

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-87184

(P2010-87184A)

(43) 公開日 平成22年4月15日(2010.4.15)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/31 (2006.01)	H O 1 L 21/31 C	5 F 0 0 4
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 I O 1 D	5 F 0 4 5
H O 5 H 1/46 (2006.01)	H O 5 H 1/46 B	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-253929 (P2008-253929)
 (22) 出願日 平成20年9月30日 (2008. 9. 30)

(71) 出願人 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (74) 代理人 100115118
 弁理士 渡邊 和浩
 (74) 代理人 100107559
 弁理士 星宮 勝美
 (72) 発明者 山下 潤
 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 伊佐 和裕
 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

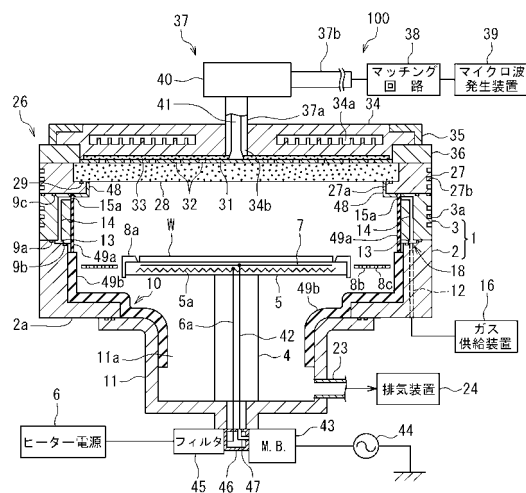
(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【課題】 被処理体を載置する載置台にバイアス用の高周波電力を供給する方式のプラズマ処理装置において、高周波電流の経路を適正化して電力消費効率を向上させる。

【解決手段】 載置台5に埋設された電極7にバイアス用の高周波電力を供給するプラズマ処理装置100では、載置台5に対して対向電極として機能するアルミニウム製の蓋部27のプラズマに曝される表面に、保護膜としての Y_2O_3 膜48がコーティングされている。 Y_2O_3 膜48に隣接して第2の容器3および第1の容器2の内面には、上部ライナー49aおよびこれよりも肉厚に形成された下部ライナー49bが設けられ、これらの部位への短絡や異常放電が防止され、安定した高周波電流経路が形成される。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

プラズマを用いて被処理体を処理する上部が開口した処理容器と、
前記処理容器内に処理ガスを供給するガス供給機構と、
前記処理容器内を減圧排気する排気機構と、
前記処理容器内で被処理体を載置する載置台と、
前記載置台に埋設され、被処理体にバイアスを印加するための第 1 の電極と、
少なくともその一部が前記処理容器内のプラズマの生成領域に臨むように配置され、前記第 1 の電極に対してプラズマ処理空間を隔てて形成された導電性部材からなる第 2 の電極と、

10

前記第 2 の電極に支持されて前記処理容器の前記開口を塞ぐとともにマイクロ波を透過する誘電体板と、

前記誘電体板の上方に設けられ、導波管を介してマイクロ波発生装置に接続されて前記処理容器内にマイクロ波を導入する平面アンテナと、
を備えたプラズマ処理装置であって、

前記プラズマの生成領域に臨む部分の前記第 2 の電極の表面に金属酸化物をコーティングしてなる保護膜を設けるとともに、前記処理容器の上部の内壁に沿って第 1 の絶縁板を設け、該第 1 の絶縁板に隣接して前記処理容器の下部の内壁に沿って第 2 の絶縁板を設けたことを特徴とするプラズマ処理装置。

20

【請求項 2】

前記第 1 の絶縁板の厚みに比べ、前記第 2 の絶縁板の厚みが大きく形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 3】

前記第 2 の絶縁板は、前記第 1 の電極が埋設された載置台の高さより低い高さ位置の前記処理容器の内壁の少なくとも一部を覆っていることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 4】

前記第 2 の絶縁板は、前記処理容器の下部に連設された排気室に達する位置まで形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 5】

前記処理容器は、第 1 の容器と、該第 1 の容器の上端面に接合される第 2 の容器と、を有し、前記第 1 の容器と前記第 2 の容器の間には、前記ガス供給機構から前記処理容器内に供給される前記処理ガスのガス通路が形成されており、該ガス通路を挟んでその両側には、第 1 のシール部材と第 2 のシール部材とが二重に設けられており、前記処理容器の内部に近い側の前記第 1 のシール部材の配設部位では前記第 1 の容器と前記第 2 の容器とが当接しており、前記処理容器の外部に近い側の前記第 2 のシール部材の配設部位では前記第 1 の容器と前記第 2 の容器との間に隙間が形成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

30

【請求項 6】

前記ガス通路は、前記第 1 の容器の上端面と前記第 2 の容器の下端面にそれぞれ設けられた段差によって形成されていることを特徴とする請求項 5 に記載のプラズマ処理装置。

40

【請求項 7】

前記保護膜がイットリア酸化物により構成されることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

前記誘電体板、前記第 1 の絶縁板および前記第 2 の絶縁板が石英から構成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載のプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

50

本発明は、半導体ウエハ等の被処理体にプラズマ処理を施すためのプラズマ処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの製造工程においては、被処理体である半導体ウエハに対してエッチング、アッシング、成膜等の種々のプロセスが行われている。これらの処理には真空雰囲気
に保持可能な処理容器内で半導体ウエハにプラズマ処理を施すプラズマ処理装置が用いら
れている。プラズマ処理装置において、処理容器の内壁はアルミニウム等の金属で形成さ
れている。そのため、強いプラズマに曝されると、内壁面がプラズマにより削られてパー
ティクルが発生し、アルミニウム等によるメタルコンタミネーションが発生し、デバイス
性能に悪影響を与えてしまう。

10

【0003】

このような問題を解決するため、平面アンテナにより処理容器内にマイクロ波を導入し
てプラズマを生成させるR L S Aマイクロ波プラズマ方式のプラズマ処理装置において、
処理容器内でプラズマに曝される部位をイットリア酸化物でコーティングする技術が提案
されている（例えば、特許文献1）。

【0004】

ところで、近年、半導体ウエハの大型化と、デバイスの微細化が進展しつつあるが、こ
れらに対応して、プラズマ処理の効率性（例えば成膜レート）とウエハ面内での処理の均
一性を改善することが求められている。そのために、プラズマ処理装置の処理容器内で半
導体ウエハを載置する誘電体からなる載置台内に埋設された電極に高周波電力を供給して
、半導体ウエハにバイアスを印加しながらプラズマ処理を行う方法が、プラズマ酸化処理
に代表される成膜プロセスにおいても着目されている。

