明　細　書

発明の名称 ： プラズマ処理装置及び処理方法

技術分野

[0001]　本開示は、プラズマ処理装置及び処理方法に関する。

背景技術

[0002]　特許文献１には、基板が載置される載置面を有し、基板と載置面との間の隙間に伝熱ガスを供給するためのガス供給管が設けられた載置台を備える基板処理装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０２０－１２００８１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　本開示にかかる技術は、プラズマ処理時に効率的にワークピースの温度を調整する。

課題を解決するための手段

[0005]　本開示の一態様は、プラズマ処理装置であって、減圧可能に構成された処理容器と、前記処理容器内に設けられ、ワークピースを支持する支持部と、前記ワークピースが載置される前記支持部の載置面上に、液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方により構成され変形自在な、前記ワークピースに対する伝熱層を形成する伝熱層形成部と、前記処理容器内の処理空間から排気する排気ラインと、前記排気ラインを迂回するバイパスラインと、を備え、前記バイパスラインは、前記処理空間からの排気に含まれる、ガス状の前記伝熱層を回収するトラップが介設されている。

発明の効果

[0006]　本開示によれば、プラズマ処理時に効率的にワークピースの温度を調整す

ることができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]第１実施形態にかかる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2]図１のプラズマ処理装置を用いて行われるウェハ処理の一例を説明するためのフローチャートである。

[図3]図１のプラズマ処理装置を用いて行われるウェハ処理中の当該プラズマ処理装置の状態を示す図である。

[図4]図１のプラズマ処理装置を用いて行われるウェハ処理中の当該プラズマ処理装置の状態を示す図である。

[図5]図１のプラズマ処理装置を用いて行われるウェハ処理中の当該プラズマ処理装置の状態を示す図である。

[図6]図１のプラズマ処理装置を用いて行われるウェハ処理中の当該プラズマ処理装置の状態を示す図である。

[図7]伝熱層の構成材料の蒸気圧曲線を示す図である。

[図8]図１のプラズマ処理装置を用いて行われるウェハ処理中の当該プラズマ処理装置の状態を示す図である。

[図9]図１のプラズマ処理装置を用いて行われるウェハ処理中の当該プラズマ処理装置の状態を示す図である。

[図10]ウェハ載置面の部分拡大断面図である。

[図11]ウェハ載置面の部分拡大断面図である。

[図12]バイパスラインの他の例を説明するための図である。

[図13]伝熱層の原料ガスをウェハ支持台の表面に凝縮させる形態の他の例を説明するための図である。

[図14]伝熱層の原料ガスをウェハ支持台の表面に凝縮させる形態の他の例を説明するための図である。

[図15]伝熱層の原料ガスをウェハ支持台の表面に凝縮させる形態の他の例を説明するための図である。

[図16]伝熱層形成用ガスのガス供給部の変形例１を示す図である。

[図17]伝熱層の原料の他の例を示す図である。

[図18]静電チャックの電極の変形例を模式的に示す平面図である。

[図19]静電チャックの電極の変形例を模式的に示す断面図である。

[図20]静電チャックの電極の変形例を模式的に示す断面図である。

[図21]静電チャックの電極の変形例を模式的に示す断面図である。

[図22]静電チャックの電極の変形例を模式的に示す平面図である。

[図23]ウェハ載置面上の伝熱層の一例を示す図である。

[図24]静電チャックの中央部を、ウェハの直径よりも大径に形成した一例を示す図である。

[図25]ウェハ載置面へのウェハの載置形態の他の例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 半導体デバイス等の製造プロセスでは、ワークピースとしての半導体ウェハ（以下、「ウェハ」という。）に対して、プラズマを用いて、エッチングや成膜等のプラズマ処理が行われる。プラズマ処理は、減圧された処理容器内の基板支持台に基板が支持された状態で行われる。

[0009] ところで、プラズマ処理の結果は基板の温度に依存するため、プラズマ処理中に、基板支持台の温度が調整され、この基板支持台を介して基板の温度が調整されている。

また、従来、基板支持台を介して基板の温度が効率的に調整されるように、基板支持台と基板との間に、Ｈｅガス等の伝熱ガスが供給されている。

[0010] しかし、プラズマ処理中のプラズマから基板への入熱が大きい場合等において、上述のように伝熱ガスを用いても基板の温度を十分に調整できないことがある。

また、基板支持台を介して基板以外の物の温度を調整することがある。

[0011] そこで、本開示にかかる技術は、プラズマ処理時に、基板等のワークピースの温度を、支持台を介して効率的に調整する。

[0012] 以下、本実施形態にかかるプラズマ処理装置及び処理方法について、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ついては、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0013] （第１実施形態）

＜プラズマ処理装置１＞

図１は、第１実施形態にかかるプラズマ処理装置１の構成の概略を示す縦断面図である。

図１のプラズマ処理装置１は、減圧雰囲気（真空雰囲気）下においてウェハＷに所望の処理を行う。具体的には、プラズマ処理装置１は、ウェハＷに対し、エッチングや成膜等のプラズマ処理を行う。

[0014] プラズマ処理装置１は、処理容器としてのプラズマ処理チャンバ１００、ガス供給部１２０、１３０、ＲＦ（Radio Frequency：高周波）電力供給部１４０及び排気システム１５０を含む。さらに、プラズマ処理装置１は、支持部としてのウェハ支持台１０１及び上部電極１０２を含む。

[0015] ウェハ支持台１０１は、内部が減圧可能に構成されたプラズマ処理チャンバ１００内のプラズマ処理空間１００ｓの下部領域に配置される。上部電極１０２は、ウェハ支持台１０１の上方に配置される。また、上部電極１０２は、プラズマ処理空間１００ｓを画成する壁体の一部として機能し得、具体的には、プラズマ処理チャンバ１００の天部（ceiling）の一部として機能し得る。

[0016] ウェハ支持台１０１は、プラズマ処理空間１００ｓにおいてウェハＷを支持するように構成される。一実施形態において、ウェハ支持台１０１は、下部電極１０３、静電チャック１０４、絶縁体１０５及び脚１０６を含み、リフタ１０７が設けられている。また、ウェハ支持台１０１は、静電チャック１０４の温度（例えばその中央部の上面１０４_{1}の温度）等を調整するように構成される温度調整部を含む。温度調整部は、例えば、ヒータ、流路又はこれらの組み合わせを含む。流路には、冷媒、伝熱ガスのような温調流体が流れる。

[0017] 下部電極１０３は、例えば、アルミニウム等の導電性材料で形成されており、絶縁体１０５に固定されている。一実施形態において、下部電極１０３の内部には、温度調整部の一部を構成する、上記温調流体の流路１０８が形成されている。流路１０８には、例えば、プラズマ処理チャンバ１００の外部に設けられたチラーユニット（図示せず）から温調流体が供給される。流路１０８に供給された温調流体は、チラーユニットに戻るようになっている。例えば、流路１０８の中に、温調流体として低温のブラインを循環させることによって、静電チャック１０４、静電チャック１０４に載置されたウェハW及びエッジリングＥを所定の温度に冷却することができる。また、例えば、流路１０８の中に、温調流体として高温のブラインを循環させることによって、静電チャック１０４、静電チャック１０４に載置されたウェハW及びエッジリングＥを所定の温度に加熱することができる。

[0018] 静電チャック１０４は、ウェハWを静電力により吸着保持可能に構成された部材であり、下部電極１０３上に設けられている。一実施形態において、静電チャック１０４は、周縁部の上面に比べて中央部の上面が高く形成されている。静電チャック１０４の中央部の上面１０４_{1}は、ウェハWが載置されるウェハ載置面となり、静電チャック１０４の周縁部の上面１０４_{2}は、エッジリングＥが載置されるリング載置面となる。エッジリングＥは、静電チャック１０４の中央部の上面１０４_{1}に載置されたウェハWを囲むように且つ当該ウェハWに隣接して配置される、平面視円環状の部材である。

[0019] この静電チャック１０４は、当該静電チャック１０４の中央部の上面１０４_{1}すなわちウェハ載置面に対してウェハWを固定する固定部の一例である。静電チャック１０４の中央部には、電極１０９が設けられている。

[0020] 電極１０９には、直流電源（図示せず）からの直流電圧が印加される。これにより生じる静電力により、静電チャック１０４の中央部の上面１０４_{1}にウェハWが吸着保持される。

一実施形態において、静電チャック１０４は、エッジリングＥも静電力により吸着保持可能に構成され、エッジリングＥを静電吸着によりウェハ支持

台１０１に保持するための電極（図示せず）が設けられている。

また、一実施形態において、静電チャック１０４の周縁部の上面１０４$_2$には、当該上面１０４$_2$に載置されたエッジリングＥの裏面に、Ｈｅガス等の伝熱ガスを供給するため、ガス供給穴（図示せず）が形成されている。ガス供給穴からは、ガス供給部（図示せず）からの伝熱ガスが供給される。ガス供給部は、１又はそれ以上のガスソース及び１又はそれ以上の圧力制御器を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部は、例えば、ガスソースからの伝熱ガスを、圧力制御器を介して上記ガス供給穴に供給するように、構成される。

[0021] また、静電チャック１０４の中央部は、例えば、ウェハWの直径よりも小径に形成されており、ウェハWが静電チャック１０４の中央部の上面（以下、ウェハ載置面という。）１０４$_1$に載置されたときに、ウェハWの周縁部が静電チャック１０４の中央部から張り出すようになっている。

なお、エッジリングＥは、例えば、その上部に段差が形成されており、外周部の上面が内周部の上面より高く形成されている。エッジリングＥの内周部は、静電チャック１０４の中央部から張り出したウェハWの周縁部の下側にもぐり込むように形成されている。

[0022] 静電チャック１０４の内部には、温度調整部の一部を構成するヒータ（具体的には抵抗発熱体）が設けられていてもよい。ヒータに通電することにより、静電チャック１０４、静電チャック１０４に載置されたウェハWを所定の温度に加熱することができる。この場合、静電チャック１０４は、例えば、絶縁材料からなる絶縁材の間にウェハ吸着用の電極１０９及びエッジリング吸着用の電極を挟みヒータを埋設した構成を有する。

なお、ウェハ吸着用の電極１０９が設けられた静電チャック１０４の中央部と、エッジリング吸着用の電極が設けられた静電チャック１０４の周縁部とは、一体に形成されていてもよいし、別体であってもよい。

[0023] 絶縁体１０５は、セラミック等で形成された円板状の部材であり、下部電極１０３が固定される。絶縁体１０５は、例えば下部電極１０３と同径を有

するように形成される。

[0024] 脚１０６は、セラミック等で形成された円筒状の部材であり、下部電極１０３及び絶縁体１０５を介して静電チャック１０４を支持する。脚１０６は、例えば絶縁体１０５の外径と同等の外径を有するように形成され、絶縁体１０５の周縁部を支持する。

[0025] リフタ１０７は、静電チャック１０４のウェハ載置面104_1に対して昇降する昇降部材であり、例えば柱状に形成される。リフタ１０７は、上昇したときに、その上端がウェハ載置面104_1から突出し、ウェハWを支持することが可能である。このリフタ１０７により、静電チャック１０４と搬送機構７０の搬送アーム７１との間でウェハWを受け渡すことができる。

