

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6430664号  
(P6430664)

(45) 発行日 平成30年11月28日(2018.11.28)

(24) 登録日 平成30年11月9日(2018.11.9)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>H O 1 L</b>	<b>21/31</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>H O 1 L</b>	<b>21/31</b>	<b>A</b>
<b>C 2 3 C</b>	<b>16/455</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>C 2 3 C</b>	<b>16/455</b>	
<b>C 2 3 C</b>	<b>16/452</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>C 2 3 C</b>	<b>16/452</b>	

請求項の数 14 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2017-559971 (P2017-559971)	(73) 特許権者	501137636
(86) (22) 出願日	平成28年1月6日(2016.1.6)		東芝三菱電機産業システム株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2016/050188		東京都中央区京橋三丁目1番1号
(87) 国際公開番号	W02017/119074	(74) 代理人	100088672
(87) 国際公開日	平成29年7月13日(2017.7.13)		弁理士 吉竹 英俊
審査請求日	平成30年1月10日(2018.1.10)	(74) 代理人	100088845
			弁理士 有田 貴弘
		(72) 発明者	西村 真一
			東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内
		(72) 発明者	渡辺 謙資
			東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ガス供給装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

処理対象基板(25)を載置する載置部(19)と、  
 前記載置部の上方に設けられ、底面に開口部を有する処理チャンバー(18, 180)から前記処理対象基板にガスを供給するガス噴出器(1~4, 100)とを備え、  
 前記ガス噴出器は、  
 ガス供給口(12)から供給されるガスを一時的に収容する一次収容室(11, 110)と、  
 前記処理チャンバーと、  
 前記一次収容室と前記処理チャンバーとの間に設けられるノズル部(10, 20, 30, 40, 10a~10d)とを備え、  
 前記ノズル部は、  
前記ノズル部の最上部に設けられ、平面視した開口部断面形状が第1の径で円状に形成され、前記一次収容室内のガスを下方に供給する第1の制限筒(13, 13X)と、  
前記第1の制限筒と連続的に形成され、平面視した開口部断面形状が第2の径で円状に形成され、前記第1の制限筒から供給されるガスを前記処理チャンバーに向けて供給する第2の制限筒(14, 14X, 17)とを有し、  
 前記第1の径は、前記一次収容室内と前記処理チャンバー内との圧力差が所定圧力比以上になるように設定され、  
 前記第2の径は前記第1の径より長くなるように設定され、

前記ノズル部(20)は、

前記第2の制限筒と連続的に形成され、平面視した開口部断面形状が第3の径の円状に形成され、前記第2の制限筒から供給されるガスを前記処理チャンバーに向けて供給する第3の制限筒(15)をさらに含み、

前記第3の径は前記第2の径より長いことを特徴とする、  
ガス供給装置。

【請求項2】

請求項1記載のガス供給装置であって、

前記所定圧力比は30倍であり、

前記一次収容室内の圧力と、前記処理チャンバー内の圧力との圧力差を30倍以上にするようにしたことを特徴とする、

10

ガス供給装置。

【請求項3】

請求項1または請求項2に記載のガス供給装置であって、

前記第2の制限筒の前記第2の径を直径30mm以内に設定したことを特徴とする、

ガス供給装置。

【請求項4】

請求項1から請求項3のうち、いずれか1項に記載のガス供給装置であって、

前記ノズル部(30)における前記第2の制限筒(17)は、

前記処理チャンバーに向かうに従い前記第2の径が長くなるように半球状に形成される

20

ことを特徴とする、

ガス供給装置。

【請求項5】

請求項1から請求項4のうち、いずれか1項に記載のガス供給装置であって、

前記ガス噴出器のうち、ガスと接触する領域であるガス接触領域を石英あるいはアルミナ材を構成材料として形成したことを特徴とする、

ガス供給装置。

【請求項6】

請求項1から請求項5のうち、いずれか1項に記載のガス供給装置であって、

前記ガス噴出器を100以上に加熱することで、加熱したガスを前記処理対象基板に供給するようにしたことを特徴とする、

30

ガス供給装置。

【請求項7】

請求項1から請求項6のうち、いずれか1項に記載のガス供給装置であって、

前記ガス供給口から供給されるガスは、窒素、酸素、フッ素、及び水素のうち少なくとも一つを含有したガスである、

ガス供給装置。

【請求項8】

請求項1から請求項6のうち、いずれか1項に記載のガス供給装置であって、

前記ガス供給口から供給されるガスは、前駆体ガスである、

40

ガス供給装置。

【請求項9】

請求項1から請求項8のうち、いずれか1項に記載のガス供給装置であって、

前記一次収容室内の圧力を大気圧以下、10kPa以上の圧力に設定するように、前記ガス供給口から供給されるガスのガス流量を制御する、

ガス供給装置。

【請求項10】

請求項1から請求項9のうち、いずれか1項に記載のガス供給装置であって、

前記ノズル部は、

複数のノズル部を含む、

50

ガス供給装置。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 記載のガス供給装置であって、

複数のノズル部それぞれにおける前記第 1 の制限筒の前記第 1 の径を、前記複数のノズル部間で異なる値に設定したことを特徴とする、

ガス供給装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 から請求項 9 のうち、いずれか 1 項に記載のガス供給装置であって、

前記一次収容室と前記ノズル部との境界領域近傍に、前記ガス供給口から供給されたガスを電離させ、イオン化あるいはラジカル化させてイオン化ガスあるいはラジカル化ガスを得るガス電離部 ( 2 2 , 2 4 ) を設けたことを特徴とする、

ガス供給装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 記載のガス供給装置であって、

前記ガス電離部は、

互いに対向して設けられ第 1 及び第 2 の電極 ( 2 2 及び 2 4 ) を有し、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間に放電空間を有し、前記第 1 及び第 2 の電極のうち少なくとも一方が前記放電空間を形成する面に誘電体を有し、

前記第 1 の制限筒は、前記第 2 の電極に形成される貫通口によって形成され、

前記第 1 及び第 2 の電極間に交流電圧を印加し、前記放電空間において誘電体バリア放電を発生させて得られる前記イオン化ガスあるいは前記ラジカル化ガスを前記処理チャンパー内に供給する、

ガス供給装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 または請求項 1 3 に記載のガス供給装置であって、

前記ノズル部は、複数のノズル部を含み、

前記ガス電離部は、前記複数のノズル部に対応して設けられる複数のガス電離部を含み、前記複数のガス電離部は互いに独立して制御可能であることを特徴とする、

ガス供給装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

この発明は、成膜処理用のガス供給装置に関する発明である。

【背景技術】

【0 0 0 2】

半導体製造分野では、ウエハー等の被処理体の基板表面に絶縁膜等の成膜処理や、成膜によってできた膜表面をエッチング、洗浄などの処理を行うが、これらの処理は高速、かつ品質の高い技術が求められている。例えば、高絶縁薄膜、半導体薄膜、高誘電体薄膜、発光薄膜、高磁性体薄膜、超硬薄膜等の成膜を含む多岐に亘る高性能な優れた成膜処理とともに、高品質なエッチング処理、剥離、洗浄処理が追究され、大面積のウエハー表面 ( 処理対象基板表面 ) に、高品質で均一な成膜の実現と高い処理速度が重要視されている。

【0 0 0 3】

このような多岐に亘る薄膜技術やエッチング、剥離、洗浄処理は、半導体素子だけでなく多用途分野に応用されて来ている。

【0 0 0 4】

その中で特に、薄膜成膜技術においては、金属や絶縁物の物質表面での化学反応で窒化・酸化・水素結合を促進させる基礎技術が薄膜形成には重要な位置を占め、この基礎技術をベースにして、薄膜は、様々な熱処理や化学反応処理を加え高品質な薄膜形成が実現される。

【0 0 0 5】

10

20

30

40

50

具体的には、半導体装置の製造において、半導体チップ内で、回路配線として機能する低インピーダンスの高導電膜、回路の配線コイル機能や磁石機能を有する高磁性膜、回路のコンデンサ機能を有する高誘電体膜、及び電氣的な漏洩電流の少ない高絶縁機能を有する酸化や窒化による高絶縁膜などの高機能膜の成膜方法がある。これらの高機能膜の成膜方法を実現するために、熱CVD（化学気相成長：Chemical Vapor Deposition）装置、光CVD装置またはプラズマCVD装置や熱ALD（原子層堆積法：Atomic Layer Deposition）装置、プラズマALD装置が用いられている。特に、プラズマCVD・ALD装置が多々使用されており、例えば、熱・光CVD・ALD装置よりも、プラズマCVD・ALD装置の方が、成膜温度を低くでき、かつ、成膜速度が大きく短時間の成膜処理ができるなどの利点がある。