20

【0005】

載置台の電極に高周波電力を供給する場合、プラズマ処理空間を隔てて処理容器内に対
向電極を設けることが必要である。対向電極の材質としては導電性の金属が望ましいが、
プラズマ酸化プロセスでは、対向電極付近で強い酸化作用を持つプラズマが生成されるた
め、対向電極の表面が酸化されて劣化し、金属汚染やパーティクル発生の原因となる。

【0006】

また、載置台の電極に高周波電力を供給すると、この載置台からプラズマ処理空間を介
して対向電極へ、さらに対向電極から処理容器の壁等を介して高周波電源のアースへ、と
戻る高周波電流の経路（R Fリターン回路）が形成される。このような高周波電流の経路
が適正に形成されない場合、高周波電力の電力消費効率が低下してバイアスを安定して印
加出来ない。また、高周波電流経路の途中で短絡や異常放電が生じると、プロセス効率が
低下したり、プロセスの安定化を図ることができない、という問題が生じる。例えば、載
置台からプラズマ処理空間を介して対向電極へ向かうべき高周波電力が、より近接した位
置にある処理容器の側壁等に向かう短絡が生じると、高周波電力の電力消費効率が低下す
るとともに、プロセス効率が低下する。

30

【0007】

【特許文献1】特開2005-268763号

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、被処理体を載置する載置台の電極
にバイアス用の高周波電力を供給する方式のプラズマ処理装置において、高周波電流の経
路を適正化して電力消費効率を向上させるとともに、異常放電を防止してプロセスの効率
化を図ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のプラズマ処理装置は、

50

プラズマを用いて被処理体を処理する上部が開口した処理容器と、
前記処理容器内に処理ガスを供給するガス供給機構と、
前記処理容器内を減圧排気する排気機構と、
前記処理容器内で被処理体を載置する載置台と、
前記載置台に埋設され、被処理体にバイアスを印加するための第１の電極と、
少なくともその一部が前記処理容器内のプラズマの生成領域に臨むように配置され、前記第１の電極に対してプラズマ処理空間を隔てて形成された導電性部材からなる第２の電極と、

前記第２の電極に支持されて前記処理容器の前記開口を塞ぐとともにマイクロ波を透過する誘電体板と、

前記誘導体板の上方に設けられ、導波管を介してマイクロ波発生装置に接続されて前記処理容器内にマイクロ波を導入する平面アンテナと、
を備えたプラズマ処理装置であって、

前記プラズマの生成領域に臨む部分の前記第２の電極の表面に金属酸化物をコーティングしてなる保護膜を設けるとともに、前記処理容器の上部の内壁に沿って第１の絶縁板を設け、該第１の絶縁板に隣接して前記処理容器の下部の内壁に沿って第２の絶縁板を設けたことを特徴とする。

【００１０】

本発明のプラズマ処理装置は、前記第１の絶縁板の厚みに比べ、前記第２の絶縁板の厚みが大きく形成されていることが好ましい。

【００１１】

また、本発明のプラズマ処理装置において、前記第２の絶縁板は、前記第１の電極が埋設された載置台の高さより低い高さ位置の前記処理容器の内壁の少なくとも一部を覆っていることが好ましい。この場合、前記第２の絶縁板は、前記処理容器の下部に連設された排気室に達する位置まで形成されていることが好ましい。

【００１２】

また、本発明のプラズマ処理装置において、前記処理容器は、第１の容器と、該第１の容器の上端面に接合される第２の容器と、を有し、前記第１の容器と前記第２の容器との間には、前記ガス供給機構から前記処理容器内に供給される前記処理ガスのガス通路が形成されており、該ガス通路を挟んでその両側には、第１のシール部材と第２のシール部材とが二重に設けられているとともに、前記処理容器の内部に近い側の前記第１のシール部材の配設部位では前記第１の容器と前記第２の容器とが当接しており、前記処理容器の外部に近い側の前記第２のシール部材の配設部位では前記第１の容器と前記第２の容器との間に隙間が形成されていることが好ましい。この場合、前記ガス通路は、前記第１の容器の上端面と前記第２の容器の下端面にそれぞれ設けられた段差によって形成されていることが好ましい。

【００１３】

また、本発明のプラズマ処理装置において、前記保護膜がイットリア酸化物により構成されることが好ましい。

【００１４】

また、本発明のプラズマ処理装置において、前記誘電体板、前記第１の絶縁板および前記第２の絶縁板が石英から構成されていることが好ましい。

【発明の効果】

【００１５】

本発明のプラズマ処理装置によれば、バイアス用の高周波電力を供給する載置台の電極に対向する第２の電極（対向電極）の表面に金属酸化物の保護膜を設け、この保護膜に隣接して第１の絶縁板を設け、この第１の絶縁板に連なって第２の絶縁板を設ける構成とした。金属酸化物をコーティングしてなる保護膜は、金属等の導電性材料からなる第２の電極（対向電極）の表面を保護して耐久性を向上させる効果を奏するとともに、プラズマから対向電極を長期間保護できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 6 】

また、第 2 の電極へ流れた高周波電流は、処理容器の側壁を伝って処理容器の下部へ導かれるが、第 1 の絶縁板および第 2 の絶縁板により、載置台から直接処理容器の側壁への異常放電が抑制されるので、損失なく（抵抗なく）適正な高周波電流経路をさらに安定に維持しやすくなる。このため、載置台の電極に高周波電力を供給する際の高周波電力の電力消費効率を改善できるとともに、異常放電によるプロセスへの悪影響を回避して安定したプラズマ処理が可能になる、という効果を奏する。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 1 7 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。図 1 は、本発明のプラズマ処理装置の一実施の形態にかかるプラズマ酸化処理装置 100 の概略構成を模式的に示す断面図である。また、図 2 は、図 1 の要部を拡大して示す断面図である。また、図 3 は、図 1 のプラズマ酸化処理装置 100 の平面アンテナを示す平面図である。

10

【 0 0 1 8 】

プラズマ酸化処理装置 100 は、複数のスロット状の孔を有する平面アンテナ、特に R L S A (R a d i a l L i n e S l o t A n t e n n a ; ラジアルラインスロットアンテナ) にて直接処理容器内にマイクロ波を導入して処理容器内で高密度かつ低電子温度のマイクロ波励起プラズマを発生させ得る R L S A マイクロ波プラズマ処理装置として構成されている。プラズマ酸化処理装置 100 では、 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ のプラズマ密度で、かつ 0.7 ~ 2 eV の低電子温度を有するプラズマによる処理が可能である。従って、プラズマ酸化処理装置 100 は、各種半導体装置の製造過程において、例えば被処理体のシリコンを酸化してシリコン酸化膜（例えば SiO_2 膜）を形成する目的で好適に利用できる。

