

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4674792号
(P4674792)

(45) 発行日 平成23年4月20日 (2011. 4. 20)

(24) 登録日 平成23年2月4日 (2011. 2. 4)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/683 (2006. 01)	HO 1 L 21/68 R
HO 1 L 21/3065 (2006. 01)	HO 1 L 21/302 I O 1 G
HO 2 N 13/00 (2006. 01)	HO 2 N 13/00 D

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-351448 (P2004-351448)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成16年12月3日 (2004. 12. 3)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2005-191561 (P2005-191561A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成17年7月14日 (2005. 7. 14)	(73) 特許権者	000183266
審査請求日	平成19年12月1日 (2007. 12. 1)		住友大阪セメント株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2003-408224 (P2003-408224)		東京都千代田区六番町6番地28
(32) 優先日	平成15年12月5日 (2003. 12. 5)	(74) 代理人	100096910
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		弁理士 小原 肇
		(72) 発明者	西本 伸也
			東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	中山 博之
			東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

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、

上記被吸着基板と接触する複数の突起部を有し且つ上記突起部が所定の粒径を有する結晶粒子を含むセラミック誘電体によって形成されていると共に、上記複数の突起部の上記被吸着基板との接触面を、プラズマによるドライクリーニングによって表面処理することにより上記粒径に依存して最終的に安定する一定の表面粗度に形成してなり、且つ、

上記セラミック誘電体が酸化アルミニウムを主成分とするものであり、

上記所定の粒径が $1 \sim 2 \mu\text{m}$ であり、

上記接触面の表面粗度が $Ra 0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$ である

ことを特徴とする静電チャック。

【請求項 2】

上記セラミック誘電体は、炭化珪素を含む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】

上記突起部の硬度を、ヴィッカーズ硬度で $Hv 2000$ 以上に設定したことを特徴とする請求項 1 または 請求項 2 に記載の静電チャック。

【請求項 4】

上記複数の突起部の上記被吸着基板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】

上記突起部を、直径が 0 . 5 m m 以下の円柱状の突起として形成したことを特徴とする請求項 4 に記載の静電チャック。

【請求項 6】

上記複数の突起部間の距離を、1 m m 以下に設定したことを特徴とする請求項 4 または請求項 5 に記載の静電チャック。

【請求項 7】

上記突起部の高さを、3 0 μ m 以上に設定したことを特徴とする請求項 4 ~ 請求項 6 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】

【0 0 0 1】

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】

【0 0 0 2】

従来の静電チャック 1 は、例えば図 1 2 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。

【0 0 0 3】

また、載置体 2 には整合器 4 A を介して高周波電源 4 が接続され、所定の真空度下で高周波電源 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 2 A が形成され、冷媒通路 2 A 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、H e ガス）のガス通路 2 B が形成され、このガス通路 2 B は載置体 2 上面の複数箇所を開口している。

【0 0 0 4】

静電チャック 1 にはガス通路 2 B に対応する貫通孔 1 A が形成され、ガス通路 2 B から供給された H e ガスを静電チャック 1 の貫通孔 1 A 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 1 B 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 には複数のリフトピン（図示せず）が昇降可能に設けられ、これらのリフト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。

【0 0 0 5】

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。

【0 0 0 6】

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

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】特許第 3 3 4 8 1 4 0 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 0 - 3 3 2 0 9 1 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

10

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 間の隙間が狭く、しかも静電チャックの静電容量が大きいと、リフト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トピンによってウエハ W が跳ね上げる虞があった。

【 0 0 0 9 】

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 $5 \mu\text{m}$ 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 W 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、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 % と大きいと、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。

20

【 0 0 1 0 】

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、また、耐プラズマ性を高めて表面粗度を殆ど変化させないようにする共に被吸着基板全面の面内温度を速やかに制御することができ、しかも被吸着基板の温度制御性を安定化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。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

