

明 細 書

発明の名称： 基板処理装置及び静電チャック

技術分野

[0001] 本開示は、基板処理装置及び静電チャックに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、静電チャックが、チャック表面上に位置する複数の密閉バンドを備えることが開示されている。複数の密閉バンドは、基板と接触して隣接する冷却帯間で密閉を形成する。

[0003] 特許文献2には、静電チャックの基板保持面において、最外周を環状に囲む外周リングが設けられることが開示されている。外周リングは、基板保持面に基板を載置した際に基板に接触する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2020-512692号公報

特許文献2：特開2006-257495号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本開示にかかる技術は、基板の温度を適切に制御し、基板面内におけるプラズマ処理の均一性を向上させる。

課題を解決するための手段

[0006] 本開示の一態様の基板処理装置は、基板処理チャンバと、前記基板処理チャンバ内に配置され、少なくとも1つの第1のガス供給路と少なくとも1つの第2のガス供給路とを有する基板支持部であり、基台と、前記基台上に配置され、上面を有する静電チャックであり、前記上面には、複数の突起と、第1の環状溝と、前記第1の環状溝を囲む第2の環状溝と、前記第1の環状溝と前記第2の環状溝との間に配置され、前記上面から突出し、前記突起より低い環状凸部と、が形成され、前記第1の環状溝が少なくとも1つの第1

のガス供給孔を介して前記少なくとも1つの第1のガス供給路に連通し、前記第2の環状溝が少なくとも1つの第2のガス供給孔を介して前記少なくとも1つの第2のガス供給路に連通している、前記静電チャックと、を有する、前記基板支持部と、前記少なくとも1つの第1のガス供給路を介して供給されるガスの流量又は圧力を制御するように構成される少なくとも1つの第1の制御バルブと、前記少なくとも1つの第2のガス供給路を介して供給されるガスの流量又は圧力を制御するように構成される少なくとも1つの第2の制御バルブと、を備える。

発明の効果

[0007] 本開示によれば、基板の温度を適切に制御し、基板面内におけるプラズマ処理の均一性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]プラズマ処理システムの構成を模式的に示す説明図である。

[図2]プラズマ処理装置の構成の概略を示す縦断面図である。

[図3]第1の実施形態に係る静電チャックの構成の概略を示す平面図である。

[図4]第1の実施形態に係る静電チャックの構成の概略を示す縦断面図である。

[図5]第1の実施形態に係る静電チャックの構成の概略を示す断面斜視図と、伝熱空間の圧力分布を示す説明図である。

[図6]第1の実施形態に係る静電チャックの一部構成の概略を示す平面図である。

[図7]第1の実施形態に係る静電チャックの一部構成の概略を示す平面図である。

[図8]第1の実施形態におけるシミュレーションの結果を示すグラフである。

[図9]第1の実施形態におけるシミュレーションの結果を示すグラフである。

[図10]第1の実施形態におけるシミュレーションの結果を示すグラフである。

[図11]第1の実施形態の変形例に係る静電チャックの構成の概略を示す断面

斜視図である。

[図12]第1の実施形態の変形例に係る静電チャックの一部構成の概略を示す平面図である。

[図13]第2の実施形態に係る静電チャックの一部構成の概略を示す平面図である。

[図14]第2の実施形態におけるシミュレーションの結果を示すグラフである。

[図15]第3の実施形態に係る静電チャックの一部構成の概略を示す平面図である。

[図16]第3の実施形態に係る静電チャックの構成の概略を示す断面斜視図と、伝熱空間の圧力分布を示す説明図である。

[図17]第4の実施形態に係る静電チャックの一部構成の概略を示す平面図である。

[図18]第6の実施形態に係る環状凸部の構成の概略を示す縦断面図である。

[図19]第6の実施形態に係る環状凸部の構成の概略を示す縦断面図である。

[図20]第6の実施形態に係る環状凸部の構成の概略を示す平面図である。

[図21]第6の実施形態に係る環状凸部の構成の概略を示す平面図である。

発明を実施するための形態

[0009] 半導体デバイスの製造工程では、例えばプラズマ処理装置において半導体基板（以下、「基板」という。）にプラズマ処理が行われる。プラズマ処理装置では、チャンバの内部で処理ガスを励起させることによりプラズマを生成し、当該プラズマによって、静電チャックに支持された基板を処理する。

[0010] プラズマ処理では、基板に対するプラズマ処理の面内均一性を向上させるため、処理対象の基板の温度を適切に制御することが求められる。そこで、例えば基板の裏面と静電チャックの表面との空間にヘリウムガス等の伝熱ガスを供給し、当該伝熱ガスの圧力を制御することで、基板の温度を制御している。

[0011] また近年、基板の温度制御のさらなる高精度化に対応するため、上記基板

の裏面と静電チャックの表面との空間を複数の領域に区画し、領域間に伝熱ガスの圧力差を設けることで、領域毎に基板の温度を制御することが行われている。従来、領域毎に伝熱ガスの圧力を制御するため、例えば静電チャックの表面には、いわゆるシールバンドといわれる、基板の裏面に直接接触する仕切りが設けられる。例えば上述した特許文献1には、静電チャックの表面に、シールバンドとして複数の密閉バンドを設けた構成が開示されている。また、上述した特許文献2には、静電チャックの表面に、最外周の外周リングの内側に内周リングを設けてもよいことが記載されている。

[0012] しかしながら、シールバンドは基板の裏面に直接接触するため、接触部分が局所的な温度特異点となる。具体的には、接触部分で基板に伝熱し、当該接触部分における基板の温度が低下する。基板の温度特異点はプラズマ処理のレートに影響を与え、その結果、プラズマ処理が基板面内で均一に行われない場合がある。従って、従来のプラズマ処理には改善の余地がある。

[0013] 本開示にかかる技術は、上記事情に鑑みてなされたものであり、基板の温度を適切に制御し、基板面内におけるプラズマ処理の均一性を向上させる。以下、本実施形態にかかるプラズマ処理装置及び静電チャックについて、図面を参照しながら説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する要素においては、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0014] <プラズマ処理システム>

先ず、一実施形態にかかるプラズマ処理システムについて説明する。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。

[0015] 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、基板処理チャンバとしての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。

[0016] 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。

[0017] 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 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。

[0018] <プラズマ処理装置>

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。

[0019] 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。

[0020] 基板支持部11は、支持本体部111及びリングアセンブリ112を含む。支持本体部111の上面は、基板Wを支持するための中央領域である基板支持面111aと、リングアセンブリ112を支持するための環状領域であるリング支持面111bとを有する。ウェハは基板Wの一例である。支持本体部111のリング支持面111bは、平面視で支持本体部111の基板支持面111aを囲んでいる。基板Wは、支持本体部111の基板支持面111a上に配置され、リングアセンブリ112は、支持本体部111の基板支持面111a上の基板Wを囲むように支持本体部111のリング支持面111b上に配置される。

[0021] 一実施形態において、支持本体部111は、基台113及び静電チャック114を含む。基台113は、導電性部材を含む。基台113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114は、基台113の上に配置される。静電チャック114は、チャック本体部200とチャック本体部200内に配置される静電電極201とを含む。チャック本体部200は、基板支持面111aを有する。一実施形態において、チャック本体部200は、リング支持面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114を囲む他の部材がリング支持面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114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電極がチャック本体部200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113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201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。