20

【 0 0 1 9 】

プラズマ酸化処理装置 100 は、気密に構成され、半導体ウエハ（以下、単に「ウエハ」と記す）W が搬入されるための接地された略円筒状の処理容器 1 を有している。この処理容器 1 は、アルミニウムもしくはその合金、またはステンレス鋼等の金属材料からなり、その下部を構成し、その内側に第 1 の壁部を有する第 1 の容器 2 と、その上に配置され、その内側に第 2 の壁部を有する第 2 の容器 3 とを含む構成となっている。第 1 の容器 2、第 2 の容器 3 は一体でもよい。また、処理容器 1 の上部には、処理空間にマイクロ波を導入するためのマイクロ波導入部 26 が開閉可能に設けられている。つまり、第 2 の容器 3 の上端部にはマイクロ波導入部 26 が係合し、第 2 の容器 3 の下端部は、第 1 の容器 2 の上端部と接合するようになっている。なお、第 2 の容器 3 には、複数の冷却水流路 3a が形成されて第 2 の容器 3 の壁を冷却できるようになっている。従って、プラズマの熱による熱膨張によって接合部位の位置ずれやプラズマダメージが生じることを抑制し、シール性低下やパーティクルの発生が防止されている。

30

【 0 0 2 0 】

第 1 の容器 2 内には被処理体であるウエハ W を水平に支持するための載置台 5 が、排気室 11 の底部中央から上方に延びる円筒状の支持部 4 により支持された状態で設けられている。載置台 5 および支持部 4 を構成する材料としては、石英や AlN 、 Al_2O_3 等のセラミックス材料を挙げることができるが、これらの中でも熱伝導性の良好な AlN が好ましい。また、載置台 5 には、抵抗加熱型のヒーター 5a が埋め込まれており、例えば 200 V の交流電源であるヒーター電源 6 から給電されることにより載置台 5 を加熱して、その熱で被処理体であるウエハ W を加熱する。ヒーター 5a とヒーター電源 6 とを接続する給電線 6a には、RF（高周波）をフィルタリングするフィルタボックス 45 が設けられている。載置台 5 の温度は、載置台 5 に挿入された図示しない熱電対によって測定され、熱電対からの信号に基づいてヒーター電源 6 が制御され、例えば室温から 800 までの範囲で安定した温度制御が可能となっている。

40

【 0 0 2 1 】

また、載置台 5 の内部の表面側には、第 1 の電極としてのバイアス用の電極 7 が埋設さ

50

れている。この電極 7 は、載置されるウエハ W に略対応する領域に埋設されている。電極 7 の材質としては、例えばモリブデン、タングステンなどの導電性材料を用いることができる。電極 7 は、例えば網目状、格子状、渦巻き状等の形状に形成されている。また、載置台 5 の全面を覆うようにカバー 8 a が設けられており、このカバー 8 a にはウエハ W をガイドするための溝が設けられている。また、載置台 5 の外周側には、処理容器 1 内を均一排気するため、石英製のバッフルプレート 8 b が環状に設けられている。このバッフルプレート 8 b は、複数の孔 8 c を有し、支柱（図示せず）により支持されている。さらに、載置台 5 には、ウエハ W を支持して昇降させるための複数のウエハ支持ピン（図示せず）が載置台 5 の表面に対して突没可能に設けられている。

【 0 0 2 2 】

10

第 2 の容器 3 の上下の接合部には、例えば O リングなどのシール部材 9 a , 9 b , 9 c が設けられており、これにより接合部の気密状態が保たれる。これらシール部材 9 a , 9 b , 9 c は、例えばカルレッツ（商品名；デュボン社製）などのフッ素系ゴム材料からなっている。

【 0 0 2 3 】

第 1 の容器 2 の底壁 2 a の略中央部には円形の開口部 1 0 が形成されており、底壁 2 a にはこの開口部 1 0 と連通し、下方に向けて突出して処理容器 1 内部を均一に排気するための排気室 1 1 が連設されている。

【 0 0 2 4 】

図 2 に拡大して示したように、第 1 の容器 2 内の任意の箇所（例えば均等な 4 箇所）には、垂直方向に複数のガス供給路 1 2 が設けられている。ガス供給路 1 2 は、第 1 の容器 2 の上部と、第 2 の容器 3 の下部との接面部に形成された環状通路 1 3 に接続している。また、第 2 の容器 3 の内部には、この環状通路 1 3 に接続する複数のガス通路 1 4 が形成されている。また、第 2 の容器 3 の上端部には、内周面に沿って複数箇所（例えば 3 2 箇所の）にガス導入口 1 5 a が均等に設けられており、これらガス導入口 1 5 a から水平に延びるガス導入路 1 5 b が設けられている。このガス導入路 1 5 b は、第 2 の容器 3 内で鉛直方向に形成されたガス通路 1 4 と連通している。

20

【 0 0 2 5 】

環状通路 1 3 は、第 1 の容器 2 の上端面と、第 2 の容器 3 の下端面との接合部分において、段部 1 8 と段部 1 9 とによって形成された流路である。この環状通路 1 3 は、処理容器 1 内の空間を囲むように略水平方向に環状に連通している。環状通路 1 3 は、ガス供給路 1 2 を介して処理容器 1 の下部においてガス供給装置 1 6 と接続されている。なお、ガス供給装置 1 6 は処理容器 1 の側面に接続していてもよい。環状通路 1 3 は、各ガス通路 1 4 へガスを均等配分して供給するガス分配手段としての機能を有しており、処理ガスが特定のガス導入口 1 5 a に偏って供給されることを防ぐように機能する。

30

【 0 0 2 6 】

このように本実施形態では、ガス供給装置 1 6 からのガスを、各ガス供給路 1 2 、環状通路 1 3 、各ガス通路 1 4 を介して 3 2 箇所のガス導入口 1 5 a から配管の圧力損失なく均一に処理容器 1 内に導入できるので、処理容器 1 内のプラズマの均一性を高めることができる。

