

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5497423号
(P5497423)

(45) 発行日 平成26年5月21日 (2014. 5. 21)

(24) 登録日 平成26年3月14日 (2014. 3. 14)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/31 (2006. 01)	H O 1 L 21/31 B
C 2 3 C 16/455 (2006. 01)	C 2 3 C 16/455
H O 1 L 21/768 (2006. 01)	H O 1 L 21/90 K
H O 1 L 23/532 (2006. 01)	

請求項の数 18 (全 35 頁)

(21) 出願番号	特願2009-295391 (P2009-295391)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成21年12月25日 (2009. 12. 25)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2011-135003 (P2011-135003A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成23年7月7日 (2011. 7. 7)	(74) 代理人	100070150
審査請求日	平成24年10月4日 (2012. 10. 4)		弁理士 伊東 忠彦
		(72) 発明者	加藤 寿
			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	本間 学
			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	竹内 靖
			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】 成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

容器内にて、互いに反応する少なくとも2種類の反応ガスを順番に基板に供給する供給サイクルを複数回実行することにより、反応生成物の複数の層を積層して薄膜を形成する成膜装置であって、

前記容器内に回転可能に設けられ、基板が載置される基板載置領域を含む回転テーブル；

前記回転テーブルの中心と外周上の異なる2つの点とをカバーするように延びて前記容器内を少なくとも第1の領域及び第2の領域に分ける分離領域であって、当該分離領域に供給される第1の分離ガスにより、前記分離領域の圧力を前記第1の領域及び前記第2の領域の圧力よりも高い圧力に維持可能に構成される当該分離領域；

前記第1の分離ガスが前記回転テーブルの中心から外周の方向へ流れるのを抑制することにより、前記分離領域の圧力を前記第1の領域及び前記第2の領域の圧力よりも高い圧力に制御する圧力制御部；

前記第1の領域に配置され、前記回転テーブルに向けて第1の反応ガスを供給する第1の反応ガス供給部；

前記第2の領域に配置され、前記回転テーブルに向けて第2の反応ガスを供給する第2の反応ガス供給部；

前記第1の領域に供給される前記第1の反応ガスと、前記分離領域からの前記第1の分離ガスとの両方を合流して前記第1の領域を通して排気するための第1の排気口；及び

10

20

前記第 2 の領域に供給される前記第 2 の反応ガスと、前記分離領域からの前記第 1 の分離ガスとの両方を合流して前記第 2 の領域を通して排気するための第 2 の排気口；

を備え、

前記圧力制御部が、前記分離領域に対して、前記回転テーブルの外周から中心に向かう方向に第 2 の分離ガスを供給する第 2 の分離ガス供給部を含み、

前記第 2 の分離ガス供給部が、前記容器の側壁から挿入される配管を含む、

成膜装置。

【請求項 2】

前記圧力制御部は、前記容器の内周面が、前記分離領域における前記回転テーブルとの間の間隔が、前記第 1 の領域及び前記第 2 の領域における前記回転テーブルとの間の間隔よりも狭くなるように配置されて構成される、請求項 1 に記載の成膜装置。

10

【請求項 3】

前記圧力制御部が、前記回転テーブルと前記容器の内周面との間の隙間を埋める壁部材を含む、請求項 1 に記載の成膜装置。

【請求項 4】

前記圧力制御部が、前記分離領域における、前記回転テーブルの外周と前記容器の内周面との間の空間に配置され、前記回転テーブルの外周方向へ流れる前記第 1 の分離ガスが当該空間から前記回転テーブルの下方へ流出するのを抑制する板部材を含む、請求項 1 に記載の成膜装置。

20

【請求項 5】

前記板部材が、前記第 1 の排気口及び前記第 2 の排気口の開口寸法より小さい開口寸法を有する第 3 の排気口を有し、

前記第 3 の排気口と、前記第 1 の排気口及び前記第 2 の排気口の双方又はいずれか一方とを連通させる連通管を更に備える、請求項 4 に記載の成膜装置。

【請求項 6】

前記分離領域において、前記分離領域の容積が前記第 1 の領域の容積及び前記第 2 の領域の容積よりも小さくなるように前記回転テーブルに対向して分離領域天井面が配置される、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 7】

前記第 1 の分離ガスを供給する複数の開口が前記分離領域天井面に形成されている、請求項 6 に記載の成膜装置。

30

【請求項 8】

前記第 1 の分離ガスを前記分離領域に供給する第 1 の分離ガス供給部を更に備える、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 9】

前記第 1 の分離ガス供給部が前記容器の側壁及び上部の双方又はいずれか一方から導入される、請求項 8 に記載の成膜装置。

【請求項 10】

前記第 1 の反応ガス供給部及び前記第 2 の反応ガス供給部の少なくとも一方の反応ガス供給部が、当該反応ガス供給部に対応する領域における天井面から離間している、請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の成膜装置。

40

【請求項 11】

前記第 1 の反応ガス供給部及び前記第 2 の反応ガス供給部の少なくとも一方の反応ガス供給部に対して設けられ、前記分離領域からの分離ガスが当該反応ガス供給部の上方に流れるのを促進する整流部材を更に備える、請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の成膜装置。

【請求項 12】

容器内にて、互いに反応する少なくとも 2 種類の反応ガスを順番に基板に供給する供給サイクルを複数回実行することにより、反応生成物の複数の層を積層して薄膜を形成する成膜装置であって、

50

前記容器内に回転可能に設けられ、基板が載置される基板載置領域を含む回転テーブル
;

前記回転テーブルの中心と外周上の異なる２つの点とをカバーするように延びて前記容器内を少なくとも第１の領域及び第２の領域に分ける分離領域であって、当該分離領域に供給される第１の分離ガスにより、前記分離領域の圧力を前記第１の領域及び前記第２の領域の圧力よりも高い圧力に維持可能に構成される当該分離領域;

前記第１の分離ガスが前記回転テーブルの中心から外周の方向へ流れるのを抑制することにより、前記分離領域の圧力を前記第１の領域及び前記第２の領域の圧力よりも高い圧力に制御する圧力制御部;

前記第１の領域に配置され、前記回転テーブルに向けて第１の反応ガスを供給する第１の反応ガス供給部;

前記第２の領域に配置され、前記回転テーブルに向けて第２の反応ガスを供給する第２の反応ガス供給部;

前記第１の領域に供給される前記第１の反応ガスと、前記分離領域からの前記第１の分離ガスとの両方を合流して前記第１の領域を通して排気するための第１の排気口;

及び前記第２の領域に供給される前記第２の反応ガスと、前記分離領域からの前記第１の分離ガスとの両方を合流して前記第２の領域を通して排気するための第２の排気口;

を備え、

前記圧力制御部が、前記分離領域における第１の範囲の第１の圧力が、前記分離領域において前記第１の範囲よりも前記回転テーブルの中心側にある第２の範囲の第２の圧力よりも高くなるように前記分離領域に対して前記分離ガスを供給可能に構成される、
成膜装置。

【請求項１３】

前記圧力制御部が、前記第１の範囲に設けられ複数の第１の吐出孔を含む第１の板部材と、前記第２の範囲に設けられ複数の第２の吐出孔を含む第２の板部材とを備える、請求項１２に記載の成膜装置。

【請求項１４】

前記第１の板部材における前記複数の第１の吐出孔の開口密度が、前記第２の板部材における前記複数の第２の吐出孔の開口密度よりも高い、請求項１３に記載の成膜装置。

【請求項１５】

前記第１の板部材に対して前記分離ガスを供給する第１の供給管と、
前記第２の板部材に対して前記分離ガスを供給する第２の供給管と
を更に備える、請求項１３に記載の成膜装置。

【請求項１６】

前記第１の供給管が前記容器の上部及び側壁のいずれか一方から前記第１の板部材に対して前記分離ガスを供給し、

前記第２の供給管が前記容器の上部及び側壁のいずれか一方から前記第２の板部材に対して前記分離ガスを供給する、請求項１５に記載の成膜装置。

【請求項１７】

前記圧力制御部が、前記回転テーブルの回転方向と交わる第１の方向に沿って前記第１の範囲と前記第２の範囲に延び、前記第１の方向に沿って配列される複数の第３の吐出孔を有する第３の供給管を含み、

前記複数の第３の吐出孔の開口密度が前記第２の範囲においてよりも前記第１の範囲において大きい、請求項１２に記載の成膜装置。

【請求項１８】

前記圧力制御部が、

前記回転テーブルの回転方向と交わる第１の方向に沿って前記第１の範囲と前記第２の範囲に延び、前記第１の方向に沿って配列される複数の第３の吐出孔を有する第３の供給管と、

前記第１の方向に沿って前記第１の範囲に延び、前記第１の方向に沿って配列される複

10

20

30

40

50

数の第4の吐出孔を有する第4の供給管と、
を含む、請求項12に記載の成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、容器内にて、互いに反応する少なくとも2種類の反応ガスを順番に基板に供給する供給サイクルを複数回実行することにより、反応生成物の複数の層を積層して薄膜を形成する成膜装置に関する。

【背景技術】

10

【0002】

半導体製造プロセスにおける成膜方法として、ALD (Atomic Layer Deposition) 又はMLD (Molecular Layer Deposition) と呼ばれる方法 (以下、ALD法と呼ぶ) が知られている。ALD法では、真空容器内に第1の反応ガスを供給して基板表面に第1の反応ガスを吸着させる第1反応ガス吸着ステップと、真空容器内から第1の反応ガスをパージする第1パージステップと、第2の反応ガスを供給して基板表面に第2の反応ガスを吸着させる第2反応ガス吸着ステップと、真空容器内から第2の反応ガスをパージする第2パージステップとを有するサイクルを多数回行うことにより、基板上への成膜が行われる。基板表面に交互に吸着する両反応ガスの反応により1層又は複数層の原子層や分子層が形成されるため、サイクル数に応じて膜厚を高精度に制御することができるとともに、膜

20

【0003】

このような成膜方法を実施するための成膜装置として、下記の特許文献1に、反応容器内に設けられ、円板状の形状を有する回転可能なサセプタと、このサセプタと対向するように配置されるガス噴出部とを備える薄膜蒸着装置が開示されている。このガス噴出部は、反応容器の上部中央に配置される1個の円形の中央シャワーヘッドと、ほぼ扇形の形状を有し、中央シャワーヘッドを取り囲むように反応容器の円周方向に配列される10個の扇状シャワーヘッドとを有している。中央シャワーヘッドに対して対称に配置される2つの扇状シャワーヘッドの一方から第1原料ガスが供給され、他方の扇状シャワーヘッドから第2原料ガスが供給され、残りの扇状シャワーヘッド及び中央シャワーヘッドからパージガスが供給される。また、反応容器の内周壁に沿って複数の排気口が配列され、各シャワーヘッドから供給されるガスは、反応容器の中心から内周壁に向かう方向に放射状に流れて、複数の排気口から排気される。このようにして反応容器内での第1原料ガスと第2原料ガスとの混合を低減しつつ、サセプタの回転によって基板に吸着するガスを切り替えるため、パージステップが不要となる。

30

【0004】

また、下記の特許文献2には、チャンバ内に設けられ、4枚の基板が支持される回転可能かつ上下動可能な基板支持プラットフォームと、基板支持プラットフォームの上方に画成される4つの反応スペースとを備える成膜装置が開示されている。この成膜装置においては、基板支持プラットフォームは、支持する基板が各反応スペースの下方に位置するように回転し、静止すると、上方へ移動して、各基板を反応スペースに露出させる。次いで、4つの反応スペースの少なくとも一つの反応スペースに一の反応ガスが所定の期間 (パルス状に) 供給され、他の反応スペースに他の反応ガスが所定の期間 (パルス状に) 供給される。その後、反応スペースがパージガスでパージされ、パージを継続しつつ、基板支持プラットフォームが下方に移動し、回転して、各基板を次の反応スペースの下方へ位置させる。次いで、支持基板プラットフォームが上方へ移動して、以下、同じ動作が繰り返される。すなわち、時間軸で見れば、反応ガスとパージガスのいずれかを選択的に流し、反応スペースを同時に流れることがない。また、反応スペースに基板が露出するときには、チャンバの天板部材から下方に延びる下方部材により基板支持プラットフォームがシー

40

50

ルされるため、反応スペースに供給される反応ガスは、基板には吸着するが、基板支持プラットフォームに吸着することがない。これにより、基板支持プラットフォーム上への堆積が防止され、パーティクルの発生が低減される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】大韓民国特許出願公開第2009-0012396号明細書

【特許文献2】米国特許出願公開第2007/0215036号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0006】

しかし、特許文献1に開示される成膜装置においては、反応容器の内周壁に沿って複数の排気口を配置することによってガスを放射状に流そうとしても、サセプタの回転によってガスが回転方向へ流れてしまうため、特に回転速度を高くした場合には、第1原料ガスと第2原料ガスとの混合を十分に抑えることができない。このため、ALD成膜を実現できない事態ともなる。このような事情のため、特許文献1においては、サセプタの回転速度として3rpmから10rpmが例示されているに過ぎない。これでは、スループットの向上という点で十分とは言えない。

【0007】

また、特許文献2に開示される成膜方法においては、反応スペースのパージに時間がかかり、基板支持プラットフォームの回転/静止及び上下動が繰り返され、反応ガスとパージガスが間欠的に供給されるため、スループットを向上することは難しい。

20

【0008】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされ、第1の反応ガスと第2の反応ガスとの混合を効果的に抑制することによって、回転テーブルの回転速度を増大しても混合抑制効果を維持することができ、もってスループットの向上に寄与し得る、回転テーブル式の分子層成膜装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の第1の態様によれば、容器内にて、互いに反応する少なくとも2種類の反応ガスを順番に基板に供給する供給サイクルを複数回実行することにより、反応生成物の複数の層を積層して薄膜を形成する成膜装置が提供される。この成膜装置の一例は、容器内に回転可能に設けられ、基板が載置される基板載置領域を含む回転テーブル；回転テーブルの中心と外周上の異なる2つの点とをカバーするように延びて容器内を少なくとも第1の領域及び第2の領域に分ける分離領域であって、当該分離領域に供給される第1の分離ガスにより、分離領域の圧力を第1の領域及び第2の領域の圧力よりも高い圧力に維持可能に構成される当該分離領域；第1の分離ガスが回転テーブルの中心から外周の方向へ流れるのを抑制することにより、分離領域の圧力を第1の領域及び第2の領域の圧力よりも高い圧力に制御する圧力制御部；第1の領域に配置され、回転テーブルに向けて第1の反応ガスを供給する第1の反応ガス供給部；第2の領域に配置され、回転テーブルに向けて第2の反応ガスを供給する第2の反応ガス供給部；第1の領域に供給される第1の反応ガスと、分離領域からの第1の分離ガスとの両方を合流して第1の領域を通して排気するための第1の排気口；及び第2の領域に供給される第2の反応ガスと、分離領域からの第1の分離ガスとの両方を合流して第2の領域を通して排気するための第2の排気口を備え、圧力制御部が、分離領域に対して、回転テーブルの外周から中心に向かう方向に第2の分離ガスを供給する第2の分離ガス供給部を含み、第2の分離ガス供給部が、容器の側壁から挿入される配管を含む。また、成膜装置の他の例は、容器内に回転可能に設けられ、基板が載置される基板載置領域を含む回転テーブル；回転テーブルの中心と外周上の異なる2つの点とをカバーするように延びて容器内を少なくとも第1の領域及び第2の領域に分ける分離領域であって、当該分離領域に供給される第1の分離ガスにより、分離領域の圧力

30

40

50

を第1の領域及び第2の領域の圧力よりも高い圧力に維持可能に構成される当該分離領域；第1の分離ガスが回転テーブルの中心から外周の方向へ流れるのを抑制することにより、分離領域の圧力を第1の領域及び第2の領域の圧力よりも高い圧力に制御する圧力制御部；第1の領域に配置され、回転テーブルに向けて第1の反応ガスを供給する第1の反応ガス供給部；第2の領域に配置され、回転テーブルに向けて第2の反応ガスを供給する第2の反応ガス供給部；第1の領域に供給される第1の反応ガスと、分離領域からの第1の分離ガスとの両方を合流して第1の領域を通して排気するための第1の排気口；及び第2の領域に供給される第2の反応ガスと、分離領域からの第1の分離ガスとの両方を合流して第2の領域を通して排気するための第2の排気口を備え、圧力制御部が、分離領域における第1の範囲の第1の圧力が、分離領域において第1の範囲よりも回転テーブルの中心側にある第2の範囲の第2の圧力よりも高くなるように分離領域に対して分離ガスを供給可能に構成される。