なお、リフタ１０７は、互いに間隔を空けて３本以上設けられ、上下方向に延びるように設けられている。

[0026] リフタ１０７はそれぞれ、リフタ１０７を支持する支持部材１１０に接続されている。また、支持部材１１０は、当該支持部材１１０を昇降させる駆動力を発生させ、複数のリフタ１０７を昇降させる駆動部１１１に接続されている。駆動部１１１は、上記駆動力を発生する駆動源として、例えばアクチュエータ（図示せず）を有する。

[0027] リフタ１０７は、静電チャック１０４のウェハ載置面104_1に上端が開口する挿通孔１１２に挿通される。挿通孔１１２は、例えば、静電チャック１０４の中央部、下部電極１０３及び絶縁体１０５を貫通するように形成されている。

リフタ１０７、支持部材１１０及び駆動部１１１は、ウェハ載置面104_1に対してウェハWを昇降させる昇降機構を構成する。

[0028] 前述の上部電極１０２は、ガス供給部１２０からの各種ガスをプラズマ処理空間１００ｓに供給するシャワーヘッドとしても機能する。一実施形態において、上部電極１０２は、ガス入口１０２ａ、ガス拡散室１０２ｂ、及び複数のガス導入口１０２ｃを有する。ガス入口１０２ａは、例えば、ガス供給部１２０及びガス拡散室１０２ｂと流体連通している。複数のガス導入口

１０２ｃは、ガス拡散室１０２ｂ及びプラズマ処理空間１００ｓと流体連通している。一実施形態において、上部電極１０２は、各種ガスをガス入口１０２ａからガス拡散室１０２ｂ及び複数のガス導入口１０２ｃを介してプラズマ処理空間１００ｓに供給するように構成される。

[0029] ガス供給部１２０は、１又はそれ以上のガスソース１２１及び１又はそれ以上の流量制御器１２２を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部１２０は、例えば、１又はそれ以上の処理ガスを、それぞれに対応のガスソース１２１からそれぞれに対応の流量制御器１２２を介してガス入口１０２ａに供給するように構成される。各流量制御器１２２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１２０は、１又はそれ以上の処理ガスの流量を変調又はパルス化する１又はそれ以上の流量変調デバイスを含んでもよい。また、一実施形態において、ガス供給部１２０は、プラズマ処理空間１００ｓにN_2ガス等の不活性ガスを供給する不活性ガス供給部として機能する。

[0030] また、一実施形態において、ガス供給部１３０からの、後述の伝熱層Ｄの原料となる原料ガスを含むガスすなわち伝熱層形成用ガスが、プラズマ処理チャンバ１００の側壁から、プラズマ処理空間１００ｓに供給される。この場合、例えば、プラズマ処理空間１００ｓと流体連通しガス供給部１３０に流体連通するガス導入口１００ｋがプラズマ処理チャンバ１００の側壁に設けられ、当該側壁（具体的にはガス導入口１００ｋ）を介して、ガス供給部１３０からの伝熱層形成用ガスが、プラズマ処理空間１００ｓへ供給される。

[0031] ガス供給部１３０は、１又はそれ以上のガスソース１３１及び１又はそれ以上の流量制御器１３２を含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部１３０は、例えば、伝熱層形成用ガスを、ガスソース１３１から流量制御器１３２を介してガス導入口１００ｋに供給するように構成される。

ガスソース１３１は、例えば、伝熱層Ｄの原料液を貯留するタンク１３１ａと、原料液を気化させて原料ガスを生成する気化器１３１ｂと、を有する

。また、ガスソース１３１は、キャリアガスとしての不活性ガスの供給路（図示せず）が接続されていてもよい。この場合、ガスソース１３１からは例えば原料ガスとキャリアガスの混合ガスが伝熱層形成用ガスとして供給される。

各流量制御器１３２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１３０は、１又はそれ以上の伝熱層形成用ガスの流量を変調又はパルス化する１又はそれ以上の流量変調デバイスを含んでもよい。

このガス供給部１３０から供給された原料ガスを含む伝熱層形成用ガスから、例えば、ウェハ支持台１０１のウェハ載置面104_1上に、液体の伝熱層Ｄが形成される。したがって、ガス供給部１３０は、ウェハ載置面104_1上に伝熱層Ｄを形成するように構成される伝熱層形成部の少なくとも一部として機能し得る。

[0032] ＲＦ電力供給部１４０は、ＲＦ電力、例えば１又はそれ以上のＲＦ信号を、下部電極１０３、上部電極１０２、又は、下部電極１０３及び上部電極１０２の双方のような１又はそれ以上の電極に供給するように構成される。下部電極１０３に替えて、静電チャック１０４内に設けられている電極１０９に供給するように構成されてもよい。これにより、プラズマ処理空間１００ｓに供給された１又はそれ以上の処理ガスからプラズマが生成される。したがって、ＲＦ電力供給部１４０は、プラズマ処理チャンバ１００において１又はそれ以上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生成部の少なくとも一部として機能し得る。

[0033] ＲＦ電力供給部１４０は、例えば、２つのＲＦ生成部１４１ａ、１４１ｂ及び２つの整合回路１４２ａ、１４２ｂを含む。一実施形態において、ＲＦ電力供給部１４０は、第１のＲＦ信号を第１のＲＦ生成部１４１ａから第１の整合回路１４２ａを介して下部電極１０３に供給するように構成される。例えば、第１のＲＦ信号は、２７ＭＨｚ～１００ＭＨｚの範囲内の周波数を有してもよい。

[0034] また、一実施形態において、ＲＦ電力供給部１４０は、第２のＲＦ信号を第２のＲＦ生成部１４１ｂから第２の整合回路１４２ｂを介して下部電極１０３に供給するように構成される。例えば、第２のＲＦ信号は、４００ｋＨｚ～１３．５６ＭＨｚの範囲内の周波数を有してもよい。第２のＲＦ信号に代えてＲＦ以外の電圧パルスが供給されてもよい。電圧パルスは負極性の直流電圧であってもよい。他の例では、電圧パルスは、三角波、インパルスであってもよい。

[0035] さらに、図示は省略するが、本開示においては他の実施形態が考えられる。例えば、代替実施形態において、ＲＦ電力供給部１４０は、第１のＲＦ信号をＲＦ生成部から下部電極１０３に供給し、第２のＲＦ信号を他のＲＦ生成部から下部電極１０３に供給し、第３のＲＦ信号をさらに他のＲＦ生成部から下部電極１０３に供給するように構成されてもよい。加えて、他の代替実施形態において、ＤＣ電圧が上部電極１０２に印加されてもよい。

[0036] またさらに、種々の実施形態において、１又はそれ以上のＲＦ信号（すなわち、第１のＲＦ信号、第２のＲＦ信号等）の振幅がパルス化又は変調されてもよい。振幅変調は、オン状態とオフ状態との間、あるいは、２又はそれ以上の異なるオン状態の間でＲＦ信号振幅をパルス化することを含んでもよい。

[0037] 排気システム１５０は、プラズマ処理空間１００ｓから排気する排気ライン１６０と、排気ライン１６０を迂回するバイパスライン１７０と、を有する。

[0038] 排気ライン１６０の上流側端は、例えばプラズマ処理チャンバ１００の底部に設けられた排気口１００ｅに接続される。排気ライン１６０には、ポンプが介設されており、具体的には、例えば第１排気ポンプとしてのターボ分子ポンプ１６１及び第２排気ポンプとしてのドライポンプ１６２が上流側からこの順で介設されている。

また、一実施形態において、排気ライン１６０におけるターボ分子ポンプ１６１の上流側には自動圧力調整（ＡＰＣ：Automatic Pressure Control）

弁１６３が介設され、排気ライン１６０におけるターボ分子ポンプ１６１及びドライポンプ１６２との間には開閉弁１６４が設けられている。自動圧力調整弁１６３は、例えば自動圧力調整機能の他、遮断機能を備える。

[0039] バイパスライン１７０は、前述のように排気ライン１６０を迂回する。バイパスライン１７０は、具体的には、排気ライン１６０における上流側を迂回し、より具体的には、排気ライン１６０におけるターボ分子ポンプ１６１が設けられた部分を迂回する。バイパスライン１７０の上流側端は、例えば、排気ライン１６０におけるターボ分子ポンプ１６１より上流側に接続され、具体的には、排気ライン１６０における自動圧力調整弁１６３の上流側に接続される。また、バイパスライン１７０の下流側端は、例えば、排気ライン１６０におけるターボ分子ポンプ１６１とドライポンプ１６２との間に接続され、具体的には、排気ライン１６０における開閉弁１６４とドライポンプ１６２との間に接続される。この構成により、バイパスライン１７０を介してプラズマ処理空間１００ｓから排気することが可能となっている。

[0040] さらに、バイパスライン１７０には、プラズマ処理空間１００ｓからの排気に含まれる、ガス状の伝熱層Ｄを回収するトラップ１７１が介設されている。トラップ１７１に回収されるガス状の伝熱層Ｄとは、伝熱層Ｄの原料ガスまたは伝熱層Ｄの気化物の少なくともいずれか一方である。

一実施形態において、バイパスライン１７０におけるトラップ１７１の上流側には、開閉弁１７２が設けられ、バイパスライン１７０における下流側には、圧力調整弁１７３及び開閉弁１７４が上流側からこの順で設けられている。

[0041] さらに、プラズマ処理装置１は制御部２００を有する。一実施形態において、制御部２００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２００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の他の要素それぞれ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２００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

００は、処理部２１１、記憶部２１２、及び通信インターフェース２１３を含んでもよい。制御部２００は、例えばコンピュータ２１０により実現される。処理部２１１は、記憶部２１２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２１２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２１２に格納され、処理部２１１によって記憶部２１２から読み出されて実行される。媒体は、コンピュータ２１０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に接続されている通信回線であってもよい。処理部２１１は、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ　Ｕｎｉｔ）であってもよく、１つ又は複数の回路であってもよい。記憶部２１２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２１３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。

[0042] ＜プラズマ処理装置１のウェハ処理＞

次に、プラズマ処理装置１を用いて行われるウェハ処理の一例について図２～図９を用いて説明する。図２は、上記ウェハ処理の一例を説明するためのフローチャートである。図３～図６、図８、図９は、上記ウェハ処理中のプラズマ処理装置１の状態を示す図である。図３～図６、図８、図９では、開状態の弁を白塗りで、閉状態の弁を黒塗りで、液やガスが流通している排気ライン等の配管を太線で示している。図７は、伝熱層Ｄの構成材料の蒸気圧曲線を示す図である。

[0043] なお、以下のウェハ処理は、制御部２００の制御の下、行われる。また、ウェハ処理中、トラップ１７１の温度（具体的には、ガスを液化させて回収する空間の温度）Ｔｔは、ガス状の伝熱層Ｄが液化しやすい温度、例えば、－１００℃～２５℃の範囲から予め決定される設定温度に維持される。さら

に、ウェハ処理中、ウェハ支持台１０１の温度（具体的にはウェハ載置面１０４$_1$の温度）Ｔｓは、プラズマ処理時の温度、例えば、－８０℃～８０℃の範囲から予め決定される設定温度に維持される。さらにまた、ウェハ処理中、プラズマ処理空間（以下、処理空間という。）１００ｓを画成するプラズマ処理チャンバ（以下、処理チャンバという。）１００の側壁や上部電極１０２は、ガス状の伝熱層Ｄが液化しにくい温度、例えば、２５℃～１５０℃の範囲から予め決定される設定温度に維持される。