10

## 【0006】

たとえば、窒化膜（SiON、HfSiONなど）や酸化膜（SiO<sub>2</sub>、HfO<sub>2</sub>）などのゲート絶縁膜を処理対象基板であるウエハー上に成膜する場合には、プラズマCVD・ALD装置を用いた以下の技術が一般的に採用されている。

## 【0007】

熱CVD・ALD装置はウエハーや容器内を高温にし、供給ガスの反応性を上げ、ウエハー上に膜を成膜するが、ウエハーを高温に曝すと熱ダメージなどにより歩留まりの低下につながる。

## 【0008】

そこで、現在では熱CVD・ALDに変わり、プラズマを用いたプラズマCVD・ALDでの成膜が多く使用されている。（プラズマ）CVD・ALD技術は例えば特許文献1～特許文献3に開示されている。

20

## 【0009】

特許文献1に開示されたような従来のプラズマCVD・ALDや熱CVD・ALD等の成膜処理装置では成膜処理装置内に気体を充満させ、充満したガスをプラズマのエネルギーや熱エネルギーで活性化させてウエハー表面に供給したガスとの化学反応処理で薄膜を堆積させる方式を採用している。成膜処理装置に充満した活性化ガスは、ランダムなブラウン運動したガス流速のみで、ガス粒子自身が高速度を有していないため、基板表面での堆積成膜反応には有効であったが、基板表面の凹凸が非常に大きい面や、三次元成膜面を均等に成膜するには向いていない。また、高反応性ガスの場合、化学反応時間が短いため、非常に寿命が短い。そのため、基板表面のみに反応が促進され、凹凸が非常に大きい高アスペクトな面には、供給ガスが届かなく、均一な成膜が出来ない欠点があった。この場合、早い時間でウエハー内面まで、反応ガスを導き、ウエハー内面まで均一に反応させ成膜ができるようにさせたり、ウエハー内面内で充満したガスにエネルギーを与え活性化ガスへ変換させたりする必要がある。

30

## 【0010】

特許文献2に開示されたようなCVD・ALDの成膜処理装置は、容器内に一様にガスを供給し、ウエハー全体に堆積させているが、ガスの反応性が高い場合、ウエハーに到達する前に反応性を失ってしまう問題点がある。そのために容器内でプラズマを発生させて高反応性のガスを生成し基板に供給する方法や、容器内やウエハーを高温にし、反応性を高くする方法が知られている。

40

## 【0011】

特許文献3に開示されたプラズマを用いたプラズマCVD・ALD装置では供給中のガスにプラズマのエネルギーを与え高反応性のガスに変換し供給する。その場合、ウエハーや容器内の温度を熱成膜に比べ低く設定できる利点があるが、プラズマ発生源と被処理面は近接している必要があり、基板が近接することで、逆に基板自体プラズマの影響を受けダメージを受ける欠点もあった。また、従来のCVD・ALDの成膜処理装置と、現状の稼働しているプラズマCVD・ALD装置を比較すると、比較的小さな凹凸のあるウエハー表面上における三次元成膜処理には適しているが、より大きな凹凸のある高アスペクトなウエハー表面上における三次元成膜処理を実現し、品質の高い三次元成膜構造を得るこ

50

とは実質的に不可能であった。

【0012】

特許文献4に開示された三次元構造半導体を製造する製造方法では、TSV (through-silicon via) 構造の周りに位置するバリア膜は均一な成膜が必要になる。この場合、深さ方向の均一な成膜には限界があり、そのために深さ方向を複数回に分けていくつかの層ごとにバリア膜の成膜を行っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

【特許文献1】特開2004-111739号公報

10

【特許文献2】特開2013-219380号公報

【特許文献3】特開2001-135628号公報

【特許文献4】特開2014-86498号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

上述したように、従来の薄膜成膜技術は供給ガスを送り成膜処理装置内を所定圧力にして成膜処理が行われるため、高速度で指向性を持たせることが必要ではなかった。そのため、最近要求されている凹凸のある面に対する成膜処理、特に、深さのある孔形状に代表される高アスペクト比を有するウエハーに対する成膜処理に不向きであった。

20

【0015】

また、高反応性ガスを短時間で、ウエハー表面まで供給するために、ガスを低真空処理チャンパーに速く供給する手段として単一の制限筒(オリフィス)を設けてガスの供給速度を速め、低真空処理チャンパー内において低真空状態の環境下でガスを噴出することによりマッハを超える超高速で噴出させる方法が適している。その場合、ガス供給装置内の圧力と低真空状態の低真空処理チャンパー内の圧力との圧力差を所定圧力比以上にする必要がある。この圧力差が大きいほど、また、低真空処理チャンパー内の圧力が低いほど、高速な供給ガスとなり、短時間でウエハー表面にガスを供給できる。制限筒における流通経路の開口部の径を小さくし、圧力差を大きくすると流速は速くなることによってガス供給時間は短くなる。

30

【0016】

しかし、マッハを超える超高速でガスを噴出させた場合、ガス速度は、マッハ速度のガス衝撃圧力と温度状態で、ガス流速フレーム(ガス噴流速度)に影響を与え、ある噴出位置のところで、ガス流速が極端に低下する影響をもたらし、その結果、マッハディスク状態(ある噴出位置のところで、ガス流速が極端に低下した状態)となる現象が生じてしまう。このマッハディスク状態となる現象をできるだけ小さくすることが望ましいが、具体的な解決策が見いだされていなかった。

【0017】

本発明では、上記のような問題点を解決し、マッハを超える超高速で、ガスを基板に供給する際、基板に供給したガスが超高速化することによる衝撃圧力や、温度状態に伴いガスに極端な減速が生じる現象を効果的に抑制することができる、ガス供給装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0018】

この発明に係るガス供給装置は、処理対象基板を載置する載置部と、前記載置部の上方に設けられ、底面に開口部を有する処理チャンパーから前記処理対象基板にガスを供給するガス噴出器とを備え、前記ガス噴出器は、ガス供給口から供給されるガスを一時的に收容する一次收容室と、前記処理チャンパーと、前記一次收容室と前記処理チャンパーとの間に設けられるノズル部とを備え、前記ノズル部は、前記ノズル部の最上部に設けられ、平面視した開口部断面形状が第1の径で円状に形成され、前記一次收容室内のガスを下方

50

に供給する第1の制限筒と、前記第1の制限筒と連続的に形成され、平面視した開口部断面形状が第2の径で円状に形成され、前記第1の制限筒から供給されるガスを前記処理チャンバーに向けて供給する第2の制限筒とを有し、前記第1の径は、前記一次収容室内と前記処理チャンバー内との圧力差が所定圧力比以上になるように設定され、前記第2の径は前記第1の径より長くなるように設定され、前記ノズル部は、前記第2の制限筒と連続的に形成され、平面視した開口部断面形状が第3の径の円状に形成され、前記第2の制限筒から供給されるガスを前記処理チャンバーに向けて供給する第3の制限筒をさらに含み、前記第3の径は前記第2の径より長いことを特徴とする。

【発明の効果】

10

【0019】

請求項1記載の本願発明のガス供給装置のガス噴出器は、ノズル部における第1の径を有する第1の制限筒により、処理チャンバーに噴出するガスに指向性を持たせることができるため、マッハを超える超高速で、ガスを処理対象基板に供給することができる。この際、第1の制限筒と処理チャンバーとの間に設けた第2の制限筒の存在により、噴出したガスが超高速化することに伴う衝撃圧力及び温度状態によって、噴出されるガスの極端な減速が生じるマッハディスク現象を抑制することができる。

【0020】

その結果、請求項1記載の本願発明のガス供給装置は、高アスペクト比のウエハー表面上における成膜に適したガスを処理対象基板に供給することができる効果を奏する。

20

【0021】

この発明の目的、特徴、局面、および利点は、以下の詳細な説明と添付図面とによって、より明白となる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】この発明の実施の形態1であるガス供給装置の構成を示す説明図である。

