

(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2005-64037

(P2005-64037A)

(43) 公開日 平成17年3月10日(2005.3.10)

(51) Int.C1.⁷

H01L 21/3085

F1

H01L 21/302 101D

テーマコード(参考)

5FO04

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号

特願2003-207379 (P2003-207379)

(22) 出願日

平成15年8月12日 (2003.8.12)

(71) 出願人 000002428

芝浦メカトロニクス株式会社

神奈川県横浜市栄区笠間2丁目5番1号

(74) 代理人 100108062

弁理士 日向寺 雅彦

(72) 発明者 飯野 由規

神奈川県横浜市栄区笠間二丁目5番1号

芝浦メカトロニクス株式会社内

F ターム(参考) 5F004 AA06 BA03 BB29 BB32 BD01
DA22 DA23 DA24 DA25 DA26
DB00 EB03

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びアッシング方法

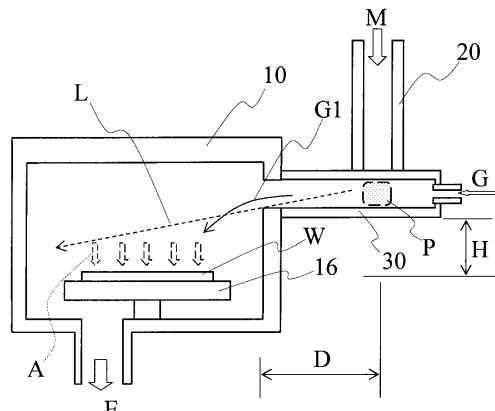
(57) 【要約】

【課題】従来とは異なる発想に基づき、低誘電率材料などをプラズマ処理した場合にも無用な損傷を与えることなくアッシングなどのプラズマ処理が可能なプラズマ処理装置及びアッシング方法を提供することを目的とする。

【解決手段】大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバと、前記チャンバに接続された伝送管と、前記伝送管にガスを導入するガス導入機構と、前記伝送管の外側から内側にマイクロ波を導入するマイクロ波供給源と、を備え、

前記伝送管内において前記ガスのプラズマを形成し、前記チャンバ内に設置された被処理体のプラズマ処理を実施可能なプラズマ処理装置であって、前記伝送管は、前記被処理体の正面に対して略垂直な前記チャンバの内壁に開口するように接続され、前記被処理体は、前記プラズマから眺めた直視線上に設けられていないことを特徴とするプラズマ処理装置を提供する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバと、
前記チャンバに接続された伝送管と、
前記伝送管にガスを導入するガス導入機構と、
前記伝送管の外側から内側にマイクロ波を導入するマイクロ波供給源と、
を備え、
前記伝送管内において前記ガスのプラズマを形成し、前記チャンバ内に設置された被処理体のプラズマ処理を実施可能なプラズマ処理装置であって、
前記伝送管は、前記被処理体の正面に対して略垂直な前記チャンバの内壁に開口するよう接続され、
前記被処理体は、前記プラズマから眺めた直視線上に設けられていないことを特徴とする
プラズマ処理装置。 10

【請求項 2】

前記伝送管は、前記チャンバの前記内壁に対して略垂直に接続された場合と比較してその軸線が前記被処理体から遠ざかる方向に傾斜して前記チャンバの内壁に接続されてなることを特徴とする請求項 1 記載のプラズマ処理装置。 20

【請求項 3】

大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバと、
略 L 字状の接続管を介して前記チャンバに接続された伝送管と、
前記伝送管にガスを導入するガス導入機構と、
前記伝送管の外側から内側にマイクロ波を導入するマイクロ波供給源と、
を備え、
前記伝送管内において前記ガスのプラズマを形成し、前記チャンバ内に設置された被処理体のプラズマ処理を実施可能なプラズマ処理装置であって、
前記接続管は、前記被処理体の正面に略対向する前記チャンバの内壁に開口するよう接続され、
前記接続管の内壁は、フッ素含有樹脂によりなることを特徴とするプラズマ処理装置。 30

【請求項 4】

前記プラズマから放出される光を遮断し、前記プラズマから放出される活性種を透過させる遮光体を、前記プラズマと前記被処理体との間に備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理装置。 30

【請求項 5】

大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバと、
前記チャンバの壁面の一部を占める透過窓と、
前記透過窓を介して前記チャンバの外側から内側にマイクロ波を導入するマイクロ波供給源と、
前記チャンバ内にガスを導入するガス導入機構と、
を備え、
前記チャンバ内において前記ガスのプラズマを形成し、前記チャンバ内に設置された被処理体のプラズマ処理を実施可能なプラズマ処理装置であって、
前記プラズマから放出される光を遮断し、前記プラズマから放出される活性種を透過させる遮光体を、前記プラズマと前記被処理体との間に備えたことを特徴とするプラズマ処理装置。 40

【請求項 6】

前記伝送管から供給されるガス流の前記被処理体の上における分布を調整する整流手段をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載のプラズマ処理装置。 40

【請求項 7】

前記チャンバの内壁及び前記伝送管の内壁の少なくともいずれかに、前記プラズマから放出される光を吸収する吸収体が設けられたことを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 つ 50

に記載のプラズマ処理装置。

【請求項 8】

絶縁層の上にレジストが形成された被処理体の前記レジストを除去するアッシング方法であって、

水素と不活性ガスとを含むプラズマを形成し、大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバ内に設置された前記被処理体に前記プラズマから放出される活性種を作用させ、且つ前記プラズマから放出される光が前記被処理体に実質的に照射されない状態において前記レジストを除去することを特徴とするアッシング方法。

【請求項 9】

前記不活性ガスは、ヘリウムであることを特徴とする請求項 8 記載のアッシング方法。

【請求項 10】

前記絶縁層は、低誘電率材料からなることを特徴とする請求項 8 または 9 に記載のアッシング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマ処理装置及びアッシング (ashing: 灰化) 方法に関し、特に、被処理体に与える損傷を抑制しつつ迅速なレジストの除去が可能なプラズマ処理装置及びアッシング方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

プラズマを利用したアッシング、ドライエッチング、薄膜堆積あるいは表面改質などのプラズマ処理は、半導体製造装置や液晶ディスプレイ製造装置などに応用され、電子産業をはじめとした各種の産業分野において広く利用されている。

【0003】

特に、プラズマを利用してレジストを灰化させる「アッシング処理」は、微細パターンを加工するエッチング時や、イオン注入 (ion implantation: 以下「インプラ」という) 時のマスク材として用いたレジストを除去分解するドライプロセスとして多用されている。

【0004】

このようなアッシングに用いることができるプラズマ処理装置としては、いわゆる「ダウンフロー型」と「リモートプラズマ型」とが知られている。

「ダウンフロー型」のプラズマ処理装置の場合、プラズマを発生させる生成室と、被処理体が載置される反応室とが同一の真空チャンバ内に設けられている（例えば、特許文献 1 参照）。これに対して、「リモートプラズマ型」の場合は、プラズマを発生させる生成室と被処理体が載置される反応チャンバとが伝送管により接続され、プラズマと被処理体とが隔離された構造を有する（例えば、特許文献 2 及び 3 参照）。

【0005】

図 20 は、「ダウンフロー型」のアッシング装置の一例を表した模式図である。この装置は、チャンバ 110 と、このチャンバ 110 の上面に設けられた平板状の誘電体板からなる透過窓 118 と、透過窓 118 の外側に設けられたマイクロ波導波管 120 と、透過窓 118 の下方の処理空間において半導体ウェーハなどの被処理物 W を載置して保持するためのステージ 116 と、を有する。