[0044]（ステップＳ１：伝熱層形成）

例えば、まず、図２に示すように、ウェハ支持台１０１のウェハ載置面１０４$_1$上に、伝熱層Ｄが形成される。

[0045] 本実施形態において、伝熱層Ｄの構成材料は、図７に示すように、温度Ｔ１において、圧力Ｐ２では液体であり、圧力Ｐ１では気体となるものである。実用に適したものとしては、温度Ｔ１の範囲が－８０℃～８０℃、圧力Ｐ２の範囲が０．０１Ｔｏｒｒ～１０Ｔｏｒｒ、圧力Ｐ１の範囲が０．０１未満となるものが、伝熱層Ｄの構成材料として好ましい。上述のような構成材料の一例としては、メチルベンゾレイトが挙げられる。

また、後述のように、本実施形態において、ウェハＷが伝熱層Ｄを介してウェハ載置面１０４$_1$に載置されるため、載置されたときに液体の状態の伝熱層ＤがウェハＷの表面すなわち上面に回り込まないよう、伝熱層Ｄは、液体の状態で表面張力が高いものとされる。なお、「液体」には、液体を分散媒としたゾルやゲルも含まれる。

[0046] さらに、伝熱層Ｄの原料ガスは、例えば、伝熱層Ｄの構成原子となるＢ（ボロン）またはＣ（炭素）の少なくともいずれか一方と、ガス成分を構成するＨ（水素）、Ｎ（窒素）またはＯ（酸素）の少なくともいずれか１つとを含む。また、伝熱層Ｄの原料ガスは、プラズマ処理を妨げない成分から成ることが好ましい。

[0047] 伝熱層Ｄの形成では、具体的には、まず、処理チャンバ１００の内部すなわち処理空間１００ｓからの排気が行われる。

より具体的には、図３に示すように、ガス供給部１２０からの処理ガスの供給及びガス供給部１３０からの伝熱層形成用ガスの供給が行われない状態で、排気ライン１６０の自動圧力調整弁１６３が全開状態とされると共に開閉弁１６４が開状態とされる。これにより、ターボ分子ポンプ１６１及びドライポンプ１６２による処理チャンバ１００の内部すなわち処理空間１００ｓからの排気が行われ、処理チャンバ１００の内部が、例えば、到達可能な真空度まで減圧される。

この際、バイパスライン１７０に設けられた開閉弁１７２、圧力調整弁１７３、開閉弁１７４は閉状態とされる。すなわち、バイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気は行われない。

[0048] 次に、ウェハWが、処理チャンバ１００の内部に搬入される。

具体的には、例えば、図４に示すように、排気ライン１６０を介した処理空間１００ｓの排気が停止されるように、排気ライン１６０の自動圧力調整弁１６３及び開閉弁１６４の閉状態への切り替え等が行われる。また、バイパスライン１７０の開閉弁１７２、１７４が開状態とされ、圧力調整弁１７３が全開状態とされる。すなわち、バイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気が開始される。

その後、ウェハWが、プラズマ処理装置１の外部の搬送機構（図示せず）により、処理チャンバ１００の内部に搬入され、上昇したリフタ１０７に受け渡される。受け渡し後、上記搬送機構は処理チャンバ１００の内部から退避される。

[0049] 続いて、伝熱層Ｄの原料ガスが処理チャンバ１００内に供給される。

具体的には、例えば、図５に示すように、ウェハWがリフタ１０７に支持されウェハ支持台１０１のウェハ載置面104_1から離隔された状態且つバイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気が行われた状態で、ガス供給部１３０からの原料ガスを含む伝熱層形成用ガスの供給が行われる。この際、図示する例においては、ガス供給部１２０からの処理ガスの供給は行われない。上述の伝熱層形成用ガスの供給により、処理空間１００ｓ内の雰

囲気が伝熱層形成用ガスで置換される。なお、この置換の際、処理空間１００ｓ内の圧力値がＰ１に、ウェハ支持台１０１の温度（具体的にはウェハ載置面１０４$_1$の温度）Ｔｓが Ｔ１となるように設定される。圧力値Ｐ１は、温度Ｔ１において伝熱層Ｄの原料ガスが飽和蒸気圧未満となる圧力値であり、例えば温度Ｔ１は－８０℃～８０℃であり、Ｐ１は０．０１Ｔｏｒｒ未満である。ウェハ支持台１０１の温度Ｔｓはウェハ支持台１０１の温度調整部により設定され、処理空間１００ｓ内の圧力は伝熱層形成用ガスの流量またはバイパスライン１７０を介した排気量（具体的には圧力調整弁１７３の開度）の少なくともいずれか一方を調整することにより設定される。

[0050] また、上述の置換の際、バイパスライン１７０に到達した伝熱層形成用ガス中の伝熱層Ｄの原料ガスは、トラップ１７１により凝縮されて回収される。

伝熱層Ｄの原料ガスをトラップ１７１によって凝縮させるために、トラップ１７１の温度はＴｔに設定される。温度Ｔｔは、圧力Ｐ１において原料ガスが液化する温度より低い温度であり、温度Ｔ１（Ｔｓ）よりも低い温度である。

[0051] その後、処理チャンバ１００内が昇圧され、ウェハ支持台１０１のウェハ載置面１０４$_1$上に、液体の伝熱層Ｄが形成される。

具体的には、例えば、図６に示すように、ウェハＷがリフタ１０７に支持されウェハ支持台１０１のウェハ載置面１０４$_1$から離隔された状態且つガス供給部１３０から伝熱層形成用ガスの供給が行われた状態で、バイパスライン１７０の開閉弁１７２、１７４が閉状態に切り換えられる。これにより、バイパスライン１７０を介した排気を含め、処理空間１００ｓからの排気が停止され、処理空間１００ｓ内の圧力値をＰ２になるまで上昇させる。圧力値Ｐ２は、ウェハ支持台１０１の温度Ｔｓに対する伝熱層Ｄの原料ガスの飽和蒸気圧より高い圧力値であり、例えば０．０１～１０Ｔｏｒｒである。圧力上昇の結果、伝熱層Ｄの原料ガスがウェハ支持台１０１の表面で凝縮され、少なくともウェハ載置面１０４$_1$に液体の伝熱層Ｄが形成される。伝熱層Ｄ

の形成後、ガス供給部１３０からの伝熱層形成用ガスの供給が停止される。

[0052] なお、ウェハ載置面１０４$_1$以外の領域に伝熱層Ｄが形成されることを抑制するために、ウェハ載置面１０４$_1$以外の領域の温度をＴｗに設定してもよい。例えば、プラズマ処理チャンバ１００の側壁及び上部電極１０２にヒータを設け、プラズマ処理チャンバ１００の側壁及び上部電極１０２の温度をＴｗとなるように調整してもよい。温度Ｔｗは、圧力値Ｐ２において原料ガスが液化する温度より高い温度であり、温度Ｔ１（Ｔｓ）よりも高い温度である。

[0053]（ステップＳ２：ウェハ載置）

次いで、ウェハ支持台１０１のウェハ載置面１０４$_1$上に、ウェハWが載置される。

[0054] 具体的には、例えば、まず、リフタ１０７が下降され、ウェハWが、図８に示すように、静電チャック１０４のウェハ載置面１０４$_1$上に、液体の伝熱層Ｄを介して、載置される。

次に、ウェハ支持台１０１のウェハ載置面１０４$_1$以外の部分に形成された伝熱層Ｄが除去される。具体的には、バイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気が行われるよう、バイパスライン１７０の開閉弁１７２、１７４の開状態への切り替え等が行われる。このバイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気により、処理空間１００ｓの圧力が、ウェハ支持台１０１のウェハ載置面１０４$_1$の設定温度に対する伝熱層Ｄの原料ガスの飽和蒸気圧未満とされる。例えば、ウェハ載置面１０４$_1$の温度Ｔｓを Ｔ１に維持したまま、処理空間１００ｓの圧力値を前述のＰ１にする。これにより、ウェハ載置面１０４$_1$以外の部分に形成された伝熱層Ｄが、減圧雰囲気に曝され、その結果、気化され除去される。この場合、ウェハ載置面１０４$_1$に形成された伝熱層Ｄの気化を抑制するために、ウェハWがウェハ載置面１０４$_1$に固定されてもよい。具体的には、静電チャック１０４の電極１０９に直流電圧が印加され、ウェハWが、静電力によって静電チャック１０４に静電吸着されるようにしてもよい。

[0055] また、この伝熱層Ｄの除去の際、バイパスライン１７０に到達した伝熱層Ｄの気化物は、トラップ１７１により凝縮されて回収される。

伝熱層Ｄの気化物をトラップ１７１によって凝縮させるために、トラップ１７１の温度はＴｔに設定される。温度Ｔｔは、圧力Ｐ１において原料ガスが液化する温度より低い温度であり、温度Ｔ１（Ｔｓ）よりも低い温度である。

[0056]（ステップＳ３：プラズマ処理）

その後、伝熱層Ｄが形成されたウェハ載置面１０$４_1$上のウェハＷに対し、エッチングや成膜等のプラズマ処理が行われる。

[0057] 具体的には、まず、図９に示すように、バイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気が停止され、排気ライン１６０を介した処理空間１００ｓの排気が開始されるように、バイパスライン１７０の開閉弁１７２、１７４の開状態への切り替えや、排気ライン１６０の開閉弁１６４の開状態への切り替え等が行われる。

次いで、ガス供給部１２０から上部電極１０２を介して処理空間１００ｓに処理ガスが供給されると共に、ＲＦ電力供給部１４０からプラズマ生成用の高周波電力ＨＦが下部電極１０３に供給される。これにより、処理ガスが励起され、プラズマＰが生成される。この際、ＲＦ電力供給部１４０からイオン引き込み用の高周波電力ＬＦが供給されてもよい。そして、生成されたプラズマＰの作用によって、ウェハＷに対し、プラズマ処理が施される。

[0058] なお、プラズマ処理中、ウェハ載置面１０$４_1$は、ウェハＷの温調のため、流路１０８を流れる温調流体により、所定の温度に調整されている。また、プラズマ処理中、ウェハＷが液体の伝熱層Ｄを介してウェハ載置面１０$４_1$に載置されており、且つ、伝熱層Ｄが変形自在の液体から構成されているため、ウェハＷの下面すなわち裏面は伝熱層Ｄに密着している。そして、伝熱層Ｄは、液体であるため、Ｈｅ等の伝熱ガスより熱伝導性が高い。したがって、液体の伝熱層Ｄを用いる場合、従来のようにＨｅ等の伝熱ガスをウェハ載置面１０$４_1$とウェハＷの裏面との間に流す場合に比べて、ウェハ載置面１０

４_{1}を介して、ウェハWの温度を効率良く調整することができる。具体的には、プラズマ処理中におけるプラズマＰからウェハWへの入熱が多くても、ウェハ載置面１０４_{1}の温調を介して、ウェハWの温度を一定に維持することができる。

[0059] プラズマ処理中、伝熱層Ｄとウェハの下面とをより密着させるために、ウェハWがウェハ支持台１０１（具体的にはウェハ載置面１０４_{1}）に保持すなわち固定されてもよい。例えば、静電チャック１０４による静電力によってウェハWがウェハ載置面１０４_{1}に吸着保持されるようにしてもよい。より具体的には、静電チャック１０４の電極１０９に直流電圧が印加され、ウェハWが、静電力によって静電チャック１０４に静電吸着されるようにしてもよい。上述のように保持されることにより、より効率的にウェハWの温度を調整することができる。