【図2】この発明の実施の形態2であるガス供給装置の構成を示す説明図である。

【図3】この発明の実施の形態3であるガス供給装置の構成を示す説明図である。

【図4】この発明の実施の形態4であるガス供給装置の構成を示す説明図（その1）である。

30

【図5】この発明の実施の形態4であるガス供給装置の構成を示す説明図（その2）である。

【図6】この発明の実施の形態5であるガス供給装置の構成を示す説明図である。

【図7】実施の形態1のガス供給装置を用いたガス噴流の速度状態を模式的に示す説明図である。

【図8】実施の形態1のガス供給装置を用いたガス噴流の圧力状態を模式的に示す説明図である。

【図9】従来のガス供給装置を用いたガス噴流の速度状態を模式的に示す説明図である。

【図10】従来のガス供給装置を用いたガス噴流の圧力状態を模式的に示す説明図である。

40

【図11】一次収容室と低真空処理チャンバーとの圧力比が30倍未満の場合のガス噴流の速度状態を模式的に示す説明図である。

【図12】一次収容室と低真空処理チャンバーとの圧力比が30倍未満の場合のガス噴流の圧力状態を模式的に示す説明図である。

【図13】従来のガス供給装置を用いた場合のマッハディスク発生構造を模式的に示す説明図である。

【図14】本実施の形態のガス供給装置を用いた場合の効果を模式的に示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

50

<実施の形態1>

図1はこの発明の実施の形態1であるガス供給装置の構成を示す説明図である。図1において、XYZ直交座標系を示している。

【0024】

同図に示すように、実施の形態1のガス供給装置は、処理対象基板であるウエハー25を載置する載置台19(載置部)と、載置台19の上方に設けられ、底面に開口部を有する低真空処理チャンバー18(処理チャンバ-)から下方のウエハー25にガスを供給するガス噴出器1とから構成されている。

【0025】

ガス噴出器1は、一次収容室11、ガス供給口12、第一段制限筒13(第1の制限筒)、第二段制限筒14(第2の制限筒)及び低真空処理チャンバー18(処理チャンバ-)を主要構成部として有している。

【0026】

そして、制限筒群13及び14を含む構成によりノズル部10を形成している。すなわち、ノズル部10は一次収容室11と低真空処理チャンバー18との間に設けられる。

【0027】

ノズル部10を構成する第一段制限筒13は、XY平面における(平面視した)開口部断面形状が(直)径 $r_1$ (第1の径)の円状を呈し、一次収容室11の原料ガスG1を下方(-Z方向)に供給する。径 $r_1$ は、一次収容室11内と低真空処理チャンバー18内との圧力差が所定圧力比以上になるように設定される。

【0028】

第二段制限筒14はZ方向に沿って第一段制限筒13と連続的に形成され、XY平面における(平面視した)底面の開口部断面形状が(直)径 $r_2$ (第2の径)の円状を呈し、第一段制限筒13から供給される原料ガスG1を下方の低真空処理チャンバー18に供給する。径 $r_2$ は「 $r_2 > r_1$ 」を満足するように設定される。

【0029】

例えば、第一段制限筒13の径 $r_1$ を直径1.35mm、深さ(Z方向に延びる形成長)を1mm、第二段制限筒14の径 $r_2$ を直径8mm、深さ(Z方向に延びる形成長)を4mm、原料ガスG1として例えば窒素ガスを流量4slm(standard liter per minute)で供給する。したがって、第一段制限筒13を経由した原料ガスG1は超高速ガスとなって第二段制限筒14を介して低真空処理チャンバー18内へ供給される。

【0030】

一次収容室11はガス供給口12から供給される原料ガスG1を一時的に収容する。この一次収容室11内の圧力が一次圧力となる。

【0031】

ガス供給口12から供給される原料ガスG1は一次収容室11を通った後、第一段制限筒13によって二次圧力が決定される。原料ガスG1は第二段制限筒14を経由して低真空処理チャンバー18内へ供給される。

【0032】

その時、一次収容室11内の一次圧力と、低真空処理チャンバー18内の二次圧力との圧力比PCは30倍以上となるように設定される。すると、第一段制限筒13を通過した原料ガスG1の流速は上記圧力比PCによってマッハ以上の流速となり、第二段制限筒14の存在によって原料ガスG1は高速噴流で生成されるマッハディスク状態が生じる現象を抑制した後、低真空処理チャンバー18内に供給される。

【0033】

例えば、一次収容室11内の一次圧力は30kPa、低真空処理チャンバー18内の圧力は266Paとすると、原料ガスG1は超高速ガスとしての最高マッハ数は“5”を超えて載置台19上のウエハー25に供給される。

【0034】

この際、発生が懸念されるマッハディスク状態は第二段制限筒14の存在により、効果

10

20

30

40

50

的に抑制されるため、従来と比較して高速の状態ではウエハーにガスを供給することができる。

【0035】

すなわち、第二段制限筒14を設けたことにより、低真空処理チャンバー18内の圧力分布、流速分布を緩和してマッハディスクMD状態の発生を回避しつつ、原料ガスG1が低真空処理チャンバー18内に供給され、載置台19（ウエハー台）の上に設置されたウエハー25に供給される。反応の終わったガスは、ガス噴出器1、載置台19間に設けられた排気口21から排気される。

【0036】

（従来構成との比較等）

図7はノズル部10を有する実施の形態1のガス供給装置を用いたガス噴流の速度状態を模式的に示す説明図である。

【0037】

図8はノズル部10を有する実施の形態1のガス供給装置を用いたガス噴流の圧力状態を模式的に示す説明図である。

【0038】

図9は第一段制限筒13のみからなるノズル部を有する従来からのガス供給装置を用いたガス噴流の速度状態を模式的に示す説明図である。

【0039】

図10は第一段制限筒13のみからなるノズル部を有する従来からのガス供給装置を用いたガス噴流の圧力状態を模式的に示す説明図である。図7～図10において、最上部の斜線部は例えば後述する実施の形態4における上部電極22の形成領域に相当する。図11及び図12において、最上部の斜線部は後述する実施の形態4における上部電極22の形成領域に相当する。

【0040】

図8及び図10に示すように、上述した一次圧力と二次圧力との圧力比PCは30倍以上に設定されている。

【0041】

図7と図9との比較から明らかなように、実施の形態1のガス供給装置は、マッハディスクMDが生じる現象を回避することにより、極端に速度を低下させることなく、原料ガスG1をウエハー25に供給することができる。一方、図9に示すように、従来からのガス供給装置ではマッハディスクMDが発生している。

【0042】

図11は実施の形態1の構成において、一次収容室11と低真空処理チャンバー18との圧力比PCが30倍未満の場合のガス噴流の速度状態を模式的に示す説明図である。

【0043】

図12は実施の形態1の構成において、一次収容室11と低真空処理チャンバー18との圧力比PCが30倍未満の場合のガス噴流の圧力状態を模式的に示す説明図である。図11及び図12において、最上部の斜線部は後述する実施の形態4における上部電極22の形成領域に相当する。

【0044】

図12に示すように、上述した一次圧力と二次圧力との圧力比PCは30倍未満に設定されている。

【0045】

図7と図11との比較から明らかなように、圧力比PCが30倍以上の場合、圧力比PCが30倍未満の場合に比べ、より噴流速度が速い速度分布が得られており、確実にウエハー25の表面に指向性の有するガスを供給することができる。

【0046】

（第二段制限筒14による効果）

図13は第一段制限筒13のみからなるノズル部を有する従来からのガス供給装置を用いた

10

20

30

40

50

場合のマッハディスク発生構造を模式的に示す説明図である。

【0047】

供給ガスである原料ガスG1が第一段制限筒13(オリフィス)を經由する際、一次収容室11の一次圧力が低真空処理チャンバー18の二次圧力より高い、すなわち、第一段制限筒13からの原料ガスG1の噴出圧力が低真空処理チャンバー18内より高い場合、第一段制限筒13の出口(オリフィス出口)を出た流れは衝撃波セル構造(shock cell)という現象を引き起こし、下流方向に上記衝撃波セル構造が周期的に観察される。衝撃波セル構造は、後述する反射衝撃波RSが次の後述する境界領域JB(Jet Boundary)となることにより繰り返し得られる衝撃波の構造を意味する。

【0048】

このような、オリフィス出口での圧力が低真空処理チャンバー18内の圧力より大きい場合を不足膨張(under expansion)と呼び、オリフィス出口を出た後、流れは膨張する。

