

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4909424号  
(P4909424)

(45) 発行日 平成24年4月4日(2012.4.4)

(24) 登録日 平成24年1月20日(2012.1.20)

(51) Int.Cl.

H O 1 L 21/683 (2006.01)

F 1

H O 1 L 21/68

R

請求項の数 6 (全 14 頁)

|              |  |  |
|--------------|--|--|
| (21) 出願番号    | 特願2010-56826 (P2010-56826)   | (73) 特許権者 000219967<br>東京エレクトロン株式会社<br>東京都港区赤坂五丁目3番1号        |
| (22) 出願日     | 平成22年3月13日 (2010.3.13)   | (73) 特許権者 000183266<br>住友大阪セメント株式会社<br>東京都千代田区六番町6番地28       |
| (62) 分割の表示   | 特願2004-351448 (P2004-351448)<br>の分割<br>原出願日 平成16年12月3日 (2004.12.3) | (74) 代理人 100096910<br>弁理士 小原 肇                               |
| (65) 公開番号    | 特開2010-135851 (P2010-135851A)                                      | (72) 発明者 西本 伸也<br>東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i<br>zタワー 東京エレクトロン株式会社内 |
| (43) 公開日     | 平成22年6月17日 (2010.6.17)   | (72) 発明者 中山 博之<br>東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i<br>zタワー 東京エレクトロン株式会社内 |
| 審査請求日        | 平成22年3月15日 (2010.3.15)   |  |
| (31) 優先権主張番号 | 特願2003-408224 (P2003-408224)                                       |  |
| (32) 優先日     | 平成15年12月5日 (2003.12.5)   |  |
| (33) 優先権主張国  | 日本国 (JP)   |  |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電チャック

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

静電気力を使用して被吸着基板を吸着する静電チャックであって、上記静電チャックは、外周縁部とその内側に、上記被吸着基板と接触する第1、第2の環状突起部を有し、且つ、上記第1、第2の環状突起部間及び上記第2の環状突起部の内側にそれ形成される第1、第2の領域内に上記熱伝導用ガスをそれぞれ供給する第1、第2のガス供給口を有し、上記第1の領域と上記第2の領域は、それぞれ上記第1、第2の環状突起部とは異なる複数の第1、第2の突起部を有し、上記第1の突起部と上記第2の突起部は、上記被吸着基板との単位面積当たりの接触面積、それぞれの突起部の個数密度及びそれぞれの突起部の高さのうち、少なくとも上記第1、第2の突起部の高さが異なり、上記第1の突起部の高さを上記第2の突起部の高さより低く設定することを特徴とする静電チャック。

## 【請求項 2】

上記第1の突起部の上記被吸着基板との単位面積当たりの接触面積比率を、上記第2の突起部の上記被吸着基板との単位面積当たりの接触面積比率より大きく設定したことを特徴とする請求項1に記載の静電チャック。

## 【請求項 3】

上記第2の突起部の上記被吸着基板との単位面積当たりの接触面積比率を、15%以下に設定したことを特徴とする請求項2に記載の静電チャック。

## 【請求項 4】

上記第2の突起部の高さを、30μm以上に設定したことを特徴とする請求項1～請求

項3のいずれか1項に記載の静電チャック。

【請求項5】

上記第1の突起部の個数密度を、上記第2の突起部の個数密度より大きく設定したことを特徴とする請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の静電チャック。

【請求項6】

上記第1、第2の突起部は、それぞれ同一径の円柱状を呈し、それぞれの径が0.5m以下であることを特徴とする請求項1～請求項5のいずれか1項に記載の静電チャック。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、被吸着基板を静電気力によって吸着固定する静電チャックに関し、更に詳しくは、被吸着基板の処理時に耐消耗性を高めると共に被吸着基板の面内温度を所望の温度に制御することができる静電チャックに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の静電チャック1は、例えば図12に示すように、被吸着基板（例えば、ウエハ）Wのプラズマ処理する際にプラズマ処理装置の載置体の一部として用いられるもので、ウエハWを載置体2上面に静電気力で吸着、固定するために用いられる。また、載置体2の載置面の周囲にはフォーカスリング3が配置され、このフォーカスリング3によって静電チャック1上のウエハWを囲んでいる。

20

【0003】

また、載置体2には整合器4Aを介して高周波電源4が接続され、所定の真空中で高周波電源4から所定の高周波電力を印加して上部電極（図示せず）との間でプロセスガスのプラズマを発生させ、フォーカスリング3によってプラズマをウエハW上面に集束させる。載置体2の内部には冷媒通路2Aが形成され、冷媒通路2Aを冷媒が循環することにより載置体2を冷却し、ウエハWを所定の温度に保持する。また、載置体2の内部には熱伝導性ガス（例えば、Heガス）のガス通路2Bが形成され、このガス通路2Bは載置体2上面の複数箇所で開口している。

【0004】

30

静電チャック1にはガス通路2Bに対応する貫通孔1Aが形成され、ガス通路2Bから供給されたHeガスを静電チャック1の貫通孔1Aから載置体2とウエハW間の隙間に供給し、静電チャック1とウエハW間の細隙に熱伝導性を付与し、載置体2によってウエハWを効率良く冷却する。静電チャック1は例えばアルミナ焼結体またはアルミナ溶射からなるセラミックによって形成され、その内部には直流電源5に接続された電極板1Bが介在している。静電チャック1は直流電源5から印加された高電圧によって発生する静電気力でウエハWを静電吸着する。また、載置体2には複数のリフタピン（図示せず）が昇降可能に設けられ、これらのリフタピンによって静電チャック1上でウエハWの受け渡しを行う。

【0005】

40

ところで、セラミック溶射による静電チャックは、ウエハWの吸着面が脆く、その成分からなるパーティクル等を発生し、ウエハW裏面にパーティクル等が付着しやすく、ウエハWの洗浄工程でのクロスコンタミネーションの問題を生じている。更に、ウエハWの吸着、引き離しの操作を繰り返す間に静電チャック1の表面が徐々に荒れて表面状態が変化し、ウエハ温度を初期の通り制御することができず、ウエハ温度が経時的に変化するという問題もあった。