【0006】

このアッシング装置を用いて被処理物 W の表面にアッシング処理を施す際には、まず、真空排気系 E によって処理空間が減圧状態にされた後、処理ガスの雰囲気が形成された状態で、マイクロ波導波管 120 からマイクロ波 M が導入される。マイクロ波 M は、透過窓 118 を介してチャンバ 110 内のガスにエネルギーを与え、処理ガスのプラズマ P が形成される。プラズマ P 中においては、イオンや電子が処理ガスの分子と衝突することにより、励起された原子や分子、遊離原子（ラジカル）などの励起活性種（プラズマ生成物）が

10

20

30

40

50

生成される。これらプラズマ生成物は、矢印 A で表したように処理空間内を拡散して被処理物 W の表面に飛来し、エッティングなどのプラズマ処理が行われる。

【0007】

そして、特許文献 1 においては、このようなダウンフロー型のアッシング装置において、プラズマが生成される生成室と、被処理体 W が載置される反応室との間に、複数の孔が形成されたシャワーヘッド 400 を設けることが記載されている。このシャワーヘッド 400 の目的は、プラズマの活性粒子種を通過させ、イオンの通過を阻止することにある。

【0008】

図 21 は、特許文献 2 に開示されている「リモートプラズマ型」のプラズマ処理装置の要部を表す模式図である。すなわち、チャンバ 110 の上方にプラズマ伝送管 130 が接続され、その先端から処理ガス G が供給される。また、プラズマ伝送管 130 にはマイクロ波の導波管 120 が接続され、マイクロ波 M が供給される。マイクロ波 M によりエネルギーを与えられて処理ガス G のプラズマ P が形成され、プラズマ P に含まれるラジカルなど活性種 A が伝送管 130 を介してチャンバ 110 の被処理体 W に供給されることにより、アッシングなどのプラズマ処理が行われる。

【0009】

また、特許文献 3 には、プラズマ P のグロー放電から下流のチャンバ 110 までが直接的に視野に入ることを防ぐために伝送管 130 に直角の「曲げ」を加えたプラズマ発生装置が開示されている。

【0010】

【特許文献 1】

特開平 5 - 315292 号公報

【特許文献 2】

特開 2001 - 189305 号公報

【特許文献 3】

特表 2002 - 541672 号公報

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、近年、半導体のさらなる高集積化を実現するための要素技術のひとつとして、「低誘電率 (low-k) 材料」による絶縁膜が注目されている。これは、複数の配線層の間に設けられる層間絶縁膜や、絶縁ゲート型デバイスのゲート絶縁膜として用いられる材料であり、誘電率が低いために、寄生容量を低減できるという利点を有する。これら低誘電率材料としては、例えば、ポリイミドなどの有機材料や、多孔質の酸化シリコンなどを挙げることができる。

【0012】

ところが、本発明者の独自の実験の結果、これら従来の装置を用いてプラズマ処理した場合に、被処理体に損傷が生じ、あるいはプラズマ処理の効率に改善の余地があることが判明した。すなわち、これら低誘電率材料の上にレジストマスクを形成して、低誘電率材料をパターニングし、しかる後にレジストマスクをアッシングすると、低誘電率材料もエッティングされ、誘電率や寄生容量が増加するという問題があることが判明した。

【0013】

本発明はかかる課題の認識に基づいてなされたものであり、その目的は、従来とは異なる発想に基づき、低誘電率材料などをプラズマ処理した場合にも無用な損傷を与えることなくアッシングなどのプラズマ処理が可能なプラズマ処理装置及びアッシング方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の第 1 のプラズマ処理装置は、大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバと、前記チャンバに接続された伝送管と、前記伝送管にガスを導入するガス導入機構と、前記伝送管の外側から内側にマイクロ波を導入するマイクロ波

10

20

30

40

50

供給源と、を備え、

前記伝送管内において前記ガスのプラズマを形成し、前記チャンバ内に設置された被処理体のプラズマ処理を実施可能なプラズマ処理装置であって、前記伝送管は、前記被処理体の正面に対して略垂直な前記チャンバの内壁に開口するように接続され、前記被処理体は、前記プラズマから眺めた直視線上に設けられていないと特徴とする。

【0015】

上記構成によれば、リモートプラズマ型のプラズマ処理装置において、プラズマから放出される光による被処理体の損傷を防ぎつつ、確実なプラズマ処理を実施できる。

【0016】

ここで、前記伝送管は、前記チャンバの前記内壁に対して略垂直に接続された場合と比較してその軸線が前記被処理体から遠ざかる方向に傾斜して前記チャンバの内壁に接続されてなるものとすれば、プラズマから放出される光をさらに確実に被処理体から遠ざけることができる。

【0017】

また、本発明の第2のプラズマ処理装置は、大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバと、略L字状の接続管を介して前記チャンバに接続された伝送管と、前記伝送管にガスを導入するガス導入機構と、前記伝送管の外側から内側にマイクロ波を導入するマイクロ波供給源と、を備え、

前記伝送管内において前記ガスのプラズマを形成し、前記チャンバ内に設置された被処理体のプラズマ処理を実施可能なプラズマ処理装置であって、前記接続管は、前記被処理体の正面に略対向する前記チャンバの内壁に開口するように接続され、前記接続管の内壁は、フッ素含有樹脂によりなることを特徴とする。

【0018】

上記構成によれば、リモートプラズマ型のプラズマ処理装置において、プラズマから放出される光による被処理体の損傷を防ぎつつ、確実なプラズマ処理を実施できる。

【0019】

ここで、前記プラズマから放出される光を遮断し、前記プラズマから放出される活性種を透過させる遮光体を、前記プラズマと前記被処理体との間に備えたものとすれば、プラズマから放出される光をさらに確実に被処理体から遮断することができる。

【0020】

また、本発明の第3のプラズマ処理装置は、大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバと、前記チャンバの壁面の一部を占める透過窓と、前記透過窓を介して前記チャンバの外側から内側にマイクロ波を導入するマイクロ波供給源と、前記チャンバ内にガスを導入するガス導入機構と、を備え、

前記チャンバ内において前記ガスのプラズマを形成し、前記チャンバ内に設置された被処理体のプラズマ処理を実施可能なプラズマ処理装置であって、前記プラズマから放出される光を遮断し、前記プラズマから放出される活性種を透過させる遮光体を、前記プラズマと前記被処理体との間に備えたことを特徴とする。

【0021】

上記構成によれば、ダウンフロー型のプラズマ処理装置において、プラズマから放出される光による被処理体の損傷を防ぎつつ、確実なプラズマ処理を実施できる。

【0022】

ここで、前記伝送管から供給されるガス流の前記被処理体の上における分布を調整する整流手段をさらに備えたものとすれば、被処理体におけるプラズマ処理の均一性を改善することができる。

【0023】

また、前記チャンバの内壁及び前記伝送管の内壁の少なくともいずれかに、前記プラズマから放出される光を吸収する吸収体が設けられたものとすれば、プラズマから放出される光をさらに確実に被処理体から遮断することができる。