10

【0010】

本発明の第2の態様によれば、容器内にて、互いに反応する少なくとも2種類の反応ガスを順番に基板に供給する供給サイクルを複数回実行することにより、反応生成物の複数の層を積層して薄膜を形成する成膜方法が提供される。この成膜方法は、容器内に回転可能に設けられ、基板が載置される基板載置領域を含む回転テーブルに基板を載置し、回転テーブルの中心と外周上の異なる2つの点とをカバーするように延びて容器内を少なくとも第1の領域及び第2の領域に分ける分離領域に対して第1の分離ガスを供給して、分離領域の圧力を第1の領域及び第2の領域の圧力よりも高い圧力に維持し、第1の領域に配置される第1の反応ガス供給部から回転テーブルに向けて第1の反応ガスを供給し、第2の領域に配置される第2の反応ガス供給部から回転テーブルに向けて第2の反応ガスを供給し、第1の領域に供給される第1の反応ガスと、分離領域からの第1の分離ガスとの両方を合流させて第1の領域を通して排気し、第2の領域に供給される第2の反応ガスと、分離領域からの第1の分離ガスとの両方を合流させて第2の領域を通して排気する。

20

【発明の効果】

【0011】

本発明の実施形態によれば、第1の反応ガスと第2の反応ガスとの混合を効果的に抑制することによって、回転テーブルの回転速度を増大しても混合抑制効果を維持することができ、もってスループットの向上に寄与し得る、回転テーブル式の分子層成膜装置が提供される。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施形態による成膜装置の断面図である。

【図2】図1の成膜装置の内部の概略構成に示す斜視図である。

【図3】図1の成膜装置の平面図である。

【図4】図1の成膜装置における分離領域、第1の領域及び第2の領域の一例を示す断面図である。

【図5】図1の成膜装置に設けられる、分離ガスが回転テーブルの中心から外周へ流れるのを抑制する屈曲部を示す説明図である。

40

【図6】分離領域のサイズを説明するための図である。

【図7】図1の成膜装置の分離領域における圧力について行ったシミュレーションの結果を示す図である。

【図8】図1の成膜装置の分離領域における圧力の分布を模式的に示す図である。

【図9】図1の成膜装置の他の断面図である。

【図10】図1の成膜装置を示す一部破断斜視図である。

【図11】図1の成膜装置における反応ガスノズル及びノズルカバーの構成図である。

【図12】図11のノズルカバーが取り付けられた反応ガスノズルを説明する図である。

【図13】図1の成膜装置の真空容器内のガスフローパターンを示す他の説明図である。

【図14】図1の成膜装置の他の断面図である。

50

【図 1 5】図 1 の成膜装置のまた別の断面図である。

【図 1 6】図 1 の成膜装置で使用され得る整流板を示す平面図である。

【図 1 7】図 1 6 に示す整流板を示す断面図である。

【図 1 8】図 1 の成膜装置の分離領域における圧力について行ったシミュレーションの結果を示す図であり、排気口の相違による圧力分布を比較する図である。

【図 1 9】図 1 の成膜装置における反応ガスノズル及び分離ガスノズルの変形例を示す図である。

【図 2 0】図 1 の成膜装置における反応ガスノズル及び分離ガスノズルの他の変形例を示す図である。

【図 2 1 A】図 1 の成膜装置における分離領域の他の変形例を示す図である。

10

【図 2 1 B】図 2 1 A における E - E 線に沿った断面図である。

【図 2 2】図 2 1 の変形例の更なる変形例を示す図である。

【図 2 3】図 2 1 の変形例の更なる変形例を示す図である。

【図 2 4】図 1 の成膜装置における分離領域の他の変形例を示す図である。

【図 2 5】図 1 の成膜装置における分離領域の他の変形例を示す図である。

【図 2 6】図 1 の成膜装置における分離領域の変形例を示す図である。

【図 2 7】図 1 の成膜装置における分離領域の他の変形例を示す図である。

【図 2 8】図 1 のノズルカバーの変形例を示す図である。

【図 2 9】反応ガスノズルの変形例を示す図である。

【図 3 0】反応ガスノズルの他の変形例を示す図である。

20

【図 3 1】本発明の他の実施形態による成膜装置の断面図である。

【図 3 2】本発明の実施形態による成膜装置を含む基板処理装置の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、添付の図面を参照しながら、本発明の限定的でない例示の実施形態について説明する。添付の全図面中、同一又は対応する部材又は部品については、同一又は対応する参照符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面は、部材もしくは部品間の相対比を示すことを目的とせず、したがって、具体的な厚さや寸法は、以下の限定的でない実施形態に照らし、当業者により決定されるべきものである。

【0014】

30

本発明の実施形態による成膜装置は、図 1（図 3 の A - A 線に沿った断面図）及び図 2 に示すように、概ね円形の平面形状を有する扁平な真空容器 1 と、この真空容器 1 内に設けられ、真空容器 1 の中心に回転中心を有する回転テーブル 2 と、を備える。真空容器 1 は、容器本体 1 2 と、これから分離可能な天板 1 1 とから構成されている。天板 1 1 は、例えば Oリングなどの封止部材 1 3 を介して容器本体 1 2 に取り付けられ、これにより真空容器 1 が気密に密閉される。天板 1 1 及び容器本体 1 2 は、例えばアルミニウム（Al）で作製することができる。

【0015】

図 1 を参照すると、回転テーブル 2 は、中央に円形の開口部を有しており、開口部の周りで円筒形状のコア部 2 1 により上下から挟まれて保持されている。コア部 2 1 は、鉛直方向に伸びる回転軸 2 2 の上端に固定されている。回転軸 2 2 は容器本体 1 2 の底面部 1 4 を貫通し、その下端が当該回転軸 2 2 を鉛直軸回りに回転させる駆動部 2 3 に取り付けられている。この構成により、回転テーブル 2 はその中心軸を回転中心として回転することができる。なお、回転軸 2 2 及び駆動部 2 3 は、上面が開いた筒状のケース体 2 0 内に収納されている。このケース体 2 0 はその上面に設けられたフランジ部分を介して真空容器 1 の底面部 1 4 の下面に気密に取り付けられており、これにより、ケース体 2 0 の内部雰囲気外部雰囲気が隔離されている。

40

【0016】

図 2 及び図 3 に示すように、回転テーブル 2 の上面に、それぞれウエハ W が載置される複数（図示の例では 5 つ）の円形凹部状の載置部 2 4 が等角度間隔で形成されている。た

50

だし、図3ではウエハWを1枚のみを示している。

【0017】

図4(a)を参照すると、載置部24と載置部24に載置されたウエハWとの断面が示されている。図示のとおり、載置部24は、ウエハWの直径よりも僅かに(例えば4mm)大きい直径と、ウエハWの厚さに等しい深さとを有している。載置部24の深さとウエハWの厚さがほぼ等しいため、ウエハWが載置部24に載置されたとき、ウエハWの表面は、回転テーブル2の載置部24を除く領域の表面とほぼ同じ高さになる。仮に、ウエハWとその領域との間に比較的大きい段差があると、その段差によりガスの流れに乱流が生じ、ウエハW上での膜厚均一性が影響を受ける。この影響を低減するため、2つの表面がほぼ同じ高さにある。「ほぼ同じ高さ」は、高さの差が約5mm以下であって良いが、加工精度が許す範囲でできるだけゼロに近いと好ましい。

10

【0018】

図2から図4を参照すると、回転テーブル2の回転方向(例えば図3の矢印RD)に沿って互いに離間した2つの凸状部4が設けられている。図2及び図3では天板11を省略しているが、凸状部4は、図4に示すように天板11の下面に取り付けられている。また、図3から分かるように、凸状部4は、ほぼ扇形の上面形状を有しており、その頂部は真空容器1のほぼ中心に位置し、円弧は容器本体12の内周壁に沿って位置している。さらに、図4(a)に示すように、凸状部4は、その下面44が回転テーブル2から高さh1(後述)に位置するように配置される。これにより、凸状部4と回転テーブル2の間には、空間Hが形成されている。

20

【0019】

また、図4を参照すると、凸状部4は、凸状部4が二分割されるように半径方向に延びる溝部43を有し、溝部43には分離ガスノズル41(42)が収容されている。溝部43は、本実施形態では、凸状部4を二等分するように形成されるが、他の実施形態においては、例えば、凸状部4における回転テーブル2の回転方向上流側が広がるように溝部43を形成しても良い。分離ガスノズル41(42)は、図3に示すように、容器本体12の周壁部から真空容器1内へ導入され、その基端部であるガス導入ポート41a(42a)を容器本体12の外周壁に取り付けることにより支持されている。

【0020】

分離ガスノズル41(42)は、分離ガスのガス供給源(図示せず)に接続されている。分離ガスは N_2 ガスや不活性ガスであって良く、また、成膜に影響を与えないガスであれば、分離ガスの種類は特に限定されない。本実施形態においては、分離ガスとしてチッ素(N_2)ガスが利用される。また、分離ガスノズル41(42)は、回転テーブル2の表面に向けて N_2 ガスを吐出するための吐出孔40(図4)を有している。吐出孔40は、長さ方向に所定の間隔で配置されている。本実施形態においては、吐出孔40は、約0.5mmの口径を有し、分離ガスノズル41(42)の長さ方向に沿って約10mmの間隔で配列されている。なお、分離ガスノズル41(42)は、吐出孔40に代わり、回転テーブル2に向かって開口し、分離ガスノズル41(42)の長手方向に延びるスリットを有してもよい。

30

【0021】

図1から図3を再び参照すると、上述の凸状部4は、コア部21を取り囲むように天板11の下面に取り付けられた環状の突出部5に結合されている。これにより、回転テーブル2の外縁端から中心を通過して他の外縁端にまで広がり、真空容器1内を第1の領域48A及び第2の領域48B(図2及び図3参照)に分ける分離部材が構成されている。突出部5は回転テーブル2と対向し、これにより突出部5と回転テーブル2との間に上述の空間Hと連通する狭い空間50が形成されている。本実施形態においては、空間50の下面の回転テーブル2からの高さh15(図5参照)は、空間Hの高さh1よりも僅かに低い。なお、他の実施形態においては、高さh15とh1は等しくても良く、また、突出部5と凸状部4は一体に形成されても、別体として形成されて結合されても良い。なお、図2及び図3は、凸状部4を真空容器1内に残したまま天板11を取り外した真空容器1の内

40

50

部を示している。

【 0 0 2 2 】

図 5 は、図 3 の B - B 線に沿った断面の約半分を示す図である。図示のとおり、コア部 2 1 と真空容器 1 の天板 1 1 との間に空間 5 2 が形成されている。空間 5 2 は、上記の空間 5 0 と連通しており、これにより、2 つの凸状部 4 の下方の空間 H は空間 5 0 及び 5 2 を通して互いに連通している。また、天板 1 1 の中心部には、分離ガス供給管 5 1 が接続されており、これにより、天板 1 1 とコア部 2 1 との間の空間 5 2 に N_2 ガスが供給される。

【 0 0 2 3 】

再び図 2 及び図 3 を参照すると、第 1 の領域 4 8 A において容器本体 1 2 の周壁部から回転テーブル 2 の半径方向に反応ガスノズル 3 1 が導入され、第 2 の領域 4 8 B において容器本体 1 2 の周壁部から回転テーブル 2 の半径方向に反応ガスノズル 3 2 が導入されている。これらの反応ガスノズル 3 1 , 3 2 は、分離ガスノズル 4 1 , 4 2 と同様に、基端部であるガス導入ポート 3 1 a , 3 2 a を容器本体 1 2 の外周壁に取り付けることにより支持されている。なお、反応ガスノズル 3 1 , 3 2 は、半径方向に対して所定の角度をなすように導入されてもよい。第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B は、図 4 に示すように、凸状部の下面（天井面 4 4 ）よりも高い天井面 4 5 （天板 1 1 の下面）を有している。

【 0 0 2 4 】

図示を省略するが、反応ガスノズル 3 1 は、第 1 の反応ガスのガス供給源に接続され、反応ガスノズル 3 2 は、第 2 の反応ガスのガス供給源に接続されている。第 1 の反応ガス及び第 2 の反応ガスとしては後に述べる組み合わせを始めとして種々のガスを使用できるが、本実施形態においては、第 1 の反応ガスとしてピスターシャルブチルアミノシラン（BTBAS）ガスが利用され、第 2 の反応ガスとしてオゾン（ O_3 ）ガスが利用される。なお、以下の説明において、反応ガスノズル 3 1 の下方の領域を、BTBAS ガスをウエハに吸着させるための処理領域 P 1 といい、反応ガスノズル 3 2 の下方の領域を、 O_3 ガスをウエハに吸着した BTBAS ガスと反応（酸化）させるための処理領域 P 2 という場合がある。

【 0 0 2 5 】

また、反応ガスノズル 3 1 , 3 2 は、回転テーブル 2 の上面（ウエハの載置部 2 4 がある面）に向けて反応ガスを吐出するための複数の吐出孔 3 3 を有している（図 4 参照）。本実施形態においては、吐出孔 3 3 は約 0 . 5 mm の口径を有し、反応ガスノズル 3 1 , 3 2 の長さ方向に沿って約 1 0 mm の間隔で配列されている。反応ガスノズル 3 1 （3 2 ）は、吐出孔 3 3 に代わり、回転テーブル 2 に向かって開口し、反応ガスノズル 3 1 （3 2 ）の長手方向に延びるスリットを有してもよい。また、反応ガスノズル 3 1 にはノズルカバー 3 4 が取り付けられている。ノズルカバー 3 4 については、後に説明する。

【 0 0 2 6 】

以上の構成において、分離ガスノズル 4 1 （4 2 ）から N_2 ガスが吐出されると、この N_2 ガスは凸状部 4 と回転テーブル 2 との間の空間 H へ至り、空間 H の圧力を第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の圧力よりも高く維持することができる。これに加えて、分離ガスノズル 5 1 から空間 5 2 へ N_2 ガスが供給されると、この N_2 ガスは空間 5 2 から突出部 5 と回転テーブル 2 との空間 5 0 へ至り、空間 5 0 の圧力を第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B によりも高く維持することができる。このようにして、回転テーブル 2 及び突出部 5 の間の空間 5 0 と、コア部 2 1 及び天井板 1 1 の間の空間 5 2 と、これらによって連通する、2 つの凸状部 4 及び回転テーブル 2 の間の 2 つの空間 H とからなり、高い圧力を有して第 1 の領域 4 8 A と第 2 の領域 4 8 B とを分ける分離空間が提供される。以下、説明の便宜上、第 1 の領域 4 8 A に対して回転テーブル 2 の回転方向上流側に位置する凸状部 4 に対応する領域を分離領域 D 1、第 1 の領域 4 8 A に対して回転テーブル 2 の回転方向下流側に位置する凸状部 4 に対応する領域を分離領域 D 2、突出部 5 に対応する円形の領域を中心分離領域 C と呼ぶ（図 2 及び 3 等参照）。

【 0 0 2 7 】

ここで、上記の構成において、凸状部 4 および突出部 5 の下方の分離空間の圧力を第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の圧力よりも高く維持することを確認するため、真空容器 1 内の圧力分布についてシミュレーションを行った。このシミュレーションは、

- ・分離ガスノズル 4 1 , 4 2 からの N_2 ガスの供給量： 各 1 2 , 5 0 0 s c c m
- ・分離ガス供給管 5 1 からの N_2 ガスの供給量： 5 , 0 0 0 s c c m
- ・回転テーブル 2 の回転速度： 2 4 0 r p m

という条件で行った。

【 0 0 2 8 】

10

図 7 に示すとおり、供給される N_2 ガスにより、分離領域 D 1 , D 2 及び中心分離領域 C においては、第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の圧力に比べて圧力が高くなっている。また、例えば分離領域 D 1 においては、回転テーブル 2 の周方向に沿って中央に向かう方向に沿って圧力が高くなっており、反応ガスノズル 4 1 の直下かつ回転テーブル 2 の外周付近での圧力が最も高くなっている。なお、添付の図 7 においては、カラー表示を白黒表示に変換したため、圧力の高い範囲（例えば 5 2 . 8 P a ）と低い範囲（例えば 5 . 2 3 P a ）とが同じ白色にて表示されているが、カラー表示によるシミュレーションの結果は、上述のとおりである。