【0006】

一方、アルミナ焼結体等によって形成された静電チャック1については、例えば特許文献1及び特許文献2に開示されている。特許文献1にはハロゲン系ガスのプラズマに対する耐腐食性を高めた静電チャックについて記載されている。また、特許文献2には、表面

50

に複数のドットが形成された静電チャックについて記載されている。これらの静電チャックの場合には上述のような問題を解消することができる。

#### 【0007】

【特許文献1】特許第3348140号公報

【特許文献2】特開2000-332091号公報

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0008】

しかしながら、特許文献1に記載の静電チャックの場合には、耐プラズマ性を高めることができるが、セラミック溶射の場合と同様に、静電チャックとウエハW間の隙間に狭く、しかも静電チャックの静電容量が大きいため、リフタピンを用いてウエハWを静電チャックから引き離す際、静電チャックの残留電荷による吸着力が原因でリフタピンによってウエハWが跳ね上げる虞があった。

#### 【0009】

また、特許文献2に記載の静電チャックの場合には、吸着面に多数のドットが形成されているため、ウエハWの跳ね上げに関する問題は解消することができる。しかしながら、静電チャックのドットの高さが5μm以下と低く、静電チャックとウエハW間の隙間に熱伝導性ガスを供給してもウエハW全面に均一に行き渡り難いため、ウエハ温度を速やかに制御することができず、静電チャックの表面に放射状の溝を設けて熱伝導性ガスがウエハW全面に行き渡るようにしているが、溝部分とそれ以外の部分での熱伝導性ガスによる熱伝達に差を生じやすく面内温度を均一に制御することが難しいという課題があった。また、ドットとウエハWとの接触面積が20%と大きいため、熱伝導性ガスにより所望の温度あるいは温度分布に制御することができなかった。また、この静電チャックの場合には耐プラズマ性に対しては明らかでない。

#### 【0010】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、残留電荷による被吸着基板の跳ね上げがなく、被吸着基板の外周縁部をその内側より効率よく冷却し、被吸着基板全面の面内温度を所望の温度あるいは温度分布に速やか且つ均一に制御することができる静電チャックを提供することを目的としている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0011】

また、本発明の請求項1に記載の静電チャックは、静電気力を使用して被吸着基板を吸着する静電チャックであって、上記静電チャックは、外周縁部とその内側に、上記被吸着基板と接触する第1、第2の環状突起部を有し、且つ、上記第1、第2の環状突起部間及び上記第2の環状突起部の内側にそれぞれ形成される第1、第2の領域内に上記熱伝導用ガスをそれぞれ供給する第1、第2のガス供給口を有し、上記第1の領域と上記第2の領域は、それぞれ上記第1、第2の環状突起部とは異なる複数の第1、第2の突起部を有し、上記第1の突起部と上記第2の突起部は、上記被吸着基板との単位面積当たりの接触面積、それぞれの突起部の個数密度及びそれぞれの突起部の高さのうち、少なくとも上記第1、第2の突起部の高さが異なり、上記第1の突起部の高さを上記第2の突起部の高さより低く設定することを特徴とするものである。

#### 【0013】

また、本発明の請求項2に記載の静電チャックは、請求項1に記載の発明において、上記第1の突起部の上記被吸着基板との単位面積当たりの接触面積比率を、上記第2の突起部の上記被吸着基板との単位面積当たりの接触面積比率より大きく設定したことを特徴とするものである。

#### 【0014】

また、本発明の請求項3に記載の静電チャックは、請求項2に記載の発明において、上記第2の突起部の上記被吸着基板との単位面積当たりの接触面積比率を、15%以下に設定したことを特徴とするものである。

10

20

30

40

50

## 【0016】

また、本発明の請求項4に記載の静電チャックは、請求項1～請求項3のいずれか1項に記載の発明において、上記第2の突起部の高さを、 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上に設定したことを特徴とするものである。

## 【0017】

また、本発明の請求項5に記載の静電チャックは、請求項1～請求項4のいずれか1項に記載の発明において、上記第1の突起部の個数密度を、上記第2の突起部の個数密度より大きく設定したことを特徴とするものである。

## 【0018】

また、本発明の請求項6に記載の静電チャックは、請求項1～請求項5のいずれか1項に記載の発明において、上記第1、第2の突起部は、それぞれ同一径の円柱状を呈し、それぞれの径が $0.5\text{ mm}$ 以下であることを特徴とするものである。 10

## 【発明の効果】

## 【0019】

本発明によれば、残留電荷による被吸着基板の跳ね上げがなく、被吸着基板の外周縁部をその内側より効率よく冷却し、被吸着基板全面の面内温度を所望の温度あるいは温度分布に速やか且つ均一に制御することができる静電チャックを提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0020】

【図1】本発明の静電チャックの一実施形態を適用したプラズマ処理装置を示す構成図である。 20

【図2】図1に示す静電チャックの突起部の分布状態を拡大して示す平面図である。

【図3】図1に示す静電チャックを示す平面図である。

【図4】図1に示す静電チャックの要部を拡大して示す部分断面図である。

【図5】図1に示す静電チャックの突起部の高さと、ウエハにおける熱伝導性ガスの到達距離と到達時間との関係を示すグラフである。

【図6】静電チャックの表面溝のウエハ温度への影響を観るための熱伝導解析結果を示すグラフで、(a)は溝幅とその近傍におけるウエハの温度分布を示すグラフ、(b)はその温度差分布を示すグラフである。 30

【図7】静電チャックの環状突起部のウエハ温度への影響を観るための熱伝導解析結果を示すグラフで、(a)はシール幅とその近傍におけるウエハの温度分布を示すグラフ、(b)はその温度差分布を示すグラフである。

【図8】図1に示す静電チャックと従来の静電チャックの表面粗度の経時的变化を示すグラフである。

【図9】図1に示す静電チャック及び従来の静電チャックとプラズマによる消耗速度との関係を示すグラフである。

【図10】図1に示す静電チャックの表面粗度とドライクリーニングとの関係を示すグラフである。

【図11】熱伝導性ガスのガス圧と、図1に示す静電チャックの表面粗度と、ウエハW温度との関係を示すグラフである。 40

【図12】従来の静電チャックを適用したプラズマ処理装置を示す構成図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0021】

