明　細　書

発明の名称 ： プラズマ処理装置

技術分野

[0001]　本開示の例示的実施形態は、プラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002]　基板のエッジ領域において生じるチルティング形状の経時変化を抑制する技術として、特許文献１に記載された技術がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０２１－３９９２４号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　本開示は、プラズマ処理装置において、チャンバ内の部品が消耗することによって基板のプラズマ処理が影響を受けることを低減することができる技術を提供する。

課題を解決するための手段

[0005]　本開示の一つの例示的実施形態におけるプラズマ処理装置は、チャンバと、チャンバ内に配置される基板支持部であって、基板支持部は、下部電極を含む、基板支持部と、基板支持部上の基板を囲むように配置されるエッジリングと、基板支持部の上方に配置される上部電極と、チャンバ内に第１のガスを供給するように構成される第１のガス供給部と、チャンバ内で第１のガスからプラズマを生成するためにＲＦ電力を上部電極又は下部電極に供給するように構成されるＲＦ電源と、エッジリングにＤＣ電圧を印加するように構成されるＤＣ電源と、ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、上部電極の交換により第１の時間をリセットするように構成される第１のカウンタと、ＲＦ電源の動作時間に応じて第２の時間をカウントし、エッジリングの交換により第２の時間をリセットするように構成される第２のカ

ウンタと、第１の時間に応じて、ＲＦ電力及び第１のガスのうちの少なくとも１つを段階的に変更するように構成される第１の処理部と、第２の時間に応じてＤＣ電圧を段階的に変更するように構成される第２の処理部と、を備える。

発明の効果

[0006] 本開示の一つの例示的実施形態によれば、プラズマ処理装置において、チャンバ内の部品が消耗することによって基板のプラズマ処理が影響を受けることを低減することができる技術を提供できる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。

[図2]第１の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[図3]制御部の構成例を説明するための図である。

[図4]上部電極及びエッジリングの交換周期とカウント時間の一例を説明するための図である。

[図5]第１の時間に応じてＲＦ電力を段階的に変更させる例の一例を説明するための図である。

[図6]第１の時間に応じて第１のガスの流量を段階的に変更させる例の一例を説明するための図である。

[図7]第２の時間に応じてＤＣ電圧を段階的に変更させる例の一例を説明するための図である。

[図8]第２の実施形態におけるプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[図9]制御部の構成例を説明するための図である。

[図10]上部電極、エッジリング及び上部環状部材の交換周期とカウント時間の一例を説明するための図である。

[図11]第３の時間に応じて第２のガスの流量を段階的に変更させる例の一例を説明するための図である。

[図12]第３の時間に応じて第１の電力値と第２の電力値を段階的に変更させる例の一例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、本開示の各実施形態について説明する。

[0009] 一つの例示的実施形態において、チャンバと、チャンバ内に配置される基板支持部であって、基板支持部は、下部電極を含む、基板支持部と、基板支持部上の基板を囲むように配置されるエッジリングと、基板支持部の上方に配置される上部電極と、チャンバ内に第１のガスを供給するように構成される第１のガス供給部と、チャンバ内で第１のガスからプラズマを生成するためにＲＦ電力を上部電極又は下部電極に供給するように構成されるＲＦ電源と、エッジリングにＤＣ電圧を印加するように構成されるＤＣ電源と、ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、上部電極の交換により第１の時間をリセットするように構成される第１のカウンタと、ＲＦ電源の動作時間に応じて第２の時間をカウントし、エッジリングの交換により第２の時間をリセットするように構成される第２のカウンタと、第１の時間に応じて、ＲＦ電力及び第１のガスのうちの少なくとも１つを段階的に変更するように構成される第１の処理部と、第２の時間に応じてＤＣ電圧を段階的に変更するように構成される第２の処理部と、を備える、プラズマ処理装置が提供される。

[0010] 一つの例示的実施形態において、エッジリングの交換周期は、上部電極の交換周期と異なる。

[0011] 一つの例示的実施形態において、第１の処理部は、第１の時間に応じてＲＦ電力を段階的に増加させるように構成され、第２の処理部は、第２の時間に応じてＤＣ電圧を段階的に増加させるように構成される。

[0012] 一つの例示的実施形態において、第１の処理部は、第１の時間に応じて第１のガスの流量を段階的に減少させるように構成される。

[0013] 一つの例示的実施形態において、プラズマ処理装置は、第２のガス供給部をさらに備え、上部電極は、平面視で中央領域と環状領域とを有し、第１の

ガス供給部は、中央領域を介してチャンバ内に第１のガスを供給するように構成され、第２のガス供給部は、環状領域を介してチャンバ内に第２のガスを供給するように構成される。

[0014] 一つの例示的実施形態において、プラズマ処理装置は、上部電極又はエッジリングを囲むように配置される環状部材と、ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、環状部材の交換により第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、第３の時間に応じて第２のガスの流量を段階的に変更するように構成される第３の処理部と、をさらに備える。

[0015] 一つの例示的実施形態において、プラズマ処理装置は、上部電極を囲むように配置される環状部材と、ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、環状部材の交換により第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、をさらに備え、第１の処理部は、第１の時間及び第３の時間に応じてＲＦ電力を段階的に変更するように構成される。

[0016] 一つの例示的実施形態において、第１の処理部は、第１の時間に応じた第１の電力値と第３の時間に応じた第２の電力値とをＲＦ電力の電力レベルに加算するように構成される。

[0017] 一つの例示的実施形態において、第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の電力値をＲＦ電力の電力レベルに加算し、第２の区間において、段階ごとに、第１の電力値と異なる第２の電力値をＲＦ電力の電力レベルに加算するように構成される。

[0018] 一つの例示的実施形態において、第１の処理部は、第３の区間において、一定の電力レベルを維持するように構成される。

[0019] 一つの例示的実施形態において、第２の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の電圧値をＤＣ電圧の電圧レベルに加算し、第２の区間において、段階ごとに、第１の電圧値と異なる第２の電圧値をＤＣ電圧の電圧レベルに加算するように構成される。

[0020] 一つの例示的実施形態において、第２の処理部は、第３の区間において、一定の電圧レベルを維持するように構成される。

[0021] 一つの例示的実施形態において、第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の流量値を第１のガスの流量から減算し、第２の区間において、段階ごとに、第１の流量値と異なる第２の流量値を第１のガスの流量から減算するように構成される。

[0022] 一つの例示的実施形態において、第１の処理部は、第３の区間において、一定の流量を維持するように構成される。

[0023] 一つの例示的実施形態において、チャンバと、チャンバ内でプラズマを生成するためにＲＦ電力を生成するように構成されるＲＦ電源と、チャンバ内に配置される第１の消耗部品と、チャンバ内に配置される第２の消耗部品と、ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、第１の消耗部品の交換により第１の時間をリセットするように構成される第１のカウンタと、ＲＦ電源の動作時間に応じて第２の時間をカウントし、第２の消耗部品の交換により第２の時間をリセットするように構成される第２のカウンタと、第１の時間に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される第１の処理部と、第２の時間に応じて第２のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される第２の処理部と、を備える、プラズマ処理装置が提供される。

[0024] 一つの例示的実施形態において、第１の消耗部品の交換周期は、第２の消耗部品の交換周期と異なる。

[0025] 一つの例示的実施形態において、プラズマ処理装置は、チャンバ内に配置される第３の消耗部品と、ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、第３の消耗部品の交換により第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、をさらに備え、第１の処理部は、第１の時間に応じた第１の値と第３の時間に応じた第２の値とを第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される。

[0026] 一つの例示的実施形態において、第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を第１のプロセスパラメータに対し

加算又は減算するように構成される。

[0027] 一つの例示的実施形態において、第２の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を第２のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を第２のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される。

[0028] 一つの例示的実施形態において、チャンバと、チャンバ内でプラズマを生成するためにＲＦ電力を生成するように構成されるＲＦ電源と、チャンバ内に配置される消耗部品と、ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、消耗部品の交換により第１の時間をリセットするように構成されるカウンタと、第１の時間に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される処理部と、を備え、処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、プラズマ処理装置が提供される。