【0049】

オリフィス出口の圧力が低真空処理チャンバー18の圧力よりさらに大きい場合、まだガスは十分膨張しきれていないので、オリフィス出口の縁から膨張波EW(Expansion Waves)が発生し、ガスは外側に大きく膨張する。ガスのマッハ数が大きい場合には、この膨張波EWが境界領域JB(Jet Boundary)で反射して、圧縮波となりジェット中心軸側に戻ってくる。なお、圧縮波は、圧力が基準より高く、通過するとその点の圧力が上昇する波であり、膨張波は、圧力が基準より低く、通過するとその点の圧力が下降する波を意味する。

【0050】

このように、ノズル部の通過前後の前後の圧力差が大きい場合は、形成された圧縮波が先行する圧縮波に追いつき、樽状のバレル衝撃波BS(Barrel Shock)を形成する。さらに圧力差が大きくなると、バレル衝撃波BSは噴流の中心軸上では正常交差することができず、軸対称の噴流ではマッハディスクMD(マッハ衝撃波)とよばれる円盤状の垂直衝撃波を形成する。その後ろの流れは亜音速流となる。また、バレル衝撃波BSの端から反射衝撃波RS(Reflection Shock)が発生する。なお、トリプルポイントTPは、圧縮波であるバレル衝撃波BSとマッハディスクMDと反射衝撃波RSとが交わるポイントである。

【0051】

一方、図14に示すように、実施の形態1のガス噴出器1では、第一段制限筒13に連続的に形成される第二段制限筒14を設けることにより、膨張波EWが第二段制限筒14の側面で反射することにより、バレル衝撃波BSは噴流の中心軸XC上で正常交差することができるため、マッハディスクMDの発生を回避することができる。

【0052】

(発明の効果等)

実施の形態1のガス供給装置のガス噴出器1は、ノズル部10に設けられた径r1の開口部を有する第一段制限筒13により、低真空処理チャンバー18に噴出する原料ガスG1に指向性を持たせることができるため、マッハを超える超高速で、ガスを処理対象基板であるウエハー25に供給することができる。この際、第一段制限筒13と低真空処理チャンバー18との間に設けた第二段制限筒14の存在により、噴出した原料ガスG1が超高速化することに伴う衝撃圧力、及び、温度によって、極端に減速するというマッハディスクMDの発生を効果的に抑制することができる。

【0053】

その結果、実施の形態1のガス供給装置は、高アスペクト比のウエハー25の表面上で成膜することにより三次元構造の成膜を実現可能に、原料ガスG1として例えば反応性ガスをウエハー25に供給することができる効果を奏する。

【0054】

さらに、実施の形態1のガス供給装置は、一次収容室11内の一次圧力と、低真空処理

10

20

30

40

50

チャンパー 18 内の二次圧力との圧力比  $PC$  を 30 倍以上に設定することにより、高速な状態の原料ガス  $G1$  を処理対象基板であるウエハー 25 に供給することができる。

【0055】

また、実施の形態 1 のガス供給装置は、第二段制限筒 14 の径  $r2$  を直径 30 mm 以内に設定することにより、マッハディスク  $MD$  をより効果的に抑制することができる。

【0056】

また、ガス噴出器 1 を構成するガス供給口 12、一次収容室 11、第一段制限筒 13 及び第二段制限筒 14 において、原料ガス  $G1$  と接触する領域であるガス接触領域を石英あるいはアルミナ材を構成材料として形成する第 1 の態様を採用することが望ましい。

【0057】

原料ガス  $G1$  として一般的に反応性ガスが用いられる。したがって、第 1 の態様を採用した実施の形態 1 のガス噴出器 1 は、少なくとも上記ガス接触領域の材質を石英あるいはアルミナ材で形成しており、石英材料面やアルミナ面は、上述した反応性ガスに対して化学的に安定な物質であるため、反応性ガスと接触するガス接触領域との間で、化学反応が少ない状態で、低真空処理チャンパー 18 内に反応性ガスを供給することができる。

【0058】

さらに、ガス噴出器 1 内での反応性ガスとの化学反応に伴う副生成物としての腐食物質の生成も少なくすることができ、その結果として、供給する反応性ガスにコンタミを含まない、原料ガス  $G1$  としてクリーンな反応性ガスを低真空処理チャンパー 18 内に供給することができ、ウエハー 25 上に形成される膜の成膜品質を高める効果が生じる。

【0059】

さらに、原料ガス  $G1$  のウエハー 25 への供給時に、ガス噴出器 1 を 100 以上に加熱して、加熱した原料ガス  $G1$  をウエハー 25 に供給する第 2 の態様を採用することが望ましい。なお、加熱処理として、例えば、ガス噴出器 1 の近傍にホットプレート等の加熱処理機構を設ける等の構成が考えられる。

【0060】

第 2 の態様を採用したガス供給装置は、原料ガス  $G1$  として用いられる反応性ガスが加熱処理により熱エネルギーを受け、より反応性の高いガスとして低真空処理チャンパー 18 内に供給することができ、より高速でウエハー 25 上で成膜できる効果が生じ、高速成膜処理ができる効果が生じる。

【0061】

また、ガス供給口 12 から供給される原料ガス  $G1$  は、少なくとも窒素、酸素、フッ素、水素を含有したガスである第 3 の態様を採用することが望ましい。

【0062】

第 3 の態様を採用したガス供給装置は、ガス供給口 12 から供給される原料ガス  $G1$  を、少なくとも窒素、酸素、フッ素、水素ガスを含むガスとしたので、窒化膜や酸化膜の絶縁膜形成の成膜だけでなく、レジスト剥離やエッチングガス、洗浄ガスとしてのフッ化ガスの活性ガスでの高アスペクト比なウエハー 25 の表面処理にも利用できる。さらに、水素ラジカルガス等の超高速ガスをウエハー 25 の表面に当てることで、絶縁膜形成、エッチング処理、洗浄機能以外の用途に利用可能な原料ガス  $G1$  をも供給することができるため、多様な成膜処理にガス供給装置を利用することができる。

【0063】

上記第 3 の態様に代えて、ガス供給口 12 から供給される原料ガス  $G1$  は、前駆体ガス（プリカーサガス）である第 4 の態様を採用するようにしても良い。

【0064】

ガス供給口 12 から供給される原料ガス  $G1$  を、前駆体ガス（プリカーサガス）とすることにより、反応性ガスとしての高アスペクト比なウエハー 25 の表面処理用のガスの利用だけでなく、ウエハー 25 上での成膜に必要な、成膜として堆積金属の素材となる前駆体ガスについても、ウエハー 25 の表面に供給して成膜することができる。

【0065】

10

20

30

40

50

一次収容室 11 内の大気圧 (1013.25 hPa) 以下、10 kPa 以上の圧力に設定するように、ガス供給口 12 から供給される原料ガス G1 のガス流量を制御する流量制御部を設けた構成を第 5 の態様として採用することが望ましい。なお、流量制御部としては例えば原料ガス G1 の供給部～ガス供給口 12 間の供給経路にガス流量制御機器 (マスフローコントローラー; MFC) を設け、ガス流量制御機器を制御する等の構成が考えられる。

【0066】

第 5 の態様を採用したガス供給装置は、ガス噴出器 1 のノズル部 10 から低真空処理チャンパー 18 内に噴出される原料ガス G1 における超高速ガス流速の安定性を向上させることができ、ウエハー 25 の表面に成膜する成膜厚み等を均一化するなどの成膜品質を高める効果を発揮することができる。

10

【0067】

<実施の形態 2>

図 2 はこの発明の実施の形態 2 であるガス供給装置の構成を示す説明図である。図 2 において、XYZ 直交座標系を示している。

【0068】

同図に示すように、実施の形態 2 のガス供給装置は、処理対象基板であるウエハー 25 を載置する載置台 19 (載置部) と、載置台 19 の上方に設けられ、開口部を有する低真空処理チャンパー 18 内からウエハー 25 にガスを供給するガス噴出器 2 とから構成されている。

20

【0069】

ガス噴出器 2 は、一次収容室 11、ガス供給口 12、第一段制限筒 13 (第 1 の制限筒)、第二段制限筒 14 (第 2 の制限筒)、第三段制限筒 15 (第 3 の制限筒) 及び低真空処理チャンパー 18 を主要構成部として有している。

【0070】

そして、3つの制限筒群 13～15 を含む構成によりノズル部 20 を形成している。すなわち、ノズル部 20 は一次収容室 11 と低真空処理チャンパー 18 との間に設けられる。

【0071】

ノズル部 20 を構成する第一段制限筒 13 は、実施の形態 1 と同様、平面視した開口部断面形状が径  $r_1$  の円状を呈し、一次収容室 11 の原料ガス G1 を下方に供給する。