本発明の静電チャックは、例えばプラズマ処理装置に用いることによって好適な結果が得られた。以下、プラズマ処理装置に用いられた静電チャックを例に挙げて説明する。

## 【0022】

以下、図1～図11に示す実施形態に基づいて本発明を説明する。

本実施形態のプラズマ処理装置10は、例えば図1に示すように、高真空を保持し得るチャンバー11と、このチャンバー11内に配置され且つ被吸着基板(例えば、ウエハ)Wを載置する載置体12と、この載置体12をチャンバー11から電気的に絶縁する絶縁 50

体 13 とを備え、チャンバー 11 に排気管 14A を介して接続された真空排気系 14 によって所定の真空中度を保持したチャンバー 11 内でウエハ W に対して所定のプラズマ処理を施すように構成されている。

#### 【 0023 】

上記載置体 12 は、電極 15 と、電極 15 上に接着剤によって貼り付けられた静電チャック 16 とを備えている。電極 15 には高周波電源 17 が接続され、高周波電源 17 から電極 15 に所定の高周波電力を印加してチャンバー 11 内でプラズマを発生させる。また、電極 15 内には冷媒流路 15A が形成され、冷媒流路 15A 内に所定の冷媒を供給して電極 15 及び静電チャック 16 を介してウエハ W を所定の温度に制御する。静電チャック 16 には後述のように高電圧直流電源 18 が接続され、高電圧直流電源 18 から静電チャック 16 に高電圧を印加して静電チャック 16 に静電気力を発生させ、静電チャック 16 上にウエハ W を吸着、固定する。10

#### 【 0024 】

また、上記載置体 12 には He ガス等の熱伝導性ガスを供給し、後述するように熱伝導性ガスによって静電チャック 16 とウエハ W 間の熱伝導性を高め、ウエハ W 全面の温度を均一に制御するようにしてある。即ち、載置体 12 には熱伝導性ガスを供給する供給源 19 がガス配管 19A を介して接続され、ガス配管 19A は二系統の第 1、第 2 の分岐配管 19B、19C に分岐している。第 1、第 2 の分岐配管 19B、19C にはそれぞれ第 1、第 2 のガス圧力制御器 20A、20B 及びバルブ 21A、21B が取り付けられ、これらのバルブ 21A、21B によって第 1、第 2 の分岐配管 19B、19C を開閉すると共にガス圧力制御器 20A、20B によって熱伝導性ガスの圧力を制御するようにしてある。第 1、第 2 の分岐配管 19B、19C は、バルブ 21A、21B の上流側で更に分岐し、バルブ 22A、22B 及びオリフィス 23A、23B を介して真空排気系 14 に接続され、真空排気系 14 によって熱伝導性ガスを所定の供給圧力に保つようしている。20

#### 【 0025 】

而して、上記静電チャック 16 は、図 1、図 2 及び図 4 に示すように、電極 15 に接着材 A により接着されたセラミック誘電体 16A と、セラミック誘電体 16A 内に形成された電極層 16B とから構成されている。静電チャック 16 の吸着面、即ちセラミック誘電体 16A の上面には多数の突起部 16C が略全面に均等に分散して形成されている。このように多数の突起部 16C を設けることによって静電チャック 16 における残留電荷の影響が軽減し、ウエハ W を静電チャック 16 から引き離す際の跳ね上げを防止することができる。これらの突起部 16C は、例えば図 2 に示すように互いに略等間隔を隔てて配置され、それぞれの上端はウエハ W との接触面として平坦に形成されている。30

#### 【 0026 】

上記複数の突起部 16C のウエハ W との接触面積は、ウエハ W の単位面積当たり 15% 以下に設定されていることが好ましい。この接触面積のウエハ W に対する割合は小さいほうが熱伝導性ガスによるウエハ 温度の制御を容易に行うことができるが、小さすぎると熱伝導性ガスよりも高い熱伝導率を有するセラミックで形成される突起部 16C を介してのウエハ W と冷媒との間の熱伝導が小さくなつてウエハ W の平衡温度が上昇する。ウエハ W の単位面積当たりの接触面積比率が 15% を超えると、熱伝導性ガスによる温度制御性が低下するため好ましくない。本実施形態では所望の平衡温度と温度制御性を実現するため 15% に設定されている。40

#### 【 0027 】

熱伝導性ガスによるウエハ 温度の制御性は、突起部 16C 間の底面と突起部 16C の側面との合計の総接ガス面積によって大きく変化する。つまり、熱伝導性ガスによるウエハ W への熱伝導は、ウエハ W 裏面と直接接觸している部分からの熱伝導以外に、突起部 16C 間の底面と突起部 16C の側面とから突起部 16C を経由する熱伝導が存在する。そのため、総接ガス面積が大きいほど熱伝導性ガスによる熱伝導効率が良い。

#### 【 0028 】

ウエハ W と突起部 16C の総接觸面積が同一の場合、突起部 16C の高さが高いほど突50

起部 16 C の側面の面積が大きくなり、延いては総接ガス面積は大きくなるため好ましい。また、個々の突起部 16 C の任意の高さの水平断面が同一形状の突起部が複数形成されている場合には、個々の突起部 16 C の水平断面（ウエハWとの接触面）が小さいほど総接ガス面積が大きくなるため好ましい。

#### 【0029】

突起部 16 C は、ウエハWと突起部 16 C の単位面積当たりの接触面積比率〔(突起部表面接触部 / ウエハ面積) × 100 %〕を 15 % 以下に設定することが好ましい。ウエハ温度の制御性を勘案すれば、突起部 16 C は、直径 0.5 mm 以下、高さ 30 μm 以上が好ましく、高さは 40 μm 以上がより好ましい。また、突起部 16 C の直径と高さのアスペクト比（高さ / 直径）が 1 より大きくなると、突起部 16 C がウエハWとの擦れ等によって破損する虞があるため、直径の下限及び高さの上限はアスペクト比で 1 以下の範囲に設定することが好ましい。個々の突起部 16 C は、例えば、円柱状で、水平断面の直径が 0.5 mm、高さが 30 μm に設定されている。