[0029] 以下、図面を参照して、本開示の各実施形態について詳細に説明する。なお、各図面において同一または同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。特に断らない限り、図面に示す位置関係に基づいて上下左右等の位置関係を説明する。図面の寸法比率は実際の比率を示すものではなく、また、実際の比率は図示の比率に限られるものではない。

[0030]（第１の実施形態）

＜プラズマ処理システムの一例＞

図１は、プラズマ処理システムの構成例を説明するための図である。一実施形態において、プラズマ処理システムは、プラズマ処理装置１及び制御部２を含む。プラズマ処理システムは、基板処理システムの一例であり、プラズマ処理装置１は、基板処理装置の一例である。プラズマ処理装置１は、プラズマ処理チャンバ１０、基板支持部１１及びプラズマ生成部１２を含む。プラズマ処理チャンバ１０は、プラズマ処理空間を有する。また、プラズマ処理チャンバ１０は、少なくとも１つの処理ガスをプラズマ処理空間に供給

するための少なくとも１つのガス供給口と、プラズマ処理空間からガスを排出するための少なくとも１つのガス排出口とを有する。ガス供給口は、後述するガス供給部２０に接続され、ガス排出口は、後述する排気システム４０に接続される。基板支持部１１は、プラズマ処理空間内に配置され、基板を支持するための基板支持面を有する。

[0031] プラズマ生成部１２は、プラズマ処理空間内に供給された少なくとも１つの処理ガスからプラズマを生成するように構成される。プラズマ処理空間において形成されるプラズマは、容量結合プラズマ（ＣＣＰ；Ｃａｐａｃｉｔｉｖｅｌｙ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｐｌａｓｍａ）、誘導結合プラズマ（ＩＣＰ；Ｉｎｄｕｃｔｉｖｅｌｙ Ｃｏｕｐｌｅｄ Ｐｌａｓｍａ）、ＥＣＲプラズマ（Ｅｌｅｃｔｒｏｎ－Ｃｙｃｌｏｔｒｏｎ－ｒｅｓｏｎａｎｃｅ ｐｌａｓｍａ）、ヘリコン波励起プラズマ（ＨＷＰ：Ｈｅｌｉｃｏｎ Ｗａｖｅ Ｐｌａｓｍａ）、又は、表面波プラズマ（ＳＷＰ：Ｓｕｒｆａｃｅ Ｗａｖｅ Ｐｌａｓｍａ）等であってもよい。また、ＡＣ（Ａｌｔｅｒｎａｔｉｎｇ Ｃｕｒｒｅｎｔ）プラズマ生成部及びＤＣ（Ｄｉｒｅｃｔ Ｃｕｒｒｅｎｔ）プラズマ生成部を含む、種々のタイプのプラズマ生成部が用いられてもよい。一実施形態において、ＡＣプラズマ生成部で用いられるＡＣ信号（ＡＣ電力）は、１００ｋＨｚ～１０ＧＨｚの範囲内の周波数を有する。従って、ＡＣ信号は、ＲＦ（Ｒａｄｉｏ Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ）信号及びマイクロ波信号を含む。一実施形態において、ＲＦ信号は、１００ｋＨｚ～１５０ＭＨｚの範囲内の周波数を有する。

[0032] 制御部２は、本開示において述べられる種々の工程をプラズマ処理装置１に実行させるコンピュータ実行可能な命令を処理する。制御部２は、ここで述べられる種々の工程を実行するようにプラズマ処理装置１の各要素を制御するように構成され得る。一実施形態において、制御部２の一部又は全てがプラズマ処理装置１に含まれてもよい。制御部２は、処理部２ａ１、記憶部２ａ２及び通信インターフェース２ａ３を含んでもよい。制御部２は、例えばコンピュータ２ａにより実現される。処理部２ａ１は、記憶部２ａ２から

プログラムを読み出し、読み出されたプログラムを実行することにより種々の制御動作を行うように構成され得る。このプログラムは、予め記憶部２ａ２に格納されていてもよく、必要なときに、媒体を介して取得されてもよい。取得されたプログラムは、記憶部２ａ２に格納され、処理部２ａ１によって記憶部２ａ２から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ２ａに読み取り可能な種々の記憶媒体であってもよく、通信インターフェース２ａ３に接続されている通信回線であってもよい。処理部２ａ１は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）であってもよい。記憶部２ａ２は、ＲＡＭ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｃｃｅｓｓ　Ｍｅｍｏｒｙ）、ＲＯＭ（Ｒｅａｄ　Ｏｎｌｙ　Ｍｅｍｏｒｙ）、ＨＤＤ（Ｈａｒｄ　Ｄｉｓｋ　Ｄｒｉｖｅ）、ＳＳＤ（Ｓｏｌｉｄ　Ｓｔａｔｅ　Ｄｒｉｖｅ）、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。通信インターフェース２ａ３は、ＬＡＮ（Ｌｏｃａｌ　Ａｒｅａ　Ｎｅｔｗｏｒｋ）等の通信回線を介してプラズマ処理装置１との間で通信してもよい。

[0033] 以下に、プラズマ処理装置１の一例としての容量結合型のプラズマ処理装置の構成例について説明する。図２は、容量結合型のプラズマ処理装置の構成例を説明するための図である。

[0034] 容量結合型のプラズマ処理装置１は、プラズマ処理チャンバ１０（単に「チャンバ」ともいう。）、ガス供給部２０、電源３０及び排気システム４０を含む。また、プラズマ処理装置１は、基板支持部１１及びガス導入部を含む。ガス導入部は、少なくとも１つの処理ガスをプラズマ処理チャンバ１０内に導入するように構成される。ガス導入部は、シャワーヘッド１３を含む。基板支持部１１は、プラズマ処理チャンバ１０内に配置される。シャワーヘッド１３は、基板支持部１１の上方に配置される。一実施形態において、シャワーヘッド１３は、プラズマ処理チャンバ１０の天部（ｃｅｉｌｉｎｇ）の少なくとも一部を構成する。プラズマ処理チャンバ１０は、シャワーヘッド１３、プラズマ処理チャンバ１０の側壁１０ａ及び基板支持部１１により規定されたプラズマ処理空間１０ｓを有する。プラズマ処理チャンバ１０

は接地される。シャワーヘッド１３及び基板支持部１１は、プラズマ処理チャンバ１０の筐体とは電気的に絶縁される。

[0035] 基板支持部１１は、本体部１１１及びリングアセンブリ１１２を含む。本体部１１１は、基板Ｗを支持するための中央領域１１１ａと、リングアセンブリ１１２を支持するための環状領域１１１ｂとを有する。ウェハは基板Ｗの一例である。本体部１１１の環状領域１１１ｂは、平面視で本体部１１１の中央領域１１１ａを囲んでいる。基板Ｗは、本体部１１１の中央領域１１１ａ上に配置され、リングアセンブリ１１２は、本体部１１１の中央領域１１１ａ上の基板Ｗを囲むように本体部１１１の環状領域１１１ｂ上に配置される。従って、中央領域１１１ａは、基板Ｗを支持するための基板支持面とも呼ばれ、環状領域１１１ｂは、リングアセンブリ１１２を支持するためのリング支持面とも呼ばれる。

[0036] 一実施形態において、本体部１１１は、基台１１１０及び静電チャック１１１１を含む。基台１１１０は、導電性部材を含む。基台１１１０の導電性部材は下部電極として機能し得る。静電チャック１１１１は、基台１１１０の上に配置される。静電チャック１１１１は、セラミック部材１１１１ａとセラミック部材１１１１ａ内に配置される静電電極１１１１ｂとを含む。セラミック部材１１１１ａは、中央領域１１１ａを有する。一実施形態において、セラミック部材１１１１ａは、環状領域１１１ｂも有する。なお、環状静電チャックや環状絶縁部材のような、静電チャック１１１１を囲む他の部材が環状領域１１１ｂを有してもよい。この場合、リングアセンブリ１１２は、環状静電チャック又は環状絶縁部材の上に配置されてもよく、静電チャック１１１１と環状絶縁部材の両方の上に配置されてもよい。また、後述するＲＦ電源３１及び／又はＤＣ電源３２に結合される少なくとも１つのＲＦ／ＤＣ電極がセラミック部材１１１１ａ内に配置されてもよい。この場合、少なくとも１つのＲＦ／ＤＣ電極が下部電極として機能する。後述するバイアスＲＦ信号及び／又はＤＣ信号が少なくとも１つのＲＦ／ＤＣ電極に供給される場合、ＲＦ／ＤＣ電極はバイアス電極とも呼ばれる。なお、基台１１

