

(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.

F I

H O 1 L 21/683 (2006.01)

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
(22) 出願日	平成22年3月13日 (2010.3.13)		東京エレクトロン株式会社
(62) 分割の表示	特願2004-351448 (P2004-351448)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
原出願日	平成16年12月3日 (2004.12.3)	(73) 特許権者	000183266
(65) 公開番号	特開2010-135851 (P2010-135851A)		住友大阪セメント株式会社
(43) 公開日	平成22年6月17日 (2010.6.17)		東京都千代田区六番町6番地28
審査請求日	平成22年3月15日 (2010.3.15)	(74) 代理人	100096910
(31) 優先権主張番号	特願2003-408224 (P2003-408224)		弁理士 小原 肇
(32) 優先日	平成15年12月5日 (2003.12.5)	(72) 発明者	西本 伸也
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 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1号 赤坂B i zタワー 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、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、30 μm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 0.5 mm 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

20

【0003】

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、He 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 上面の複数箇所て開口している。

【0004】

30

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 He 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。

【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 W 温度を初期の通り制御することができず、ウエハ W 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。

【 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

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

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ため、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。

10

【 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や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 2 0 % 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。

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、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】

30

【 0 0 1 1 】

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。

40

【 0 0 1 3 】

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。

【 0 0 1 4 】

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、1 5 % 以下に設定したことを特徴とするものである。

50

## 【 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。

## 【 0 0 1 7 】

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。

## 【 0 0 1 8 】

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。

## 【 発明の効果 】

## 【 0 0 1 9 】

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 】

## 【 0 0 2 0 】

【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。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 2 1 】

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。

## 【 0 0 2 2 】

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 から電氣的に絶縁する絶縁

10

20

30

40

50

体 1 3 とを備え、チャンパー 1 1 に排気管 1 4 A を介して接続された真空排気系 1 4 によって所定の真空度を保持したチャンパー 1 1 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。

#### 【 0 0 2 3 】

上記載置体 1 2 は、電極 1 5 と、電極 1 5 上に接着剤によって貼り付けられた静電チャック 1 6 とを備えている。電極 1 5 には高周波電源 1 7 が接続され、高周波電源 1 7 から電極 1 5 に所定の高周波電力を印加してチャンパー 1 1 内でプラズマを発生させる。また、電極 1 5 内には冷媒流路 1 5 A が形成され、冷媒流路 1 5 A 内に所定の冷媒を供給して電極 1 5 及び静電チャック 1 6 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 1 6 には後述のように高電圧直流電源 1 8 が接続され、高電圧直流電源 1 8 から静電チャック 1 6 に高電圧を印加して静電チャック 1 6 に静電気力を発生させ、静電チャック 1 6 上にウエハ W を吸着、固定する。

10

#### 【 0 0 2 4 】

また、上記載置体 1 2 には H e 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 1 6 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 1 2 には熱伝導性ガスを供給する供給源 1 9 がガス配管 1 9 A を介して接続され、ガス配管 1 9 A は二系統の第 1、第 2 の分岐配管 1 9 B、1 9 C に分岐している。第 1、第 2 の分岐配管 1 9 B、1 9 C にはそれぞれ第 1、第 2 のガス圧力制御器 2 0 A、2 0 B 及びバルブ 2 1 A、2 1 B が取り付けられ、これらのバルブ 2 1 A、2 1 B によって第 1、第 2 の分岐配管 1 9 B、1 9 C を開閉すると共にガス圧力制御器 2 0 A、2 0 B 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 1 9 B、1 9 C は、バルブ 2 1 A、2 1 B の上流側で更に分岐し、バルブ 2 2 A、2 2 B 及びオリフィス 2 3 A、2 3 B を介して真空排気系 1 4 に接続され、真空排気系 1 4 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

#### 【 0 0 2 5 】

而して、上記静電チャック 1 6 は、図 1、図 2 及び図 4 に示すように、電極 1 5 に接着材 A により接着されたセラミック誘電体 1 6 A と、セラミック誘電体 1 6 A 内に形成された電極層 1 6 B とから構成されている。静電チャック 1 6 の吸着面、即ちセラミック誘電体 1 6 A の上面には多数の突起部 1 6 C 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 1 6 C を設けることによって静電チャック 1 6 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 1 6 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 1 6 C 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

#### 【 0 0 2 6 】

上記複数の突起部 1 6 C のウエハ W との接触面積は、ウエハ W の単位面積当たり 1 5 % 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 1 6 C 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 1 5 % 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 1 5 % に設定されている。

40

#### 【 0 0 2 7 】

熱伝導性ガスによるウエハ温度の制御性は、突起部 1 6 C 間の底面と突起部 1 6 C 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 1 6 C 間の底面と突起部 1 6 C の側面とから突起部 1 6 C 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。