30

【0072】

第二段制限筒 14 は Z 方向に沿って第一段制限筒 13 と連続的に形成され、実施の形態 1 と同様、平面視した底面の開口部断面形状が径  $r_2$  の円状を呈し、第一段制限筒 13 から供給される原料ガス G1 を下方に供給する。

【0073】

第三段制限筒 15 は Z 方向に沿って第二段制限筒 14 と連続的に形成され、XY 平面における (平面視した) 底面の開口部断面形状が (直) 径  $r_3$  (第 3 の径) の円状を呈し、第二段制限筒 14 から供給される原料ガス G1 を下方の低真空処理チャンパー 18 に供給する。径  $r_3$  は「 $r_3 > r_2$ 」を満足するように設定される。

40

【0074】

例えば、第一段制限筒 13 の径  $r_1$  を直径 1.35 mm、深さを 1 mm、第二段制限筒 14 の径  $r_2$  を 8 mm、深さを 4 mm とした場合、第三段制限筒 15 の径  $r_3$  を直径 20 mm、深さ (Z 方向に延びる形成長) を 46 mm に設定し、例えば窒素ガスを流量 4 s l m で供給することにより、第一段制限筒 13 を経由した原料ガス G1 は超高速ガスとなって第二段制限筒 14 及び第三段制限筒 15 を介して低真空処理チャンパー 18 内へ供給される。

【0075】

なお、ガス噴出器 2 における他の構成は実施の形態 1 のガス噴出器 1 と同様であるため、適宜、同一符号を付して説明を省略する。

50

## 【0076】

実施の形態2のガス供給装置のガス噴出器2は、それぞれが径 $r_1$ 、径 $r_2$ 及び径 $r_3$ の開口部を有する第一段制限筒13、第二段制限筒14及び第三段制限筒15によりノズル部20を構成することにより、低真空処理チャンバー18に噴出する原料ガスG1に指向性を持たせることができる。この際、実施の形態1と同様、第二段制限筒14の存在により、マッハディスクMD現象を効果的に抑制することができる。

## 【0077】

また、実施の形態2のガス供給装置は実施の形態1のガス供給装置と同様な効果を奏するとともに、第1～第5の態様を採用した場合の効果を有している。

## 【0078】

さらに、実施の形態2のガス噴出器2は、ノズル部20として第三段制限筒15をさらに設け、第二段制限筒14の径 $r_2$ より第三段制限筒15の径 $r_3$ を長く設定することにより、圧力比PCで発生した高速噴流に起因するマッハディスクMDの発生を、実施の形態1に比べ、より抑制した状態で原料ガスG1をウエハ25に供給することができる。

## 【0079】

<実施の形態3>

図3はこの発明の実施の形態3であるガス供給装置の構成を示す説明図である。図3において、XYZ直交座標系を示している。

## 【0080】

同図に示すように、実施の形態3のガス供給装置は、処理対象基板であるウエハ25を載置する載置台19(載置部)と、載置台19の上方に設けられ、開口部を有する低真空処理チャンバー18内からウエハ25にガスを供給するガス噴出器3とから構成されている。

## 【0081】

ガス噴出器3は、一次収容室11、ガス供給口12、第一段制限筒13(第1の制限筒)、半球状制限筒17(第2の制限筒)、及び低真空処理チャンバー18を主要構成部として有している。

## 【0082】

そして、2つの制限筒群13及び17を含む構成によりノズル部30を形成している。すなわち、ノズル部30は一次収容室11と低真空処理チャンバー18との間に設けられる。

## 【0083】

ノズル部30を構成する第一段制限筒13(第1の制限筒)は、実施の形態1と同様、開口部断面形状が径 $r_1$ の円状を呈し、一次収容室11の原料ガスG1を下方に供給する。

## 【0084】

半球状制限筒17はZ方向に沿って第一段制限筒13と連続的に形成され、XY平面における底面の開口部断面形状の(直)径 $r_2b$ (第2の径)の円状を呈し、第一段制限筒13から供給される原料ガスG1を下方の低真空処理チャンバー18に供給する。底面における径 $r_2b$ に関し、「 $r_2b > r_1$ 」を満足するように設定される。

## 【0085】

ただし、半球状制限筒17は最頂部に開口部を有する半球状に形成されることにより、開口部の径 $r_2$ は下方(-Z方向)にかけて大きくなるように設定される。すなわち、半球状制限筒17の平面視した開口部の径 $r_2$ は、最頂部における径 $r_2t$ (=径 $r_1$ )から、底面における径 $r_2b$ にかけて、下方に向かうに従いの長くなるように設定される。

## 【0086】

なお、ガス噴出器3における他の構成は実施の形態1のガス噴出器1と同様であるため、適宜、同一符号を付して説明を省略する。

## 【0087】

実施の形態3のガス供給装置のガス噴出器3は、径 $r_1$ 、径 $r_2$ ( $r_2t \sim r_2b$ )の

10

20

30

40

50

開口部を有する第一段制限筒 13 及び半球状制限筒 17 によりノズル部 30 を構成することにより、低真空処理チャンバー 18 に噴出する原料ガス G1 に指向性を持たせることができる。この際、実施の形態 1 と同様、半球状制限筒 17 の存在によりマッハディスク MD 現象を抑制する効果を奏する。

【0088】

また、実施の形態 3 のガス供給装置は実施の形態 1 のガス供給装置と同様な効果を奏するとともに、第 1 ~ 第 5 の態様を採用した場合の効果を有している。

【0089】

さらに、実施の形態 3 のガス噴出器 3 における半球状制限筒 17 (第 2 の制限筒) は低真空処理チャンバー 18 に向かう方向 (-Z 方向に) に従い開口部の径  $r_2$  が長くなるように半球状に形成されるため、圧力比 PC で発生した高速噴流に起因するマッハディスク MD の発生を、実施の形態 1 に比べ、より抑制した状態で原料ガス G1 をウエハー 25 に供給することができる。

10

【0090】

なお、上述した実施の形態 3 の構成において、変形例として、半球状制限筒 17 の下方に、実施の形態 2 の第三段制限筒 15 と同様に第三段制限筒をさらに設けてもよい。実施の形態 3 の第三段制限筒の形状としては、半球状制限筒 17 の底面の径  $r_{2b}$  と同じ径の円柱形状等が考えられる。

【0091】

< 実施の形態 4 >

20

図 4 及び図 5 はこの発明の実施の形態 4 であるガス供給装置の構成を示す説明図である。図 4 は断面図であり図 5 は斜視図である。図 4 及び図 5 それぞれにおいて、XYZ 直交座標系を示している。

【0092】

これらの図に示すように、実施の形態 4 のガス供給装置は、処理対象基板であるウエハー 25 を載置する載置台 19 (載置部) と、載置台 19 の上方に設けられ、開口部を有する低真空処理チャンバー 18 内からウエハー 25 にガスを供給するガス噴出器 4 とから構成されている。

【0093】

ガス噴出器 4 は、一次収容室 11、ガス供給口 12、第一段制限筒 13X (第 1 の制限筒)、第二段制限筒 14X (第 2 の制限筒)、上部電極 22、下部電極 24 及び低真空処理チャンバー 18 を主要構成部として有している。

30

【0094】

そして、2つの制限筒群 13X 及び 14X 並びに下部電極 24 を含む構成によりノズル部 40 を形成している。すなわち、ノズル部 40 は一次収容室 11 と低真空処理チャンバー 18 との間に設けられる。

【0095】

互いに対向する面にアルミナ等の誘電体を有する上部電極 22 及び下部電極 24 はそれぞれ XY 平面において (平面視して) 円状で互いに対向して設けられる。なお、上部電極 22 及び下部電極 24 のうち一方の電極の対向面にのみ誘電体を有する構成にしても良い。

40

【0096】

すなわち、ガス噴出器 4 は、互いに対向して設けられた上部電極 22 及び下部電極 24 (第 1 及び第 2 の電極) を有し、上部電極 22 と下部電極 24 との間に放電空間が形成され、上部電極 22 及び下部電極 24 のうち少なくとも一方が上記放電空間を形成する面に誘電体を有している。

【0097】

具体的には上部電極 22 は一次収容室 11 内の底面近傍に配置される。一方、下部電極 24 は一次収容室 11 の底面の一部を形成するように、一次収容室 11 の底面下に配置され、下部電極 24 の中心に設けた貫通口が第一段制限筒 13X となるように形成している。