１０の導電性部材と少なくとも１つのＲＦ／ＤＣ電極とが複数の下部電極として機能してもよい。また、静電電極１１１１ｂが下部電極として機能してもよい。従って、基板支持部１１は、少なくとも１つの下部電極を含む。

[0037] リングアセンブリ１１２は、１又は複数の環状部材を含む。一実施形態において、１又は複数の環状部材は、１又は複数のエッジリングと少なくとも１つのカバーリングとを含む。エッジリングは、導電性材料又は絶縁材料で形成され、カバーリングは、絶縁材料で形成される。

[0038] また、基板支持部１１は、静電チャック１１１１、リングアセンブリ１１２及び基板のうち少なくとも１つをターゲット温度に調節するように構成される温調モジュールを含んでもよい。温調モジュールは、ヒータ、伝熱媒体、流路１１１０ａ、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路１１１０ａには、ブラインやガスのような伝熱流体が流れる。一実施形態において、流路１１１０ａが基台１１１０内に形成され、１又は複数のヒータが静電チャック１１１１のセラミック部材１１１１ａ内に配置される。また、基板支持部１１は、基板Ｗの裏面と中央領域１１１ａとの間の間隙に伝熱ガスを供給するように構成された伝熱ガス供給部を含んでもよい。

[0039] シャワーヘッド１３は、ガス供給部２０からの少なくとも１つの処理ガスをプラズマ処理空間１０ｓ内に導入するように構成される。シャワーヘッド１３は、少なくとも１つのガス供給口１３ａ、少なくとも１つのガス拡散室１３ｂ、及び複数のガス導入口１３ｃを有する。ガス供給口１３ａに供給された処理ガスは、ガス拡散室１３ｂを通過して複数のガス導入口１３ｃからプラズマ処理空間１０ｓ内に導入される。また、シャワーヘッド１３は、少なくとも１つの上部電極を含む。なお、ガス導入部は、シャワーヘッド１３に加えて、側壁１０ａに形成された１又は複数の開口部に取り付けられる１又は複数のサイドガス注入部（ＳＧＩ：Ｓｉｄｅ　Ｇａｓ　Ｉｎｊｅｃｔｏｒ）を含んでもよい。

[0040] ガス供給部２０は、少なくとも１つのガスソース２１及び少なくとも１つの流量制御器２２を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部２０は

、少なくとも１つの処理ガスを、それぞれに対応のガスソース２１からそれぞれに対応の流量制御器２２を介してシャワーヘッド１３に供給するように構成される。各流量制御器２２は、例えばマスフローコントローラ又は圧力制御式の流量制御器を含んでもよい。さらに、ガス供給部２０は、少なくとも１つの処理ガスの流量を変調又はパルス化する少なくとも１つの流量変調デバイスを含んでもよい。

[0041] 電源３０は、少なくとも１つのインピーダンス整合回路を介してプラズマ処理チャンバ１０に結合されるＲＦ電源３１を含む。ＲＦ電源３１は、少なくとも１つのＲＦ信号（ＲＦ電力）を少なくとも１つの下部電極及び／又は少なくとも１つの上部電極に供給するように構成される。これにより、プラズマ処理空間１０ｓに供給された少なくとも１つの処理ガスからプラズマが形成される。従って、ＲＦ電源３１は、プラズマ生成部１２の少なくとも一部として機能し得る。また、バイアスＲＦ信号を少なくとも１つの下部電極に供給することにより、基板Wにバイアス電位が発生し、形成されたプラズマ中のイオン成分を基板Wに引き込むことができる。

[0042] 一実施形態において、ＲＦ電源３１は、第１のＲＦ生成部３１ａ及び第２のＲＦ生成部３１ｂを含む。第１のＲＦ生成部３１ａは、少なくとも１つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも１つの下部電極及び／又は少なくとも１つの上部電極に結合され、プラズマ生成用のソースＲＦ信号（ソースＲＦ電力）を生成するように構成される。一実施形態において、ソースＲＦ信号は、１０ＭＨｚ～１５０ＭＨｚの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第１のＲＦ生成部３１ａは、異なる周波数を有する複数のソースＲＦ信号を生成するように構成されてもよい。生成された１又は複数のソースＲＦ信号は、少なくとも１つの下部電極及び／又は少なくとも１つの上部電極に供給される。

[0043] 第２のＲＦ生成部３１ｂは、少なくとも１つのインピーダンス整合回路を介して少なくとも１つの下部電極に結合され、バイアスＲＦ信号（バイアスＲＦ電力）を生成するように構成される。バイアスＲＦ信号の周波数は、ソ

ースＲＦ信号の周波数と同じであっても異なっていてもよい。一実施形態において、バイアスＲＦ信号は、ソースＲＦ信号の周波数よりも低い周波数を有する。一実施形態において、バイアスＲＦ信号は、１００ｋＨｚ～１００ＭＨｚの範囲内の周波数を有する。一実施形態において、第２のＲＦ生成部３１ｂは、異なる周波数を有する複数のバイアスＲＦ信号を生成するように構成されてもよい。生成された１又は複数のバイアスＲＦ信号は、少なくとも１つの下部電極に供給される。また、種々の実施形態において、ソースＲＦ信号及びバイアスＲＦ信号のうち少なくとも１つがパルス化されてもよい。

[0044] また、電源３０は、プラズマ処理チャンバ１０に結合されるＤＣ電源３２を含んでもよい。ＤＣ電源３２は、第１のＤＣ生成部３２ａ及び第２のＤＣ生成部３２ｂを含む。一実施形態において、第１のＤＣ生成部３２ａは、少なくとも１つの下部電極に接続され、第１のＤＣ信号を生成するように構成される。生成された第１のＤＣ信号は、少なくとも１つの下部電極に印加される。一実施形態において、第２のＤＣ生成部３２ｂは、少なくとも１つの上部電極に接続され、第２のＤＣ信号を生成するように構成される。生成された第２のＤＣ信号は、少なくとも１つの上部電極に印加される。

[0045] 種々の実施形態において、第１及び第２のＤＣ信号がパルス化されてもよい。この場合、電圧パルスのシーケンスが少なくとも１つの下部電極及び／又は少なくとも１つの上部電極に印加される。電圧パルスは、矩形、台形、三角形又はこれらの組み合わせのパルス波形を有してもよい。一実施形態において、ＤＣ信号から電圧パルスのシーケンスを生成するための波形生成部が第１のＤＣ生成部３２ａと少なくとも１つの下部電極との間に接続される。従って、第１のＤＣ生成部３２ａ及び波形生成部は、電圧パルス生成部を構成する。第２のＤＣ生成部３２ｂ及び波形生成部が電圧パルス生成部を構成する場合、電圧パルス生成部は、少なくとも１つの上部電極に接続される。電圧パルスは、正の極性を有してもよく、負の極性を有してもよい。また、電圧パルスのシーケンスは、１周期内に１又は複数の正極性電圧パルスと

１又は複数の負極性電圧パルスとを含んでもよい。なお、第１及び第２のＤＣ生成部３２ａ，３２ｂは、ＲＦ電源３１に加えて設けられてもよく、第１のＤＣ生成部３２ａが第２のＲＦ生成部３１ｂに代えて設けられてもよい。

[0046] 排気システム４０は、例えばプラズマ処理チャンバ１０の底部に設けられたガス排出口１０ｅに接続され得る。排気システム４０は、圧力調整弁及び真空ポンプを含んでもよい。圧力調整弁によって、プラズマ処理空間１０ｓ内の圧力が調整される。真空ポンプは、ターボ分子ポンプ、ドライポンプ又はこれらの組み合わせを含んでもよい。