【 0 0 2 9 】

20

また、図 8 に模式的に示すように、分離領域 D 1 の空間 H では、分離ガス供給ノズル 3 1 の直下で圧力が最も高く、第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B へ向かう方向に沿って圧力が徐々に低下する。それでもなお、例えば図 8 (b) に示すように、第 1 の領域 4 8 A に B T B A S ガスを供給することにより第 1 の領域 4 8 A の圧力が P_A となり、第 2 の領域 4 8 B に O_3 ガスを供給することにより第 2 の領域 4 8 B の圧力が P_B となった場合であっても、空間 H の圧力を超えることは殆ど無く、したがって、この高い圧力を乗り越えて B T B A S ガスが第 2 の領域 4 8 B に到達することはできず、 O_3 ガスが第 1 の領域 4 8 A に到達することはできない。故に、B T B A S ガスと O_3 ガスとの気相中における混合を抑制することが可能となる。

【 0 0 3 0 】

30

また、分離領域 D 1 , D 2 の空間 H と中心分離領域 C の空間 5 0 の圧力が第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の圧力よりも高いことから、 N_2 ガスは、分離領域 D 1 , D 2 及び中心分離領域 C から第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B へ向かって流れる。言い換えると、凸状部 4 及び突出部 5 は、分離ガスノズル 4 1 , 4 2 及び分離ガス供給管 5 1 からの N_2 ガスを第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B へ案内する。このようにして、本実施形態では、分離空間の圧力を N_2 ガスにより高くして B T B A S ガス及び O_3 ガスに対する圧力障壁を提供するとともに、分離領域 D 1 , D 2 及び中心分離領域 C から第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B へ流れる N_2 ガスによって B T B A S ガス及び O_3 ガスに対するカウンターフローを提供することにより、両反応ガスの分離が実現されている。これにより、回転テーブル 2 が例えば約 2 0 0 r p m から 3 0 0 r p m の範囲の回転速度で回転した場合であっても、B T B A S ガスと O_3 ガスとをより確実に分離することが

40

【 0 0 3 1 】

なお、本実施形態においては、主に天井面 4 4 及び 4 5 の高さの相違により、空間 H 及び空間 5 0 の容積は第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の容積よりも小さくなっている。これも、分離空間の圧力を第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の圧力よりも高く維持することに寄与している。

【 0 0 3 2 】

ここで、低い天井面 4 4 の回転テーブル 2 の上面から測った高さ h_1 (図 4 (a)) 等の具体的な寸法を例示する。高さ h_1 は、分離ガスノズル 4 1 (4 2) からの N_2 ガスの

50

供給量にもよるが、空間Hの圧力を第1の領域48A及び第2の領域48Bの圧力よりも高くできるように設定される。高さh1は例えば0.5mmから10mmであると好ましく、できる限り小さくすると更に好ましい。ただし、回転テーブル2の回転ぶれによって回転テーブル2が天井面44に衝突するのを避けるため、高さh1は3.5mmから6.5mm程度であって良い。また、突出部5の回転テーブル2の上面から測った高さh15もまた例えば0.5mmから10mmであると好ましく、できる限り小さくすると更に好ましい。回転テーブル2の中心部近傍での回転ぶれが小さいことを考慮すれば、高さh15は高さh1よりも小さくて良い。具体的には、高さh15は1.0mmから3.0mm程度であって良い。さらに、回転テーブル2の上面から、凸状部4の溝部43に収容される分離ガスノズル41(42)の下端までの高さh2(図4(a))は0.5mmから4mmであって良い。

10

【0033】

また、凸状部4は、図6(a)及び(b)に示すように、例えば、ウエハ中心WOが通る経路に対応する円弧の長さLがウエハWの直径の約1/10~約1/1、好ましくは約1/6以上であると好ましい。これにより、分離空間を確実に高い圧力に維持することが可能となる。なお、本実施形態では、分離ガスノズル41(42)は、N₂ガスの供給量を考慮して約13mm(外径)のパイプを用いており、そのため、凸状部4の溝部43の幅は約13mmから15mmである。このように溝部43の幅をも考慮して上記の長さLを決定するとより好ましい。また、回転テーブル2の外周に近いほど大きい遠心力が働くため、例えば、BTBASガスは、回転テーブル2の外周に近い部分において、大きい速

20

【0034】

再び図5を参照すると、凸状部4は、その外縁においてL字状に屈曲する屈曲部46を有している。屈曲部46は、回転テーブル2と容器本体12との間の空間を概ね埋めている。屈曲部46と容器本体12との間の隙間、及び屈曲部46と回転テーブル2との間の隙間は、例えば、回転テーブル2から凸状部4の天井面44までの高さh1と同じかこれより小さくて良い。ただし、容器本体12と回転テーブル2の間隔は、回転テーブル2の熱膨張を考慮し、回転テーブル2が後述のヒータユニットにより加熱された場合にh1程度となるように設定することが好ましい。このような構成により、第1の領域48Aにおいて反応ガスノズル31から供給されたBTBASガスが、真空容器12の内周面と回転テーブル2との間の空間を通して第2の領域48Bへ流れるのが阻止され、逆にO₃ガスが第2の領域48Bから当該空間を通して第1の領域48Aへ流れるのを阻止される。また、屈曲部46があるため、分離ガスノズル41, 42(図3等)からのN₂ガスは、回転テーブル2の外側に向かっては流れ難い。すなわち、屈曲部46は、分離空間の圧力を第1の領域48A及び第2の領域48Bの圧力より高く維持することに寄与している。なお、屈曲部46の下方にブロック部材71bを設ければ、分離ガスが回転テーブル2の下方まで流れるのを更に抑制することができるため、更に好ましい。

30

【0035】

一方、第1の領域48A及び第2の領域48Bにおいては、容器本体12の内周壁は、図3、図9及び図10に示すように外方側に窪み、排気領域6が形成されている。この排気領域6の底部には、例えば排気口61, 62が設けられている。これら排気口61, 62は各々排気管63を介して真空排気装置である例えば共通の真空ポンプ64に接続されている。これにより、主として第1の領域48A及び第2の領域48Bが排気される。すなわち、このような排気口61, 62の配置により、分離空間の圧力を第1の領域48A及び第2の領域48Bの圧力よりも高くし易くなる。

40

【0036】

再び図1を参照すると、排気管63には圧力調整器65が設けられ、これにより真空容器1内の圧力が調整される。複数の圧力調整器65を、対応する排気口61, 62に対し

50

て設けてもよい。また、排気口 6 1, 6 2 は、排気領域 6 の底部（真空容器 1 の底部 1 4）に限らず、真空容器の容器本体 1 2 の周壁部に設けても良い。また、排気口 6 1, 6 2 は、排気領域 6 における天板 1 1 に設けても良い。ただし、天板 1 1 に排気口 6 1, 6 2 を設ける場合、真空容器 1 内のガスが上方へ流れるため、真空容器 1 内のパーティクルが巻き上げられて、ウエハ W が汚染されるおそれがある。このため、排気口 6 1, 6 2 は、図示のように底部に設けるか、容器本体 1 2 の周壁部に設けると好ましい。また、排気口 6 1, 6 2 を底部に設ければ、排気管 6 3、圧力調整器 6 5、及び真空ポンプ 6 4 を真空容器 1 の下方に設置することができるため、成膜装置のフットプリントを縮小する点で有利である。

【0037】

図 1、図 5 及び図 9 等に示すように、回転テーブル 2 と容器本体 1 2 の底部 1 4 との間の空間には、加熱部としての環状のヒータユニット 7 が設けられ、これにより、回転テーブル 2 上のウエハ W が、回転テーブル 2 を介して所定の温度に加熱される。また、ブロック部材 7 1 a が、回転テーブル 2 の下方及び外周の近くに、ヒータユニット 7 を取り囲むように設けられるため、ヒータユニット 7 が置かれている空間がヒータユニット 7 の外側の領域から区画されている。ブロック部材 7 1 a より内側にガスが流入することを防止するため、ブロック部材 7 1 a の上面と回転テーブル 2 の下面との間に僅かな間隙が維持されるように配置される。ヒータユニット 7 が収容される領域には、この領域をパージするため、複数のパージガス供給管 7 3 が、容器本体 1 2 の底部を貫通するように所定の角度間隔をおいて接続されている。なお、ヒータユニット 7 の上方において、ヒータユニット 7 を保護する保護プレート 7 a が、ブロック部材 7 1 a と、後述する隆起部 R とにより支持されており、これにより、ヒータユニット 7 が設けられる空間に B T B A S ガスや O_3 ガスが仮に流入したとしても、ヒータユニット 7 を保護することができる。保護プレート 7 a は、例えば石英から作製すると好ましい。

【0038】

図 9 を参照すると、底部 1 4 は、環状のヒータユニット 7 の内側に隆起部 R を有している。隆起部 R の上面は、回転テーブル 2 及びコア部 2 1 に接近しており、隆起部の上面 R と回転テーブル 2 の裏面との間、及び隆起部の上面とコア部 2 1 の裏面との間に僅かな隙間を残している。また、底部 1 4 は、回転軸 2 2 が通り抜ける中心孔を有している。この中心孔の内径は、回転軸 2 2 の直径よりも僅かに大きく、フランジ部 2 0 a を通してケース体 2 0 と連通する隙間を残している。パージガス供給管 7 2 がフランジ部 2 0 a の上部に接続されている。

【0039】

このような構成により、図 9 に矢印で示すように、回転軸 2 2 と底部 1 4 の中心孔との間の隙間、コア部 2 1 と底部 1 4 の隆起部 R との間の隙間、及び底部 1 4 の隆起部 R と回転テーブル 2 の裏面との間の隙間を通して、パージガス供給管 7 2 から回転テーブル 2 の下の空間へ N_2 ガスが流れる。また、パージガス供給管 7 3 からヒータユニット 7 の下の空間へ N_2 ガスが流れる。そして、これらの N_2 ガスは、ブロック部材 7 1 a と回転テーブル 2 の裏面との間の隙間を通して排気口 6 1 へ流れ込む。このように流れる N_2 ガスは、B T B A S ガス（ O_3 ガス）の反応ガスが回転テーブル 2 の下方の空間を回流して O_3 ガス（B T B A S ガス）と混合するのを防止する分離ガスとして働く。

【0040】

なお、図 9 は、図 3 の A - A 線に沿った断面図である図 1 の左半分に相当し、第 1 の領域 4 8 A を示しているため、凸状部 4 が無い。一方、突出部 5 は、図 9 においても図示されており、回転テーブル 2 の中央近傍において第 1 の領域 4 8 A を区画している。この場合においても、突出部 5 と回転テーブル 2 との間の空間 5 0 の圧力は、分離ガス供給管 5 1 からの N_2 ガスによって、第 1 の領域 4 8 A の圧力よりも高く維持される。これにより、図 9 中に矢印で示すように空間 5 0 から第 1 の領域 4 8 A に向かって回転テーブル 2 の上面に沿って N_2 ガスが流出する。

【0041】

図2、図3及び図10を参照すると、容器本体12の周壁部には搬送口15が形成されている。ウエハWは、搬送口15を通して搬送アーム10により真空容器1の中へ、又は真空容器1から外へと搬送される。この搬送口15にはゲートバルブ(図示せず)が設けられ、これにより搬送口15が開閉される。また、凹部24の底面には3つの貫通孔(図示せず)が形成されており、これらの貫通孔を通して3本の昇降ピン16(図10参照)が上下動することができる。昇降ピン16は、ウエハWの裏面を支えて当該ウエハWを昇降させ、ウエハWの搬送アーム10との間で受け渡しを行う。

【0042】

次に、図11を参照しながら、反応ガスノズル31、32に取り付けられるノズルカバー34を説明する。ノズルカバー34は、反応ガスノズル31、32の長手方向に沿って延び、コ字型の断面形状を有する基部35を有している。基部35は、反応ガスノズル31、32を覆うように配置されている。基部35における上記長手方向に延びる2つの開口端の一方には、整流板36Aが取り付けられ、他方には、整流板36Bが取り付けられている。

10

【0043】

図11(b)に明瞭に示されるように、本実施形態においては、整流板36A、36Bは、反応ガスノズル31、32の中心軸に対して左右対称に形成されている。また、整流板36A、36Bの回転テーブル2の回転方向に沿った長さは、回転テーブル2の外周部に向かうほど長くなっており、このため、ノズルカバー34は、概ね扇形状の平面形状を有している。ここで、図11(b)に点線で示す扇の開き角度は、分離領域D1、D2の凸状部4のサイズをも考慮して決定されるが、例えば5°以上90°未満であると好ましく、具体的には例えば8°以上10°未満であると更に好ましい。

20

【0044】

図12は、真空容器1の内部を、反応ガスノズル31の長手方向外側から見た図である。図示のとおり、上述のように構成されるノズルカバー34は、整流板36A、36Bが回転テーブル2の上面に対してほぼ平行に近接するように、反応ガスノズル31、32に取り付けられている。ここで、例えば高い天井面45の回転テーブル2の上面からの高さ15mm~150mmに対して、整流板36Aの回転テーブル2の上面からの高さh3は例えば0.5mm~4mmであって良く、ノズルカバー34の基部35と高い天井面45との間隔h4は例えば10mm~100mmであって良い。また、回転テーブル2の回転方向に対して反応ガスノズル31、32の上流側に整流板36Aが配置され、下流側に整流板36Bが配置されている。このような構成により、凸状部4と回転テーブル2との間の空間Hから第1の領域48Aへ流れ出るN₂ガスは、整流板36Aによって、反応ガスノズル31の上方の空間へ流れ、下方の処理領域P1へ侵入し難くなるため、反応ガスノズル31からのBTBASガスのN₂ガスによる希釈が抑制される。

30

【0045】

なお、回転テーブル2の回転による遠心効果のため、N₂ガスは回転テーブル2の外縁近傍において大きなガス流速を有し得るから、外縁近傍においては第1の空間へのN₂ガスの侵入抑制効果が低下するとも思われる。しかし、図11(b)に示すように、整流板36Aは、回転テーブル2の外縁部に向かうに従って幅が広がるため、N₂ガスの侵入抑制効果の低下を相殺することができる。

40

【0046】

再び図3を参照すると、この実施形態による成膜装置には、装置全体の動作のコントロールを行うための制御部100が設けられている。この制御部100は、例えばコンピュータで構成されるプロセスコントローラ100aと、ユーザインタフェース部100bと、メモリ装置100cとを有する。ユーザインタフェース部100bは、成膜装置の動作状況を表示するディスプレイや、成膜装置の操作者がプロセスレシピを選択したり、プロセス管理者がプロセスレシピのパラメータを変更したりするためのキーボードやタッチパネル(図示せず)などを有する。

【0047】

50

メモリ装置 100c は、プロセスコントローラ 100a に種々のプロセスを実施させる制御プログラム、プロセスレシピ、及び各種プロセスにおけるパラメータなどを記憶している。また、これらのプログラムには、例えば後述するクリーニング方法を行わせるためのステップ群を有しているものがある。これらの制御プログラムやプロセスレシピは、ユーザインタフェース部 100b からの指示に従って、プロセスコントローラ 100a により読み出されて実行される。また、これらのプログラムは、コンピュータ可読記憶媒体 100d に格納され、これらに対応した入出力装置（図示せず）を通してメモリ装置 100c にインストールしてよい。コンピュータ可読記憶媒体 100d は、ハードディスク、CD、CD-R/RW、DVD-R/RW、フレキシブルディスク、半導体メモリなどであってよい。また、プログラムは通信回線を通してメモリ装置 100c へダウンロードしてもよい。

10

【0048】

次に、既出の図面を適宜参照しながら、本実施形態の成膜装置の動作（成膜方法）について説明する。まず、載置部 24 が搬送口 15（図 10）に整列するように回転テーブル 2 が回転して、ゲートバルブ（図示せず）を開く。次に、搬送アーム 10 により搬送口 15 を介してウエハ W を真空容器 1 内へ搬入される。ウエハ W は、昇降ピン 16 により受け取られ、搬送アーム 10 が容器 1 から引き抜かれた後に、昇降機構（図示せず）により駆動される昇降ピン 16 によって載置部 24 へと下げられる。上記一連の動作が 5 回繰り返されて、5 枚のウエハ W が対応する凹部 24 に載置される。

【0049】

20

続いて、分離ガスノズル 41, 42 から N_2 ガスが供給され、分離ガス供給管 51 及びパージガス供給管 72, 73 からも N_2 ガスが供給されるとともに、真空ポンプ 64 及び圧力調整器 65（図 1）により、真空容器 1 内が予め設定した圧力に維持される。同時に又は引き続き、回転テーブル 2 が上から見て時計回りに回転を開始する。回転テーブル 2 は、ヒータユニット 7 により前もって所定の温度（例えば 300）に加熱されており、これにより、この回転テーブル 2 に載置されるウエハ W が加熱される。ウエハ W が加熱され、所定の温度に維持された後、まず、 O_3 ガスが反応ガスノズル 32 を通して処理領域 P2 へ供給され、次いで、BTBAS ガスが反応ガスノズル 31 を通して処理領域 P1 へ供給される。

