

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6877133号  
(P6877133)

(45) 発行日 令和3年5月26日(2021.5.26)

(24) 登録日 令和3年4月30日(2021.4.30)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 21/3065 (2006.01)

H01L 21/302 101R

H01L 21/683 (2006.01)

H01L 21/302 101G

H05H 1/46 (2006.01)

H01L 21/302 101D

H01L 21/68 R

H05H 1/46 C

請求項の数 16 (全 34 頁)

(21) 出願番号

特願2016-241887 (P2016-241887)

(22) 出願日

平成28年12月14日(2016.12.14)

(65) 公開番号

特開2017-183700 (P2017-183700A)

(43) 公開日

平成29年10月5日(2017.10.5)

審査請求日 令和1年12月13日(2019.12.13)

(31) 優先権主張番号 特願2016-62978 (P2016-62978)

(32) 優先日 平成28年3月28日(2016.3.28)

(33) 優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

(73) 特許権者 501387839

株式会社日立ハイテク

東京都港区虎ノ門一丁目17番1号

(74) 代理人 100098660

弁理士 戸田 裕二

(72) 発明者 丹藤 匠

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内

(72) 発明者 横川 賢悦

東京都港区西新橋一丁目24番14号 株式会社 日立ハイテクノロジーズ内

審査官 鈴木 聰一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置およびプラズマ処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

真空容器内部に配置され内側でプラズマが形成される処理室と、この処理室内に配置され上面に前記プラズマを用いて処理されるウエハが配置される試料台と、この試料台の内部に配置され当該試料台の温度を調節するための温度調節器と、前記試料台の前記上面を構成する誘電体製の膜と、当該誘電体製の膜の上記上面の中央部の下方の内側に配置され外周縁が円形状を有した少なくとも1つの膜状の電極と、前記上面の外周側の領域に配置され当該上面の中央側の領域をリング状に囲んで配置された凸部であって当該リング形状の直径が前記ウエハの直径より小さい凸部と、前記上面の中央側の領域に配置され前記ウエハが載せられた状態で当該ウエハとの間の隙間にガスを導入するための導入口と、前記電極と電気的に接続され前記ウエハを吸着する静電気力を形成する電力を供給する電源と、前記電源からの電力と前記導入口からのガスの量とを調節して前記ウエハの処理中に当該ウエハを前記誘電体製の膜の前記凸部上面の上方で非接触に保持する制御器とを備えたプラズマ処理装置。

【請求項2】

請求項1に記載のプラズマ処理装置であって、  
前記ウエハの処理を実施する前または実施した後に前記ウエハが非接触に保持された状態で前記ウエハの温度を変更する工程を実施するプラズマ処理装置。

【請求項3】

請求項1に記載のプラズマ処理装置であって、

10

20

前記異なる極性が付与される少なくとも 2 つの前記膜状の電極を備えたプラズマ処理装置。

**【請求項 4】**

請求項 1 乃至 3 の何れかに記載のプラズマ処理装置であって、

前記誘電体製の膜の外周側にリング状に配置され前記ウエハが当該誘電体製の膜上に配置された状態でこのウエハを囲む誘電体製のリングと、このリング内で前記ウエハの外周を囲む位置に配置され前記ウエハの外周縁と同じ極性が付与されるリング状の電極とを備えたプラズマ処理装置。

**【請求項 5】**

請求項 1 乃至 4 の何れかに記載のプラズマ処理装置であって、

前記ウエハを回転させつつ当該ウエハを非接触に保持するプラズマ処理装置。

**【請求項 6】**

請求項 5 に記載のプラズマ処理装置であって、

前記凸部の上面に前記誘電体製の膜の上面の周方向について円弧状に配置され内側を前記ガスが流れる溝を備えたプラズマ処理装置。

**【請求項 7】**

真空容器内部の処理室内に配置され内側に温度調節器を備えた試料台上に処理対象のウエハを配置し、前記処理室内にプラズマを形成して前記ウエハを処理するプラズマ処理方法であって、

10

前記ウエハが前記試料台上に配置された状態で、この試料台の上面を構成する誘電体製の膜の中央側の領域をリング状に囲んで配置された凸部であって当該リング形状の直径が前記ウエハの直径より小さい凸部の内側の前記中央側の領域でウエハとの間の隙間にガスを導入すると共に、前記上面の中心を含む領域の下方の前記誘電体製の膜の内部に配置された少なくとも 1 つの膜状の電極に電力を供給して前記ウエハを吸着する静電気力を形成して、前記供給される電力と前記導入されるガスの量とを調節して前記ウエハの処理中に当該ウエハを前記誘電体製の膜の前記凸部上面の上方で非接触に保持しつつ前記試料台の温度を所定の範囲内の値に調節するプラズマ処理方法。

**【請求項 8】**

請求項 7 に記載のプラズマ処理方法であって、

20

前記ウエハの処理を実施する前または実施した後に前記ウエハを非接触に保持した状態で前記ウエハの温度を変更する工程を実施するプラズマ処理方法。

**【請求項 9】**

請求項 7 に記載のプラズマ処理方法であって、

前記少なくとも 1 つの膜状の電極は異なる極性が付与される少なくとも 2 つの電極を含むプラズマ処理方法。

**【請求項 10】**

請求項 9 に記載のプラズマ処理方法であって、

前記 plasma を用いた前記ウエハの処理中に前記 2 つの電極に同じ極性が付与され前記 plasma が形成されていない状態で異なる極性が付与されるプラズマ処理方法。

40

**【請求項 11】**

請求項 9 に記載のプラズマ処理方法であって、

前記 plasma を用いた前記ウエハの処理中に前記複数の電極に同じ値の電圧が印加されるプラズマ処理方法。

**【請求項 12】**

請求項 7 乃至 11 の何れかに記載のプラズマ処理方法であって、

前記ウエハを回転させつつ当該ウエハを非接触に保持するプラズマ処理方法。

**【請求項 13】**

請求項 5 に記載のプラズマ処理装置であって、

前記誘電体製の膜上面の前記導入口の外周側に配置され前記ガスが排気される複数の第

50

1の排気口と、前記誘電体製の膜上面の前記第1の排気口の外周側であって前記載せられて回転する前記ウエハの外周縁より中心側であって当該ウエハのノッチ部の中央側端部より外周側に配置されて前記処理室内のガスが排気される第2の排気口と、当該第2の排気口に連通した排気経路に連通して配置され前記排気経路内の圧力の変化を検知する圧力検知器とを備え、

前記制御器が前記圧力検知器からの出力を用いて検出したウエハの回転数を用いて前記ガスの供給を調節するプラズマ処理装置

【請求項14】

請求項13に記載のプラズマ処理装置であって、

前記ウエハが前記誘電体製の膜上方で非接触に保持された状態で、前記処理室内の圧力が前記凸部の内側の前記誘電体製の膜と前記ウエハとの間の隙間の圧力より低く且つ前記凸部と前記ウエハとの隙間の圧力より高くされたプラズマ処理装置。

10

【請求項15】

請求項13または14に記載のプラズマ処理装置であって、

各々の前記複数の第1の排気口が前記試料台の中心から半径方向の所定の距離で当該中心回りに等しい角度の位置に配置されたプラズマ処理装置。

【請求項16】

請求項15に記載のプラズマ処理装置であって、

前記凸部上面に開口を有して前記中心回りにリング状に配置された溝部を備え、前記複数の第1の排気口が前記溝部内面に配置されたプラズマ処理装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に係り、特に試料台上の試料を非接触保持するのに好適なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの製造方法に対応し、ウエハを異なる処理温度で連続的に処理することが求められている。このような処理ではウエハとウエハを保持する静電チャックとの間の熱膨張差によって、ウエハ裏面と静電チャックとが擦れパーティクルが発生するという問題がある。このような課題を解決するための技術としては、例えば、特開2015-8249号公報（特許文献1）に開示のものが知られていた。特許文献1には、温度調節可能な静電チャックを第1の温度に制御した状態で処理室内にて被処理体のプラズマ処理を実行した後、静電チャックの温度を第1の温度よりも低い第2の温度に段階的に制御する降温制御工程と、プラズマ処理を実行した後、処理室内を不活性ガスによりバージするバージ工程と、を含む温度制御方法とすることで、パーティクルの発生を効果的に抑制する技術が開示され、降温制御中の熱膨張差が抑制されパーティクル発生が効果的に抑制され、また降温制御工程とバージ工程とを並行して行うことにより、発生したパーティクルを直ぐにチャンバーから外部へ排気し、パーティクル数を低減することが開示されている。

30

【0003】

特許文献1開示のものでは、ウエハの裏面で発生した異物の原因となる粒子がウエハの表面に巻き上ることを防止するために有効である。しかしながら、本従来技術はウエハの裏面で粒子が発生すること自体を防止することができないため、例えばウエハを処理室内部から外部に搬出する際にウエハ裏面に付着した粒子がウエハ搬送経路上に飛散して付着してしまい、別のウエハが搬送される際に当該別のウエハに付着して異物となって汚染してしまう虞がある。

40

【0004】

さらに、このような従来技術は試料台のウエハ載置面を構成する部材の表面がウエハと摺動して摩耗してしまうことによる部材の表面の形状とその伝熱特性が経時的に変化してしまうことを防止できないため、当該経時的变化による歩留まりの低下を抑制することは

50

できないという問題がある。この問題を解決するには、ウエハとこれが載せられる試料台のウエハ載置面を構成する部材とウエハ裏面との間で生じる熱膨張差による擦れや摺動をさらに抑制することが必要となる。

#### 【0005】

このための手段としては、(1)試料と試料台の載置面を構成する部材と同じ材料にすること、または(2)試料を試料台上面上方でこれとを接触させない状態で保持しつつ両者の間で熱を伝達させること等が考えられる。一方で、試料台上面を構成する部材の材料を試料、例えば半導体ウエハを構成する典型的な材料であるシリコンまたはその化合物にすることは、このような材料は従来技術において用いられてきたセラミクスと比較して耐プラズマ性が低いため、このような材料を用いた装置では却って短い時間で試料台載置面の保守を行なわなければならなくなり、長期間にわたり性能を発揮することはできず保守の作業の頻度や時間が増大して装置による全体的な処理の効率が低下してしまう。10

#### 【0006】

そこで、(2)のようにプラズマ処理装置内で静電チャックとウエハの非接触状態での伝熱を可能にする構成が望まれる。このようにウエハを非接触で保持する技術としては、例えば、特開平8-264626号公報(特許文献2)に記載のものが知られている。

#### 【0007】

特許文献2には、保持すべき試料と、当該試料に対向する試料保持面との間に流体を流すことによって生じるベルヌーイ効果を利用して当該試料を非接触保持する、試料保持面を備える試料保持装置において、試料保持面は、保持されている試料の外周縁と試料保持面との間に作用する張力の大きさが急激に変る、当該試料保持面上に形成される境界で囲まれる領域の大きさが、試料の大きさと、当該試料保持面に対する試料の位置ずれを抑制すべき方向で、ほぼ同一となる構成を有する試料保持装置が開示されている。20

#### 【0008】

また、流体を気体とした場合、ベルヌーイ効果を生じさせるために流す気体により、保持具の試料保持面が帯電し、その電気的影響によって試料を帯電させて、保持している試料の横方向の位置ずれを抑止するための抑制力を得ること、および保持具の試料保持面上に電極などを配置し、より積極的に、保持具及び試料を帯電させる構成とし、より安定した非接触保持を実現できることが開示されている。

#### 【先行技術文献】

30

#### 【特許文献】

#### 【0009】

【特許文献1】特開2015-8249号公報

【特許文献2】特開平8-264626号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0010】

しかしながら、上記従来技術は次の点についての考慮が不十分であったため問題が生じていた。

#### 【0011】

40

特許文献1は、前述のように、ウエハの裏面で粒子が発生すること自体を防止することができないため、別のウエハに付着して汚染してしまう虞がある。また、試料台のウエハ載置面を構成する部材の表面がウエハと摺動して摩耗してしまうことによる部材の表面の形状とその熱伝達性が経時に変化してしまうことを防止できないため、当該経時的变化による歩留まりの低下を抑制することはできないという問題がある。

#### 【0012】

また、特許文献2は、プラズマを用いて減圧下で試料を処理するプラズマ処理装置への適用において十分に配慮されておらず、効率的な処理が行えないという問題がある。すなわち、ウエハ裏面に供給される気体によるベルヌーイ効果を奏するためには、プラズマ処理に用いるガス量に比べ大量のガスを必要とし、減圧下でのプラズマ処理に影響を与えて

50

しまうという問題がある。

【0013】

例えば1Paのような減圧下におけるプラズマ処理では、処理ガス流量として300SCCMのガスが供給されプラズマ化される。このような処理条件下においては、ウエハ裏面からのウエハを浮上させるガスの流出量が多いと所定の減圧雰囲気を維持するために大容量の真空排気装置が必要になり、装置が大型化するという問題がある。また、ウエハ裏面から流出するガスはプラズマが生成される処理室内に拡散してしまい、処理ガスのプラズマ状態に影響を与え所定の処理結果が得られなくなるという問題がある。このため、上記従来技術では、半導体ウエハ等基板状の試料の処理の歩留まりが損なわれ、試料の真空処理の効率が低減してしまうという問題が生じる。

10

【0014】

本発明の目的は、処理の歩留まりを向上させ、処理の効率を向上させることのできるプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0015】

上記目的は、プラズマ処理装置内に被加工試料を設置するための試料台を有し、試料台の表面には導電体を絶縁体で被覆した静電吸着膜と、少なくとも3点以上設置された伝熱ガス供給用通路があり、伝熱ガス供給通路よりも外周側の試料台表面にはリング状の凸形状を有し、被加工試料の外周部には被加工試料の径方向移動範囲を制限する絶縁体が設置され、静電吸着力と伝熱ガスの供給圧力を制御することで、被加工試料裏面と試料台表面を非接触状態に保ちながら、被加工試料の温度を調節することにより達成される。

20

【0016】

さらに、プラズマ処理装置内に被加工試料を設置するための試料台を有し、試料台の表面には導電体を絶縁体で被覆した静電吸着膜と、少なくとも3点以上設置された伝熱ガス供給用通路があり、伝熱ガス供給通路よりも外周側の試料台表面にはリング状の凸形状を有し、被加工試料の外周部には被加工試料の径方向移動範囲を制限する絶縁体が設置され、静電吸着力と伝熱ガスの供給圧力を制御することで、被加工試料裏面と試料台表面を非接触状態に保ち、かつ被加工試料を回転させながら、プラズマ処理を行うことにより達成される。

