

明 細 書

発明の名称： 静電チャック及びプラズマ処理装置

技術分野

[0001] 本開示は、静電チャック及びプラズマ処理装置に関する。

背景技術

[0002] 静電チャックには、ウェハを冷却するために静電チャックの裏面から導入した伝熱ガスを静電チャックの上面に供給するためのガス供給孔が存在する。例えば、特許文献1には、ウェハが載置される静電チャックと、静電チャック内に配置された静電電極と、静電チャックの上面と下面を貫通する伝熱ガス流路に連通し、静電チャックの上面に開口するガス供給孔と、を有する載置台が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-82788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、伝熱ガスを供給するためのガス供給孔において異常放電の発生を防止又は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] 本開示の一の態様によれば、基板及び／又はエッジリングを載置する載置部と、前記載置部の内部に設けられ、前記基板及び／又はエッジリングを静電吸着する静電電極と、前記載置部の内部において、前記静電電極の配置面と異なる面に配置される電極と、を有し、前記載置部には前記載置部の上面と下面を貫通する貫通孔が形成され、前記電極の少なくとも一部が前記静電電極と前記貫通孔との間に配置される、静電チャックが提供される。

発明の効果

[0006] 一の側面によれば、伝熱ガスを供給するためのガス供給孔において異常放電の発生を防止又は低減することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]一実施形態に係るプラズマ処理システムを示す図

[図2]一実施形態に係るプラズマ処理装置の構成例の説明図

[図3]一実施形態に係る静電チャックの電極構造を示す図

[図4]図3（b）のB－B断面図

[図5]一実施形態に係る静電チャックの電極構造を示す縦断面図

[図6A]一実施形態に係る第2の電極部の変形例1を示す図

[図6B]一実施形態に係る第2の電極部の変形例2を示す図

[図6C]一実施形態に係る第2の電極部の変形例3を示す図

発明を実施するための形態

[0008] 以下、図面を参照して本開示を実施するための形態について説明する。各図面において、同一構成部分には同一符号を付し、重複した説明を省略する場合がある。

[0009] 本明細書において平行、直角、直交、水平、垂直、上下、左右などの方向には、実施形態の効果を損なわない程度のずれが許容される。角部の形状は、直角に限られず、弓状に丸みを帯びてもよい。平行、直角、直交、水平、垂直、円には、略平行、略直角、略直交、略水平、略垂直、略円が含まれてもよい。

[0010] [プラズマ処理システム]

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10s（図2参照）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10sに供給するための少なくとも1つのガス供給口13a（図2参照）と、プラズマ処理空間10s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10e（図2参照）とを有する。ガス供給口13aは、後述するガス供給部20に接続され、ガス排出口10e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10s内に配置され、基板W（図2参照）を支持するための基板支持面を有する。

[0011] 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。

[0012] 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 2 a により実現される。処理部 2 a 1 は、記憶部 2 a 2 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 2 a 2 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 2 a 2 に格納され、処理部 2 a 1 によって記憶部 2 a 2 から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ 2 a 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 2 a 3 に接続されている通信回線であってもよい。処理部 2 a 1 は、CPU (Central Processing Unit) であってもよい。記憶部 2 a 2 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 2 a 3 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。

[0013] 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。

[0014] 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 1 0、ガス供給部 2 0、電源 3 0 及び排気システム 4 0 を含む。また、プラズマ処理装置 1 は、基板支持部 1 1 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 1 0 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 1 3 を含む。基板支持部 1 1 は、プラズマ処理チャンバ 1 0 内に配置される。シャワーヘッド 1 3 は、基板支持部 1 1 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 1 3 は、プラズマ処理チャンバ 1 0 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 1 0 は、シャワーヘッド 1 3、プラズマ処理チャンバ 1 0 の側壁 1 0 a 及び基板支持部 1 1 により規定されたプラズマ処理空間 1

0 s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の筐体とは電氣的に絶縁される。

[0015] 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（載置部）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、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。基板支持面及びリング支持面は、基板W及び／又はリングアセンブリ112の後述するエッジリングを載置する載置面の一例である。

[0016] 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。セラミック部材1111aは、中央領域111aを有する。静電チャック1111は、中央領域111aにおいてセラミック部材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。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。静電電極1111bの下部には、静電電極1111bに略平行に配置される第1の電極部を含む電極1112bが静電チャック1111に埋め込まれている。なお、基台1110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。