#### 【 0 0 2 8 】

ウエハ W と突起部 1 6 C の総接触面積が同一の場合、突起部 1 6 C の高さが高いほど突

50

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。

【0029】

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 0.5 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 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 0.5 mm、高さが 30 μm に設定されている。

【0030】

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。

【0031】

また、上記複数の突起部 16C 間の距離は、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。

【0032】

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 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 16C 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 から明らかなように、突起部 16C 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 16C の高さが 10 μm 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 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 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 1 6 E によって第 1 の環状突起部 1 6 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 1 6 D と第 2 の環状突起部 1 6 E との間にリング状の第 1 の領域 1 6 F が形成され、第 2 の環状突起部 1 6 E の内側に円形状の第 2 の領域 1 6 G が形成され、第 2 の環状突起部 1 6 E が第 1、第 2 の領域 1 6 F、1 6 G 間のシールリングとして機能する。尚、図 3 では突起部 1 6 C は図示してない。

【 0 0 3 5 】

従って、静電チャック 1 6 でウエハ W を静電吸着すると、ウエハ W は多数の突起部 1 6 C 及び第 1、第 2 の環状突起部 1 6 D、1 6 E とそれぞれ接触し、ウエハ W と静電チャック 1 6 の間に第 1、第 2 の領域 1 6 F、1 6 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 1 6 F、1 6 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 1 6 F、1 6 G と称する。

10

【 0 0 3 6 】

而して、第 1、第 2 の領域 1 6 F、1 6 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 1 6 H、1 6 I が複数個ずつ形成され、これらのガス供給口 1 6 H、1 6 I にはそれぞれ後述するように第 1、第 2 の分岐配管 1 9 B、1 9 C が接続されている。尚、図 3 において、1 6 J はリフトピン 2 4 が昇降する孔である。

【 0 0 3 7 】

第 1、第 2 の分岐配管 1 9 B、1 9 C は、図 1 に示すように、絶縁体 1 3 上面に形成された第 1、第 2 の環状凹部 1 3 A、1 3 B に接続され、これらの環状凹部 1 3 A、1 3 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 1 5 及び静電チャック 1 6 にはそれぞれ第 1、第 2 の領域 1 6 F、1 6 G と連通する第 1、第 2 の連通路 2 5、2 6 が形成されている。従って、ガス供給源 1 9 の熱伝導性ガスは、第 1、第 2 の分岐配管 1 9 B、1 9 C、第 1、第 2 の環状凹部 1 3 A、1 3 B、第 1、第 2 の連通路 2 5、2 6 及び第 1、第 2 のガス供給口 1 6 H、1 6 I を経由して静電チャック 1 6 の第 1、第 2 の空間 1 6 F、1 6 G に達する。

20

【 0 0 3 8 】

静電チャック 1 6 とウエハ W 間の空間を第 1、第 2 の環状突起部 1 6 D、1 6 E によって第 1、第 2 の空間 1 6 F、1 6 G に二分割することによって各空間 1 6 F、1 6 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 1 6 F 内の熱伝導性ガスの圧力を高く、例えば 4 0 T o r r に設定して熱伝導性を高め、第 2 の空間 1 6 G 内の熱伝導性ガスの圧力を低く、例えば 1 0 T o r r に設定して第 1 の空間 1 6 F 内の熱伝導性を第 2 の空間 1 6 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 1 6 F、1 6 G 内の突起部 1 6 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 1 6 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 1 6 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。

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30 $\mu$ m、バックサイドガス圧力を15 Torr、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3.4 W/cm<sup>2</sup>、溝深さ(無限長さ)をより影響の出やすい100 $\mu$ m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。

## 【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チングし、エッチ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。

## 【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30 $\mu$ 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0.5mm以下、高さを30 $\mu$ 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。

## 【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30 $\mu$ m、バックサイドガス圧力を15 Torr、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3.4 W/cm<sup>2</sup>、シール高さを30 $\mu$ m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。

## 【0046】



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  $R_a$  が  $0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$  の場合にはリーク量を  $1 \text{ sccm}$  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 15 E の場合には多少のリークがあっても影響が少ないため、 $1.0 \sim 1.5 \text{ mm}$  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 16 A 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 16 C 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で形成（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。

#### 【0048】

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

#### 【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  $\text{O}_2$  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 16 C 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  $1 \sim 2 \mu\text{m}$  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  $1.2 \mu\text{m}$  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  $0.1 \mu\text{m}$  から  $0.6 \mu\text{m}$  まで急激に高くなり、40 時間以降は表面粗度が  $0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$  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  $0.1 \mu\text{m}$  弱から運転時間 100 時間で  $0.1 \mu\text{m}$  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。

#### 【0050】

突起部 16 C 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  $R_a 0.25 \mu\text{m}$ （加工精度にバラツキがあるため、管理幅は  $R_a 0.2 \sim 0.3 \mu\text{m}$  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  $R_a 0.5 \sim 0.6 \mu\text{m}$  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 16 A 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