【発明の効果】

30

【0017】

本発明によれば、静電チャックによる静電吸着力と伝熱ガスによる浮上力を釣り合わせることで、ウエハを試料台上面に非接触状態で固定できる。これにより、試料台を温度制御した際のウエハと試料台表面の擦れを防止し、摩耗による異物の発生および伝熱性能の経時変化を抑制できる。

【0018】

また、本発明の構成により、試料台表面は耐プラズマ性を有する絶縁体となるため、静電吸着用電極がプラズマに直接暴露されることが無くなり、静電吸着力の経時変化、および電極材料による処理室内の重金属汚染を防止することができる。また、試料台表面外周にリング状の凸形状を設置することで、ウエハ裏面側の伝熱ガス圧力を面内で均一化し、試料台表面の温度プロファイルをウエハに直接反映させることができる。

40

【0019】

更に、非接触固定状態において、ウエハ裏面と試料台表面の隙間内を流れる伝熱ガスを円周方向に流すことで、ウエハを回転させることも可能である。これにより、プラズマ処理中における周方向の加工均一性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の第1の実施例に係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2(a)は図1に示す装置の試料台の構成の概略を示す縦断面図であり、図2

50

( b ) は図 2 ( a ) を矢視 A から見た平面図である。

【図 3】図 1 に示す装置が実施する処理の動作の流れを示すタイムチャートである。

【図 4】図 1 に示す装置が実施する他の処理の動作の流れを示すタイムチャートである。

【図 5】図 1 に示す装置が実施する更に他の処理の動作の流れを示すタイムチャートである。

【図 6】図 6 ( a ) は図 3 および図 4 の処理に適用される試料台において形成される静電吸着力を模式的に示す縦断面図であり、図 6 ( b ) は図 5 の処理に適用される試料台において形成される静電吸着力を模式的に示す縦断面図である。

【図 7】図 2 の試料台の他の例の構成の概略を示す縦断面図である。

【図 8】図 8 ( a ) は本発明の第 2 の実施例に係るプラズマ処理装置の試料台の構成の概略を示す平面図であり、図 8 ( b ) は図 8 ( a ) を矢視 B - B から見た部分縦断面図である。  
10

【図 9】図 9 ( a ) は図 8 に示す試料台の他の例の構成の概略を示す平面図であり、図 9 ( b ) は、図 9 ( a ) を矢視 C - C から見た部分縦断面図である。

【図 10】本発明の第 3 の実施例に係るプラズマ処理装置の試料台の構成の概略を示す縦断面図である。

【図 11】図 11 ( a ) は図 10 の試料台の静電吸着層の構成の概略を示す縦断面図であり、図 11 ( b ) は図 11 ( a ) の他の例を示す縦断面図である。

【図 12】図 12 ( a ) は図 10 の試料台を矢視 D から見た左半分の省略の平面図であり、図 12 ( b ) は図 12 ( a ) の他の例を示す左半分の省略の平面図である。  
20

【図 13】図 13 ( a ) および図 13 ( b ) は図 10 の試料台によるウエハ W の回転を示す平面図であり、図 13 ( c ) はウエハ W の回転および回転に伴って検出される圧力の変化の例を模式的に示す図である。

【図 14】図 14 ( a ) は図 10 の試料台に対応し本発明の第 3 の実施例の比較例を示す試料台の構成の概略を示す縦断面図であり、図 12 ( b ) は図 12 ( a ) を矢視 E から見た平面図である。

【図 15】本発明の試料搬送機に係る実施例に係る試料保持器の構成の概略を模式的に示す側面図である。

【図 16】図 1 乃至 10 に示す実施例のウエハを非接触に保持する試料台と図 15 に示す実施例の試料搬送機との間でウエハを搬送する動作を模式的に示す図である。  
30

【図 17】図 15 に示す実施例に係るプラズマ処理装置を用いてウエハの表面および裏面にプラズマ処理を施す動作の概略を模式的に示す図である。

【図 18】図 15 乃至図 17 に説明した試料搬送機 104 および試料台 101 とを用いてウエハ W の表面および裏面の両面にプラズマを用いた処理を実施する例を模式的に示す図である。

#### 【発明を実施するための形態】

##### 【0021】

本発明は、真空処理室内で試料の温度を変更して試料を処理する場合に、静電チャックを有した試料台に試料を静電吸着保持させた後、試料台と試料裏面との間に圧力の高い伝熱ガスを供給して試料を浮上させ、伝熱ガスのガス圧により試料に作用する浮上力と静電チャックにより試料に作用する静電吸着力とをバランスさせるとともに、試料台と浮上した試料との隙間を伝熱ガスによる熱伝達可能な隙間に維持し試料を非接触保持して、試料を非接触保持したまま所定の温度に変更し、試料裏面外周からの伝熱ガスの流出を抑制して試料の処理への影響を防いで試料の処理を行えるようにしたものである。  
40

##### 【0022】

さらに、試料裏面における伝熱ガスの流れに円周方向の成分を持たせて試料を非接触回転保持し、試料の処理の均一性を向上させる。

##### 【0023】

また、試料裏面外周へ流出する僅かな伝熱ガスを真空処理室内に流出させることなく、試料台の外周部から排出し、減圧下での試料処理への影響を防止する。  
50

**【0024】**

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

**【実施例1】****【0025】**

本発明の第1の実施例を図1乃至図4を用いて説明する。

**【0026】**

図1は、本発明の実施例に係るプラズマ処理装置である有磁場マイクロ波プラズマ処理装置の概略構成を示す縦断面図である。

**【0027】**

本図において、プラズマ処理装置100は、内部にその内側が処理に適した所定の真空中に減圧される処理室33を有した真空容器20と、その上方及び側方の周囲に配置されて処理室33内にプラズマを形成するための電界または磁界を形成して供給するプラズマ形成ユニットと、真空容器20下方に配置され処理室33下部の排気口36を介して処理室33内と連通して配置されたターボ分子ポンプ38等の真空ポンプを含む排気ユニットとを含んで構成されている。真空容器20は、処理室33の外周を囲んで配置される円筒形を有した金属製の処理室壁31と、その円形の上端部の上に載せられて石英ガラス等のマイクロ波が透過できる誘電体でなる円板形状の蓋部材32とを備えている。

10

**【0028】**

蓋部材32の外周縁部下面と処理室壁31の上端部とは、これらの間にOリング等のシール部材が挟まれて処理室33の内外が気密に封止される。処理室33の内側下部には、処理対象の試料である半導体ウエハ等の基板（以下、ウエハW）が配置される円形上面を有した試料台101が配置される。処理室33の上部にはエッチング処理を行うための処理ガス35を処理室33内に導入するガス導入管34が接続されている。

20

**【0029】**

処理室33の試料台101下方の底面には排気口36が配置され、排気口36は排気用の管路によって圧力調節バルブ37を介して排気ユニットを構成する、この場合、ターボ分子ポンプ38に連通されている。

**【0030】**

圧力調節バルブ37により処理室33の排気の流量または速度が調節され、処理室33内の圧力が所定の範囲内の値に調節される。本実施例では、処理室33内の圧力は数Pa程度乃至数十Paの範囲内の所定の値に調節される。

30

**【0031】**

処理室33の上方には、プラズマ形成ユニットを構成する導波管41および導波管41端部に配置されるマグネットロン等のマイクロ波発振器39が備えられている。マイクロ波発振器39から発振されたマイクロ波40は、導波管41内を伝播して導波管41下端部の拡大導波管部で所定の電界のモードに変換され蓋部材32を透過して処理室33内に導入される。

**【0032】**

真空容器20の外周側および上方には真空容器20および導波管41の拡大導波管部を囲んで配置されたソレノイドコイル42が備えられており、処理室33内にコイル軸方向の磁界を形成する。処理室33内に導入された処理ガス35はマイクロ波40の電界とソレノイドコイル42による磁界との相互作用により励起されプラズマ43が生成される。

40

**【0033】**

試料台101には高周波電源21から出力される所定の周波数の高周波電力が供給され、試料台101上に配置されたウエハWにバイアス電位が発生し、該バイアス電位によってプラズマ43中の荷電粒子が誘引され、ウエハWエッチング処理が行われる。

**【0034】**

本実施例では、ウエハWの処理に適した所定のウエハ温度を実現するため、試料台101の温度を調節する構成を備えている。試料台101は円筒形を有した金属製の部材である電極ブロックを有し、その内部に冷媒が通流する冷媒流路11が配置されている。冷媒

50

流路 1 1 には真空容器 2 0 外部に配置され冷媒の温度を設定された範囲内の値に調節する機能を備えたチラー等の温調ユニット 2 6 が管路を介して接続され、冷媒の循環路を構成している。

#### 【 0 0 3 5 】

この構成において、冷媒流路 1 1 に供給される冷媒は、ウエハ W と熱的に接続された電極ブロックと熱交換し、電極ブロックまたはウエハ W の温度が所望の範囲内の値となるように調節される。

#### 【 0 0 3 6 】

エッティング処理が終点に到達したことが図示しない検出器によりプラズマ 4 3 の発光の分析等の公知の技術を用いて検出されると、高周波電源 2 1 からの高周波電力の供給および電界及び磁界の供給が停止されてプラズマ 4 3 が消火されエッティング処理が停止される。その後、ウエハ W は処理室 3 3 から搬出され処理室 3 3 内にガスが供給されて処理室 3 3 内の部材表面に付着した物質を取り除くためのプラズマが形成されて、処理室 3 3 を洗浄する工程が実施される。

#### 【 0 0 3 7 】

図 2 は、図 1 に示す実施例に係るプラズマ処理装置が備える試料台の構成の概略を示した図である。図 2 ( a ) は、試料台 1 0 1 の縦断面図、図 2 ( b ) は、図 2 ( a ) を矢視 A から見た試料台 1 0 1 のウエハ載置面を示した平面図である。

#### 【 0 0 3 8 】

本図において、試料台 1 0 1 は、円板または円筒形を有した部材である金属製の電極ブロック 2 0 2 と、その上面を覆って配置されこれと接合された静電チャックを構成する静電吸着層 2 0 3 とを備えている。電極ブロック 2 0 2 は、上部外周に一段低くなったリング状の段差部が形成され、ウエハ W より若干大きい円形平坦な中高凸部を有し、その下部内部に所定範囲内に温度調節された熱交換媒体（以下、冷媒）が通流する冷媒流路 1 1 が配置されている。

#### 【 0 0 3 9 】

なお、本図には記載されていないが、試料台 1 0 1 において、電極ブロック 2 0 2 の上部外周縁の段差部に石英やアルミナやイットリア等のセラミックス製のカバーリングが当該段差部の上面または側面を覆って配置されている。このカバーリングは、処理室 3 3 内に形成される電極ブロック 2 0 2 がプラズマ 4 3 との相互作用により削られたり、電極ブロック 2 0 2 に生成物が付着したりすることを抑制する。

#### 【 0 0 4 0 】

電極ブロック 2 0 2 の中高凸部には静電吸着層（静電チャック）2 0 3 を備え、静電吸着層 2 0 3 は、導電体製の膜状の部材である内部電極 2 0 3 - 1 と、その内部電極 2 0 3 - 1 の全体を覆う膜状の絶縁体 2 0 3 - 2 とを有している。内部電極 2 0 3 - 1 の材料としてはタンゲステンが使用され、絶縁体 2 0 3 - 2 の材料としては耐プラズマ性を有するアルミナセラミックスやイットリア等のセラミックスが使用されている。

#### 【 0 0 4 1 】

静電吸着層 2 0 3 内に配置された内部電極 2 0 3 - 1 には、試料台 1 0 1 外部に配置されこれと電気的に接続された直流電源 2 0 7 から電力が供給される。当該電力により形成された電圧によってウエハ W との間の絶縁体 2 0 3 - 2 内に分極した電荷が生起され、これにより静電吸着層 2 0 3 とウエハ W との間に静電気力が発生して、静電吸着層 2 0 3 上面にウエハ W を吸着する力が作用する。

#### 【 0 0 4 2 】

内部電極 2 0 3 - 1 の外径はウエハ W の外径と同値またはこれと見做せる程度に近似した値にされている。内部電極 2 0 3 - 1 は、複数の膜状の電極、この場合、図 2 ( b ) の破線で示す内外 2 つの電極で構成されて、静電吸着層 2 0 3 のウエハ載置面の内側である中央部の領域に配置され前記電圧により 1 つの極性が付与される円形を有した膜状の内側内部電極 2 0 3 - 1 a と、内側内部電極 2 0 3 - 1 a を囲み内側内部電極 2 0 3 - 1 a と絶縁されたリング状で膜状の電極であって内側内部電極 2 0 3 - 1 a とは異なる極性が付

10

20

30

40

50

与される外側内部電極 203 - 1 b とを含んでいる。

**【0043】**

すなわち、内部電極 203 - 1 は所謂双極型の静電吸着用の電極を構成して、内外の電極に異なる極性が付与される。これにより、当該内部電極 203 - 1 の表面においてウエハW内の半径方向に異なる極性の電荷が分極した状態で形成され、処理室 33 内にプラズマ 43 が形成されていない状態でもウエハWを静電吸着層 203 上方で吸着または支持する静電気力を形成可能に構成されている。

**【0044】**

なお、内部電極 203 - 1 の平面形状は図 2 (b) に示す円形及びリング形に限定されるものではなく、異なる極性を付与される電極が相互に隣接する形状であって、櫛歯形のものや半円形を含む複数の扇形状等他の形状であっても良い。さらに、内外の内部電極 203 - 1 a および 203 - 1 b を半径方向に、または周方向に複数分割されても良い。

10

**【0045】**

また、静電吸着層 203 は、電極ブロック 202 上面を覆って絶縁体 203 - 2 および内部電極 203 - 1 の層をプラズマ溶射法等によって形成されても良く、或いは内部電極 203 - 1 を構成する金属製の膜を内部に包含した状態のセラミクス等の材料を膜状に形成した後にこれを焼結して板状に成形して形成された焼結板によるものであっても良い。前者の場合には粒子が吹き付けられて膜状に堆積する工程により、後者の場合には焼結板と電極ブロック 202 上面またはその上に配置された部材との間に配置された接着剤により、電極ブロック 202 と静電吸着層 203 とが接合されて一体の部材として試料台 101 が構成される。