40

【 0 0 2 7 】

また、第 2 の容器 3 の下端面には、第 1 の容器 2 の上端面の段部 1 8 と組み合わせて環状通路 1 3 を形成できるように段部 1 9 が設けられている。つまり、第 1 の容器 2 の側壁の上端面の段部 1 8 と第 2 の容器 3 の下端面の段部 1 9 とによって環状通路 1 3 が形成されている。本実施の形態では、段部 1 9 の高さは段部 1 8 の高さよりも大きく形成されている。従って、第 2 の容器 3 の下端面と第 1 の容器 2 の上端面とを接合した状態では、シール部材 9 b が配設されている側では、段部 1 9 の突出面 3 b と段部 1 8 の非突出面 2 a とが当接するが、シール部材 9 a が配設されている側では、段部 1 9 の非突出面 3 c と段部 1 8 の突出面 2 b とが非当接状態となり、わずかな距離で隙間 S が形成されている。第 2 のシール部材としてのシール部材 9 a は、外部へガスが漏れない程度の気密性を保てる

50

程度にシールする部分である。第 1 のシール部材としてのシール部材 9 b は、当接した状態の段部 1 9 の突出面 3 b と段部 1 8 の非突出面 2 a とをシールすることにより処理容器 1 内の気密性を保つとともに、段部 1 9 の突出面 3 b と段部 1 8 の非突出面 2 a を当接させているので、後述するように高周波電流のリターン回路が効率良く形成されて、対向電極（第 2 の電極としての蓋部 2 7）の表面電位が下がり、対向電極がスパッタされ難くなる。この接合構造の作用については後述する。

【0028】

上記排気室 1 1 の側面には排気管 2 3 が接続されており、この排気管 2 3 には真空ポンプを含む排気装置 2 4 が接続されている。そしてこの排気装置 2 4 を作動させることにより処理容器 1 内のガスが、排気室 1 1 の空間 1 1 a 内へ均一に排出され、排気管 2 3 を介して排気される。これにより処理容器 1 内は所定の真空度、例えば 0.133 Pa まで高速に減圧することが可能となっている。

10

【0029】

第 1 の容器 2 の側壁には、ウエハ W の搬入出を行うための搬入出口と、この搬入出口を開閉するゲートバルブとが設けられている（いずれも図示せず）。

【0030】

処理容器 1 の上部は開口部となっており、この開口部を塞ぐようにマイクロ波導入部 2 6 が気密に配置可能となっている。このマイクロ波導入部 2 6 は、図示しない開閉機構により開閉可能となっている。

20

【0031】

マイクロ波導入部 2 6 は、主要な構成として、載置台 5 の側から順に、蓋部 2 7、透過板 2 8、平面アンテナ 3 1、遅波材 3 3 を有している。これらは、例えば SUS、アルミニウム、その合金等の導電性のカバー 3 4 によって覆われ、支持部材 3 6 を介して環状の押えリング 3 5 により蓋部 2 7 に固定されている。

【0032】

蓋部 2 7 は、下部電極である載置台 5 の電極 7 に対して対向配置された対向電極である。マイクロ波導入部 2 6 が閉じられた状態においては、処理容器 1 の上部と、開閉機能を持つ蓋部 2 7 がシール部材 9 c によりシールされた状態となるとともに、後述するように透過板 2 8 が蓋部 2 7 に支持された状態となっている。なお、蓋部 2 7 の外周面には、複数の冷却水流路 2 7 b が形成され、プラズマの熱に起因する熱膨張による接合部位の位置ずれの発生によるシール性低下やパーティクルの発生が防止されている。

30

【0033】

誘電体板としての透過板 2 8 は、誘電体、例えば石英や Al_2O_3 、 AlN 、サファイヤ、 SiN 等のセラミックスからなり、マイクロ波を透過し処理容器 1 内の処理空間に導入するマイクロ波導入窓として機能する。透過板 2 8 の下面（載置台 5 側）は平坦状に限らず、マイクロ波を均一化してプラズマを安定化させるため、例えば凹部や溝を形成してもよい。環状に配備された蓋部 2 7 の内周面には、処理容器 1 内空間へ向けて突出した突部 2 7 a が形成されており、その突部 2 7 a の上に、透過板 2 8 の外周部が、シール部材 2 9 を介して気密状態で支持されている。したがって、マイクロ波導入部 2 6 が閉じられた状態で処理容器 1 内を気密に保持することが可能となる。

40

【0034】

平面アンテナ 3 1 は、円板状をなしており、透過板 2 8 の上方において、カバー 3 4 の外周部により係止されている。この平面アンテナ 3 1 は、例えば表面が金または銀メッキされた銅板、アルミニウム板、ニッケル板または真鍮板からなり、マイクロ波などの電磁波を放射するための多数のスロット孔 3 2 が対をなして所定のパターンで貫通して形成された構成となっている。

【0035】

スロット孔 3 2 は、例えば図 3 に示すように長溝状をなし、典型的には隣接するスロット孔 3 2 同士が「T」字状に配置され、これら複数のスロット孔 3 2 が同心円状に配置されている。スロット孔 3 2 の長さや配列間隔は、マイクロ波の波長（ λ_g ）に応じて決定

50

され、例えばスロット孔 3 2 の間隔は、 $\lambda g / 4$ から λg となるように配置される。なお、図 3 においては、同心円状に形成された隣接するスロット孔 3 2 同士の間隔を Δr で示している。また、スロット孔 3 2 は、円形状、円弧状等の他の形状であってもよい。さらに、スロット孔 3 2 の配置形態は特に限定されず、同心円状のほか、例えば、螺旋状、放射状に配置することもできる。

【0036】

遅波材 3 3 は、真空よりも大きい誘電率を有しており、平面アンテナ 3 1 の上面に設けられている。この遅波材 3 3 は、例えば、石英、セラミックス、ポリテトラフルオロエチレン等のフッ素系樹脂やポリイミド系樹脂により構成されており、真空中ではマイクロ波の波長が長くなることから、マイクロ波の波長を短くしてプラズマを調整する機能を有している。なお、平面アンテナ 3 1 と透過板 2 8 との間、また、遅波材 3 3 と平面アンテナ 3 1 との間は、それぞれ密着させても離間させてもよいが、密着させることが好ましい。

【0037】

カバー 3 4 には、冷却水流路 3 4 a が形成されており、そこに冷却水を通流させることにより、カバー 3 4、遅波材 3 3、平面アンテナ 3 1、透過板 2 8、蓋部 2 7 を冷却するようになっている。これにより、変形や破損を防止し、安定したプラズマを生成することが可能である。なお、平面アンテナ 3 1 及びカバー 3 4 は接地されている。