なお、静電力によりウェハWがウェハ支持台１０１に保持される場合、静電力によってウェハ支持台１０１に対するウェハWの密着度合いを制御し、ウェハ支持台１０１によるウェハWからの抜熱を制御してもよい。

[0060] 同様に、プラズマ処理中、エッジリングＥがウェハ支持台１０１に保持すなわち固定されてもよい。例えば、静電チャック１０４に設けられたエッジリング吸着用の電極（図示せず）に直流電圧が印加され、エッジリングＥが、静電力によって静電チャック１０４に静電吸着されるようにしてもよい。

また、プラズマ処理中、エッジリングＥの裏面に向けて、静電チャック１０４の周縁部の上面１０４_{2}に形成されたガス供給穴（図示せず）から伝熱ガスが供給されてもよい。

[0061] プラズマ処理を終了する際には、ＲＦ電力供給部１４０からの高周波電力ＨＦの供給及びガス供給部１３０からの処理ガスの供給が停止される。プラズマ処理中に高周波電力ＬＦを供給していた場合には、当該高周波電力ＬＦの供給も停止される。また、プラズマ処理中に、静電チャック１０４によるウェハWの吸着保持が行われていた場合には、その吸着保持も停止される。なお、プラズマ処理中に、静電チャック１０４によるエッジリングＥの吸着

保持及びエッジリングＥの裏面への伝熱ガスの供給が行われていた場合には、これらのうち少なくともいずれか一方が停止されるようにしてもよい。

[0062]（ステップＳ４：ウェハ離隔）

プラズマ処理後、ウェハＷがウェハ載置面１０４$_1$から離隔される。

[0063] 具体的には、例えば、図４に示すように、ウェハＷが、リフタ１０７により上昇され、ウェハ載置面１０４$_1$上の伝熱層Ｄから離隔される。

また、排気ライン１６０を介した処理空間１００ｓの排気が停止されるように、排気ライン１６０の自動圧力調整弁１６３及び開閉弁１６４の閉状態への切り替えが行われる。さらに、バイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気が開始されるよう、バイパスライン１７０の開閉弁１７２、１７４の開状態への切り替えが行われる。

[0064]（ステップＳ５：伝熱層除去）

そして、ウェハ載置面１０４$_1$から伝熱層Ｄが除去される（ステップＳ６）。

[0065] 具体的には、バイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気が継続され、処理空間１００ｓの圧力が、ウェハ支持台１０１の温度Ｔｓに対する伝熱層Ｄの原料ガスの飽和蒸気圧未満とされる。これにより、ウェハ載置面１０４$_1$に形成された伝熱層Ｄが、減圧雰囲気に曝され、その結果、気化され除去される。

また、この伝熱層Ｄの除去の際、バイパスライン１７０に到達した伝熱層Ｄの気化物は、トラップ１７１により凝縮されて回収される。

なお、伝熱層Ｄの気化物をトラップ１７１によって凝縮させるために、以下のような調整が行われている。すなわち、トラップ１７１の圧力が、トラップ１７１の温度Ｔｔに対する上記原料ガスの飽和蒸気圧を超えるよう、具体的には０．０１Ｔｏｒｒを超えるよう、バイパスライン１７０を介した排気量が調整されている。

[0066] ウェハ載置面１０４$_1$からの伝熱層Ｄの除去の際、エッジリングＥがウェハ支持台１０１に保持すなわち固定されてもよい。例えば、静電チャック１０

４に設けられたエッジリング吸着用の電極（図示せず）に直流電圧が印加され、エッジリングＥが、静電力によって静電チャック１０４に静電吸着されるようにしてもよい。

また、ウェハ載置面１０４$_1$からの伝熱層Ｄの除去の際、エッジリングＥの裏面に向けて、静電チャック１０４の周縁部の上面１０４$_2$に形成されたガス供給穴（図示せず）から伝熱ガスが供給されてもよい。

[0067]（ステップＳ６：ウェハ搬出）

その後、ウェハＷが、処理チャンバ１００から搬出される。

具体的には、例えば、バイパスライン１７０を介した処理空間１００ｓの排気が継続された状態で、ウェハＷが、リフタ１０７を介して、プラズマ処理装置１の外部の搬送機構（図示せず）に受け渡され、当該搬送機構により処理チャンバ１００から搬出される。

その後、処理はステップＳ１に戻され、排気ライン１６０を介した処理空間１００ｓの排気行われ、例えば、処理チャンバ１００の内部が、到達可能な真空度まで減圧される。

このようにして一連のウェハ処理は完了する。

[0068]＜伝熱層Ｄの他の例＞

以上の例では、伝熱層Ｄの原料ガスを凝縮（液化）させて液体の伝熱層Ｄを形成していたが、伝熱層Ｄは、変形自在であれば、固体の層であってもよい。すなわち、伝熱層Ｄの原料ガスを凝華（固化）させて変形自在な固体の伝熱層Ｄを形成してもよい。ここで「変形自在」とは、例えば、ウェハＷの自重により変形自在であることを意味する。また、ウェハＷを静電チャック１０４により静電吸着する場合は、「変形自在」とは、ウェハＷに静電吸着力が作用したときに変形自在であることを意味してもよい。

さらに、伝熱層Ｄは、変形自在であれば、液体の層と固体の層との組み合わせであってもよい。

[0069] つまり、伝熱層Ｄは、液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方により構成された層であって、変形自在な層である。なお、伝熱層Ｄは、ウ

ェハWの裏面と接触する最上層が、液体の層、固体の層またはこれらの組み合わせにより構成され変形自在であり、その他の部分が変形しない固体の層であってもよい。

[0070] 伝熱層Ｄを構成する固体は、例えば、ウェハWの自重により変形自在な弾性係数を有するものであり、また、ウェハWに静電吸着力が作用したときに変形自在な弾性係数を有するものであってもよい。伝熱層Ｄを構成する固体は、より具体的には、例えば、弾性を有する高分子物質すなわちエラストマーである。

[0071] ＜効果等＞

以上のように、本実施形態では、ウェハ支持台１０１のウェハ載置面１０４$_1$上に、液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方により構成され変形自在な伝熱層Ｄが形成され、伝熱層Ｄが形成されたウェハ載置面１０４$_1$上のウェハWに対しプラズマ処理が行われる。上記の伝熱層Ｄは、液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方から構成されるため、伝熱ガスすなわち気体からなる伝熱層より熱伝導率が高い。また、上記の伝熱層Ｄは変形自在であるため、ウェハWの下面に密着可能である。そのため、本実施形態によれば、ウェハWとウェハ載置面１０４$_1$との間で、伝熱層Ｄを介して効率良く熱交換することができる。したがって、プラズマ処理時に、ウェハ載置面１０４$_1$を介して効率的にウェハWの温度を調節することができる。具体的には、プラズマ処理時に、ウェハ載置面１０４$_1$により伝熱層Ｄを介してウェハWから効率的に吸熱することができ、また、ウェハ載置面１０４$_1$により伝熱層Ｄを介してウェハWを効率的に加熱することができる。

さらに、本実施形態では、処理空間１００ｓから排気する排気ライン１６０を迂回するバイパスライン１７０が設けられており、このバイパスライン１７０には、処理空間１００ｓからの排気に含まれるガス状の伝熱層Ｄを回収するトラップ１７１が設けられている。そのため、ガス状の伝熱層が排気ライン１６０のポンプに到達するのを抑制することができる。したがって、ガス状の伝熱層が排気ライン１６０のポンプに悪影響を及ぼすのを抑制する

ことができる。また、バイパスライン１７０が設けられていない場合に比べて、排気ライン１６０のポンプのクリーニング頻度を下げることができるため、スループットの改善を図ることができる。

[0072] ＜ウェハ載置面104_1の具体例＞

図１０及び図１１はそれぞれ、ウェハ載置面104_1の部分拡大断面図である。

ウェハ載置面104_1は例えば図１０に示すようにその全面が平坦に形成されている。また、ウェハ載置面104_1は図１１に示すように粗面化処理が施されていてもよい。この場合、粗面化処理は例えばウェハ載置面104_1の全体に施され、粗面化処理された部分の表面粗さは例えば算術平均粗さＲａが１μｍ～１０μｍである。粗面化処理された部分では、表面積が増加し、ウェハ載置面104_1の熱が伝熱層Ｄを介してより効率的にウェハＷに伝わる。したがって、ウェハ載置面104_1及び伝熱層Ｄを介してより効率的にウェハＷの温度を調節することができる。

なお、粗面化処理は、例えば、ショットブラストまたはレーザ加工により行われる。

[0073] 後述のように、伝熱層Ｄは、液体の媒体または流動性を有する固体の媒体の少なくともいずれか一方により構成される伝熱媒体から伝熱層Ｄが形成されてもよい。この場合、伝熱媒体がウェハ載置面104_1から漏れないよう、ウェハ載置面104_1の周端部に沿ってウェハ載置面104_1と同心の環状凸部が設けられてもよい。この形態においては、ウェハ載置面104_1における、環状凸部が形成された周端部を除いた部分すなわち伝熱層Ｄが形成される部分にのみ、粗面化処理が施されてもよい。また、環状凸部が設けられない場合でも、ウェハ載置面104_1に粗面化処理された部分と粗面化処理がされていない部分とを設けてもよい。例えば、ウェハ載置面104_1の中心部を粗面化処理されていない領域とし、その周辺部を粗面化処理をした領域としてもよい。これにより、ウェハの中心部と周辺部とにおいて、温度に差を設けることができる。

[0074] ＜バイパスライン１７０の他の例＞

図１２は、バイパスライン１７０の他の例を説明するための図である。

バイパスライン１７０には、図１２に示すように、戻りライン１８０が接続されていてもよい。戻りライン１８０は、トラップ１７１に回収された伝熱層Ｄの原料ガスをガス供給部１３０に戻すように構成されている。具体的には、戻りライン１８０は、トラップ１７１で伝熱層Ｄの原料ガスが凝縮されて生成された伝熱層Ｄの原料液を、ガス供給部１３０のタンク１３１ａに戻すように構成されている。戻りライン１８０には、トラップ１７１内の伝熱層Ｄの原料液を吸込み、ガス供給部１３０のタンク１３１ａに圧送するポンプ１８１が設けられていてもよい。また、戻りライン１８０には、伝熱層Ｄの原料液から異物を除去するフィルタ１８２が設けられていてもよい。

[0075] トラップ１７１からタンク１３１ａへの伝熱層Ｄの原料液の戻しは、トラップ１７１が処理空間１００ｓと連通していないタイミングで行われる。上記タイミングは、例えば、プラズマ処理装置１のアイドリング時や、プラズマ処理時である。

[0076] 上述のような戻りライン１８０を設けることにより、回収した伝熱層Ｄの原料ガスを有効利用することができる。

[0077] ＜原料ガスを凝縮させる形態の変形例＞

図１３～図１５はそれぞれ、伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させる形態の他の例を説明するための図である。