[0047] 以上のプラズマ処理装置１において、リングアセンブリ１１２は、エッジリング１１２ａとカバーリング１１２ｂとを含む。一実施形態において、カバーリング１１２ｂは、エッジリング１１２ａの周囲を囲むように配置される。一実施形態において、プラズマ処理装置１は、エッジリング１１２ａにＤＣ電圧を印加するように構成されるＤＣ電源２００を有する。ＤＣ電源２００は、電源３０に含まれてよい。ＤＣ電源２００は、ＤＣ生成部２００ａを含む。一実施形態において、ＤＣ生成部２００ａは、少なくとも１つの導電性部材を介してエッジリング１１２ａに電気的に接続され、ＤＣ信号を生成するように構成される。ＤＣ信号は、上述した第１及び第２のＤＣ信号と同様に、パルス化されてもよい。生成されたＤＣ信号は、少なくとも１つの導電性部材を介してエッジリング１１２ａに印加される。

[0048] 図３に示すように、一実施形態において、プラズマ処理装置１は、第１のカウンタ２５０と、第２のカウンタ２５１と、第１の処理部２５２と、第２の処理部２５３をさらに備える。第１のカウンタ２５０と、第２のカウンタ２５１と、第１の処理部２５２及び第２の処理部２５３は、制御部２に含まれてよい。

[0049] 図４に示すように、第１のカウンタ２５０は、ＲＦ電源３１の動作時間（稼働時間）に応じて第１の時間ｔ１をカウントし、シャワーヘッド１３の上部電極１３ｄの交換により第１の時間ｔ１をリセットするように構成される。すなわち、第１のカウンタ２５０の第１の時間ｔ１は、上部電極１３ｄが

交換される度にリセットされ、その後、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて基準値からカウントされる。基準値は、ゼロであってよい。なお、ＲＦ電源３１の動作時間は、種々の形態で取得され得る。例えば、ＲＦ電源３１の動作時間は、ＲＦ電源３１に内蔵されたタイマーによって取得されてもよい。すなわち、ＲＦ電源３１の動作時間は、ＲＦ電源３１が、チャンバ１０内で第１のガスからプラズマを生成するためにＲＦ電力を上部電極１３ｄ又は下部電極に供給している時間であるともいえる。

[0050] 第２のカウンタ２５１は、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて第２の時間ｔ２をカウントし、エッジリング１１２ａの交換により第２の時間ｔ２をリセットするように構成される。すなわち、第２のカウンタ２５１の第２の時間ｔ２は、エッジリング１１２ａが交換される度にリセットされ、その後、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて基準値からカウントされる。基準値は、ゼロであってよい。

[0051] エッジリング１１２ａの交換周期Ｎ２は、上部電極１３ｄの交換周期Ｎ１と異なる。一実施形態において、エッジリング１１２ａの交換周期Ｎ２は、上部電極１３ｄの交換周期Ｎ１より短い。この場合、第２のカウンタ２５１によりカウントされる第２の時間ｔ２は、第１のカウンタ２５０によりカウントされる第１の時間ｔ１より短い間隔でリセットされる。

[0052] 一実施形態において、第１の処理部２５２は、ＲＦ電源３１により上部電極１３ｄ又は下部電極に供給されるＲＦ電力、及びガス供給部２０によりチャンバ１０に供給される第１のガスの流量のうちの少なくとも１つを、第１の時間ｔ１に応じて段階的に変更するように構成される。

[0053] 図５に示す例では、第１の処理部２５２は、第１の時間ｔ１に応じてＲＦ電力Ｐｒｆを段階的に増加させるように構成される。具体的には、第１の処理部２５２は、第１の区間Ｓ１において、段階ごとに第１の電力値Δｐ１をＲＦ電力Ｐｒｆの電力レベルに加算するように構成される。第１の処理部２５２は、第２の区間Ｓ２において、段階ごとに、第１の電力値Δｐ１と異なる第２の電力値Δｐ２をＲＦ電力Ｐｒｆの電力レベルに加算するように構成

される。第１の処理部２５２は、第３の区間Ｓ３において、一定の電力レベルを維持するように構成される。各区間Ｓ１～Ｓ３において、段階ごとに増加する電力値Δｐ１、Δｐ２、各段階の時間（長さ）Δｔ１－１、Δｔ１－２、Δｔ１－３、段階の数がそれぞれ設定されてよい。区間Ｓ１～Ｓ３を合わせた時間は、上部電極１３ｄの交換周期Ｎ１であってよい。なお、区間の数は、３つに限られず、１つ又は２つでもよく、４つ以上であってもよい。

[0054] また、図６に示す例では、第１の処理部２５２は、第１の時間ｔ１に応じて第１のガスの流量Ｆ１を段階的に減少させるように構成される。具体的には、第１の処理部２５２は、第１の区間Ｓ４において、段階ごとに第１の流量値Δｆ１－１を第１のガスの流量Ｆ１から減算するように構成される。第１の処理部２５２は、第２の区間Ｓ５において、段階ごとに、第１の流量値Δｆ１－１と異なる第２の流量値Δｆ１－２を第１のガスの流量Ｆ１から減算するように構成される。第１の処理部２５２は、第３の区間Ｓ６において、一定の流量を維持するように構成される。各区間Ｓ４～Ｓ６において、段階ごとに減算する流量値Δｆ１－１、Δｆ１－２、各段階の時間（長さ）Δｔ１－１、Δｔ１－２、Δｔ１－３、段階の数がそれぞれ設定されてよい。区間Ｓ４～Ｓ６を合わせた時間は、上部電極１３ｄの交換周期Ｎ１であってよい。なお、区間の数は、３つに限られず、１つ又は２つでもよく、４つ以上であってもよい。

[0055] 一実施形態において、第２の処理部２５３は、ＤＣ電源２００によりエッジリング１１２ａに印加されるＤＣ電圧を、第２の時間ｔ２に応じて段階的に変更するように構成される。

[0056] 図７に示す例では、第２の処理部２５３は、第２の時間ｔ２に応じてＤＣ電圧Ｖｄｃを段階的に増加させるように構成される。具体的には、第２の処理部２５３は、第１の区間Ｓ７において、段階ごとに第１の電圧値Δｖ１をＤＣ電圧Ｖｄｃの電圧レベルに加算するように構成される。第２の処理部２５３は、第２の区間Ｓ８において、段階ごとに、第１の電圧値Δｖ１と異なる第２の電圧値Δｖ２をＤＣ電圧Ｖｄｃの電圧レベルに加算するように構成

される。第２の処理部２５３は、第３の区間Ｓ９において、一定の電圧レベルを維持するように構成される。各区間Ｓ７～Ｓ９において、段階ごとに増加する電圧値Δｖ１、Δｖ２、各段階の時間（長さ）Δｔ２－１、Δｔ２－２、Δｔ２－３、段階の数がそれぞれ設定されてよい。区間Ｓ７～Ｓ９を合わせた時間は、エッジリング１１２ａの交換周期Ｎ２であってよい。なお、区間の数は、３つに限られず、１つ又は２つでもよく、４つ以上であってもよい。

[0057] ＜プラズマ処理方法の一例＞

プラズマ処理方法は、プラズマを用いて基板W上の膜をエッチングするエッチング処理を含む。一実施形態において、プラズマ処理方法は、プラズマ処理装置１において制御部２により実行される。

[0058] 先ず、基板Wが、搬送アームによりチャンバ１０内に搬入され、リフターにより基板支持部１１に載置され、図２に示すように基板支持部１１上に吸着保持される。

[0059] 次に、プラズマ生成部１２によりプラズマ処理空間１０ｓにプラズマが生成される。先ず、処理ガスが、ガス供給部２０によりシャワーヘッド１３に供給され、シャワーヘッド１３からプラズマ処理空間１０ｓに供給される。このとき供給される処理ガスは、基板Wのエッチング処理のために必要な活性種を生成するガスを含む。処理ガスは、第１のガスを含む。

[0060] ＲＦ電力がＲＦ電源３１から上部電極１３ｄ及び／又は下部電極に供給される。ＤＣ電圧がＤＣ電源２００からエッジリング１１２ａに印加される。プラズマ処理空間１０ｓ内の雰囲気はガス排出口１０ｅから排気され、プラズマ処理空間１０ｓの内部は減圧される。プラズマ処理空間１０ｓの基板支持部１１上に、処理ガスからプラズマが生成され、基板Wがエッチング処理される。