【0024】

10

20

30

40

50

一方、本発明のアッシング方法は、絶縁層の上にレジストが形成された被処理体の前記レジストを除去するアッシング方法であって、水素と不活性ガスとを含むプラズマを形成し、大気よりも減圧された雰囲気を維持可能なチャンバ内に設置された前記被処理体に前記プラズマから放出される活性種を作用させ、且つ前記プラズマから放出される光が前記被処理体に実質的に照射されない状態において前記レジストを除去することを特徴とする。

【0025】

上記構成によれば、プラズマから放出される光による被処理体の損傷を防ぎつつ、確実なアッシングを実施できる。

【0026】

ここで、前記不活性ガスは、ヘリウムであるものとすれば、絶縁層の変質を防ぐことができる。

【0027】

また、前記絶縁層は、低誘電率材料からなるものとすれば、絶縁層の膜厚の低下や変質を防ぎつつ、確実なアッシングが可能となる。

【0028】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について、具体例を参照しつつ詳細に説明する。

【0029】

図1は、本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置及びアッシング方法を説明するための概念図である。

【0030】

すなわち、本具体例のプラズマ処理装置も「リモートプラズマ型」の装置であり、チャンバ10と、このチャンバ10の側面設けられた伝送管30と、伝送管30にマイクロ波Mを供給する導波管20と、を有する。

【0031】

チャンバ10は、真空排気系Eにより形成される減圧雰囲気を維持可能であり、その中央付近には、半導体ウェーハなどの被処理物Wを載置して保持するためのステージ16が設けられている。

【0032】

そして、本具体例においては、被処理体Wは、プラズマPから眺めた直視線上に設けられていない。つまり、プラズマPから放出された光Lが被処理体Wに照射されないように、各要素の配置関係が決定されている。すなわち、伝送管30をチャンバ10の側面に接続した場合、被処理体Wから伝送管30までの高さHと、チャンバ内壁からプラズマPの生成箇所までの距離Dとを適宜設定することによって、プラズマPから放出された光の被処理体Wへの照射を防ぐことができる。その結果として、プラズマPの光による被処理体Wの損傷を防いで高効率のプラズマ処理を実施できる。

【0033】

またさらに、本具体例によれば、プラズマPにより生成されたラジカルなどの活性種の「失活」が少ないという点も有利である。すなわち、プラズマPに含まれる活性種は、ガス流G1に沿って被処理体Wの表面に供給される。この際、伝送管30に「曲げ」などが形成されていないため、活性種が管壁などに衝突して再結合により失活する可能性を低くすることができる。つまり、活性種の失活を最小限に抑えて、迅速なプラズマ処理が可能となる。

【0034】

以下、本実施形態のプラズマ処理装置によるアッシングの実験結果について説明する。

【0035】

図2は、本発明者が実施した実験を説明するための工程断面図である。すなわち、同図は、銅(Cu)の配線層を有する半導体装置の製造工程の一部を表した工程断面図である。

【0036】

まず、同図(a)に表したように、半導体層200の上に、銅からなる下部配線層210

10

20

30

40

50

と層間絶縁層 220 を積層し、この上に、レジスト 300 を所定のパターンに形成する。

【0037】

次に、同図 (b) に表したように、レジスト 300 をマスクとして、開口部の層間絶縁層 220 をエッチングし、ビア・ホール (via hole) を形成する。

【0038】

次に、同図 (c) に表したように、アッシングによりレジスト 300 を除去し、同図 (d) に表したように、上部配線層 230 を形成することにより、多層配線構造が得られる。

【0039】

さてここで、下部配線層 210 と上部配線層 230 との間の寄生容量を低減するためには、層間絶縁層 220 の誘電率を下げることが重要である。このためには、「低誘電率材料」を用いる必要がある。ところが、この場合、従来のアッシング装置を用いると、図 2 (c) に表したレジスト 300 のアッシング工程において、下地の層間絶縁層 220 のエッチングや変質が生ずる場合があった。

【0040】

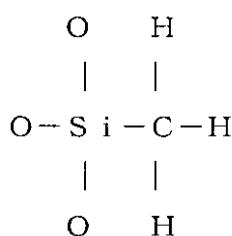
これに対して、本実施形態においては、図 1 に例示した如く、プラズマ P からの光の照射を防ぎ、且つ独特なエッチングガスを用いることにより、低誘電率材料からなる層間絶縁層 220 のエッチングや変質を防ぎつつ、レジスト 300 の迅速なアッシングが可能となる。

【0041】

本発明者は、アッシングと同様の条件でプラズマ P を形成し、レジスト 300 を被覆せず 20 に、低誘電率材料からなる絶縁層をチャンバに配置してそのエッチングや変質について調べた。低誘電率材料としては、下記の構造式を有する 多孔質の Si-O-C-H 系の化合物を用いた。

【0042】

【化 1】



また、比較例として、図 2 1 に表したように、プラズマ P からの光が被処理体 W に直接的に照射されるリモートプラズマ型のプラズマ処理装置を用いた実験も実施した。アッシングの条件は、以下の通りである。

【0043】

【表 1】

サンプル No.	不活性ガス		アッシングガス			圧力 [Pa]	μ 波パワー [W]	温度 [°C]	処理時間	プラズマ 処理装置
	He [sccm]	Ar [sccm]	H ₂ [sccm]	N ₂ [sccm]	O ₂ [sccm]					
1	4750		250			133	2000	200	500nm 相当	本発明
2	4750		250			133	2000	200	500nm 相当	比較例
3		4750	250			133	2000	200	500nm 相当	本発明
4	4750			250		133	2000	200	500nm 相当	本発明
5	4750				250	133	2000	200	500nm 相当	本発明

すなわち、サンプル 1 乃至 3 は、アッシングガスとして H₂ (水素) を用い、サンプル 4 は、アッシングガスとして N₂ (窒素) を用い、サンプル 5 は、アッシングガスとして O₂ (酸素) を用いた。また、サンプル 1、2、4、5 は、不活性キャリアガスとして He (ヘリウム) を用い、サンプル 3 は、Ar (アルゴン) を用いた。

【0044】

10

20

30

40

50

そして、サンプル2は、図21に表したようにプラズマPからの光が被処理体Wに直接的に照射されるアッシング装置によりプラズマ処理を実施し、それ以外のサンプルは、図1に表したように、プラズマPからの光が被処理体Wに照射されないプラズマ処理装置によりプラズマ処理を実施した。また、各サンプルの処理時間は、いずれも厚みが500ナノメータのレジストをアッシングにより除去できる時間とした。

【0045】

このようにしてプラズマ処理を施した各サンプルのエッチング量を測定した。またさらに、プラズマ処理後の層間絶縁層の表面を分光エリプソメトリにより評価し、変質層の厚みを測定した。

【0046】

図3は、一連のサンプルの実験結果をまとめたグラフ図である。すなわち、同図の横軸は、サンプル番号を表し、「0」はプラズマ処理を施さない層間絶縁層の厚みを表す。また、同図の縦軸は、各サンプルについて、プラズマ処理後の厚みAと、その表面に形成された変質層の厚みBと、エッチングされた厚みCとを表す。

【0047】

サンプル1とサンプル2とを比較すると、比較例のプラズマ処理装置を用いた場合（サンプル2）には、層間絶縁層のエッチング量は初期の膜厚の約18パーセント近くに及んでいるが、本発明のプラズマ処理装置を用いた場合（サンプル1）には、エッチング量は数パーセント以下に抑えられていることが分かる。図2に表した断面構造からも分かるように、層間絶縁層220が薄くなると、上下電極間の寄生容量が増大するという問題が生ずる。これに対して、本発明のプラズマ処理装置を用いた場合には、層間絶縁層220の厚みの低下、すなわち寄生容量の増大を微小に抑えることができる。