50

## 【 0 0 9 8 】

ノズル部 4 0 を構成する第一段制限筒 1 3 X ( 第 1 の制限筒 ) は、実施の形態 1 の第一段制限筒 1 3 と同様、X Y 平面における ( 平面視して ) 開口部断面形状が径  $r_1$  ( 第 1 の径 ) の円状を呈し、一次収容室 1 1 の原料ガス G 1 を下方に供給する。

## 【 0 0 9 9 】

第二段制限筒 1 4 X は Z 方向に沿って第一段制限筒 1 3 X を含む下部電極 2 4 直下に連続的に形成され、実施の形態 1 の第二段制限筒 1 4 と同様、X Y 平面における ( 平面視して ) 開口部断面形状が ( 直 ) 径  $r_2$  ( 第 2 の径 ) の円状を呈し、第一段制限筒 1 3 X から供給される原料ガス G 1 を下方の低真空処理チャンパー 1 8 に供給する。径  $r_2$  は「 $r_2 > r_1$ 」を満足するように設定される。

10

## 【 0 1 0 0 】

このように、実施の形態 4 のガス噴出器 4 は、誘電体を介して互いに対向する上部電極 2 2 及び下部電極 2 4 間の放電空間において、原料ガス G 1 を電離させ、イオン化あるいはラジカル化させるガス電離部を内部に有している。

## 【 0 1 0 1 】

上記ガス電離部は、互いに対向する上部電極 2 2 と下部電極 2 4 との間に誘電体を介した放電空間を有しており、上部電極 2 2 及び下部電極 2 4 間に交流電圧を印加し、放電空間において誘電体バリア放電を発生させ、原料ガス G 1 をイオン化あるいはラジカル化させて得られるイオン化ガス、ラジカル化ガスを第二段制限筒 1 4 X を経由して低真空処理

20

## 【 0 1 0 2 】

このように、一次収容室 1 1 とノズル部 4 0 との境界領域近傍に、ガス供給口 1 2 から供給された原料ガス G 1 を電離させることにより、原料ガス G 1 をイオン化あるいはラジカル化させたイオン化ガスあるいはラジカル化ガスを得るガス電離部を設けたことを特徴としている。

## 【 0 1 0 3 】

なお、ガス噴出器 4 における他の構成は実施の形態 1 のガス噴出器 1 と同様であるため、適宜、同一符号を付して説明を省略する。

## 【 0 1 0 4 】

実施の形態 4 のガス供給装置のガス噴出器 4 は、径  $r_1$ 、径  $r_2$  の開口部を有する第一段制限筒 1 3 X 及び第二段制限筒 1 4 X によりノズル部 4 0 を構成することにより、低真空処理チャンパー 1 8 に噴出する原料ガス G 1 に指向性を持たせることができる。この際、実施の形態 1 と同様、第二段制限筒 1 4 X の存在によりマッハディスク M D 現象を抑制することが可能となる効果を奏する。

30

## 【 0 1 0 5 】

また、実施の形態 4 のガス供給装置は実施の形態 1 のガス供給装置と同様な効果を奏するとともに、第 1 ~ 第 5 の態様を採用した場合の効果を有している。この際、実施の形態 4 の第 2 の態様の加熱処理として、上部電極 2 2 及び下部電極 2 4 間での放電処理を利用することができる。

40

## 【 0 1 0 6 】

さらに、実施の形態 4 のガス噴出器 4 は、上記ガス電離部によって、ガス噴出器 4 内で、ガス放電をさせ、イオン化ガスあるいはラジカル化ガスを指向性のある超高速噴流ガスとして、低真空処理チャンパー 1 8 からウエハー 2 5 の表面に直接当てることができる。このため、従来の成膜処理装置内であるプラズマ C V D ・ A L D 装置に比べ、より高密度で高電界の活性なイオン化ガスあるいはラジカル化ガスを、ウエハー 2 5 の表面に当てることができ、より品質の高い成膜処理が実現でき、アスペクト比の高いウエハー 2 5 への成膜や三次元構造の成膜が容易に行える効果がある。

## 【 0 1 0 7 】

さらに、実施の形態 4 のガス噴出器 4 は内部の上記ガス電離部において、互いに対向す

50

る上部電極 2 2 と下部電極 2 4 との間に誘電体を介して放電空間を形成し、上部電極 2 2 , 下部電極 2 4 間に交流電圧を印加し、放電空間において誘電体バリア放電を発生させ、原料ガス G 1 をイオン化あるいはラジカル化して得られるイオン化ガス、あるいはラジカル化ガスを供給できるようにした。この際、イオン化ガス、ラジカル化ガスは非常に寿命が短いことを考慮し、発生したイオン化ガス、ラジカル化ガスを、短時間で処理対象基板表面に当てるべく、ガス噴出器 4 内に誘電体バリア放電機構（上部電極 2 2 及び下部電極 2 4 ）を設けることにより、供給するイオン化ガス、ラジカル化ガスによって高品質な成膜処理を可能にする効果が奏することができる。

#### 【 0 1 0 8 】

具体的には、第一段制限筒 1 3 X は、下部電極 2 4 （第 2 の電極）に形成される貫通口として構成し、低真空処理チャンパー 1 8 内に放電ガスを噴出するようにすることにより、誘電体バリア放電で生成したイオン化ガス、ラジカル化ガスを非常に短いミリ秒以下の短時間で、ウエハー 2 5 の表面に当てることができる。したがって、実施の形態 4 のガス供給装置は、放電で生成した寿命の非常に短いイオン化ガス、ラジカル化ガスであっても、減衰を最小限に抑えて、ウエハー 2 5 の表面に当てることができ、成膜が低温で可能になったり、成膜速度の向上を図ったりする効果を発揮することができる。

#### 【 0 1 0 9 】

また、上述した実施の形態 4 では上部電極 2 2 及び下部電極 2 4 の平面形状が円状の場合を示したが、この形状に限定されないのは勿論である。

#### 【 0 1 1 0 】

< 実施の形態 5 >

図 6 はこの発明の実施の形態 5 であるガス供給装置の構成を示す説明図である。図 6 において、X Y Z 直交座標系を示している。

#### 【 0 1 1 1 】

同図に示すように、実施の形態 5 のガス供給装置は、処理対象基板であるウエハー 2 5 を載置する載置台 1 9 （載置部）と、載置台 1 9 の上方に設けられ、開口部を有する低真空処理チャンパー 1 8 0 内からウエハー 2 5 にガスを供給するガス噴出器 1 0 0 とから構成されている。

#### 【 0 1 1 2 】

ガス噴出器 1 0 0 は、一次収容室 1 1 0、ガス供給口 1 2、第一段制限筒 1 3 a ~ 1 3 d （複数の第 1 の制限筒）、第二段制限筒 1 4 a ~ 1 4 d （複数の第 2 の制限筒）、及び低真空処理チャンパー 1 8 0 を主要構成部として有している。

#### 【 0 1 1 3 】

そして、第一段制限筒 1 3 a ~ 1 3 d 及び第二段制限筒 1 4 a ~ 1 4 d を含む構成によりノズル部 1 0 a ~ 1 0 d を形成している。すなわち、ノズル部 1 0 a ~ 1 0 d は一次収容室 1 1 0 と低真空処理チャンパー 1 8 0 との間に設けられる。ノズル部 1 0 a は第一段制限筒 1 3 a 及び第二段制限筒 1 4 a により構成され、ノズル部 1 0 b は第一段制限筒 1 3 b 及び第二段制限筒 1 4 b により構成され、ノズル部 1 0 c は第一段制限筒 1 3 c 及び第二段制限筒 1 4 c により構成され、ノズル部 1 0 d は第一段制限筒 1 3 d 及び第二段制限筒 1 4 d により構成される。

#### 【 0 1 1 4 】

第一段制限筒 1 3 a ~ 1 3 d （複数の第 1 の制限筒）はそれぞれ、実施の形態 1 の第一段制限筒 1 3 と同様、平面視して開口部断面形状が径 r 1 の円状を呈し、一次収容室 1 1 0 の原料ガス G 1 を下方に供給する。