【0050】

30

ウエハ W が反応ガスノズル 31 の下方の処理領域 P1 を通過するときに、ウエハ W の表面に BTBAS 分子が吸着し、反応ガスノズル 32 の下方の処理領域 P2 と通過するときに、ウエハ W の表面に O_3 分子が吸着され、 O_3 により BTBAS 分子が酸化される。したがって、回転テーブル 2 の回転により、ウエハ W が処理領域 P1、P2 の両方を一回通過すると、ウエハ W の表面に酸化シリコンの一分子層（又は 2 以上の分子層）が形成される。次いで、ウエハ W が処理領域 P1、P2 を交互に複数回通過し、所定の膜厚を有する酸化シリコン膜がウエハ W の表面に堆積される。所定の膜厚を有する酸化シリコン膜が堆積された後、BTBAS ガスと O_3 ガスの供給を停止し、回転テーブル 2 の回転を停止する。そして、ウエハ W は搬入動作と逆の動作により順次搬送アーム 10 により容器 1 から搬出され、成膜プロセスが終了する。

40

【0051】

次に、図 13 を参照しながら、真空容器 1 内のガスのフローパターンを説明する。分離領域 D1 の分離ガスノズル 41 から吐出される N_2 ガスは、回転テーブル 2 の半径方向とほぼ直交するように、凸状部 4 と回転テーブル 2 との間の空間 H（図 4（a）参照）から第 1 の領域 48A 及び第 2 の領域 48B へと流出する。また、分離ガス供給管 51（図 5、図 9 等）からの N_2 ガスは、突出部 5 の外周の法線方向に中心分離領域 C から第 1 の領域 48A 及び第 2 の領域 48B へ流出する。

【0052】

分離領域 D1 から第 1 の領域 48A へ流出する N_2 ガスは、反応ガスノズル 31 に取り付けられたノズルカバー 34 と天井面 45 との間の空間を主として流れて、第 1 の領域 4

50

8 Aに設けられた排気口6 1へ流れ込む。また、中心分離領域Cから第1の領域4 8 Aへ流出する N_2 ガスは、回転テーブル2のほぼ半径方向に沿って流れて排気口6 1へ流れ込む。さらに、分離領域D 2から第1の領域4 8 Aへ流出する N_2 ガスは、主として、反応ガスノズル3 1に到達する前に排気口6 1により吸引されて、排気口6 1へ流れ込む。このように、分離ガスとしての N_2 ガスは、分離領域D 1, D 2及び中心分離領域Cから第1の領域4 8 Aを通して排気口6 1から排気される。

【0053】

反応ガスノズル3 1及び反応ガスノズル3 2は、回転テーブル2に載置したウエハWの表面近傍から、ウエハWに対してBTBASガス及び O_3 ガスをそれぞれ供給する。本実施形態では、反応ガスノズル3 1及び反応ガスノズル3 2は、上記の通りに設けられるノズルカバー3 4を有し、ウエハWの表面近傍からウエハWの表面に向けて反応ガスを供給するが、ノズルカバー3 4を有していない場合でも、ウエハWの表面近傍からウエハWに対してBTBASガス及び O_3 ガスをそれぞれ供給すると好ましい。また、他の実施形態においては、反応ガスノズル3 1及び反応ガスノズル3 2の代わりに、ウエハWの表面近傍からウエハWに対して反応ガスを供給するインジェクター又はシャワーヘッドを用いても良い。このようにウエハWの表面近傍からウエハWに向けて反応ガスを供給すれば、ウエハWの表面における反応ガスの濃度を直接制御することができる。仮に、第1の領域4 8 A（又は第2の領域4 8 B）において、天井面4 5の近くに設置したノズル（図示せず）又は天板1 1に設けられた貫通孔（図示せず）から反応ガスを導入すると、第1の領域4 8 A（又は第2の領域4 8 B）全体に反応ガスを拡散してしまい、ウエハWの表面における反応ガス濃度が低下する。このため、BTBASガスの吸着（又は O_3 ガスによる、ウエハWに吸着したBTBASガスの酸化）が不完全となり、成膜速度の低下を招く。また、多量のBTBASガス（又は O_3 ガス）が成膜に寄与しないまま排気口6 1（6 2）から排気されるため、反応ガスの使用効率が低く不経済である。

【0054】

また、第1の領域4 8 Aの反応ガスノズル3 1から吐出されるBTBASガスは、ノズルカバー3 4の基部3 5の内部の空間から、主に整流板3 6 Bの下方の空間を通して回転テーブル2の上面に沿って流出する。そして、このBTBASガスは、分離領域D 2からの N_2 ガスと、中心分離領域Cからの N_2 ガスとの流れにより、流れの方向が規制されるとともに、分離領域D 1からの N_2 ガスとともに排気口6 1に吸引される。このため、BTBASガスが、分離領域D 1, D 2及び中心分離領域Cを通り抜けて第2の領域4 8 Bへ到達することはほぼ不可能である。また、整流板3 6 A, 3 6 Bが回転テーブル2に近接して配置されているため、 N_2 ガスは反応ガスノズル3 1の上方へ流れ、反応ガスノズル3 1の下空間に侵入し難い。このため、BTBASガスの分離ガスによる希釈が低減される。

【0055】

一方、分離領域D 2から第2の領域4 8 Bへ流れ出た N_2 ガスは、中心分離領域Cからの N_2 ガスにより外側へ流されながらも、排気口6 2に向かって流れ、これに流入する。また、第2の領域4 8 Bの反応ガスノズル3 2から吐出される O_3 ガスもまた同様に流れて排気口6 2へ流入する。

【0056】

なお、反応ガスノズル3 2にはノズルカバー3 4を設けない場合、 N_2 ガスは第2の領域4 8 Bの反応ガスノズル3 2の下方の処理領域P 2を通過し得るため、反応ガスノズル3 2から吐出される O_3 ガスが希釈される可能性がある。しかし、本実施形態においては、第2の領域4 8 Bが第1の領域よりも広く、反応ガスノズル3 2を排気口6 2からできる限り離して配置しているため、 O_3 ガスは、反応ガスノズル3 2から吐出されて排気口6 2に流入するまでの間に、ウエハW上に吸着したBTBAS分子と十分に反応（酸化）することができる。すなわち、本実施形態においては、 O_3 ガスの N_2 ガスによる希釈の影響は限定的である。

【0057】

また、反応ガスノズル 3 2 から吐出された O_3 ガスの一部は、分離領域 D 2 へ向かって流れ得るが、分離領域 D 2 の空間 H は、上述のとおり、第 2 の領域 4 8 B に比べて圧力が高いため、その O_3 ガスは分離領域 D 2 へ侵入することができず、分離領域 D 2 からの N_2 ガスとともに流れて排気口 6 2 へ至る。また、反応ガスノズル 3 2 から排気口 6 2 へ向かって流れる O_3 ガスの一部が、分離領域 D 1 へ向かって流れ得るが、上記と同様に、この分離領域 D 1 へ侵入することができない。すなわち、 O_3 ガスは、分離領域 D 1 , D 2 を通り抜けて第 1 の領域 4 8 A へ到達することができず、よって、両反応ガスの混合が抑制される。

【 0 0 5 8 】

図 1 3 に矢印で示すとおり、第 1 の領域 4 8 A において B T B A S ガスと N_2 ガスとが合流した気流が形成され、この気流が第 1 の領域 4 8 A を回転テーブル 2 の回転方向に沿って流れて、第 1 の領域 4 8 A の外側に設けられた排気口 6 1 を経由して排気される。また、第 2 の領域 4 8 B において O_3 ガスと N_2 ガスとが合流した気流が形成され、この気流が第 2 の領域 4 8 B を回転テーブル 2 の回転方向に沿って流れて、第 2 の領域 4 8 B の外側に設けられた排気口 6 2 を経由して排気される。

【 0 0 5 9 】

(変形例)

以下、本実施形態の成膜装置における幾つかの構成について、変形例を説明する。

図 5 に示すように、分離領域 D 1 , D 2 においては、回転テーブル 2 と容器本体 1 2 との間の空間を埋める屈曲部 4 6 を凸状部 4 に設けたが、図 1 4 に示すように、分離領域 D 1 , D 2 において、容器本体 1 2 の内周面 4 6 a が回転テーブル 2 に近接するように張り出しても良い。この場合、内周面 4 6 a と回転テーブル 2 との間の間隔は、上述の高さ h_1 と同じか小さくて良い。これによっても、図 5 の屈曲部 4 6 と同じ効果が発揮される。

【 0 0 6 0 】

また、図 1 5 に示すように、容器本体 1 2 の側壁部を貫通するノズル 4 0 を設け、空間 H に向けて N_2 ガスを供給することにより、分離ガスが回転テーブル 2 の中心から外周端に向かって流れて分離空間から流出し難くさせても良い。ノズル 4 0 は、容器本体 1 2 の側壁部に沿って所定の間隔で複数本設けても良く、また、図 5 に示す屈曲部 4 6 を貫通するように設けて、空間 H へ N_2 ガスを供給しても良い。また、分離ガスノズル 4 1 , 4 2 の代わりに、ノズル 4 0 により凸状部 4 の下方の空間 H へ N_2 ガスを供給しても良い。

【 0 0 6 1 】

また、図 1 6 と、図 1 6 の C - C 線に沿った断面図である図 1 7 とを参照すると、分離領域 D 1 , D 2 においても、容器本体 1 2 の内周壁が外方側へ後退し、回転テーブル 2 と容器本体 1 2 との間に広い空間が形成されている。これにより、容器本体 1 2 には、図 1 7 に示すように下面 1 2 a が形成されている。また、容器本体 1 2 と回転テーブル 2 との間には、第 2 の領域 4 8 B の一部、分離領域 D 1 、第 1 の領域 4 8 A 、及び分離領域 D 2 に亘って、整流板 6 0 B が配置されている。整流板 6 0 B は、排気口 6 1 , 6 2 に対応した孔 6 1 a , 6 2 a を有し、これにより、第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の排気が可能となる。また、整流板 6 0 B には、孔 6 1 a , 6 2 a の開口径よりも小さい開口径を有する小孔 6 0 h が所定の間隔で形成されている。整流板 6 0 B の下には溝部材 6 0 A が設けられ、溝部材 6 0 A には、排気口 6 1 , 6 2 に連通する連通溝 6 0 G が形成されている。このため、分離領域 D 1 , D 2 からの N_2 ガスが小孔 6 0 h を通して僅かに排気され得る。

【 0 0 6 2 】

しかし、容器本体 1 2 の下面 1 2 a の整流板 6 0 B からの高さは、凸状部 4 の回転テーブル 2 の上面からの高さ h_1 と同程度に形成し得るため、 N_2 ガスに対する十分な抵抗を提供することができ、小孔 6 0 h から排気される N_2 ガスはごく少量に限られる。しかも、第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B は、大きい開口径を有する排気口 6 1 及び 6 2 によりそれぞれ排気されるため、分離領域 D 1 , D 2 の下方の空間 H (図 4) 及び凸状部 5 の下方の空間 5 0 (図 5) の圧力は、第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の圧力よ

10

20

30

40

50

りも高く維持され得る。換言すると、整流板 60B は、第 1 の領域 48A 及び第 2 の領域 48B に対応して、排気口 61, 62 と同程度の大きな開口径を有する孔 61a, 62a を有する一方で、分離領域 D1, D2 に対応して、孔 61a, 62a に比べて有意に小さい開口径を有する小孔 60h を有しているため、分離領域 D1, D2 において回転テーブル 2 の外周に向かって流れる N_2 ガスの流れを抑制することができる。すなわち、図 16 及び図 17 に示す構成によっても反応ガスの分離効果が損なわれることはない。もちろん、整流板 60B に小孔 60h を設けることなく、孔 61a, 62a のみを設けるようにしても良い。換言すると、整流板 60B は、排気口 61, 62 に対応する孔 61a, 62a のみを有していると好ましいが、分離領域 D1, D2 の下方の空間 H (図 4) 及び凸状部 5 の下方の空間 50 (図 5) の圧力を、第 1 の領域 48A 及び第 2 の領域 48B の圧力よりも高く維持できる限りにおいて分離領域 D1, D2 に対応した小孔 60h を有して、これから分離ガスである N_2 ガスを排気するようにしても良い。

10

【0063】

なお、回転テーブル 2 の全周から排気する場合の分離領域 D1, D2 及び中心分離領域 C の圧力についてシミュレーションを行ったので、その結果について説明する。具体的には、このシミュレーションは、図 16 に示す搬入口 15 が開口されていない真空容器 1 を想定し、回転テーブル 2 と容器本体 12 の間の空間の全周から排気するというモデルについて行った。これは、図 16 において、分離領域 D1, D2 においても回転テーブル 2 と容器本体 12 との間に、排気口 61, 62 と同等の排気口を設けた場合に相当する。その結果を図 18 (a) に示す。一方、第 1 の領域 48A 及び第 2 の領域 48B の外側から排気し、分離領域 D1, D2 の外側からは排気しない場合のシミュレーション結果を図 18 (b) に示す。これは、図 5 に示すように回転テーブル 2 と容器本体 12 との間に屈曲部 46 が形成されている場合、図 14 に示すように容器本体 12 の内周面 46a が回転テーブル 2 に近接するように張り出している場合、及び図 16 に示す整流板 60B (特に小孔 60h のないもの) が設けられる場合に相当する。

20

【0064】

図 18 (a) と (b) を比較すると、回転テーブル 2 の全周から排気する場合には、分離領域 D1 の外周から排気しない場合に比べて、圧力の高い範囲が狭くなっていることが分かる。特に、分離領域 D1 の外周側における圧力の低下が顕著である。これは、分離領域 D1 の外側からも排気されているためである。図 18 中の挿入図には分離領域 D2 の結果も示すが、分離領域 D2 についても同じ議論が適用される。以上の結果から、分離領域 D1, D2 において回転テーブル 2 と容器本体 12 との間に排気口を設けない利点が理解される。なお、図 16 の整流板 60B に小孔 60h を設ける場合においては、小孔 60h の開口径が、分離領域 D1, D2 の圧力が低下しない程度に設定されるべきことは言うまでもない。また、図 15 に示すようにノズル 40 から分離領域 D1, D2 に向けて N_2 ガスを供給すれば、分離領域 D1, D2 の圧力をより効果的に高くし得ることは容易に予想される。

30

【0065】

次に、分離領域 D1, D2 の変形例について図 19 及び図 20 を参照しながら説明する。図 19 を参照すると、分離領域 D1 には凸状部 4 及び分離ガスノズル 41 に代わり、回転テーブル 2 の上面に対向する面 (天井面) に、回転テーブル 2 に向かって N_2 ガスを吐出する複数の吐出孔 Dh を有するシャワーヘッド 401 が設けられている。また、シャワーヘッド 401 へ N_2 ガスを供給する供給管 410 が容器本体 12 の側周壁を貫通して設けられている。また、分離領域 D2 においても、シャワーヘッド 401 と同じ構成を有するシャワーヘッド 402 が設けられ、供給管 420 からシャワーヘッド 402 に対して N_2 ガスが供給される。このような構成によっても、分離領域 D1, D2 における空間 H の圧力を第 1 の領域 48A 及び第 2 の領域 48B の圧力よりも高く維持することができる。また、シャワーヘッド 401, 402 の下面 (回転テーブル 2 に対向する面) の回転テーブル 2 からの高さを、上述の高さ h1 程度とすることにより、分離領域 D1, D2 の圧力をより確実に高くすることができる。また、図 19 では、真空容器 1 には整流板 60B が

40

50

設けられており、これにより、回転テーブル 2 の外周に向かって流れる N_2 ガスの流れを抑制することができるから、分離領域 D 1 , D 2 の圧力を更に確実に高くすることができる。

【0066】

図 19 に示す変形例では、中心分離領域 C については、図 5 を参照しながら説明したように、分離ガス供給管 5 1 から空間 5 2 を通して空間 5 0 へ N_2 ガスを供給することにより、空間 5 0 の圧力を高く維持することができる。また、図 20 に示すように、突出部 5 を環状のシャワーヘッドとして構成し、コア部 2 1 の上方においても多数の吐出孔を有するシャワープレート S P を配置し、シャワーヘッド 4 0 1、シャワーヘッドとしての突出部 5、シャワープレート S P、及びシャワーヘッド 4 0 2 を一体に形成し、分離ガス供給管 5 1 から N_2 を供給するようにしても良い。この場合、供給管 4 1 0、4 2 0 から N_2 ガスを供給しても良いし、分離ガス供給管 5 1 のみから N_2 ガスを供給しても良い。