以上の例では、処理空間１００ｓ内の雰囲気が伝熱層形成用ガスで置換された後、バイパスライン１７０を介した排気を含め処理空間１００ｓからの排気を停止された状態で、ガス供給部１２０からの処理ガスの供給が行われずにガス供給部１３０からの伝熱層形成用ガスの供給が行われていた。これにより、処理空間１００ｓ内の圧力を上昇させ、伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させていた。この形態では、伝熱層Ｄの形成時に処理空間１００ｓから伝熱層形成用ガスが排出されないため、処理空間１００ｓに供給された伝熱層Ｄの原料ガスから伝熱層Ｄを効率的に形成するこ

とができる。

[0078] 伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させる形態はこれに限られない。例えば、図１３に示すように、伝熱層Ｄを形成する際、バイパスライン１７０を介した排気を含め処理空間１００ｓからの排気が停止された状態で、ガス供給部１３０からの伝熱層形成用ガスの供給に加えて、ガス供給部１２０からの不活性ガス（例えばN_2ガス）の供給が行われてもよい。この形態でも、処理空間１００ｓ内の圧力を上昇させ、伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させることができる。具体的には、この形態でも、処理空間１００ｓ内の圧力を、ウェハ支持台１０１の温度Ｔｓに対する伝熱層Ｄの原料ガスの飽和蒸気圧を超えるまで上昇させて、伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させ、少なくともウェハ載置面104_1に液体の伝熱層Ｄを形成することができる。また、この形態でも、処理空間１００ｓに供給された伝熱層Ｄの原料ガスから伝熱層Ｄを効率的に形成することができる。

[0079] また、処理空間１００ｓ内の雰囲気が伝熱層形成用ガスで置換された後、図１４に示すように、処理空間１００ｓに対し排気ライン１６０を介した排気が行われずにバイパスライン１７０を介した排気が行われている状態で、ガス供給部１２０からの不活性ガス及びガス供給部１３０からの伝熱層形成用ガスの両方を処理空間１００ｓに供給させてもよい。この形態でも、処理空間１００ｓ内の圧力を上昇させ、伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させることができる。具体的には、この形態でも、処理空間１００ｓ内の圧力を、ウェハ支持台１０１の温度Ｔｓに対する伝熱層Ｄの原料ガスの飽和蒸気圧を超えるまで上昇させて、伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させ、少なくともウェハ載置面104_1に液体の伝熱層Ｄを形成することができる。

また、この形態の場合、処理空間１００ｓ内の圧力が上昇しても、ガス供給部１３０と処理チャンバ１００とを接続する供給路内の圧力が上昇しにくいため、上記供給路の内壁面に伝熱層Ｄの原料ガスが凝縮するのを抑制する

ことができる。

[0080] さらに、処理空間１００ｓ内の雰囲気が伝熱層形成用ガスで置換された後、図１５に示すように、処理空間１００ｓの排気ライン１６０を介した排気が行われずに処理空間１００ｓのバイパスライン１７０を介した排気が行われている状態で、ガス供給部１２０からの不活性ガスのみを処理空間１００ｓに供給させてもよい。この形態でも、処理空間１００ｓ内の圧力を上昇させ、伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させることができる。具体的には、この形態でも、処理空間１００ｓ内の圧力を、ウェハ支持台１０１の温度Ｔｓに対する伝熱層Ｄの原料ガスの飽和蒸気圧を超えるまで上昇させて、伝熱層Ｄの原料ガスをウェハ支持台１０１の表面に凝縮させ、少なくともウェハ載置面１０４$_1$に液体の伝熱層Ｄを形成することができる。

また、この形態の場合、処理空間１００ｓの圧力を、トラップ１７１の下流の圧力調整弁１７３の開度だけではなく、ガス供給部１２０からの不活性ガスの流量すなわち上部電極１０２からの不活性ガスの流量でも調整することができる。そして、圧力調整弁１７３より上部電極１０２の方が処理空間１００ｓに近いため、この形態では、処理空間１００ｓの圧力調整にかかる応答性を向上させることができる。

さらに、この形態の場合、処理空間１００ｓ内の圧力が上昇するタイミングでは、ガス供給部１３０と処理チャンバ１００とを接続する供給路が処理空間１００ｓと隔てられる。そのため、処理空間１００ｓ内の圧力が上昇するタイミングで、上記供給路の内壁面に伝熱層Ｄの原料ガスが凝縮するのを抑制することができる。

[0081] また、ウェハ支持台１０１におけるウェハ載置面１０４$_1$の近傍の部分、例えば静電チャック１０４内に、熱容量が小さく薄いヒータ（図示せず）を設けておき、以下のようにしてもよい。

すなわち、処理空間１００ｓ内の雰囲気を伝熱層形成用ガスで置換する際は、流路１０８を循環する低温のブラインにより静電チャック１０４全体を

冷却させつつ、上記薄いヒータでウェハ載置面１０４$_1$を加熱させておき、伝熱層Ｄを形成する段階では、静電チャック１０４全体の冷却を維持させつつ、上記薄いヒータによる加熱を停止させてもよい。これにより、ウェハ載置面１０４$_1$の温度が瞬時に低くなるため、ウェハ載置面１０４$_1$に伝熱層Ｄの原料ガスを凝縮させ、伝熱層Ｄを形成することができる。なお、この形態の場合、ウェハＷが伝熱層Ｄを介してウェハ載置面１０４$_1$に載置されプラズマ処理が行われる時には、上記薄いヒータによる加熱は再開され、ウェハ載置面１０４$_1$はプラズマ処理に適した温度に調節される。

[0082] ＜伝熱層形成用ガスのガス供給部の変形例１＞

図１６は、伝熱層形成用ガスのガス供給部の変形例１を示す図である。

上述したように、伝熱層形成用ガスのガス供給部１３０は、流量制御器１３２を含んでもよい。また、伝熱層形成用ガスのガス供給部は、図１６のガス供給部１３０Ａのように、流量制御器１３２に代えて、圧力調整弁としての自動圧力調整（ＡＰＣ）弁１３３を含んでもよい。この自動圧力調整弁１３３は、例えば自動圧力調整機能の他、遮断機能を備える。伝熱層形成用ガスのガス供給部が、流量制御器１３２または自動圧力調整弁１３３を含むことにより、伝熱層形成用ガスに含まれる原料ガスの処理チャンバ１００内への供給量を制御することができる。

[0083] ＜伝熱層形成用ガスのガス供給部の変形例２＞

以上の例では、伝熱層形成用ガスのガス供給部における、伝熱層Ｄの原料液を貯留するタンク１３１ａを有するガスソース１３１から、原料ガスとキャリアガスの混合ガスが伝熱層形成用ガスとして供給されていた。すなわち、原料ガスの処理チャンバ１００への導入にキャリアガスが用いられていた。ただし、キャリアガスが用いられずに、原料ガスの処理チャンバ１００への導入が行われてもよい。この場合、例えば、タンク１３１ａ内で原料液が減圧等により気化され原料ガスが生成されてから、タンク１３１ａと処理チャンバ１００との間を隔てる弁（例えば自動圧力調整弁１３３）が開状態とされ、タンク１３１ａ内と処理チャンバ１００内の圧力差により、原料ガス

がタンク１３１ａから処理チャンバ１００に導入される。また、この導入の際、処理チャンバ１００内の排気は、停止されてもよいし（すなわち自動圧力調整弁１６３及び開閉弁１７２の両方が閉状態とされてもよいし）、行われてもよい（すなわち自動圧力調整弁１６３及び開閉弁１７２のうち開閉弁１７２のみが閉状態とされてもよい）。

[0084] ＜原料ガスの供給形態の変形例＞

以上の例では、処理空間１００ｓへの原料ガスの供給は、処理チャンバ１００の側壁を介して行われていたが、処理チャンバ１００の側壁とは異なる、処理空間１００ｓを画成する壁体を介して行われてもよい。例えば、処理ガスの供給にも用いられる上部電極１０２を介して、原料ガスを含む伝熱層形成用ガスが供給されてもよい。この場合、上部電極１０２における、処理ガスの供給に用いられるガス出口と、伝熱層形成用ガスの供給に用いられるガス出口とは異なってもよいし、同じであってもよい。

[0085] また、処理空間１００ｓへの原料ガスの供給は、ウェハＷを支持するウェハ支持台やウェハＷを昇降させるリフタを介して行われてもよい。

[0086] ＜原料ガスから伝熱層Ｄを形成する形態の変形例＞

以上の例では、原料ガスの液化または固化（すなわち凝縮または凝華）の少なくともいずれか一方により、伝熱層Ｄが形成されていたが、原料ガスから伝熱層Ｄを形成する形態はこれに限られない。例えば、プラズマを用いて原料ガスから伝熱層Ｄが形成されてもよい。

[0087] また、プラズマ処理空間１００ｓ内の原料ガスに光を照射させることにより、原料ガスの液化または固化の少なくともいずれか一方が生じるようにし、伝熱層Ｄを形成してもよい。

[0088] ＜ウェハ載置面104_1以外に形成された伝熱層Ｄを除去する形態の変形例＞

以上の例では、減圧雰囲気に曝すことにより、ウェハ載置面104_1以外に形成された伝熱層Ｄを除去していたが、当該除去の形態はこれに限られない。

[0089] 例えば、プラズマを用いて、ウェハ載置面104_1以外の部分に形成された

伝熱層Ｄを除去してもよい。また、ウェハ載置面１０４$_1$以外の部分に形成された伝熱層Ｄに光を照射することにより、当該伝熱層Ｄを気化させ、選択的に除去してもよい。

[0090] ＜ウェハ載置面１０４$_1$に形成された伝熱層Ｄを除去する形態の変形例＞

以上の例では、減圧雰囲気に曝すことにより、ウェハ載置面１０４$_1$に形成された伝熱層Ｄを除去していたが、当該除去の形態はこれに限られない。

[0091] 例えば、プラズマを用いて、ウェハ載置面１０４$_1$に形成された伝熱層Ｄを除去してもよい。また、ウェハ載置面１０４$_1$に形成された伝熱層Ｄに光を照射することにより、当該伝熱層Ｄを気化させ、選択的に除去してもよい。さらに、前述の薄いヒータによって、

ウェハ載置面１０４$_1$を昇温させることにより、ウェハ載置面に形成された伝熱層Ｄを気化させ除去してもよい。

[0092] ＜伝熱層Ｄを形成する時の処理チャンバ１００内の状態の他の例＞

以上の例では、伝熱層Ｄを形成する際、ウェハＷが、処理チャンバ１００内に位置していたが、処理チャンバ１００内に位置しなくてもよい。

[0093] ＜伝熱層Ｄの原料の他の例＞

以上の例では、ウェハ載置面１０４$_1$に供給される伝熱層Ｄの原料は、ガスであったが、液体の媒体または流動性を有する固体の媒体の少なくともいずれか一方により構成される伝熱媒体であってもよい。

[0094] この場合、図１７に示すように、ウェハ支持台１０１Ｂを介して）、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に伝熱媒体が供給される。具体的には例えばウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に形成された供給口３００を介して、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部に伝熱媒体が供給される。供給口３００はウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に複数設けられてもよい。

[0095] また、この場合、ウェハ支持台１０１Ｂの内部には、供給口３００に一端が流体連通する流路３１０が設けられている。流路３１０の他端は、例えばガス供給部１３０Ｂに流体接続されている。また、流路３１０は、例えば、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$側の端部（具体的には例えば静電チャック１０４Ｂ内