#### 【0030】

突起部 16 C の総側面面積を大きく設定するために、水平断面形状を円形状ではなく橢円形状や方形形状にしても良く、また、突起部 16 C の側面は垂直面ではなく傾斜あるいは段差を付けて下側の断面が大きい構造にしても良い。また、突起部 16 C の先端のエッジ部は削れによるパーティクルの発生を抑制するため、曲面形状にすることが好ましい。この場合、ウエハWとの接触面は、曲面部分を含まずウエハWと接触する部分のみである。

#### 【0031】

また、上記複数の突起部 16 C 間の距離  $d$  は、図 4 に示すように、2 mm 以下、好ましくは 1 mm 以下、更に好ましくはウエハWの厚み  $t$  と略等しいか、あるいは厚み  $t$  より短くなるように設定されていることが好ましい。距離  $d$  と厚み  $t$  とを略等しく設定することにより、突起部 16 C 上面からウエハWの表面まで熱伝達する時間とこの突起部 16 C から隣接する突起部 16 C まで熱伝達する時間が略等しくなり、ウエハW表面での突起部 16 C と空間部との温度差が小さくなる。

#### 【0032】

また、上記突起部 16 C の高さは、高い方が静電チャック 16 とウエハW間の空間全体に熱伝導性ガスが瞬時に到達するため好ましい。このような点を勘案すると突起部 16 C の高さは、上述した 30 μm 以上、より好ましくは 40 μm 以上の高さに設定されていることが好ましい。30 μm 未満では熱伝導性ガスが静電チャック 16 とウエハW間の空間全体に到達する時間が長くなり、ウエハ温度の制御性が低下する虞がある。このことを実証するデータが図 5 である。図 5 は突起部 16 C の高さが 10 μm 及び 30 μm における、ウエハWにおける熱伝導性ガスの到達距離と時間との関係を示すグラフである。図 5 からも明らかなように、突起部 16 C の高さが 10 μm の場合にはガス供給部からの距離が長くなると急激に熱伝導性ガスの到達時間が長くなるが、その高さが 30 μm 以上の場合には瞬時にしてウエハWの全体に到達することが判る。

#### 【0033】

更に、突起部 16 C の高さが 10 μm 程度と低い場合には、突起部 16 C が形成される底面部に例えば溝等のガス拡散機構を設け、ガス拡散機構を介して熱伝導性ガスを速やかに拡散させ、短時間でウエハW全体に到達させる必要があった。本実施形態では上述したように、突起部 16 C の高さを 30 μm 以上に高く設定することにより、ガス拡散機構を設ける必要がなくなり、製造コストを低減し且つ溝での温度不均一などの問題を生じることがない。

#### 【0034】

また、図 1、図 3 に示すように、静電チャック 16 の外周縁部には多数の突起部 16 C と同一高さの第 1 の環状突起部 16 D が形成され、この環状突起部 16 D によって静電チャック 16 とウエハW間の隙間に供給される熱伝導性ガスをウエハW面内に封止するシールリングとして機能する。また、第 1 の環状突起部 16 D の内側には第 1 の環状突起部 16 D と同心円状に第 2 の環状突起部 16 E が複数の突起部 16 C と同一高さに形成され、

10

20

30

40

50

この環状突起部 16 E によって第 1 の環状突起部 16 D 内の領域を二分割している。即ち、図 3 に示すように、第 1 の環状突起部 16 D と第 2 の環状突起部 16 E との間にリング状の第 1 の領域 16 F が形成され、第 2 の環状突起部 16 E の内側に円形状の第 2 の領域 16 G が形成され、第 2 の環状突起部 16 E が第 1 、第 2 の領域 16 F 、 16 G 間のシールリングとして機能する。尚、図 3 では突起部 16 C は図示していない。

#### 【 0 0 3 5 】

従って、静電チャック 16 でウエハ W を静電吸着すると、ウエハ W は多数の突起部 16 C 及び第 1 、第 2 の環状突起部 16 D 、 16 E とそれぞれ接触し、ウエハ W と静電チャック 16 の間に第 1 、第 2 の領域 16 F 、 16 G に対応した 2 つの空間が形成される。以下では、第 1 、第 2 の領域 16 F 、 16 G に対応するそれぞれの空間を必要に応じて第 1 、第 2 の空間 16 F 、 16 G と称する。10

#### 【 0 0 3 6 】

而して、第 1 、第 2 の領域 16 F 、 16 G にはそれぞれ図 3 に示すように第 1 、第 2 のガス供給口 16 H 、 16 I が複数個ずつ形成され、これらのガス供給口 16 H 、 16 I にはそれぞれ後述するように第 1 、第 2 の分岐配管 19 B 、 19 C が接続されている。尚、図 3 において、 16 J はリフタピン 24 が昇降する孔である。

#### 【 0 0 3 7 】

第 1 、第 2 の分岐配管 19 B 、 19 C は、図 1 に示すように、絶縁体 13 上面に形成された第 1 、第 2 の環状凹部 13 A 、 13 B に接続され、これらの環状凹部 13 A 、 13 B 内に熱伝導性ガスを供給するようにしてある。また、同図に示すように、電極 15 及び静電チャック 16 にはそれぞれ第 1 、第 2 の領域 16 F 、 16 G と連通する第 1 、第 2 の連通路 25 、 26 が形成されている。従って、ガス供給源 19 の熱伝導性ガスは、第 1 、第 2 の分岐配管 19 B 、 19 C 、第 1 、第 2 の環状凹部 13 A 、 13 B 、第 1 、第 2 の連通路 25 、 26 及び第 1 、第 2 のガス供給口 16 H 、 16 I を経由して静電チャック 16 の第 1 、第 2 の空間 16 F 、 16 G に達する。20