このように、従来のアッシング装置において低誘電率材料の層間絶縁層がエッチングされる理由は、プラズマPから放出される光により低誘電率材料の分解が促進されるからであると推測される。

【0048】

図4及び図5は、それぞれH₂（水素）とHe（ヘリウム）の発光スペクトルを表すグラフ図である。これらの図から分かるように、H₂やHeのプラズマPからは、波長が100ナノメータ前後あるいはそれ以下の紫外線（UV光）が放出されている。このような紫外線は、低誘電率材料すなわち有機材料や、炭素などがドープされた多孔質の酸化シリコンなどの元素間結合を分断する作用を有することが推測される。従って、このような紫外線が低誘電率材料に照射されると、構成元素間の結合が不安定化され、水素（H）ラジカルの存在によってマトリクスからの乖離が促進されるものと考えられる。

【0049】

これに対して、本発明によれば、図1に例示した如く、プラズマPからの光が被処理体Wに照射されないような配置関係が実現されている。その結果として、紫外線などの光の照射による絶縁層のエッチングが抑制され、膜厚の低下を防ぐことができる。

【0050】

次に、再び図3に戻って、ガス種の影響について説明する。サンプル1とサンプル3とを比較すると、いずれも低誘電率材料のエッチング量は数パーセント以下であるが、不活性キャリアガスとしてアルゴン（Ar）を用いた場合（サンプル3）には、表面の変質層の厚みBがやや増加する傾向が認められる。また、目視による観察でも、サンプル1の表面に変化は認められなかったのに対して、サンプル3の表面は、褐色に変色していることが認められた。このような変質層の形成によって誘電率は増加する傾向があるため、不活性キャリアガスとしては、アルゴンよりもヘリウムが望ましいといえる。

【0051】

一方、サンプル1と、サンプル4およびサンプル5とを比較すると、アッシングガスとしてN₂（窒素）を用いた場合（サンプル4）には、低誘電率材料のエッチング量はおよそ5パーセントであり、O₂（酸素）を用いた場合（サンプル5）には、エッチング量はおよそ20パーセントにも達することが分かる。このような膜厚の低下は、寄生容量の増大

10

20

30

40

50

を引き起こす。つまり、アッシングガスとしては N_2 (窒素) や O_2 (酸素) よりも H_2 (水素) を用いることが望ましい。

【0052】

図6及び図7は、それぞれ N_2 と O_2 の発光スペクトルを表すグラフ図である。これらのグラフを図4と比較すれば分かるように、アッシングガスである H_2 よりも N_2 や O_2 のほうが紫外線の波長領域の発光スペクトル線の数と強度が大きく、発光強度が高い。従って、プラズマPからの光が完全に遮蔽されていない場合には、紫外線による低誘電率材料のエッチング促進効果が生ずるおそれがある。

【0053】

図8は、Ar (アルゴン) の発光スペクトルを表すグラフ図である。図5と比較すると、He (ヘリウム) よりも Ar のほうが紫外線の波長領域における発光が多いことが分かる。従って、この場合も、プラズマPからの光が完全に遮蔽されていない場合には、紫外線による低誘電率材料のエッチング促進効果が生ずるおそれがある。

【0054】

以上、本実施形態のプラズマ処理装置及びアッシング方法についてまとめると、まず、被処理体Wに対してプラズマPからの光が照射されないような配置関係のプラズマ処理装置を用いることが望ましい。このための具体的な構成は、図1に例示したものの他、後に種々の具体例をあげてさらに詳細に説明する。

【0055】

一方、アッシングガスについては、 N_2 や O_2 よりも H_2 を用いることが望ましい。また、不活性キャリアガスとしては、Ar を用いるよりも He を用いることが望ましい。

【0056】

なお、本発明は、上述した特定の低誘電率材料のみならず、その他各種の低誘電率材料に用いて同様の作用効果を得ることができる。本発明を適用可能な低誘電率材料は、特に半導体集積回路においてゲート絶縁膜または層間絶縁膜として用いられるものであり、その誘電率が3.5以下のものである。その代表例を挙げると、ポリイミド、ベンゾシクロブテン、パリレン、炭化フッ素、炭素を含有した酸化シリコン、及びこれらの多孔質体などである。

【0057】

また、アッシングできるレジストは、例えば半導体製造工程において多用されるg線、i線、波長157ナノメータ、波長193ナノメータなどの露光光源に対応する感度を有するものであり、例えば、ノボラック、ポリビニルフェノール、アクリレート、環状オレフィンなどを含むものなどを挙げることができる。

【0058】

低誘電率材料についても、レジストについても、上記した具体例には限定されず、当業者が適宜選択して用いることができる全てのものを適用することが可能である。

【0059】

以下、本発明のプラズマ処理装置の変形例について説明する。

図9は、本発明のプラズマ処理装置の第2の具体例を表す模式図である。同図については、図1乃至図8に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

本具体例においては、ステージ16の周囲に整流体50が設けられている。整流体50は、処理ガスGの流れを調整する作用を有する。すなわち、プラズマPからの発光が被処理体Wに照射されることを防ぐために伝送管30をチャンバ10の側面に接続した場合、真空排気手段Eに向けて流れるガスの流れが被処理体Wから見たときに非対称となる。このために、被処理体Wにおいてアッシングやエッチングなどのプラズマ処理の速度が平面内で分布を有し、不均一となるおそれがある。これに対して、本具体例においては、ステージ16の周囲に整流体50を設け、被処理体Wの表面における不均一を補正することが可

10

20

30

40

50

能となる。具体的には、例えば、整流体 50 に開口 50a、50b を設け、伝送管 30 から遠い側の開口 50a を、伝送管 30 に近い側の開口 50b よりも大きくなるようにすると、被処理体 W の表面において、伝送管 30 から遠い側に到達するガス流 G1 を近い側のガス流 G2 よりも増加させ、均一なプラズマ処理を実施することが可能となる。

【0060】

つまり、本具体例によれば、プラズマ P からの発光 L が被処理体 W に照射されることを防ぎつつ、同時に被処理体 W に対するガス流の分布を積極的に調節してプラズマ処理の均一性を高めることができる。

【0061】

なお、本発明において、プラズマ処理の均一性を向上させるために設ける整流体 50 の構造は、図 9 に表したものに限定されず、例えば、ガス流に対するコンダクタンスを調整するものであれば、その他の種々の構造を用いることができる。

【0062】

図 10 は、本発明のプラズマ処理装置の第 3 の具体例を表す模式図である。同図についても、図 1 乃至図 9 に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

本具体例においては、チャンバ 10 の内壁に、プラズマ P からの光 L を吸収する吸収体 60 が設けられている。このような吸収体 60 を設けることにより、プラズマ P からの光 L がチャンバ 10 の内壁で吸収されるので、被処理体 W に照射されること防ぐことができる。その結果として、プラズマ P からの光 L による影響をさらに確実に抑止することができる。

【0063】

吸収体 60 の材質や構造は、プラズマ P からの光 L の波長に応じて適宜決定することができる。例えば、プラズマ P からの光 L が紫外線の場合、これを吸収する各種の無機材料、金属材料、有機材料あるいはこれらの複合材料を用いることができる。または、屈折率が異なる 2 種類の薄膜を交互に積層させた波長選択フィルタなどを用いることもできる。