に位置する部分）が細く形成されており、流路３１０内の上記伝熱媒体が、毛細管現象により、供給口３００を介して、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に供給されるようになっている。なお、流路３１０は、例えば、静電チャック１０４Ｂ、下部電極１０３Ｂ、絶縁体１０５Ｂに跨るように形成されている。

[0096] ガス供給部１３０Ｂは、１又はそれ以上のガスソース１３１Ｂ及び１又はそれ以上の流量制御器１３２Ｂを含んでもよい。一実施形態において、ガス供給部１３０ＥＢ、例えば、１又はそれ以上の、上述の伝熱媒体を生成するためのガス（以下、伝熱媒体生成用ガス）を、それぞれに対応のガスソース１３１Ｂからそれぞれに対応の流量制御器１３２Ｂを介してウェハ支持台１０１Ｂに供給するように構成される。各流量制御器１３２Ｂ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１３０Ｂは、１又はそれ以上の伝熱媒体生成用ガスの流量を変調又はパルス化する１又はそれ以上の流量変調デバイスを含んでもよい。

[0097] このガス供給部１３０Ｂから供給された伝熱媒体生成用ガスは、流路３１０内において、例えば、温調流体により冷却された下部電極１０３Ｂにより冷却され、液化または固化し、液体の媒体または流動性を有する固体の媒体の少なくともいずれかにより構成される伝熱媒体に変化する。この伝熱媒体は、前述のように、例えば、毛細管現象により、供給口３００を介して、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に供給され、伝熱層Ｄを形成する。したがって、ガス供給部１３０Ｂは、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$上に伝熱層Ｄを形成するように構成される伝熱層形成部の少なくとも一部として機能し得る。

[0098] さらに、本例の場合、例えば、ウェハＷがウェハ支持台１０１Ｂに支持された状態で、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に伝熱媒体が供給され、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$上に液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方により構成され変形自在な伝熱層Ｄが形成される。

[0099] 具体的には、まず、例えば、ウェハＷがウェハ支持台１０１Ｂに支持された状態で、ガス供給部１３０Ｂからウェハ支持台１０１Ｂの流路３１０に、伝熱媒体生成用ガスが供給される。流路３１０に供給された伝熱媒体生成用

ガスは、流路３１０内で冷却され、液体の媒体または流動性を有する固体の媒体の少なくともいずれか一方により構成される伝熱媒体となる。そして、この伝熱媒体は、例えば、毛細管現象により、供給口３００を介して、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に供給される。

ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に伝熱媒体が所定量供給された後、静電チャック１０４Ｂの電極１０９に直流電圧が印加される。これにより、ウェハWが、静電力によって静電チャック１０４Ｂに静電吸着される。それと共に、ウェハWと静電チャック１０４Ｂに挟まれた伝熱媒体がウェハ載置面１０４Ｂ$_1$に沿って広がり、伝熱層Ｄが形成される。

[0100] ＜伝熱媒体の供給形態の変形例＞

以上の例では、伝熱媒体生成用ガスを外部からウェハ支持台１０１Ｂに供給しウェハ支持台１０１Ｂ内で伝熱媒体に変化させていたが、伝熱媒体を外部からウェハ支持台１０１Ｂに直接供給するようにしてもよい。

[0101] また、以上の例では、ウェハ支持台１０１Ｂ内の伝熱媒体のウェハ載置面１０４Ｂ$_1$への供給を、毛細管現象によって行っていた。これに代えて、外部からウェハ支持台１０１Ｂへの伝熱媒体生成用ガスの供給圧力または外部からウェハ支持台１０１Ｂへの伝熱媒体の供給圧力によって、ウェハ支持台１０１Ｂ内の伝熱媒体のウェハ載置面１０４Ｂ$_1$への供給を行ってもよい。

[0102] ＜静電チャックの電極と伝熱媒体の広げ方の変形例＞

図１８及び図１９は、それぞれ静電チャックの電極の変形例を模式的に示す平面図及び断面図である。

以上の例では、静電チャック１０４には、当該静電チャック１０４の中央部と外周部に跨るように設けられた単一の電極１０９が設けられていた。これに代えて、図１８及び図１９の静電チャック１０４Ｃのように、複数（図の例では３つ）の平面視円環状の電極１０９Ｃが静電チャック１０４Ｃの中心を基準として同心に配置されていてもよい。なお、以下では、図の３つの電極１０９Ｃを、静電チャック１０４Ｃの中心側から順に、電極１０９Ｃ１、電極１０９Ｃ２、電極１０９Ｃ３と言うことがある。

[0103] 複数の電極１０９Ｃのうち、静電チャック１０４Ｃの中央部に設けられた電極１０９Ｃが、静電チャック１０４Ｃの外周部に設けられた電極１０９Ｃより、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$までの距離が小さくてもよい。図の例では、電極１０９Ｃ１はウェハ載置面１０４Ｂ$_1$までの距離が小さいのに対し、電極１０９Ｃ２、Ｃ３はウェハ載置面１０４Ｂ$_1$までの距離が小さい。

また、図の例では、３つの電極１０９Ｃに対し、共通の直流電源（図示せず）が設けられ、直流電源からの電圧の印加先を切り替えるためのスイッチ３２０、３２１が設けられている。スイッチ３２０がＯＦＦ状態にされると、直流電源からの電圧の印加先が電極１０９Ｃ１のみとなる。また、スイッチ３２０がＯＮ状態にされスイッチ３２１がＯＦＦ状態にされると、直流電源からの電圧の印加先が電極１０９Ｃ１、１０９Ｃ２となる。スイッチ３２０、３２１の両方がＯＮ状態にされると、直流電源からの電圧の印加先が電極１０９Ｃ１、１０９Ｃ２、１０９Ｃ３となる。

[0104] 電極１０９Ｃからウェハ載置面１０４Ｂ$_1$までの距離が静電チャック１０４の外周部より中央部で小さい場合、伝熱層Ｄを形成する際は、例えば、まず、静電チャック１０４の中央部に設けられた電極１０９Ｃにのみ直流電源からの電圧が印加される。これにより、静電チャック１０４の中央部にウェハＷの中央部が大きな静電力により吸着され、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部に供給された伝熱媒体がウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周まで広がる。その後、静電チャック１０４の外周部に設けられた電極１０９Ｃにも直流電源からの電圧が印加される。これにより、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周まで広がった伝熱媒体が小さな静電力によりウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外方まで広がる。このように伝熱媒体が広がるため、伝熱媒体がウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部で留まるのを抑制することができる。なお、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外方まで広がった伝熱媒体は気化する。

[0105] なお、図１８及び図１９の静電チャック１０４Ｃの場合、伝熱層Ｄを形成する際は、直流電源からの電圧の印加先の電極１０９Ｃを静電チャック１０４Ｃの中央側から順に増やしていってもよい。

[0106] 電極１０９Ｃからウェハ載置面１０４Ｂ$_1$までの距離が静電チャック１０４の外周部より中央部で小さい場合において、伝熱層Ｄを形成する際に、以下のようにしてもよい。

ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部にのみ伝熱媒体が存在する状態から、全ての電極１０９Ｃに同時に電圧を印加してもよく、すなわち、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部とウェハＷとの間の大きな静電力、及び、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周部とウェハＷとの間の小さな静電力が同時に作用するようにしてもよい。これによっても、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部に供給された伝熱媒体が、大きな静電力によってウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周まで広がり、且つ、小さな静電力によってウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外方まで広がる。

[0107] また、複数の平面視円環状の電極１０９Ｃが静電チャックＣの中心を基準として同心に配置される場合、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$までの距離が電極１０９Ｃ間で等しく、各電極１０９Ｃに対し、個別に直流電源が接続されていてもよい。この形態の場合、まず、静電チャック１０４の中央部に設けられた電極１０９Ｃにのみ高い電圧が印加される。これにより、静電チャック１０４の中央部にウェハＷの中央部が大きな静電力により吸着され、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部に供給された伝熱媒体がウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周まで広がる。その後、静電チャック１０４の外周部に設けられた電極１０９Ｃへの低い電圧が印加される。これにより、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周まで広がった伝熱媒体が小さな静電力によりウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外方まで広がる。

ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$までの距離が電極１０９Ｃ間で等しく、各電極１０９Ｃに対し、個別に直流電源が接続される形態において、以下のようにしてもよい。すなわち、伝熱層Ｄを形成する際に、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部にのみ伝熱媒体が存在する状態から、静電チャック１０４の中央部に設けられた電極１０９Ｃへの強い電圧の印加、及び、静電チャック１０４の外周部に設けられた電極１０９Ｃへの低い電圧の印加の両方が、行われてもよい。

[0108] 図２０及び図２１は、それぞれ静電チャックの電極の変形例を模式的に示す断面図である。図２２は、静電チャックの電極の変形例を模式的に示す平面図である。

図２０の静電チャック１０４Ｄには、当該静電チャック１０４Ｄの中央部と外周部に跨るように単一の電極１０９が設けられている。また、静電チャック１０４Ｄでは、ウェハ載置面１０４Ｄ$_1$が下方に凹む凹面で構成され、電極１０９が水平な平板状に形成されている。そのため、静電チャック１０４Ｄを構成する誘電体層が、当該静電チャック１０４Ｄの中央部において当該静電チャック１０４Ｄの外周部に比べて薄くなっている。静電チャック１０４Ｄでは、電極１０９に電圧が印加されることで、ウェハ載置面１０４Ｄ$_1$の中央部とウェハＷとの間の大きな静電力、及び、ウェハ載置面１０４Ｄ$_1$の外周部とウェハＷとの間の小さな静電力が同時に作用する。したがって、静電チャック１０４Ｄでは、電極１０９に電圧が印加されることで、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部に供給された伝熱媒体が、大きな静電力によってウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周部まで広がり、且つ、小さな静電力によってウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外方まで広がる。

[0109] 図２１の静電チャック１０４Ｅにも、図２０の静電チャック１０４Ｄと同様、当該静電チャック１０４Ｅの中央部と外周部に跨るように単一の電極１０９Ｅが設けられている。ただし、静電チャック１０４Ｅでは、静電チャック１０４Ｄと異なり、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$が水平面で形成され、電極１０９Ｅの断面形状がウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部に向けて突出する三角形状に形成されている。これにより、静電チャック１０４Ｅを構成する誘電体層が、当該静電チャック１０４Ｅの中央部において当該静電チャック１０４Ｅの外周部に比べて薄くなっている。静電チャック１０４Ｅでは、電極１０９Ｅに電圧が印加されることで、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部とウェハＷとの間の大きな静電力、及び、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周部とウェハＷとの間の小さな静電力が同時に作用する。したがって、静電チャック１０４Ｅでも、電極１０９Ｅに電圧が印加されることで、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央

部に供給された伝熱媒体が、大きな静電力によってウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周部まで広がり、且つ、小さな静電力によってウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外方まで広がる。

なお、電極１０９Ｅの断面形状は、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部に向けて突出する形状であれば、三角形状でなくてもよい。