20

**【0046】**

さらに、静電吸着層 203 上面には、ウエハWの外周部に対応し試料台 101 と同心に配置されウエハWの外径より僅かに小さく設定された外径 d1 のリング状の少なくとも 1 つの凸部でなるシール部 210 が設けられている。シール部 210 の外径 d1 をウエハW 径より小さくする、言い換えるとウエハWの内側に位置させることにより、シール部 210 上面をプラズマから保護できる。シール部 210 の高さは、静電吸着層 203 上面から僅かに高い、例えば、数  $\mu\text{m}$  から数十  $\mu\text{m}$  程度の高さを有する。これにより、静電吸着層 203 上にウエハWを静電吸着した際に、シール部 210 の内側の静電吸着層 203 とウエハW裏面との間、特にシール部 210 に近い部分の間では隙間が形成され易くなる。また、シール部 210 内側の静電吸着層 201 上面にシール部 210 と同一高さの部分凸部を複数箇所設けることにより、シール部 210 内側全体に隙間を形成することができる。

30

**【0047】**

シール部 210 が囲む内側の静電吸着層 203 の上面には、静電吸着層 203 及び電極ブロック 202 を貫通して試料台 101 に配置される 3 つ以上の伝熱ガス供給通路 204 の開口および 3 本のリフトピン 208 の開口がそれぞれの半径で円周上に配置されている。

**【0048】**

静電吸着層 203 の上面にウエハWを静電吸着した状態で、ウエハWの裏面と静電吸着層 203 との間の隙間に He 等の熱伝達性を有する伝熱ガス 205 が伝熱ガス供給通路 204 を介して供給される。

40

**【0049】**

伝熱ガス 205 がウエハWの裏面と静電吸着層 203 との間に供給されて存在することにより、所定の真空度にされる処理室 33 の内側であっても、ウエハWと試料台 101、電極ブロック 202 またはその内部の冷媒流路 11 内を流れる冷媒との間の熱伝達が促進され、ウエハWの温度を所望の範囲内の値に実現することが容易になる。伝熱ガス 205 を隙間に供給する流量または速度は、伝熱ガスの流量を検知する流量計(図示省略)からの出力を用いて伝熱ガス供給通路 204 上に配置された流量制御弁 206 の動作によって調節される。

**【0050】**

50

さらに、本実施例では、電極ブロック202中央側に配置され試料台101を貫通する3つの貫通孔内にそれぞれリフトピン208が収納されている。試料台101の下部において、リフトピン208が配置される貫通孔の開口は、上下方向に伸縮するベローズを含むフレキシブル配管211により囲まれ、当該箇所に配置されたOリング等のシール部材によりフレキシブル配管211および貫通孔内が気密に封止されている。なお、図1に示す試料台101下部の空間、すなわち、図2の試料台101の下部は、処理室33の雰囲気とは隔離され大気圧またはこれと見做せる程度に同等の圧力の雰囲気になっている。

#### 【0051】

伝熱ガス205は、伝熱ガス供給通路204の上側開口から静電吸着層203上方に、流量制御弁206の動作によりその流量または速度が調節されつつ供給されるとともに、フレキシブル配管211に連結され連通された排気用管路から、リフトピン208が内蔵された貫通孔を通して排出される。伝熱ガス205の排出の流量または速度は、排気用配管上に配置された排気制御弁212の動作によって調節され、静電吸着層203上方への伝熱ガス205の供給の調節と共に、排気制御弁212を「閉（または閉塞）」状態とすることにより、ウエハWと静電吸着層203との間の隙間に内の圧力を増大させ、排気制御弁212を「開（または全開）」の状態にすることで、圧力を低減させる。

10

#### 【0052】

上述のように構成したプラズマ処理装置では、真空容器20に連結された図示しない真空搬送容器の搬送用ロボットおよびリフトピン208によって試料台101の上面にウエハWが載せられる。試料台101の上面に載置されたウエハWは静電吸着層203上に静電吸着させられる。

20

#### 【0053】

プラズマ処理装置には、試料台101上に静電吸着されたウエハWの裏面と静電吸着層203との間に形成される隙間に伝熱ガス205を供給し、その隙間内のガス圧力によってウエハW裏面へ作用する上方向の力（浮上力）と静電吸着層203の内部電極203-1に供給される電力によりウエハWに作用する静電吸着力（吸着力）とを釣り合わせて、ウエハWを静電吸着層203上に浮上させ非接触状態で支持する構成を備えている。すなわち、従来のように試料台101上にウエハWを静電吸着し固定保持して、ウエハ裏面に伝熱ガスを供給してプラズマ処理する場合は、伝熱効果を奏する伝熱ガスの圧力に抗してウエハWが浮き上がらないように静電吸着力を設定しているが、本実施例は、静電吸着力に抗しウエハ裏面ガス圧を高くすることによりウエハWを浮上させ、ウエハWを試料台に非接触保持する。

30

#### 【0054】

ウエハWを試料台101上に静電吸着した状態で、シール部210の内側である中央側領域であって静電吸着層203とウエハW裏面との間の隙間に伝熱ガス供給通路204から伝熱ガスを供給する。供給された伝熱ガス205は、所定の高さを有したシール部210によって形成される中央側領域の隙間に拡散し、シール部210の箇所においてウエハW外周への流出が妨げられる。つまりシール部210におけるコンダクタンスが低下することによって、中央側領域の隙間の伝熱ガス205の充満が促進される。このことにより、伝熱ガス205が供給されるリング状のシール部210の内側に対応するウエハW裏面のガス圧分布はウエハW裏面で面内分布のバラつきが低減され、より均一に近付けられ、当該隙間でのウエハWと試料台101との熱伝達の性能がより均一に近付けられる。これは伝熱ガス圧力をさらに高くしてウエハWをシール部210から浮上させても同様である。

40

#### 【0055】

ウエハWが非接触で静電吸着層203の上方に保持されるとき、シール部210の平坦な上面とウエハW裏面との間の隙間の大きさ $h_2$ とシール部210の中央側の静電吸着層203表面とウエハWの裏面との間の隙間の大きさ $h_1$ とは $h_1 > h_2$ となる。そして、シール部210においてシール部210がウエハW裏面に接触しない僅かな隙間 $h_2$ を有するように設定され、シール部210の高さと隙間 $h_2$ とを合わせたシール部210の内

50

側領域の隙間  $h_1$  の大きさは、シール部 210 の内側領域の伝熱ガスによる十分な伝熱効果が得られる隙間に設定される。例えば、隙間  $h_1$  の大きさは  $15 \mu\text{m} \sim 150 \mu\text{m}$  である。隙間  $h_1$  および  $h_2$  を有する空間は、ウエハW外周の処理室 33 内の空間と連通状態になる。

#### 【0056】

ウエハWに作用する浮上力と吸着力との釣り合いは、ウエハWが浮き上がることによりシール部 210 に対向するウエハW外周部に隙間  $h_2$  が生じ、該隙間から伝熱ガスが流出してシール部 210 の内側領域の隙間  $h_1$  の伝熱ガス圧力が、処理室 33 内の圧力との差圧および吸着力との関係においてバランスすることにより行われる。伝熱ガス圧力が高くなるとさらに隙間  $h_1$ ,  $h_2$  が大きくなり伝熱ガスの流出量が増え、伝熱ガス圧力が下がると隙間  $h_1$ ,  $h_2$  が小さくなつて伝熱ガスの流出量が少なくなる。10

#### 【0057】

このようにウエハWの外周部に対抗させてリング状のシール部 21 を設けることにより、シール部 21 からの伝熱ガスの流出を抑制しウエハW裏面の伝熱ガス圧力を上げることができる。これにより、伝熱ガスの供給量を抑えてウエハWを非接触で保持することができ、真空雰囲気内においても真空維持のために大容量の排気ポンプを用いることなく、また伝熱ガスの処理雰囲気への影響も抑制できる。

#### 【0058】

また、上述のウエハWを浮上させて非接触保持する際の制御は、図示を省略した制御装置に予め静電吸着力と伝熱ガス流量との関係をデータ化して保存しておき、制御装置によって流量制御弁 206 および直流電源 207 を制御し行われる。20

#### 【0059】

また、伝熱ガス 205 が伝熱ガス供給通路 204 を介してウエハWの裏面に向けて供給されて、ウエハWがシール部 210 上面から遊離して浮上を開始する際に、静電吸着層 203 とウエハWとの間の隙間が形成される領域内において、ガス圧力が最も高くなる箇所は静電吸着層 203 表面の伝熱ガス供給通路 204 の開口とその近傍になる。このことから、伝熱ガス供給通路 204 の開口の直上方のウエハWの裏面は、ウエハWを局的に支持する箇所となる。

#### 【0060】

本実施例では、このような支持の箇所がウエハWの面内に対応し 3 箇所以上設けられ、少なくとも 3 箇所の開口同士を結ぶ直線で囲まれる静電吸着層 203 上面の領域にウエハWの中心または静電吸着層 203 のウエハW載置面の中心が位置するように配置されている。望ましくは、支持箇所の中心位置を静電吸着層 203 のウエハW載置面中心と同心に配置し、ウエハWの中心位置と実質的に同心にすることにより、ウエハWが静電吸着層 203 上方へシール部 210 と接した状態から上方に静電吸着層 203 表面と平行にされた状態で押し上げられる。30

#### 【0061】

伝熱ガス 205 が隙間に供給された後のウエハWの保持状態は、直流電源 207 の電圧値と伝熱ガス 205 の流量または速度の値とを検出し、これらの値が用いられて制御装置（図示省略）が所定の基準と比較して判定する。例えば、内部電極 203-1 に供給される直流電源 207 の電圧値が一定に保たれていて当該隙間が何らかの理由で減少した場合には、ウエハWに作用する静電吸着力の増加に抗し浮上力も増加してバランスすることになり、ウエハW裏面の伝熱ガスの圧力が増加していることになる。言い換えると、当該隙間による開口面積が減少しウエハW裏面の伝熱ガスの流出を抑制して伝熱ガス圧力を増加させてバランスしていることになる。すなわち、シール部 210 の上面とウエハW裏面とにより挟まれた当該隙間の減少により伝熱ガスの流出が減少する、言い換えると供給する伝熱ガス 205 の流量または速度が減少することになる。40

#### 【0062】

複数の伝熱ガス供給通路 204 上の各々に配置された流量制御弁 206 には流量計が備えられ、これらから検出された伝熱ガス 205 の流量または速度の大きさを比較した結果50

から、各々に対応した伝熱ガス供給通路 204 の開口上方でのウエハWと開口との距離（隙間）のバラつきが検出できる。

#### 【0063】

この検出した結果を用いて、制御装置は、各々の伝熱ガス供給通路 204 から供給される伝熱ガス 205 の流量または速度を調節する指令信号を流量制御弁 206 に発信して動作させる。このことにより、制御装置は、伝熱ガス供給通路 204 の開口上方の隙間の大きさを各々増減させ、ウエハWの高さの偏りを低減して静電吸着層 203 に平行に、或いは高さを面内方向に均一に近付ける調節を行う。

#### 【0064】

また、制御装置は、ウエハ処理に伴う静電吸着層 203 表面の経時的变化によって静電気力に変動が生じた場合でも、伝熱ガス 205 の流量または速度がウエハ処理当初の値と同じかまたはこれと見做せる程度に近似した値の許容値となるように、直流電源 207 の電圧値を調節する動作を行う。このことにより、隙間に供給された伝熱ガス 205 の圧力に起因して形成されるウエハWの上向きの力の変動が低減されて隙間の高さの経時的な変化が抑制される。10

#### 【0065】

さらに、ウエハWを非接触で支持しつつその位置が試料台 101 の半径方向にズレてしまうこと（横ズレ）を抑制するために、内部電極 203-1 の外径はウエハWの外径と同値またはこれと見做せる程度に近似した値にされている。これにより、実質的に同径としたウエハWと内部電極 203-1 の外周部との離間距離が最短となり、静電吸着力が強くなるとともに、ウエハWが一方にズレた場合に内部電極 203-1 とウエハWとの間で、ウエハWに対して同一方向の傾きを持った静電吸着力が作用し、その静電吸着力にウエハWに対して平行な成分のウエハWのズレを戻す力が生じ、この力が調心作用として働いて、ウエハWの径方向（横方向）移動、すなわち、横滑りが抑制される。20

#### 【0066】

ウエハWの径方向移動量は極力小さくすることが望ましいことから、内部電極 3-1 の外径とウエハWの外径との差は ± 1 mm 以内にされている。さらに、直流電源 207 の電圧を高くする程ウエハWを吸着する静電気力は大きくすることができ、ウエハWの移動を抑制する力はより大きくできる。

#### 【0067】

本実施例では、伝熱ガス 205 の供給時のウエハWの横ズレを抑制してウエハWを非接触保持するために、まずウエハWの所望の径方向の拘束力を得ることのできる直流電源 7 の出力値を設定または選択し、該値の出力を内部電極 203-1 に供給する。その後、ウエハWが所望の浮上量となるように伝熱ガス 205 の圧力や供給量を設定または選択し、この設定値となるように伝熱ガス 205 の供給の流量または速度が調節される。30

#### 【0068】

通常は、上述のようにしてウエハWの横ズレを抑制するが、何らかの理由によってウエハWに意図せず径方向の移動（横滑り）が発生した場合には、ウエハWを吸着して支持するために作用する静電気力が小さくなり過ぎたためにウエハWが保持されなくなつて試料台 101 上方の位置から落下してしまう虞が有る。40

#### 【0069】

本実施例では、ウエハWの外側に配置されウエハWの外周縁との間に所定の隙間を有するリング状のズレ防止部材 209 が静電吸着層 203 上面に設けてある。当該隙間は静電吸着力によるウエハWへの調心作用が生じる範囲でウエハWとズレ防止部材 209 とが接触しない隙間に設定される。また、ズレ防止部材 209 はウエハWが浮き上がったときに少なくともウエハWの側面が当接可能な高さを有する。なお、ズレ防止部材 209 は、耐プラズマ性の材料でなる絶縁体部材で構成され、この場合、絶縁体 203-2 と同じくセラミクス材料で構成されている。このズレ防止部材 209 によって、ウエハW半径方向の所定距離以上のウエハWの移動を妨げることができ、ウエハWの位置ずれ量が許容値を越えるのを抑制できる。50