[0017] 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。

[0018] 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W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。電極1112bは、1又は複数のヒータ電極であってもよい。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50を含む。また、伝熱ガス供給部50は、静電チャック1111に設けられたガス供給孔116から、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。

[0019] 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。静電チャック1111は、環状領域111bにおいてセラミック部材1111aとセラミック部材1111a内に配置される静電電極1113aとを含んでもよい。静電電極1113aの下部には、静電電極1113a

に略平行に配置される第1の電極部を含む電極1113bを有してもよい。
電極1113bは、バイアス電極の一例である。

[0020] 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。

[0021] 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。

[0022] 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。

- [0023] 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。
- [0024] 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～60MHz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。
- [0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] [電極構造]

図3は、一実施形態に係る静電チャック1111の電極構造の詳細を示す図である。図3(a)は、基板支持部11の縦断面模式図であり、図3(b)は、図3(a)のA-A断面図であり、図3(c)は、図3(b)の領域C(点線枠内)の拡大図である。図4は、図3(b)のB-B断面図であり、静電チャック1111に設けられたガス供給孔116の周りの電極構造を拡大して示す。本開示の電極構造は、ガス供給孔116の内部空間にて異常

放電の発生を防止又は低減するように構成される。

[0029] 図2～図4に示すように、静電チャック1111には、中央領域111aの載置面111a1に対して略水平に静電電極1111bが埋め込まれている。静電電極1111bは、膜状の電極であり、導電性部材で形成されている。導電性部材には、例えば、金属、導電性セラミック等がある。静電電極1111bは略円形状であり、その直径は載置面111a1の直径よりも小さい。

[0030] 静電チャック1111には、ガス供給孔116が形成され、基台1110には伝熱ガス流路115が形成されている。伝熱ガス流路115は、貫通路が形成された絶縁スリーブ114（図4参照）を基台1110の貫通穴に嵌め込むことにより形成される。ガス供給孔116は、静電チャック1111と接着層1114とを貫通し、伝熱ガス流路115に垂直方向に連通する。伝熱ガス流路115は、基台1110を貫通し、伝熱ガス供給部50（図2、図3（a）参照）から供給されるヘリウムガス（He）を一例とする伝熱ガスをガス供給孔116へ流す。伝熱ガスは、ガス供給孔116から基板Wの裏面と中央領域111aの基板Wの載置面111a1との間の間隙に供給される。ガス供給孔116及び伝熱ガス流路115は、静電チャック1111及び基台1110に複数設けられてよい。図3（b）の例では、ガス供給孔116が2つ図示されているが、ガス供給孔116及び伝熱ガス流路115の個数及び配置はこれに限らない。

[0031] 加えて、エッジリング又はリングアセンブリ112の裏面と環状領域111bのエッジリング又はリングアセンブリ112の載置面111b1（図2、図3（a）参照）との間の間隙に伝熱ガスを供給するように構成された図示しないガス供給孔及び伝熱ガス流路を含んでよい。図示しないガス供給孔及び伝熱ガス流路は、環状領域111bにおいて静電電極1113aと、静電電極1113aの下部の電極1113bとを貫通する。静電電極1113aは静電電極1111bに相当し、電極1113bは電極1112bに相当し、後述する第1の電極部及び第2の電極部の電極構造を有してもよい。つ

まり、ガス供給孔及び伝熱ガス流路は、中央領域 1 1 1 a 及び／又は環状領域 1 1 1 b に設けられてよい。

[0032] 静電チャック 1 1 1 1 には、静電電極 1 1 1 1 b の配置面と異なる面に設けられ、一部が静電電極 1 1 1 1 b とガス供給孔 1 1 6 との間に配置される電極 1 1 1 2 b が埋め込まれている。

[0033] 電極 1 1 1 2 b は、バイアス R F 信号が供給される R F 電極であってよい。電極 1 1 1 2 b は、D C 信号が供給される D C 電極であってよい。電極 1 1 1 2 b は、バイアス R F 信号及び／又は D C 信号が少なくとも 1 つの R F ／D C 電極に供給されるバイアス電極であってよい。電極 1 1 1 2 b は、A C 信号又は D C 信号が供給されるヒータ電極であってよい。バイアス R F 信号は、矩形形状のバイアス R F 信号（パルス化されたバイアス R F 信号）を含んでよい。