[0110] 図２２の静電チャック１０４Ｆにも、図２０の静電チャック１０４Ｄ等と同様、当該静電チャック１０４Ｅの中央部と外周部に跨るように単一の電極１０９Ｆが設けられている。ただし、静電チャック１０４Ｆでは、静電チャック１０４Ｆと異なり、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$が水平面で形成され、電極１０９Ｆの密度が静電チャック１０４Ｆの外周部より電極チャック１０４Ｆの中央部の方が高い。そのため、静電チャック１０４Ｆでは、電極１０９Ｆに電圧が印加されることで、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部とウェハＷとの間の大きな静電力、及び、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周部とウェハＷとの間の小さな静電力が同時に作用する。したがって、静電チャック１０４Ｆでも、電極１０９Ｆに電圧が印加されることで、ウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の中央部に供給された伝熱媒体が、大きな静電力によってウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外周部まで広がり、且つ、小さな静電力によってウェハ載置面１０４Ｂ$_1$の外方まで広がる。

なお、平面視での電極１０９Ｆの形状は、電極１０９Ｆの密度が静電チャック１０４Ｆの外周部より静電チャック１０４Ｆの中央部より高ければ、図２２の形状に限られない。

[0111] 静電チャックの中央部と外周部に跨るように単一の電極が設けられ、ウェハ載置面が水平面で形成される場合、静電チャックにおける誘電率が面内で異なり、静電チャックの中央部において外周部より誘電体率が高くなっていてもよい。この静電チャックでも、電極に電圧が印加されることで、ウェハ載置面の中央部とウェハＷとの間の大きな静電力、及び、ウェハ載置面の外周部とウェハＷとの間の小さな静電力が同時に作用する。

[0112] 静電チャックにおける誘電率を面内で異ならせる方法としては、例えば、

静電チャックの中央部と外周部とで構成材料としての誘電体材料に異種材料を用いる方法、及び、静電チャックの構成材料中の誘電体材料の濃度を、静電チャックの面内で異ならせる方法がある。

[0113] ＜ウェハ載置面１０４$_1$上の伝熱層Ｄの例＞

図２３は、ウェハ載置面１０４$_1$上の伝熱層Ｄの一例を示す図である。なお、図２３において、流路１０８の図示は省略されている。

伝熱層Ｄは、例えば、ウェハ載置面１０４$_1$の中央領域と周縁領域を含む、ウェハ載置面１０４$_1$の全体に形成されるが、ウェハ載置面１０４$_1$における一部の領域にのみ伝熱層Ｄが形成されてもよい。例えば、ウェハＷの周縁部を、積極的に吸熱または加熱する必要がある場合に、図１６に示すように、ウェハＷの周縁部と対向するウェハ載置面１０４$_1$の周縁領域にのみ、伝熱層Ｄが形成されてもよい。また、例えば、ウェハＷの中央部を、積極的に吸熱または加熱する必要がある場合に、ウェハＷの中央部と対向するウェハ載置面１０４$_1$の中央領域にのみ、伝熱層Ｄが形成されてもよい。

[0114] ウェハ載置面１０４$_1$における一部にのみ伝熱層Ｄを形成する方法は例えば以下の通りである。すなわち、伝熱層Ｄの原料がガスの場合、ウェハ載置面１０４$_1$が親油性を示す部分と撥油性を示す部分との両方を有するようにすることで、親油性を示す部分と撥油性を示す部分のいずれか一方にのみ、伝熱層Ｄを形成することができる。

親油性を示す部分と撥油性を示す部分の両方を有するウェハ載置面１０４$_1$を形成する方法は例えば以下の通りである。すなわち、例えば、ウェハ載置面１０４$_1$の一部に親油処理を施し、他の部分に撥油処理を施す方法である。親油処理は、例えば炭化水素基を持つ物質でコーティングする処理またはナノオーダーの所定の形状を表面に形成する処理である。また、撥油処理は、シリコン樹脂やフッ素系材料、親水性無機物等でコーティングする処理である。

[0115] また、伝熱層Ｄの原料が、液体の媒体等により構成される前述の伝熱媒体の場合、例えば、ウェハ載置面１０４$_1$における、周縁領域等の一部の領域に

のみ、溝を形成しておくことで、当該一部の領域に対してのみ伝熱層Ｄを形成することができる。

[0116] 上述のようにウェハ載置面１０４$_1$における一部の領域にのみ伝熱層Ｄが形成される場合、図２３に示すように、ウェハ載置面１０４$_1$における伝熱層Ｄが形成されない部分とウェハＷとの間の部分にＨｅガス等の伝熱ガスを供給する供給路１９０が、ウェハ支持台１０１に設けられていてもよい。これにより、ウェハ支持台１０１によるウェハＷの温調能力をウェハ載置面１０４$_1$内で異ならせること、すなわち、ウェハ支持台１０１によるウェハＷの温調能力に分布を持たせることができる。

[0117] ウェハＷの温調能力に分布を持たせる方法はこれに限られない。例えば、伝熱層Ｄの原料が、液体の媒体等により構成される前述の伝熱媒体の場合に、領域毎に溝を形成しておき且つ領域毎に熱伝導率が異なる伝熱媒体を供給することで、ウェハ支持台１０１によるウェハＷの温調能力に分布を持たせることができる。

[0118] また、伝熱層Ｄが厚い部分と薄い部分とをウェハ載置面１０４$_1$に設けることで、ウェハ支持台１０１によるウェハＷの温調能力に分布を持たせてもよい。

[0119] さらに、ウェハ載置面１０４$_1$に表面積が広い部分と狭い部分とを設けておき、ウェハ載置面１０４$_1$全体に伝熱層Ｄを形成させることで、ウェハ支持台１０１によるウェハＷの温調能力（具体的にはウェハ載置面１０４$_1$及び伝熱層Ｄを介したウェハＷの温調能力）に分布を持たせることができる。なお、例えば、ウェハ載置面１０４$_1$に粗面化処理を施すことで、当該ウェハ載置面１０４$_1$に表面積が広い部分と狭い部分の両方を形成することができる。

[0120]（その他の変形例）

以上の例では、ウェハ支持台１０１及び変形自在な伝熱層Ｄを介して温度を調整する対象が、ウェハＷであったが、これに代えて、または、これに加えて、エッジリングＥを上記対象としてもよい。すなわち、本開示において、温度調整対象であるワークピースは、ウェハＷ及びエッジリングＥのうち

の少なくともいずれか一方である。

また、上述した、各部分に形成された伝熱層を除去する形態は組み合わせてもよい。例えば、ウェハ載置面以外に形成された伝熱層を除去する場合に、処理チャンバ１００内を減圧する形態、プラズマを用いる形態、及び、光を照射する形態のうちの２つ以上を組み合わせてもよい。

[0121] 以上の例では、ウェハWが載置される静電チャック１０４の中央部は、ウェハWの直径よりも小径に形成されているが、ウェハWの直径よりも大径に形成してもよい。また、以上の例では、静電チャック１０４は、ウェハWの直径よりも小径の中央部が、周縁部の上面に比べて高く形成されているが、同じ高さであってもよい。図２４は、静電チャック１０４の中央部を、ウェハWの直径よりも大径に形成した一例を示す図である。なお、図２４に示した例では、静電チャック１０４のウェハWの直径よりも大径の中央部と周縁部が同じ高さに形成されているが、図１のように周縁部の上面に比べて上記中央部の上面を高く形成してもよい。

[0122] 図２４に示す例では、静電チャック１０４の中央部（すなわち、ウェハ載置面104_1）が、ウェハWの直径よりも大径に形成されている。このため、ウェハWの周縁部が静電チャック１０４の中央部から張り出さず、伝熱層Ｄを介してウェハ載置面104_1に載置される。したがって、ウェハWの温度均一性を向上させることができる。また、ウェハWが載置されていないウェハ載置面104_1の端部領域にも伝熱層Ｄが形成されているため、ウェハWが載置されていない端部領域においても静電チャック１０４が処理空間１００ｓに露出しない。よって、ウェハWが載置されていないウェハ載置面104_1の端部領域において、静電チャック１０４をプラズマから保護することができる。

[0123] また、図２５に示すように、ウェハWが載置されウェハWとの間に伝熱層Ｄが形成されたトレイＴが、ウェハ載置面104_1に載置されてもよい。

本例では、制御部２００の制御の下、トレイＴが、リフタ１０７を介して、ウェハ支持台１０１のウェハ載置面104_1に載置されることにより、ウェ

ハ載置面１０４$_1$にトレイＴを介して伝熱層Ｄが形成される。したがって、本実施形態では、制御部２００及びリフタ１０７を含むウェハＷ（が載置されたトレイＴ）の昇降機構が、ウェハ載置面１０４$_1$上に伝熱層Ｄを形成する伝熱層形成部の一部として機能し得る。

[0124] トレイＴは、静電吸着により静電チャック１０４に保持されている。トレイＴの中央部には、伝熱層Ｄが形成され、伝熱層Ｄを介してウェハＷが載置される。また、トレイＴの周縁部には、エッジリングＥが載置され、トレイの搬入・搬出により、ウェハＷのみならずエッジリングＥの交換が可能となっている。なお、エッジリングＥとトレイＴとの間にも、伝熱層Ｄを形成してもよい。

[0125] 図２５に示す例では、ウェハＷの周縁部も伝熱層Ｄを介してトレイＴに載置される。したがって、ウェハＷの温度均一性を向上させることができる。また、ウェハＷ及びエッジリングＥが載置されないトレイＴの上面にも伝熱層Ｄが形成されている。よって、ウェハＷまたはエッジリングＥが載置されていない領域においてもトレイＴの上面が処理空間１００ｓに露出せず、トレイＴをプラズマから保護することができる。

[0126] なお、トレイＴと静電チャック１０４との間にも伝熱層Ｄを形成してもよい。また、トレイＴにはウェハＷのみを載置し、エッジリングＥは静電チャック１０４に載置させてもよい。この場合、静電チャック１０４の周縁部のエッジリングＥの載置面は、図２４のように静電チャック１０４の中央部（トレイＴの載置面）と同じ高さに形成してもよいし、図１のように中央部（トレイＴの載置面）よりも低く形成してもよい。

[0127] 以上の例では、プラズマ処理として、プラズマエッチングを行うものとしていたが、本開示の技術は、プラズマ処理としてエッチング以外の処理（例えば成膜処理）を行う場合にも適用することができる。

[0128] 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。

[0129] 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。

[0130] 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）プラズマ処理装置であって、

減圧可能に構成された処理容器と、

前記処理容器内に設けられ、ワークピースを支持する支持部と、

前記ワークピースが載置される前記支持部の載置面上に、液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方により構成され変形自在な、前記ワークピースに対する伝熱層を形成する伝熱層形成部と、

前記処理容器内の処理空間から排気する排気ラインと、

前記排気ラインを迂回するバイパスラインと、を備え、

前記バイパスラインは、前記処理空間からの排気に含まれる、ガス状の前記伝熱層を回収するトラップが介設されている、プラズマ処理装置。

（２）前記伝熱層形成部は、前記処理容器内の処理空間に前記伝熱層の原料となる原料ガスを供給し、

前記トラップに回収される前記ガス状の前記伝熱層は、前記原料ガスである、前記（１）に記載のプラズマ処理装置。

（３）前記トラップは、前記ガス状の前記伝熱層として、前記載置面に形成された前記伝熱層の気化物も回収する、前記（２）に記載のプラズマ処理装置。

（４）前記トラップに回収された前記伝熱層の前記原料ガスを、前記伝熱層形成部に戻す戻りラインをさらに備える、前記（２）または（３）に記載の

プラズマ処理装置。

（５）前記載置面は、親油性を示す部分と撥油性を示す部分とを有し、いずれか一方にのみ、前記伝熱層が形成される、前記（２）～（４）のいずれか１に記載のプラズマ処理装置。