[0061] プラズマ処理装置１では、上述のようなエッチング処理が複数枚の基板に対して継続的に行われる。この継続的なエッチング処理には、同じレシピの処理だけでなく、異なるレシピの処理が含まれてよい。第１のカウンタ２５

０は、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて第１の時間ｔ１をカウントする。一実施形態において、第１のカウンタ２５０は、ＲＦ電源３１がＲＦ電力を上部電極１３ｄ又は下部電極に供給している時間を第１の時間ｔ１としてカウントする。そして、図４に示すように、第１の時間ｔ１が交換周期Ｎ１に到達したときに、上部電極１３ｄは新しいものに交換される。このとき、第１の時間ｔ１はリセット（基準値に）され、新しい上部電極１３ｄに対して再び第１の時間ｔ１のカウントが基準値から開始される。基準値は、ゼロであってよい。

[0062] 図５に示すように、第１の処理部２５２は、ＲＦ電源３１により上部電極１３ｄ又は下部電極に供給されるＲＦ電力Ｐｒｆを、第１の時間ｔ１に応じて段階的に増加させる。すなわち、プラズマ処理における上部電極１３ｄの使用時間（プラズマに晒される時間）が増加するにつれて、次第にＲＦ電力Ｐｒｆを増加させる。このとき、各区間Ｓ１～Ｓ３において、段階ごとに増加する電力値Δｐ１、Δｐ２、各段階の時間（長さ）Δｔ１－１、Δｔ１－２、Δｔ１－３、段階の数が設定されてよい。なお、階段ごとに増加する電力値、各階段の時間、階段の数は、第１の時間ｔ１が進む（区間Ｓ１～Ｓ３が進む）につれて小さくなってよい。こうすることにより、上部電極１３ｄが次第に消耗していっても、チャンバ１０内に生成されるプラズマの密度が所定の範囲内に維持され、この結果、エッチング処理におけるエッチング対象膜の線幅（ＣＤ）が適正な範囲内に維持される。

[0063] 図６に示すように、第１の処理部２５２は、ガス供給部２０によりチャンバ１０に供給される第１のガスの流量Ｆ１を、第１の時間ｔ１に応じて段階的に減少させる。すなわち、プラズマ処理における上部電極１３ｄの使用時間（プラズマに晒される時間）が増加するにつれて、次第に第１のガスの流量Ｆ１を減少させる。このとき、各区間Ｓ４～Ｓ６において、段階ごとに減算する流量値Δｆ１－１、Δｆ１－２、各段階の時間（長さ）Δｔ１－１、Δｔ１－２、Δｔ１－３、段階の数がそれぞれ設定されてよい。なお、階段ごとに減少する流量値、各階段の時間、階段の数は、第１の時間ｔ１が進む

（区間Ｓ４～Ｓ６が進む）につれて小さくなってよい。こうすることにより、上部電極１３ｄが次第に消耗していっても、エッチング処理におけるエッチング対象膜の線幅（ＣＤ）が適正な範囲内に維持される。

[0064] 第２のカウンタ２５１は、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて第２の時間ｔ２をカウントする。一実施形態において、第２のカウンタ２５１は、ＲＦ電源３１がＲＦ電力を上部電極１３ｄ又は下部電極に供給している時間を第２の時間ｔ２としてカウントする。そして、図４に示すように、第２の時間ｔ２が交換周期Ｎ２に到達したときに、エッジリング１１２ａは新しいものに交換される。このとき、第２の時間ｔ２はリセット（基準値に）され、新しいエッジリング１１２ａに対して再び第２の時間ｔ２のカウントが基準値から開始される。基準値は、ゼロであってよい。

[0065] 図７に示すように、第２の処理部２５３は、ＤＣ電源２００によりエッジリング１１２ａに印加されるＤＣ電圧Ｖｄｃを第２の時間ｔ２に応じて段階的に増加させる。すなわち、プラズマ処理におけるエッジリング１１２ａの使用時間（プラズマに晒される時間）が増加するにつれて、次第にＤＣ電圧Ｖｄｃを増加させる。このとき、各区間Ｓ７～Ｓ９において、段階ごとに増加する電圧値Δｖ１、Δｖ２、各段階の時間（長さ）Δｔ２－１、Δｔ２－２、Δｔ２－３、段階の数がそれぞれ設定されてよい。なお、階段ごとに増加する電圧値、各階段の時間、階段の数は、第２の時間ｔ２が進む（区間Ｓ７～Ｓ９が進む）につれて小さくなってよい。こうすることにより、エッジリング１１２ａが次第に消耗していっても、基板Ｗの外周部におけるシースの傾きが所定の範囲内に維持され、この結果、エッチング処理における基板Ｗの外周部におけるチルティング角度が適正な範囲内に維持される。

[0066] 本例示的実施形態によれば、プラズマ処理装置１が、ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間ｔ１をカウントし、上部電極１３ｄの交換により第１の時間ｔ１をリセットするように構成される第１のカウンタ２５０と、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて第２の時間ｔ２をカウントし、エッジリング１１２ａの交換により第２の時間ｔ２をリセットするように構成される第２のカ

ウンタ２５１と、第１の時間ｔ１に応じてＲＦ電力及び第１のガスの流量うちの少なくとも１つを段階的に変更するように構成される第１の処理部２５２と、第２の時間ｔ２に応じてＤＣ電圧を段階的に変更するように構成される第２の処理部２５３と、を備える。これにより、交換時から起算した上部電極１３ｄの使用量に応じてＲＦ電力や第１のガスのプロセスパラメータを段階的に変更し、交換時から起算したエッジリング１１２ａの使用量に応じてＤＣ電圧のプロセスパラメータを段階的に変更することができる。この結果、プラズマ処理装置１において、チャンバ１０内の部品が消耗することによって基板のプラズマ処理が影響を受けることを低減することができる。

[0067]（第２の実施形態）

図８に示す例では、プラズマ処理装置１は、上部電極１３ｄを囲むように配置される上部環状部材３００を備える。上部電極１３ｄは、中央領域３１０と環状領域３１１とを有する。図８に示すプラズマ処理装置１は、中央領域３１０を介してチャンバ１０内に第１のガスを供給するように構成される第１のガス供給部３５０と、環状領域３１１を介してチャンバ１０内に第２のガスを供給するように構成される第２のガス供給部３５１を備える。

[0068] 上部環状部材３００は、上部電極１３ｄと電気的に絶縁される。一実施形態において、上部環状部材３００は、シリコン材料で形成される。上部環状部材３００は、チャンバ１０の側壁１０ａを介して接地電位に電気的に接続される。

[0069] 上部電極１３ｄの環状領域３１１は、中央領域３１０を囲むように配置される。中央領域３１０及び環状領域３１１は、シャワーヘッド１３のガス供給口１３ａ、ガス拡散室１３ｂ及びガス導入口１３ｃをそれぞれ有する。中央領域３１０は、基板支持部１１の中央領域１１１ａに対向し、環状領域３１１は、リングアセンブリ１１２に対向するように配置されてよい。

[0070] 第１のガス供給部３５０及び第２のガス供給部３５１は、第１の実施形態で記載したガス供給部２０と同様の構成を有してよい。第２のガス供給部３５１は、少なくとも１つのガスソース２１及び少なくとも１つの流量制御器

２２を含んでもよい。第１のガス供給部３５０が供給する第１のガスと、第２のガス供給部３５１が供給する第２のガスは、プラズマを生成するガスであってよい。第２のガスは、第１のガスと同じ種類のガスを異なる流量比で含んでよい。

[0071] 図９に示すように、一実施形態において、プラズマ処理装置１は、第３のカウンタ４００と第３の処理部４０１をさらに備えてよい。第３のカウンタ４００と第３の処理部４０１は、制御部２に含まれてよい。