#### 【 0 0 3 8 】

静電チャック 16 とウエハ W 間の空間を第 1 、第 2 の環状突起部 16 D 、 16 E によって第 1 、第 2 の空間 16 F 、 16 G に二分割することによって各空間 16 F 、 16 G 内に供給される熱伝導性ガスの圧力を個別に制御することができる。ウエハ W のプラズマ処理を行うと、ウエハ W の外周縁部がその内側よりも温度が高くなる。そこで、第 1 の空間 16 F 内の熱伝導性ガスの圧力を高く、例えば 40 Torr に設定して熱伝導性を高め、第 2 の空間 16 G 内の熱伝導性ガスの圧力を低く、例えば 10 Torr に設定して第 1 の空間 16 F 内の熱伝導性を第 2 の空間 16 G 内の熱伝導性より高く設定することによってウエハ W 全面の温度を均一に制御することができる。30

#### 【 0 0 3 9 】

また、第 1 、第 2 の空間 16 F 、 16 G 内の突起部 16 C をそれぞれ第 1 、第 2 の突起部と定義すれば、第 1 の突起部のウエハ W との接触面積比率を、第 2 の突起部のウエハ W との接触面積比率より大きく設定することによって突起部 16 C を介したウエハ W と冷媒との間の熱伝導を高めて、ウエハ W 全体の温度を均一に制御することができるが、ウエハ 周縁部の熱伝導ガスによる温度制御性はその内側よりも低くなる。この時、同じ接触面積比率で第 1 の突起部の個数密度を第 2 の突起部の個数密度より大きく設定することによりウエハ W 周縁部の熱伝導性ガスによる温度制御性を高めることができる。また、第 1 の突起部の高さを第 2 の突起部の高さより低く設定することにより同様にウエハ 周縁部の温度を低くすることができる。40

#### 【 0 0 4 0 】

このように静電チャック 16 とウエハ W 間の空間を二分割してそれぞれ独立して熱伝導性ガスの圧力を制御する構成を採用することにより、ウエハ W 周縁部と中心部それぞれにおけるウエハ 温度を独立して制御することができるため、例えばプラズマ状態が不均一であってもウエハ W 面内のエッティング速度やエッティング形状等を均一に制御することができる。50

**【0041】**

第2の環状突起部16Eと第1、第2の空間部16F、16G内のリング状に配置された最寄りの突起部16Cとの間の距離は、2mm以下、好ましくは1mm以下、更に好ましくはウエハWの厚みtと略等しいか、あるいは厚みtより短くなるように設定されていることが好ましい。第2の環状突起部16Eと最寄りの突起部16Cとの隙間が熱伝導に与える影響を観るためにより影響が出やすい構造と考えられる突起部領域間に複数種の幅を持った溝を設けた場合について検証した。

**【0042】**

図6の(a)、(b)は有限要素法を用いて次の設定条件で行った熱伝導解析の結果を示している。即ち、図6の(a)、(b)に示すウエハにおける温度分布及び温度差分布は、突起部領域の接触面積率を15%、その高さを30μm、バックサイドガス圧力を15Torr、ウエハ厚さを0.7mmに設定し、更にウエハWの温度が60になるよう、下部電極の温度を25に設定し、ウエハへの入熱量を3.4W/cm<sup>2</sup>、溝深さ(無限長さ)をより影響の出やすい100μmに設定し、溝幅を0mm、1mm、2mm、3mm及び4mmの5種類に設定して計算した結果を示している。

10

**【0043】**

更に、上記条件でレジストが塗布されたウエハを酸素プラズマによって実際にエッティングし、エッティング速さを測定したところ、溝幅1.7mmの場合にはレジストをエッティングしても溝によるエッティングへの影響のないことを確認した。上記解析結果と実験結果とを比較すると、図6の(a)、(b)に示す解析結果では溝幅が2mmの場合にはウエハの溝幅中心とその周辺における温度差は約1であることから、溝周辺の温度差を1以下に抑えるためには溝幅を2mm以下に設定することが好ましいことが判る。この際、突起部間の間隔が溝幅以上に大きいと、温度差が大きくなるため、好ましくは1mm以下、更に好ましくはウエハWの厚み以下に設定されていることが好ましい。本実施形態では第2の環状突起部16Eと最寄りの突起部16Cの距離が0.5mmに設定されている。従って、ウエハW裏面が接触面積比率の小さい突起部16Cによって形成された静電チャック16であっても第2の環状突起部16Eの影響受けることなく、ウエハW全面で所望の温度分布を実現することができる。

20

**【0044】**

ウエハWと突起部16Cの単位面積当たりの接触面積比率が15%、個々の突起部16Cが円柱状、水平断面の直径が0.5mm、高さが30μmの条件で、バックサイドガス(He)圧力を中心部で5Torr、周縁部で40Torr、ウエハWの温度が60になるよう、電極の温度を25に設定した状態でウエハWを吸着させたところ、到達平衡温度の95%の温度に達するまでの時間は14.4秒であり、従来のセラミック溶射の静電チャックと略同等の温度応答性があった。従って、温度応答性をより良くするためににはウエハWと突起部16Cとの単位面積当たりの接触面積比率を15%以下とし、同一の接触面積比率においては円柱状の突起部16Cの水平断面(ウエハとの接触面)の直径を0.5mm以下、高さを30μm以上に設定することが好ましいことが実証された。この場合、平衡温度が上昇するため、冷媒温度を下げるなどして冷却能力を高く設定することが好ましい。

30

**【0045】**

また、図7の(a)、(b)は有限要素法を用いて次の設定条件で第1、第2の環状突起部16D、16Eのシール幅の温度分布への影響について行った熱伝導解析の結果を示している。即ち、図7の(a)、(b)に示すウエハにおける温度分布及び温度差分布は、突起部の接触面積率を15%、その高さを30μm、バックサイドガス圧力を15Torr、ウエハ厚さを0.7mmに設定し、更にウエハWの温度が60になるよう、下部電極の温度を25に設定し、ウエハへの入熱量を3.4W/cm<sup>2</sup>、シール高さを30μmに設定し、シール幅を0mm、0.5mm、1.0mm、1.5mm及び2.0mmの5種類に設定して計算した結果を示している。