[0022] 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。

[0023] また、基板支持部11は、静電チャック114、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120、又はこれらの組み合わせを含んでもよい。流路120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120が基台113内に形成され、1又は複数のヒータが静電チャック114のチャック本体部200内に配置される。また、基板支持部11は、基板Wの裏面と基板支持面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。

[0024] 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。

[0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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。

[0028] 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。

[0029] 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。

[0030] 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D

C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。

[0031] 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。

[0032] <プラズマ処理方法>

次に、以上のように構成されたプラズマ処理システムを用いて行われるプラズマ処理について説明する。プラズマ処理としては、例えばエッチング処理や成膜処理が行われる。

[0033] 先ず、プラズマ処理チャンバ10の内部に基板Wを搬入し、静電チャック114上に基板Wを載置する。その後、静電チャック114の静電電極201にDC電圧を印加することにより、基板Wはクーロン力によって静電チャック114に静電吸着され、保持される。この際、基板Wは所望の温度に調整される。また、基板Wの搬入後、排気システム40によってプラズマ処理チャンバ10内を所望の真空度まで減圧する。

[0034] 次に、ガス供給部20からシャワーヘッド13を介してプラズマ処理空間10sに処理ガスを供給する。また、RF電源31の第1のRF生成部31aによりプラズマ生成用のソースRF電力を基板支持部11の導電性部材及び／又はシャワーヘッド13の導電性部材に供給する。そして、処理ガスを励起させて、プラズマを生成する。この際、第2のRF生成部31bによりイオン引き込み用のバイアスRF信号を供給してもよい。そして、生成されたプラズマの作用によって、基板Wにプラズマ処理が施される。

[0035] <第1の実施形態>

次に、第1の実施形態にかかる静電チャック114の構成について説明する。図3は、静電チャック114の構成の概略を示す平面図である。図4は、静電チャック114の構成の概略を示す縦断面図である。なお、図4にお

いて、Cは静電チャック114の中心線を示している。

[0036] 図3及び図4に示すように、静電チャック114は、チャック本体部200を有する。チャック本体部200は、誘電体からなり、例えばアルミナ(Al_2O_3)等のセラミックスから形成される。静電チャック114は、略円盤形状を有する。チャック本体部200の内部には、例えば第1のDC生成部32aに接続される静電電極201が設けられる。第1のDC生成部32aから静電電極201に直流電圧を印加しクーロン力を発生させることにより、静電チャック114は基板Wを吸着できる。また、チャック本体部200の内部には、ヒータ(図示せず)が設けられてもよい。

[0037] チャック本体部200の上面は、基板Wを支持するための基板支持面111aを有する。基板支持面111aは、例えば支持される基板Wよりも小さい径を有する円形に形成される。これにより、基板支持面111aに基板Wが支持されると、基板Wの外周部が基板支持面111aの端部から外側に突出する。

[0038] チャック本体部200の基板支持面111aは、複数の突起としての基板接触部210と、外周突起としての外周接触部211とを有する。基板接触部210は、円柱形状を有するドットであり、基板支持面111aから突出して設けられる。複数の基板接触部210は、外周接触部211の内側に設けられる。外周接触部211は、基板支持面111aの最外周部において、当該基板支持面111aから突出して環状に設けられる。すなわち、外周接触部211は、後述する第1の環状溝220a、第2の環状溝220b及び環状凸部240を囲むように配置される。複数の基板接触部210と外周接触部211は、上面が同じ高さで且つ平坦に形成されており、静電チャック114で基板Wを支持する際に基板Wに接触する。従って、基板Wは、複数の基板接触部210と外周接触部211により支持される。

[0039] チャック本体部200の基板支持面111aには、少なくとも1つの環状溝220、本実施形態では2つの環状溝220a、220bが形成される。環状溝220a、220bはそれぞれ、基板支持面111aから窪んで環状

、本実施形態では円環状に形成される。環状溝220a、220bは径方向に内側から外側に向けてこの順で並べて配置され、第2の環状溝220bが第1の環状溝220aを囲むように配置される。環状溝220a、220bの平面視における中心位置はそれぞれ、基板支持面111aにおける中心位置と同じであり、すなわち、環状溝220a、220bは同心円上に配置される。

- [0040] 環状溝220a、220bはそれぞれ、断面視において矩形状を有する。環状溝220a、220bの断面形状は同じである。以下の説明において、環状溝220a、220bを、環状溝220と総称する場合がある。
- [0041] 図5に示すように、環状溝220の深さD1（基板支持面111aから環状溝220の底部までの深さ）は、基板接触部210の高さH1（基板支持面111aから基板接触部210の上面までの高さ）以上である。また、環状溝220の深さD2（基板接触部210の上面から環状溝220の底部までの深さ）は、基板接触部210の高さH1の2倍以上である。例えば、基板接触部210の高さH1が $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ に対して、環状溝220の深さD2は $10\mu\text{m}\sim 40\mu\text{m}$ である。
- [0042] 環状溝220の深さD1、D2の上限値は、特に限定されるものではない。例えば環状溝220は、その底部が静電電極201まで到達せず、且つ静電電極201の上面の僅かに上方に位置するまで鉛直下方に延在していてもよい。また例えば、環状溝220の深さD1は、基板接触部210の上面から静電電極201の上面までの距離H2の半分以下であってもよい。
- [0043] 環状溝220の幅E1（径方向長さ）は、例えば $0.3\text{mm}\sim 10\text{mm}$ である。なお、環状溝220の幅E1も特に限定されるものではない。
- [0044] 図3及び図4に示すように、第1の環状溝220aには、少なくとも1つの第1のガス供給孔としての第1の伝熱ガス供給孔230aが形成される。第1の伝熱ガス供給孔230aは、第1の環状溝220aの底部からチャック本体部200を貫通して形成される。第1の伝熱ガス供給孔230aには、少なくとも1つの第1のガス供給路としての第1の伝熱ガス供給路231

aが接続され、さらに第1の伝熱ガス供給路231aは伝熱ガス供給源232に連通している。第1の伝熱ガス供給路231aには、伝熱ガス供給源232側から少なくとも1つの第1の制御バルブ233aと第1の圧力計234aが設けられる。第1の制御バルブ233aの開度は、第1の圧力計234aによって検出される圧力が所望の圧力になるように制御される。これにより、第1の制御バルブ233aは、伝熱ガス供給源232から第1の伝熱ガス供給路231aを介して供給される伝熱ガスの流量又は圧力を制御するように構成される。なお、第1の制御バルブ233aと第1の圧力計234aは一体として設けられてもよい。そして、伝熱ガス供給源232から供給された伝熱ガスは、第1の伝熱ガス供給路231a及び第1の伝熱ガス供給孔230aを介して第1の環状溝220aに供給され、当該第1の環状溝220aに沿って周方向に拡散する。また伝熱ガスは、基板Wの裏面と基板支持面111aとの空間（以下、「伝熱空間」という。）にも供給される。