【0067】

なお、図 19 においては、第 1 の領域 4 8 A にシャワーヘッド 3 0 1 が設けられている。このシャワーヘッド 3 0 1 は上述のシャワーヘッド 4 0 1、4 0 2 と同じ構成を有しており、供給管 3 1 0 からシャワーヘッド 3 0 1 に対して B T B A S ガスが供給される。これにより、シャワーヘッド 3 0 1 から回転テーブル 2 の上面に向けて B T B A S ガスが供給される。このようにしても、B T B A S ガスは、分離領域 D 1、D 2 及び中心分離領域 C の高い圧力に抗して第 2 の領域 4 8 B へ到達することができない。同様に、第 2 の領域 4 8 B においてシャワーヘッド 3 0 2 を設け、供給管 3 2 0 から O_3 ガスを供給しても良い。

【0068】

また、シャワーヘッド 3 0 1、3 0 2、4 0 1、4 0 2 に形成される吐出孔の密度は、使用する反応ガスや成膜中の回転テーブル 2 の回転速度等を考慮して任意に決定して良い。例えば、吐出孔を突出部 5 側に高い密度で形成すれば、凸状部 4 の下方の空間 H と突出部 5 の下方の空間 5 0 との間近くにおいて、圧力を高くすることができる。また、吐出孔を回転テーブル 2 の外周側に高い密度で形成すれば、空間 H の回転テーブル 2 の外周側における圧力を高くすることができる。

【0069】

次に、分離領域 D 1、D 2 の更なる変形例について説明する。図 21 A を参照すると、分離領域 D 1 のシャワーヘッド 4 0 1 は、外周部 4 0 1 a と、これよりも回転テーブル 2 の中心に近い領域を占める内周部 4 0 1 b とを有しており、図 21 A の E - E 線に沿った断面図である図 21 B に示すように、外周部 4 0 1 a に対して真空容器 1 の上部から N_2 ガスを供給する供給部 S a と、内周部 4 0 1 b に対して真空容器 1 の上部から N_2 ガスを供給する供給部 S b とが別個に設けられている。このような構成によれば、供給部 S a から外周部 4 0 1 a に供給される N_2 ガスの供給量を、例えば供給部 S b から内周部 4 0 1 b に供給される N_2 ガスの供給量を多くすることにより、外周部 4 0 1 a の下方の空間の圧力を高くすることができる。これにより、シャワーヘッド 4 0 1 から回転テーブル 2 に向けて供給される N_2 ガスが回転テーブル 2 の外側に向かって流れるのを防止することが可能となる。この場合、分離領域 D 1 における回転テーブル 2 と容器本体 1 2 との間に、図 21 A 及び図 21 B に示すように、排気口 6 1、6 2 と同等の排気口 6 0 D を設けても良い。分離領域 D 1 の外周側における圧力の低下（図 18 (a) 参照）を避けることができるためである。

【0070】

なお、外周部 4 0 1 a における吐出孔 D h a と、内周部 4 0 1 b における吐出孔 D h b とは同一の開口径を有して良く、この場合、図 22 (a) に示すように吐出孔 D h a の密度は吐出孔 D h b の密度よりも高いと好ましい。また、吐出孔 D h a と吐出孔 D h b の密度は等しくても良く、この場合、図 22 (b) に示すように吐出孔 D h a の開口径が吐出孔 D h b の開口径よりも大きいと好ましい。換言すると、外周部 4 0 1 a の面積に対する吐出孔 D h a の開口面積の合計の比が、内周部 4 0 1 b の面積に対する吐出孔 D h b の開

口面積の合計の比よりも大きいと好ましい。外周部 401a の下方の圧力を高くし易くなるからである。また、吐出孔 Dha 及び吐出孔 Dhb は円形に限らず、楕円形や矩形であっても良く、この場合であっても、外周部 401a の下方の圧力を高くできるように、開口寸法かつノ又は密度を調整することが好ましい。

【0071】

また、外周部 401a 及び内周部 401b へ N_2 ガスをそれぞれ供給する供給管 Sa 及び Sb は、真空容器 1 の上部からでなく、図 23 (a) に示すように、真空容器 1 の容器本体 12 の側壁を通して、それぞれ外周部 401a 及び内周部 401b まで導入しても良い。具体的には、供給管 Sa は、図 23 (a) の F - F 線に沿った断面図である図 23 (b) に示すように、容器本体 12 の側壁を通り抜けて外周部 401a に接続し、外周部 401a に対して N_2 ガスを供給する。供給管 Sb は、図 23 (a) の G - G 線に沿った断面図である図 23 (c) に示すように、容器本体 12 及び外周部 401a を通り抜けて内周部 401b に接続し、内周部 401b に対して N_2 ガスを供給する。

10

【0072】

なお、外周部 401a 及び内周部 401b の回転テーブル 2 の半径方向に沿った長さは、図示の例ではほぼ同一であるが、これに限られず、適宜決定して良い。また、分離領域 D1 について説明したが、分離領域 2 において同様に構成されて良いことは言うまでもない。

【0073】

さらに、分離領域 D1 の外周側における圧力の低下 (図 18 (a) 参照) は、以下の構成によっても避けることができる。図 24 は、図 3 等に示す分離ガスノズル 41 の長手方向に沿った断面図である。図示のとおり、分離ガスノズル 41 に形成された複数の吐出孔 40 のうち、回転テーブル 2 の外周側にある吐出孔 40L は大きな開口径を有し、内周側にある吐出孔 40S は小さい開口径を有している。ここで、大きな開口径を有する吐出孔 40L が形成される範囲は、例えば、上述の外周部 401a が設けられる範囲に対応して良く、小さい開口径を有する吐出孔 40S が形成される範囲は、例えば、上述の内周部 401b に対応して良い。このような構成によれば、分離ガスノズル 41 から供給される N_2 ガスは、回転テーブル 2 の外周側では大きな吐出孔 40 から大量に吐出され、これにより、分離領域 D1 の外周側の圧力を高く維持することが可能となる。分離領域 D2 においても同様に構成しても良い。

20

30

【0074】

さらに、図 25 を参照すると、分離領域 D1 において凸状部 4 と、凸状部 4 の溝部 43 に収容された分離ガスノズル 41 とが図示されている。この凸状部 4 には、溝部 43 に対して回転テーブル 2 の回転方向上流側及び下流側に追加の溝部 431 及び 432 がそれぞれ形成されている。溝部 431 及び 432 は、図示の例では、溝部 43 の長さのほぼ半分の長さを有しており、ここに、分離ガスノズル 41 と同様に容器本体 12 に対して取り付けられる補助ノズル 41E1 及び 41E2 がそれぞれ収容されている。また、補助ノズル 41E1 及び 41E2 には、真空容器 1 内において、その長手方向に沿って複数の吐出孔 (図示を省略) が設けられており、一方、補助ノズル 41E1 及び 41E2 の他端には、図示しない N_2 ガス供給源が接続されている。このような構成により、補助ノズル 41E1 及び 41E2 から回転テーブル 2 に向けて N_2 ガスが供給され、これにより、分離領域 D1 の外周側 (補助ノズル 41E1 及び 41E2 が分離領域 D1 において延在する範囲) における圧力を内周側よりも高くすることができる。

40

なお、溝部 431, 432 及び補助ノズル 41E1, 41E2 の長さは、分離ガスノズル 41 の約半分に限らず適宜決定して良い。また、分離領域 D2 においても、凸状部 4 が、上述の溝部 431, 432 を有し、これらに補助ノズル 42E1, 42E2 が収容されても良い。

【0075】

次に、凸状部 4 の変形例について説明する。図 26 を参照すると、凸状部 4 は、回転テーブル 2 の中心側において回転テーブル 2 の回転方向下流側に延びる延伸部 4b を有して

50

いる。このため、凸状部 4 と突出部 5 とを一体で形成する場合は、両者はより広い範囲で結合することとなり、凸状部 4 と突出部 5 を別体で形成する場合は、両者はより広い範囲で対向することとなる。これにより、凸状部 4 と突出部 5 との境界 4 5 において、第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の圧力よりも高い圧力を有する領域を広くすることができる。したがって、この境界 4 5 かつ / 又はこの近傍を通して第 1 の領域 4 8 A から第 2 の領域 4 8 B へ B T B A S ガスが通り抜けたり、第 2 の領域 4 8 B から第 1 の領域 4 8 A へ O_3 ガスが通り抜けたりするのをより確実に抑制することが可能となる。なお、延伸部 4 b は、凸状部 4 の回転テーブル 2 の回転方向上流側に設けても良く、また、双方に設けても良い。また、延伸部 4 b の形状は境界 4 5 において凸状部 4 と突出部 5 の結合又は対向範囲が広がる限りにおいて、図示のものに限られない。例えば、凸状部 4 の回転テーブル 2 の半径方向に延びる辺が、真空容器 1 の外周から中心に向かうにつれて湾曲して突出部 5 に到達することによって、境界 4 5 を長くすることも可能である。

【 0 0 7 6 】

また、図 2 7 に示すように凸状部 4 は中空であっても良い。図示の例では、中空の凸状部 4 に対して供給管 4 1 0 が接続され、供給管 4 1 0 から凸状部 4 に分離ガスとしての N_2 ガスが供給される。この凸状部 4 の下面（回転テーブル 2 に対向する面）には、供給管 4 1 0 の延長線上に沿って複数の吐出孔 4 h c が形成されており、供給管 4 1 0 から中空の凸状部 4 に供給された N_2 ガスが吐出孔 4 h c から回転テーブル 2 へ向けて吐出される。これにより、凸状部 4 の下方の空間 H の圧力が第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B の圧力よりも高く維持され得る。また、図 2 7 (a) の D - D 線に沿った断面図である図 2 7 (b) を参照すると、凸状部 4 は下面が両端部において傾斜しており、これにより形成される傾斜面に吐出孔 4 h u , 4 h d が形成されている。中空の凸状部 4 に供給された N_2 ガスは、吐出孔 4 h u , 4 h d から回転テーブル 2 に向けて吐出される。これにより、空間 H から第 1 の領域 4 8 A 及び第 2 の領域 4 8 B へ流出する N_2 ガスの勢いを増すことができる。すなわち、 N_2 ガスの流れ（カウンターフロー）による、B T B A S ガスと O_3 ガスを分離する効果が増強され、両ガスの気相中での混合をより確実に抑制することができる。なお、吐出孔 4 h u , 4 h d は、使用する反応ガスや成膜中の回転テーブル 2 の回転速度等を考慮して任意に決定して良い。例えば、吐出孔 4 h u , 4 h d を突出部 5 側に高い密度で形成すれば、凸状部 4 の下方の空間 H と突出部 5 の下方の空間 5 0 との間近くにおいて、圧力を高くすることができる。また、吐出孔 4 h u , 4 h d を回転テーブル 2 の外周側に高い密度で形成すれば、空間 H の回転テーブル 2 の外周側における圧力を高くすることができる。なお、吐出孔 4 h c は、図示の配列に限らず、例えば、突出部 5 側に高い密度で形成しても良く、逆に回転テーブル 2 の外周側に高い密度で形成しても良い。また、吐出孔 4 h c を図 1 9 に示すシャワーヘッド 3 0 1 , 3 0 2 , 4 0 1 , 4 0 2 のように形成しても良い。

【 0 0 7 7 】

また、図 2 7 に示す中空の凸状部 4 の代わりに、図 3 , 4 及び 6 等 に示す凸状部 4 の回転テーブル 2 の半径方向に延びる辺に隣接するように、回転テーブル 2 の上面に対して垂直方向に又は所定の傾斜角度で開口する吐出孔を有する分離ガスノズルを設けても良い。このような構成によっても図 2 7 に示す凸状部 4 と同じ効果が発揮され得る。

【 0 0 7 8 】

次に、図 1 1 に示したノズルカバー 3 4 の変形例を説明する。図 2 8 (a) 及び (b) を参照すると、この変形例は、基部 3 5 (図 1 1) を有しておらず、整流板 3 7 A , 3 7 B が反応ガスノズル 3 1 , 3 2 に対して直接に取り付けられている。この場合であっても、整流板 3 7 A , 3 7 B は、回転テーブル 2 の上面から高さ h 3 の位置に配置することができるため、上述のノズルカバー 3 4 と同様の効果が得られる。この例においても、整流板 3 7 A , 3 7 B は、図 1 1 に示した整流板 3 6 A , 3 6 B と同様に、上方から見てほぼ扇形状をなしていると好ましい。

【 0 0 7 9 】

また、整流板 3 6 A , 3 6 B , 3 7 A , 3 7 B は、必ずしも回転テーブル 2 と平行でなくても良い。例えば、回転テーブル 2 (ウエハ W) からの高さ h_3 が維持されて、反応ガスノズル 3 1 , 3 2 の上方へ N_2 ガスを流れ易くすることができる限り、図 2 8 (c) に示すように、整流板 3 7 A , 3 7 B は反応ガスノズル 3 1 の上部から回転テーブル 2 へ向かうように傾斜していても良い。図示の整流板 3 7 A は、 N_2 ガスを上方へガイドすることができる点でも好ましい。

【 0 0 8 0 】

続いて、ノズルカバーの更なる変形例について、図 2 9 及び図 3 0 を参照しながら説明する。これらの変形例は、ノズルカバーと一体化された反応ガスノズル、又はノズルカバーの機能を有する反応ガスノズルとも言うことができる。このため、以下の説明では反応ガスインジェクタと称呼する。

10

【 0 0 8 1 】

図 2 9 (a) 及び (b) を参照すると、反応ガスインジェクタ 3 A は、反応ガスノズル 3 1 , 3 2 と同様に円筒形状を有する反応ガスノズル 3 2 1 を含み、反応ガスノズル 3 2 1 が真空容器 1 の容器本体 1 2 (図 1) の周壁部を貫通するように設けることができる。反応ガスノズル 3 2 1 は、反応ガスノズル 3 1 , 3 2 と同様に、約 0 . 5 mm の内径を有し、例えば 1 0 mm の間隔で反応ガスノズル 3 2 1 の長手方向に配列される複数の吐出孔 3 2 3 を有している。ただし、反応ガスノズル 3 2 1 は、複数の吐出孔 3 2 3 が回転テーブル 2 の上面に対して所定の角度で開口している点で、反応ガスノズル 3 1 , 3 2 と異なる。また、反応ガスノズル 3 2 1 の上端部には案内板 3 2 5 が取り付けられている。案内板 3 2 5 は、反応ガスノズル 3 2 1 の円筒の曲率よりも大きい曲率を有しており、曲率の相違により、反応ガスノズル 3 2 1 と案内板 3 2 5 との間にはガス流路 3 1 6 が形成されている。図示しないガス供給源から反応ガスノズル 3 2 1 へ供給された反応ガスは、吐出孔 3 2 3 から吐出され、ガス流路 3 1 6 を通って回転テーブル 2 上に載置されるウエハ W に到達する。

20

【 0 0 8 2 】

また、案内板 3 2 5 の下端部には回転テーブル 2 の回転方向上流側に延びる整流板 3 7 A が設けられ、反応ガスノズル 3 2 1 の下端部には回転テーブル 2 の回転方向下流側に延びる整流板 3 7 B が設けられている。

【 0 0 8 3 】

30

このように構成される反応ガスインジェクタ 3 A は、整流板 3 7 A , 3 7 B が回転テーブル 2 の上面に近接しているため、分離領域 D 1 , D 2 からの N_2 ガスは、反応ガスインジェクタの上方へ流れ易く、下方の処理領域へ侵入し難くなる。したがって、反応ガスノズル 3 2 1 からの反応ガスの N_2 ガスによる希釈がより確実に抑制される。

【 0 0 8 4 】

なお、反応ガスは、反応ガスノズル 3 2 1 から反応ガス流出孔 3 2 3 を通してガス流路 3 1 6 へ到達するとき、案内板 3 2 5 に吹き付けられるため、図 2 9 (b) の複数の矢印で示すように、反応ガスノズル 3 2 1 の長手方向に広がることとなる。このため、ガス流路 3 2 6 内において、ガス濃度が均一化される。すなわち、この変形例は、ウエハ W に堆積される膜の膜厚を均一化できる点で好ましい。