10

20

30

40

50

の静電チャック１６は、高温高压下で焼成された焼結体であることがより好ましい。高温高压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、ヴィッカーズ硬度 $H_v$  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１６Ｃ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压下で焼成した試料No.3で示してあり、ヴィッカーズ硬度 $H_v$ 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、そのヴィッカーズ硬度 $H_v$ 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、そのヴィッカーズ硬度 $H_v$ 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、そのヴィッカーズ硬度 $H_v$ 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ズ硬度 $H_v$ 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 $1\mu m$ のものをを用い、図１０に示すように表面粗度 $R_a$ が $0.09\sim 0.29\mu m$ 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 $R_a 0.25\mu m$ であることが判る。この値は他の表面粗度 $R_y$ に換算すると $1.7\mu m$ 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（ $V_{pp}$ ）は600V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 $R_a$ が $0.2\mu m$ 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 $R_a$ が $0.27\mu m$ 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 $R_a$ が $0.2\mu m$ 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 $R_a$ が本発明の $0.2\sim 0.25\mu m$ 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10Torrで8、40Torr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 $R_a$ が $0.25\mu m$ 以下では表面粗度 $R_a$ の影響が小さくなり、 $0.2\mu m$ 以下では略一定の冷却効率を示す。尚、40Torr及び10Torr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。

#### 【0055】

突起部１６Ｃの先端面を仕上げ加工する際に、表面粗度 $R_a$ を好ましくは $0.25\mu m$ 以下、より好ましくは $0.2\mu m$ 以下に設定することにより、加工バラツキ等で表面粗度 $R_a$ が若干変化しても、冷却効率は表面粗度 $R_a$ 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 $R_a$ 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 $R_a$ 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 $R_a$ 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 $R_a$ は、上述したように $0.25\mu m$ 以下、より好ましくは $0.2\mu m$ 以下が好ましい。

## 【 0 0 5 6 】

以上説明したように本実施形態によれば、静電チャック 1 6 は、第 1、第 2 の環状突起部 1 6 D、1 6 E を有し、且つ、第 1、第 2 の環状突起部 1 6 D、1 6 E 間及び第 2 の環状突起部 1 6 E の内側にそれぞれ形成される第 1、第 2 の空間 1 6 F、1 6 G 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 1 6 H、1 6 I を有するため、第 1、第 2 の空間 1 6 F、1 6 G 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 1 6 G 内よりも第 1 の空間 1 6 F 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

## 【 0 0 5 7 】

また、本実施形態によれば、第 1 の領域 1 6 F と第 2 の領域 1 6 G は、それぞれ第 1、第 2 の環状突起部 1 6 D、1 6 E 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が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。

## 【 0 0 5 8 】

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 1 5 % 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 1 6 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 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

## 【 0 0 5 9 】

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 1 6 F の第 1 の突起部の高さを、第 2 の領域 1 6 G 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。

## 【 0 0 6 0 】

更に、第 2 の突起部の高さを、3 0  $\mu$  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、第 1、第 2 の領域 1 6 F、1 6 G 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 . 5 m m 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

## 【 0 0 6 1 】

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】

## 【 0 0 6 2 】

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

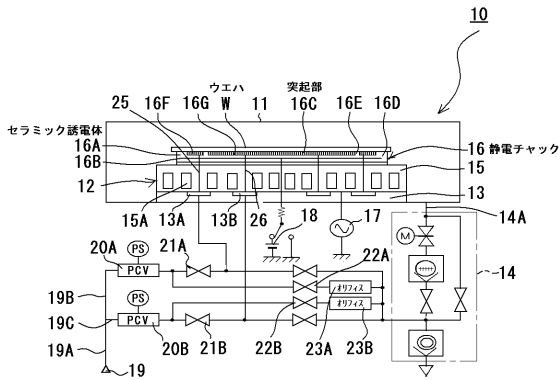
## 【符号の説明】

## 【 0 0 6 3 】

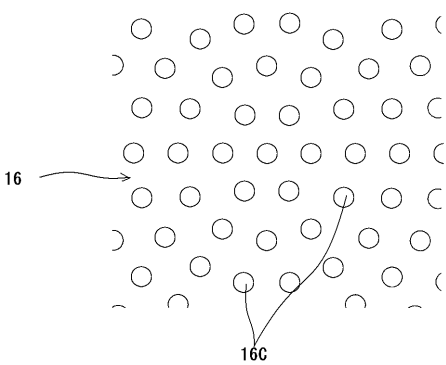
- 1 6 静電チャック
- 1 6 A セラミック誘電体
- 1 6 C 突起部
- 1 6 D 第 1 の環状突起部
- 1 6 E 第 2 の環状突起部
- 1 6 H 第 1 のガス供給口
- 1 6 I 第 2 のガス供給口