[0045] 第2の環状溝220bには、少なくとも1つの第2のガス供給孔としての第2の伝熱ガス供給孔230bが形成される。第2の伝熱ガス供給孔230bは、第2の環状溝220bの底部からチャック本体部200を貫通して形成される。第2の伝熱ガス供給孔230bには、少なくとも1つの第2のガス供給路としての第2の伝熱ガス供給路231bが接続され、さらに第2の伝熱ガス供給路231bは伝熱ガス供給源232に連通している。第2の伝熱ガス供給路231bには、伝熱ガス供給源232側から少なくとも1つの第2の制御バルブ233bと第2の圧力計234bが設けられる。第2の制御バルブ233bと第2の圧力計234bはそれぞれ、第1の制御バルブ233aと第1の圧力計234aと同様の構成を有し、第2の制御バルブ233bは伝熱ガスの流量又は圧力を制御するように構成される。そして第1の環状溝220aと同様に、伝熱ガス供給源232から第2の伝熱ガス供給路231b及び第2の伝熱ガス供給孔230bを介して供給された伝熱ガスは、第2の環状溝220bに沿って周方向に拡散するとともに、伝熱空間にも供給される。

- [0046] なお、本実施形態では伝熱ガス供給路231a、231bは合流して共通の伝熱ガス供給源232に連通していたが、それぞれ個別の伝熱ガス供給源に連通していてもよい。また、本実施形態では制御バルブ233a、233bを用いて伝熱ガス供給孔230a、230bから供給される伝熱ガスの流量又は圧力を制御したが、これに加えて、伝熱ガス供給孔230a、230bの径を変更することで伝熱ガスの流量又は圧力を制御してもよい。なお、伝熱ガス（バックサイドガス）には、例えばヘリウムガスが用いられる。また、以下の説明において、伝熱ガス供給孔230a、230bを伝熱ガス供給孔230と総称し、伝熱ガス供給路231a、231bを伝熱ガス供給路231と総称し、制御バルブ233a、233bを制御バルブ233と総称し、圧力計234a、234bを圧力計234と総称する場合がある。
- [0047] 図3～図5に示すように、チャック本体部200の基板支持面111aには、後述するように圧力調整部として機能する環状凸部240が形成される。環状凸部240は、基板支持面111aから突出して環状、本実施形態では円環状に形成される。環状凸部240は、第1の環状溝220aと第2の環状溝220bの間に配置される。環状凸部240の平面視における中心位置はそれぞれ、基板支持面111aにおける中心位置と同じであり、すなわち、環状溝220a、220b及び環状凸部240は同心円上に配置される。また、環状凸部240は、第1の環状溝220aと第2の環状溝220bの間の径方向中央位置に配置される。
- [0048] 環状凸部240は、断面視において矩形状を有する。また環状凸部240は、静電チャック114の基板接触部210に支持される基板Wに接触しない。すなわち、図5に示すように、環状凸部240の高さH3（基板支持面111aから環状凸部240の上面までの高さ）は、基板接触部210の高さH1（基板支持面111aから基板接触部210の上面までの高さ）より小さい。また環状凸部240の高さH3は、基板接触部210の高さH1の半分より大きい。従って、環状凸部240の高さH3は、下記式（1）を満たす範囲に設定される。なお例えば、基板接触部210の高さH1が5 μ m

～20 μmに対して、環状凸部240の高さH3は2.5 μm～10 μmである。

$$(H1) / 2 < (H3) < (H1) \quad \dots (1)$$

[0049] 環状凸部240の幅E3（径方向長さ）は、第1の環状溝220aと第2の環状溝220bとの間の径方向距離E2の1/3より小さい。また環状凸部240の幅E3は、0.3 mmより大きい。従って、環状凸部240の幅E3は、下記式（2）を満たす範囲に設定される。なお例えば、環状溝220a、環状溝220b間の径方向距離E2が15 mm～90 mmに対して、環状凸部240の幅E3は5 mm～30 mmである。

$$0.3 \text{ mm} < (E3) < (E2) / 3 \quad \dots (2)$$

[0050] なお、環状凸部240の材料は、例えばチャック本体部200と同じであるが、特に限定されない。環状凸部240がどのような材料であっても、当該環状凸部240によって、後述する伝熱空間の圧力制御の効果を享受することができる。

[0051] 環状溝220a、220b及び環状凸部240によって、基板支持面111aが7つの領域R1～R7に区画される。第1の領域R1は、第1の環状溝220aの径方向内側の円形の領域である。第2の領域R2は、第1の環状溝220aが形成された環状の領域である。第3の領域R3は、第1の環状溝220aと環状凸部240の間の環状の領域である。第4の領域R4は、環状凸部240が形成された環状の領域である。第5の領域R5は、環状凸部240と第2の環状溝220bの間の環状の領域である。第6の領域R6は、第2の環状溝220bが形成された環状の領域である。第7の領域R7は、第2の環状溝220bと外周接触部211の間の環状の領域である。各領域R1、R3、R5、R7には、上述した複数の基板接触部210が配置される。

[0052] 例えば、伝熱ガス供給孔230a、230bから供給される伝熱ガスの圧力が異なる場合、7つの領域R1～R7毎に伝熱空間の圧力が制御される。図5は、第2の伝熱ガス供給孔230b（第2の環状溝220b）からの伝

熱ガスの圧力 P_{12} が第1の伝熱ガス供給孔 230a（第1の環状溝 220a）からの圧力 P_{11} より高い場合において、領域 $R_1 \sim R_7$ の伝熱空間の圧力分布を示す説明図である。なお、図5のグラフにおいて、縦軸は伝熱空間の圧力を示し、横軸は基板 W の特定方向における径方向位置を示す。

[0053] 第1の環状溝 220aの径方向内側の伝熱空間、すなわち第1の領域 R_1 及び第2の領域 R_2 の伝熱空間には、第1の伝熱ガス供給孔 230aから伝熱ガスが拡散する。そして、これら第1の領域 R_1 及び第2の領域 R_2 における伝熱空間の圧力は、第1の伝熱ガス供給孔 230aからの伝熱ガスの圧力 P_{11} と略同一になる。

[0054] 第2の環状溝 220bの径方向外側の伝熱空間、すなわち第6の領域 R_6 及び第7の領域 R_7 の伝熱空間には、第2の伝熱ガス供給孔 230bから伝熱ガスが拡散する。そして、これら第6の領域 R_6 及び第7の領域 R_7 における伝熱空間の圧力は、第2の伝熱ガス供給孔 230bからの伝熱ガスの圧力 P_{12} と略同一になる。

[0055] 上述したように第1の環状溝 220aに沿って周方向に伝熱ガスが拡散し、第2の環状溝 220bに沿って周方向に伝熱ガスが拡散する。第1の環状溝 220aと第2の環状溝 220bの間の伝熱空間、すなわち領域 $R_3 \sim R_5$ の伝熱空間と、径方向内側の領域 R_1 、 R_2 の伝熱空間との間では、伝熱空間におけるガスコンダクタンスが低くなり、差圧が発生する。同様に、領域 $R_3 \sim R_5$ の伝熱空間と、径方向外側の領域 R_6 、 R_7 の伝熱空間との間でも、伝熱空間におけるガスコンダクタンスが低くなり、差圧が発生する。すなわち、領域 $R_3 \sim R_5$ の伝熱空間の圧力は、径方向外側から内側に向けて、 P_{12} から P_{11} に変化する。