【0064】

またこのような吸収体 60 は、図 11 に例示した如く伝送管 30 の内壁にも設けてよい。このようにすれば、伝送管 30 の内壁における光 L の反射を防ぎ、被処理体 W に対する光 L の照射をさらに遮断することができる。

【0065】

図 12 は、本発明のプラズマ処理装置の第 5 の具体例を表す模式図である。同図についても、図 1 乃至図 11 に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

本具体例においては、伝送管 30 がチャンバ 10 の側面に対して、傾斜して接続されている。すなわち、伝送管 30 は、その中心軸が被処理体 W から遠ざかる方向に傾斜して接続されている。このようにすれば、プラズマ P からの光 L を被処理体 W から遠ざけることより、被処理体 W が照射されることをさらに確実に防ぐことができる。

【0066】

また、このように伝送管 30 を傾斜させてチャンバ 10 に接続しても、プラズマ P から供給されるラジカルなどの活性種は、ガス流 G1 に沿って被処理体 W に円滑に供給される。つまり、伝送管 30 に「曲げ」などを設けていないので、活性種が管壁に衝突して失活することを防ぐことができる。その結果として、光 L による影響を抑制しつつ、迅速で効率のよいアッシングなどのプラズマ処理を実行できる。

【0067】

プラズマ P の光 L を遮蔽する効果は、図 13 に例示した如く、伝送管 30 の傾斜を大きくするほど高くなる。すなわち、図 13 に表したように伝送管 30 をさらに大きく傾斜させてチャンバ 10 に接続すれば、プラズマ P からの光 L をさらに被処理体 W から遠ざけることができる。また、このような場合でも、伝送管 30 に「曲げ」などが形成されていないため、ラジカルなどの活性種はガス流 G1 に沿って失活することなく被処理体 W の表面に

10

20

30

40

50

供給される。

【0068】

図14は、本発明のプラズマ処理装置の第7の具体例を表す模式図である。同図についても、図1乃至図13に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

本具体例においては、伝送管30の開口端付近に、遮光体70が設けられている。遮光体70は、プラズマPから放出される光Lを遮断し、ラジカルなどの活性種は透過させる作用を有する。このような遮光体70を設けることにより、光Lの照射による被処理体Wの損傷を防ぐことができる。

【0069】

図15は、遮光体70の具体例を表す模式断面図である。

本具体例の遮光体70Aは、ブラインドの如く、複数の板状体がルーバー(louver)状に配置されている。プラズマPからの光Lは、これら板状体に遮られ、被処理体Wに到達しない。一方、プラズマPから放出された活性種は、ガス流G1に沿って板状体の間隙を流れ、被処理体Wの表面に供給される。

【0070】

ここで、活性種の一部は、板状体に衝突することが考えられるので、板状体を活性種の再結合が生じにくい材料により形成するとよい。例えば、ラジカルの再結合率について説明すると、ステンレスなどの金属の場合に概ね0.1~0.2程度、アルミナや石英の場合に概ね0.001~0.01程度、テフロン(登録商標)の場合に概ね0.0001程度である。従って、これらのうちではテフロン(登録商標)を用いると、ラジカルの失活を最も効果的に阻止できる。

【0071】

また一方、光Lをさらに効率的に遮断するためには、遮光体70を構成する板状体あるいはその表面を図10及び図11に関して前述した吸収体60により形成するよい。

【0072】

図16は、板状体を複合材により形成した具体例を表す模式断面図である。すなわち、本具体例の遮光体70Bを構成する板状体は、その一方の面が第1の層70Baにより形成され、他方の面は第2の層70Bbにより形成されている。第1の層70Baは、ガス流G1の入射側に配置され、ラジカルの失活を抑制する材料からなる。一方、第2の層70Bbは、その裏側に配置され、光Lを吸収する材料からなる。このようにすれば、矢印L1で例示したように板状体により反射された光Lを第2の層70Bbにより確実に吸収し、被処理体Wから遮断することができる。また同時に、ガス流G1に沿って板状体の表面70Baに衝突する活性種の失活を防ぐこともできる。

【0073】

なお、本具体例とは逆に、ガス流G1の入射側に光Lの吸収層を設け、その上側に活性種の失活を防ぐ層を設けてもよい。

【0074】

図17は、遮光体70の具体例を表す模式断面図である。

本具体例の遮光体70Cは、開口が設けられた複数の邪魔板を有するバッフル(baffle)状の構造体である。それぞれの邪魔板の開口は、互いに重ならないように形成されている。このような遮光体70Cにおいても、プラズマPからの光Lは、これら邪魔板に遮られ、被処理体Wに到達しない。一方、プラズマPから放出された活性種は、ガス流G1に沿って開口を流れ、被処理体Wの表面に供給される。

【0075】

なお、本具体例においても、図16に例示した如く、邪魔板の一方の面をラジカルの失活を抑制する層により形成し、他方の面を光Lを吸収する層により形成してもよい。このようにすれば、光Lをより確実に吸収し、また同時に、活性種の失活を防ぐこともできる。

【0076】

図18は、本発明のプラズマ処理装置の第8の具体例を表す模式図である。同図について

10

20

30

40

50

も、図1乃至図17に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

本具体例においては、チャンバ10の上面に略L字状に屈曲した接続管30Lを介して伝送管30が接続されている。プラズマPから放出された活性種は、この伝送管30及び接続管30Lを介して被処理体Wの直上に供給される。そして、略直角に屈曲した接続管30Lを設けることにより、プラズマPから放出される光Lを遮蔽して、被処理体Wを保護することができる。ただし、この構造の場合、略L字状の接続管30Lの管壁に活性種が衝突する割合が高く、失活による損失が大きい。そこで、接続管30Lを活性種の再結合が生じにくい材料により形成する。具体的には、テフロン（登録商標）などのフッ素含有樹脂により形成する。このようにすれば、光Lを遮断し、また同時に、活性種の失活を防ぐこともできる。

【0077】

なお、本具体例においても、図9に関して前述したような整流体50を設けてもよく、図10及び図11に関して前述したように光Lの吸収体60を設けてもよく、また、図14乃至図17に関して前述したように、遮光体70を設けてもよい。

【0078】

図19は、本発明のプラズマ処理装置の第9の具体例を表す模式図である。同図についても、図1乃至図18に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は省略する。

本具体例は、「ダウンフロー型」のプラズマ処理装置である。この装置は、チャンバ10と、このチャンバ10の上面に設けられた平板状の誘電体板からなる透過窓18と、透過窓18の外側に設けられたマイクロ波導波管20と、透過窓18の下方の処理空間において半導体ウェーハなどの被処理物Wを載置して保持するためのステージ16と、を有する。

【0079】

チャンバ10は、真空排気系Eにより形成される減圧雰囲気を維持可能であり、処理空間に処理ガスを導入するためのガス導入管（図示せず）が適宜設けられている。

【0080】

たとえば、このプラズマ処理装置を用いて被処理物Wの表面にエッティング処理を施す際には、まず、被処理物Wが、その表面を上方に向けた状態でステージ16の上に載置される。次いで、真空排気系Eによって処理空間が減圧状態にされた後、この処理空間に、処理ガスとしてのエッティングガスが導入される。その後、処理空間に処理ガスの雰囲気が形成された状態で、マイクロ波導波管20からスロットアンテナ20Sにマイクロ波Mが導入される。