[0034] 電極 1 1 1 2 b は、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 を有する。第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 は、膜状の電極であり、導電性部材で形成されている。第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 は、静電電極 1 1 1 1 b の下部にて静電電極 1 1 1 1 b に対して略平行に配置される。ただし、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 は、静電電極 1 1 1 1 b の配置面と異なる面に設けられていれば、静電電極 1 1 1 1 b と略平行に配置されなくてもよい。

[0035] 第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 は略円形状であり、その直径は載置面 1 1 1 a 1 の直径よりも小さく、静電電極 1 1 1 1 b の直径と略同一である。ただし、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 は略円形状に限らず様々なパターンを有してよい。例えば電極 1 1 1 2 b がヒータ電極の場合、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 は、複数のゾーンに分かれ、ゾーン毎にパターン化されてよい。

[0036] 静電電極 1 1 1 1 b 及び電極 1 1 1 2 b には、ガス供給孔 1 1 6 が貫通するための穴が開いている。電極 1 1 1 2 b は更に、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 に電氣的に接続される第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 を有する。第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 は、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 に設けられた穴の内周にて、ガス供給孔 1 1 6 の周囲に略円筒状に配置されている。ただし、第 2 の電極部

1 1 1 2 b 2 は、平面視したときにガス供給孔 1 1 6 の周囲を囲むように配置されていれば、略円筒状でなくてもよい。

[0037] 第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 は、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 に対して略垂直に第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 と電氣的に接続されている。第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 は、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 よりも上部に略垂直に伸びている。ただし、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 は、略垂直に配置されることに限らず、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 に対して斜めに接続されてもよい。斜めの角度は、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の下部の直径が上部の直径よりも大きくなる角度でもよいし、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の下部の直径が上部の直径よりも小さくなる角度でもよい。また、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 と第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 との間に隙間があってもよい。この場合、RF 信号は第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 と第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 との間を容量結合により伝搬する。

[0038] 第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 は、円周方向の厚さが同一でもよいし、異なってもよい。例えば第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の内面は、平面でもよいし、曲面でもよいし、段差や凹凸を有してもよい。同様に第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の外面は、平面でもよいし、曲面でもよいし、段差や凹凸を有してもよい。

[0039] 図 3 及び図 4 を参照すると、電極 1 1 1 2 b の第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 は、静電電極 1 1 1 1 b とガス供給孔 1 1 6 との間に配置されている。ガス供給孔 1 1 6 の中心 O を通る中心軸と、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の中心軸と、静電電極 1 1 1 1 b に設けられた穴の中心軸とは共通する。

[0040] ガス供給孔 1 1 6 が垂直な円柱状の穴である場合、d 3 はガス供給孔 1 1 6 の直径を示す。ただし、ガス供給孔 1 1 6 が垂直な円柱状の穴でない場合、d 3 は内面の最短の距離を示す。例えば、ガス供給孔 1 1 6 の断面が橢円状の場合、d 3 はガス供給孔 1 1 6 の短径を示す。

[0041] d 2 は、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の内径（内面の直径）を示す。ただし、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 が略円筒状でない場合、d 2 は、第 2 の電極部

1 1 1 2 b 2 の内面間の対向する距離のうち、最短の距離を示す。d 1 は、静電電極 1 1 1 1 b に設けられた、ガス供給孔 1 1 6 が貫通する穴の直径を示す。ただし、静電電極 1 1 1 1 b に設けられた当該穴が真円でない場合、d 1 は、静電電極 1 1 1 1 b の穴間の対向する距離のうち、最短の距離を示す。本開示の電極構造は、 $d 3 < d 2 < d 1$ の条件を満たす。

[0042] なお、d 2' は、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の外径（外面の直径）を示す。本開示の電極構造は、 $d 3 < d 2 < d 2' < d 1$ の条件を満たす。

[0043] 第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の上端と静電チャック 1 1 1 1 の下面との間の距離 t 2 は静電電極 1 1 1 1 b と静電チャック 1 1 1 1 の下面との間の距離 t 1 以上である。t 2 $\geq$ t 1 を満たすように第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の上端が第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 よりも上部に延在することで、ガス供給孔 1 1 6 側から見て第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 を、静電電極 1 1 1 1 b が隠れる高さまで配置することができる。

[0044] 第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 は、第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 の下面よりも下部に垂直に伸びている。ただし、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の下端は第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 の下面より下部に伸びていなくてもよい。つまり、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の下端は第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 の下面と同じ高さでもよい。