[0056] 第4の領域 R_4 には環状凸部 240が形成されており、この環状凸部 240により伝熱空間の圧力の径方向変化（以下、「圧力勾配」という。）が大きくなる。すなわち、領域 $R_3 \sim R_5$ において径方向外側から内側に向けて、第5の領域 R_5 の伝熱空間において圧力勾配が小さく、第4の領域 R_4 の伝熱空間において圧力勾配が大きく、第3の領域 R_3 の伝熱空間において圧

力勾配が小さくなる。

[0057] 以上のように本実施形態によれば、領域R 3～R 5の伝熱空間と領域R 1、R 2の伝熱空間との間で差圧を発生させることができ、領域R 3～R 5の伝熱空間と領域R 6、R 7の伝熱空間との間でも差圧を発生させることができる。その結果、領域R 1～R 7の伝熱空間の圧力を制御して、領域R 1～R 7毎に基板Wの温度を制御することができる。この際、環状溝220a、220b及び環状凸部240を形成することによって、基板Wに接触することなく上記差圧を発生させることができるので、従来のようにシールバンドが基板に接触する場合に生じる局所的な温度特異点が生じ得ない。従って、本実施形態によれば、基板Wの温度制御性を向上させることができ、基板面内におけるプラズマ処理の均一性を向上させることができる。

[0058] なお、このように本実施形態によれば、基板支持面111aを領域R 1～R 7に区画する際、基板Wに接触しないので、従来のシールバンドのように消耗して形状が変化することがない。このため、経時変化が生じにくく、領域R 1～R 7の伝熱空間での圧力を適切に制御することができる。

[0059] ここで、領域R 3～R 5の領域に環状凸部240を設けない場合、当該領域R 3～R 5の伝熱空間の圧力は、径方向外側から内側に向けて、一定の圧力勾配となる。この点、本実施形態によれば、領域R 3～R 5の領域において、第4の領域R 4に環状凸部240が形成されるため、環状凸部240において伝熱ガスの流れを変化させることができ、該第4の領域R 4では伝熱空間の圧力勾配を大きくすることができる。すなわち、第4の領域R 4では急峻な圧力変化を与えることができる。従って、伝熱空間の径方向の圧力分布をさらに精密に制御することができる。その結果、基板Wの温度制御性をさらに向上させることができ、基板面内におけるプラズマ処理の均一性をさらに向上させることができる。

[0060] しかも、領域R 3～R 5の領域では、環状溝220a、220bと同様の環状溝220を形成する必要がないため、当該環状溝220に伝熱ガスを供給するための伝熱ガス供給路231、制御バルブ233、圧力計234等の

供給系が不要になる。従って、環状凸部240を形成するという簡易な構造で、基板Wの温度制御性を向上させることができる。

[0061] また、本実施形態によれば、環状溝220a、220bにおいて伝熱ガスが周方向に沿って拡散するため、基板Wにおける周方向の温度均一性も向上させることができる。

[0062] また、本実施形態によれば、基板支持面111aの最外周部に基板Wと接触する外周接触部211が設けられるので、外周接触部211の径方向内側の伝熱空間に伝熱ガスが供給されても、当該伝熱ガスが伝熱空間の外部に流出するのを抑制することができる。

[0063] なお、図3～図5に示した上記実施形態では、環状凸部240は第1の環状溝220aと第2の環状溝220bの間の径方向中央位置に配置されたが、環状凸部240の位置はこれに限定されない。要求される圧力勾配、すなわち温度勾配に応じて、環状凸部240の位置は任意に設定される。

[0064] また、図3～図5に示した上記実施形態では、チャック本体部200の基板支持面111aに、2つの環状溝220a、220bと1つの環状凸部240が形成された場合について説明したが、これら環状溝220と環状凸部240の数や配置はこれに限定されない。

[0065] 一例として、図6に示すように、基板支持面111aには、4つの環状溝220a、220b、220c、220dと3つの環状凸部240a、240b、240cが形成されていてもよい。環状溝220a、220b、220c、220dと環状凸部240a、240b、240cは、同心円状に配置される。

[0066] 環状溝220a、220b、220c、220dは径方向に内側から外側に向けてこの順で並べて配置される。各環状溝220a、220b、220c、220dにはそれぞれ、伝熱ガス供給孔230a、230b、230c、230dが形成され、さらに伝熱ガス供給路231a、231b、231c、231dが接続される。伝熱ガス供給路231a、231b、231c、231dにはそれぞれ、制御バルブ233a、233b、233c（図示

せず)、233d(図示せず)と圧力計234a、234b、234c(図示せず)、234d(図示せず)が設けられる。

[0067] 第1の環状凸部240aは、第1の環状溝220aと第2の環状溝220bの間に配置される。第2の環状凸部240bは、第2の環状溝220bと第3の環状溝220cの間に配置される。第3の環状凸部240cは、第3の環状溝220cと第4の環状溝220dの間に配置される。上述したように、各環状凸部240a、240b、240cの高さH3は、基板接触部210の高さH1に対して下記式(1)を満たす。また、各環状凸部240a、240b、240cの幅E3は、環状溝220間の径方向距離E2に対して下記式(2)を満たす。

$$(H1)/2 < (H3) < (H1) \quad \cdots (1)$$

$$0.3\text{mm} < (E3) < (E2)/3 \quad \cdots (2)$$

[0068] また別の一例として、図7に示すように、基板支持面111aには、4つの環状溝220a、220b、220c、220dと4つの環状凸部240a、240b、240c、240dが形成されていてもよい。図7に示す例は、図6に示した例において、第2の環状溝220bと第3の環状溝220cの間に、複数、例えば2つの第2の環状凸部240bと第3の環状凸部240cが配置される。

[0069] 上述したように、各環状凸部240a、240b、240c、240dの高さH3は、基板接触部210の高さH1に対して下記式(1)を満たす。また、第1の環状凸部240aと第4の環状凸部240dの幅E3は、環状溝220間の径方向距離E2に対して下記式(2)を満たす。一方、第2の環状凸部240bの幅E4と第3の環状凸部240cの幅E5は、合計したものが下記式(2)を満たし、すなわち下記式(2')を満たす。このように環状溝220b、220c間に複数の環状凸部240b、240cを設けた場合でも、これら環状凸部240b、240cの幅E4、E5が下記式(2')を満たしていれば、上述した効果を享有することができ、環状溝220b、220c間の伝熱空間の圧力を適切に制御することができる。

$$(H1) / 2 < (H3) < (H1) \quad \cdots (1)$$

$$0.3 \text{ mm} < (E3) < (E2) / 3 \quad \cdots (2)$$

$$0.3 \text{ mm} < (E3) = (E4 + E5) < (E2) / 3 \quad \cdots (2')$$

[0070] 次に、本実施形態に関するシミュレーションについて説明する。本シミュレーションでは、実施例として、図6に示したモデル、すなわち基板支持面111aに環状溝220a、220b、220c、220dと環状凸部240a、240b、240cを形成したモデルを用いた。また比較例として、図6に示した例において、基板支持面111aに環状凸部240a、240b、240cを形成せず、環状溝220a、220b、220c、220dのみを形成したモデルを用いた。