（６）前記支持部は、前記載置面における前記伝熱層が形成されない部分と前記ワークピースとの間に伝熱ガスを供給する供給路を有する、前記（５）に記載のプラズマ処理装置。

（７）前記載置面は、表面積が広い部分と狭い部分とを有する、前記（１）～（６）のいずれか１に記載のプラズマ処理装置。

（８）前記載置面は、粗面加工が施されている、前記（１）～（７）のいずれか１に記載のプラズマ処理装置。

（９）前記処理容器内の前記処理空間に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、

制御部と、をさらに備え、

前記制御部は、前記処理空間の前記排気ラインを介した排気が行われずに前記処理空間の前記バイパスラインを介した排気が行われている状態で、前記処理空間に前記原料ガス及び前記不活性ガスの両方を供給させ前記伝熱層を形成させる工程を実行する、前記（２）～（６）のいずれか１に記載のプラズマ処理装置。

（１０）制御部をさらに備え、

前記制御部は、

前記処理空間の前記排気ラインを介した排気を行われずに前記処理空間の前記バイパスラインを介した排気が行われている状態で、前記処理空間に前記原料ガスを供給させる工程と、

その後、前記バイパスラインを介した排気を含め前記処理空間からの排気が行われていない状態で、前記処理空間への前記原料ガスの供給を継続させ、前記伝熱層を形成させる工程と、を実行する、前記（２）～（６）のいずれか１に記載のプラズマ処理装置。

（１１）前記処理容器内の前記処理空間に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部をさらに備え、
前記伝熱層を形成させる工程は、前記処理空間に前記不活性ガスも供給させる、前記（１０）に記載のプラズマ処理装置。
（１２）前記処理容器内の前記処理空間に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、
制御部と、をさらに備え、
前記処理空間の前記排気ラインを介した排気が行われずに前記処理空間の前記バイパスラインを介した排気が行われた状態で、前記処理空間に前記原料ガスを供給させる工程と、
その後、前記処理空間の前記排気ラインを介した排気が行われずに前記処理空間の前記バイパスラインを介した排気が行われた状態で、前記処理空間に前記原料ガスではなく前記不活性ガスを供給させ、前記伝熱層を形成させる工程と、を実行する、前記（２）～（６）のいずれか１に記載のプラズマ処理装置。
（１３）前記排気ラインには、第１排気ポンプ及び第２排気ポンプが上流側からこの順で介設され、
前記バイパスラインの下流側端は、前記排気ラインにおける前記第１排気ポンプと前記第２排気ポンプとの間に接続されている、前記（１）～（１２）のいずれか１に記載のプラズマ処理装置。
（１４）前記バイパスラインにおける前記トラップの下流側に、圧力調整弁が接続されている、前記（１３）に記載のプラズマ処理装置。
（１５）前記バイパスラインにおける前記トラップの上流側及び前記圧力調整弁の下流側に開閉弁が設けられ、
前記排気ラインにおける前記バイパスラインの下流側端が接続された部分と前記第１排気ポンプとの間に開閉弁が設けられている、前記（１４）に記載のプラズマ処理装置。
（１６）基板に対しプラズマ処理を行う処理方法であって、

（Ａ）減圧可能に構成された処理容器内の支持部の載置面上に、液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方により構成され変形自在な、ワークピースに対する伝熱層を形成する工程と、

（Ｂ）前記支持部の前記載置面上に形成された前記伝熱層上に基板を載置する工程と、

（Ｃ）前記基板に対しプラズマ処理を行う工程と、

（Ｄ）前記基板を、前記伝熱層から離間させ、前記載置面上に形成された前記伝熱層を除去する工程と、

（Ｅ）前記処理容器内の処理空間を排気する排気ラインを迂回するバイパスラインに設けられたトラップで、前記処理空間からの排気に含まれるガス状の前記伝熱層を回収する工程と、を含む、処理方法。

（１７）前記（Ａ）工程の前に、

前記排気ラインに設けられたバルブを閉じる工程と、

前記バイパスラインに設けられたバルブを開き、前記バイパスラインから前記処理容器内の前記処理空間を排気する工程と、

前記処理空間に前記伝熱層の原料となる原料ガスを供給する工程と、をさらに含む、前記（１６）に記載の処理方法。

（１８）前記（Ｂ）工程と前記（Ｃ）工程との間に、

前記バイパスラインに設けられたバルブを閉じる工程と、

前記排気ラインに設けられたバルブを開き、前記排気ラインから前記処理容器内の前記処理空間を排気する工程と、をさらに含む、前記（１６）または（１７）に記載の処理方法。

（１９）前記（Ａ）工程は、前記処理容器内の圧力を上昇させる工程または前記載置面の温度を下降させる工程を含む、前記（１６）～（１８）のいずれか１に記載の処理方法。

符号の説明

[0131] １　プラズマ処理装置

１００　プラズマ処理チャンバ

１００ｓ　プラズマ処理空間

１０１　ウェハ支持台

１３０　ガス供給部

１６０　排気ライン

１７０　バイパスライン

１７１　トラップ

104_1　ウェハ載置面

104_2　静電チャックの周縁部の上面

Ｄ　伝熱層

Ｅ　エッジリング

Ｗ　ウェハ

請求の範囲

[請求項1] プラズマ処理装置であって、
減圧可能に構成された処理容器と、
前記処理容器内に設けられ、ワークピースを支持する支持部と、
前記ワークピースが載置される前記支持部の載置面上に、液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方により構成され変形自在な、前記ワークピースに対する伝熱層を形成する伝熱層形成部と、
前記処理容器内の処理空間から排気する排気ラインと、
前記排気ラインを迂回するバイパスラインと、を備え、
前記バイパスラインは、前記処理空間からの排気に含まれる、ガス状の前記伝熱層を回収するトラップが介設されている、プラズマ処理装置。

[請求項2] 前記伝熱層形成部は、前記処理容器内の処理空間に前記伝熱層の原料となる原料ガスを供給し、
前記トラップに回収される前記ガス状の前記伝熱層は、前記原料ガスである、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項3] 前記トラップは、前記ガス状の前記伝熱層として、前記載置面に形成された前記伝熱層の気化物も回収する、請求項２に記載のプラズマ処理装置。

[請求項4] 前記トラップに回収された前記伝熱層の前記原料ガスを、前記伝熱層形成部に戻す戻りラインをさらに備える、請求項２に記載のプラズマ処理装置。

[請求項5] 前記載置面は、親油性を示す部分と撥油性を示す部分とを有し、いずれか一方にのみ、前記伝熱層が形成される、請求項２に記載のプラズマ処理装置。

[請求項6] 前記支持部は、前記載置面における前記伝熱層が形成されない部分と前記ワークピースとの間に伝熱ガスを供給する供給路を有する、請求項５に記載のプラズマ処理装置。

[請求項7] 前記載置面は、表面積が広い部分と狭い部分とを有する、請求項１に記載のプラズマ処理装置。

[請求項8] 前記載置面は、粗面加工が施されている、請求項１～７のいずれか１項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記処理容器内の前記処理空間に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、

制御部と、をさらに備え、

前記制御部は、前記処理空間の前記排気ラインを介した排気が行われずに前記処理空間の前記バイパスラインを介した排気が行われている状態で、前記処理空間に前記原料ガス及び前記不活性ガスの両方を供給させ前記伝熱層を形成させる工程を実行する、請求項２～６のいずれか１項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項10] 制御部をさらに備え、

前記制御部は、

前記処理空間の前記排気ラインを介した排気を行われずに前記処理空間の前記バイパスラインを介した排気が行われている状態で、前記処理空間に前記原料ガスを供給させる工程と、

その後、前記バイパスラインを介した排気を含め前記処理空間からの排気が行われていない状態で、前記処理空間への前記原料ガスの供給を継続させ、前記伝熱層を形成させる工程と、を実行する、請求項２～６のいずれか１項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項11] 前記処理容器内の前記処理空間に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部をさらに備え、

前記伝熱層を形成させる工程は、前記処理空間に前記不活性ガスも供給させる、請求項１０に記載のプラズマ処理装置。

[請求項12] 前記処理容器内の前記処理空間に不活性ガスを供給する不活性ガス供給部と、

制御部と、をさらに備え、

前記処理空間の前記排気ラインを介した排気が行われずに前記処理空間の前記バイパスラインを介した排気が行われた状態で、前記処理空間に前記原料ガスを供給させる工程と、

その後、前記処理空間の前記排気ラインを介した排気が行われずに前記処理空間の前記バイパスラインを介した排気が行われた状態で、前記処理空間に前記原料ガスではなく前記不活性ガスを供給させ、前記伝熱層を形成させる工程と、を実行する、請求項２～６のいずれか１項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項13] 前記排気ラインには、第１排気ポンプ及び第２排気ポンプが上流側からこの順で介設され、

前記バイパスラインの下流側端は、前記排気ラインにおける前記第１排気ポンプと前記第２排気ポンプとの間に接続されている、請求項１～７のいずれか１項に記載のプラズマ処理装置。

[請求項14] 前記バイパスラインにおける前記トラップの下流側に、圧力調整弁が接続されている、請求項１３に記載のプラズマ処理装置。

[請求項15] 前記バイパスラインにおける前記トラップの上流側及び前記圧力調整弁の下流側に開閉弁が設けられ、

前記排気ラインにおける前記バイパスラインの下流側端が接続された部分と前記第１排気ポンプとの間に開閉弁が設けられている、請求項１４に記載のプラズマ処理装置。

[請求項16] 基板に対しプラズマ処理を行う処理方法であって、

（Ａ）減圧可能に構成された処理容器内の支持部の載置面上に、液体の層または固体の層の少なくともいずれか一方により構成され変形自在な、ワークピースに対する伝熱層を形成する工程と、

（Ｂ）前記支持部の前記載置面上に形成された前記伝熱層上に基板を載置する工程と、

（Ｃ）前記基板に対しプラズマ処理を行う工程と、

（Ｄ）前記基板を、前記伝熱層から離間させ、前記載置面上に形成さ

れた前記伝熱層を除去する工程と、

（Ｅ）前記処理容器内の処理空間を排気する排気ラインを迂回するバイパスラインに設けられたトラップで、前記処理空間からの排気に含まれるガス状の前記伝熱層を回収する工程と、を含む、処理方法。

[請求項17] 前記（Ａ）工程の前に、

前記排気ラインに設けられたバルブを閉じる工程と、

前記バイパスラインに設けられたバルブを開き、前記バイパスラインから前記処理容器内の処理空間を排気する工程と、

前記処理空間に前記伝熱層の原料となる原料ガスを供給する工程と、をさらに含む、請求項１６に記載の処理方法。

[請求項18] 前記（Ｂ）工程と前記（Ｃ）工程との間に、

前記バイパスラインに設けられたバルブを閉じる工程と、

前記排気ラインに設けられたバルブを開き、前記排気ラインから前記処理容器内の前記処理空間を排気する工程と、をさらに含む、請求項１７に記載の処理方法。

[請求項19] 前記（Ａ）工程は、前記処理容器内の圧力を上昇させる工程または前記載置面の温度を下降させる工程を含む、請求項１６に記載の処理方法。