[0072] 図１０に示すように、第３のカウンタ４００は、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて第３の時間ｔ３をカウントし、上部環状部材３００の交換により第３の時間ｔ３をリセットするように構成される。すなわち、第３のカウンタ４００の第３の時間ｔ３は、上部環状部材３００が交換される度にリセットされ、その後、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて基準値からカウントされる。基準値は、ゼロであってよい。

[0073] 上部環状部材３００の交換周期Ｎ３は、上部電極１３ｄの交換周期Ｎ１及びエッジリング１１２ａの交換周期Ｎ２と異なる。一実施形態において、上部環状部材３００の交換周期Ｎ３は、上部電極１３ｄの交換周期Ｎ１及びエッジリング１１２ａの交換周期Ｎ２より長い。この場合、第３のカウンタ４００によりカウントされる第３の時間ｔ３は、第１のカウンタ２５０によりカウントされる第１の時間ｔ１及び第２のカウンタ２５１によりカウントされる第２の時間ｔ２より長い間隔でリセットされる。

[0074] 一実施形態において、第３の処理部４０１は、第２のガス供給部３５１によりチャンバ１０に供給される第２のガスの流量を、第３の時間ｔ３に応じて段階的に変更するように構成される。

[0075] 図１１に示す例では、第３の処理部４０１は、第３の時間ｔ３に応じて第２のガスの流量Ｆ２を段階的に減少させるように構成される。具体的には、第３の処理部４０１は、第１の区間Ｓ１０において、段階ごとに第１の流量値Δｆ２－１を第２のガスの流量Ｆ２から減算するように構成される。第３の処理部４０１は、第２の区間Ｓ１１において、段階ごとに、第１の流量値

Δｆ２－１と異なる第２の流量値Δｆ２－２を第２のガスの流量Ｆ２から減算するように構成される。第３の処理部４０１は、第３の区間Ｓ１２において、一定の流量を維持するように構成される。各区間Ｓ１０～Ｓ１２において、段階ごとに減算する流量値Δｆ２－１、Δｆ２－２、各段階の時間（長さ）Δｔ３－１、Δｔ３－２、Δｔ３－３、段階の数がそれぞれ設定されてよい。区間Ｓ１０～Ｓ１２を合わせた時間は、上部環状部材３００の交換周期Ｎ３であってよい。なお、区間の数は、３つに限られず、１つ又は２つでもよく、４つ以上であってもよい。第２の実施形態におけるプラズマ処理装置１の他の構成は、上記第１の実施形態の構成と同様であってよい。

[0076] プラズマ処理装置１では、第１の実施形態と同様にエッチング処理が複数枚の基板に対して継続的に行われる。その際、第３のカウンタ４００は、ＲＦ電源３１の動作時間に応じて第３の時間ｔ３をカウントする。第３のカウンタ４００は、ＲＦ電源３１がＲＦ電力を上部電極１３ｄ又は下部電極に供給している時間を第３の時間ｔ３としてカウントする。そして、図１０に示すように、第３の時間ｔ３が交換周期Ｎ３に到達したときに、上部環状部材３００は新しいものに交換される。このとき、第３の時間ｔ３はリセット（基準値に）され、新しい上部環状部材３００に対して再び第３の時間ｔ３のカウントが基準値から開始される。基準値は、ゼロであってよい。

[0077] 図１１に示すように、第３の処理部４０１は、第２のガス供給部３５１によりチャンバ１０に供給される第２のガスの流量Ｆ２を、第３の時間ｔ３に応じて段階的に減少させる。すなわち、プラズマ処理における上部環状部材３００の使用時間（プラズマに晒される時間）が増加するにつれて、次第に第２のガスの流量Ｆ２を減少させる。このとき、各区間Ｓ１０～Ｓ１２において、段階ごとに減算する流量値Δｆ２－１、Δｆ２－２、各段階の時間（長さ）Δｔ３－１、Δｔ３－２、Δｔ３－３、段階の数がそれぞれ設定されてよい。なお、階段ごとに減少する流量値、各階段の時間、階段の数は、第３の時間ｔ３が進む（区間Ｓ１０～Ｓ１２が進む）につれて小さくなってよい。こうすることにより、上部環状部材３００が次第に消耗していっても、

エッチング処理におけるエッチング対象膜の線幅（ＣＤ）が適正な範囲内に維持される。

[0078] プラズマ処理装置１の第１のカウンタ２５０、第２のカウンタ２５１、第１の処理部２５２及び第２の処理部２５３の動作は、第１の実施形態と同様に行われてよい。すなわち、第１のカウンタ２５０による第１の時間ｔ１のカウント、第１の処理部２５２による第１の時間ｔ１に応じたＲＦ電力Ｐｒｆの変更、第１の処理部２５２による第１のガスの流量Ｆ１の変更は、上記第１の実施形態と同様に行われてよい。また、第２のカウンタ２５１による第２の時間ｔ２のカウント、第２の処理部２５３による第２の時間ｔ２に応じたＤＣ電圧Ｖｄｃの変更は、上記第１の実施形態と同様に行われてよい。

[0079] 第２の実施形態において、第３のカウンタ４００は、第３の時間ｔ３を上部環状部材３００の交換によりリセットし、第３の処理部４０１は、上部環状部材３００の使用時間（第３の時間ｔ３）に応じて第２のガスの流量Ｆ２を変更していたが、第３のカウンタ４００は、第３の時間ｔ３を、環状部材としてのカバーリング１１２ｂの交換によりリセットし、第３の処理部４０１は、プラズマ処理におけるカバーリング１１２ｂの使用時間（第３の時間ｔ３）に応じて第２のガスの流量Ｆ２を変更してよい。

[0080] 第２の実施形態において、第１の処理部２５２は、ＲＦ電源３１により上部電極１３ｄ又は下部電極に供給されるＲＦ電力を、第１の時間ｔ１及び第３の時間ｔ３に応じて段階的に変更するように構成されてよい。すなわち、第１の処理部２５２は、上部電極１３ｄの使用時間に基づく第１の時間ｔ１と、上部環状部材３００の使用時間に基づく第３の時間ｔ３に基づいてＲＦ電力を段階的に変更してよい。

[0081] この場合、図１２に示すように、第１の処理部２５２は、第１の時間ｔ１に応じた第１の電力値ｐ１と第３の時間ｔ３に応じた第２の電力値ｐ２とをＲＦ電力Ｐｒｆの電力レベルに加算するように構成される。ここで、第１の電力値ｐ１は、第１の時間ｔ１に応じて段階的に増加し、第２の電力値ｐ２は、第３の時間ｔ３に応じて段階的に増加する。例えば、ある時間Ｔａにお

いて、第１の電力値ｐ１が「ｐ１－ａ」、第２の電力値ｐ２が「ｐ２－ａ」である場合に、「ｐ１－ａ」と「ｐ２－ａ」がＲＦ電力Ｐｒｆの電力レベルに加算されてよい。この例では、複数の消耗部品の複数の使用時間に基づいて、ＲＦ電力を適切に調整することができる。

[0082] 上記第１の実施形態及び第２の実施形態において、第１のカウンタ２５０は、第１の時間ｔ１を上部電極１３ｄの交換によりリセットし、上部電極１３ｄの使用時間をカウントするものであったが、上部電極１３ｄ以外の他の第１の消耗部品の交換によりリセットし、他の第１の消耗部品の使用時間をカウントするものであってよい。第２のカウンタは、第２の時間ｔ２をエッジリング１１２ａの交換によりリセットし、エッジリング１１２ａの使用時間をカウントするものであったが、エッジリング１１２ａ以外の他の第２の消耗部品の交換によりリセットし、他の第２の消耗部品の使用時間をカウントするものであってよい。第３のカウンタは、第３の時間を上部環状部材３００又はカバーリング１１２ｂの交換によりリセットし、上部電極１３ｄの使用時間をカウントするものであったが、上部環状部材３００又はカバーリング１１２ｂ以外の他の第３の消耗部品の交換によりリセットし、他の第３の消耗部品の使用時間をカウントするものであってよい。以上の実施の形態において、処理部は、カウンタによりカウントされた時間に応じて、ＲＦ電力、ＤＣ電圧、第１のガスの流量、第２のガスの流量を変更していたが、それ以外の他のプロセスパラメータを変更してよい。プロセスパラメータには、下部電極に供給されるバイアス電力、下部電極に印加されるパルス化電圧、基板支持部又は基板の温度、上部電極に印加されるＤＣ電圧などが含まれてよい。