[0071] 図8は、本シミュレーションにおいて、第3の環状溝220cにおける伝熱ガスの圧力P22が、他の環状溝220a、220b、220dにおける伝熱ガスの圧力P21より高い場合の、基板W上の伝熱空間の圧力を示す説明図である。なお、図8において、縦軸は伝熱空間の圧力を示し、横軸は基板Wの特定方向における径方向位置を示す。

[0072] 図8を参照すると、比較例では、環状溝220b、220c間において伝熱空間の圧力勾配が略一定であり、また環状溝220c、220d間においても伝熱空間の圧力勾配が略一定である。このため、これら環状溝220b～220dの領域において伝熱空間の圧力勾配を適切に制御することができなかった。

[0073] 一方、実施例では、第2の環状溝220bと第2の環状凸部240bの間及び第3の環状溝220cと第2の環状凸部240bの間で伝熱空間の圧力勾配が小さいのに対して、第2の環状凸部240bにおいて伝熱空間の圧力勾配が大きくなる。従って、第2の環状凸部240bにおいて急峻な圧力変化を与えることができた。

[0074] 同様に実施例では、第3の環状溝220cと第3の環状凸部240cの間及び第4の環状溝220dと第3の環状凸部240cの間で伝熱空間の圧力勾配が小さいのに対して、第3の環状凸部240cにおいて伝熱空間の圧力

勾配が大きくなる。従って、第3の環状凸部240cにおいて急峻な圧力変化を与えることができた。

[0075] なお、実施例では比較例を比較すると、第3の環状溝220cにおける伝熱空間の圧力の最大値が大きくなる。これは、第2の環状凸部240b及び第3の環状凸部240cを形成した方が、環状溝220b～220dの領域全体に差圧をつけやすいため、高圧と低圧の圧力が大きくなるためである。かかる観点からも、実施例では、伝熱空間の圧力を適切に制御することができる。

[0076] 図9は、本シミュレーションにおいて、第3の環状溝220cにおける伝熱ガスの圧力P23が、他の環状溝220a、220b、220dにおける伝熱ガスの圧力P21より低い場合の、基板W上の伝熱空間の圧力を示す説明図である。かかる場合でも、上記図8に示した結果と同様の結果を得られた。

[0077] すなわち、図9を参照すると、比較例では、環状溝220b、220c間において伝熱空間の圧力勾配が略一定であり、また環状溝220c、220d間においても伝熱空間の圧力勾配が略一定である。このため、これら環状溝220b～220dの領域において伝熱空間の圧力勾配を急峻に制御することができなかった。

[0078] 一方、実施例では、第2の環状溝220bと第2の環状凸部240bの間及び第3の環状溝220cと第2の環状凸部240bの間で伝熱空間の圧力勾配が小さいのに対して、第2の環状凸部240bにおいて伝熱空間の圧力勾配が大きくなる。従って、第2の環状凸部240bにおいて急峻な圧力変化を与えることができた。

[0079] 同様に実施例では、第3の環状溝220cと第3の環状凸部240cの間及び第4の環状溝220dと第3の環状凸部240cの間で伝熱空間の圧力勾配が小さいのに対して、第3の環状凸部240cにおいて伝熱空間の圧力勾配が大きくなる。従って、第3の環状凸部240cにおいて急峻な圧力変化を与えることができた。

[0080] 以上のように、シミュレーションの結果からも、本実施形態の効果を享受できることが分かった。すなわち、本実施形態によれば、環状凸部240を高圧側に形成した場合と低圧側に形成した場合のいずれにおいても、環状凸部240の位置に応じて伝熱空間の圧力を制御することが可能となる。

[0081] なお、環状凸部240が形成される領域における伝熱空間の圧力勾配は、環状凸部240の高さH3と幅E3で制御することができる。

[0082] 例えば、環状凸部240の高さH3が大きい場合、環状凸部240における伝熱空間の圧力勾配は大きくなる。但し、環状凸部240は基板Wに接触しないように形成されるため、環状凸部240の高さH3は、下記式(1)に示すように、基板接触部210の高さH1より小さくなる。

[0083] 一方、環状凸部240の高さH3が小さい場合、環状凸部240における伝熱空間の圧力勾配が小さくなる。この点、環状凸部240の高さH3を変更して上記シミュレーションを行ったところ、当該環状凸部240の高さH3が、下記式(1)に示すように、基板接触部210の高さH1の半分より大きい場合、上述した環状凸部240の効果、すなわち環状凸部240の伝熱空間の圧力勾配を十分に大きく制御できる効果を享受できることが分かった。

$$(H1)/2 < (H3) < (H1) \quad \cdots (1)$$

[0084] 図10は、上記図8に示したシミュレーションにおいて、第2の環状凸部240bの幅E3を、幅E31と幅E32に変動させた場合の、第2の環状凸部240bにおける伝熱空間の圧力分布を示す説明図である。

[0085] 図10を参照すると、第2の環状凸部240bの幅E3が大きく幅E31である場合、第2の環状凸部240bにおける伝熱空間の圧力勾配は小さくなる。但し、圧力変化する領域は大きくなる。この点、第2の環状凸部240bの幅E31(幅E3)が、下記式(2)に示すように、環状溝220間の径方向距離E2の1/3より小さい場合、上述した第2の環状凸部240bの効果、すなわち第2の環状凸部240bの伝熱空間の圧力勾配を十分に大きく制御できる効果を享受できることが分かった。

[0086] 一方、第2の環状凸部240bの幅E3が小さく幅E32である場合、第2の環状凸部240bにおける伝熱空間の圧力勾配は大きくなる。但し、圧力変化する領域は小さくなる。この点、第2の環状凸部240bの幅E32（幅E3）が、下記式（2）に示すように、0.3mmより大きい場合、述べた第2の環状凸部240bの効果を享受できることが分かった。

$$0.3\text{ mm} < (E3) < (E2) / 3 \quad \cdots (2)$$

[0087] 基板Wに要求される仕様に応じて、環状凸部240における伝熱空間の圧力勾配が決定される。そして、上記式（1）を満たす範囲において環状凸部240の高さH3が決定され、さらに上記式（2）を満たす範囲において環状凸部240の幅E3が決定される。

[0088] <第1の実施形態の変形例>

例えば、図6に示した静電チャック114において、図11及び図12に示すように複数の基板接触部210は、環状凸部240の上面に設けられていてもよい。シミュレーションを行い、環状凸部240の上面に基板接触部210が設けられた場合と、基板接触部210が設けられない場合を比較したところ、環状凸部240における伝熱空間の圧力勾配はほぼ同じであった。そしてこのように環状凸部240の上面に基板接触部210を設ける場合、例えば環状凸部240の幅E3が大きい場合であっても、基板接触部210によって基板Wを適切に支持することができる。

[0089] <第2の実施形態>

次に、第2の実施形態にかかる静電チャック114の構成について説明する。第2の実施形態では、図13に示すように基板支持面111aに、環状凸部240に隣接して配置される環状の隣接溝250が形成される。

[0090] 例えば図6に示した静電チャック114において、第1の環状凸部240aの径方向内側には第1の内側隣接溝250a1が形成され、第1の環状凸部240aの径方向外側には第1の外側隣接溝250a2が形成される。同様に環状凸部240b、240cの径方向内側と外側のそれぞれには、内側隣接溝250b1、250c1と外側隣接溝250b2、250c2が形成