40

**【0046】**

50

更に、レジストエッチング速度の点から温度差約1℃以内が好ましいことから、シール幅を1.5mm以下に設定することが好ましいことが判った。この際、シール幅が狭すぎるとバックサイドガスがリークする虞があるため、1mm以上に設定することが好ましい。ガスリークに関しては、環状突起部の表面粗度Raが0.2~0.3μmの場合にはリーク量を1sec以下に抑制するためにはシール幅として3mm以上が必要である。第2の環状突起部15Eの場合には多少のリークがあっても影響が少ないため、1.0~1.5mmの範囲に設定することが好ましい。

#### 【0047】

而して、上記静電チャック16を形成するセラミック誘電体16Aは、所定の平均粒径を有する結晶粒子を含むと共に突起部16CのウエハWとの接触面（上面）が結晶粒子の平均粒径に依存する表面粗度に形成（加工）されている。結晶粒子の平均粒径に依存する表面粗度とは、セラミック誘電体をプラズマによるドライクリーニングにより表面がスパッタされて経時的に変化し、最終的に一定の表面粗度に到達してそれ以上表面粗度が変化せず安定する時の表面粗度のことを云う。安定する時の表面粗度は、結晶粒子の平均粒径が小さいほど小さく、結晶粒子の平均粒径が大きいほど大きくなる。

10

#### 【0048】

本実施形態では、結晶粒子の平均粒径が1~2μmであり、プラズマによるドライクリーニングで最終的に到達する表面粗度がRa0.2~0.3μmになる。従って、突起部16Cの表面粗度を予めRa0.2~0.3μmに加工しておく。これによりドライクリーニングを複数回繰り返してもこの表面粗度以上に突起部16Cの表面が荒れることはなく、終始安定した熱伝達性能を保持することができ、ウエハ温度の制御性が終始安定する。結晶粒子の平均粒径が2μmより大きい場合には、プラズマ処理によってスパッタされて経時的に変化し、安定する表面粗度は0.3μmより大きくなるため、突起部16Cの先端は予め0.3μmより大きい所定の表面粗度に加工しておく必要がある。一方、結晶粒径の平均粒径が1μmより小さい場合には、プラズマ処理によってスパッタされて経時的に変化し、安定する表面粗度は0.2μmより小さくなるため、突起部16Cの先端は予め0.2μmより小さい所定の表面粗度に加工しておく必要がある。

20

#### 【0049】

また、図8は、ヴィッカース硬度の高い本実施形態の静電チャックと、本発明に含まれない静電チャックの運転時間（ウエハWを載置しない状態で静電チャックをO<sub>2</sub>プラズマに曝す、ウエハドライクリーニングの積算時間）とそれぞれの突起部16Cの表面粗度を比較したグラフである。尚、図8において、本実施形態の静電チャックは印で示し、その結晶粒子の平均粒径は1~2μmであった。また、本発明に含まれない静電チャックは

30

印で示し、その結晶粒子の平均粒径は1.2μmであった。この図からも明らかのように、本発明外の静電チャックは運転時間開始後40時間で表面粗度が約0.1μmから0.6μmまで急激に高くなり、40時間以降は表面粗度が0.5~0.6μmの荒れた状態で悪化して若干安定している。これに対して本実施形態の静電チャック16は運転開始時の表面粗度0.1μm弱から運転時間100時間で0.1μm強まで僅かに高くなるが、プラズマによる荒れが軽微であることが判る。

40

#### 【0050】

突起部16Cの表面粗度は、結晶粒子の平均粒径が異なっていても結晶粒子の粒径に依存する表面粗度で安定するため、予め安定する表面粗度に加工しておくことによって表面粗度の経時変化をなくすことができる。つまり、図8に示す本実施形態の静電チャックの場合には予め約Ra0.25μm（加工精度にバラツキがあるため、管理幅はRa0.2~0.3μmになる）に加工し、同図に示す本発明以外の静電チャックの場合には予め約Ra0.5~0.6μmに加工しておけば良いことが判る。

#### 【0051】

上記静電チャック16を形成するセラミック誘電体16Aは、酸化アルミニウムを主成分とするアルミナ焼結体が好ましく、更に、この焼結体は炭化珪素を含んでいることが好ましい。炭化珪素を添加することにより硬度や耐摩耗性を高めることができる。また、こ

50

の静電チャック 16 は、高温高圧下で焼成された焼結体であることがより好ましい。高温高圧下で焼成することによって静電チャック 16 の硬度を更に高くすることができ、ヴィッカース硬度 Hv 2000 以上の硬度を得ることができ、耐プラズマ性及び耐磨耗性を更に向上させることができ、延いてはウエハ W の吸着、引き離しによる突起部 16 C 上面の荒れを防止することができる。

#### 【0052】

また、図 9 は本実施形態の静電チャック 16 に用いられた焼結体と他のセラミックの耐プラズマ性を比較したグラフである。図 9 では、本実施形態に用いられた焼結体は炭化珪素を含み高温高圧下で焼成した試料 No. 3 で示してあり、ヴィッカース硬度 Hv が 2200 であった。他の試料 No. 1 はアルミナ溶射による一般的な静電チャックで、そのヴィッカース硬度 Hv が 1000 であった。また、試料 No. 2 は常圧下で酸化アルミニウムのグリーンシートを焼結したセラミック誘電体からなる静電チャックで、そのヴィッカース硬度 Hv が 1000 であった。また、試料 No. 4 は酸化アルミニウムを主成分とし、常圧下でグリーンシートを No. 2 とは異なる条件で焼結したセラミック誘電体からなる静電チャックで、そのヴィッカース硬度 Hv が 1400 であった。図 9 からも明らかなように、本実施形態以外のいずれの試料もヴィッカース硬度 Hv が 2000 より低く、プラズマによる消耗速度が速く、耐プラズマ性に劣ることが判る。