[0083] 第１から第３のカウンタ２５０、２５１、４００のように、ＲＦ電源の動作時間に応じて時間をカウントし、当該時間は消耗部品の交換によりリセットされるように構成されるカウンタの数や、第１から第３の処理部２５２、２５３、４０１のように、カウンタによりカウントされた時間に応じてプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される処理部の数は、１つで

あってよいし、４つ以上であってよい。

[0084] 処理部が、カウンタによりカウントされた時間に応じてプロセスパラメータを段階的に変更する際の、区間の数は、１つ、２つ、３つ、又は４つ以上であってよい。各区間において、段階ごとにプロセスパラメータに加算、減算される値は、処理部に手動で入力、設定されてよい。区間の数や、各区間の時間（長さ）は、処理部に手動で入力、設定されてよい。

[0085] 以上の実施形態において、ＲＦ電源の動作時間に応じて消耗部品の使用時間をカウントし、当該使用時間に応じてプロセスパラメータを変更していたが、基板の処理枚数をカウントし、当該処理枚数に応じてプロセスパラメータを変更してよい。すなわち、第１のカウンタは、ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の基板処理枚数をカウントし、第１の基板処理枚数は第１の消耗部品の交換によりリセットされるように構成され、第２のカウンタは、ＲＦ電源の動作時間に応じて第２の基板処理枚数をカウントし、第２の基板処理枚数は第２の消耗部品の交換によりリセットされるように構成され、第１の処理部は、第１の基板処理枚数に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成され、第２の処理部は、第２の基板処理枚数に応じて第２のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成されてよい。

[0086] 以上の実施形態において、プラズマ処理装置は、容量結合型のプラズマ処理装置に限られず、他の種類のプラズマ処理装置、例えば誘導結合型のプラズマを生成するプラズマ処理装置、ＥＣＲプラズマを生成するプラズマ処理装置、ヘリコン波励起プラズマを生成するプラズマ処理装置又は、表面波プラズマを生成するプラズマ処理装置であってよい。

[0087] 以上の実施形態において、ＲＦ電源の動作時間に応じて時間をカウントしているが、これに限られない。例えば、プラズマ処理装置１に内蔵されている種々のカウンタに応じて時間がカウントされてもよい。

[0088] 以上の実施形態において、プラズマ処理装置１を例として説明したが、これに限られない。例えば、プラズマを使用しない基板処理装置にも適用され得る。この場合、基板処理装置は、チャンバと、チャンバ内に配置される第

１の消耗部品と、チャンバ内に配置される第２の消耗部品とを備える。また、基板処理装置は、第１のカウンタと、第２のカウンタと、第１の処理部と、第２の処理部とをさらに備える。第１のカウンタは、基板処理装置の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、第１の消耗部品の交換により第１の時間をリセットするように構成される。第２のカウンタは、基板処理装置の動作時間に応じて第２の時間をカウントし、第２の消耗部品の交換により第２の時間をリセットするように構成される。第１の処理部は、第１の時間に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される。第２の処理部は、第２の時間に応じて第２のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される。

[0089] 一実施形態において、基板処理装置は、チャンバと、チャンバ内に配置される消耗部品とを備える。また、基板処理装置は、カウンタと、処理部とをさらに備える。カウンタは、基板処理装置の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、消耗部品の交換により第１の時間をリセットするように構成される。処理部は、第１の時間に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される。具体的には、処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される。なお、基板処理装置の動作時間は、基板処理装置に内蔵されている種々のカウンタに基づき取得され得る。

[0090] 本開示の実施形態は、以下の態様をさらに含む。

[0091] （付記１）

チャンバと、

前記チャンバ内に配置される基板支持部であって、前記基板支持部は、下部電極を含む、前記基板支持部と、

前記基板支持部上の基板を囲むように配置されるエッジリングと、

前記基板支持部の上方に配置される上部電極と、

前記チャンバ内に第１のガスを供給するように構成される第１のガス供給

部と、

前記チャンバ内で前記第１のガスからプラズマを生成するためにＲＦ電力を前記上部電極又は前記下部電極に供給するように構成されるＲＦ電源と、

前記エッジリングにＤＣ電圧を印加するように構成されるＤＣ電源と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、前記上部電極の交換により前記第１の時間をリセットするように構成される第１のカウンタと、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第２の時間をカウントし、前記エッジリングの交換により前記第２の時間をリセットするように構成される第２のカウンタと、

前記第１の時間に応じて、前記ＲＦ電力及び前記第１のガスのうちの少なくとも１つを段階的に変更するように構成される第１の処理部と、

前記第２の時間に応じて前記ＤＣ電圧を段階的に変更するように構成される第２の処理部と、

を備える、プラズマ処理装置。

[0092]（付記２）

前記エッジリングの交換周期は、前記上部電極の交換周期と異なる、付記１に記載のプラズマ処理装置。

[0093]（付記３）

前記第１の処理部は、前記第１の時間に応じて前記ＲＦ電力を段階的に増加させるように構成され、

前記第２の処理部は、前記第２の時間に応じて前記ＤＣ電圧を段階的に増加させるように構成される、付記１又は２に記載のプラズマ処理装置。

[0094]（付記４）

前記第１の処理部は、前記第１の時間に応じて前記第１のガスの流量を段階的に減少させるように構成される、付記１から３のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0095]（付記５）

第２のガス供給部をさらに備え、

前記上部電極は、平面視で中央領域と環状領域とを有し、

前記第１のガス供給部は、前記中央領域を介して前記チャンバ内に前記第１のガスを供給するように構成され、

前記第２のガス供給部は、前記環状領域を介して前記チャンバ内に第２のガスを供給するように構成される、付記１から４のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0096]（付記６）

前記上部電極又は前記エッジリングを囲むように配置される環状部材と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、前記環状部材の交換により前記第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、

前記第３の時間に応じて前記第２のガスの流量を段階的に変更するように構成される第３の処理部と、をさらに備える、付記５に記載のプラズマ処理装置。

[0097]（付記７）

前記上部電極を囲むように配置される環状部材と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、前記環状部材の交換により前記第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、をさらに備え、

前記第１の処理部は、前記第１の時間及び前記第３の時間に応じて前記ＲＦ電力を段階的に変更するように構成される、付記１から６のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0098]（付記８）

前記第１の処理部は、前記第１の時間に応じた第１の電力値と前記第３の時間に応じた第２の電力値とを前記ＲＦ電力の電力レベルに加算するように構成される、付記７に記載のプラズマ処理装置。

[0099]（付記９）

前記第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の電力値を前記ＲＦ電力の電力レベルに加算し、第２の区間において、段階ごとに、前記第１の電力値と異なる第２の電力値を前記ＲＦ電力の電力レベルに加算するように構成される、付記１から８のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0100]（付記１０）

前記第１の処理部は、第３の区間において、一定の電力レベルを維持するように構成される、付記９に記載のプラズマ処理装置。

[0101]（付記１１）

前記第２の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の電圧値を前記ＤＣ電圧の電圧レベルに加算し、第２の区間において、段階ごとに、前記第１の電圧値と異なる第２の電圧値を前記ＤＣ電圧の電圧レベルに加算するように構成される、付記１から１０のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0102]（付記１２）

前記第２の処理部は、第３の区間において、一定の電圧レベルを維持するように構成される、付記１１に記載のプラズマ処理装置。

[0103]（付記１３）

前記第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の流量値を前記第１のガスの流量から減算し、第２の区間において、段階ごとに、前記第１の流量値と異なる第２の流量値を前記第１のガスの流量から減算するように構成される、付記１から１２のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0104]（付記１４）

