105bの近傍におけるプラズマ強度とに基づいて高周波電源101が発生する高周波の周波数を調整するように構成されてもよい。第1電極105aの近傍におけるプラズマ強度は、例えば、光電変換装置によって検出されうる。同様に、第2電極105bの近傍におけ

るプラズマ強度は、例えば、光電変換装置によって検出されうる。制御部 700 は、第 1 電極 105 a の近傍におけるプラズマ強度と第 2 電極 105 b の近傍におけるプラズマ強度とに基づいて、例えば、第 1 電極 105 a の近傍におけるプラズマ強度と第 2 電極 105 b の近傍におけるプラズマ強度とが等しくなるように、高周波電源 101 が発生する高周波の周波数するように構成されうる。

[0188] 図 60 には、本発明の第 46 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 46 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、図 33～図 41 を参照して説明された第 23 乃至第 29 実施形態のプラズマ処理装置 1 の変形例である。第 46 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、基板 112 を保持する第 1 電極 141 を昇降させる機構および第 1 電極 141 を回転させる機構の少なくとも一方を更に備える。図 60 に示された例では、プラズマ処理装置 1 は、第 1 電極 141 を昇降させる機構および第 1 電極 141 を回転させる機構の双方を含む駆動機構 114 を備える。真空容器 110 と駆動機構 114 との間には、真空隔壁を構成するベローズ 113 が設けられうる。

[0189] 図 61 には、本発明の第 47 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 47 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、図 42～図 59 を参照して説明された第 30 乃至第 45 実施形態のプラズマ処理装置 1 の変形例である。第 47 実施形態のプラズマ処理装置 1 は、基板 112 を保持する第 1 電極 141 を昇降させる機構および第 1 電極 141 を回転させる機構の少なくとも一方を更に備える。図 61 に示された例では、プラズマ処理装置 1 は、第 1 電極 141 を昇降させる機構および第 1 電極 141 を回転させる機構の双方を含む駆動機構 114 を備える。真空容器 110 と駆動機構 114 との間には、真空隔壁を構成するベローズ 113 が設けられうる。

[0190] 本発明は上記実施の形態に制限されるものではなく、本発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、本発明の範囲を公にするために、以下の請求項を添付する。

符号の説明

[0191] 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、201 : 第1不平衡端子、202 : 第2不平衡端子、211 : 第1平衡端子、212 : 第2平衡端子、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、511 a、511 b、521 a、521 b、530 : 可変リアクタンス、700 : 制御部