**【 0 0 7 0 】**

このような試料台 101 からウエハ W を取り除き処理室 33 外に搬出する場合には、プラズマ 43 を処理室 33 に形成することなくウエハ W を保持している状態と逆の極性を内側内部電極 203 - 1a、外側内部電極 203 - 1b に付与して分極し形成された電荷を相殺する除電の工程が実施され、その後、リフトピン 208 が図示しない駆動用のアクチュエータの動作により上方に移動してウエハ W を試料台 101 から持ち上げて離間させ、図示しない搬送ロボットによりウエハ W を処理室 33 外に搬出する。

**【 0 0 7 1 】**

図 3 を用いて、上述のプラズマ処理装置の動作を説明する。図 3 は、図 1 に示す実施例に係るプラズマ処理装置が実施する処理の動作の流れを示すタイムチャートである。本図では、<sup>10</sup> プラズマ処理装置 100 におけるウエハ W に施される典型的な処理について示す。

**【 0 0 7 2 】**

図 3 は、ウエハ W が試料台 101 上に載置された状態からの内部電極 203 - 1 に印加される静電吸着用の直流電源 207 の電圧と、ウエハ W 裏面に供給される伝熱ガス流量と、試料台 101 上のウエハ W 浮上状態と、試料台 101 温度と、ウエハ W 温度との関係を示す。

**【 0 0 7 3 】**

前述のように静電吸着層 203 の内部電極 203 - 1 は、双極タイプの電極であり、内側内部電極 203 - 1a には直流電源 207 - 2 が、外側内部電極 203 - 1b には直流電源 207 - 1 が電気的に接続され、各々に電力を供給するように構成されている（後述の図 6 (a) 参照）。まず、制御装置からの指令信号に基づいて、内側内部電極 203 - 1a、外側内部電極 203 - 1b の各々に直流電源 207 - 2, 207 - 1 から電力が供給され、ウエハ W を静電吸着層 203 に静電吸着させてウエハ W を試料台 101 上に吸着・保持する。この場合、外側内部電極 203 - 1b には正電位が付与され、内側内部電極 203 - 1a には負電位が付与される。直流電源 207 - 1 および 207 - 2 の電圧印加よりもウエハ W 裏面への伝熱ガス 205 の供給が早い場合には、静電吸着力による拘束が無いためウエハ W が伝熱ガスの圧力により浮上り横滑りする虞がある。<sup>20</sup>

**【 0 0 7 4 】**

そこで、直流電源 207 による電力供給から所定の時間差  $t_1$  を開け、制御装置からの指令信号に基づき流量制御弁 206 を調節し、この場合、流量 Q1 で伝熱ガス 205 を供給する。供給された伝熱ガス 205 がウエハ W 裏面のシール部 210 の内側領域に充満してこの空間内のガス圧力が高くなり、ウエハ W に作用する上向きの浮上力がウエハ W の静電吸着力より大きくなると、ウエハ W がシール部 210 上面から浮上して上昇し、静電吸着力と浮上力とがバランスする高さの位置で静電吸着層 203 に対し非接触の状態で保持される。<sup>30</sup>

**【 0 0 7 5 】**

次に、浮上したウエハ W の位置が所定の高さで安定するまでの時間として予め定めた時間差  $t_2$  が経過して後に、試料台 101 の温度制御ステップが開始される。あるいは、制御装置によってウエハ W の浮上高さが所定の許容の範囲内となっていることが、流量制御弁 206 の流量計の出力及び直流電源 207 の電圧値を用いて検出された後に、試料台 101 の温度制御ステップが開始される。温度制御は、制御装置からの指令信号に基づいて試料台 101 の温度を変化、この場合、温調ユニット 26 の冷媒温度を上昇させ試料台の温度を高く変化させる。これにより、ウエハ W 裏面の伝熱ガスを介して試料台 101 とウエハ W との間で熱が伝導され、試料台 101 の温度に合わせウエハ W の温度が変化し、ウエハ W の温度の調節が行われる。なお、温度制御前の試料台 101 の温度は、処理室 33 に搬入されるウエハ W の温度、この場合、常温に設定されている。<sup>40</sup>

**【 0 0 7 6 】**

また、試料台 101 の温度調整、すなわち、温度の増減は、電極ブロック 202 の内部または静電吸着層 203 内にヒータ等の発熱体を配置し、発熱体に供給する電力を調節してその発熱量を増減させるようにしても良い。<sup>50</sup>

**【0077】**

このようにウエハWの温度制御ステップは、ウエハWを浮上させた非接触な状態で実施される。このため、接触した状態で実施されるウエハWの温度の調節では各々の熱膨張の差に起因して発生する擦れはその発生が原理的に抑制されており、摺動によって異物の原因となる微粒子や欠片の生起が低減されウエハWの処理の歩留まりが向上する。

**【0078】**

ウエハWの温度がウエハの処理条件に適した温度に達し安定したことが検出されると、制御装置から発信された指令信号に基づいて流量制御弁 206 制御され伝熱ガス 205 の供給量が Q1 から Q2 まで低減される。これにより、静電吸着力 > 浮上力にしてウエハW を降下させて非接触状態から静電吸着層 203 の載置面に載置・接触させる。

10

**【0079】**

制御装置によりウエハWの裏面がシール部 210 上面に接して試料台に支持されていることが伝熱ガス 205 の流量または速度の値から検出されたら、その後、時間差 t3 が経過した後に、ウエハWの処理工程、この場合、エッチング処理が開始される。

**【0080】**

なお、膜構造の処理対象を膜層毎に 3つ以上の処理工程を用いてエッチング処理する場合には、各処理工程の間にウエハWの温度を次の処理工程に適した範囲の温度に調節するステップを設け、前述のように非接触でウエハWの温度制御を行い、ウエハ温度が所定値になつたらウエハを試料台 101 に吸着保持して、ウエハの処理を行い、温度制御ステップとウエハ処理工程が必要に応じて繰り返し実施される。

20

**【0081】**

また、図 3 に示した処理動作では、ウエハWの温度がウエハWを浮上させた後の時間差 t2 後に上昇するように示されているが、当初の試料台 101 の温度とウエハWの温度とに温度差がある場合、ウエハWを静電吸着したときからウエハW温度が変化する。しかしながら、伝熱ガスが供給される前はガスによる伝熱作用が働かないため時間差 t1 におけるウエハWの温度変化は小さく、また伝熱ガスが供給されてからはウエハWが非接触になるので、ウエハWと試料台 101との擦れは実質的に無視できる。

**【0082】**

次に、図 4 に図 3 における温度制御ステップの他の例を示す。図 4 は、図 3 と同様のプラズマ処理装置が実施する処理の動作の流れを示すタイムチャートである。

30

**【0083】**

本図において直流電源 207-1 および 207-2 の電圧、電熱ガス 205 流量、ウエハW浮上状態の動作は、図 3 と同様であり説明を省略する。本図が図 3 と異なる点は、試料台 101 の温度がウエハ処理時の温度に設定され一定温度に制御されており、これに伴いウエハWの温度が調整される点である。

**【0084】**

ウエハWの温度は処理室 33 内に搬入される際の真空搬送室内の温度（通常は室温）にされている。試料台 101 の温度は当該室温よりも高温または低温、この場合、高温の処理温度に設定されている。ウエハWが静電吸着層 203 上に載置され、ウエハWが静電吸着された後にウエハWと静電吸着層 203 との間に流量 Q1 の伝熱ガス 205 を供給する。これにより、時間差 t1 後にウエハWは静電吸着層 203 上方に浮上し非接触に支持されるとともに、試料台 101 とウエハWとの間の伝熱ガスを介して熱伝達されウエハWの温度が次に実施される処理に適した温度に調節される。温度制御ステップにおいてウエハWの温度と試料台 101 との間の温度差が所定の許容範囲内になったことが検出された後、伝熱ガス 205 の供給量を Q2 まで低減させウエハWを静電吸着層 203 上に降下させて接触させる。その後、前述図 3 と同様に時間差 t3 後にウエハの処理工程を実施する。

40

**【0085】**

なお、本例のように試料台 101 の温度を一定にした場合、試料台 101 または電極ブロック 202 や静電吸着層 203 とウエハWとの間の温度差の測定は、センサ等の手段による検知が困難である。このため、プラズマ処理装置 100 によるウエハWの処理の実施

50

の前に予め実験やテスト等により、温度差が所望の許容範囲内となり温度が安定する時間を求めておき、この時間だけウエハWを浮上させつつ温度を調節する温度制御ステップを実施する。

#### 【0086】

上述した図3の温度制御はウエハWの処理温度と温度制御するウエハWの温度との差が小さいとき、または試料台101の温度制御時間が短時間に行えるときに有利である。図4の温度制御はウエハWの処理温度と温度制御するウエハWの温度との差が大きいとき、または試料台101の温度制御に時間を要するとき有利である。

#### 【0087】

次に、前述したプラズマ処理装置による処理の動作の他の例として、図5を用いてウエハWを非接触に保持した状態でエッチング処理を行う例を説明する。図5は、プラズマ処理装置が実施する処理の動作の流れの別の例を示すタイムチャートである。10

#### 【0088】

本例が前例の図3および図4と大きく異なる点は、ウエハWのエッチング処理において、前例は非接触保持していたウエハWを接触保持してエッチング処理するのに対し、本例はウエハWを非接触保持のままエッチング処理する点にある。

#### 【0089】

図5は、ウエハWが試料台101上に載置された状態からの内部電極203-1に印加される静電吸着用の直流電源207の電圧と、ウエハW裏面に供給される伝熱ガス流量と、試料台101上のウエハW浮上状態と、プラズマ形成用電源の電力と、バイアス形成用電源の電力との関係を示す。20

#### 【0090】

前述の図3および図4と同様に内部電極203-1は、双極タイプの電極であり、内側内部電極203-1aには直流電源207-2が、外側内部電極203-1bには直流電源207-1が電気的に接続され、各々に電力を供給するように構成されている（後述の図6（b）参照）。

#### 【0091】

まず、制御装置からの指令信号に基づいて、内側内部電極203-1a、外側内部電極203-1bの各々に直流電源207-2, 207-1から電力が供給され、ウエハWを静電吸着層203に静電吸着させてウエハWを試料台101上に吸着・保持する。この場合、外側内部電極203-1bには正電位が付与され、内側内部電極203-1aには負電位が付与される。30

#### 【0092】

直流電源207による電力供給から所定の時間差t1を開け、制御装置からの指令信号に基づき流量制御弁206を調節し、伝熱ガス205をウエハWと静電吸着層203との間の隙間に供給する。供給された伝熱ガス205がウエハW裏面のシール部210の内側領域に充満してこの空間内のガス圧力が高くなり、ウエハWに作用する上向きの浮上力がウエハWの静電吸着力より大きくなると、ウエハWがシール部210上面から浮上して上昇し、静電吸着力と浮上力とがバランスする高さの位置で静電吸着層203に対し非接触の状態で保持される。40

#### 【0093】

次に、タイムチャートの図示を省略したが真空容器20に接続されたガス導入管34を通して処理ガス35が処理室33内に供給される。この際、処理室33内部はターボ分子ポンプ38により排気口36から排気され、その排気流量または速度を圧力調節バルブ37により調節されて、処理ガス35の供給と排気とのバランスにより処理室33内の圧力がウエハWの処理に適した値に調節される。

#### 【0094】

この状態において伝熱ガス205の供給が開始されてから時間差t4が経過した後に、処理室33内にプラズマ43を形成するための電力が供給される。すなわち、マイクロ波発振器39により発振されたマイクロ波40が処理室33内に供給されると共にソレノイ50

ドコイル 4 2 による磁界が処理室 3 3 に形成される。これにより、処理室 3 3 内に供給された処理ガス 3 5 が励起され処理室 3 3 内にプラズマ 4 3 が形成され、ウエハ処理工程が開始される。

#### 【 0 0 9 5 】

なお、本例では上述のように処理ガスの供給をウエハ W の非接触保持の後に行ったが、スループット短縮の観点から、ウエハ W が試料台 1 0 1 上に載置され、真空容器 2 0 のウエハ搬入口を閉じた後に、処理ガス 2 0 5 の供給を開始し処理室 3 3 内の圧力調整を実施している間に、ウエハ W の静電吸着工程と、伝熱ガス 2 0 5 供給によるウエハ W の非接触保持工程を順次行うようにしても良い。いずれも時間差  $t_4$  の間に処理室 3 3 内の処理圧力調整と浮上したウエハ W の高さ位置が安定する。すなわち、処理室 3 3 内の圧力によってウエハ W に作用する浮上力が影響するので処理室 3 3 内の圧力が安定したらウエハ W の非接触保持状態も安定化する。10

#### 【 0 0 9 6 】

次に、プラズマ形成用の電力が供給され、時間差  $t_5$  が経過して後に、ウエハ W にバイアス電位を付与するためのバイアス電力が、高周波電源 2 1 から試料台 1 0 1 に供給され、ウエハ W の実質的なエッチング処理が開始される。なお、時間差  $t_5$  は、プラズマ形成用の電力が供給されプラズマ 4 3 の強度や電位等の状態が安定するまでの時間であり、図示しない制御装置により検出されるか、または予めの実験等によって求められたプラズマ形成用の電力供給からプラズマ 4 3 が安定するまでの時間である。また、ウエハ W は試料台 1 0 1 から浮上し隙間  $h_1$  を有した状態となっているが、隙間  $h_1$  は前述のように極僅かな隙間であり、プラズマを介して形成される高周波バイアスの高周波回路の形成に影響はなく、ウエハ W を試料台 1 0 1 上に載置しているときと同様に、ウエハ W に自己バイアス電位が形成される。これにより、プラズマ 4 3 中のイオン等荷電粒子がウエハ W 上面に向かって誘引され衝突しウエハ W の処理対象の膜層を異方性エッチングしエッチング処理が促進される。20

#### 【 0 0 9 7 】

また、本例では、プラズマ形成用の電力の供給が開始され或いは処理室 3 3 にプラズマ 4 3 が形成された直後に、直流電源 2 0 7 - 1 , 2 0 7 - 2 から供給する電圧を同極性で同電位に調節される。この場合、内側内部電極 2 0 3 - 1 a の電圧が負から外側内部電極 2 0 3 - 1 b と同じ正の値となるように調節される。これにより、モノポール式の静電吸着になり、ウエハ W に自己バイアス電位が形成されても内外の内部電極 2 0 3 - 1 a 、 2 0 3 - 1 b に対応し、ウエハ W 面内には同一の静電吸着力が作用し、安定した非接触保持が可能となる。30