【0038】

カバー 3 4 の上壁の中央には、開口部 3 4 b が形成されており、この開口部 3 4 b には導波管 3 7 が接続されている。この導波管 3 7 の端部には、マッチング回路 3 8 を介してマイクロ波発生装置 3 9 が接続されている。これにより、マイクロ波発生装置 3 9 で発生した、例えば周波数 2.45 GHz のマイクロ波が導波管 3 7 を介して上記平面アンテナ 3 1 へ伝搬されるようになっている。マイクロ波の周波数としては、8.35 GHz、1.98 GHz 等を用いることもできる。

【0039】

導波管 3 7 は、上記カバー 3 4 の開口部 3 4 b から上方へ延出する断面円筒状の同軸導波管 3 7 a と、この同軸導波管 3 7 a の上端部にモード変換器 4 0 を介して接続された水平方向に延びる矩形導波管 3 7 b とを有している。矩形導波管 3 7 b と同軸導波管 3 7 a との間のモード変換器 4 0 は、矩形導波管 3 7 b 内を TE モードで伝播するマイクロ波を TEM モードに変換する機能を有している。同軸導波管 3 7 a の中心には内導体 4 1 がモード変換器 4 0 から平面アンテナ 3 1 へかけて延在しており、内導体 4 1 は、その下端部において平面アンテナ 3 1 の中心に接続固定されている。また、平面アンテナ 3 1 とカバー 3 4 により偏平導波路が形成されている。これにより、マイクロ波は、同軸導波管 3 7 a の内導体 4 1 を介して平面アンテナ 3 1 へ放射状に効率よく均一に伝播される。

【0040】

載置台 5 に埋設された電極 7 には、支持部 4 の中を通る給電線 4 2、マッチングボックス (M.B.) 4 3 を介してバイアス印加用の高周波電源 4 4 が接続されており、ウエハ W に高周波バイアスを印加できる構成となっている。前記のとおり、ヒーター電源 6 からの電力をヒーター 5 a へ供給する給電線 6 a には、フィルタボックス 4 5 が設けられている。そして、マッチングボックス 4 3 とフィルタボックス 4 5 が、シールドボックス 4 6 を介して連結されてユニット化され、処理容器 1 の排気室 1 1 の底部に装着されている。シールドボックス 4 6 は、例えばアルミニウム、SUS などの導電性材料で形成されている。シールドボックス 4 6 内には、給電線 4 2 に接続された銅などの材質の導電板 4 7 が配備されてマッチングボックス 4 3 内のマッチャー (図示せず) に接続されている。導電板 4 7 を用いるので接触不良が起こりにくく、給電線 4 2 との接触面積を大きくとることができ、接続部分での電流損失を低減できる。

【0041】

従来は、シールドボックス 4 6 を備えずに、マッチングボックス 4 3 と給電線 4 2 との間を外部に露出した状態で同軸ケーブルなどを用いて接続していたため、当該同軸ケーブルの部分で高周波電力の損失が生じていた。また、この場合、高周波電流は、載置台 5 か

10

20

30

40

50

らプラズマ形成空間を介して対向電極（この場合は、例えば蓋部 27、第 1 の容器 2、第 2 の容器 3 などが対向電極となりうる）へ伝わり、処理容器 1 の第 2 の容器 3、第 1 の容器 2、さらに排気室 11 の壁を介して高周波電源 44 のアースへと戻って行く電流経路を形成するが、同軸ケーブルの長さに比例して抵抗が大きくなってしまふ。

【0042】

また、フィルタボックス 45 と給電線 6a とを、外部に露出した同軸ケーブルなどを用いて接続した場合にも、同様に同軸ケーブルの部分で電力の損失が生じる。この部分で電力の損失が生じると、高周波電源 44 から電極 7 へ供給された高周波電力が、対向電極である蓋部 27 へ向かわず、電極 7 からヒーター 5a、給電線 6a へと向かう異常な電流経路を形成し、正規の高周波電流経路（RF リターン回路；後述）の形成が妨げられ、異常放電が発生してしまう。

10

【0043】

以上のことから、本実施の形態のプラズマ酸化処理装置 100 では、マッチングボックス 43 とフィルタボックス 45 を、シールドボックス 46 を介して連結してユニット化することにより、排気室 11 の下部に直接接続する構成とした。これにより、高周波電源 44 からの電力の損失を低減し、電力消費効率を高めることができる。また、スペース的にも小さくコンパクト化出来る。

【0044】

マイクロ波を透過する透過板近傍において、プラズマ生成領域に臨んで形成されている上記蓋部 27 の内側はその表面が強いプラズマに曝されることによりスパッタリングされ、損耗する。このため、図 2 に拡大して示したように、載置台 5 に対して対向電極として機能する突部 27a の表面には、保護膜としての Y_2O_3 膜 48 をコーティングすることが良い。 Y_2O_3 膜 48 は、蓋部 27 の表面をプラズマによる酸化作用やスパッタ作用から保護し、蓋部 27 の構成材質であるアルミニウム等の金属によるコンタミネーションの発生を抑制する。また、載置台 5 からプラズマ処理空間を隔てて対向電極である蓋部 27 へと流れる高周波電流経路が効率的に形成されるので、高周波電流経路が安定して維持される。また他の部位における短絡や異常放電を抑制できる。なお、保護膜の材質としては、 Y_2O_3 のほかに、例えば Al_2O_3 、 TiO_2 等の金属酸化物を用いることができる。

20

【0045】

上記目的のために、蓋部 27 に形成される Y_2O_3 膜 48 は、気孔率が小さく緻密であることが好ましい。 Y_2O_3 膜 48 の気孔率が大きくなると体積抵抗率も大きくなることから、例えば気孔率が 1 ~ 10 % の範囲内であることが好ましい。また、 Y_2O_3 膜 48 の厚さは、例えば 10 ~ 800 μm の範囲内が好ましく、50 ~ 500 μm の範囲内がより好ましく、50 ~ 150 μm の範囲内が望ましい。 Y_2O_3 膜 48 の厚さが 10 μm 未満であると十分な保護作用が得られず、800 μm を超えると膜の応力によりクラックやはがれ等が生じやすくなる。

30

【0046】

Y_2O_3 膜 48 は、PVD（物理蒸着）および CVD（化学蒸着）等の薄膜形成技術や溶射等で形成することができるが、その中でも比較的安価で容易に上記気孔率、体積抵抗率が良好な範囲内になるように制御可能な皮膜を形成することができる溶射が好ましい。溶射には、フレイム溶射、アーク溶射、レーザー溶射、プラズマ溶射等があるが、制御性良く高純度の膜を形成する観点からプラズマ溶射が好ましい。また、プラズマ溶射法としては、大気圧プラズマ溶射法、真空プラズマ溶射法が挙げられる。