[0045] [電極構造の効果]

従来の電極構造では、電極 1 1 1 2 b は第 1 の電極部 1 1 1 2 b 1 を有し、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 を有していない。この場合、静電電極 1 1 1 1 b に直流電圧が印加されると、静電電極 1 1 1 1 b にかかる直流電圧によって静電電極 1 1 1 1 b の周りに電界が生じる。その電界の一部がガス供給孔 1 1 6 の内部に漏れ、ガス供給孔 1 1 6 内に電圧がかかる（電位差が生じる）場合がある。ガス供給孔 1 1 6 内にかかる電圧が高くなるとパッシェンの法則によりガス供給孔 1 1 6 の内部空間にて放電が生じ易くなる。パッシェンの法則によれば放電開始電圧は圧力と電極間距離との積に比例する。よって、ガス供給孔 1 1 6 内の圧力を「p」、静電電極 1 1 1 1 b に設けられた

穴の直径 d_1 を「 d 」としたとき、パッシェンの法則で定まる $p \times d$ に比例する放電開始電圧よりもガス供給孔 116 内の電圧が大きい場合、ガス供給孔 116 の内部空間にて放電が開始される。このとき、ガス供給孔 116 内で異常放電が発生する場合がある。

[0046] そこで、本開示の電極構造では、電極 1112b は、第 1 の電極部 1112b1 と第 2 の電極部 1112b2 とを有する。第 2 の電極部 1112b2 は、ガス供給孔 116 を通すために第 1 の電極部 1112b1 に形成された穴の内周に沿って設けられる。これにより、第 2 の電極部 1112b2 は、静電電極 1111b に直流電圧が印加されることで静電電極 1111b の周りに発生する電界の影響がガス供給孔 116 の内部空間に及ばないようにシールドする機能を有する。つまり、ガス供給孔 116 の内部で放電開始電圧以上の電位差が生じないようにシールドする機能を有する。

[0047] 図 3 及び図 4 に示す電極構造では、 $d_3 < d_2 < d_1$ の条件を満たし、かつ、 $t_2 \geq t_1$ の条件を満たすように、ガス供給孔 116 に対して第 2 の電極部 1112b2 及び静電電極 1111b が配置される。すなわち、ガス供給孔 116 の直径 d_3 よりも第 2 の電極部 1112b2 の内径 d_2 が大きく、第 2 の電極部 1112b2 の内径 d_2 よりも静電電極 1111b の穴の直径 d_1 が大きい。また、第 2 の電極部 1112b2 の上端と静電チャック 1111 の下面との間の距離 t_2 は静電電極 1111b と静電チャック 1111 の下面との間の距離 t_1 以上である。

[0048] $d_3 < d_2 < d_1$ の条件を満足することにより、第 2 の電極部 1112b2 は、ガス供給孔 116 と静電電極 1111b との間に配置され、ガス供給孔 116 の内部に露出しない構造となっている。また、 $t_2 \geq t_1$ の条件を満足することにより、ガス供給孔 116 の周囲においてガス供給孔 116 側から見て静電電極 1111b が隠れる高さまで第 2 の電極部 1112b2 が配置される。

[0049] 第 2 の電極部 1112b2 が静電電極 1111b 以上の高さまでガス供給孔 116 を囲むことで、ガス供給孔 116 を保護することができる。つまり

、第2の電極部1112b2は、静電電極1111bからの電界がガス供給孔116の内部に漏れることを防止又は抑制できる。これにより、ガス供給孔116内の電位差をパッシェンの法則で定まる放電開始電圧よりも小さくできる。この結果、ガス供給孔116内での異常放電の発生を防止又は低減できる。また、第2の電極部1112b2によってガス供給孔116内の電位差を小さくすることで放電開始電圧との放電マージンを大きくできる。これにより、異常放電を発生させずに、より高圧の伝熱ガスをガス供給孔116に導入でき、基板Wの冷却効果をさらに向上させることができる。

[0050] [他の電極構造]

図3及び図4では、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ためのガス供給孔116における異常放電の発生を防止又は低減するための電極構造の一例について説明した。ただし、これに限らず、ガス供給孔116における異常放電の発生を防止又は低減するために、図5に示す電極構造を有してもよい。図5は、一実施形態に係る静電チャック1111の電極構造の他の例を示す縦断面図である。