される。なお、以下の説明において、隣接溝250a1、250a2、250b1、250b2、250c1、250c2を、隣接溝250と総称する場合がある。

[0091] 隣接溝250の深さ（基板支持面111aから隣接溝250の底部までの深さ）は、例えば環状溝220の深さD1と同じである。隣接溝250の幅（径方向長さ）は、特に限定されるものではないが、例えば0.5mmである。かかる場合、環状凸部240による伝熱空間の圧力の制御性を向上させることができる。

[0092] 図14は、図13に示したモデルを用いたシミュレーションにおいて、第3の環状溝220cにおける伝熱ガスの圧力P22が、他の環状溝220a、220b、220dにおける伝熱ガスの圧力P21より高い場合の、基板W上の伝熱空間の圧力を示す説明図である。すなわち、本シミュレーションにおける伝熱ガスの圧力条件は、図8に示したシミュレーション（図6に示したモデルを用いたシミュレーション）における伝熱空間の圧力条件と同じである。以下の説明においては、図6に示したモデルを用いたシミュレーションを実施例1とし、本例の図13に示したモデルを用いたシミュレーションを実施例2とする。なお、比較例は、図8に示したシミュレーションと同様に、図6に示した例において、基板支持面111aに環状凸部240a、240b、240cを形成せず、環状溝220a、220b、220c、220dのみを形成したモデルを用いたシミュレーションである。

[0093] 図14を参照すると、図14(a)に示すように、第2の環状凸部240bの径方向内側において、実施例2の方が実施例1に比べて、伝熱空間の圧力勾配が小さくなる。換言すれば、第2の内側隣接溝250b1によって、第2の環状凸部240bにおける伝熱空間の伝熱勾配が大きくなる。また、図14(b)に示すように、第2の環状凸部240bの径方向外側において、実施例2の方が実施例1に比べて、伝熱空間の圧力勾配が小さくなる。換言すれば、第2の外側隣接溝250b2によって、第2の環状凸部240bにおける伝熱空間の伝熱勾配が大きくなる。以上のように、隣接溝250b

1、250b2によって、第2の環状凸部240bにおける伝熱空間の圧力の制御性を向上させることができる。

[0094] ここで、従来のように基板の裏面に接触するシールバンドを用いて伝熱空間の圧力を制御する場合、シールバンドの径方向内側と外側において伝熱空間が離隔されるため、当該シールバンドにおける伝熱空間の圧力変化は矩形状になる。この点、本実施形態のように環状凸部240に隣接して隣接溝250を形成すると、図14に示したように伝熱空間における圧力変化は矩形状に近くなる。かかる観点からも、隣接溝250によって、環状凸部240における伝熱空間の圧力の制御性を向上できることが分かる。

[0095] また、環状凸部240に隣接して配置される環状の隣接溝250を形成すると、当該隣接溝250において伝熱ガスが周方向に沿って拡散するため、伝熱空間の圧力の周方向の均一性も向上させることができる。

[0096] なお、隣接溝250による圧力制御性向上の効果を享受するため、隣接溝250の深さは環状溝220の深さD1より大きくてもよい。また、当該効果を享受するため、隣接溝250のアスペクト比は大きい方が好ましい。

[0097] 以上の実施形態では、隣接溝250はすべての環状凸部240の径方向内側と外側に形成されたが、隣接溝250の数はこれに限定されない。例えば隣接溝250は、環状凸部240の径方向内側と外側のいずれか一方に形成されてもよい。また例えば隣接溝250は、いずれかの環状凸部240に隣接して形成されてもよい。

[0098] <第3の実施形態>

次に、第3の実施形態にかかる静電チャック114の構成について説明する。第3の実施形態では、図15に示すように基板支持面111aに、圧力調整溝として機能する中間溝260が形成される。

[0099] 例えば図6に示した静電チャック114において、中間溝260は、第1の環状凸部240aに代えて形成される。すなわち、基板支持面111aには、中間溝260、第2の環状凸部240b、第3の環状凸部240c及び環状溝220a、220b、220c、220dが形成される。

- [0100] 中間溝260は、基板支持面111aから窪んで環状、本実施形態では円環状に形成される。中間溝260は、断面視において矩形状を有する。図16に示すように、中間溝260の深さD3（基板接触部210の上面から中間溝260の底部までの深さ）は、環状溝220の深さD2（基板接触部210の上面から環状溝220の底部までの深さ）より小さい。例えば、基板接触部210の高さH1が $5\mu\text{m}\sim 20\mu\text{m}$ に対して、中間溝260の深さD3は $10\mu\text{m}\sim 30\mu\text{m}$ である。
- [0101] 中間溝260の幅E6は、環状溝220の幅E1以上である。例えば、中間溝260の幅E6は $10\text{mm}\sim 50\text{mm}$ である。なお、中間溝260の幅E6は特に限定されるものではない。
- [0102] 図16における7つの領域R1～R7は、図5に示した7つの領域R1～R7と同様である。但し、第4の領域R4は、中間溝260が形成された環状の領域である。また、図16のグラフは、図5に示したグラフと同様のグラフであり、第2の伝熱ガス供給孔230bからの伝熱ガスの圧力P12が第1の伝熱ガス供給孔230aからの圧力P11より高い場合において、領域R1～R7の伝熱空間の圧力を示す。
- [0103] 第1の領域R1及び第2の領域R2における伝熱空間の圧力は、第1の伝熱ガス供給孔230aからの伝熱ガスの圧力P11と略同一になる。同様に、第6の領域R6及び第7の領域R7における伝熱空間の圧力は、第2の伝熱ガス供給孔230bからの伝熱ガスの圧力P12と略同一になる。また、領域R3～R5の伝熱空間の圧力は、径方向外側から内側に向けて、P12からP11に変化する。
- [0104] 第4の領域R4には中間溝260が形成されており、この中間溝260により伝熱空間の圧力勾配は小さいか、略一定になる。すなわち、領域R3～R5において径方向外側から内側に向けて、第5の領域R5の伝熱空間において圧力勾配が大きく、第4の領域R4の伝熱空間において圧力勾配が小さく、第3の領域R3の伝熱空間において圧力勾配が大きくなる。
- [0105] 以上のように本実施形態によれば、領域R3～R5の領域において、第4

の領域R 4に中間溝260が形成されるため、中間溝260において伝熱ガスの流れを変化させることができ、当該第4の領域R 4では伝熱空間の圧力勾配を小さくすることができる。従って、伝熱空間の径方向の圧力分布をさらに精密に制御することができる。その結果、基板Wの温度制御性をさらに向上させることができ、基板面内におけるプラズマ処理の均一性をさらに向上させることができる。

[0106] なお、第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配は、中間溝260の深さD 3で制御することができる。例えば、中間溝260の深さD 3が大きい場合、第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配は小さくなる。一方例えば、中間溝260の深さD 3が小さい場合、第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配は大きくなる。そして基板Wに要求される仕様に応じて、第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配が決定され、中間溝260の深さD 3が決定される。