40

【0047】

また、本実施の形態に係るプラズマ酸化処理装置 100 では、処理容器 1 の内周に石英からなる円筒状のライナーが設けられている。ライナーは、処理容器 1 の上部の主に第 2 の容器 3 の内面を覆う第 1 の絶縁板としての上部ライナー 49a と、この上部ライナー 49a に連なって処理容器 1 の下部の主に第 1 の容器 2 の内面を覆う第 2 の絶縁板としての下部ライナー 49b とを含む構成となっている。上部ライナー 49a 及び下部ライナー 4

50

9 b は、壁とプラズマとの接触を防止し、処理容器 1 の構成材料による金属汚染を防止するとともに、載置台 5 から処理容器 1 の側壁へ向かって高周波電力の短絡や異常放電が生じないように作用する。載置台 5 との間隔が小さく近接した位置に配備される下部ライナー 4 9 b は上部ライナー 4 9 a に比べて厚みが大きく形成されている。ライナーの厚みは、高周波電流の短絡や異常放電が生じない程度の厚みにインピーダンスを考慮して設定されている。

【0048】

また、下部ライナー 4 9 b は、電極 7 が埋設された載置台 5 の高さより低い高さ位置の第 1 の容器 2 と排気室 1 1 の内面の少なくとも一部を覆うように設けられている。載置台 5 の下方部分において、載置台 5 と第 1 の容器 2 との距離が最も短くなることに対応して、この部位での異常放電を防ぐためである。なお、上部ライナー 4 9 a 及び下部ライナー 4 9 b の材質としては、石英が好ましいが、 Al_2O_3 、 AlN 、 Y_2O_3 等のセラミックスなどの誘電体を適用することもできる。なお、上部ライナー 4 9 a 及び下部ライナー 4 9 b は、上記材料をコーティングすることによって形成してもよい。

【0049】

プラズマ酸化処理装置 100 の各構成部は、制御部 50 に接続されて制御される構成となっている。制御部 50 は、典型的にはコンピュータを有しており、例えば図 4 に示したように、CPU を備えたプロセスコントローラ 51 と、このプロセスコントローラ 51 に接続されたユーザーインターフェース 52 および記憶部 53 を備えている。プロセスコントローラ 51 は、プラズマ酸化処理装置 100 において、例えば温度、圧力、ガス流量、マイクロ波出力、バイアス印加用の高周波電力などのプロセス条件に関する各構成部（例えば、ヒーター電源 6、ガス供給装置 16、排気装置 24、マイクロ波発生装置 39、高周波電源 44 など）を統括して制御する制御手段である。

【0050】

ユーザーインターフェース 52 は、工程管理者がプラズマ酸化処理装置 100 を管理するためにコマンドの入力操作等を行うキーボードや、プラズマ酸化処理装置 100 の稼働状況を可視化して表示するディスプレイ等を有している。また、記憶部 53 には、プラズマ酸化処理装置 100 で実行される各種処理をプロセスコントローラ 51 の制御にて実現するための制御プログラム（ソフトウェア）や処理条件データ等が記録されたレシピなどが保存されている。

【0051】

そして、必要に応じて、ユーザーインターフェース 52 からの指示等にて任意のレシピを記憶部 53 から呼び出してプロセスコントローラ 51 に実行させることで、プロセスコントローラ 51 により制御されてプラズマ酸化処理装置 100 の処理容器 1 内で所望の処理が行われる。また、前記制御プログラムや処理条件データ等のレシピは、コンピュータ読み取り可能な記憶媒体、例えば CD-ROM、ハードディスク、フレキシブルディスク、フラッシュメモリ、DVD、ブルーレイディスクなどに格納された状態のものを利用できる。さらに、前記レシピを他の装置から例えば専用回線を介して伝送させて利用することも可能である。

【0052】

このように構成された本発明のプラズマ酸化処理装置 100 では、例えば室温（25 程度）以上 600 以下の低温で下地膜や基板（ウエハ W）等へのダメージフリーなプラズマ酸化処理を行うことができる。また、プラズマ酸化処理装置 100 は、プラズマの均一性に優れていることから、大口径のウエハ W（被処理体）に対してもプロセスの均一性を実現できる。

【0053】

次に、プラズマ酸化処理装置 100 の動作について説明する。まず、ウエハ W を処理容器 1 内に搬入し、載置台 5 上に載置する。そして、ガス供給装置 16 から、処理ガスとして、例えば Ar、Kr、He などの希ガス、例えば O_2 、 N_2O 、NO、 NO_2 、 CO_2 などの酸化ガスを所定の流量でガス導入口 15 a を介して処理容器 1 内に導入する。なお

、必要に応じて H_2 を添加してもよい。

【0054】

次に、マイクロ波発生装置39からのマイクロ波を、マッチング回路38を経て導波管37に導き、矩形導波管37b、モード変換器40、および同軸導波管37aを順次通過させて内導体41を介して平面アンテナ31に供給し、平面アンテナ31のスロット孔32から透過板28を介して処理容器1内に放射させる。

【0055】

マイクロ波は、矩形導波管37b内ではTEモードで伝搬し、このTEモードのマイクロ波はモード変換器40でTEMモードに変換されて、同軸導波管37a内を平面アンテナ31に向けて伝搬されていく。平面アンテナ31から透過板28を経て処理容器1に放射されたマイクロ波により処理容器1内で電磁界が形成され、処理ガスがプラズマ化する。

10

【0056】

このプラズマは、マイクロ波が平面アンテナ31の多数のスロット孔32から放射されることにより、略 $1 \times 10^{10} \sim 5 \times 10^{12} / \text{cm}^3$ の高密度で、かつウエハW近傍では、略1.5 eV以下の低電子温度プラズマとなる。したがって、このプラズマをウエハWに対して作用させることにより、プラズマダメージを抑制した処理が可能になる。

【0057】

また、本実施の形態では、プラズマ処理を行なっている間、高周波電源44から所定の周波数で高周波電力を載置台5の電極7に供給する。高周波電源44から供給される高周波電力の周波数は、例えば100kHz以上60MHz以下の範囲内が好ましく、400kHz以上13.5MHz以下の範囲内がより好ましい。高周波電力は、ウエハWの面積当たりのパワー密度として例えば $0.2 \text{ W} / \text{cm}^2$ 以上 $2.3 \text{ W} / \text{cm}^2$ 以下の範囲内で供給することが好ましく、 $0.35 \text{ W} / \text{cm}^2$ 以上 $1.2 \text{ W} / \text{cm}^2$ 以下の範囲内で供給することがより好ましい。また、高周波のパワーは200W以上2000W以下の範囲内が好ましく、300W以上1200W以下の範囲内がより好ましい。載置台5の電極7に供給された高周波電力は、プラズマの低い電子温度を維持しつつ、プラズマ中のイオン種をウエハWへ引き込む作用を有している。従って、電極7に高周波電力を供給して、ウエハWにバイアスを印加することにより、プラズマ酸化処理のレートを速め、かつウエハ面内における処理の均一性を高めることができる。