[0051] 図3の電極構造との違いは、静電電極1111bと電極1112bとが上下が逆に配置されている点である。図5に示す電極構造では、静電電極1111bが電極1112bよりも基台1110の近くに配置され、電極1112bが静電チャック1111の上部に設けられている。

[0052] ここで、第2の電極部1112b2の下端と静電チャック1111の下面との間の距離 t_4 とする。また、静電電極1111bの下端と静電チャック1111の下面との間の距離を3とする。

[0053] 図5に示す電極構造では、 $d_3 < d_2 < d_1$ の条件を満たし、かつ、 $t_4 \leq t_3$ の条件を満たすように、ガス供給孔116に対して第2の電極部1112b2及び静電電極1111bが配置される。すなわち、ガス供給孔116の直径 d_3 よりも第2の電極部1112b2の内径 d_2 が大きく、第2の電極部1112b2の内径 d_2 よりも静電電極1111bの穴の直径 d_1 が大きい。また、第2の電極部1112b2の下端と静電チャック1111の

下面との間の距離 t_4 は静電電極 1111b と静電チャック 1111 の下面との間の距離 t_3 以下である。

[0054] $d_3 < d_2 < d_1$ の条件を満足することにより、第2の電極部 1112b2 は、ガス供給孔 116 に露出することなく、ガス供給孔 116 と静電電極 1111b との間に配置される。また、 $t_4 \leq t_3$ の条件を満足することにより、ガス供給孔 116 の周囲においてガス供給孔 116 側から見て静電電極 1111b が隠れる高さまで第2の電極部 1112b2 が配置される。

[0055] 係る電極構造により、第2の電極部 1112b2 は、静電電極 1111b に直流電圧が印加されることで静電電極 1111b の周りに生じる電界がガス供給孔 116 の内部に漏れることをシールドする機能を有する。これにより、図3及び図4に示した電極構造と同じ効果を得ることができる。つまり、ガス供給孔 116 において異常放電の発生を防止又は低減する等の効果を得ることができる。

[0056] [第2の電極部の変形例]

第2の電極部の変形例について図6A～図6Cを参照しながら説明する。図6A～図6Cは、一実施形態に係る第2の電極部の変形例を示す図である。図6A～図6Cは、図3(c)と同じ断面から各変形例の第2の電極部及びその周辺を平面視した図である。

[0057] 図6Aの変形例1に示すように、第2の電極部 1112b2 は、円筒状の一部が欠けていてもよい。図6Aは、円筒状の第2の電極部 1112b2 の一部にスリット状の非連続部 112c が形成されている。非連続部 112c は1箇所に限らない。第2の電極部 1112b2 は、円筒状に複数の非連続部を有してもよい。

[0058] 図6Bの変形例2に示すように、複数の第2の電極部 1112b2、1112b3 が、円筒状に配置されてもよい。複数の第2の電極部 1112b2、1112b3 は、第1の電極部 1112b1 に電氣的に接続されてよい。つまり、第2の電極部 1112b2、1112b3 を同心円状に設けた場合、第1の電極部 1112b1 と第2の電極部 1112b3 との間、及び第2

の電極部 1 1 1 2 b 2 と第 2 の電極部 1 1 1 2 b 3 との間に R F 信号が伝搬する程度の間隙があってもよい。また、内側の円筒状の第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の高さは、外側の円筒状の第 2 の電極部 1 1 1 2 b 3 の高さ以上であってもよい。これにより、第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 のシールド機能を高め、ガス供給孔 1 1 6 において異常放電の発生を防止又は低減する効果をより高めることができる。

[0059] また、複数の第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2、1 1 1 2 b 3 を同心円状に設けた場合、内側の円筒状の一部が欠けている部分と外側の円筒状の一部が欠けている部分とは重ならない位置に設けられてもよい。例えば図 6 C の変形例 3 に示すように、内側の円筒状の第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 の非連続部 1 1 2 c、1 1 2 d と、外側の円筒状の第 2 の電極部 1 1 1 2 b 3 の非連続部 1 1 2 e、1 1 2 f と、は周方向に重ならない位置に設けられている。なお、複数の第 2 の電極部は 2 重に限らず、3 重以上であってもよい。