50

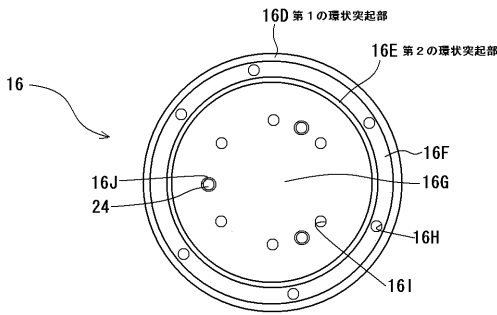
【図 1】



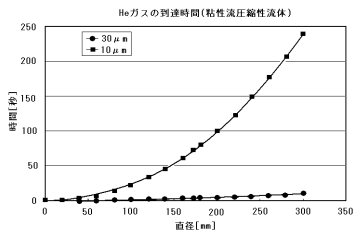
【図 2】



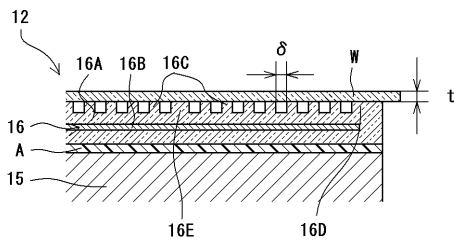
【図 3】



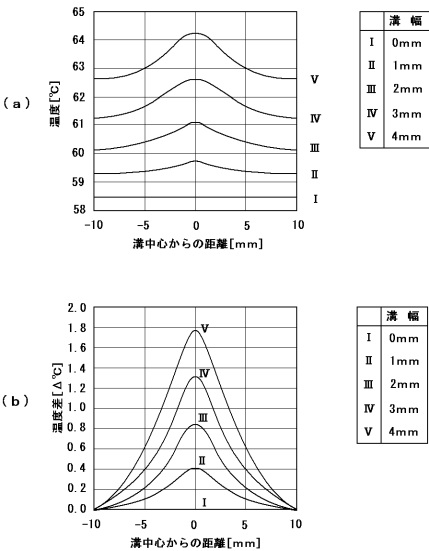
【図 5】



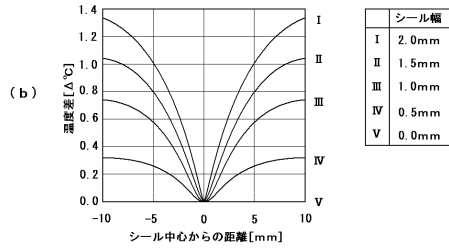
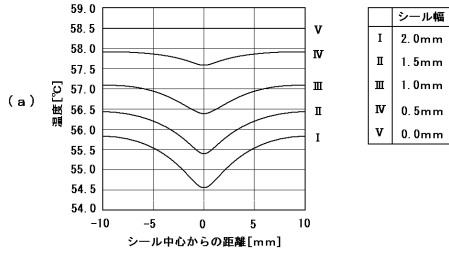
【図 4】



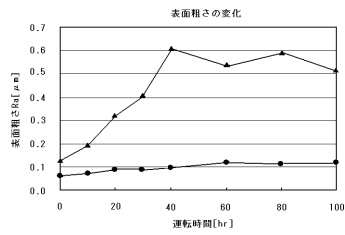
【図 6】



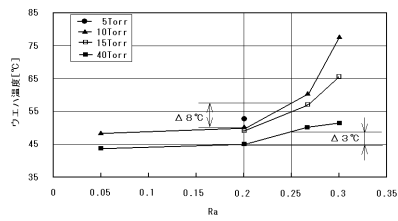
【図 7】



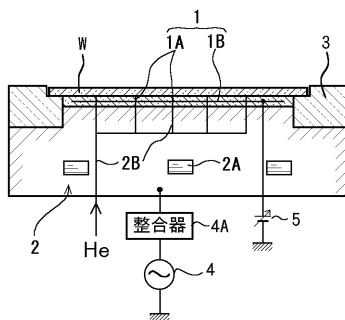
【図 8】



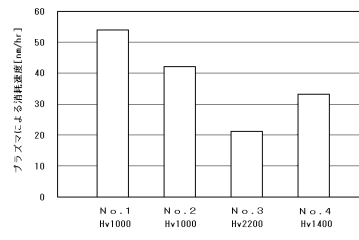
【図 11】



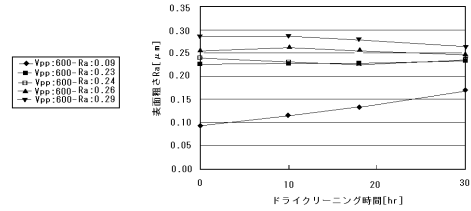
【図 12】



【図 9】



【図 10】



---

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