#### 【 0 0 9 8 】

制御装置によりウエハ W の処理対象の膜層のエッチング終点が検出されるか予め定められた処理を実施する時間の経過が検出されると、制御装置からの指令信号に基づいて高周波電源 2 1 からのバイアス形成用の電力の供給が停止される。この後、所定の時間差  $t_6$  の経過後に、プラズマ形成用の電力の供給が停止されウエハ 処理工程が終了する。これと共に直流電源 2 0 7 - 2 から内側内部電極 2 0 3 - 1 a に供給された電圧がウエハ 処理工程前と同じ負電位に調節される。なお、直流電源 2 0 7 - 2 による正電位から負電圧への切り替えは、プラズマ形成用の電力の供給停止と同時または供給停止直前に切り替えられる。また、伝熱ガス 2 0 5 の流量または速度が低減されてウエハ W の浮上力が低減され、ウエハ W が下方に降下して静電吸着層 2 0 3 のシール部 2 1 0 に接して試料台 1 0 1 上に保持される。なお、伝熱ガス 2 0 5 の供給低減は時間差  $t_6$  内に実施されても良い。40

#### 【 0 0 9 9 】

本例によれば、ウエハ W のプラズマ 4 3 を用いた処理中もウエハ W が静電吸着層 2 0 3 上方でこれと非接触の状態で保持でき、特に、ウエハ W の処理中にプラズマ 4 3 からウエハ W への入熱量が大きく、これによりウエハ W および試料台 1 0 1 が加熱されて顕著な熱膨張が生じる場合にも、ウエハ W 裏面と試料台 1 0 1 の表面との擦れが生じることがなく、汚染や異物の生起を低減して歩留まりを向上できる。50

**【0100】**

図6は、図2に示す試料台において形成される静電吸着力を模式的に示す縦断面図である。図6(a)は前述の図3および図4に対応し、処理室33内で試料台101上方にプラズマ43が発生していない状態の静電吸着力を示している。

**【0101】**

静電吸着層203の外側内部電極203-1bおよび内側内部電極203-1aの面積が同等であり、これらの電極の各々と電気的に接続された直流電源207-1および直流電源207-2からの電力により各電極に異なる極性の電圧であって絶対値が等しい電圧が形成される。例えば、各々の電極に+1000V及び-1000Vの電圧が印加された場合には、各々の電極とウエハWとの間に静電吸着層203に向う吸着力F1が働くのでウエハWには全体として均一な下向きの静電吸着力が作用する。10

**【0102】**

図6(b)は前述の図5に対応し、処理室33内にプラズマ43が発生した状態の静電吸着力を示している。本図では、処理室33内にプラズマ43が形成されると共に試料台101を構成する電極ブロック202にバイアス形成用の高周波電源21から高周波電力を供給し、図6(a)と同様に内側内部電極203-1aと外側内部電極203-1bとに異なる極性の電圧を印加した場合を示す。

**【0103】**

この条件ではウエハWには自己バイアス電位としてマイナス電位-Vdcが発生する。20  
静電吸着力は内部電極203-1とウエハWとの電位の差に比例するため、ウエハWの電位が変化すると静電吸着層203内の内部電極203-1との間の電位差は、プラス側の電位差は小さくなり、またマイナス側の電位差は大きくなつて、その絶対値はウエハWの内側と外側で異なり、ウエハWに作用する静電吸着力はウエハWの面内方向についてばらつきが大きくなる。すなわち、外側内部電極203-1bに正の電圧として+1000Vが、内側内部電極203-1aに負の電圧として-1000Vが印加され、ウエハWには自己バイアス電位として-300Vが発生した場合には、内側内部電極203-1aとウエハWとの間の電位差は1300Vとなり、外側内部電極203-1bとウエハWとの間の電位差は700Vとなる。このため内側内部電極203-1a及び外側内部電極203-1bの各々の上方でウエハWに作用する静電吸着力F2(内側)、F3(外側)は前者が大きく(F2>F3に)なつてしまい、ウエハWの面内において吸着力のばらつきが生じる。30

**【0104】**

一方、ウエハW裏面の伝熱ガスの圧力は均一であることから、ウエハWの浮上力と静電吸着力とのバランスがウエハWの面内において不均一となり、ウエハWの浮上高さがウエハWの内側、外側で異なり、この場合、内側の吸着力が大きくなつてウエハWの中央部が静電吸着層203に接触してしまう恐れがある。このため、図5の例では、プラズマ43を用いたウエハWの処理中には、モノポール式の静電吸着となるように内側内部電極203-1aに印加される電圧の極性を切り替えるとともに電位を外側内部電極203-1bに印加される電位と同電位にし、吸着力に差が出ないようにした。なお、この例では、モノポール式にしたが、ダイポール式のままとし外側内部電極203-1bに印加する正電位を自己バイアス分大きくし、内側内部電極203-1aに印加する負電位を自己バイアス分小さくし、吸着力に差が生じないようにしても良い。40

**【0105】**

なお、前述の図3、4、5の例は、ウエハWを真空容器内で浮上させて非接触保持する処理装置の処理動作の一例を示したものであり、これらを必要に応じて選択し或いは組み合わせて実施しても良い。

**【0106】****[変形例]**

次に、図2に示した試料台101の変形例について図7を用いて説明する。図7は、図1に示すプラズマ処理装置の試料台の構成の概略を示す縦断面図である。50

**【0107】**

本図が図2と異なる点は、図2における電極ブロック202のウエハ載置面となる中高部の外径がウエハWの外径よりも大きいのに対し、ウエハW外径よりも僅かに小さくした点と、電極ブロック202の外周段差部に内部電極を有したリングカバーを設けた点である。本図において図2と同符号は同一部材を示し、説明を省略する。

**【0108】**

図3に示すように試料台101aの電極ブロック202aの上面には静電吸着層203aが設けられており、静電吸着層203a上面外周部には前述と同様のシール部210が設けられている。また、電極ブロック202aの上部外周縁の段差部には、絶縁体であるリングカバー209aが配置されている。リングカバー209aの内部には、この場合、内側内部電極203-1aおよび外側内部電極203-1bの高さと同じ高さに埋設されウエハWの外径とほぼ同径の外径を有するリング状の電極203-1cが設けられ、電極203-1cは外側内部電極203-1bに接続された直流電源207-1と接続されている。また、リングカバー209aの内部であって電極203-1cの外側には距離を開けて電極203-3が埋設されている。電極203-3には直流電源215が接続されている。リングカバー209aの上部外周にはウエハWの外径より僅かに大きい内径で内側にすり鉢状の傾斜を有したリング状の凸部が形成してある。

10

**【0109】**

上述構成の試料台101aでは、静電吸着層203a上にウエハWが載置された状態でウエハWの外周縁部が電極ブロック202aの上部中央側領域の凸部外周縁よりも全周にわたり外周側に突出するように構成されている。リングカバー209aはアルミナセラミック、石英など、耐プラズマ性を有する誘電体製の材料により構成され、電極ブロック202aの段差部上面および段差部を形成する円筒形の凸部側壁面とを覆う。リングカバー209aは、入射したプラズマ43中の荷電粒子の衝突によって削られたり、プラズマ処理による付着物の付着量が多くなった場合でも、リングカバー209aのみを電極ブロック202aから取り外して交換可能に構成されている。また、リングカバー209aに電極203-1cを設け、静電吸着層203上での半径方向のウエハWの位置決め用としての機能を附加している。リングカバー209aの上部のリング状凸部はウエハWが静電吸着層203上に載せられた状態でウエハWの外周縁を囲んでウエハW上面より上方に延在しており、ウエハWの予想外のズレ防止を行い、ウエハWの試料台101に対する位置ずれが大きくなつて脱落したりウエハWの搬送が不可能になつたり等の問題を防止することができる。

20

**【0110】**

また、ウエハWの処理中に、上方から見てウエハWの外径よりも外側に位置する電極203-3に直流電源215から電力が供給されて負の電圧が形成される。これにより、自己バイアス電位としてマイナス電位-Vdcが発生したウエハWに対して、ウエハWの外周部に電極203-3による負の電位が形成され、クーロン力(反発力)によりウエハWの位置ずれを抑制することができる。

30

**【0111】**

なお、本例の構成を備えたプラズマ処理装置においても、実施例1で示した流れの動作を実施してウエハWを処理できることは言う迄も無い。

40

**【実施例2】****【0112】**

以下、本発明の第2の実施例について図8,9を用いて説明する。本第2の実施例は、減圧雰囲気内で浮上させて非接触保持されるウエハWを回転させる例である。図8は、本発明の実施例に係るプラズマ処理装置の試料台の構成の概略を示す図であり、図8(a)は試料台を上面から見た平面図であり、図8(b)は図8(a)をB-Bから見た伝熱ガス供給通路構成を模式的に示す縦断面図である。

**【0113】**

本図が図2に示す試料台と異なる点は、試料台のウエハ載置面に開口する伝熱ガス供給

50

孔からの伝熱ガスの噴出し角度であり、図2はウエハWの裏面に対し直角にガスが噴き出すように設けられているのに対し、本例は円周方向に複数設けた伝熱ガス供給通路から同一角度で傾けてガスを噴き出す点にある。ウエハを試料台の方向に吸引する力を発生させるための静電気力を形成する電極等の図示を省略しているが他の構成は図2と同様であり、説明を省略する。

#### 【0114】

図8(a)に示すように試料台101bにおける静電吸着層203bのシール部210に囲まれた中央側の領域の少なくとも1つの半径の円周上に複数の伝熱ガス供給通路204aが配置され、図8(b)に示すように伝熱ガス供給通路204aの先端に角度 $\alpha$ で傾斜する開口801を備え、開口801が静電吸着層203bの上面に配置されている。また、これらの円筒形の開口801の傾きは静電吸着層203bの中心から見て同一方向に各々が角度 $\alpha$ を有して配置されている。この構成において、伝熱ガス205はウエハWが静電吸着層203上方に配置された状態でその裏面に対して角度 $\alpha$ を成す方向802に供給される。  
10

#### 【0115】

この構成により、実施例1と同様に、ウエハWと静電吸着層203との間の隙間に伝熱ガス205が開口801から供給され当該隙間内のシール部210で囲まれた領域での圧力を増大させてウエハWの上向きの力を作用させた結果ウエハWが浮上した際に、ウエハWには伝熱ガス205の流れる方向802に沿って伝熱ガス205の流れのせん断力が働いてウエハWの中心周りに回転させる力が作用することになる。一方で、シール部210内周側の隙間内のガス圧力はウエハW裏面に垂直な方向に作用すると共に、内部電極203-1に印加された電圧による静電吸着力がウエハWに作用しウエハWの面内方向についての変位が抑制される。  
20

#### 【0116】

この状態で、ウエハWは実施例1と同様に静電吸着層203上方でこれと所定の高さで非接触の状態で保持されると共に静電吸着層203上方でウエハWまたは載置面の中心周りに回転する。本例において、開口801の傾斜角度 $\alpha$ あるいは伝熱ガス205の流量や速度が調節されることで、ウエハWの単位時間当たりの回転数(回転角速度)が調節可能となる。

#### 【0117】

また、複数配置されたこれら開口801の傾斜角度 $\alpha$ が異なるように配置しても良い。例えば、図8では、6個の伝熱ガス供給通路204aの開口801が上方から見て反時計回りに伝熱ガス205が流出する方向802に配置されているが、6個のうちの3個が時計回りの方向に伝熱ガス205を流出するように開口801の軸方向を有した構成を備えても良い。  
30

#### 【0118】

或いは、静電吸着層203bのシール部210の内周側の載置面に伝熱ガス供給通路204aを9個載置面の中心軸周りに配置し、3個の開口801の軸を伝熱ガス205が上方から見て反時計回りの向きに流出する角度に、残るうちの3個の開口801は時計回りの向きに、残る3個は載置面に垂直な方向または電極ブロック202の中心軸に沿った方向に伝熱ガス205が流出する角度を成すように配置しても良い。3個ずつの開口801の集合毎に伝熱ガス205をウエハWと静電吸着層203との間の隙間に導入することで、各々の集合のうち時計回りまたは反時計回りの角度で配置されたものの何れかをウエハWの回転数(回転角速度)の増大(開始)、低減(停止)に、垂直な方向のものをウエハWの浮上状態の維持という異なる動作を実施させることができ、またこれら等をウエハWの処理中や温度の調節の際に組み合わせて使用することもできる。  
40

#### 【0119】

なお、本例では静電吸着層203bに開口801が設けてあるが、静電吸着層203bの厚さが薄い場合には、電極ブロック202から開口801が設けられて良い。

#### 【0120】

図9は、図8に示す試料台の変形例の概略構成を示す図である。図9(a)は試料台を上面から見た平面図であり、図9(b)は図9(a)をCCから見た伝熱ガス供給通路を模式的に示す縦断面図ある。

#### 【0121】

本変形例では、試料台101cの静電吸着層203cの表面に供給される伝熱ガス205の流れる方向を試料台101cの中心軸周りに回転させるため、静電吸着層203cの外周側の領域にリング状に配置されたガス溝216を備えている。ガス溝216は、静電吸着層203cの載置面を構成する表面の外周側の領域にリング状に配置されたシール部210aの平坦な上面に、上方から見て載置面の中心周りに異なる半径位置に多重の同心円状または螺旋状に配置された少なくとも1つの凹み部により構成され、シール部210aの内周側の隙間に供給された伝熱ガス205が溝の凹み部内部を図上反時計回りの周方向に流れることで、ウエハWに当該方向への回転を誘起するせん断力を作用する。  
10

#### 【0122】

図2に示した実施例では、シール部210の内周側の領域で伝熱ガス供給通路204からウエハW裏面の隙間に供給された伝熱ガス205は、当該隙間内で拡散して充満するとともにウエハWとシール部210との間の隙間を介して処理室33に流出する。つまり、当該隙間内の伝熱ガス205は少なくともウエハWの裏面の外周側の領域ではウエハWの中心側から外周側へ向う謂わば半径方向の成分を有する向き902の流れを有している。

#### 【0123】

本例のシール部210a上面に配置されたガス溝216は、シール部210aとウエハWとの間の隙間を流れる伝熱ガス205の流れの方向を径方向から周方向に変換し、当該隙間を周方向に流れる伝熱ガス205のせん断力によりウエハWに回転させる力を効率的に作用させることができる。なお、本例のガス溝の少なくとも1本の終端部は、リング状のシール部210a上面の外周縁においてシール部210aの側壁上端部に配置された開口を介してシール部210aの外周の空間と連通されており、ガス溝216内を流れてきた伝熱ガス205は当該開口から処理室33内に流出する。  
20