[0060] 図 3 ～図 6 A、図 6 B、図 6 C では、基板 W の裏面と中央領域 1 1 1 a との間隙に伝熱ガスを供給するためのガス供給孔 1 1 6 における異常放電の発生を防止又は低減するための電極構造を説明した。ただし、これに限らず、図 2 に示す静電電極 1 1 1 3 a と電極 1 1 1 3 b との電極構造にも適用できる。つまり、電極 1 1 1 3 b に第 2 の電極部 1 1 1 2 b 2 と同様のシールド機能を有する第 2 の電極部を設けてよい。これにより、エッジリング又はリングアセンブリ 1 1 2 の裏面と環状領域 1 1 1 b との間隙に設けられた伝熱ガスを供給するためのガス供給孔における異常放電の発生を防止又は低減することができる。

[0061] つまり、本実施形態に係る静電チャックは、基板 W 及び／又はエッジリングを載置する載置面と、載置面の下部に設けられ、基板 W 及び／又はエッジリングを静電吸着する静電電極と、基板 W 及び／又はエッジリングと前記載置面との間に伝熱ガスを供給するためのガス供給孔と、静電電極の配置面と異なる平面に設けられ、一部が静電電極とガス供給孔との間に配置される電極と、を有する。

- [0062] 以上に説明した本実施形態に係る静電チャック及びその静電チャックを備えたプラズマ処理装置によれば、伝熱ガスを供給するためのガス供給孔において異常放電の発生を防止又は低減することができる。
- [0063] 実施形態に係る静電チャック 1 1 1 1 の電極構造は、例えば、基板のリフターピン用の貫通孔や、エッジリングのリフターピン用の貫通孔にも適用可能である。つまり、基板支持部 1 1 には、中央領域 1 1 1 a において基板支持部 1 1 の上面と下面を貫通する基板のリフターピン用の貫通孔が形成され、電極 1 1 1 2 b の少なくとも一部が静電電極 1 1 1 1 b と基板のリフターピン用の貫通孔との間に配置されてもよい。また、環状領域 1 1 1 b において基板支持部 1 1 の上面と下面を貫通するエッジリングのリフターピン用の貫通孔が形成され、電極 1 1 1 3 b の少なくとも一部が静電電極 1 1 1 3 a とエッジリングのリフターピン用の貫通孔との間に配置されてもよい。伝熱ガスを供給する貫通孔がリフターピン用の貫通孔と兼用されている場合にも本電極構造を適用できる。
- [0064] 今回開示された一実施形態に係る静電チャック及びプラズマ処理装置は、すべての点において例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。一実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で変形及び改良が可能である。上記複数の実施形態に記載された事項は、矛盾しない範囲で他の構成も取り得ることができ、また、矛盾しない範囲で組み合わせることができる。
- [0065] 本願は、日本特許庁に 2 0 2 1 年 1 1 月 2 6 日に出願された基礎出願 2 0 2 1 - 1 9 2 3 9 9 号の優先権を主張するものであり、その全内容を参照によりここに援用する。

符号の説明

- [0066] 1 プラズマ処理装置
- 2 制御部
- 1 0 プラズマ処理チャンバ
- 1 0 s プラズマ処理空間

1 1	基板支持部
1 2	プラズマ生成部
1 3	シャワーヘッド
2 0	ガス供給部
3 0	電源
3 1	R F 電源
3 1 a	第 1 の R F 生成部
3 1 b	第 2 の R F 生成部
3 2 a	第 1 の D C 生成部
3 2 b	第 2 の D C 生成部
1 1 1	本体部
1 1 1 a	中央領域
1 1 1 b	環状領域
1 1 2	リングアセンブリ
1 1 1 0	基台
1 1 1 1	静電チャック
1 1 1 1 b	静電電極
1 1 1 2 b	電極
1 1 1 2 b 1	第 1 の電極部
1 1 1 2 b 2、1 1 1 2 b 3	第 2 の電極部