20

30

【0058】

この場合、図5に矢印で示したように、本発明のリターン回路構成により高周波電源44から、ユニット化された高周波電力の導入部（マッチングボックス43およびシールドボックス46内の導電板47）と給電線42を介して、電力損失が少ない状態で載置台5の電極7へ効率良く高周波電力が供給される。電極7へ供給された高周波電力は、載置台5からプラズマ形成空間を介して対向電極としての蓋部27へ伝わり、処理容器1の第2の容器3、第1の容器2、さらに排気室11の壁を介して高周波電源44のアースへと伝わる高周波電流経路（RFリターン回路）を形成する。このRFリターン回路の等価回路は、図6のように表すことができる。本実施の形態では、対向電極である蓋部27のプラズマの生成領域に臨む部位に薄い Y_2O_3 膜48が設けられているので、載置台5からプラズマ処理空間を隔てて対向電極である蓋部27へと流れる適正な高周波電流経路の形成が妨げられることが少ない。しかも、 Y_2O_3 膜48に隣接して第2の容器3および第1の容器2の内面には、上部ライナー49aおよびこれよりも肉厚の下部ライナー49bが設けられているので、これらの部位への短絡や異常放電を確実に抑制することができる。

40

【0059】

また、 Y_2O_3 膜48は、チャージアップによるスパッタや異常放電が生じにくく、耐久性に優れ、アルミニウム等の金属コンタミネーションの発生を長期間抑制できる。つまり、 Y_2O_3 膜48によって、異常放電を抑制できるとともに、金属コンタミネーションを防止することができる。

【0060】

50

また、本実施の形態では、前記のように、第２の容器３と第１の容器２とを接合した状態で、シール部材９ｂが配設されている側では、段部１９の突出面３ｂと段部１８の非突出面２ａとが当接するが、シール部材９ａが配設されている側では、段部１９の非突出面３ｃと段部１８の突出面２ｂとが非当接状態となり、わずかな距離で隙間Ｓが形成されている。段部１８と段部１９の高さは、加工寸法精度の制約から、どちらかの段差を高くして、段部１８と段部１９により形成される２組の突出面と非突出面のどちらか一方のみを当接させることが必要である。載置台５にバイアス用の高周波電力を供給しない従来の処理容器の構造では、主として環状通路１３よりも外側（環状通路１３の外周）に位置するシール部材９ａによって処理容器１内の気密性を確保するため、シール部材９ａが配設されている側で段部１８の突出面２ｂと段部１９の非突出面３ｃとを密着させ、シール部材

10

20

30

40

50

【００６１】

しかし、載置台５の電極７へバイアス用の高周波電力を供給するプラズマ酸化処理装置１００では、前記のとおり、電極７へ供給された高周波電力は、載置台５からプラズマ形成空間を介して対向電極としての蓋部２７へ伝わり、処理容器１の第２の容器３および第１の容器２、さらに排気室１１の壁を介して高周波電源４４のアースへと伝わる高周波電流経路（ＲＦリターン回路）を形成する。このとき、高周波電流は、第２の容器３および第１の容器２の内壁に沿って表面電流として伝わるため、第２の容器３および第１の容器２の内面側に隙間が存在すると、そこで電流が遮られ、高周波電流経路が複雑になるとともに距離も長くなり、例えば段部１８や段部１９の角部などで異常放電を引き起こして適正な高周波電流経路の形成が妨げられる場合がある。このため、本実施の形態では、シール部材９ｂが配設されている側では、段部１９の突出面３ｂと段部１８の非突出面２ａとを密着させて、処理容器１の内面すなわち第２の容器３および第１の容器２の内壁に沿って高周波電流がスムーズに流れるように構成されている。この場合、段部１９の突出面３ｂと段部１８の非突出面２ａとの接触面積が小さくなっており、これにより接触圧が大きくなって導通の安定化が図られている。

【００６２】

以上のように、本実施の形態にかかるプラズマ酸化処理装置１００では、ウエハＷを載置する載置台５の電極７に供給されたバイアス用の高周波電力の経路を適正化して電力消費効率を向上させるとともに、異常放電を防止してプロセスの効率化を図ることができる。

【００６３】

次に、アルミニウム製の蓋部２７の表面に Y_2O_3 膜４８を形成してプラズマ酸化した場合と、 Y_2O_3 膜４８形成していないアルミニウム製の従来の蓋部を用いて、プラズマ酸化処理した場合の、（１）アルミニウムコンタミネーションの比較、（２）ウエハＷ表面のシリコンの酸化レートおよびそのウエハ面内での均一性の高周波パワー依存性、について検討を行った。 Y_2O_3 膜４８は大気プラズマ溶射法により、溶射膜厚が $80\mu m$ となるように形成した。この Y_2O_3 膜４８は、純度９９％、体積抵抗値 $3.6 \times 10^{10} \Omega \cdot cm^2$ 、気孔率が約１０％であった。その結果、 Y_2O_3 膜４８をコーティングすることにより、アルミニウム製蓋部を使用した従来の装置に比べ、アルミニウムコンタミネーションが低減するとともに、酸化処理の面内均一性を改善することができた。

【００６４】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることなく、種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では、プラズマに曝される部材としての蓋部２７の本体としてアルミニウムを用いたが、ステンレス鋼等の他の金属を用いた場合であっても同様の効果を得ることができる。また、載置台５の電極７に高周波電力を供給するプロセスであれば、プラズマ酸化処理に限るものではなく、例えばプラズマ窒化処理、エッチング処理などの種々のプラズマ処理を対象とすることができる。さらに、被処理体についても、半導体ウエハに限

らず、F P D用ガラス基板などの他の基板を対象にすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明の一実施の形態に係るプラズマ酸化処理装置の概略断面図である。