#### 【0124】

上述図8および図9に示す本例の試料台の構成を用いて、処理室33内に形成したプラズマ43を用いてウエハWを処理中に、ウエハWを静電吸着層203上方でこれと非接触に保持しつつウエハWまたは静電吸着層203の載置面の中心周りに回転させることができる。このことにより、ウエハWの面内方向、特に周方向についてエッチング処理の結果としての処理対象の膜層の加工後の形状のバラつきを良好に抑制して処理の歩留まりを向上させることができる。  
30

#### 【0125】

また、ウエハWの処理中に限らず、プラズマ43を用いたウエハWの処理の工程を開始する前、或いは複数の処理の工程の間において実施されるウエハWの温度を調節する工程において、ウエハWを静電吸着層203上方でこれと非接触に保持しつつウエハWを回転させることにより、ウエハWの面内方向、特に周方向について温度のバラつきを良好に抑制して次に実施されるウエハW上の処理対象の膜層処理の工程により適したウエハWの温度の面内方向の分布を実現することができ、処理の歩留まりを向上させることができる。また、ウエハWを静電吸着層203上方で所定の高さで非接触に保持した状態で回転させることで、ウエハWの面内方向についての位置を変化させる何らかの外力が作用してもその位置ずれの発生あるいは拡大を効果的に抑制することができ、結果としてウエハWの処理の歩留まりを向上させることができる。  
40

#### 【0126】

なお、上記の実施例はマイクロ波の電界及び磁界を用いてECRによりプラズマ43を発生させるプラズマ処理装置を説明したが、他のプラズマを形成する手段、例えば誘導結合や容量結合によってプラズマを形成する構成であっても、本発明はその作用、効果に制約を生じることはなくこれを適用することが可能である。

#### 【実施例3】

10

20

30

40

50

**【0127】**

以下、本発明の試料台を用いた第3の実施例を図10ないし図13により説明する。

**【0128】**

図10は、本発明の第3の実施例に係るプラズマ処理装置の試料台の構成の概略を模式的に示した縦断面図である。本図は、本実施例の試料台101dの主要部を拡大して示している。

**【0129】**

実施例に係る試料台101dは、図1に示すプラズマ処理装置の処理室33内の試料台101に換えて備えられるものである。試料台101dは、図2に示す試料台101と同様に、その上部は、円筒形を有した金属製の電極ブロック202とその上面に接合されて配置された誘電体製の静電吸着層203dを有している。  
10

**【0130】**

本実施例の試料台101dの静電吸着層203dの上面外周部にも、リング状のシール部210bが配置されている。本例における図2の静電吸着層203との差異は、静電吸着層203dの中央側部分と一緒に形成されたシール部210b内に配置された少なくとも2つの伝熱ガスの排気経路を備え、これらの一つにウエハWのノッチの通過を検出するための検知器が配置されている点である。

**【0131】**

伝熱ガスの排気経路は、シール部210b上面に上方から見てリング状に配置された排気溝217の底面に開口を有する排気孔218と、排気溝217の外周側のシール部210上面に配置された開口と連通した検出孔222を備えて構成されている。試料台101dを貫通する排気孔218と検出孔222との各々は、試料台101dの下面で配管により構成された排気ライン219を介して処理室33外部に配置された真空ポンプ221と接続されている。この真空ポンプ221の動作により排気溝217または排気孔218の上端の開口及び検出孔222上端の開口を通してシール部210b上面とウエハW裏面との間の隙間にある伝熱ガス205が排出される。  
20

**【0132】**

なお、上述のような排気溝217、排気孔218、検出孔222が設けられる静電吸着層203dと電極ブロック202との接合およびこれらの組合せは、図10に示した例に限定されるものではなく、図11に示すような構成であっても良い。  
30

**【0133】**

図11(a)は、静電吸着層203eをセラミクス等を円板状に焼成した焼結部材で構成し、当該焼結板としての静電吸着層203eと電極ブロック202とをこれらの間に層状の接着剤225を挟んで一体に接合した構成を示している。このような構成では、静電吸着層203e上面の外周側に配置されるリング状の凸部であるシール部210cや排気溝217、排気孔218等の形状は、静電吸着層203eを構成する焼結板を電極ブロック202上面に接着する工程を実施した後に削り加工して形成する。なお、排気孔218および検出孔222の通路における接着層は空洞218-1となっており、接着剤225は上記両穴の途中を塞がないように配置されている。

**【0134】**

図11(b)は、静電吸着層203fが半溶融状態のイットリアやアルミナ等のセラミクスの粒子を放射あるいは吹き付けして積層する溶射法で形成された別の変形例を示している。この場合、電極ブロック202bの上面に凹凸形状を加工した後、上記溶射を実施して静電吸着層203fを形成することにより、上記凹凸形状に倣った静電吸着層203fが形成できる。このような方法により、例えば数百ミクロンオーダの比較的大きな凹凸形状を試料台101d表面に形成できる。必要な凹凸寸法が微細である場合には、電極ブロック202bの上面を平坦に加工し、その後溶射法で平面状の静電吸着層203fを形成し、最後に静電吸着層203f表面に微細加工を施せばよい。  
40

**【0135】**

このように構成された排気溝217、排気孔218、検出孔222は図12(a)に示

10

20

30

40

50

すように静電吸着層 203d のシール部 210b に配置される。伝熱ガスの排気経路は、円形または円形と看做せる程度に同等の形状を有した静電吸着層 203d の中央部を囲んだシール部 210b 上部にリング状の凹みを有した排気溝 217 とその底面に開口を有して上下方向に静電吸着層 203 を貫通する複数の排気孔 218 を備えている。この構成では、排気溝 217 内に流れ込んだシール部 210b とウエハ W との間の伝熱ガス 205 は、複数の開口から真空ポンプ 221 の駆動により減圧された排気孔 218 の内部に吸引されて処理室 33 外部に排気される。

#### 【 0136 】

本例では、排気孔 218 またはその上端と連通した開口は、試料台 101d または静電吸着層 203d の中心の回りに均等またはこれと看做せる程度に近似した角度をなす離間した箇所に複数配置されている。このようなリング状の排気溝 217 とその底面に配置された複数の開口を通して排気される伝熱ガス 205 の排気孔 218 每の排気の量のばらつきが低減され、ウエハ W の外周部裏面とシール部 210b との間の伝熱ガスの圧力の周方向についての分布とこれによるウエハ W の浮上高さの偏りが低減される。10

#### 【 0137 】

また、伝熱ガスの排気経路は前述の構成に限られるものではなく図 12 ( b ) に示すように、図 12 ( a ) の排気溝 217 をなくして排気孔 218 がより密に配置された構成であってもよい。また、排気孔 218 の下端部が、排気ライン 219 を介して真空ポンプ 219 と接続されずに、処理室 33 に連通した箇所に開口され、処理室 33 内の圧力より高い圧力にされるシール部 210e の上面とその上方のウエハ W との間の隙間の伝熱ガス 205 が排気孔 218 を通して処理室 33 に流出する構成としてもよい。20

#### 【 0138 】

次に、シール部 210b に設けられた検出孔 222 および圧力計 223 によるウエハ W の回転検出について説明する。

#### 【 0139 】

検出孔 222 の排気ライン 219 上には、これから分岐して接続された圧力計 223 が備えられている。これを用いて処理室 33 内でウエハ W が試料台 101d の上方に非接触で保持されている状態でウエハ W の回転に応じて圧力計 223 で検出される圧力の変化を図 13 に示す。

#### 【 0140 】

図 13 ( a )、( b ) は回転するウエハ W の中心周りの特定の角度位置におけるウエハ W のノッチ位置を示し、図 13 ( c ) はウエハ W が回転している状態で時間の経過に伴つて圧力計 223 からの出力信号により検出された圧力の変化を示す。30

#### 【 0141 】

図 13 ( a ) に示すように、検出孔 222 の上端部の開口の上方にウエハ W のノッチ部 1202 が存在している間には、検出孔 222 上端の開口上方にこれを覆うウエハ W が存在しない、謂わば開放された状態になる。一方、図 13 ( b ) に示すように、回転するウエハ W のノッチ部 1202 が検出孔 222 の開口上を通過した状態では、当該開口の上方は隙間を開けてウエハ W に覆われている。

#### 【 0142 】

このように、ウエハ W の回転に伴うノッチ部 1202 の周方向の角度位置の周期的な移動に応じて、シール部 210 上面の検出孔 222 の上端部の開口の上方をノッチ部 1202 が通過してウエハ W が存在しない開放された期間が周期的に発生する。このような構成において、処理室 33 内側が所定の圧力、例えば 10 Pa に減圧され維持されており、検出孔 222 内部および排気ライン 219 が、動作中の真空ポンプ 221 と連通されて、処理室 33 内側の圧力より低い圧力にされている、例えば 1 Pa 以下まで減圧されている場合は、図 13 ( a ) の状態では処理室 33 及びウエハ W とシール部 210 との間の隙間から検出孔 222 内に大きな量のガスが流入して、この結果、排気ライン 219 内の圧力が上昇する。40

#### 【 0143 】

10

20

30

40

50

一方、図13(b)の状態では、検出孔222の上端部開口はウエハWに覆われており、検出孔222内に処理室33内のガスの流入は図13(a)の場合と比べて相対的に小さい量となる。ウエハWの周期的な回転により検出孔222へのガスの流入の量および内部の圧力の値は、図13(c)に示すように、大きく分けて2つの状態が周期的に繰り返されることになる。

#### 【0144】

すなわち、図13(a)のようにウエハWの上方から見てウエハWのノッチ部1202の下方へ投影された領域内に検出孔222の上端部の開口が重なって当該領域内に存在している期間は、排気ライン219と連通した箇所に配置された圧力計223が出力する信号から検出される圧力は、図13(b)の期間に検出されるものよりパルス状に高い値となる。このようなパルス状の値となる当該単位時間あたりの回数を計数することでウエハWの単位時間あたりの回転数(回転数速度)を算出することが可能となる。10

#### 【0145】

本実施例では、図10に示す圧力計223からの出力は電圧等の信号として圧力計223と電気的に接続された回転数制御器224に送信される。回転数制御器224は、その内部に配置された演算器が受信した圧力計223の信号とROMやハードディスク等の記憶装置から読み出されたソフトウェアのアルゴリズムとに基づいて、ウエハWの回転数を算出し、算出した回転数とあらかじめ記憶装置に記憶されたデータとしての回転数の目標値と比較を行う。20

#### 【0146】

回転数制御器224は、算出した回転数が目標値よりも低いと判定した場合には、伝熱ガス供給通路204上に配置された伝熱ガス205の流量制御弁206に指令信号を発信してその開度を増大させて伝熱ガス205の供給量を増加させる。ウエハWと静電吸着層203との間の隙間への伝熱ガス205の供給量が増大されたことにより、ウエハWに作用して回転させる外力が増大しウエハWの回転数が増加する。20

#### 【0147】

一方、算出されたウエハWの回転数が目標値よりも高いと判定された場合には、回転数制御器224からの指令信号に応じて伝熱ガス205の流量制御弁206の開度が低減され伝熱ガス205の供給量が低下する。このことにより、ウエハWの回転数が低減される。30

#### 【0148】

このように、本実施例では、このように検出されたウエハWの回転数をフィードバックして伝熱ガス205の供給が調節されることにより、ウエハWの回転数が所望の範囲内の値となるように調節される。本実施例ではシール部材210上面に開口を有して静電吸着層203の中心側部分を囲んでリング状に配置された排気溝217または複数の排気孔218がノッチ部1202が上方に位置している或いは通過したことを検出する検出孔222の開口の中心部側に配置されている。

#### 【0149】

このような排気溝217または複数の排気孔218を通して静電吸着層203の中心部とウエハWとの間に供給された伝熱ガス205を排気することで、当該中心部からウエハWの外周側の処理室33内部へ向かう伝熱ガス205の流量を低減してウエハWが中心からノッチ部1202から流出した伝熱ガス205の反力により水平方向に位置ずれを生起させたりその大きさが許容範囲を越えてしまったりすることを抑制する。さらに、検出孔222は真空ポンプ221と連通して排気されることで処理室33内の圧力 > 検出孔221内圧力にされ、検出孔222の開口上方をノッチ部1202が通過して開放された期間の処理室33あるいはシール部材210隙間内からのガスの流量を当該開口がウエハWで覆われている期間のものより大きくすることで、ウエハWの回転によるノッチ部1202の通過とその回数とがより明確に検出可能にされている。40

#### 【0150】

なお、図14に、上記第3の実施例が備える伝熱ガスの排気経路を備えない比較例を示50

す。図14(a)に示す試料台101eは、静電吸着層203のシール部210に、図10に示す排気溝217、排気孔218、検出孔222を備えていない。シール部210の中央側の静電吸着層203上面に伝熱ガス供給通路204と連通した開口が配置され、当該開口から静電吸着層203とウエハWとの間の隙間に伝熱ガス205が供給される。供給された伝熱ガス205の一部は、シール部210で囲まれたウエハW裏面と静電吸着層203上面との間の隙間の空間を拡散し、残る一部はシール部210とウエハWとの間の隙間を通ってウエハW中心から放射状にウエハWの外周側の処理室33内部に向かって流出する。

#### 【0151】

このような伝熱ガス205の周方向についての排出量の分布は、ウエハWのノッチ部分であるWNの位置で最も多くなる。これは、静電吸着層203の外周側部分にシール部210が備えられウエハWとシール部210との間の隙間の高さが静電吸着層203の中心側部分より小さくされていることで、伝熱ガス205が当該中心側部分から外周側の処理室33へ容易に流出することが妨げられる。この構成において、ウエハWのノッチ部1202が位置するWNのシール部210には、その上方がウエハWの外周縁で覆われていない、謂わば開放された部分が存在することになるため、シール部210による静電吸着層203中央側部分と外周側の処理室33との間で隙間が小さくされて伝熱ガス205の通流が妨げられる（あるいはシールされる）距離が短くなっているためである。

#### 【0152】

このため、位置WNにおいて伝熱ガス205の流出量がウエハWの外周縁の他の箇所と比較して局所的に大きくなり周方向について不均一あるいは偏りが大きくなる。この流出量の偏りが大きくなるとウエハWを中心からWNに向かうものと反対の方向に偏心させ、ウエハW上面の面内方向についてのプラズマと処理の結果としての加工後の形状の寸法のばらつきを大きくしてしまう虞がある。