【0081】

マイクロ波Mは、スロットアンテナ20Sから透過窓18に向けて放射される。透過窓18は石英やアルミナなどの誘電体からなり、マイクロ波Mは、透過窓18の表面を伝搬して、チャンバ10内の処理空間に放射される。このようにして処理空間に放射されたマイクロ波Mのエネルギーにより、処理ガスのプラズマが形成される。こうして発生したプラズマ中の電子密度が透過窓18を透過して供給されるマイクロ波Mを遮蔽できる密度（カットオフ密度）以上になると、マイクロ波は透過窓18の下面からチャンバ内の処理空間に向けて一定距離（スキンデプス）dだけ入るまでの間に反射され、このマイクロ波の反射面とスロットアンテナ20Sの下面との間にはマイクロ波の定在波が形成される。

【0082】

すると、マイクロ波の反射面がプラズマ励起面となって、このプラズマ励起面で安定なプラズマPが励起されるようになる。このプラズマ励起面で励起された安定なプラズマP中においては、イオンや電子が処理ガスの分子と衝突することにより、励起された原子や分子、遊離原子（ラジカル）などの励起活性種（プラズマ生成物）が生成される。これらプラズマ生成物は、矢印Aで表したように処理空間内を拡散して被処理物Wの表面に飛来し、エッティングなどのプラズマ処理が行われる。

【0083】

そして、本具体例においては、プラズマPと被処理体Wとの間に遮光体70が設けられている。遮光体70は、図14乃至図17に関して前述したように、例えばルーバー状やバッフル状などに形成され、プラズマPから放出される光Lを遮断しつつ、ラジカルなどの活性種を透過させる。このような遮光体70を設けることにより、ダウンフロー型のプラズマ処理装置においても、プラズマPからの光Lによる被処理体Wの損傷を防ぎつつ、高い効率のプラズマ処理を実施することが可能となる。

【0084】

なお、本具体例においても、図9に関して前述したような整流体50を設けてもよく、図10及び図11に関して前述したように光Lの吸収体60を設けてもよい。

10

【0085】

以上具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。

【0086】

例えば、本発明のアッシング方法において用いる低誘電率材料やレジストの種類や、プラズマ処理装置を構成する各要素及びその配置関係などについては、本発明の趣旨に基づいて当業者が適宜変形したのも本発明の範囲に包含される。

【0087】

【発明の効果】

本発明によれば、プラズマから放出される光による被処理体の損傷を防ぎつつ、迅速且つ確実なプラズマ処理を実施することが可能となる。その結果として、例えば、低誘電率材料を用いた多層配線構造や絶縁ゲート型デバイスなどを安定して製造することが可能となり、産業上のメリットは多大である。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態にかかるプラズマ処理装置及びアッシング方法を説明するための概念図である。

【図2】本発明者が実施した実験を説明するための工程断面図である。

【図3】一連のサンプルの実験結果をまとめたグラフ図である。

【図4】H₂（水素）の発光スペクトルを表すグラフ図である。

30

【図5】He（ヘリウム）の発光スペクトルを表すグラフ図である。

【図6】N₂の発光スペクトルを表すグラフ図である。

【図7】O₂の発光スペクトルを表すグラフ図である。

【図8】Ar（アルゴン）の発光スペクトルを表すグラフ図である。

【図9】本発明のプラズマ処理装置の第2の具体例を表す模式図である。

【図10】本発明のプラズマ処理装置の第3の具体例を表す模式図である。

【図11】伝送管30の内壁にも吸収体を設けた具体例を表す模式図である。

【図12】本発明のプラズマ処理装置の第5の具体例を表す模式図である。

【図13】伝送管30の傾斜を大きくした具体例を表す模式図である。

【図14】本発明のプラズマ処理装置の第7の具体例を表す模式図である。

【図15】遮光体70の具体例を表す模式断面図である。

40

【図16】板状体を複合材により形成した具体例を表す模式断面図である。

【図17】遮光体70の具体例を表す模式断面図である。

【図18】本発明のプラズマ処理装置の第8の具体例を表す模式図である。

【図19】本発明のプラズマ処理装置の第9の具体例を表す模式図である。

【図20】「ダウンフロー型」のアッシング装置の一例を表した模式図である。

【図21】「リモートプラズマ型」のプラズマ処理装置の要部を表す模式図である。

【符号の説明】

10 チャンバ

16 ステージ

18 透過窓

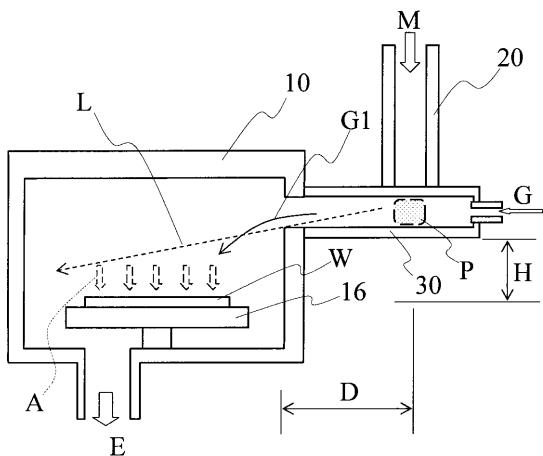
50

2 0 導波管
 2 0 S スロットアンテナ
 3 0 伝送管
 3 0 L 接続管
 5 0 整流体
 5 0 a、 5 0 b 開口
 6 0 吸収体
 7 0 、 7 0 A ~ 7 0 C 遮光体
 1 1 0 チャンバ
 1 1 6 ステージ
 1 1 8 透過窓
 1 2 0 マイクロ波導波管
 1 3 0 プラズマ伝送管
 2 0 0 半導体層
 2 1 0 下部配線層
 2 2 0 層間絶縁層
 2 3 0 上部配線層
 3 0 0 レジスト
 4 0 0 シャワーヘッド
 L 光
 M マイクロ波
 P プラズマ
 W 被処理体