#### 【0053】

また、図 10 は本実施形態の静電チャック 16 における突起部 16 C の表面粗度とウエハレスドライクリーニング時間との関係を示したグラフである。静電チャック 16 として焼結体のアルミナ粒子の結晶粒径が約 1 μm のものを用い、図 10 に示すように表面粗度 Ra が 0.09 ~ 0.29 μm の範囲になるように突起部 16 C の表面加工を行い、各静電チャック 16 とドライクリーニング時間との関係を観た。図 10 からも明らかなように、いずれの表面粗度を有する静電チャック 16 もクリーニング時間の経過と共に一定の表面粗度に収束することが実証された。そして、この収束値が Ra 0.25 μm であることが判る。この値は他の表面粗度 Ry に換算すると 1.7 μm であった。尚、ウエハレスドライクリーニング時のプラズマ電位 (Vpp) は 600 V であった。

#### 【0054】

また、図 11 は熱伝導性ガス (He ガス) の種々の圧力に対する、突起部 16 C の表面粗度とウエハ温度との関係を示している。図 11 からも明らかなように、突起部 16 C の表面粗度 Ra が 0.2 μm より大きくなるとウエハ温度が徐々に高くなり、載置体 12 側からの冷却効率が徐々に低下していることが判る。特に、表面粗度 Ra が 0.27 μm 前後から急激に冷却効率が低下する傾向にある。しかし、表面粗度 Ra が 0.2 μm よりも小さくなると略一定の冷却効率を示していることが判る。従って、突起部 16 C の表面粗度 Ra が本発明の 0.2 ~ 0.25 μm の範囲で加工にバラツキがでたとしても、熱伝導性ガスの圧力が 10 Torr で 8 、 40 Torr で 3 の変動に抑制することができ、安定した冷却効率を保持することができる。つまり、突起部 16 C 先端面の表面粗度 Ra が 0.25 μm 以下では表面粗度 Ra の影響が小さくなり、0.2 μm 以下では略一定の冷却効率を示す。尚、40 Torr 及び 10 Torr は本実施形態の静電チャック 16 の第 1、第 2 の空間 16 F、16 G 内の圧力である。

#### 【0055】

突起部 16 C の先端面を仕上げ加工する際に、表面粗度 Ra を好ましくは 0.25 μm 以下、より好ましくは 0.2 μm 以下に設定することにより、加工バラツキ等で表面粗度 Ra が若干変化しても、冷却効率は表面粗度 Ra の影響を受け難くなる。突起部 16 C の先端面は所定の接触面積に設計されていても、実際は表面粗度 Ra の影響で実質的な接触面積は実際の設計値よりも小さい。表面粗度 Ra が大きい場合には同一のバックサイドガス圧力でも図 11 に示すようにウエハ W の平衡温度が高くなる。従って、静電チャックを設計する場合には、表面粗度 Ra を小さく設定して平衡温度を低くする必要がある。この表面粗度 Ra は、上述したように 0.25 μm 以下、より好ましくは 0.2 μm 以下が好ましい。

10

20

30

40

50

**【0056】**

以上説明したように本実施形態によれば、静電チャック16は、第1、第2の環状突起部16D、16Eを有し、且つ、第1、第2の環状突起部16D、16E間及び第2の環状突起部16Eの内側にそれぞれ形成される第1、第2の空間16F、16G内に熱伝導用ガスをそれぞれ供給する第1、第2のガス供給口16H、16Iを有するため、第1、第2の空間16F、16G内に供給する熱伝導用ガスの圧力を個別に制御し、第2の空間16G内よりも第1の空間16F内の熱伝導性ガスの圧力を高く設定することにより、温度が高くなりがちなウエハW外周縁部を内側よりも効率良く冷却し、ウエハW全面を所望の温度に制御することができる。

10

**【0057】**

また、本実施形態によれば、第1の領域16Fと第2の領域16Gは、それぞれ第1、第2の環状突起部16D、16Eとは異なる複数の第1、第2の突起部を有し、第1の突起部と第2の突起部は、ウエハWとの単位面積当たりの接触面積、それぞれの突起部の個数密度及びそれぞれの突起部の高さの少なくともいずれか一つが異なるようにしたため、ウエハWの外周縁部とその内側部の温度制御性を異ならせることができる。

**【0058】**

また、複数の突起部のウエハ単位面積当たりの接触面積比率を15%以下に設定したため、ウエハ温度の制御性を更に高め、ウエハW全面を所望の温度に制御することができる。また、第1の突起部のウエハWとの接触面積比率を、第2の突起部のウエハWとの接触面積比率より大きく設定することによって突起部16Cを介したウエハWと冷媒との間の熱伝導を高めて、ウエハW全体の温度を均一に制御することができるが、ウエハW周縁部の熱伝導ガスによる温度制御性はその内側よりも低くなる。

20

**【0059】**

この時、同じ接触面積比率で第1の突起部の個数密度を第2の突起部の個数密度より大きく設定することによりウエハW周縁部の熱伝導性ガスによる温度制御性を高めることができる。また、第1の領域16Fの第1の突起部の高さを、第2の領域16Gの第2の突起部の高さより低く設定したため、ウエハW周縁部の温度を低くすることができる。

**【0060】**

更に、第2の突起部の高さを、30μm以上の高さに設定したため、熱伝導性ガス用の溝を形成せずに短時間で熱伝導性ガスをウエハW全体に行き渡らすことができ、ウエハW全面の温度の応答性を高めることができる。また、第1、第2の領域16F、16Gそれぞれの第1、第2の突起部は、それぞれ同一径の円柱状を呈し、それぞれの径が0.5mm以下であるため、各突起部と熱伝導性ガスによる熱伝達性が良く、ウエハWと接触する熱伝導性ガスからの熱伝達と相俟ってウエハを所望の温度に制御することができる。