#### 【0153】

このため、上記第3の実施例が備える伝熱ガスの排気経路のシール部210上部上面に配置された排気溝217また排気孔218の開口は、ウエハWが静電吸着層203上方に非接触で保持された状態で、ウエハWの半径方向についてノッチ部1202の最も中央側の端部よりも中央側に位置するように配置されている。さらに、シール部210上面の検出孔222上端の開口は、回転するウエハWの半径方向について当該ウエハWのノッチ部1202の最も中央側の端部より外周側であってウエハWの外周端より中央側に配置されている。

#### 【実施例4】

#### 【0154】

図15乃至18を用いて、上記の実施例で説明した試料台上にウエハを非接触で浮上させて保持する構成をウエハの搬送に適用した例を説明する。本例では、これまで説明した実施例の試料台101あるいは1001を、ロボットアーム等のウエハを載せたアームを搬送する方向に伸縮させて搬送する構造体のウエハを保持する部分として適用したものである。

#### 【0155】

なお、試料台101および1001において電極ブロック202は、高周波電源21が電気的に接続されるとともに内部に冷媒が通流する冷媒流路11とが配置されて温調ユニット26が接続されているが、本例のウエハの保持用の資料保持器102の試料台には高周波電源は接続されておらず冷媒流路11も備えられていない。試料保持器102は、ウエハを搬送中に回転させる必要がない場合には図2に示した実施例の試料台101の構成を、回転させる場合には図8または9の試料台101或いは図10に示した試料台1001の構成を備えることができる。

#### 【0156】

図15は、本発明の試料搬送機に係る実施例に係る試料保持器の構成の概略を模式的に示す側面図である。図15(a)は、試料保持器102上面方に隙間を空けてウエハW

10

20

30

40

50

を浮上させて非接触に保持した状態で搬送する本実施例の試料搬送機を示している。

【0157】

本図のウエハWを搬送する試料保持器102は、所望の方向に伸縮する搬送アーム103の先端に配置された試料台を含み、当該試料台は円筒形状を有した金属製の電極ブロック202およびその上面に配置された静電吸着層203を備えている。本例においても、静電吸着層203内に配置された図示されない膜状の電極に供給された直流電力により形成されウエハWを静電吸着層203に向けて誘引する静電吸着力と、ウエハWと静電吸着層203との間に供給されるガスによるウエハWを離間させる力をバランスさせてウエハWを非接触で静電吸着層203上方に保持して搬送する。

【0158】

また、本例の構成によれば、図15(a)の構成において、試料保持器102の上下を逆にして試料保持器102の静電吸着層203を下方に向かた状態でその表面に対してウエハWを離間させて非接触で保持した状態で、搬送アーム103を伸縮させて試料保持器102を移動させウエハWを搬送することができる。このような例を図15(b)に示した。

【0159】

本実施例においては、試料保持器102上でウエハWを保持して搬送している間にウエハWの温度を調節しない場合には、試料保持器102の静電吸着層203表面とウエハWとの間に供給されるガスは浮上力を発生するものであれば良く、熱伝導性が高いことを要しないため、より多くの種類からガスを選択できる。

【0160】

また、上記の実施例の試料台101或いは試料台1001と本例の試料保持器102とを組み合わせることで、ウエハWを非接触でロボットアーム等の試料搬送機と試料台との間で相互に受け渡し可能にすることができる。このような例を図16および図17を用いて説明する。

【0161】

図16及び図17は、図1乃至10に示す実施例のウエハを非接触に保持する試料台と図15に示す実施例の試料搬送機との間でウエハを搬送する動作を模式的に示す図である。なお、これらの図において図2乃至9に示した試料台101が例として示されているが、図10の実施例で示した試料台1001の構成が適用されてもよい。

【0162】

図16(a)は、図15に示す試料保持器102およびアーム103を有する試料搬送機104の表面上にウエハWが非接触に保持されて処理室33の外部から試料台101の静電吸着層203の上方まで搬送された状態を示す図である。この状態で、試料台101の静電吸着層203上面と試料保持器102の静電吸着層203上面またはウエハWの表面(図上下面)とは平行またはこれと同等となるように試料保持器102の位置または姿勢が調節される。

【0163】

試料保持器102の下方で保持されたウエハWの上下方向の中心の軸が下方の試料台101の静電吸着層203で覆われたウエハWが保持される円形またはこれと同等と看做せる程度に近似した形状を有する保持面の中心軸とが合致するかこれと看做せる程度に近似した位置で、図16(b)に示すように、ウエハWが保持された状態で、試料保持器102の静電吸着層203内の膜状電極に供給に供給される直流電力により試料搬送機104がウエハWに対して発生する静電吸着力を徐々に低下させて、試料保持器102の静電吸着層203表面に供給されるガスにより形成される試料保持台102の表面上方からウエハWを離間させる力を相対的に静電吸着力より大きくして、試料台101側に(図上下方に)ウエハWを非接触状態を保ちながら移動させる。

【0164】

なお、ウエハWの移動中においても、試料台101の静電吸着層203上面上方に伝熱ガス205を供給するとともに静電吸着層203内の膜状の電極に直流電力を供給して、

10

20

30

40

50

伝熱ガス 205 による試料台 101 上方への浮上力と下方への静電気力とを作用させる。上方から移動してくるウエハWに試料台 101 からこれら 2 つの力を作用させて、試料台 101 の上面に非接触に浮上させた位置で移動を停止させ保持する。

#### 【0165】

この後、試料搬送機 104 はアーム 103 の収縮によって処理室 33 内部から真空容器 20 の外部に移動し、図示しないゲートバルブが気密にゲートを閉塞して処理室 33 が密封される。この状態で、図 16 (c) に示すように、試料台 101 上方にウエハWを非接触に浮上させて上下方向および水平方向に位置決めした状態で、処理室 33 内に供給された処理用ガスを用いて形成されたプラズマ 43 を用いてウエハW上面に配置された膜構造の処理用の膜層のエッティング処理が実施される。

10

#### 【0166】

図 17 (a) は、図 16 (c) に示したウエハW上面の処理対象の膜層の所定のエッティング処理が終了が図示しない検出器により検出された後、上記ゲートバルブが開放され処理室 33 の外部から試料搬送機 104 がアーム 103 を伸長させて試料保持器 102 をその静電吸着膜 203 を下方の試料台 101 に向けてその上部の静電吸着膜 203 上方に保持されたウエハWの上方まで移動させた状態を模式的に示している。アーム 103 は、図 16 (b) と同様に、試料保持器 102 の静電吸着膜 203 のウエハWが保持される円形またはこれと同等の形状を有する保持面の上下方向の中心の軸が下方の試料台 101 の静電吸着層 203 のウエハWの保持面またはその上のウエハWの中心軸の中心軸とが合致するかこれと同等の位置でその位置が停止して保持される。

20

#### 【0167】

次に、図 17 (b) に示すように、試料台 101 のウエハWに対して発生する静電吸着力が徐々に低減され、試料台 101 上の静電吸着層 203 とウエハWとの間に供給されている伝熱ガス 205 によるウエハWの浮上力を静電吸着力より相対的に小さくされる。このため、ウエハWは図上上方の試料搬送機 104 の試料保持器 102 に向けて移動して送り出される。

#### 【0168】

本図は、ウエハWを非接触状態を保ちながら試料台 101 の上面上方から試料搬送機 104 の試料保持器 202 に近づけて移動させた状態を模式的に示す図である。なお、本実施例の試料保持機 104 では、下方から移動してくるウエハWをその下面上方に受け取つて保持する際には、試料保持器 102 の下面上方に伝熱ガス 205 が供給されて形成される浮上力と試料保持器 102 下面を構成する静電吸着層 203 内に配置された膜状の電極に供給される直流電力により形成される静電気力とが適切に調節され、ウエハWが非接触状態で試料搬送機 104 下面に浮上した状態で保持される。

30

#### 【0169】

このように試料搬送機 104 がウエハWを保持した状態で、処理室 33 の外部に移動することでウエハWが処理室 33 から搬出される。図 17 (c) は、試料搬送機 104 のアーム 103 を収縮させて試料台 101 上方から処理室 33 外部に移動している状態を模式的に示す図である。

#### 【0170】

40

図 18 は、図 15 乃至図 17 に説明した試料搬送機 104 および試料台 101 とを用いてウエハWの表面および裏面の両面にプラズマを用いた処理を実施する例を模式的に示す図である。すなわち、図 15 乃至図 17 に説明した試料台 101 と試料搬送機 104 との間のウエハWの受け渡しの構成を用いて、ウエハWを試料台 101 及び試料搬送機 104 に非接触に保持した状態を維持してウエハWを両面の各々を試料台 101 上方の処理室 33 の側に向けて非接触の保持し、表それぞれの面に配置された膜構造の処理対象の膜層をプラズマに曝露して処理を実施できる。

#### 【0171】

まず、図 18 (a) に示す通りに、ウエハWは試料台 101 上面上方で図 2 または図 7 または図 9 に示した実施例と同様にして非接触の状態で且つウエハWの A 面をプラズマが

50

形成される空間に向けた（処理室33の上方に向けた）状態で保持され、プラズマが処理室33内に形成されこれを用いてA面上に予め形成された膜構造の処理が施される。その後、処理室33内に進入した図15乃至17に示した試料搬送機104の試料保持器102下面に対してウエハWが当該下面と隙間をあけて非接触状態で受け渡され、試料搬送機104の処理室33への退出によって処理室33外に搬出される。

#### 【0172】

その後、ウエハWを上下逆転させて（図示せず）、再度試料搬送機104の試料保持器104の下面と隙間をあけてウエハWが当該下面とB面を対向させた状態で非接触に保持されて、処理室33内部に搬入され、試料台101上面上方に非接触状態が維持されて受け渡される。そして、ウエハWがB面をプラズマが形成される空間に向け（処理室33の上方に向け）て保持された状態で、図18（b）に示すように、プラズマが処理室33内に形成されこれを用いてB面上に予め形成された膜構造の処理が施される。

10

#### 【0173】

上記の構成ではウエハWのプラズマに面した上面の膜構造がプラズマにより処理されている間で、下面是その下方の試料台101上面と非接触状態でその上方で保持されているため、先に実施された面の処理により形成された膜構造の形状が後に実施される面の処理中に試料台101と接触して形状が変化し歩留まりが損なわれたり表面が汚染されたりすることが抑制される。このようにして、ウエハWの表面の汚染や処理の歩留まりの低下を抑制しつつウエハWの上下の2面にプラズマによる処理を実施することが可能となる。

20

#### 【0174】

なお、処理室33の外でウエハWを上下逆転させる手段として、ウエハWのA面の処理が終了した後に、ウエハWをウエハWを収納可能なストッカー内に収納し当該ストッカーの上下を逆転させて設置し直した後、ウエハWを再度試料搬送機104で非接触に保持してストッカーから取り出してもよい。この場合、ストッカーは、ウエハの外周近傍のみを把持する構造であることが望ましい。

#### 【産業上の利用可能性】

#### 【0175】

本発明は、上記の実施例に限定されず、異物の発生を抑制しながら、精密なウエハ温度管理を必要とする他の装置にも転用が可能である。例えば、ウエハを高温に加熱しながら処理を行う、アッシング装置、スパッタ装置、イオン注入装置、などにも有用であると考えられる。

30

#### 【符号の説明】

#### 【0176】

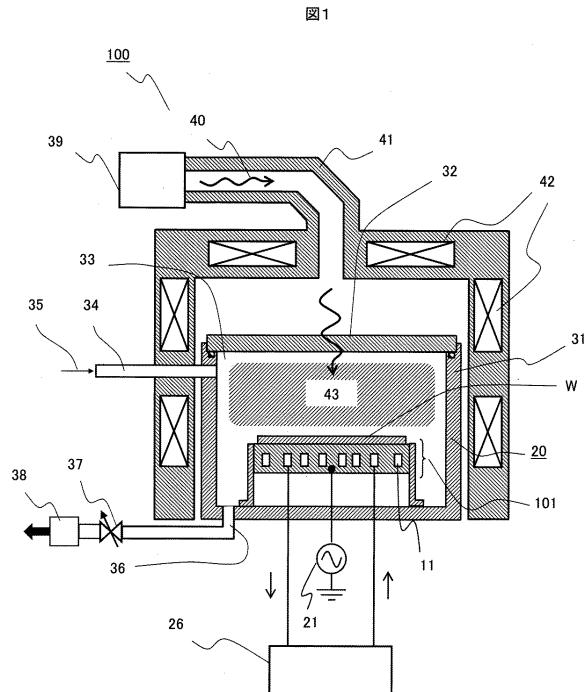
- 1 1 … 冷媒流路、
- 2 0 … 真空容器、
- 2 1 … 高周波電源、
- 2 6 … 温調ユニット、
- 3 1 … 処理室壁、
- 3 2 … 蓋部材、
- 3 3 … 処理室、
- 3 4 … ガス導入管、
- 3 5 … 処理ガス、
- 3 6 … 排気口、
- 3 7 … 圧力調節バルブ、
- 3 8 … ターボ分子ポンプ、
- 3 9 … マイクロ波発振器、
- 4 0 … マイクロ波、
- 4 1 … 導波管、
- 4 2 … ソレノイドコイル、
- 4 3 … プラズマ、

40

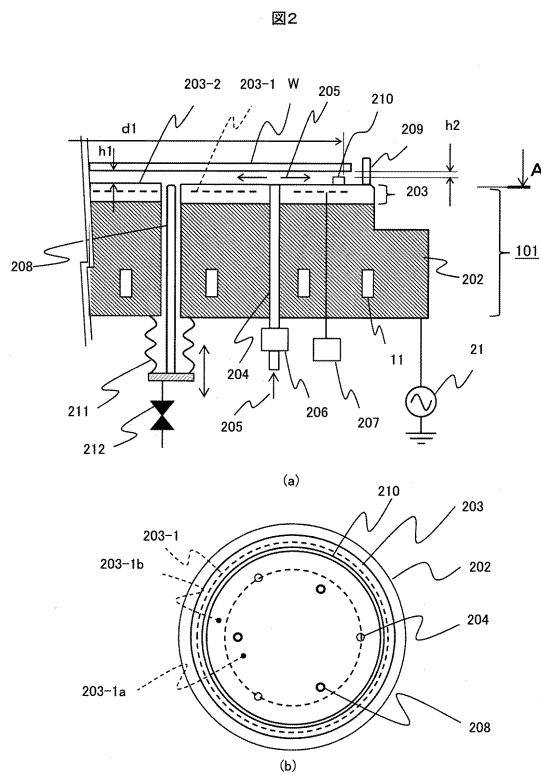
50

- 2 0 2 ... 電極ブロック、  
2 0 3 ... 静電吸着層、  
2 0 3 - 1 ... 内部電極、  
2 0 3 - 2 ... 絶縁体、  
2 0 4 ... 伝熱ガス供給通路、  
2 0 5 ... 伝熱ガス、  
2 0 6 ... 流量制御弁、  
2 0 7 ... 直流電源、  
2 0 8 ... リフトピン、  
2 0 9 ... ズレ防止部材 10  
2 0 9 a ... リングカバー、  
2 1 0 ... シール部、  
2 1 1 ... フレキシブル配管、  
2 1 2 ... 排気制御弁、  
2 1 5 ... 直流電源、  
2 1 6 ... ガス溝、  
2 1 7 ... 排気溝、  
2 1 8 ... 排気穴、  
2 1 8 - 1 ... 空洞、  
2 1 9 ... 排気ライン、 20  
2 2 0 ... フィードスルー、  
2 2 1 ... 真空ポンプ、  
2 2 2 ... 検出穴、  
2 2 3 ... 圧力計、  
2 2 4 ... 回転数制御器、  
2 2 5 ... 接着剤。