40

【 0 0 8 5 】

図 3 0 (a) を参照すると、反応ガスインジェクタ 3 B は、方形管により構成される反応ガスノズル 3 2 1 を有している。反応ガスノズル 3 2 1 は、図 3 0 (b) に示すように、例えば内径 0 . 5 mm を有し、反応ガスノズル 3 2 1 の長手方向に沿って例えば 5 mm 間隔で配置される複数の反応ガス流出孔 3 2 3 を一方の側壁に有している。また、反応ガス流出孔 3 2 3 が形成された側壁には、逆 L 字形状を有する案内板 3 2 5 が、当該側壁との間に所定の間隔 (例えば 0 . 3 mm) をおいて取り付けられている。

【 0 0 8 6 】

また、図 3 0 (b) に示すように、反応ガスノズル 3 2 1 には、真空容器 1 の容器本体 1 2 の周壁部 (例えば図 2 を参照) から導入されたガス導入管 3 2 7 が接続されている。

50

これにより、反応ガスノズル 3 2 1 が支持されるとともに、例えば B T B A S ガスはガス導入管 3 2 7 を通して反応ガスノズル 3 2 1 へ供給されて、複数の反応ガス流出孔 3 2 3 からガス流路 3 2 6 を通して、回転テーブル 2 に向けて供給される。また、この例の反応ガスノズル 3 2 1 は、ガス流路 3 2 6 が回転テーブル 2 の回転方向上流側に位置するように、配置されている。

【 0 0 8 7 】

このように構成される反応ガスインジェクタ 3 B は、反応ガスノズル 3 2 1 の下面が回転テーブル 2 の上面から高さ h_3 の位置に配置され得るため、分離領域 D 1 , D 2 からの N_2 ガスは、反応ガスインジェクタ 3 B の上方へ流れ易く、下方の処理領域へ侵入し難くなる。また、反応ガスノズル 3 2 1 の下面が、ガス流路 3 2 6 に対して回転テーブル 2 の回転方向下流側に配置されているため、ガス流路 3 2 6 から供給される B T B A S ガスを回転テーブル 2 と反応ガスノズル 3 2 1 との間に比較的長く滞留させることができるため、ウエハ W への B T B A S ガスの吸着効率を向上することができる。また、反応ガス流出孔 3 2 3 から流出した反応ガスが案内板 3 2 5 に衝突し、図 3 0 (b) に矢印で示すように広がるため、ガス流路 3 2 6 の長手方向に沿って反応ガスの濃度が均一化される。

なお、反応ガスノズル 3 2 1 は、ガス流路 3 2 6 が回転テーブル 2 の回転方向下流側に位置するように配置しても良い。この場合、反応ガスノズル 3 2 1 の下面が、ガス流路 3 2 6 に対して回転テーブル 2 の回転方向上流側に配置され、 N_2 ガスの反応ガスノズル 3 2 1 の下方への侵入を妨げるのに寄与し得るため、反応ガスの N_2 ガスによる希釈がより確実に抑制される。

【 0 0 8 8 】

図 1 1 に示すノズルカバー 3 4、図 2 8 に示す整流板 3 7 A , 3 7 B、図 2 9 及び図 3 0 に示す反応ガスインジェクタ 3 A , 3 B は、例えば O_3 ガスを回転テーブル 2 の表面に向けて供給するために使用されて良く、B T B A S ガスと O_3 ガスとの双方のために使用されても良い。

【 0 0 8 9 】

ここで、本発明の他の実施形態による成膜装置を説明する。図 3 1 を参照すると、容器本体 1 2 の底部 1 4 は、中央開口を有し、ここには収容ケース 8 0 が気密に取り付けられている。また、天板 1 1 は、中央凹部 8 0 a を有している。支柱 8 1 が収容ケース 8 0 の底面に載置され、支柱 8 1 の状端部は中央凹部 8 0 a の底面にまで到達している。支柱 8 1 は、反応ガスノズル 3 1 から吐出される B T B A S ガスと反応ガスノズル 3 2 から吐出される O_3 ガスとが真空容器 1 の中央部を通して互いに混合するのを防止する。

【 0 0 9 0 】

また、回転スリーブ 8 2 が、支柱 8 1 を同軸状に囲むように設けられている。回転スリーブ 8 2 は、支柱 8 1 の外面に取り付けられた軸受け 8 6 , 8 8 と、収容ケース 8 0 の内側面に取り付けられた軸受け 8 7 とにより支持されている。さらに、回転スリーブ 8 2 は、その外面にギヤ部 8 5 が取り付けられている。また、環状の回転テーブル 2 の内周面が回転スリーブ 8 2 の外面に取り付けられている。駆動部 8 3 が収容ケース 8 0 に収容されており、駆動部 8 3 から延びるシャフトにギヤ 8 4 が取り付けられている。ギヤ 8 4 はギヤ部 8 5 と噛み合う。このような構成により、回転スリーブ 8 2 ひいては回転テーブル 2 が駆動部 8 3 により回転される。

【 0 0 9 1 】

パージガス供給管 7 4 が収容ケース 8 0 の底に接続され、収容ケース 8 0 へパージガスが供給される。これにより、反応ガスが収容ケース 8 0 内へ流れ込むのを防止するために、収容ケース 8 0 の内部空間を真空容器 1 の内部空間よりも高い圧力に維持することができる。したがって、収容ケース 8 0 内での成膜が起こらず、メンテナンスの頻度を低減できる。また、パージガス供給管 7 5 が、真空容器 1 の上外面から凹部 8 0 a の内壁まで至る導管 7 5 a にそれぞれ接続され、回転スリーブ 8 2 の上端部に向けてパージガスが供給される。このパージガスのため、凹部 8 0 a の内壁と回転スリーブ 8 2 の外面との間の空間が高くなり、B T B A S ガスと O_3 ガスの混合が抑制される。図 3 1 には、2 つのパー

ジガス供給管 75 と導管 75 a が図示されているが、供給管 75 と導管 75 a の数は、B T B A S ガスと O_3 ガスとの混合が凹部 80 a の内壁と回転スリーブ 82 の外面との間の空間近傍において確実に防止されるように決定されて良い。

【0092】

このような構成においても、2つの分離領域には凸状部 4（低い天井面 44）が形成され、天井面 44 と回転テーブル 2 の間の空間 H の圧力を、B T B A S ガスが供給される第 1 の領域と O_3 ガスが供給される第 2 の領域との圧力よりも高く維持することが可能となる。また、中央凹部 80 a の内周面と回転スリーブ 82 との間の空間は、パージガス供給管 75 からの分離ガスとしての N_2 ガスにより、第 1 の領域及び第 2 の領域の圧力よりも高い圧力に維持される。すなわち、中心分離領域が形成される。さらに、2つの分離領域の下方の空間 H は、回転スリーブ 82 と中央凹部 80 a の内周面との間の空間を通して連通しており、このような構成により、真空容器 1 内を第 1 の領域と第 2 の領域に分ける分離空間が形成される。故に、上述の実施形態と同様の効果が奏される。

【0093】

なお、図 31 では、突出部 5 が凸状部 4 と一体に形成される場合を示しているため、図示を省略している。もちろん、これらを別体で形成しても良く、突出部 5 の回転テーブル 2 からの高さを、凸状部 4 の回転テーブル 2 からの高さよりも低くして良い。また、図 31 の成膜装置においても、図 5 に示す屈曲部 46 や図 14 に示す内周面 46 a が適用されても良く、また、整流板 60 B を適用しても良い。さらに、反応ガスノズル 31, 32 には、ノズルカバー 34（図 11）や整流板 37 A, 37 B（図 28）が取り付けられて良く、反応ガスノズル 31, 32 の代わりに反応ガスインジェクタ 3 A（図 29）や 3 B（図 30）を用いても良い。さらには、上述したシャワーヘッド（図 19）やその他の凸状部 4 の変形例を適用しても良いことは勿論である。

【0094】

また、本発明の実施形態による成膜装置（種々の部材の変形例を含む）は、基板処理装置に組み込むことができ、その一例が図 32 に模式的に示されている。基板処理装置は、搬送アーム 103 が設けられた大気搬送室 102 と、雰囲気真空と大気圧との間で切り替え可能なロードロック室（準備室）104, 105 と、2つの搬送アーム 107 a, 107 b が設けられた搬送室 106 と、本発明の実施形態にかかる成膜装置 108, 109 とを含む。ロードロック室 104, 105 及び成膜装置 108, 109 と、搬送室 106 との間は、開閉可能なゲート弁 G により結合され、ロードロック室 104, 105 と大気搬送室 102 との間も開閉可能なゲート弁 G により結合されている。また、この基板処理装置は、たとえば F O U P などのウエハカセット 101 が載置されるカセットステージ（図示せず）を含んでいる。ウエハカセット 101 は、カセットステージの一つに運ばれ、カセットステージと大気搬送室 102 との間の搬入出ポートに接続される。次いで、開閉機構（図示せず）によりウエハカセット（F O U P）101 の蓋が開けられて、搬送アーム 103 によりウエハカセット 101 からウエハが取り出される。次に、ウエハはロードロック室 104（105）へ搬送される。ロードロック室 104（105）が排気された後、ロードロック室 104（105）内のウエハは、搬送アーム 107 a（107 b）により、真空搬送室 106 を通じて成膜装置 108, 109 へ搬送される。成膜装置 108, 109 では、上述の方法でウエハ上に膜が堆積される。基板処理装置は、同時に 5 枚のウエハを収容可能な 2つの成膜装置 108, 109 を有しているため、高いスループットで分子層成膜を行うことができる。

【0095】

本発明の実施形態による成膜装置は、酸化シリコン膜の成膜に限らず、窒化シリコンの分子層成膜にも適用することができる。また、トリメチルアルミニウム（T M A）と O_3 ガスを用いた酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）の分子層成膜、テトラキスエチルメチルアミノジルコニウム（T E M A Z r）と O_3 ガスを用いた酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）の分子層成膜、テトラキスエチルメチルアミノハフニウム（T E M A H）と O_3 ガスを用いた酸化ハフニウム（ HfO_2 ）の分子層成膜、ストロンチウムビステトラメチルヘプタン

ジオナト ($\text{Sr}(\text{THD})_2$) と O_3 ガスを用いた酸化ストロンチウム (SrO) の分子層成膜、チタニウムメチルペンタンジオナトビステトラメチルヘプタンジオナト ($\text{Ti}(\text{MPD})(\text{THD})$) と O_3 ガスを用いた酸化チタン (TiO_2) の分子層成膜などを行うことができる。また、 O_3 ガスではなく、酸素プラズマを利用することも可能である。これらのガスの組み合わせを用いても、上述の効果が奏されることは言うまでもない。

【0096】

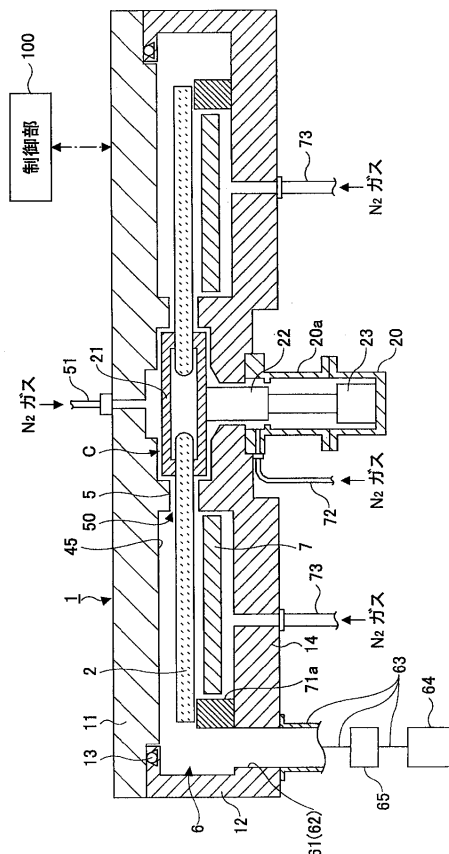
以上、本発明を実施形態により説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能であることは言うまでもない。

【符号の説明】

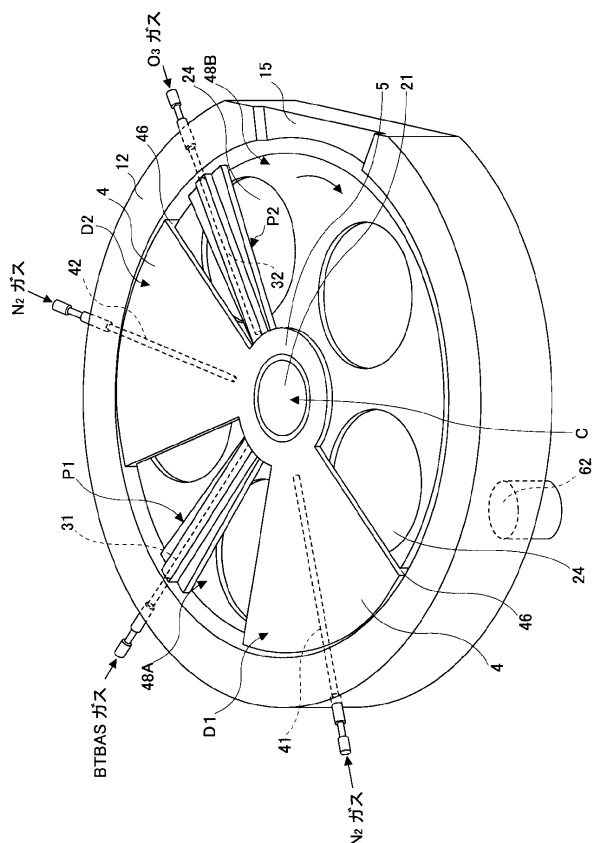
【0097】

W・・・ウエハ、1・・・真空容器、2・・・回転テーブル、21・・・コア部、24・・・凹部（基板載置領域）、31, 32・・・反応ガスノズル、34・・・ノズルカバー、36A, 36B, 37A, 37B・・・整流板、P1・・・処理領域、P2・・・処理領域、D1, D2・・・分離領域、C・・・中心分離領域、41, 42・・・分離ガスノズル、3A, 3B・・・反応ガスインジェクタ、4・・・凸状部、5・・・突出部、51・・・分離ガス供給管、61, 62, 63・・・排気口、63・・・排気管、65・・・圧力調整器、7・・・ヒータユニット、72, 73・・・パージガス供給管、81・・・分離ガス供給管、301, 302, 401, 402・・・シャワーヘッド。