#### 【 0 1 1 5 】

第二段制限筒 1 4 a ~ 1 4 d （第 2 の制限筒）はそれぞれ、Z 方向に沿って第一段制限筒 1 3 a ~ 1 3 d と連続的に形成され、実施の形態 1 の第二段制限筒 1 4 と同様、平面視して開口部断面形状が径 r 2 の円状を呈し、第一段制限筒 1 3 a ~ 1 3 d からそれぞれ供給される原料ガス G 1 を下方に供給する。反応の終わったガスは、ガス噴出器 1 0 0 , 載置台 1 9 間に設けられた排気口 2 1 0 から排気される。

10

20

30

40

50

## 【0116】

なお、ガス噴出器100における他の構成は実施の形態1のガス噴出器1と同様であるため、適宜、同一符号を付して説明を省略する。

## 【0117】

実施の形態5のガス供給装置のガス噴出器100は、各々が径 $r_1$ 並びに径 $r_2$ を有する第一段制限筒13a~13d並びに第二段制限筒14a~14dによりノズル部10a~10d(複数のノズル部)を有することにより、低真空処理チャンバー180に噴出する原料ガスG1に指向性を持たせることができる。この際、実施の形態1と同様、第二段制限筒14a~14dの存在により、マッハディスクMD現象を効果的に抑制することができる効果を奏する。

10

## 【0118】

また、実施の形態5のガス供給装置は実施の形態1のガス供給装置と同様な効果を奏するとともに、第1~第5の態様を採用した場合の効果も有している。

## 【0119】

さらに、実施の形態5のガス噴出器100は、ノズル部10a~10d(複数のノズル部)から指向性のある高速ガスを、ウエハー25の全面に均一に当てることができ、アスペクト比の大きなウエハー25への成膜時や三次元構造のウエハー25の表面上での三次元構造の成膜時においても、良質で、均一な成膜処理を比較的短時間に実行することができる。

## 【0120】

また、第一段制限筒13a~13dの径 $r_1$ を径 $r_{1a}$ ~ $r_{1d}$ としたとき、径 $r_{1a}$ ~ $r_{1d}$ 間で異なる値に設定する第6の態様を採用してもよい。すなわち、ノズル部10a~10dそれぞれにおける径 $r_1$ を、ノズル部10a~10d間で異なる値に設定する第6の態様を採用してもよい。

20

## 【0121】

第6の態様を採用した実施の形態5のガス供給装置は、噴出するガス流量、ガス速度をノズル部10a~10d間に異なる内容で制御できる。このため、例えば、ウエハー25の表面に当たる位置に対応させて、イオン化ガス、ラジカル化ガス等を含む原料ガスG1の噴射するガスをノズル部10a~10d間で独立して制御すれば、ウエハー25の全面において、均一な成膜ができるなどの成膜品質向上につながる効果が生じる。

30

## 【0122】

また、ノズル部10a~10dそれぞれの構造を、実施の形態4のノズル部40と同様な構造にし、ノズル部10a~10dに対応して設けられる複数のガス電離部を互いに独立して制御可能にした第7の態様を採用してもよい。

## 【0123】

ノズル部10a~10d(複数のノズル部)に対応して設けられる複数のガス電離部は互いに独立して制御可能であるため、複数のイオン化ガス、ラジカル化ガスの噴射するガス量及び放電電力を制御することにより、例えば、ウエハー25の表面に当たる位置に対応させて、イオン化ガス、ラジカル化ガスの噴射するガス量及び放電電力を制御することができる。その結果、実施の形態5のガス供給装置における第7の態様は、ウエハー25全面において、均一な成膜ができる等の成膜品質向上につながる効果が生じる。

40

## 【0124】

なお、上述した実施の形態5では、ノズル部10a~10dそれぞれの構造として実施の形態1のノズル部10と同様な構造を採用したが、ノズル部10a~10dそれぞれの構造として、実施の形態2のノズル部20、実施の形態3のノズル部30あるいは実施の形態4のノズル部40と同様な構造を採用してもよい。

## 【0125】

実施の形態5の第6の態様では、第一段制限筒13a~13dの径 $r_1$ を径 $r_{1a}$ ~ $r_{1d}$ としたとき、径 $r_{1a}$ ~ $r_{1d}$ 間で異なる値に設定したが、さらに、第二段制限筒14a~14dの径 $r_2$ を径 $r_{2a}$ ~ $r_{2d}$ としたとき、径 $r_{2a}$ ~ $r_{2d}$ 間で異なる値に

50

設定しても良い(第1の変形例)。加えて、実施の形態5のノズル部10a~10dそれぞれが実施の形態2のように第三段制限筒15(15a~15d)をさらに有する構成の場合、第三段制限筒15a~15dの径 $r_3$ を径 $r_{3a}$ ~ $r_{3d}$ としたとき、径 $r_{3a}$ ~ $r_{3d}$ 間で異なる値に設定しても良い(第2の変形例)。

【0126】

第6の態様の第1及び第2の変形例を採用した実施の形態5のガス供給装置は、噴出するガス流量、ガス速度をノズル部10a~10d間を異なる内容で多様に制御できる。また、ノズル部10a~10dそれぞれを実施の形態3のノズル部30、あるいは実施の形態4のノズル部40の構成とした場合も、上述した第1あるいは第2の変形例を採用して、半球状制限筒17の径 $r_2$ (変形例の第三段制限筒の径を含む)や第二段制限筒14Xの径 $r_2$ 等を、ノズル部10a~10d間で異なる値に設定するようにしても良い。

10

【0127】

<その他>

なお、上述した実施の形態では、制限筒の個数を最大3段構成(実施の形態2)のものを示したが、例えば、実施の形態2の第三段制限筒15の下方にさらに第四段制限筒を設ける等、4段以上の制限筒を設ける構成も勿論考えられる。

【0128】

この発明は詳細に説明されたが、上記した説明は、すべての局面において、例示であって、この発明がそれに限定されるものではない。例示されていない無数の変形例が、この発明の範囲から外れることなく想定され得るものと解される。

20

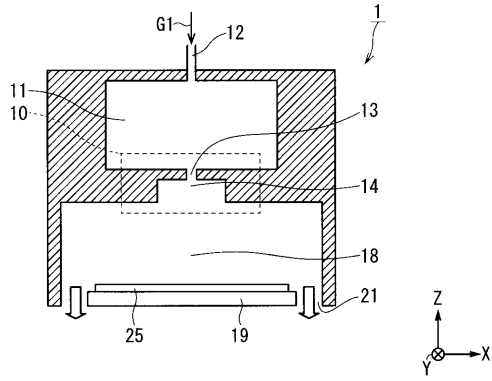
【符号の説明】

【0129】

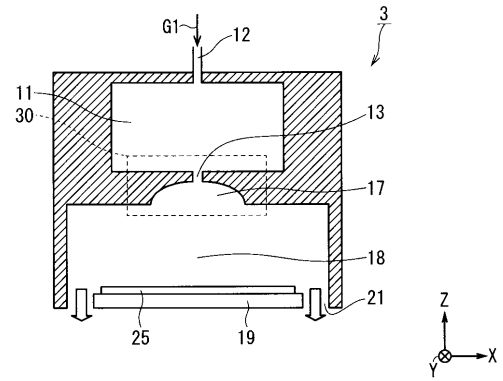
- 1~4, 100 ガス噴出器
- 11, 110 一次収容室
- 12 ガス供給口
- 13, 13a~13d, 13X 第一段制限筒
- 14, 14a~14d, 14X 第二段制限筒
- 15 第三段制限筒
- 17 半球状制限筒
- 18, 180 低真空処理チャンバー
- 19 載置台
- 22 上部電極
- 24 下部電極
- 25 ウエハー