30

**【0061】**

尚、本発明は上記実施形態に何等制限されるものではない。本発明の要旨を変更しない限り本発明に包含される。

**【産業上の利用可能性】****【0062】**

本発明は、プラズマ処理装置等の静電チャックとして利用することができる。

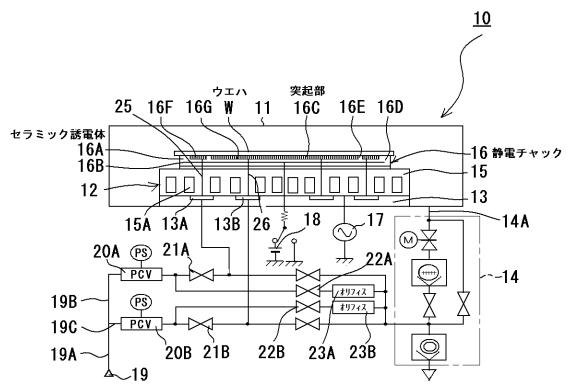
40

**【符号の説明】****【0063】**

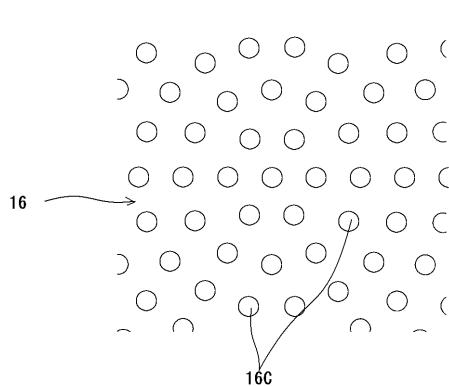
- 16 静電チャック
- 16A セラミック誘電体
- 16C 突起部
- 16D 第1の環状突起部
- 16E 第2の環状突起部
- 16H 第1のガス供給口
- 16I 第2のガス供給口

50

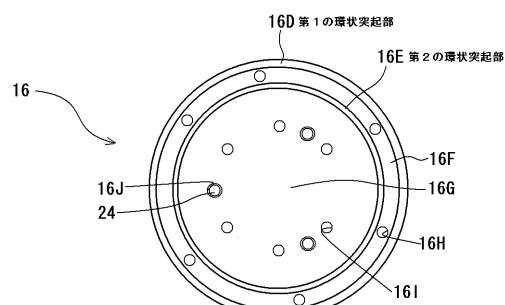
【図1】



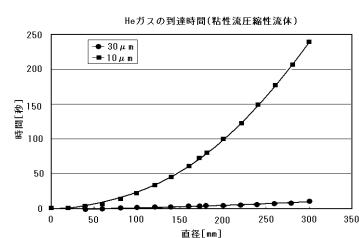
【図2】



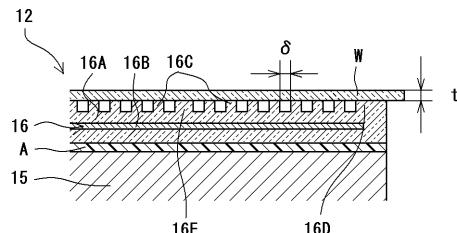
【図3】



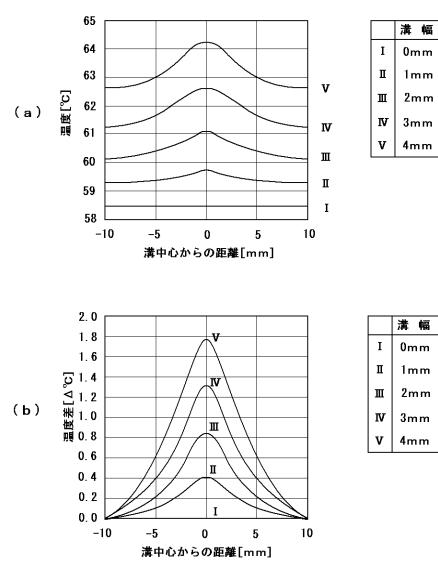
【図5】



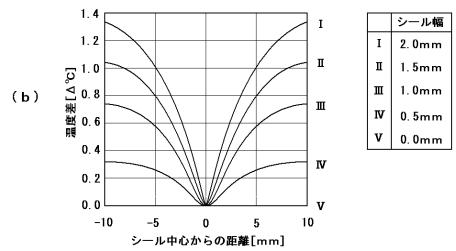
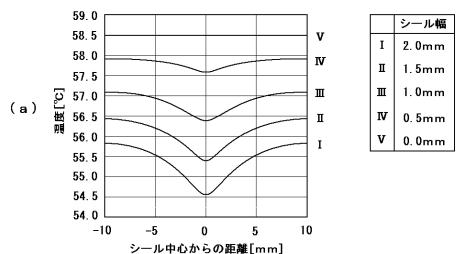
【図4】



【図6】

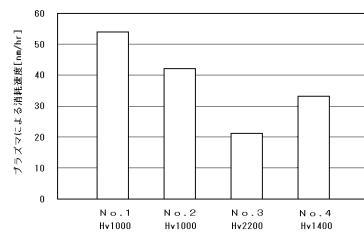


【図7】

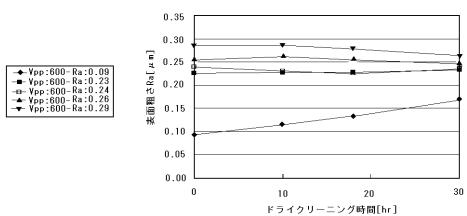


【図8】

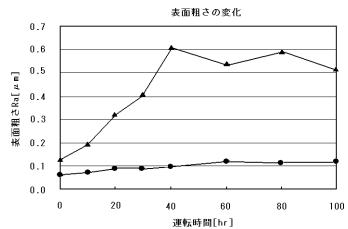
【図9】



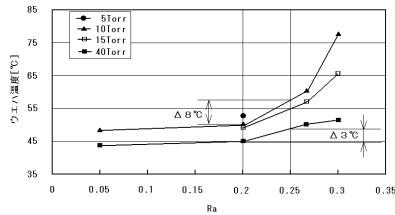
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

(72)発明者 木村 英利

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Bizタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 浅野 麻木

(56)参考文献 特開2002-009064 (JP, A)

特開平07-018438 (JP, A)

特開2003-086664 (JP, A)

特開平10-041378 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/67 - 21/687