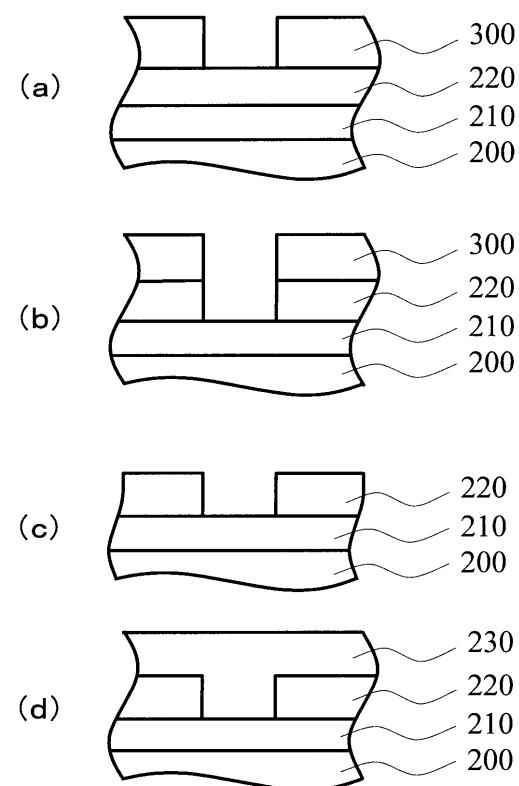
10

20

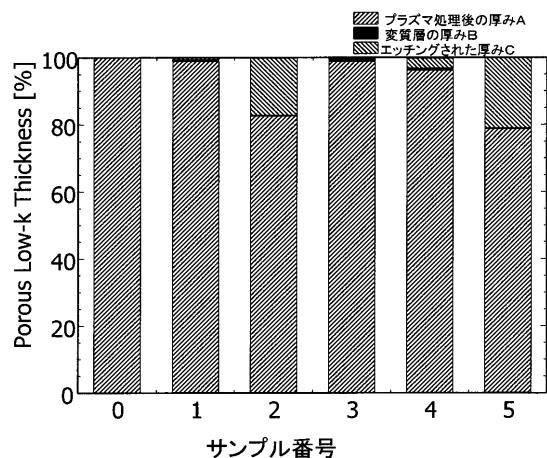
【 図 1 】



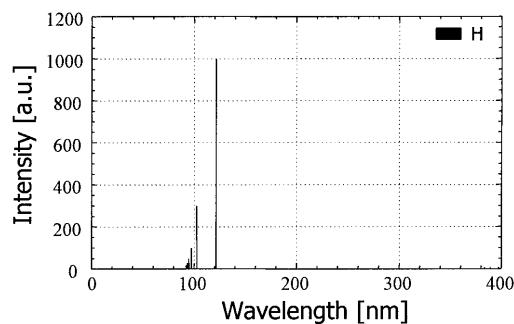
【 図 2 】



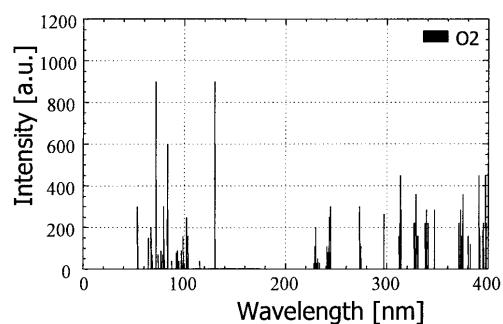
【図3】



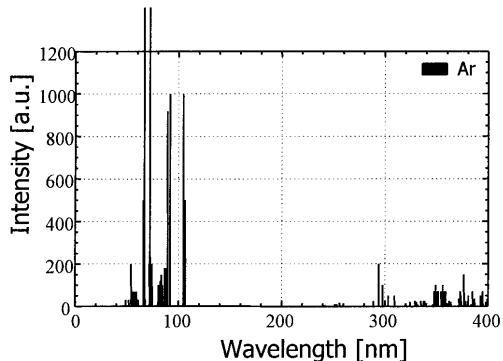
【図4】



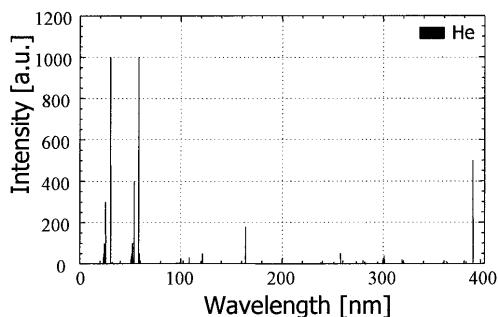
【図7】



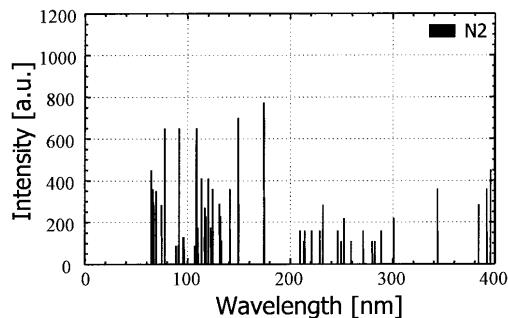
【図8】



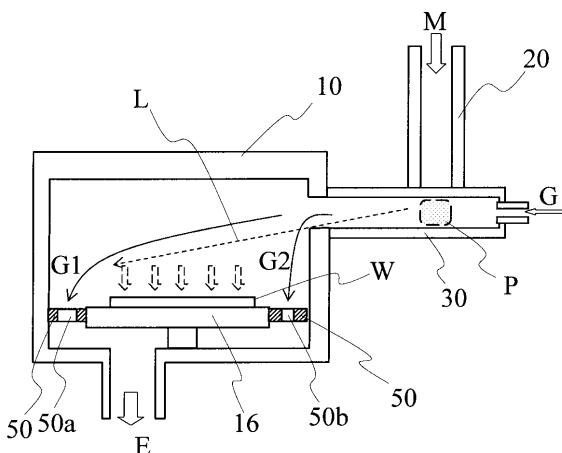
【図5】



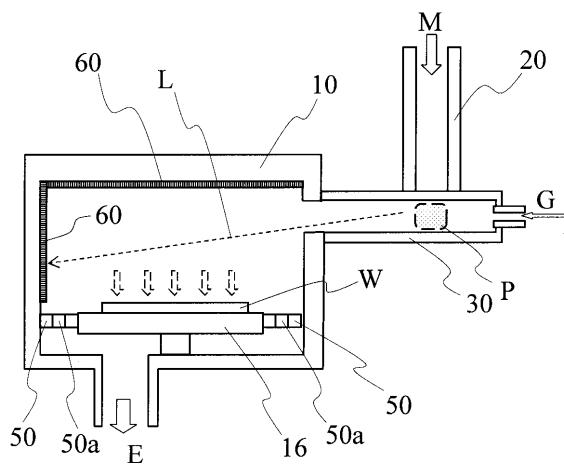
【図6】



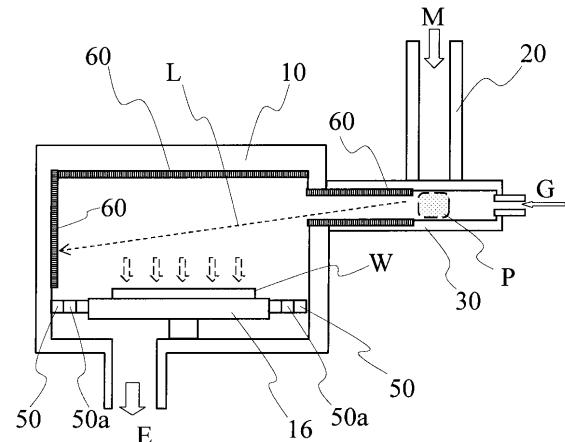