30

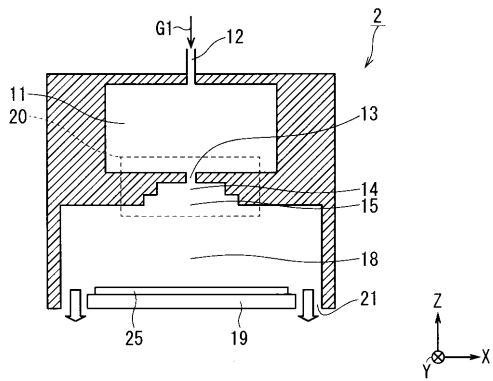
【図 1】



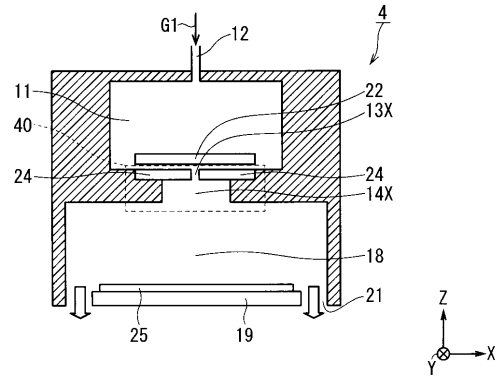
【図 3】



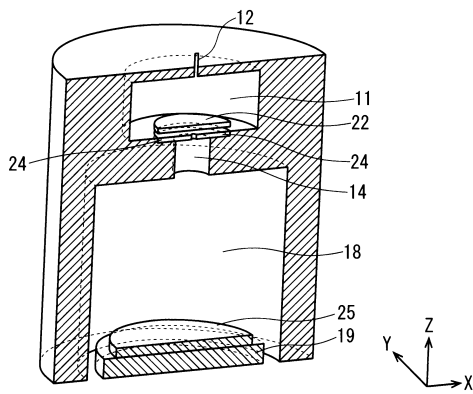
【図 2】



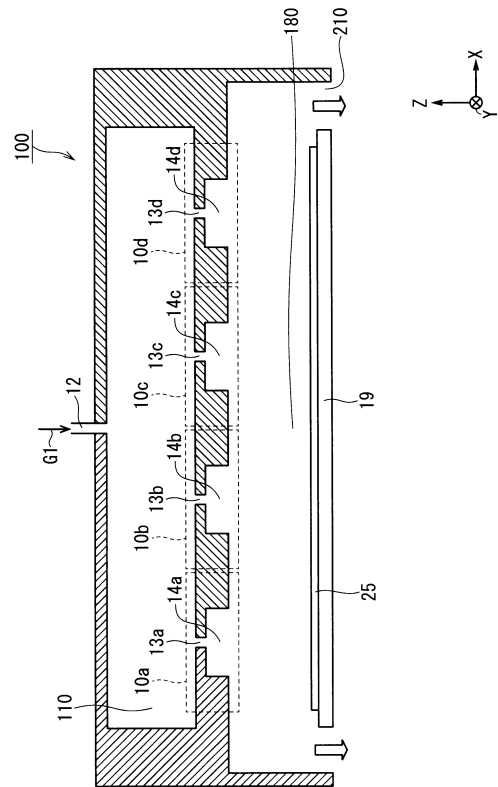
【図 4】



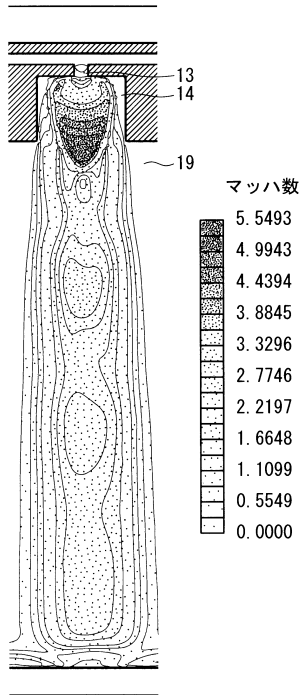
【図 5】



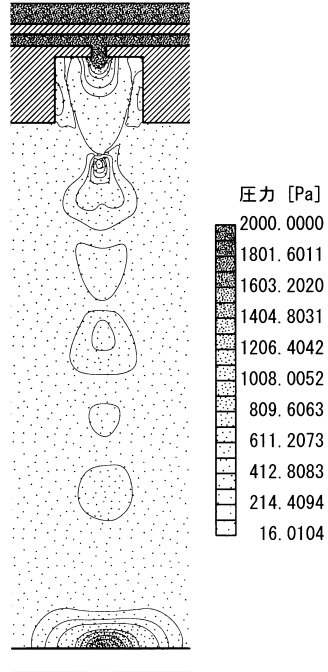
【図 6】



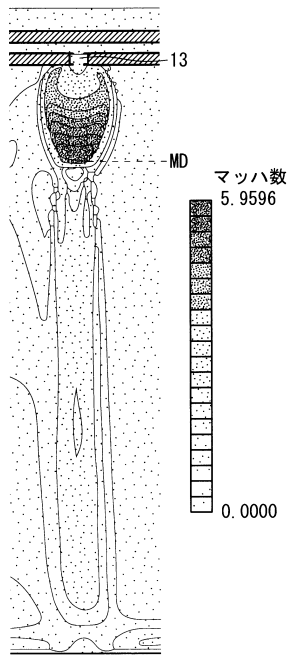
【図7】



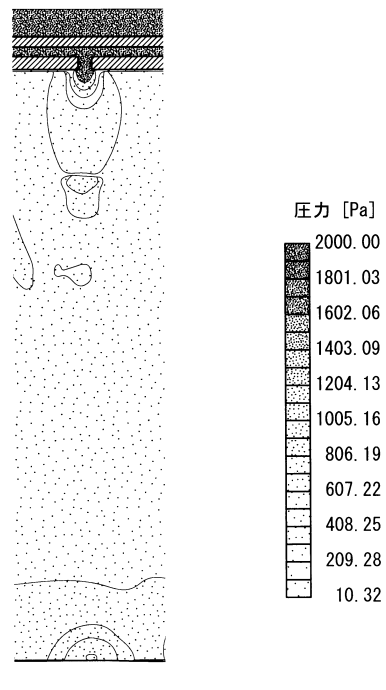
【図8】



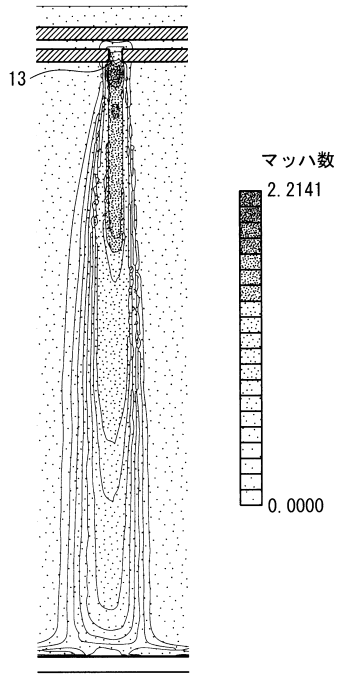
【図9】



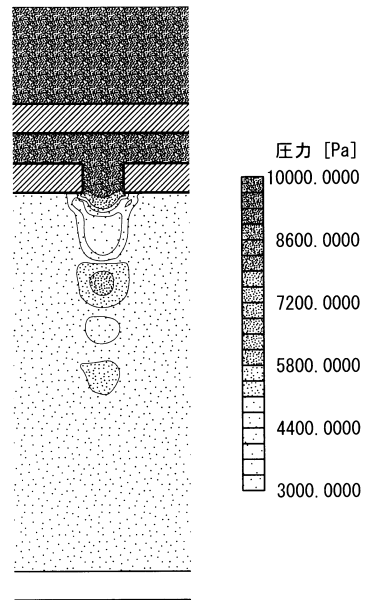
【図10】



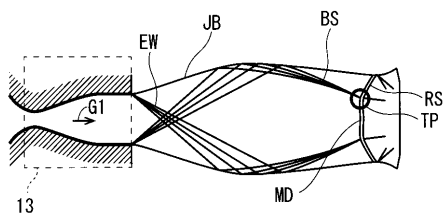
【図 1 1】



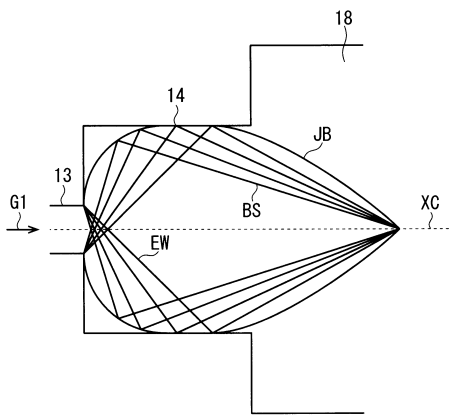
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 田畑 要一郎

東京都中央区京橋三丁目1番1号 東芝三菱電機産業システム株式会社内

審査官 長谷川 直也

(56)参考文献 特表2003-529926(JP,A)

国際公開第2014/046896(WO,A1)

特開平11-293469(JP,A)

特表2003-507880(JP,A)

特開平10-226886(JP,A)

特開平10-027778(JP,A)

特開昭63-069538(JP,A)

米国特許出願公開第2004/0123803(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205、21/302、21/3065、21/31、

21/365、21/461、21/469、21/86、

C23C 16/00-16/56