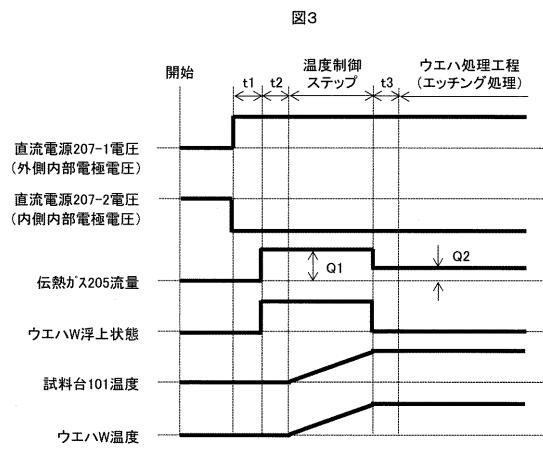
【 図 1 】



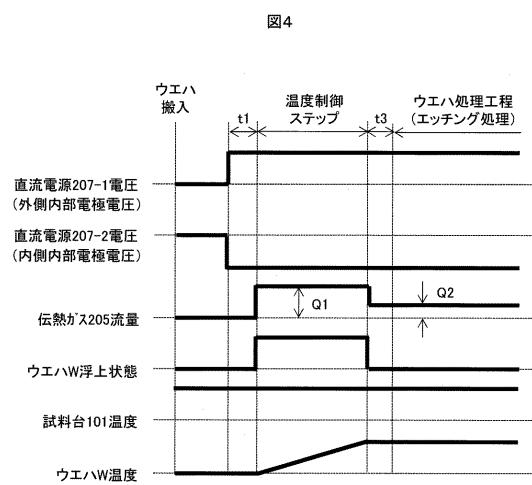
【図2】



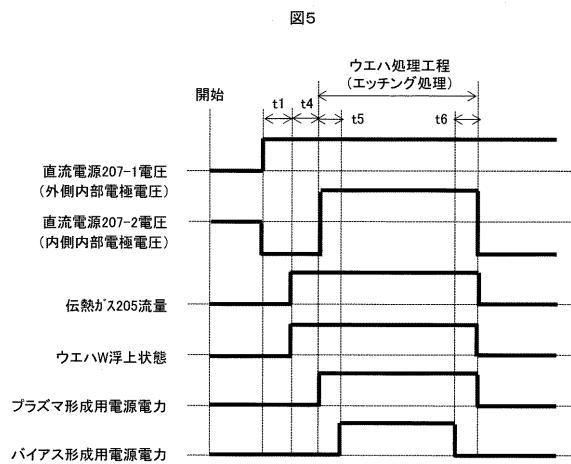
【 図 3 】



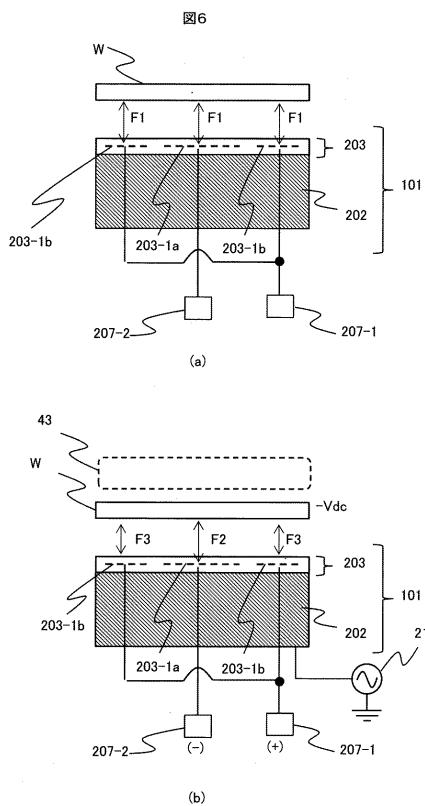
【 図 4 】



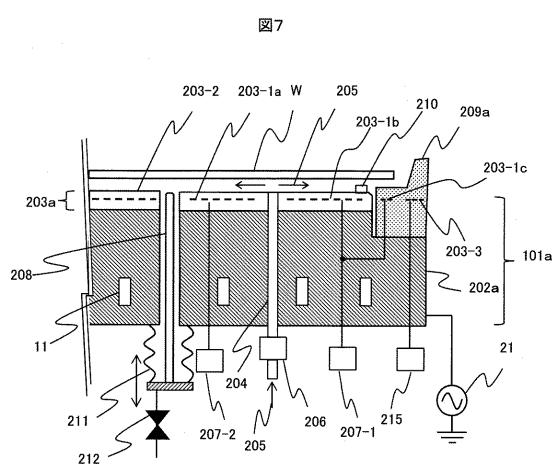
【図5】



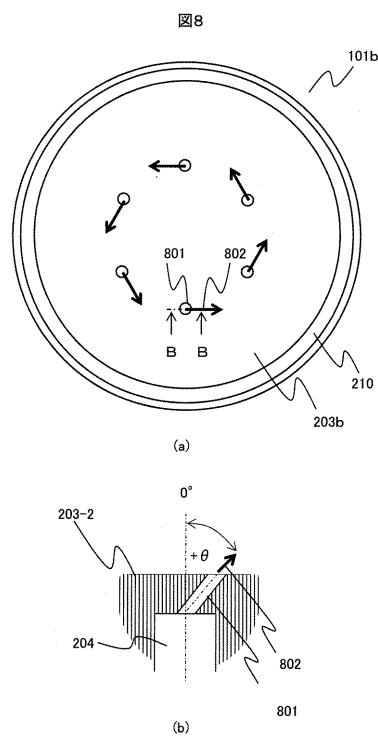
【図6】



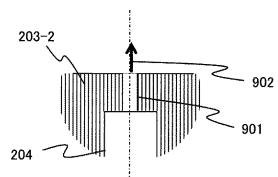
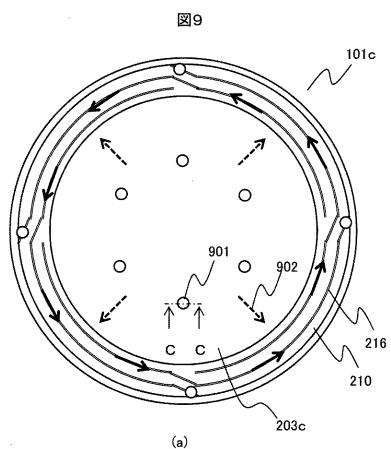
【図7】



【図8】

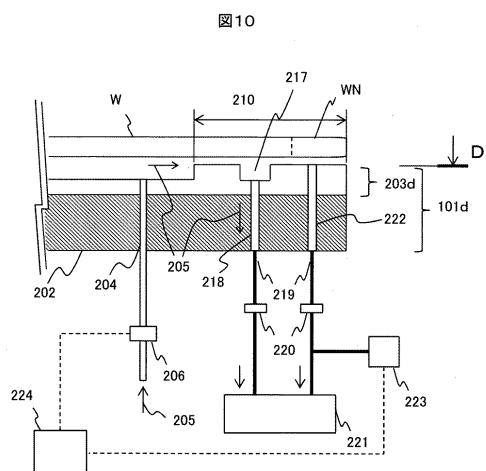


【図9】

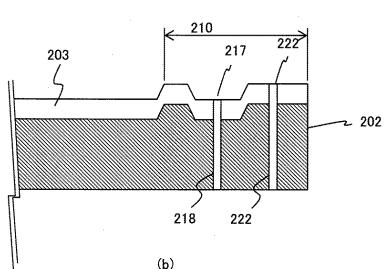
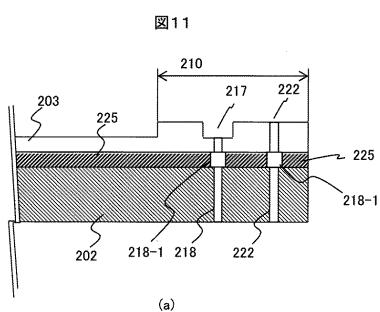


(b)

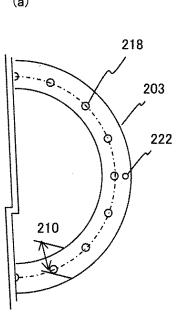
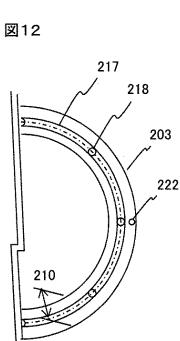
【図10】



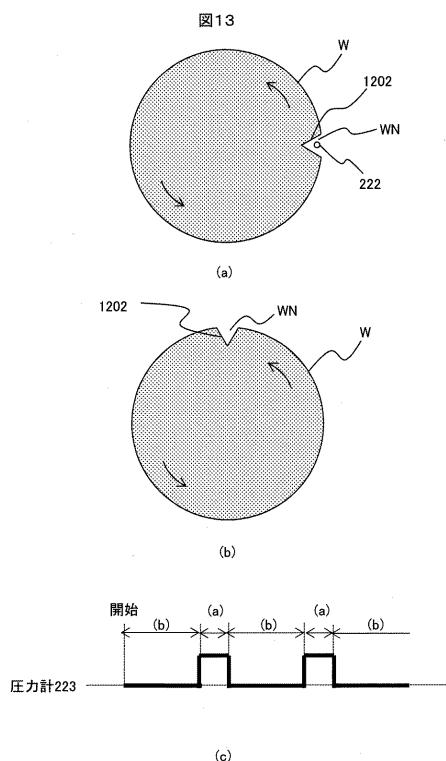
【図11】



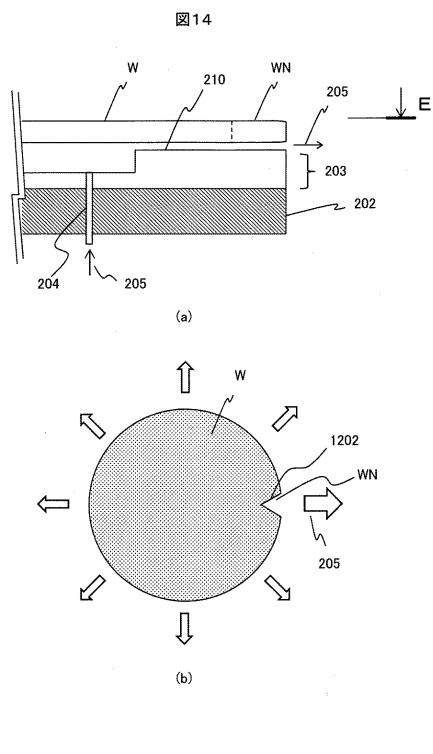
【図12】



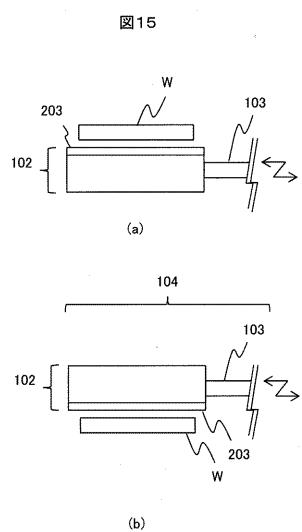
【図13】



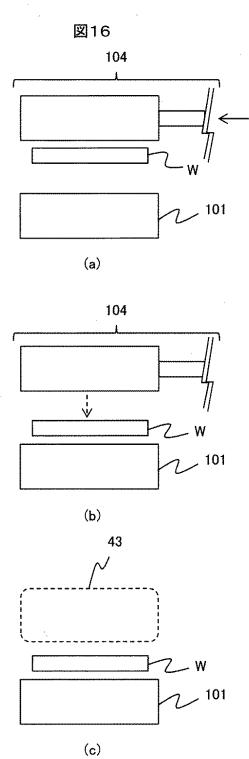
【図14】



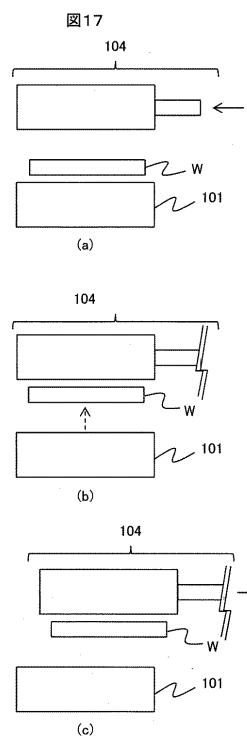
【図15】



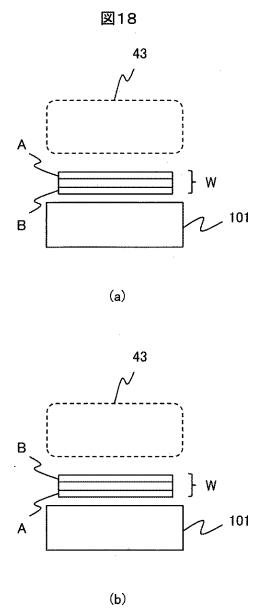
【図16】



【図17】



【図18】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2008/0280453(US,A1)  
米国特許出願公開第2016/0035610(US,A1)  
米国特許出願公開第2002/0142608(US,A1)  
特開2015-008249(JP,A)  
特開2009-158829(JP,A)  
特開2015-163736(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/302  
H01L 21/3065  
H01L 21/461  
H01L 21/67 - 21/683  
H05H 1/00 - 1/54