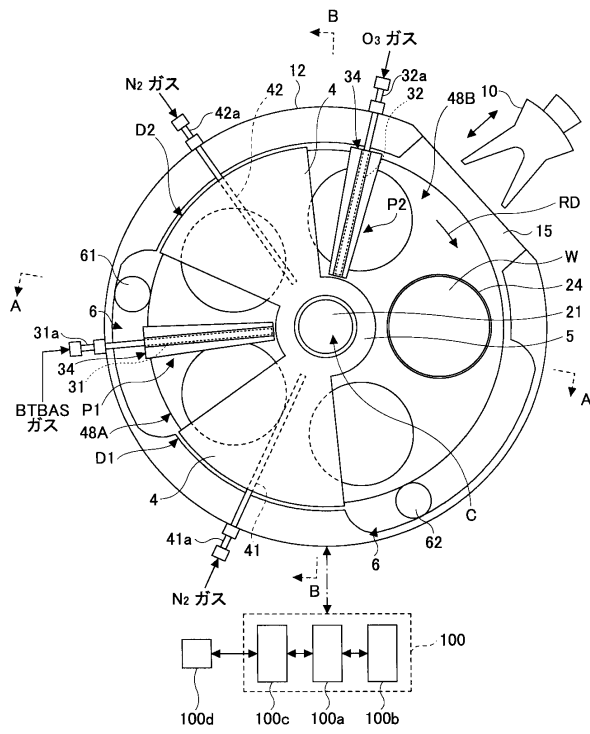
【図1】



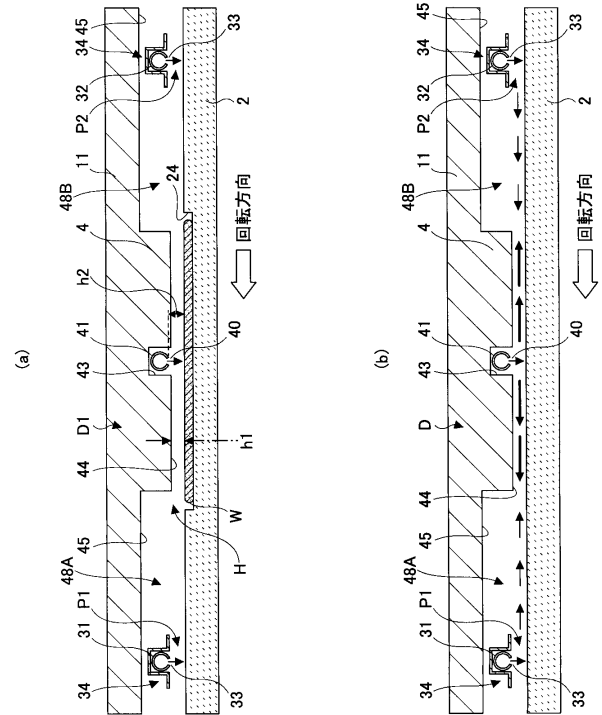
【図2】



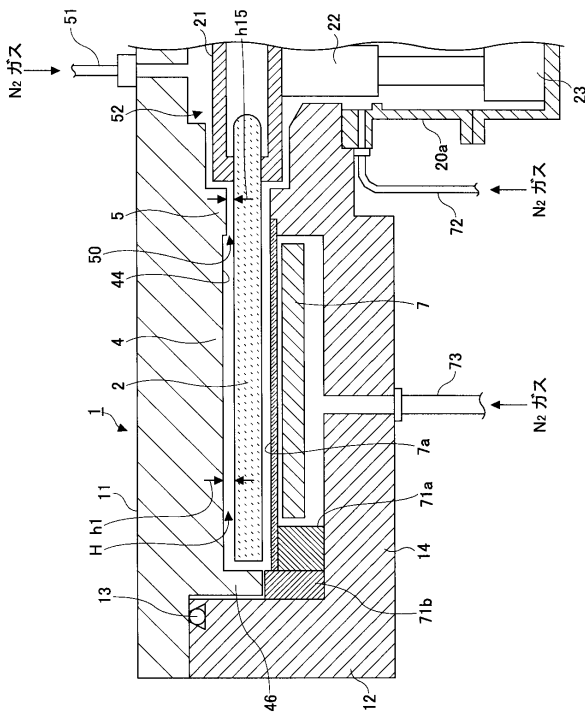
【図 3】



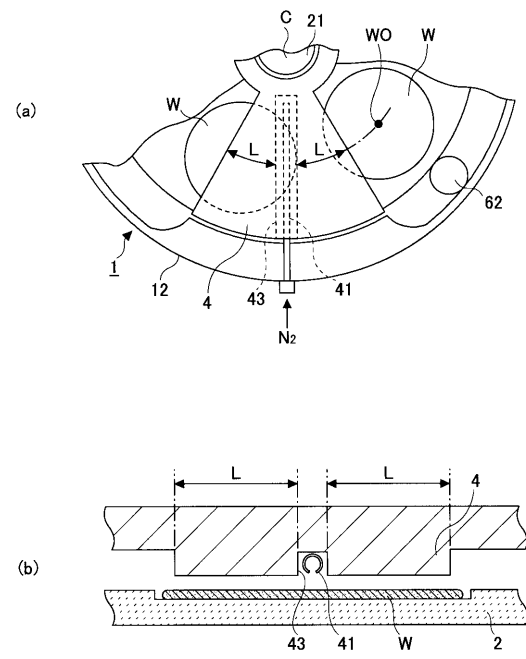
【図 4】



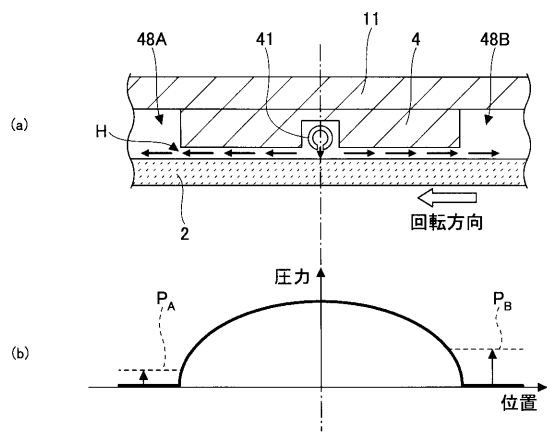
【図 5】



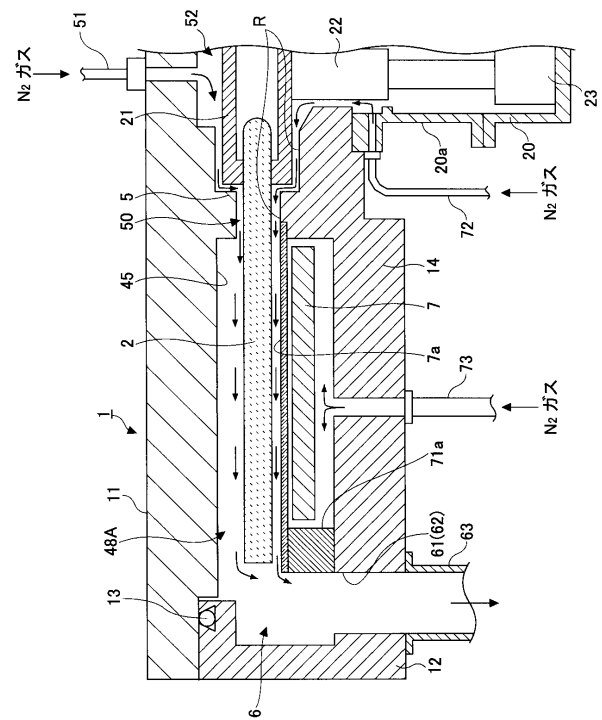
【図 6】



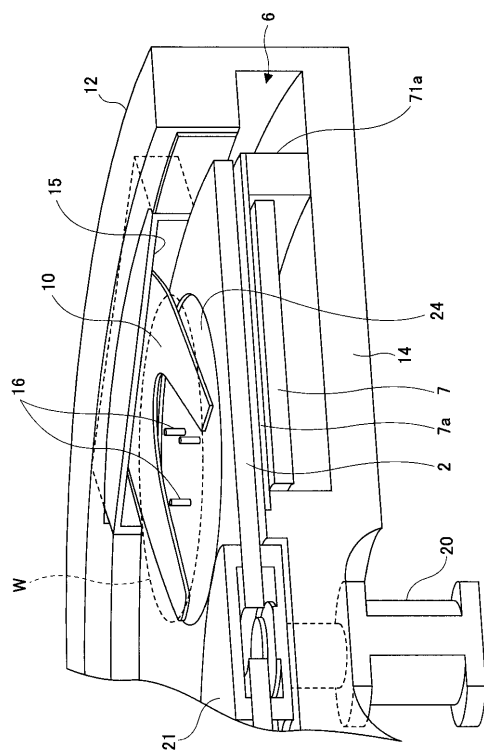
【図 8】



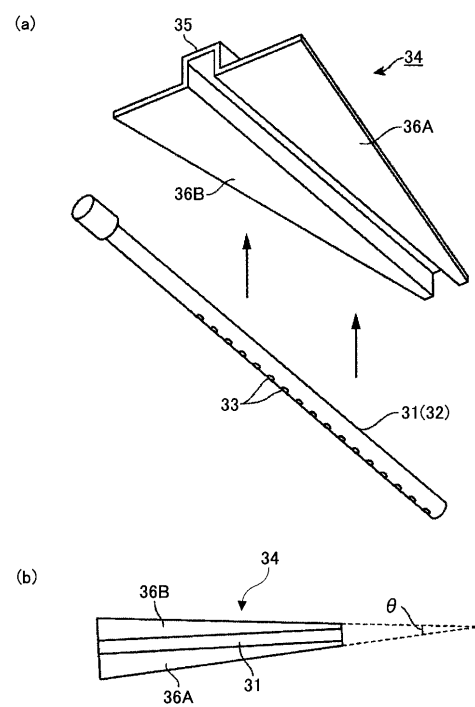
【図 9】



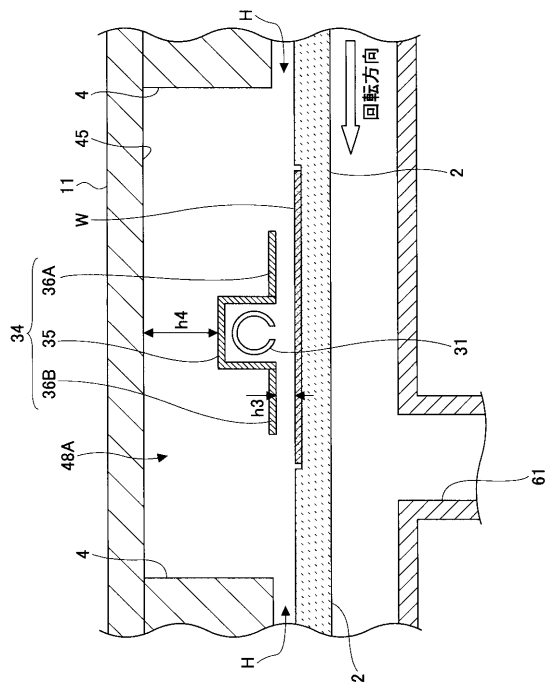
【図 10】



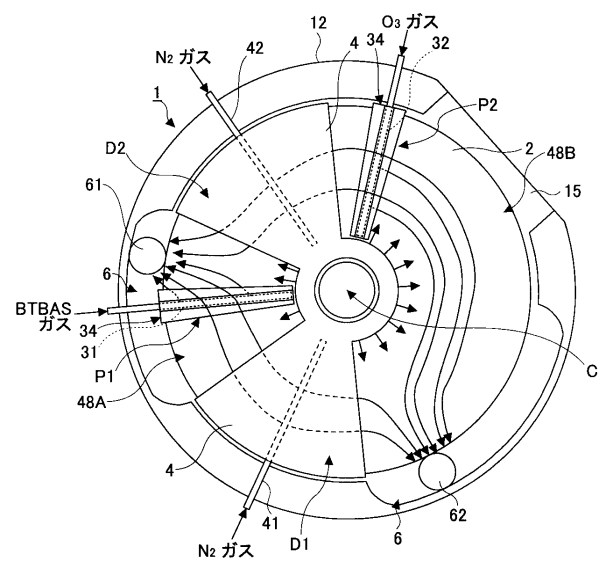
【図 11】



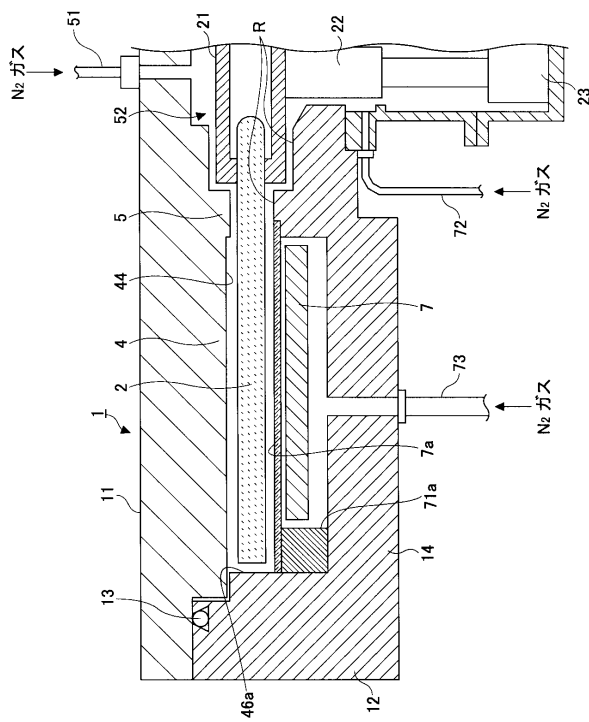
【図 12】



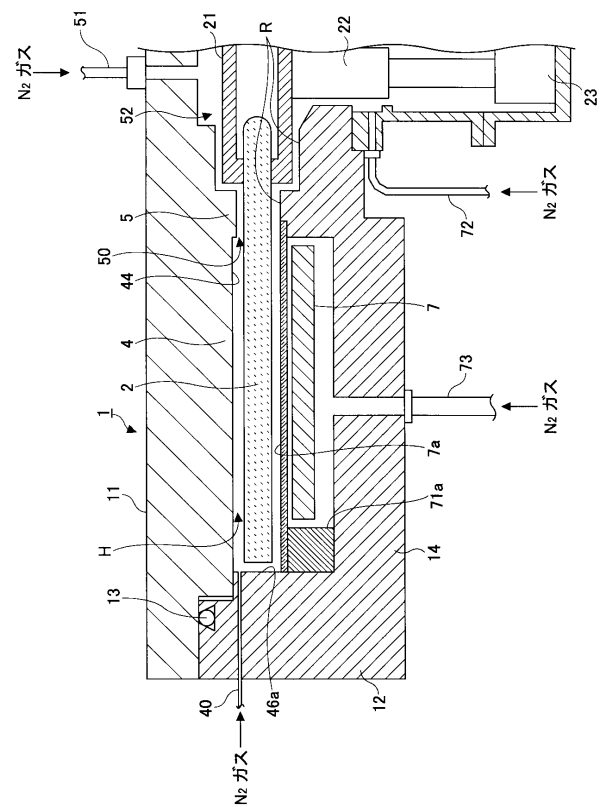
【図 13】



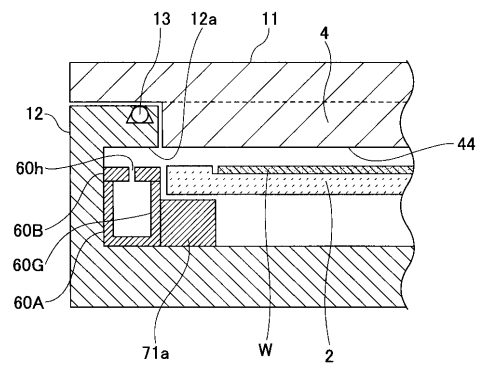
【図 14】



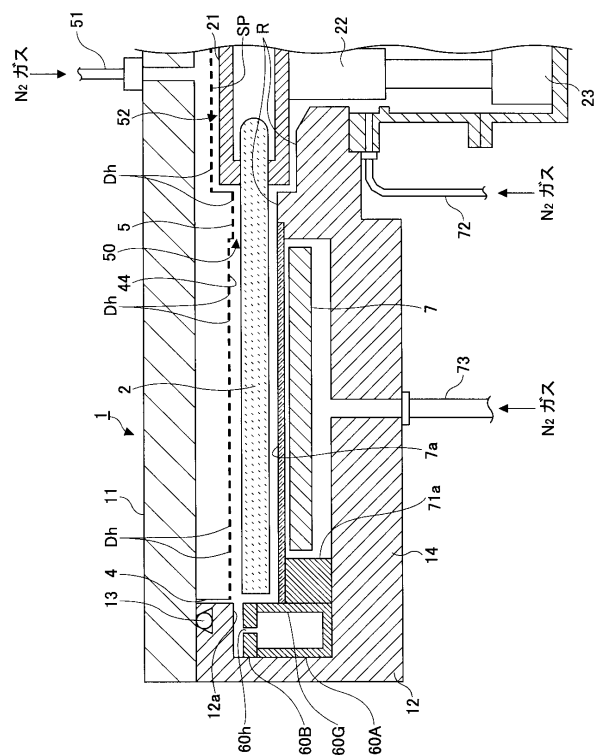
【図 15】



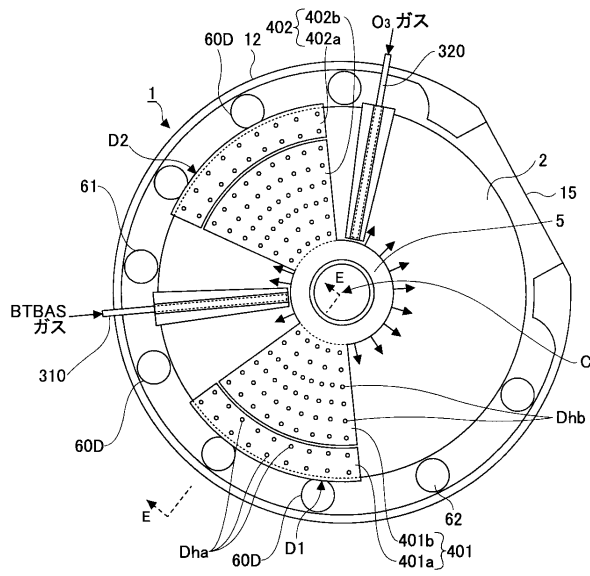
【 図 1 7 】



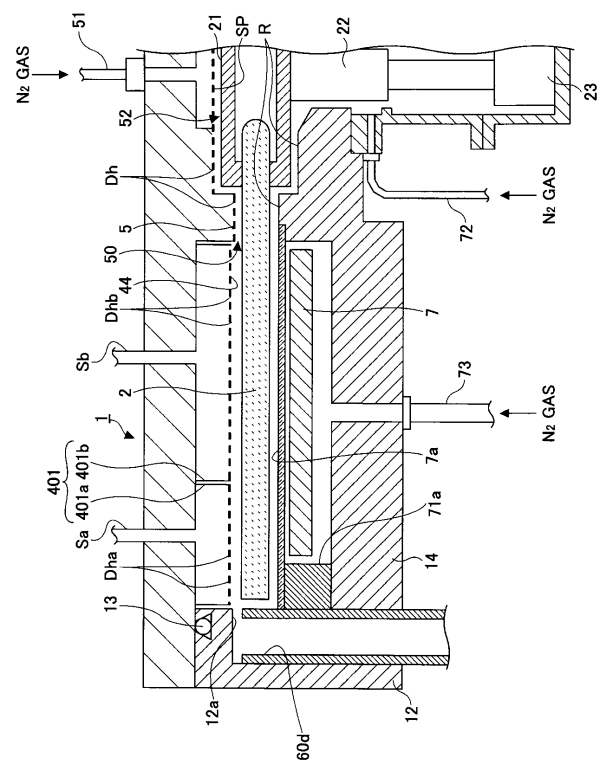
【 図 2 0 】



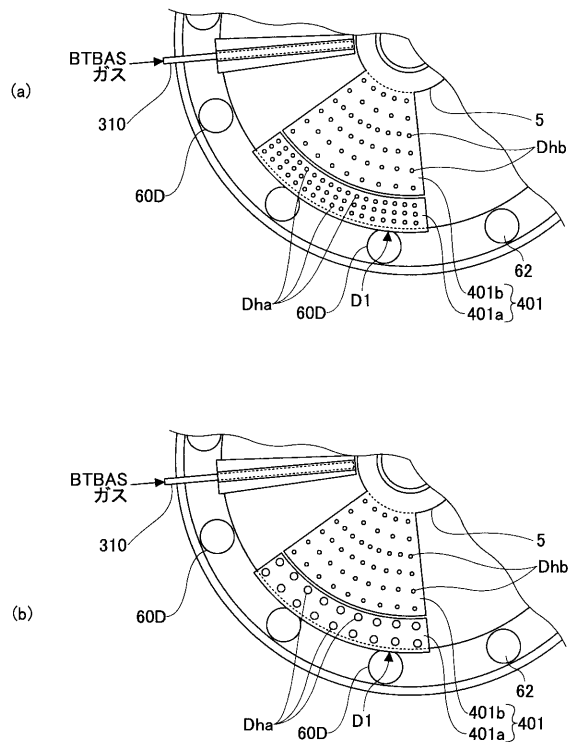