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、上記被吸着基板と接触する複数の突起部を有し且つ上記突起部が所定の粒径を有する結晶粒子を含むセラミック誘電体によって形成されていると共に、上記複数の突起部の上記被吸着基板との接触面を、プラズマによるドライクリーニングによって表面処理することにより上記粒径に依存して最終的に安定する一定の表面粗度に形成してなり、且つ、上記セラミック誘電体が酸化アルミニウムを主成分とするものであり、上記所定の粒径が $1 \sim 2 \mu\text{m}$ であり、上記接触面の表面粗度が R_a

40

【 0 0 1 4 】

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、上記セラミック誘電体は、炭化珪素を含むことを特徴とするものである。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の請求項 3 に記載の静電チャックは、請求項 1 または請求項 2 に記載の発明において、上記突起部の硬度を、ヴィッカーズ硬度で $H_v 2000$ 以上に設定したことを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

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

50

に記載の発明において、上記複数の突起部の上記被吸着基板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4に記載の発明において、上記突起部を、直径が0.5mm以下の円柱状の突起として形成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4または請求項5に記載の発明において、上記複数の突起部間の距離を、1mm以下に設定したことを特徴とするものである。

10

【0019】

また、本発明の請求項7に記載の静電チャックは、請求項4～請求項6のいずれか1項に記載の発明において、上記突起部の高さを、30μm以上に設定したことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0035】

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、また、耐プラズマ性を高めて表面粗度を殆ど変化させないようにする共に被吸着基板全面の面内温度を速やかに制御することができ、しかも被吸着基板の温度制御性を安定化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。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0036】

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。

【0037】

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パー11と、このチャンパー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をチャンパー11から電気的に絶縁する絶縁体13とを備え、チャンパー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度を保持したチャンパー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。

30

【0038】

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パー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。

40

【0039】

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

50

。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。

【0040】

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。

10

【0041】

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ってウエハ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に15%に設定されている。

20

【0042】

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裏面と直接接触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。

【0043】

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

30

【0044】

突起部16Cは、ウエハWと突起部16C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16Cは、直径0.5mm以下、高さ30μm以上が好ましく、高さは40μm以上がより好ましい。また、突起部16C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16C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16Cは、例えば、円柱状で、水平断面の直径が0.5mm、高さが30μmに設定されている。

40

【0045】

突起部16C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楕円形状や方形状にしても良く、また、突起部16C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16C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。

【0046】

また、上記複数の突起部16C間の距離は、図4に示すように、2mm以下、好まし

50

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。距離と厚み t とを略等しく設定することにより、突起部16C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16Cから隣接する突起部16C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16Cと空間部との温度差が小さくなる。

【0047】

また、上記突起部16C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16Cの高さは、上述した30 μ m以上、より好ましくは40 μ m以上の高さに設定されていることが好ましい。30 μ m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W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16Cの高さが10 μ m及び30 μ m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16Cの高さが10 μ m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 μ m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。

【0048】

更に、突起部16Cの高さが10 μ m程度と低い場合には、突起部16C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16Cの高さを30 μ m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。

【0049】

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16Cと同一高さの第1の環状突起部16Dが形成され、この環状突起部16D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16Dの内側には第1の環状突起部16Dと同心円状に第2の環状突起部16Eが複数の突起部16Cと同一高さに形成され、この環状突起部16Eによって第1の環状突起部16D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16Dと第2の環状突起部16Eとの間にリング状の第1の領域16Fが形成され、第2の環状突起部16Eの内側に円形状の第2の領域16Gが形成され、第2の環状突起部16Eが第1、第2の領域16F、16G間のシールリングとして機能する。尚、図3では突起部16Cは図示してない。

【0050】

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16C及び第1、第2の環状突起部16D、16E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16F、16G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16F、16G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16F、16Gと称する。

【0051】

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

【0052】

第1、第2の分岐配管19B、19C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13A、13Bに接続され、これらの環状凹部13A、13B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16F、16Gと連通する第1、第2の連

10

20

30

40

50

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 19B、19C、第 1、第 2 の環状凹部 13A、13B、第 1、第 2 の連通路 25、26 及び第 1、第 2 のガス供給口 16H、16I を経由して静電チャック 16 の第 1、第 2 の空間 16F、16G に達する。