【図9】



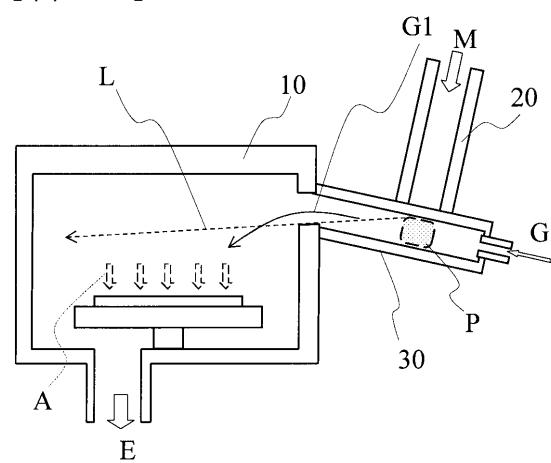
【図10】



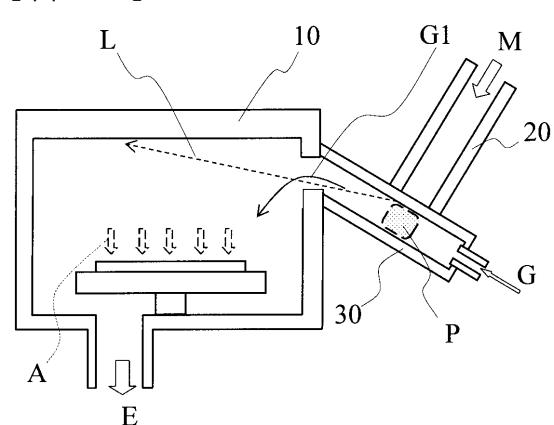
【図11】



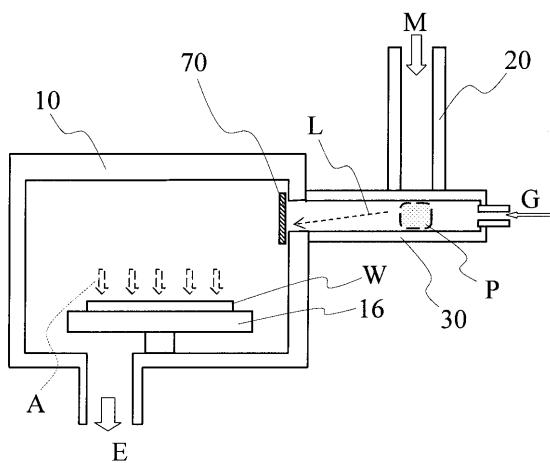
【図12】



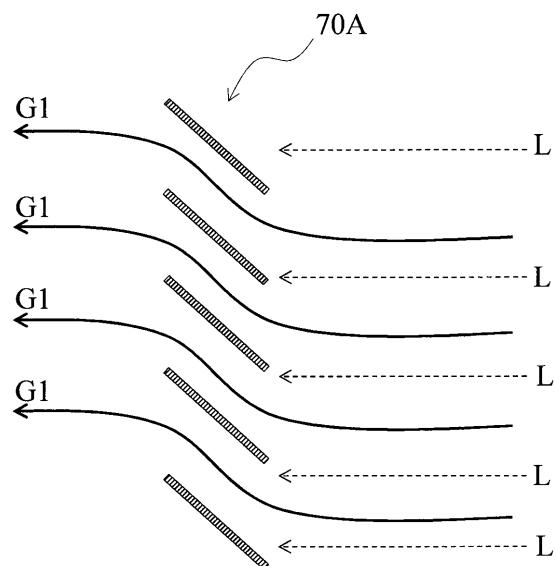
【図13】



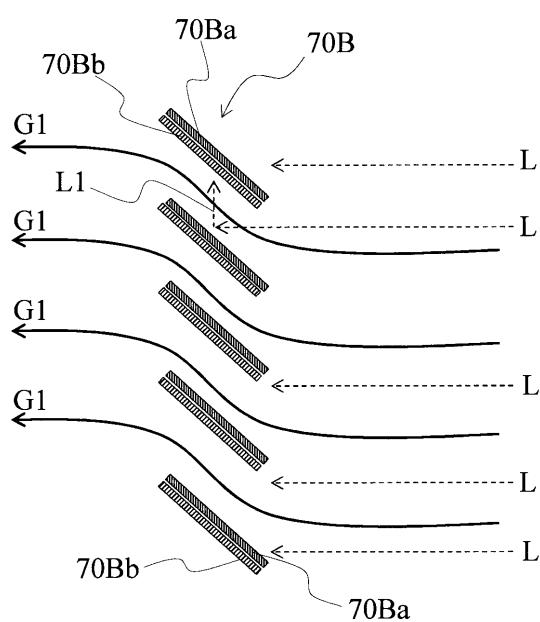
【 図 1 4 】



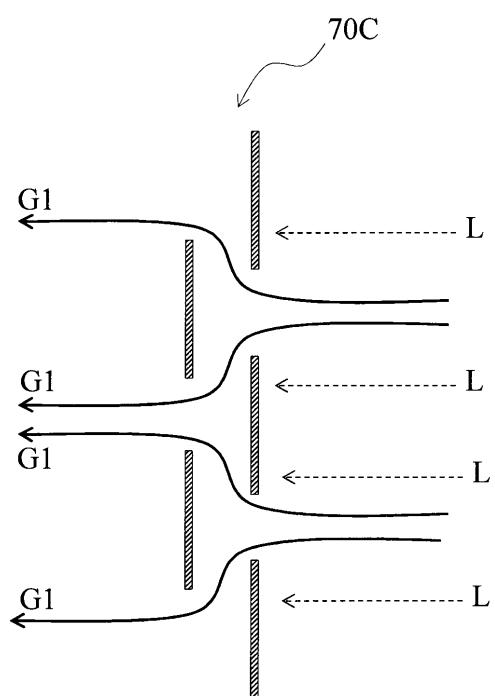
【 図 1 5 】



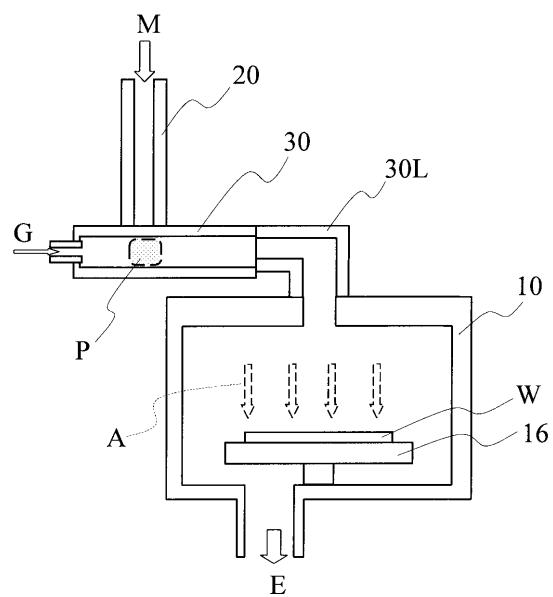
【図16】



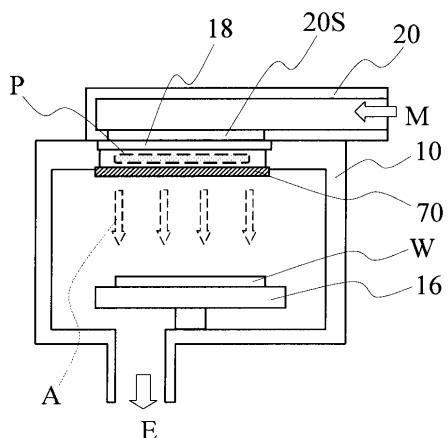
【図 17】



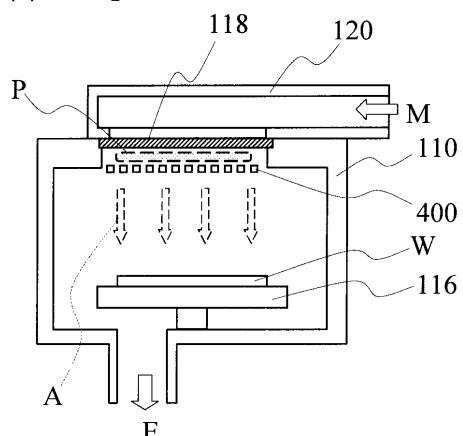
【図18】



【図19】



【図20】



【図21】