前記第１の処理部は、第３の区間において、一定の流量を維持するように構成される、付記１３に記載のプラズマ処理装置。

[0105]（付記１５）

チャンバと、

前記チャンバ内でプラズマを生成するためにＲＦ電力を生成するように構

成されるＲＦ電源と、

前記チャンバ内に配置される第１の消耗部品と、

前記チャンバ内に配置される第２の消耗部品と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、前記第１の消耗部品の交換により前記第１の時間をリセットするように構成される第１のカウンタと、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第２の時間をカウントし、前記第２の消耗部品の交換により前記第２の時間をリセットされるように構成される第２のカウンタと、

前記第１の時間に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される第１の処理部と、

前記第２の時間に応じて第２のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される第２の処理部と、

を備える、プラズマ処理装置。

[0106]（付記１６）

前記第１の消耗部品の交換周期は、前記第２の消耗部品の交換周期と異なる、付記１５に記載のプラズマ処理装置。

[0107]（付記１７）

前記チャンバ内に配置される第３の消耗部品と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、前記第３の消耗部品の交換により前記第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、をさらに備え、

前記第１の処理部は、前記第１の時間に応じた第１の値と前記第３の時間に応じた第２の値とを前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、付記１５又は１６に記載のプラズマ処理装置。

[0108]（付記１８）

前記第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階

ごとに第２の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、付記１５から１７のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0109]（付記１９）

前記第２の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を前記第２のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を前記第２のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、付記１５から１８のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[0110]（付記２０）

チャンバと、

前記チャンバ内でプラズマを生成するためにＲＦ電力を生成するように構成されるＲＦ電源と、

前記チャンバ内に配置される消耗部品と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、前記消耗部品の交換により前記第１の時間をリセットするように構成されるカウンタと、

前記第１の時間に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される処理部と、を備え、

前記処理部は、

第１の区間において、段階ごとに第１の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、プラズマ処理装置。

[0111] 以上の例示的実施形態において、プラズマ処理装置は、本開示の範囲及び趣旨から逸脱することなく種々の変形をなし得る。例えば、当業者の通常の創作能力の範囲内で、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態に追加することができる。また、ある実施形態における一部の構成要素を、他の実施形態の対応する構成要素と置換することができる。

符号の説明

[0112] １……プラズマ処理装置、２……制御部、１０……チャンバ、１１……基板支持部、１３ｄ……上部電極、２０……ガス供給部、３１……ＲＦ電源、１２ａ……エッジリング、２００……ＤＣ電源、２５０……第１のカウンタ、２５１……第２のカウンタ、２５２……第１の処理部、２５３……第２の処理部、ｔ１……第１の時間、ｔ２……第２の時間、Ｗ…基板

請求の範囲

[請求項1] チャンバと、

前記チャンバ内に配置される基板支持部であって、前記基板支持部は、下部電極を含む、前記基板支持部と、

前記基板支持部上の基板を囲むように配置されるエッジリングと、

前記基板支持部の上方に配置される上部電極と、

前記チャンバ内に第１のガスを供給するように構成される第１のガス供給部と、

前記チャンバ内で前記第１のガスからプラズマを生成するためにＲＦ電力を前記上部電極又は前記下部電極に供給するように構成されるＲＦ電源と、

前記エッジリングにＤＣ電圧を印加するように構成されるＤＣ電源と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、前記上部電極の交換により前記第１の時間をリセットするように構成される第１のカウンタと、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第２の時間をカウントし、前記エッジリングの交換により前記第２の時間をリセットするように構成される第２のカウンタと、

前記第１の時間に応じて、前記ＲＦ電力及び前記第１のガスのうちの少なくとも１つを段階的に変更するように構成される第１の処理部と、

前記第２の時間に応じて前記ＤＣ電圧を段階的に変更するように構成される第２の処理部と、

を備える、プラズマ処理装置。

[請求項2] 前記エッジリングの交換周期は、前記上部電極の交換周期と異なる、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3] 前記第１の処理部は、前記第１の時間に応じて前記ＲＦ電力を段階

的に増加させるように構成され、

前記第２の処理部は、前記第２の時間に応じて前記ＤＣ電圧を段階的に増加させるように構成される、請求項２に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4] 前記第１の処理部は、前記第１の時間に応じて前記第１のガスの流量を段階的に減少させるように構成される、請求項２に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 第２のガス供給部をさらに備え、

前記上部電極は、平面視で中央領域と環状領域とを有し、

前記第１のガス供給部は、前記中央領域を介して前記チャンバ内に前記第１のガスを供給するように構成され、

前記第２のガス供給部は、前記環状領域を介して前記チャンバ内に第２のガスを供給するように構成される、請求項１から４のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記上部電極又は前記エッジリングを囲むように配置される環状部材と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、前記環状部材の交換により前記第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、

前記第３の時間に応じて前記第２のガスの流量を段階的に変更するように構成される第３の処理部と、をさらに備える、請求項５に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記上部電極を囲むように配置される環状部材と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、前記環状部材の交換により前記第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、をさらに備え、

前記第１の処理部は、前記第１の時間及び前記第３の時間に応じて前記ＲＦ電力を段階的に変更するように構成される、請求項１から４

のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記第１の処理部は、前記第１の時間に応じた第１の電力値と前記第３の時間に応じた第２の電力値とを前記ＲＦ電力の電力レベルに加算するように構成される、請求項７に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の電力値を前記ＲＦ電力の電力レベルに加算し、第２の区間において、段階ごとに、前記第１の電力値と異なる第２の電力値を前記ＲＦ電力の電力レベルに加算するように構成される、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 前記第１の処理部は、第３の区間において、一定の電力レベルを維持するように構成される、請求項９に記載のプラズマ処理装置。

[請求項11] 前記第２の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の電圧値を前記ＤＣ電圧の電圧レベルに加算し、第２の区間において、段階ごとに、前記第１の電圧値と異なる第２の電圧値を前記ＤＣ電圧の電圧レベルに加算するように構成される、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項12] 前記第２の処理部は、第３の区間において、一定の電圧レベルを維持するように構成される、請求項１１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項13] 前記第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の流量値を前記第１のガスの流量から減算し、第２の区間において、段階ごとに、前記第１の流量値と異なる第２の流量値を前記第１のガスの流量から減算するように構成される、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項14] 前記第１の処理部は、第３の区間において、一定の流量を維持するように構成される、請求項１３に記載のプラズマ処理装置。

[請求項15] チャンバと、

前記チャンバ内でプラズマを生成するためにＲＦ電力を生成するように構成されるＲＦ電源と、

前記チャンバ内に配置される第１の消耗部品と、

前記チャンバ内に配置される第２の消耗部品と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、前記第１の消耗部品の交換により前記第１の時間をリセットするように構成される第１のカウンタと、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第２の時間をカウントし、前記第２の消耗部品の交換により前記第２の時間をリセットするように構成される第２のカウンタと、

前記第１の時間に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される第１の処理部と、

前記第２の時間に応じて第２のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される第２の処理部と、

を備える、プラズマ処理装置。

[請求項16] 前記第１の消耗部品の交換周期は、前記第２の消耗部品の交換周期と異なる、請求項１５に記載のプラズマ処理装置。

[請求項17] 前記チャンバ内に配置される第３の消耗部品と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第３の時間をカウントし、前記第３の消耗部品の交換により前記第３の時間をリセットするように構成される第３のカウンタと、をさらに備え、

前記第１の処理部は、前記第１の時間に応じた第１の値と前記第３の時間に応じた第２の値とを前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、請求項１６に記載のプラズマ処理装置。

[請求項18] 前記第１の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、請求項１６に記載のプラズマ処理装置。

[請求項19] 前記第２の処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を前記第２のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を前記第２のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、請求項１６に記載のプラズマ処理装置。

[請求項20] チャンバと、

前記チャンバ内でプラズマを生成するためにＲＦ電力を生成するように構成されるＲＦ電源と、

前記チャンバ内に配置される消耗部品と、

前記ＲＦ電源の動作時間に応じて第１の時間をカウントし、前記消耗部品の交換により前記第１の時間をリセットするように構成されるカウンタと、

前記第１の時間に応じて第１のプロセスパラメータを段階的に変更するように構成される処理部と、を備え、

前記処理部は、第１の区間において、段階ごとに第１の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算し、第２の区間において、段階ごとに第２の値を前記第１のプロセスパラメータに対し加算又は減算するように構成される、プラズマ処理装置。