【図2】図1の要部を拡大して示す断面図である。

【図3】平面アンテナの構造を示す図面である。

【図4】制御部の構成を示す説明図である。

【図5】プラズマ酸化処理装置における電流の流れを説明する図面である。

【図6】R Fリターン回路の等価回路を説明する図面である。

【符号の説明】

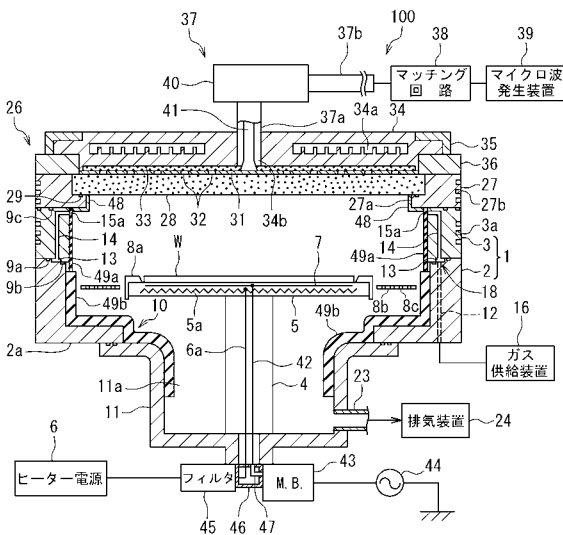
【0066】

1 ... 処理容器、2 ... 第1の容器、3 ... 第2の容器、4 ... 支持部、5 ... 載置台、7 ... 電極、13 ... 環状通路、14 ... ガス通路、15a ... ガス導入口、15b ... ガス導入路、16 ... ガス供給装置、18, 19 ... 段部、24 ... 排気装置、26 ... マイクロ波導入部、27 ... 蓋部、27a ... 突部、28 ... 透過板、29 ... シール部材、31 ... 平面アンテナ、32 ... スロット孔、37 ... 導波管、37a ... 同軸導波管、37b ... 矩形導波管、39 ... マイクロ波発生装置、40 ... モード変換器、43 ... マッチングボックス、44 ... 高周波電源、45 ... フィルタボックス、46 ... シールドボックス、47 ... 導電板、48 ... Y_2O_3 膜、49a ... 上部ライナー、49b ... 下部ライナー、100 ... プラズマ酸化処理装置、W ... 半導体ウエハ（被処理体）

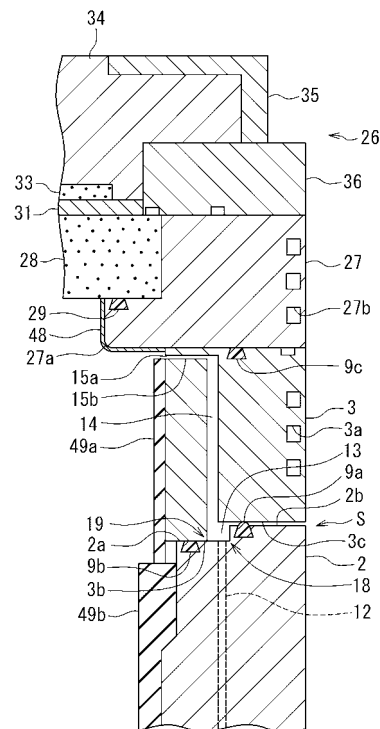
10

20

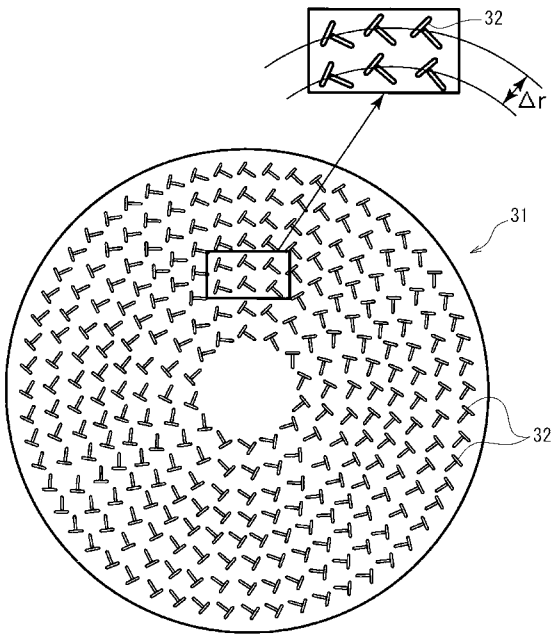
【図1】



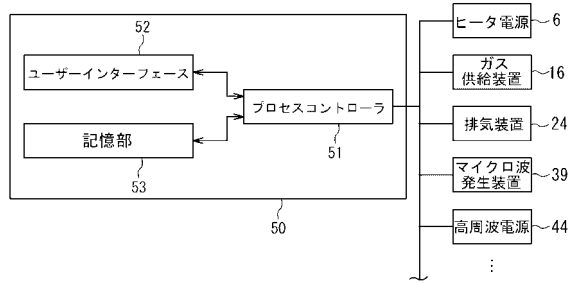
【図2】



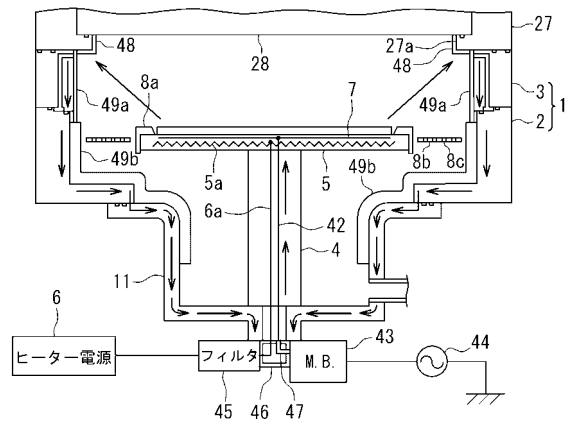
【図 3】



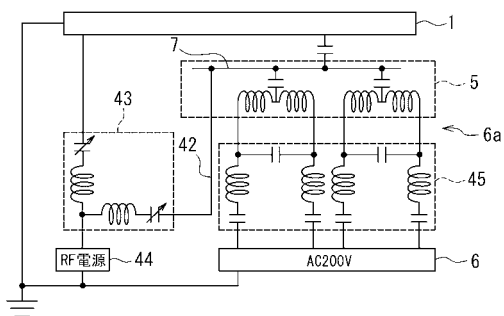
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 秀雄

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

(72)発明者 北川 淳一

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

Fターム(参考) 5F004 AA16 BA20 BB14 BB18 BC01 BD07

5F045 AA09 AA20 AB32 AC11 AC16 AC17 AF03 BB07 BB09 DP04

DQ10 EC01 EC05 EF04 EH02 EH03 EH08 EH20 EK09