【0053】

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 16D、16E によって第 1、第 2 の空間 16F、16G に二分割することによって各空間 16F、16G 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 16F 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 16G 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 16F 内の熱伝導性を第 2 の空間 16G 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。

10

【0054】

また、第 1、第 2 の空間 16F、16G 内の突起部 16C 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 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。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 W 周縁部の温度を低くすることができる。

20

【0055】

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 W 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 面内のエッチング速度やエッチング形状等を均一に制御することができる。

【0056】

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、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。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。

30

【0057】

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 30 μm 、バックサイドガス圧力を 15 Torr、ウエハ厚さを 0.7 mm 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 3.4 W / cm^2 、溝深さ (無限長さ) をより影響の出やすい 100 μm に設定し、溝幅を 0 mm、1 mm、2 mm、3 mm 及び 4 mm の 5 種類に設定して計算した結果を示している。

40

【0058】

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チングし、エッチング速さを測定したところ、溝幅 1.7 mm の場合にはレジストをエッチングしても溝によるエッチ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 2 mm 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

50

下に抑えるためには溝幅を2 mm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1 mm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0.5 mm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の影響を受けることなく、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。

【0059】

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0.5 mm、高さが30 μ mの条件で、バックサイドガス(He)圧力を中心部で5 Torr、周縁部で40 Torr、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0.5 mm以下、高さを30 μ m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。

【0060】

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30 μ m、バックサイドガス圧力を15 Torr、ウエハ厚さを0.7 mm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3.4 W/cm²、シール高さを30 μ mに設定し、シール幅を0 mm、0.5 mm、1.0 mm、1.5 mm及び2.0 mmの5種類に設定して計算した結果を示している。

【0061】

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1.5 mm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、1 mm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0.2~0.3 μ mの場合にはリーク量を1 sccm以下に抑制するためにはシール幅として3 mm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、1.0~1.5 mmの範囲に設定することが好ましい。

【0062】

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。

【0063】

本実施形態では、結晶粒子の平均粒径が1~2 μ m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Ra0.2~0.3 μ mになる。従って、突起部16Cの表面粗度を予めRa0.2~0.3 μ m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 $2\text{ }\mu\text{m}$ 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 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ より大きくなるため、突起部16Cの先端は予め $0.3\text{ }\mu\text{m}$ より大きい所定の表面粗度加工しておく必要がある。一方、結晶粒径の平均粒径が $1\text{ }\mu\text{m}$ 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 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ より小さくなるため、突起部16Cの先端は予め $0.2\text{ }\mu\text{m}$ より小さい所定の表面粗度加工しておく必要がある。

【0064】

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_2 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 $1\sim 2\text{ }\mu\text{m}$ であった。また、本発明に含まれない静電チャックは印で示し、その結晶粒子の平均粒径は $12\text{ }\mu\text{m}$ であった。この図からも明らかなように、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 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ から $0.6\text{ }\mu\text{m}$ まで急激に高くなり、40時間以降は表面粗度が $0.5\sim 0.6\text{ }\mu\text{m}$ の荒れた状態で悪化して略安定している。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 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 弱から運転時間100時間で $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 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。

【0065】

突起部16Cの表面粗度は、結晶粒子の平均粒径が異なっ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ることができる。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 $Ra0.25\text{ }\mu\text{m}$ （加工精度にバラツキがあるため、管理幅は $Ra0.2\sim 0.3\text{ }\mu\text{m}$ 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 $Ra0.5\sim 0.6\text{ }\mu\text{m}$ に加工しておけば良いことが判る。

【0066】

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 $Hv2000$ 以上の硬度を得ることができ、耐プラズマ性及び耐摩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16C上面の荒れを防止することができる。

【0067】

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。

【0068】

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16C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 $1\text{ }\mu\text{m}$ のものをを用い、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16C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Ra0.25 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600Vであった。

【0069】

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16C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16C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16C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16C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16F、16G内の圧力である。

【0070】

突起部16C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16C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。