【図 21A】



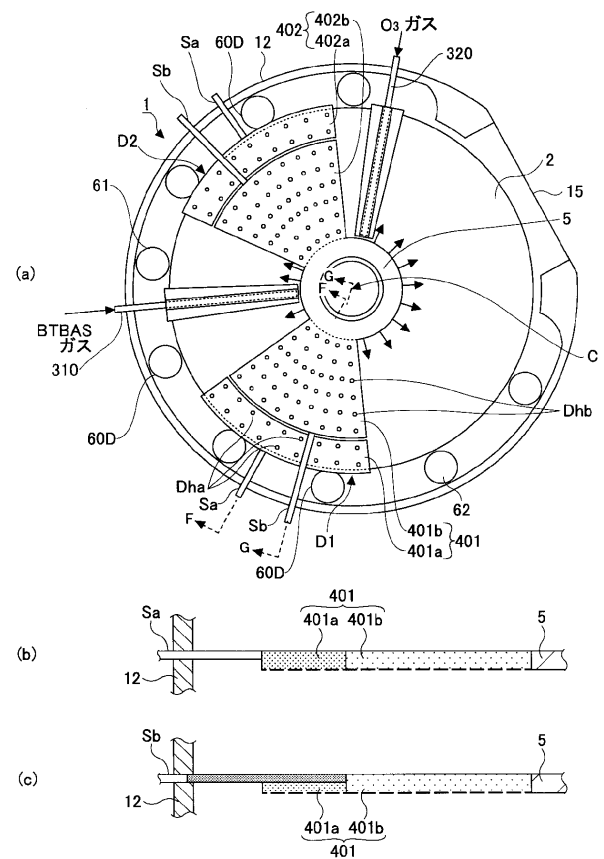
【図 21B】



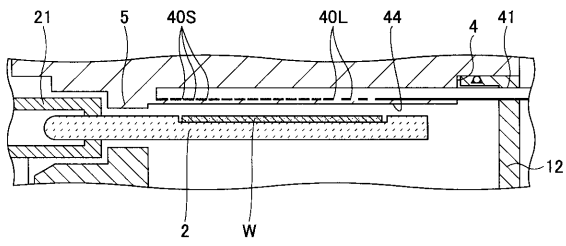
【図 22】



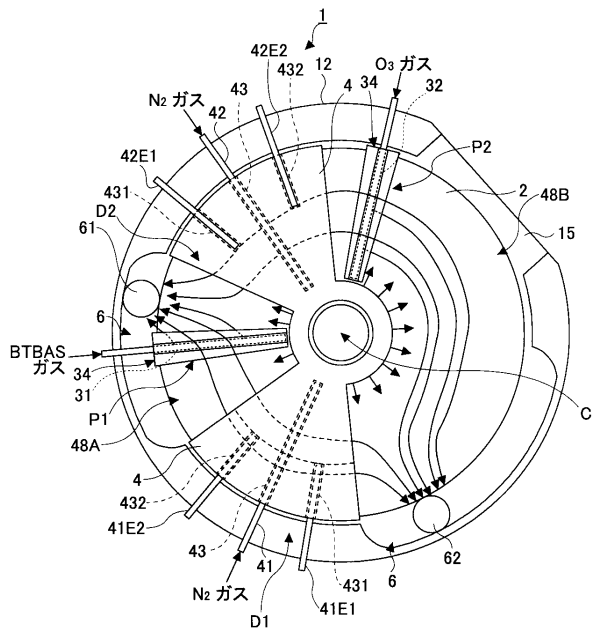
【図 23】



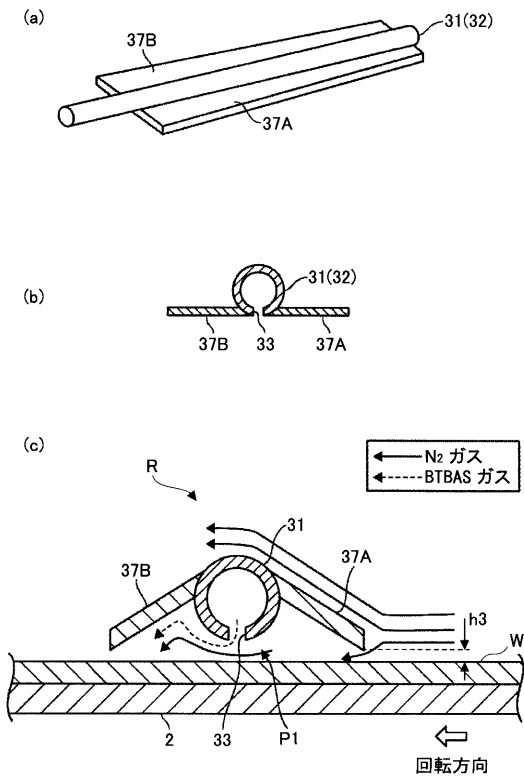
【図 24】



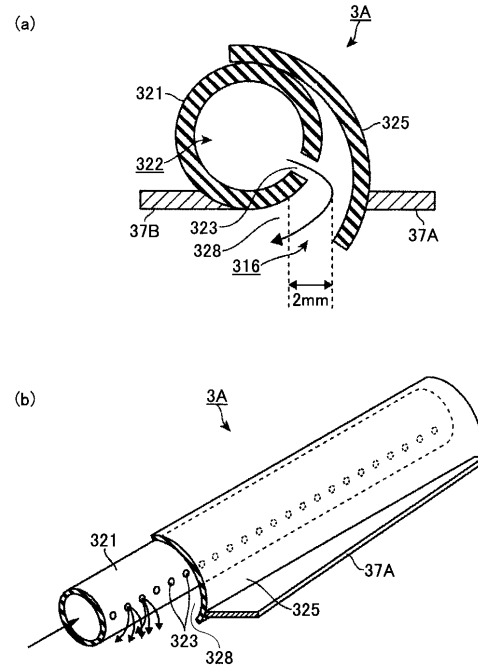
【図 25】



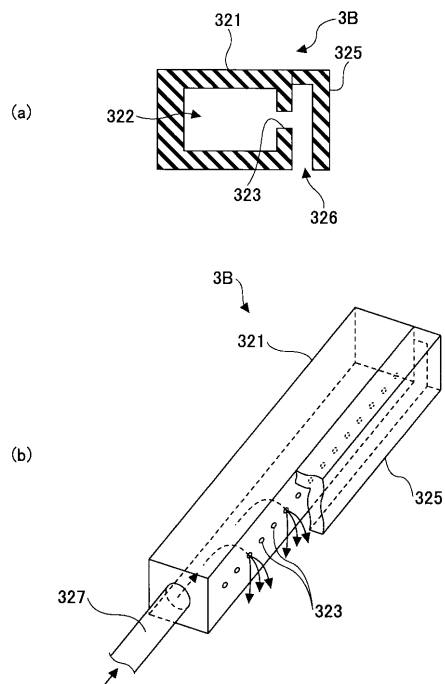
【図 28】



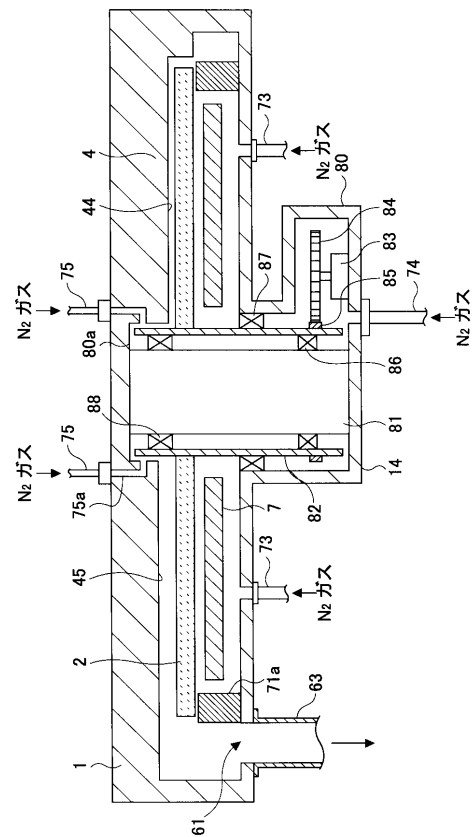
【図 29】



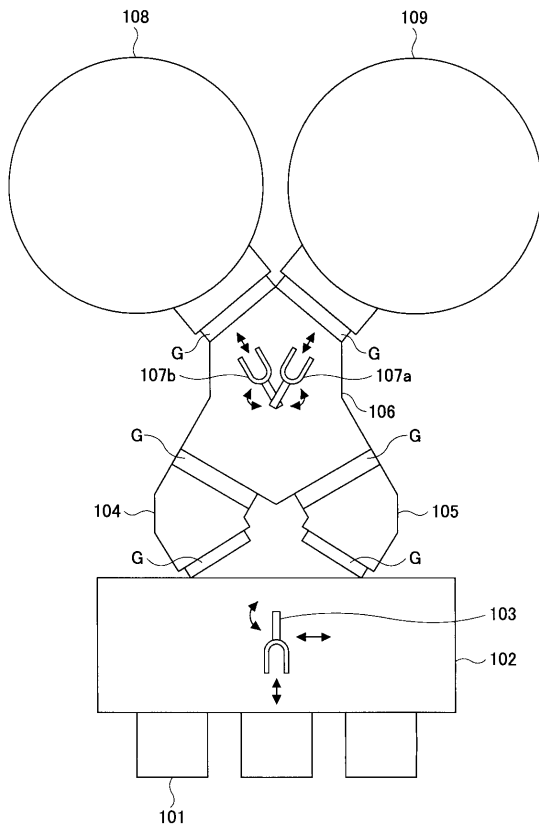
【図 30】



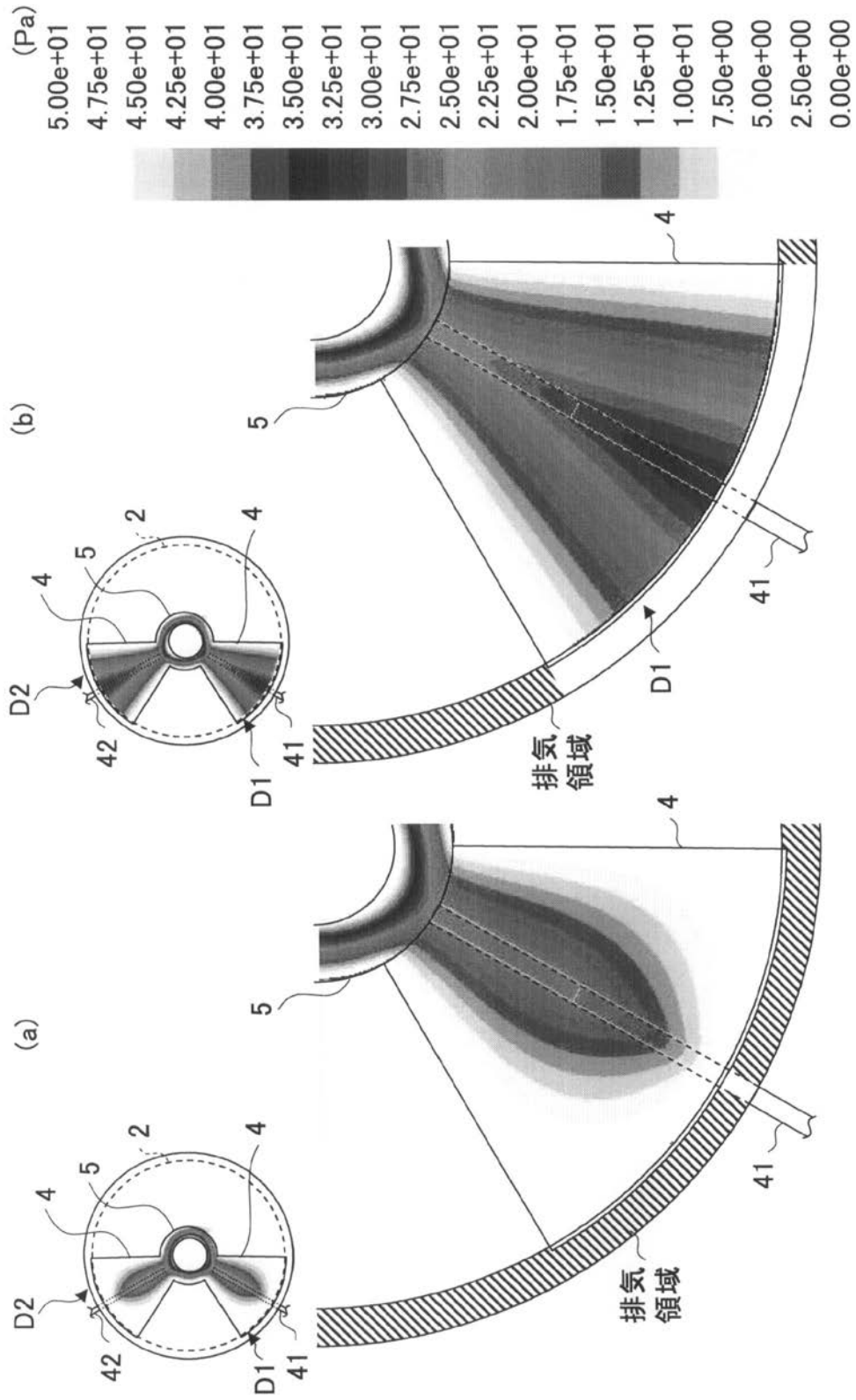
【図 31】



【図 32】



【図18】



フロントページの続き

審査官 今井 淳一

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 1 4 9 9 8 9 (J P , A)
特表 2 0 0 8 - 5 0 9 5 4 7 (J P , A)
国際公開第 2 0 0 9 / 0 1 7 3 2 2 (W O , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 2 1 5 0 3 6 (U S , A 1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 3 1
C 2 3 C 1 6 / 4 5 5
H 0 1 L 2 1 / 7 6 8
H 0 1 L 2 3 / 5 3 2