[0107] また、本実施形態のように中間溝260の深さD 3が環状溝220の深さD 2半分程度の場合、上述した中間溝260の効果、すなわち第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配を十分に小さく制御できる効果を発揮できることが分かった。

[0108] また、本実施形態では、中間溝260の深さD 3は環状溝220の深さD 2より小さいが、中間溝260の深さD 3と環状溝220の深さD 2は同一であってもよい。かかる場合であっても、上述した効果、すなわち第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配を制御できる効果を享受できる。なお、中間溝260の深さD 3の上限値は特に限定されないが、付加さD 3が大きすぎると異常放電が発生する懸念があるため、このような異常放電を抑制できる程度にするのが好ましい。

[0109] なお、第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配は、中間溝260の幅E 6も影響する。例えば、中間溝260の幅E 6が小さい場合、第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配は大きくなる。一方例えば、中間溝260の幅E 6が大きい場合、第4の領域R 4の伝熱空間の圧力勾配は小さくなる。

[0110] なお、以上の実施形態では、中間溝260は第1の環状凸部240aに代

えて形成されたが、中間溝260の数や配置はこれに限定されない。例えば中間溝260は、第2の環状凸部240bと第3の環状凸部240cのいずれか一方又は両方に代えて形成されてもよい。また例えば中間溝260は、環状溝220間に複数形成されてもよい。

[0111] <第4の実施形態>

次に、第4の実施形態にかかる静電チャック114の構成について説明する。第4の実施形態では、図17に示すように基板支持面111aに、シールバンド270が形成される。

[0112] 例えば図6に示した静電チャック114において、シールバンド270は、第3の環状凸部240cに代えて形成される。すなわち、基板支持面111aには、シールバンド270、第1の環状凸部240a、第2の環状凸部240b及び環状溝220a、220b、220c、220dが形成される。

[0113] シールバンド270は、基板支持面111aから突出して環状に設けられる。シールバンド270は、上面が平坦に形成されており、静電チャック114で基板Wを支持する際に基板Wに接触する。

[0114] これにより、シールバンド270の径方向内側と外側において伝熱空間が隔離されるため、シールバンド270によって伝熱空間の圧力勾配を大きくでき、より急峻な圧力変化を与えることができる。従って、例えば伝熱空間の圧力の制御性を特に向上させたい場合に、シールバンド270は有用となる。

[0115] なお、以上の実施形態では、シールバンド270は第3の環状凸部240cに代えて形成されたが、シールバンド270の数や配置はこれに限定されない。例えばシールバンド270は、第1の環状凸部240aと第2の環状凸部240bのいずれか一方又は両方に代えて形成されてもよい。

[0116] <第5の実施形態>

以上の第1～第4の実施形態を組み合わせてもよい。すなわち、基板支持面111aには、環状凸部240の他に、隣接溝250、中間溝260及び

シールバンド 270 の少なくともいずれかが形成されてもよい。プラズマ処理装置 1 で行われるプロセスに要求される圧力制御に応じて、これらの組み合わせを任意に設定することができる。

[0117] <第 6 の実施形態>

以上の実施形態において、環状凸部 240 は断面視において矩形状を有し、平面視において円環状に形成されたが、環状凸部 240 の形状はこれに限定されない。

[0118] 例えば図 18 に示すように、環状凸部 240 は断面視において、上方から下方にテーパ状に拡大する台形状を有していてもよい。また例えば図 19 に示すように、環状凸部 240 は断面視において、上方が湾曲した半円形状を有していてもよい。

[0119] 例えば図 20 に示すように、環状凸部 240 は平面視において、多角形状、例えば六角形状を有していてもよい。また例えば図 21 に示すように、環状凸部 240 は平面視において、円環状ではなく他の平面形状であってもよい。さらに複数の環状凸部 240 は、平面視における中心位置が異なり、中心非対称形状であってもよい。

[0120] また、環状凸部 240 は平面視において連続した環状であったが、一部が不連続になっていてもよい。この際、環状凸部 240 の 1 箇所が不連続になっていてもよいし、複数箇所が不連続になっていてもよい。このように環状凸部 240 が周方向に分割された複数のセグメントにより構成されていてもよく、環状凸部 240 が全体として環状に形成されていればよい。

[0121] 以上のように、環状凸部 240 がいずれの形状を有していても、上記実施形態と同様の効果を享受することができ、すなわち環状凸部 240 における伝熱空間の圧力勾配を制御することができる。

[0122] 今回開示された実施形態はすべての点で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。上記の実施形態は、添付の請求の範囲及びその主旨を逸脱することなく、様々な形態で省略、置換、変更されてもよい。例えば、上記実施形態の構成要件は任意に組み合わせることができる。当該任

意の組み合わせからは、組み合わせにかかるそれぞれの構成要件についての作用及び効果が当然に得られるとともに、本明細書の記載から当業者には明らかな他の作用及び他の効果が得られる。

[0123] また、本明細書に記載された効果は、あくまで説明的または例示的なものであって限定的ではない。つまり、本開示に係る技術は、上記の効果とともに、又は、上記の効果に代えて、本明細書の記載から当業者には明らかな他の効果を奏しうる。

[0124] なお、以下のような構成例も本開示の技術的範囲に属する。

(1)

基板処理チャンバと、

前記基板処理チャンバ内に配置され、少なくとも1つの第1のガス供給路と少なくとも1つの第2のガス供給路とを有する基板支持部であり、

基台と、

前記基台上に配置され、上面を有する静電チャックであり、

前記上面には、

複数の突起と、

第1の環状溝と、

前記第1の環状溝を囲む第2の環状溝と、

前記第1の環状溝と前記第2の環状溝との間に配置され、前記上面から突出し、前記突起より低い環状凸部と、が形成され、

前記第1の環状溝が少なくとも1つの第1のガス供給孔を介して前記少なくとも1つの第1のガス供給路に連通し、

前記第2の環状溝が少なくとも1つの第2のガス供給孔を介して前記少なくとも1つの第2のガス供給路に連通している、前記静電チャックと、を有する、前記基板支持部と、

前記少なくとも1つの第1のガス供給路を介して供給されるガスの流量又は圧力を制御するように構成される少なくとも1つの第1の制御バルブと、

前記少なくとも1つの第2のガス供給路を介して供給されるガスの流量又は

圧力を制御するように構成される少なくとも1つの第2の制御バルブと、
を備える、基板処理装置。

(2)

前記環状凸部の高さは、前記突起の高さの半分より大きい、前記(1)に記載の基板処理装置。

(3)

前記環状凸部の幅は、前記第1の環状溝と前記第2の環状溝との間の径方向距離の $1/3$ より小さい、前記(1)又は(2)に記載の基板処理装置。

(4)

前記環状凸部は、前記第1の環状溝と前記第2の環状溝との間に複数配置される、前記(1)～(3)のいずれかに記載の基板処理装置。

(5)

前記環状凸部には前記複数の突起が設けられる、前記(1)～(4)のいずれかに記載の基板処理装置。

(6)

前記上面には、前記環状凸部の径方向内側と径方向外側の少なくともいずれか一方において、当該環状凸部に隣接して配置される環状の隣接溝が形成される、前記(1)～(5)のいずれかに記載の基板処理装置。

(7)