【0071】

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、ウエハWと接触する複数の突起部16Cを有し、且つ、突起部16Cは1~2 μmの平均粒径を有するアルミナ結晶粒子を含むセラミック誘電体16Aによって形成されていると共に突起部16CのウエハWとの接触面が平均粒径に依存する表面粗度(0.2~0.3 μm)に加工されているため、耐プラズマ性が高く、しかもドライクリーニングを繰り返しても突起部16Cの表面粗度が殆ど変化せず、ウエハ温度の制御性を高めることができると共にウエハ温度の制御性を安定化することができる。また、ウエハWを静電チャック16から引き離す際に残留電荷に起因するウエハWの跳ね上げや静電チャック16からの汚染がない。

【0072】

また、本実施形態によれば、静電チャック16のセラミック誘電体は、炭化珪素を含むため、硬度や耐摩耗性を更に高めることができる。また、突起部16Cのヴィッカーズ硬度を、Hv2000以上に設定したため、プラズマを用いたドライクリーニングによる耐摩耗性を高めることができる。

【0073】

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、各突起部16Cの接触面は、直径が0.5 mm以下の円柱状に形成されているため、突起部16C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。また、複数の突起部16C、16C間の距離をウエハWの厚みtに相当する距離以下に設定したため、

突起部 16C と接触しないウエハ部分と突起部 16C と接触するウエハ部とを均一に加熱することができ、延いてはウエハW全面を所望の温度に冷却することができる。

【0074】

更に、突起部 16C を 30 μ m 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、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外周縁部の温度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。

【0075】

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】

【0076】

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。

【図面の簡単な説明】

【0077】

【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。

【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、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。

【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変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。

【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。

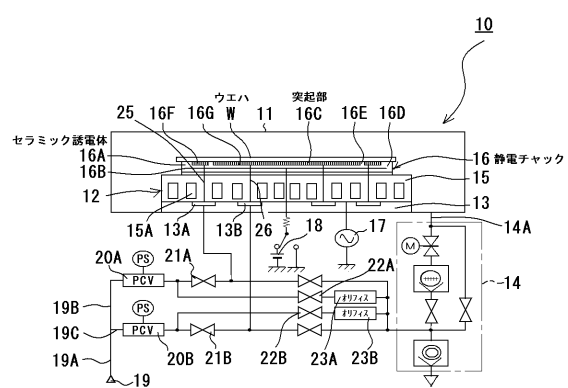
【符号の説明】

【0078】

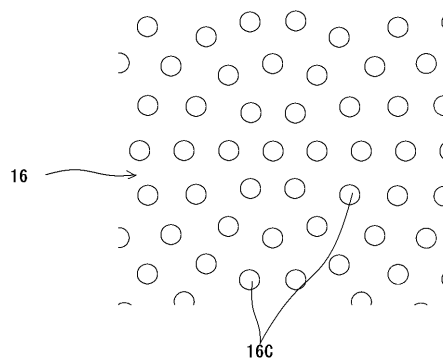
- 16 静電チャック
- 16A セラミック誘電体
- 16C 突起部
- 16D 第 1 の環状突起部
- 16E 第 2 の環状突起部