請求の範囲

- [請求項1] 基板及び／又はエッジリングを載置する載置部と、
前記載置部の内部に設けられ、前記基板及び／又はエッジリングを
静電吸着する静電電極と、
前記載置部の内部において、前記静電電極の配置面と異なる面に配
置される電極と、を有し、
前記載置部には前記載置部の上面と下面を貫通する貫通孔が形成さ
れ、
前記電極の少なくとも一部が前記静電電極と前記貫通孔との間に配
置される、
静電チャック。
- [請求項2] 前記電極は、前記静電電極と平行に配置される第1の電極部と、
前記第1の電極部に電氣的に接続される第2の電極部と、を有し、
前記第2の電極部は、前記静電電極と前記貫通孔との間に配置され
る、
請求項1に記載の静電チャック。
- [請求項3] 前記第2の電極部は、前記貫通孔の周囲を囲むように配置される、
請求項2に記載の静電チャック。
- [請求項4] 前記第1の電極部は、前記静電電極の下部に設けられる、
請求項2に記載の静電チャック。
- [請求項5] 前記第1の電極部は、前記静電電極の上部に設けられる、
請求項2に記載の静電チャック。
- [請求項6] 前記第2の電極部の上端と前記静電チャックの下面との間の距離 t_2
は、前記静電電極と前記静電チャックの下面との間の距離 t_1 以上
である、
請求項4に記載の静電チャック。
- [請求項7] 前記第2の電極部の下端と前記静電チャックの下面との間の距離 t_4
は、前記静電電極と前記静電チャックの下面との間の距離 t_3 以下

である、

請求項 5 に記載の静電チャック。

[請求項8] 前記第 2 の電極部は、前記第 1 の電極部に対して垂直に設けられている、

請求項 2 ～ 7 のいずれか一項に記載の静電チャック。

[請求項9] 前記第 2 の電極部は、前記貫通孔の周囲に円筒状に配置されている、

請求項 2 ～ 7 のいずれか一項に記載の静電チャック。

[請求項10] 前記第 2 の電極部は、前記円筒状の一部が欠けている、
請求項 9 に記載の静電チャック。

[請求項11] 前記第 2 の電極部は、前記円筒状に複数配置されている、
請求項 9 に記載の静電チャック。

[請求項12] 前記第 2 の電極部は、内側の前記円筒状の高さが、外側の前記円筒状の高さ以上である、
請求項 11 に記載の静電チャック。

[請求項13] プラズマ処理容器と、
前記プラズマ処理容器内に配置される基台と、
前記基台の上部に配置される静電チャックと、
前記基台又は前記静電チャックの内部に設けられた電極と電気的に接続される高周波電源と、を有し、
前記静電チャックは、
基板及び／又はエッジリングを載置する載置部と、
前記載置部の内部に設けられ、前記基板及び／又はエッジリングを静電吸着する静電電極と、
前記載置部の内部において、前記静電電極の配置面と異なる面に配置される電極と、を有し、
前記載置部には前記載置部の上面と下面を貫通する貫通孔が形成され、

前記電極の少なくとも一部が前記静電電極と前記貫通孔との間に配置される、

プラズマ処理装置。

[請求項14] 前記電極は、前記静電電極と平行に配置される第1の電極部と、前記第1の電極部に電氣的に接続される第2の電極部と、を有し、前記第2の電極部は、前記静電電極と前記貫通孔との間に配置される、

請求項13に記載のプラズマ処理装置。

[請求項15] 前記第2の電極部は、前記貫通孔の周囲を囲むように配置される、請求項14に記載のプラズマ処理装置。

[請求項16] 前記第1の電極部は、前記静電電極の下部に設けられる、請求項14に記載のプラズマ処理装置。

[請求項17] 前記第1の電極部は、前記静電電極の上部に設けられる、請求項14に記載のプラズマ処理装置。

[請求項18] 前記第2の電極部の上端と前記静電チャックの下面との間の距離 t_2 は、前記静電電極と前記静電チャックの下面との間の距離 t_1 以上である、

請求項16に記載のプラズマ処理装置。

[請求項19] 前記第2の電極部の下端と前記静電チャックの下面との間の距離 t_4 は、前記静電電極と前記静電チャックの下面との間の距離 t_3 以下である、

請求項17に記載のプラズマ処理装置。

[請求項20] 前記第2の電極部は、前記第1の電極部に対して垂直に設けられている、

請求項14～19のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項21] 前記第2の電極部は、前記貫通孔の周囲に円筒状に配置されている、
請求項14～19のいずれか一項に記載のプラズマ処理装置。

- [請求項22] 前記第2の電極部は、前記円筒状の一部が欠けている、
請求項21に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項23] 前記第2の電極部は、前記円筒状に複数配置されている、
請求項21に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項24] 前記第2の電極部は、内側の前記円筒状の高さが、外側の前記円筒状の高さ以上である、
請求項23に記載のプラズマ処理装置。