前記上面には、前記第1の環状溝と前記第2の環状溝との間に配置され、前記第1の環状溝及び前記第2の環状溝より浅い環状の中間溝が形成される、前記(1)～(6)のいずれかに記載の基板処理装置。

(8)

前記上面は、前記第1の環状溝及び前記第2の環状溝を囲む環状の外周突起を有する、前記(1)～(8)のいずれかに記載の基板処理装置。

(9)

上面、少なくとも1つの第1のガス供給路及び少なくとも1つの第2のガス供給路を有するチャック本体部を備え、

前記上面には、
複数の突起と、
第 1 の環状溝と、
前記第 1 の環状溝を囲む第 2 の環状溝と、
前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間に配置され、前記上面から突出し、前記突起より低い環状凸部と、が形成され、
前記第 1 の環状溝が少なくとも 1 つの第 1 のガス供給孔を介して前記少なくとも 1 つの第 1 のガス供給路に連通し、
前記第 2 の環状溝が少なくとも 1 つの第 2 のガス供給孔を介して前記少なくとも 1 つの第 2 のガス供給路に連通している、静電チャック。

(10)

前記環状凸部の高さは、前記突起の高さの半分より大きい、前記 (9) に記載の静電チャック。

(11)

前記環状凸部の幅は、前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間の径方向距離の $1/3$ より小さい、前記 (9) 又は (10) に記載の静電チャック。

(12)

前記環状凸部は、前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間に複数配置される、前記 (9) ~ (11) のいずれかに記載の静電チャック。

(13)

前記環状凸部には前記複数の突起が設けられる、前記 (9) ~ (12) のいずれかに記載の静電チャック。

(14)

前記上面には、前記環状凸部の径方向内側と径方向外側の少なくともいずれか一方において、当該環状凸部に隣接して配置される環状の隣接溝が形成される、前記 (9) ~ (13) のいずれかに記載の静電チャック。

(15)

前記上面には、前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間に配置され、前

記第 1 の環状溝及び前記第 2 の環状溝より浅い環状の中間溝が形成される、
前記（ 9 ）～（ 1 4 ）のいずれかに記載の静電チャック。

（ 1 6 ）

前記上面は、前記第 1 の環状溝及び前記第 2 の環状溝を囲む環状の外周突起
を有する、前記（ 9 ）～（ 1 5 ）のいずれかに記載の静電チャック。

符号の説明

[0125]	1	プラズマ処理装置
	1 0	プラズマ処理チャンバ
	1 1	基板支持部
	1 1 1 a	基板支持面
	1 1 3	基台
	1 1 4	静電チャック
	2 1 0	基板接触部
	2 2 0 a	第 1 の環状溝
	2 2 0 b	第 2 の環状溝
	2 3 0 a	第 1 の伝熱ガス供給孔
	2 3 0 b	第 2 の伝熱ガス供給孔
	2 3 1 a	第 1 の伝熱ガス供給路
	2 3 1 b	第 2 の伝熱ガス供給路
	2 3 3 a	第 1 の制御バルブ
	2 3 3 b	第 2 の制御バルブ
	2 4 0	環状凸部

請求の範囲

- [請求項1] 基板処理チャンバと、
前記基板処理チャンバ内に配置され、少なくとも1つの第1のガス供給路と少なくとも1つの第2のガス供給路とを有する基板支持部であり、
基台と、
前記基台上に配置され、上面を有する静電チャックであり、
前記上面には、
複数の突起と、
第1の環状溝と、
前記第1の環状溝を囲む第2の環状溝と、
前記第1の環状溝と前記第2の環状溝との間に配置され、前記上面から突出し、前記突起より低い環状凸部と、が形成され、
前記第1の環状溝が少なくとも1つの第1のガス供給孔を介して前記少なくとも1つの第1のガス供給路に連通し、
前記第2の環状溝が少なくとも1つの第2のガス供給孔を介して前記少なくとも1つの第2のガス供給路に連通している、前記静電チャックと、を有する、前記基板支持部と、
前記少なくとも1つの第1のガス供給路を介して供給されるガスの流量又は圧力を制御するように構成される少なくとも1つの第1の制御バルブと、
前記少なくとも1つの第2のガス供給路を介して供給されるガスの流量又は圧力を制御するように構成される少なくとも1つの第2の制御バルブと、
を備える、基板処理装置。
- [請求項2] 前記環状凸部の高さは、前記突起の高さの半分より大きい、請求項1に記載の基板処理装置。
- [請求項3] 前記環状凸部の幅は、前記第1の環状溝と前記第2の環状溝との間の

- 径方向距離の $1/3$ より小さい、請求項 1 に記載の基板処理装置。
- [請求項4] 前記環状凸部は、前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間に複数配置される、請求項 1 に記載の基板処理装置。
- [請求項5] 前記環状凸部には前記複数の突起が設けられる、請求項 1 に記載の基板処理装置。
- [請求項6] 前記上面には、前記環状凸部の径方向内側と径方向外側の少なくともいずれか一方において、当該環状凸部に隣接して配置される環状の隣接溝が形成される、請求項 1 に記載の基板処理装置。
- [請求項7] 前記上面には、前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間に配置され、前記第 1 の環状溝及び前記第 2 の環状溝より浅い環状の中間溝が形成される、請求項 1 に記載の基板処理装置。
- [請求項8] 前記上面は、前記第 1 の環状溝及び前記第 2 の環状溝を囲む環状の外周突起を有する、請求項 1 に記載の基板処理装置。
- [請求項9] 上面、少なくとも 1 つの第 1 のガス供給路及び少なくとも 1 つの第 2 のガス供給路を有するチャック本体部を備え、
前記上面には、
複数の突起と、
第 1 の環状溝と、
前記第 1 の環状溝を囲む第 2 の環状溝と、
前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間に配置され、前記上面から突出し、前記突起より低い環状凸部と、が形成され、
前記第 1 の環状溝が少なくとも 1 つの第 1 のガス供給孔を介して前記少なくとも 1 つの第 1 のガス供給路に連通し、
前記第 2 の環状溝が少なくとも 1 つの第 2 のガス供給孔を介して前記少なくとも 1 つの第 2 のガス供給路に連通している、静電チャック。
- [請求項10] 前記環状凸部の高さは、前記突起の高さの半分より大きい、請求項 9 に記載の静電チャック。
- [請求項11] 前記環状凸部の幅は、前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間の

径方向距離の $1/3$ より小さい、請求項 9 に記載の静電チャック。

[請求項12] 前記環状凸部は、前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間に複数配置される、請求項 9 に記載の静電チャック。

[請求項13] 前記環状凸部には前記複数の突起が設けられる、請求項 9 に記載の静電チャック。

[請求項14] 前記上面には、前記環状凸部の径方向内側と径方向外側の少なくともいずれか一方において、当該環状凸部に隣接して配置される環状の隣接溝が形成される、請求項 9 に記載の静電チャック。

[請求項15] 前記上面には、前記第 1 の環状溝と前記第 2 の環状溝との間に配置され、前記第 1 の環状溝及び前記第 2 の環状溝より浅い環状の中間溝が形成される、請求項 9 に記載の静電チャック。

[請求項16] 前記上面は、前記第 1 の環状溝及び前記第 2 の環状溝を囲む環状の外周突起を有する、請求項 9 に記載の静電チャック。