16H 第1のガス供給口
16I 第2のガス供給口

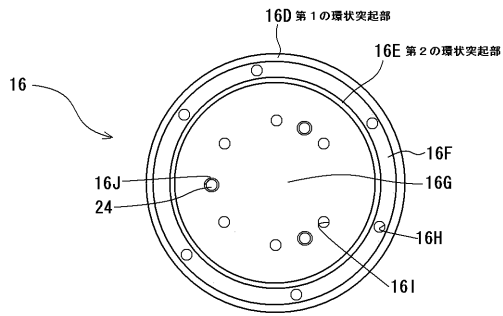
【 図 1 】



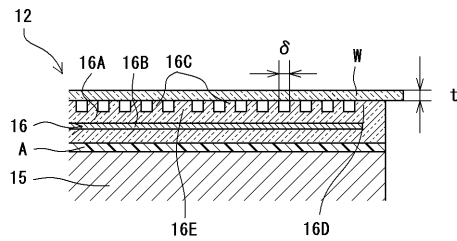
【 図 2 】



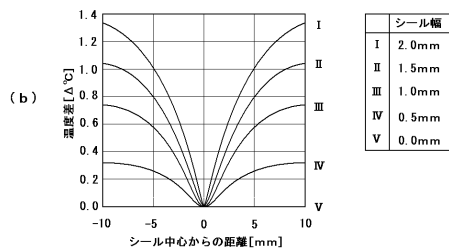
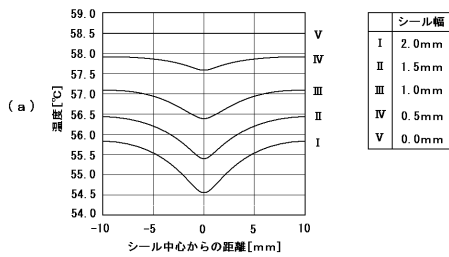
【図 3】



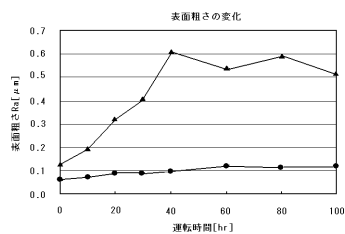
【図 4】



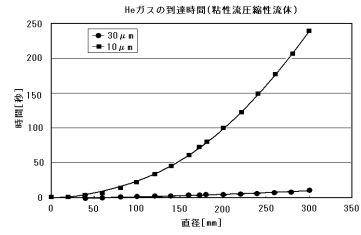
【図 7】



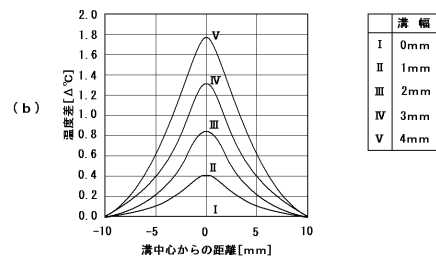
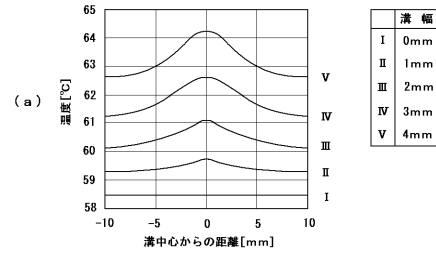
【図 8】



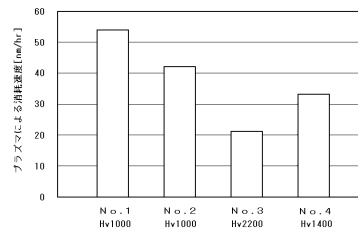
【図 5】



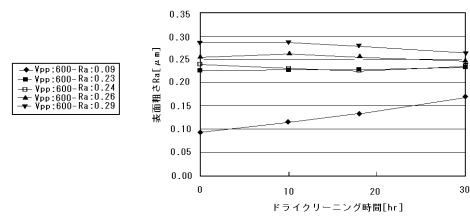
【図 6】



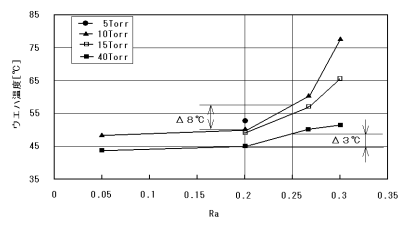
【図 9】



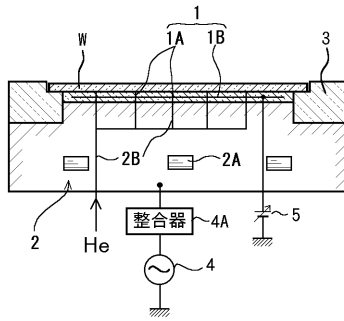
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



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6号 TBS放送センター 東京エレクトロン株式会社内

審査官 植村 森平

(56)参考文献 特開平11-209182(JP,A)

特開2002-151580(JP,A)

特開2000-072529(JP,A)

特開平09-045753(JP,A)

特開2001-351966(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/67-21/687

H01L 21/3065

H02N 13/00